

Resorptivne promjene koštanih struktura gornje i donje čeljusti u pacijenata nositelja mobilno-protetskih nadomjestaka

Dubravka Knezović-Zlatarić
Asja Čelebić
Biserka Lazić

Zavod za stomatološku
protetiku Stomatološkog
fakulteta Sveučilišta u
Zagrebu

Sažetak

Resorpcija koštanoga tkiva može biti rezultat utjecaja raznih lokalnih i sustavskih čimbenika (pacijentova dob, traumatska oštećenja, razni oblici patoloških stanja, poremećaji u metabolizmu minerala, osteoporoza, hiperparatiroidizam i ostali hormonski poremećaji). Pojedini dijelovi koštanoga sustava različito reagiraju na navedene čimbenike te resorpcija ne mora uvijek biti podjednake jakosti u svim dijelovima kosti. Zabilježeni su različiti rezultati u povezanosti resorpcije kosti gornje i donje čeljusti s ostalim dijelovima koštanoga sustava. Resorpcija bezubih alveolarnih grebena također je povezana s nošenjem mobilno-protetskih nadomjestaka. U nositelja potpunih te djelomičnih proteza s potpuno gingivnim ili gingivo-dentalnim opterećenjem veće je od resorpcije bezuboga grebena u nositelja djelomičnih proteza s dento-gingivnim opterećenjem. Jedna od najjednostavnijih metoda za rano otkrivanje promjena koštane strukture gornje i donje čeljusti jest metoda kliničke mikrodenzitometrije s upotrebom standardizirane intraoralne ili panoramske slike.

Ključne riječi: *resorpcija, bezubi alveolarni greben, mobilno-protetski nadomjestak.*

Acta Stomat Croat
2002; 253-259

PREGLEDNI RAD
Primljeno: 21. prosinca 2001.

Adresa za dopisivanje:

Dr. sc. dr. Dubravka Knezović-
Zlatarić
Zavod za stomatološku
protetiku
Stomatološki fakultet
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb
dkz@email.hinet.hr

Uvod

Resorpcija alveolarnoga grebena nakon gubitka zubi kronična je, progresivna i kumulativna bolest pregradnje kosti. Opsežno resorbiran greben je problem jer dodatno otežava pacijentovu protetsku rehabilitaciju (1-5).

Čimbenici povezani s resorpcijom grebena lokalnoga su i sustavskog podrijetla. Od lokalnih najvažniji su:

- uvjet nakon vađenja jednog ili više zuba (kakvoća, veličina i oblik rezidualnoga grebena, hvatište mišića i sl),

- trajanje bezubosti,
- žvačni stres koji se prenosi s proteze na bezubi greben.

Sustavski čimbenici jesu:

- pacijentova dob,
- spol,
- slab unos kalcija hranom u organizam,
- poremećen metabolizam kalcija i fosfata u organizmu,
- osteoporotične promjene u cijelom koštanom sustavu,
- hormonska neuravnoteženost.

Svi navedeni čimbenici zajedno pridonose ubrzanju resorptivnih promjena na bezubome dijelu gornje ili donje čeljusti (6).

Povezanost resorpcije skeleta s resorpcijom čeljusti

Velik broj studija pratio je razlike između mjerenja koštane mase u raznim područjima koštanoga sustava (7-10). Najčešći dijelovi kosti uspoređivani s mandibulom jesu kosti podlaktice (najčešće radijus (8, 11-14), bedrena kost (15, 16), kosti kralježnice (7, 14-16) te kosti šake (metakarpalne kosti (13, 14)).

Znatna povezanost pronađena je između mandibule i skeletalne koštane mase u žena u postmenopauzi s osteoporozom (7, 8, 17), (kao najčešćim uzrokom resorpcije u žena u toj dobi) i u normalnih starijih žena (7, 8).

Područje koje se najčešće upotrebljava za istraživanje koštane gustoće distalni je dio podlaktice koji se sastoji od 87% kortikalne i 13% spongiozne kosti (11, 18), a podjednaki odnos nalazi se i u području ozubljenoga premolarnog dijela mandibule (19). Masa kosti mandibule povezana je s mineralnim sastavom kostiju podlaktice (13, 16) te ukupnom količinom kalcija u kosti radijusa (8). Von Wower (12) je mjerila gubitak minerala mandibule i podlaktice. On je bio gotovo podjednak i iznosio je 5,6% u godini s obje strane (na lijevoj i na desnoj strani).

