

Die Rolle des Zahnarztes in der heutigen forensischen Altersschätzung

Schlüsselwörter: Altersschätzung, Altersbestimmung, Panoramaschichtaufnahme, Forensik, Odontologie

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

¹ Klinik für Zahnärztliche Chirurgie,
 -Radiologie, Mund- und Kiefer-
 heilkunde der Universität Basel

² Institut für Rechtsmedizin
 der Universität Basel

³ Institut für Rechtsmedizin
 der Universität Zürich

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Dorothea Berndt
 Klinik für Zahnärztliche Chirurgie,
 -Radiologie, Mund- und Kiefer-
 heilkunde, Universität Basel
 Hebelstrasse 3
 CH-4056 Basel
 Tel. ++41-61-267 26 79
 Fax ++41-61-267 26 07
 E-Mail: dorothea.berndt@unibas.ch

Zusammenfassung Durch zunehmende grenzüberschreitende Migrationsbewegungen steigt auch die Anzahl an Menschen, deren Geburtsdatum aus verschiedenen Gründen nicht zweifelsfrei bekannt ist. So sind Altersschätzungen bei Lebenden sowohl in Asylverfahren als auch in Strafverfahren fester Bestandteil des forensischen Alltags geworden. Aber auch die Zunahme an Naturkatastrophen und Terroranschlägen erfordert im Rahmen

der Identifikation einer grossen Zahl unbekannter Opfer vermehrt Altersschätzungen. Für diese Aufgaben werden häufig Zahnärzte angefragt. Es existieren zahlreiche Methoden zur Altersschätzung. Der zahnärztlichen Untersuchung und der Auswertung von Panoramaschichtaufnahmen kommt bei der forensischen Altersschätzung ein hoher Stellenwert zu.

Einleitung

In Zeiten von Terroranschlägen und Naturkatastrophen rücken die Aspekte der Identifizierung von Opfern und deren Altersschätzung wieder in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Dabei trägt die Schätzung des Alters eines Verstorbenen einen Teil zur Klärung von dessen Identität bei. Andererseits gelangt eine Altersschätzung auch zunehmend bei Lebenden zur Anwendung, wenn diese ihr Geburtsdatum entweder tatsächlich nicht kennen oder es aus verschiedenen Gründen nicht preisgeben wollen. Letzteres ist besonders in Strafverfahren der Fall, in dem der Straftäter versucht, durch Falschangaben seines Geburtsdatums in den Genuss milderer Jugendstrafen zu kommen. Bei Leichen stellt sich zusätzlich das Problem, dass diese teilweise entstellt sind, sei es durch die direkte Gewalteinwirkung des Täters oder des Unfallgeschehens, durch Verwesung oder durch Feuer, Gifte und Ähnliches.

In Abhängigkeit von den individuell zu beurteilenden Situationen existieren unterschiedliche Methoden der Altersschätzung. Grundsätzlich muss im Vorfeld entschieden werden, ob Gewebe zur Untersuchung entnommen werden dürfen. Dies ist bei Strafverfahren eine Rechtsfrage, da der mutmassliche Täter durch die Verfahrensdurchführung nicht verletzt und keinen bleibenden Schaden zurückbehalten darf. Bei Leichen, bei denen gegebenenfalls auch noch Untersuchungen zur Klärung der Todesursache oder zur Identifizierung erforderlich sind, können auch invasive Methoden zur Anwendung kommen.

Generell ist festzuhalten, dass Mediziner wie auch Zahnmediziner in allen Fällen nur eine Alters*schätzung* vornehmen können und nicht, wie oft von der juristischen Seite gefordert, eine Alters*bestimmung*. Die Altersschätzung bezieht sich dabei immer auf das Alter des Untersuchten zum Untersuchungszeitpunkt.

«Alter»

Alter als «Zeit des Bestehens» wird in Zeiteinheiten, z. B. in Lebensjahren, ausgedrückt. Für den wissenschaftlichen Gebrauch ist diese Definition zu ungenau. Daher gibt es unterschiedliche Bezeichnungen des Alters: kalendarisches oder chronologisches, biologisches, dentales, skelettales und physiologisches Alter. Spricht man vom Alter eines Menschen, so ist damit das kalendarische oder chronologische Alter gemeint, d. h. die Zeit, die seit der Geburt vergangen ist. Hierzulande kennt praktisch jeder sein Alter. Jedoch gibt es Regionen, in denen Geburten nicht genau registriert werden, sodass es schwierig sein kann, das genaue Geburtsdatum zu rekonstruieren. In solchen Fällen wird das Alter oft anhand von Äusserlichkeiten wie Falten oder des Eindrucks von «Vitalität» geschätzt. Es handelt sich dann nicht um das chronologische, sondern um das biologische Alter, also das sog. «Leistungsalter». Jeder Mensch altert jedoch unterschiedlich, und so werden oft Ergänzungen gemacht wie «sieht jünger oder älter aus» oder «stark gealtert». Solche Anmerkungen weisen dann auf einen Unterschied zwischen biologischem und chronologischem Alter hin. Das biologische Alter ist die Zusammenfassung des körperlichen, seelischen und geistigen Zustandes eines Menschen und wird auch oft als «wahres» Alter angesehen. Allerdings sind diese Begriffe hochgradig unpräzise, da sie subjektiv sind. Ähnliches gilt für das physiologische Alter, welches als der körperliche Entwicklungsstand definiert ist.

Das dentale Alter gibt den Entwicklungsstand des Gebisses wieder. Die Anzahl der durchgebrochenen Zähne, der Mineralisationsgrad von Zähnen oder die Position der Zahnkeime können mit definierten Tabellen verglichen werden und so Aufschluss über das Alter eines Patienten geben. Allerdings gilt auch hier, dass entwicklungsbedingte Veränderungen die Beziehung zwischen Zahnentwicklung und tatsächlichem Alter verfälschen können. So kann ein Aufwachsen in schlechten sozioökonomischen Verhältnissen zu einer körperlichen Entwicklungsstörung und somit zu einer Unterschätzung des chronologischen Alters führen. Dies sollte bei juristisch relevanten Fällen beachtet werden, wobei damit gerade Jugendliche im Strafverfahren eher begünstigt werden.

