

# Procjena dentalne dobi temeljem promjena endodontskog prostora

---

**Penić, Klara Gabriela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:429854>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-26**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Klara Gabriela Penić

**PROCJENA DENTALNE DOBI  
TEMELJEM PROMJENA  
ENDODONTSKOG PROSTORA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Rad je ostvaren na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za dentalnu antropologiju

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Ivana Savić Pavičin

Lektor hrvatskog jezika: Patricia Cibić, mag. educ. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Mateja Vlaović, mag. educ. philol. angl.

Rad sadrži: 30 stranica

4 slike

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Hvala mojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Ivani Savić Pavičin na pomoći i ljubaznosti prilikom izrade diplomskog rada.

Posebno zahvaljujem svojim roditeljima i bratu, koji su mi bili najveća podrška tijekom ovih 6 godina studiranja.

Hvala i mojim prijateljima iz grupe, a najviše Ani i Marti, s kojima su ove godine proletjele u trenu.

Zahvaljujem i svojim najdražim prijateljicama, Katarini i Ani, koje su uvijek tu .

A najveće hvala Njemu- jer *sve mogu u Onome koji me jača.*

## **PROCJENA DENTALNE DOBI TEMELJEM PROMJENA ENDODONTSKOG PROSTORA**

### **Sažetak**

Procjena dentalne dobi sastavni je dio forenzičke dentalne medicine. U prenatalnoj, novorođenačkoj, dječjoj i adolescentnoj dobi procjena se temelji na proučavanju stadija razvoja tvrdih zubnih tkiva, dok se u odrasloj dobi promatraju degenerativne promjene do kojih dolazi starenjem. Metode procjene dentalne dobi mogu se podijeliti na morfološke, radiološke i biokemijske. Najznačajnija promjena do koje dolazi starenjem smanjenje je volumena pulpne komore uslijed fiziološkog odlaganja sekundarnog dentina. Osim toga, kao reakcija na patološke podražaje odlaže se terciarni dentin, a starenjem je uočena i povećana incidencija dentikala unutar endodontskog prostora. Procjena dentalne dobi na temelju promjena endodontskog prostora može se provoditi putem omjera pulpe i zuba te mjerenjem indeksa koronarne pulpe na rentgenskim snimkama. Kvaal i suradnici mjerili su duljinu zuba, pulpe i korijena te širinu korijena i pulpe u tri točke na periapikalnim snimkama šest zuba pa generirali formulu za procjenu dentalne dobi:  $dob = 129.8 - 316.4M - 66.8(W - L)$ . Cameriere i suradnici stavili su u omjer površinu zuba i pulpe, a razvojem CBCT-a osmišljena su i volumetrijska mjerenja za procjenu dentalne dobi. Drusini i suradnici koristili su Ikedinu formulu za procjenu dobi mjerenjem visine koronarne pulpe (CPCH) te visine krune zuba (CH) nakon čega je izračunat indeks koronarne pulpe putem formule  $TCI = CPCH \times 100/CH$ . Metode procjene dentalne dobi na temelju promjena endodontskog prostora smatraju se neinvazivnima i jednostavnima, ali potrebna su daljnja istraživanja radi poboljšanja točnosti rezultata.

**Ključne riječi:** dentalna dob, starenje, sekundarni dentin, endodontski prostor

## DENTAL AGE ESTIMATION BASED ON PULP CAVITY CHANGES

### Summary

Dental age estimation is a big part of forensic odontology. Prenatal, newborn, children and adolescent dental age assesment is based on phases of development of the teeth, while in the adult dentition degenerative changes due to aging are observed. There are several dental age assesment methods: morphological, radiological and biochemical. The most significant change that occurs with aging is the reduction of pulp cavity due to physiological secondary dentin deposition. Additionally, as a response to pathological stimuli, tertiary dentin is formed. Increased incidence of denticles within the endodontic space has also been observed. Dental age estimation based on pulp cavity changes can be carried out through the pulp-tooth ratio, as well as by measuring the coronal pulp cavity index. Kvaal et al. measured the lenght of tooth, pulp and root, as well as width of root and pulp on three different levels in periapical images of six teeth. Based on this, they generated formula for dental age estimation:  $age = 129.8 - 316.4M - 66.8(W - L)$ . Cameriere et al. used pulp-tooth area ratio, and with the development of CBCT technology, volumetric measurements were introduced. Drusini et al. used a different approach using Ikedas formula for dental age estimation by measuring the height of coronal pulp cavity (CPCH) and the height of the tooth crown (CH). Tooth coronal index was calculated using the formula:  $TCI = CPCH \times 100/CH$ . Dental age estimation methods based on changes of the endodontic space are considered non-invasive and straightforward, although further research is needed to enhance result accuracy.

**Keywords:** dental age, aging, secondary dentin, pulp cavity

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2.1. Metode procjene dentalne dobi.....	4
2.1.1. Prenatalna dob.....	4
2.1.2. Novorođenačka dob.....	5
2.1.3. Dječja dob.....	6
2.1.4. Adolescentna dob.....	8
2.1.5. Odrasla dob.....	8
2.2. Promjene endodontskog prostora tijekom starenja.....	10
2.2.1. Morfološke promjene endodontskog prostora.....	10
2.2.1.1. Odlaganje sekundarnog i tercijarnog dentina.....	10
2.2.1.2. Stvaranje pulpnih kamenaca.....	11
2.2.1.3. Odlaganje cementa u području apikalnog foramena.....	11
2.2.2. Histološke promjene endodontskog prostora.....	11
2.3. Procjena dentalne dobi temeljem promjena endodontskog prostora.....	13
2.3.1. Omjer pulpe i zuba.....	13
2.3.2. Indeks koronarne pulpe.....	16
3. RASPRAVA.....	18
4. ZAKLJUČAK.....	21
5. LITERATURA .....	23
6. ŽIVOTOPIS.....	29

## **Popis skraćenica**

CBCT – kompjutorska tomografija s konusnim zrakama



## **1. UVOD**

Procjena dentalne dobi sastavni je dio forenzičke dentalne medicine. Ima bitnu ulogu u identifikaciji žrtava različitih tragedija, ali i u utvrđivanju identiteta živućih osoba koje se povezuju s kriminalnim aktivnostima, osoba bez valjane osobne dokumentacije, izbjeglica i azilanata (1,2). Tvrda zubna tkiva najtvrdja su struktura u tijelu te su otporna na djelovanje raznih mehaničkih, kemijskih i termalnih podražaja. Pogodna su za promatranje s obzirom na to da ostaju očuvana puno duže od ostalih tkiva te omogućuju uvid u različite podatke o određenom pojedincu – oralne manifestacije sistemske bolesti, varijacije u prehrani pa tako i dentalnu dob (3). Do danas su razvijene različite metode određivanja dentalne dobi - morfološke, radiološke, biokemijske. Procjena dobi kod zubi u razvoju temelji se na proučavanju stadija razvoja mliječnih i trajnih zubi, dok se kod odraslih osoba promatraju promjene tvrdih zubnih tkiva kao posljedice starenja. U odrasloj dobi promjene na zubnim tkivima puno su manje očite nego kod zuba u razvoju te su zbog izloženosti različitim egzogenim i endogenim čimbenicima sklone varijacijama, što procjenu dobi čini značajno zahtjevnijom i manje preciznom (4,5).

