

Rôle actuel de la médecine dentaire légale dans l'évaluation de l'âge

Mots clés: évaluation de l'âge, détermination de l'âge, orthopantomogramme, médecine dentaire légale, odontologie

DOROTHEA C. BERNDT¹
TATJANA DESPOTOVIC²
MICHAEL T. MUND³
ANDREAS FILIPPI¹

¹ Clinique de chirurgie et radiologie bucco-dentaire et de stomatologie de l'Université de Bâle

² Institut de médecine légale de l'Université de Bâle

³ Institut de médecine légale de l'Université de Zurich

Correspondance

D^r méd. dent. Dorothea Berndt
 Klinik für Zahnärztliche Chirurgie,
 -Radiologie, Mund- und Kiefer-
 heilkunde, Universität Basel
 Hebelstrasse 3
 CH-4056 Bâle
 Tél. ++41-61-267 26 79
 Fax ++41-61-267 26 07
 E-mail: dorothea.berndt@unibas.ch

Traduction Jacques Rossier

Résumé L'accroissement des mouvements migratoires transfrontaliers entraîne une augmentation du nombre de personnes dont la date de naissance, pour différentes raisons, n'est pas connue avec certitude. Ainsi, l'évaluation de l'âge de personnes en vie, qu'il s'agisse de requérants d'asile ou dans le cadre de procédures pénales, fait maintenant partie des tâches quotidiennes dans le domaine de la médecine dentaire légale. De plus, l'augmentation des catastrophes naturelles et des

actes terroristes nécessite également, dans le cadre de l'identification de nombreuses victimes dont l'identité est inconnue, un nombre accru de procédures d'évaluation de l'âge. Ces tâches sont souvent confiées à des médecins-dentistes. Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation de l'âge. L'examen dentaire et l'évaluation des orthopantomogrammes ont une grande valeur pour l'évaluation de l'âge en médecine dentaire légale.

Introduction

En raison des attaques terroristes et des catastrophes naturelles qui font partie de notre monde actuel, les aspects liés à l'identification des victimes et à l'évaluation de leur âge sont à nouveau d'actualité. A cet égard, l'évaluation de l'âge d'une personne décédée constitue une étape dans la détermination de son identité. Par ailleurs, l'évaluation de l'âge est de plus en plus souvent nécessaire pour des personnes en vie, lorsqu'elles ne connaissent pas leur date de naissance ou, pour différentes raisons, lorsqu'elles ne veulent pas la révéler. Ce dernier cas de figure se retrouve notamment lors de procédures pénales au cours desquelles l'inculpé essaie de bénéficier du régime pénal plus clément réservé aux mineurs en fournissant des renseignements erronés quant à son âge. Lorsqu'il s'agit de cadavres, un problème supplémentaire peut se poser lorsqu'ils sont partiellement défigurés, que ce soit en raison des violences infli-

gées par l'agresseur, des circonstances de l'accident, de la décomposition ou des effets du feu, de substances toxiques ou d'autres éléments analogues.

Il existe différentes méthodes d'évaluation de l'âge, qui seront utilisées en fonction des situations à évaluer de manière individuelle. Fondamentalement, il s'agit de décider au préalable s'il est possible de prélever des tissus pour examen. Il s'agit là d'une question de droit lors d'une procédure pénale, puisque le coupable présumé ne doit pas subir d'atteintes ou de dommages permanents au cours de la procédure d'instruction. Lorsqu'il s'agit de cadavres pour lesquels, le cas échéant, des investigations sont peut-être en cours en vue de déterminer la cause de mort ou pour en permettre l'identification, il est également possible d'utiliser des méthodes invasives.

De manière générale, il faut retenir que les médecins et les médecins-dentistes ne peuvent réaliser en tous les cas qu'une *évaluation* de l'âge, et non pas, comme les juristes le souhaitent

souvent, une *détermination* de l'âge. L'évaluation de l'âge se rapporte toujours à l'âge de la personne investiguée au moment de l'investigation.

«Age»