Vom Entwicklungszustand des Skelettes kann ebenfalls auf das Alter geschlossen werden. Man spricht dann vom skelettales Alter. Bei der forensischen Altersschätzung an Lebenden werden heute die Wachstumsfugen der Handwurzel- und Fingerknochen oder des Schlüsselbeins mittels Röntgenaufnahmen mit standardisierten Alterstabellen verglichen. Doch wie auch beim dentalen Alter können Entwicklungsstörungen zu Abweichungen gegenüber den standardisierten Tabellenwerten führen.

Die Messung des Alters, im Sinne der Zeit des Bestehens, setzt also voraus, dass Materialien vorhanden sind, die ebenso lange und kontinuierlich bestehen, wie das menschliche Individuum. Genau hier liegt die Problematik aller Methoden. Die meisten menschlichen Gewebe erneuern sich innerhalb zeitlicher Rhythmen oder sind Entwicklungsschüben unterworfen. Es besteht also keine kontinuierliche Entwicklung. Bereits entwickelte Gewebe unterliegen zusätzlich einem ständigen Umbau. Zu den Geweben, welche sich nicht erneuern können und länger bestehen, gehören die Zahnhartsubstanzen. Daher orientieren sich die möglichen Methoden der Altersschätzung zum grössten Teil an Zähnen, ihrer Entwicklung und Veränderung oder an entnommenem Zahnmaterial. Die Entwicklung der Zähne stellte auch schon zu Beginn des frühen 18. Jahrhun-

derts eine Methode zur Altersschätzung bei Straftaten dar, wozu nach in Grossbritannien keine Kinder unter sieben Jahren bestraft werden durften (MILES 1963).

Nachfolgend sollen Methoden der Altersschätzung kurz dargestellt werden:

Bei der Altersschätzung von Individuen unter 20 Jahren werden meist Methoden angewandt, die sich auf die Anhaltspunkte der Entwicklung beziehen. Zur Untersuchung von Individuen, die älter sind als 20 Jahre, werden Methoden angewandt, die sich auf die regressiven Veränderungen des Körpers stützen.

Zu den Anforderungen an eine ideale Methode zur Altersschätzung von Lebenden zählen Exaktheit, Reproduzierbarkeit, nicht invasives Vorgehen und wenn möglich eine einfache Auswertung. Diese Kriterien treffen für die Altersschätzung mittels radiologischer Bildgebungsverfahren gut zu (DE SALVIA ET AL. 2004).

Radiologische Methoden

Für Altersschätzungen anhand bildgebender Verfahren der Radiologie werden hauptsächlich die Panoramaschichtaufnahme, das Handröntgen und Aufnahmen der Clavicula eingesetzt.

Mit der *Panoramaschichtaufnahme* werden die zahntragenden Kiefer vollständig dargestellt. Im Kindes- und Jugendalter basiert eine Altersschätzung auf dem Mineralisationsgrad der Milch- und bleibenden Zähne (DEMIRJIAN ET AL. 1973; GUSTAFSON & KOCH 1974; OLZE ET AL. 2004), wobei sich zur systematischen Beurteilung die Methode nach Demirjian bewährt hat (OLZE ET AL. 2005). Der Entwicklungsstand der einzelnen Zähne wird mit einer festgelegten Reifungsskala verglichen (Abb. 1). Die Auswertung erfolgt dann über ein Punktebewertungssystem. Im Wechselgebiss werden die Zähne 1–7 im 3. Quadranten dem Mineralisationsstadium entsprechend beurteilt. Abhängig vom Zahntyp und Geschlecht des Patienten ist jedem Mineralisationsstadium ein Punktwert zugeordnet. Aufgrund der Summe aller Werte kann in standardisierten Tabellen das Alter ermittelt werden (DEMIRJIAN ET AL. 1973, SCHOPF 1970).

Dieses Verfahren lässt sich nach Abschluss der Mineralisation der Zähne 1–7 auch für die dritten Molaren anwenden (KAHL & SCHWARZE 1988; MINCER ET AL. 1993).

Die Zahnentwicklung ist im Vergleich zur skelettalen Entwicklung langsamer und verzögert, sodass sich die Zähne, insbesondere die Entwicklung der dritten Molaren sehr gut für eine Schätzung im Alter von 14–21 Jahren eignen. Die Methode nach Demirjian ist am genauesten, wenn die Mineralisationsstadien von möglichst vielen Zähnen mit einbezogen werden können. Eine Beurteilung nur anhand der Weisheitszähne kann lediglich mit einer Standardabweichung von 1–2 Jahren erfolgen (KULLMAN ET AL. 1992). In der forensischen Altersschätzung bei Lebenden ist in den meisten Fällen das Erreichen des 18. Lebensjahrs zu beantworten. Die Mineralisation der Wurzeln der dritten Molaren beginnt etwa mit dem 15. Lebensjahr und wird um das 20. Lebensjahr abgeschlossen (KULLMAN ET AL. 1992). GUNST ET AL. 2003 geben die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person kaukasischer Abstammung mit einer vollständigen Entwicklung aller vier Weisheitszähne das 18. Lebensjahr erreicht hat für Männer mit 96,3% (Standabw. +/-2,92 Jahre) und für Frauen mit 95,1% (Standabw. +/-2,94 Jahre) an. KÖHLER ET AL. 1994 hingegen geben ein Alter von 23 Jahren für Männer und Frauen an, wenn im Oberkiefer die Weisheitszähne vollständig entwickelt sind. Die vollständige Entwicklung der Weisheitszähne im Unterkiefer wird mit einem Alter von 23,2 Jah-

