

## FORENZIČKI ZNAČAJ RENDGEN KONTRASNOSTI KOMPOZITNIH ISPUNA: PROCENA STUDENATA STOMATOLOGIJE

*Radomir Barac, Aleksandar Smiljković, Jelena Popović, Marija Nikolić, Jovanka Gašić*

Odeljenje za Bolesti zuba i endodonciju, Klinika za stomatologiju, Medicinski fakultet u Nišu  
Srbija

### Sažetak

U cilju forenzičke primene, stomatološki materijali treba da budu dovoljno rendgen kontrastni da bi se razlikovali od gleđi i dentina i omogućili ispravnu procenu kontura restauracije, otkrivanje sekundarnog i rekurentnog karijesa, marginalnih defekata, itd. Rendgen kontrastnost savremenih kompozita je poboljšana ubacivanjem dodataka (staklene ili keramičke partikule koje sadrže teške metale: aluminijum, barijum, stroncijum, cirkonijum, iterbijum). *Tetric* grupa kompozita (*Te-econom*, *Ceram*, *Evoceram*) ima najpogodniju rendgen kontrastnost, pri čemu je ona kod *Te-econom* najviša i iznosi 4,78 mm aluminijuma pri ekspoziciji od 0,6 sekundi.

U ovom istraživanju je postavljen cilj da studenti stomatologije izvrše poređenje rendgen snimaka kompozitnih MOD ispuna (*T-Econom*, *Ivoclar*, *Vivadent*) na modelima molara i procene njihovu ulogu u forenzičkoj identifikaciji.

Standardizovanom tehnikom snimanja (ekspozicija – 0,2ms, jačina struje – 10mA, napon – 70kV, razdaljina film-anoda – 15cm) napravljena su dva seta identičnih radiografija modela molara, koji su prethodno ispunjeni cementnom podlogom i kompozitom. Jedan od setova je sadržavao i nekoliko radiografija koje nisu imale svoje parove u drugom setu. Identičnost kompozitnih ispuna na „ante-mortem” i „post-mortem” snimcima procenjivali su studenti stomatologije. Statistička analiza je urađena pomoću kapa-testa.

Rezultati su pokazali (k.t.=0,82) da postoji visoka podudarnost tačnih odgovora, iako su procenu vršili studenti stomatologije koji nemaju nikakvo iskustvo u forenzičkoj identifikaciji i sudskom veštačenju, niti dovoljno znanja iz dentalne radiologije.

• Iako se u praksi forenzička identifikacija ne bi zasnivala samo na izgledu jednog ispuna, niti na procenu ne profesionalnih forenzičara, ova studija ipak ukazuje da rendgen kontrastnost kompozita može imati veliki forenzički značaj pošto su „ante-mortem” i „post-mortem” radiografije pokazale poklapanje tačno određenih morfoloških karakteristika kompozitnih ispuna.

**Ključne reči:** kompozitni ispuni, rendgen kontrastnost, forenzička odontologija, studenti stomatologije.

### Uvod

Forenzička odontologija je deo forenzičke stomatologije koja na osnovu zuba, zubnih ispuna, protetskih nadoknada, imlantanata, kao i okolnih struktura omogućava identifikaciju ljudskih ostataka. Dentalna forenzička radiologija dopunjava ove nauke. Zajedno sa stomatološkim kliničkim pregledom i DNA analizom, dentalni radiografski snimci se mogu koristiti u stomatološkoj forenzici pri utvrđivanju (identifikaciji) nepoznatih stradalih (mrtvih) ali i nepoznatih živih osoba (Gosavi, 2012).

Forenzička odontologija uključuje poređenje „ante-mortem” i „post-mortem” rendgen snimaka zuba kao jednu od metoda identifikacije. Radiografija je neinvazivna metoda i pruža

informacije o koštano-tkivnim elementima koji se ne mogu pronaći tokom fizičkog pregleda. Redovna upotreba rendgen snimaka u dijagnostičke svrhe čini ih jednim od osnovnih pratilaca pacijentove medicinske dokumentacije. Ova činjenica omogućava da se primenom standardnih tehnika pod istim uslovima mogu načiniti identični „post-mortem” snimci. Upoređivanje snimaka pre i posle smrti obuhvata ispitivanje odlika istih delova vilice, istih zuba ili zubnih površina u cilju međusobnog usaglašavanja podataka. Preciznije, mogu se dobiti podaci o položaju, rasporedu i broju prisutnih zuba, zagrižaju, stepenu resorpcije alveolarnog grebena, rasporedu, broju, položaju i obliku zubnih ispuna (Hincliffe, 2011; Olze i sar. 2012).

