



# STOMATOLOŠKI GLASNIK SRBIJE

## SERBIAN DENTAL JOURNAL

Vol. 66 • Number 2 • April-June 2019





# STOMATOLOŠKI GLASNIK SRBIJE

# SERBIAN DENTAL JOURNAL

Vol. 66 • Number 2 • April-June 2019

**Adresa uredništva**  
Srpsko lekarsko društvo  
Kraljice Natalije 1  
11000 Beograd  
Srbija

**Telefon:** +381 (0)11 409 27 76  
**Email:** stomglas@bvcom.net

**Address of the Editorial Office**  
Serbian Medical Society  
Kraljice Natalije 1  
11000 Belgrade  
Serbia

**Phone:** +381 11 409 27 76  
**Email:** stomglas@bvcom.net

**Časopis izlazi četiri puta godišnje.**  
The journal is published four times a year.

**Cene preplate za 2019. godinu su:** 2.400 dinara za pojedince, 4.800 dinara za ustanove i 50 evra za čitače van Srbije. Preplata se može uplatiti Srpskom lekarskom društvu, ul. Džordža Vašingtona 19, 11000 Beograd, na tekući račun 205-8041-21 (Komercijalna banka AD, Beograd), sa pozivom na broj 04/1710, imenom časopisa i godinom za koju se pretplata uplaćuje. Sve dodatne informacije mogu se dobiti na telefon 011/3245-149.

**Subscriptions prices for the year 2019 are:** 2,400 RSD for individuals, 4,800 RSD for institutions, and 50 Euros for readers outside Serbia. Subscription order: Serbian Medical Society, Džordža Vašingtona 19, 11000 Belgrade; details of payment: bank account number 205-8041-21 (Komercijalna banka AD, Belgrade), invoice number 04/1710, with the name of the journal and the year for which you subscribe; beneficiary: Serbian Medical Society. For further information, please contact us on stomglas@bvcom.net.

**Finansijsku podršku izdavanju časopisa pruža**  
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Stomatološka komora Srbije.

**The publishing of the Journal is financially supported by** the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia and Serbian Dental Chamber.

 sciendo

Copyright © 2019 Srpsko lekarsko društvo.  
Sva prava zaštićena.  
Copyright © 2019 by the Serbian Medical Society.  
All rights reserved.

ISSN 0039-1743  
ISSN Online 1452-3701  
COBISS. SR-ID 8417026  
UDC 616.31

[www.stomglas.org.rs](http://www.stomglas.org.rs)



# Stomatološki glasnik Srbije

## Serbian Dental Journal

**Izdavač** Srpsko lekarsko društvo  
**Publisher** Serbian Medical Society

**Osnivač** Stomatološka sekcija Srpskog lekarskog društva  
**Founder** Dental Section of the Serbian Medical Society

**Glavni i odgovorni urednik**  
**Editor-in-Chief**  
Slavoljub Živković

**Zamenik urednika**  
**Associate Editor**  
Ario Santini

**Uređivački odbor**  
**Editorial Board**  
Zoran Aleksić  
Larisa Blažić  
Božidar Brković  
Milanko Đurić  
Mihajlo Gajić  
Nina Japundžić-Žigon  
Vukoman Jokanović  
Vitomir Konstantinović  
Vojkan Lazić  
Dejan Marković  
Milan Petrović  
Branka Popović  
Jelena Popović  
Milica Popović  
Ivana Šćepan  
Dušan Živković

**Međunarodni uređivački odbor**  
**International Editorial Board**  
Ivan Anžel (Slovenia)  
Oscar Bolanos (USA)  
Marco Ferrari (Italy)  
Markus Haapasalo (Canada)  
Maja Dutor Sikirić (Croatia)  
Petros Koidis (Greece)  
Alessandro Leite Cavalcanti (Brazil)  
Predrag C. Lekić (Canada)  
Matthias Reinicke (Germany)

**Lektor za engleski jezik**  
**English Language Editor**  
Sonja Stojićić

**Lektor za srpski jezik**  
**Serbian Language Editor**  
Divna Prodanović

**Administrativni pomoćnik**  
**Administrative Assistant**  
Mirko Rajić

**Prelom teksta i priprema za štampu**  
**Layout & Prepress**  
Jasmina Živković

**Štampa**  
**Printed by**  
JP „Službeni glasnik“, Beograd

**Broj primeraka**  
**Number of copies**  
300

## Contents / Sadržaj

---

REČ UREDNIKA .....	55
--------------------	----

### ORIGINAL ARTICLES / ORIGINALNI RADOVI

Aleksandra Đeri, Irena Radman-Kuzmanović, Miloš Čavić, Ilija Vujaković, Adriana Arbutina, Teodora Uzelac, Marko Uzelac, Dragana Jović

