Izrada hrvatskoga standarda za procjenu dentalne dobi djece na uzorku digitalnih ortopantomograma

Bedek, Ivan

Doctoral thesis / Disertacija

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:689135

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Ivan Bedek

IZRADA HRVATSKOGA STANDARDA ZA PROCJENU DENTALNE DOBI DJECE NA UZORKU DIGITALNIH ORTOPANTOMOGRAMA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Ivan Bedek

IZRADA HRVATSKOGA STANDARDA ZA PROCJENU DENTALNE DOBI DJECE NA UZORKU DIGITALNIH ORTOPANTOMOGRAMA

DOKTORSKI RAD

Mentori:

prof. prim. dr. sc. Ivana Čuković-Bagić

izv. prof. dr. sc. Jelena Dumančić

Zagreb, 2019.

University of Zagreb

School of Dental Medicine

Ivan Bedek

CONSTRUCTION OF CROATIAN STANDARD FOR DENTAL AGE ESTIMATION ON A SAMPLE OF DIGITAL ORTHOPANTOMOGRAMS

DOCTORAL DISSERTATION

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren na Zavodu za dječju i preventivnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Ana Bedek, prof.

Lektor engleskog jezika: Dr. Rupert Thorough

Sastav Povjerenstva za ocjenu doktorskog rada:

1. Prof. dr. sc. Hrvoje Brkić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Martina Majstorović, član
3. Prof. dr. sc. Marina Lapter Varga, član
4. Doc. dr. sc. Tomislav Lauc, član
5. Prof. dr. sc. Miljenko Marušić, član

Sastav Povjerenstva za obranu doktorskog rada:

1. Prof. dr. sc. Hrvoje Brkić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Martina Majstorović, član
3. Prof. dr. sc. Marina Lapter Varga, član
4. Doc. dr. sc. Tomislav Lauc, član
5. Prof. dr. sc. Miljenko Marušić, član
6. Doc. dr. sc. Ivana Savić Pavičin, zamjena

Datum obrane rada: 12. prosinca 2019.

Rad sadrži: 131 stranicu
59 tablica
5 slika
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 izvorni su doprinos autora poslijediplomskoga doktorskog 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 mentorici prof. prim. dr. sc. Ivani Čuković-Bagić na ukazanom povjerenju, profesionalnim i životnim savjetima, strpljivoj podršci i stalnoj spremnosti na pomoć.

Hvala komentorici izv. prof. dr. sc. Jeleni Dumančić na uloženom vremenu i trudu, vrijednim savjetima i prijateljskoj suradnji.

Hvala izv. prof. dr. sc. Tomislavu Laucu na nesebičnom ustupanju ortopantomograma za analizu bez čega ne bi bilo ovog istraživanja.

Hvala prof. dr. sc. Miljenku Marušiću na statističkoj i matematičkoj obradi podataka koja je premašila sve zahtjeve i očekivanja.

Hvala prijatelju profesoru Rupertu Thoroughu na podršci i neprocjenjivoj pomoći prilikom pisanja i objavljivanja znanstvenih radova na engleskom jeziku.

Hvala mojoj obitelji koja me je podržavala i hrabrila, a kojoj sam često uskraćivao svoje prisustvo i pažnju tijekom ovog istraživanja.

Sažetak

IZRADA HRVATSKOGA STANDARDA ZA PROCJENU DENTALNE DOBI DJECE NA UZORKU DIGITALNIH ORTOPANTOMOGRAMA

Procjena dobi temeljni je dio svakog identifikacijskog postupka. Preciznost ove procjene važna je kako u forenzičnim, tako i u pravnim postupcima, a svoju primjenu ima i u antropologiji, arheologiji i kliničkom radu. Za vrijeme rasta i razvoja dob je moguće procijeniti na temelju razvojnih stadija zuba pa tako postoje brojne metode za procjenu dentalne dobi. Cilj ovog istraživanja bio je odrediti preciznost najčešće korištenih metoda za procjenu dentalne dobi na reprezentativnom uzorku hrvatske dječje populacije te napraviti prilagodbe za hrvatsku populaciju.

U istraživanju je korišteno 1996 digitalnih standardiziranih ortopantomograma djece u dobi od pet do šesnaest godina prikupljenih u Zagrebu, Splitu, Osijeku i Varaždinu. Na temelju očitanih razvojnih stadija procijenjena je dob metodama po Demirjianu, Willemsu i Haavikko.

Utvrđeno je da metoda po Demirjianu prosječno precjenjuje dob kod dječaka za 0,80 godina, a kod djevojčica za 0,84 godine. Willemsovom metodom dob se u prosjeku precjenjuje za 0,41 godinu kod dječaka te za 0,22 godine kod djevojčica. Metoda po Haavikko prosječno podcjenjuje dob za 0,61 godinu kod dječaka te za 0,82 godine kod djevojčica. Napravljene su prilagodbe sve tri spomenute metode hrvatskoj populaciji te je njihovim testiranjem utvrđeno statistički značajno povećanje preciznosti u procjeni dobi. Razvijeni su novi modeli za procjenu dentalne dobi koji koriste od dva do šest zuba, a svi su značajno precizniji od originalne Willemsove metode. Korištenjem novih modela moguće je procijeniti dob u slučajevima nedostatka pojedinih zubi u donjoj čeljusti (hipodoncija, fragmentirani ljudski ostatci) što dosad dostupne metode nisu omogućavale. Pri tome preciznost procjene dobi nije kompromitirana, nego čak nadmašuje preciznost dostupnih metoda.

Prilagodbe metoda po Demirjianu, Willemsu i Haavikko predstavljaju novi standard za procjenu dentalne dobi u hrvatskoj populaciji. Novi modeli za procjenu dentalne dobi na

manjem broju zuba izvoran su i značajan doprinos forenzičnoj i kliničkoj stomatologiji te dentalnoj antropologiji.

Ključne riječi: procjena dentalne dobi, Demirjianova metoda, Willemsova metoda, Haavikkina metoda, novi modeli za procjenu dentalne dobi, Hrvatska

Summary

CONSTRUCTION OF THE CROATIAN STANDARD FOR DENTAL AGE ESTIMATION ON A SAMPLE OF DIGITAL ORTHOPANTOMOGRAMS

Age estimation represents a crucial part of every identification process. The accuracy of age estimation plays an essential role in forensic and legal procedures as well as in broader anthropological, archeological and clinical cases. During the time of growth and development it is possible to estimate age based on the developmental stages of permanent teeth, which has resulted in numerous methods intended for dental age estimation. The aim of this study was to test the accuracy of frequently used methods for dental age estimation on a representative sample of Croatian children and to adapt these existing methods for the Croatian population.

1, 996 orthopantomograms of children aged five to sixteen were collected from four Croatian cities: Zagreb, Split, Osijek and Varaždin. Age was estimated based on the developmental stages of permanent teeth using three different methods named after their authors: Demirjian, Willems and Haavikko. All tested methods were adapted with formulas and coeficients specific for the Croatian population.

An average age overestimation of 0.80 years in boys and 0.84 years in girls was noted using the Demirjian method. The Willems method overestimated age by 0.41 years in boys and 0.22 years in girls; the Haavikko method underestimated age by 0.61 in boys and 0.82 years in girls. A significant improvement was achieved through adaptation of the cited methods, which was demonstrated by testing new parameters specific for the Croatian population. New models for dental age estimation that use two to six teeth were developed. All the models proved to be significantly more precise than the original Willems method. By utilizing these new models it is possible to estimate age in cases where several mandibular teeth are missing (e.g., hypodontia, incomplete human remains) surpassing the accuracy and extent of existing methods.

The adaptation of the Demirjian, Willems and Haavikko methods represents a new standard in dental age estimation for the Croatian population. These newly developed

models for dental age estimation based on two to six teeth stand as an important contribution to forensic odontology, clinical dentistry and dental anthropology.

Key words: dental age estimation, Demirjian method, Willems method, Haavikko method, new models for dental age estimation, Croatia

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Rast i razvoj 2
1.2. Definicija osnovnih pojmova 3
1.3. Razlozi za procjenu dobi 4
1.4. Procjena koštane (skeletne) dobi 5
1.5. Procjena dentalne dobi 7
1.5.1. Razvoj zuba 8
1.6. Metode za procjenu dentalne dobi 13
1.6.1. Metoda po Nolli 13
1.6.2. Metoda po Moorrees-Fanning-Huntu 14
1.6.3. Metoda po Haavikko 17
1.6.4. Metoda po Demirjianu 21
1.6.5. Metoda po Willemsu 26
1.6.6. Metoda po Camerieru 28
1.6.7. Metode za procjenu dentalne dobi temeljene na mineralizaciji trećih kutnjaka. 29
1.6.8. Rjeđe korištene metode za procjenu dentalne dobi 30
1.7. Kritički osvrt na metode za procjenu dobi 32
2. CILJEVI I HIPOTEZE 35
3. MATERIJALI I METODE 37
3.1. Ispitanici (uzorak) 38
3.2. Obrada uzorka 39

3.3. Statističke i matematičke metode ... 46
3.3.1. Ponovljivost očitanja stadija razvoja ... 46
3.3.3. Procjena dentalne dobi ... 47
3.3.4. Prilagodbe metoda hrvatskoj populaciji ... 47
3.3.5. Procjena preciznosti metoda i njihovih prilagodbi hrvatskoj populaciji .. 50
3.3.6. Provjera prilagodbi metoda u simulacijama ... 51
3.3.7. Testiranje značajnosti razlika u preciznosti procjene dobi ... 51
4. REZULTATI ... 53
4.1. Ponovljivost očitanja stadija razvoja ... 54
4.2. Usporedba stadija razvoja zuba lijeve i desne strane ... 54
4.3. Metoda po Demirjianu ... 57
4.4. Metoda po Willemsu ... 59
4.5. Metoda po Haavikko ... 60
4.6. Prilagodbe Demirjianove metode hrvatskoj populaciji ... 62
4.7. Procjena preciznosti Demirjianove metode i njezinih prilagodbi hrvatskoj populaciji ... 64
4.8. Provjera prilagodbi Demirjianove metode hrvatskoj populaciji ... 66
4.9. Prilagodbe Willemsove metode hrvatskoj populaciji ... 68
4.10. Procjena preciznosti Willemsove metode i njezinih prilagodbi hrvatskoj populaciji ... 70
4.11. Provjera prilagodbi Willemsove metode hrvatskoj populaciji ... 72
4.12. Prilagodbe Haavikkine metode hrvatskoj populaciji ... 74
4.13. Procjena preciznosti Haavikkine metode i njezine prilagodbe pomakom hrvatskoj populaciji ... 74
4.14. Provjera prilagodbe pomakom Haavikkine metode hrvatskoj populaciji 76
4.15. Potpuna prilagodba Haavikkine metode hrvatskoj populaciji ... 78
4.16. Usporedba metoda ... 82

4.17. Novi modeli za procjenu dentalne dobi na temelju razvojnih stadija 1 do 6 zuba…… 84

4.18. Usporedba originalne Willemsove metode s prilagođenom Willemsovom metodom (Willems regresija) i novim modelima s 1 do 6 zuba 93

5. RASPRAVA 97

6. ZAKLJUČAK 110

7. LITERATURA..... 113

8. ŽIVOTOPIS 129

Popis skraćenica:

BMI – engl. body mass index (indeks tjelesne težine)

CT – engl. computerised tomography; hrv. kompjuterizirana tomografija

CBCT – engl. cone beam computed tomography; hrv. kompjuterizirana tomografija stožastom zrakom

DDD – dentalna dob procijenjena Demirjianovom metodom

DDM – dentalna dob procijenjena jednom od metoda za procjenu dobi

DMS – engl. dental maturity score; hrv. zbroj bodova dentalne zrelosti

f – funkcija

GP metoda – metoda za procjenu koštane dobi autora Greulicha i Pylea

HDD - dentalna dob određena Haavikkinom metodom

PPM – prosječna pogreška metode

TW metoda - metoda za procjenu koštane dobi autora Tannera i Whitehousea

TW1, TW2 i TW3 – različite prilagodbe metode za procjenu koštane dobi autora Tannera i Whitehousea

WDD - dentalna dob procijenjena Willemsovom metodom

1. UVOD

1.1. Rast i razvoj

Rast i razvoj entiteti su koji opisuju složen proces sazrijevanja organizma kroz vrijeme. Rast se odnosi na kvantitativne promjene u organizmu koje nastaju umnažanjem i povećavanjem stanica dok razvoj podrazumijeva kvalitativne promjene koje obilježavaju povećanje i unaprjeđenje strukture i funkcije organa i tkiva. I rast i razvoj zavisni su o dobi, genetskom nasljeđu i vanjskim faktorima.

Već u vrijeme intrauterinog razvoja postoje brojni parametri na temelju kojih se procjenjuje rast i razvoj fetusa (1). Razvojem dijagnostičkih pomagala broj tih parametara postaje sve veći. Kako prije, tako i nakon rođenja rast i razvoj djeteta osnovni su pokazatelji njegova zdravlja. Budući da su podatci o datumu rođenja u razvijenom svijetu u pravilu dostupni, a redoviti pedijatrijski pregledi uobičajeni, na tim se pregledima podatci o visini, težini, opsegu glave kao i brojni drugi stavljaju u odnos prema dobi djeteta. U svrhu procjene rasta i razvoja pojedinog djeteta osmišljene su krivulje koje povezuju parametre rasta i razvoja s dobi. Krivulje rasta koje su preporučene i redovito prilagođavane od strane Svjetske zdravstvene organizacije, ali i unutar određenih populacija, važan su alat u praćenju rasta i razvoja djeteta (2–4). Postoji više tipova krivulja rasta koje se uobičajeno koriste i one su različite za dječake i djevojčice: visina u ovisnosti o dobi, težina u ovisnosti o dobi, opseg glave u ovisnosti o dobi te indeks tjelesne težine (BMI) za djecu stariju od dvije godine (5). Pratiti se može i brzina rasta (obično mjerena u centimetrima na godinu), a od velike je važnosti i procjena linearnosti rasta (6). Kao dodatni pokazatelji rasta i razvoja koriste se i tjelesne proporcije koje se mijenjaju tijekom vremena te skeletna i dentalna zrelost (5). Veća odstupanja ovih osnovnih pokazatelja rasta i razvoja od prosjeka za dob ukazuju na moguću bolest ili poremećaj rasta.

Rast i razvoj mogu se opažati na cijelom organizmu, pojedinim organima kao i na razini samih stanica. Rast ovisi o hiperplaziji, hipertrofiji i apoptozi stanica, a njegova brzina i uspjeh ovise o usklađenosti ovih procesa u organizmu koji, kada su koordinirani, omogućuju oplođenoj jajnoj stanici da se razvije u zdravu odraslu osobu dok neusklađenost ovih procesa može izazvati različite poremećaje u rastu cijelog tijela ili nekih njegovih dijelova (6). Ljudsko tijelo raste i razvija se različitom brzinom tijekom

vremena. Iako djeca u prvoj godini života rastu iznimno brzo, ta je brzina neusporediva s brzinom rasta intrauterino. Brzina se stabilizira nakon dojenačke dobi sve do puberteta kada rast naglo ubrzava da bi se tijekom adolescencije usporio i završio u odrasloj dobi.

1.2. Definicija osnovnih pojmova

Kako bi se rast i razvoj opisali i mogli mjeriti, postoje precizno definirani pojmovi koji se koriste u tu svrhu.

Kronološka dob vrijeme je proteklo od rođenja do trenutka promatranja određene osobe. Izražava se u godinama i mjesecima. Kronološka dob zadana je, određena datumom rođenja i kao takva predstavlja temeljni podatak za procjenu rasta, razvoja i zrelosti pojedinca. U razvijenim zemljama podatak o kronološkoj dobi poznat je i dostupan te nije potrebno procjenjivati ga. Upravo na temelju poznate kronološke dobi bilo je moguće izraditi krivulje rasta te osmisliti metode kojima se dob procjenjuje u slučajevima kada nije poznata.

Somatska ili tjelesna zrelost procjenjuje se na temelju podataka o visini i težini. Prema krivuljama visine i težine za dob može se okvirno procijeniti kronološka dob osobe. I visina i težina povezane su s dobi, no genetska komponenta koja određuje koliko će osoba narasti nije uključena u procjenu pa se tako primjerice procjenjuje da su djeca niskog rasta mlađa no što uistinu jesu (7). Ova činjenica onemogućuje zadovoljavajuću procjenu kronološke dobi na temelju podataka o visini i težini.

Sličan problem u procjeni dobi postoji i kod spolne zrelosti koja je karakterizirana pojavom sekundarnih spolnih obilježja i menarhama kod djevojčica što su još davno uočili Marshall i Tanner (8), a novija istraživanja potvrdila (9, 10).

Skeletna dob opisuje stupanj sazrijevanja kostiju. Temelj za procjenu skeletne dobi pojedini su osifikacijski centri koji se pojavljuju i sazrijevaju u točno određeno vrijeme. Ovaj način procjene zrelosti ima široku primjenu u kliničkoj praksi kao i u postupcima identifikacije zbog pouzdanosti kojom se odlikuje.

Dob je moguće procijeniti i na temelju razvoja zuba. Prve procjene temeljile su se na erupciji mliječnih i posebice trajnih zuba, a kasnije na stadijima razvoja vidljivim na rendgenskim snimkama. Dob procijenjena na temelju razvoja zuba naziva se dentalna dob.

Brojna su istraživanja koja propituju povezanost između kronološke dobi i navedenih pokazatelja rasta i razvoja kao i odnose između dvaju ili više pokazatelja zrelosti (11–13). Dentalna i koštana dob imaju najviši koeficijent korelacije s kronološkom dobi i zato se smatraju najpouzdanijim metodama za procjenu dobi.

1.3. Razlozi za procjenu dobi

Kronološka dob ne predstavlja uvijek isti stadij rasta i razvoja pojedinca (14). U kliničkom radu u pedijatriji, endokrinologiji, pedodonciji i ortodonciji potrebno je uz poznavanje kronološke dobi pribaviti i informaciju o zrelosti i stupnju razvoja pojedinca. U tu svrhu koriste se procjena skeletne (koštane) dobi i procjena dentalne dobi. Ove metode predstavljaju zapravo mjeru razvoja pojedinca.

U nedostatku podataka o identitetu i starosti osobe točna procjena dobi ključni je dio identifikacijskog postupka. Starost okrivljenika ili žrtve u forenzičnim i pravnim postupcima može imati važne implikacije na zakonom propisane kazne. Životna dob pojedincu može omogućiti neka socijalna prava ili privilegije. Procjena dobi, također, ima važnu ulogu u antropologiji i arheologiji. Kad nije poznata, kronološka dob najčešće se i s najvećom pouzdanošću procjenjuje na temelju razvoja kosti (koštana ili skeletna dob) i zuba (dentalna dob).

Dva su temeljna razloga zbog kojih se procjenjuje dob djeteta. Prvi je potreba za informacijom o razvoju pojedinca koja se koristi u kliničkom radu u medicini i stomatologiji. Drugi razlog je forenzični – procjena dobi pri identifikaciji zbog nedostatka osobnih podataka.

Skeletna ili koštana dob procjenjuje se u pravilu zato da bi se usporedila s kronološkom i tako se dobio podatak je li djetetov razvoj u skladu s njegovim godinama, koliko kasni ili žuri u razvoju. Korisnici ove metode najčešće su dječji endokrinolozi koji na temelju

razlika između skeletne i kronološke dobi procjenjuju razvoj pojedinca te zaključuju o mogućim poremećajima i bolestima koje se odražavaju na rast i razvoj. Procjena skeletne dobi može se koristiti i u forenzici, no u te se svrhe češće koristi procjena dentalne dobi.

Zbog činjenice da su zubi najpostojaniji dio ljudskog tijela i da nakon smrti najduže ostaju neizmijenjenog stanja, procjena dentalne dobi primarno teži biti forenzična tehnika kojom bi se bez podatka o kronološkoj dobi na temelju dentalne zrelosti ta dob mogla po mogućnosti bez pogreške procijeniti. Razlog je tome i u činjenici da je razvoj zuba mnogo manje pod utjecajem vanjskih faktora (prehrane i endokrinoloških poremećaja) od razvoja kosti te se smatra kako je dominantno pod utjecajem gena. To je i razlog zbog kojeg se dentalna dob ne običava koristiti u funkciji dijagnoze ili praćenja endokrinoloških poremećaja (15).

1.4. Procjena koštane (skeletne) dobi

Skeletna dob, kako je već navedeno, predstavlja stupanj sazrijevanja kostiju. Temelj za procjenu skeletne dobi osifikacijski su centri koji se pojavljuju i sazrijevaju po precizno utvrđenom obrascu prolazeći kroz karakteristične stadije razvoja. Osifikacija nekih kostiju započinje odmah pri rođenju, dok druge osificiraju tek s 14 godina (16). Rast i sazrijevanje kostiju podložni su varijacijama, osobito u vrijeme puberteta kad adolescentni zamah rasta može ranije ili kasnije započeti te različito trajati. Značajne razlike postoje i među spolovima, pa tako djevojčice od rođenja imaju viši stupanj razvoja kosti (višu skeletnu dob) od dječaka iste kronološke dobi i ta razlika perzistira kroz rast i razvoj (17). Sazrijevanje kostiju traje duže kod dječaka i završava prosječno čak 2 godine kasnije nego kod djevojčica. Skeletna dob, dakle, predstavlja dob u kojoj prosječno dijete doseže određen stupanj koštanog sazrijevanja.

Brojni dijelovi skeleta do sada su korišteni za procjenu dobi – kosti ruke, noge, vratni kralješci, kuk, rame i koljeno (18). Najčešće su korištene kosti šake, čemu je pridonijela činjenica da u šaci postoje brojne kosti koje osificiraju u različito vrijeme i čije se epifize zatvaraju dobro definiranom progresijom te to što su vidljive na samo jednoj

rendgenskoj snimci za koju je potrebna niska doza zračenja. U šaci postoje dvije vrste kosti – duge, koje pri rođenju imaju više osifikacijskih centara i kratke, koje imaju samo jedan. Karpalne kosti nisu osificirane pri rođenju, a osifikacija *os capitatum* i *os uncinatum* započinje nakon drugog mjeseca života dok *os pisiforme* osificira između 9. i 12. godine.

Todd, autor jednog od prvih atlasa (19) opisao je i slikama prikazao sazrijevanje kostiju šake i zapešća, odvojeno kod dječaka i djevojčica, u intervalima od 6 mjeseci uz opis specifičnih indikatora karakterističnih za određenu dob.

1959. godine Greulich i Pyle (20) predstavili su novu metodu (GP metoda) za procjenu skeletne dobi koja se temelji na 31 snimci šake dječaka karakteristične za dob od 0 do 19 godina i 27 snimaka šake djevojčica tipične za dob od 0 do 18 godina. Dob se ovom metodom procjenjuje tako da se u atlasu pronađe snimka najsličnija promatranoj te očita skeletna dob.

Tanner i Whitehouse (21–23) razvili su metodu za procjenu skeletne dobi (TW metoda) dodijelivši bodove svakom od 8 do 9 stadija 20 promatranih kostiju u šaci i to odvojeno za dječake i djevojčice. Na temelju ukupnog zbroja bodova iz tablica očitava se skeletna dob. Prva bodovna skala i tablice za izračunavanje skeletne dobi (21) sastavljene su polovicom 1962. godine, revidirane 1975. (22), no i takve su se s vremenom pokazale nepouzdanima zbog ranijeg sazrijevanja kostiju današnje djece. Stoga je metoda ponovno prilagođena i nazvana TW3 (23). Za djecu od 10 do 12 godina razlika u procjeni skeletne dobi između TW3 i TW2 je godinu dana. Za mlađu djecu ta je razlika manja. TW metoda ograničena je s 16,5 godina za dječake i 15 godina za djevojčice, dok GP metoda može procijeniti dob do 19 godina za dječake i 18 za djevojčice (24).

S vremenom su uočene značajne razlike u očitavanju stadija osifikacije među ispitivačima (25) pa su stoga predložene i neke automatizirane metode od kojih je BoneXpert metoda (26) klinički prihvatljiva (27). Metoda koristi računalni program koji na radiogramu šake automatski određuje obrise kostiju te izračunava njihovu „intrinzičnu“ koštanu dob. Vrijeme potrebno za analizu je kratko, a dob se procjenjuje s točnošću od ± 0,17 godina, prema GP metodi sa standardnom devijacijom od 0,42 godine, a prema TW metodi sa standardnom devijacijom od 0,80 godina (26). Raspon u

kojem BoneXpert može procijeniti dob je od 2,5 do 17 godina za dječake i od 2 do 15 godina za djevojčice.

Skeletna dob danas se može procijeniti i ultrazvukom mjereći širinu epifize palčane kosti u anteriornom, posteriornom i lateralnom smjeru. Ipak, ova metoda iziskuje daljnje istraživanje i usavršavanje kako bi postala široko primjenjiva (28, 29). Razvojem magnetne rezonancije iskorištena je mogućnost preciznog prikaza hrskavica, osobito kod mlađe djece (30, 31), a dobiveni podatci u istraživanjima ukazuju na mogućnost korištenja ove metode za procjenu skeletne dobi.

Usprkos razvoju novih metoda, u praksi se najviše koristi GP metoda (76 %) zbog svoje jednostavnosti i brzine kojom se može procijeniti skeletna dob. Iako mnogo objektivnija, TW metoda korištena je u 20 % slučajeva zbog složenosti i vremena potrebnog za određivanje stadija brojnih kostiju uključenih u procjenu dobi. Sve ostale metode koriste se u samo 4 % slučajeva (27). Iz ovih podataka vidi se da rendgenska snimka šake i danas predstavlja zlatni standard za procjenu skeletne dobi.

1.5. Procjena dentalne dobi

Poput kostiju i zubi u procesu sazrijevanja prate dobro definiran obrazac razvoja. Otkrićem rendgenskih zraka i razvojem dentalne radiologije uočena je postupnost mineralizacije zubne krune i korijena koju su brojni autori podijelili u različit broj stadija kako bi kronološki prikazali taj dio razvoja zuba. No 1837. godine, šezdesetak godina prije objavljivanja otkrića rendgenskih zraka, Edwin Saunders (32) ukazao je na mogućnost procjene dobi na temelju trajnih zuba prisutnih u ustima. Pregledavši oko 1000 engleske djece u dobi od 9 do 13 godina, ponudio je jednostavnu metodu procjene dobi koja je trebala pomoći da se premlada djeca ne šalju na rad u tvornicu. Erupcija zuba i danas se smatra jednim od pokazatelja dentalne zrelosti. Iako najlakše uočljiva, nije pouzdana jer je pod utjecajem brojnih čimbenika iz okoliša, a redoslijed nicanja može varirati od djeteta do djeteta (33).

Razvoj zuba započinje intrauterino te se histološki može razlikovati nekoliko karakterističnih stadija, no za procjenu dentalne dobi na temelju rendgenskih snimki

može se koristiti samo dio razvoja u kojem započinje mineralizacija koja se jasno vidi na takvim snimkama.

1.5.1. Razvoj zuba

U petom tjednu intrauterinog razvoja ektodermni epitel koji oblaže primitivnu usnu šupljinu zadebljava uzduž ruba buduće gornje i donje čeljusti u obliku dva epitelna nabora – lingvalnog i labijalnog. Labijalni nabor, nakon što se rascijepi, tvori vestibulum - prostor između usana i alveolarnog nastavka dok lingvalni nabor koji se naziva dentalna lamina predstavlja osnovu za zube. Nakon faze inicijacije proliferacijom stanica dentalne lamine te njihovim prodiranjem u vezivno tkivo nastaje deset pupoljaka u svakoj čeljusti koji predstavljaju zametke mliječnih zuba. Zubni pupoljci ne razvijaju se istovremeno; prvo se pojavljuju u donjoj čeljusti medijalno, a potom postupno prema distalno. U nastavku razvoja jasno se diferenciraju tri karakteristične strukture: epitelna kapa iz koje se kasnije razvija caklina, dentalna papila iz koje se razvija pulpo-dentinski kompleks i dentalni folikul koji okružuje caklinski organ, a iz kojeg se razvijaju potporne strukture zuba. Invaginacijom epitela i proliferacijom ektomezenhimalnih stanica dentalne papile nastaje struktura slična kapi unutar koje se nalazi caklinska pulpa (*reticulum stellatum*). Ovaj stadij karakterizira histodiferencijacija u kojoj se stanice unutarnjeg caklinskog epitela diferenciraju u preameloblaste, a ektomezenhimalne stanice dentalne papile u preodontoblaste. Pojedine stanice pri tom nastavljaju s proliferacijom, što se smatra odgovornim za genetski određenu morfologiju zuba. Tijekom razvoja korijena stanice zubne vrećice diferenciraju se u cementoblaste, fibroblaste parodontnog ligamenta i osteoblaste, a dentalna papila daje osnovu za diferencijaciju odontoblasta i drugih stanica zubne pulpe. Nakon histodiferencijacije slijedi morfodiferencijacija obilježena oblikom zvona pri čemu je zametak zuba još u vezi s epitelom usne šupljine pomoću epitelnog tračka, a postranično od zvona spušta se tračak trajnog zuba koji kasnije prati istu shemu razvoja kao i mliječni zub. Odontoblasti i ameloblasti u trećem mjesecu intrauterinog razvoja započinju sekreciju organskog matriksa budućeg dentina i cakline. Nakon što odontoblasti izluče prvi sloj nemineraliziranog predentina, započinje amelogeneza.

Istovremeno s izlučivanjem organskog matriksa cakline dolazi do njegove djelomične (inicijalne) mineralizacije. Faze sekrecije i inicijalne mineralizacije odvijaju se usporedno sa svakim stvorenim slojem. Zamjena organskih dijelova anorganskim (uglavnom solima kalcija i fosfora) naziva se maturacija cakline i događa se u preeruptivnoj fazi. Posteruptivno se minerali iz sline ugrađuju u porozni sloj površinske cakline.

Proces mineralizacije cakline započinje na incizalnom bridu sjekutića te na vrhovima kvržica pretkutnjaka i kutnjaka napredujući prema vratnom dijelu krune. Mineralizacija mliječnih i trajnih zuba u različitom se razdoblju odvija na pojedinim zubima te je, osim samim zubom i genetskim nasljeđem, spolno uvjetovana. U Tablici 1. prikazana je kronologija mineralizacije mliječnih i trajnih zuba (34).