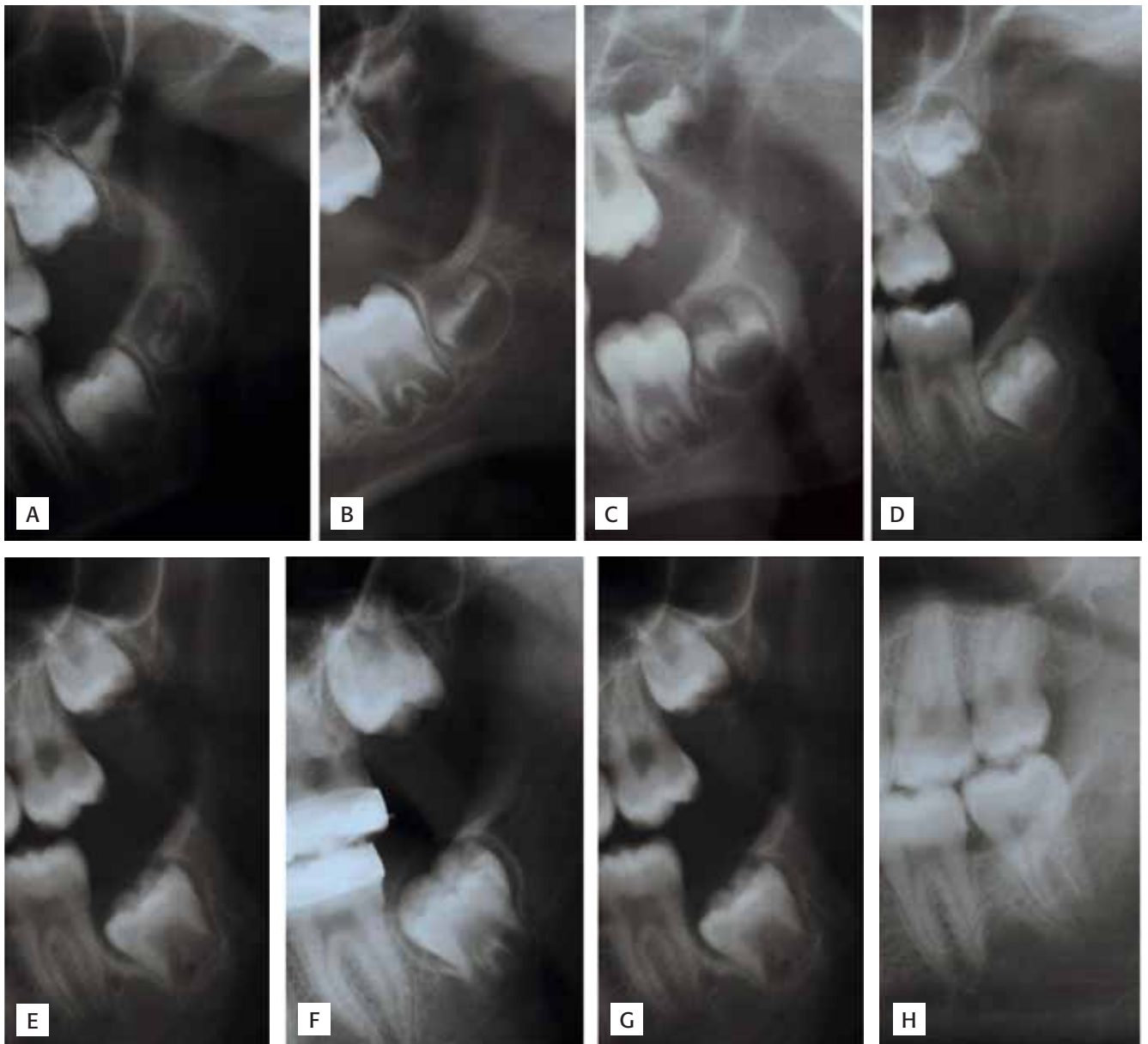


Abb. 1 DEMIRJIAN-Stadien A-H der Weisheitszähne

ren für Männer und 23,6 Jahren für Frauen korreliert. Zwischen Frauen und Männern bestehen in der Entwicklung der Wurzeln keine signifikanten Unterschiede (OLZE ET AL. 2003).

Die Weisheitszähne haben im Kiefer in vielen Fällen nur eingeschränkte Platzverhältnisse. Diese Auswirkungen auf die Entwicklung der Weisheitszahnwurzeln werden unterschiedlich diskutiert. KÖHLER ET AL. 1994 geben an, dass die Entwicklung retinierter Weisheitszähne im Unterkiefer durch einen Engstand verzögert werden kann. Hingegen stellen FRIEDRICH ET AL. 2005 dar, dass die Topografie der dritten Molaren keinen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung der Wurzeln nehmen.

Durch zunehmende Migrationsbewegungen müssen Altersschätzungen zunehmend an Menschen nicht europäischer Herkunft durchgeführt werden. Die Frage, ob die bekannten Korrelationstabellen auch auf Individuen anderer Ethnien angewendet werden können, wird zurzeit noch diskutiert. SCHMELING ET AL. 2001 geben aber an, dass die einschlägigen Referenzstudien prinzipiell auch auf andere ethnische Grup-

pen angewandt werden können. Abschliessend kann zusammengefasst werden, dass die Darstellung der Mineralisationsstadien der Zähne in der Panoramaschichtaufnahme ein einfaches und mit den erwähnten Abweichungen zuverlässiges Verfahren zur Altersschätzung darstellt. Zur Beantwortung der Frage nach dem vollendeten 18. Lebensjahr nehmen die dritten Molaren eine wichtige Rolle ein.

Neben der radiologischen Darstellung der Mineralisationsstadien der Zähne müssen auch Ossifikationsstadien in der skelettalen Entwicklung zur Altersschätzung herangezogen werden. In allen Bevölkerungsgruppen durchläuft die skelettale Entwicklung identische Stadien. Die Unterschiede beim Passieren dieser Stadien sind nicht durch Faktoren der Volkszugehörigkeit bestimmt, sodass Röntgenbildstandards auch bei Personen, die nicht der Referenzethnizität angehören, angewendet werden können. Die Auswertung der Ossifikationsstadien an der linken Hand gehört zu den Basisuntersuchungen bei der Altersschätzung Lebender im Alter von 14 bis 21 Jahren (Abb. 3, 5 und 7). Für eine Beurteilung des vollendeten 21. Le-



Abb. 2 Panoramaschichtaufnahme von Patientin A: Patientin A wurde aufgrund einer Straftat und der Angabe eines zweifelhaften Geburtsdatums zur Durchführung einer Altersschätzung überwiesen. Fragestellung dieser Untersuchung war, ob die Patientin das 18. Lebensjahr erreicht hat. Die Weisheitszähne weisen in allen Quadranten das Mineralisationsstadium G nach DEMIRJIAN auf. Bei einer weiblichen Patientin entspricht dies einem geschätzten dentalen Alter von 20,7 bis 21,7 Jahren.



Abb. 3 Handröntgen der Patientin A: Die radiologische Untersuchung der Hand ergibt eine vollständige Verknöcherung der Epiphyse und Diaphyse des Radius, welches auf ein Alter von mindestens 19,2 Jahren schließen lässt.

bensjahres werden zusätzlich die Schlüsselbeine geröntgt (Abb. 8). Diese basieren auf dem Vergleich der verschiedenen Ossifikationsstadien des epiphysalen Knorpels mit Referenztabellen. Ist der epiphysale Knorpel vollständig verknöchert, kann bei Frauen davon ausgegangen werden, dass sie das 20. Lebensjahr erreicht haben. Männer erreichen dieses Stadium frühestens mit 21 Jahren, spätestens aber mit 27 Jahren (KREITNER ET AL. 1998, SCHMELING ET AL. 2001).

Regressive Veränderungen durch zunehmendes Alter können durch ein bildgebendes Röntgenverfahren dargestellt werden: Mittels Mikrocomputertomografien kann das Verhältnis des Volumens der Pulpa zum Zahn bestimmt werden. Neben den zentripetalen Dentinablagerungen der Tubuli kommt es zur Sekundärdentinbildung, die das Pulpakavum im Laufe der Zeit kleiner werden lässt. Trotz des hohen Aufwands erlaubt diese Methode eine nicht invasive Altersschätzung (VANDEVOORT ET AL. 2004), womit das Belassen des Zahnes im Kiefer gemeint ist. Zu diskutieren bleibt, inwieweit die Röntgenstrahlung gerechtfertigt werden kann. YANG ET AL. 2006 stellen diese Untersuchung mittels digitaler Volumentomografie vor und beschreiben eine moderate Korrelation zwischen Pulpa-Kronen-Verhältnis und dem Alter. In anderen Studien wurden einwurzlige Zähne im Hinblick auf die unterschiedlichen Verhältnisse von Pulpa zu Wurzel, Krone, Zahnlänge und Wurzelbreite untersucht und an drei verschiedenen Stellen der Zähne errechnet. Es zeigte sich, dass das Verhältnis Pulpa zur Krone am besten mit dem Alter korrelierte. Die mittlere Abweichung zwischen tatsächlichem Alter und geschätztem Alter lag bei weniger als vier Jahren (CAMERIERE ET AL. 2004). Die Auswertung von sechs Zähnen ergibt noch genauere Werte für die Altersschätzung (KVAAL ET AL. 1995).



Abb. 4 Panoramaschichtaufnahme von Patientin B: Die Patientin gab zwei zweifelhafte Geburtsdaten an, nach welchen sie 12 bzw. 13 Jahre alt gewesen wäre. Das Wurzelwachstum der Zähne im III. Quadranten nach DEMIRJIAN ist abgeschlossen, das geschätzte Alter danach ist 16 Jahre. Die Weisheitszähne 18, 28, 38 und 48 zeigen ein Mineralisationsstadium D. Dies entspricht einem geschätzten Alter zwischen 15,5 bis 15,7 Jahren. Die Patientin ist wahrscheinlich zwischen 15 und 16 Jahre alt.

Klinische Methoden

Einer der wohl einfachsten Untersuchungen der Zähne zur Altersschätzung ist die Feststellung der Attrition, also der Abnutzung der Zähne. Je länger ein Mensch gelebt und damit gekaut hat, desto stärker werden die Kauflächen abradiert. Verschiedene Autoren beschreiben diese Methode. So sieht AKPATA 1975 eine enge Korrelation zwischen dem Alter und der Attrition der ersten Molaren. LI & JI 1995 beschreiben die sog. ASA-Methode, in der die Attrition der 1. und 2. Molaren im Ober- und Unterkiefer untersucht wird. Diese Methode ist im Vergleich zur Untersuchung nur eines einzelnen Zahnes genauer. Die mittlere Abweichung bei der Altersschätzung liegt aber trotz-

dem noch bei 4,53 Jahren, sodass diese Methode nicht für Lebende in Betracht kommt. Im Hinblick auf die Abnutzung der Zähne haben sich die Lebensgewohnheiten der Menschen in den letzten Jahrzehnten geändert. Entsprechende Referenz-



Abb. 5 Handröntgenaufnahme von Patientin B: Die Verschmelzung von Epiphyse und Diaphyse an der proximalen Phalanx des Mittelfingers ist abgeschlossen, sodass auf ein Alter von 15,9 Jahren geschlossen werden kann.



Abb. 7 Handröntgen des Patienten C: In diesem Beispiel liegt eine vollständige Verknöcherung von Diaphyse und Epiphyse des Radius vor. Das skeletale Wachstum ist damit abgeschlossen. Es kann daher von einem Alter von etwa 19,2 Jahren ausgegangen werden.

Abb. 6 Panoramaschichtaufnahme von Patient C: Bei diesem Patienten sollte geklärt werden, ob er das 18. Lebensjahr erreicht hat. Die Weisheitszähne sind bei diesem Patienten nicht angelegt oder bereits entfernt worden. Die Altersschätzung nach DEMIRJIAN für den III. Quadranten zeigt lediglich, dass das 16. Lebensjahr erreicht ist. Eine weitere Altersschätzung anhand der Mineralisationsstadien der Weisheitszähne ist bei diesem Patienten nicht möglich, sodass auf andere Verfahren zurückgegriffen werden musste (s. Abb. 7 und 8).





Abb. 8 Röntgenaufnahme der Clavicula des Patienten C: Die Epiphyse der rechten Clavicula ist partiell ossifiziert. Dies entspricht einem Stadium 3 nach SCHMELING ET AL. 2004 und damit einem geschätzten Alter von 20,8 Jahren (Standabw. $\pm 1,7$ Jahre). Der Patient C ist sicher älter als 18 Jahre.

tabellen könnten aufgrund von Bruxismus, Diäteneinflüssen, Medikamenteneinnahmen und anderen Umweltfaktoren nur noch eingeschränkte Gültigkeit haben (BALL 2002).

Die Beobachtung, dass Zähne im Laufe des Alters dunkler werden, hat ebenso zu einem Versuch geführt, auf diese Weise das Alter zu schätzen. Mögliche exogene Einflüsse wie Verfärbungen oder das subjektive Farbempfinden des Untersuchers können jedoch zu Fehlinterpretationen führen. Zur Objektivierung der Methode wurde die Dentinfarbe daher mittels Spektroradiometrie gemessen, um einen Rückschluss auf das Alter zu ziehen. Die Spektroradiografie stellt in diesem Zusammenhang eine gute Methode dar, wobei die Streubreite von 13,7 Jahren keine Anwendung zur Altersschätzung bei Lebenden bietet (MARTIN-DE LAS HERAS ET AL. 2003).

Histologische und mikroskopische Methoden

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen altersabhängige Veränderungen der Zahnoberfläche. Dies sind Veränderungen an Schmelz und Dentin, Ablagerungen an Zähnen oder die Strukturveränderungen verschiedener zahnärztlicher Materialien im Verlaufe der Jahre. Untersuchungen an Referenzmaterial könnten Massstäbe zur Beurteilung dieser Fragestellung liefern (JAKOBSEN ET AL. 1995). Statistische Korrelationen zwischen solchen Veränderungen und dem Alter waren nachweisbar (KEDICI ET AL. 2000), ergeben aber keine anwendbare Methode für die Altersschätzung Lebender.

Die Messung der Transluzenz der Wurzeln stellt eine weitere Methode zur Altersschätzung dar. Diese beruht auf der zunehmenden Obliteration der Dentintubuli mit zunehmendem Alter. Bei dieser Methode werden die Dentinkanälchen angefärbt und das Verhältnis zu nicht angefärbten Bereichen ermittelt. Extrahierte Zähne verschiedener Ethnien wurden untersucht. Die Ergebnisse zeigen zwar eine Korrelation zwischen dem Alter und dem Grad der Obliteration, doch scheint es neben dem Alter noch weitere relevante Faktoren zu geben, die diese Sklerosierung beeinflussen (WHITTAKER ET AL. 1996).

Das Wurzelzement ist eine Struktur, welche lebenslang einem ständigen Einbau neuer desmodontaler Faseranteile unterliegt, die schliesslich mineralisieren. Man nimmt an, dass sich die Schichten in Abhängigkeit von der Aktivität der Zementoblasten bilden. Eine helle und eine dunkle Bande bilden einen sog. Jahresring. Allerdings sind diese «Ringe» von äusseren Lebensbedingungen wie vom Kontinentalklima, Zyklen der Ernährung, Einfluss von Parathormon und Vitamin D sowie körperlicher Aktivität abhängig. Diese Veränderungen können für die Altersschätzung herangezogen werden. Allerdings

liegt die durchschnittliche Abweichung zwischen geschätztem biologischem Alter und tatsächlichem Lebensalter bei 5,58 Jahren (BOJARUN ET AL. 2004). In einer weiteren Auswertung von 363 Zähnen lag die Abweichung bei 2,5 Jahren (WITTEW-BACKOFEN ET AL. 2004). Die Präzision der Methode nimmt jedoch mit zunehmendem Alter ab. Daher wird sie nur zur Identifizierung von stark zerstörten Körpern empfohlen.

Auch Veränderungen der Kapillaren in der Pulpa wurden auch zur Altersschätzung herangezogen. Das dreischichtige vasculäre Netzwerk – charakteristisch für eine junge Pulpa – wird mit zunehmendem Alter durch ein grobes einschichtiges Netzwerk ersetzt. Es konnten jedoch keine quantitativen oder qualitativen Variationen erfasst werden, die eine Beziehung zwischen den beschriebenen Veränderungen und dem individuellen Alter herstellen (ESPINA ET AL. 2003).

Biochemische Methoden

Alterungsprozesse spielen sich nicht nur auf zellulärer Ebene, sondern auch auf molekularer Ebene ab. Messbare altersabhängige Substanzen befinden sich in der Regel im Zahnhartgewebe und im Knochen.

In menschlichem Dentin wurden Deoxypyridinoline (DPD) crosslinks gefunden, eine nicht reduzierbare Verbindung, die mit zunehmendem Alter zunimmt. So sind in Dentinproben von adulten Rindern etwa sechsmal höhere Werte als in fetalen Rinder-Dentinproben nachweisbar. Das extrahierte DPD wird in Relation zum gesamten Proteingehalt gesetzt und mit einem mathematischen Modell verglichen. Die Ergebnisse dieser Studie ergeben Altersschätzungen mit einer Abweichung von $\pm 14,9$ Jahren (MARTIN-DE LAS HERAS ET AL. 1999).

Ein weiterer Ansatzpunkt ist das Enzym Gelatinase A, welches von Odontoblasten gebildet wird. Es wirkt bei der Degradation der mineralisierten organischen Matrix der Zähne mit. Im Vergleich zwischen Dentinproben von jüngeren (< 20 Jahre) und älteren Probanden gab es signifikante Unterschiede. So könnte die Bestimmung von Gelatinase A ein nützlicher Marker zur Altersbestimmung sein, vor allem dann, wenn andere morphologische Methoden nicht mehr greifen (MARTIN-DE LAS HERAS ET AL. 2000a, MARTIN-DE LAS HERAS ET AL. 2000b).

Die Untersuchung der DNA dient unter anderem der Identifikation von Leichen. Hierzu wird neben der normalen Zell-DNA auch mitochondriale DNA aus dem Dentin verwendet, welches aus extrahierten Zähnen stammt. Da Zähne ebenso wie Knochen noch lange Zeit nach dem Tod erhalten sind, können hieraus gut Proben entnommen werden. Die mitochondriale DNA aus dem Dentin ist vor Verwesungsprozessen

geschützt und kann somit noch lange nach dem Tod in grossen Mengen extrahiert und verwendet werden. Die Menge der mitochondrialen DNA korreliert mit dem Alter (MORNSTAD ET AL. 1999). Bisher gibt es keine Angaben zur Genauigkeit dieser Methode, wodurch das Verfahren nicht zur Altersschätzung im Strafverfahren Lebender als Methode der ersten Wahl gelten kann. Auch die Invasivität dieser Methode spricht dagegen.

Ausserdem können Enantiomere von Asparaginsäure, Serin und Glutamat aus Dentinproben ebenfalls zur Altersschätzung herangezogen werden. Die Aminosäure Asparagin besitzt im Vergleich zu Glutamat, Serin und Alanin die höchste Razemisierungsrate (CAROLAN ET AL. 1997; YAMAMOTO ET AL. 1996). Asparaginsäure kommt in allen drei Hartsubstanzen des Zahnes vor. Dentin ist sowohl durch den umgebenden Schmelz als auch durch das Zement vor äusseren Einflüssen am besten geschützt. Somit unterliegt Dentin vergleichsweise den geringsten Veränderungen beispielsweise durch Temperaturschwankungen oder Unterschiede im Wasserhaushalt. Die D-Asparaginsäure-Razemisierung zeigt für das Dentin die höchste Korrelation, wodurch Dentin die Grundlage für die meisten Verfahren zur Altersschätzung durch Asparaginsäure-Razemisierung bildet. Asparaginsäure liegt als Enantiomer in einer D- und einer L-Form vor. Die D-Form wird im Laufe des Alterungsprozesses fast linear ansteigend aus der L-Form gebildet. In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Zahnmineralisation liegt ein bestimmter Anteil an D-Asparaginsäure vor. Aus Zahnproben mit bekanntem Alter wird der Anteil an D-Asparaginsäure für einen bestimmten Zahn als Referenz ermittelt. Die ersten Molaren zeigen durch ihre Position und Rolle in der Mundhöhle die besten Voraussetzungen zur Altersschätzung. Sie sind eine der ersten bleibenden durchbrechenden Zähne in der Mundhöhle und sind durch ihre distale Position nur minimalen Temperaturschwankungen ausgesetzt (OHTANI ET AL. 2003).

Die Abweichung (regressive Schätzfehler) für diese Methode liegt bei 2,1 Jahren (RÖSING ET AL. 1998). Daher gehört diese Methode zu einer der genauesten, aber gleichzeitig auch zu einer der aufwendigsten Methoden der Altersschätzung.

Knochen enthalten ebenfalls Aminosäuren, die sich aufgrund ihrer Razemisierung zur Altersbestimmung verwenden lassen. Auch in den Knochenstrukturen erbringt Asparaginsäure im Vergleich von allen untersuchten Aminosäuren die beste Korrelation mit dem Alter (OHTANI ET AL. 1998a, OHTANI ET AL. 1998b, OHTANI ET AL. 2002, OHTANI ET AL. 2004). Allerdings ist der Knochen weitaus empfindlicher als Dentin und damit ungenauer. Untersuchungen des Razemisierungsgrades der Asparaginsäure sollten daher wenn möglich an Dentinproben durchgeführt werden.

Eine Altersschätzung am Femur stützt sich auf die Anzahl der Havers'schen Kanäle, die sich mit dem Alter verändert. Untersuchungen des Kortex des menschlichen Femurs zeigten jedoch zu grosse Variationen (BERTELSEN ET AL. 1995).

Diskussion

Die Vielzahl an Methoden zur Altersschätzung zeigen die Relevanz und das Interesse an dieser Thematik, aber auch die Schwierigkeit, eine exakte Methode zu finden. Die Auswahl der geeigneten Methode richtet sich nach dem Zustand der zu schätzenden Person (lebend oder tot) und danach, mit welchem zeitlichen und finanziellem Aufwand die Schätzung durchgeführt werden kann und soll. Für postmortem Untersuchungen können invasive Untersuchungsmethoden verwen-