L'âge en tant que «durée d'existence» s'exprime en unités de temps, par exemple en années. Sur le plan scientifique, cette définition est trop imprécise. C'est pourquoi il existe différents modes de désignation de l'âge: l'âge chronologique, en fonction du calendrier, l'âge biologique, dentaire, squelettique et physiologique. Lorsque l'on parle de l'âge d'une personne, on entend l'âge chronologique exprimé en fonction du calendrier, c'est-à-dire le temps écoulé depuis le moment de sa naissance. Dans nos pays, presque toutes les personnes connaissent leur âge. Il y a cependant des régions où les naissances ne sont pas enregistrées de manière précise; il peut alors être difficile de déterminer la date précise de la naissance. Dans ce genre de cas, l'âge est souvent évalué en fonction de signes extérieurs tels que les rides, ou encore l'impression de vitalité que peut donner une personne. Il s'agit là non pas de l'âge chronologique, mais de l'âge biologique, évalué en fonction de l'apparence physique ou des performances. Cependant, chaque être humain vieillit différemment, et c'est pourquoi des évaluations complémentaires sont faites par rapport à l'âge chronologique: telle personne «semble plus jeune ou plus âgée», ou présente par exemple «un vieillissement accentué». De tels commentaires indiquent qu'il existe une différence entre l'âge biologique et l'âge chronologique. L'âge biologique est la résultante de l'état corporel, psychique et spirituel d'une personne, et, dès lors, il est souvent considéré comme l'âge «réel» d'une personne. Cependant, ces notions et concepts sont très imprécis, puisqu'ils sont subjectifs. Il en est de même pour l'âge physiologique, défini par l'état de développement corporel. L'âge dentaire rend compte de l'état de développement de la dentition. Le nombre des dents ayant fait éruption, le degré de minéralisation des dents ou la position des germes dentaires peuvent être comparés à des tables bien définies, qui fournissent ainsi des indications quant à l'âge du patient. Cependant, il existe aussi à cet égard des circonstances particulières lors du développement, qui peuvent fausser la relation entre le développement des dents et l'âge réel. Ainsi, la croissance dans des conditions socioéconomiques défavorables peut entraîner un retard du développement corporel, qui conduira à sous-estimer l'âge chronologique. Il est important de tenir compte de ces éléments lorsqu'ils peuvent être importants sur le plan légal, et ce sont précisément les adolescents faisant l'objet d'une plainte pénale qui sont surtout susceptibles d'en bénéficier.

L'état de développement du squelette peut également donner des indications relatives à l'âge. On parle alors d'âge squelettique. L'évaluation en médecine légale de l'âge de personnes vivantes est basée aujourd'hui sur l'étude radiologique des fronts d'ossification au niveau du carpe, des phalanges ou des clavicules, que l'on compare à des tables radiologiques standardisées. De même que pour l'âge dentaire, les troubles du développement peuvent cependant entraîner des divergences par rapport aux tables standardisées.

La mesure de l'âge, dans le sens de la durée d'existence, présuppose la présence d'éléments matériels pendant une durée aussi longue et continue que celle de l'être humain. C'est ce point précis qui pose problème, quelle que soit la méthode utilisée. La plupart des tissus humains se renouvellent selon certains rythmes temporels ou sont liés à des poussées développementales. Il ne s'agit donc pas d'un développement

continu. De plus, les tissus déjà développés sont constamment soumis à des processus de remaniement. Les substances dentaires dures font partie des tissus qui ne peuvent pas se renouveler et qui perdurent à long terme. C'est pourquoi les différentes méthodes d'évaluation de l'âge sont basées en grande partie sur l'étude des dents, du point de vue de leur développement ou des altérations qu'elles présentent, ou sur des prélèvements dentaires. Au début du XVIII^e siècle, l'étude du développement des dents était déjà une méthode d'évaluation de l'âge utilisée lors d'actes délictueux, car en Grande-Bretagne, les enfants de moins de 7 ans ne pouvaient pas être punis (MILES 1963).

Les méthodes d'évaluation de l'âge seront brièvement présentées ci-dessous. L'évaluation de l'âge des personnes de moins de 20 ans est généralement basée sur des méthodes qui se rapportent à des critères développementaux.

Par contre, les investigations des individus de plus de 20 ans sont basées sur des méthodes utilisant des altérations régressives de l'organisme. Idéalement, les méthodes utilisées pour l'évaluation de l'âge de personnes vivantes doivent satisfaire à certaines exigences: elles doivent être exactes, reproductibles, non invasives et permettre dans la mesure du possible une évaluation simple. Ces critères sont remplis de manière satisfaisante par l'évaluation de l'âge au moyen des méthodes d'imagerie radiologique (DE SALVIA ET COLL. 2004).

Méthodes radiologiques

L'évaluation de l'âge par les méthodes d'imagerie radiologiques repose principalement sur l'orthopantomogramme et sur l'analyse des radiographies de la main et de la clavicule.

L'*orthopantomogramme* permet de visualiser entièrement les mâchoires porteuses des dents. Chez l'enfant et l'adolescent, l'évaluation de l'âge se base sur le degré de minéralisation des dents de lait et des dents définitives (DEMIRJIAN ET COLL. 1973; GUSTAFSON ET KOCH 1974; OLZE ET COLL. 2004), la méthode selon Demirjian s'étant imposée pour l'évaluation systématique (OLZE ET COLL. 2005). L'état de développement des dents individuelles est comparé à une échelle de maturation préétablie (fig. 1). L'évaluation est alors réalisée selon un système d'attribution de points. En denture mixte, ce sont les dents 1 à 7 du 3^e quadrant qui sont évaluées du point de vue de leur degré de minéralisation. En fonction du type de dent et du sexe du patient, une valeur en points est attribuée à chaque stade de minéralisation. La somme de ces valeurs correspond à un âge dans des tables standardisées (DEMIRJIAN ET COLL. 1973; SCHOPF 1970).

