

Fermeture des synchondroses intra-occipitales : implication dans la configuration du foramen magnum

Hélène Coqueugnot^{a,*}, Jean-Marie Le Minor^b

^a Laboratoire d'anthropologie des populations du passé, UMR 5809, université Bordeaux-1, av. des Facultés, 33405 Talence cedex, France

^b Institut d'anatomie normale, faculté de médecine de Strasbourg, 4, rue Kirschleger, 67085 Strasbourg cedex, France

Reçu le 21 août 2001 ; accepté le 7 octobre 2001

Présenté par Yves Coppens

Abstract – Intra-occipital synchondroses closure: implication for the foramen magnum shape. When dental remains are not available, estimation of age at death of children depends on the state of maturation of the skeleton, in particular for fossil children. In this study, age of fusion of anterior and posterior intra-occipital synchondroses (respectively SIOA and SIOP) and foramen magnum shape, related with synchondroses fusion, are studied on a sample of known age and sex. Reliability of these two synchondroses as indicators of the age at death of children as well as the phylogenetic value of foramen magnum shape is discussed. *To cite this article: H. Coqueugnot, J.-M. Le Minor, C. R. Palevol 1 (2002) 35–42.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

intra-occipital synchondroses / foramen magnum / maturation / age / sex / skull base / occipital bone

Résumé – En l'absence d'éléments dentaires, l'estimation de l'âge au décès des enfants repose sur l'état de maturation osseuse du squelette, pour des pièces fossiles en particulier. À la base du crâne, l'âge de synostose des synchondroses intra-occipitales antérieure (SIOA) et postérieure (SIOP), ainsi que la forme du foramen magnum, liée à la fermeture de ces deux synchondroses, sont étudiés sur une collection de référence (âge et sexe connus). La validité de ces synchondroses comme indicateur de l'âge au décès des enfants et la valeur phylogénétique de la configuration du foramen magnum sont discutées. *Pour citer cet article : H. Coqueugnot, J.-M. Le Minor, C. R. Palevol 1 (2002) 35–42.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

synchondroses intra-occipitales / foramen magnum / maturation / âge / sexe / base du crâne / os occipital

Abridged version

1. Introduction

When dental remains are not available, estimation of the age at death of children depends on the state of maturation of the skeleton. Morphological and metric analyses were performed on the skull base, especially on the occipital bone [3, 5, 13, 15] (Fig. 1).

The anterior intra-occipital synchondrosis (SIOA) takes part in the formation of the occipital condyle and the canal

for the hypoglossal nerve. The SIOA is composed of two plates: the vertical portion distinguishes the basilar and lateral parts of the occipital bone; it has been studied most often. The horizontal plate, situated in the lateral part of the bone, distinguishes condylar and jugular segments (Fig. 2).

The posterior intra-occipital synchondrosis (SIOP) takes part in the articulation between the lateral and squamous parts of the occipital bone.

The chronology of the stages of fusion, however, varies between authors [5, 8, 13, 16, 19]. Moreover, the initial or final stages of maturation are rarely discussed. In spite

* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : h.coqueugnot@caramail.com (H. Coqueugnot).

of this, synchondroses are often used to determine the age at death of fossil children or to determine differences in growth rates with modern children [1, 7, 9].

In the present study, the chronology of the two intra-occipital synchondroses was examined, in relation to age and sex.

Because fusion of these synchondroses halts any further growth in size of the foramen magnum, we included in this research an analysis of variations of foramen magnum shape during growth.

2. Materials and method

Chronology of fusion of these two synchondroses was studied on a sample of known age and sex, curated in the Medicine Faculty of Strasbourg. 152 skulls, without any pathology, were studied; 143 were sexed (Table 1).

Three stages were differentiated to describe the maturation of intra-occipital synchondroses:

- stage 1, the synchondrosis is completely open; there is no trace of closure;
- stage 2, closure has begun on a part of its course;
- stage 3, closure is total, macroscopically.

The two plates of the AIOS were coded separately. The course of the PIOS being long, a lateral and a posterior segment were distinguished (Fig. 2).

The age of fusion of the different limbs of the synchondrosis was determined by percentiles. The 2.5 and 97.5 % percentiles were chosen to cover 95 % of the variability in the sample. The age at death of children is expressed in years and tenths of a year.