Rezultati mjerenja povezanosti gustoće kosti mandibule i bedrene kosti u bezubih ili djelomično bezubih žena u menopauzi pokazuju da gustoće trabekularne kosti mandibule i gustoće vrata bedrene kosti nisu povezane (16, 20). Pacijentova težina također može utjecati na gustoću kosti na bedru i na kralježnici (15), jer tanja kost daje manje vrijednosti u gustoći (21). Ako se izuzme čimbenik težine, razlike u gubitku postaju još jasnije (žene s manjom težinom i manjim kostima češće su više predisponirane na gubitak koštanoga tkiva).

Mandibularna koštana masa znatno je povezana s mineralnim sastavom kralježnice (7), osobito s njezinim lumbalnim dijelom (22), no u potpuno zdravih osoba gustoća ilijakalne kosti nije znatno povezana s gustoćom koštane mase mandibule (23).

Dosadašnje studije dokazale su da osteoporoza može prouzročiti promjene na metakarpalnim ko-

stima (13, 24). Podatci iz istraživanja von Wowerne pokazuju da je u zdravih osoba gustoća ilijakalne kosti povezana s metakarpalnim kostima (23).

Korelacijske raščlambe u Southardovim istraživanjima (24) dokazuju da postoji povezanost u gustoći maksilarne i mandibularne kosti u alveolarnome području, u području prednjega dijela lumbalne kralježnice i njezinih postraničnih dijelova, u području kuka i kostiju podlaktice.

Resorpcija alveolarne kosti nakon gubitka zuba

Nakon vađenja zubi alveolarni dio čeljusti atrofira (Slika 1). To vrlo često stvara stanje u kojem više ne postoji dovoljna potpora preostalih potpornih tkiva za pravilno funkcioniranje potpunih proteza (14). Zato opsežan gubitak koštane potpore protezama čini otežavajuću okolnost zbog ugroženosti retencije i stabilizacije proteza. Gubitkom stražnjih zubi neizbježno nastaje neuromuskularna nestabilnost mandibule, smanjuje se žvačni učinak te nastaje gubitak okomite dimenzije okluzije, iz čega nastaju opsežne promjene na alveolarnoj kosti (26).



Slika 1. Resorptivne promjene koštanih struktura bezube gornje i donje čeljusti

Figure 1. Resorptive changes of bone structure in upper and lower edentulous jaws

Mnoga istraživanja govore o povezanosti veličine alveolarnoga grebena i osteoporoze.

Početak resorpcije grebena počinje gubitkom zuba i njegove periodontalne membrane koja ima sposobnost formiranja kosti (14). Gubitak periodontal-

ne membrane dovodi do opadanja metabolizma u alveolarnome grebenu te do biokemijske resorpcije kosti uzrokovane endotoksinima iz dentalnoga plaka, čimbenicima aktivacije osteoklasta, prostaglandinima te humanim stimulirajućim čimbenicima resorpcije alveolarne kosti (14, 27).

Promjene na čeljusti nakon vađenja zubi mogu se podijeliti u dvije faze. Prema dosadašnjim istraživanjima u prvoj fazi alveolarne resorpcije grebena opći gubitak skeletalnoga koštanog tkiva utječe na brzinu resorpcije grebena (7, 28). U završnoj fazi resorpcije mineralna gustoća trabekularne kosti i visina alveolarne kosti ne mijenjaju se s obzirom na postojanje osteoporoze u pacijenata (15).

Gubitak zubi uzrokuje resorpciju gornjega (alveolarnog) dijela mandibule te na taj način utječe na kliničku visinu preostale mandibule (29).

Prema Klemettijinim istraživanjima alveolarni dio mandibule resorbira se prvi, a bazalni dio ostaje stalan (15). Na taj dio mandibule resorpcija ne utječe, pa čak ni postmenopauza i osteoporoza. Razlog tomu vjerojatno je funkcionalni utjecaj žvačnih mišića (30).