Kejser-Nilsen i Bristol (Keiser-Nielsen i Bristol, 1980) objavili su da zubni ispuni na rendgenografijama treba da budu prihvaćeni kao najmanja jedinica u komparaciji dentalnih nadoknada u identifikacione svrhe. Borman i Grendal (Borrman i Gröndahl, 1990) zaključili su da su poređenjem dva seta retrokoronarnih rendgen snimaka plombiranih zuba posmatrači mogli da identifikuju skoro sve slučajeve. Kasnije, 2009 godine, Filips i Štalinge (Filips i Stuhlinger) izvestili su da, ukoliko su rendgenski snimci kompleksnih (tropovršinskih) amalgamskih plombi pre i posle smrti isti, ova osobina je jedinstvena i može se koristiti u identifikaciji.

Konstantni razvoj kompozitnih materijala je doveo do poboljšanja njihove rendgen kontrastnosti. Primena radiografije kompozitnih ispuna u forenzičke svrhe bila je nezamisliva do patentiranja rendgen kontrastnih kompozita od strane R. Koxa (Ronald W. Cox) 1995. godine.

Rendgen kontrastnost kompozita je poboljšana ubacivanjem dodataka (staklene ili keramičke partikule koje sadrže teške metale: aluminijum, barijum, stroncijum, cirkonijum, iterbijum) (Jain i sar. 2004). Prema ISO standardima, rendgen kontrastnost stomatoloških materijala treba da bude jednaka ili veća od ekvivalentne debljine aluminijuma. Kao standard poređenja u laboratorijskim uslovima koristi se aluminijumska legura 1100, pošto su empirijska istraživanja pokazala da 1 mm aluminijuma apsorbuje istu količinu zračenja kao 1 mm dentina (ili 2 mm gleđi) (Olze i sar. 2012).

U ovom istraživanju je postavljen cilj da studenti stomatologije izvrše poređenje rendgen snimaka kompozitnih MOD ispuna (*T-Econom*, *Ivoclar*, *Vivadent*) na modelima molara i procene njihovu ulogu u forenzičkoj identifikaciji.

## Materijal i metode

Priprema uzoraka je urađena prema prethodno opisanim metodologijama (Zondag i Phillips, 2009; Hemasathya i Balagopal, 2013), koje su modifikovane u skladu sa postavljenim ciljevima u ovom radu. Materijal su činila dvadeset i dva plastična modela gornjih levih prvih molara (*KaVo*, *Dental Excellence*, *Germany*). Studenti treće godine stomatologije su preparisali MOD kavitete i, posle podlaganja sa fosfatnim cementom, ispunili ih fotopolimerizujućim kompozitom (*T-econom*, *Ivoclar*, *Vivadent*). Plombirani modeli zuba su označeni brojevima od 1 do 22 (Slika 1), posle čega su napravljene njihove radiografije sa ciljem da imitiraju „ante-mortem” i „post-mortem” situaciju.



**Slika 1.** Numerisani modeli molara (1–22) sa MOD kompozitnim ispunima.  
**Figure 1.** Numbered models of molars (1–22) with MOD composite restorations.

Da bi se standardizovala rendgen tehnika i omogućilo da rendgenski zraci padaju uvek pod istim uglom, izrađen je specijalni kalup od optozila za zube kao i kalup od ploče roze voska za rendgen film (Slika 2).