Nakon sinteze dentinskog kolagena započinje njegova mineralizacija. Mineralizacija dentina odvija se ritmički u suprotnom smjeru od mineralizacije cakline. Svjetlosni fenomeni ritmičkog odlaganja minerala vidljivi mikroskopom zovu se Owenove crte.

Razvoj korijena zuba započinje nakon stvaranja krune. Proliferacija stanica Hertwigove ovojnice potiče diferencijaciju stanica zubne papile u odontoblaste koji odlažu korijenski predentin. Nakon stvaranja dentina uz unutrašnju stranu Hertwigove epitelne ovojnice započinje stvaranje cementa. Cementoblasti stvaraju organski matriks cementa – cementoid u koji se potom ugrađuju soli kalcija i fosfora mineralizirajući ga (35–37).

Kruna i već formirani dio korijena rastu prema usnoj šupljini, a vrh Hertwigove ovojnice proliferira i potiče daljnje stvaranje korijena prema apikalno. Koronarno fragmentirana Hertwigova ovojnica svojim raspadom omogućuje kontakt predentina i mezenhimalnih stanica koje se diferenciraju u cementoblaste te odlažu cementoid. Mineralizacija korijena odvija se u dentinu i cementu sinhronizirano. U trenutku pojave zuba u usnoj šupljini formirane su oko dvije trećine korijena. Prestankom nicanja Hertwigova ovojnica okružuje bazu papile i stvara apikalni otvor dok sam vrh korijena još kratko nastavlja rasti. Mliječnim zubima je za završetak rasta korijena nakon nicanja potrebno oko 1,5 godina, dok trajnima treba od 2 do 3 godine (36).

Iako se erupcija zuba smatra zadnjim stadijem u razvoju, korijen zuba u trenutku erupcije nije ni približno završio svoj rast. Erupcijom se također ne smatra samo

trenutak pojavljivanja zuba u usnoj šupljini, iako je upravo to ono što najčešće podrazumijevamo govoreći o njoj. Tri su faze erupcije (37): prederuptivna (koja podrazumijeva pomake zuba unutar čeljusti), eruptivna (karakterizirana okluzalnim ili aksijalnim pomicanjem zuba od pojave u usnoj šupljini do izrastanja u okluzijsku ravninu) te posteruptivna (funkcionalna, u kojoj se zub nalazi tijekom svog životnog vijeka).

Postoje opći i lokalni čimbenici koji utječu na nicanje zuba. Opći podrazumijevaju spol, rasu, hormonski status, prehrambene navike te tjelesni razvoj i zdravstveno stanje pojedinca. Lokalni su čimbenici elongacija korijena, rast pulpe i parodontnog ligamenta, stanje krvnih žila oko zuba, sile pri žvakanju i mimici te patologija mliječnih zuba (38). Kronologija nicanja mliječnih i trajnih zuba prikazana je u Tablici 2. (34).

Tablica 1. Kronologija mineralizacije mliječnih i trajnih zuba (34).

			početak mineralizacije	potpuno mineralizirana caklina	završen rast korijena
mliječni zubi	gornja čeljust	središnji sjekutić	4 mj. *in utero*	1,5 mj.	1,5 god.
		lateralni sjekutić	4,5 mj. *in utero*	2,5 mj.	2 god.
		očnjak	5 mj. *in utero*	9 mj.	3,25 god.
		prvi kutnjak	5 mj. *in utero*	6 mj.	2,5 god.
		drugi kutnjak	6 mj. *in utero*	11 mj.	3 god.
	donja čeljust	središnji sjekutić	4,5 mj. *in utero*	2,5 mj.	1,5 god.
		lateralni sjekutić	4,5 mj. *in utero*	3 mj.	1,5god.
		očnjak	5 mj. *in utero*	9 mj.	3,25 god.
		prvi kutnjak	5 mj. *in utero*	5,5 mj.	2,25 god.
		drugi kutnjak	6 mj. *in utero*	10 mj.	3 god.

Tablica 1. Kronologija mineralizacije mliječnih i trajnih zuba (34) (nastavak).

			početak mineralizacije	potpuno mineralizirana caklina	završen rast korijena
trajni zubi	gornja čeljust	središnji sjekutić	3-4 mj.	4-5 god.	10 god.
		lateralni sjekutić	10-12 mj.	8-9 god.	11 god.
		očnjak	4-5 mj.	11-12 god.	13-15 god.
		prvi pretkutnjak	1,5-1,75 god.	10-11 god.	12-13 god.
		drugi pretkutnjak	2-2,25 god.	10-12 god.	12-14 god.
		prvi kutnjak	pri rođenju	6-7 god.	9-10 god.
		drugi kutnjak	2,25-3 god.	12-13 god.	14-16 god.
		treći kutnjak	7-9 god.	17-21 god.	18-25 god.
	donja čeljust	središnji sjekutić	3-4 mj.	6-7 god.	9 god.
		lateralni sjekutić	3-4 mj.	7-8 god.	10 god.
		očnjak	4-5 mj.	9-10 god.	12-14 god.
		prvi pretkutnjak	1,75-2 god.	10-12 god.	12-13 god.
		drugi pretkutnjak	2,25-2,5 god.	11-12 god.	13-14 god.
		prvi kutnjak	pri rođenju	6-7 god.	9-10 god.
		drugi kutnjak	2,25-3 god.	11-13 god.	14-15 god.
		treći kutnjak	8-10 god.	17-21 god.	18-25 god.

Tablica 2. Kronologija nicanja mliječnih i trajnih zuba (34).

			vrijeme nicanja
mliječni zubi	gornja čeljust	središnji sjekutić	7,5 mj.
		lateralni sjekutić	9 mj.
		očnjak	18 mj.
		prvi kutnjak	14 mj.
		drugi kutnjak	24 mj.
	donja čeljust	središnji sjekutić	6 mj.
		lateralni sjekutić	7 mj.
		očnjak	16 mj.
		prvi kutnjak	12 mj.
		drugi kutnjak	20 mj.

			vrijeme nicanja
trajni zubi	gornja čeljust	središnji sjekutić	7-8 god.
		lateralni sjekutić	8-9 god.
		očnjak	11-12 god.
		prvi pretkutnjak	10-11 god.
		drugi pretkutnjak	10-12 god.
		prvi kutnjak	6-7 god.
		drugi kutnjak	12-13 god.
		treći kutnjak	17-21 god.
	donja čeljust	središnji sjekutić	6-7 god.
		lateralni sjekutić	7-8 god.
		očnjak	9-10 god.
		prvi pretkutnjak	10-12 god.
		drugi pretkutnjak	11-12 god.
		prvi kutnjak	6-7 god.
		drugi kutnjak	11-13 god.
		treći kutnjak	17-21 god.

1.6. Metode za procjenu dentalne dobi

Mineralizacija krune i korijena zuba intenzivno se počela proučavati pomoću radiološkog snimanja te koristiti kao jedan od pokazatelja rasta, razvoja, a time i dobi. Različiti autori ovaj su fiziološki proces podijelili na stadije radi lakšeg snalaženja. Upravo je to omogućilo razvoj brojnih metoda za procjenu dentalne dobi. Metode temeljene na stadijima razvoja zuba mogu se podijeliti na metode koje koriste atlas i metode koje koriste bodovne sustave (15). Danas su gotovo isključivo u primjeni metode s bodovnim sustavima koje se temelje na tablicama i jednadžbama izrađenima nakon analize velikog broja ortopantomograma. Neke od najčešće korištenih metoda za procjenu dentalne dobi prikazane su u nastavku.

1.6.1. Metoda po Nolli

Predstavljena 1960. godine, metoda je nazvana po svojoj autorici koja je kroz 12 godina longitudinalno pratila razvoj zuba te ga podijelila u 11 glavnih stadija (Tablica 3.) između kojih se mogu očitavati međustupnjevi označeni kao 0.2, 0,5 i 0,7 (39). Međustupnjevi služe kako bi se precizinije označile suptilne razlike koje postoje između dvaju susjednih stadija razvoja. Nakon određivanja stadija i međustupnjeva u tablicama, koje su priložene posebno za dječake, a posebno za djevojčice, može se vidjeti koja dob korespondira kojem stadiju razvoja pojedinog zuba.

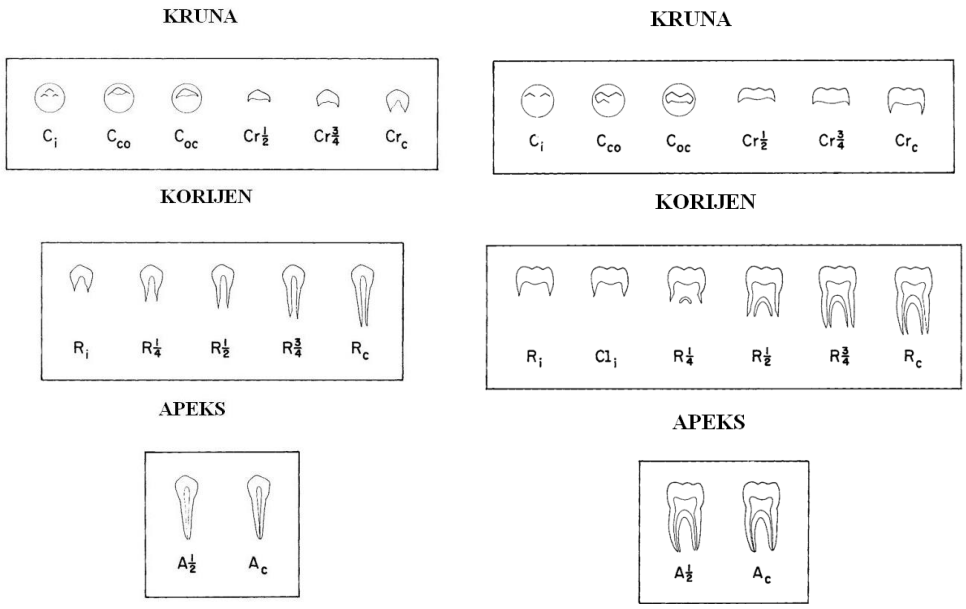
Ovakva podjela razvoja omogućava izuzetnu preciznost određivanja zrelosti i stupnja razvoja svakog pojedinog zuba, no velik broj mogućih stadija traži priličnu uvježbanost u njihovu očitavanju. Čak 40 mogućih stadija razvoja dovodi u pitanje ponovljivost očitanja te time i praktičnost same metode. Usprkos preciznosti u procjeni dobi potvrđenoj i u hrvatskoj populaciji (40), pa i novijim istraživanjima u stranim populacijama (41–43), metoda po Nolli rjeđe se koristi zbog svoje složenosti te se prednost u procjeni dentalne dobi daje drugim metodama.

Tablica 3. Opis stadija razvoja zuba metode po Nolli (39).

	opis stadija
stadij 0	odsustvo kripte
stadij 1	pojava kripte
stadij 2	početak kalcifikacije
stadij 3	1/3 krune kalcificirana
stadij 4	2/3 krune kalcificirano
stadij 5	kruna gotovo potpuno kalcificirana
stadij 6	kruna potpuno kalcificirana
stadij 7	1/3 korijena kalcificirano
stadij 8	2/3 korijena kalcificirano
stadij 9	korijen gotovo potpuno kalcificiran
stadij 10	korijen kalcificiran i apeks zatvoren

1.6.2. Metoda po Moorrees-Fanning-Huntu

Metoda nazvana po svojim tvorcima objavljena 1963. godine (44) razlikuje 13 stadija razvoja sjekutića, očnjaka i pretkutnjaka te 14 stadija razvoja kutnjaka (Slika 1., Tablica 4.). Razvoj kutnjaka broji jedan stadij više zbog vidljivog početka razvoja furkacije korjenova koja kod drugih zuba nije zamjetna. Ova skala predstavlja detaljnu i dovoljno diferenciranu shemu za određivanje stadija razvoja zuba te je u literaturi nakon objave mnogo puta citirana, korištena i modificirana.



Slika 1. Shematski prikaz stadija razvoja jednokorijenskih i višekorijenskih zuba. Prilagođeno prema (44).

Moorrees, Fanning i Hunt u svom su radu povezali pojedini stadij razvoja zuba i dob u kojoj se prosječno doseže taj stadij uz prikaz ± 2 standardne devijacije. U analizu nisu bili uključeni lateralni zubi gornje čeljusti zbog ograničenja u tadašnjoj dentalnoj radiologiji. Naime, zbog prirode tadašnjih snimaka superpozicija prikazanih struktura onemogućavala je precizno očitavanje stadija razvoja ovih zuba. Snimke koje su autori koristili u istraživanju i način na koji su dobivene specifičan je; longitudinalna studija u kojoj su snimani zubi američke djece (136 dječaka i 110 djevojčica) u razmacima od 6 mjeseci zbog očiglednih etičkih razloga danas više nije moguća. Ipak, podatci dobiveni na temelju tih snimaka od iznimne su vrijednosti.

Tablica 4. Opis stadija razvoja zuba metode po Moorrees, Fanning i Huntu (44).

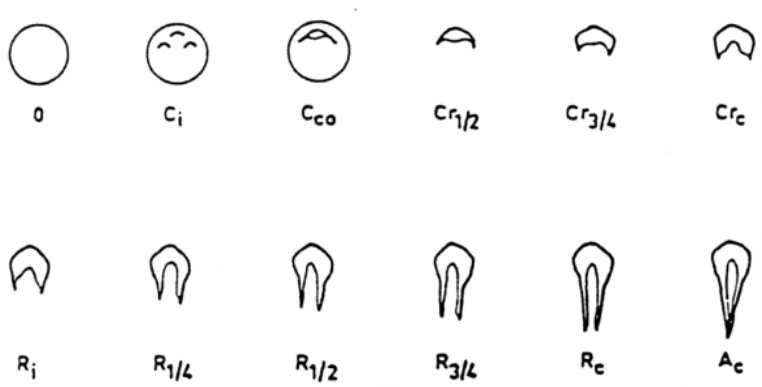
stadij	opis stadija
C i	početak formiranja kvržica
C co	spajanje kvržica
C oc	okluzalna ploha potpuno formirana
Cr ½	1/2 krune formirano
Cr ¾	3/4 krune formirano
Cr c	potpuno završeno formiranje krune
R i	inicijalno formiranje korijena
Cl i	inicijalno formiranje bifurkacije
R ¼	1/4 korijena formirano
R ½	1/2 korijena formirano
R ¾	3/4 korijena formirano
R c	puna dužina korijena formirana
A ½	apeks napola zatvoren
A c	apeks zatvoren

1.6.3. Metoda po Haavikko

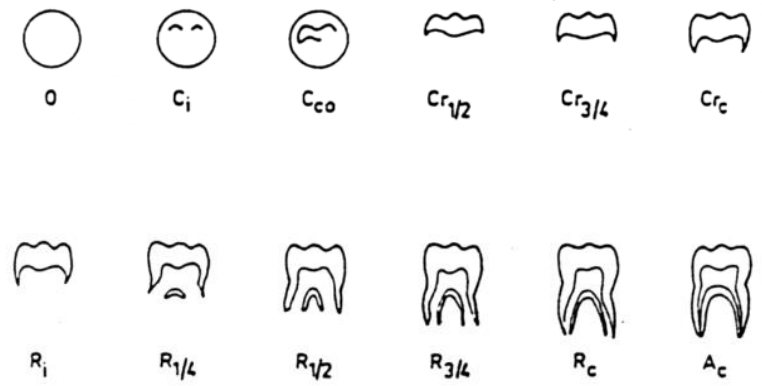
Kaarina Haavikko 1974. godine objavila je istraživanje (45) u kojem predstavlja novu metodu za procjenu dentalne dobi. Prikupivši snimke 885-ero finske djece u dobi od 2 do 13 godina, dijelom iz objavljene prethodne studije 1970. godine (46), a dijelom u razdoblju od dvije godine kasnije, osmislila je jednostavnu metodu za procjenu dentalne dobi. Razvoj zuba podijelila je na 12 stadija (Slika 2., Tablica 5.) te je za svaki zub odredila prosječnu dob u kojoj doseže pojedini stadij.

Slika 2. Shematski prikaz razvoja zuba metode po Haavikko. Prilagođeno prema (46).

sjekutići i pretkutnjaci



kutnjaci



Tablica 5. Opis stadija razvoja zuba metode po Haavikko (45).

stadij	opis stadija
0	kripta; nema znakova kalcifikacije
Ci	inicijalna kalcifikacija
Cco	kalcificirani vrhovi kvržica
C1/2	kalcificirano 1/2 krune
C3/4	kalcificirano 2/3 krune
Crc	kalcificirana cijela kruna
Ri	inicijalna kalcifikacija korijena
R1/4	korijen formiran do 1/4 pune duljine
R1/2	korijen formiran do 1/2 pune duljine
R3/4	korijen formiran do 3/4 pune duljine
Rc	formirana puna duljina korijena
Ac	apikalni otvor zatvoren

Zbroj prosječnih godina za očitane stadije potrebno je podijeliti s brojem zuba korištenih u procjeni kako bi se dobila dentalna dob. Kako bi se pojednostavila metoda, nije potrebno analizirati razvojne stadije svih zuba, nego se dob procjenjuje na temelju razvojnih stadija četiriju trajnih zubi i to kod djece mlađe od 10 godina desnog gornjeg središnjeg sjekutića, desnog donjeg očnjaka, prvog donjeg pretkutnjaka i prvog donjeg kutnjaka (zubi 11, 43, 44 i 46), a kod djece starije od 10 godina desnog gornjeg očnjaka, desnog donjeg očnjaka, prvog donjeg pretkutnjaka i drugog donjeg kutnjaka (zubi 13, 43, 44 i 47). Razlog zbog kojeg se koriste različiti zubi ovisno o postavljenoj dobnoj granici je u činjenici da središnji sjekutić i prvi kutnjak do desete godine završavaju razvoj korijena.

Haaviko je u objavljenom radu priložila i tablice iz kojih se prema razvojnom stadiju može očitati prosječna dob odvojeno za djevojčice i dječake (Tablica 6.).

Tablica 6. Srednja dob za stadije pojedinog zuba za dječake i djevojčice u metodi po Haavikko (46).

dječaci gornja čeljust

	zub							
stadij	11 21	12 22	13 23	14 24	15 25	16 26	17 27	18 28
0								8.8
Ci							3.7	9
Cco					4.6		4.1	9.6
C1/2				4.5	5.8		5.3	10.5
C3/4		3.3	3.3	6	6.7		6.4	12.7
Crc	3.3	4.6	4.6	6.8	7.1	3.6	7.3	13.2
Ri	3.3	4.6	4.6	6.8	7.1	3.6	7.3	13.2
R1/4	5.7	6.8	7	8.4	8.6	5.8	10.2	15.9
R1/2	6.8	7.3	8.4	9.5	9.9	6.2	11.6	16.6
R3/4	7.3	8.6	9.8	10.7	11.3	7.2	12.3	17
Rc	8.7	9.6	12.3	11.5	12	8.1	13.6	18.1
Ac	9.8	10.8	13.6	13.3	14	9.8	16.2	19.5

dječaci donja čeljust

	zub							
stadij	31 41	32 42	33 43	34 44	35 45	36 46	37 47	38 48
0								8.9
Ci							3.9	9.8
Cco					4.4		4.5	10.5
C1/2				3.7	5.2		5.4	11.5
C3/4			3.3	5.5	6.1		6.7	13
Crc		3.3	4.3	5.9	7	3.5	7.4	13.7
Ri		3.3	4.3	5.9	7	3.5	7.4	13.7
R1/4	4.3	5.4	6.9	8	8.5	5.1	9.7	16
R1/2	5.6	6.2	8.2	9.6	9.7	6	11.2	16.7
R3/4	6.3	7.3	9.6	10.4	11.1	6.6	12.1	18.2
Rc	7.2	8.1	11.6	11.8	12.1	7.3	13.4	18.4
Ac	8	9.6	13.2	12.8	13.8	9.8	15.7	20.4

Tablica 6. Srednja dob za stadije pojedinog zuba za dječake i djevojčice u metodi po Haavikko (46) (nastavak).

djevojčice gornja čeljust

	zub							
stadij	11 21	12 22	13 23	14 24	15 25	16 26	17 27	18 28
0								9.1
Ci							3.8	9.4
Cco					4.3		4.1	9.7
C1/2				4.1	5.6		5.1	10.4
C3/4		3.3	3.3	5.6	6.1		5.8	12
Crc	3.3	4.4	4.5	6.3	6.6	3.5	6.9	12.8
Ri	3.3	4.4	4.5	6.3	6.6	3.5	6.9	12.8
R1/4	5.4	5.8	6.3	8	8.5	5.1	9.4	14.9
R1/2	6.4	7.4	7.7	9.4	9.7	6	10.9	15.5
R3/4	7	8	9	10.4	10.5	6.8	11.5	16.6
Rc	8.2	8.5	11.2	10.9	11.3	7.5	12.5	18.1
Ac	9.3	9.6	12.7	12.6	13.4	9.2	15.1	19.6

djevojčice donja čeljust

	zub							
stadij	31 41	32 42	33 43	34 44	35 45	36 46	37 47	38 48
0								9.3
Ci							3.9	9.6
Cco					4.2		4.1	9.9
C1/2				3.9	5		5	11.7
C3/4				4.7	6		6	12.3
Crc			4.1	5.4	6.4	3.5	7	13.3
Ri			4.1	5.4	6.4	3.5	7	13.3
R1/4	3.6	5.1	6.3	8.1	8.5	5.1	9	15.5
R1/2	5.8	6.3	7	9.3	9.6	6	10.4	15.8
R3/4	6.3	6.5	8.7	10.4	10.7	6.4	11.3	17.9
Rc	6.8	7.1	10.3	11.1	11.5	6.9	12.5	18.7
Ac	8	9	11.5	12.1	12.8	9.2	14.7	20.8

1.6.4. Metoda po Demirjianu

Najčešće korištena, citirana, testirana pa i kritizirana metoda za procjenu dentalne dobi objavljena je 1973. godine (47), a naziv je, kao i ostale metode, dobila po svom autoru. Arto Demirjian razvoj zuba podijelio je u 8 stadija označivši ih slovima (A do H) i opisavši ih na sljedeći način:

Stadij 0

nema zametka trajnog zuba

Stadij A

kod jednokorijenskih i višekorijenskih zuba prisutna je inicijalna kalcifikacija u vrhu kripte; kalcificirani dijelovi imaju oblik obrnutog konusa ili više njih, no ne dolazi do njihovog spajanja

Stadij B

dolazi do fuzije mjesta kalcifikacije i formiranja jedne ili više kvržica koje se spajaju stvarajući obris okluzalne plohe

Stadij C

a) formiranje cakline završeno je na okluzalnoj površini/griznom bridu, vidi se ekstenzija i konvergencija prema cervikalnoj regiji

b) uočljiv je početak odlaganja dentina

c) vide se zaobljeni obrisi pulpne komore prema okuzalno

Stadij D

a) formiranje krune završeno je do cementno-caklinskog spojišta

b) gornji rub pulpne komore kod jednokorijenskih zubi ima definitivnu zavijenu formu, konkavan je prema cervikalnoj regiji, projekcija pulpnih rogova poprima oblik vrha kišobrana; kod kutnjaka pulpna komora ima trapezoidni oblik

c) vidi se početak formiranja korijena

Stadij E

jednokorijenski zubi

a) zidovi pulpne komore formiraju ravne linije čiji kontinuitet razbija prisutnost roga pulpe koji je veći nego u prethodnom stadiju

b) duljina korijena manja je od visine krune

višekorijenski zubi

a) inicijalno formiranje furkacije vidljivo je kao kalcifikacija točkastog ili polumjesečastog oblika

b) duljina korijena manja je od visine krune

Stadij F

jednokorijenski zubi

a) zidovi pulpne komore formiraju oblik jednakokračnog trokuta, apeks završava otvoreno, a vršak korijena poprima ljevkasti oblik

b) duljina korijena jednaka je ili veća od visine krune

višekorijenski zubi

a) kalcificirani dio bifurkacije dalje se razvija iz polumjesečastog oblika te korijen poprima jasniji oblik s ljevkastim završetcima

b) duljina korijena jednaka je ili veća od visine krune

Stadij G

zidovi korijenskog kanala paralelni su, a apeks je još djelomično otvoren (distalni korijen kod kutnjaka)

Stadij H

a) apeks je u potpunosti zatvoren (distalni korijen kod kutnjaka)

b) parodontna pukotina jednake je širine oko cijelog korijena

Koristeći ortopantomograme 1446 dječaka i 1482 djevojčice francusko-kanadskog porijekla u dobi od 2 do 20 godina, analizirao je razvojne stadije sedam donjih lijevih zuba (31 do 37). Svakom stadiju pojedinog zuba dodijeljeni su bodovi (Tablica 7.). Zbroj bodova za stadije razvoja sedam donjih lijevih zuba daje zbroj bodova dentalne zrelosti (engl. *dental maturity score* - DMS) na temelju kojeg se iz tablice iščitava dentalna dob (Tablica 8. i Tablica 9.) Tablice su izrađene posebno za djevojčice, a posebno za dječake. Ako nedostaje pojedini zub s lijeve strane, dopušteno je očitati stadij istog zuba s desne strane donje čeljusti.

Tablica 7. Bodovi (engl. *score*) dodijeljeni pojedinom razvojnom stadiju za dječake i djevojčice (47).

dječaci

	zub						
stadij	31	32	33	34	35	36	37
0							
A					1.7		2.1
B				0	3.1		3.5
C		0	0	3.4	5.4	0	5.9
D	0.0	3.2	3.5	7	9.7	8	10.1
E	1.9	5.2	7.9	11	12	9.6	12.5
F	4.1	7.8	10	12.3	12.8	12.3	13.2
G	8.2	11.7	11	12.7	13.2	17	13.6
H	11.8	13.7	11.9	13.5	14.4	19.3	15.4

djevojčice

	zub						
stadij	31	32	33	34	35	36	37
0							
A					1.8		2.7
B				0	3.4		3.9
C		0	0	3.7	6.5	0	6.9
D	0.0	3.2	3.8	7.5	10.6	4.5	11.1
E	2.4	5.6	7.3	11.8	12.7	6.2	13.5
F	5.1	8	10.3	13.1	13.5	9	14.2
G	9.3	12.2	11.6	13.4	13.8	14	14.5
H	12.9	14.2	12.4	14.1	14.6	16.2	15.6

Tablica 8. Ovisnost zbroja bodova dentalne zrelosti (*dental maturity score* - DMS) o dobi za dječake (47).

DMS	dob
12.4	3.0
12.9	3.1
13.5	3.2
14.0	3.3
14.5	3.4
15.0	3.5
15.6	3.6
16.2	3.7
17.0	3.8
17.6	3.9
18.2	4.0
18.9	4.1
19.7	4.2
20.4	4.3
21.0	4.4
21.7	4.5
22.4	4.6
23.1	4.7
23.8	4.8
24.6	4.9
25.4	5.0
26.2	5.1
27.0	5.2
27.8	5.3
28.6	5.4
29.5	5.5
30.3	5.6
31.1	5.7
31.8	5.8
32.6	5.9
33.6	6.0
34.7	6.1
35.8	6.2
36.9	6.3

DMS	dob
38.0	6.4
39.2	6.5
40.6	6.6
42.0	6.7
43.6	6.8
45.1	6.9
46.7	7.0
48.3	7.1
50.0	7.2
52.0	7.3
54.3	7.4
56.8	7.5
59.6	7.6
62.5	7.7
66.0	7.8
69.0	7.9
71.6	8.0
73.5	8.1
75.1	8.2
76.4	8.3
77.7	8.4
79.0	8.5
80.2	8.6
81.2	8.7
82.0	8.8
82.8	8.9
83.6	9.0
84.3	9.1
85.0	9.2
85.6	9.3
86.2	9.4
86.7	9.5
87.2	9.6
87.7	9.7

DMS	dob
88.2	9.8
88.6	9.9
89.0	10.0
89.3	10.1
89.7	10.2
90.0	10.3
90.3	10.4
90.6	10.5
91.0	10.6
91.3	10.7
91.6	10.8
91.8	10.9
92.0	11.0
92.2	11.1
92.5	11.2
92.7	11.3
92.9	11.4
93.1	11.5
93.3	11.6
93.5	11.7
93.7	11.8
93.9	11.9
94.0	12.0
94.2	12.1
94.4	12.2
94.5	12.3
94.6	12.4
94.8	12.5
95.0	12.6
95.1	12.7
95.2	12.8
95.4	12.9
95.6	13.0
95.7	13.1

DMS	dob
95.8	13.2
95.9	13.3
96.0	13.4
96.1	13.5
96.2	13.6
96.3	13.7
96.4	13.8
96.5	13.9
96.6	14.0
96.7	14.1
96.8	14.2
96.9	14.3
97.0	14.4
97.1	14.5
97.2	14.6
97.3	14.7
97.4	14.8
97.5	14.9
97.6	15.0
97.7	15.1
97.8	15.2
97.8	15.3
97.9	15.4
98.0	15.5
98.1	15.6
98.2	15.7
98.2	15.8
98.3	15.9
98.4	16.0

Tablica 9. Ovisnost zbroja bodova dentalne zrelosti (*dental maturity score* - DMS) o dobi za djevojčice (47).