Root canal working length determination using Cone-Beam Computed Tomography .....	57
Primena CBCT-a u određivanju radne dužine kanala korena zuba	

Luka Tovarović, Iva Milinković

Evaluation of mucosal scar characteristics after periodontal plastic surgery .....	66
Evaluacija karakteristika mukoznog ožiljka posle parodontalnih plastičnohirurških intervencija	

Jelena Lečić, Svjetlana Janković, Bojana Davidović, Ana Cicmil, Olivera Govedarica, Smiljka Cicmil

Morphological and attachment site variations of maxillary labial frenulum .....	72
Zastupljenost različitih morfoloških varijacija i nivoa pripojenja frenuluma gornje usne kod dece	

Dejan Stamenković, Aleksandar Todorović

Cement selection for fixing implant restorations .....	79
Izbor cementa za fiksiranje nadoknada na implantatima	

### REWIEV ARTICLE / PREGLED LITERATURE

Vukoman Jokanović, Božana Čolović, Bojana Ćetenović, Slavoljub Živković

Magnetron sputtering methods for surface modification of shape memory alloys for applications in orthodontics and endodonticss .....	87
Metode magnetronskog raspršivanja za površinsku modifikaciju memorijskih legura za primenu u ortodonciji i endodonciji	

### BOOK REVIEW / PRIKAZ KNJIGE

Veljko Mirović, Miloš Duka

Klinička mikrobiologija za stomatologe .....	97
--	----

DA LI STE PAŽLIVO ČITALI RADOVE? .....	99
--	----

UPUTSTVO AUTORIMA ZA PRIPREMU RADA .....	102
--	-----

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS .....	104
--------------------------------	-----



*Ćutanje i ravnodušnost dobrih ljudi je mnogo veći problem nego zlo loših ljudi.*

Martin Luter King

**U**okeanu besmisla naše svakodnevice, u svakom segmentu društva, jedino je muzika magična nit koja može povezati obale nade i beznađa. Na ovo me je podsetio nedavni koncert velikog umetnika i muzičkog genija Bore Dugića, koji je sa još dvojicom sjajnih muzičara iz Bugarske i Rumunije („Balkanski kraljevi“) priredio nezaboravno veče svima onima koji su se te večeri našli u sali. Energija i emocija koju su ovi umetnici nosili napajala je svaku našu celiju egzistencijalnim nektarom koji u ljudima budi samo najbolje. Te večeri su izostale reči aktera ovog spektakla jer su najlepši tekst „kraljevi“ izgovarali isključivo svojim instrumentima.

Naša aktuelna stvarnost je posve drugačija, jer je istinski siromašna ovakvim kulturnim događnjima. Ona je najčešće oivičena manipulacijama i lažima u svakoj oblasti našeg života. Govor mržnje i bahatost curi iz svake celije „intelektualaca“ koji „igraju svoje najbolje predstave na daskama naših života“. Mi samo treba da „uživamo“ u bezgraničnom sveznanju onih koji su usurpirali sva prava i oslobodili sebe svake odgovornosti i koji čak misle umesto nas. Oni nesuvliso crpe i rasipaju energiju obrazovanih, čestitih i kompetentnih uvlačeći ih pri tome u blato sopstvenog besmisla.

Čupanje iz blata je teško i sporo jer su odgovornima i kompetentnima vrata svuda „širom“ zatvorena. Oni neretko priznaju i svoja ograničenja, dok bahati i neuki dodatno „precenjuju“ svoje kvalitete i stalno vide sebe u ogledalu koje uveličava više i od mikroskopa. U svom izmišljenom svetu (pseudologija fantastika) oni se jedino dobro osećaju. Nisu im važni ni zakoni ni pravila, a svojom ekstremnom bahatošću i besramnom nepristojnošću blate i uništavaju karijere onih koji se „usude“ da im se suprotstave.

Tamo gde je politika sve i tamo gde se između ostalog i obrazovanje sistematski derogira, nema ni perspektive i boljitka. Kada se na odgovorna mesta dolazi isključivo na osnovu partijskih a ne obrazovnih i naučnih kvalifikacija, kada se zločini kvalifikuju kao junaštva, kada je laž „jedina istina“, kada se propagira i priziva nasilje sa svih medija, put u bezizlaz je mnogo izvesniji i od suncem užarenog dana usred leta.

