

Sveučilište u Zagrebu

Medicinski fakultet

Joško Bilandžić, Stela Hrkač

POSTNATALNI RAZVOJ I PROMJENE GORNJE I DONJE ČELJUSTI

Zagreb, 2018.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za anatomiju „Drago Perović“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Lovorke Grgurević i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2017./2018.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1 Gornja čeljust, maxilla.....	1
1.2 Donja čeljust, mandibula.....	4
1.3 Razvoj gornje čeljusti.....	5
1.4 Razvoj donje čeljusti.....	6
1.5 Pregled dosadašnjih istraživanja.....	7
2. OPĆI CILJ RADA.....	8
3. SPECIFIČNI CILJEVI RADA.....	8
4. HIPOTEZA.....	8
5. MATERIJALI I METODE.....	9
5.1 Zbirka lubanja Zavoda za anatomiju “Drago Perović”.....	9
5.1.1. Broj i kategorizacija uzoraka gornje čeljusti.....	10
5.1.2. Broj i kategorizacija uzoraka donje čeljusti.....	10
5.2 Način mjerenja.....	11
5.3 Mjerene dimenzije.....	12
6. REZULTATI.....	15
6.1. Rezultati mjerenja za gornju čeljust.....	15
6.1.1. Promjena prosječnih vrijednosti dimenzija na gornjoj čeljusti u ovisnosti o dobi.....	15
6.1.2. Relativni porast parametara na gornjoj čeljusti.....	16
6.1.3. Promjene s obzirom na očuvanost alveolarnog nastavka i zubi.....	17
6.2. Rezultati mjerenja za donju čeljust.....	18
6.2.1. Promjene prosječnih vrijednosti dimenzija na donjoj čeljusti u ovisnosti o dobi.....	18
6.2.2. Relativni porast dimenzija na donjoj čeljusti.....	19
6.2.3. Promjene s obzirom na očuvanost alveolarnog nastavka i zubi.....	20
6.2.4. Promjene mandibularnog kuta.....	21
7. RASPRAVA.....	22
8. ZAKLJUČCI.....	26
9. LITERATURA.....	27
10. SAŽETAK.....	30
11. SUMMARY.....	30
12. ZAHVALE.....	31
13. ŽIVOTOPIS.....	32

1. UVOD

Gornja i donja čeljust čine koštanu osnovu donjeg dijela lica i koštano omeđenje usne šupljine. Morfologiju tih dviju kostiju značajno određuje njihova temeljna funkcija, žvakanje hrane. Zbog te svoje funkcije gornja i donja čeljust nose gornji i donji dentalni luk te služe kao hvatišta žvačnih mišića.

Razvoj gornje i donje čeljusti izrazito je složen te na njega značajno utječe proces izbijanja zuba. Osim izbijanja zuba na razvoj gornje čeljusti utječe i razvoj maksilarnog sinusa unutar trupa te kosti. Do promjene oblika i međudnosa veličina pojedinih dijelova gornje i donje čeljusti može doći i u starijoj dobi, ukoliko dođe do ispadanja zuba i posljedične resorpcije alveola. Zbog svega navedenog, razvoj gornje i donje čeljusti je izrazito zanimljiv i klinički važan proces koji je još uvijek nedovoljno istražen. Proučavanjem literature nismo uspjeli pronaći niti jedno istraživanje koje proučava rast, razvoj te involucijske promjene gornje i donje čeljusti tijekom cijelog postnatalnog razdoblja. Također nam nije poznato niti jedno istraživanje koje bi uspoređivalo dinamiku rasta navedenih dviju kostiju u tolikom vremenskom rasponu. Nadalje, proučavanjem literature primijetili smo da se većina dosadašnjih istraživanja usmjerila na mjerenje manjeg broja parametara za pojedinu kost. Iz navedenih razloga cilj našeg istraživanja bio je proučiti rast i razvoj i gornje i donje čeljusti tijekom cijelog postnatalnog razvoja, koristeći se relativno velikim brojem uzoraka i mjerenih parametara u svima nama dostupnim dobnim skupinama.

1.1 Gornja čeljust, maxilla

Gornja čeljust, *maxilla*, parna je kost viscerokranija smještena u središnjem dijelu lica (Slika 1). *Maxilla* sudjeluje u tvorbi lateralne stijenke i dna nosne šupljine te prednjeg dijela nosnog septuma, dna i medijalnog zida orbite, tvrdoga nepca te samim time i krova usne šupljine. Svojim stražnjim dijelom također tvori prednje omeđenje infratemporalne, *fossa infratemporalis*, te krilnonepčane udubine, *fossa pterygopalatina*. Na gornjoj čeljusti razlikujemo trup, *corpus maxillae*, koji ima oblik četverokuta, pneumatiziran je, posjeduje četiri plohe (*facies anterior, infratemporalis, nasalis et orbitalis*) te se od njega pružaju četiri nastavka (*processus*

frontalis, zygomaticus, alveolaris et palatinus). Unutar trupa gornje čeljusti nalazi se šupljina, *sinus maxillaris*, čija četiri zatona odgovaraju nastavcima gornje čeljusti: *recessus frontalis, zygomaticus, alveolaris et palatinus*. Lateralnom stijenkom maksilarnog sinusa prolaze ogranci infraorbitalnog živca (*rr. alveolares superiores anteriores et r. alveolaris superior medius*) i arterije (*aa. alveolares superiores anteriores*) koji inerviraju, odnosno vaskulariziraju gornje zube i pripadni dio gingive. Istim kanalom prolaze pritoci infraorbitalne vene koji dreniraju krv navedenog područja (Jalšovec, 2005). Prednja ploha, *facies anterior*, tvori središnji dio lica. Na njoj se nalazi otvor infraorbitalnoga kanala, *foramen infraorbitale*, a ispod njega udubina, *fossa canina*. Na njoj je medijalnoj strani *incisura nasalis* koja zajedno s frontalnim nastavkom *maxillae*, nosnim kostima i istovjetnim strukturama na kontralateralnoj strani tvori piriformni otvor, *apertura piriformis*. Donji rub piriformnoga otvora u mediosagitalnoj ravnini čini *spina nasalis anterior*. Granicu prednje i infratemporalne plohe čini greben koji se spušta od zigomatičnoga nastavka, *crista zygomaticoalveolaris*. Funkcionalno je izrazito bitan jer prenosi žvačni tlak od molara prema zigomatičnoj kosti i cerebralnome dijelu lubanje (Fanghänle et al., 2009). *Facies infratemporalis* čini prednju granicu infratemporalne i pterigopalatinske udubine. Na plohi se nalazi izbočenje, *tuber maxillae*, koje se pojavljuje s izbijanjem umnjaka, *dentes serotini* (Krpmotić – Nemanić, 1993). Na tuberu nalazi se nekoliko malih otvora, *foramina alveolaria*, koji predstavljaju ulaz u *canales alveolares posteriores* koji provode neurovaskularne strukture za opskrbu molara (Jalšovec, 2005). Medijalna ploha, *facies nasalis*, sudjeluje u tvorbi lateralnog zida nosne šupljine. U svome središnjemu dijelu sadrži otvor maksilarnog sinusa, *hiatus maxillaris*. Ispred otvora nalazi se *sulcus lacrimalis* koji je lateralna stijenka nazolakrimalnog kanala, *canalis nasolacrimalis*, dok se iza nalazi *sulcus palatinus major*. Taj žlijeb sa istoimenim žlijebom na nepčanoj kosti tvori *canalis palatinus major*. Orbitalna ploha, *facies orbitalis*, tvori medijalni zid i dno orbite. Na orbitalnoj strani nalazi se brazda, *sulcus infraorbitalis*, koja se prema naprijed nastavlja u kanal, *canalis infraorbitalis*. Svojim stražnjim rubom orbitalna ploha čini donje omeđenje donje orbitalne fisure, a svojim prednjim rubom, *margo infraorbitalis*, tvori donji dio otvora orbite, *aditus ad orbitae* (Fanghänle et al., 2009). Na prednju se plohu prema gore nastavlja čeonu izdanak, *processus frontalis*, koji također sudjeluje u prijenosu žvačnoga tlaka. Svojom lateralnom stranom tvori medijalni zid orbite te sadrži medijalni nastavak infraorbitalnog ruba, *crista lacrimalis anterior*. Sa svojom pak medijalnom stranom ulazi u sastav lateralnog zida nosne šupljine. S mjesta stjечиšta facijalne, infraorbitalne

te prednje plohe pruža se *processus zygomaticus*. On je putem šava, *sutura zygomaticomaxillaris*, povezan s jagodičnom kosti. Od trupa gornje čeljusti se ukoso i prema dolje pruža *processus alveolaris* te zajedno s kontralateralnim nastavkom tvori *arcus alveolaris superior*. Na nastavku se nalaze zubne udubine, *alveoli dentales* odijeljene koštanim pregradama, *septa interalveolaria*. Alveole onih zubi koji imaju više korijena također imaju vlastite koštane pregrade, *septa interradicularia*. Sami zubi izdižu koštane izbočine na vanjskoj strani kosti, *juga alveolaria* (Jalšovec, 2005). Nepčani nastavak, *processus palatinus*, pruža se od dna nazalne plohe gornje čeljusti prema medijalno te tvori dno nosne i krov usne šupljine, a grebenom na svojem medijalnom kraju, *crista nasalis*, također čini donji dio nosne pregrade. Sa suprotnostranim nepčanim nastavkom povezan je preko *suture palatine mediane*, a sa stražnje ga strane *sutura palatina transversa* povezuje za horizontalnu laminu nepčane kosti. Na prednju se stranu nepčanog nastavka putem *sutura incisiva*, nastavlja *premaxilla (os incisivum)* koja se razvija od zasebnog centra osifikacije, ali biva povezana s ostatkom gornje čeljusti. Na njenoj donjoj strani nalazi se komunikacijski otvor između dna nosne i krova usne šupljine, *foramen incisivum*.

