

Variabilité intra-individuelle de l'estimation de l'âge au décès adulte à partir des anneaux du cément dentaire

Intra-individual variability in adult age-at-death estimates using incremental lines in dental cementum

L. Lanteri · A. Schmitt · B. Foti

Reçu le 18 janvier 2013 ; accepté le 17 juin 2013
© Société d'anthropologie de Paris et Springer-Verlag France 2013

Résumé La méthode d'estimation de l'âge au décès des adultes par comptage des anneaux du cément dentaire n'est actuellement pas consensuelle car fiabilité et précision diffèrent d'une étude à l'autre. De plus, aucune étude n'a été menée jusqu'à présent sur la variabilité intra-individuelle du cément. À partir d'un échantillon de 51 dents extraites cliniquement sur 15 individus, nous avons quantifié cette variabilité. Les lignes d'incrément ont été comptées sur cinq sections transversales issues du tiers médian radiculaire de chaque dent. Deux estimations de l'âge par dent ont été calculées en tenant compte (1) du nombre maximal de lignes comptées, (2) de la valeur moyenne des comptages. Nos résultats montrent que a) les estimations d'âge calculées à partir de l'incisive sont plus précises que celles calculées à partir de la canine ou de la prémolaire ; b) les estimations d'âge calculées à partir des comptages maximaux sont plus précises que celles issues des comptes moyens ; c) les estimations d'âge obtenues à partir des incisives mandibulaires sont plus précises que celles issues des incisives supérieures. Enfin, on observe une variabilité conséquente du nombre de lignes d'incrément sur la même dent. À l'échelle de l'individu, l'estimation de l'âge au décès entre deux dents peut différer de 26 ans, ce qui induit un biais dans l'estimation de l'âge à partir de ce paramètre.

Mots clés Dents · Cément dentaire · Lignes d'incrément · Age au décès · Adulte · Estimation

Abstract The reliability of adult age-at-death estimates based on counting the incremental lines in dental cementum is uncertain because their accuracy and precision vary from

one study to another. Moreover, no previous study has addressed intra-individual variability in counts of incremental lines in cementum. We quantified this variability from a sample of 51 clinically extracted teeth of 15 individuals. Incremental lines were counted on five cross sections from the median third of each tooth root. Two age estimates were calculated per tooth, taking into account (1) the maximum number of lines counted and (2) the average value of counts. Our results show that a) age estimates based on the incisor are more accurate than those based on the canine or premolar; b) age estimates based on maximum counts are more accurate than those based on average counts; c) age estimates based on mandibular incisors are more accurate than those based on maxillary incisors. Substantial variability was observed in the number of increment lines on the same tooth. For an individual, the estimated age at death between two teeth can differ by 26 years, which produces a bias in age estimations from this parameter.

Keywords Teeth · Dental cementum · Incremental lines · Age at death · Adult · Estimation

Introduction

L'estimation de l'âge au décès de restes humains anciens constitue, avec la détermination du sexe de l'individu, la première étape de l'étude anthropologique d'une population. La précision et la fiabilité de ces données ainsi que la répétabilité et la reproductibilité de la méthodologie sont le fondement de la validité du raisonnement interprétatif, tant au niveau individuel que populationnel. Actuellement, l'estimation de l'âge d'un individu immature établie à partir des points d'ossification primaires et secondaires [1], du schéma d'éruption dentaire [2] ou du stade de minéralisation dentaire [3-5] est relativement précise et fiable [6,7]. En revanche, l'âge d'un individu adulte est difficile à estimer car la

L. Lanteri (✉) · A. Schmitt · B. Foti
Laboratoire UMR 7268 – ADÉS - Anthropologie Bioculturelle,
Droit, Éthique et Santé, Faculté de Médecine, Secteur Nord,
Université de la Méditerranée, Boulevard Pierre Dramard,
13344 Marseille cedex 15
e-mail : laetitia.lanteri@etu.univ-amu.fr

relation entre l'âge chronologique et les indicateurs osseux n'est ni régulière, ni linéaire. En effet, l'individu adulte est soumis à la sénescence, c'est-à-dire à un déclin progressif, irréversible, universel et cumulatif de l'organisme, variable entre les individus et les populations et sensible aux facteurs génétiques, environnementaux et culturels [8,9]. Pour cette raison, plusieurs méthodes ostéologiques et dentaires ont tendance, à ce jour, à surestimer l'âge des adultes de moins de 40 ans, à sous-estimer l'âge des individus de plus de 60 ans [10,11] et manquent de fiabilité au-delà de 40 ans [12-14]. Enfin, l'imprécision est encore accentuée par l'ensemble des processus taphonomiques engendrant parfois un mauvais état de conservation ou de représentation du matériel osseux. Dans ce cas, les méthodes odontologiques peuvent s'avérer être le seul recours. L'odontologie est un matériel d'étude de choix car les trois tissus les plus durs du corps humain y sont rassemblés : la dentine, l'émail et le ciment. Ils montrent la meilleure résistance contre les altérations post-mortem causées par l'humidité, les variations de température, l'activité microbienne ainsi que les forces mécaniques. Situé entre la dentine radulaire et le ligament parodontal, le ciment a un rôle d'attache des fibres parodontales liant la dent à l'os alvéolaire, maintenant la couronne dans la position d'une occlusion effective [15]. Il s'appose linéairement tout au long de la vie de l'individu selon un seul front de minéralisation situé à la surface de la dentine radulaire, indépendamment de la vitalité pulpaire, sans limite de volume pour son développement. L'ensemble des couches forme une structure en anneaux concentriques reflétant l'enregistrement longitudinal du métabolisme phosphocalcique de l'individu. Ce tissu dentaire calcifié, non innervé et non vascularisé, présent chez l'ensemble des mammifères, a suscité l'intérêt de nombreux anthropologues [15,16]. D'une part, le ciment dentaire humain a été mesuré dans son épaisseur et considéré comme un critère associé à d'autres ou seul [17-19]. D'autre part, Stott et ses collègues [20] ont découvert une corrélation positive entre le comptage de ces anneaux et l'âge chronologique. L'épaisseur du ciment sain d'une dent monoradiculée humaine varie de 25-50 μm en portion cervicale à 150-250 μm en portion apicale [21] et triple en zone apicale entre 20 et 60 ans [18,19]. Son observation au microscope optique révèle une alternance de bandes fines et de bandes larges, apparaissant respectivement opaques et translucides sous lumière transmise. La bande large se forme lors d'une période de minéralisation rapide associée à une alimentation variée, peu dure et riche (été) tandis que la bande fine s'appose lors d'une période où la diversité, la qualité et la quantité des aliments sont plus restreintes (hiver) impliquant une vitesse de minéralisation plus lente [16,22]. Pourtant, bien que la saisonnalité de l'alimentation ait disparue pour les populations humaines actuelles, cette alternance est toujours observable. D'autres hypothèses tentent d'expliquer une étiologie complexe [23] est commu-