Resorptivne promjene na grebenu nakon vađenja ovise o broju i položaju preostalih zuba u čeljusti. Prema Klemettijinim istraživanjima, ako u frontalnom dijelu mandibule preostanu zubi, u distalnome dijelu mandibule (bez obzira na to nosi li pacijent protezu ili ne) žvačne sile nisu toliko jake da izazovu opsežniju resorpciju (31).

Međutim, nakon vađenja frontalnih zubi mandibule distalno područje mandibule počinje se češće upotrebljavati pa je s time i resorpcija mnogo veća. Razlog tome je i promjena mišićne funkcije nakon vađenja zuba koja uvelike utječe na vrijednosti gustoće mandibularne kosti u dijelovima gdje su hvatišta mišića (31).

Osim broja izvađenih zubi na resorpciju alveolarnoga grebena utječe i starost organizma, odnosno razdoblje ubrzana ili usporena koštanog metabolizma. Alveolarni greben prednjega dijela maksile u kojem su zubi izvađeni rano tijekom je ubrzana koštanog metabolizma manje izložen žvačnoj traumi uzrokovanoj mandibularnim incizivima od onoga dijela u kojem su izvađeni u srednjoj ili starijoj dobi (27). Razlog tomu vjerojatno je manji opseg resorpcije, a veći formacije u razdoblju pozitivnoga koštanog metabolizma (veća formacija od resorpcije).

Resorpcija kosti najbrža je tijekom prve godine nakon gubitka zubi (32-36). Prema van Waasovim mjerenjima prosječni gubitak kosti u donjih očnjaka u prvoj godini nakon vađenja zubi bio je 0,9 mm u skupini pacijenata s imedijatnom pokrovnom protezom, a 1,8 mm u pacijenata s imedijatnom potpunom protezom (37). U distalnim dijelovima mandibule gubitak je iznosio od 0,7 do 1,9 mm. Tijekom druge godine, nakon ekstrakcije zubi i nošenja proteza, nije pronađena statistički znatna razlika između ispitivanih skupina pacijenata (37).

Prema nekim autorima gubitak kosti najizrazitiji je u prve dvije godine od ekstrakcije zuba (38) te se nakon toga vremena stanje postupno stabilizira. U tome razdoblju redukcija alveolarnoga grebena može se opisati kao resorptivna atrofija, fundamentalna i fiziološka reakcija na gubitak funkcije i neaktivnost koja je uzrokovana gubitkom zuba i stanjem kosti (39).

Resorpcija grebena nakon vađenja zubi nije na svim dijelovima kosti podjednako intenziteta. Resorpcija je najbrža na labijalnom i bukalnom dijelu alveole, a u drugim je dijelovima nešto sporija (40).

Vrijednosti gustoće kosti u području između foramena mentale i drugoga molara (mezijalni dio) manje su od onih u frontalnom području i u najdistalnijim područjima (iza drugoga molara) nakon vađenja zubi (38). Zbog biomehaničkih razloga područja mandibularnoga ramusa, linee oblique externe i linee mylohyoidee obično imaju nešto više vrijednosti gustoće kosti (38), što potvrđuje činjenicu da se koštano tkivo pod jačim vlačnim utjecajem žvačnih mišića sporije resorbira. Frontalno područje ukupno se reducira do 25%, a tijekom 20 godina nakon vađenja zuba mandibula prosječno izgubi 50% volumena, katkad i do 60% (38).

Povezanost resorpcije alveolarnoga grebena s mobilno-protetskom terapijom

Nošenje mobilno-protetskih nadomjestaka, osobito potpunih proteza, može nepovoljno djelovati na zdravlje potpornih tkiva (41).