DMS	dob
13.7	3.0
14.4	3.1
15.1	3.2
15.8	3.3
16.6	3.4
17.3	3.5
18.0	3.6
18.8	3.7
19.5	3.8
20.3	3.9
21.0	4.0
21.8	4.1
22.5	4.2
23.2	4.3
24.0	4.4
24.8	4.5
25.6	4.6
26.4	4.7
27.2	4.8
28.0	4.9
28.9	5.0
29.7	5.1
30.5	5.2
31.3	5.3
32.1	5.4
33.0	5.5
34.0	5.6
35.0	5.7
36.0	5.8
37.0	5.9
38.0	6.0
39.1	6.1
40.2	6.2
41.3	6.3

DMS	dob
42.5	6.4
43.9	6.5
45.2	6.6
46.7	6.7
48.0	6.8
49.5	6.9
51.0	7.0
52.9	7.1
55.5	7.2
57.8	7.3
61.0	7.4
65.0	7.5
68.0	7.6
71.8	7.7
75.0	7.8
77.0	7.9
78.8	8.0
80.2	8.1
81.2	8.2
82.2	8.3
83.1	8.4
84.0	8.5
84.8	8.6
85.3	8.7
86.1	8.8
86.7	8.9
87.2	9.0
87.8	9.1
88.3	9.2
88.8	9.3
89.3	9.4
89.8	9.5
90.2	9.6
90.7	9.7

DMS	dob
91.1	9.8
91.4	9.9
91.8	10.0
92.1	10.1
92.3	10.2
92.6	10.3
92.9	10.4
93.2	10.5
93.5	10.6
93.7	10.7
94.0	10.8
94.2	10.9
94.5	11.0
94.7	11.1
94.9	11.2
95.1	11.3
95.3	11.4
95.4	11.5
95.6	11.6
95.8	11.7
96.0	11.8
96.2	11.9
96.3	12.0
96.4	12.1
96.5	12.2
96.6	12.3
96.7	12.4
96.8	12.5
96.9	12.6
97.0	12.7
97.1	12.8
97.2	12.9
97.3	13.0
97.4	13.1

DMS	dob
97.5	13.2
97.6	13.3
97.7	13.4
97.8	13.5
98.0	13.6
98.1	13.7
98.2	13.8
98.3	13.9
98.3	14.0
98.4	14.1
98.5	14.2
98.6	14.3
98.7	14.4
98.8	14.5
98.9	14.6
99.0	14.7
99.1	14.8
99.1	14.9
99.2	15.0
99.3	15.1
99.4	15.2
99.4	15.3
99.5	15.4
99.6	15.5
99.6	15.6
99.7	15.7
99.8	15.8
99.9	15.9
100.0	16.0

Zbog preciznosti opisa pojedinih razvojnih stadija određivanje istih može se smatrati gotovo potpuno objektivnim, osobito ako je ispitivač iskusan, a još i više ako postoji podudarnost između dvaju ili više ispitivača.

1976. godine Demirjian i Goldstein objavili su rad u kojem prikazuju metodu za procjenu dentalne dobi na temelju razvojnih stadija samo četiriju zuba u donjoj čeljusti (48) i to prvog i drugog pretkutnjaka i prvog i drugog kutnjaka te prvog kutnjaka, obaju pretkutnjaka i središnjeg sjekutića. Ova je metoda puno rjeđe korištena, a u pouzdanosti u odnosu na Demirjianovu metodu sa sedam zuba varira ovisno o autorima i populaciji (49–51).

U procjenu dentalne dobi na temelju Demirjianovih razvojnih stadija može biti uključen i treći kutnjak. Metoda koristi 8 zuba i, prema objavljenim istraživanjima, omogućuje procjenu dobi i nakon šesnaeste godine što je čini pogodnom za određivanje praga punoljetnosti (18 godina) kod pravnih postupaka u koje su uključene mlađe osobe nepoznate starosti (52–54). Metoda je temeljena na istraživanju Chailleta i Demirjiana koji su u francuskoj populaciji u procjenu dobi uključili i treći kutnjak (55).

1.6.5. Metoda po Willemsu

Guy Willems prihvatio je Demirjianovu podjelu razvoja zuba na osam stadija te je koristeći njegovu metodu uočio da se njome u belgijskoj populaciji značajno precjenjuje dob. Stoga je napravio modifikaciju Demirjianove metode (56), koja je kasnije nazvana po njemu. Koristeći regresiju, Willems je promijenio koeficijente i sastavio tablice iz kojih se na temelju stadija razvoja izravno očitava dob. Zbroj koeficijenata pridruženih razvojnim stadijima sedam donjih lijevih trajnih zuba, odvojeno za djevojčice i dječake, predstavlja dentalnu dob (Tablica 10.).

Tablica 10. Stadiji razvoja sedam donjih lijevih zuba s korespondirajućim koeficijentima čiji zbroj predstavlja dentalnu dob za dječake i djevojčice (56).

dječaci

	zub						
stadij	31	32	33	34	35	36	37
A				0.15	0.08		0.18
B				0.56	0.05		0.48
C	1.68	0.55		0.75	0.12		0.71
D	1.49	0.63	0.04	1.11	0.27	0.69	0.80
E	1.50	0.74	0.31	1.48	0.33	1.14	1.31
F	1.86	1.08	0.47	2.03	0.45	1.60	2.00
G	2.07	1.32	1.09	2.43	0.40	1.95	2.48
H	2.19	1.64	1.90	2.83	1.15	2.15	4.17

djevojčice

	zub						
stadij	31	32	33	34	35	36	37
A				-0.95	-0.19		0.14
B				-0.15	0.01		0.11
C	1.83		0.60	0.16	0.27		0.21
D	2.19	0.29	0.54	0.41	0.17	0.62	0.32
E	2.34	0.32	0.62	0.60	0.35	0.90	0.66
F	2.82	0.49	1.08	1.27	0.35	1.56	1.28
G	3.19	0.79	1.72	1.58	0.55	1.82	2.09
H	3.14	0.70	2.00	2.19	1.51	2.21	4.04

2010. godine Willems i suradnici objavili su koeficijente za procjenu dentalne dobi neovisno o spolu te su metodu nazvali Willems II (57). Prema njihovim podatcima ova se metoda pokazala preciznijom u belgijskoj populaciji od originalne Willemsove metode (u ovoj usporedbi nazvane Willems I). Kasnija istraživanja u drugim populacijama nisu potvrdila navedenu tezu, već se originalna Willemsova metoda pokazala preciznijom u procjeni dobi (58, 59).

1.6.6. Metoda po Camerieru

Roberto Cameriere i suradnici objavili su 2006. godine rad u kojem se predstavlja nova metoda za procjenu dentalne dobi (60). Postupak procjene dobi temelji se na analizi sedam donjih trajnih zuba i to na način da se mjeri udaljenost među unutrašnjim stijenkama nezatvorenih apeksa. Ta se udaljenost stavlja u omjer s dužinom zuba kako bi se uzelo u obzir različito vertikalno povećanje i različit kut projiciranja zubnih struktura na ortopantomogramu. Na osnovi dobivenih podataka i matematičke analize dobivena je regresijska formula za procjenu dentalne dobi za dječake i djevojčice. Godinu dana kasnije, povećavši uzorak na 2652 ortopantomograma iz više europskih zemalja, Cameriere i suradnici prilagodili su jednadžbu za procjenu dentalne dobi te ju nazvali „europskom formulom“ (61). U postupku procjene dentalne dobi prvo je potrebno odrediti broj zubi sa završenim rastom korijena, odnosno sa zatvorenim apeksom. Potom se na projekcijama korijena jednokorijenskih zubi (sjekutići, očnjak i pretkutnjaci) izmjeri udaljenost unutrašnjih stijenki otvorenog apeksa. Kod prvog i drugog kutnjaka izmjeri se udaljenost unutarnjih stijenki otvorenih apeksa na mezijalnom i distalnom korijenu te se izmjerene vrijednosti zbroje. Navedene se vrijednosti dijele s duljinom zuba zbog normalizacije izmjerenih vrijednosti te prema tome normalizirana vrijednost predstavlja omjer udaljenosti između unutarnjih rubova apeksa (A) i duljine zuba (L) (x=A/L). Europska formula za izračunavanje dentalne dobi glasi:

$$dentalna\ dob = 8{,}387 + 0{,}282g - 1{,}692x_5 + 0{,}835N_0 - 0{,}116s - 0{,}139s \cdot N_0$$

gdje je:

g - varijabla spola (1 za muški, a 0 za ženski)

x_5 - varijabla normalizirane vrijednosti širine otvorenog apeksa drugog pretkutnjaka ($x_5 = A_5/L_5$)

N_0 - broj zuba sa završenim razvojem korijena i zatvorenim apeksom

s - zbroj normaliziranih vrijednosti otvorenih apeksa sedam zuba lijeve strane donje čeljusti

U uzorku na temelju kojeg je kreirana „europska formula“ bilo je i desetak posto ortopantomograma djece iz Hrvatske. U svojoj doktorskoj disertaciji 2011. godine Galić (62) testirao je Willemsovu, Haavikkinu i Camerieereovu metodu na uzorku iz Hrvatske i Bosne i Hercegovine zaključivši kako Camerieereova metoda najmanje griješi pri procjeni dobi.

1.6.7. Metode za procjenu dentalne dobi temeljene na mineralizaciji trećih kutnjaka

U denticiji suvremenog čovjeka treći kutnjaci ili umnjaci po svojoj pojavnosti, morfologiji i položaju pokazuju najveću varijabilnost. Carter i suradnici (63) utvrdili su metaanalizom objavljenih radova da je prevalencija ageneze trećih kutnjaka u svijetu oko 23 %, no u različitim populacijama može varirati od 5 do 56 %. Postoje, međutim, i ekstremne razlike među različitim populacijama, pa tako u Tasmaniji ageneze trećih kutnjaka gotovo da i nema dok u meksičkih Indijanaca doseže gotovo 100 % (64). Najčešće je prisutna ageneza samo jednog ili dvaju umnjaka, češće u gornjoj nego u donjoj čeljusti. Njihov nedostatak učestaliji je kod žena nego muškaraca.

Razvoj trećih kutnjaka traje duže u usporedbi s ostalim trajnim zubima. Početak mineralizacije u prosjeku odvija se u dobi od 8 do 9 godina, no rjeđe se može uočiti već sa 6 ili tek s 13 godina (65, 66). Završetak razvoja zatvaranjem apeksa zapaža se u velikom vremenskom rasponu – u prosjeku od 18 do 22 godine (65–69). Prema tome, treći kutnjaci nisu još potpuno mineralizirani u vrijeme kad ostali trajni zubi kao i kosti šake završavaju svoj razvoj, pa tako postaju nepogodni za procjenu dobi.

Metode za procjenu dobi na temelju mineralizacije trećih kutnjaka produžuju period u kojem je moguće procijeniti dob koristeći zube u razvoju. Pri tome se koriste razvojne skale predložene od Demirjiana, Haavikko, Nolle, Moorreesa i drugih (39,44,46,47) ili se razvijaju nove.

Metode bazirane na razvoju trećih kutnjaka svoju primjenu nalaze u forenzici i pravnim postupcima protiv počinitelja nepoznate starosti ili pri istrazi kaznenih djela čije su žrtve nepoznate dobi, a sama dob žrtve može utjecati na zakonom zapriječene kazne. Kao što

je spomenuto, završetak mineralizacije i zatvaranje apeksa trećih kutnjaka odvijaju se upravo oko granice punoljetnosti pa se javlja sve veći broj istraživanja koja prilagođavaju postojeće metode za procjenu dentalne dobi tako da sa što većom pouzdanošću odrede prijelaz praga punoljetnosti (68, 70, 71). Modificirana Camerieereova metoda koja uključuje treće kutnjake u analizu testirana je u procjeni praga punoljetnosti – 18 godina (72) i praga dobi od 14 godina (73) te se pokazala uspješnom.

Velika varijabilnost u vremenu mineralizacije trećih kutnjaka iziskuje istraživanja na reprezentativnim uzorcima u različitim populacijama (67–69) kako bi procjena dobi temeljena na njihovu razvoju u pojedinačnom slučaju bila što preciznija.

Brkić i suradnici (74) proveli su istraživanje na 1249 ortopantomograma u kojem su odredili kronologiju nicanja trećih kutnjaka u hrvatskoj populaciji koristeći četiri stadija erupcije - stadij A podrazumijeva okluzalnu plohu pokrivenu alveolarnom kosti, stadij B alveolarnu erupciju (resorpciju kosti iznad okluzalne plohe), stadij C erupciju u usnu šupljinu (penetraciju gingive barem jednom kvržicom), a stadij D potpuno izrastanje do okluzijske ravnine. Na temelju dobivenih rezultata moguće je usporediti hrvatsku populaciju s drugim populacijama u kojima su provedena slična istraživanja te koristiti dobivene podatke u procjeni dobi.

Jednostavnost i dostupnost metoda za procjenu dobi temeljenih na razvoju trećih kutnjaka kao i dug period njihove mineralizacije prednosti su koje treba koristiti prilikom procjene dobi. Međutim, izrazita varijabilnost u pojavnosti, morfologiji i razvoju, kako kod pojedinaca tako i među populacijama, procjenu dentalne dobi čini izazovnom.

1.6.8. Rjeđe korištene metode za procjenu dentalne dobi

Brojni autori pokušali su stvoriti metodu za procjenu dentalne dobi, no njihove metode danas su samo dio povijesti ili referenca i poticaj novim istraživačima kako bi razvili svoju vlastitu (75, 76). Razvojem novih tehnologija te njihovom sve češćom primjenom u dijagnostici predstavljene su metode koje dentalnu dob procjenjuju korištenjem

kompjuterizirane tomografije ili magnetske rezonancije (77). Ipak, u usporedbi s etabliranim metodama koje većinom koriste ortopantomograme, učestalost njihove primjene mala je.

Dosad opisane metode primjenjive su u dobi u kojoj razvoj zuba i njihova mineralizacija još nije dovršena. Postoje, međutim, metode koje se bave procjenom dobi nakon završene mineralizacije svih zuba. Foreznični kriteriji za procjenu dobi odraslih osoba razlikuju se od onih kod djece u razvoju i smatra se zadovoljavajućim ako standardna devijacija ne iznosi više od ± 10 godina (78). Metode opisane u literaturi većinom zadovoljavaju, pa čak i nadmašuju ovaj kriterij.

1995. godine Kvall i suradnici (79) objavili su istraživanje u kojem procjenjuju dob na temelju mjerenja duljine zuba, korijena i pulpe te širine korijena i pulpe na tri različita mjesta. Inicijalno je metoda koristila intraoralne snimke šest zuba da bi 2005. godine bila primijenjena na ortopantomogramima (80). U mjerenja su uključeni alati poput Adobe Photoshopa i Kodak Dental Imaging Softwarea što je olakšalo mjerenja i učinilo ih preciznijima, a metoda je uz različite prilagodbe primijenjena na snimkama više od 3000 osoba iz 12 zemalja (78).

Cameriere i suradnici (81) objavili su 2004. godine preliminarnu studiju u kojoj omjer pulpe i zuba (površine pulpe i površine zuba na rendgenskoj snimci) promatraju kao indikator dobi. U objavljenim istraživanjima koja su kasnije uslijedila opisana je metodologija primijenjena na drugom kutnjaku (82), očnjaku (83), donjim pretkutnjacima (84) te središnjim i lateralnim sjekutićima (85). U različitim studijama ovog tipa obuhvaćeno je više od 4000 snimaka osoba iz 11 različitih zemalja (78). Postoje i istraživanja u kojima su korištene CT i CBCT snimke te su u omjer postavljeni volumeni pulpe i zuba (78).

U primjeni većine metoda za procjenu dentalne dobi odraslih osoba spol nema značajan učinak na procijenjenu dob. Formule za izračun dentalne dobi specifične su za određenu populaciju, a stvaranje univerzalne jednadžbe rezultiralo je značajno većim pogreškama u procjeni dobi. S obzirom na to da postoje studije koje tvrde da je promjenu u veličini pulpne komore moguće vidjeti tek svakih deset godina, postavlja se i pitanje kako ove metode mogu imati manju pogrešku (78).

Dentalnu dob može se procijeniti i na temelju okluzalnog trošenja zuba – abrazije i atricije. Studije Kima (86) i kasnije Yuna (87) nude mogućnost procjene dobi na temelju stupnja istrošenosti okluzalnih ploha. Pouzdanost ovih metoda upitna je jer već je Yun prilagođavao Kimovu metodu, a kasnije su se obje metode pokazale nepreciznima u studiji Faillace i suradnika (88). Oni, usprkos tome, u svom istraživanju zaključuju da je ovakva metoda nakon prilagodbe primjenjiva na današnjoj američkoj populaciji. Slabosti ovakvih metoda za procjenu dobi kritizirao je Ball (89) naglasivši kako, posebno u novije vrijeme, uzroci trošenja zuba obuhvaćaju prehranu, učinak lijekova i bruksizam, a ne samo fiziološko trošenje.

1.7. Kritički osvrt na metode za procjenu dobi

Među brojnim postupcima koji su danas dostupni za procjenu dobi metode koje se temelje na mineralizaciji zuba predstavljaju jednostavan, dostupan i jeftin način za procjenu dobi. Razvoj dentalne radiografije i sve bolja kvaliteta snimaka olakšavaju primjenu već postojećih metoda, njihovo testiranje i razvoj novih pristupa.

Brojna istraživanja propituju primjenjivost pojedinih metoda u različitim populacijama, a sve više njih nudi prilagodbu metode za određenu etničku skupinu. Demirjianova metoda, koja je najčešće testirana, u mnogim se populacijama pokazala kao neadekvatna za preciznu procjenu dobi (90–94). U obranu same metode stala je Liversidge (95) ustvrdivši kako su brojne adaptacije Demirjianove metode u različitim populacijama diljem svijeta nastale kao posljedica nerazumijevanja same metode, bioloških razlika unutar populacije te neadekvatnih i nereprezentativnih uzoraka. U kritici nije isključila i neka prethodna vlastita promišjanja o potrebama adaptacije metode pojedinoj populaciji te je zaključila kako je Demirjianova metoda pogodna za procjenu dobi u bilo kojoj populaciji dok Willemsova metoda predstavlja njenu najbolju adaptaciju koju treba primjenjivati kad postoji sedam donjih lijevih zuba.

Usprkos navedenim argumentima, broj objavljenih istraživanja koja se bave prilagodbama metoda za procjenu dentalne dobi u stalnom je porastu. U metaanalizi objavljenih studija Esan i suradnici (96) zaključuju da bi za što točniju procjenu dobi

trebalo koristiti specifične prilagodbe za određenu populaciju, a ne univerzalni standard ili metodu.

Posebnu pozornost privlače istraživanja koja naglasak stavljaju na sekularni trend koji je zamjetan u gotovo svim populacijama diljem svijeta, a osobito je značajan u industrijaliziranim društvima. Razvoj antropometrije, istraživačke metode antropologije koja se bavi utvrđivanjem dimenzija ljudskog tijela i njihovim prosuđivanjem, doveo je do spoznaje da su iz generacije u generaciju djeca sve viša te da ranije sazrijevaju. Ova je pojava nazvana sekularnim trendom (97), a zamijećena je u Europi još u devetnaestom stoljeću (98). Glavna obilježja sekularnog trenda su brži razvoj i ranije nastupanje puberteta te povećane antropometrijske mjere. U današnjih djevojčica menarhe nastupaju otprilike tri do četiri godine ranije nego što je to bio slučaj prije 150 godina (99). Postoji zabilježen trend u povećanju porođajne težine i duljine. Visina djece povećava se za 1 do 3 centimetra u jednom desetljeću, a prosječna dosegnuta visina u nekim se populacijma povećala za čak 15 centimetara u posljednjih 100 godina (98).

U literaturi je također zabilježeno ranije sazrijevanje kosti u novim generacijama (100, 101), a postoje mnogobrojni radovi koji proučavaju sekularni trend u razvoju zuba. Ovu pojavu u hrvatskoj populaciji istraživala je Sasso (102, 103) te zaključila kako postoji značajan pozitivni sekularni trend u periodu od trideset godina, jače izražen kod djevojčica nego kod dječaka. U nizozemskoj populaciji Vucic i suradnici (104) zabilježili su u proteklih četrdesetak godina značajno ranije sazrijevanje zuba kod djece te zaključili kako bi prilikom procjene dobi trebalo uzeti u obzir pozitivni sekularni trend.

Neka istraživanja ukazuju na usporavanje ili čak zaustavljanje pozitivnih sekularnih trendova, osobito u populacijama koje obilježava visok stupanj blagostanja (105). U pojedinim populacijama, primjerice u turskoj, nisu zabilježene značajne promjene u brzini razvoja zuba u posljednjih tridesetak godina (106), no to ne znači da ih u budućnosti neće zahvatiti ili da ih već ne zahvaćaju pozitivni sekularni trendovi koji su osobito vidljivi u zapadnoj i sjevernoj Europi.

Uzroke ubrzanog razvoja i povećanog rasta znanstvenici najčešće nalaze u kvalitetnijoj prehrani i boljim životnim uvjetima. Postoje, također, istraživanja koja ukazuju da se

uslijed pogoršanja socio-ekonomskih uvjeta pozitivni sekularni trend može pretvoriti u negativni (99).

Razlike među etničkim skupinama, populacijama iz pojedinog područja kao i razlike u istoj populaciji u različitom vremenu dokumentirane su i neupitne. Stoga bi metode za procjenu dobi koje se temelje na razvoju bilo zuba bilo skeleta morale uzimati u obzir posebnosti pojedine populacije ne samo u mjestu nego i u vremenu. Sva istraživanja koja testiraju već postojeće metode ili nude nove pristupe u procjeni dobi vrijedan su doprinos u sastavljanju mozaika raznolikosti razvoja i važni alati forenzike, antropologije i kliničkog rada. Stručnjaci u ovim područjima, koji su upoznati s mogućnostima, dostignućima i ograničenjima pojedinih metoda za procjenu dobi, u prilici su odabrati pravi pristup u procjeni dobi i razvoja pojedinca čemu u konačnici ove metode i služe.

2. CILJEVI I HIPOTEZE

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. Na uzorku digitalnih ortopantomograma djece s područja Republike Hrvatske u dobi od 5 do 16 godina procijeniti dentalnu dob metodama po Demirjianu, Willemsu i Haavikko te utvrditi odstupanje od kronološke dobi.
2. Ocijeniti primjenjivost navedenih metoda u hrvatskoj populaciji.
3. Izraditi hrvatski standard za procjenu dentalne dobi kod djece.

Hipoteze istraživanja su:

1. Primjenom metoda za procjenu dentalne dobi po Demirjianu, Willemsu i Haavikko na uzorku hrvatske dječje populacije dentalna dob odstupa od kronološke.
2. Primjenom hrvatskog standarda procjena dentalne dobi u našoj populaciji bit će točnija nego primjenom metoda izvedenih na stranim populacijama.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Ispitanici (uzorak)

Za potrebe istraživanja prikupljeno je 2290 ortopantomograma djevojčica i dječaka u dobi od 4 do 18 godina s područja Republike Hrvatske. Svi ortopantomogrami bili su digitalni, standardizirani i snimani uređajem Cranex (Soredex, Finska) u Zagrebu, Splitu, Osijeku i Varaždinu. Pohranjeni su na jednom računalu pod šifriranim imenom bez podataka o imenu, prezimenu, spolu, datumu rođenja i datumu snimanja. Analiza ortopantomograma i očitavanje razvojnih stadija zuba odrađeni su na drugom računalu koje je imalo pristup pohranjenim ortopantomogramima putem programa TeamViewer 8 (TeamViewer GMBH, Njemačka).

Sve osobe čiji su ortopantomogrami korišteni u ovom istraživanju, odnosno njihovi roditelji ili skrbnici, dale su svoj pisani informirani pristanak za korištenje ortopantomograma u znanstvene svrhe. Niti jedna osoba nije snimana za potrebe ovog istraživanja, nego su ortopantomogrami snimljeni u dijagnostičku svrhu zbog upućivanja pacijenata od strane izabranog stomatologa. Identitet pacijenata čiji su ortopantomogrami uključeni u ovo istraživanje zaštićen je, nije, niti će biti objavljen te nije poznat čak ni ispitivaču i mentorima. Istraživanje je odobrio Etički odbor Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Iz analize su isključeni ortopantomogrami djece mlađe od 5 i starije od 16 godina. Također su isključeni ortopantomogrami djece s nepoznatim datumom rođenja ili datumom snimanja kao i nečitki ortopantomogrami. Uz ove kriterije u studiju je uključeno 1996 djece i to 1121 dječaka i 875 djevojčica, svi u dobi između 5,0 i 16,0 godina.

Za Demirjianovu i Willemsovu metodu korišteni su očitani razvojni stadiji sedam donjih lijevih trajnih zuba (31-37) te su u analizi ovih metoda isključeni ispitanici kojima nedostaje neki od ovih zuba. Tako je za ove dvije metode uzorak sačinjavalo 1868 djece. Metoda po Haavikko koristi drugi izbor zuba pri procjeni dentalne dobi te je za nju veličina uzorka bila 1977. Veličina uzorka prema spolu i dobnim skupinama skupno i za svaku metodu prikazana je u Tablici 11.

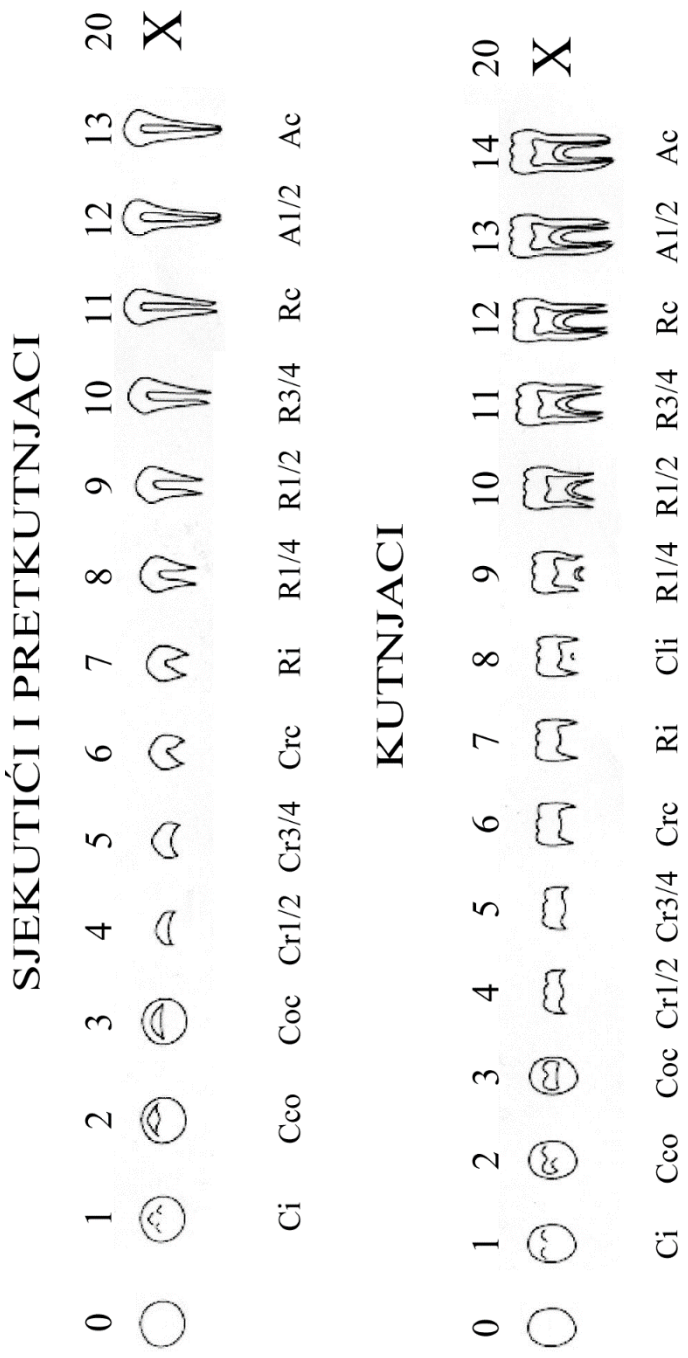
Tablica 11. Dobna i spolna struktura uzorka.

Dob (godine)	Cijeli uzorak				Uzorak za Demirjianovu i Willemsovu metodu				Uzorak za Haavikkinu metodu		
	Ukupno	M	Ž		Ukupno	M	Ž		Ukupno	M	Ž
5 - 5,99	9	4	5		9	4	5		9	4	5
6 - 6,99	43	31	12		43	31	12		43	31	12
7 - 7,99	137	84	53		129	78	51		135	82	53
8 - 8,99	209	124	85		202	121	81		206	121	85
9 - 9,99	227	122	105		215	116	99		226	121	105
10 - 10,99	229	135	94		213	130	83		228	135	93
11 - 11,99	253	126	127		237	120	117		253	126	127
12 - 12,99	213	112	101		202	108	94		212	112	100
13 - 13,99	242	133	109		224	123	101		236	129	107
14 - 14,99	231	142	89		211	128	83		229	141	88
15 - 15,99	203	108	95		183	100	83		200	107	93
Ukupno	1996	1121	875		1868	1059	809		1977	1109	868

3.2. Obrada uzorka

Na prikupljenim ortopantomogramima očitani su razvojni stadiji svih zuba gornje i donje čeljusti korištenjem razvojne skale prema autorima Moorrees, Fanning i Hunt. Podatci su bilježeni u tablice pomoću programa Microsoft Excel (Microsoft, SAD).

Prema navedenim autorima skala za sjekutiće i pretkutnjake ima 13 stadija, a za kutnjake 14. Ovim stadijima dodan je još jedan stadij označen s 0, koji označava prisutnost kripte bez početka mineralizacije. Radi lakše računalne obrade podataka stadiji su označeni brojevima od 0 do 14, a nedostatak pojedinog zuba označen je oznakom 20 (Slika 3., Tablica 12.).



Slika 3. Razvojna skala korištena u ovom istraživanju - stadiji razvoja prema skali Moorrees-Fanning-Hunt uz dodane stadije 0 za prisustvo kripte te 20 za nedostatak zuba. Prilagođeno prema (44).

Tablica 12. Numeričko označavanje stadija razvoja prilikom obrade ortopantomograma – skala razvoja po Moorrees-Fanning-Huntu (44) uz dodane stadije 0 za prisustvo kripte te 20 za nedostatak zuba.