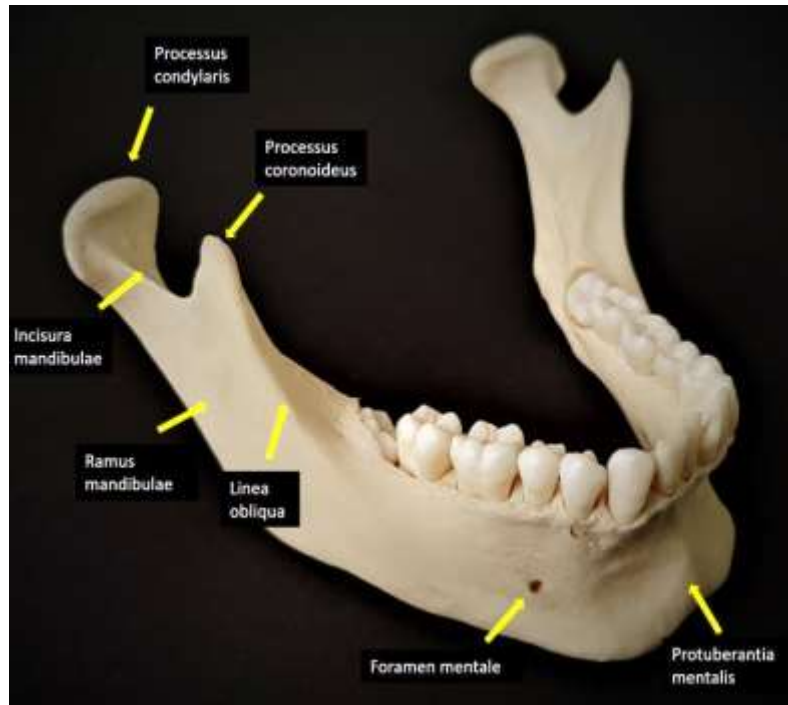


Slika 1: Građa gornje čeljusti. Prikaz s prednje strane

1.2 Donja čeljust, mandibula

Donja čeljust, *mandibula*, neparna je kost viscerokranija (Slika 2). Sastoji se od trupa, *corpus mandibulae* iz kojeg sa svake strane izrasta po jedna plosnata koštana ploča koja se naziva grana donje čeljusti, *ramus mandibulae*. Trup i grana se međusobno sastaju pod kutom od 90 do 140 stupnjeva kojeg nazivamo *angulus mandibulae* (Krmpotić – Nemanić, 1993). Na grani su izražena dva koštana nastavka: mišićni, *processus coronoideus* i zglobni, *processus condylaris* između kojih se nalazi veliki konkavni urez, *incisura mandibulae*. Na vrhu zglobnog nastavka nalazi se proširena glava, *caput mandibulae*, koja niže prelazi u suženi vrat, *collum mandibulae*. Na unutarnjoj strani grane nalazi se otvor, *foramen mandibulae*, kojeg s medijalne strane omeđuje koštani jezičac, *lingula mandibulae*. *Foramen mandibulae* čini posteriorni otvor koštanog kanala, *canalis mandibulae* koji se proteže prema naprijed i završava otvorom, *foramen mentale*, na prednjoj strani trupa donje čeljusti. Kroz navedeni kanal prolaze neurovaskularne strukture (*n., a. et v. alveolaris inferior*) koje vaskulariziraju i inerviraju donje zube i gingivu te svojim završnim ogrankom (*n., a. et v. mentalis*) vaskulariziraju i inerviraju područje brade.

Trup donje čeljusti čine dva luka koja se sastaju u mediosagitalnoj ravnini tvoreći vanjsku i unutarnju plohu trupa. Na gornjem dijelu trupa nalazi se alveolarni nastavak, *processus alveolaris*, koji prati lučni oblik trupa, ali je nešto uži. Na alveolarnom nastavku nalaze se udubine, *alveolae dentales*, koje su međusobno odijeljene koštanim pregradama, *septa interalveolaria*, a alveole zuba s više korijenova podijeljene su međukorijenskim pregradama, *septa interradicularia* (Jalšovec, 2005). Vidljivi su i cilindrični koštani grebeni, *juga alveolaria*, koje izdižu korijeni zuba. Od koštanih kvržica pruža se s obje strane prema gore, lateralno i straga kosa koštana pruga, *linea obliqua*, koja prelazi u oštri prednji rub mišićnog nastavka (Jalšovec, 2005). Na unutarnjoj strani trupa u mediosagitalnoj ravnini nalazi se koštana izbočina, *spina mentalis*, sa čije se svake strane nalaze po dvije koštane kvržice (gornja i donja), a s donje strane spine mentalis polazi prema lateralno i straga koštana pruga, *linea mylohyoidea*. Donja čeljust, odnosno *caput mandibulae*, sinovijalnim je zglobovom, *articulatio temporomandibularis*, povezana sa *fossom articularis* sljepoočne kosti. *Art. temporomandibularis* po mehanici elipsoidni je zglob i u njemu su moguće kretnje pomicanja donje čeljusti antero-posteriorno, lateralno te otvaranje i zatvaranje usta. Zbog toga je donja čeljust jedina pokretna kost glave.



Slika 2: Građa donje čeljusti. Prikaz s anterolateralne strane

1.3 Razvoj gornje čeljusti

U četvrtom tjednu intrauterinog razvoja na kranijalnom kraju embrija nastaje prvi ždrijelni luk. Od njegova dorzalnog dijela intramembranskim okoštavanjem nastaje gornja čeljust, a okoštavanjem oko njegova ventralnog dijela nastaje donja čeljust (Sadler, 2008). U literaturi nalazimo nekoliko različitih podataka o početku okoštavanja gornje čeljusti i o broju centara u kojima se odvija. Neki autori navode da ono započinje u četvrtom mjesecu (Krmpotić – Nemanić, 1993), a drugi u šestom tjednu (Fanghänle et al., 2009; Standring, 2008) intrauterinog razvoja.

Pri rođenju, čeon nastavak je najprominentniji dio gornje čeljusti, dok je tijelo naspram njega još uvijek relativno nerazvijeno. Također se može uočiti kako su komponente gornje čeljusti, koje se nalaze na horizontalnoj i sagitalnoj osi, razvijenijih dimenzija u odnosu na one koje se nalaze na vertikalnoj osi. Budući da se u novorođenčeta alveolarni nastavak još nije razvio, alveole se nalaze unutar tijela i dosežu gotovo do dna orbite (Standring, 2008). Na

nazalnoj plohi nalazimo plitku udubinu koja predstavlja osnovu maksilarnog sinusa. Daljnjim postnatalnim razvojem dolazi do izbijanja zuba, što je praćeno rastom alveolarnog nastavka. Zahvaljujući rastu alveolarnog nastavka i povećanju dimenzija maksilarnog sinusa vertikalna dimenzija počinje prevladavati, te je to najizraženija dimenzija na odrasloj kosti (Standring, 2008).

1.4 Razvoj donje čeljusti

U sedmom tjednu intrauterinog razvoja u području mandibularnog nastavka prvog škržnog luka počinje se razvijati parna osnova koja će se u konačnici spojiti u jedinstvenu donju čeljust (Krpmotić – Nemanić, 1993). Bilateralno dolazi do intramembranskog okoštavanja mezenhima koji se oslanja na Meckelovu hrskavicu. Prvi znakovi okoštavanja vidljivi su u području mentalnog otvora (Radlanski et al., 2003). Nalazimo podatke o nekoliko područja u kojima dolazi do enhondralnog okoštavanja, primjerice područje simfize i kondilarnog nastavka donje čeljusti (Fanghänle et al., 2009).

Pri rođenju, dvije polovice donje čeljusti povezane su fibrozim tkivom u području simfize, koje će do treće godine života okoštati. Mandibularni se kanal nalazi bliže donjem rubu tijela donje čeljusti, a *foramen mentale* smješten je ispod prvog mliječnog molara. Kut koji spaja granu i tijelo donje čeljusti vrlo je velik, pa se te dvije strukture nalaze gotovo u istoj ravnini. Karakterističan je i položaj koronoidnog nastavka koji se okomito nastavlja na tijelo, za razliku od kondilarnog koji se nalazi gotovo u istoj ravnini kao i tijelo. Tijekom daljnjeg postnatalnog razvoja, tijelo se izdužuje kako bi se stvorio dodatni prostor za izrastanje trajnih zuba. Uz to dolazi do rasta alveolarnog nastavka i odlaganja koštanog tkiva na bazalnu stranu tijela, što uvjetuje promjenu položaja mandibularnog kanala i njegovog otvora. Otvor se u potpuno razvijenoj donjoj čeljusti nalazi na polovici udaljenosti između donjeg ruba tijela i ruba alveola u području drugog premolara (Jalšovec, 2005). Smanjenje mandibularnog kuta, započeto već tijekom fetalnog razvoja (Hermann et al., 2010; Bareggi et al., 1995), uzrokovano je daljnjim rastom i pregradnjom grane do koje dolazi uslijed funkcionalnih prilagodbi na silu žvačnih mišića i okluziju sa zubima gornje čeljusti (Standring, 2008). Nakon gubitka zuba dolazi do djelomične resorpcije alveolarnog nastavka i nestanka okluzije. Posljedica navedenih procesa

ponovno je povećanje mandibularnog kuta i promjene položaja mentalnog otvora koji se u starosti nalazi bliže gornjem rubu tijela kosti.

1.5 Pregled dosadašnjih istraživanja

Dinamika razvoja gornje i donje čeljusti predmet je dugogodišnjih istraživanja. Unatoč tome tek se nekolicina do sada objavljenih publikacija bavi njihovim cjelokupnim postnatalnim razvojem, gdje je većina istraživača svoja istraživanja ograničila na proučavanje samo jedne kosti (Enlow et al., 1964), specifičnog parametra (Louly et al., 2011) ili uske dobne skupine (Love et al., 1990). Istraživanja su usmjerena na utvrđivanje dinamike razvoja onih parametara koji bi bili praktično primjenjivi pri planiranju ortodontskih zahvata, kao npr. proučavanje morfologije i rasta gornjeg i donjeg alveolarnog luka (Sillman et al., 1964; Knott, 1972; Arslan et al., 2007; Thilander et al., 2009) te tvrdog nepca (Krmpotić-Nemanić et al., 2008).

Promjene u području viscerokranija te gornje i donje čeljusti najčešće su promatrane u djece dojenačke i predškolske dobi (Liu et al., 2010; Laowansiri et al., 2013) te adolescenata (Damgaard et al., 2011; Silveira et al., 1992; Nahhas et al., 2014; Love et al., 1990). Postoji tek nekoliko radova usmjerenih na promjene gornje (Vinter et al., 1993) i donje (Merrot et al., 2005) čeljusti u staračkoj dobi.

Nekolicina radova proučava razvoj i biomehaničke karakteristike mentuma (koji otprilike odgovara području simfize donje čeljusti) i njegovih specifičnosti u vrsti *Homo sapiens* (Marshall et al., 2011; Ichim et al., 2006). Nadalje, pojedini autori bavili su se promjenama mandibularnog kuta u ovisnosti o dobi (Ogawa et al., 2012) i sili žvačnih mišića (Osato et al., 2012).

Proučavanjem dosadašnjih istraživanja može se uočiti kako je utvrđeno puno toga vezano uz dinamiku rasta i postnatalne promjene gornje i donje čeljusti, ali izdvojeno, ne kao cjelina koja bi dala točniji i jasniji prikaz razvoja navedenog dijela koštanog sustava.

2. OPĆI CILJ RADA

Istražiti prenatalni i postnatalni razvoj gornje i donje čeljusti.

3. SPECIFIČNI CILJEVI RADA

1. Istražiti dinamiku postnatalnog rasta i razvoja gornje čeljusti mjereći dimenzije koje su pokazatelji rasta kosti u trima različitim osima (sagitalna, horizontalna i vertikalna) i usporediti njihove međuodnose.
2. Istražiti dinamiku postnatalnog rasta i razvoja donje čeljusti, mjereći dimenzije koje su pokazatelji rasta kosti u trima različitim osima (sagitalna, horizontalna i vertikalna) te mandibularni kut i usporediti njihove međuodnose.
3. Utvrditi promjene dimenzija gornje i donje čeljusti koje nastaju kao posljedica ispadanja zuba.
4. Usporediti dinamiku rasta gornje i donje čeljusti.

4. HIPOTEZA

Tijekom razvoja gornje i donje čeljusti dimenzije u sagitalnoj, horizontalnoj i vertikalnoj osi rastu različitom brzinom te posljedično dolazi do promjena u međuodnosima dimenzija gornje i donje čeljusti.