Prema Atwoodu, stalna resorpcija grebena u nositelja potpunih proteza glavna je oralna bolest (42). Smatra se da je takva resorpcija zapravo posljedica remodeliranja kosti, a čimbenici koji se najčešće

spominju u svezi s resorpcijom pod potpunim protezama jesu spol, dob, struktura lica, dužina bezubosti, navike nošenja proteza, redni broj nošenih proteza, oralna higijena, oralne parafunkcije, okluzija, kakvoća proteza, prehrana, opće zdravlje, uzimanje raznih vrsta lijekova, sustavske bolesti i osteoporoza (41). Velike individualne varijacije u količini izgubljene kosti povezane su s različitim trajanjem pacijentovih bezubih uvjeta, kao jednim od najvažnijih čimbenika resorpcije alveolarnoga grebena u nositelja mobilnih proteza. Tzv. kombinirajući sindrom (kombinacija potpune i djelomične proteze) također može utjecati na resorpciju. Pacijenti koji nose gornju potpunu protezu, a u donjoj čeljusti svoje prednje zube i djelomičnu protezu, riskiraju gubitak koštanoga tkiva u prednjem dijelu maksile zbog opterećenja koje stvaraju donji incizivi na bazu gornje potpune proteze (31). U pacijenata s gornjom potpunom i donjom djelomičnom protezom Kennedy klase I smanjenje facijalne visine u prosjeku je 50% manje nego u onih s objema potpunim protezama (35).

Trajanje pacijentove bezubosti povezano je s resorpcijom obaju grebena, osobito s mandibulom. Gubitak alveolarne kosti u bezuboj čeljusti stalan je proces koji teče cijelo vrijeme nošenja proteza (35, 42). Pacijenti s dugim razdobljem bezubosti izgube veću količinu mandibularne kosti od pacijenata s kraćim razdobljem bezubosti (43, 44).

Nošenje proteza također je jedan od čimbenika povezanih sa stupnjem gubitka alveolarne kosti (45-48). Broj donjih nošenih proteza često je povezan s brojem bezubih godina i alveolarnom resorpcijom (43). U osoba koje potpune proteze nose danju i noću opseg resorptivnih promjena na čeljustima veći je nego u onih koje te proteze nose samo danju.

Vrsta mobilnih proteza također je vrlo važan čimbenik u resorpciji kosti pod bazom proteze. Pacijenti s prirodnim donjim zubima u fronti imaju veću resorpciju bezube maksile od pacijenata s donjom potpunom protezom ili od onih sa svim svojim zubima (49). Prijašnje nošenje djelomičnih proteza i oralna higijena utječu na resorpciju grebena (50, 51).

Neka istraživanja dokazuju suprotne rezultate.

Prema Xievu istraživanju nije pronađena povezanost u dužini trajanja bezubosti i stupnju resorpcije mandibule, a utjecaj donjih djelomičnih pro-

teza na resorpciju maksile pod bazom potpunih proteza bio je minimalan (45). Resorpcija grebena bila je povećana samo u pacijenata koji su dugo nosili neodgovarajuće proteze.

Količina resorpcije u prednjem dijelu alveolarnoga grebena mandibule najbrža je u prvoj godini nošenja proteza, a nešto je sporija tijekom sljedećih sedam godina nošenja proteze (52). Nakon toga vremena količina resorpcije koštanoga tkiva pod bazom proteze naglo opada (52).

Prema Crumu i Rooneyju koštana redukcija u prednjem dijelu mandibule kod imedijatnih pokrovnih proteza iznosila je 0,6 mm, a 5,2 mm kod imedijatnih potpunih proteza tijekom prvih pet godina nošenja proteza (53).

Steenova istraživanja dokazuju da je resorpcija koštanoga tkiva na svim dijelovima mandibule 50% manja u pacijenata nositelja pokrovnih proteza u usporedbi s nositeljima potpunih proteza u razdoblju od godinu dana nakon vađenja zubi (54).