Cette méthode peut aussi être utilisée pour les troisièmes molaires, lorsque la minéralisation des dents 1 à 7 est achevée (KAHL UND SCHWARZE 1988; MINCER ET COLL. 1993).

Comparativement au développement du squelette, le développement dentaire est plus lent et retardé, de sorte que les dents – et en particulier le développement des troisièmes molaires – se prêtent très bien à l'évaluation de l'âge entre 14 et 21 ans. C'est la méthode de Demirjian qui est la plus précise, lorsque le stade de minéralisation d'un nombre de dents aussi élevé que possible peut être pris en compte. Une évaluation basée seulement sur les dents de sagesse ne peut être réalisée qu'avec une déviation standard de 1–2 ans (KULLMAN ET COLL. 1992). Lors de l'évaluation médico-légale ou odonto-légale de l'âge, il s'agit dans la plupart des cas de déterminer si la personne a atteint l'âge de 18 ans. La minéralisation des racines des troisièmes molaires commence aux environs de la 15^e année de vie, et s'achève aux environs de la 20^e année de vie

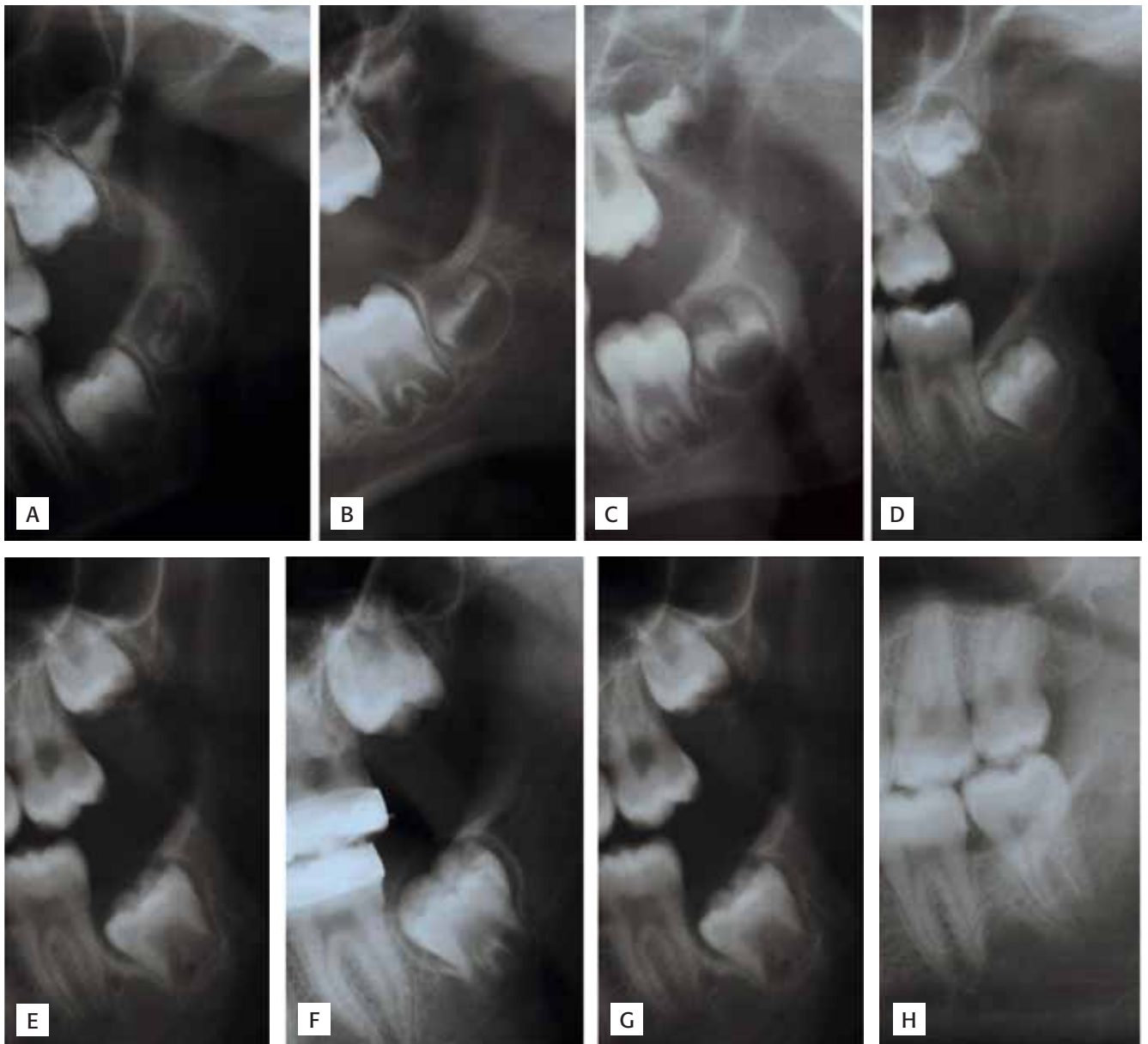


Fig. 1 Stades de DEMIRJIAN A-H des dents de sagesse

(KULLMAN ET COLL. 1992). GUNST ET COLL. 2003 indiquent que la probabilité qu'une personne d'ascendance caucasienne avec un développement complet des quatre dents de sagesse ait atteint l'âge de 18 ans est de 93,6% pour les hommes (déviations standard $\pm 2,92$ ans) et de 95,1% pour les femmes (déviations standard $\pm 2,94$ ans). KÖHLER ET COLL. 1994 indiquent par contre que l'âge correspondant au développement complet des dents de sagesse de la mâchoire supérieure est de 23 ans chez les hommes et les femmes. Le développement complet des dents de sagesse de la mâchoire inférieure est corrélé à un âge de 23,2 ans pour les hommes et de 23,6 ans pour les femmes. Du point de vue du développement des racines, il n'y a pas de différence significative entre les femmes et les hommes (OLZE ET COLL. 2003).