The Anova test of Kruskal–Wallis as well as the median test [17] was used to identify sex differences in occipital bone closure.

Three shapes of the foramen magnum were described according to its index (elongated shape: $I_{33} \leq 70$, intermediate shape: $70 < I_{33} < 85$ and rounded shape: $I_{33} \geq 85$).

3. Results

3.1. Anterior intra-occipital synchondrosis

Closure of the horizontal plate of AIOS takes place before the vertical plate. Fusion of the horizontal plate begins at 0.4 year for girls and 0.9 year for boys, at the medial then the lateral part of the hypoglossal process and progresses from back to front. Fusion is complete between 2.5 and 10.8 years for 95 % of the children in the Strasbourg sample (Table 2).

Closure of the vertical plate begins at the medial part, then the lateral part and progresses from the bottom to the top, between 1 and 6.8 years for 95 % of the children. The last part to fuse is generally on the occipital condyle. Fusion is complete between 5.3 and 11.7 years (Table 2).

No sex difference in maturation of the AIOS was proved statistically.

3.2. Posterior intra-occipital synchondrosis

Fusion of the two segments of the PIOS begins around the same age: between 0.5 and 4 years. Fusion of the

lateral part is complete between 0.8 year and 10 years for 95 % of the children (Table 3). The posterior part of the PIOS achieves its fusion between 1.5 and 10.1 years and a remnant of this part is often visible on the posterior border of the foramen magnum.

The rate of maturation of PIOS is the same in girls and boys.

3.3. Shape of foramen magnum

On the skulls in the Strasbourg sample, 23 % of the foramen magnum are elongated, 58 % are intermediate and 19 % are rounded. This pattern is similar to that found in the skeletal sample from Spitalfields (London), where the age distribution is similar to that of the present sample: most of the children are younger than four years [3] (Table 4).

In contrast, in the Coimbra sample (Portugal) composed of adolescents between 7 and 16 years old, elongated foramen magnum are absent [3] (Table 4).

Correlation tests statistically confirm a high correlation between chronological age and the shape of the foramen magnum (Table 5), up to synchondroses closure, which prevents any further change in foramen magnum shape [15, 16].

4. Discussion and conclusions

4.1. Shape of foramen magnum

The shape of the foramen magnum depends on the stage of fusion of the AIOS and PIOS. The foramen is elongated or intermediate as long as components of the occipital bone are independent, and rounded or intermediate when the four parts begin to fuse.

However, the fossil immature specimen discovered at the site of Mezmaiskaya, which is aged between 7 months in utero and 2 months [6], was identified as a Neandertal because of its elongated foramen magnum. Indeed, Rak et al. [11, 12] consider this shape of the foramen as an autapomorphic Neandertal feature, because this trait is present on Amud 7 (10 months old) and because the mean of the foramen magnum index is very different between Neandertal and *Homo sapiens sapiens* children (mean $I_{33} = 59.2$, calculated on four Neandertal children and mean $I_{33} = 78.6$ on a collection of Asian and Near East children with ages from 0 to 18 years).

It is unclear why Rak has reached this conclusion. It is possible that very young children (younger than four years of age) were poorly represented in the reference sample he used [11], obscuring the age related changes in the shape of the foramen magnum observed in the Strasbourg sample.

Further, other researchers [2, 4, 14, 18] are also in the process of re-evaluating the phylogenetic value of the shape of the foramen magnum.

Finally, in this context, the dimensions of the foramen magnum are highly correlated with skull measurements (Table 5), and thus the geographic origin of the sample can affect the results.

4.2. Intra-occipital synchondroses

The chronology of closure of the intra-occipital synchondroses is as following: the two parts of the PIOS begin to fuse between 0.5 and 4 years of age. The horizontal plate of the AIOS begins closing between 0.4 and 5.1 years and the vertical plate between 1 and 6.8 years.

Among the immature individuals in the Strasbourg sample, complete fusion of the PIOS takes place before AIOS, between 0.8 and 10.1 years for the first and between 2.5 and 11.7 years for the second.

No difference between sexes or between sides was statistically observed in this sample.

Whatever part of the synchondroses is examined, the age interval for complete fusion or beginning of closure is always very large, between 6.5 and 9 years. Consequently, when used alone, age of fusion of intra-occipital synchondroses is not a good indicator of the age at death of children.