Činjenica je da su svuda na odgovornim mestima intelektualci i da te „podobne“ intelektualce opet biraju „neki“ intelektualci. Sve ovo ukazuje na problem obrazovanja, koje je „prebukirano“ podobnim i moralno beščasnim intelektualcima sa kupljenim diplomama ili plagiranim doktoratima.

Kada oni koji vladaju tvrde da nema problema kada iz zemlje odlaze kolone obrazovanih i školovanih mladih ljudi, sigurno je da „karavan besmisla“ hrabro napreduje ka dnu uz beskrajni mrak, očaj i zarobljene iluzije.

Borba za istinu „istinski“ obrazovanih i onih koji slobodno misle uz odgovornost, kompetentnost i visoka moralna načela jedini je preduslov za izvesniju budućnost i najpouzdaniji izvor energije koja može pokrenuti potonuli brod i osvetliti najdublji mrak potonulog bića.

Ovaj urednički komentar će završiti citatom A. Grafa „Znanje i pravda govore, neznanje i ne-pravda urliču“, jer je to paradigma našeg aktuelnog trenutka, ali i onih koji oblikuju našu stvarnost.

Prof. dr Slavoljub Živković



# Root canal working length determination using Cone-Beam Computed Tomography

Aleksandra Đeri<sup>1</sup>, Irena Radman-Kuzmanović<sup>1</sup>, Miloš Čavić<sup>2</sup>, Ilija Vujaković<sup>2</sup>, Adriana Arbutina<sup>3</sup>, Teodora Uzelac<sup>4</sup>, Marko Uzelac<sup>4</sup>, Dragana Jović<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Banja Luka, Faculty of Medicine, Study Program of Dentistry, Division of Dental Diseases and Endodontics, Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina;

<sup>2</sup>Center for Dental Radiology "PROMAX 3 DENT", Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina;

<sup>3</sup>University of Banja Luka, Faculty of Medicine, Study Program of Dentistry, Division of Orthodontics, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina;

<sup>4</sup>University of Banja Luka, Faculty of Medicine, Study Program of Dentistry, senior undergraduate, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina

## SUMMARY

**Introduction** Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) represents unique supporting diagnostic tool in all areas of dentistry as well as endodontics. One of the uses in endodontics is determining working length of the root canals-odontometry.

The aim of this paper was to test the efficacy of CBCT application in determining working length of root canals.

**Methods** Forty-three extracted human teeth were placed in three wax models shaped as a horseshoe. Preoperatively, CBCT model scanning (voxel size: 0.2 mm) was performed. Access cavities were prepared and working length determined by introducing expanders #08 into the root canal until the *apical foramen*. The length was measured using a micrometer odontometer. The CBCT working length was simply measured by following the line between the apical foramen and the selected reference point. Two experienced operators performed all measurements, independently. The *t*-test was used to compare the obtained values.

**Results** CBCT measurements showed small deviation from manual measurements. The mean value of the absolute difference between CBCT measurements and manual measurements was 0.39 mm (0.25-0.74 mm). The results of the *t* test (*t* = 0.311; *p* = 0.757) showed that there was no statistically significant difference between the odontometry performed by the endodontic instrument and odontometry performed using CBCT.

**Conclusion** The CBCT measurement is reliable method for determining working length of root canals. In 94.29% of examined teeth, discrepancies less than 1 mm were found, which was not of clinical significance.

**Keywords:** computer tomography; root canal treatment; precision; working length

## INTRODUCTION

Working length determination before chemomechanical instrumentation is one of the most important stages of endodontic treatment. In order to determine working length, the most commonly used are two basic techniques, radiographic and electro-odontometric techniques. The drawback of x-ray technique is that it provides a two-dimensional image of a three-dimensional object, requires multiple exposures to radiation, it can show superimposition of anatomical structures and requires extended time for developing the film. Additionally, this procedure may be difficult in large periapical lesions and apical resorptions [1-4].

Currently, the most often used method to determine working length is electro-odontometric method as it is simple, fast, does not involve radiation, and has great precision [4]. Problems can arise due to the presence of

residual pulp tissue and fluid within the canal (exudate, blood, irrigants, salivation), canal obliteration, calcification, presence of metal crowns, amalgam filler residues, incomplete root growth or too wide apex of large periapical lesions. The use of this technique is contraindicated in persons with pacemaker [5-10].