Les dents de sagesse ne disposent souvent que d'une place restreinte dans la mâchoire. Les répercussions de ce phénomène sur le développement des racines des dents de sagesse donnent lieu à différentes interprétations. KÖHLER ET COLL. 1994 indiquent que le développement de dents de sagesse enclavées dans le maxillaire inférieur par manque de place peut être re-

tardé. Par contre, FRIEDRICH ET COLL. 2005 indiquent que la topographie des troisièmes molaires n'exerce aucune influence sur le développement chronologique des racines.

En raison de l'augmentation des mouvements migratoires, les évaluations médico-légales de l'âge concernent de plus en plus souvent des personnes d'origine extra-européenne. Les tables de corrélation que nous utilisons peuvent-elles s'appliquer à des personnes d'autres ethnies? Cette question est encore discutée actuellement. SCHMELING ET COLL. 2001 indiquent que les études de références se rapportant à cette question peuvent être en principe appliquées également à d'autres groupes ethniques. En définitive, on peut résumer la situation en constatant que la représentation des stades de minéralisation des dents sur orthopantomogramme représente un procédé simple et fiable, compte tenu des écarts mentionnés, pour l'évaluation de l'âge d'une personne. Les troisièmes molaires jouent un rôle important pour répondre à la question des 18 ans révolus.

Outre la mise en évidence radiologique des stades de minéralisation des dents, il est également nécessaire de s'intéresser,



Fig. 2 Orthopantomogramme de la patiente A: en raison d'un délit et de la déclaration d'une date de naissance douteuse, la patiente A a été adressée à un spécialiste pour la réalisation d'une évaluation de l'âge. La question posée était la suivante: Cette patients a-t-elle atteint l'âge de 18 ans? Les dents de sagesse présentent dans les quatre quadrants le stade de minéralisation G selon DEMIRJIAN. Ce qui correspond, chez une femme, à un âge dentaire compris entre 20,7 et 21,7 ans.

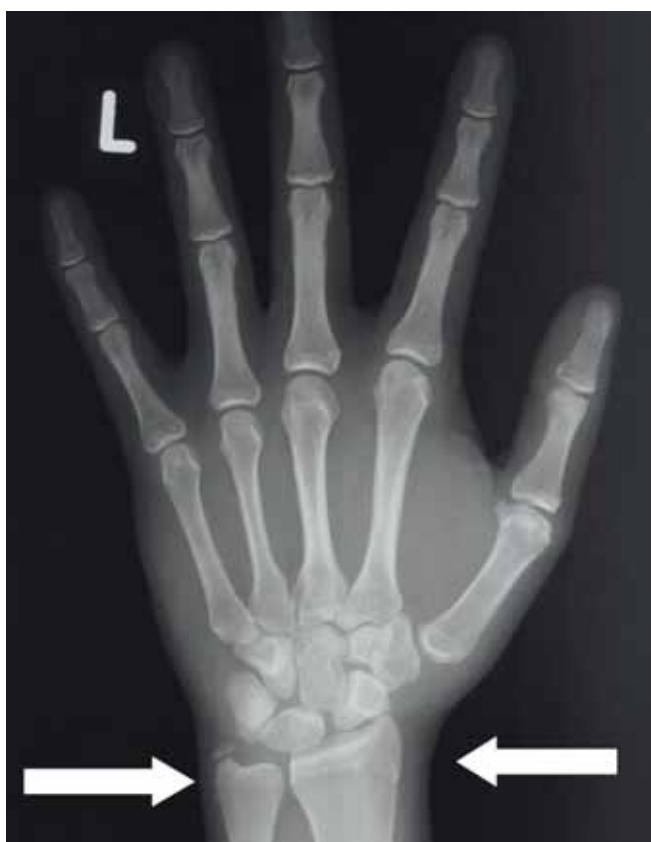


Fig. 3 Radiographie de la main de la patiente A: l'examen radiologique de la main met en évidence une ossification complète de l'épiphyse et de la diaphyse du radius, ce qui permet de conclure que la patiente est âgée de 19,2 ans au moins.