Finally, on the basis of the results reported here, questions must be directed toward Rak's conclusions of the phylogenetic value of an elongated foramen magnum in Neandertal children. This shape would appear to be a juvenile feature that disappears when synchondroses are closed.

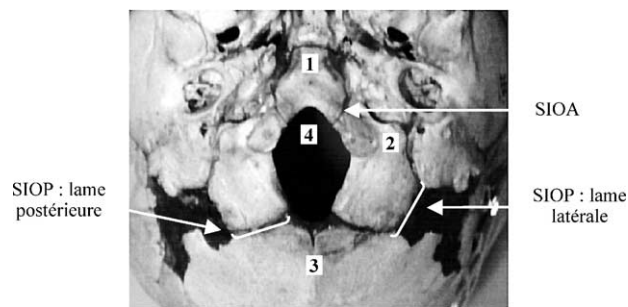


Figure 1. Base du crâne d'une fillette de 2 mois (n° 1893-94/56, collection de la faculté de médecine de Strasbourg).

Figure 1. Skull base from a girl of 2 months of age (n° 1893-94/56, sample of the Medicine Faculty of Strasbourg).

1. Introduction

La détermination de l'âge au décès des enfants est basée sur la corrélation entre âge civil et âge biologique. Ce dernier, en l'absence d'éléments dentaires, repose sur l'analyse des processus de croissance et de maturation osseuse.

Parmi les processus de maturation crânienne, ceux relatifs à la base du crâne et à l'os occipital en particulier (Fig. 1) ont fait l'objet d'études morphologiques et métriques précises [3, 5, 13, 15].

La synchondrose intra-occipitale antérieure (nommée par la suite SIOA) (Fig. 2) correspond à l'articulation de la base du crâne unissant la partie basilaire et les parties latérales de l'os occipital. La SIOA est constituée de deux lames perpendiculaires : la lame verticale et la lame horizontale. La lame verticale isole la partie basilaire des parties latérales de l'os occipital. La lame horizontale, située dans la partie latérale de l'os occipital, sépare le processus jugulaire et condyloïde, constituant la paroi antérieure du futur canal du nerf hypoglosse (Fig. 2). La SIOA participe donc à la formation du condyle occipital et du canal hypoglosse. L'étude de cette synchondrose est souvent réduite à celle de la lame verticale unique-

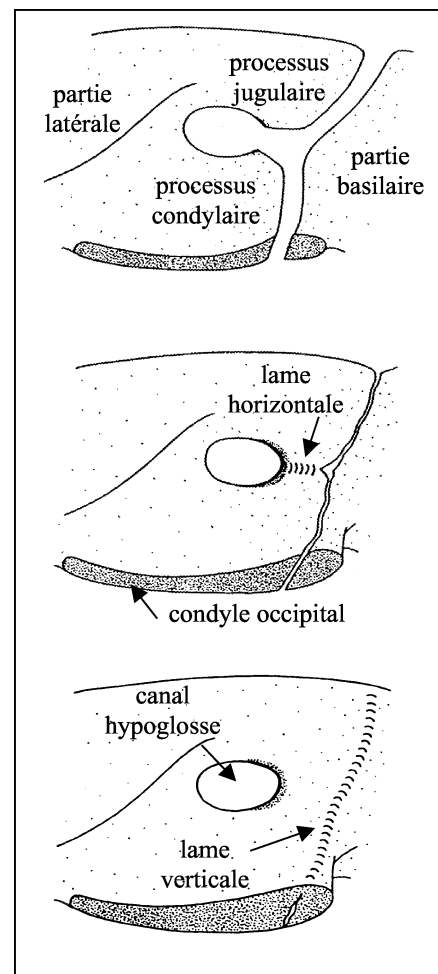


Figure 2. Description des lames horizontale et verticale de la SIOA (modifié d'après Dellinger et Le Minor, [5]).

Figure 2. Description of SIOA horizontal and vertical segments (after Dellinger and Le Minor, [5]).

ment. Seuls deux travaux [5, 16] ont distingué les deux lames de la SIOA.

La synchondrose intra-occipitale postérieure (nommée par la suite SIOP) correspond à l'articulation de

Tableau 1. Composition de la collection de Strasbourg, par grande classe d'âge et par sexe.**Table 1.** Composition of the Strasbourg sample, with age and sex classes.