Opsežne resorptivne promjene što zahvaćaju jednu čeljust ne moraju nužno izazivati resorpciju i u drugoj čeljusti. Tallgren je u sedmogodišnjem praćenju pacijenata nositelja mobilnih proteza pronašla negativnu povezanost između gubitka koštane mase maksilarnog i mandibularnoga grebena (35). Kada je resorpcija uznapredovala u jednoj čeljusti, u drugoj je bila vrlo mala ili gotovo zanemariva. Njezini rezultati pokazali su da su promjene pod bazom potpunih proteza češće u donjim protezama. Zbog veće redukcije donjega grebena i vrlo male redukcije gornjega u sedam godina nošenja proteza, odnos između mandibularne i maksilarne redukcije iznosi 4 : 1 (mandibula se četiri puta više reducira u odnosu prema maksili), (35). Razlika u resorpciji među čeljustima raste u prvoj godini nošenja proteze, što dokazuje da donja čeljust slabije odolijeva raznim funkcijskim silama koje djeluju kroz bazu proteze (35). Razlog tomu je manja površina donjega ležišta proteze. Osim toga, uzrok manje resorpcije gornjega grebena jest u anatomskom obliku gornje čeljusti (tvrdome nepcu koje pruža veći otpor žvačnim silama) te većoj površini baze gornje proteze i boljem raspoređivanju žvačnih sila (manja količina sile na jedinicu grebena).

U slučaju potpunih proteza u objema čeljustima prosječni pritisak na jedinicu prostora u mandibuli dva je puta veći od maksilarnog zbog manjeg podru-

čja kontakta s potpornim tkivom (31). Građa maksile, tanki kortikalis i debela spongiozna koštana masa djelotvornije apsorbiraju žvačne impulse od koštanih struktura mandibule (31).

U sedam godina praćenja pacijenata nositelja potpunih proteza srednji iznos redukcije obiju čeljusti iznosio je manje od 1/10 redukcije obiju čeljusti u prvoj godini (35).

Istraživanja o resorpciji koštane mase maksile i mandibule pod bazom djelomičnih proteza pokazala su približno podjednake rezultate.

U slučaju djelomičnih proteza s distalno produženim sedlima (Kennedy klasa I) promjene na grebenu nastaju u manje od godinu dana nošenja proteza (50). Već dva mjeseca nakon predaje i nošenja djelomičnih proteza gubitak kosti na grebenu je 10% (50).

Za razliku od resorpcije grebena u nositelja potpunih proteza (gdje postoji čisto gingivalno opterećenje), opseg resorpcije grebena pod bazom djelomičnih proteza uvelike ovisi o vrsti opterećenja proteze (dento-gingivno ili gingivo-dentalno). Rezultati resorpcije grebena u ranoj fazi (unutar jednog do dva mjeseca od predaje djelomične proteze) dokazuju klinička očekivanja da promjene na grebenu nastaju znatno brže na mjestima bezuboga alveolarnoga grebena koji mora prenositi žvačne sile kao kod potpunih proteza (gingivalno opterećenje), (50). No, kod bezubih područja na kojima se žvačne sile prenose preko preostalih zuba uz pomoć sredstava za retenciju, stabilizaciju i prijenos sila proteza (dento-gingivno opterećenje), resorptivne promjene na ležištu djelomičnih proteza nisu toliko opsežne (50).

Metode procjene gustoće koštane strukture alveolarnoga grebena donje čeljusti

Sve većim razvojem tehnike i tehnologije razvile su se i razne metode za procjenu gubitka koštane strukture. Neke od njih su: apsorpciometrija (32, 55-58), kvantitativna kompjutorizirana tomografija (59-61), te raščlamba neutronske aktivacije (62, 63), no vrlo su skupe i zahtjevaju kompliciranu opremu.

Jedna od najjednostavnijih metoda za procjenu koštanih promjena donje čeljusti svakako je intraoralna mikrodenzitometrija (64, 65), uz pomoć intraoralne ili panoramske slike.

Moguće je također koristiti se raznim linearnim indeksima za procjenu stanja mandibularne koštane strukture te za detekciju prvih znakova osteoporoze (66-69).

Zaključak

Procjena stanja bezuboga dijela alveolarnoga grebena u postupku izradbe mobilno protetskih nadomjestaka vrlo je važna za terapeuta, ali i za budućega nositelja nadomjestka.

Rano otkrivanje promjena u koštanoj strukturi gornje i donje čeljusti može pomoći da se zaustavi proces resorpcije u cijelome koštanom sustavu.