SJEKUTIĆI I PRETKUTNJACI		KUTNJACI	
Moorrees-Fanning-Hunt	Moorrees-Fanning-Hunt (numerički)	Moorrees-Fanning-Hunt	Moorrees-Fanning-Hunt (numerički)
0 - kripta	0	0 - kripta	0
Ci	1	Ci	1
Cco	2	Cco	2
Coc	3	Coc	3
Cr1/2	4	Cr1/2	4
Cr3/4	5	Cr3/4	5
Crc	6	Crc	6
Ri	7	Ri	7
R1/4	8	Cli	8
R1/2	9	R1/4	9
R3/4	10	R1/2	10
Rc	11	R3/4	11
A1/2	12	Rc	12
Ac	13	A1/2	13
		Ac	14
20 - nedostatak zuba	20	20 - nedostatak zuba	20

Skala po Moorrees-Fanning-Huntu uključuje stadije razvoja koje koriste Demirjian, Willems i Haavikko. Demirjian razlikuje 8 stadija razvoja koje označava slovima od A

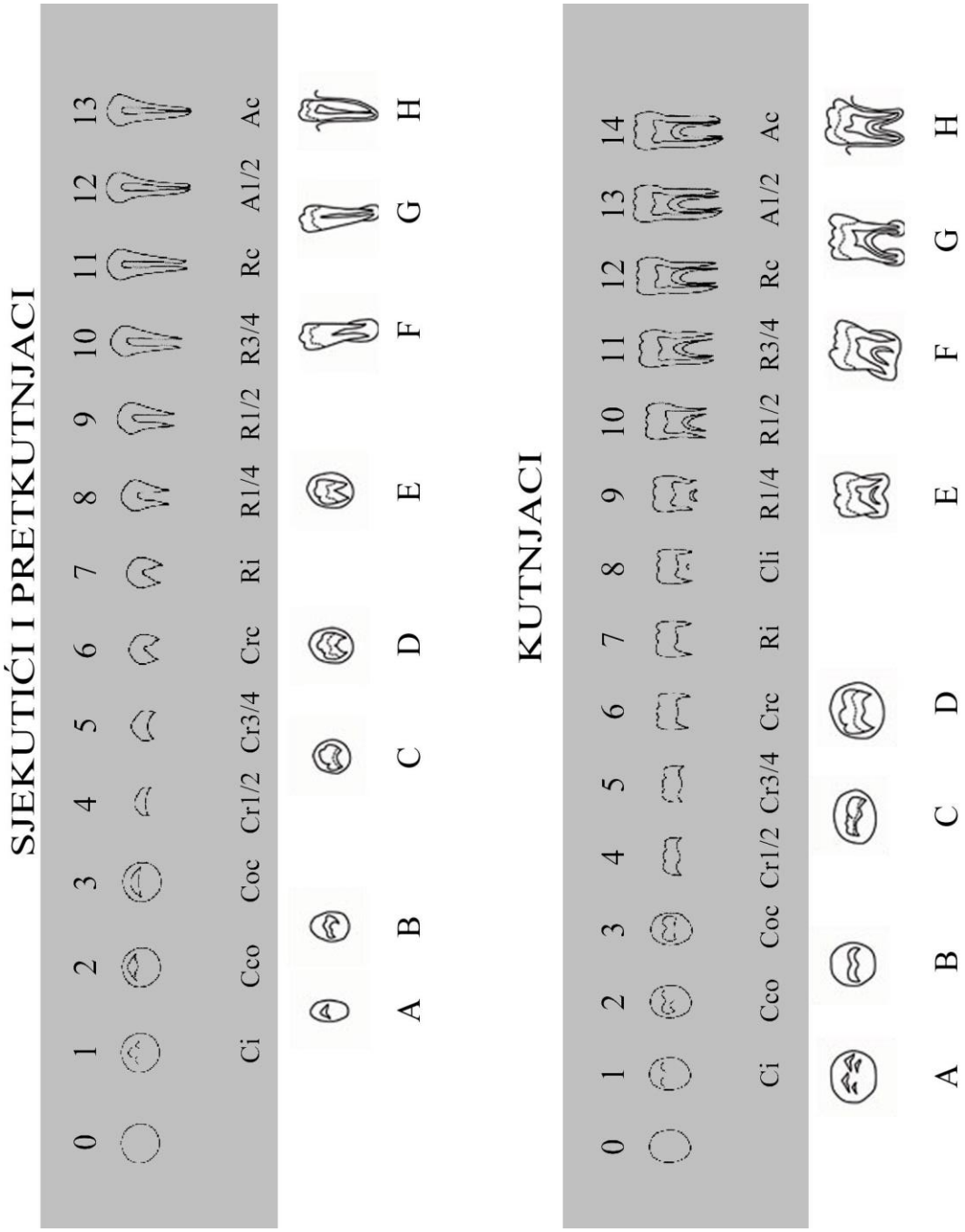
do H, a istu skalu stadija razvoja koristi i Willems. Haavikko razlikuje 12 stadija razvoja označenih kraticama njihovih naziva. Jednom očitani stadiji razvoja prema skali Moorrees-Fanning-Hunt pretvoreni su korištenjem formule u programu Excel u odgovarajuće stadije razvoja prema Demirjianu te prema Haavikko na način prikazan u Tablici 13. i Tablici 14. te na Slici 4. i Slici 5.

Tablica 13. Korespondirajući stadiji razvoja skala po Moorrees-Fanning-Huntu i Demirjianu.

SJEKUTIĆI I PRETKUTNJACI		
Moorrees	Demirjian (numerički)	Demirjian
0	0	0
1	1	A
2	2	B
3	2	B
4	3	C
5	3	C
6	4	D
7	5	E
8	5	E
9	5	E
10	6	F
11	7	G
12	7	G
13	8	H
20	20	20

KUTNJACI		
Moorrees	Demirjian (numerički)	Demirjian
0	0	0
1	1	A
2	2	B
3	2	B
4	3	C
5	3	C
6	4	D
7	5	E
8	5	E
9	5	E
10	5	E
11	6	F
12	7	G
13	7	G
14	8	H
20	20	20

Demirjian (numerički) – brojčani način označavanja razvojnih stadija po Demirjianu u ovom istraživanju.



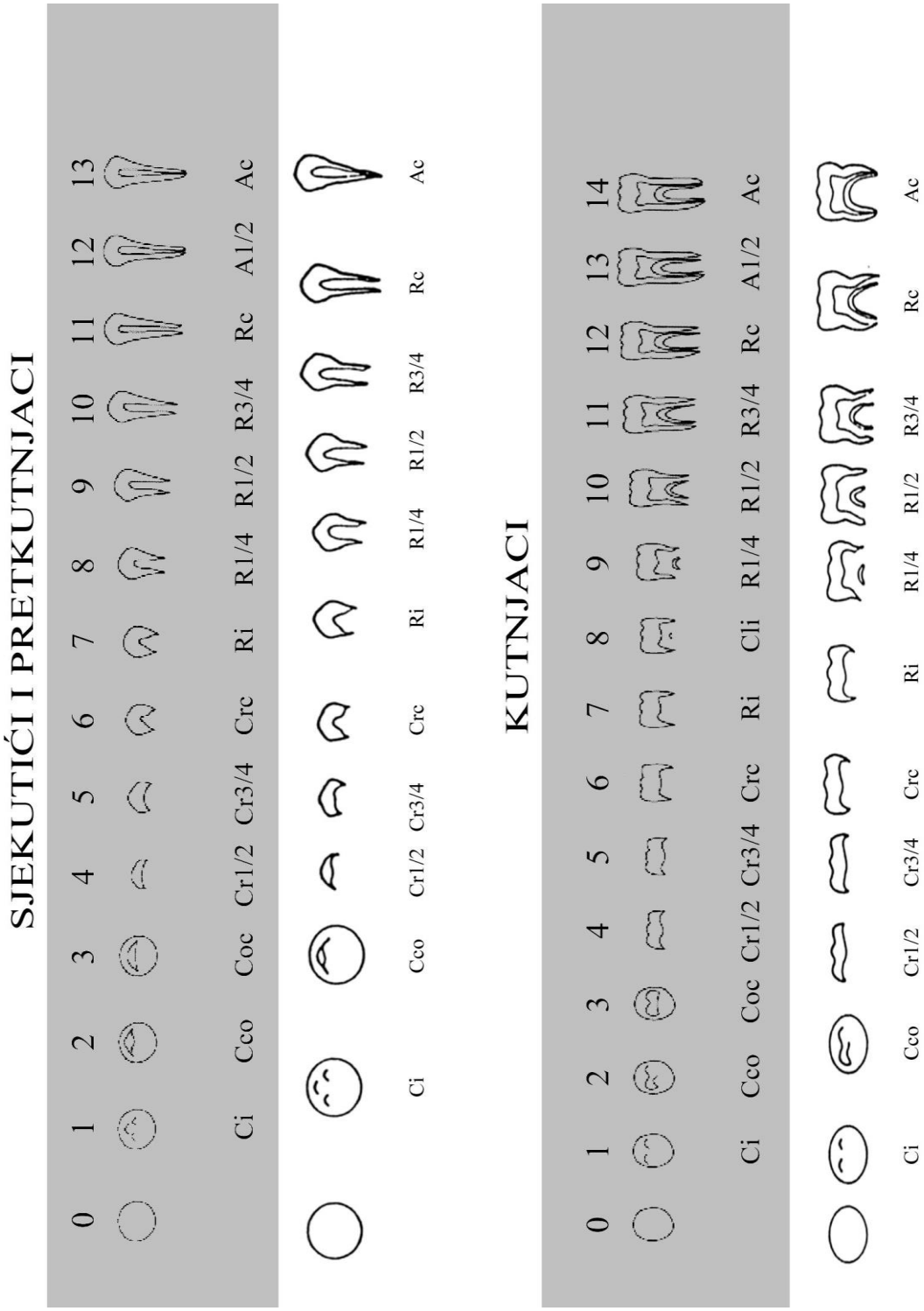
Slika 4. Shematski prikaz odnosa između stadija razvoja skala po Moorrees-Fanning-Huntu (osjenčano) i po Demirjianu (oznake slovima A do H).

Tablica 14. Korespondirajući stadiji razvoja skala po Moorrees-Fanning-Huntu i Haavikko.

SJEKUTIĆI I PRETKUTNJACI		
Moorrees	Haavikko (numerički)	Haavikko
0	0	0
1	1	Ci
2	2	Cco
3	2	Cco
4	3	C1/2
5	4	C3/4
6	5	Crc
7	6	Ri
8	7	R1/4
9	8	R1/2
10	9	R3/4
11	10	Rc
12	10	Rc
13	11	Ac
20	20	20

KUTNJACI		
Moorrees	Haavikko (numerički)	Haavikko
0	0	0
1	1	Ci
2	2	Cco
3	2	Cco
4	3	C1/2
5	4	C3/4
6	5	Crc
7	6	Ri
8	6	Ri
9	7	R1/4
10	8	R1/2
11	9	R3/4
12	10	Rc
13	10	Rc
14	11	Ac
20	20	20

Haavikko (numerički) – brojčani način označavanja razvojnih stadija po Haavikko u ovom istraživanju.



Slika 5. Shematski prikaz odnosa između stadija razvoja skala po Moorrees-Fanning-Huntu (osjenčano) i po Haavikko (oznake nazivima Haavikkinih stadija).

Nakon što su očitani razvojni stadiji prema skali Moorrees-Fanning-Hunt na svim ortopantomogramima, u zajedničku Excel datoteku spojeni su podatci o očitanim razvojnim stadijima s podatcima o dobi, spolu i datumu rođenja ispitanika te podatci o datumu snimanja ortopantomograma.

Ispitanici su podijeljeni u 11 dobnih skupina čiji je interval iznosio godinu dana. Zbog nejednake veličine navedenih skupina u analizi su korištene težine. Težine su obrnuto proporcionalne veličini dobne skupine. Na ovaj način svaka dobna skupina ima isti utjecaj na ukupnu procjenu bez obzira na njenu veličinu.

3.3. Statističke i matematičke metode

Statistička i matematička analiza napravljena je u programu SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC).

3.3.1. Ponovljivost očitanja stadija razvoja

Provjera ponovljivosti očitanja razvojnih stadija zuba prema skali Moorrees-Fanning-Hunt izvršena je nakon dva mjeseca. Isti ispitivač (IB) očitao je razvojne stadija zuba na 100 nasumično odabranih ortopantomograma iz uzorka. Ponovljivost i pouzdanost očitanja stadija razvoja izražena je izračunavanjem kappa vrijednosti za unutaristraživačku ponovljivost.

3.3.2. Usporedba stadija razvoja zuba lijeve i desne strane

S obzirom na činjenicu da Demirjian i Willems kao i Haavikko koriste zube jedne strane čeljusti te da se u istraživanjima predlaže očitavanje stadija razvoja zuba suprotne strane ako pojedini zub nedostaje, Wilcoxonovim testom rangova s predznakom

testirana je razlika u očitanim stadijima razvoja lijeve i desne strane čeljusti. U usporedbi su korišteni stadiji razvoja prema Moorrees-Fanning-Huntu.

3.3.3. Procjena dentalne dobi

Procjena dentalne dobi na temelju razvojnih stadija metodama po Demirjianu (47), Willemsu (56) i Haavikko (45) napravljena je u programu Excel korištenjem formula, a prema priloženim tablicama i koeficijentima navedenih autora (Tablica 6., Tablica 7., Tablica 8., Tablica 9. i Tablica 10.)

Za svaku metodu izračunata je prosječna razlika između kronološke i procijenjene dentalne dobi.

3.3.4. Prilagodbe metoda hrvatskoj populaciji

Najjednostavnija prilagodba hrvatskoj populaciji za sve tri metode nazvana je „pomak“, a postupak se sastoji u tome da se od procijenjene dentalne dobi oduzme prosječna pogreška metode (razlika između kronološke i dentalne dobi). Pri tome prosječna pogreška ima pozitivan predznak ako metoda precjenjuje dob, a negativan ako ju podcjenjuje. Jednadžba za ovu prilagodbu glasi:

dentalna dob = DDM – PPM

gdje je *DDM* - dentalna dob procijenjena pojedinom metodom, a

PPM – prosječna pogreška metode (razlika kronološke i dentalne dobi za pojedinu metodu).

3.3.4.1. Prilagodbe Demirjianove metode hrvatskoj populaciji

Osim prilagodbe pomakom napravljeno je još nekoliko prilagodbi Demirjianove metode za hrvatsku populaciju.

Demirjianova metoda u prvom koraku definira zbroj bodova dentalne zrelosti - DMS (eng. *dental maturity score*) te se iz njega određuje dentalna dob. Demirjian originalno koristi vezu oblika

$$DMS = f(dentalna\ dob)$$

gdje je f logistička funkcija. Parametri logističke funkcije dobiveni su regresijom.

Druga prilagodba Demirjianove metode, nazvana „logistička funkcija“, predstavlja određivanje parametara logističke funkcije za hrvatsku populaciju. Parametri su određeni iz logističkog modela

$$DMS = \frac{1}{a + b \cdot e^{-c \cdot dob}}$$

s dobi kao zavisnom, a zbrojem bodova dentalne zrelosti (DMS) kao nezavisnom varijablom. Dobiveni parametri a, b i c primijenjeni su na procjenu dentalne dobi, a jednadžbe za dječake i djevojčice nalaze se u poglavlju „Rezultati“.

Demirjian nije objasnio korištenje logističke funkcije za opis veze između dobi i zbroja bodova dentalne zrelosti (DMS). Stoga su provjerene i neke druge funkcije koje bi mogle opisati ovu vezu. Jedna od njih je Gompertzova funkcija, čijim je imenom nazvana treća prilagodba Demirjianove metode:

$$DMS = a \cdot e^{-b \cdot e^{-c \cdot dob}}.$$

Parametri a, b i c dobiveni su iz regresije s dobi kao zavisnom i zbrojem bodova dentalne zrelosti (DMS) kao nezavisnom varijablom. Jednadžbe za dječake i djevojčice navedene su u poglavlju „Rezultati“.

Zadnja je prilagodba, nazvana „polinom“, opisivanje veze između dobi i zbroja bodova dentalne zrelosti (DMS) polinomom. Istim principom kao i prije dobivene su jednadžbe

za procjenu dentalne dobi odvojeno za dječake i djevojčice, a prikazane su u poglavlju „Rezultati“.

U analizi su korištene i neke druge prilagodbe dobivene regresijom sa zbrojem bodova dentalne zrelosti (DMS) kao zavisnom i dobi kao nezavisnom varijablom. Ovakav se pristup pokazao neefikasnim. Također su promatrani polinomi različitog stupnja, ali su korišteni samo oni koji najbolje opisuju podatke. Polinomi su primijenjeni i na logaritmirane vrijednosti DMS-a, no to nije dovelo do boljih rezultata. Stoga ove prilagodbe Demirjianove metode nisu prikazane u radu.

3.3.4.2. Prilagodbe Willemsove metode hrvatskoj populaciji

Willemsova metoda svakom zubu pridružuje bodove koji ovise o stadiju. Dentalna dob određuje se kao zbroj bodova za stadije razvoja sedam donjih lijevih trajnih zuba. Nakon pomaka, druga prilagodba sastoji se u definiranju novih bodova. Najjednostavniji pristup je da se za svaki zub definira koeficijent te bodovi za pojedini stadij predstavljaju umnožak stadija i pripadajućeg koeficijenta. Bodovi za ovu prilagodbu dobiveni su linearnom regresijom gdje je dob bila zavisna varijabla, a stadiji zuba 31 do 37 nezavisna. Ova prilagodba nazvana je „regresija zubi“.

Zadnja prilagodba je definiranje posebnog bodovanja za svaki stadij razvoja na pojedinom zubu. Ovim se postupkom Willemsova metoda novim sustavom bodova za svaki stadij razvoja sedam donjih lijevih trajnih zuba prilagođava hrvatskoj populaciji. I u ovom je slučaju upotrijebljena regresija za određivanje bodova, a prilagodba je nazvana „Willems regresija“.

3.3.4.3. Potpuna prilagodba Haavikkine metode hrvatskoj populaciji

Dob se po Haavikko može procjenjivati na temelju razvojnih stadija sviju zuba, no zbog pojednostavljenja metode Haavikko je predložila četiri zuba na temelju čijih se razvojnih stadija procjenjuje dob. Kako su u svrhu ovog istraživanja određeni razvojni stadiji svih zuba u uzorku, tako je omogućena potpuna prilagodba Haavikkine metode hrvatskoj populaciji izradom tablica s prosječnom dobi u kojoj dječaci i djevojčice u Republici Hrvatskoj dosežu određeni razvojni stadij pojedinog zuba.

3.3.4.4. Novi modeli za procjenu dentalne dobi na temelju razvojnih stadija 1 do 6 zuba

Istražena je i testirana mogućnost procjene dentalne dobi na manjem broju zuba te su razvijeni modeli koji procjenjuju dentalnu dob na manje od 7 zuba koji su potrebni za Demirjianovu i Willemsovu metodu (zubi 31-37).

U tu je svrhu prvo korištena univarijatna regresija koja je omogućila procjenu dobi na temelju samo jednog zuba. Za određivanje najbolje kombinacije zuba u modelima od 2 do 6 zuba korištena je regresija sa selekcijom unaprijed i unazad, posebno za dječake i djevojčice.

3.3.5. Procjena preciznosti metoda i njihovih prilagodbi hrvatskoj populaciji

Kao mjera točnosti procjene dobi određenom metodom korišteno je kvadratno odstupanje. Pogreška procjene za pojedinog ispitanika iskazana je na način:

$$(dentalna\ dob - kronološka\ dob)^2$$

gdje je „*dentalna dob*“ dob procijenjena određenom metodom a „*kronološka dob*“ stvarna dob ispitanika.

Za svaku dobnu skupinu izračunato je srednje kvadratno odstupanje:

$$\frac{\sum(dentalna\ dob - kronološka\ dob)^2}{n_i},$$

gdje je n_i veličina uzorka za pojedinu dobnu skupinu. Ukupno kvadratno odstupanje izračunato je kao zbroj srednjih kvadratnih odstupanja svih dobnih skupina. Zbog nejednake veličine dobnih skupina u analizi su korištene težine. Težine su obrnuto proporcionalne veličini dobne skupine. Na ovaj način svaka dobna skupina ima isti utjecaj na ukupnu procjenu bez obzira na njenu veličinu. S obzirom na ovako definirane težine, ukupno kvadratno odstupanje zapravo je težinska suma kvadratnih odstupanja.

Preciznost procjene dobi metoda po Demirjianu, Willemsu i Haavikko, kao i svih prilagodbi metoda prikazana je kao postotak točnih procjena dobi unutar intervala od ± 0,5, ± 1, ± 1,5 i ± 2 godine.

3.3.6. Provjera prilagodbi metoda u simulacijama

Sve prilagodbe metoda testirane su u simulacijama kako bi se provjerilo je li veća preciznost kojom se odlikuju rezultat prilagodbe uzorku ili populaciji. To se učinilo na način da je uzorak nasumično podijeljen na dva jednaka dijela. Pri tome su na prvom dijelu određeni parametri prilagodbe koji su potom na drugom dijelu testirani. Ovaj se postupak ponovio deset puta te je prosjek deset simulacija korišten za provjeru prilagodbe.

3.3.7. Testiranje značajnosti razlika u preciznosti procjene dobi

Značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između Demirjianove, Willemsove i Haavikkine metode te njihovih prilagodbi testirana je Wilcoxonovim testom rangova s predznakom. Razina značajnosti postavljena je na $p < 0{,}001$.

Značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između originalne Willemsove metode, prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i novih modela s 1 do 6 zuba testirana je F-testom. Razina značajnosti također je postavljena na $p < 0,001$.

4. REZULTATI

4.1. Ponovljivost očitanja stadija razvoja

Provjera istraživačke pogreške tj. ponovljivosti očitanja stadija pokazala je visoke kappa vrijednosti: najnižu za metodu po Moorrees-Fanning-Huntu, koja u skali ima najviše razvojnih stadija, a najvišu za metodu po Demirjianu (Tablica 15.)

Tablica 15. Kappa vrijednost za ponovljivost očitanja istog ispitivača za stadije razvoja po Moorrees-Fanning-Huntu, Haavikko i Demirjianu.

Skala razvojnih stadija	Moorrees-Fanning-Hunt	Haavikko	Demirjian
Kappa	0,77	0,83	0,92

4.2. Usporedba stadija razvoja zuba lijeve i desne strane

Distribucija razlike stadija lijeve i desne strane za gornju i donju čeljust prikazana je u Tablici 16. i Tablici 17. Rezultati Wilcoxonova testa rangova s predznakom za usporedbu stadija lijeve i desne strane prikazani su u Tablici 18. Razlika u stadijima razvoja zuba lijeve i desne strane čeljusti nije značajna.

Tablica 16. Distribucija razlika stadija razvoja između lijeve i desne strane gornje čeljusti prema Moorrees-Fanning-Huntu. Prikazani su udjeli (%).

Razlika u stadijima	**11-21 (%)**	**12-22 (%)**	**13-23 (%)**	**14-24 (%)**	**15-25 (%)**	**16-26 (%)**	**17-27 (%)**	**18-28 (%)**
Dječaci								
0	93,6	91,8	86,3	82,8	77,5	96,0	78,1	67,9
1	5,7	7,6	12,9	15,5	20,0	3,8	19,6	26,4
2	0,6	0,5	0,6	1,2	2,2	0,2	1,7	3,4
3	0,1	0,1	0,2	0,5	0,3	0,0	0,4	2,0
4 i više	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
Djevojčice								
0	96,1	92,8	91,1	85,3	77,3	97,3	76,9	66,9
1	3,7	6,4	7,9	12,6	18,3	2,5	19,7	25,5
2	0,1	0,4	0,4	1,3	2,9	0,0	3,0	5,6
3	0,0	0,3	0,6	0,7	1,2	0,1	0,2	1,1
4 i više	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,9

Tablica 17. Distribucija razlika stadija razvoja između lijeve i desne strane donje čeljusti prema Moorrees-Fanning-Huntu. Prikazani su udjeli (%).

Razlika u stadijima	**31-41 (%)**	**32-42 (%)**	**33-43 (%)**	**34-44 (%)**	**35-45 (%)**	**35-46 (%)**	**37-47 (%)**	**38-48 (%)**
Dječaci								
0	98,2	95,5	84,5	79,8	80,4	93,6	81,5	65,7
1	1,7	4,4	14,8	19,0	17,7	6,3	16,9	26,3
2	0,1	0,0	0,6	0,9	1,5	0,1	1,4	6,1
3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	1,4
4 i više	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5
Djevojčice								
0	99,0	97,0	86,5	82,3	79,2	95,2	82,3	64,5
1	0,9	2,9	12,5	15,2	17,4	4,8	15,6	28,2
2	0,0	0,0	1,0	2,1	2,9	0,0	1,8	5,2
3	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,0	0,0	1,5
4 i više	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5

Tablica 18. P-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom za usporedbu stadija razvoja prema Moorressu između lijeve i desne strane čeljusti.

	11-21	**12-22**	**13-23**	**14-24**	**15-25**	**16-26**	**17-27**	**18-28**
Dječaci	0,42	0,17	0,67	0,73	0,20	0,02	0,02	0,14
Djevojčice	0,28	0,99	0,77	0,38	0,01	0,88	0,09	0,78

	31-34	**32-42**	**33-43**	**34-44**	**35-45**	**36-46**	**37-47**	**38-48**
Dječaci	0,20	0,90	0,91	0,07	0,09	0,91	0,20	0,16
Djevojčice	0,59	0,87	0,08	0,04	0,15	0,67	0,69	0,61

4.3. Metoda po Demirjianu

Usporedba kronološke dobi i dentalne dobi procijenjene Demirjianovom metodom po dobnim skupinama prikazana je u Tablici 19. i Tablici 20. Razlika između kronološke i dentalne dobi značajna je za sve dobne skupine osim za dob od 5 do 6 godina. No, i tu je odstupanje znatno, približno 1 godinu za dječake i 0,5 godine za djevojčice.

U prosjeku Demirjianovom se metodom precjenjuje kronološka dob za 0,80 godina kod dječaka i za 0,84 godina kod djevojčica.

Tablica 19. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Demirjianovom metodom po dobnim skupinama za dječake.

Dječaci	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,66	6,63	0,97	0,125
6 - 6,99	6,65	7,74	1,09	< 0.001
7 - 7,99	7,57	8,49	0,92	< 0.001
8 - 8,99	8,51	9,23	0,72	< 0.001
9 - 9,99	9,51	10,06	0,55	< 0.001
10 - 10,99	10,46	11,13	0,67	< 0.001
11 - 11,99	11,42	12,15	0,72	< 0.001
12 - 12,99	12,47	13,28	0,81	< 0.001
13 - 13,99	13,49	14,51	1,02	< 0.001
14 - 14,99	14,47	15,49	1,02	< 0.001
15 - 15,99	15,43	15,81	0,37	< 0.001
Ukupno	10,51	11,32	0,80	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

Tablica 20. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Demirjianovom metodom po dobnim skupinama za djevojčice.

Djevojčice	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,33	5,82	0,49	0,063
6 - 6,99	6,62	7,66	1,04	< 0.001
7 - 7,99	7,60	8,16	0,56	< 0.001
8 - 8,99	8,51	8,97	0,45	< 0.001
9 - 9,99	9,52	10,46	0,94	< 0.001
10 - 10,99	10,51	11,43	0,92	< 0.001
11 - 11,99	11,50	12,93	1,43	< 0.001
12 - 12,99	12,48	13,69	1,22	< 0.001
13 - 13,99	13,52	14,75	1,22	< 0.001
14 - 14,99	14,42	15,13	0,71	< 0.001
15 - 15,99	15,49	15,78	0,29	< 0.001
Ukupno	10,50	11,34	0,84	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

4.4. Metoda po Willemsu

Kronološka dob i dentalna dob procijenjena Willemsovom metodom uspoređene su u Tablici 21. i Tablici 22. U prosjeku Willemsova metoda precjenjuje kronološku dob za 0,41 godine kod dječaka i za 0,22 godine kod djevojčica.

Tablica 21. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Willemsovom metodom po dobnim skupinama za dječake.

Dječaci	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,66	5,88	0,23	0,875
6 - 6,99	6,65	7,43	0,77	< 0.001
7 - 7,99	7,57	8,42	0,85	< 0.001
8 - 8,99	8,51	9,01	0,50	< 0.001
9 - 9,99	9,51	9,68	0,17	0,674
10 - 10,99	10,46	10,64	0,18	0,207
11 - 11,99	11,42	11,60	0,17	0,587
12 - 12,99	12,47	12,68	0,21	0,064
13 - 13,99	13,49	13,88	0,39	0,005
14 - 14,99	14,47	15,25	0,78	< 0.001
15 - 15,99	15,43	15,67	0,24	< 0.001
Ukupno	10,51	10,92	0,41	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

Tablica 22. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Willemsovom metodom po dobnim skupinama za djevojčice.

Djevojčice	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,33	4,97	-0,36	0,313
6 - 6,99	6,62	7,15	0,53	0,042
7 - 7,99	7,60	7,71	0,11	0,097
8 - 8,99	8,51	8,27	-0,24	< 0.001
9 - 9,99	9,52	9,54	0,02	0,894
10 - 10,99	10,51	10,65	0,14	0,653
11 - 11,99	11,50	12,16	0,66	< 0.001
12 - 12,99	12,48	13,03	0,56	< 0.001
13 - 13,99	13,52	14,25	0,72	< 0.001
14 - 14,99	14,42	14,66	0,24	0,041
15 - 15,99	15,49	15,52	0,02	< 0.001
Ukupno	10,50	10,72	0,22	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

4.5. Metoda po Haavikko

Za procjenu dentalne dobi po Haavikko korištena su četiri zuba i to 11, 43, 44 i 46 za djecu mlađu od 10 godina te 13, 43, 44 i 47 za djecu stariju od 10 godina. Za razliku od Demirjianove i Willemsove metode, dentalna dob procijenjena Haavikkinom metodom u prosjeku je manja od kronološke dobi i to za 0,61 godina kod dječaka i za 0,82 godina kod djevojčica (Tablica 23. i Tablica 24.)

Tablica 23. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Haavikkinom metodom po dobnim skupinama za dječake.

Dječaci	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,66	4,94	-0,72	0,250
6 - 6,99	6,65	6,09	-0,56	< 0.001
7 - 7,99	7,57	6,97	-0,60	< 0.001
8 - 8,99	8,51	7,85	-0,66	< 0.001
9 - 9,99	9,51	8,87	-0,65	< 0.001
10 - 10,99	10,46	10,14	-0,32	0,015
11 - 11,99	11,42	11,25	-0,17	0,231
12 - 12,99	12,48	12,34	-0,14	0,743
13 - 13,99	13,49	13,04	-0,45	< 0.001
14 - 14,99	14,47	13,63	-0,84	< 0.001
15 - 15,99	15,43	13,80	-1,63	< 0.001
Ukupno	10,51	9,90	-0,61	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

Tablica 24. Usporedba prosječne kronološke i dentalne dobi procijenjene Haavikkinom metodom po dobnim skupinama za djevojčice.