Âges	Garçons	Filles	Indéterminés
0–1 mois	20	13	3
1 mois–1 an	26	13	2
1 an–2 ans	12	8	0
2 ans–4 ans	13	15	1
4 ans–6 ans	5	9	1
6 ans–12 ans	6	3	2

la base du crâne soudant les parties latérales à l'écaille de l'os occipital (Fig. 1).

Les travaux relatifs à la chronologie de la maturation sont rares et les âges de synostose varient souvent d'un auteur à l'autre, sans que le stade de la fusion, initial ou final, soit explicité, à l'exception du travail de Madeline et Elster [8].

Pour la SIOA, les âges de synostose varient entre 5 et 10 ans pour la lame verticale [5, 8, 13, 16, 19] et entre 1 et 4 ans pour la lame horizontale [5, 16]. La fermeture de la SIOP s'effectue, selon les auteurs, entre 1,5 et 6 ans [8, 13, 16, 19].

Les synchondroses ont cependant été employées pour l'estimation de l'âge individuel des enfants fossiles ou pour argumenter une différence dans le rythme de maturation osseuse entre enfants modernes et fossiles [1, 7, 9].

À partir d'une série de référence, nous avons souhaité analyser la chronologie de la synostose de ces deux synchondroses intra-occipitales, selon l'âge et le sexe. Comme la fusion des différentes parties de l'os occipital entraîne l'arrêt de la croissance du foramen magnum, nous avons également inclus dans cette recherche une étude portant sur la variation de la configuration du foramen magnum avec l'âge.

2. Matériel et méthode

2.1. Matériel

Les crânes d'enfants étudiés sont issus de la collection ostéologique de référence du laboratoire d'anatomie normale de la faculté de médecine de Strasbourg, dirigé par le professeur H. Sick. Il s'agit de têtes osseuses préparées par des anatomistes entre 1872 et 1918.

Cette série comprend 152 crânes immatures exempts de toute pathologie, dont 143 sont sexués, 82 garçons et 61 filles (Tableau 1). Plus de 50 % de ces enfants sont d'origine strasbourgeoise, 34 % environ sont d'origine alsacienne ou de régions limitrophes, tandis que le reste de l'échantillon provient d'Allemagne. La précision dans l'âge civil est de l'ordre du mois, de la semaine et parfois du jour.

2.2. Méthode

Trois stades ont été définis quant à l'état de maturation osseuse des SIOA et SIOP :

- stade 1, la synchondrose est totalement ouverte, il n'y a aucune trace de fusion ;
- stade 2, la synchondrose est fermée sur une partie de son trajet uniquement ;
- stade 3, la synchondrose est synostosée dans sa totalité.

Il faut toutefois noter que dans l'épaisseur de l'os, une zone ouverte peut persister sans être visible macroscopiquement. Dans ce cas, seule une étude au scanner pourrait lever cette incertitude.

Les deux lames constituant la SIOA ont été codées séparément.

Pour décrire la SIOP qui présente un long parcours, nous avons différencié deux lames : la lame postérieure commence au bord du foramen magnum et se termine dès que la synchondrose décrit un angle pour remonter vers la partie antérieure de l'os occipital. La lame latérale commence à ce point et se termine à la frontière avec l'os temporal (Fig. 1).

Pour proposer une estimation de l'âge de fusion des différentes lames des synchondroses intra-occipitales, la méthode des percentiles a été utilisée. La « méthode de la moyenne pondérée au centile X_{np} » a été choisie, car elle fournit les résultats les plus précis. En sélectionnant les centiles 2,5 et 97,5 % comme limites de variation, nous pouvons couvrir 95 % des observations réalisées au sein de la collection de Strasbourg. En effet, le centile 2,5 % d'une variable fournit un âge tel que 2,5 % des valeurs de la variable sont en dessous de cet âge. Il en est de même pour le centile 97,5 %. Ainsi les âges fournis par ces deux bornes correspondent à 95 % (97,5–2,5 %) de la variabilité.

Afin de faciliter les calculs, les âges des enfants sont exprimés en années et en dixièmes d'année.