Svrha ovog rada prikazati je neinvazivne radiološke metode procjene dentalne dobi kod odraslih osoba koje se temelje na promjenama endodontskog prostora, primarno na smanjenju volumena pulpne komore uzrokovano odlaganjem sekundarnog dentina.

## **2. RAZRADA**

## **2.1. Metode procjene dentalne dobi**

Dentalnu dob možemo podijeliti na prenatalnu, novorođenačku, dječju, adolescentnu, odraslu i stariju dob (6). U prvih 20 godina života dob je moguće odrediti na temelju razvojnih promjena na zubima, uključujući i treće molare (7). Osnovni čimbenici koji se promatraju prilikom analize razvoja trajnih zubi su početak kalcifikacije, završetak formiranja krune, erupcija zuba i završetak formiranja korijena, dok se kod mliječnih zubi uzima u obzir i resorpcija korijena te vrijeme ispadanja zuba (6).

### **2.1.1. Prenatalna dob**

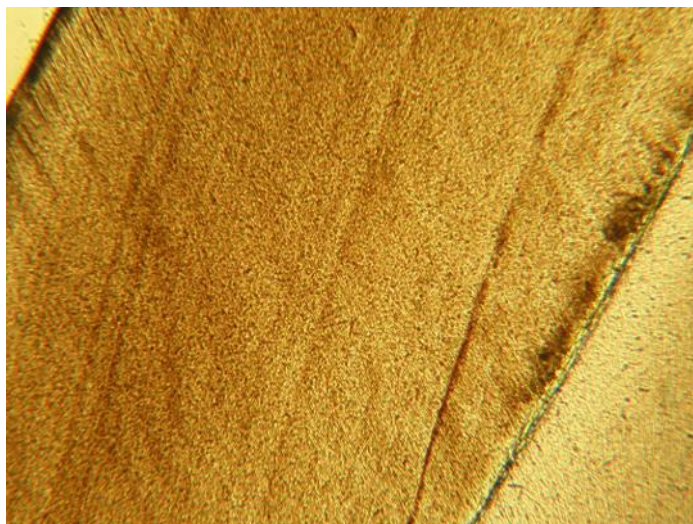
Prenatalna dob, ili razdoblje intrauterinog života traje od začeća do rođenja djeteta (8). Odontogeneza je proces razvoja tvrdih zubnih tkiva, koji se događa međudjelovanjem epitelnog i mezenhimnog tkiva. Dijeli se na nekoliko stadija: inicijacija, proliferacija, histogeneza i morfogeneza, apozicija i mineralizacija. Između petog i šestog tjedna intrauterinog života javljaju se prvi znakovi razvoja mliječne denticije, što ujedno daje prvi uvid u dentalnu dob. Dolazi do kondenzacije mezenhimskih stanica te istodobne proliferacije bazalnih stanica oralnog epitela. Invaginacijom spomenutog epitela u podležeci kondenzirani mezenhim u šestom tjednu nastaje primarni zubni greben. U osmom tjednu intrauterinog života započinje razvoj po 10 zubnih zametaka u gornjoj i donjoj čeljusti, čime započinje stadij pupoljka. Histološki je tada vidljiv caklinski organ, tj. ovalna kondenzacija epitelnih stanica koje su od okružujućeg mezenhima odijeljene bazalnom membranom. Tijekom 11. tjedna dolazi do invaginacije unutarnje površine caklinskog organa te kreće stadij kape. U tom stadiju razlikuju se unutarnji i vanjski caklinski epitel, iz kojih će se razviti caklina, a koji okružuju zvjezdoliku mrežicu. Razvija se zubna papila iz koje će kasnije nastati pulpa i dentin te zubna vrećica koja je osnova za razvoj potpornih tkiva zuba (9). Istovremeno sa stadijem kape, od 10. do 12. tjedna intrauterinog života, na lingvalnoj strani svakog zubnog pupoljka započinje razvoj zametaka trajnih zubi (10). U 14. tjednu caklinski organ gubi vezu s oralnim epitelom, a dolazi i do razdvajanja susjednih zametaka, što obilježava rani stadij zvona. Zatim, s početkom oko 18. tjedna, slijedi kasni stadij zvona, koji karakterizira stvaranje tvrdih

zubnih tkiva. Interakcijom preameloblasta i odontoblasta odlaže se prvi sloj predentina, nakon čega ameloblasti počinju odlagati caklinski matriks. Kada dentinogeneza i amelogeneza dosegnu područje vratne petlje, tj. mjesto prelaska vanjskog u unutarnji caklinski epitel, započinje razvoj korijena zuba. Stanice cervikalne petlje, odnosno Hertwigove epitelne ovojnice, proliferiraju prema apeksu zuba i šalju signale za diferencijaciju odontoblasta. Nakon odlaganja prvog sloja predentina stanice zubne vrećice proliferiraju u cementoblaste, čime započinje tvorba cementa. Završetak korijena trajnog zuba očekuje se 2-3 godine nakon erupcije, a mliječnog oko godinu i pol (9).

Dakle, u razdoblju intrauterinog života dentalnu dob moguće je odrediti radiološkim i histološkim metodama, procjenom stadija razvoja zuba. Prvi znakovi zubnih zametaka vidljivi su između 5. i 6. tjedna života, koji se na rentgenskoj snimci očituju kao radiolucentna područja u gornjoj i donjoj čeljusti (5). U 16. tjednu embrionalnog razvoja moguće je zamijetiti početke mineralizacije mliječnih zuba. Kraus i Jordan proučavali su stadije mineralizacije mliječnih zubi i prvog trajnog kutnjaka te podijelili intrauterini razvoj zuba u 10 stadija, čime je olakšana fetalna procjena dobi (11).

### **2.1.2. Novorođenačka dob**

Dentalnu dob kod novorođenčadi moguće je procijeniti na temelju stupnja mineralizacije zuba putem radioloških snimki ili histoloških preparata (5). Ritmičnim odlaganjem cakline stvaraju se inkrementne Retziusove pruge, odnosno linije rasta, od kojih je najizraženija neonatalna pruga. Nastaje kao posljedica metaboličkih promjena do kojih dolazi nakon rođenja djeteta. Ona je vidljiva elektronskim mikroskopom već dva dana nakon rođenja, a svjetlosnim nakon dva tjedna. Neonatalna pruga bitan je forenzički faktor prilikom utvrđivanja trenutka djetetove smrti- je li ono mrtvorodeno ili je smrt nastupila nakon rođenja. Osim u caklini inkrementne pruge vidljive su i u dentinu (Ebnerove ili Owenove pruge) i cementu (Salterove pruge), te također pomažu pri procjeni dentalne dobi (12).



Slika 1. Histološki prikaz neonatalne linije.