Literatura

1. ATWOOD DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. *J Prosthet Dent* 1962; 12: 441-50.
2. MERCIER P, LAFONTANT R. Residual alveolar ridge atrophy: classification and influence of facial morphology. *J Prosthet Dent* 1979; 41: 90-100.
3. MERCIER P. Ridge construction with hydroxylapatite. I. Anatomy of the residual ridge. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 65: 505-10.
4. NISHIMURA I, HOSOKAWA R, ATWOOD DA. The knife-edge tendency in mandibular residual ridges in women. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 820-6.
5. XIE Q, AINAMO A, TILVIS R. Association of residual ridge resorption with systemic factors in home-living elderly subjects. *Acta Odontol Scand* 1997; 55: 299-305.
6. DEVLIN H, FERGUSON MWJ. Alveolar ridge resorption and mandibular atrophy. A review of the role of local and systemic factors. *Br Dent J* 1991; 170: 101-4.
7. KRIBBS PJ, CHESNUT III CH, OTT SM, KILCOYNE RF. Relationships between mandibular and skeletal bone in a population of normal women. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 86-9.
8. KRIBBS PJ, CHESNUT III CH, OTT SM, KILCOYNE RF. Relationships between mandibular and skeletal bone in an osteoporotic population. *J Prosthet Dent* 1989; 62: 703-7.
9. KRIBBS PJ. Comparison of mandibular bone in normal and osteoporotic women. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 218-22.
10. BOYDE A, KINGSMILL VJ. Age changes in bone. *Gerodontology* 1998; 15: 25-34.
11. JONASSON G, KILIARIDIS S, GUNNARSSON R. Cervical thickness of the mandibular alveolar process and skeletal bone mineral density. *Acta Odontol Scand* 1999; 57: 155-61.