Pour mettre en évidence d'éventuelles différences entre l'âge de synostose des synchondroses selon le sexe, des tests Anova de Kruskal–Wallis et des tests de la médiane [17] ont été effectués.

Trois configurations du foramen magnum ont été définies en fonction de l'indice I_{33} , calculé à partir de ses deux diamètres (longueur M7 et largeur M16) : foramen allongé : $I_{33} \leq 70$, foramen intermédiaire : $70 < I_{33} < 85$ et foramen arrondi : $I_{33} \geq 85$.

3. Résultats

3.1. Synchondrose intra-occipitale antérieure (SIOA)

La synostose de la lame horizontale de la SIOA précède toujours celle de la lame verticale. En effet, la fusion des processus hypoglosses commence à 0,4

Tableau 2. Age de fusion de la SIOA (en années et dixièmes d'année), sexes séparés et confondus, côtés confondus.

Table 2. SIOA age of fusion (in years and tenth of a year) for each sex and both sexes, and both sides.

		Non fusionnée				En cours de fusion				Fusionnée			
		min.	2,5 %	97,5 %	max.	min.	2,5 %	97,5 %	max.	min.	2,5 %	97,5 %	max.
Lame	♀	0	0	2	2	0,4	0,4	4,1	4,2	3	3	9,3	10
horizontale	♂	0	0	2,2	4	0,9	0,9	5,2	5,3	3,3	3,3	11,6	12
	Total	0	0	2,2	4	0,4	0,4	5,1	5,3	3	2,5	10,8	12
Lame	♀	0	0	4,5	5	2,5	2,5	6,6	7	5,3	5,3	9,8	10
verticale	♂	0	0	3,9	5	1	1	6,8	7	6	6	11,8	12
	Total	0	0	4,4	5	1	1	6,8	7	5,3	5,3	11,7	12

an chez les filles et à 0,9 an chez les garçons, alors que la synostose de la lame verticale ne débute pas avant 2,5 ans chez les filles et 1 an chez les garçons (Tableau 2).

La fermeture de la lame horizontale démarre dans la partie médiale, puis latérale, des processus hypoglosses et progresse de l'arrière vers l'avant. Entre 0,4 et 5,1 ans, 95 % des enfants observés, sexes confondus, montrent une lame horizontale en cours de fusion. La synostose est complète, macroscopiquement, entre 2,5 et 10,8 ans pour 95 % des enfants observés, les deux sexes confondus (Tableau 2).

La lame verticale commence à se fermer entre 1 et 6,8 ans chez 95 % des enfants, quel que soit le sexe. La fusion démarre par la partie médiale puis latérale et progresse du bas vers le haut, de sorte que la dernière zone à se synostoser s'observe sur la partie supérieure du condyle occipital. La synostose de cette lame est totale entre 5,3 et 11,7 ans pour 95 % des enfants de la collection (Tableau 2).

Quelle que soit la lame de la SIOA considérée, les filles sont en avance de 2 ans environ dans la fermeture de la synchondrose par rapport aux garçons (pour la lame horizontale : 3–9,3 ans chez les filles, contre 3,3–11,6 ans chez les garçons et pour la lame verticale : 5,3–9,8 ans chez les filles, contre 6–11,8 ans chez les garçons). Mais les tests Anova de Kruskal–Wallis, et les tests de la médiane effectués, n'ont démontré aucune différence statistiquement significative entre filles et garçons. Le faible nombre d'enfants sexués présentant le morphe « fusionné » dans la collection pourrait influencer ce résultat.

3.2. Synchondrose intra-occipitale postérieure (SIOP)

Pour les lames latérale et postérieure de la SIOP, la fusion commence environ aux mêmes âges, c'est-à-dire entre 0,5 et 4 ans environ, pour 95 % des enfants, sexes confondus (Tableau 3). La fermeture totale de

la lame latérale se réalise entre 0,8 et 10 ans environ, sexes confondus, pour 95 % des enfants. Pour la lame postérieure, ces âges passent à 1,5 et 10,1 ans.

Souvent, la lame postérieure achève sa fusion après celle de la lame latérale, de sorte que des traces de la synchondrose sont encore visibles sur quelques millimètres sur les bords du foramen magnum.

Comme pour la SIOA, la synostose complète semble plus rapide chez les filles que chez les garçons, mais aucun des tests statistiques réalisés n'a pu confirmer significativement cette observation. Encore une fois, l'effectif d'enfants sexués pourrait intervenir dans ce résultat.