nément admis qu'une bande claire associée à une bande sombre constituent une ligne d'incrément cémentaire correspondant à une année [15,16,24-28]. Le ciment dentaire a été étudié pour répondre à des questionnements nombreux et variés. Plusieurs recherches ont eu pour objectif d'établir une estimation de l'âge fiable et précise au moyen d'une méthodologie répétable et reproductible [22,24,29]. L'utilisation du ciment pour estimer l'âge au décès ne fait actuellement pas consensus. Plusieurs études montrent que la relation entre le nombre de lignes d'incrément et l'âge chronologique est faible [25,27,30-32] alors que d'autres indiquent une forte corrélation [22,24,29,33-36]. De plus, la variabilité intra-individuelle du ciment dentaire a été peu étudiée jusqu'à présent. Son étude vise à déterminer si les estimations de l'âge obtenues à partir des comptages des lignes d'incrément du ciment dentaire de plusieurs dents d'un même individu sont homogènes. Seulement deux études se sont penchées sur la question. Charles et ses collègues [24] estiment à 43 % la variabilité intra-individuelle entre prémolaires et canines déminéralisées d'un même individu et l'expliquent par dix lignes d'incrément supplémentaires sur les canines par rapport aux prémolaires [24]. Sans cet effet fixe entre classes de dents, la variabilité intra-individuelle est réduite à 18 %. D'autre part, Wittwer-Backofen et al. [36] ne constatent pas d'erreur élevée entre les dents d'un même individu.

Le but de la présente étude est d'évaluer si les comptages des lignes d'incrément du ciment fournissent des estimations de l'âge cohérentes, d'une part entre les sections d'une même dent et d'autre part, entre plusieurs dents d'un même individu. Nous étudierons également la variabilité intra et inter-observateur des comptages.

Matériel

L'échantillon d'étude est issu d'une série de 132 dents extraites pour raison thérapeutique sur 63 individus par des praticiens dentaires hospitaliers à Marseille. Notre problématique impliquant des extractions multiples, et plus particulièrement les extractions de dents du même type chez un même individu, seulement une partie de la série est exploitable. L'échantillon se compose de 51 dents monoradiculées extraites sur 15 individus (10 hommes et 5 femmes). Les âges des patients varient entre 39 et 81 ans, la composition de l'échantillon est détaillée en figure 1. Les dents sélectionnées sont des incisives centrales et latérales, canines des maxillaires et mandibules ainsi que des prémolaires monoradiculées inférieures. Les dents pluriradiculées ont été exclues en raison des limites pratiques dues à leur furcation : le ciment s'épaissit rendant impossible la lecture de lignes d'incrément représentatives [20,30]. Les extractions multiples sélectionnées constituent, dans la majorité des cas, deux dents du

même type par individu. Le plus grand nombre de dents extraites sur un même individu est de 12. Chaque dent est rendue anonyme au regard de l'observateur.

Méthode

Traitement des dents et lecture

En laboratoire, chaque dent est placée verticalement dans un moule cylindrique afin d'inclure la couronne dans de la résine Epoxy pour assurer un maintien optimal lors de la coupe. L'objectif est de superposer au mieux l'axe longitudinal de la dent et celui du moule afin que la lame de la scie soit le plus possible perpendiculaire à l'axe longitudinal de la dent et qu'ainsi, le plan transversal soit le plus précis possible. En effet, il a été démontré que scier perpendiculairement à la tangente au bord externe du ciment ne permet pas d'observer la totalité du ciment sur une section transversale [37].

Le tiers de la longueur radiculaire comprenant l'apex de chaque dent est retiré avec la première coupe. Puis, cinq sections transversales successives d'environ 100 μm d'épaisseur issues du tiers médian radiculaire sont réalisées à l'aide de la scie à lame de diamant Leica SP 1600 à faible vitesse (environ 600 tr/min). Les sections transversales successives permettent d'évaluer les changements du ciment sur l'ensemble du tiers moyen de la racine ainsi que – et à l'inverse des longitudinales – l'étude du périmètre cémentaire total d'une section [20]. Le tiers moyen est privilégié par rapport au tiers cervical car il existe un risque de résorption cémentaire par les odontoclastes à proximité de la jonction gingivale et une érosion du ciment causées par des caries au niveau du collet [37]. Concernant le tiers apical, un risque d'extra apposition cémentaire – ou hypercémentose –, une concentration plus importante en cémentocytes (cémentoblastes piégés dans la matrice) ainsi qu'une activité de remodelage sur les sujets les plus âgés peuvent être des facteurs de biais lors du comptage [24,37]. Chaque section

est ensuite montée entre lame et lamelle. Les sections sont ensuite observées au microscope optique à lumière transmise surmonté d'un système d'acquisition d'images au grossissement X200 à la luminosité permettant la meilleure lisibilité. L'observateur acquiert trois à quatre images numériques de résolution 4272x2848 pixels de la zone jugée porteuse du nombre maximal de lignes d'incrément cémentaires de la section transversale. Nous sélectionnons cette zone car le risque d'obtenir un nombre de lignes d'incrément supérieur à l'âge chronologique de la dent est faible [35]. Lors de nos observations, nous avons pu constater que certaines zones issues d'une section contiennent davantage de lignes d'incrément distinctes et lisibles que d'autres. Les lignes d'incrément sont comptées manuellement, selon le mode d'inspection visuel décrit par Kvaal et al. [35]. Une seule image numérique par section est retenue et nous considérons qu'un minimum de trois comptages par dent est une condition nécessaire afin d'obtenir des résultats significatifs et de pouvoir les discuter. Les âges moyens d'éruption dentaire et leurs écarts-types proviennent du diagramme de Hurme publié en 1949 qui présente l'avantage de différencier hommes et femmes ainsi que les dents issues du maxillaire et de la mandibule (Tableau 1) [38].

Traitements statistiques

Afin de s'assurer de la répétabilité et de la reproductibilité du comptage, un test intra et inter-observateur a été mené. Deux observateurs ont réalisé le comptage des lignes d'incrément de 30 images numériques choisies aléatoirement. L'un d'eux a réitéré le comptage sept jours plus tard. Un test de corrélation intraclasse a été mené pour ces deux analyses à l'aide de la fonction *icc* du package *psy* du logiciel de statistiques R. Nous avons pris en compte le résultat de la fonction *icc* « consistency » pour tester la répétabilité et celui de la fonction *icc* « agreement » pour tester la reproductibilité. De plus, un test de Bland et Altman a été appliqué à chacune des deux expériences afin d'étudier la répartition des mesures. Ce test, appliqué à la répétabilité ainsi qu'à la reproductibilité des comptages, représente la différence entre deux mesures en ordonnées en fonction de la moyenne entre deux mesures en abscisses. Pour chaque section de chaque dent, nous avons calculé la valeur maximale des estimations de l'âge (*maxEA*) et la valeur moyenne (*moyEA*) en additionnant respectivement les nombres maximum et moyen de lignes d'incrément comptées et l'âge moyen d'éruption dentaire afin de déterminer lequel d'entre eux permet une estimation de l'âge fiable et précise. Dans le but de tester statistiquement la liaison entre l'erreur et le type de dent, nous avons réalisé un test de Kruskal-Wallis, équivalent non paramétrique de l'ANOVA. Nous avons utilisé des méthodes non paramétriques exactes car elles restent valides avec des échantillons de très petite taille, ainsi que pour les valeurs

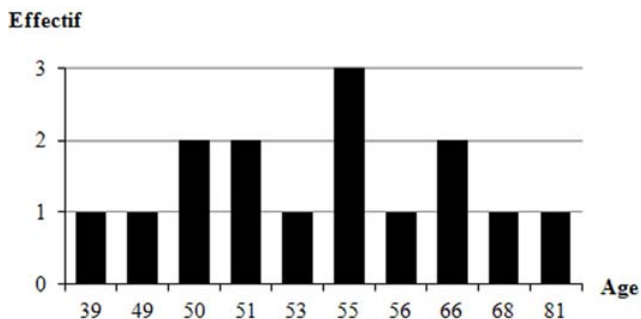


Fig. 1 Composition par âge de l'échantillon / *Age composition of the sample*

Tableau 1 Séquence d'éruption des dents permanentes selon Hurme (1949) [37]. Les âges sont donnés en années et en centièmes d'années / *Sequence of permanent tooth eruption according to Hurme (1949) [37]. Ages are given in years to 2 decimal places.*

Ordre d'éruption	Dents		Age moyen d'éruption en années		Ecart type	Avance chez les ♀
	Maxillaires	Mandibulaires	♂	♀		
1		6	6,21	5,94	0,80	0,27
2	6		6,40	6,22	0,80	0,18
3		1	6,54	6,26	0,78	0,28
4	1		7,47	7,20	0,81	0,27
5		2	7,70	7,34	0,880	0,36
6	2		8,67	8,20	0,98	0,47
7 ♂	4		10,40	10,03	1,47	0,37
8 ♀						
8 ♂		3	10,79	9,86	1,27	0,93
7 ♀						
9		4	10,82	10,18	1,47	0,64
10	5		11,18	10,88	1,57	0,30
11		5	11,47	10,89	1,68	0,58
12	3		11,69	10,98	1,37	0,71
13		7	12,12	11,66	1,36	0,46
14	7		12,68	12,27	1,37	0,41

ex-æquo [39]. Les valeurs utilisées sont les nombres maximaux de lignes d'incrément. De plus, nous avons effectué des tests de comparaison 2 à 2 car les valeurs peuvent se compenser et une différence peut passer inaperçue avec le test exact de Kruskal-Wallis. Pour pouvoir appliquer la correction permettant de remédier au problème des comparaisons multiples, nous avons veillé à utiliser le même test pour les trois comparaisons 2 à 2, à savoir le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants. Toutes les valeurs p présentées sont bilatérales, c'est-à-dire sans hypothèse a priori.

Résultats

Échantillon étudiable

Onze dents présélectionnées ont été exclues de l'étude pour cause de trop grande fragilité, d'inobservabilité des lignes d'incrément ou encore car elles sont seulement représentées par un ou deux comptages sur cinq, ce que nous jugeons comme une trop faible quantité de données par dent pour l'étude. Dès lors, les individus D3, D4, D16 et INDIV_A ne sont plus représentés que par une seule dent. Ces quatre dents sont maintenues dans le corpus dans la partie de l'étude testant la relation entre l'âge estimé et l'âge réel mais exclues des analyses relatives à la problématique de la variabilité intra-individuelle du ciment dentaire. Nous précise-

rons de nouveau l'échantillon étudié pour chacune des analyses.

Variabilité intra et inter-observateur

Le coefficient de corrélation intra-classe «consistency», correspondant à la répétabilité, a pour valeur 0,76 (à 0,01 près). La valeur du coefficient de corrélation intra-classe «agreement» exprimant la reproductibilité des comptages est de 0,60 (à 0,01 près). Concernant la répétabilité, la moyenne des différences entre deux mesures est égale à -4 (à 0,1 près). Cette valeur négative indique que les mesures du premier comptage sont en moyenne inférieures à celles du second comptage de l'observateur 1. Les limites d'agrément comprennent 95 % des valeurs et sont situées à 9 et -18 (à 0,1 près). La distribution des valeurs n'a pas de structure particulière, ce qui implique une absence de biais. Quant à la reproductibilité, la moyenne des différences entre les deux mesures est 2 (à 0,1 près). Cette valeur positive signifie que les mesures de la première observation de l'observateur 1 sont en moyenne supérieures à celles de l'observateur 2. Les limites d'agrément se situent à 23 et -18 ans (à 0,1 près). La distribution des valeurs n'a pas de structure particulière ce qui implique l'absence de biais, hormis pour les moyennes des deux mesures supérieures ou égales à 55 ans. La différence entre les deux mesures est inférieure à la moyenne pour les moyennes des deux mesures supérieures ou égales à 55 ans. De plus, les valeurs de ces différences sont très basses (jusqu'à -15 ans).

Variabilité des comptages entre sections d'une même dent

L'échantillon de cette partie de l'étude se compose de 40 dents appartenant à 14 individus. La différence du nombre de lignes selon la section observée est estimée par l'écart entre le nombre maximal et le nombre minimal du nombre de lignes d'incrément comptées par dent. Sa distribution est représentée en figure 2, pour l'ensemble des dents ainsi que par type de dent. Tous types de dents confondus, l'écart entre sections d'une même dent est au minimum de 3 lignes et l'écart maximal de 27, auxquelles s'ajoutent trois valeurs considérées comme extrêmes par le test des boîtes de Tukey du logiciel R (28, 29 et 30). L'écart moyen est de 11,7 lignes et la médiane est de 11. Vingt-trois dents sur 40 présentent un écart supérieur ou égal à 10 lignes. En excluant les canines et prémolaires dont les effectifs sont trop réduits, les incisives centrales présentent l'étendue la plus réduite (3 à 16 lignes d'écart) ainsi que la médiane la plus faible (7,5) malgré deux valeurs extrêmes (27 et 29).

Variabilité de l'estimation de l'âge selon la dent

L'échantillon de cette partie de l'étude se compose de 40 dents appartenant à 14 individus. Les auteurs des articles issus de la littérature utilisent le plus souvent le nombre moyen de lignes d'incrément comptées mais quelques études enregistrent le nombre maximal de lignes d'incrément [31,35]. Dans la présente étude, nous comparons les valeurs maximale et moyenne obtenues afin de déterminer si la première démarche fournit une estimation plus précise et fiable

que la seconde. Ainsi, l'erreur est calculée d'une part pour la valeur maximale des estimations de l'âge (maxEA) et d'autre part pour la valeur moyenne des estimations de l'âge (moyEA) pour chaque dent (Tableau 2). L'erreur en fonction de l'âge réel par classe de dents est illustrée sur les figures 3 et 4. La moyenne de l'erreur de maxEA est de -2,64 ans (à 0,01 près) tandis que celle de moyEA est de -8,43 ans (à 0,01 près). L'utilisation du nombre maximal de lignes d'incrément comptées engendre moins d'erreur que l'utilisation du nombre moyen de lignes comptées. En nous concentrant sur les valeurs maxEA, nous constatons que l'erreur est nulle ou positive avec des valeurs très élevées pour les individus de moins de 40 ans. Ceci signifie une tendance à surestimer l'âge des jeunes adultes. L'erreur est répartie autour de l'axe des abscisses de manière relativement symétrique pour les âges réels compris entre 45 et 65 ans. Les valeurs de l'erreur sont négatives pour les âges réels supérieurs à 65 ans, c'est-à-dire que l'estimation de l'âge est toujours inférieure à l'âge chronologique. Le test exact de Kruskal-Wallis indique qu'il n'y a aucune liaison entre l'erreur et le type de dent ($p=0,1433$). Le test exact de Wilcoxon pour échantillons indépendants ne démontre aucune liaison entre l'erreur et les classes de dents en comparant incisives et canines ($p=0,5169$), incisives et prémolaires ($p=0,06457$), canines et prémolaires ($p=0,2286$). Les trois valeurs exactes de p étant supérieures au seuil de 5 %, il est inutile d'appliquer la correction. En considérant les incisives, qui représentent 76 % de notre échantillon, les erreurs entre incisives centrales et latérales et entre maxEA et moyEA sont différentes (Figs 5, 6). Les incisives centrales et latérales sont considérées comme deux groupes indépendants (Fig. 5). Les

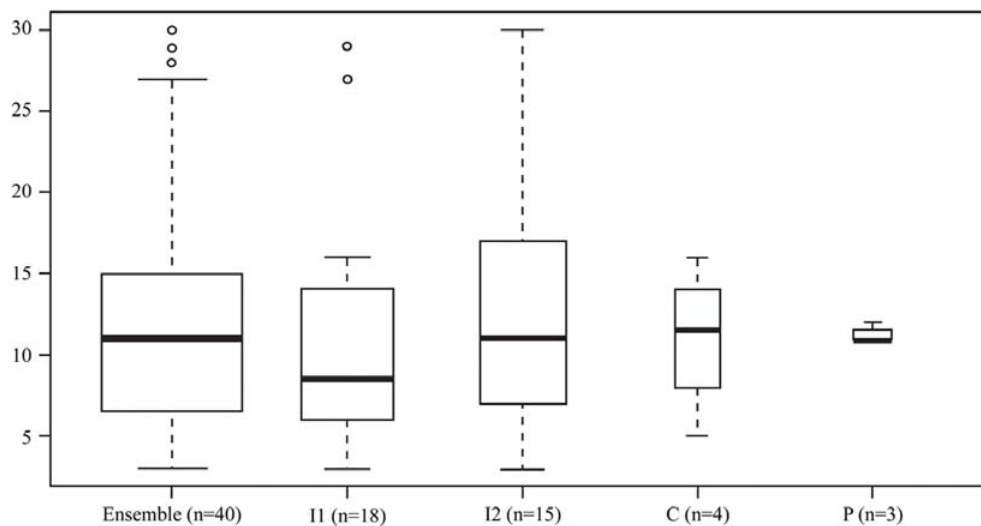


Fig. 2 Distribution de l'écart entre nombres maximal et minimal de lignes d'incrément comptées par dent selon les différents types de dents. Ensemble : toutes les dents de l'échantillon ; I1 : incisives centrales ; I2 : incisives latérales ; C : canines ; P : prémolaires / *Distribution of the difference between the maximum and the minimum numbers of incremental lines counted per tooth for different types of teeth. Ensemble: all teeth in the sample; I1: central incisors; I2: lateral incisors; C: canines; P: premolars*

Tableau 2 Erreur (âge estimé - âge réel) calculée à partir de la valeur maximale des estimations de l'âge et de la valeur moyenne des estimations de l'âge pour chaque dent / *Error (estimated age – chronological age) calculated from the maximum value of age estimates and the average estimates of age for each tooth.*

N° individu	Age	Sexe	Dent	Nombre de lignes maximal	Nombre de lignes moyen	Maximum des estimations de l'âge	Erreur (maximum des estimations - âge réel)	Moyenne des estimations de l'âge	Erreur (moyenne des estimations - âge réel)
2T	53	F	I ² D	30	25,2	38,2	-14,8	33,4	-19,6
2T	53	F	I ² G	36	33	44,2	-8,8	41,2	-11,8
AVE 6 07	50	M	I ₁ G	38	32,4	44,54	-5,46	38,94	-11,06
AVE 6 07	50	M	I ₁ D	51	45,4	57,54	-7,54	51,94	1,94
D3	55	F	C sup G	39	36,33	49,98	-5,02	47,31	-7,69
D4	66	M	I ¹ G	35	31	42,47	-23,53	38,47	-27,53
D7	50	M	I ₁ G	46	38	52,54	2,54	44,54	-5,46
D7	50	M	I ₁ D	43	38,4	49,54	-0,46	44,94	-5,06
D10	49	M	I ¹ D	35	27,67	42,47	-6,53	35,14	-13,86
D10	49	M	I ² D	40	34	48,67	-0,33	42,67	-6,33
D10	49	M	I ¹ G	36	32,67	43,47	-5,53	40,14	-8,86
D10	49	M	I ² G	34	31,6	42,67	-6,33	40,27	-8,73
D15	55	M	I ₁ G	61	55,2	67,54	12,54	61,74	6,74
D15	55	M	I ₂ G	60	48,2	67,7	12,7	55,9	0,9
D15	55	M	I ₁ D	64	53,2	70,54	15,54	59,74	4,74
D15	55	M	I ₂ D	58	52	65,7	10,7	59,7	4,7
D16	51	M	I ₁ G	36	31,5	42,54	-8,46	38,04	-12,96
D23	39	F	I ₁ G	31	27,8	37,26	-1,74	34,06	-4,94
D23	39	F	I ₂ G	32	29,8	39,34	0,34	37,14	-1,86
D23	39	F	C inf G	27	24,2	36,86	-2,14	34,06	-4,94
D23	39	F	P ₁ G	43	38,4	53,18	14,18	48,58	9,58
D23	39	F	P ₂ G	52	44,5	62,89	23,89	55,39	16,39
D23	39	F	I ₁ D	31	24,4	37,26	-1,74	30,66	-8,34
D23	39	F	I ₂ D	32	27,2	39,34	0,34	34,54	-4,46
D23	39	F	C inf D	32	29	41,86	2,86	38,86	-0,14
D23	39	F	P ₁ D	27	20,75	37,18	-1,82	30,93	-8,07
D24	66	M	I ₁ D	42	40,4	49,47	-16,53	47,87	-18,13
D24	66	M	I ₁ G	48	42,33	55,47	-10,53	49,8	-16,2
GAU 8 08	56	F	I ¹ D	56	43,4	63,2	7,2	50,6	-5,4
GAU 8 08	56	F	I ² D	50	39	58,2	2,2	47,2	-8,8
GAU 8 08	56	F	I ² G	45	35	53,2	-2,8	43,2	-12,8
INDIV A	55	M	C inf D	43	35,33	53,79	-1,21	46,12	-8,88
MAR 8 08	51	F	I ¹ D	42	40,67	49,2	-1,8	47,87	-3,13
MAR 8 08	51	F	I ² D	44	36	52,2	1,2	44,2	-6,8
MAR 8 08	51	F	I ² G	30	27,33	38,2	-12,8	35,53	-15,47
NAO 5 08	68	M	I ² D	43	35,8	51,67	-16,33	44,47	-23,53
NAO 5 08	68	M	I ¹ G	48	44	55,47	-12,53	51,47	-16,53
NAO 5 08	68	M	I ² G	40	38,33	48,67	-19,33	47	-21
NAO 5 08	68	M	I ₁ D	53	36,75	59,54	-8,46	43,29	-24,71
NAO 5 08	68	M	I ₂ D	36	31	43,7	-24,3	38,7	-29,3

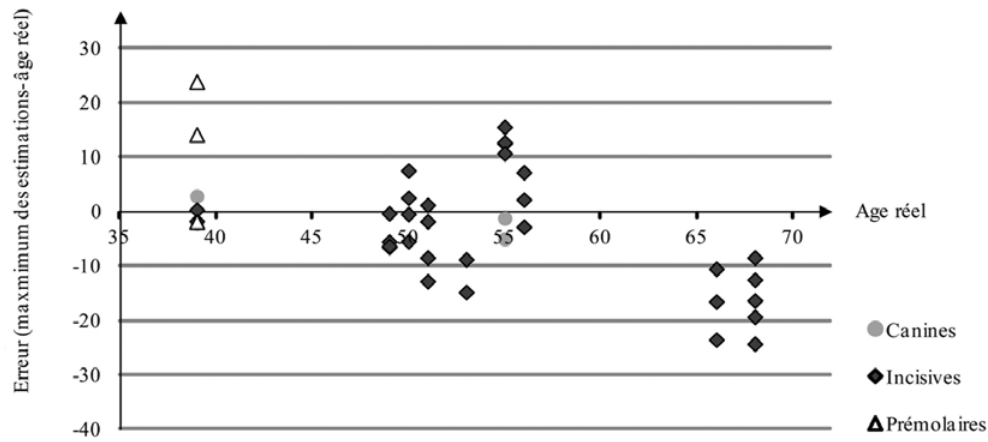


Fig. 3 Erreur en fonction de l'âge chronologique par classe de dents (erreur = maximum des estimations de l'âge- âge réel) / *Error depending on chronological age by class of teeth (error = maximum age estimates – real age)*

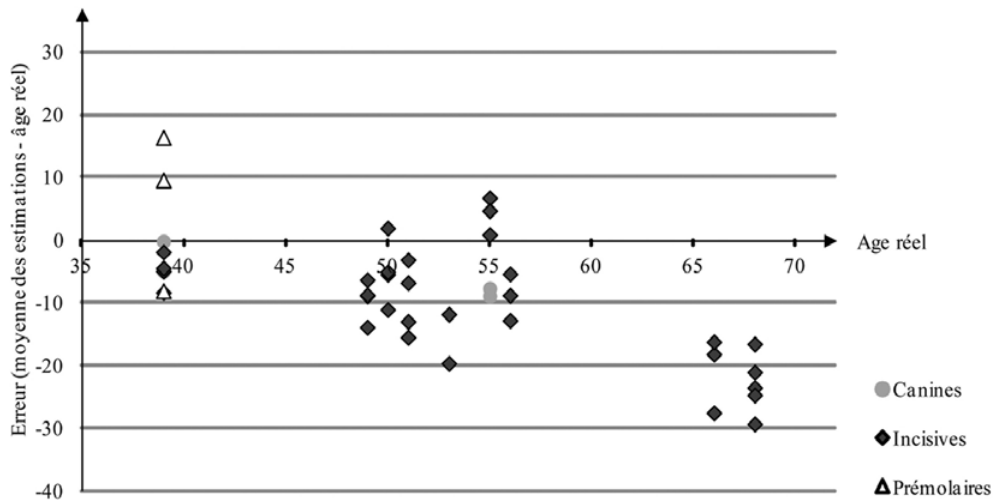


Fig. 4 Erreur en fonction de l'âge chronologique par classe de dents (erreur = moyenne des estimations de l'âge – âge réel) / *Error depending on chronological age by class of teeth (error = average estimates of age – real age)*

médianes des maxEA sont plus proches de 0 que les moyEA. Une médiane égale à 0 signifie que la moitié des valeurs surestime l'âge et l'autre moitié le sous-estime: les effectifs se compensent. L'étendue des valeurs de maxEA I2 (I2 : incisives latérales) est plus réduite que celle de maxEA I1 (I1 : incisives centrales) mais l'écart interquartile de maxEA I1, correspondant à Q3-Q1, est plus réduit que celui de moyEA I2. Cela indique une erreur plus réduite : entre -9 et 2 ans pour maxEA I1 tandis qu'elle est comprise entre -14 et 1 ans pour moyEA I2. La valeur fournissant l'erreur la plus faible est maxEA I1. L'erreur entre incisives maxillaires et mandibulaires (les deux types de dents confondus) est représentée en figure 6. Les incisives supérieures et inférieures sont considérées comme deux groupes indépendants. La médiane de la variable maxEA Iinf (Iinf : incisives inférieures), égale à 0,5 (à 0,01 près), est la plus proche de 0 parmi celles des quatre variables. Sans tenir compte de la valeur extrême

(-24), la répartition des valeurs autour de la médiane n'est pas symétrique. La moitié des estimations surestime l'âge de 0,5 à 15,5 ans et l'autre moitié le sous-estime de 0,1 à 8,5 ans. La moyenne est 2,57 ans, valeur extrême exclue. MaxEA inf présente l'erreur la plus faible.

Différence d'âge entre les dents d'un individu

Pour cette étape, le corpus est constitué de 36 dents appartenant à 10 individus. La différence entre les estimations de l'âge fournies par les dents d'un individu est représentée par des comparaisons 2 à 2 pour les deux estimations de l'âge, maxEA et moyEA (valeurs du tableau 2), dans les tableaux 3 et 4. Dans cet échantillon, en utilisant les âges estimés maxEA, l'écart moyen est compris entre 2 et 13 ans. En moyenne, la différence d'âge entre les dents d'un individu est de 6,5 ans (à 0,5 ans près). La médiane a

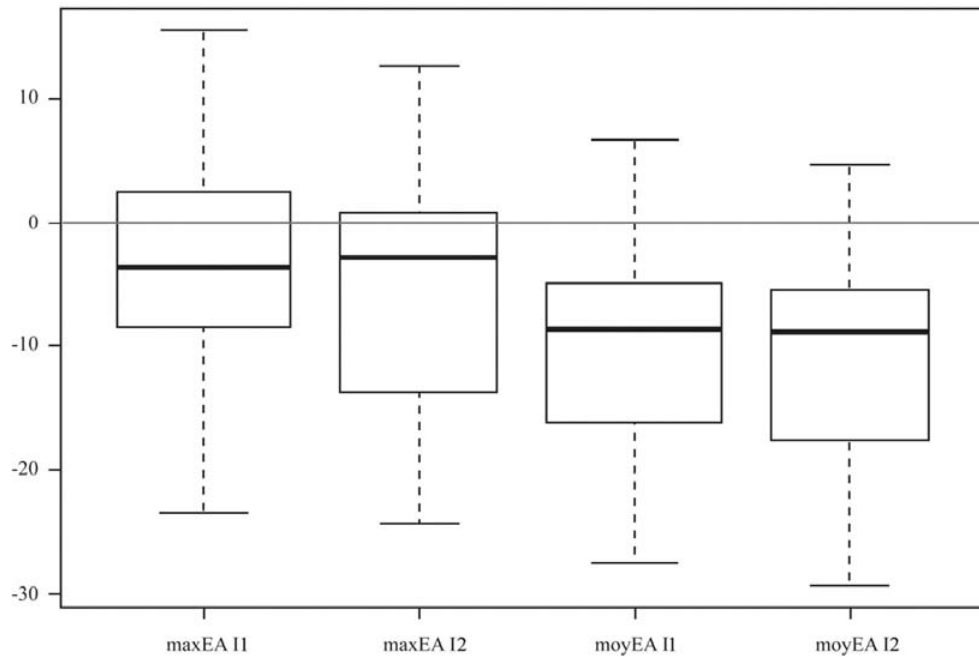


Fig. 5 Représentation graphique sous forme de BoxPlots – ou boîtes de Tukey – de l’erreur (âge estimé - âge réel) des incisives centrales (I1) et latérales (I2) pour les deux estimations de l’âge : la valeur maximale des estimations de l’âge par dent (maxEA) et la valeur moyenne (moyEA) / *Representation as boxplots – or Tukey boxes – of the error (estimated age – chronological age) for central incisors (I1) and lateral incisors (I2) in both age estimates: maximum value of age estimates by tooth (maxEA) and average value (moyEA)*

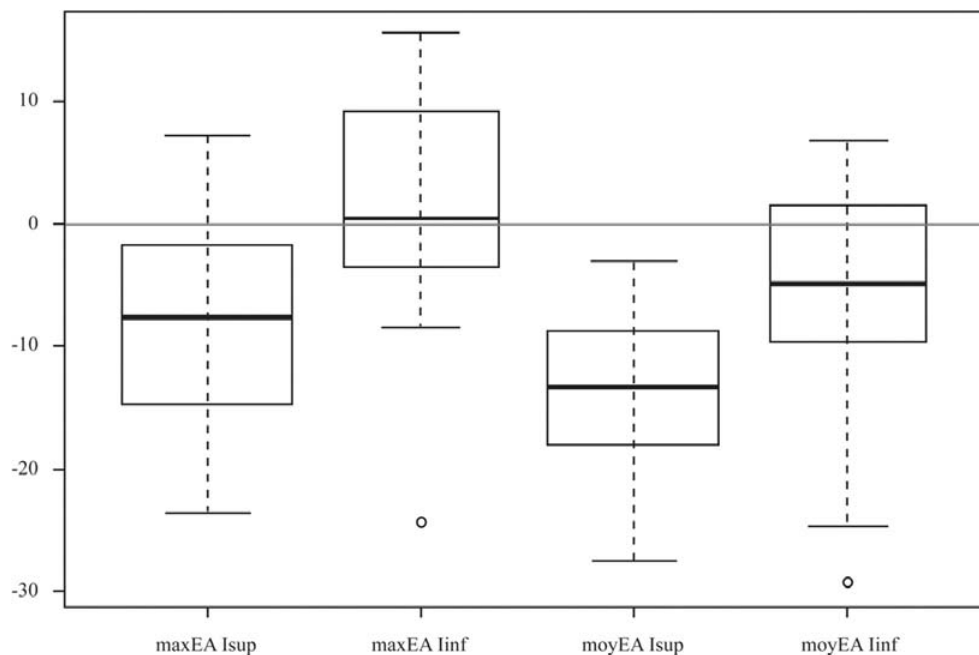


Fig. 6 Représentation graphique sous forme de BoxPlots – ou boîtes de Tukey – de l’erreur (âge estimé - âge réel) des incisives supérieures (I1sup) et inférieures (I1inf) pour les deux estimations de l’âge : la valeur maximale des estimations de l’âge par dent (maxEA) et la valeur moyenne (moyEA) / *Representation as boxplots – or Tukey boxes – of the error (estimated age – chronological age) for upper incisors (I1sup) and lower incisors (I1inf) in both age estimates: maximum value of age estimates by tooth (maxEA) and average value (moyEA)*

la même valeur. Selon les individus, l'écart est compris entre 0 et 26 ans. Notons que les écarts d'âge sont particulièrement élevés entre prémolaires inférieures gauches et les dents du quadrant controlatéral de l'individu D23. En revanche, nous observons des écarts relativement faibles chez ce même individu entre les dents du quadrant inférieur droit et celles du quadrant inférieur gauche, prémolaires gauches exclues. Ce constat s'applique également aux dents de l'individu D15. En utilisant les âges estimés moyEA, la différence d'âge moyenne entre les dents d'un individu est comprise entre 0 et 13 ans. En moyenne, l'écart est de 6 ans (à 0,5 ans près) et la médiane est située à 5,5 ans. Nous retrouvons les mêmes écarts particulièrement élevés.

Discussion

La méthode de comptage des lignes d'incrément du ciment dentaire repose entièrement sur la lisibilité de l'image numérique. Elle-même est dépendante des paramètres du microscope, de ceux du système d'acquisition d'images, d'un éventuel traitement d'image informatique *a posteriori* ainsi que de la qualité du ciment qui est à l'origine d'une image de bonne qualité. C'est pourquoi la zone choisie doit contenir des lignes clairement distinctes, contrastées, parallèles entre elles dont la lecture ne doit pas être gênée par la présence de cémentocytes (Fig. 7).

Les coefficients de corrélation intra-classe indiquent une répétabilité (0,76) et une reproductibilité (0,60) des comptages significativement « bonnes » car comprises entre 0,6 et 0,8.

La présente étude met en évidence la variabilité, parfois élevée, des comptages des lignes d'incrément du ciment dentaire entre sections d'une même dent et entre les âges estimés sur plusieurs dents d'un même individu.

L'ensemble de nos résultats révèle une erreur plus faible en estimant l'âge au décès avec le nombre maximal de lignes comptées entre les sections d'une dent plutôt qu'avec la moyenne des comptages. Il est préférable d'enregistrer le nombre maximal plutôt que le nombre moyen de lignes d'incrément comptées par section. A l'échelle de la dent, l'écart entre deux sections peut atteindre 30 lignes sur les incisives latérales.

Nos résultats mettent en évidence une surestimation de l'âge des jeunes adultes et une sous-estimation de l'âge des individus âgés, phénomène déjà décrit avec le comptage des anneaux du ciment [10,33]. Quant au groupe des adultes matures, nous constatons quasiment autant de sous-estimations que de surestimations de l'âge réel. Notons que, dans notre échantillon, deux prémolaires sur trois conduisent à des surestimations de l'âge du jeune adulte. D'autre part, nous avons remarqué que les lignes d'incrément de ces prémolaires correspondent à la description

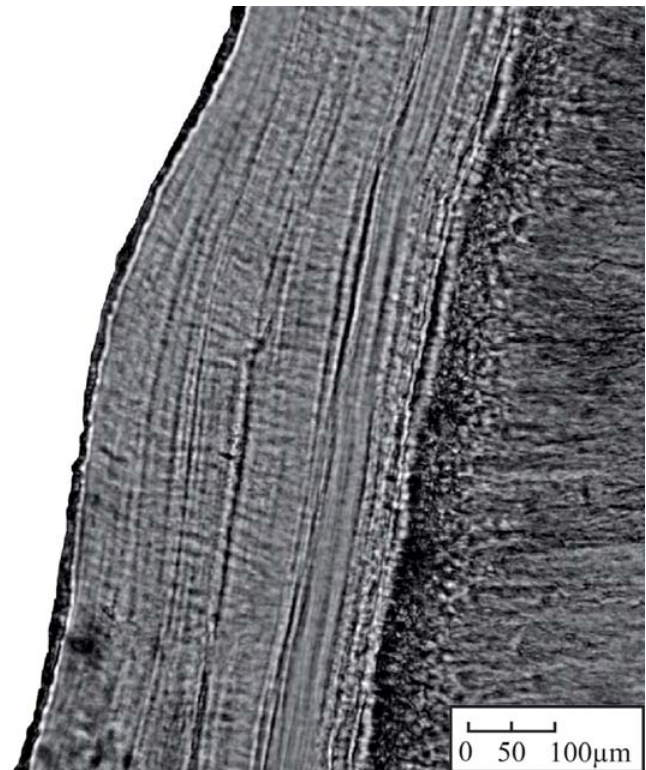


Fig. 7 Cément dentaire d'une incisive supérieure latérale droite en face mésiale, d'une femme de 56 ans. L'estimation de l'âge de $58,2 \pm 0,98$ ans résulte de la somme du nombre maximal de lignes comptées égal à 50 et de l'âge d'éruption moyen de $8,2 \pm 0,98$ ans / *Dental cementum of an upper right lateral incisor, on the mesial face, of a 56-year-old woman. The age estimate of 58.2 ± 0.98 years results from the sum of the maximum number of lines counted, equal to 50, and the average age at eruption of 8.2 ± 0.98 years*

des lignes ondulantes décrites par Wittwer-Backofen et al. [36]. Ces auteurs recommandent de les éviter car elles comportent souvent des lignes ondulantes, semblables à des vagues, composées de segments interrompus et conduisant souvent à des « doubling cases », soit le comptage exact du double de lignes attendues. Il est possible de soupçonner ce phénomène seulement si le comptage dépasse une centaine de lignes [29]. Le choix de compter les lignes principales ou l'ensemble des petits segments dépend de l'observateur. Dans la présente étude, du fait du petit effectif de notre échantillon, nous ne tirerons aucune conclusion à ce sujet et ce d'autant plus qu'aucune liaison entre l'erreur et la classe de dents n'a pu être mise en évidence par les tests statistiques appliqués. Si la question du choix de la dent à utiliser pour estimer l'âge à partir des anneaux du ciment se pose, nos résultats indiquent qu'il est préférable de choisir l'incisive centrale mandibulaire.

A l'échelle de l'individu, les âges estimés à partir des dents d'un même individu ne sont pas cohérents entre eux.

La variabilité observée peut être liée à des biais méthodologiques. L'équation la plus fréquemment utilisée consiste à obtenir l'âge estimé en ajoutant le nombre de lignes d'incrément comptées et l'âge moyen de l'éruption de la dent considérée en fonction du sexe de l'individu. Nous pouvons nous interroger quant à la fiabilité de cette équation. D'une part, il est communément admis que le premier anneau cémentaire se forme et se minéralise lors de la première année suivant l'éruption dentaire, dès que la dent est soumise à l'environnement oral [20,26,29,35,36]. Cependant, l'intervalle de l'éruption dentaire est variable diachroniquement et synchroniquement parmi les populations actuelles [36,40]. A l'extrême, l'éruption peut être prématurée ou au contraire très tardive. Ensuite, la moyenne d'âge de l'éruption dentaire et son écart-type selon le maxillaire ou la mandibule et le sexe de l'individu varient selon la table de référence utilisée. De plus, les études portant sur la cémentogénèse nous indiquent que le ciment acellulaire à fibres extrinsèques (AEFC) présent sur la moitié coronale de la racine (donc potentiellement présent dans le ciment issu du tiers médian radiculaire) débute sa formation alors que la dent n'est pas encore sortie en bouche à raison d'environ 2 à 2,5 μm d'épaisseur par an pour les prémolaires [41]. Enfin, l'occlusion et la malocclusion peuvent être à l'origine de contraintes différentielles et s'appliquer selon la latéralité, ponctuellement ou sous forme pathologique (bruxisme). Cependant, leur rôle comme origine de formation du ciment dentaire est controversé, notamment par l'observation de sa présence sur des dents incluses [21,32,41]. Pour toutes ces raisons, Rösing et Kvaal proposent d'ajouter l'âge du développement de l'exakte position de la section, bien que cela s'annonce plus difficile à établir [43]. Enfin, en contexte archéologique et médico-légal, une autre source de variabilité intra-individuelle peut s'ajouter à celles précitées. En effet, le ciment dentaire peut être différenciellement atteint par les processus taphonomiques malgré son positionnement dans l'alvéole osseuse et ce, d'autant plus que l'intervalle post-mortem est long [44].

Conclusion

Nos résultats, obtenus à partir d'un échantillon actuel d'âge connu, indiquent une variabilité de l'estimation de l'âge fournie par les comptages des anneaux du ciment dentaire non négligeable à l'échelle de la dent (2,64 ans d'erreur moyenne) ainsi qu'à celle de l'individu (6,5 ans d'écart moyen ; de 0 à 26 ans d'erreur lorsque les prémolaires sont impliquées). D'autre part, notre étude montre que l'utilisation du nombre maximal plutôt que du nombre moyen de lignes d'incrément cémentaires pour estimer l'âge au décès est plus précise et plus fiable. De futures études devront prendre en compte cette variabilité intra-individuelle afin d'exploiter au mieux cet indicateur de l'âge au décès.

Remerciements Nous remercions sincèrement les deux relecteurs pour leurs conseils et corrections qui ont permis d'améliorer le manuscrit ainsi que les Rédacteurs de la revue.

Références

1. Scheuer JL, Black S (2000) *Developmental juvenile osteology*. Academic press, London
2. Ubelaker DH (1989) *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation*. Washington, D.C., Taraxacum
3. Demirjian A, Levesque GY (1980) Sexual Differences in Dental Development and Prediction of Emergence. *J Dent Res* 59 (7):1110–22
4. Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE (1963a) Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42 (6 Pt. 2):1490–502
5. Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE (1963b) Formation and Resorption of Three Deciduous Teeth in Children. *Am J Phys Anthropol* 21(2):205–213
6. Bruzek J, Schmitt A, Murail P (2005) Identification biologique individuelle en paléanthropologie. Détermination du sexe et estimation de l'âge au décès à partir du squelette. In: Vandermeersch Bd (ed) *Objets et méthodes en paléanthropologie*. Editions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris, pp 217–246
7. Schmitt A, Georges P (2008) Quelle démarche suivre pour estimer l'âge au décès à partir du squelette? In: Charlier P (ed) *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales: tendances et perspectives*. Pour un "Manuel de paléopathologie humaine". De Brocard, Paris, pp 269–280
8. Schmitt A (2002) Estimation de l'âge au décès des sujets adultes à partir du squelette: des raisons d'espérer. *Bull Mem Soc Anthropol Paris* 14(1-2):51–73
9. Schmitt A, Murail P (2004) Is the first rib a reliable indicator of age at death assessment? Test of the method developed by Kunos et al (1999). *Homo* 54(3):207–14
10. Meindl A, Huber CD, Tangl S, et al (2008) Comparison of the validity of three dental methods for the estimation of age at death. *Forensic Sci Int* 178(2-3):96–105
11. Schmitt A, Saliba-Serre B, Tremblay M, et al (2010) An Evaluation of Statistical Methods for the Determination of Age of Death Using Dental Root Translucency and Periodontosis. *J Forensic Sci* 55(3):590–6
12. Brooks S, Suchey JM (1990) Skeletal age determination based on the os pubis: A comparison of the Acsadi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution* 5(3):227–38
13. Lovejoy CO, Meindl RS, Pryzbeck TR, et al (1985) Chronological Metamorphosis of the Auricular Surface of the Ilium – A New Method for the Determination of Adult Skeletal Age at Death. *Am J Phys Anthropol* 68(1):15–28
14. Schmitt A (2004) Age-at-death assessment using the os pubis and the auricular surface of the ilium: A test on an identified Asian sample. *Int J Osteoarchaeol* 14(1):1–6
15. Lieberman DE (1994) The Biological Basis for Seasonal Increments in Dental Cementum and Their Application to Archaeological Research. *J Archaeol Sci* 21(4):525–39
16. Klevezal GA (2001) Retrospective estimate of the individual history of life in population studies on mammals. *Ontogenez* 32 (6):477–80
17. Gustafson G (1950) Age Determination on Teeth. *J Am Dent Assoc* 41(1):45–54

18. Solheim T (1990) Dental Cementum Apposition as an Indicator of Age. *Scand J Dent Res* 98(6):510–9
19. Zander HA, Hurzeler B (1958) Continuous cementum apposition. *J Dent Res* 37(6):1035–44
20. Stott GG, Sis RF, Levy BM (1982) Cemental Annulation as an Age Criterion in Forensic Dentistry. *J Dent Res* 61(6):814–7
21. Kagerer P, Grupe G (2001) Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identification aid. *Forensic Sci Int* 118(1):75–82
22. Jankauskas R, Barakauskas S, Bojarun R (2001) Incremental lines of dental cementum in biological age estimation. *Homo* 52(1):59–71
23. Naji S. (2010) Analyse spatio-temporelle de données bioarchéologiques du cimetière médiévale de l'église Saint-Laurent de Grenoble, V-XV^e siècles. Thèse de doctorat, EHESP Paris, 232 p
24. Charles DK, Condon K, Cheverud JM, et al (1986) Cementum Annulation and Age Determination in *Homo sapiens*. I. Tooth Variability and Observer Error. *Am J Phys Anthropol* 71(3):311–20
25. Miller CS, Dove SB, Cottone JA (1988) Failure of Use of Cemental Annulations in Teeth to Determine the Age of Humans. *J Forensic Sci* 33(1):137–43
26. Naylor JW, Miller WG, Stokes GN, et al (1985) Cemental Annulation Enhancement – A Technique for Age Determination in Man. *Am J Phys Anthropol* 68(2):197–200
27. Renz H, Radlanski R (2006) Incremental lines in root cementum of human teeth - A reliable age marker? *Homo* 57(1):29–50
28. Wedel VL (2007) Determination of season at death using dental cementum increment analysis. *J Forensic Sci* 52(6):1334–7
29. Condon K, Charles DK, Cheverud JM, et al (1986) Cementum Annulation and Age Determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and Accuracy. *Am J Phys Anthropol* 71(3):321–30
30. Kasetty S, Rammanohar M, Ragavendra TR (2010) Dental Cementum in Age Estimation: A Polarized Light and Stereomicroscopic Study. *J Forensic Sci* 55(3):779–83
31. Lipsinic FE, Paunovich E, Houston GD, et al (1986) Correlation of Age and Incremental Lines in the Cementum of Human Teeth. *J Forensic Sci* 31(3):982–9
32. Roksandic M, Vlaskovic D, Schillaci MA, et al (2009) Technical Note: Applicability of Tooth Cementum Annulation to an Archaeological Population. *Am J Phys Anthropol* 140(3):583–8
33. Wittwer-Backofen U, Buba H (2002) Age estimation by tooth cementum annulation: perspectives of a new validation study. In: Hoppa R, Vaupel J (eds) *Paleodemography Age distributions from skeletal samples Cambridge studies in biological and evolutionary anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 107–128
34. Blondiaux J, Gabard N, Bocquet-Appel J-P (2003) Validation de la méthode d'estimation de l'âge par comptage des annulations du ciment et application à quatre séries ostéoarchéologiques. *Bull Mem Soc Anthropol Paris*, n.s., t. 15
35. Kvaal SI, Solheim T (1995) Incremental Lines in Human Dental Cementum in Relation to Age. *Eur J Oral Sci* 103(4):225–30
36. Wittwer-Backofen U, Gampe J, Vaupel JW (2004) Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *Am J Phys Anthropol* 123(2):119–29
37. Maat GJR, Gerretsen RRR, Aarents MJ (2006) Improving the visibility of tooth cementum annulations by adjustment of the cutting angle of microscopic sections. *Forensic Sci Int* 159:S95–S9
38. Hurme VO (1949) Séquences d'éruption des dents permanentes. In: Lautrou A (1997) *Anatomie dentaire 2ème édition*. Masson, Paris, p169
39. Narayanan A, Watts D (1996) Exact Methods in the NPAR1WAY Procedure. *Proceedings of the Twenty-First Annual SAS Users Group International Conference*. Cary, NC: SAS Institute Inc, 1290–4
40. Tompkins RL (1996) Human population variability in relative dental development. *Am J Phys Anthropol* 99(1):79–102
41. Bosshardt DD, Schroeder HE (1996) Cementogenesis reviewed: A comparison between human premolars and rodent molars. *Anat Rec* 245(2):267–92
42. Rai B, Dhatarwal SK, Bhardwaj DN, et al (2006) Coronal Displacement of Cementum in Impacted Teeth: Age Determination. *J Med Sci* 1(2):117–8
43. Rösing FW, Kvaal SI (1998) Dental age in adults - a review of estimation methods. In: Alt KW, Rösing FW, Teschler-Nicola M (eds). *Dental Anthropology, Fundamentals, Limits, and Prospects*. Springer, Wien, New York, pp 443–468
44. Mandojana JM, Martin-de las Heras S, Valenzuela A, et al (2001) Differences in morphological age-related dental changes depending on postmortem interval. *J Forensic Sci* 46(4):889–92