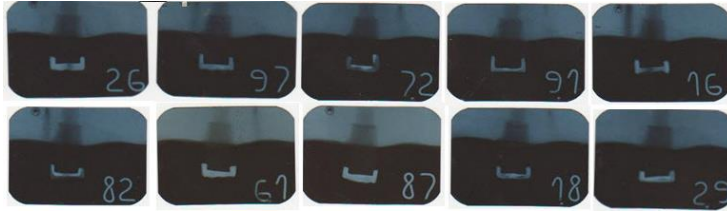


**Slika 2.** Kalup za standardizaciju rendgen tehnike.  
**Figure 2.** The mold for the standardization of radiographic technique.

Snimanje modela zuba je urađeno rendgen aparatom (*Jugodent, Ei Niš*) pod identičnim uslovima (ekspozicija 0,2 ms, jačina struje 10 mA, napon struje 70 kV, razdaljina filma od anode 15 cm, razdaljina zuba od filma 5 mm). Oformljena su dva seta snimaka. **SET broj 1** je činilo dvadeset snimaka zuba (dva snimka su ostavljena za drugi set) (Slika 3). Od slikanih 20 modela, nasumice je izabrano osam koji su snimljeni još jednom. **SET broj 2** je činilo osam snimaka koji su imali svoje parove u SETU 1, uključujući i dva snimka bez svojih parova (Slika 4). Da bi se izbegla bilo kakva asocijacija u markiranju, snimci SETA br. 1 su obeleženi trocifrenim, a snimci SETA br 2 dvocifrenim brojevima izabranim nasumice (Tabela 1).



**Slika 3.** Rendgenski snimci SET 1.  
**Figure 3.** Radiographs in SET 1.



Slika 4. Rendgenski snimci SET 2.

Figure 4. Radiographs in SET 2.

Tabela 1. Obeležavanje snimaka zuba (SET 1 i SET 2).

Table 1. Marking of radiographic images (SET1 and SET 2).

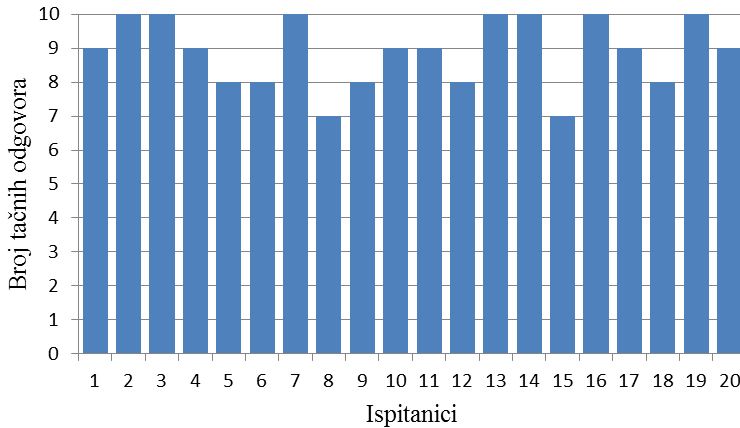
Oznaka na zubu	Oznaka na snimku SET 1	Oznaka na snimku SET 2
1	261	87
2	829	
3	176	
4	928	61
5	761	
6	182	91
7	267	
8	618	26
9	892	18
10	219	
11	128	72
12	782	
13	671	
14	279	
15	917	29
16	687	
17	879	
18	162	
19	982	97
20	291	
21		82
22		16

Za ispitanike su izabrani studenti IV i V godine *Integriranih studija stomatologije* Medicinskog fakulteta u Nišu, koji su imali zadatak da povežu snimke iz SETA 2 sa njihovim parovima u SETU 1, s tim da im nije bilo rečeno da postoje dva snimka koja nemaju svoje parove u SETU 1. U studiji je učestvovalo 20 studenata. Ispitanici su povezivali parove samo posmatrajući dva seta snimaka i odgovarali nezavisno jedni od drugih, bez bilo kakvih konsultacija. Odgovori ispitanika su pažljivo beleženi i statistički analizirani Fiesovim kappa testom koji se izračunava po sledećoj formuli:

$$\kappa = \frac{\bar{P} - \bar{P}_e}{1 - \bar{P}_e}$$

## Rezultati

Rezultati su prikazani na grafikonu 1, koji pokazuje pojedinačne tačne odgovore studenata u povezivanju parova snimaka iz SET-a 1 i SET-a 2.