pour évaluer l'âge d'une personne, aux stades de l'ossification dans le développement du squelette. Dans tous les groupes de populations, le développement du squelette se déroule selon des stades identiques. Les différences concernant le passage de ces différents stades ne sont pas déterminées par des facteurs relatifs à l'appartenance ethnique, de sorte que les standards radiologiques peuvent aussi s'appliquer à des personnes n'appartenant pas à l'ethnie de référence. L'évaluation des stades d'ossification de la main gauche fait partie des examens de base pour évaluer l'âge de personnes vivantes de 14 à 21 ans (fig. 3, 5 et 7). Pour évaluer l'âge de 21 ans révolus, on se base également sur les radiographies des clavicules (fig. 8). Ces évaluations sont réalisées en comparant les différents stades d'ossification du cartilage épiphysaire à des tables de référence. Lorsque le cartilage épiphysaire est complètement ossifié, on peut admettre chez la femme que la 20^e année de vie est atteinte. Les hommes parviennent à ce stade au plus tôt à 21 ans, et au plus tard à 27 ans (KREITNER ET COLL. 1998; SCHMELING ET COLL. 2001).

Les altérations régressives accompagnant l'augmentation de l'âge peuvent être mises en évidence par des procédés d'imagerie radiologique: l'examen par microscanner permet de déterminer la relation entre le volume de la pulpe et celui de la dent. Outre les dépôts centripètes des tubuli dentinaires, on relève la présence de dépôts de dentine secondaire, qui diminuent en fonction du temps le volume de la chambre pulpaire ou *cavum dentis*. Cette méthode, bien que complexe, permet de réaliser une évaluation non invasive de l'âge (VANDEVOORT ET COLL. 2004): il n'est pas nécessaire d'extraire la dent pour réaliser cette mesure. On peut se demander cependant dans quelle mesure l'exposition aux rayons X se justifie. YANG ET COLL. 2006 ont réalisé cet examen par tomographie volumique nu-



Fig. 4 Orthopantomogramme de la patiente B: cette patiente a indiqué deux dates de naissance peu crédibles, selon lesquelles elle serait âgée de 12 ou 13 ans. La croissance de la racine des dents dans le 3^e quadrant est terminée selon DEMIRJIAN; l'évaluation de l'âge correspond donc à 16 ans. Les dents de sagesse 18, 28, 38 et 48 présentent un stade de minéralisation D, ce qui correspond à un âge présumé compris entre 15,5 et 15,7 ans. L'âge de la patiente est donc vraisemblablement compris entre 15 et 16 ans.

mérisée et décrivent une corrélation modérée du rapport pulpe/couronne avec l'âge. Dans d'autres études, des dents uniradiculaires ont été investiguées du point de vue des différents rapports de la pulpe avec la racine, la couronne, la longueur de la dent et la largeur de la racine, et ce calcul a été réalisé dans trois localisations différentes. Il est apparu que le rapport de la pulpe à la couronne présente la meilleure corrélation avec l'âge. L'écart moyen entre l'âge effectif et l'âge évalué selon cette méthode a été de moins de quatre ans (CAMÉRIERE ET COLL. 2004). Lorsque ces mesures ont été réalisées sur six dents, l'évaluation de l'âge s'est révélée encore plus précise (KVAAL ET COLL. 1995).



Fig. 5 Radiographie de la main de la patiente B: la fusion de l'épiphyse et de la diaphyse de la phalange proximale du majeur est terminée, ce qui correspond à un âge de 15,9 ans.

Méthodes cliniques

Parmi les méthodes d'examen des dents visant à évaluer l'âge d'une personne, l'une des plus simples est la détermination de l'attrition, c'est-à-dire de l'usure dentaire. La mastication en-



Fig. 7 Radiographie du patient C: dans cet exemple, l'ossification de la diaphyse et de l'épiphyse du radius est complète. La croissance du squelette est donc achevée. L'âge correspondant est donc de 19,2 ans au moins.

Fig. 6 Orthopantomogramme du patient C: il s'agit de déterminer si ce patient a atteint l'âge de 18 ans. Les dents de sagesse ne sont pas présentes chez ce patient, ou ont déjà été extraites. Selon DEMIRJIAN, l'évaluation de l'âge pour le 3^e quadrant indique seulement que la 16^e année est atteinte. Une autre évaluation de l'âge à partir des stades de minéralisation n'est pas possible chez ce patient, de sorte qu'il faut utiliser d'autres méthodes (cf. figure 7 et 8).