Preuzeto s dopuštenjem autora: izv. prof. dr. sc. Ivana Savić Pavičin

### 2.1.3. Dječja dob

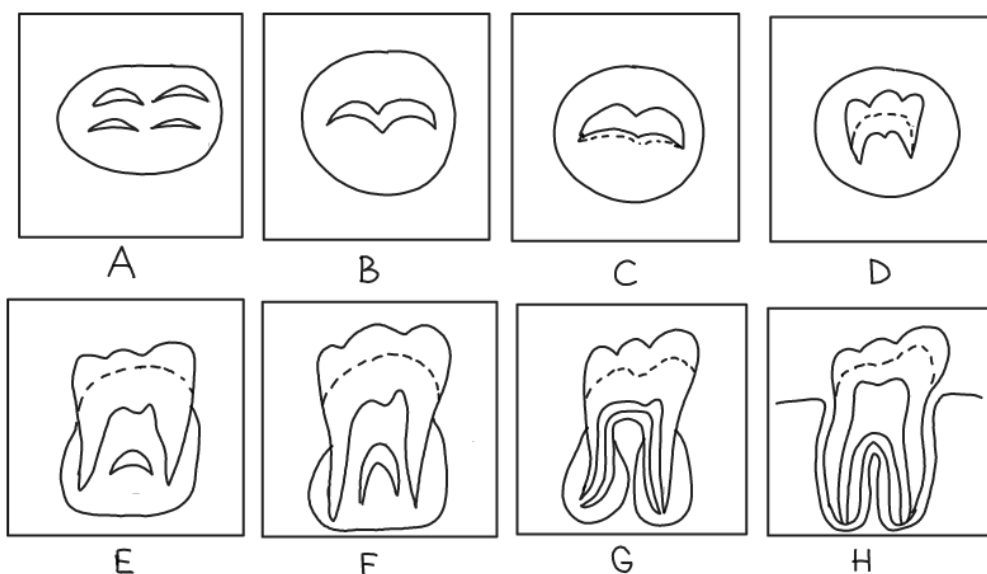
U fazi rasta i razvoja glavne metode procjene dentalne dobi temelje se na kliničkom nalazu zuba u usnoj šupljini i stupnju mineralizacije. Tijekom prvih 6 mjeseci vodeći faktor za procjenu dentalne dobi stupanj je mineralizacije zubi. Budući da je redosljed nicanja zubi sklon varijacijama, stupanj razvoja zuba smatra se najpouzdanijim parametrom i u kasnijoj dobi pa se zato i uzima u obzir u glavnim metodama procjene dentalne dobi (5).

1941. Schour i Massler podijelili su razvoj mliječnih i trajnih zuba na 21 stadij, opisujući promjene od 4. mjeseca starosti pa sve do 21. godine života. Američko stomatološko društvo (ADA) dopunilo je njihovu podjelu, čime je omogućena usporedba stadija razvoja zuba na rentgenskoj snimci s postavljenim standardom (11).

Moorees, Fanning i Hunt razvili su metodu procjene dobi prema 14 faza mineralizacije za jednokorijenske i višekorijenske zube, kojima je dodijeljena okvirna dob. Podaci su uključivali i razvoj trećih molara (11).

Najpoznatiju metodu procjene dentalne dobi osmislili su Demirijan, Goldstein i Tanner. Promatrano je sedam zuba donje čeljusti (centralni i lateralni sjekutić, očnjak, prvi i drugi

prekutnjak te prvi i drugi kutnjak) i određeno je osam faza razvoja koje su obilježene slovima A-H, a prethodi im faza 0. Stadiji su opisani od pojave prvih znakova kalcifikacije pa sve do zatvaranja apeksa zuba. Za svaku fazu određeno je specifično bodovanje, ovisno o spolu. Zbrajaju se bodovi svih sedam zuba te se naposljetku uspoređuju sa standardiziranom tablicom kako bi se procijenila starost osobe. Ova metoda primjenjiva je samo na zubima donje čeljusti i ne uključuje razvoj trećih molara, što su neki od njezinih nedostataka (11).



Slika 2. Stadiji razvoja kutnjaka prema Demirijanu.

Nolla je promatrala mineralizaciju trajnih zubi u 10 stadija. Nakon što je određena faza osam zuba, njihov zbroj uspoređen je s tablicom koja daje uvid u procijenjenu dentalnu dob (11).

Cameriereova metoda prilikom predviđanja dentalne zrelosti uzima u obzir apeks zuba. Promatrano je sedam zuba lijeve strane donje čeljusti i određen je broj zuba s potpuno završenim razvojem korijena te zatvorenim apeksom. Za zube s nezavršenim rastom mjerena je udaljenost između unutarnjih rubova otvorenog apeksa, odnosno suma udaljenosti za višekorijenske zube. Navedena vrijednost podijeljena je s dužinom zuba da bi se poništilo uvećanje na ortopantomogramu, nakon čega su vrijednosti uvrštene u Cameriereovu formulu (13).

#### **2.1.4. Adolescentna dob**

Adolescencijom se smatra razdoblje od početka puberteta pa sve do stupanja u odraslu dob, odnosno od 12. do 20. godine života. U ovoj dobi razlike između muškog i ženskog spola postaju naglašenije pa ih je potrebno uzeti u obzir prilikom procjene dobi. Mincer i suradnici iskoristili su 1993. godine Demirijanovu metodu kako bi opisali razvojne promjene isključivo na trećim molarima. Međutim, ako ostali zubi nisu završili svoj rast i razvoj, njima se daje prednost pri procjeni dobi u odnosu na treće molare. Kasper i suradnici modificirali su Mincerovu metodu dodatkom slikovnih prikaza za svaku fazu razvoja umnjaka. Nakon 1993. provedena su višestruka istraživanja procjene dobi putem trećih molara na različitim populacijama, ali i dalje ne postoji univerzalni sustav određivanja dentalne dobi za adolescente (14).

#### **2.1.5. Odrasla dob**

Procjena dentalne dobi nakon 25. godine života predstavlja poseban izazov u forenzičkoj stomatologiji jer su s godinama zubi izloženi različitim egzogenim i endogenim faktorima, koji mogu dovesti do nesrazmjera između kronološke i dentalne dobi (15). Isto tako razvojne promjene na tvrdim zubnim tkivima puno su manje očite nego u ranijoj dobi što uvelike umanjuje preciznost različitih metoda za estimaciju dentalne dobi (5). Metode se mogu podijeliti na morfološke, radiološke i biokemijske.