3.3. Foramen magnum

Dans la collection de référence de Strasbourg, 23 % des enfants montrent un foramen magnum allongé, 58 % ont une forme intermédiaire et 19 % seulement ont un foramen arrondi (Tableau 4).

Ces pourcentages confirment ceux observés au sein de la collection de référence de Spitalfields [3], dont la distribution par âge est équivalente à celle de Strasbourg, à savoir une majorité d'enfants de moins de 4 ans.

Ils diffèrent nettement de ceux obtenus dans des collections constituées d'enfants plus âgés, telle celle de Coimbra (adolescents de 7 à 16 ans), dans laquelle aucun foramen magnum allongé n'a pu être observé [3]. En revanche, au sein de cette collection de référence portugaise, la forme arrondie prédomine (Tableau 4).

La forme du foramen magnum varie donc en fonction de l'âge de l'individu. Un test de corrélation réalisé entre l'âge des enfants et les dimensions du foramen magnum (longueur M7, largeur M16 et indice I_{33}) révèle que ces paramètres sont extrêmement corrélés, étant donné la valeur de la probabilité p (Tableau 5). Ces corrélations toutes positives (valeur du coefficient de corrélation r) sont particulièrement

Tableau 3. Âge de fusion de la SIOP (en années et dixièmes d’année), sexes séparés et confondus, côtés confondus.

Table 3. SIOP age of fusion (in years and tenth of a year) for each sex and both sexes, and both sides.

		Non fusionnée				En cours de fusion				Fusionnée			
		min.	2,5 %	97,5 %	max.	min.	2,5 %	97,5 %	max.	min.	2,5 %	97,5 %	max.
Lame	♀	0	0	2,6	3,5	0,8	0,8	4,1	4,2	0,8	0,8	8,6	10
latérale	♂	0	0	2,3	4	0,5	0,5	3,5	4	1	1	10,9	12
	Total	0	0	2,5	4	0,5	0,5	4,1	4,2	0,8	0,8	9,9	12
Lame	♀	0	0	2,6	3,5	0,8	0,8	4	4,2	1,4	1,5	8,8	10
postérieure	♂	0	0	3,3	4	0,5	0,5	4	4	2,2	2,2	11,3	12
	Total	0	0	2,7	4	0,5	0,5	3,3	4,2	1,5	1,5	10,1	12

Tableau 4. Configurations du foramen magnum dans trois collections de référence.

Table 4. Foramen magnum shape in three samples of known age.

	F.m. allongé	F.m. intermédiaire	F.m. arrondi	N
Strasbourg : 0–1 an	40 %	52 %	8 %	48
1–2 ans	23,5 %	70,5 %	6 %	17
2–4 ans	4 %	71 %	25 %	24
4–6 ans	15,5 %	46 %	38,5 %	13
> 6 ans	0 %	55 %	45 %	11
Total Strasbourg	23 %	58 %	19 %	113
Spitalfields	21 %	62 %	17 %	40
Coimbra	0 %	46 %	54 %	24

Tableau 5. Corrélations entre les dimensions du foramen magnum et de la voûte crânienne et l’âge des enfants ($N = 113$).

Table 5. Correlations between foramen magnum and skull measurements and age of children ($N = 113$).

	M7			M16			I ₃₃		
	r	r ²	p	r	r ²	p	r	r ²	p
Âge	0,71	0,51	4,6·10⁻¹⁷	0,80	0,65	4,5·10⁻²⁴	0,42	0,17	1,4·10⁻⁵
M1	0,90	0,81	4,5·10⁻³⁰	0,92	0,84	0	0,31	0,09	0,004
M8	0,87	0,76	2,7·10⁻²⁶	0,92	0,85	0	0,39	0,15	0,0003

fortes (valeur du coefficient de détermination r^2), entre l’âge de l’individu et la longueur ou la largeur du foramen magnum.

En revanche, une fois la synostose des synchondroses intra-occipitale réalisée, la configuration du foramen magnum reste invariable. Seule une augmentation de la robustesse de ses bords, par dépôt périosté, s’observe ultérieurement [15, 16].