**Slika 5.** Tačni odgovori studenata u povezivanju parova snimaka iz SET-a 1 i SET-a 2.  
**Figure 5.** Correct answers students in connecting pairs of radiographic images from SET-1 and SET-2.

Da bi se precizno uradila statistička obrada podataka pomoću Fiesovog kappa testa, oformljena je Tabela 2, tako što su u prvi red tabele uneti brojevi snimaka zuba SETA 1 (poslednji red je bilo prazan za slučaj da je odgovor ispitanika bio da zub nema svoj par), a u prvu kolonu su uneti brojevi snimaka zuba iz SETA 2. U tabelu je upisivan broj ispitanika koji je uspešno ili neuspešno povezivao dva snimka iz različitih setova.

**Tabela 2.** Prikaz odgovora ispitanika pripremljen za statističku analizu.  
**Table 2.** Presentation of examiners answers prepared for statistical analysis.

	Set 1	128	162	176	182	219	261	267	279	291	618	671	687	761	782	829	879	892	917	928	982	
Set 2																						
72		17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
91		0	0	0	18	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87		0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
26		0	0	0	0	0	1	0	1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	18	0	0	0	0
29		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
61		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	18	0	1
97		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1
82		0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	16
16		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	17

Rezultat kappa testa je iznosio 0.823, što predstavlja visoku podudarnost među parovima SETA 1 i SETA 2.

## Diskusija

U literaturi je navedeno nekoliko studija koje opisuju primenu zubnih ispuna i njihov izgled na rendgen snimku u cilju forenzičke identifikacije (Borrman i Gröndahl, 1990; Olze i sar. 2011; Zondag i Philips, 2009; Philips i Stuhlinger, 2009; Hemasathya i Balagopal, 2013). Kako je u poslednjoj deceniji primena kompozitnih ispuna gotovo potpuno istisnula amalgame iz upotrebe, javlja se potreba za ispitivanjem primenljivosti kompozitnih ispuna u forenzici (Bush i sar. 2006; Zondag i Philips, 2009; Hemasathya i Balagopal, 2013). Usavršavanjem kompozitnih materijala dobijene su različite vrste kompozita koje poseduju različiti stepen rendgen kontrastnosti (Hara i sar. 2001; Imperiano i sar. 2007; Dukić i sar. 2012; Lachowski i sar. 2013).

U prisutnoj studiji je korišćen *T-econom*, koji uz pomoć dodatka puniocu (aluminijum, barium) ima najveću rendgen kontrastnost među kompozitima novije generacije. Prema literaturnim podacima, Tetric grupa kompozita (Te-econom, Ceram i Evoceram) ima najpogodniju rendgen kontrastnost, pri čemu je ona kod T-econom najviša i iznosi 4,78 mm aluminijuma pri ekspoziciji od 0,6 sekundi (Dukić i sar. 2012). Druge studije su koristile Z100 (3M ESPE) (Zondag i Phillips, 2009) ili Tetric N-Ceram (Ivoclar-Vivadent) (Hemasathya i Balagopal, 2013), kompozite sa manjom rendgen kontrastnošću. Pored toga, u ovoj studiji je, za razliku od prethodnih, postavljena podloga od fosfatnog cementa pre plomiranja kompozitom, koja je doprinela heterogenosti ispuna na radiografijama i, verovatno, otežavala identifikaciju. Dok su Zondag i Philips (2009) objavili studiju poređenja kompleksnih kompozitnih ispuna na modelu donjeg premolara, a Hemasathya i Balagopal (2013) studiju poređenja kompozitnih ispuna druge klase na modelu donjeg molara, ovo istraživanje je poredilo MOD kavitete na modelima gornjih molarnih zuba i dobilo ohrabrujuće rezultate, koji su bili u skladu sa prethodno objavljenim, s tim što je koeficijent kappa testa bio nešto niži nego u prethodnim studijama.