Jedna od najstarijih morfoloških metoda je Gustafsonova, objavljena 1950. godine. U navedenoj metodi opisano je šest promjena koje se događaju na zubnim tkivima starenjem – atricija okluzalnih ploha i incizalnih bridova, odlaganje sekundarnog dentina, promjene parodontnog ligamenta, apozicija cementa, resorpcija korijena i translucencija korijena. Svakom od kriterija dodijeljeni su bodovi 0-3 te je prema formuli  $y = 11.43 + 4.56x$  izračunata dob pojedinca, gdje  $y$  predstavlja dob, a  $x$  zbroj bodova svih kriterija. Mogućnost pogreške procijenjena je na  $\pm 3.6$  godina. Manjkavost Gustafsonove metode nemogućnost je primjene kod živih pojedinaca jer je potrebno ekstrahirati zub. Također, analizira se puno parametara, što je vremenski zahtjevno, a samo bodovanje pojedinih kriterija može biti subjektivno. Uz to, promjene parodontnog ligamenta ponekad je nemoguće odrediti zbog raspada mekih tkiva. Isto tako, prilikom izrade ove metode korišteno je samo 40 zuba, od kojih su mnogi pripadali istom pacijentu, što čini



Gustafsonovu metodu sklonu pogreškama (16). 1974. godine Pillai i Bhaskar proveli su istraživanje u Indiji, u kojem je Gustafsonova metoda procjene dobi korištena na 83 zuba, sakupljena od 59 pacijenata, te je prosječna pogreška iznosila  $\pm 8.13$  godina (17).

Godine 1962. Dalitz je modificirao Gustafsonovu metodu uvevši bodovanje 0-4 za svaki od parametara kako bi se povećala točnost rezultata. Također, odbacio je resorpciju korijena i apoziciju cementa kao kriterije za procjenu dobi. Preporučio je promatranje 4-12 prednjih zuba, bez uključivanja pretkutnjaka i kutnjaka, s naglaskom da veći broj promatranih zuba ne povećava točnost metode. Mogućnost pogreške procijenjena je na  $\pm 6$  godina. Prednost ove metode u odnosu na Gustafsonovu je što je svakom kriteriju dana različita važnost (16).

9 godina kasnije Johanson je uveo nove promjene u vidu bodovanja- broj stadija povećao je na 7 (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3) za istih šest kriterija. Radi boljeg uvida u transparentiju korijena preporučio je debljinu reza zuba od 0.25 mm (15).

Bang i Ramm predstavili su potpuno novi pristup procjeni dentalne dobi mjerenjem transparentije korijena zuba. Tijekom trećeg desetljeća života korijenski dentin postaje transparentan u području vrha korijena i s godinama napreduje prema kruni zuba. Metoda se smatra jednostavnom, praktičnom i objektivnom (16).

Godine 1978. Maples koristi samo dva kriterija - odlaganje sekundarnog dentina i transparentiju korijena. Eliminacijom ostala četiri faktora omogućena je procjena dobi na zubima s razorenom krunom i nepotpunim potpornim strukturama i cementom (16).

Solheim je uz 5 Gustafsonovih kriterija (atricija, sekundarni dentin, parodontne promjene, apozicija cementa i transparentija korijena) uzeo u obzir hrapavost površine, boju zuba i spol. Uspoređujući zube živih osoba i kadavera zamijećena je razlika u boji, pa su za procjenu dobi osmišljene dvije različite formule, od kojih jedna ne uključuje kriterije boje i spola (16).

Osim morfološkim metodama dentalnu dob moguće je procijeniti i biokemijski. Biokemijske metode temelje se na racemizaciji aminokiselina, i to primarno asparaginske kiseline, koja ima najveći stupanj racemizacije (13).

U procjeni dobi odraslih osoba veliku ulogu imaju i radiološke metode, koje će biti opisane kasnije u radu.

## **2.2. Promjene endodontskog prostora tijekom starenja**

Zubi su tijekom života konstantno izloženi djelovanju kemijskih i fizičkih čimbenika, što dovodi do različitih anatomskih i histoloških promjena. Dolazi do trošenja tvrdih zubnih tkiva, nastanka gingivnih recesija, sklerozacije dentina i mnogih drugih promjena. Također, dolazi i do raznih promjena endodontskog prostora, što je primarno vidljivo kao smanjenje volumena pulpne komore uslijed odlaganja sekundarnog i tercijarnog dentina te nastanka pulpnih kalcifikacija (18). Osim anatomskih vidljive su i histološke promjene pulpe. Dolazi do smanjenja broja stanica i povećanja broja kolagenih vlakana (19). Smanjuje se reparativni potencijal pulpe, a povećava kalcifikacija i fibrozacija (20).

### **2.2.1. Morfološke promjene endodontskog prostora**

#### **2.2.1.1. Odlaganje sekundarnog i tercijarnog dentina**

Kao što je ranije spomenuto, tijekom starenja dolazi do smanjenja volumena pulpne komore uslijed odlaganja sekundarnog i tercijarnog dentina. Sekundarni dentin proizvod je odontoblasta smještenih između perifernog dijela pulpe i primarnog dentina. Njegovo odlaganje smatra se fiziološkim, a započinje nakon završetka razvoja korijena zuba i nastavlja se tijekom cijelog života. Stvara se vrlo sporo i uglavnom se odlaže na predilekcijskim mjestima poput rogova i dna pulpne komore (21). Građa sekundarnog dentina slična je građi primarnog. Glavna razlika je morfološka – jača zakrivljenost tubulusa u obliku slova S kod sekundarnog dentina kao posljedica povlačenja odontoblasta i smanjenja raspoloživog prostora (22). Također, u području sekundarnog dentina nalazi se više intertubularnog dentina nego u primarnom (21).

Za razliku od sekundarnog tercijarni dentin odlaže se kao rezultat obrane pulpe pri djelovanju patoloških podražaja. Dijeli se na reaktivni i reparatorni tercijarni dentin. Reaktivni dentin stvaraju već postojeći odontoblasti na periferiji pulpe kao reakcija na blaže patološke stimulanse te u njegovoj građi postoje dentinski tubulusi. Reparatorni dentin odlažu novostvoreni odontoblasti iz matičnih stanica pulpe, a javlja se kod jačih patoloških podražaja. Taj dentin je atubularan i vidljivi su tračci stanica zarobljeni u

strukturi građom sličnoj kosti - osteodentin (18). Tercijarni dentin odijeljen je od primarnog kalcij-traumatskom crtom (23).

### **2.2.1.2. Stvaranje pulpnih kamenaca**

Smanjenje endodontskog prostora može biti i posljedica stvaranja pulpnih kamenaca-dentikala. Javljaju se u različitim veličinama te mogu ispunjavati čitavu pulpnu komoru, što ima veliku kliničku važnost budući da mogu otežati endodontsko liječenje. Nastanak pulpnih kamenaca uzrokuju razne kronične iritacije, kao što su karijes, duboke restauracije i sl. (18). Razlikujemo prave i lažne dentikle. Pravi su nešto rjeđi i obično se javljaju u području korijenskih kanala. Nastaju od ostataka Hertwigove epitelne ovojnice i sadrže tubularni dentin okružen slojem odontoblasta. Lažni dentikli mogu biti slobodni ili vezani uz zid pulpne komore. Karakteriziraju ih koncentrični slojevi mineraliziranog materijala bez sloja odontoblasta (24). Istraživanja su pokazala povećanu incidenciju pulpnih kamenaca kod starijih osoba, ali i dalje nema dovoljno dokaza o vezi između dobi i nastanka dentikala (18).

### **2.2.1.3. Odlaganje cementa u području apikalnog foramena**

Iako cement nije dio zubne pulpe, on sudjeluje u oblikovanju apikalnog foramena. Cementoblasti u području parodontnog ligamenta kontinuiranim odlaganjem cementa uzrokuju sužavanje apikalnog foramena (25).

### **2.2.2. Histološke promjene endodontskog prostora**

Tijekom starenja, zbog smanjenja volumena pulpne komore i sužavanja apikalnog foramena, vaskularna, limfna i živčana opskrba pulpe postaju kompromitirani. Krvne žile pulpe podliježu aterosklerotičnim promjenama, a živčane ovojnice živaca pulpe pokazuju progresivnu mineralizaciju. Kako napreduje proces starenja, tako se smanjuje broj stanica u pulpi (odontoblasti, fibroblasti i matične stanice) i istovremeno se povećava broj kolagenih vlakana. Istraživanja pokazuju da se broj stanica u pulpi smanjuje za 50% u dobi između 20. i 70. godine. Zbog smanjene vaskularizacije i inervacije starija pulpa

manje je reaktivna na kemijske, termičke i mehaničke podražaje (25). Preostali odontoblasti na periferiji pulpe mijenjaju oblik- iz izduženog oblika s bazalno smještenom jezgrom u manje stanice s malom citoplazmom i centralno smještenom prominentnom jezgrom. Zaključno, starenjem pulpe dolazi do povećane fibroze te smanjene vaskularizacije i broja stanica (20).

### **2.3. Procjena dentalne dobi temeljem promjena endodontskog prostora**

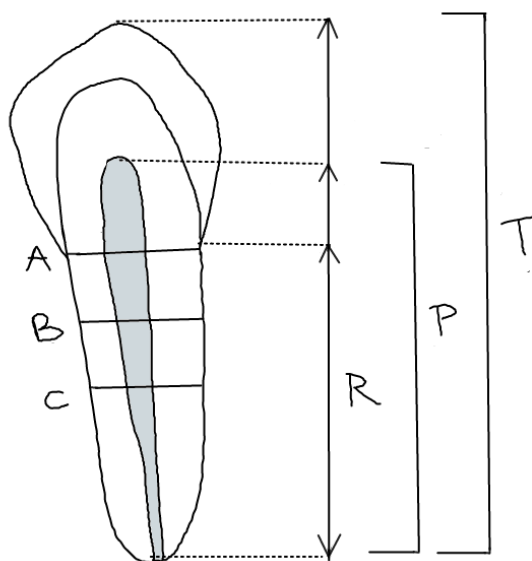
Najupečatljivija promjena do koje dolazi starenjem odlaganje je sekundarnog dentina, a time i smanjenje volumena pulpne komore, što je temelj procjene dentalne dobi nakon završetka rasta i razvoja. Apozicija dentina dovedena je u vezu sa starenjem pojedinca u već ranije opisanim metodama procjene dentalne dobi – Gustafsonovoj, Dalitzovoj, Johansonovoj, Maplesovoj i Solheimeovoj, gdje je sekundarni dentin promatran kao jedan od kriterija. Do danas su razvijene različite metode procjene starosti uslijed promjena endodontskog prostora, a najznačajnije se temelje na računanju kvocijenta pulpe i zuba te indeksa koronarne pulpe.

1992. godine Solheim je proučavao vezu između odlaganja sekundarnog dentina i dobi. U istraživanju je promatrano 1000 zubi, ne uključujući molare, te je mjerena apozicija sekundarnog dentina koristeći sustave bodovanja koje su predložili Gustafson, Dalitz i Johanson u svojim morfološkim metodama procjene dobi. Mjereni su veličina koronarne pulpe te širine pulpe i korijena zuba na caklinsko-cementnom spojištu i još 3 mjesta apikalnije. Gustafsonov i Dalitzov princip bodovanja pokazali su jasnu korelaciju apozicije dentina s dobi, ali ne tako snažnu kao Johansonov. Isto tako, rezultati su uputili na slabu vezu između veličine koronarne pulpe i dobi, vjerovatno zbog većeg utjecaja različitih vanjskih faktora na krunu zuba nego na radikularni dio. U području korijena zuba najjaču vezu s dobi pokazalo je mjerenje u cervikalnom dijelu, a omjer suma širina pulpe i suma širina samog zuba na 4 prethodno određene točke upućivalo je na još veću korelaciju (26).

#### **2.3.1. Omjer pulpe i zuba**

1994. godine Kvaal i Solheim predstavili su metodu koja je kombinirala morfološke i radiološke kriterije. Mjerena je duljina apikalne translucetne zone u korijenu i veličina paradontne retrakcije, a na rentgenskim snimkama izračunate su duljine i širine pulpe i korijena. Različiti omjeri pulpe i korijena pokazali su značajnu vezu s dobi (16). Godinu dana kasnije Kvaal je predložila novi princip procjene dobi, temeljen isključivo na periapikalnim snimkama. U istraživanju je sudjelovalo 100 pacijenata sa Stomatološkog

fakulteta u Oslu. Mjerenja su provedena na maksilarnim središnjim i lateralnim sjekutićima, drugim pretkutnjacima te mandibularnim lateralnim sjekutićima, očnjacima i prvim pretkutnjacima. Izmjereni su duljina zuba, pulpe i korijena (od caklinsko-cementnog spojišta do apeksa) te širina pulpe i zuba u području caklinsko-cementnog spojišta, sredine korijena zuba i polovice udaljenosti između sredine korijena i caklinsko-cementnog spojišta. Kako bi se spriječile greške pri mjerenju zbog uvećanja i različitih kuteva snimanja, izračunati su omjeri različitih duljina. Omjer duljine zuba i korijena nije pokazivao jasnu vezu s dobi pojedinca, što upućuje na činjenicu da se atricija okluzalne plohe ne može povezati sa starosti osobe. Uočena je veća korelacija između dobi i srednje vrijednosti svih omjera nego dobi i svakog omjera zasebno, pa je tako generirana formula za procjenu dobi:  $dob = 129.8 - 316.4M - 66.8(W - L)$ . M predstavlja srednju vrijednost svih koeficijenata, W srednju vrijednost omjera širina mjerenih u točkama B i C, a L srednju vrijednost omjera duljina pulpe i korijena te pulpe i čitavog zuba. Također, dokazani su precizniji rezultati kada je uključeno više zuba (27).



Slika 3. Mjerenja na rentgenskoj snimci. T, maksimalna duljina zuba; P, maksimalna duljina pulpe; R, duljina korijena zuba na mezijalnoj površini; A, širina pulpe i korijena u području caklinsko-cementnog spojišta; B, širina pulpe i korijena na polovini udaljenosti između točki A i C; C, širina pulpe i korijena na polovini dužine korijena zuba.

Cameriere je 2004. godine proveo istraživanje na 100 pacijenata promatrajući rentgenske snimke desnih gornjih očnjaka. Dokazao je kako omjer površine pulpe i korijena (AR) uz omjer širine pulpe i korijena na sredini radikularnog dijela zuba (c) imaju najveći značaj u procjeni dobi pa ih je uvrstio u formulu:  $dob = 86.53 - 457.14AR - 22.98c$  (28). Kako bi uključio što više informacija, nekoliko godina kasnije Cameriere je analizirao gornje i donje očnjake u lateralnoj i labio-lingvalnoj projekciji, čime je dobio preciznije rezultate (29). Očnjaci su se pokazali pogodnima za ovu metodu zbog svoje jednostavne anatomije, velike pulpne komore i manje izloženosti okluzalnom trošenju, čime su omogućena preciznija mjerenja (30).

2005. godine Bosmans i suradnici proširili su Kvaal metodu koristeći ortopantomograme umjesto dotadašnjih periapikalnih snimki. Estimacija dobi putem panoramskih snimki pokazala je rezultate usporedive s originalnom metodom (31).

Vodanović i suradnici usporedili su različite metode procjene dobi ekshumacijom skeletnih ostataka na području Požege. 4 neinvazivne metode uključene su u istraživanje: zatvaranje palatinalne suture, atricija okluzalnih površina zubi, translucencija korijenskog dentina te omjer pulpe i zuba. Procjena dobi na temelju omjera pulpe i zuba rađena je prema Cameriereovoj metodi na gornjim očnjacima. Kao nedostaci ove metode u odnosu na ostale navedeni su kompliciranost izvedbe te vremenska zahtjevnost, no i dalje se smatra pouzdanom metodom procjene dobi skeletnih ostataka. Najveću sličnost u rezultatima pokazali su zatvaranje palatinalne suture i atricija okluzalnih površina zubi, a metoda omjera pulpe i zuba nije pokazala tolika podudaranja s ostalim tehnikama. Zaključeno je da se kombinacijom različitih metoda može povećati postotak uspješnosti estimacije dobi (32).

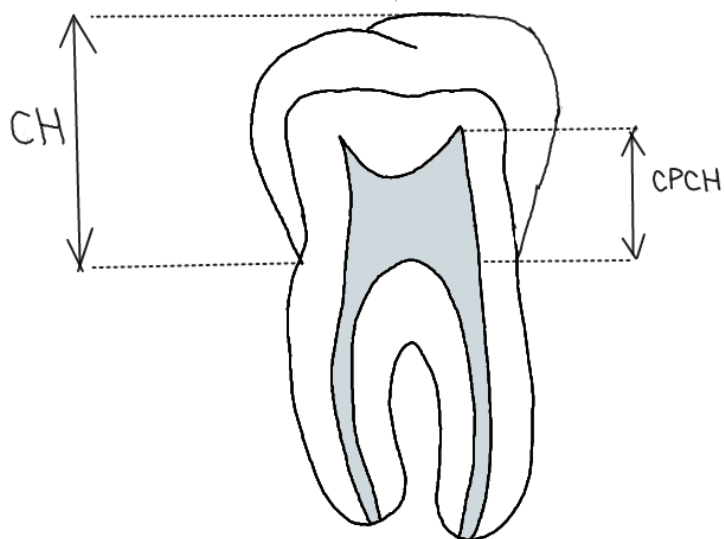
Posljednjih godina sve više je u uporabi kompjutorska tomografija s konusnim zrakama (CBCT), pa je tako pronašla mjesto i u procjeni dentalne dobi. CBCT daje uvid u trodimenzionalnu strukturu zuba čime se dobiva puno više potrebnih informacija. Visoka rezolucija i relativno niske doze zračenja samo su neke od njegovih prednosti u odnosu na dvodimenzionalne snimke. 2006. godine Yang i suradnici upotrijebili su CBCT u cilju dokazivanja veze omjera volumena pulpe i zuba s dentalnom dobi. Istraživanje provedeno na jednokorijenskim zubima pokazalo je korisnost CBCT-a u procjeni dentalne dobi i mogućnost daljnjeg napretka tehnike (33). Na uzorku španjolske (34) i iranske populacije

(35) uočena je najveća korelacija s dobi kod gornjih središnjih sjekutića. U novijim istraživanjima proučavana je procjena dobi na višekorijenskim zubima. Mjerenjem volumena pulpne komore prvih molara putem CBCT-a dokazana je značajna veza s dobi (36), a usporedbom volumena pulpnih komora 13 tipova zuba (jednokorijenskih i višekorijenskih) najveća korelacija sa starosti pojedinca dokazana je kod gornjih drugih molara (37).

### **2.3.2. Indeks koronarne pulpe**

Drusini i suradnici 1997. godine proveli su istraživanje na 846 intaktnih zuba kako bi dokazali preciznost indeksa koronarne pulpe, kojeg su prvi predstavili Ikeda i suradnici nekoliko godina ranije, u procjeni dentalne dobi. Promatrani su pretkutnjaci i kutnjaci na ortopantomogramima te je izmjerena visina krune zuba (CH) i visina koronarne pulpe (CPCH) u milimetrima. Granicu krune i korijena predstavljalo je caklinsko-cementno spojište. Izračunat je indeks koronarne pulpe (TCI) prema Ikedinoj formuli:  $TCI = CPCH \times 100/CH$ , koji je zatim uvršten u linearnu jednadžbu za procjenu dobi. Istraživanje je pokazalo negativnu korelaciju indeksa s dobi – porastom dobi indeks je bio sve manji. Spol nije pokazao značajan utjecaj na procjenu dobi uz indeks koronarne pulpe. Dokazano je da je indeks koronarne pulpe pouzdan pokazatelj dentalne dobi, a metoda se pokazala jednostavnom te ne oduzima puno vremena (38).





Slika 4. Mjerenja na rentgenskoj snimci. CH, visina krune zuba; CPCH, visina koronarne pulpe.

Proučavanje uzorka stanovništva države Malawi uputilo je na utjecaj spola na procjenu dobi navedenom metodom te potrebu za razvojem specifičnih formula za muškarce i žene. (39) Daljnja istraživanja pokazala su kod žena, starenjem, veće smanjenje pulpne komore kao posljedica djelovanja estrogena koji ima velik utjecaj na odlaganje sekundarnog dentina (40).

Istraživanje na uzorku indijske populacije pokazalo je pozitivnu korelaciju indeksa koronarne pulpe i dobi, što je objašnjeno relativno malim brojem godina ispitanika (20-40 godina), kada smanjenje pulpne komore uslijed odlaganja dentina nije izraženo (41).

### **3. RASPRAVA**

Procjena dentalne dobi i dalje je velik izazov forenzičkih stomatologa, posebno nakon završetka rasta i razvoja. Procjena dobi tada se oslanja na degenerativne promjene, do kojih dolazi starenjem organizma. Te promjene podložne su varijacijama zbog utjecaja različitih čimbenika - prehrane pojedinca, okluzije, postojanja karijesa i parodontnih bolesti te konzumacije alkohola i droga, što značajno utječe na zahtjevnost procjene dentalne dobi kod odraslih osoba (4).

Od sredine 20. stoljeća začetkom Gustafsonove metode procjene dobi kod odraslih težilo se manje invazivnim metodama. Gustafsonova metoda i njezine modifikacije podrazumijevaju ekstrakciju zuba s ciljem pripreme mikroskopskog preparata. S obzirom na to morfološke metode mogu se smatrati neprihvatljivima zbog etičkih, kulturoloških i religijskih razloga, a onemogućena je i procjena dobi kod živih osoba. Razvojem radioloških metoda procjene dentalne dobi 90-ih godina 20. stoljeća osiguran je neinvazivni pristup, u svrhu procjene dobi živih pojedinaca i bez ekstrakcija kod umrlih (42). Morfološke metode poput Gustafsonove uzimaju u obzir više čimbenika prilikom procjene dentalne dobi, što može biti vremenski zahtjevno, a neki od čimbenika mogu biti nedostupni za promatranje uslijed raspada mekih tkiva (npr. promjene parodontnog ligamenta), što kod radioloških metoda nije slučaj (15).

Usporedbom triju metoda procjene dentalne dobi na temelju promjena endodontskog prostora dobiven je uvid u primjenjivost neinvazivnih radioloških metoda. Kvaal metoda podrazumijeva omjer linearnih mjerenja pulpe, zuba i korijena, tj. širine i duljine zuba, pulpe i korijena; Cameriereova metoda bazirana je na omjerima površine pulpe i zuba, a treća metoda uključuje volumetrijska mjerenja pulpe i zuba uz pomoć CBCT-a. Kvaal i Cameriere metode pokazale su se jednostavnijima i vremenski manje zahtjevnima, dok volumetrijska mjerenja zahtijevaju dodatna znanja i upotrebu kompleksnijeg softwera (43). Kao nedostatak Kvaal metode navedena je potreba za velikim brojem zubi (šest) koji vrlo često nisu prisutni kod osoba starije životne dobi (44).

Novija istraživanja dokazala su da volumetrijska mjerenja putem CBCT-a daju puno više informacija, a time i manju pogrešku te preciznije rezultate (45). Dvodimenzionalne radiološke snimke ograničene su na linearne mjere u vertikalnoj i meziodistalnoj ravnini, a razni čimbenici mogu utjecati na pogreške prilikom mjerenja – malpozicije i rotacije

zubi, zbijenost te superponiranje struktura. Uvođenjem treće dimenzije uz pomoć CBCT-a dobiva se vjerodostojni prikaz promjena zubnih tkiva (46).

Godine 2017. na indijskoj populaciji provedena je usporedba Kvaal metode i metode indeksa koronarne pulpe. Standardna formula Kvaal metode modificirana je za stanovnike Indije kako bi se dobili točniji rezultati. Obje metode dokazale su se korisnima u procjeni dentalne dobi Indijaca, no modificirana Kvaal metoda pokazala je manju pogrešku u odnosu na indeks koronarne pulpe (47). Pet godina kasnije proučavana je točnost Cameriereove i Drusinijeve metode u procjeni dobi uzorka populacije zapadne Indije te je dokazana potreba za daljnjim istraživanjima zbog slabe korelacije s dobi (48). Na uzorku turske populacije dobiveni su drugačiji rezultati. Drusinijeva metoda indeksa koronarne pulpe uputila je na negativnu, ali ipak preslabu korelaciju s dobi, dok se Cameriereova metoda omjera površine pulpe i zuba pokazala korisnom u procjeni dentalne dobi Turaka (30). Navedeni rezultati upućuju na potrebu testiranja navedenih metoda procjene dobi na pojedinim etničkim skupinama kako bi se utvrdila njihova točnost i mogućnost upotrebe za različite populacije.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Metode procjene dentalne dobi na temelju promjena endodontskog prostora smatraju se neinvazivnima i jednostavnima. Za njihovu primjenu nije potrebna ekstrakcija zuba te su pogodne za procjenu dobi umrlih, ali i živih pojedinaca. Radiološke snimke široko su dostupne, stoga su navedene metode lako primjenjive. Relativno niske doze zračenja i visoka rezolucija CBCT-a daju uvid u trodimenzionalnu strukturu zuba te jasniju sliku smanjenja volumena endodontskog prostora kao posljedice odlaganja sekundarnog dentina. Razvojem CBCT-a dobiveni su precizniji rezultati u procjeni dentalne dobi. Unatoč brojnim prednostima ovih metoda danas su i dalje više u upotrebi standardne morfološke metode procjene dentalne dobi kod odraslih osoba (Gustafsonova metoda i njezine modifikacije). Odlaganje sekundarnog dentina smatra se varijabilnim faktorom s obzirom na to da na njega utječu razni čimbenici poput prehrane, okluzije, oralno-higijenskih navika, pa i etnička pripadnost pojedinca. Potrebna su daljnja istraživanja na različitim populacijama kako bi radiološke metode procjene dentalne dobi kod odraslih osoba pronašle široku primjenu i standardizirale se za pojedine etničke skupine. Ukoliko je moguće, prilikom procjene dentalne dobi preporučljivo je koristiti kombinaciju različitih metoda u cilju dobivanja što preciznijih rezultata.

## **5. LITERATURA**

1. Jayaraman J, Wong HM, Roberts GJ, King NM, Cardoso HFV, Velusamy P, i ostali. Age estimation in three distinct east Asian population groups using southern Han Chinese dental reference dataset. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):242.
2. Franklin D, Flavel A, Noble J, Swift L, Karkhanis S. Forensic age estimation in living individuals: methodological considerations in the context of medico-legal practice. *Res Rep Forensic Med Sci*. 2015;5:53–66.
3. Gupta P, Kaur H, Shankari G.S. M, Jawanda MK, Sahi N. Human Age Estimation from Tooth Cementum and Dentin. *J Clin Diagn Res JCDR*. 2014;8(4):ZC07-ZC10.
4. Ugalde Barahona C, Olivares JM, González Mallea E, Moncada Cortés G, De Oliveira Junior OB, Ugalde Barahona C, i ostali. Forensic dentistry methods to estimate the chronological age of individuals. A topic review. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia*. 2017;29(1):173–86.
5. Šebečić V, Hoch A, Sabalić M. How to estimate dental age in paleodontology? *Bull Int Assoc Paleodont*. 2010;4(1):27–32.
6. Brkić H. Forenzička stomatologija. Zagreb: Školska knjiga; 2000.
7. Brkić H. Vještačenje identiteta postupcima na zubima. U: Vještačenje u stomatologiji. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Akademija medicinskih znanosti Hrvatske; 2005. str. 67–74.
8. Dumić M, Mardešić D. Rast i razvoj. U: Pedijatrija. 8. izd. Zagreb: Školska knjiga; 2016. str. 25–44.
9. Dumančić J. Razvoj zuba - odontogeneza. U: Biologija i morfologija ljudskih zuba. Zagreb: Naklada Slap; 2016. str. 27–41.
10. Soldo M, Meštrović S, Njemirovskij V. Razvoj zuba i potpornih struktura. *Sonda List Studenata Stomatološkog Fak Sveučilišta U Zagrebu*. 2010;20.(1.):40–3.
11. Panchbhai AS. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2011;40(4):199–212.



12. Brkić H, Vodanović M. Zubi u arheološkim i forenzičnim istraživanjima. U: *Biologija i morfologija ljudskih zuba*. Zagreb: Naklada Slap; 2016. str. 225–33.
13. Puranik M, Priyadarshini C, Uma SR. Dental Age Estimation Methods: A Review. *Int J Adv Health Sci*. 2015;1:19–25.
14. Lewis JM, Kasper KA. Assessment of Dental Age. U: *Forensic Odontology: Principles and Practice*. Academic Press; 2018. str. 145–71.
15. Verma M, Verma N, Sharma R, Sharma A. Dental age estimation methods in adult dentitions: An overview. *J Forensic Dent Sci*. 2019;11(2):57–63.
16. Stavrianos C, Mastagas D, Stavrianou I, Karaiskou O. Dental Age Estimation of Adults: A Review of Methods and Principals. *Res J Med Sci* 2. 2008;258–68.
17. Pillai PS, Bhaskar GR. Age estimation from teeth using Gustafson's method--a study in India. *Forensic Sci*. 1974;3(2):135–41.
18. Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *J Oral Rehabil*. 2017;44(4):291–8.
19. Tranasi M, Sberna MT, Zizzari V, D'Apolito G, Mastrangelo F, Salini L, i ostali. Microarray evaluation of age-related changes in human dental pulp. *J Endod*. 2009;35(9):1211–7.
20. Baker A, Karpagaselvi K, Kumaraswamy J, Ranjini MR, Gowher J. Role of dental pulp in age estimation: A quantitative and morphometric study. *J Forensic Dent Sci*. 2019;11(2):95–102.
21. Brkić H. Građa, funkcija i biologija dentina. U: *Biologija i morfologija ljudskih zuba*. Zagreb: Naklada Slap; 2016. str. 147–55.
22. Goldberg M, Kulkarni AB, Young M, Boskey A. Dentin: structure, composition and mineralization. *Front Biosci Elite Ed*. 2011;3(2):711–35.
23. Tarle Z. Anatomska i biološka svojstva zubnih tkiva. U: *Restaurativna dentalna medicina*. Zagreb: Medicinska naklada; 2019. str. 1–12.

24. Schaffner M, Stich H, Lussi A. Denticles: dental pulp calculi. *Swiss Dent J.* 2014;124(4):416–7.
25. Morse DR. Age-related changes of the dental pulp complex and their relationship to systemic aging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;72(6):721–45.
26. Solheim T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Scand J Dent Res.* 1992;100(4):193–9.
27. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int.* 1995;74(3):175–85.
28. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci.* 2004;49(2):317–9.
29. Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by mesial and vestibular peri-apical X-rays. *J Forensic Sci.* 2007;52(5):1151–5.
30. Hatice BD, Nihal A, Nursel A, Humeyra Ozge Y, Goksuluk D. Applicability of Cameriere's and Drusini's age estimation methods to a sample of Turkish adults. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(7):20170026.
31. Bosmans N, Ann P, Aly M, Willems G. The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic Sci Int.* 2005;153(2–3):208–12.
32. Vodanović M, Dumančić J, Galić I, Savić Pavićin I, Petrovečki M, Cameriere R, i ostali. Age estimation in archaeological skeletal remains: evaluation of four non-destructive age calculation methods. *J Forensic Odontostomatol.* 2011;29(2):14–21.
33. Yang F, Jacobs R, Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. *Forensic Sci Int.* 2006;159 Suppl 1:S78-83.

34. Molina A, Bravo M, Fonseca GM, Márquez-Grant N, Martín-de-Las-Heras S. Dental age estimation based on pulp chamber/crown volume ratio measured on CBCT images in a Spanish population. *Int J Legal Med.* 2021;135(1):359–64.
35. Haghanifar S, Ghobadi F, Vahdani N, Bijani A. Age estimation by pulp/tooth area ratio in anterior teeth using cone-beam computed tomography: comparison of four teeth. *J Appl Oral Sci Rev FOB.* 2019;27:e20180722.
36. Ge Z pu, Ma R han, Li G, Zhang J zong, Ma X chen. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. *Forensic Sci Int.* 2015;253:133.e1-7.
37. Ge ZP, Yang P, Li G, Zhang JZ, Ma XC. Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. *Int J Legal Med.* 2016;130(4):1159–67.
38. Drusini AG, Toso O, Ranzato C. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *Am J Phys Anthropol.* 1997;103(3):353–63.
39. Igbigbi PS, Nyirenda SK. Age estimation of Malawian adults from dental radiographs. *West Afr J Med.* 2005;24(4):329–33.
40. Agematsu H, Someda H, Hashimoto M, Matsunaga S, Abe S, Kim HJ, i ostali. Three-dimensional observation of decrease in pulp cavity volume using micro-CT: age-related change. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2010;51(1):1–6.
41. Gotmare SS, Shah T, Periera T, Waghmare MS, Shetty S, Sonawane S, i ostali. The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in adults. *Dent Res J.* 2019;16(3):160–5.
42. Merdietio Boedi R, Shepherd S, Oscandar F, Mânica S, Franco A. 3D segmentation of dental crown for volumetric age estimation with CBCT imaging. *Int J Legal Med.* 2023;137(1):123–30.

43. Marroquin TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Vasudavan S, Kruger E, Tennant M. Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review. *Forensic Sci Int.* 2017;275:203–11.
44. Willems G, Moulin-Romsee C, Solheim T. Non-destructive dental-age calculation methods in adults: intra- and inter-observer effects. *Forensic Sci Int.* 2002;126(3):221–6.
45. Vila-Blanco N, Varas-Quintana P, Tomás I, Carreira MJ. A systematic overview of dental methods for age assessment in living individuals: from traditional to artificial intelligence-based approaches. *Int J Legal Med.* 2023;137(4):1117–46.
46. Issrani R, Prabhu N, Sghaireen MG, Ganji KK, Alqahtani AMA, ALJamaan TS, iostali. Cone-Beam Computed Tomography: A New Tool on the Horizon for Forensic Dentistry. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(9):5352.
47. Pushpa, Keluskar V, Bagewadi A, Kale A. Comparison of accuracy in age estimation by modified Kvaal's formula and coronal pulp cavity index - a radiographic study. *Int J Adv Res.* 2017;5:1503–10.
48. Shah PH, Venkatesh R, More CB. Age estimation in Western Indian population by Cameriere's and Drusini's methods. *J Oral Maxillofac Pathol JOMFP.* 2022;26(1):116–20.

## **6. ŽIVOTOPIS**

Klara Gabriela Penić, diplomski rad

---

Klara Gabriela Penić rođena je 25.3.1999. u Berlinu, u Saveznoj Republici Njemačkoj. Završila je Osnovnu školu Josipa Zorića u Dugom Selu te Osnovnu glazbenu školu Dugo Selo, smjer flauta. 2013. godine upisala je Žensku opću gimnaziju Družbe sestara milosrdnica u Zagrebu, a 2017. studij Dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija sudjelovala je na studentskim simpozijima i kongresima.