Djevojčice	Kronološka dob (godine)	Dentalna dob (godine)	Odstupanje (godine)	p*
Dob				
5 - 5,99	5,33	4,50	-0,84	0,063
6 - 6,99	6,62	6,32	-0,30	0,519
7 - 7,99	7,60	7,07	-0,52	< 0.001
8 - 8,99	8,52	8,10	-0,42	< 0.001
9 - 9,99	9,52	9,27	-0,25	< 0.001
10 - 10,99	10,54	10,31	-0,23	0,120
11 - 11,99	11,50	11,51	0,00	0,388
12 - 12,99	12,48	11,96	-0,52	< 0.001
13 - 13,99	13,50	12,35	-1,15	< 0.001
14 - 14,99	14,42	12,47	-1,94	< 0.001
15 - 15,99	15,48	12,66	-2,82	< 0.001
Ukupno	10,50	9,68	-0,82	

* p-vrijednost za Wilcoxonov test rangova s predznakom

4.6. Prilagodbe Demirjianove metode hrvatskoj populaciji

Najjednostavnija prilagodba Demirjianove metode hrvatskoj populaciji nazvana je „pomak“. Ako DDD označava dentalnu dob procijenjenu originalnom Demirjianovom metodom, tada je prilagodba pomakom za dječake opisana jednadžbom:

$$dentalna\ dob = DDD - 0{,}80.$$

Za djevojčice ista je prilagodba opisana jednadžbom:

$$dentalna\ dob = DDD - 0{,}84.$$

Pomaci 0,80 za dječake i 0,84 za djevojčice srednja su odstupanja kronološke i dentalne dobi iz Tablica 19. i Tablice 20.

Druga prilagodba Demirjianove metode, nazvana „logistička funkcija“, koristi jednadžbe:

$$dentalna\ dob = -\frac{\ln\frac{\left(\frac{1}{DMS} - 0{,}0100527547\right)}{0{,}2770437828}}{0{,}5534714669}$$

za dječake i

$$dentalna\ dob = -\frac{\ln\frac{\left(\frac{1}{DMS} - 0{,}0100486078\right)}{0{,}4639088896}}{0{,}6570492962}$$

za djevojčice.

Treća prilagodba Demirjianove metode koristi Gompertzovu funkciju, a jednadžbe iz kojih se izračunava dentalna dob su:

$$dentalna\ dob = \frac{-\ln\left(\frac{\left(-\ln\frac{DMS}{101{,}68526602}\right)}{8{,}4160379748}\right)}{0{,}4168735066}$$

za dječake i

$$dentalna\ dob = \frac{-\ln\left(\frac{\left(-\ln\frac{DMS}{100{,}77984668}\right)}{12{,}079609251}\right)}{0{,}4983177332}$$

za djevojčice.

Četvrta je prilagodba nazvana „polinom“, a jednadžbe za procjenu dentalne dobi su:

$$dentalna\ dob = 6{,}6389648164 + 0{,}0337848539 \cdot (DMS - 50) - 0{,}001602355 \cdot (DMS - 50)^2 + 0{,}0000156766 \cdot (DMS - 50)^3 + 0{,}0000013644726 \cdot (DMS - 50)^4$$

za dječake i

$$dentalna\ dob = 6{,}0488845501 + 0{,}0894548603 \cdot (DMS - 50) + 0{,}0000320379 \cdot (DMS - 50)^2 - 0{,}000298051 \cdot (DMS - 50)^3 + 0{,}0000060456353 \cdot (DMS - 50)^4 + 0{,}00000045307314 \cdot (DMS - 50)^5 - 0{,}0000000177948 \cdot (DMS - 50)^6 + 0{,}0000000001791505 \cdot (DMS - 50)^7$$

za djevojčice.

4.7. Procjena preciznosti Demirjianove metode i njezinih prilagodbi hrvatskoj populaciji

Kao mjera točnosti procjene dobi korišteno je kvadratno odstupanje. Kvadratna odstupanja po dobnim skupinama kao i ukupna kvadratna odstupanja Demirjianove metode i njezinih prilagodbi prikazana su u Tablici 25. i Tablici 26. Sve opisane prilagodbe značajno smanjuju ukupno kvadratno odstupanje dentalne i kronološke dobi.

Tablica 25. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za dječake.

Dječaci	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dob (godine)					
5 - 5,99	1,93	0,83	1,99	1,84	0,81
6 - 6,99	1,64	0,59	1,42	1,41	0,52
7 - 7,99	1,27	0,73	1,25	1,31	0,59
8 - 8,99	1,08	0,72	0,92	1,02	0,81
9 - 9,99	1,63	0,95	0,71	1,05	1,44
10 - 10,99	2,02	2,12	0,79	0,93	1,39
11 - 11,99	3,20	2,14	1,44	1,37	1,71
12 - 12,99	2,50	1,22	1,03	1,18	1,06
13 - 13,99	2,78	0,62	1,38	1,73	1,11
14 - 14,99	1,92	0,24	1,06	1,42	0,85
15 - 15,99	0,52	1,22	0,91	1,51	1,22
Ukupno	20,48	11,38	12,89	14,77	11,52

Tablica 26. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za djevojčice.

Djevojčice	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dob (godine)					
5 - 5,99	0,44	0,50	0,21	0,20	0,07
6 - 6,99	1,41	0,96	1,09	1,06	0,63
7 - 7,99	0,67	0,57	0,62	0,71	0,28
8 - 8,99	0,79	0,71	0,48	0,61	0,75
9 - 9,99	1,67	0,63	0,56	0,78	1,15
10 - 10,99	2,50	1,47	0,73	0,92	1,66
11 - 11,99	3,58	1,24	1,03	0,90	1,42
12 - 12,99	2,99	0,39	1,05	1,06	0,86
13 - 13,99	2,62	0,31	0,68	1,24	0,53
14 - 14,99	1,66	1,47	1,35	1,73	1,00
15 - 15,99	0,49	4,18	0,73	1,55	1,90
Ukupno	18,81	12,42	8,55	10,77	10,25

Radi lakše usporedbe u Tablici 27. ilustrirana je preciznost procjene dobi Demirjianovom metodom i njezinim prilagodbama. Sve četiri promatrane prilagodbe Demirjianove metode povećale su preciznost u procjeni dobi.

Tablica 27. Postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za dječake i djevojčice.

Preciznost	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dječaci					
± 0.5 god.	31,6	41,3	35,2	38,3	43,4
±1 god.	56,4	69,0	65,7	67,1	69,9
± 1.5 god.	73,7	86,0	84,8	85,0	86,4
± 2 god.	86,4	94,9	92,3	92,0	94,1
Djevojčice					
± 0.5 god.	27,2	32,0	41,5	36,6	37,6
± 1 god.	53,9	63,0	70,2	70,0	64,6
± 1.5 god.	70,3	81,7	85,3	86,5	85,7
± 2 god.	83,1	93,1	93,4	94,6	94,3

4.8. Provjera prilagodbi Demirjianove metode hrvatskoj populaciji

Simulacijama opisanima u poglavlju „Materijali i metode“ provjereno je postižu li prilagodbe Demirjianove metode veću preciznost u procjeni dobi samo na uzorku ili u hrvatskoj populaciji. U Tablici 28., Tablici 29. i Tablici 30. prikazane su srednje vrijednosti za 10 provedenih simulacija. Rezultati pokazuju da prilagodbe povećavaju točnost procjene dobi u hrvatskoj populaciji.

Tablica 28. Rezultati simulacije. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za dječake. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Dječaci	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dob					
5 - 5,99	1,43	0,79	1,79	1,62	1,79
6 - 6,99	1,73	0,58	1,53	1,52	0,62
7 - 7,99	1,23	0,44	1,21	1,26	0,59
8 - 8,99	1,07	0,58	0,91	1,00	0,82
9 - 9,99	1,78	1,51	0,75	1,14	1,54
10 - 10,99	2,12	1,68	0,82	1,00	1,45
11 - 11,99	3,06	2,53	1,32	1,18	1,53
12 - 12,99	2,33	1,68	0,96	1,10	0,94
13 - 13,99	2,75	1,79	1,36	1,78	1,15
14 - 14,99	1,92	1,00	1,15	1,49	0,92
15 - 15,99	0,54	0,62	0,97	1,55	1,26
Ukupno	19,97	13,18	12,78	14,64	12,61

Tablica 29. Rezultati simulacije. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za djevojčice. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Djevojčice	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dob					
5 - 5,99	0,46	0,28	0,45	0,25	1,72
6 - 6,99	1,24	0,35	1,21	1,00	0,81
7 - 7,99	0,60	0,38	0,72	0,62	0,28
8 - 8,99	0,80	0,77	0,66	0,62	0,53
9 - 9,99	1,74	0,79	0,78	0,79	0,90
10 - 10,99	2,57	1,67	0,88	0,96	1,52
11 - 11,99	3,60	1,86	0,80	0,88	1,40
12 - 12,99	3,13	1,76	1,20	1,18	1,11
13 - 13,99	2,68	1,30	1,41	1,28	0,71
14 - 14,99	1,68	1,34	2,17	1,98	1,25
15 - 15,99	0,51	0,69	1,59	1,51	1,53
Ukupno	19,00	11,19	11,86	11,06	11,78

Tablica 30. Rezultati simulacije. Preciznost procjena dobi za Demirjianovu metodu i njezine prilagodbe za dječake i djevojčice. Prikazan je postotni udio točnih procjena unutar zadanog intervala. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Preciznost	Demirjian	Pomak	Logistička funkcija	Gompertzova funkcija	Polinom
Dječaci					
± 0.5 god.	31,5	37,9	35,5	37,8	43,4
± 1 god.	56,5	68,2	64,7	66,7	69,6
± 1.5 god.	73,8	84,2	84,0	84,5	86,1
± 2 god.	86,8	92,5	92,0	92,3	93,8
Djevojčice					
± 0.5 god.	26,5	40,5	36,4	37,1	39,2
± 1 god.	53,6	65,2	69,6	69,9	67,9
± 1.5 god.	69,9	83,1	86,2	86,2	86,2
± 2 god.	82,5	92,5	93,3	93,8	93,9

4.9. Prilagodbe Willemsove metode hrvatskoj populaciji

Kao i kod Demirjianove, najjednostavnija prilagodba Willemsove metode nazvana je „pomak“. Ako WDD označava dentalnu dob procijenjenu Willemsovom metodom, prilagodba pomakom za dječake opisana je jednadžbom:

$$dentalna\ dob = WDD - 0{,}41.$$

Za djevojčice u ovoj prilagodbi vrijedi jednadžba:

$$dentalna\ dob = WDD - 0{,}22.$$

Pomaci 0,41 za dječake i 0,22 za djevojčice srednja su odstupanja kronološke i dentalne dobi iz Tablice 21. i Tablice 22.

Druga prilagodba Willemsove metode, nazvana„regresija zubi“, linearnom regresijom poboljšava preciznost procjene dobi u hrvatskoj populaciji. Najbolje rezultate daje treća prilagodba, nazvana „Willems regresija“ koja definira koeficijente za svaki stadij razvoja sedam donjih lijevih trajnih zuba.

Koeficijenti za pojedine stadije zuba prilagođeni hrvatskoj populaciji nalaze se u Tablici 31. Dentalna dob određuje se prema jednadžbi:

$$dentalna\ dob = intercept + brojevi\ pridruženi\ stadiju\ razvoja\ svakog\ zuba.$$

Tablica 31. Koeficijenti za procjenu dentalne dobi Willemsovom metodom prilagođenom hrvatskoj populaciji (Willems regresija) za dječake i djevojčice.

		Stadij razvoja							
	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	31	…	…	…	…	…	0,047	-0,108	0,737
Dječaci	32	…	…	…	…	…	0,408	0,134	0,624
	33	…	…	…	0,974	1,598	2,275	2,484	3,162
	34	…	…	…	-0,794	-0,375	0,295	0,502	1,260
	35	…	…	2,459	2,159	2,724	3,038	3,144	3,258
	36	…	…	…	…	…	1,416	1,001	1,263
	37	…	…	-1,740	-2,155	-1,859	-1,666	-1,090	0,000
intercept = 4,396									

		Stadij razvoja							
	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	31	…	…	…	…	…	1,065	0,579	0,945
Djevojčice	32	…	…	…	…	…	0,735	1,163	1,646
	33	…	…	…	0,415	0,189	0,479	0,784	1,574
	34	…	…	…	1,055	1,202	1,777	1,983	2,901
	35	…	…	…	-0,226	-0,264	0,052	-0,376	0,106
	36	…	…	…	…	…	-1,090	-0,455	0,000
	37	…	…	…	-0,155	0,076	0,496	1,014	2,331
intercept = 5,095									

4.10. Procjena preciznosti Willemsove metode i njezinih prilagodbi hrvatskoj populaciji

Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za originalnu Willemsovu metodu i njezine prilagodbe prikazana je u Tablici 32. i Tablici 33., dok je u Tablici 34. uspoređena preciznost metoda. Prilagodba pomakom daje točniju procjenu od originalne Willemsove metode. Rezultati dobiveni linearnom regresijom (stupac „regresija zubi“) nešto su bolji od prilagodbe pomakom. Najbolja prilagodba Willemsove metode u kojoj su dani koeficijenti prilagođeni hrvatskoj populaciji prikazana je u stupcu „Willems regresija“.

Tablica 32. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za dječake.

Dječaci	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dob (godine)				
5 - 5,99	2,00	1,98	1,63	0,28
6 - 6,99	1,56	1,10	1,21	0,62
7 - 7,99	1,15	0,62	0,80	0,66
8 - 8,99	0,62	0,38	0,55	0,72
9 - 9,99	1,14	1,17	1,15	1,36
10 - 10,99	1,64	1,66	1,69	1,38
11 - 11,99	2,46	2,48	2,03	1,61
12 - 12,99	1,68	1,68	1,23	1,13
13 - 13,99	2,08	1,93	0,86	0,93
14 - 14,99	1,87	1,40	0,40	0,54
15 - 15,99	0,82	0,80	1,63	1,20
Ukupno	17,02	15,20	13,18	10,43

Tablica 33. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za djevojčice.

Djevojčice	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dob (godine)				
5 - 5,99	0,35	0,55	0,19	0,00
6 - 6,99	0,82	0,63	1,09	0,47
7 - 7,99	0,24	0,24	0,67	0,32
8 - 8,99	0,39	0,54	0,48	0,43
9 - 9,99	0,80	0,84	0,79	0,60
10 - 10,99	2,00	1,99	1,81	1,21
11 - 11,99	2,12	1,88	1,76	1,40
12 - 12,99	2,06	1,86	0,91	1,11
13 - 13,99	2,09	1,82	0,33	0,74
14 - 14,99	1,90	1,85	1,01	1,12
15 - 15,99	0,63	0,66	2,26	1,40
Ukupno	13,40	12,87	11,30	8,79

Tablica 34. Postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za dječake i djevojčice.

Preciznost	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dječaci				
± 0.5 god.	34,1	36,4	39,7	43,5
± 1 god.	62,2	65,8	69,7	72,2
± 1.5 god.	80,5	83,1	86,1	87,5
± 2 god.	91,0	92,1	93,9	94,3
Djevojčice				
± 0.5 god.	40,4	39,2	40,4	40,2
± 1 god.	64,3	65,3	64,0	71,6
± 1.5 god.	78,6	80,8	83,9	88,5
± 2 god.	90,4	90,7	94,1	95,4

4.11. Provjera prilagodbi Willemsove metode hrvatskoj populaciji

Simulacijama opisanima u poglavlju „Materijali i metode“ provjereno je postižu li prilagodbe Willemsove metode veću preciznost u procjeni dobi samo na uzorku ili u hrvatskoj populaciji. U Tablici 35., Tablici 36. i Tablici 37. prikazane su srednje vrijednosti za 10 provedenih simulacija. Simulacije pokazuju da poboljšanja u procjeni dobi nisu samo posljedica prilagodbe uzorku.

Tablica 35. Rezultati simulacije. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za dječake. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Dječaci	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dob (godine)				
5 - 5,99	1,06	1,26	1,25	0,53
6 - 6,99	1,40	0,97	1,19	1,03
7 - 7,99	1,12	0,59	0,77	0,73
8 - 8,99	0,63	0,40	0,57	0,73
9 - 9,99	1,11	1,13	1,14	1,49
10 - 10,99	1,49	1,58	1,63	1,48
11 - 11,99	2,39	2,46	1,97	1,49
12 - 12,99	1,57	1,59	1,19	1,05
13 - 13,99	2,07	1,98	0,89	0,97
14 - 14,99	1,88	1,41	0,46	0,62
15 - 15,99	0,84	0,84	1,78	1,29
Ukupno	15,57	14,22	12,84	11,43

Tablica 36. Rezultati simulacije. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za djevojčice. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Djevojčice	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dob (godine)				
5 - 5,99	0,37	0,57	0,37	0,49
6 - 6,99	0,73	0,61	1,21	1,52
7 - 7,99	0,21	0,21	0,61	0,45
8 - 8,99	0,38	0,53	0,51	0,54
9 - 9,99	0,81	0,83	0,85	0,67
10 - 10,99	2,02	2,01	1,89	1,30
11 - 11,99	1,99	1,75	1,71	1,40
12 - 12,99	2,14	1,94	0,96	1,19
13 - 13,99	2,21	1,92	0,35	0,81
14 - 14,99	2,01	1,99	1,17	1,38
15 - 15,99	0,67	0,71	2,23	1,37
Ukupno	13,54	13,07	11,84	11,12

Tablica 37. Preciznost procjena dobi za Willemsovu metodu i njezine prilagodbe za dječake i djevojčice. Prikazan je postotni udio točnih procjena unutar zadanog intervala. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Preciznost	Willems	Pomak	Regresija zubi	Willems regresija
Dječaci				
± 0.5 god.	35,0	36,5	38,7	40,9
± 1 god.	63,1	65,8	68,5	70,3
± 1.5 god.	80,9	83,4	85,1	86,8
± 2 god.	91,1	92,1	93,8	93,8
Djevojčice				
± 0.5 god.	40,7	40,1	39,7	38,7
± 1 god.	64,6	66,0	63,1	69,6
± 1.5 god.	78,5	80,4	83,2	87,2
± 2 god.	89,9	90,1	94,1	94,4

4.12. Prilagodbe Haavikkine metode hrvatskoj populaciji

Kao i kod Demirjianove i Willemsove metode, prilagodba Haavikkine metode pomoću pomaka najjednostavnija je prilagodba hrvatskoj populaciji. Pri ovoj prilagodbi koristi se jednadžba

$$dentalna\ dob = HDD + 0{,}61$$

za dječake te

$$dentalna\ dob = HDD + 0{,}82$$

za djevojčice,

pri čemu HDD označava dentalnu dob procijenjenu metodom po Haavikko, a pomaci 0,61 za dječake i 0,82 za djevojčice srednja su odstupanja kronološke i dentalne dobi iz Tablice 23. i Tablice 24.

4.13. Procjena preciznosti Haavikkine metode i njezine prilagodbe pomakom hrvatskoj populaciji

Kao i kod Demirjianove i Willemsove metode, prilagodba Haavikkine metode pomoću pomaka znatno poboljšava metodu (Tablica 38., Tablica 39. i Tablica 40.).

Tablica 38. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Haavikkinu metodu i njezinu prilagodbu pomakom za dječake.

Dječaci	Haavikko	Pomak
Dob (godine)		
5 - 5,99	1,33	0,83
6 - 6,99	0,90	0,60
7 - 7,99	1,08	0,73
8 - 8,99	1,16	0,72
9 - 9,99	1,37	0,95
10 - 10,99	2,14	2,12
11 - 11,99	1,99	2,15
12 - 12,99	1,04	1,24
13 - 13,99	0,79	0,62
14 - 14,99	0,89	0,24
15 - 15,99	2,81	1,19
Ukupno	15,50	11,37

Tablica 39. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Haavikkinu metodu i njezinu prilagodbu pomakom za djevojčice.

Djevojčice	Haavikko	Pomak
Dob (godine)		
5 - 5,99	1,19	0,49
6 - 6,99	0,80	0,98
7 - 7,99	0,76	0,57
8 - 8,99	0,74	0,72
9 - 9,99	0,39	0,64
10 - 10,99	1,19	1,48
11 - 11,99	0,58	1,26
12 - 12,99	0,57	0,39
13 - 13,99	1,52	0,30
14 - 14,99	3,96	1,45
15 - 15,99	8,08	4,14
Ukupno	19,79	12,42

Tablica 40. Postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala za Haavikkinu metodu i njezinu prilagodbu pomakom za dječake i djevojčice.

Preciznost	Haavikko	Pomak
Dječaci		
± 0.5 god.	28,4	41,3
± 1 god.	58,2	69,2
± 1.5 god.	78,7	86,0
± 2 god.	91,9	94,6
Djevojčice		
± 0.5 god.	33,6	32,1
± 1 god.	57,6	62,8
± 1.5 god.	73,2	81,3
± 2 god.	82,6	93,3

4.14. Provjera prilagodbe pomakom Haavikkine metode hrvatskoj populaciji

Simulacijama opisanima u poglavlju „Materijali i metode“ provjereno je postiže li prilagodba pomakom Haavikkine metode veću preciznost u procjeni dobi samo na uzorku ili u hrvatskoj populaciji. U Tablici 41. i Tablici 42. prikazane su srednje vrijednosti za 10 provedenih simulacija. I u ovom slučaju simulacije pokazuju da poboljšanja u procjeni dobi nisu samo posljedica prilagodbe uzorku.

Tablica 41. Rezultati simulacije. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Haavikkinu metodu i njezinu prilagodbu pomakom za dječake i djevojčice. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Dječaci	Haavikko	Pomak
Dob (godine)		
5 - 5,99	1,24	0,56
6 - 6,99	0,89	0,58
7 - 7,99	1,10	0,71
8 - 8,99	1,14	0,68
9 - 9,99	1,34	0,89
10 - 10,99	2,30	2,33
11 - 11,99	1,86	2,14
12 - 12,99	1,12	1,27
13 - 13,99	0,72	0,55
14 - 14,99	0,91	0,25
15 - 15,99	2,75	1,15
Ukupno	15,37	11,10

Djevojčice	Haavikko	Pomak
Dob (godine)		
5 - 5,99	1,37	0,63
6 - 6,99	0,88	0,97
7 - 7,99	0,70	0,57
8 - 8,99	0,70	0,69
9 - 9,99	0,40	0,64
10 - 10,99	1,26	1,58
11 - 11,99	0,60	1,34
12 - 12,99	0,54	0,40
13 - 13,99	1,49	0,29
14 - 14,99	3,98	1,44
15 - 15,99	8,10	4,11
Ukupno	20,02	12,65

Tablica 42. Preciznost procjena dobi za Haavikkinu metodu i njezinu prilagodbu pomakom za dječake i djevojčice. Prikazan je postotni udio točnih procjena unutar zadanog intervala. Prikazan je prosjek 10 simulacija.

Preciznost	Haavikko	Pomak
Dječaci		
± 0.5 god.	28,6	41,4
± 1 god.	57,7	69,3
± 1.5 god.	79,1	85,9
± 2 god.	91,8	94,5
Djevojčice		
± 0.5 god.	33,0	32,3
± 1 god.	57,4	62,0
± 1.5 god.	73,3	80,8
± 2 god.	82,3	93,0

4.15. Potpuna prilagodba Haavikkine metode hrvatskoj populaciji

Potpuna prilagodba Haavikkine metode hrvatskoj populaciji napravljena je izračunom prosječne dobi u kojoj dječaci i djevojčice u Republici Hrvatskoj dosežu određeni razvojni stadij pojedinog zuba (Tablica 43., Tablica 44.).

Tablica 43. Prosječna dob za stadije razvoja po Haavikko za dječake u hrvatskoj populaciji.

Stadij	11	12	13	14	15	16	17	18
0	.	.	.	.	.	.	.	9,0
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,1
Cco	.	.	.	.	.	.	5,4	9,8
C1/2	.	.	.	.	7,1	.	7,4	10,6
C3/4	.	6,4	6,7	6,8	7,3	.	8,1	11,7
Crc	.	7,1	6,9	7,5	8,2	.	8,3	12,8
Ri	6,9	7,5	7,3	8,3	8,6	.	8,9	14,0
R1/4	7,2	7,6	8,0	8,9	9,6	5,9	10,2	14,5
R1/2	7,7	8,0	9,2	9,9	10,3	7,2	10,9	14,8
R3/4	8,1	8,8	10,7	10,5	11,0	8,1	11,6	14,8
Rc	9,4	10,0	12,3	11,6	12,1	8,9	12,8	15,4
Ac	12,6	13,1	14,2	13,8	14,1	12,1	14,5	15,4

Stadij	21	22	23	24	25	26	27	28
0	.	.	.	.	.	.	.	9,0
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,0
Cco	.	.	.	.	5,4	.	5,4	9,8
C1/2	.	.	.	.	7,2	.	7,4	10,6
C3/4	.	6,4	6,7	6,8	7,3	.	7,9	11,5
Crc	.	7,0	7,0	7,5	8,2	.	8,2	12,9
Ri	6,9	7,5	7,5	8,3	8,7	.	9,0	14,0
R1/4	7,2	7,7	8,1	8,9	9,5	5,9	10,1	14,3
R1/2	7,7	8,1	9,1	10,0	10,4	7,2	10,8	14,7
R3/4	8,1	8,8	10,8	10,5	11,0	8,1	11,4	15,2
Rc	9,3	9,9	12,2	11,5	12,2	8,8	12,7	15,5
Ac	12,6	13,0	14,2	13,8	14,1	12,1	14,5	15,6

Tablica 43. Prosječna dob za stadije razvoja po Haavikko za dječake u hrvatskoj populaciji (nastavak).

Stadij	31	32	33	34	35	36	37	38
0	.	.	.	.	.	.	.	8,6
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,0
Cco	.	.	.	.	5,4	.	5,4	10,0
C1/2	.	.	.	.	6,9	.	7,3	10,9
C3/4	.	.	6,8	6,9	7,4	.	7,3	11,9
Crc	.	.	7,1	6,9	7,8	.	8,1	13,3
Ri	.	6,1	7,2	7,8	8,4	.	8,7	14,1
R1/4	6,6	6,1	7,9	8,6	9,0	5,7	9,7	14,3
R1/2	7,4	7,1	8,8	9,5	10,0	6,8	10,6	14,7
R3/4	7,8	7,8	10,5	10,6	11,2	8,1	11,3	15,0
Rc	7,9	8,5	12,2	11,6	12,6	8,5	12,9	15,2
Ac	11,9	12,4	14,2	13,9	14,3	12,4	14,6	15,6

Stadij	41	42	43	44	45	46	47	48
0	.	.	.	.	.	.	.	8,3
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,8
Cco	.	.	.	.	5,4	.	5,4	10,2
C1/2	.	.	.	.	6,9	.	7,3	11,0
C3/4	.	.	.	7,0	7,2	.	7,4	12,0
Crc	.	6,0	7,2	7,0	7,9	.	8,1	13,0
Ri	.	6,1	7,2	7,7	8,4	.	8,6	14,0
R1/4	6,6	6,1	7,8	8,6	9,2	5,7	9,6	14,4
R1/2	7,3	7,0	8,9	9,6	10,1	6,8	10,6	14,8
R3/4	7,7	7,8	10,5	10,6	11,3	8,0	11,3	14,8
Rc	7,9	8,5	12,1	11,5	12,6	8,4	13,0	15,2
Ac	11,9	12,4	14,3	13,9	14,3	12,4	14,6	15,6

Tablica 44. Prosječna dob za stadije razvoja po Haavikko za djevojčice u hrvatskoj populaciji.

Stadij	11	12	13	14	15	16	17	18
0	.	.	.	.	.	.	.	9,7
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,8
Cco	.	.	.	.	5,9	.	.	10,3
C1/2	.	.	.	6,0	6,2	.	6,3	10,5
C3/4	5,1	5,2	5,3	6,2	7,7	.	7,5	11,9
Crc	5,3	6,3	6,1	7,3	8,0	.	8,0	13,0
Ri	6,5	6,7	6,9	7,9	8,7	5,0	8,9	13,9
R1/4	6,5	7,6	7,8	8,8	9,4	5,2	10,0	14,5
R1/2	7,5	7,9	8,8	9,5	10,1	6,1	10,5	14,6
R3/4	7,8	8,7	9,9	10,3	11,0	6,2	11,2	15,0
Rc	8,8	9,3	11,3	10,9	11,5	7,9	12,6	15,2
Ac	12,4	12,7	13,6	13,4	13,7	12,1	14,2	16,0

Stadij	21	22	23	24	25	26	27	28
0	.	.	.	.	.	.	.	9,4
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,9
Cco	.	.	.	5,4	5,3	.	.	9,9
C1/2	.	.	.	5,9	6,4	.	5,9	10,8
C3/4	5,1	5,2	5,9	6,0	7,4	.	7,3	11,9
Crc	5,3	5,9	6,1	7,4	7,9	.	7,9	13,1
Ri	6,5	6,3	7,1	8,0	8,9	.	9,0	13,9
R1/4	6,5	7,5	7,8	8,8	9,6	5,2	10,1	14,5
R1/2	7,5	7,9	8,7	9,5	10,0	5,9	10,5	14,7
R3/4	7,8	8,6	10,0	10,2	11,1	6,4	11,4	15,0
Rc	8,8	9,2	11,3	10,9	11,6	7,9	12,5	15,1
Ac	12,4	12,7	13,6	13,4	13,8	12,0	14,3	16,0

Tablica 44. Prosječna dob za stadije razvoja po Haavikko za djevojčice u hrvatskoj populaciji (nastavak).

Stadij	31	32	33	34	35	36	37	38
0	.	.	.	.	.	.	.	8,9
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,8
Cco	.	.	.	.	.	.	.	10,3
C1/2	.	.	.	.	5,4	.	6,0	11,3
C3/4	.	.	5,4	5,4	7,2	.	7,0	12,4
Crc	.	.	5,5	7,0	7,7	.	7,9	13,3
Ri	.	5,3	6,7	7,4	8,1	.	8,8	13,8
R1/4	5,4	6,2	7,6	8,3	8,6	5,3	9,8	14,6
R1/2	5,8	6,6	8,4	9,2	9,8	5,6	10,1	14,8
R3/4	7,0	7,4	9,6	10,2	11,2	6,3	11,2	15,4
Rc	7,6	8,3	11,0	11,0	12,0	8,2	12,7	15,6
Ac	11,9	12,2	13,5	13,6	14,0	12,2	14,5	15,6

Stadij	41	42	43	44	45	46	47	48
0	.	.	.	.	.	.	.	9,0
Ci	.	.	.	.	.	.	.	9,5
Cco	.	.	.	.	.	.	.	10,5
C1/2	.	.	.	.	5,4	.	6,6	11,2
C3/4	.	.	5,4	5,4	6,3	.	7,0	12,4
Crc	.	.	5,8	6,6	7,8	.	7,8	13,4
Ri	.	5,3	6,2	7,5	8,1	.	8,8	13,7
R1/4	5,4	6,2	7,7	8,3	8,7	5,3	9,7	14,6
R1/2	5,8	6,6	8,3	9,2	9,7	5,5	10,2	14,8
R3/4	6,9	7,4	9,5	10,2	11,1	6,3	11,2	15,1
Rc	7,7	8,3	10,9	11,3	12,2	8,1	12,7	15,5
Ac	11,9	12,2	13,5	13,6	14,0	12,2	14,5	15,6

4.16. Usporedba metoda

Prikazani rezultati za Demirjianovu, Willemsovu i Haavikkinu metodu ne mogu se direktno usporediti jer su analize rađene na različitim uzorcima. Stoga su ove tri metode i njihove prilagodbe pomacima uspoređene na uzorku na kojem su definirani parametri za sve tri metode. Rezultat usporedbe prikazan je u Tablici 45., Tablici 46. i Tablici 47.

Tablica 45. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu, Willemsovu i Haavikkinu metodu te njihove prilagodbe pomakom za dječake.

Dječaci	Demirjian	Demirjian s pomakom	Willems	Willems s pomakom	Haavikko	Haavikko s pomakom
Dob (godine)						
5 – 5,99	1,93	0,83	2,00	1,98	1,33	0,83
6 – 6,99	1,64	0,59	1,56	1,10	0,90	0,60
7 – 7,99	1,27	0,73	1,15	0,62	1,01	0,73
8 – 8,99	1,08	0,72	0,62	0,38	1,14	0,72
9 – 9,99	1,63	0,95	1,14	1,17	1,38	0,95
10 – 10,99	2,02	2,12	1,64	1,66	2,13	2,12
11 – 11,99	3,20	2,14	2,46	2,48	2,01	2,15
12 – 12,99	2,50	1,22	1,68	1,68	1,06	1,24
13 – 13,99	2,78	0,62	2,08	1,93	0,82	0,62
14 – 14,99	1,92	0,24	1,87	1,40	0,86	0,24
15 – 15,99	0,52	1,22	0,82	0,80	2,78	1,19
Ukupno	20,48	11,38	17,02	15,20	15,42	11,37

Tablica 46. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za Demirjianovu, Willemsovu i Haavikkinu metodu te njihove prilagodbe pomakom za djevojčice.

Djevojčice	Demirjian	Demirjian s pomakom	Willems	Willems s pomakom	Haavikko	Haavikko s pomakom
Dob (godine)						
5 – 5,99	0,44	0,50	0,35	0,55	1,19	0,49
6 – 6,99	1,41	0,96	0,82	0,63	0,80	0,98
7 – 7,99	0,67	0,57	0,24	0,24	0,78	0,57
8 – 8,99	0,79	0,71	0,39	0,54	0,70	0,72
9 – 9,99	1,67	0,63	0,80	0,84	0,39	0,64
10 – 10,99	2,50	1,47	2,00	1,99	1,10	1,48
11 – 11,99	3,58	1,24	2,12	1,88	0,59	1,26
12 – 12,99	2,99	0,39	2,06	1,86	0,55	0,39
13 – 13,99	2,62	0,31	2,09	1,82	1,45	0,30
14 – 14,99	1,66	1,47	1,90	1,85	4,02	1,45
15 – 15,99	0,49	4,18	0,63	0,66	8,01	4,14
Ukupno	18,81	12,42	13,40	12,87	19,59	12,42

Tablica 47. Postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala za Demirjianovu, Willemsovu i Haavikkinu metodu te njihove prilagodbe pomakom za dječake i djevojčice.

Preciznost	Demirjian	Demirjian s pomakom	Willems	Willems s pomakom	Haavikko	Haavikko s pomakom
Dječaci						
± 0.5 god.	31,6	41,3	34,1	36,4	28,8	41,3
± 1 god.	56,4	69,0	62,2	65,8	58,3	69,2
± 1.5 god.	73,7	86,0	80,5	83,1	79,1	86,0
± 2 god.	86,4	94,9	91,0	92,1	92,0	94,6
Djevojčice						
± 0.5 god.	27,2	32,0	40,4	39,2	34,2	32,1
± 1 god.	53,9	63,0	64,3	65,3	58,0	62,8
± 1.5 god.	70,3	81,7	78,6	80,8	73,9	81,3
± 2 god.	83,1	93,1	90,4	90,7	83,1	93,3

4.17. Novi modeli za procjenu dentalne dobi na temelju razvojnih stadija 1 do 6 zuba

Willemsova metoda i njezina prilagodba hrvatskoj populaciji regresijom (Willems regresija) pokazale su se najpreciznijima od svih korištenih metoda. Istražena je i testirana mogućnost procjene dentalne dobi na manjem broju zuba te su razvijeni modeli koji određuju dentalnu dob na manje od 7 zuba koji su potrebni za originalnu metodu (zubi 31-37).

Univarijatna regresija omogućila je procjenu dobi na temelju razvojnog stadija samo jednog zuba. Kvadratna odstupanja dentalne i kronološke dobi prikazana su u Tablici 48. i Tablici 49., a preciznost procjene na temelju jednog zuba u Tablici 50.

Tablica 48. Procjena dentalne dobi na temelju razvojnog stadija jednog zuba za dječake. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi.

Dječaci	Zub						
	31	32	33	34	35	36	37
Dob (godine)							
5 - 5,99	0,70	1,58	2,08	1,89	0,67	1,28	0,84
6 - 6,99	3,47	0,69	1,02	1,20	1,44	2,18	1,97
7 - 7,99	8,12	2,03	0,72	0,72	1,37	2,13	1,73
8 - 8,99	9,17	5,42	1,36	0,49	0,84	4,94	0,93
9 - 9,99	5,04	6,59	2,67	2,02	1,33	6,21	1,26
10 - 10,99	1,88	4,01	2,18	2,36	2,47	4,11	2,51
11 - 11,99	0,64	1,50	1,88	2,50	2,91	1,57	3,14
12 - 12,99	0,62	0,28	1,61	1,93	1,65	0,50	1,75
13 - 13,99	3,16	1,31	1,40	0,89	1,34	1,27	1,41
14 - 14,99	7,60	4,46	0,46	0,71	1,17	5,00	0,85
15 - 15,99	13,79	9,41	2,16	2,28	1,90	9,30	1,50
Ukupno	54,19	37,26	17,54	17,00	17,09	38,49	17,88

Tablica 49. Procjena dentalne dobi na temelju razvojnog stadija jednog zuba za djevojčice. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi.

Djevojčice	Zub						
	31	32	33	34	35	36	37
Dob (godine)							
5 - 5,99	0,03	0,13	1,58	0,23	0,17	0,03	0,22
6 - 6,99	4,88	0,80	0,51	1,44	1,76	1,07	2,17
7 - 7,99	7,88	2,35	0,83	0,32	1,06	1,74	0,98
8 - 8,99	9,20	6,31	1,40	0,61	0,63	6,89	0,70
9 - 9,99	4,80	7,03	1,23	1,37	1,92	6,94	0,95
10 - 10,99	1,47	3,30	2,36	2,06	2,59	3,28	2,48
11 - 11,99	0,11	0,62	2,96	2,80	1,88	0,79	1,74
12 - 12,99	0,71	0,14	1,65	1,77	1,77	0,36	1,31
13 - 13,99	3,47	1,74	0,45	0,41	1,37	1,99	0,94
14 - 14,99	7,57	4,86	1,06	0,94	1,52	4,78	1,95
15 - 15,99	14,56	10,67	3,65	3,28	2,81	10,55	1,67
Ukupno	54,68	37,95	17,68	15,22	17,49	38,44	15,12

Tablica 50. Postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala korištenjem razvojnog stadija jednog zuba za dječake i djevojčice.

	Zub						
Preciznost	31	32	33	34	35	36	37
Dječaci							
± 0.5 god.	14,4	19,0	32,1	30,9	32,6	18,5	32,7
± 1 god.	29,3	36,4	58,6	58,5	59,1	35,8	59,0
± 1.5 god.	41,3	50,5	78,1	78,1	78,6	50,7	77,6
± 2 god.	53,4	63,6	89,4	90,9	88,6	64,5	88,2
Djevojčice							
± 0.5 god.	17,3	19,2	29,2	31,1	30,4	18,2	30,3
± 1 god.	32,1	37,1	50,7	57,2	55,9	36,0	61,4
± 1.5 god.	42,4	51,2	70,2	74,8	75,6	50,8	82,3
± 2 god.	54,9	63,5	86,7	88,4	87,4	63,8	90,9

Za određivanje najbolje kombinacije zuba u modelima s 2 do 6 zuba korištena je regresija sa selekcijom unaprijed i unazad.

Koeficijenti za modele s 1 do 6 zuba prikazani su u Tablici 51. i Tablici 52. Dentalna dob izračunava se prema jednadžbi:

$$dentalna\ dob =$$

$$intercept + brojevi\ pridruženi\ stadiju\ razvoja\ svakog\ zuba\ u\ modelu$$

Tablica 51. Koeficijenti za procjenu dentalne dobi po modelima s 1 do 6 zuba za dječake.

Model 6		Stadij razvoja							
31 33 34 35 36 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	31	…	…	…	…	…	0,139	0,048	0,938
Dječaci	33	…	…	…	0,826	1,517	2,381	2,589	3,268
	34	…	…	…	-0,865	-0,401	0,312	0,533	1,292
	35	…	…	2,365	2,174	2,712	3,020	3,130	3,243
	36	…	…	…	…	…	1,526	1,006	1,414
	37	…	…	-1,653	-2,144	-1,846	-1,662	-1,090	0,000
intercept = 4,544									

Model 5		Stadij razvoja							
31 33 34 36 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	31	…	…	…	…	…	0,137	0,039	1,049
Dječaci	33	…	…	…	0,706	1,359	2,249	2,479	3,183
	34	…	…	…	-0,835	-0,246	0,596	0,905	1,713
	36	…	…	…	…	…	1,410	0,902	1,332
	37	…	…	0,717	0,171	0,712	0,980	1,604	2,754
intercept = 4,664									

Model 4		Stadij razvoja							
31 33 34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	31	…	…	…	…	…	0,708	0,630	1,715
Dječaci	33	…	…	…	-0,081	-0,150	0,858	1,092	1,796
	34	…	…	…	0,047	0,757	1,740	2,055	2,858
	37	…	…	0,749	0,279	0,809	1,105	1,720	2,874
intercept = 5,451									

Model 3		Stadij razvoja							
33 34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Dječaci	33	…	…	…	-0,699	-0,530	0,721	0,985	1,688
	34	…	…	…	0,144	1,274	2,282	2,583	3,381
	37	…	…	0,761	0,467	1,497	1,797	2,402	3,556
intercept = 6,069									

Tablica 51. Koeficijenti za procjenu dentalne dobi po modelima s 1 do 6 zuba za dječake (nastavak).

Model 2		Stadij razvoja							
34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Dječaci	34	…	…	…	0,226	1,339	3,208	3,669	4,815
	37	…	…	0,841	0,597	1,885	2,286	3,058	4,496
intercept = 5,370									

Model 1		Stadij razvoja							
34	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Dječaci	34	…	…	…	0,607	2,393	4,799	5,816	8,124
intercept = 5,828									

Tablica 52. Koeficijenti za procjenu dentalne dobi po modelima s 1 do 6 zuba za djevojčice.

Model 6		Stadij razvoja							
32 33 34 35 36 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	32	…	…	…	…	…	0,385	1,022	1,569
Djevojčice	33	…	…	…	0,433	0,227	0,584	0,886	1,676
	34	…	…	…	1,037	1,118	1,676	1,881	2,799
	35	…	…	…	-0,202	-0,169	0,145	-0,283	0,199
	36	…	…	…	…	…	-1,090	0,494	0,954
	37	…	…	…	-0,159	0,071	0,488	1,007	2,324
intercept = 5,077									

Model 5		Stadij razvoja							
32 33 34 36 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	32	…	…	…	…	…	0,396	1,067	1,615
Djevojčice	33	…	…	…	0,431	0,222	0,577	0,872	1,700
	34	…	…	…	1,039	1,047	1,742	1,905	2,907
	36	…	…	…	…	…	-1,090	0,419	0,872
	37	…	…	…	-0,230	0,010	0,471	0,893	2,416
intercept = 5,079									

Tablica 52. Koeficijenti za procjenu dentalne dobi po modelima s 1 do 6 zuba za djevojčice (nastavak).

Model 4		Stadij razvoja							
32 33 34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
	32	…	…	…	…	…	0,879	1,384	2,130
Djevojčice	33	…	…	…	0,388	0,135	0,565	0,850	1,679
	34	…	…	…	0,656	0,786	1,613	1,772	2,774
	37	…	…	…	0,232	0,474	0,937	1,359	2,881
intercept = 5,122									

Model 3		Stadij razvoja							
32 34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Djevojčice	32	…	…	…	…	…	0,859	1,401	2,330
	34	…	…	…	0,564	0,701	1,773	2,164	3,551
	37	…	…	…	0,226	0,548	1,171	1,752	3,356
intercept = 5,350									

Model 2		Stadij razvoja							
34 37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Djevojčice	34	…	…	…	0,823	1,654	3,248	3,663	5,048
	37	…	…	…	0,390	1,351	2,008	2,585	4,189
intercept = 5,350									

Model 1		Stadij razvoja							
37	zub	A	B	C	D	E	F	G	H
Djevojčice	34	…	…	…	1,540	3,257	5,381	6,912	8,815
intercept = 5,771									

Kvadratna odstupanja između kronološke i dentalne dobi za modele s jednim do šest zuba prikazana su u Tablici 53. i Tablici 54., a točnost procjene korištenjem navedenih modela u Tablici 55. Navedenim podatcima pridružena su, radi lakše usporedbe, kvadratna odstupanja između kronološke i dentalne dobi regresijom prilagođene Willemsove metode za hrvatsku populaciju (Willems regresija).

Tablica 53. Procjena dentalne dobi korištenjem prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i novih modela s 1 do 6 zuba za dječake. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi.

Dječaci	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
Dob (godine)							
5 - 5,99	0,28	0,33	0,42	0,50	0,84	0,87	1,89
6 - 6,99	0,62	0,69	0,66	0,71	0,83	1,12	1,20
7 - 7,99	0,66	0,67	0,71	0,73	0,72	0,92	0,72
8 - 8,99	0,72	0,69	0,69	0,67	0,73	0,58	0,49
9 - 9,99	1,36	1,37	1,45	1,50	1,65	1,66	2,02
10 - 10,99	1,38	1,40	1,38	1,42	1,53	1,81	2,36
11 - 11,99	1,61	1,62	1,59	1,68	1,66	2,04	2,50
12 - 12,99	1,13	1,13	1,13	1,11	1,18	1,19	1,93
13 - 13,99	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,93	0,89
14 - 14,99	0,54	0,55	0,54	0,52	0,52	0,67	0,71
15 - 15,99	1,20	1,20	1,21	1,21	1,21	1,23	2,28
Ukupno	10,43	10,58	10,72	11,00	11,83	13,01	17,00

Tablica 54. Procjena dentalne dobi korištenjem prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i modela s 1 do 6 zuba za djevojčice. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi.

Djevojčice	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
Dob (godine)							
5 - 5,99	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11	0,20	0,22
6 - 6,99	0,47	0,49	0,49	0,58	0,64	1,15	2,17
7 - 7,99	0,32	0,31	0,31	0,38	0,35	0,34	0,98
8 - 8,99	0,43	0,46	0,44	0,44	0,45	0,54	0,70
9 - 9,99	0,60	0,60	0,60	0,59	0,69	0,89	0,95
10 - 10,99	1,21	1,22	1,24	1,26	1,46	1,59	2,48
11 - 11,99	1,40	1,40	1,50	1,49	1,45	1,49	1,74
12 - 12,99	1,11	1,11	1,11	1,11	1,09	1,10	1,31
13 - 13,99	0,74	0,74	0,77	0,78	0,79	0,79	0,94
14 - 14,99	1,12	1,12	1,14	1,14	1,31	1,32	1,95
15 - 15,99	1,40	1,40	1,45	1,45	1,50	1,50	1,67
Ukupno	8,79	8,85	9,06	9,33	9,84	10,90	15,12

Tablica 55. Preciznost procjene dobi korištenjem prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i modela s 1 do 6 zuba za dječake i djevojčice. Prikazan je postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala.

Preciznost	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
Dječaci							
± 0.5 god.	43,5	42,9	42,2	42,0	40,5	39,3	30,9
± 1 god.	72,2	71,7	71,8	71,4	69,7	68,0	58,5
± 1.5 god.	87,5	87,3	87,2	87,1	86,1	84,4	78,1
± 2 god.	94,3	94,1	94,1	94,1	93,6	92,1	90,9

Preciznost	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
Djevojčice							
± 0.5 god.	40,2	40,2	40,7	40,2	37,1	34,7	30,3
± 1 god.	71,6	71,2	69,8	69,5	69,7	67,5	61,4
± 1.5 god.	88,5	88,5	87,0	87,0	87,1	86,4	82,3
± 2 god.	95,4	95,3	95,6	95,7	95,3	95,2	90,9

Statistička značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između prilagođene Willemsove metode sa 7 zuba (Willems regresija) i modela s 1 do 6 zuba testirana je F-testom (Tablica 56.). Postotak točnih procjena dobi unutar intervala ± 0,5 godina kod modela s 3 zuba manji je za 3 %, a kod modela s 4 zuba za 1,5 % u odnosu na prilagođenu Willemsovu metodu (Willems regresija). Točnih procjena u intervalu ± 1 godina ima oko 1 % manje u modelima s 3 i 4 zuba nego kod prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) koja koristi 7 zuba (Tablica 55.).

Tablica 56. F-test. Značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i novih modela s 1 do 6 zuba.

Dječaci	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
Ukupno kvadratno odstupanje	10,43	10,58	10,72	11,00	11,83	13,01	17,00
F		4,70	2,40	8,60	24,32	19,07	41,18
P		0,003	0,026	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Djevojčice	Zubi u modelu						
	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
Ukupno kvadratno odstupanje	8,79	8,85	9,06	9,33	9,84	10,90	15,12
F		1,65	3,72	7,49	8,36	25,72	44,81
P		0,176	0,0025	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

4.18. Usporedba originalne Willemsove metode s prilagođenom Willemsovom metodom (Willems regresija) i novim modelima s 1 do 6 zuba

Budući da prethodno spomenuti modeli za procjenu dentalne dobi koji koriste 1 do 6 zuba predstavljaju nove i dosad nekorištene metode za procjenu dobi, radi jednostavnijeg snalaženja u Tablici 57. i Tablici 58. prikazana je njihova usporedba s originalnom Willemsovom metodom kao i Willemsovom metodom regresijom prilagođenom hrvatskoj populaciji (Willems regresija).

Tablica 57. Usporedba kvadratnih odstupanja između kronološke i dentalne dobi za originalnu Willemsovu metodu, njezinu prilagodbu hrvatskoj populaciji (Willems regresija) i nove modele s 1 do 6 zuba za dječake i djevojčice.

Dječaci	Zubi u modelu/metodi							
Dob (godine)	Originalni Willems 31-37	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
5 - 5,99	2,00	0,28	0,33	0,42	0,50	0,84	0,87	1,89
6 - 6,99	1,56	0,62	0,69	0,66	0,71	0,83	1,12	1,20
7 - 7,99	1,15	0,66	0,67	0,71	0,73	0,72	0,92	0,72
8 - 8,99	0,62	0,72	0,69	0,69	0,67	0,73	0,58	0,49
9 - 9,99	1,14	1,36	1,37	1,45	1,50	1,65	1,66	2,02
10 - 10,99	1,64	1,38	1,40	1,38	1,42	1,53	1,81	2,36
11 - 11,99	2,46	1,61	1,62	1,59	1,68	1,66	2,04	2,50
12 - 12,99	1,68	1,13	1,13	1,13	1,11	1,18	1,19	1,93
13 - 13,99	2,08	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,93	0,89
14 - 14,99	1,87	0,54	0,55	0,54	0,52	0,52	0,67	0,71
15 - 15,99	0,82	1,20	1,20	1,21	1,21	1,21	1,23	2,28
Ukupno	17,02	10,43	10,58	10,72	11,00	11,83	13,01	17,00

Djevojčice	Zubi u modelu/metodi							
Dob (godine)	Originalni Willems 31-37	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
5 - 5,99	0,35	0,00	0,00	0,00	0,09	0,11	0,20	0,22
6 - 6,99	0,82	0,47	0,49	0,49	0,58	0,64	1,15	2,17
7 - 7,99	0,24	0,32	0,31	0,31	0,38	0,35	0,34	0,98
8 - 8,99	0,39	0,43	0,46	0,44	0,44	0,45	0,54	0,70
9 - 9,99	0,80	0,60	0,60	0,60	0,59	0,69	0,89	0,95
10 - 10,99	2,00	1,21	1,22	1,24	1,26	1,46	1,59	2,48
11 - 11,99	2,12	1,40	1,40	1,50	1,49	1,45	1,49	1,74
12 - 12,99	2,06	1,11	1,11	1,11	1,11	1,09	1,10	1,31
13 - 13,99	2,09	0,74	0,74	0,77	0,78	0,79	0,79	0,94
14 - 14,99	1,90	1,12	1,12	1,14	1,14	1,31	1,32	1,95
15 - 15,99	0,63	1,40	1,40	1,45	1,45	1,50	1,50	1,67
Ukupno	13,40	8,79	8,85	9,06	9,33	9,84	10,90	15,12

Tablica 58. Usporedba točnosti procjena dentalne dobi pomoću originalne Willemsove metode, njezine prilagodbe hrvatskoj populaciji (Willems regresija) i novih modela s 1 do 6 zuba za dječake i djevojčice. Prikazan je postotni udio točnih procjena dobi unutar zadanog intervala.

Dječaci	Zubi u modelu/metodi							
Preciznost (%)	Originalni Willems 31-37	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
± 0.5 god.	34,1	43,5	42,9	42,2	42,0	40,5	39,3	30,9
± 1 god.	62,2	72,2	71,7	71,8	71,4	69,7	68,0	58,5
± 1.5 god.	80,5	87,5	87,3	87,2	87,1	86,1	84,4	78,1
± 2 god.	91,0	94,3	94,1	94,1	94,1	93,6	92,1	90,9

Djevojčice	Zubi u modelu/metodi							
Preciznost (%)	Originalni Willems 31-37	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
± 0.5 god.	40,4	40,2	40,2	40,7	40,2	37,1	34,7	30,3
± 1 god.	64,3	71,6	71,2	69,8	69,5	69,7	67,5	61,4
± 1.5 god.	78,6	88,5	88,5	87,0	87,0	87,1	86,4	82,3
± 2 god.	90,4	95,4	95,3	95,6	95,7	95,3	95,2	90,9

Statistička značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između originalne Willemsove metode, prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i modela s 1 do 6 zuba testirana je F-testom (Tablica 59.). Razlike su značajne, osim za modele s jednim zubom kod dječaka i djevojčica.

Tablica 59. F-test. Značajnost razlika u preciznosti procjene dobi između originalne Willemsove metode te prilagođene Willemsove metode (Willems regresija) i novih modela s 1 do 6 zuba za dječake i djevojčice.

Dječaci	Zubi u modelu/metodi							
	Originalni Willems	Willems regresija 31-37	31 33 34 35 36 37	31 33 34 36 37	31 33 34 37	33 34 37	34 37	34
Ukupno kvadratno odstupanje	17,02	10,43	10,58	10,72	11,00	11,83	13,01	17,00
F		12,81	12,53	12,24	11,71	10,10	7,80	0,05
P		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,9996

Djevojčice	Zubi u modelu/metodi							
	Originalni Willems	Willems regresija 31-37	32 33 34 35 36 37	32 33 34 36 37	32 33 34 37	32 34 37	34 37	37
Ukupno kvadratno odstupanje	13,40	8,79	8,85	9,06	9,33	9,84	10,90	15,12
F		8,69	8,59	8,18	7,68	6,70	4,72	-3,24
P		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

5. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti preciznost najčešće korištenih metoda za procjenu dentalne dobi na uzorku hrvatske populacije te prilagoditi metode po Demirjianu, Willemsu i Haavikko kako bi se dobio novi standard za procjenu dobi na temelju razvoja zuba u hrvatskoj populaciji. Uzorak koji se sastojao od 2290 digitalnih standardiziranih ortopantomograma djece u dobi od 4 do 18 godina, nakon isključenja ortopantomograma djece mlađe od 4 i starije od 16 godina te onih nepoznate kronološke dobi i s poznatim sindromima bio je 1996 ortopantomograma. Ovako velik uzorak s navedenim kriterijima kvalitete snimaka nikad se dosad u hrvatskoj populaciji, a ni u brojnim drugim svjetskim populacijama, nije koristio u procjeni dentalne dobi. Reprezentativnost uzorka ogleda se i u činjenici da je sakupljen u četiri hrvatska grada – Zagrebu, Splitu, Osijeku i Varaždinu kojima gravitira stanovništvo velikog dijela Hrvatske. Mogući nedostatak korištenog uzorka mali je broj ortopantomograma u skupinama djece u dobi od 5 do 7 godina. Budući da niti jedno dijete nije snimano za potrebe ovog istraživanja, nego je u svrhu dijagnostike bilo upućeno na snimanje od odabranog doktora dentalne medicine, nije bilo niti može biti etičkog opravdanja za snimanje više djece u tako ranoj dobi za potrebe znanstvenog istraživanja. Iz tog razloga nije bilo moguće povećati broj ortopantomograma u dvije najmlađe dobne skupine. U radovima objavljenima u literaturi broj analiziranih snimaka u ovim dobnim skupinama također daleko zaostaje od njihovog broja u starijoj dobi (107–109). Zbog nejednakog broja prikupljenih ortopantomograma po dobnim skupinama, u statističkoj analizi korištene su težine i to na način da su obrnuto proporcionalne veličini pojedine skupine. Na ovaj način svaka je dobna skupina imala isti utjecaj na ukupnu procjenu bez obzira na njenu veličinu.

Budući da u slučaju nedostatka zuba s lijeve strane donje čeljusti Demirjian predlaže korištenje zuba s desne strane, provjerena je razlika u stadijima razvoja istih zuba lijeve i desne strane. Pri tome su korišteni stadiji razvoja prema Moorrees-Fanning-Huntu, a razlika nije bila značajna. Najveću razliku u razvojnim stadijima između lijeve i desne strane pokazuju treći kutnjaci koji su prema podatcima u literaturi najvarijabilniji zubi. S obzirom na činjenicu da Demirjian koristi dvostruko manji broj razvojnih stadija, zubi lijeve i desne strane prilikom korištenja ove metode gotovo da ne pokazuju razliku u razvojnim stadijima.

U ocjeni preciznosti metoda po Demirjianu, Willemsu i Haavikko u hrvatskoj populaciji korišteno je prosječno odstupanje dentalne i kronološke dobi odvojeno za djevojčice i dječake. Tako Demirjianova metoda precjenjuje dob prosječno za 0,80 godina kod dječaka, a za 0,84 godine kod djevojčica. Willemsova metoda također prosječno precjenjuje dob i to kod dječaka za 0,41 godinu, a kod djevojčica za 0,22 godine dok Haavikkina metoda podcjenjuje dob kod dječaka za 0,61 godinu, a kod djevojčica za 0,82 godine. U procjeni prema Demirjianovoj metodi razlika između dentalne i kronološke dobi značajna je ($p < 0,001$) za sve dobne skupine djevojčica i dječaka osim za skupinu od 5 do 6 godina. Razlog nedovoljnoj značajnosti razlika u ovoj skupini vjerojatno je mali broj ortopantomograma u najmlađoj dobnoj skupini. Razlike dentalne i kronološke dobi prilikom korištenja Willemsove metode značajne su ($p < 0,001$) kod dječaka u dobnim skupinama od 6 do 9 te od 14 do 16 godina, a kod djevojčica od 8 do 9, 11 do 14 te 15 do 16 godina. Haavikkina metoda bilježi značajne razlike ($p < 0,001$) između dentalne i kronološke dobi u skupinama od 6 do 10 te 13 do 16 godina kod dječaka i u skupinama od 7 do 10 te 12 do 16 godina kod djevojčica.

S obzirom na uočene značajne razlike prilikom korištenja navedenih metoda u procjeni dobi, sve su tri metode prilagođene kako bi se dobio hrvatski standard za procjenu dobi na temelju razvoja zuba. Najjednostavnija prilagodba za sve tri metode nazvana „pomak“ sastojala se u smanjivanju (metode po Demirjianu i Willemsu) odnosno dodavanju (metoda po Haavikko) prosječne pogreške izražene u godinama procijenjenoj dentalnoj dobi. Ova prilagodba značajno je povećala točnost procjene. Usporedba ovih triju metoda i njihovih prilagodbi pomakom bila je moguća samo na zajedničkom uzorku na kojem su definirani parametri za sve tri metode. Uspoređena su prosječna kvadratna odstupanja kako bi se u obzir uzela svaka netočna procjena s pozitivnim ili negativnim predznakom (precijenjena i podcijenjena dob). Najveće kvadratno odstupanje kronološke i dentalne dobi bilježi Demirjianova metoda, potom Willemsova i na kraju Haavikkina. Prilagodba pomakom najviše je poboljšala preciznost Demirjianove metode, potom Haavikkine dok je Willemsova metoda ovom prilagodbom neznatno poboljšana.