CBCT (Cone beam computed tomography) is technological achievement of digital radiology and today is widely used in dentistry [11, 12, 13]. From the aspect of endodontics, it is important in determining the anatomy of the root canal system, root fractures, periapical lesions and internal and external root resorptions [14, 15, 16]. CBCT is a very precise model that provides a 3D space image, facilitating visualization of anatomical structures that form a proper geometric image with clearer details, greater depth and better image contrast than the conventional 2D radiogram [17]. Unlike conventional CT, it is much smaller and cheaper, allows faster scanning

(30 seconds), has high resolution, lower radiation dose, gives a millimeter accurate analysis, provides greater benefit for a patient who can sit or stand and is more comfortable than classic CT diagnostics [18].

Better understanding of third dimension of the root canal also helps to increase accuracy of working length measurement. Therefore, measurements of root canals on existing CBCT images are potentially new method for determining the working length before starting endodontic treatment. By exploiting all information available in the vision field, clinicians can apply existing CBCT data to further interventions in the same area, such as root canal treatments.

The aim of this study was to determine the efficacy of the CBCT method in measuring the working length of the root canals.

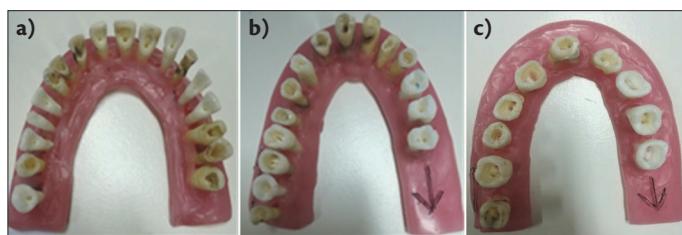
## MATERIAL AND METHODS

The research was conducted at the Faculty of Medicine, University of Banja Luka, at the Division of Dental Diseases and Endodontics and the Division of Oral Surgery in 2018. The study was carried out on 43 teeth, extracted for various reasons, divided into the three experimental groups: teeth of the intercanine sector ( $n = 18$ ), teeth of the postcanine sector – premolars ( $n = 15$ ) and the teeth of the postcanine sector – molars (10).

All teeth were photographed, numbered and stored in alcohol until the beginning of the research. The teeth were cleaned, and access cavity was prepared. The coronal third of all canals was prepared using Gates Glidden drills (1-4) and pulp extirpator was used to remove the remaining pulp tissue.

The working length of the root canals was determined using K file number 08, in a way that it was pulled back 1 mm inside the canal (to the position of physiological narrowing) after it appeared at the apex. The working length was also measured using a micrometric odontometer for each tooth. The extracted teeth with determined working length were then fixed in wax (Figure 1).

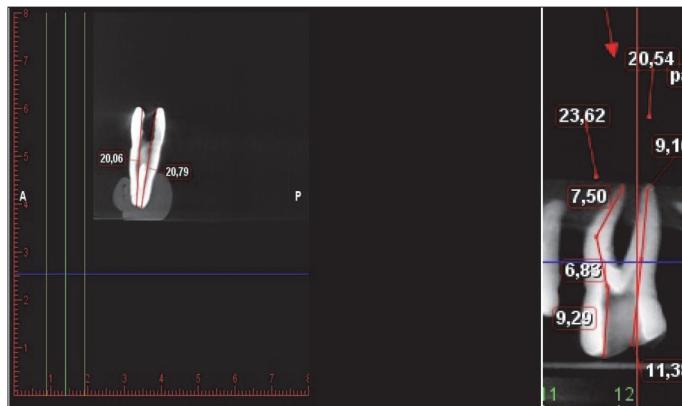
CBCT images were obtained with Planmeca Pro-Max 3D Mid (Planmeca, Helsinki, Finland) and analyzed using the Romexis software 4 by two engineers of medical radiology. The operating principle of this software is based on quantitative analysis of the root canal that requires segmentation of endodontic space. Segmentation of the CBCT image separates endodontic space from surrounding tissue, dentin and root cement. Selecting the appropriate segmentation technique is important because it affects the morphometric parameters. By analyzing the CBCT cross-section, the position of the anatomical foramen was determined first to represent one reference point. Line measurements were performed from first to the second reference point, identified arbitrary – incisal edge, the top of the cusp, or the plateau. Linear measurements were parallel to vertical tooth axis, whereby it was necessary to choose axial section that allowed