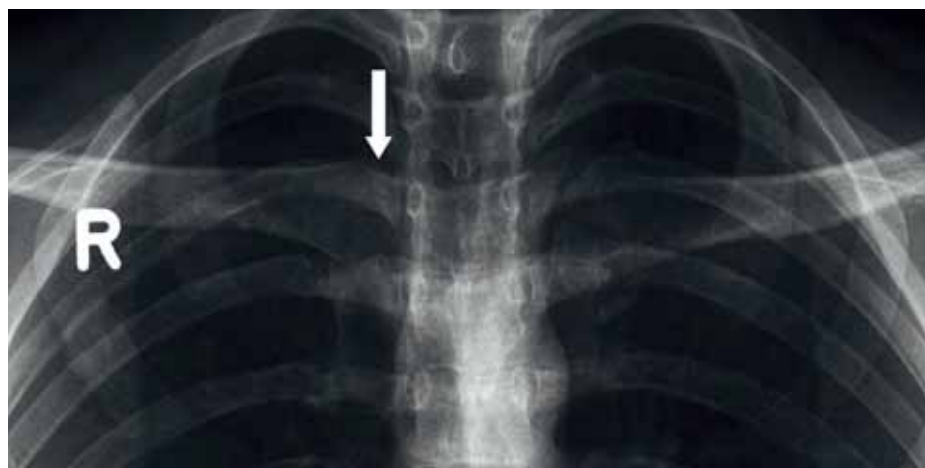


Fig. 8 Radiographie de la clavicule du patient C: l'épiphyse de la clavicule droite est partiellement ossifiée. Ce qui correspond à un stade 3 selon SCHMELING ET COLL. 2004; l'évaluation de l'âge est ainsi de 20,8 ans (déviations standard $\pm 1,7$ an). Le patient C est certainement âgé de plus de 18 ans.

traîne une abrasion des surfaces masticatoires, et l'importance de l'abrasion est donc corrélée à la durée de la vie. Différents auteurs ont décrit cette méthode. Ainsi, AKPATA 1975 a constaté une corrélation étroite entre l'âge et l'attrition des premières molaires. LI & JI 1995 décrivent la méthode dite ASA, qui étudie l'attrition des premières et deuxième molaires du maxillaire supérieur et inférieur. Cette méthode est plus précise que l'examen d'une seule dent. L'écart moyen obtenu avec cette méthode d'évaluation de l'âge est cependant encore de 4,53 ans, de sorte que cette méthode n'entre pas en ligne de compte pour les personnes vivantes. Du point de vue de l'usure des dents, les habitudes de vie de l'être humain se sont modifiées au cours de ces dernières décennies. Les tables de références correspondant à cette méthode d'évaluation pourraient donc n'avoir maintenant qu'une validité limitée en raison des phénomènes de bruxisme, de l'influence du régime alimentaire, de la prise de médicaments et d'autres facteurs environnementaux (BALL 2002).

La couleur des dents devient plus foncée avec le temps; cette observation a également entraîné un essai d'évaluation de l'âge en fonction de ce critère. Cependant, les influences exogènes susceptibles de modifier la coloration des dents ainsi que la subjectivité de l'examineur peuvent donner lieu à des interprétations erronées. Afin de disposer d'une méthode de mesure objective, la couleur de la dentine a été mesurée par spectroradiométrie afin d'établir une corrélation avec l'âge. La spectro-radiographie représente à cet égard une méthode intéressante, mais l'incertitude moyenne de 13,7 ans ne permet pas d'utiliser cette méthode pour évaluer l'âge de personnes vivantes (MARTIN-DE LAS HERAS ET COLL. 2003).

Méthodes histologiques et microscopiques

Les examens réalisés en microscopie électronique à balayage mettent en évidence des modifications de la surface des dents liées à l'âge. Il s'agit de modifications de l'émail et de la dentine, de dépôts sur les dents ou de modifications structurelles de différents matériaux utilisés en dentisterie au cours des années. Des études réalisées avec des matériaux de référence ont livré des échelles de référence pour évaluer ces modifications (JAKOBSEN ET COLL. 1995). Il a été possible de mettre en évidence des corrélations statistiques entre ces altérations et l'âge des sujets examinés (KEDICI ET COLL. 2000), mais il n'a pas été possible d'utiliser ces mesures dans le cadre d'une méthode de détermination de l'âge applicable aux personnes vivantes.

La mesure de la translucidité des racines dentaires représente une autre méthode d'évaluation de l'âge. Elle repose sur l'oblitération progressive des tubules dentinaires en fonction de l'âge.

Les tubules dentinaires sont soumis à l'action d'un colorant, et le rapport de proportion avec les zones non colorées est calculé. Les dents extraites provenant de personnes appartenant à différentes ethnies ont été examinées de cette manière. Les résultats ont mis en évidence une corrélation entre l'âge et le degré d'oblitération, mais en plus de l'âge, il semble exister d'autres facteurs importants susceptibles d'influencer le degré de cette sclérose (WHITTAKER ET COLL. 1996).

Le ciment des racines est une structure qui est soumise pendant toute la vie à l'incorporation constante de nouvelles fibres desmodontales, qui finalement se minéralisent. On admet que ces couches se forment en relation avec le degré d'activité des cémentoblastes. Une bande claire et une bande foncée forment ce que l'on appelle un anneau annuel. Cependant, ces «anneaux» dépendent de conditions de vie extérieures telles que le climat continental, les cycles de nutrition, l'influence de la parathormone et de la vitamine D, ainsi que de l'activité physique. Ces modifications peuvent être prises en compte pour l'évaluation de l'âge. Toutefois, la déviation moyenne entre l'évaluation de l'âge biologique et l'âge effectif est de 5,58 ans (BOJARUN ET COLL. 2004). Dans une autre évaluation de 363 dents, l'écart moyen a été de 2,5 ans (WITTEWERT-BACKOFEN ET COLL. 2004). La précision de ces méthodes diminue cependant en fonction de l'augmentation de l'âge. C'est pourquoi ces méthodes ne sont recommandées que pour l'identification de cadavres ayant subi des destructions importantes.

De même, les modifications des capillaires de la pulpe sont également utilisées pour l'évaluation de l'âge. Le réseau vasculaire en trois couches – caractéristique de la pulpe jeune – est remplacé progressivement, au cours du vieillissement, par un réseau plus grossier ne comportant qu'une couche. Il n'a cependant pas été possible de mettre en évidence des variations quantitatives ou qualitatives permettant d'établir une relation avec l'âge individuel (ESPINA ET COLL. 2003).

Méthodes biochimiques

Les processus de vieillissement ne se déroulent pas seulement au niveau cellulaire, mais aussi au niveau moléculaire. En règle générale, les substances mesurables dépendant de l'âge se trouvent dans les tissus durs de la dent et dans l'os.

La dentine humaine contient des liaisons croisées (*crosslinks*) de deoxyypyridinoline (DPD), une liaison non réductible qui augmente avec l'âge. Ainsi, l'analyse de la dentine de bovin adulte permet de mettre en évidence des valeurs environ six fois plus élevées par rapport à la dentine bovine fœtale. Après

extraction, la DPD est comparée au contenu total en protéines à l'aide d'un modèle mathématique. Les résultats de cette étude ont permis d'évaluer l'âge avec un écart moyen de $\pm 14,9$ ans (MARTIN-DE LAS HERAS ET COLL. 1999).

Une autre approche est basée sur l'enzyme gélatinase A, synthétisée par les odontoblastes. Cette enzyme intervient dans la dégradation de la matrice organique minéralisée des dents. L'analyse de la dentine de sujets jeunes (<20 ans) a mis en évidence des différences significatives de la concentration de cette enzyme par rapport à des sujets plus âgés. Ainsi, le dosage de la gélatinase A pourrait être un marqueur utile pour l'évaluation de l'âge, surtout lorsque d'autres méthodes ne peuvent plus être utilisées (MARTIN-DE LAS HERAS ET COLL. 2000a; MARTIN-DE LAS HERAS ET COLL. 2000b).

L'analyse de l'ADN est utilisée notamment pour l'identification de cadavres. On utilise à cette fin, en plus de l'ADN cellulaire normal, l'ADN mitochondrial de la dentine provenant des dents extraites. Comme les dents, de même que les os, sont encore présents longtemps après la mort, il est tout à fait possible de réaliser des prélèvements. L'ADN mitochondrial de la dentine est protégé des processus de décomposition; il peut être extrait en grandes quantités longtemps après la mort et utilisé dans de bonnes conditions. La quantité de l'ADN mitochondrial est corrélée à l'âge (MORNSTAD ET COLL. 1999). Mais à ce jour, on ne dispose pas de données relatives à l'exactitude de cette méthode; c'est la raison pour laquelle ce procédé ne peut pas être utilisé en tant que méthode de premier choix pour l'évaluation de l'âge lors de procédures pénales s'appliquant à des personnes vivantes. De plus, il s'agit d'une méthode invasive, ce qui exclut dès lors ce type d'utilisation.

Par ailleurs, des énantiomères de l'acide aspartique, de la sérine et du glutamate peuvent également être dosés dans des prélèvements de dentine, et peuvent aussi être utilisés pour l'évaluation de l'âge. L'acide aminé asparagine possède le taux le plus élevé de racémisation comparativement au glutamate, à la sérine et à l'alanine (CAROLAN ET COLL. 1997; YAMAMOTO ET COLL. 1996). L'acide aspartique est présent dans les trois types de substances dures de la dent. La dentine est la mieux protégée des influences extérieures, aussi bien par l'émail qui la recouvre que par le cément. C'est pourquoi la dentine est soumise aux altérations les plus faibles, qu'il s'agisse par exemple des variations de température ou de différences de l'équilibre hydrique. La racémisation de l'acide D-aspartique montre la corrélation la plus élevée pour la dentine; c'est pourquoi la dentine est utilisée dans la plupart des évaluations de l'âge basées sur la racémisation de l'acide aspartique. L'acide aspartique est présent sous forme des énantiomères D- et L- (dextrogyre et lévogyre). La forme D augmente dans des proportions presque linéaires avec l'élévation de l'âge; elle est formée à partir de la forme L-. On trouve donc une certaine proportion d'acide D-aspartique en fonction de la date de la minéralisation dentaire. A partir d'échantillons dentaires d'âge connu, le taux d'acide D-aspartique est indiqué en tant que référence pour une dent donnée. Les premières molaires présentent les meilleures conditions pour l'évaluation de l'âge, compte tenu de leur position et de leur rôle dans la cavité orale. Elles émergent parmi les premières des dents permanentes dans la cavité orale, et en raison de leur position distale, elles sont exposées à des variations de température minimales (OHTANI ET COLL. 2003).