Identičnost kompozitnih ispuna na snimcima koji imitiraju „ante-mortem” i „post-mortem” situaciju su u ovom istraživanju procenjivali studenti stomatologije koji nemaju nikakvo iskustvo u forenzičkoj identifikaciji i sudskom veštačenju, niti dovoljno znanje iz dentalne radiologije. Ispitanici u sličnim studijama su bili stomatolozi različitih specijalnosti (oralni hirurzi, endodontisti, ortodonti, protetičari i sl.) (Hemasathya i Balagopal, 2013; Zondag i Philips, 2009) ili studenti specijalističkih studija i doktorandi (Gašić i sar., 2014) koji imaju manje ili veće iskustvo u „čitanju” rendgenskih snimaka zuba. Pored toga, i u ovom istraživanju konsultacija između ispitanika nije bila dozvoljena dok je u realnom životu ona moguća i poželjna. Takođe, ispitanicima nije data mogućnost dvoumljenja ili odgovora „nisam siguran” jer bi to uticalo pozitivno ili negativno na rezultate. Odgovori ispitanika su bili objektivni, tim pre što oni nisu znali za postojanje dva snimka koja nisu imala svoje parove, već su to sami morali da zaključe. Od dvadeset studenata, njih sedmero je dalo svih 10 tačnih odgovora, a ostali rezultati su bili: šestoro 9/10, petoro 8/10 i dvoje 7/10.

Statistički obrađeni rezultati na osnovu kappa testa su pokazali visoku podudarnost među odgovorima ispitanika. Vrednost kappa testa je iznosila 0,82, dok je u prethodnim studijama ustanovljeno: 90% tačnih odgovora (Zondag i Philips, 2009), k. t. = 0,83 (Hemasathya i Balagopal, 2013), k.t. = 0,86 (Gašić i sar. 2014). Ovakvi rezultati mogu dati potvrdu da je sličnost između pojedinih kompozitnih ispuna minimalna, pri čemu je gotovo nemoguće dva rendgen snimka različitih kompozitnih ispuna proglasiti identičnim. Pored toga, ovi rezultati ukazuju i na veliku prednost primene kompozitnih ispuna u forenzičkoj odontologiji, utoliko više što bi u praksi ovakvi snimci bili podvrgavani ispitivanju od strane stomatologa koji se profesionalno bave forenzikom.

• U praktičnoj situaciji se forenzička identifikacija ne bi zasnivala samo na izgledu jednog ispuna, već i na niz drugih faktora. Podatak da su u ovom istraživanju učestvovali studenti završnih godina stomatologije koji nisu imali prethodni „treening” iz forenzičke odontologije,

doprineo je „standardizaciji” primenjene metodologije. Takođe, materijal u studiji su činili plastični modeli zuba koji imaju identičnu morfologiju, što je olakšavalo proces identifikacije. Istovremeno, korišćena je i standardizovana tehnika rendgen snimanja, tako da su svi zubi slikani pod identičnim uglom. U praksi je ovo teško postići, pošto postoji mogućnost da se snimci pre i posle smrti ne podudaraju samo zbog razlike u upadnom uglu rendgen zraka. Takođe je u realnoj situaciji potrebno potkrepiti rendgen snimak i medicinskom dokumentacijom koja može da sadrži podatke o zameni plombe, nastanku novog karijesa, abraziji, gutbitku susednih zuba itd., što menja realnu situaciju na rendgen snimku.

## Zaključak

Uprkos znatnoj ograničenosti ove ex vivo studije, može se zaključiti da rendgen kontrastnost kompozita ima značajan uticaj u forenzičkoj identifikaciji, pošto su „ante” i „post-mortem” rendgenografije pokazale poklapanje tačno određenih morfoloških karakteristika kompozitnih ispuna.

## Literatura

- Borrman H, Gröndahl HG. Accuracy in establishing identity by means of intraoral radiographs. *J Forensic Odontostomatol.* 1990; 8: 31–36.
- Bush MA, Bush PJ, Miller RG. Detection and classification of composite resins in incinerated teeth for forensic purposes. *J Forensic Sci.* 2006; 51: 636–642.
- Cox R. *Radiopaque dental composite and materials.* US5415546 (Patent) 1995.
- Dukic W, Delija B, Derossi D and Dadic I. Radiopacity of composite dental materials using a digital X-ray system. *Dent Mater J.* 2012; 31 : 47–53.
- Gašić J, Smiljković A, Barac R, Popović J, Nikolić M. Rendgen kontrastnost kompozitnih ispuna kao mogući parametar identifikacije u forenzičkoj odontologiji. Program i izvodi saopštenja sa 53. kongresa Antropološkog društva Srbije sa međunarodnim učešćem, Vranje, 2014, pp
- Gosavi S, Gosavi S. Forensic odontology: A prosthodontic view. *J Forensic Dent Sci.* 2012; 4: 38–41.
- Hara AT, Serra MC, Haiter-Neto F, Rodrigues AL., Jr Radiopacity of esthetic restorative materials compared with human tooth structure. *Am J Dent.* 2001;14: 383–386.
- Hemasathya BA, Balagopal S. A study of composite restorations as a tool in forensic identification. *J Forensic Dent Sci.* 2013;5: 35–41.
- Hinchliffe J. Forensic odontology, Part 1. Dental identification. *Br Dent J.* 2011; 210: 219–224.
- Imperiano MT, Khoury HJ, Pontual MA, Montes MJ, da Silveira MF. Comparative radiopacity of four low viscosity composites. *Braz J Oral Sci.* 2007; 6: 1278–1282.
- Jain AK, Chen H. Matching of dental X-ray images for human identification. *Pattern Recogn.* 2004; 37: 1519–1532.
- Keiser-Nielsen S. Bristol: John Wright and Sons. The final report. *In Person Identification by Means of their Teeth.* 1980; pp. 54–72.
- Lachowski KM, Botta SB, Lascala CA, Matos AB and Sobral MAP. Study of the radio-opacity of base and liner dental materials using a digital radiography system. *Dentomaxillo fac Radiol.* 2013; 42: 20120153.
- Olze A, Hertel J, Schulz R, Wierer T, Schmeling A. Radiographic evaluation of Gustafson's criteria for the purpose of forensic age diagnostics. *Int J Legal Med.* 2012; 126: 615–621
- Phillips VM, Stuhlinger M. The discrimination potential of amalgam restorations for identification: Part 1. *J Forensic Odontostomatol.* 2009; 27: 17–22.
- Zondag H, Phillips VM. The discrimination potential of radio-opaque composite restorations for identification: Part 3. *J Forensic Odontostomatol.* 2009 ;27: 27–32.

## FORENSIC SIGNIFICANCE OF COMPOSITE RESTORATIONS RADIOPACITY: ASSESSMENT BY DENTAL STUDENTS

*Radomir Barac, Aleksandar Smiljković, Jelena Popović, Marija Nikolić, Jovanka Gašić*

### Summary

In order to forensic use, dental materials should be sufficiently radiopaque to be detected against enamel/dentin, resulting in correct evaluation of restorations contours, detection of secondary caries, marginal defects, etc. Radiopacity of contemporary composites has been improved by inserting of filler-particles containing heavy metals: aluminum, barium, strontium, zirconium, ytterbium. *Tetric* composite group (*Te-econom*, *Ceram*, *EvoCeram*) has the most suitable radiopacity; T-econom has highest radiopacity (4.78mm aluminum when exposure-0.6').

The aim of this study was to comparison of MOD composite restorations (*T-Econom*, *Ivoclar*, *Vivadent*) radiographs in molar models and to assess their role in forensic identification, by dental students.

Two sets of identical radiographs of molars models (that were previously filled with cement base and composite) were made by standardized technique (exposure-time 0.2ms, amperage-10mA, voltage-70kV).

One of the sets consists a few radiographs that did not have their pairs in the second set. Equality of composite restorations on the "ante-mortem" and "post-mortem" radiographs were assessed by dental students. Statistical analysis was performed using the kappa test.

Results showed (k.t.=0.82) that there is a high correlation of correct answers although estimates are made by students who have no experience in forensic identification and forensic evidence, neither enough knowledge in dental radiology.

Although the forensic identification should not be based only on the appearance of the one restoration, or the assessment of non-professional forensic scientists, this study indicates that radiopacity of composites may have a major forensic importance, because "ante-mortem" and "post-mortem" radiographs were showed exactly match certain morphological characteristics of composite restorations.

**Key words:** composite restorations, radiopacity, forensic odontology, dental students.