4. Discussion et conclusions

4.1. Foramen magnum

La configuration du foramen magnum varie donc en fonction du stade de synostose des synchondroses intra-occipitales : elle est allongée ou de forme intermédiaire tant que les éléments constituant l’os

occipital ne se sont pas engrenés. Une fois la fusion en cours, le foramen acquiert une forme plus arrondie.

Très récemment, le jeune enfant de Mezmaiskaya, d’âge périnatal selon Golovanova et al. [6] a été attribué à la lignée néandertalienne, en raison de l’allongement de son foramen magnum, bien qu’il soit daté d’environ 29 000 ans [10].

Cette attribution reprenait une proposition de Rak et al. [11, 12], consistant à inclure la configuration allongée du foramen magnum parmi les caractères dérivés néandertaliens, faite à la suite de la découverte de l’enfant fossile Amud 7, âgé d’environ 10 mois. L’indice du foramen magnum de cet enfant ($I_{33} = 59,2$) s’avérait être différent de la moyenne calculée à partir de 89 jeunes enfants modernes, provenant d’Asie et du Proche-Orient et âgés de 0 à 18 ans ($I_{33} = 78,6 \pm 6,3$) [11].

Toutefois, la constitution en âge de la collection utilisée par Rak et al. [11] n'est pas très précise et il est possible que toutes les classes ne soient pas proportionnellement représentées, notamment les plus jeunes, ce qui masque ainsi les observations que nous avons pu faire sur la collection de Strasbourg.

Par ailleurs, l'allongement antéro-postérieur du foramen magnum ne semble pas constituer une caractéristique propre à tous les enfants de la lignée néandertalienne [2, 4, 14, 18].

Enfin, les dimensions du foramen magnum s'avèrent significativement corrélées à deux diamètres de la voûte crânienne : la longueur maximale (M1) et la largeur maximale (M8) (Tableau 5) ; l'origine géographique de l'échantillon peut également influencer sur la moyenne de l'indice du foramen magnum [3].

4.2. Synchronoses intra-occipitales

Chronologiquement, les deux lames de la SIOP commencent à fusionner environ aux mêmes âges, soit entre 0,5 et 4 ans. Pour la SIOA, la synostose démarre par la lame horizontale entre 0,4 et 5,1 ans ; entre 1 et 6,8 ans commence la fusion de la lame verticale.

La fermeture complète des deux lames de la SIOP précède celle de la SIOA. En effet, la lame latérale est fermée entre 0,8 et 9,9 ans, et entre 1,5 et 10,1 ans pour la lame postérieure. Pour la SIOA, la synostose complète de la lame horizontale a été observée entre 2,5 et 10,8 ans et entre 5,3 et 11,7 ans pour la lame verticale, la dernière trace de cette lame étant souvent visible sur le tiers antérieur du condyle occipital.

Quelle que soit la synchondrose et la lame examinées, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux côtés de l'os occipital. De même, aucune différence dans les processus de maturation de l'os occipital n'a été observée entre les filles et les garçons au sein de la collection de Strasbourg. Toutefois, la constitution de notre échantillon, pauvre en enfants sexués de plus de 6 ans, pourrait intervenir dans cette absence de dimorphisme sexuel.

Quel que soit le morphe, un intervalle d'âge très large s'observe entre les percentiles 2,5 et 97,5 %. L'âge de fermeture des différentes lames des synchondroses intra-occipitales est donc très variable entre enfants issus d'une même collection. Pour la SIOA, cet intervalle est de plus de 8 ans pour la lame horizontale et de presque 6,5 ans pour la lame verticale, sexes confondus. Il en est de même pour la SIOP : l'intervalle est de plus de 9 ans pour la lame latérale et de 8,6 ans pour la lame postérieure, sexes confondus.

L'utilisation de la maturation de l'os occipital comme critère permettant l'estimation de l'âge au décès de l'enfant nous semble donc à déconseiller, notamment dans le cas de pièces fossiles fragmentaires.

De plus, au vu de nos résultats, nous invalidons la référence à la forme allongée du foramen magnum dans la définition des caractères néandertaliens. Cette configuration du foramen magnum n'est, en effet, qu'un caractère juvénile qui s'estompe au cours de la croissance, une fois la synostose des synchondroses intra-occipitales réalisée.