Les déviations (erreurs d'appréciation régressives) sont en moyenne de 2,1 ans avec cette méthode (RÖSING ET COLL. 1998). C'est pourquoi cette méthode d'évaluation de l'âge est l'une des plus précises, mais aussi l'une des plus coûteuses.

Le tissu osseux contient également des acides aminés, dont le taux de racémisation peut aussi être utilisé pour l'évaluation de l'âge. Ici également, c'est l'acide aspartique qui présente à cet égard la meilleure corrélation avec l'âge, par rapport aux autres acides aminés (OHTANI ET COLL. 1998A; OHTANI ET COLL. 1998B; OHTANI ET COLL. 2002; OHTANI ET COLL. 2004). Toutefois, le tissu osseux est beaucoup plus sensible que la dentine, et l'évaluation est donc moins précise. La détermination du taux de racémisation de l'acide aspartique devrait donc être réalisée, si possible, avec des échantillons de dentine.

L'évaluation de l'âge au niveau du fémur est basée sur le nombre des canaux de Havers, qui se modifie avec l'âge. Des investigations réalisées au niveau de la corticale du fémur humain ont cependant montré des variations trop importantes (BERTELSEN ET COLL. 1995).

Discussion

Le grand nombre des méthodes d'évaluation de l'âge montre bien l'importance de ce thème et l'intérêt qu'il suscite, mais aussi la difficulté de trouver une méthode de détermination exacte. Le choix de la méthode appropriée dépend de la situation – personne vivante ou examen d'un cadavre –, ainsi que des ressources temporelles et financières susceptibles d'être mises en œuvre. Pour les investigations post mortem, il est possible d'utiliser des méthodes invasives, telles que l'analyse des éléments circulaires du cément ou des modifications liées à l'âge de l'endothélium de la pulpe, ou encore les diverses méthodes biochimiques. Lors de l'évaluation de l'âge de personnes en vie, les méthodes utilisées ne doivent provoquer aucun dommage à la personne examinée. L'évaluation de l'âge de personnes en vie est basé en premier lieu sur l'examen physique, avec détermination des éléments anthropométriques (taille, poids et type morphologique), des signes de maturation sexuelle (stades de Tanner) et des éventuels retards de développement significatifs compte tenu de l'âge présumé. L'étape suivante est constituée par l'examen médico-dentaire comprenant le status dentaire, les stades de minéralisation des dents et les signes d'abrasion et d'attrition. A cet égard, les radiographies de routine ne sont pas autorisées dans certains pays (LOCKEMANN ET COLL. 2004). Les autorités suisses considèrent que l'examen radiologique n'est pas une intervention disproportionnée du point de vue de la liberté individuelle. Ainsi, l'administration de la dose nécessaire de rayons X n'est pas considérée comme nuisible pour la santé (cf. art. 17, paragraphe 2 de la loi sur l'asile). L'orthopantomogramme représente la seule possibilité de visualiser en entier l'état de la dentition du point de vue des caries, des obturations et des stades de minéralisation, notamment en ce qui concerne les dents de sagesse. Sur la base de cet examen, il est possible de réaliser une évaluation de l'âge qui est très utile lors de procédure pénale. Dans des cas isolés, certaines structures des maxillaires peuvent être masquées sur l'orthopantomogramme par des superpositions résultant des apex des racines des dents de sagesse du maxillaire supérieur, ce qui peut restreindre les possibilités d'évaluation des stades de minéralisation. Dans ces cas, il faut utiliser des films dentaires apicaux permettant l'évaluation des régions concernées. Lors de procédure pénale, les limites d'âge importantes sont les suivantes: 15 ans révolus, 18 ans révolus et 21 ans révolus. Lorsque l'âge d'un délinquant est compris entre 15 et 18 ans, cela a des conséquences sur la nature des peines infligées, et notamment sur le mode de détention; dans certains pays, l'âge compris entre 18 et 21 ans a également une influence sur la peine infligée. Il n'est pas pos-

sible d'évaluer avec précision l'âge compris entre 18 et 21 ans sur la base des seuls critères de l'examen physique. L'une des rares caractéristiques morphologiques qui se modifient au cours de cette période est le développement des troisièmes molaires. Même si la précision de l'évaluation ne correspond pas à la précision souhaitée par les juristes, elle doit être prise en compte au même titre que les résultats des autres examens

réalisés. Seuls les examens approfondis résultant de la collaboration du médecin-dentiste et du médecin légiste permettront de réaliser une évaluation de l'âge utilisable sur le plan juridique. Ainsi, l'examen médico-dentaire comprenant un orthopantomogramme est une composante irremplaçable de l'évaluation de l'âge.