12. VON WOWERN N, KLAUSEN B, OLGAARD K. Steroid-induced mandibular bone loss in relation to maginal periodontal changes. *J Clin Periodontol* 1992; 19: 182-206..
13. VON WOWERN N, KLAUSEN B, KOLLERUP G. Osteoporosis: A risk factor in periodontal disease. *J Periodontol* 1994; 65: 1134-8.
14. KLEMETTI E. A review of residual ridge resorption and bone density. *J Prosthet Dent* 1996;7 5: 512-4.
15. KLEMETTI E, VAINIO P, LASSILA V, ALHAVA E. Cortical bone mineral density in the mandible and osteoporosis status in postmenopausal women. *Scand J Dent Res* 1993; 101: 219-23.
16. KLEMETTI E. Trabecular bone mineral density of mandible and alveolar height in postmenopausal women. *Scand J Dent Res* 1993; 101: 166-79.
17. BOLLEN AM, TAGUCHI A, HUJOEL PP, HOLLENDER LG. Case-control study on self-reported osteoporotic fractures and mandibular cortical bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90: 518-24.
18. NILAS L, NORGARD H, POPDENPHANT J, GOT-FREDSSEN A, CHRISTIANSEN C. Bone composition in the distal forearm. *Scand J Clin Lab Invest* 1987; 47: 41-6.
19. VON WOWERN N. Variation in structure within the trabecular bone of the mandible. *Scand J Dent Res* 1977; 85: 613-22.
20. VON WOWERN. *In vivo* measurement of bone mineral content of mandibles by dual-photon absorptiometry. *Scand J Dent Res* 1985; 93: 162-8.
21. KROGER H, KOTANIEMI A, VAINIO P, ALHAVA E. Bone densitometry of the spine and femur in children by dual-energy x-ray absorptiometry. *Bone Miner* 1992; 17: 75-85.
22. VON WOWERN N, STORM TL, OLGAARD K. Bone mineral content by photon absorptiometry of the mandible compared with that of the forearm and the lumbal spine. *Calcif Tissue Int* 1988; 42: 157-61.
23. VON WOWERN N, MELSEN F. Comparative bone morphometric analysis of mandibles and iliac crests. *Scand J Dent Res* 1979; 87: 351-7.
24. VON WOWERN N. Dual-photon absorptiometry of mandibles: *In vitro* test of a new method. *Scand J Dent Res* 1985; 93: 169-77.
25. SOUTHARD KA, SOUTHARD TE, SCHLECHTE JA, MEIS PA. The relationship between the density of the alveolar process and that of post-cranial bone. *J Dent Res* 2000; 79: 964-9.
26. BUDTZ-JORGENSEN E. Restoration of the partially edentulous mouth - a comparison of overdentures, removable partial dentures, fixed partial dentures and implant treatment. *J Dent* 1996; 24: 237-44.
27. KLEMETTI E. Resistance of the maxillary ridge to occlusal trauma. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 250-2.
28. VON WOWERN N, HJORTING-HANSEN E. The mandibular bone mineral content in relation to vestibulolingual sulcoplasty. A 2-year study. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 804-8.
29. KLEMETTI E, VAINIO P. Effect of bone mineral density in skeleton and mandible on extraction of teeth and clinical alveolar height. *J Prosthet Dent* 1993; 70: 21-5.
30. ČELEBIĆ A, VALENTIĆ-PERUZOVIĆ M, BRKIĆ H, PRPIĆ-MEHIČIĆ G. Radiographic study on the resorption of the lower part of the mandible. *Coll Antropol* 1994; 18: 87-92.
31. KLEMETTI E, VAINIO P. Effect of maxillary edentulousness on mandibular residual ridges. *Scand J Dent Res* 1994; 102: 309-12.
32. PANDURIĆ J, DODIG D, KORŠIĆ M, KLARIĆ JURKOVIĆ T. Comparison of mandibular and femoral bone density in totally and partially edentulous population. *Coll Antropol* 1996; 2: 371-6.
33. TALLGREN A. The effect of denture wearing on facial morphology. *Acta Odontol Scand* 1967; 25: 563-92.
34. TALLGREN A. Positional changes of complete dentures. *Acta Odontol Scand* 1969; 27: 539-50.
35. TALLGREN A. Alveolar bone loss in denture wearers as related to facial morphology. *Acta Odontol Scand* 1970; 28: 251-70.
36. TALLGREN A, SOLOW B. Age differences in adult dentoalveolar heights. *Eur J Orthod* 1991; 13: 149-56.
37. VAN WAAS MAJ, JONKMAN REG, KALK W, VAN'T HOF MA, PLOOIJ J, VAN OS JH. Differences two years after tooth extraction in mandibular bone reduction in patients treated with immediate overdentures or with immediate complete dentures. *J Dent Res* 1993; 72: 1001-4.
38. ULM C, SOLAR P, BLAHOUT R, MATEJKA M, GRUBER H. Reduction of the compact and cancellous bone substances of the edentulous mandible caused by resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74: 131-6.
39. SENNERBY L, CARLSSON GE, BERGMAN B, WARFVINGE J. Mandibular bone resorption in patients treated with tissue-integrated prostheses and in complete-denture wearers. *Acta Odontol Scand* 1988; 46: 136-40.
40. KLEMETTI E, LASSILA L, LASSILA V. Biometric design of complete dentures related to residual ridge. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 281-4.
41. CARLSSON GE. Clinical morbidity and sequelae of treatment with complete dentures. *J Prosthet Dent* 1998; 79: 17-23.
42. ATWOOD DA. Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 1971; 26: 266-79.
43. DE BAAT C, KALK W, VAN'T HOF MA. Factors connected with alveolar bone resorption among institutionalized elderly people. *Community Dent Oral Epidemiol* 1993; 21: 317-20.
44. BAIRAM LR, MILLER WA. Mandibular bone resorption as determined from panoramic radiographs in edentulous male individuals aged 25-80 years. *Gerodontology* 1994; 11: 80-5.
45. XIE Q, NARHI TO, NEVBALAINEN JM, WOLF J, AINAMO A. Oral status and prosthetic factors related to residual ridge resorption in elderly subjects. *Acta Odontol Scand* 1997; 55: 306-13.