**Figure 1.** Positioning of extracted teeth in wax:

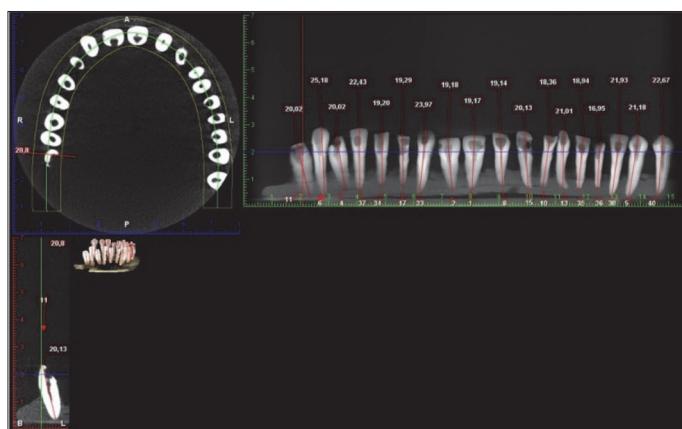
a) teeth of the intercanine region, b) premolars, c) molars

**Slika 1.** Pozicioniranje ekstrahovanih zuba u voštanim pločicama:  
a) zubi frontalne regije, b) premolari, c) molari



**Figure 2.** Connecting the apical foramen and reference point with one straight line and multiple segmented lines on a CBCT cross-section

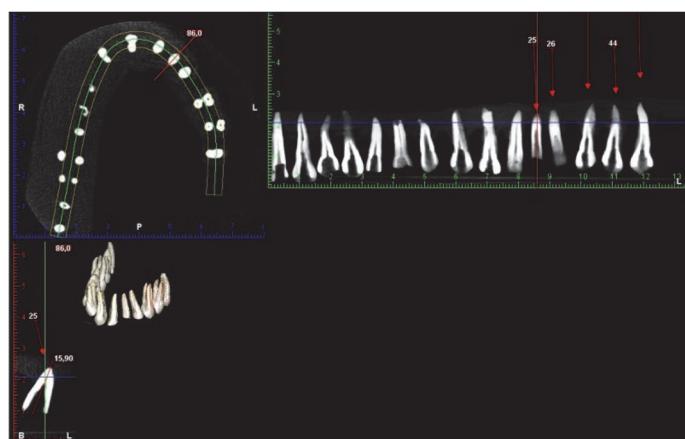
**Slika 2.** Povezivanje foramena apikale i referentne tačke jednom pravom linijom u jednom CBCT preseku i sa više segmentiranih linija u jednom CBCT preseku



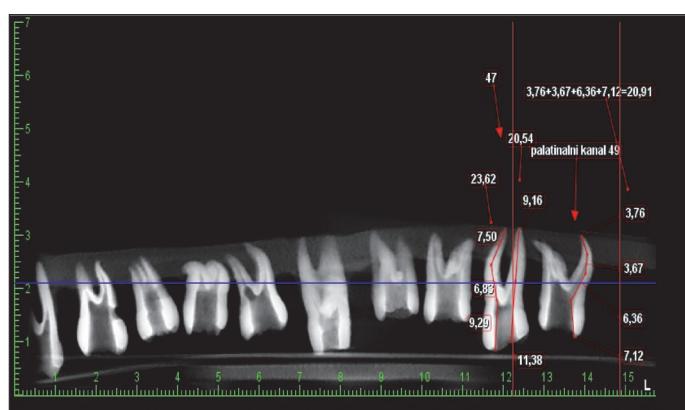
**Figure 3.** Teeth of the intercanine sector ( $n = 18$ )

**Slika 3.** Zubi interkaninog sektora ( $n = 18$ )

straight line to be drawn from the anatomical foramen to the top of the cusp or incisal edge of teeth (Figure 2). For segmented canals, segmented linear measurements that made up a particular angle were used (Figure 3). CBCT segments were reformatted so that the root canal of each analyzed tooth was placed in vertical position to visualize incisal edge, pulp chamber, apical foramen, and if possible, the entire length of the canal in one cross-section. This procedure was repeated for all teeth to obtain bucco-oral and mesio-distal dimensions. The length of the root canal was determined as the distance between the most incisal edge of the tooth in projected central pulp space and apical foramen. The measuring line was placed in the center



**Figure 4.** Teeth of the postcanine sector – premolars ( $n = 15$ )  
**Slika 4.** Zubi postkaninog sektora – premolari ( $n = 15$ )



**Figure 5.** Teeth of the postcanine sector – molars ( $n = 10$ )  
**Slika 5.** Zubi postkaninog sektora – molari ( $n = 10$ )

of pulpal space and following any visible deviation of the canal path at the given CBCT cross-section (Figure 2-5).

## RESULTS

The obtained results are shown in Tables 1 and 2. The *t* test results ( $t = 0.311$ ;  $p = 0.757$ ) showed no statistically significant difference between odontometry with an endodontic instrument and odontometry using a 3D image. Both methods indicated high precision in measurements regardless of experimental group of teeth, anthropomorphic root measurements, degree of curves of the root canal, except in the group of distal canals of lower molars ( $p < 0.645$ ).