5. MATERIJALI I METODE

5.1 Zbirka lubanja Zavoda za anatomiju „Drago Perović“

U istraživanju su korištene cijele i rastavljene lubanje iz dviju zbirki Zavoda za anatomiju „Drago Perović“ (Slika 3). Svi uzorci do dobi od 30 godina su dio zbirke rastavljenih lubanja Zavoda za anatomiju „Drago Perović“, koja se sastoji od ukupno 346 lubanja, od kojih je 219 fetalnih, te stoga nisu uključene u naše istraživanje. Svi uzorci iz dobnih skupina iznad 30 godina pripadaju drugoj zbirci Zavoda, koja sadržava preko 750 cijelih lubanja razvrstanih prema dobi i spolu. Iz navedene zbirke mjereno je 50 cijelih i neoštećenih lubanja, od kojih dio nije imao pripadajuću donju čeljust. Stoga je u mjerenje uključeno još 9 nasumično odabranih donjih čeljusti iz odgovarajućih dobnih skupina.

Iz mjerenja su isključene sve kosti s oštećenjima koja bi utjecala na mjerene dimenzije te one bez jasno označene dobi kako bi se omogućilo točno razvrstavanje uzoraka po dobnim skupinama.



Slika 3: A) Zbirka rastavljenih lubanja Zavoda za anatomiju „Drago Perović“; B) Rastavljene kosti lubanje korištene u istraživanju pohranjene u za to predviđene kutije

5.1.1. Broj i kategorizacija uzoraka gornje čeljusti

Sve izmjerene vrijednosti za gornju čeljust podijelili smo u skupine na temelju dobi. Uzorci dobi ispod 20 godina podijeljeni su u dobne skupine različitih intervala, dok su one iznad 20 godina označene kao odrasle (Tablica 1). Preparati čija je dob manja od jedne godine podijeljeni su u tri kategorije na sljedeći način: 0-3 mjeseca, 4-6 te 6-12 mjeseci. Uzorci čija je dob između 1 i 5 godina podijeljeni su u dvije kategorije: od 1 do 2 godine i od 3 do 5 godina. Preparati dobi između 6 i 20 podijeljeni su u tri kategorije s intervalom od po pet godina. Podjela je učinjena na opisani način kako bi svaka kategorija imala podjednak broj uzoraka. Nadalje, kosti su svrstane u tri kategorije na temelju prisutnosti zubi i zubnih alveola. U prvu skupinu spadaju kosti s očuvanim zubima unutar pripadajućih alveola, dok drugu čine sve one kosti koje imaju djelomično očuvane zube ili alveolarni nastavak s alveolama. U zadnju skupinu smještene su kosti bez ijednog zuba s potpuno resorbiranim alveolama. Prva značajna promjena s obzirom na prisutnost zubi i alveolarnog nastavka uočena na uzorku dobi od 30 godina pa su u ovu analizu uključeni preparati iznad te dobi.

Tablica 1. Kategorije, dob, spol i broj mjerenih gornjih čeljusti

DOB (mjeseci / godine)	♀	♂	UKUPNO
0 - 3 mjeseca	12	26	38
3 - 6 mjeseci	8	12	20
6 - 12 mjeseci	6	4	10
1-2	10	22	32
3-5	10	10	20
6-10	14	10	24
11-15	4	14	18
16-20	20	6	26
odrasli	54	115	169

5.1.2. Broj i kategorizacija uzoraka donje čeljusti

Svi mjereni preparati donje čeljusti grupirani su prema dobi na isti način kao i preparati gornje čeljusti (Tablica 2). S obzirom na prisutnost alveolarnog nastavka i zubi kosti su svrstane

u kategorije na isti način kao i preparati gornje čeljusti. Treba napomenuti da je prva značajna promjena s obzirom na prisutnost zubi i alveolarnog nastavka uočena na uzorku dobi od 30 godina pa su u ovu analizu uključeni preparati iznad te dobi.

Tablica 2. Kategorije, dob, spol i broj mjerenih donjih čeljusti

DOB (mjeseci / godine)	♀	♂	UKUPNO
0 - 3 mjeseca	10	13	23
3 - 6 mjeseci	2	7	9
6 - 12 mjeseci	5	6	11
1-2	3	8	11
3-5	5	7	12
6-10	7	5	12
11-15	1	7	8
16-20	9	10	19
odrasli	10	30	42* 2 nepoznata

5.2 Način mjerenja

Sve zadane dimenzije mjerene su pomoću digitalne pomične mjerke (kaliper) marke Alpha Tools® (Slika 4). Instrument ima mjerno područje od 0 do 150 mm. Točnost mjerenja iznosi $\pm 0,02$ mm za mjere kraće od 100 mm te $\pm 0,03$ mm za mjere u rasponu 100-150 mm.



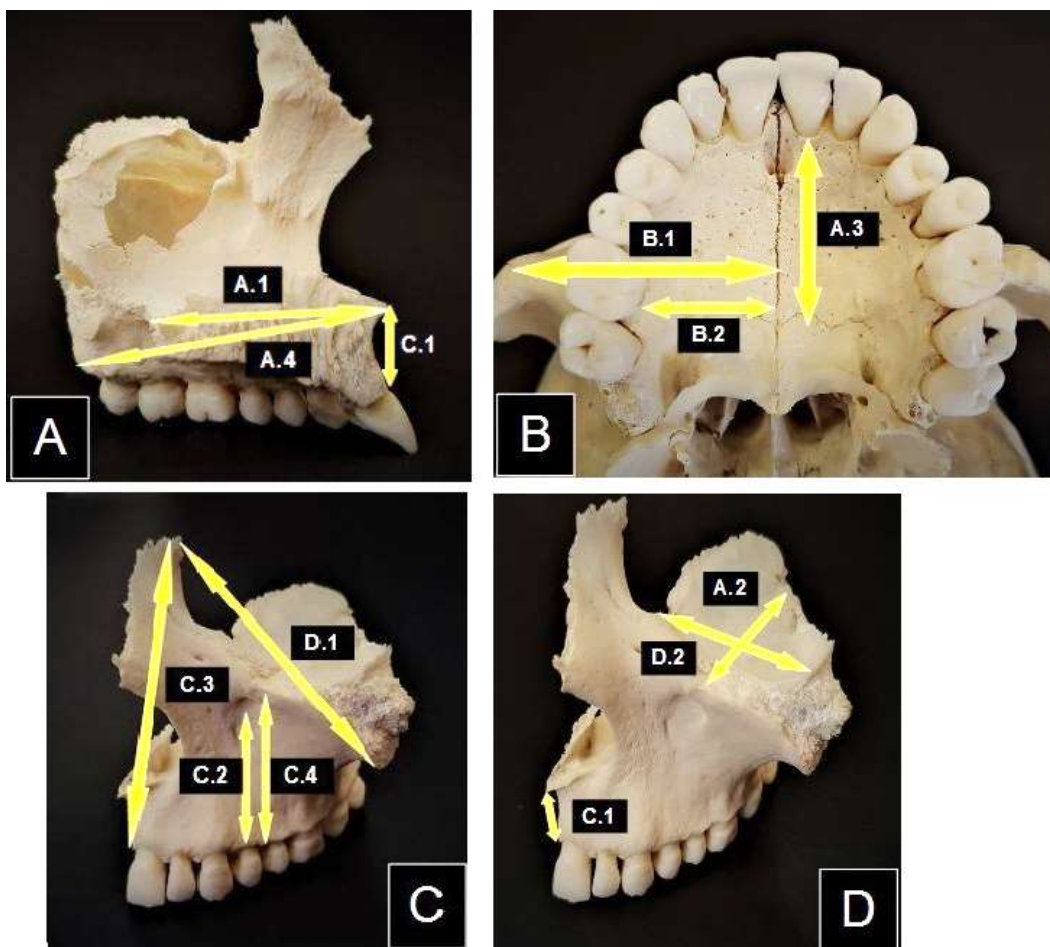
Slika 4: Pomična mjerka (kaliper) koja je poslužila u istraživanju kao mjerni instrument

5.3 Mjerene dimenzije

Mjerene dimenzije podijeljene su s obzirom na tri osi ljudskoga tijela: sagitalnu, horizontalnu i vertikalnu. Tako su na gornjoj čeljusti definirani pokazatelji rasta u sagitalnoj (Tablica 3A), horizontalnoj (Tablica 3B) i vertikalnoj (Tablica 3C) osi. Također su odabrane dvije mješovite mjere (Tablica 3D) koje su indikatori rasta u dvjema različitim osima (Slika 5).

Tablica 3. Definirani parametri u procjeni dimenzija gornje čeljusti

A. SAGITALNA OS	
1)	Spina nasalis anterior – najposteriornija i najmedijalnija točka processusa palatinusa
2)	Rub orbite u razini foramen infraorbitale – ishodište sulcusa infraorbitalisa na dnu orbite
3)	Rub alveole prvog inciziva (s palatinalne strane) - najposteriornija i najmedijalnija točka processusa palatinusa
4)	Spina nasalis anterior – najizbočenija točka tubera maxillae
B. HORIZONTALNA OS	
1)	Najposteriornija i najmedijalnija točka processusa palatinusa – najlateralnija točka processusa zygomaticusa
2)	Najposteriornija i najmedijalnija točka processusa palatinusa - rub alveole paralelnog molara (s palatinalne strane)
3)	Maksimalna širina aperture piriformis
4)	Udaljenost između najlateralnijih točaka dvaju processusa zygomaticusa
C. VERTIKALNA OS	
1)	Spina nasalis anterior – najsuperiornija točka ruba alveole prvog inciziva
2)	Foramen infraorbitale – najsuperiornija točka ruba alveole zuba koji leži u ravnini s otvorom
3)	Najsuperiornija točka processusa frontalis - najsuperiornija točka ruba alveole prvog inciziva
4)	Rub orbite u razini foramen infraorbitale - najkranijalnija točka ruba alveole zuba koji leži u ravnini s otvorom
D. MJEŠOVITE MJERE	
1)	Najsuperiornija točka processusa frontalis - najlateralnija točka processusa zygomaticusa
2)	Ishodište processusa frontalis s orbitalne strane – ishodište processusa zygomaticusa s orbitalne strane



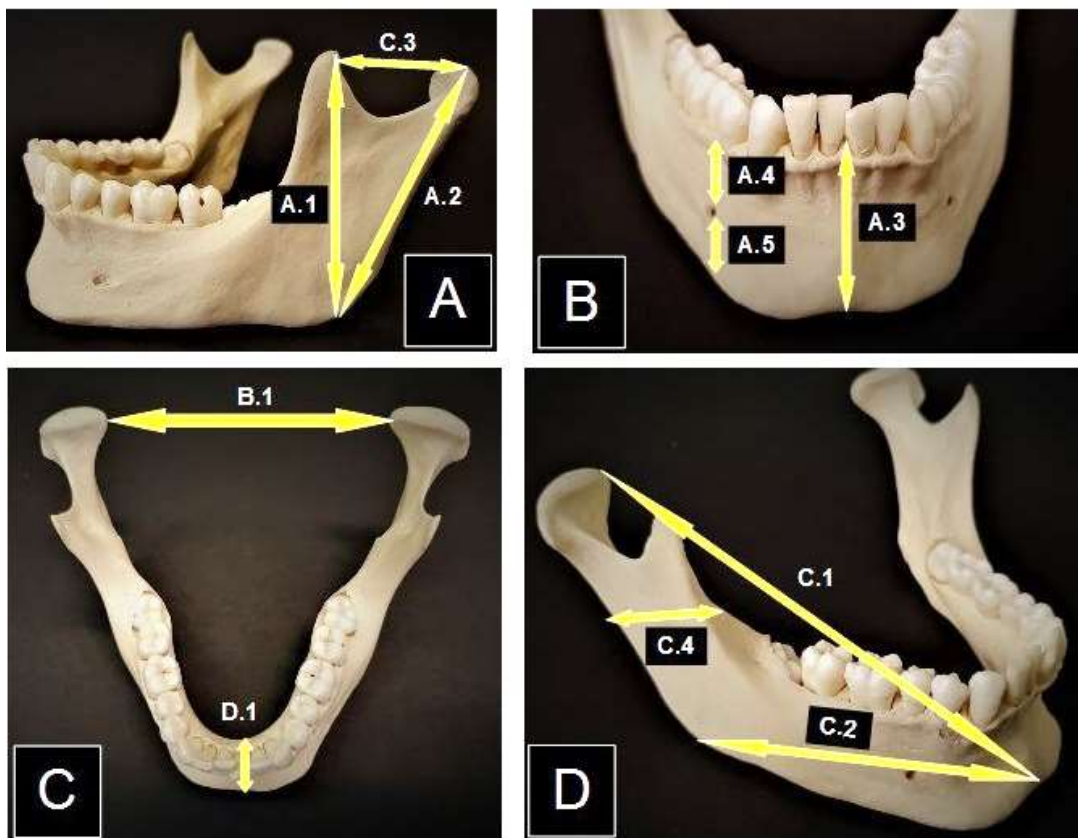
Slika 5: Mjerene dimenzije u području gornje čeljusti

Na donjoj čeljusti također su definirani pokazatelji vertikalnog (Tablica 4A) i horizontalnog (Tablica 4B) rasta te četiri mješovite mjere (Tablica 4C). Uz navedene mjere, mjerena je i debljina kosti u području *symphysis mandibulae* (Slika 6). Također je mjerena i mandibularni kut.

Tablica 4. Definirani parametri za procjenu dimenzija donje čeljusti

A. VERTIKALNA OS	
1)	Gonion (angulus mandibule u točki na polovici zakrivljenosti) – najsuperiornija točka processusa coronoideusa
2)	Gonion (angulus mandibule u točki na polovici zakrivljenosti) – najsuperiornija točka processusa condylaris
3)	Rub alveole između prva dva inciziva – gnathion (donji rub mandibule u razini simfize)
4)	Foramen mentale – donji rub alveole zuba u ravnini s otvorom
5)	Foramen mentale – donji rub mandibule u ravnini s otvorom
B. HORIZONTALNA OS	

1)	Udaljenost između dvaju processusa condylaris
C. MJEŠOVITE MJERE	
1)	Gnathion (donji rub mandibule u razini simfize) - najsuperiornija točka processusa condylaris
2)	Gnathion (donji rub mandibule u razini simfize) – gonion (angulus mandibule u točki na polovici zakrivljenosti)
3)	Maksimalna udaljenost između rubova processusa coronoideusa i processusa condylaris koji omeđuju incizuru mandibule
4)	Širina ramusa mandibule u ravnini koja prolazi okomito na lingulu mandibule
D. DEBLJINA KOSTI	
1)	Debljina mandibule u ravnini simfize mandibule



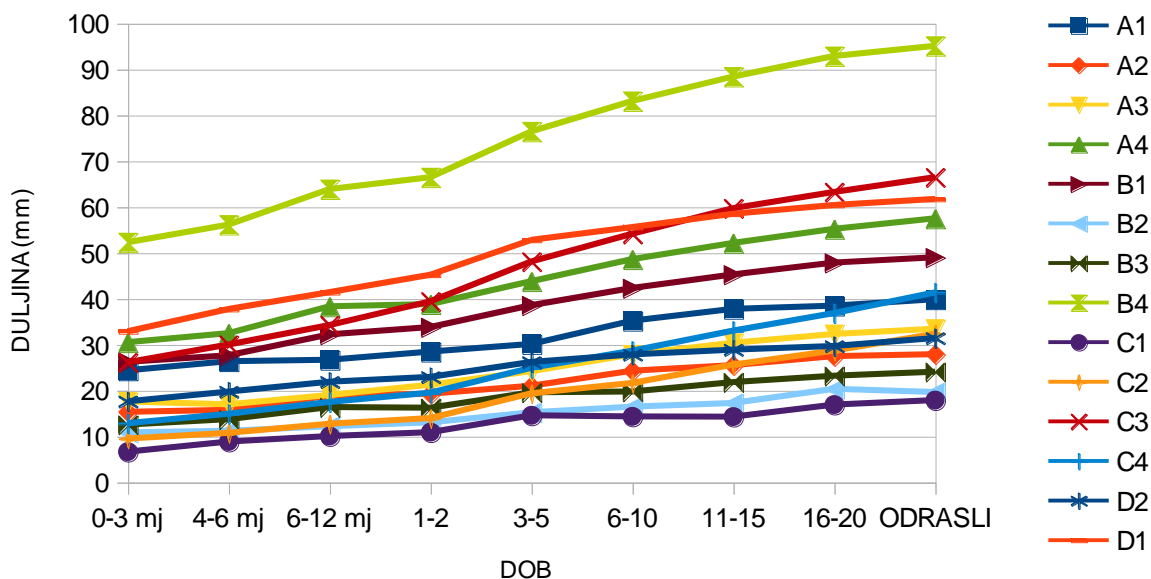
Slika 6: Mjerene dimenzije u području donje čeljusti

Na svakom uzorku izmjerene su sve dimenzije na obje gornje čeljusti i na obje strane donje čeljusti ukoliko je došlo do srastanja kontralateralnih kostiju. Uz to praćena je i prisutnost zubnih alveola, *alveolae dentales*.

6.REZULTATI

6.1. Rezultati mjerenja za gornju čeljust

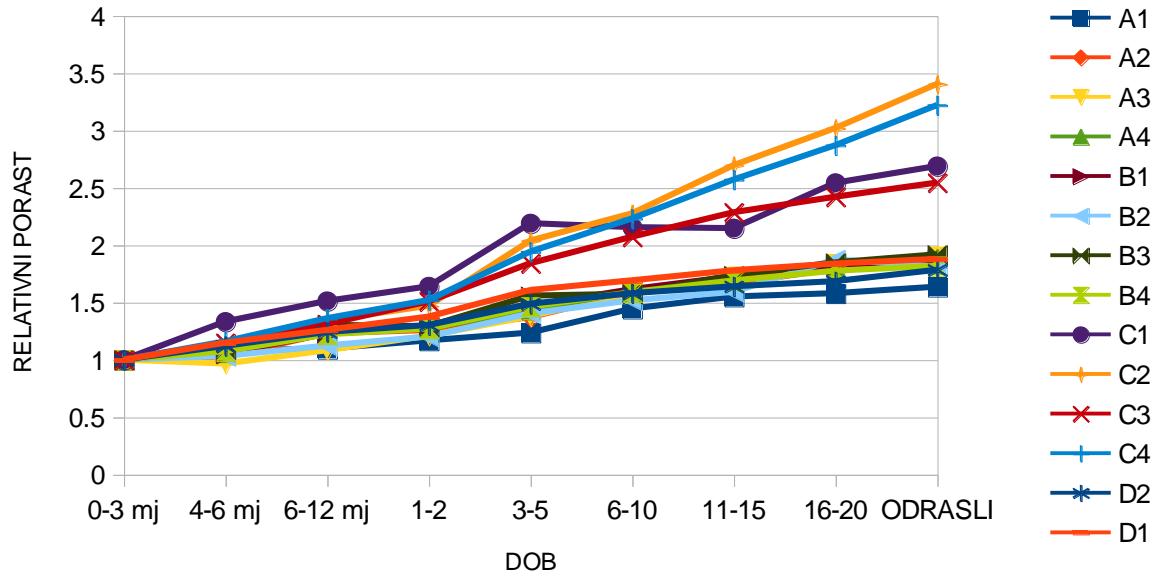
6.1.1. Promjena prosječnih vrijednosti dimenzija na gornjoj čeljusti u ovisnosti o dobi



Slika 7: Grafički prikaz prosječnih vrijednosti duljine za svaku od mjerenih dimenzija u svim dobnim skupinama od rođenja do odrasle dobi

Iz dobivenih rezultata uočljiv je linearni porast duljine svake od mjerenih dimenzija s rastućom dobi (Slika 7). Vrijednosti za odraslu dob dobivene su računanjem prosječnih vrijednosti dimenzija za svaki preparat iznad 20 godina koji je imao očuvane alveole i zube. Mjerene dimenzije su označene prema podjeli i numeriranju u Tablici 3. Najveći apsolutni porast, u iznosu od 42.8 mm, pokazuje dimenzija B4 (udaljenost između dvaju *processusa zygomaticusa*), dok najmanji, koji iznosi 8.8 mm, pokazuje dimenzija B2 (širina *processusa palatinusa* između njegove najposterioarnije i najmedijalnije točke i ruba alveole paralelnog molara).

6.1.2. Relativni porast parametara na gornjoj čeljusti

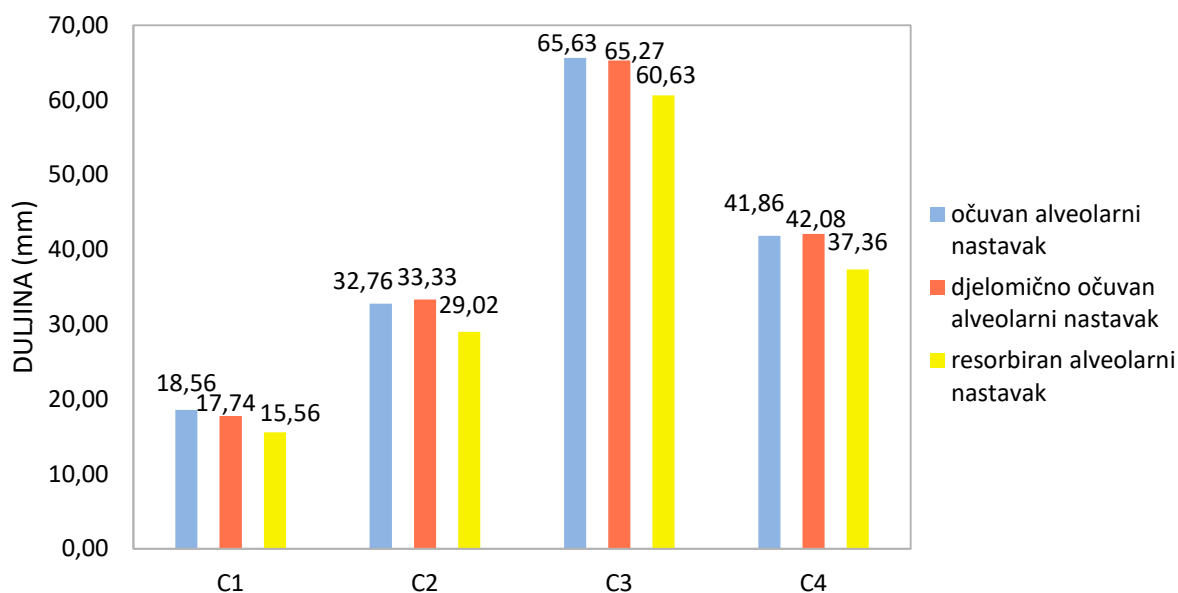


Slika 8: Prikaz relativnog porasta svake od dimenzija u odnosu na prosječnu vrijednost u najmlađoj dobnoj skupini (0-3 mjeseca). Prikazane vrijednosti dobivene su dijeljenjem prosječnih vrijednosti svake dimenzije u svakoj od dobni skupina s prosječnom vrijednošću u najmlađoj dobnoj skupini

Jasno je uočljivo kako se većina dimenzija (u horizontalnoj i sagitalnoj osi te mješovite dimenzije) gornje čeljusti do odrasle dobi poveća između 1,5 i 2 puta, odnosno veličina svake pojedinačne dimenzije poraste između 50% i 100% (Slika 8). Međutim, navedeno ne vrijedi za dimenzije na vertikalnoj osi C1 (*spina nasalis anterior* – rub alveole inciziva), C2 (*foramen infraorbitale* – rub alveole), C3 (*processus frontalis* – rub alveole) i C4 (rub orbite – rub alveole) čija se duljina poveća u rasponu od čak 2,5 do 3,5 puta, odnosno između 150% i 250%. Najmanji relativni porast pokazuje dimenzija A1 (indikator duljine *processusa palatinusa*), a najveći dimenzija C2. Mjerene dimenzije su označene prema podjeli i numeriranju u Tablici 3.

6.1.3. Promjene s obzirom na očuvanost alveolarnog nastavka i zubi

Prve promjene s obzirom na prisutnost zuba i resorpciju alveolarnog nastavka uočene su u dobnoj skupini između 31. i 40. godine života. Stoga su svi preparati iznad 30. godine podijeljeni u tri već spomenute kategorije te su unutar kategorija izračunate prosječne vrijednosti za svaku od mjerenih dimenzija. Navedenom analizom značajne razlike utvrđene su isključivo u vertikalnim dimenzijama između skupine s potpuno očuvanim i potpuno resorbiranim alveolarnim nastavkom.

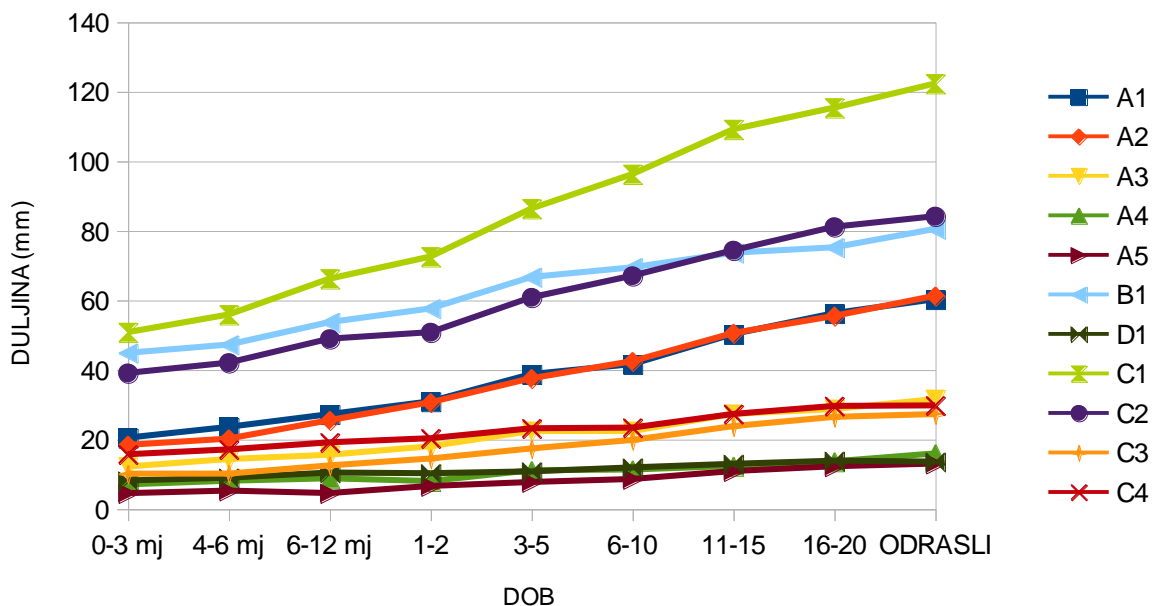


Slika 9: Usporedba veličine dimenzija u vertikalnoj osi s obzirom na podjelu preparata u kategorije prema očuvanosti alveolarnog nastavka i zubi

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da se resorpcijom alveolarnog nastavka događa pad u svim naznačenim dimenzijama (Slika 9). Navedeni pad događa se u rasponu od 8% (mjera C3, koja odgovara udaljenosti između vrha *processusa frontalis* i ruba alveole prvog inciziva) do 17% (mjera C1, koja odgovara udaljenosti između *spina nasalis anterior* i ruba alveole prvog inciziva). Srednje vrijednosti uzoraka koji su imali djelomično očuvan alveolarni nastavak i zube nisu pokazali značajnija odstupanja od uzoraka s očuvanim alveolarnim nastavcima i zubima.

6.2. Rezultati mjerenja za donju čeljust

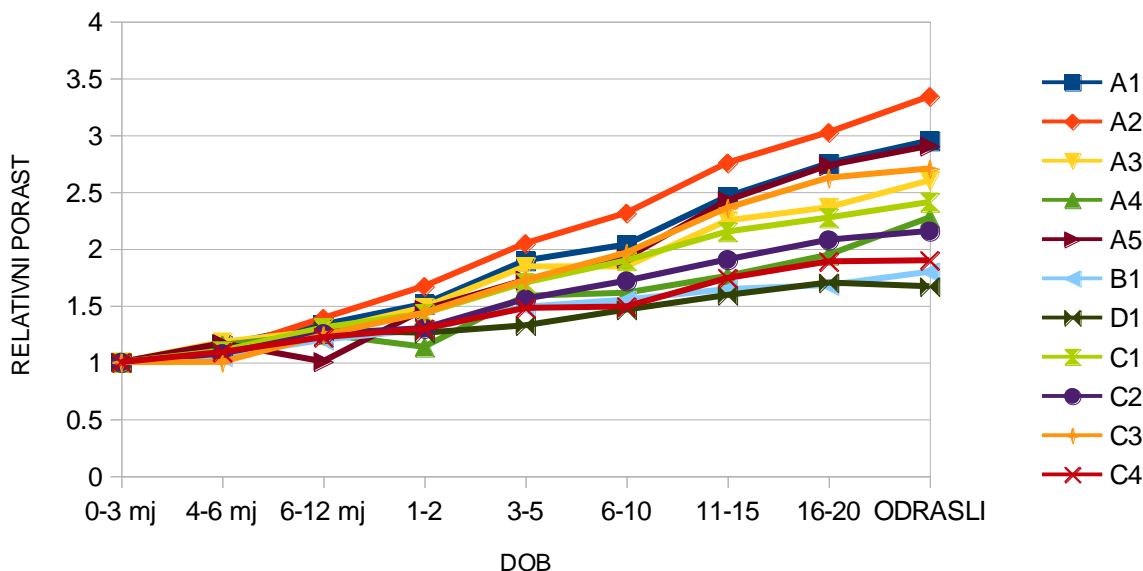
6.2.1. Promjene prosječnih vrijednosti dimenzija na donjoj čeljusti u ovisnosti o dobi



Slika 10: Promjene prosječnih veličina svih mjerenih dimenzija ovisno o dobi, u razdoblju od rođenja do odrasle dobi

U svim mjerenim dimenzijama dolazi do linearnog porasta s rastućom dobi kosti (Slika 10). Vrijednosti za odraslu dob dobivene su na isti način kao i na gornjoj čeljusti. Najmanji apsolutni porast, u iznosu od 5.5 mm, pokazuje dimenzija D1 (debljina kosti u području simfize), a najveći dimenzija C1 (72 mm), koja je ujedno i najveći mjereni parametar na donjoj čeljusti (udaljenost između *gnathiona* i najsuperiornije točke *processusa condylarisa*). Mjerene dimenzije su označene prema podjeli i numeriranju u Tablici 4.

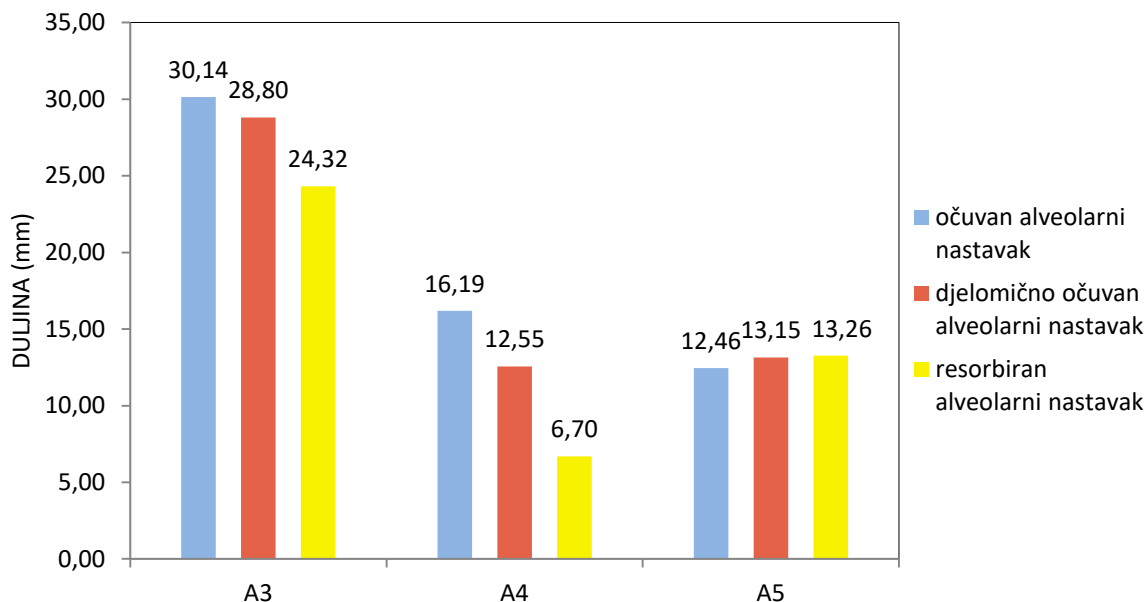
6.2.2. Relativni porast dimenzija na donjoj čeljusti



Slika 11: Relativni porast svih mjerenih dimenzija od najmlađe dobne skupine do odrasle dobi

Prikazane vrijednosti izračunate su na isti način kao i na gornjoj čeljusti. Iz dobivenih rezultata vidljiv je obrazac rasta prema kojem dolazi do izrazitog povećanja dimenzija na vertikalnoj osi (Slika 11). Sve vertikalne dimenzije: A1 (*gonion - processus coronoideus*), A2 (*gonion - processus condylaris*), A3 (udaljenost između ruba alveole prvih inciziva i *gnathiona*), A4 (udaljenost između *foramen mentale* i donjeg ruba alveole) i A5 (udaljenost između *foramen mentale* i donjeg ruba donje čeljusti) povećavaju se od 2,3 do 3,4 puta, odnosno njihove veličine se povećaju od 130% do 240%. Mješovite mjere također pokazuju značajan rast, što se očituje povećanjem od 2,7 puta (170%) za C3 (*processus coronoideus - processus condylaris*), 2,4 (140%) za C1 (*gnathion - processus condylaris*) te 2,2 (120%) za mjeru C2 (*gnathion - gonion*). Kod preostalih mjerenih dimenzija na donjoj čeljusti (B1, C4 i D1) događa se porast između 1,7 i 2 puta, tj. dimenzije rastu od 70% do 100%. Za razliku od gornje čeljusti, na kojoj se samo vertikalne dimenzije povećavaju više od 2 puta (100%), iz ovog grafa je vidljivo kako na donjoj čeljusti sve dimenzije osim B1 (udaljenost između dvaju *processusa condylaris*), C4 (širina *ramusa mandibulae*) i D1 (debljina donje čeljusti u ravnini simfize) rastu više od 2 puta (100%). Mjerene dimenzije su označene prema podjeli i numeriranju u Tablici 4.