46. XIE Q, AINAMO A. Association of edentulousness with systemic factors in elderly people living at home. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999; 27: 202-9.
47. XIE Q, WOLF J, AINAMO A. Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. *Acta Odontol Scand* 1997; 55: 155-61.
48. XIE Q, SOIKKONEN K, AINAMO A. Height of mandibular basal bone in dentate and edentulous subjects. *Acta Odontol Scand* 1996; 54: 379-83.
49. KELLY E. Changes caused by a mandibular removable partial denture opposing a maxillary complete denture. *J Prosthet Dent* 1972; 22: 140-50.
50. ADAMS LP, WILDING RJ. A photogrammetric method for monitoring changes in the residual alveolar ridge form. *J Oral Rehabil* 1985; 12: 443-50.
51. PENHALL B. Preventive measures to control further bone loss and soft tissue damage in denture wearing. *Aust Dent J* 1980; 25: 319-24.
52. TALLGREN A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 1972; 27: 120-31.
53. CRUM RJ, ROONEY GE. Alveolar bone loss in overdentures: a 5-year study. *J Prosthet Dent* 1978; 40: 610-3.
54. STEEN WHA. A positioning device for the edentulous mandible in extraoral radiography. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 257-60.
55. SHIRAKI M, SHIRAKI Y, AOKI C, MIURA M. Vitamin K₂ (menatetrenone) effectively prevents fractures and sustains lumbar bone mineral density in osteoporosis. *J Bone Miner Res* 2000; 15: 515-21.
56. MORGAN HM, SHAKESHAFT JT, LILICRAP SC. Gamma-ray scattering for mandibular bone density measurement. *Br J Radiol* 1999; 72: 1069-72.
57. FOUNTOS G, YASUMURA S, GLAROS D. The skeletal calcium/phosphorus ratio: a new in vivo method of determination. *Med Phys* 1997; 25: 1303-10.
58. MILNER M, HARRISON RF, GILLIGAN E, KELLY A. Bone density changes during two years treatment with tibolone or conjugated estrogens and norgestrel, compared with untreated controls in postmenopausal women. *Menopause* 2000; 7: 327-33.
59. KLEMETTI E, COLLIN H-L, FORSS H, MARKKANEN H, LASSILA V. Mineral status of skeleton and advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1994; 21: 184-8.
60. KLEMETTI E, KOLMAKOW S. Morphology of the mandibular cortex on PRs as an indicator of bone quality. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 22-5.
61. JAMSA T, KOIVUKANGAS A, KIPPO K, HANNUNIE-MI R, JALOVAARA P, TUUKKANEN J. Comparison of radiographic and pQCT analyses of healing rat tibial fractures. *Calcif Tissue Int* 2000; 66: 288-91.
62. KRIBBS PJ, SMITH DE, CHESTNUT CH. Oral findings in osteoporosis. Part I: measurement of mandibular bone density. *J Prosthet Dent* 1983; 50: 576-9.
63. KRIBBS PJ, SMITH DE, CHESTNUT CH. Oral findings in osteoporosis. Part II: relationship between residual ridge and alveolar bone resorption and generalized skeletal osteopenia. *J Prosthet Dent* 1983; 50: 719-24.
64. KRHEN J, KNEZOVIĆ-ZLATARIĆ D, KOBLER P, ČELEBIĆ A, MILAT O, DŽUBUR A. Intraoralno mikrodensitometrijsko ispitivanje gustoće kosti. *Acta Stomatol Croat* 2001; 35: 343-53.
65. KNEZOVIĆ-ZLATARIĆ D. Procjena gustoće kosti pod bazom mobilnih proteza izmjerene metodom intraoralne mikrodensitometrije. Zagreb: Stomatološki fakultet, rujana 2001. Disertacija.
66. KLEMETTI E, KOLMAKOW S, KROGER H. Pantomography in assessment of osteoporosis risk. *Scand J Dent Res* 1994; 102: 68-72.
67. BRAS J, VAN OOIJ CP, ABRAHAM-INPIJIN L, KUSEN GJ, WILMINK JM. Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex: A diagnostic tool in metabolic bone loss. Part I. Normal state and postmenopausal osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 53: 541-5.
68. LEDGERTON D, HORNER K, DEVLIN H, WORTHINGTON H. Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 173-81.
69. LEDGERTON D, HORNER K, DEVLIN H, WORTHINGTON H. Panoramic mandibular index as a radiomorphometric tool: and assessment of precision. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 95-100.