Remerciements. Les auteurs tiennent à remercier les conservateurs qui leur ont autorisé l'accès aux collections ostéologiques actuelles : Mme E. Cunha, Mme T. Molleson et M.H. Sick, ainsi que les institutions qui leur ont apporté leur soutien financier : le conseil régional d'Aquitaine et l'APN 1999-7904 du CNRS. Ils remercient le professeur A. Mann pour la relecture de cette note.

Références

[1] T. Akazawa, S. Muhesen, H. Ishida, O. Kondo, C. Griggo, New discovery of a Neanderthal child burial from the Dederiyeh Cave in Syria, *Paléorient* 25 (2) (1999) 129–142.

[2] J.-L. Arsuaga, I. Martinez, A. Gracia, C. Lorenzo, The Sima de los Huesos Crania (Sierra de Atapuerca, Spain). A comparative study, *J. Hum. Evol.* 33 (1997) 219–281.

[3] H. Coqueugniot, Le crâne d'*Homo sapiens* en Eurasie : croissance et variation depuis 100 000 ans, *British Archaeological Reports, International Series* 822, 1999.

[4] M. Creed-Miles, A. Rosas, R. Kruszynski, Issues in the identification of Neanderthal derivative traits at early post-natal stages, *J. Hum. Evol.* 30 (1996) 147–153.

[5] J.-C. Dellinger, J.-M. Le Minor, Morphologie de la synchondrose basi-exoccipitale au cours de la croissance humaine, *Arch. Anat. Hist. Embr. Norm. et Exp.* 75 (1993–1994) 31–46.

[6] L.V. Golovanova, J.F. Hoffecker, V.M. Kharitonov, G.P. Romanova, Mezmaiskaya Cave: a Neanderthal occupation in the northern Caucasus, *Curr. Anthropol.* 40 (1) (1999) 77–86.

[7] J.-L. Heim, Les enfants néandertaliens de La Ferrassie. Étude anthropologique et analyse ontogénique des hommes de Néandertal, *Fondation Singer Polignac, Masson, Paris*, 1982.

[8] L.A. Madeline, A.D. Elster, Suture closure in the human chondrocranium: CT assessment, *Radiology* 196 (1995) 747–756.

[9] N.S. Minugh, The Mladec 3 child: aspects of cranial ontogeny in early anatomically modern Europeans, *Am. J. Phys. Anthropol.* 60 (1983) 228.

[10] I.V. Ovchinnikov, A. Götherström, G.P. Romanova, V.M. Kharitonov, K. Liden, W. Goodwin, Molecular analysis of Neanderthal DNA from the northern Caucasus, *Nature* 404 (2000) 490–493.

[11] Y. Rak, W.H. Kimbel, E. Hovers, A Neanderthal infant from Amud Cave, Israel, *J. Hum. Evol.* 26 (1994) 313–324.

[12] Y. Rak, W.H. Kimbel, E. Hovers, On Neandertal autapomorphies discernible in Neandertal infants: a response to Creed-Miles et al., *J. Hum. Evol.* 30 (1996) 155–158.

[13] A. Redfield, A new aid to aging immature skeletons: development of the occipital bone, *Am. J. Phys. Anthropol.* 33 (1970) 207–220.

[14] G.D. Richards, A.M. Plourde, Reconsideration of the 'Neandertal' Infant, Amud-7, *Am. J. Phys. Anthropol.* 20 (suppl.) (1995) 180–181.

[15] J.L. Scheuer, S. Mclaughlin-Black, Age estimation from the *Pars Basilaris* of the fetal and juvenile occipital bone, *Int. J. Osteoarcheol.* 4 (1994) 377–380.

[16] L. Scheuer, S. Black, *Developmental Juvenile Osteology*, Academic Press, 2000.

[17] Statistica, *Statistica pour Windows*, StatSoft, France, 1998.

[18] A.-M. Tillier, *Les enfants moustériens de Qafzeh. Interprétation phylogénétique et paléoauxologique*, Cahiers de Paléoanthropologie, Éditions du CNRS, Paris, 1999.

[19] P.L. Williams, L.H. Bannister, M.M. Berry, P. Collins, M. Dyson, J.E. Dussek, M.W.J. Ferguson, *Gray's Anatomy. The anatomical basis of medicine and surgery*, 38th ed., Churchill, Livingstone, 1995.