In the 3D method, more coherent deviation was observed in relation to deviations in odontometry with an endodontic instrument regardless of the morphology of teeth. Table 2 presents the results of ANOVA and Tukey HSD post hoc tests. There was no statistically significant difference in values between the groups of teeth and the two methods. Minimal deviation between the two methods was found in the group of premolars - lingual roots, and the greatest deviation between the methods was found in the group of lower molars – ML canals, but without statistically significant difference.

## DISCUSSION

CBCT (Cone beam computed tomography) is certainly one of the most important discoveries in radiology and provides wide possibilities for use in all dental areas. The main advantage is lower radiation level compared to conventional CT. The American Association of Endodontists has issued a document (Position statement), which presents strict indications for the use of CBCT in dentistry. The document contains 11 specific recommendations with indications for use in endodontics (preoperative, intraoperative and postoperative) [19].

Our research showed high correlation of CBCT measurements in relation to other methods, where for only two teeth the deviation was greater than 2 mm and for only three teeth it was greater than 1 mm. The biggest difference in measurements was observed in lower molars and it was 3.29 mm for mesiolingual and 2.67 mm for distal canal (Table 2). Greater deviations than 2 mm were observed for two more teeth while other deviations ranged from 0.04 mm to 2 mm. These findings are in correlation with research of Connert et al. where in 99% of cases the deviation was from 0.31 mm to 0.52 mm [20].

Liang et al. also compared manual techniques and CBCT in measuring the canal length. They showed that the difference in results between the methods was 0.46 mm and deviation was greater than 1 mm only in nine of 198 (4.5%) measurements [21]. CBCT measurements of the working length have often been compared with standard measurements of apex locators. The smallest deviations were found between measurements done in the mesodistal direction of CBCT sections. Unlike CBCT scanning, it was difficult for apex locators to identify the main foramen of the root canal system. Gomide de Morais et al. pointed out that in 96% of cases, the position of the apical foramen measured with an apex locator can be accurately identified with the deviation of 2 mm from the value measured by CBCT [22].

El Ayouti et al. reported correlation of values measured with an apex locator and CBCT in 85% of cases. Since the use of apex locator as a control can show certain limitations related to identification of the main apex foramen in the case of obliteration or metal crown restorations, in our study we used manual technique due to its reliability and the ability to control the absolute reference value of the working length for the comparison. The advantage of the new approach to measuring lengths by CBCT lies in the fact that it is entirely based on software whereas already existing CBCT data can be evaluated without the physical presence of a patient [2, 6].

The reliability of working length measurement by CBCT has been confirmed by numerous researchers (Janer et al. 2011, Liang et al. 2013, Connert et al. 2014) and deviations in working length measurements are the result of different sizes of voxels in CBCT which affect the sharpness of images and interpretation of results [18, 20, 21].

The study done by Costa et al., found high correlation between CBCT measurements of different voxel sizes of

**Table 1.** Measuring values of the manual and CBCT methods of all experimental groups  
**Tabela 1.** Vrednosti merenja manuelne i CBCT metode svih eksperimentalnih grupa

Canal type Tip kanala	ODONTOMETRY ODONTOMETRIJA	Mean values [mm] Srednja vrednost [mm]	N	Standard deviation [mm] Standardna devijacija [mm]	P
<b>Incisors, canines and one-root premolars</b> <b>Sekutići, očnjaci i jednokoreni premolari</b>	Manual method Manuelna metoda	19.875	24	2.232	0.962
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	19.844	24	2.297	
	Total Ukupno	19.859	48	2.241	
<b>Premolars – B canals</b> <b>Premolari – B kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	20.778	9	2.279	0.971
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	20.816	9	2.054	
	Total Ukupno	20.797	18	2.105	
<b>Premolars – P canals</b> <b>Premolari – P kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	19.000	9	2.828	0.942
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	18.902	9	2.784	
	Total Ukupno	18.951	18	2.723	
<b>Upper molars – MB canals</b> <b>Gornji molari – BM kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	17.500	4	3.873	0.983
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	17.443	4	3.453	
	Total Ukupno	17.471	8	3.397	
<b>Upper molars – DB canals</b> <b>Gornji molari – BD kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	18.667	3	4.726	0.997
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	18.683	3	4.368	
	Total Ukupno	18.675	6	4.070	
<b>Upper molars – P canals</b> <b>Gornji molari – P kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	17.333	3	3.512	0.951
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	17.513	3	3.186	
	Total Ukupno	17.423	6	3.001	
<b>Lower molars – MB canals</b> <b>Donji molari – BM kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	18.857	7	3.338	0.833
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	18.474	7	3.308	
	Total Ukupno	18.666	14	3.199	
<b>Lower molars – ML canals</b> <b>Donji molari – LM kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	19.200	5	3.493	0.787
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	18.572	5	3.603	
	Total Ukupno	18.886	10	3.362	
<b>Lower molars – D canals</b> <b>Donji molari – D kanali</b>	Manual method Manuelna metoda	18.000	7	3.367	0.645
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	17.167	6	2.902	
	Total Ukupno	17.615	13	3.060	
<b>Total</b> <b>Ukupno</b>	Manual method Manuelna metoda	19.254	71	2.892	0.757
	CBCT 3D image CBCT 3D snimak	19.104	70	2.841	
	Total Ukupno	19.179	141	2.858	

B – buccal; P – palatinal; MB – mesiobuccal; DB – distobuccal; ML – mesiolingual; D – distal canals;  
B – bukalni; P – palatalni; MB – bukomezijalni; BD – bukodistalni; LM – lingvomezijalni; D – distalni kanali

**Table 2.** Deviation between methods  
**Tabela 2.** Odstupanje između metoda

Canal type Tip kanala	Mean values [mm] Srednja vrednost [mm]	N	Standard deviation [mm] Standardna devijacija [mm]
<b>Incisors, canines and one-root premolars</b> <b>Sekutici, očnjaci i jednokoreni premolari</b>	0.250	24	0.332
<b>Premolars – B canals</b> <b>Premolari – B kanali</b>	0.340	9	0.336
<b>Premolars – P canals</b> <b>Premolari – P kanali</b>	0.142	9	0.184
<b>Upper molars – MB canals</b> <b>Gornji molari – BM kanali</b>	0.303	4	0.267
<b>Upper molars – DB canals</b> <b>Gornji molari – BD kanali</b>	0.283	3	0.104
<b>Upper molars – P canals</b> <b>Gornji molari – P kanali</b>	0.240	3	0.304
<b>Lower molars – MB canals</b> <b>Donji molari – BM kanali</b>	0.729	7	1.146
<b>Lower molars – ML canals</b> <b>Donji molari – LM kanali</b>	0.924	5	1.335
<b>Lower molars – D canals</b> <b>Donji molari – D kanali</b>	0.740	6	0.961
<b>Total</b> <b>Ukupno</b>	0.390	70	0.636

B – buccal; P – palatal; MB – mesiobuccal; DB – distobuccal;  
 ML – mesiolingual; D – distal canals;  
 B – bukalni; P – palatinalni; BM – bukomezijalni; BD – bukodistalni;  
 LM – lingvomezijalni; D – distalni kanali

0.2 mm<sup>3</sup>, 0.3 mm<sup>3</sup> and 0.4 mm<sup>3</sup> and manual method. Although all CBCT images showed reliable values, the smallest voxel size of 0.2 mm<sup>3</sup> and the CBCT image with the highest resolution showed the highest correlation with manual measurement [23]. These findings are similar to obtained results of the current study with reported deviation of 0.3 mm, since we used the size of voxel of 0.2 mm<sup>3</sup> and high resolution of the obtained CBCT images (Table 2). At present, general protocol for the use of CBCT in relation to specific diagnostic tasks in dentistry has not been defined yet, although 0.4 mm<sup>3</sup> scanning of CBCT appears to be less reliable than the voxel size of 0.3 and 0.2 mm<sup>3</sup> [24].

Some authors indicate that measurement values with CBCT - 3D measurements are more reliable than radiovisionography-RVG and CBCT - 2D measurements. The difference is seen in the positioning of the reference points, which are buccal or lingual, and impossibility of designing the root canal with multiple curves in one level [25, 26, 27].

Manual method of measuring working length of root canals in our study showed the actual length because it was performed directly under eye control. CBCT measurements (for voxel sizes from 0.2 mm<sup>3</sup>) showed deviations from absolute working length in the group of one-root teeth of 0.2 mm, in the group of two-root premolars for buccal canal of 0.3 mm and lingual of 0.1 mm, while in the group of molars the greatest deviation was observed for the mesiolingual canal of lower molars, and the least for the lingual canal of the upper molars. However, for definitive conclusion on the reliability of such measure-

ments, it is necessary to perform testing with larger group of teeth than in our study, but also more detailed analysis of the morphology of the canals. The deviations in the CBCT measurements can be explained by the fact that they are obtained through different sagittal cross-sections, which may affect re-measurement of the working length.

## CONCLUSION

Measurement is more reliable if performed on both mesiodistal and buccooral cross-sections, and the calculated mean value represents working length. The lack of this method is in the fact that the reference points are determined according to the curved canal path, which can also affect the results of the re-measurement.

## REFERENCES

1. Meschi N, EzEldeen M, Torres Garcia AE, Jacobs R, Lambrechts P. A retrospective case series in regenerative endodontics: trend analysis based on clinical evaluation and 2- and 3-dimensional radiology. *J Endod.* 2018; 44(10):1517–25.
2. ElAyouti A, Weiger R, Lost C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod.* 2002; 28(2):116–9.
3. Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C, Zenkner Cde L, Pagliarin CM, Barletta FB, et al. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 111(3):e44–9.
4. Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(4):100–8.
5. Herrera M, Abalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *J Endod.* 2011; 37(9):1306–9.
6. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod.* 2009; 35(2):179–81.
7. Caliskan MK, Kaval ME, Tekin U. Clinical accuracy of two electronic apex locators in teeth with large periapical lesions. *Int Endod J.* 2014; 47(10):920–5.
8. Suomalainen A, Kiljunen T, Kaser Y, Peltola J, Kortesniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009; 38(6):367–78.
9. Demirbuga S, Sekerci AE, Dincer AN, Cayabatmaz M, Zorba YO. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular first and second molars in Turkish individuals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013; 18(4):e737–44.
10. Ozer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod.* 2010; 36(7):1245–9.
11. Kolanu SK, Bolla N, Varri S, Thummu J, Vemuri S, Mandava P. Evaluation of correlation between apical diameter and file size using Propex Pixi apex locator. *J Clin Diagn Res.* 2014; 8(12):18–20.
12. Kamburoglu K. Evaluating root resorption lesions with CBCT. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140(4):453.
13. Kamburoglu K, Kursun S, Yuksel S, Oztas B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod.* 2011; 37(2):168–75.
14. Ricucci D, Langland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2: histological study. *Int Endod J.* 1998; 31(6):394–409.
15. Üstün Y, Aslan T, Sekerci AE, Sağsen B. Evaluation of the reliability of cone-beam computed tomography scanning and electronic

- apex locator measurements in working length determination of teeth with large periapical lesions. *J Endod.* 2016; 42(9):1334–7.
- 16. Sönmez G, Koç C, Kamburoğlu K. Accuracy of linear and volumetric measurements of artificial ERR cavities by using CBCT images obtained at 4 different voxel sizes and measured by using 4 different software: an ex vivo research. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018; 47(8):201–10.
  - 17. Aktan AM, Yıldırım C, Karataşlıoğlu E, Çiftçi ME, Aksoy F. Effects of voxel size and resolution on the accuracy of endodontic length measurement using cone beam computed tomography. *Ann Anat.* 2016; 208:96–102.
  - 18. Janner SF, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J Endod.* 2011; 37(8):1046–51.
  - 19. Aae.org [Internet] Chicago: American association of Endodontists. Available from: [www.aae.org/guidelines/](http://www.aae.org/guidelines/)
  - 20. Connert T, Hülber-J M, Godt, Löst AC, ElAyouti A. Accuracy of endodontic working length determination using cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014; 47(7):698–703.
  - 21. Liang YH, Jiang L, Chen C, Gao XJ, Wesselink PR, Wu MK, et al. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. *J Endod.* 2013; 39(12):1607–10.
  - 22. Gomide de Moraes AL, de Alencar AH, Estrela CR, Decurcio DA, Estrela C. Working length determination using Cone-Beam Computed Tomography, periapical radiography and electronic apex locator in teeth with apical periodontitis: A Clinical Study. *Iran Endod J.* 2016; 11(3):164–8.
  - 23. Costa AL, Barbosa BV, Perez-Gomes JP, Calle AJ, Santamaría MP, Lopes SC. Influence of voxel size on the accuracy of linear measurements of the condyle in images of cone beam computed tomography: A pilot study. *J Clin Exp Dent.* 2018; 10(9):876–82.
  - 24. Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic working length measurement using Cone-beam Computed Tomographic Images obtained at different voxel Sizes and field of views, periapical radiography and apex locator: A comparative ex vivo study. *J Endod.* 2017; 43(1):152–6.
  - 25. Janner SEM, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J Endod.* 2011; 37(8):1046–51.
  - 26. Jeger FB, Janner SF, Bornstein MM, Lussi A. Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study. *J Endod.* 2012; 38(7):884–8.
  - 27. Dhingra A, Dayal C, