

## A REVIEW OF INVESTIGATIONAL METHODS USED IN DENTITION BASED AGE DETERMINATION

Iwona DAWLIDOWICZ-BASIR<sup>1</sup>, Wiesław FRANKOWSKI<sup>2</sup>, Roman HAUSER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Dental Clinic "MedicoDent", Gdynia*

<sup>2</sup> *Dental Implantology Centre, Gdynia*

<sup>3</sup> *Chair and Department of Forensic Medicine, Medical University, Gdańsk*

**ABSTRACT:** Selected ontogenetic age estimation methods based on the examination of teeth are reviewed. The authors have presented examination techniques used for determining "dental age", focusing on those utilising morphological changes that take place in hard tissues of the tooth at various stages of life. The authors consider that methods developed for other populations cannot be indiscriminately applied to the Polish population. Furthermore, due to the so-called secular trend, each of these methods should be periodically verified with the aim of developing an optimal odontological formula. In order to estimate age, a series of objectively measurable features should be taken into account in conjunction with the use of various examination techniques.

**KEY WORDS:** Teeth; Age at death estimation; Personal identification.

*Problems of Forensic Sciences, vol. LVII, 2004, 139–157*

*Received 2 December 2003; accepted 30 December 2003*

Investigating the identity of unknown human corpses is one of the most difficult tasks in forensic medicine. This question arises quite frequently: in the case of individual corpses, mass graves and – more recently – in connection with the increasing number of catastrophes linked to civilisation (industrial, technological etc). Identification of bodies is more difficult if they have undergone post-mortem changes, or become carbonised, fragmented or skeletonised – especially when only certain parts of the skeleton are available.

The identity of a corpse cannot always be unequivocally determined. Diagnostic failures occur in an average of 10–20% of identification studies. They are, on the one hand, a result of the shortcomings of forensic and anthropological methods applied, and, on the other, due to the inability to match investigation results with characteristic features of the person being identified, which may occur in the case of foreigners or homeless people, for instance.

Examination of skeletal material involves determination of the following: its species, the number of individuals from whom it originates, duration

of exposure of the investigated material to conditions present at the location where it was found, the degree of development of the skeleton's characteristic morphological elements, allowing identification features to be defined, namely, height, age, gender, body mass, type of body build and individual traits. Due to the fact that the skeleton delivered for examination is often incomplete, the possibility of identifying the dead body with respect to all the above parameters using only classical osteological methods (employed in forensic medicine and anthropology) is usually limited. Hence, it is necessary to supplement these methods with ones utilised in odontology, histology, molecular biology, immunology, serohaematology, criminalistics, chemistry and physics. This multidirectional and multispecialist scope of identification examinations required attests to the complexity and extensiveness of the problem of identifying a dead body of unknown name [7, 15, 20, 34].

In successive stages of ontogenetic development, the skeleton and dentition undergo physiological and functional changes, which are reflected in their morphology. Thanks to the high regularity of osteogenetic and odontogenic processes, the precision of age estimation is highest in the foetal period and during adolescence, which is when the skeleton and the teeth are formed and develop. This precision decreases in the subsequent static period of biological equilibrium, only to increase again in the involutinal period of senescence [20, 34]. Of all the methods used for determination of chronological age at death in humans the odontological methods are considered to be the most precise [7, 15, 48].

The most commonly used methods of "bone age" determination are based on assessment of ossification centres, longitudinal sections of the upper epiphyses of the humerus and the femur, surfaces of the vertebral bodies, obliteration of cranial sutures, ossification of costal cartilage and sternal joints [16, 20, 25, 29].

"Dental age" is determined on the basis of:

- changes occurring during dental development;
- tooth eruption charts and deciduous teeth replacement charts;
- the chronology of formation and eruption of permanent teeth;
- visual assessment of morphological features of the teeth, their radiological image and their chemical composition.

Human teeth develop at different stages of intra- and extrauterine life. Each of them develops from a tooth bud formed from two embryonic leaves: the ectoderm and the mesenchyme. Odontogenesis starts between the 6th and 7th week of embryonic life. The ectodermic epithelium lining the oral cavity begins to proliferate forming the labiogingival and dental ledges, from which deciduous and permanent dental buds arise. The dental ledge remains active until approximately 5 years of age, when the third molar tooth bud is formed. Deciduous tooth buds are formed between the 6th–7th week

and 5th month of intrauterine life, while the formation of permanent tooth buds occurs between the 5th month of foetal life and the 5th year of life. Permanent tooth buds are located on the lingual side of the dental ledge, i.e. centrally relative to the milk tooth buds [33].

Teething begins approximately in the sixth month of life. Lower teeth usually erupt slightly earlier than upper ones. The first teeth to appear in the oral cavity of the infant are mandibular central incisors followed by their maxillary counterparts, although Nyström et al., while investigating development and eruption of teeth, observed that in 20% of children in Finland, the first deciduous teeth to erupt are lateral incisors [31]. Deciduous dentition is complete by the 21st to 31st month of life and replacement occurs between 6–7 and 11–13 years of age. In this period, mixed dentition is found in children. Between the age of 14 and 20, the only tooth remaining within the bone is the third molar, which starts to erupt after reaching 17 years of age. In view of the possibility of delayed or accelerated tooth eruption, when attempting to determine the age, one should take into consideration deviations of approximately 6 months for deciduous teeth and approximately 1 year for permanent dentition [34, 36, 43]. Tables I and II show the eruption periods of deciduous teeth and permanent teeth, respectively [43].

TABLE I. TIMES OF ERUPTION OF DECIDUOUS TEETH IN MONTHS

	Teeth	Time of eruption
Maxilla	Medial incisors	6–12
	Lateral incisors	6–16
	Canines	15–24
	First molars	10–19
	Second molars	21–31
Mandible	Medial incisors	6–11
	Lateral incisors	7–18
	Canines	15–24
	First molars	10–19
	Second molars	21–31

A number of studies indicate that physiological dentition changes strictly correlate with certain changes that accompany skeletal development and that utilisation of these relationships increases the precision of age estimation. For determination of ontogenetic age, Kullman recommends comparing developmental stages of the third molar with changes which occur during ossification of bones of the hand [21]. Malinowski and Strzałko stress the importance – when estimating age – of comparative analysis of changes occurring in dentition, the state of advancement of ossification in various ele-

ments of the skeleton and the changes in the skeleton with age, right from early childhood [25]. For age reconstruction, Bednarek et al. used morphological features of teeth in conjunction with the progression of cranial sutures obliteration [3]. The importance of the relationship between bone and dental age and chronological age was emphasised by Ubelaker [44].

TABLE II. TIMES OF ERUPTION OF PERMANENT TEETH IN YEARS

	Teeth	Time of eruption
Maxilla	Medial incisors	7–8
	Lateral incisors	8–9
	Canines	11–12
	First premolars	10–11
	Second premolars	11–12
	First molars	6–7
	Second molars	11–13
Mandible	Medial incisors	6–7
	Lateral incisors	7–8
	Canines	10–11
	First premolars	10–11
	Second premolars	11–12
	First molars	6–7
	Second molars	11–13

Various research techniques have been employed in dental age determination studies in postadolescent humans. The most common methods are based on morphological and metrical investigations of the changes in the hard tissues of the tooth occurring at various stages of life, which are visible in longitudinal section. When trying to develop formulas for age estimation, these structures were evaluated within the entire available dentition – in the various groups and in individual teeth. The analysis was carried out particularly on monoradicular teeth, which allowed us to obtain the most reliable results.

Initial analyses focused on changes occurring in the dentine. Observations indicated a tendency to increased level of mineralization with age. Cases where this relationship was not found were explained by metabolic differences between individuals [in 9, 11, 41]. Later, utilisation of micro-metric methods revealed that the changes are chiefly confined to the middle and paracavital layers of dentine and are accompanied by a decreased amount of organic substances and diameter of dentine canaliculi. This results in increased mass of postincineration tooth fragments [19, 28]. In other studies, dental crown abrasions were analysed, which served as a basis for

delineation, starting from 30 years of age, of 10-year age intervals corresponding to stages (degree) of abrasion [8].

In 1950, a breakthrough method, which was based on the evolution of a number of structural changes occurring in dentition with age, was proposed by Gösta Gustafson [12]. The method was developed on the basis of macro- and microscopic observation of longitudinal ground sections of 41 monoradicular permanent teeth from a Swedish population aged 12–60 years. The following six parameters were assessed in the ground sections:

- attrition of the masticatory surface of the dental crown;
- atrophic changes in the parodontium;
- deposition of secondary dentine;
- cementum apposition around the root;
- transparency of the root;
- resorption at the apex of the root.

The author allotted 0, 1, 2 or 3 points to each parameter according to the degree of development. He demonstrated a linear correlation between the number of points and the age, which was described by a first degree regression equation. The mean error of age estimation obtained by this method was  $\pm 3.63$  years and the difference between the actual and estimated age ranged between 1 and 16 years, with a mean of 7.5 years.

This technique gave rise to a number of odontological studies, the authors of which attempted to improve the technique by verification of particular features, elimination of features that are difficult to assess objectively, limitation of their investigations to selected features and the introduction of new features.

Szajewska-Jarzynka (1962) described a simplified Gustafson method limited to root cementum apposition, transparency of the root and resorption at the apex of the root. Despite the fact that in some of the cases she estimated the ages with a precision of  $\pm 2$  years, the mean error of estimation for the 52 examined dental ground sections was  $\pm 8.5$  years. The author emphasised the significant influence of even minor pathological changes in the tooth or in the parodontium on objective age estimation [42].

Another researcher to conduct studies on teeth derived from the Polish population was Biedowa (1965). She was prompted by the significant estimation error made when the Gustafson method was applied to the Polish population. She modified his method by replacing resorption at the apex of the root with tooth colour, which she assessed according to the colour pattern used for prosthetic purposes. Based on the analysis of ground semi-sections of 170 teeth from 146 persons (mainly obtained from corpses), Biedowa developed a mathematic formula allowing individual age determination with an average error of  $\pm 2.02$  years and an actual error ranging from 1 to 13 years. Furthermore, the author observed increasing mean error of

age estimation with increasing age. She explained that this was due to slight and subtle retardation changes in dentition after the age of 60 years. According to the study, results of age determination in this age group are usually lower than real age [4].

Dalitz (1962) considered root cementum apposition and root resorption factors to be of low reliability. Instead, he analysed attrition of the crown, atrophic periodontal changes, secondary dentine apposition and root transparency. He investigated 128 ground sections of teeth taken from corpses. He subjected his results to multiple regression analysis. He demonstrated the significance of joint examination of four incisors when estimating age. His study proved more useful for age estimation of adolescents [6].

In the same year, Balogh et al. presented a diagram depicting the progression of atrophic changes of alveolar processes at five-year intervals between the ages of 20 and 95 years [8].

Moore (1970) suggested a method of age estimation based on the measurement of two interrelated features on ground sections of teeth, namely the gradually increasing surface of secondary dentine and the resulting decrease in the pulp cavity surface. He also suggested using a coefficient defined by the ratio of the pulp cavity diameter to the crown diameter [30].

Bang and Ramm (1970) focused exclusively on measuring the length of the transparent portion of the radicular dentine. Having examined 1013 ground sections and whole teeth, they observed a very strong relationship between this parameter and age, which was maintained up to 75 years of age. This relationship was least visible in the case of premolars and molars. The authors concluded that examination of root transparency in the elderly often leads to underestimation of the real age. The error of age estimation by this method ranged between 9.2 and 10.5 years [2].

Johanson (1971), similarly to Dalitz [6], arrived at more precise results using multiple regression equations. He examined 165 teeth and photographed their ground sections using a microscope and a photographic magnifier. He verified all the signs analysed by Gustafson and proposed a new formula for age estimation, in which he assigned a calculated index to each of the features. He concluded that the strongest relationship existed between root transparency and age, and the weakest between apical resorption of the root and age. His mean error of age estimation was 5.16 years [17]. A comparative study of the methods proposed by Dalitz [6], Bang and Ramm [2] and by Johanson [17] carried out by Solheim and Sunders (1980) revealed the Johanson method to be the most reliable. All three, however, were inferior to the visual assessment of whole teeth. These researchers further observed a tendency to underestimate real age during examinations of teeth from elderly people [38].

Shiro-Ito (1972) developed a method based on planimetric measurement of surface areas of the following parts of the crown:

- enamel;
- dentine;
- pulp chamber.

He carried out measurements on enlarged photographs of microscopically assessed ground sections and presented the relationship between the measured surfaces in the form of a linear regression equation. The Shiro-Ito method turned out to be more reliable than the Gustafson method [12], the latter being based on subjective impressions of the assessor. The results indicated that the surface of the enamel and the tooth canal decreases with age, while the surface of the dentine gradually increases. The standard deviation from the regression line was 6.7 years [37].

Heartig and Durigon (1978) compared the Shiro-Ito method [37] with the Gustafson method [12], examining 156 teeth. Although they observed that the mean errors of age estimation by the Shiro-Ito and the Gustafson method were  $\pm 7.3$  and 4.6 years, respectively, they ranked the former as more reliable, due to the possibility of objective registration of evaluated features [13].

Maples (1978) ranked morphological features of dentition from the least to the most useful in age estimation. According to this classification, root resorption displays the weakest correlation with age, while root transparency the strongest, followed by secondary dentine apposition, enamel attrition, atrophic periodontal changes and root cementum apposition. Similarly to Dalitz [6] and Johanson [17], Maples used multiple regression analysis [26, 27].

Whittaker and Neale (1979) employed electron microscopy for the assessment of dental age. With the use of an electron scanning microscope they found that the number of canaliculi between the predentine and dentine closely correlates with age [47].

Stott et al. (1982), despite Dalitz's reservations [6], examined root cementum apposition, microscopically analysing bone lamellae of the cementum on a transverse section of the tooth. They unequivocally proved a relationship between their increasing number and chronological age [40].

Wei and Feng (1984) jointly examined morphological and metrical features of ground sections, demonstrating a relationship between age and the degree of attrition of the crown and the dental index expressed as the ratio of the pulp cavity surface to the dentine surface [46].

Solheim (1989) demonstrated a high correlation with age of gradually increasing lengths and surfaces of transparent dentine. The coefficient of correlation between the two features reached 0.86 [39].

A modification of the Gustafson method [12] proposed by Kashyap and Koteswar Rao (1990) consisted in desisting from examining atrophic chan-

ges in the parodontium and root resorption, which they considered too unreliable, and focusing on the remaining four parameters originally proposed by Gustafson. The mean error of age estimation obtained by the authors was 5.4 years. The most difficult task for the authors proved to be the objectivisation of apposition of secondary dentine and root cementum [18].

The method described by Lamendin et al. (1992) was based on the metrical analysis of three criteria: the length of the portion of the root affected by gingival recession, the length of the root clearance and root length. In the proposed regression equation, these criteria were incorporated as coefficients expressing the ratio of each of the former to the root length [23]. Although the value of the Lamendin method was confirmed in population studies and in forensic identification proceedings [3], Foti et al. (2001) demonstrated its usefulness only in the estimation of the age of persons less than 49 years old, where the mean error of estimation amounted to  $\pm 2.95$  years. This error was substantially larger in the older age groups due to retardation changes of the gums, the results of age estimation being lower than the real age [10].

Li and Ji (1995) focused exclusively on the assessment of attrition of crowns of the first and second molars. They examined 633 teeth, assessing the average stage of attrition (hence the ASA method) of the entire masticatory surface on a 9-point scale. According to the authors, this method was superior to the other methods used for assessment of this criterion, which were based on evaluating the level of attrition of individual cusps and the level of attrition of the crowns of all the teeth available for examination. The Li and Ji method allows chronological age estimation with a relatively high level of precision, even on the basis of one tooth. The error of age estimation by this method did not exceed 4.53 years [24].

Ajmal et al. (2001) compared the Johanson method [17] and the Kashyap and Koteswar Rao method [18] with the ASA of the enamel on the molars. They decided that, when estimating age, evaluation of the level of attrition of molars is superior to the Johanson method. Furthermore, they found the Kashyap and Koteswara Rao method to be the least satisfactory [1].

Apart from the morphological methods, several other techniques have been employed in dental age estimation. Walters and Eyre (1983), using liquid chromatography, demonstrated, in hydrolysates of dentine extracts, increased dentine content of hydroxypyridine with age – one of the proteins cross linking the collagen fibre network [45]. Heras (1999) investigated, by immunological techniques, dentine content of another cross linking protein – deoxyypyridinoline. He showed an increased ratio of its level to the total protein content of dentine with age [14]. Ohtani (1995), using gas chromatography, evaluated in hydrolysates of dentine extract, the conversion – accompanying age – of the L isomeric form of aspartic acid into its D form and the impact of pH on this process [32]. Yamamoto (1996) reported a very



high coefficient of correlation between the level of racemisation of dentine amino acids and chronological age ( $r > 0.99$ ). He emphasised the much higher value of examining the racemisation of aspartic acid versus glutamate or alanine, in which this process is slower [48]. Radiological techniques of age estimation were chiefly employed between the foetal period and the period of late childhood, being less successful in adults [15, 22].

This review indicates that a number of odontological criteria have been employed in ontogenetic age determination and that the main subjects of analyses have been morphological changes of the teeth. The studies most commonly involved various modifications of the breakthrough method by Gösta Gustafson [12]. In view of the fact that the examination of tooth colour as recommended by Biedowa [4] has become obsolete due to the increasing use of whiteners – both by individuals and in dental practices – the method most commonly employed by Polish forensic physicians is the Gustafson method (Biedowa did report that using this method on the Polish population yields results that deviate significantly from reality). Studies by other researchers have been conducted on teeth derived from other population groups: Swedish (Kullman [21], Johanson [17]), Norwegian (Bang and Ramm [2], Solheim and Sunders [38, 39]), Finnish (Nyström et al. [31]), French (Heartig and Durigon [13], Lamendin et al. [23], Foti et al. [10]), Welsh (Whittaker and Neale [47]), American (Ubelaker [44], Maples and Rice [26], Maples [27]), Indian (Ajmal et al. [1], Kashyap and Koteswar Rao [18]), Chinese (Li and Ji [24], Wei and Feng [46]), Japanese (Shiro-Ito [37]), Australian (Dalitz [6]). In view of the cultural and therefore culinary differences between populations as well as the differences in the practice of dental hygiene between these groups, these results cannot indiscriminately be applied to the Polish population either. No method has been developed so far that would allow a precise determination of dental age. According to Rösing and Kvall, only methods allowing age estimation with an error within  $\pm 7$  years should be used in forensic expert opinions [35]. According to Biggerstaff, objectivisation of the recording of studied features and also the experience and skill of the assessor are essential for the precise estimation of dental age, irrespective of the criteria employed [5]. We believe that the key to developing an optimal odontological formula, which would enable reduction of the error of age estimation to the minimum, is the use of a number of objectively measurable features in conjunction with morphological studies and biochemical and physical techniques. Due to the so-called secular trend (tendency to change) – in other words, the intergenerational variation of phenotypic traits manifesting in such phenomena as acceleration of biological maturation and retardation of involution processes – each of the methods of ontogenetic age estimation should be periodically subjected to verification [25].

## References:

1. Ajmal M., Mody B., Kumar G., Age estimation using three established methods. A study on Indian population, *Forensic Science International* 2001, vol. 122, pp. 150–154.
2. Bang G., Ramm E., Determination of age in humans from root dentine transparency, *Acta Odontologica Scandinavica* 1970, vol. 28, pp. 3–35.
3. Bednarek J., Engelgardt P., Bloch-Bogusławska E. [i in.], Wykorzystanie metod Lamendina i Meindla-Lovejoya dla ustalenia wieku osoby nieznannej, *Archiwum medycyny sądowej i kryminologii* 2002, t. 52, s. 221–227.
4. Biedowa J., Oznaczenie wieku na podstawie badania zębów, *Archiwum medycyny sądowej, psychiatrii sądowej i kryminalistyki* 1965, t. 17, s. 117–126.
5. Biggerstaff R. H., Forensic dentistry and the human dentition in individual age estimations, *Dental Clinics of North America* 1977, vol. 21, pp. 167–174.
6. Dalitz G. D., Age determination of human remains by teeth examination, *Journal of Forensic Science Society* 1962–1963, vol. 3, pp. 11–21.
7. Dérobert L., Médecine légale, Flammarion Médecine Sciences, Paris 1974.
8. Fiala B., Identifikace osob podle chrupu, Státní zdravotnické nakladatelsví, Praha 1968.
9. Förster A., Happel G., Untersuchungen zur Altersbestimmung des Menschen auf Grund des Mineralisationsgrades des Zahndentins, *Deutsche Zeitschrift für gerichtliche Medizin* 1959, Bd. 48, S. 195–201.
10. Foti B., Adalian P., Signoli M. [et al.], Limits of the Lamendin method in age determination, *Forensic Science International* 2001, vol. 122, pp. 101–106.
11. Gerlach H., Altersveränderungen am Zahnbein, *Morphologie* 1931, Bd. 65, S. 481–485.
12. Gustafson G., Age determination on teeth, *Journal of American Dental Association* 1950, vol. 41, pp. 45–54.
13. Heartig A., Durigon M., Identification dentaire comparaison des méthodes de Gustafson et de Shiro-Ito (modifiée), *Société de Médecine Légale* 1978, vol. 12, p. 603–608.
14. Heras S. M., Valenzuela A., Villanueva E., Deoxypyridinoline cross-links in human dentin and estimation of age, *International Journal of Legal Medicine* 1999, vol. 112, pp. 222–226.
15. Hunger H., Leopold D., Identifikation, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1978.
16. Iscan M. Y., Age markers in the human skeleton, Charles C. Thomas, Springfield 1989.
17. Johanson G., Age determination from human teeth, *Odontologisk Revy* 1971, vol. 22, pp. 40–126.
18. Kashyap V. K., Koteswar Rao N. R., A modified Gustafson method of age estimation from teeth, *Forensic Science International* 1990, vol. 47, pp. 237–247.

19. Ketterl W., Studie über das Dentin der permanenten Zähne des Menschen, *Stomatologie* 1961, Bd. 14, S. 79–163.
20. Krogman W. W., Iscan M. Y., The human skeleton in forensic medicine, Charles C. Thomas, Springfield 1986.
21. Kullman L., Accuracy of two dental and one skeletal age estimation method on Swedish adolescents, *Forensic Science International* 1995, vol. 75, pp. 225–236.
22. Kvaal S. I., Koltveit K. M., Thomsen I. O. [et al.], Age estimation of adults from dental radiographs, *Forensic Science International* 1995, vol. 74, pp. 175–185.
23. Lamendin H., Baccino E., Humbert J. F. [et al.], A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method, *Journal of Forensic Science* 1992, vol. 37, pp. 1373–1379.
24. Li C., Ji G., Age estimation from the permanent molar in northeast China by the method of average stage of attrition, *Forensic Science International* 1995, vol. 75, pp. 186–196.
25. Malinowski A., Strzałko J., Antropologia, PWN, Warszawa 1985.
26. Maples W. R., Rice P. M., Some difficulties in the Gustafson dental age estimation, *Journal of Forensic Science* 1978, vol. 23, pp. 168–172.
27. Maples W. R., An improved technique using dental histology for estimation of adult age, *Journal of Forensic Science* 1978, vol. 23, pp. 764–770.
28. May G., Untersuchungen über die Möglichkeit einer objektiven Altersbestimmung durch Messung des Aschengehaltes der Zähne, *Stomatologie* 1952, Bd. 5, S. 67–73.
29. Młodziejowski B., Zarys osteologii sądowo-lekarskiej, Akademia Spraw Wewnętrznych, Warszawa 1988.
30. Moore G. E., Age changes occurring in the teeth, *Journal of Forensic Science Society* 1970, vol. 10, pp. 179–180.
31. Nyström M., Peck L., Kleemola-Kujala E. [et al.], Age estimation in small children: reference values based on counts of deciduous teeth in Finns, *Forensic Science International* 2000, vol. 110, pp. 179–188.
32. Ohtani S., Estimation of age from dentin by utilizing the racemization of aspartic acid: influence of pH, *Forensic Science International* 1995, vol. 75, pp. 181–187.
33. Ostrowski K., Histologia, PZWL, Warszawa 1988.
34. Popielski B., Kobiela J., Medycyna sądowa, PZWL, Warszawa 1972.
35. Rösing F. W., Kvaal S. I., Dental age in adults. A review of estimation methods, [in:] Dental anthropology. Fundamentals, limits and prospects, Alt K. W., Rösing F. W., Teschler-Nicola M. [eds.], Springer, Wien 1997.
36. Schour I., Massler M., The development of the human dentition, *Journal of American Dental Association* 1941, vol. 28, pp. 1153–1160.
37. Shiro-Ito, Research on age estimation based on teeth, *Japanese Journal of Legal Medicine* 1972, vol. 26, pp. 31–41.

38. Solheim T., Sundnes P. K., Dental age estimation of Norwegian adults – A comparison of different methods, *Forensic Science International* 1980, vol. 16, pp. 7–17.
39. Solheim T., Dental root translucency as an indicator of age, *Scandinavian Journal of Dental Research* 1989, vol. 97, pp. 189–197.
40. Stott G. G., Sis R. F., Levy B. M., Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry, *Journal of Dental Research* 1982, vol. 61, pp. 814–817.
41. Sutor M., Eine korrelationstheoretische Berechnung zwischen Lebensalter der Zähne und deren zunehmender Verkalkung, *Korrespondenzblatt der Zahnärzte* 1937, Bd. 61, S. 10–14.
42. Szajewska-Jarzynka W., Oznaczenie wieku ludzkiego na podstawie uzębienia według uproszczonej metody G. Gustafsona, *Archiwum medycyny sądowej, psychiatrii sądowej i kryminalistyki* 1962, t. 1–2, s. 47–51.
43. Szpringer-Nodzak M., Stomatologia wieku rozwojowego, PZWL, Warszawa 1993.
44. Ubelaker D. H., Human skeletal remains, excavation, analysis, interpretation, Taraxacum, Washington 1989.
45. Walters C., Eyre D, Collagen crosslinks in human dentin: increasing content of hydroxypyridinium residues with age, *Calcificated Tissue International* 1983, vol. 35, pp. 401–405.
46. Wei B., Feng J., A trinal regression formula of estimation of age with both the degrees of tooth attrition and the tooth index, *Acta Anthropologica Sinica* 1984, vol. 3, pp. 270–276.
47. Whittaker D. K., Neale M. J., The dentine-predentine interface in human teeth, *British Dental Journal* 1979, vol. 146, pp. 43–46.
48. Yamamoto K., Molecular biological studies on teeth, and inquests, *Forensic Science International* 1996, vol. 80, pp. 79–87.

## PRZEGLĄD METOD BADAWCZYCH STOSOWANYCH W CELU OKREŚLENIA WIEKU NA PODSTAWIE UZĘBIENIA

Iwona DAWLIDOWICZ-BASIR, Wiesław FRANKOWSKI, Roman HAUSER

Badanie tożsamości zwłok ludzkich *N. N. (nomen nescio)* należy do najtrudniejszych działów medycyny sądowej. Z zagadnieniem tym spotykamy się stosunkowo często: w przypadkach zwłok pojedynczych, w przypadkach mogił zbiorowych, a ostatnio w związku z wzrastającą liczbą masowych katastrof cywilizacyjnych. Trudności towarzyszące badaniom identyfikacyjnym dotyczą zwłaszcza zwłok objętych zmianami pośmiertnymi, zwłok zwęglonych, rozkawałkowanych, zeszkieletowanych, a zwłaszcza sytuacji, w których dysponujemy jedynie nielicznymi częściami szkieletu.

Nie we wszystkich przypadkach można bezspornie ustalić tożsamość badanych zwłok. Diagnostyczne niepowodzenia spotykane są przeciętnie w kilkunastu procentach badań identyfikacyjnych. Wynikają one z jednej strony z niewydolności stosowanych metod sądowo-lekarskich i antropologicznych, z drugiej zaś z niemożności zestawienia uzyskanych wyników badań z cechami charakterystycznymi identyfikowanej osoby, co może mieć miejsce np. w przypadku obcokrajowców czy osób bezdomnych.

Badanie materiału szkieletowego wymaga następujących ustaleń: jego przynależności gatunkowej, ilości osobników, od których on pochodzi, czasu ekspozycji badanego materiału w warunkach jego znalezienia, stopnia wykształcenia się charakterystycznych elementów morfologicznych szkieletu pozwalających na określenie cech identyfikacyjnych, tzn. wzrostu, wieku, płci, ciężaru ciała, typu jego budowy oraz indywidualnych znamion osobniczych. Ze względu na częste zdekompletowanie dostarczanego do badań kośćca możliwość identyfikacji zwłok w zakresie wszystkich wymienionych cech przy użyciu jedynie klasycznie stosowanych w medycynie sądowej i antropologii metod osteologicznych jest zwykle ograniczona. Stąd konieczność ich uzupełniania metodami stosowanymi w innych dziedzinach nauki: w odontologii, histologii, biologii molekularnej, immunologii, serohematologii, kryminalistyce, chemii czy fizyce. Ten różnokierunkowy i wielospecjalistyczny zakres stosowanych badań identyfikacyjnych świadczy o złożoności rozległego zagadnienia, jakim jest ustalanie tożsamości zmarłych osób [7, 15, 20, 34].

W poszczególnych etapach rozwoju ontogenetycznego szkielet i uzębienie ulegają uwarunkowanym fizjologicznie i funkcjonalnie zmianom znajdującym swój wyraz w ich obrazie morfologicznym. W związku z dużą regularnością, z jaką zachodzą procesy kościo- i zębotwórcze, największa dokładność oceny wieku osiągana jest w okresie płodowym i w okresie dojrzewania, a więc w czasie rozwoju i formowania się szkieletu i zębów. Zmniejsza się ona w następującym po nim statycznym okresie równowagi biologicznej, po czym ponownie wzrasta w inwolucyjnym okresie starzenia się [20, 34]. Ze stosowanych metod służących określaniu wieku metrykalnego człowieka w momencie śmierci metody odontologiczne uznawane są za najbardziej dokładne [7, 15, 48].

W ustalaniu „wieku kostnego” stosowane są najczęściej metody polegające na ocenie jąder kostnienia, ocenie podłużnych przekrojów górnych nasad kości ramiennej i udowej, powierzchni trzonów kręgów, obliteracji szwów czaszkowych, kostnienia chrząstek żebrowych i połączeń mostka [16, 20, 25, 29].

Przy ustalaniu „wieku zębowego” wykorzystuje się:

- zmiany zachodzące w procesie rozwoju zębów;
- kalendarz wyrzynania się i wymiany zębów mlecznych;
- chronologię formowania się i wyrzynania zębów stałych;
- wizualną ocenę cech morfologicznych zębów, ich obraz radiologiczny oraz ich budowę chemiczną.

Zęby człowieka rozwijają się w różnych okresach życia wewnątrzmacicznego i popłodowego. Każdy z nich rozwija się z zawiązka powstającego z dwóch listków zarodkowych: ektodermalnego i mezenchymalnego. Odontogeneza rozpoczyna się w 6–7 tygodniu życia zarodkowego. Nabłonek ektodermalny pokrywający jamę ustną zaczyna proliferować, tworząc listewkę wargowo-dziąsłową oraz listewkę zębową, z której powstają zawiązki zębów mlecznych i stałych. Działalność listewki zębowej utrzymuje się do około 5 roku życia, tj. do momentu ukształtowania się zawiązka trzeciego zęba trzonowego. Zawiązki zębów mlecznych tworzą się między 6–7 tygodniem a 5 miesiącem życia wewnątrzmacicznego, zaś formowanie zawiązków zębów stałych następuje między 5 miesiącem życia płodowego a 5 rokiem po urodzeniu. Zawiązki zębów stałych położone są po stronie językowej listewki zębowej, tzn. przyśrodkowo w stosunku do zawiązków zębów mlecznych [33].

Proces ząbkowania rozpoczyna się około 6 miesiąca życia dziecka. Wyrzynanie się zębów dolnych następuje zwykle nieco wcześniej niż górnych. Pierwszymi zębami pojawiającymi się w jamie ustnej niemowlęcia są siekacze przyśrodkowe żuchwy, a następnie szczęki, chociaż Nyström i in., badając rozwój i erupcję zębów, stwierdzili, że u 20% dzieci populacji fińskiej pierwszymi wyrzynającymi się zębami mlecznymi są siekacze boczne [31]. Uzębienie mleczne jest w pełni skompletowane w 21–31 miesiącu życia, zaś jego wymiana następuje między 6–7 a 11–13 rokiem życia. W tym okresie występuje u dzieci uzębienie mieszane. Między 14 a 20 rokiem życia jedynym zębem pozostającym w kości jest trzeci trzonowiec, który zaczyna się wyrzynać po ukończeniu 17 lat. Z uwagi na możliwość opóźnienia i przyspieszenia procesu wyrzynania należy liczyć się z wahaniami przy oznaczaniu wieku wynoszącymi około 6 miesięcy w odniesieniu do zębów mlecznych oraz około 1 roku w stosunku do uzębienia stałego [34, 36, 43]. Okresy wyrzynania się zębów mlecznych i stałych ilustrują kolejno tabele I i II [43].

Z szeregu badań wynika, że zmiany fizjologiczne w uzębieniu są ściśle skorelowane z określonymi zmianami towarzyszącymi rozwojowi szkieletu oraz że wykorzystanie tych zależności zwiększa dokładność oceny wieku. Kullman dla określania wieku osobniczego zaleca zestawianie etapów rozwoju trzeciego trzonowca ze zmianami następującymi w trakcie kostnienia kości ręki [21]. Malinowski i Strzałko zwracają uwagę na znaczenie, jakie przy szacowaniu wieku, począwszy od okresu wczesnego dzieciństwa, posiada analiza porównawcza zmian zachodzących w uzębieniu, stanu zaawansowania kostnienia poszczególnych elementów szkieletu i zmian zachodzących z wiekiem w kościach [25]. Bednarek i in. do rekonstrukcji wieku wykorzystali cechy morfologiczne zębów w połączeniu ze stanem obliteracji szwów

czaszkowych [3]. Rolę zależności między wiekiem kostnym i zębowym a wiekiem chronologicznym podkreślał Ubelaker [44].

W opracowaniach dotyczących ustalaniu „wieku zębowego” człowieka po zakończeniu okresu młodzieńczego posługiwano się różnymi technikami badawczymi, z których najczęściej stosowane były metody polegające na morfologicznych i metrycznych badaniach zmian następujących w twardych tkankach zęba w różnych okresach życia, uwidocznianych na jego podłużnym przekroju. W poszukiwaniu formuł szacowania wieku struktury te oceniano w całym dostępnym uzębieniu, w jego poszczególnych grupach, jak też w zębach pojedynczych. Analizie poddawano szczególnie zęby jednokorzeniowe, które pozwalały na uzyskiwanie najbardziej wiarygodnych wyników.

Badania początkowo koncentrowały się na zmianach zachodzących w zębinie. Obserwacje wskazywały na tendencję do wzrastania z wiekiem stopnia jej mineralizacji. Przypadki braków tej zależności tłumaczono międzyosobniczymi różnicami w przemianie materii [9, 11, 41]. W okresie późniejszym metodami mikrometrycznymi stwierdzono, że zmiany te dotyczą głównie środkowej i przykomorowej warstwy zębiny, a towarzyszy im jednocześnie zmniejszanie się ilości substancji organicznych i średnicy kanalików zębiny. W rezultacie tych procesów wzrasta wraz z wiekiem ciężar pozostałych po spopieleniu fragmentów zęba [19, 28]. W innych badaniach analizowano abrazyję koron zębów, na podstawie której określono, począwszy od 30 roku życia, dziesięcioletnie przedziały wieku odpowiadające stopniom jej zaawansowania [8].

Metodę przełomową, wykorzystującą ewolucję szeregu zmian strukturalnych zachodzących z wiekiem w uzębieniu, zaproponował w 1950 r. Gösta Gustafson [12]. Została ona opracowana na podstawie makro- i mikroskopowej obserwacji podłużnych szlifów 41 jednokorzeniowych zębów stałych pochodzących od osób populacji szwedzkiej w wieku 12–60 lat. W poszczególnych szlifach poddawano obserwacji sześć parametrów:

- starcie powierzchni żującej korony zęba;
- zmiany zanikowe w obrębie przyzębia;
- odkładanie wtórnej zębiny;
- nawarstwienie cementu wokół korzenia zęba;
- przeświecalność korzenia zęba;
- zmiany resorpcyjne w obrębie wierzchołka korzenia zęba.

Każdemu z parametrów, w zależności od stopnia zaawansowania zmian, autor przypisał liczbę punktów od 0 do 3. Między liczbą punktów a wiekiem wykazał korelację prostoliniową, która została opisana przez równanie regresji pierwszego stopnia. Uzyskany tą metodą przeciętny błąd oceny wieku wynosił  $\pm 3,63$  roku, przy czym różnica między wiekiem rzeczywistym a oznaczonym wynosiła od 1 do 16 lat, średnio 7,5 roku.

Technika ta dała początek szeregu odontologicznym opracowaniom, w których autorzy podejmowali próby jej udoskonalenia przez weryfikację poszczególnych cech, eliminację cech trudnych do obiektywnej oceny, ograniczenie badań do cech wybranych oraz wprowadzanie cech nowych.

Szajewska-Jarzynka (1962 r.) opisała uproszczoną metodę Gustafsona ograniczającą się do apozycji cementu korzeniowego, przejrzystości korzenia i resorpcji wierzchołka korzenia. Mimo tego, że w części przypadków oznaczyła wiek z dokład-

nością  $\pm 2$  lata, to średni błąd szacowania wieku dla przebadanych szlifów 52 zębów wynosił  $\pm 8,5$  roku. Autorka podkreślała istotny wpływ nawet niewielkich zmian patologicznych w obrębie zęba lub przyzębia na obiektywne szacowanie wieku [42].

Na zębach osób należących do populacji polskiej badania przeprowadziła Biedowa (1965 r.). Skłonił ją do tego znaczny błąd popełniany przy stosowaniu metody Gustafsona wobec naszej ludności. Metodę Gustafsona zmodyfikowała, wprowadzając w miejsce resorpcji wierzchołka korzenia, zabarwienie zęba, które oznaczała według wzornika używanego do celów protetycznych. Na podstawie analizy półszlifów 170 zębów pochodzących od 146 osób (pobranych głównie ze zwłok) opracowała formułę matematyczną pozwalającą na określanie wieku osobniczego z przeciętnym błędem  $\pm 2,02$  roku, przy czym błąd faktyczny wahał się w granicach 1–13 lat. Autorka zwróciła przy tym uwagę na zwiększanie się średniego błędu oceny wieku w miarę starzenia się. Tłumaczyła to niewielkimi i trudnymi do uchwycenia zmianami retardacyjnymi uzębienia po przekroczeniu 60 roku życia. Według ustaleń autorki wyniki oznaczeń w tej grupie wiekowej są wobec wieku rzeczywistego zwykle zaniżone [4].

Dalitz (1962 r.) uznał apozycję cementu korzeniowego oraz resorpcję korzenia zęba za czynniki mało miarodajne, a analizował starcie korony zęba, zmiany zanikowe w przyzębiu, nawarstwienie wtórnej zębiny oraz przezierność korzenia. Badaniu poddał 128 szlifów zębów pobranych ze zwłok. W opracowaniu wyników posłużył się wielokrotną analizą regresji. Wykazał znaczenie przy określaniu wieku osobniczego łącznego badania 4 siekaczy. Jego opracowanie okazało się bardziej przydatne dla oceny wieku młodocianych [6].

W tym samym roku Balogh i in. przedstawili diagram obrazujący postępowanie zmian zanikowych wyrostków zębodołowych w pięcioletnich przedziałach wieku w okresie między 20 a 95 rokiem życia [8].

Moore (1970 r.) wysunął propozycję określania wieku na podstawie pomiarów na szlifach dwóch zależnych od siebie cech: zwiększającej się stopniowo powierzchni zębiny wtórnej i wynikającej z tego redukcji powierzchni komory zęba. Zasugerował także stosowanie współczynnika określonego przez stosunek między średnicą komory zęba a średnicą jego korony [30].

W opracowaniu Banga i Ramma (1970 r.) autorzy skupili się jedynie na pomiarach długości przeświecającego odcinka zębiny korzenia. Po zbadaniu 1013 szlifów i całych zębów stwierdzili bardzo silną zależność tej cechy z wiekiem, utrzymującą się do 75 roku życia. Zależność ta była wyrażona najsłabiej w odniesieniu do zębów przedtrzonowych i trzonowych. Autorzy stwierdzili, że badanie przejrzystości korzenia u osób starszych prowadzi często do zaniżania wieku rzeczywistego. Otrzymany tą metodą błąd oceny wieku wahał się w granicach 9,2–10,5 roku [2].

Podobnie jak Dalitz [6], także Johanson (1971 r.) uzyskał dokładniejsze wyniki, stosując równania regresji wielokrotnej. Badaniu poddał 165 zębów, a z uzyskanych z nich szlifów wykonywał zdjęcia z użyciem mikroskopu i fotograficznego powiększalnika. Dokonał też weryfikacji wszystkich cech analizowanych przez Gustafsona i zaproponował nową formułę oznaczania wieku, w której każdą z cech opatrzył wliczonym współczynnikiem. Stwierdził, że największą zależność z wiekiem wykazywała przejrzystość korzenia, najmniejszą zaś zmiany resorpcyjne jego wierzchołka. Uzyskany przez niego średni błąd szacowania wieku wynosił 5,16 roku [17]. Badanie porównawcze metod Dalitza [6], Banga i Ramma [2] oraz Johansona [17] przepro-



wadzone przez Solheima i Sundersa (1980 r.) wykazały, że najbardziej z nich wiarygodną jest metoda Johansona. Wszystkie trzy metody ustępowały jednak wizualnej ocenie zębów całych. Badacze ci stwierdzili ponadto tendencję do zaniżania wieku rzeczywistego podczas badań zębów pochodzących od osób ze starszych grup wiekowych [38].

Shiro-Ito (1972 r.) opracował metodę polegającą na planimetrycznym mierzeniu powierzchni następujących części koron zębów:

- szkliwo;
- zębina;
- komora zęba.

Dokonywał on pomiarów na powiększonych zdjęciach mikroskopowo ocenianych szlifów, a relację między mierzonymi powierzchniami przedstawił w formie równania regresji liniowej. Metoda Shiro-Ito okazała się bardziej miarodajna niż metoda Gustafsona [12], która opiera się na subiektywnych odczuciach osoby przeprowadzającej badania. Z badań tych wynikało, że powierzchnia zajmowana przez szkliwo i kanał zębowy wraz z wiekiem ulega zmniejszaniu, natomiast powierzchnia zębiny stopniowo powiększa się. Uzyskane przez autora odchylenie standardowe od prostej regresji wynosiło 6,7 roku [37].

Heartig i Durigon (1978 r.) porównali metodę Shiro-Ito [37] i Gustafsona [12], poddając badaniu 156 zębów. Chociaż stwierdzili oni, że przeciętny błąd oceny wieku wynosił dla metody Shiro-Ito  $\pm 7,3$  roku oraz 4,6 roku dla metody Gustafsona, pierwszą z weryfikowanych metod, ze względu na możliwość obiektywnej rejestracji ocenianych nią cech, określili za bardziej miarodajną [13].

Klasyfikacji cech morfologicznych uzębienia według stopnia ich przydatności dla oznaczania wieku dokonał Maples (1978 r.). Według jego ustaleń, najmniej skorelowana z wiekiem jest resorpcja korzenia, a najbardziej jego przejrzystość, której ustępują w kolejności: nawarstwienie wtórnej zębiny, starcie szkliwa, zmiany zanikowe w przyzębiu oraz nawarstwienie cementu korzeniowego. W badaniach, podobnie jak Dalitz [6] i Johanson [17], posługiwał się wielokrotną analizą regresji [26, 27].

Badaczami, którzy przy ocenie „wieku zębowego” zastosowali technikę mikroskopii elektronowej, byli Whittaker i Neale (1979 r.). Przy użyciu elektronowego mikroskopu skaningowego stwierdzili, że liczba kanalików istniejących na granicy przedentyny i dentyny, pozostaje z wiekiem w ścisłej zależności [47].

Stott i in. (1982 r.) wbrew wątpliwościom Dalitza [6] badali apozycję cementu korzeniowego, przy czym przy ocenie tego parametru poddali analizie mikroskopowej blaszki kostne cementu na poprzecznym przekroju zęba. Jednoznacznie udowodnili oni zależność między ich wzrastającą liczbą a chronologicznym wiekiem [40].

Wei i Feng (1984 r.) poddali łącznemu badaniu cechy morfologiczne i metryczne szlifów, wykazując korelację między wiekiem a stopniem starcia korony i indeksem zęba wyrażonym stosunkiem powierzchni komory zęba do powierzchni zajmowanej przez zębinę [46].

Badania Solheima (1989 r.) wykazały wysoką korelację z wiekiem postępującego stopniowo powiększania się wymiarów długości i powierzchni zajmowanej przez przeświecalną zębinę. Współczynnik korelacji między tymi cechami sięgał 0,86 [39].

Modyfikacja techniki Gustafsona [12] zaproponowana przez Kashyapa i Koteswara Rao (1990 r.) polegała na zaniechaniu badania zmian zanikowych w przyzębiu i resorpcji korzenia zęba, uznanych przez nich za mało miarodajne, a ograniczeniu

się do 4 pozostałych z badanych przez Gustafsona cech. Otrzymany przez autorów średni błąd oceny wieku wynosił 5,4 roku. Najwięcej trudności sprawiało im zobiektywizowanie nawarstwienia wtórnej zębiny oraz cementu korzeniowego [18].

Metoda opisana przez Lamendina i in. (1992 r.) opierała się na analizie metrycznej trzech kryteriów: długości odcinka korzenia objętego obniżaniem się dziąsła, długości prześwitu korzeniowego i długości korzenia zęba. W zaproponowanym przez jej autorów równaniu regresji kryteria te zostały przedstawione w formie współczynników wyrażających stosunek każdego z pierwszych wobec długości korzenia [23]. Mimo tego, że wartość metody Lamendina została potwierdzona w badaniach populacyjnych, jak też w medyczno-sądowym postępowaniu identyfikacyjnym [3], Foti i in. (2001 r.) wykazali jej przydatność jedynie przy szacowaniu wieku osób poniżej 49 roku życia, u których osiągany dzięki niej średni błąd oceny wieku wynosił  $\pm 2,95$  roku. Natomiast w starszych grupach wiekowych błąd ten znacznie się zwiększał ze względu na zmiany retardacyjne dziąseł, przy czym wyniki rekonstrukcji wieku wobec wieku rzeczywistego były zanizone [10].

Li oraz Ji (1995 r.) skoncentrowali się wyłącznie na ocenie starcia korony pierwszego i drugiego zęba trzonowego. W poddanych badaniu 633 zębach obserwowali oni średni stopień starcia (*average stage of attrition* – stąd metoda ASA) całej powierzchni żującej, określając go w 9 stopniowej skali. Według autorów metody przewyższała ona dotychczas stosowane sposoby oceny tego kryterium polegające na badaniu starcia guzków pojedynczych oraz starcia koron wszystkich dostępnych badaniu zębów. Metoda Li i Ji pozwalała na ustalanie wieku metrykalnego ze stosunkowo dużą dokładnością, także na podstawie badania jednego zęba. Osiągany nią przeciętny błąd oceny wieku nie przekracza 4,53 roku [24].

Ajmal i in. (2001 r.) porównali metodę Johansona [17] oraz Kashyapa i Koteswara Rao [18] ze średnim stopniem starcia szkliwa zębów trzonowych (ASA). Uznali, że przy rekonstrukcji wieku ocena starcia trzonowców ma przewagę nad metodą Johansona, natomiast metodę Kashyapa i Koteswara Rao określili jako najmniej satysfakcjonującą [1].

Przy szacowaniu „wieku zębowego” poza metodami morfologicznymi posługiwano się szeregiem innych technik. Walters i Eyre (1983 r.), stosując metodę chromatografii cieczowej, wykazali w hydrolizatach ekstraktów zębiny zwiększanie się w miarę starzenia się zawartości hydroksypirydyny, będącej jednym z białek stabilizujących sieć włókien kolagenowych [45]. Heras (1999 r.) technikami immunologicznymi badali w zębinie zawartość innego białka stabilizującego – desokspirydinoliny, wykazując zachodzący z wiekiem wzrost jej stosunku do białka całkowitego zębiny [14]. Ohtani (1995 r.) przy użyciu chromatografii gazowej oceniał w hydrolizatach ekstraktów zębiny towarzyszącą starzeniu konwersję postaci izomerycznej L kwasu asparaginowego w postać D i wpływ na ten proces pH środowiska [32]. Yamamoto (1996 r.) donosił o bardzo wysokim współczynniku korelacji między stopniem racemizacji aminokwasów zębiny a chronologicznym wiekiem ( $r > 0,99$ ), podkreślając przy tym o wiele większą wartość badania racemizacji kwasu asparaginowego niż glutamianu i alaniny, w których proces ten postępuje wolniej [48]. Używane dla oznaczania wieku techniki radiologiczne stosowano głównie przy jego ocenie między okresem płodowym a okresem starszego dzieciństwa, z mniejszym powodzeniem u osób dorosłych [15, 22].

Z przedstawionego przeglądu opracowań wynika, że przy określaniu wieku osobniczego posługiwano się szeregiem odontologicznych kryteriów, przy czym analizie poddawano głównie zmiany zachodzące w obrazie morfologicznym zębów. Badania polegały najczęściej na różnych modyfikacjach przełomowej na tym polu metody Gösta Gustafsona [12]. Z uwagi na dezaktualizację zalecanego przez Biedową [4] badania koloru zęba związaną z coraz powszechniejszym stosowaniem, także w praktyce stomatologicznej, środków wybielających uzębienie, najczęściej stosowaną przez polskich medyków sądowych jest obecnie metoda Gustafsona. Biedowa donosiła jednak, że posługiwanie się nią wobec polskiej populacji daje wyniki znacznie różniące się od rzeczywistości. Także badania innych autorów były prowadzone na zębach należących do następujących grup populacyjnych: szwedzkiej (Kullman [21], Johanson [17]), norweskiej (Bang i Ramm [2], Solheim i Sunders [38, 39]), fińskiej (Nyström i in. [31]), francuskiej (Heartig i Durigon [13], Lamendin i in. [23], Foti i in. [10]), walijskiej (Whittaker i Neale [47]), Stanów Zjednoczonych (Ubelaker [44], Maples i Rice [26], Maples [27]), hinduskiej (Ajmal i in. [1], Kashyap i Koteswar Rao [18]), chińskiej (Li i Ji [24], Wei i Feng [46]), japońskiej (Shiro-Ito [37]) oraz australijskiej (Dalitz [6]). Ze względu na międzypopulacyjne odrębności kulturowe i związane z nimi nawyki kulinarne czy związane ze stosowaniem wobec uzębienia różnych zabiegów higienicznych, również wynikami tych badań nie można się bezkrytycznie posługiwać wobec populacji polskiej. Jak dotąd nie stworzono metody pozwalającej na precyzyjną ocenę „wieku zębowego”. Zdaniem Rösinga i Kvalła, w ekspertyzach medyczno-sądowych powinno się stosować jedynie metody pozwalające na szacowanie wieku z błędem nie przekraczającym  $\pm 7$  lat [35]. Według Biggerstaffa istotne dla dokładnego oznaczenia „wieku zębowego”, bez względu na stosowane kryteria, jest zobiektywizowanie odbioru analizowanych cech, jak też doświadczenie i wprawa osoby oceniającej [5]. Zdaniem autorów artykułu, kluczem do opracowania optymalnej formuły odontologicznej pozwalającej na maksymalne zredukowanie błędu oceny wieku jest wykorzystanie szeregu obiektywnie mierzalnych cech z jednoczesnym zastosowaniem badań morfologicznych, technik z zakresu biochemii oraz fizyki. Ze względu na tzw. trend sekularny (tendencję przemian), czyli międzypokoleniową zmienność cech fenotypowych wyrażającą się m.in. akceleracją dojrzewania biologicznego oraz retardacją procesów inwolucyjnych, każda z metod szacowania osobniczego wieku powinna być okresowo poddawana weryfikacji [25].