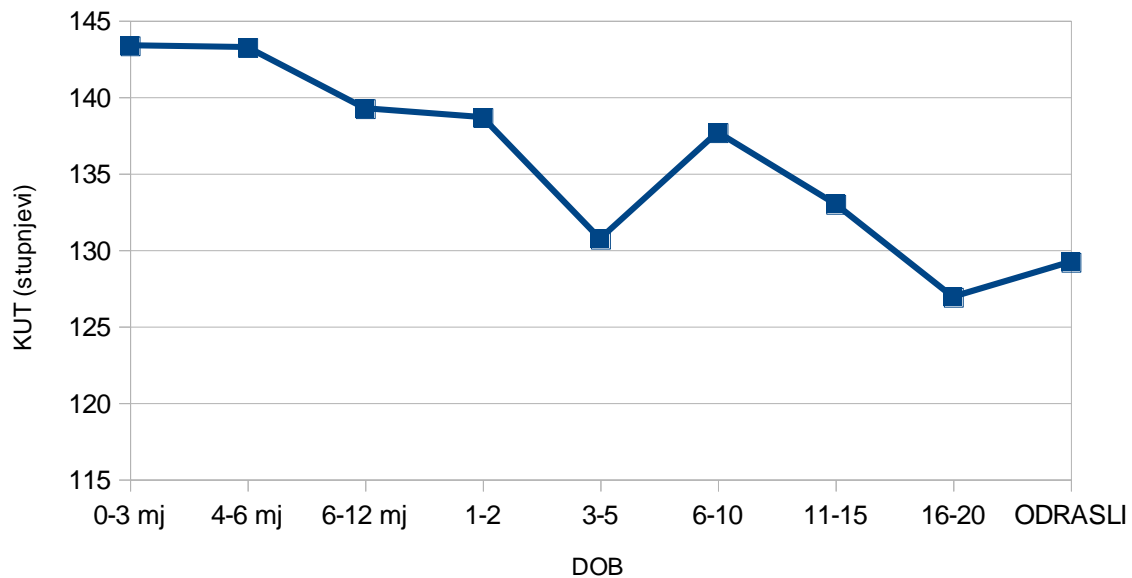
6.2.3. Promjene s obzirom na očuvanost alveolarnog nastavka i zubi



Slika 12: Usporedba veličine dimenzija u vertikalnoj osi s obzirom na podjelu preparata u kategorije prema očuvanosti alveolarnog nastavka i zubi

S resorpcijom alveolarnog nastavka događa se pad u kategoriji uzoraka koji nemaju očuvan alveolarni nastavak i zube naspram onih u kojima su očuvani (Slika 12). To je vidljivo u dimenzijama A3 (udaljenost između ruba alveole prvih inciziva i *gnathiona*) i A4 (udaljenost između *foramen mentale* i donjeg ruba alveole zuba u ravnini s otvorom). Navedeni pad za dimenziju A3 iznosi 20%, a za A4 59%. Uzorci s djelomično očuvanim alveolarnim nastavkom također pokazuju pad u odnosu na one s očuvanim alveolarnim nastavkom u dimenziji A3 (4.5%) te dimenziji A4 (22.5%). Dimenzija A5 (udaljenost između *foramen mentale* i donjeg ruba donje čeljusti u ravnini s otvorom) ne pokazuje značajnu promjenu s obzirom na očuvanost alveolarnog nastavka.

6.2.4. Promjene mandibularnog kuta



Slika 13: Promjene prosječnih vrijednosti mandibularnog kuta u ovisnosti o dobi

Iz dobivenih rezultata vidljiv je pad veličine mandibularnog kuta uz manja odstupanja (Slika 13). U odnosu na vrijednost pri rođenju, vrijednost kuta u odrasloj dobi smanji se od 143 stupnja na 129 stupnjeva, odnosno padne 10%. Jedino značajnije odstupanje vidljivo je u intervalu između 3 i 10 godina kada se kut u našem uzorku povećava od 130 do 137 stupnjeva.

7.RASPRAVA

Dinamika razvoja gornje i donje čeljusti od velike je važnosti za poznavanje cjelokupnog razvoja ljudske lubanje. Unatoč dugogodišnjim istraživanjima (Alió-Sanz et al., 2011) u prenatalnom i postnatalnom razvoju kostiju neuro- i viscerokranija ostaje još mnogo nepoznanica (Kihara et al., 2017 ; Laowansiri et al., 2013). Navedena istraživanja imaju značajnu ulogu u kliničkoj medicini zbog praktične primjenjivosti u dentalnoj medicini te oralnoj i maksilofacijalnoj kirurgiji. U dosadašnjim istraživanjima generirana je velika količina podataka o različitim aspektima i dinamici razvoja gornje i donje čeljusti. Međutim, velik udio tih podataka odnosi se na specifične parametre, uski dobni raspon, samo jednu od čeljusti i sl. Iako postoje velike razlike u kraniofacijalnom razvoju među pojedincima (Nahhas et al., 2014), za planiranje jedinstvene i primjenjive kliničke intervencije nužno je poznavati i razumjeti cjelokupni razvoj gornje i donje čeljusti (Arslan et al., 2007 ; Björk, 1969). Stoga smo u svom radu pokušali prikazati dinamiku razvoja i promjene na gornjoj i donjoj čeljusti tijekom cijelog života (od rođenja do osamdesete godine) na što većem broju uzoraka i s relativno velikim brojem mjerenih parametara na svakoj kosti. Proučavajući literaturu i dosadašnja istraživanja, nismo uspjeli pronaći ni jedno istraživanje koje opisuje razvoj gornje i donje čeljusti u ovoliko širokom dobnom rasponu i s tolikim brojem mjerenih parametara.

Dosadašnja istraživanja pokazala su da se mjerene dimenzije gornje i donje čeljusti linearno povećavaju s rastućom dobi. To je pokazano mjerenjem dimenzija gornje čeljusti između 3. i 16. godine života (Singh i Savara, 1966) te od novorođenačke do odrasle dobi (Laowansiri et al., 2013). Neki istraživači su mjerili dimenzije alveolarnih lukova gornje i donje čeljusti te također zabilježili porast dimenzija s rastućom dobi: u prvoj godini života (Kihara et al., 2017) te od rođenja do 25. godine (Sillman, 1964). Love i suradnici (1990) također su zabilježili linearni porast dimenzija gornje i donje čeljusti u razdoblju od 16 do 20 godina proučavajući cjelokupni rast lica. Naši rezultati se preklapaju sa već objavljenim rezultatima te su pokazali gotovo linearan porast u svim mjerenim dimenzijama do odrasle dobi na gornjoj i donjoj čeljusti.

Neki istraživači (Laowansiri et al., 2013) uočili su veću brzinu rasta gornje čeljusti u dobnoj skupini od 1 do 5 godina, dok su drugi porast brzine uočili i tijekom adolescencije (Nahhas et al., 2014 ; Singh i Savara, 1966). U svom istraživanju nismo sa sigurnošću mogli

utvrditi sličan porast brzine. Moguće je da je do navedenih razlika došlo zbog različitog grupiranja uzoraka u dobne skupine i manjeg broja uzoraka u nekim dobnim skupinama.

Promatrajući promjene dimenzija na donjoj čeljusti možemo uočiti slično odstupanje kao i na gornjoj čeljusti. Vidljivo je povećanje brzine rasta nekih dimenzija koje počinje od prve godine i najizraženije je do pete godine (iako i nakon toga brzina ostaje blago povišena). Većina tih dimenzija nalazi se na vertikalnoj osi. Dimenzije A1 (*gonion* – najsuperiornija točka *processusa coronoideusa*) i A2 (*gonion* – najsuperiornija točka *processusa condylarisa*) direktno ukazuju na izraženu brzinu rasta grane donje čeljusti, dok dimenzija C1 (*gnathion* – najsuperiornija točka *processusa condylarisa*) indirektno ukazuje na nju jer u sebi sadržava vertikalnu komponentu, koju zapravo čini grana donje čeljusti. Također, dimenzija A2 pokazuje najveći porast od približno 240%, što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima koja su utvrdila da je upravo ta dimenzija pri rođenju i u ranom djetinjstvu najnerazvijenija (Buschang et al., 1983 ; Liu et al., 2010). Navedeni podatci preklapaju se djelomično s već objavljenim – Liu i suradnici (2010) opazili su da grana donje čeljusti ima najveću brzinu rasta između 3 i 5 godina života, u usporedbi s bilo kojim razdobljem nakon toga.

Proučavajući međuodnose i razvoj visine, širine i dužine gornje i donje čeljusti, u literaturi nalazimo različite podatke. Neki istraživači su zaključili da dimenzije koje su indikator visine (analogno našoj vertikalnoj osi) rastu brže od onih koje su pokazatelji dužine i visine (Laowansiri et al., 2013 ; Singh i Savara, 1966), dok su drugi na donjoj čeljusti uočili da se dimenzije koje prikazuju dužinu najbrže mijenjaju (Liu et al., 2010). Iz prikaza relativnog povećanja dimenzija gornje i donje čeljusti s obzirom na dob (Slike 6 i 9) jasno se vidi da su se dimenzije koje se nalaze na vertikalnoj osi znatno više povećale od svih ostalih mjerenih dimenzija. Zaključak o ovakvom obrascu rasta potvrđuju i rezultati Laowansiri i suradnika, koji su ustanovili da su vertikalne dimenzije u ranom djetinjstvu najmanje razvijene. Na gornjoj čeljusti sve vertikalne dimenzije uključuju alveolarni nastavak. Na njegovu veličinu i razvoj direktno utječe izbijanje, rast i prisutnost zuba te funkcija žvakanja, iz čega je jasno da je promjena veličine alveolarnog nastavka (a time i dimenzija na vertikalnoj osi) najizraženija u razdoblju kad dolazi do rasta i razvoja mliječnih, a potom i trajnih zuba (Thilander, 2009). Isto vrijedi i za vertikalne dimenzije na donjoj čeljusti koje obuhvaćaju alveolarni nastavak, odnosno A3 (rub alveole između prva dva inciziva – *gnathion*), A4 (*foramen mentale* – donji rub alveole zuba u ravnini s otvorom) te A5 (*foramen mentale* – donji rub donje čeljusti u ravnini s otvorom).

Međutim, dimenzije A1 i A2 koje nisu direktno povezane s veličinom alveolarnog nastavka, također se ističu svojim povećanjem. Ta se pojava može djelomično objasniti time što se te dimenzije nalaze na grani donje čeljusti. Ona je pod utjecajem žvačnih mišića i sile koja se stvara žvakanjem, što uvelike može utjecati na rast i razvoj navedenih koštanih dijelova.

Za razliku od vertikalnih dimenzija, debljina donje čeljusti u području simfize, koja je također pod utjecajem sile mišića (*m. genioglossus*, *m. geniohyoideus*), ne pokazuje povećanje brzine rasta nakon prve godine. Rast te dimenzije do odrasle dobi je jednoličan. Moguće objašnjenje za takvu dinamiku rasta je korištenje navedenih mišića već u dojenačkom razdoblju (Atkinson, 1940), neovisno o izbijanju zuba i žvakanju.

Usporedimo li sveukupni rast gornje i donje čeljusti, možemo primijetiti da se dimenzije na donjoj čeljusti povećavaju više nego one na gornjoj čeljusti. Naime, veći broj dimenzija gornje čeljusti do odrasle dobi poveća se između 1,5 i 2 puta, dok se većina dimenzija donje čeljusti poveća između 2 i 3 puta. Iz toga zaključujemo da sveukupno donja čeljust tijekom razvoja raste više nego gornja čeljust. To se slaže s već postojećim zaključcima nekih istraživača koji su također ustanovili da donja čeljust tijekom razvoja raste više od gornje (Buschang et al., 1983; Love et al., 1990; Silveira et al., 1992).

Prikazujući promjene gornje i donje čeljusti tijekom cijelog životnog vijeka, nezaobilazno je proučavanje promjena na kostima koje se dogode nakon ispadanja (ili uklanjanja) svih zuba. Sve dimenzije mjerene na vertikalnoj osi gornje čeljusti sadržavaju i komponentu alveolarnog nastavka. Zbog toga je moguće ove vrijednosti komparirati s rezultatima Krmpotić – Nemanic i suradnika, čiji se rezultati odnose na visinu samog alveolarnog nastavka (grebena). Navedeno istraživanje je pokazalo da se visina alveolarnog luka gornjih čeljusti u odraslih koji nemaju zube značajno smanjuje u usporedbi s onima koji imaju zube (Krmpotic-Nemanic et al., 2008). Naša mjerenja na gornjoj čeljusti dala su slične rezultate: vidi se značajan pad vrijednosti svih dimenzija na vertikalnoj osi usporedimo li preparate bez zuba i alveolarnog nastavka s onima kod kojih su isti očuvani. Ostale mjerene dimenzije nisu pokazale značajne promjene u ovisnosti o prisutnosti zuba i alveolarnog nastavka. To potvrđuje zaključak da su uočene promjene dimenzija na vertikalnoj osi uzrokovane ispadanjem zuba. Zanimljivo je da su neki istraživači uočili kako alveolarni nastavak nakon ispadanja zubi nestaje u području inciziva, kanina i premolara, dok u području molara ostaje djelomično očuvan (Vinter et al., 1993). Istraživanja na donjoj čeljusti dala su slične rezultate. Uspoređujući parametre uzoraka sa zubima i bez njih,

znanstvenici su utvrdili da se visina donje čeljusti na području simfize i tijela značajno smanjuje, dok se parametri koji se ne odnose na visinu nisu pokazali izraženi pad (Merrot et al., 2005). Ovi rezultati također odgovaraju našima, koji pokazuju smanjenje većine vertikalnih dimenzija. Taj pad je najizraženiji u dimenzijama A3 i A4, koje pokazuju promjene na području simfize i tijela donje čeljusti. Jedina vertikalna dimenzija u kojoj pad nije vidljiv je A5. Unatoč tome što je indikator visine tijela, ne uključuje alveolarni nastavak pa njegova resorpcija ne utječe direktno na tu dimenziju. To potvrđuje zaključak Marshalla i suradnika (2011), koji su utvrdili da se bazilarni dio donje čeljusti razvija neovisno o alveolarnom dijelu. Nešto drugačiji zaključak nalazimo u istraživanju Merrota i suradnika, koji su uočili da ispadanje zuba uvjetuje resorpciju i na bazilarnom dijelu donje čeljusti.

Vidljivo je iz rezultata da se vrijednost mandibularnog kuta smanjuje s povećanjem dobi. Događa se pad za čak 10%, usporedimo li vrijednosti u odrasloj dobi s najmlađom dobnom skupinom. Možemo pretpostaviti da je ova promjena djelomično prouzročena djelovanjem žvačnih mišića koji se razvijaju i djeluju sve većom silom na granu donje čeljusti (Osato et al., 2012) i time utječu na njen smjer rasta. Ove rezultate teško je usporediti s rezultatima ostalih istraživača. Naime, tijekom pretraživanja literature nismo pronašli ni jedan rad koji promjene mandibularnog kuta prati u jednako velikom dobnom rasponu kao naše istraživanje. Međutim, nekoliko je istraživanja na različite načine pokazalo da se mandibularni kut razvojem donje čeljusti smanjuje. Zabilježeno je smanjivanje mandibularnog kuta u razdoblju od 4. do 24. godine života (Nahhas et al., 2014). Dokazano je da su manje vrijednosti mandibularnog kuta povezane s većim vrijednostima nekih linearnih dimenzija na donjoj čeljusti, dok su veće vrijednosti mandibularnog kuta povezane s manjim linearnim vrijednostima (Osato et al., 2012; Ogawa et al., 2012). Možemo pretpostaviti da veličina linearnih dimenzija ukazuje na stupanj razvoja, odnosno dob.

Naše istraživanje obuhvaća veliki dobni raspon uzoraka i broj mjerenih dimenzija te je ono jedno od prvih koje na tako sveobuhvatan način prikazuje razvoj i promjene koje se na gornjoj i donjoj čeljusti događaju tijekom cijelog čovjekovog života. Međutim, treba se osvrnuti i na određena ograničenja i nedostatke ovakvog istraživanja. Iako su za većinu preparata bili poznati osnovni podaci, kao što su spol i dob, o njihovom zdravstvenom stanju i životnom stilu nismo imali podatke. Stoga treba imati na umu da na očuvanost zuba i koštanog tkiva gornje i donje čeljusti utječu i faktori kao što su stil života, prehrana, osobna higijena i slično. Također nismo

imali podatke o eventualnim ozljedama i patološkim stanjima koja su mogla utjecati na morfologiju gornje i donje čeljusti. Nadalje, sama tehnika mjerenja pomičnom mjerkom može uzrokovati sitne pogreške u dobivenim rezultatima, budući da su određeni faktori ovisili o procjeni istraživača (npr. točna pozicija *goniona*). Unatoč navedenim nedostacima, odlučili smo se za takav način mjerenja zato što ono omogućuje precizno mjerenje u sve tri dimenzije.

Bez obzira na opisana ograničenja, cilj našeg istraživanja bio je sveobuhvatno opisati razvoj gornje i donje čeljusti te prikazati dinamiku kojom se mjerene dimenzije mijenjaju tijekom života. Uzevši u obzir veliki broj stomatoloških i kirurških intervencija, poznavanje i proučavanje razvoja gornje i donje čeljusti od velike je važnosti za njihovu uspješnost.

8. ZAKLJUČCI

1. Dimenzije u svakoj od promatranih osi - vertikalnoj, sagitalnoj i horizontalnoj - te mješovite mjere i debljina kosti na gornjoj i donjoj čeljusti pokazuju postojani, linerani porast s rastućom dobi.
2. Uspoređujući dinamiku rasta između pojedinih osi može se zaključiti kako najveći porast od rođenja do odrasle dobi pokazuju mjerene dimenzije u vertikalnoj osi te sve one mješovite mjere koje sadržavaju vertikalnu komponentu. Takav obrazac rasta izravna je posljedica rasta alveolarnog nastavka, izbijanja mliječnih, a potom i trajnih zubi te sile žvačnih mišića na hvatišta u području stražnjeg dijela donje čeljusti.
3. Tijekom postnatalnog razdoblja donja čeljust pokazuje veći sveukupni rast u odnosu na gornju čeljust.
4. Prilikom ispadanja zubi dolazi do posljedične resorpcije alveolarnog nastavka. Navedena pojava uzrokuje smanjenje veličine svih onih dimenzija u vertikalnoj osi koji u svojem sastavu sadržavaju komponentu alveolarnog nastavka, pri čemu se izraženije promjene događaju na donjoj čeljusti.
5. Mandibularni kut pokazuje tendenciju pada s rastućom dobi. Taj pad posljedica je rasta alveolarnog nastavka i izbijanja zubi te sile žvačnih mišića na granu donje čeljusti. Odnosno može se reći kako je uzrokovan razvojem i jačanjem funkcije žvakanja.

6. Poznavanje dinamike rasta i postnatalnih promjena gornje i donje čeljusti od velike je važnosti pri planiranju ortodontskih zahvata te postupaka u području oralne i maksilofacijalne kirurgije.

9. LITERATURA

- 1) Alió-Sanz J, Iglesias-Conde C, Pernía JL, Iglesias-Linares A, Mendoza-Mendoza A, Solano-Reina E. Retrospective study of maxilla growth in a Spanish population sample. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011 Mar 1;16(2):e271-7.
- 2) Arslan SG, Kama JD, Sahin S, Hamamci O. Longitudinal changes in dental arches from mixed to permanent dentition in a Turkish population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Nov;132(5):576.e15-21.
- 3) Atkinson, S.R. 1940. Growth and development of teeth and jaws (A) Mandible (B) Maxilla. *Am. J. Ortho. and Oral Surg*. 26:829-842.
- 4) Bareggi R, Sandrucci MA, Baldini G, Grill V, Zweyer M, Narducci P. Mandibular growth rates in human fetal development. *Arch Oral Biol*. 1995 Feb;40(2):119-25.
- 5) Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*. 1969 Jun;55(6):585-99.
- 6) Buschang PH, Baume RM, Nass GG. A craniofacial growth maturity gradient for males and females between 4 and 16 years of age. *Am J Phys Anthropol*. 1983 Jul;61(3):373-81.
- 7) Damgaard C, Caspersen LM, Kjaer I. Maxillary sagittal growth evaluated on dry skulls from children and adolescents. *Acta Odontol Scand*. 2011 Sep;69(5):274-8.
- 8) Enlow, D. H. and D. B. Harris: A study of the postnatal growth of the human mandible. *Am. J. Orthod*. 1964 Jan; 50 (1): 25-50.
- 9) Fanghänle J, Giebel J, Koppe T, Mische B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Caput et collum, glava i vrat. U: Fanghänle J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. *Waldeyerova anatomija čovjeka*. Zagreb: Golden marketing – tehnička knjiga 2009.
- 10) Hermann NV, Darvann TA, Sundberg K, Kreiborg S, Jørgensen C. Mandibular dimensions and growth in 11- to 26-week-old Danish fetuses studied by 3D ultrasound. *Prenat Diagn*. 2010 May;30(5):408-12.

- 11) Ichim I, Swain M, Kieser JA. Mandibular biomechanics and development of the human chin. *J Dent Res*. 2006 Jul;85(7):638-42.
- 12) Jalšovec D. Sustavna i topografska anatomija čovjeka. Zagreb: Školska knjiga 2005.
- 13) Kihara T, Kaihara Y, Iwamae S, Niizato N, Gion S, Taji T, Kozai K, Nikawa H. Three-dimensional longitudinal changes of maxilla and mandible morphology during the pre dental period. *Eur J Paediatr Dent*. 2017 Jun;18(2):139-144.
- 14) Knott VB. Longitudinal study of dental arch widths at four stages of dentition. *Angle Orthod*. 1972 Oct;42(4):387-94.
- 15) Krmpotić – Nemančić J. Anatomija čovjeka. Zagreb: Medicinska naklada 1993.
- 16) Krmpotic-Nemanic J, Vinter I, Jalsovec D, Ehrenfreund T, Marusic A. Postnatal changes in osseous and mucosal morphology of the hard palate. *Clin Anat*. 2008 Mar;21(2):158-64.
- 17) Laowansiri U, Behrents RG, Araujo E, Oliver DR, Buschang PH. Maxillary growth and maturation during infancy and early childhood. *Angle Orthod*. 2013 Jul;83(4):563-71.
- 18) Liu YP1, Behrents RG, Buschang PH. Mandibular growth, remodeling, and maturation during infancy and early childhood. *Angle Orthod*. 2010 Jan;80(1):97-105.
- 19) Louly F, Nouer PRA, Janson G, Pinzan A. Dental arch dimensions in the mixed dentition: a study of Brazilian children from 9 to 12 years of age. *J Appl Oral Sci*. 2011 Mar-Apr; 19(2): 169–174.
- 20) Love RJ, Murray JM, Mamandras AH. Facial growth in males 16 to 20 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990 Mar;97(3):200-6.
- 21) Marshall SD, Low LE, Holton NE, Franciscus RG, Frazier M, Qian F, Mann K, Schneider G, Scott JE, Southard TE. Chin development as a result of differential jaw growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Apr;139(4):456-64.
- 22) Merrot O, Vacher C, Merrot S, Godlewski G, Frigard B, Goudot P. Changes in the edentate mandible in the elderly. *Surg Radiol Anat*. 2005 Nov;27(4):265-70. Epub 2005 Oct 8.
- 23) Nahhas RW, Valiathan M, Sherwood RJ. Variation in timing, duration, intensity, and direction of adolescent growth in the mandible, maxilla, and cranial base: the Fels longitudinal study. *Anat Rec (Hoboken)*. 2014 Jul;297(7):1195-207.

- 24) Ogawa T, Osato S, Shishido Y, Okada M, Misaki K. Relationships between the gonial angle and mandibular ramus morphology in dentate subjects: a panoramic radiophotometric study. *J Oral Implantol.* 2012 Jun;38(3):203-10.
- 25) Osato S, Kuroyama I, Nakajima S, Ogawa T, Misaki K. Differences in 5 anatomic parameters of mandibular body morphology by gonial angle size in dentulous Japanese subjects. *Ann Anat.* 2012 Sep;194(5):446-51.
- 26) Radlanski RJ, Renz H, Klarkowski MC. Prenatal development of the human mandible. 3D reconstructions, morphometry and bone remodelling pattern, sizes 12-117 mm CRL. *Anat Embryol (Berl).* 2003 Oct;207(3):221-32.
- 27) Sadler TW. *Langmanova medicinska embriologija*, 10. Izdanje. Zagreb: Školska knjiga 2008.
- 28) Savara BS, Singh IJ. Norms of size and annual increments of seven anatomical measures of maxillae in boys from three to sixteen years of age. *Angle Orthod.* 1968 Apr;38(2):104-20.
- 29) Sillman JH. Dimensional changes of the dental arches: longitudinal study from birth to 25 years. *Am J Orthod* 1964; 50; 824-41.
- 30) Silveira AM, Fishman LS, Subtelny JD, Kassebaum DK. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers. *Angle Orthod.* 1992 Fall;62(3):185-90.
- 31) Standring S. *Gray's Anatomy: 40th Edition, The Anatomical Basis of Clinical Practice.* London: Churchill Livingstone 2008.
- 32) Thilander B. Dentoalveolar development in subjects with normal occlusion. A longitudinal study between the ages of 5 and 31 years. *Eur J Orthod.* 2009 Apr;31(2):109-20.
- 33) Vinter I, Krmpotić-Nemanić J, Hat J, Jalšovec D. Verschwindet der Processus alveolaris des Oberkiefers immer nach dem Zähneausfall? *Laryngo-Rhino-Otol* 1993; 72(12): 605-607.

10. SAŽETAK

Joško Bilandžić, Stela Hrkač

POSTNATALNI RAZVOJ I PROMJENE GORNJE I DONJE ČELJUSTI

Unatoč brojnim istraživanjima, neki dijelovi u razvoju neuro- i viscerokranija ostaju nedovoljno razjašnjeni. Cilj istraživanja je prikazati dinamiku razvoja i promjena na gornjoj i donjoj čeljusti tijekom cijelog života. U navedenom istraživanju korištene su cijele i macerirane lubanje koje su grupirane prema dobi. Na gornjoj i donjoj čeljusti izvršena su mjerenja brojnih linearnih dimenzija u više različitih osi pomoću kalipera (pomične mjerke). Detaljno je prikazan razvoj gornje i donje čeljusti, promjene mjerenih dimenzija do odrasle dobi te su analizirane promjene dimenzija koje se događaju nakon ispadanja zuba. Mjerenja su pokazala gotovo linearan porast svih mjerenih dimenzija, osim mandibularnog kuta čija je vrijednost pokazala pad s rastućom dobi. Prikazano je kako dimenzije na vertikalnoj osi tijekom razvoja pokazuju značajno veći porast od svih drugih dimenzija. Uočeno je kako ispadanje zuba i resorpcija alveolarnog nastavka uzrokuje smanjenje određenih dimenzija. Istraživanjem je pružen sveobuhvatan prikaz promjena koje se događaju na gornjoj i donjoj čeljusti tijekom života. Detaljno poznavanje tih promjena od velike je važnosti za proučavanje cjelokupnog razvoja ljudske lubanje te je od praktične važnosti u dentalnoj medicini i kirurgiji.

Ključne riječi: gornja čeljust, donja čeljust, postnatalni razvoj, rast, alveolarni nastavak, mandibularni kut

11. SUMMARY

Joško Bilandžić, Stela Hrkač

POSTNATAL DEVELOPMENT AND CHANGES OF THE UPPER AND LOWER JAW

Although extensive research has been done, some developmental aspects of the neuro- and viscerocranium still remain unclear. The aim of this study was to show the development and changes of the upper and lower jaw in numerous age categories. Whole and macerated skulls were used and divided into age groups. A caliper was used to make linear measurements on the

upper and lower jaw. The development and changes in the measures were shown in detail. The changes which occur after the loss of teeth were also analyzed. All of the measurements have shown a nearly linear increase in length, except for the mandibular angle, which has shown a decrease with age. Vertical measures have displayed a significantly larger increase in length than any other measures. We have found that the loss of teeth and subsequent resorption of the alveolar process causes a decrease in some of the measures. This study has comprehensively demonstrated changes which occur in the upper and lower jaw with increasing age. Understanding these changes may be very important and useful in dental medicine and surgery.

Key words: maxilla, mandible, postnatal development, growth, alveolar process, mandibular angle

12. ZAHVALE

Velike zahvale dugujemo našoj mentorici, prof. dr. sc. Lovorki Grgurević, koja nam je svojim stručnim savjetima, korekcijama i sugestijama omogućila da izradimo ovaj rad.

Jednako veliku zahvalu dugujemo doktoru Nikoli Štokoviću, koji je uložio ogroman trud ne bi li nam pomogao u pisanju našega rada savjetujući nas u svakoj etapi pisanja.

Veliku zahvalu upućujemo svim zaposlenicima Laboratorija za mineralizirana tkiva na Zavodu za anatomiju koji su nam dio svog radnog prostora ustupili ne bismo li lakše proveli mjerenja naših preparata.

Hvala i prof. dr. sc. Vladimiru Trkulji za savjete vezane uz analizu i obradu naših rezultata.

13. ŽIVOTOPIS

Stela Hrkač

Rođena sam 13. studenog 1996. godine u švicarskom gradu Churu. Tamo sam završila tri razreda osnovne škole, nakon čega sam se s obitelji preselila u Pulu. Osnovnu školu Veli Vrh i Glazbenu školu Ivana Matetića-Ronjgova završila sam 2011. godine, a opći smjer Gimnazije Pula 2015. godine. Iste godine upisala sam Medicinski fakultet u Zagrebu, na kojem sam trenutno studentica treće godine. Na prvoj godini studija ostvarila sam prosjek ocjena 5.0, zbog čega mi je u prosincu 2016. godine dodijeljena Dekanova nagrada. Uz redovno pohađanje studija sudjelujem i u nastavi iz predmeta Anatomija i klinička anatomija kao demonstrator te sam se počela baviti znanstvenim radom. Tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja sudjelovala sam u više izvannastavnih i izvanškolskih aktivnosti. Sudjelovala sam na četiri državna natjecanja iz kemije i povijesti, a svojim istraživačkim radom "Tragovima pulskog tramvaja" osvojila sam prvo mjesto na državnom Natjecanju iz povijesti, za što sam nagrađena Oskarom znanja. Također sam sudjelovala na Međuzupanijskom natjecanju u debati. Engleski i njemački jezik poznajem na C1/C2 razini, a talijanski jezik na razini B1.

Joško Bilandžić

Rođen sam 11. lipnja 1997. godine u Zagrebu. Od 2004. do 2012. godine pohađao sam Osnovnu školu Marina Držića u Zagrebu. 2012. godine upisao sam II. gimnaziju također u Zagrebu te 2016. maturirao u istoj školi. Iste godine nagrađen sam priznanjem za izniman uspjeh postignut na Državnoj maturi od strane Ministarstva znanosti i obrazovanja te sam upisao Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja sudjelovao sam na nekoliko desetaka županijskih te osam državnih natjecanja iz područja biologije, kemije, fizike te matematike. U dva navrata, školske godine 2011./2012. te 2014./2015., osvojio sam prvo mjesto na Državnom natjecanju iz biologije u kategoriji znanja. Za iste uspjehe nagrađen sam Oskarom znanja. Tijekom prve godine studiranja ostvario sam prosjek ocjena 5.0 te sam nagrađen Dekanovom nagradom. Od akademske godine 2017./2018. demonstrator sam iz predmeta Anatomija i klinička anatomija. Engleski i njemački jezik poznajem na razini C1. Tijekom srednjoškolskog obrazovanja završio sam DSD II (Deutsches Sprachdiplom II) program te General English Course (level Advanced) na Dublin City University.