det werden, z. B. Analyse des zirkulären Zements, altersabhängige Veränderungen des Endothels der Pulpa oder die verschiedenen biochemischen Methoden. Bei Altersschätzungen an Lebenden darf die untersuchende Person keinen Schaden durch die Altersschätzung nehmen. Zur Altersschätzung Lebender steht eine körperliche Untersuchung mit Erfassung der anthropometrischen Masse (Grösse, Gewicht und Körperbautyp), sexueller Reifezeichen (Tannerstadien) sowie möglicher altersrelevanter Entwicklungsstörungen im Vordergrund. Bereits als nächster Schritt erfolgt eine zahnärztliche Untersuchung mit Erhebung des Zahnstatus, Mineralisationsstadien der Zähne, Abrasionen und Attritionen. Hierzu sind in einigen Ländern Röntgenaufnahmen routinemässig nicht zulässig (LOCKEMANN ET AL. 2004). Die schweizerischen Behörden stufen die radiologische Untersuchung allerdings als verhältnismässigen Eingriff in die persönliche Freiheit ein. Damit wird die verursachte benötigte Strahlenbelastung als nicht gesundheitsschädlich angesehen (siehe Art. 17 Abs. 2 Asylgesetz). Die Panoramaschichtaufnahme stellt die einzige Möglichkeit dar, den Zustand des Gebisses im Hinblick auf Karies, Füllungen und Mineralisationsstadien insbesondere auch der Weisheitszähne im Ganzen zu visualisieren. Anhand dessen kann eine Altersschätzung vorgenommen werden, welche im Strafverfahren sehr hilfreich ist. In Einzelfällen kommt es bei der Panoramaschichtaufnahme zu Überlagerungen anderer Kieferstrukturen mit den Wurzelspitzen der Oberkieferweisheitszähne, was eine Einschätzung der Mineralisationsstadien beeinträchtigt. In diesen Fällen kommen Zahnfilmaufnahmen zum Einsatz, die die Beurteilung in den betroffenen Regionen ermöglichen. Die relevanten Altersstufen im Strafverfahren sind das vollendete 15., 18. und 21. Lebensjahr. Das Alter zwischen 15 und 18 Jahren hat Auswirkung auf die Art der Unterbringung von Straftätern, die Altersspanne zwischen 18 und 21 Jahren beeinflusst in einigen Ländern das Strafmass. Die Einschätzung des Alters zwischen 18 und 21 Jahre ist durch Kriterien der körperlichen Untersuchung alleine nicht möglich. Eines der wenigen Merkmale, das sich in dieser Zeitspanne verändert, ist die Entwicklung der 3. Molaren. Auch wenn die Genauigkeit nicht mit der von Juristen gewünschten Präzision übereinstimmt, muss die Auswertung zusammen mit den anderen Untersuchungsergebnissen beurteilt werden. Nur mit dieser umfassenden Diagnostik aus der Zusammenarbeit von Zahnmedizinern und Rechtsmedizinern ist es möglich, eine juristisch relevante Altersschätzung vorzunehmen. So stellt die zahnärztliche Untersuchung und Panoramaschichtaufnahme einen unverzichtbaren Bestandteil bei der Altersschätzung dar.

Abstract

BERNDT D C, DESPOTOVIC T, MUND M T, FILIPPI A: **The role of dentists in today's age estimation** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 118: 1073–1080 (2008)

The increase of international movements has led to a greater demand for forensic age estimation of foreigners without valid identification documents. Age estimation on living individuals is part of asylum and criminal proceedings. Age estimation has become also important within identification of victims, because of the fact of increasing natural disasters and events of terrorism. Therefore dentists are more and more appointed to this job. There are varieties of methods in age estimation. Dental examination and analysis of panoramic x-ray are usually used for dental age estimation.

Literatur

- AKPATA E S:** Molar tooth attrition in a selected group of Nigerians. *Community Dent Oral Epidemiol* 3: 132–135 (1975)
- BALL J:** A critique of age estimation using attrition as the sole indicator. *J Forensic Odontostomatol* 20: 38–42 (2002)
- BERTELSEN P K, CLEMENT J G, THOMAS C D:** A morphometric study of the cortex of the human femur from early childhood to advanced old age. *Forensic Sci Int* 74: 63–77 (1995)
- BOJARUN R, JANKAUSKAS R, GARMUS A:** Altersbestimmung mithilfe von Wachstumslinien des Zahnezementes. *Rechtsmedizin* 14: 405–408 (2004)
- CARMERIE R, FERRANTE L, CINGOLANI M:** Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci* 49: 317–319 (2004)
- CAROLAN V A, GARDNER M L, LUCY D, POLLARD A M:** Some considerations regarding the use of amino acid racemization in human dentine as an indicator of age at death. *J Forensic Sci* 42: 10–16 (1997)
- DEMIRJIAN A, GOLDSTEIN H, TANNER J M:** A new system of dental age assessment. *Hum Biol* 45: 211–227 (1973)
- DE SALVIA A, CALZETTA C, ORRICO M, DE LEO D:** Third mandibular molar radiological development as an indicator of chronological age in a European population. *Forensic Science Int* 146 Suppl: 9–12 (2004)
- ESPINA A I, CASTELLANOS A V, FERREIRA J L:** Age-related changes in blood capillary endothelium of human dental pulp: an ultrastructural study. *Int Endod J* 36: 395–403 (2003)
- FRIEDRICH R E, v MAYDELL L A, ULBRICHT C, SCHEUER H A:** Decayed, filled and missing teeth as a forensic-odontologic aid for determining the age above 18 years: A radiographic study of othopantomograms from a group of teenagers and young adults. *Arch Kriminol* 216: 129–149 (2005)
- GUNST K, MESOTTEN K, CARBONEZ A, WILLEMS G:** Third molar root development in relation to chronological age: a large sample sized retrospective study. *Forensic Sci Int* 136: 52–57 (2003)
- GUSTAFSON G, KOCH G:** Age estimation up to 16 years age based on dental development. *Odontol Revy* 25: 297–307 (1974)
- JAKOBSEN J, HOLMEN L, FREDEBO L, SEJRSEN B:** Scanning electron microscopy, a useful tool in forensic dental work. *J Forensic Odontostomatol* 13: 36–40 (1995)
- KAHL B, SCHWARZE C W:** Updating of the dentition tables of I. Schour and M. Massler of 1941. *Fortschr Kieferorthop* 49: 432–443 (1988)
- KEDICI P S, ATSU S, GOKDEMIR K, SARIKAYA Y, GURBUZ F:** Micrometric measurements by scanning electron microscope (SEM) for dental age estimation in adults. *J Forensic Odontostomatol* 18: 22–26 (2000)
- KIM Y K, KHO H S, LEE K H:** Age estimation by occlusal tooth wear. *J Forensic Sci* 45: 303–309 (2000)
- KÖHLER S, SCHMELZLE R, LOITZ C, PÜSCHEL K:** Development of wisdom teeth as a criterion of age estimation. *Ann Anat* 176: 339–345 (1994)
- KREITNER K F, SCHWEDEN F J, RIEPERT T, NAFE B, THELEN M:** Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol* 8: 1116–1122 (1998)
- KULLMAN L, CIPI B:** International co-operation in a dental identification. *J Forensic Odontostomatol* 10: 25–31 (1992)
- KVAAL S I, KOLLTVEIT K M, THOMSEN I O, SOLHEIM T:** Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 74: 175–185 (1995)
- LI C, JI G:** Age estimation from the permanent molar in northeast China by the method of average stage of attrition. *Forensic Sci Int* 75: 189–196 (1995)
- LOCKEMANN U, FUHRMANN A, PÜSCHEL K, SCHMELING A, GESERICK G:** Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen ausserhalb des Strafverfahrens. Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin. *Rechtsmedizin* 14: 123–125 (2004)
- MARTIN-DE LAS HERAS S, VALENZUELA A, VILLANUEVA E:** Deoxy pyridinoline crosslinks in human dentin and estimation of age. *Int J Legal Med* 112: 222–226 (1999)
- MARTIN-DE LAS HERAS S, VALENZUELA A, OVERALL C M:** Gelatinase A in human dentin as a new biochemical marker for age estimation. *J Forensic Sci* 45: 807–811 (2000a)
- MARTIN-DE LAS HERAS S, VALENZUELA A, OVERALL C M:** The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine. *Arch Oral Biol* 45: 757–765 (2000b)
- MARTIN-DE LAS HERAS S, VALENZUELA A, BELLINI R, SALAS C, RUBINO M, GARCIA J A:** Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. *Forensic Sci Int* 132: 57–62 (2003)
- McKENNA C J:** Radiography in forensic dental identification – a review. *J Forensic Odontostomatol* 17: 47–53 (1999)
- MILES A E W:** Dentition in the Estimation of Age. *J Dent Res* 42: 255–263 (1963)
- MINCER H H, HARRIS E F, BERRYMAN H E:** The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *J Forensic Sci* 38: 379–390 (1993)
- MORNSTAD H, PFEIFFER H, YOON C, TEIVENS A:** Demonstration and semi-quantification of mtDNA from human dentine and its relation to age. *Int J Legal Med* 112: 98–100 (1999)
- OHTANI S, YAMADA Y, YAMAMOTO T, ARANY S, GONMORI K, YOSHIKA N:** Comparison of age estimated from degree of racemization of aspartic acid, glutamic acid and alanin in the femur. *J Forensic Sci* 49: 441–445 (2004)
- OHTANI S, ITO R, YAMAMOTO T:** Differences in the D/L aspartic acid ratios in dentin among different types of teeth from the same individual and estimated age. *Int J Legal Med* 117: 149–152 (2003)
- OHTANI S:** Technical notes for age estimation using the femur: influence of various analytical conditions on D-aspartic contents. *Int J Legal Med* 116: 361–364 (2002)
- OHTANI S, YAMAMOTO T, MATSUSHIMA Y, KOBAYASHI Y:** Changes in the amount of D-aspartic acid in the human femur with age. *Growth Dev Aging* 62: 141–148 (1998a)
- OHTANI S, MATSUSHIMA Y, KOBAYASHI Y, KISHI K:** Evaluation of aspartic acid racemization ratios in the human femur for age estimation. *J Forensic Sci* 43: 949–953 (1998b)
- OLZE A, BILANG D, SCHMIDT S, WERNECKE K D, GESERICK G, SCHMELING A:** Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int J Legal Med* 119: 22–26 (2005)
- OLZE A, REISINGER W, GESERICK G, SCHMELING A:** Age estimation of unaccompanied minors Part II. Dental aspects. *Forensic Sci Int* 159: 65–67 (2006)
- OLZE A, SCHMELING A, RIEGER K, KALB G, GESERICK G:** Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation bei einer deutschen Population. *Rechtsmedizin* 13: 5–10 (2003)
- RATEITSCHAK K H (Hrsg), RAKOSI T, JONAS I:** Kieferorthopädie Diagnostik. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, pp. 97–107 (1989)
- RÖSING F W, KVAAL S I:** Dental age in adults. A review of estimation methods. In Alt KW, Rösing F W, Teschler-Nicola M(ed) *Dental Anthropology*, Springer, Wien, 443–468 (1998)
- SCHMELING A, OLZE A, REISINGER W, GESERICK G:** Der Einfluss der Ethnie auf die bei strafrechtlichen Altersschätzungen untersuchten Merkmale. *Rechtsmedizin* 11: 78–81 (2001)
- SCHOPF P M:** Wurzelmineralisation und Zahndurchbruch im Wechselgebiss. *Fortschr. Kieferorthop.* 31: 39 (1970)
- VANDEVOORT F M, BERGMANS L, VAN CLEYNENBREUGEL J, BIELEN D J, LAMBRECHTS P, WEVERS M, PEIRS A, WILLEMS G:** Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. *J Forensic Sci* 49: 787–790 (2004)
- WHITTAKER D K, BAKRI M M:** Racial variations in the extent of tooth root translucency in ageing individuals. *Arch Oral Biol* 41: 15–19 (1996)
- WILLERSHAUSEN B, LOFFLER N, SCHULZE R:** Analysis of 1202 orthopantomograms to evaluate the potential of forensic age determination based on third molar developmental stages. *Eur J Med Res* 6: 377–384 (2001)
- WITTWER-BACKOFEN U, GAMPE J, VAUPEL J W:** Tooth Cementum Annulation for Age Estimation: Results From a Large Known-Age Validation Study. *Am J Phys Anthropol* 123: 119–129 (2004)
- YAMAMOTO K:** Molecular biological studies on teeth, and inquests. *Forensic Sci Int* 80 (1–2): 79–87 (1996)
- YANG F, JACOBS R, WILLEMS G:** Dental age estimation through volume matching of teeth by cone-beam CT. *Forensic Sci Int* 159: 78–83 (2006)