Demirjianova metoda prilagođena je na još tri različita načina – logističkom funkcijom, Gompertzovom funkcijom i polinomom. Za sve prilagodbe navedene su i formule s parametrima prema kojima se izračunava dentalna dob. Niti jedna od četiri prilagodbe

nije se pokazala kao najbolja, ali su sve značajno preciznije od originalne Demirjianove metode.

Uz prilagodbu pomakom Willemsova metoda prilagođena je na još dva načina – linearnom regresijom te regresijom u kojoj su određeni koeficijenti za hrvatsku populaciju. Posljednja prilagodba pokazala se najboljom.

Haavikkinu metodu bilo je moguće, osim pomakom, prilagoditi hrvatskoj populaciji na način da se izrade tablice iz kojih se može iščitati prosječna dob za pojedini stadij svakog zuba, što je i učinjeno. Ovakvim postupkom stvorene su tablice za procjenu dobi Haavikkinom metodom specifične za hrvatsku populaciju.

U procjeni svih navedenih prilagodbi metoda za procjenu dentalne dobi u hrvatskoj populaciji provjereno je jesu li bolje i preciznije samo na uzorku ili je to slučaj i u populaciji. U tu svrhu korištene su simulacije. Cijeli uzorak slučajno je podijeljen u dva jednaka dijela te su na osnovu prvog dijela određeni parametri prilagodbi, a na drugom su dijelu isti testirani i uspoređeni s originalnim metodama. Taj se postupak ponovio deset puta te je u poglavlju „Rezultati“ prikazan prosjek deset simulacija za sve prilagodbe i usporedba s originalnim metodama. Rezultati simulacija pokazuju da prilagodbe povećavaju točnost procjene dobi u hrvatskoj populaciji, a ne samo na uzorku. Stoga su parametri prilagodbi koji su prikazani u jednadžbama i tablicama s novim koeficijentima za hrvatsku populaciju izvedeni iz cjelokupnog uzorka.

Najveći doprinos ovog istraživanja predstavlja nova metoda za procjenu dentalne dobi koja se temelji na Willemsovoj metodi, ali može koristiti manji broj zuba. Naime, Willemsova kao i Demirjianova metoda ne mogu se primjenjivati u slučajevima nedostatka već samo jednog od mandibularnih zuba (uz iznimku trećeg kutnjaka) jer zahtijevaju procjenu razvojnih stadija sedam zuba. U razvoju nove metode korištena je univarijatna regresija na temelju koje je bilo moguće procijeniti dob na temelju razvojnog stadija samo jednog zuba. Uspoređujući prosječna kvadratna odstupanja kronološke i dentalne dobi određene na temelju razvoja samo jednog zuba, uočeno je koji su zubi najbolji prediktori dobi. Regresijom sa selekcijom unaprijed i unazad dobivene su najbolje kombinacije zuba u novim modelima za procjenu dentalne dobi koji koriste od 1 do 6 zuba. Za dječake je najbolji izbor jednog zuba 34, dva zuba 34 i 37, tri zuba 33, 34 i 37, četiri zuba 31, 33, 34 i 37, pet zubi 31, 33, 34, 36 i 37 te šest

zubi 31, 33, 34, 35, 36 i 37. Kod djevojčica optimalni izbor je sličan: najbolji izbor za jedan zub je 37, dva zuba 34 i 37, tri zuba 32, 34 i 37, četiri zuba 32, 33, 34 i 37, pet zubi 32, 33, 34, 36 i 37 i šest zubi 32, 33, 34, 35, 36 i 37. Upotreba optimalne kombinacije za dječake na uzorku djevojčica daje rezultate koji nemaju statistički značajno veće ukupno kvadratno odstupanje od odgovarajuće optimalne metode za djevojčice. Isto vrijedi i za primjenu optimalne metode za djevojčice na uzorku dječaka.

Usporede li se ukupna kvadratna odstupanja kronološke i dentalne dobi između modela s jednim i modela s više zuba (do sedam), vidljivo je da se dodavanjem zuba u model odstupanja smanjuju, što govori o većoj preciznosti procjene dobi s uključivanjem više zuba u procjenu. U usporedbi s originalnom Willemsovom metodom svi modeli koji uključuju od dva do sedam zuba značajno su precizniji, na što ukazuje F-test. Samo model s jednim zubom nema veću preciznost od originalne Willemsove metode.

Za potrebe usporedbe s već objavljenim istraživanjima preciznost procjene dobi metoda po Demirjianu, Willemsu i Haavikko prikazana je kao prosječno odstupanje dentalne i kronološke dobi izraženo u godinama. To je način na koji se najčešće u literaturi prikazuju rezultati. Ovom podatku dodan je i postotak točnih procjena dobi svake od metoda i njihovih prilagodbi unutar određenih intervala (± 0,5, ± 1, ± 1,5 i ± 2 godine). Na ovaj način egzaktnije su prikazana ograničenja metoda i njihovih prilagodbi.

Prosječna pogreška u procjeni dobi lako može dovesti do zablude da je korištenjem određene metode dob pojedine osobe procijenjena točnije nego što je to slučaj. Primjerice, prilagodba bilo koje metode u kojoj se koristi regresija ima prosječnu pogrešku jednaku nuli. To nikako ne znači da je i moguća pogreška u individualnom slučaju procjene dobi jednaka prosječnoj. Liversidge (95, 110) smatra da je svaka, ma kako velika, prosječna pogreška u procjeni dobi manja od mogućih i stvarnih individualnih razlika između pojedinaca unutar određene populacije. U svjetlu ove tvrdnje moguće je zaključiti da i najmanja prosječna pogreška može biti rezultat analize uzorka u kojem je podjednak broj pojedinaca koji približno jednako kasne ili žure u odnosu na prosječan razvoj. Stoga je, osobito u pravnom smislu, bolje govoriti o vjerojatnosti da je procijenjena dob unutar određenog intervala.

Gledajući prikazane rezultate ovog istraživanja, u kojima najbolji model za hrvatsku populaciju ima oko 40 % točnih procjena unutar intervala ± 0,5 godina, a tek nešto više

od 70 % točnih procjena unutar intervala ± 1 godine, moglo bi se zaključiti da je ovakav način procjene dobi manjkav i nezadovoljavajuć. No, kad se uzme u obzir da je u većini radova koji navode prosječnu pogrešku kao mjeru preciznosti standardna devijacija oko ± 1 godinu (110) te da prema Gaussovoj krivulji normalna distribucija u populaciji obuhvaća oko 70 % populacije unutar raspona od ± jedne standardne devijacije, rezultati ovog istražvanja pokazuju se pouzdanima, a uzorak reprezentativnim za hrvatsku populaciju. Ako polazimo od premise da je uzorak reprezentativan i kao takav odraz stanja u populaciji, onda moramo očekivati da rezultati procijenjene dobi budu u skladu s normalnom distribucijom, što je slučaj u ovom istraživanju.

Metode po Demirjianu, Willemsu i Haavikko najčešće su korištene metode za procjenu dentalne dobi u literaturi. Gotovo da ne postoji populacija u kojoj nije testirana Demirjianova metoda (49, 59, 114, 92, 94–96, 108, 111–113). Autori većine istraživanja ograničili su procjenu preciznosti ove metode na izražavanje prosječne pogreške, odnosno razlike između dentalne i kronološke dobi uz podatak o standardnoj devijaciji. Zaključak se u većini slučajeva odnosi na (ne)primjenjivost metode u pojedinoj populaciji. Pri tome ne postoje općeprihvaćeni standardi o tome koliko iznosi prosječna pogreška u procjeni dobi koja se tolerira kako bi metoda bila primjenjiva i zadovoljavajuća. Primjerice, na temelju gotovo iste prosječne pogreške u procjeni dobi različiti autori potpuno suprotno zaključuju o primjenjivosti metode u promatranoj populaciji (90, 115, 116).

Nezadovoljstvo preciznošću već postojećih metoda rezultiralo je različitim oblicima prilagodbi pojedinim populacijama. U španjolskoj populaciji Feijoo i suradnici (117) adaptirali su Demirjianovu metodu na uzorku ortopantomograma španjolske djece na kojem su prethodno utvrdili da je ova metoda nezadovoljavajuća (90). Lee i suradnici (118) prilagodili su Demirjianovu metodu korejskoj populaciji i nazvali je „novom korejskom metodom“. Postoje prilagodbe poljskoj (119), tajlandskoj (120), arapskoj (121) i brojnim drugim populacijama (122–124). Svaka od ovih prilagodbi poboljšala je preciznost procjene dobi u promatranoj populaciji.

U zemljama koje su u hrvatskom okruženju (Bosni i Hercegovini, Srbiji, Kosovu, Crnoj Gori, Albaniji, Mađarskoj i Italiji) provedena su i objavljena istraživanja koja se bave procjenom dentalne dobi različitim metodama (51, 70, 125–132). Međutim, u većini

ovih populacija, osim u talijanskoj koja je iznimno dobro istražena i obrađena, nisu objavljena istraživanja koja bi prilagodila već postojeću ili ponudila novu metodu za procjenu dentalne dobi. Prilagodba Demirjianove metode, doduše, postoji u mađarskoj populaciji, no napravljena je na vrlo malom uzorku (n = 199) pa je upitna njezina primjenjivost i preciznost.

Postoji nekoliko istraživanja koja se bave procjenom dentalne dobi u hrvatskoj populaciji. Jedno od prvih istraživanja proveli su Brkić i suradnici (133) koji su 2006. godine na 160 izvađenih zuba testirali tri metode za procjenu dentalne dobi: po Bangu i Rammu, po Kvaal i Solheimu te po Johansonu. Riječ je o metodama za procjenu dobi odraslih osoba, a cilj je bio dobiti precizne podatke o primjenjivosti ovih metoda u praksi. Sve tri metode pokazale su se pouzdanima, a korištene su u postupcima identifikacije žrtava Domovinskog rata.

Borčić i suradnici (134) objavili su 2006. godine istraživanje u kojem su procjenjivali dob metodama po Demirjianu i Haavikko na 115 ortopantomograma djece u dobi od 4 do 17 godina. Metodom po Demirjianu dob je precijenjena za 7 mjeseci dok je metodom po Haavikko dob djevojčica i dječaka podcijenjena za 6 mjeseci.

Čuković-Bagić i suradnici (135) testirali su 2008. godine Demirjianovu i Haavikkinu metodu na uzorku od 324 ortopantomograma hrvatske djece u dobi od 6 do 16 godina. Demirjianovom metodom dob je prosječno precijenjena kod dječaka za 0,92 godine, a kod djevojčica za 1,00 godina. Korištenjem Haavikkine metode dob je podcijenjena i to za 0,50 godina kod dječaka te za 1,00 godina kod djevojčica. U doktorskoj disertaciji Galić (62) je na uzorku od 1474 ortopantomograma hrvatske djece zaključio kako se Willemsovom metodom prosječno precjenjuje dob za 0,58 godina kod dječaka, a za 0,32 godine kod djevojčica. Isti autor (136) u radu u kojem su testirane tri različite metode za procjenu dentalne dobi na uzorku bosansko-hercegovačke populacije (n = 1089) Willemsovom metodom precijenio je dob za 0,42 godine kod dječaka te za 0,24 godine kod djevojčica. Navedeni rezultati korespondiraju s rezultatima ovog istraživanja. I dok razlike u usporedbi s rezultatima koje je dobio Galić (62, 136) gotovo da ne postoje, manja prosječna pogreška u procjeni dobi u usporedbi s rezultatima Čuković-Bagić (135) vjerojatno je posljedica značajne razlike u veličini uzorka.

U hrvatskoj populaciji Legović i suradnici (137) testirali su metodu po Nolli za procjenu dentalne dobi na temelju razvoja trećih kutnjaka na uzorku od 979 ortopantomograma te zaključili kako je ova metoda primjenjiva u hrvatskoj populaciji. Pri tome su naveli kako mineralizacija krune donjeg trećeg kutnjaka završava do petnaeste godine dok mineralizacija korijena počinje najranije iza desete godine. Uočene su i značajne razlike među spolovima u vremenu mineralizacije donjeg trećeg kutnjaka.

Metodom po Nolli Štefanac-Papić (40) procjenjivala je dob u hrvatskoj populaciji te zaključila o njezinoj primjenjivosti i preciznosti.

Brkić i suradnici (74) odredili su kronologiju nicanja trećih kutnjaka na uzorku od 1249 ortopantomograma koristeći četiri stadija erupcije. U zaključcima su naveli kako se opisana kronologija nicanja može koristiti kao standard za procjenu dobi u hrvatskoj populaciji. Zanimljivo je da nisu uočene značajne razlike među spolovima.

Treći kutnjaci korišteni su i u istraživanju Galića i suradnika (138) u kojem je na uzorku od 1336 ortopantomograma Hrvata u dobi od 14 do 23 godine testirana primjenjivost Camerieereovog indeksa zrelosti trećih kutnjaka u procjeni prelaska dobne granice od 18 godina. Zaključeno je da se s velikom pouzdanošću (96,5 % za muškarce i 94,5 % za žene) ova metoda može primjenjivati u hrvatskoj populaciji.

Ortopantomogrami hrvatske djece činili su i dio uzorka na temelju kojeg je Cameriere (61) konstruirao „europsku formulu“ za procjenu dobi svojom metodom.

U ovom se istraživanju željelo na najbolji način iskoristiti veličinu i reprezentativnost uzorka hrvatske populacije kako bi se testiralo i adaptiralo više metoda za procjenu dentalne dobi. Iz tog su razloga obrađeni razvojni stadiji svih zuba i to prema razvojnoj skali po Moorrees-Fanning-Huntu (44). Kao što je objašnjeno u poglavlju „Materijali i metode“, navedena skala razlikuje dvostruko više razvojnih stadija od one koju koristi Demirjian, a također dva stadija više od Haavikkine razvojne skale. Drugim riječima, stadiji razvoja po Moorrrees-Fanning-Huntu obuhvaćaju sve stadije razvoja po Demirjianu i Haavikko, što je omogućilo procjenu dobi metodama po Demirjianu, Willemsu i Haavikko. Također, određujući stadije razvoja po Moorrrees-Fanning-Huntu te ih poslije transformirajući u stadije po Demirjianu i Haavikko, osigurana je bolja ponovljivost očitanja stadija razvoja u korištenim metodama jer gotovo u pravilu razlika

u jednom stadiju po Moorrrees-Fanning-Huntu ne znači i razliku u stadijima po Demirjianu.

Zato je kappa vrijednost za ponovljivost očitanja stadija razvoja po Moorrees-Fanning-Huntu bila 0,77, za stadije po Haavikko 0,83 dok je za stadije po Demirjianu srednja kappa vrijednost iznosila 0,92.

Prilagodbe metoda po Demirjianu, Willemsu i Haavikko opisane u ovom istraživanju prve su i jedine prilagodbe izvedene za hrvatsku populaciju. Jednostavna prilagodba Demirjianove metode pomakom, odnosno oduzimanjem prosječne pogreške od procijenjene dobi, gotovo je jednako precizna kao i druge tri prilagodbe koje koriste znatno kompliciranije jednadžbe. Stoga se u svrhu pojednostavljivanja procjene dobi pri korištenju ove metode u hrvatskoj populaciji može koristiti prilagodba pomakom. Ako pri korištenju Demirjianove metode postoji potreba za maksimalnom preciznošću, u hrvatskoj bi populaciji trebalo koristiti prilagodbu polinomom. Prilagodba pomakom pri korištenju Willemsove metode ne preporučuje se jer se ovim načinom neznatno poboljšava procjena dobi originalnom Willemsovom metodom. Umjesto toga treba koristiti regresijom prilagođenu Willemsovu metodu i koeficijente za hrvatsku populaciju navedene u Tablici 31. u poglavlju „Rezultati“. Pri korištenju Haavikkine metode umjesto pomaka treba koristiti novoizrađene tablice (Tablica 43. i Tablica 44.) za hrvatsku populaciju u kojima su podatci o prosječnoj dobi u kojoj pojedini zub doseže određeni stadij razvoja.

Novi modeli za procjenu dentalne dobi na temelju razvojnih stadija od jednog do sedam zuba razvijeni su s ciljem omogućavanja procjene dentalne dobi u slučajevima kada ju nije moguće procijeniti dosad objavljenim metodama. Naime, Demirjianova metoda, kao i Willemsova neizostavno traži prisustvo sedam donjih lijevih trajnih zuba. Ako nedostaje samo jedan od ovih zuba, nije moguće procijeniti dob ovim metodama. Iznimno je u analizi moguće koristiti isti zub suprotne strane ako je prisutan. Spomenuti uvjet najveći je nedostatak metoda po Demirjianu i Willemsu. Istraživanja koja se bave pojavnošću hipodoncije ukazuju na incidenciju situacija u kojima ove metode ne mogu biti od koristi. Rakhsanova metaanaliza (139) čak 118 radova koji istražuju kongenitalni nedostatak zuba donosi podatak da hipodoncija može varirati u različitim populacijama od 0,15 do 16,18 %. Khalaf i suradnici (140) u svojoj su metaanalizi procijenili opću

prevalenciju hipodoncije na 6,7 %, no s naglaskom na velike razlike među populacijama. Tako je najveća učestalost hipodoncije u Africi (13,4 %), a najmanja u Latinskoj Americi (4,4 %). Hipodoncija je češće prisutna u donjoj čeljusti, a najčešće nedostaju drugi pretkutnjaci. U njemačkoj populaciji kod ortodontskih pacijenata Behr i suradnici (141) utvrdili su hipodonciju zuba 35 u 5,9 % , a zuba 45 u 5,1 % slučajeva. U hrvatskoj populaciji dvije trećine registriranih hipodoncija nalazi se u donjoj čeljusti, a drugi pretkutnjaci nedostaju u 5 do 7 % slučajeva (142). Ovi podatci korespondiraju s istraživanjem provedenim u jordanskoj populaciji na 3315 ortodontskih i pedodontskih pacijenata (143).

S obzirom na prevalenciju hipodoncije te činjenicu da su iz većine istraživanja isključeni ortopantomogrami djece s nedostatkom zuba, trebalo bi se zapitati o mogućnostima i preciznosti procjene dobi u pojedinaca s hipodoncijom. Ben-Bassat i suradnici (144) tvrde da se zubi pokraj mjesta ageneze zuba mogu koristiti za procjenu dentalne dobi jer u njihovom istraživanju nije pronađena razlika u razvojnim stadijima ovih zuba u usporedbi s kontrolnom skupinom. Ipak, njihov mali uzorak (n = 39) poziva na oprez pri usvajanju spomenutog zaključka. Ruiz-Mealin i suradnici (145) zamijetili su da djeca s agenezom zuba (n = 139) značajno kasne u dentalnom razvoju u usporedbi s kontrolnom skupinom. Isto zaključuju i Badrov i suradnici (146) na uzorku od 345 ortopantomograma hrvatske djece. Ipak, zamijetili su da kod dječaka ne postoji značajna razlika u razvojnom stadiju niti mezijalnog niti distalnog zuba u odnosu na mjesto ageneze u usporedbi s kontrolnom skupinom. Kod djevojčica pak samo mezijalni zub značajno kasni u razvoju dok distalni ne pokazuje značajnu razliku u usporedbi s kontrolnom skupinom. Ovi su rezultati u djelomičnom suglasju sa zaključcima Ben-Bassata (144).

Metode za procjenu dentalne dobi u djece koje koriste manje od sedam zuba rijetke su i slabije zastupljene u literaturi. Demirjian je 1976. godine predstavio dvije metode za procjenu dentalne dobi koje uključuju razvojne stadije samo četiriju zuba u donjoj čeljusti (48); prva koristi razvojne stadije prvog i drugog pretkutnjaka te prvog i drugog kutnjaka, a druga središnji sjekutić, prvi i drugi pretkutnjak te drugi kutnjak. Koristeći ove metode, Flood i suradnici (49) predložili su korištenje Demirjianove metode s četiri zuba u australskoj populaciji nakon istraživanja u koje je bilo uključeno 143 ispitanika. Dvije godine kasnije na većem uzorku iste populacije (n = 408) ova se metoda pokazala

nepreciznom (50). U makedonskoj populaciji Ambarkova i suradnici (51) testirali su Demirjianove metode sa sedam i s četiri zuba te Willemsovu metodu. Metoda s četiri zuba manje je precjenjivala dob od metode sa sedam zuba. Nemsi i suradnici (112) predlažu korištenje Demirjianove metode s četiri zuba u tuniškoj populaciji dok se ista pokazala manje preciznom od metode sa sedam zuba u indijskoj populaciji (147). U tajlandskoj populaciji Duangto i suradnici (148) adaptirali su Demirjianovu metodu s četiri zuba iako su zaključili da je i originalna primjenjiva.

Willemsova je metoda od svog uvođenja u praksu također prilagođavana. Sam Willems 2010. godine prezentirao je metodu nazvanu Willems II (57) koja ima spolno nespecifične koeficijente te može procijeniti dob i u slučajevima kada spol nije poznat. Iako je u njegovu istraživanju preciznost ove metode bila veća od originalne Willemsove metode (za potrebe usporedbe nazvane Willems I), istraživanja u drugim populacijama to nisu u potpunosti potvrdila (58, 59). Ipak joj se kao prednost navodi mogućnost procjene dobi bez podataka o spolu. Koristeći Willemsovu metodu u japanskoj populaciji, Ramanan i suradnici (149) uključili su i treći kutnjak u procjenu dobi, no razlika u preciznosti nije bila značajna. Slične je rezultate dobio i Altalie (121) u Ujedinjenim Arapskim Emiratima.

Originalne Demirjianove i Willemsove metode za procjenu dentalne dobi, kao i sve spomenute prilagodbe, zahtijevaju prisutnost svih sedam (one s trećim kutnjacima i osam) mandibularnih zuba. Obje Demirjianove metode s četiri zuba koriste drugi donji pretkutnjak koji je, kao što je spomenuto, zub koji najčešće pogađa hipodoncija. Ovo istraživanje donosi čak četiri modela za procjenu dentalne dobi koji uključuju dva do pet zuba među kojima se ne nalazi donji drugi pretkutnjak. Svi ovi modeli značajno su preciziniji od originalne Willemsove metode te se mogu primjenjivati u kliničkim i forenzičnim slučajevima kod kojih nisu prisutni svi zubi. Iako se preciznost procjene povećava dodavanjem zuba u model, iz rezultata je vidljivo da u usporedbi s modelom sa sedam zuba model s četiri zuba ima samo 1,5 % manje točnih procjena unutar intervala ± 0,5 godina, dok u odnosu na model s tri zuba ta razlika nije veća od 3 %. Razlika u postotku točnih procjena u ostalim intervalima (± 1, ± 1,5 i ± 2 godine) još je manja. Iz tog razloga opravdano je govoriti o modelima s tri i četiri zuba kao o jednostavnim, pouzdanim i preciznim metodama za procjenu dentalne dobi. Manji broj zuba potreban za gotovo jednaku preciznost procjene dobi otvara mogućnost korištenja

novih modela u različitim kliničkim i forenzičnim situacijama poput hipodoncije ili nepotpunih ljudskih ostataka.

Posmrtni ostatci žrtava ratnih stradanja, kao i žrtava drugih masovnih stradavanja (prirodne nepogode, prometne i druge nesreće), pri pronalasku su često nepotpuni pa tako mogu nedostajati zubi ili dijelovi čeljusti. U ovim slučajevima metode koje mogu procijeniti dob na malom broju zuba iznimno su značajne.

Cunha i suradnici (150), članovi Europskog društva forenzične antropologije (*Forensic Anthropology Society of Europe* – FACE), pododjela Međunarodne akademije sudske medicine (*International Academy of Legal Medicine* –IALM) u preglednom radu preispituju probleme u procjeni dobi. U zaključku daju preporuku za razvoj novih metoda. Metode trebaju biti jednostavne za korištenje, praktične, jeftine i brze za upotrebu u različitim forenzičnim situacijama. Također, ističu da bi uz preciznost metoda trebala pružiti jasnu informaciju o pouzdanosti procjene kako bi se olakšalo donošenje zaključaka u pravnim postupcima. Za svaku individualnu procjenu dobi predlažu korištenje podataka specifičnih za populaciju kojoj pripada pojedinac čija se dob procjenjuje.

U srpnju 2018. godine Međunarodna organizacija za forenzičnu odontostomatologiju (IOFOS) objavila je preporuke za osiguranje kvalitete u forenzičnoj stomatologiji, uključujući procjenu dobi (151). Prema ovim preporukama metode za procjenu dobi trebaju zadovoljiti sljedeće kriterije: 1) reprezentativnost uzorka, 2) ponovljivost korištenih parametara, 3) neupitnost statističkih metoda, 4) ponovljivost procjene i 5) vjerodostojnost rezultata.

Ovo istraživanje zadovoljava sve navedene zahtjeve. Metode su testirane na velikom i reprezentativnom uzorku, a prilagodbe metoda hrvatskoj populaciji provjerene su u simulacijama kako bi se potvrdila njihova primjenjivost u hrvatskoj populaciji. Tako su po prvi put dostupni koeficijenti, tablice i jednadžbe koje prilagođavaju Demirjianovu, Willemsovu i Haavikkinu metodu hrvatskoj populaciji. Novi modeli koji na temelju razvojnih stadija dva do sedam zuba procjenjuju dob predstavljaju nove i pouzdane metode za procjenu dentalne dobi u forenzičnim situacijama u kojima zbog nedostatka pojedinih zuba nije moguće do sad objavljenim metodama procijeniti dob. Istovremeno,

usprkos korištenju manjeg broja zuba, preciznošću nadmašuju već etabliranu Willemsovu metodu za procjenu dentalne dobi (152).

Na temelju istraživanja Hrvatskog memorijalno-dokumentacijskog centra Domovinskog rata koji prikuplja i objedinjuje svu dokumentaciju vezanu uz Domovinski rat procjenjuje se da je tijekom Domovinskog rata u Hrvatskoj smrtno stradalo ili nestalo između 20 000 i 22 000 ljudi (153). Među žrtvama je bilo i djece. U forenzičnim postupcima za utvrđivanje identiteta dosad pronađenih žrtava Domovinskog rata dentalna identifikacija potvrdila je svoju vrijednost, a procjena dobi korištena je u svim slučajevima identifikacije žrtava (154). Usprkos otkriću brojnih masovnih i pojedinačnih grobnica, prema podatcima Uprave za zatočene i nestale Ministarstva hrvatskih branitelja još je uvijek nepoznata sudbina 1481 osobe te mjesto ukopa posmrtnih ostataka 411 smrtno stradalih osoba (155). Iz navedenih brojki vidljivo je da preostaju 1892 osobe čija se identifikacija još nije provela. U identifikaciji maloljetnih osoba moći će se primijeniti hrvatski standard koji donosi ovo istraživanje, ili novi modeli ako se radi o nepotpunom broju zuba.

6. ZAKLJUČAK

1. Testiranje preciznosti procjene dobi temeljem razvojnih stadija zuba na reprezentativnom uzorku hrvatske populacije u dobi od pet do šesnaest godina pokazalo je da se korištenjem metoda po Demirjianu i Willemsu dob u prosjeku precjenjuje, dok se korištenjem metode po Haavikko dob prosječno podcjenjuje. Ovim je potvrđena prva hipoteza.

2. Willemsova metoda ima najmanju prosječnu pogrešku i za dječake (+ 0,41 godinu) i za djevojčice (+ 0,22 godine) te je od testiranih metoda najprikladnija za procjenu dobi u hrvatskoj populaciji.

3. Prilagodbe Demirjianove metode hrvatskoj populaciji koje su izvedene u ovom istraživanju značajno poboljšavaju točnost procjene dobi, pri čemu je najpreciznija prilagodba polinomnom jednadžbom. Koeficijenti Willemsove metode regresijskim su postupkom prilagođeni hrvatskoj populaciji, što omogućuje značajno precizniju procjenu dobi. Metoda po Haavikko u ovom istraživanju također je potpuno prilagođena hrvatskoj populaciji na način da su izrađene tablice s prosječnom dobi za određeni stadij razvoja svakog pojedinog zuba.

4. Testiranjem prilagodbi metoda u simulacijama potvrđeno je statistički značajno povećanje preciznosti procjene dobi u hrvatskoj populaciji čime je potvrđena druga hipoteza.

5. Novi modeli za procjenu dobi koji koriste od dva do šest zuba statistički su značajno precizniji od originalne Willemsove metode. Ovi modeli pružaju mogućnost procjene dobi i u slučajevima nedostatka pojedinih zuba u donjoj čeljusti, što nije bilo moguće primjenom dosad objavljenih metoda.

6. Način prikaza rezultata procjene dobi u kojem je izražena vjerojatnost točne procjene unutar intervala od ± 0,5, ± 1, ± 1,5 i ± 2 godine predstavlja egzaktan podatak na temelju kojega je olakšano donošenje zaključaka u istragama te pravorijeka u pravnim postupcima.

7. Prilikom procjene dobi na temelju razvojnih stadija zuba u hrvatskoj bi populaciji trebalo koristiti prilagođene metode prikazane u ovom radu. Pri tome

je preporuka da se zbog jednostavnosti i preciznosti primarno koriste hrvatski koeficijenti za Willemsovu metodu izračunati u ovom istraživanju.

8. U slučajevima hipodoncije ili nedostatka pojedinih zuba u donjoj čeljusti uslijed drugih razloga u procjeni dobi treba koristiti nove modele s dva do šest zuba koji predstavljaju jednostavne i precizne metode za procjenu dobi. Upravo su jednostavnost i široka mogućnost primjene ovih modela najbolja preporuka za njihovo testiranje u drugim populacijama.

7. LITERATURA

1. Villar J, Papageorghiou AT, Pang R, Salomon LJ, Langer A, Victora C, et al. Monitoring human growth and development: a continuum from the womb to the classroom. Am J Obstet Gynecol. 2015 Oct;213(4):494–9.

2. N. Nenadić, J. Grgurić. Krivulje rasta Svjetske zdravstvene organizacije za djecu predškolske dobi - standardi za 21. stoljeće. Paediatr Croat 2008;52:117-121.

3. Weight-for-age Child growth standards [Internet]. World Health Organization. 2017 [cited 16 February 2017]. Available from: http://www.who.int/childgrowth/standards/en/.

4. Growth Charts - Homepage [Internet]. Cdc.gov. 2017 [cited 16 February 2017]. Available from: https://www.cdc.gov/growthcharts/.

5. Nelson WE, Kliegman R, Stanton BF, W. SGJ, Schor NF, Behrman RE. Nelson textbook of pediatrics. 20th ed. Philadelphia: Elsevier; 2016.

6. Brook CGD, Clayton PE, Brown RS. Clinical pediatric endocrinology. 5th ed. Malden, Mass: Blackwell Pub; 2005.

7. Cameron N. Can maturity indicators be used to estimate chronological age in children? Ann Hum Biol. 2015;42(4):302–7.

8. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. Arch Dis Child. 1969 Jun;44(235):291–303.

9. Mouritsen A, Aksglaede L, Soerensen K, Hagen CP, Petersen JH, Main KM, et al. The pubertal transition in 179 healthy Danish children: associations between pubarche, adrenarche, gonadarche, and body composition. Eur J Endocrinol. 2013 Feb;168(2):129–36.

10. de Muinich Keizer SM, Mul D. Trends in pubertal development in Europe. Hum Reprod Update. 2001;7(3):287–91.

11. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. Am J Orthod. 1985 Nov;88(5):433–8.

12. Demirjian A, Levesque GY. Sexual differences in dental development and

prediction of emergence. J Dent Res. 1980 Jul;59(7):1110–22.

13. Gupta M, Divyashree R, Abhilash P, A Bijle MN, Murali K. Correlation between Chronological Age, Dental Age and Skeletal Age among Monozygoyic and Dizygotic Twins. J Int oral Heal. 2013;5(1):16–22.

14. Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, Ghiozzi B, Cozza P. The diagnostic performance of chronologic age in the assessment of skeletal maturity. Prog Orthod. 2006;7(2):176–88.

15. Manzoor Mughal A, Hassan N, Ahmed A. Bone age assessment methods: a critical review. Pakistan J Med Sci. 2014 Jan;30(1):211–5.

16. Garn SM, Rohmann CG. Variability in the order of ossification of the bony centers of the hand and wrist. Am J Phys Anthropol. 1960 Sep;18(3):219–30.

17. Gilsanz V, Kovanlikaya A, Costin G, Roe TF, Sayre J, Kaufman F. Differential effect of gender on the sizes of the bones in the axial and appendicular skeletons. J Clin Endocrinol Metab. 1997 May;82(5):1603–7.

18. Gilsanz, Ratib O. Hand Bone Age. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2005.

19. Todd TW. Atlas of Skeletal Maturation (Hand)St. Louis: C. V Mosby Co; 1937.

20. Greulich WW, Pyle SI. Radiograph Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2nd ed. Stanford, California, USA: Stanford University Press; 1959.

21. Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. A new system for estimating skeletal maturity from hand and wrist, with standards derived from a study of 2600 healthy British children. Paris: Centre International de l'Enfance, 1962.

22. Tanner, J. M. (James Mourilyan), 1920- 1975, Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method), 2nd ed, Academic Press, London ; New York.

23. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJ, Goldstein NH. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height. (TW3 Method). 3rd ed. London: WB Saunders; 2001.

24. De Sanctis V, Di Maio S, Soliman AT, Raiola G, Elalaily R, Millimaggi G. Hand

X-ray in pediatric endocrinology: Skeletal age assessment and beyond. Indian J Endocrinol Metab. 2014;18(Suppl 1):S63–71.

25. King DG, Steventon DM, O'Sullivan MP, Cook AM, Hornsby VP, Jefferson IG, et al. Reproducibility of bone ages when performed by radiology registrars: an audit of Tanner and Whitehouse II versus Greulich and Pyle methods. Br J Radiol. 1994 Sep;67(801):848–51.

26. Thodberg HH. An automated method for determination of bone age. J Clin Endocrinol Metab. 2009;94(7):2239–44.

27. Sanctis V, Soliman AT, Di Maio S, Bedair S, De Sanctis V, Soliman AT, et al. Are the New Automated Methods for Bone Age Estimation Advantageous over the Manual Approaches? Pediatr Endocrinol Rev. 2014 Dec 1;12(2):277.

28. Shimura N, Koyama S, Arisaka O, Imataka M. Assessment of Measurement of Children 's Bone Age Ultrasonically with Sunlight BonAge. 2005;14(Suppl 24):17–20.

29. Laron Z. Bone Age Estimation for Whom by Whom? By Which Method? Pediatr Endocrinol Rev. 2015 Sep;13(1):444–7.

30. Terada Y, Kono S, Tamada D, Uchiumi T, Kose K, Miyagi R, et al. Skeletal age assessment in children using an open compact MRI system. Magn Reson Med. 2013 Jun;69(6):1697–702.

31. Serinelli S, Panebianco V, Martino M, Battisti S, Rodacki K, Marinelli E, et al. Accuracy of MRI skeletal age estimation for subjects 12-19. Potential use for subjects of unknown age. Int J Legal Med. 2015 May;129(3):609–17.

32. Saunders E. 'The Teeth A Test of Age' considered with thereference to the factory children, addressed to the members of both Houses of Parliament. London: Renshaw, 1837.

33. Steedle JR, Proffit WR. The pattern and control of eruptive tooth movements. Am J Orthod. 1985 Jan;87(1):56–66.

34. Brkić H, Dumančić J, Vodanović M, ured. Biologija i morfologija ljudskih zuba.

Jastrebarsko: Naklada Slap; 2016.

35. Šutalo J. Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva. Zagreb: Naklada Zadro; 1994.

36. Jurić H. Dječja dentalna medicina. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2015.

37. Nanci A. Ten Cate's oral histology. 8th edition. St. Louis: Elsvier; 2013.

38. Mady L. Ispitivanje utjecaja nekih bioloških faktora na erupciju zubi riječke djece. Disertacija. Rijeka: Medicinski fakultet; 1992.

39. Nolla, C.M. The Development of the Permanent Teeth, J Dent Child 1960. 27:254-66.

40. Štefanac-Papić J. Evaluacija indikatora rasta eugnatih i disgnatih ispitanika osnovnoškolskog uzrasta. Disertacija. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 1983.

41. Nur B, Kusgoz A, Bayram M, Celikoglu M, Nur M, Kayipmaz S, Yildirim S. Validity of demirjian and nolla methods for dental age estimation for Northeastern Turkish children aged 5-16 years old. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2012 Sep 1;17(5):e871-7.

42. Melo M, Ata-Ali J. Accuracy of the estimation of dental age in comparison with chronological age in a Spanish sample of 2641 living subjects using the Demirjian and Nolla methods. Forensic Sci Int. 2017 Jan;270:276.e1-276.e7.

43. Lopes LJ, Nascimento HAR, Lima GP, Santos LAN Dos, Queluz D de P, Freitas DQ. Dental age assessment: Which is the most applicable method? Forensic Sci Int. 2018 Mar;284:97–100.

44. Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EEJ. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. J Dent Res. 1963;42:1490–502.

45. Haavikko K. Tooth formation age estimated on a few selected teeth. A simple method for clinical use. Proc Finn Dent Soc. 1974 Feb;70(1):15–9.

46. Haavikko K. The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. An orthopantomographic study. Suom Hammaslaak Toim. 1970;66(3):103–70.

47. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. Hum Biol. 1973 May;45(2):211–27.

48. Demirjian A, Goldstein H, Montreal U De, Children N. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. Ann Hum Biol. 1976 Sep;3(5):411–21.

49. Flood SJ, Mitchell WJ, Oxnard CE, Turlach BA, McGeachie J. A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age assessment. J Forensic Sci. 2011 Nov;56(6):1610–5.

50. Flood SJ, Franklin D, Turlach BA, McGeachie J. A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-adults. J Forensic Leg Med. 2013 Oct;20(7):875–83.

51. Ambarkova V, Biočina-Lukenda D, Brkić H, Vodanović M, Galić I. Dental age estimation using Demirjian and Willems methods: Cross sectional study on children from the Former Yugoslav Republic of Macedonia. Forensic Sci Int. 2013;234:187.e1-187.e7.

52. Acharya AB. Age Estimation in Indians Using Demirjian's 8-teeth Method. J Forensic Sci. 2011 Jan;56(1):124–7.

53. Kumar VJ, Gopal KS. Reliability of age estimation using Demirjian's 8 teeth method and India specific formula. J Forensic Dent Sci. 2011 Jan;3(1):19–22.

54. Mohammed RB, Srinivas B, Sanghvi P, Satyanarayana G, Gopalakrishnan M, Pavani BV. Accuracy of Demirjian's 8 teeth method for age prediction in South Indian children: A comparative study. Contemp Clin Dent. 2015;6(1):5–11.

55. Chaillet N, Demirjian A. Dental maturity in South France: A comparison between Demirjian's method and polynomial functions. J Forensic Sci. 2004 Sep;49(5):1059–66.

56. Willems G, Van Olmen A, Spiessens B, Carels C, Willems G. Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. J Forensic Sci. 2001 Jul;46(4):893–5.

57. Willems G, Thevissen PW, Belmans A, Liversidge HM. Willems II. Non-gender-

specific dental maturity scores. Forensic Sci Int [Internet]. 2010 Sep;201(1–3):84–5. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.04.033

58. Hegde S, Patodia A, Dixit U. Willems I VS Willems II: A comparative study of accuracy in 5-15 year old Indian children. Forensic Sci Int. 2016 Sep;266:117–22.

59. Urzel V, Bruzek J. Dental age assessment in children: a comparison of four methods in a recent French population. J Forensic Sci. 2013 Sep;58(5):1341–7.

60. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. Int J Legal Med. 2006 Jan;120(1):49–52.

61. Cameriere R, De Angelis D, Ferrante L, Scarpino F, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth: A European formula. Int J Legal Med. 2007;121(6):449–53.

62. Galić I. Određivanje dentalne dobi očitavanjem s ortopantomograma kod djece u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Disertacija. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2011.

63. Carter K, Worthington S. Morphologic and Demographic Predictors of Third Molar Agenesis: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res. 2015 Jul;94(7):886–94.

64. Rozkovcova E, Markova M, Dolejsi J. Studies on agenesis of third molars amongst populations of different origin. Sb Lek. 1999;100(2):71–84.

65. Liversidge HM. Timing of human mandibular third molar formation. Ann Hum Biol. 2008;35(3):294–321.

66. Jung Y-H, Cho B-H. Radiographic evaluation of third molar development in 6- to 24-year-olds. Imaging Sci Dent. 2014 Sep;44(3):185–91.

67. Sisman Y, Uysal T, Yagmur F, Ramoglu SI. Third-molar development in relation to chronologic age in Turkish children and young adults. Angle Orthod. 2007 Nov;77(6):1040–5.

68. Cavric J, Vodanovic M, Marusic A, Galic I. Time of mineralization of permanent

teeth in children and adolescents in Gaborone, Botswana. Ann Anat. 2016 Jan;203:24–32.

69. Olze A, Peschke C, Schulz R, Schmeling A, Ishikawa T, Zhu BL, et al. Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a Japanese population. Forensic Sci Int [Internet]. 2008;174(2–3):203–6. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17548179

70. Zelic K, Galic I, Nedeljkovic N, Jakovljevic A, Milosevic O, Djuric M, et al. Accuracy of Cameriere's third molar maturity index in assessing legal adulthood on Serbian population. Forensic Sci Int. 2016 Feb;259:127–32.

71. Liversidge HM, Marsden PH. Estimating age and the likelihood of having attained 18 years of age using mandibular third molars. Br Dent J. 2010 Oct;209(8):E13.

72. Cameriere R, Ferrante L, De Angelis D, Scarpino F, Galli F. The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects. Int J Legal Med. 2008 Nov;122(6):493–7.

73. Cameriere R, Brkic H, Ermenc B, Ferrante L, Ovsenik M, Cingolani M. The measurement of open apices of teeth to test chronological age of over 14-year olds in living subjects. Forensic Sci Int. 2008 Jan;174(2–3):217–21.

74. Brkic H, Vodanovic M, Dumancic J, Lovric Z, Cukovic-Bagic I, Petrovecki M. The chronology of third molar eruption in the Croatian population. Coll Antropol. 2011 Jun;35(2):353–7.

75. Gustafson G, Koch G. Age estimation up to 16 years of age based on dental development. Odontol Revy. 1974;25(3):297–306.

76. Hunt EEJ, Gleiser I. The estimation of age and sex of preadolescent children from bones and teeth. Am J Phys Anthropol. 1955 Sep;13(3):479–87.

77. Bjork MB, Kvaal SI. CT and MR imaging used in age estimation: a systematic review. J Forensic Odontostomatol. 2018 May;1(36):14–25.

78. 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 Jun;275:203–11.

79. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int. 1995 Jul;74(3):175–85.

80. Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B. Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms - A contribution to forensic age estimation methods in adults. Int J Legal Med. 2005;119(1):27–30.

81. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. J Forensic Sci. 2004 Mar;49(2):317–9.

82. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Precision and reliability of pulp/tooth area ratio (RA) of second molar as indicator of adult age. J Forensic Sci. 2004 Nov;49(6):1319–23.

83. Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-rays. J Forensic Sci. 2007;52(1):166–70.

84. Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. Forensic Sci Int. 2012;214(1–3):105–12.

85. Cameriere R, Cunha E, Wasterlain SN, De Luca S, Sassaroli E, Pagliara F, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical X-ray. J Forensic Leg Med [Internet]. 2013;20(5):530–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jflm.2013.02.012

86. Kim YK, Kho HS, Lee KH. Age estimation by occlusal tooth wear. J Forensic Sci. 2000 Mar;45(2):303–9.

87. Yun J-I, Lee J-Y, Chung J-W, Kho H-S, Kim Y-K. Age estimation of Korean adults by occlusal tooth wear. J Forensic Sci. 2007 May;52(3):678–83.

88. Faillace KE, Bethard JD, Marks MK. The applicability of dental wear in age

estimation for a modern American population. Am J Phys Anthropol. 2017 Dec;164(4):776–87.

89. Ball J. A critique of age estimation using attrition as the sole indicator. J Forensic Odontostomatol. 2002 Dec;20(2):38–42.

90. Feijoo G, Barberia E, De Nova J, Prieto JL. Permanent teeth development in a Spanish sample. Application to dental age estimation. Forensic Sci Int. 2012 Jan;214(1–3):213.e1-6.

91. Altunsoy M, Nur BG, Akkemik O, Ok E, Evcil MS. Applicability of the Demirjian method for dental age estimation in western Turkish children. Acta Odontol Scand. 2015 Feb;73(2):121–5.

92. Wang J, Bai X, Wang M, Zhou Z, Bian X, Qiu C, et al. Applicability and accuracy of Demirjian and Willems methods in a population of Eastern Chinese subadults. Forensic Sci Int. 2018 Nov;292:90–6.

93. Onis M. WHO Child Growth Standards. World Heal Organ [Internet]. 2006;1–303. Available from: http://hpps.kbsplit.hr/hpps-2008/pdf/dok03.pdf

94. Eid RMR, Simi R, Friggi MNP, Fisberg M. Assessment of dental maturity of Brazilian children aged 6 to 14 years using Demirjian's method. Int J Paediatr Dent. 2002 Nov;12(6):423–8.

95. Liversidge HM. Interpreting group differences using Demirjian's dental maturity method. Forensic Sci Int. 2010 Sep;201(1–3):95–101.

96. Esan TA, Yengopal V, Schepartz LA. The Demirjian versus the Willems method for dental age estimation in different populations: A meta-analysis of published studies. PLoS One. 2017;12(11):1–23.

97. Ujević D, Grilec Kaurić A. Antropometrija Kao Komplementarna Mjera Životnog Standarda. Posl Izvr Zagreb. 2013;7(2):145–55.

98. Fudvoye J, Parent A. Secular trends in growth. Ann Endocrinol (Paris) [Internet]. 2017; Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ando.2017.04.003

99. Ong KK, Ahmed ML, Dunger DB. Lessons from large population studies on

timing and tempo of puberty (secular trends and relation to body size): The European trend. Mol Cell Endocrinol. 2006;254–255:8–12.

100. Duren DL, Nahhas RW, Sherwood RJ. Do Secular Trends in Skeletal Maturity Occur Equally in Both Sexes? Clin Orthop Relat Res. 2015 Aug;473(8):2559–67.

101. Matsuoka H, Sato K, Sugihara S, Murata M. Bone maturation reflects the secular trend in growth. Horm Res. 1999;52(3):125–30.

102. Sasso A. Sekularni trend razvoja trajnih zubi u hrvatskoj populaciji Istre i Primorja. Disertacija. Rijeka: Medicinski fakultet; 2011.

103. Sasso A, Špalj S, Mady Maričić B, Sasso A, Ćabov T, Legović M. Secular Trend in the Development of Permanent Teeth in a Population of Istria and the Littoral Region of Croatia. J Forensic Sci. 2013;58(3):673–7.

104. Vucic S, de Vries E, Eilers PHC, Willemsen SP, Kuijpers MAR, Prahl-Andersen B, et al. Secular trend of dental development in Dutch children. Am J Phys Anthropol. 2014 Sep;155(1):91–8.

105. Gohlke B, Woelfle J. Growth and puberty in German children: is there still a positive secular trend? Dtsch Arztebl Int. 2009 Jun;106(23):377–82.

106. Kaygisiz E, Uzuner FD, Yeniay A, Darendeliler N. Secular trend in the maturation of permanent teeth in a sample of Turkish children over the past 30 years. Forensic Sci Int. 2016 Feb;259:155–60.

107. Willems G, Lee S-S, Uys A, Bernitz H, Cadenas de Llano-Perula M, Fieuws S, et al. Age estimation based on Willems method versus new country-specific method in South African black children. Int J Legal Med. 2018 Mar;132(2):599–607.

108. Djukic K, Zelic K, Milenkovic P, Nedeljkovic N, Djuric M. Dental age assessment validity of radiographic methods on Serbian children population. Forensic Sci Int. 2013 Sep;231(1–3):398.e1-5.

109. Wang J, Ji F, Zhai Y, Park H, Tao J. Is Willems method universal for age estimation: A systematic review and meta-analysis. J Forensic Leg Med. 2017 Nov;52:130–6.

110. Liversidge HM, Chaillet N, Mörnstad H, Nyström M, Rowlings K, Taylor J, et al. Timing of Demirjian's tooth formation stages. Ann Hum Biol. 2006;33(4):454–70.

111. Baghdadi ZD. Dental Maturity in Saudi Children Using the Demirjian Method: A Comparative Study and New Prediction Models. ISRN Dent. 2013;2013:1–9.

112. Nemsi H, Ben Daya M, Salem NH, Masmoudi F, Bouanène I, Maatouk F, et al. Applicability of Willems methods and Demirjian's four teeth method for dental age estimation: Cross sectional study on Tunisian sub-adults. Forensic Sci Int [Internet]. 2018;291:281.e1-281.e9. Available from: https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.08.007

113. Gungor OE, Kale B, Celikoglu M, Gungor AY, Sari Z. Validity of the Demirjian method for dental age estimation for Southern Turkish children. Niger J Clin Pract. 2015;18(5):616–9.

114. Esan TA, Schepartz LA. The timing of permanent tooth development in a Black Southern African population using the Demirjian method. Int J Legal Med. 2019 Jan;133(1):257–68.

115. Kirzioglu Z, Ceyhan D. Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. Forensic Sci Int. 2012 Mar;216(1–3):61–7.

116. Zhai Y, Park H, Han J, Wang H, Ji F, Tao J. Dental age assessment in a northern Chinese population. J Forensic Leg Med. 2016 Feb;38:43–9.

117. Feijoo G, Barberia E, De Nova J, Prieto JL. Dental age estimation in Spanish children. Forensic Sci Int. 2012 Nov;223(1–3):371.e1-5.

118. Lee S-S, Kim D, Lee S, Lee U-Y, Seo JS, Ahn YW, et al. Validity of Demirjian's and modified Demirjian's methods in age estimation for Korean juveniles and adolescents. Forensic Sci Int. 2011 Sep;211(1–3):41–6.

119. Rozylo-Kalinowska I, Kiworkowa-Raczkowska E, Kalinowski P. Dental age in Central Poland. Forensic Sci Int. 2008 Jan;174(2–3):207–16.

120. Duangto P, Iamaroon A, Prasitwattanaseree S, Mahakkanukrauh P, Janhom A.

New models for age estimation and assessment of their accuracy using developing mandibular third molar teeth in a Thai population. Int J Legal Med. 2017 Mar;131(2):559–68.

121. Altalie S, Thevissen P, Fieuws S, Willems G. Optimal dental age estimation practice in United Arab Emirates' children. J Forensic Sci. 2014 Mar;59(2):383–5.

122. Vidisdottir SR, Richter S. Age estimation by dental developmental stages in children and adolescents in Iceland. Forensic Sci Int. 2015 Dec;257:518.e1-518.e7.

123. Karkhanis S, Mack P, Franklin D. Dental age estimation standards for a Western Australian population. Forensic Sci Int. 2015 Dec;257:509.e1-509.e9.

124. Erdem AP, Yamac E, Erdem MA, Sepet E, Aytepe Z. A new method to estimate dental age. Acta Odontol Scand. 2013;71(3–4):590–8.

125. Kelmendi J, Vodanović M, Koçani F, Bimbashi V, Mehmeti B, Galić I. Dental age estimation using four Demirjian's, Chaillet's and Willems' methods in Kosovar children. Leg Med. 2018;33(April):23–31.

126. Antunovic M, Galic I, Zelic K, Nedeljkovic N, Lazic E, Djuric M, et al. The third molars for indicating legal adult age in Montenegro. Leg Med (Tokyo). 2018 May;33:55–61.

127. Kelmendi J, Cameriere R, Kocani F, Galic I, Mehmeti B, Vodanovic M. The third molar maturity index in indicating the legal adult age in Kosovar population. Int J Legal Med. 2018 Jul;132(4):1151–9.

128. Cameriere R, Santoro V, Roca R, Lozito P, Introna F, Cingolani M, et al. Assessment of legal adult age of 18 by measurement of open apices of the third molars: Study on the Albanian sample. Forensic Sci Int. 2014 Dec;245:205.e1-5.

129. Toth ZO, Udvar O, Angyal J. [Chronological age estimation based on dental panoramic radiography]. Fogorv Sz. 2014 Sep;107(3):93–8.

130. Nyarady Z, Mornstad H, Olasz L, Szabo G. [Age estimation of children in south-

western Hungary using the modified Demirjian method]. Fogorv Sz. 2005 Oct;98(5):193–8.

131. Pinchi V, Norelli GA, Pradella F, Vitale G, Rugo D, Nieri M. Comparison of the applicability of four odontological methods for age estimation of the 14 years legal threshold in a sample of Italian adolescents. J Forensic Odontostomatol. 2012;30(2):17–25.

132. Butti AC, Clivio A, Ferraroni M, Spada E, Testa A, Salvato A. Häävikko's method to assess dental age in Italian children. Eur J Orthod. 2009;31(2):150–5.

133. Brkic H, Milicevic M, Petrovecki M. Age estimation methods using anthropological parameters on human teeth-(A0736). Forensic Sci Int. 2006;162(1–3):13–6.

134. Borcic I, Petrovecki M, Brkic H. Studies of Two Different Methods for Dental Age Estimation in Croatian Children. Acta Stomatol Croat. 2006;40(2):135–41.

135. Čuković Bagić I, Sever N, Brkić H KJ. Određivanje dentalne dobi očitavanjem sa ortopantomograma. Acta Stomatol Croat. 2008;42(1):11–8.

136. Galić I, Vodanović M, Cameriere R, Nakaš E, Galić E, Selimović E, et al. Accuracy of Cameriere, Haavikko, and Willems radiographic methods on age estimation on Bosnian-Herzegovian children age groups 6-13. Int J Legal Med. 2011;125(2):315–21.

137. Legovic M, Sasso A, Legovic I, Brumini G, Cabov T, Slaj M, et al. The reliability of chronological age determination by means of mandibular third molar development in subjects in Croatia. J Forensic Sci. 2010 Jan;55(1):14–8.

138. Galic I, Lauc T, Brkic H, Vodanovic M, Galic E, Biazevic MGH, et al. Cameriere's third molar maturity index in assessing age of majority. Forensic Sci Int. 2015 Jul;252:191.e1-5.

139. Rakhshan V, Rakhshan H. Meta-analysis of congenitally missing teeth in the permanent dentition: Prevalence, variations across ethnicities, regions and time. Int Orthod. 2015 Sep;13(3):261–73.

140. Khalaf K, Miskelly J, Voge E, Macfarlane T V. Prevalence of hypodontia and associated factors: a systematic review and meta-analysis. J Orthod. 2014 Dec;41(4):299–316.

141. Behr M, Proff P, Leitzmann M, Pretzel M, Handel G, Schmalz G, et al. Survey of congenitally missing teeth in orthodontic patients in Eastern Bavaria. Eur J Orthod. 2011 Feb;33(1):32–6.

142. Badrov J, Gaspar G, Tadin A, Galic T, Govorko DK, Gavic L, et al. Prevalence and Characteristics of Congenitally Missing Permanent Teeth among Orthodontic Patients in Southern Croatia. Acta Stomatol Croat. 2017 Dec;51(4):290–9.

143. Al-Abdallah M, AlHadidi A, Hammad M, Al-Ahmad H, Saleh R. Prevalence and distribution of dental anomalies: a comparison between maxillary and mandibular tooth agenesis. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015 Nov;148(5):793–8.

144. Ben-Bassat Y, Babadzhanov D, Brin I, Hazan-Molina H, Aizenbud D. Maturation of teeth adjacent to dental agenesis site. Acta Odontol Scand. 2014 Oct;72(7):516–22.

145. Ruiz-Mealin E V, Parekh S, Jones SP, Moles DR, Gill DS. Radiographic study of delayed tooth development in patients with dental agenesis. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2012 Mar;141(3):307–14.

146. Badrov J, Lauc T, Nakaš E, Galić I. Dental Age and Tooth Development in Orthodontic Patients with Agenesis of Permanent Teeth. Biomed Res Int. 2017;2017:1–6.

147. Hegde S, Patodia A, Dixit U. The applicability of the original and revised Demirjian standards to age estimations of 5-15 year old Indian children. J Forensic Odontostomatol. 2018 May;1(36):1–13.

148. Duangto P, Janhom A, Prasitwattanaseree S, Iamaroon A. New equations for age estimation using four permanent mandibular teeth in Thai children and adolescents. Int J Legal Med. 2018 Nov;132(6):1743–7.

149. Ramanan N, Thevissen PW, Fieuws S, Willems G. Dental age estimation in Japanese individuals combining permanent teeth and third molars. J Forensic

Odontostomatol. 2012;30(2):34–9.

150. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, et al. The problem of aging human remains and living individuals: A review. Forensic Sci Int. 2009;193(1–3):1–13.

151. IOFOS (2018) IOFOS recommendations for quality assurance: dental age estimation. 3rd ed. http://www.iofos.eu/Quality-Ass/ QA_2018_final/Age_estimation_final.pdf. Accessed 19 September 2018.

152. Bedek I, Dumancic J, Lauc T, Marusic M, Cukovic-Bagic I. New model for dental age estimation: Willems method applied on fewer than seven mandibular teeth. Int J Legal Med. 2019 Apr 30.

153. Hudelist D. (2019). HRVATSKA KNJIGA MRTVIH Konačna istina o svim ratnim žrtvama. [online] jutarnji.hr. Available at: https://www.jutarnji.hr/globus/Globus-politika/hrvatska-knjiga-mrtvih-konacna-istina-o-svim-ratnim-zrtvama/6915678/ [Accessed 25 Sep. 2019].

154. Brkic H, Strinovic D, Kubat M, Petrovecki V. Odontological identification of human remains from mass graves in Croatia. Int J Legal Med. 2000;114(1–2):19–22.

155. www.branitelji.gov.hr. (2019). Nestale osobe u Domovinskom ratu. [online] Available at: https://branitelji.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug/mjere/nestale-osobe/nestale-osobe-u-domovinskom-ratu-834/834 [Accessed 25 Sep. 2019].

8. ŽIVOTOPIS

Ivan Bedek rođen je u Zagrebu 22. kolovoza 1979. godine. Nakon završene osnovne škole upisao je Klasičnu gimnaziju gdje je maturirao 1998. godine. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija dodijeljena mu je stipendija Sveučilišta u Zagrebu za izvrsnost. Diplomirao je 26. svibnja 2004. godine obranom diplomskog rada s naslovom „Stomatološko liječenje djece s posebnim potrebama“. U veljači 2010. godine pod mentorstvom prof. prim. dr. sc. Ivane Čuković-Bagić obranio je magistarski rad s naslovom „Erozivni potencijal najčešće konzumiranih pića u adolescentnoj dobi“. 2014. godine, nakon višegodišnjeg rada u Stomatološkoj ordinaciji dr. Marije Bedek i u Specijalističkoj stomatološkoj ordinaciji za oralnu kirurgiju dr. sc. Tihomira Švajhlera, otvara vlastitu privatnu ordinaciju dentalne medicine. Redovito se stručno i znanstveno usavršava u Hrvatskoj i inozemstvu. Oženjen je i otac dvoje djece. Živi i radi u Zagrebu.

Popis objavljenih znanstvenih radova:

Bedek I. Erozivni potencijal najčešće konzumiranih pića u adolescentnoj dobi [magistarski rad]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2009.

Čuković-Bagić I, Bedek I, Schauperl Z, Škrinjarić I. Erosive potential of the most popular drinks among Croatian adolescents: in vitro. In10th Congress of the European Academy of Paediatric Dentistry 2010 Jun 6.

Bedek I, Dumančić J, Lauc T, Marušić M, Čuković-Bagić I. New model for dental age estimation: Willems method applied on three and four mandibular teeth. In Dental Anthropology Scientific Symposium 2016 Jan 1.

Bedek I, Dumančić J, Lauc T, Marušić M, Čuković-Bagić I. New model for dental age estimation: Willems method applied on fewer than seven mandibular teeth. Int J Legal Med. 2019 Apr 30. doi: 10.1007/s00414-019-02066-5.

Bedek I, Galić I, Čuković-Bagić I. Varijabilitet umnjaka i primjena u procjeni dobi. in: Lauc T, Čuković-Bagić I, eds. Dentalna i kraniofacijalna antropologija. Zagreb: Alfa; 2019. p. 589-93.

Čuković-Bagić I, Lauc T, Bedek I. Procjena dobi kod djece. in: Lauc T, Čuković-Bagić I, eds. Dentalna i kraniofacijalna antropologija. Zagreb: Alfa; 2019. p. 579-88.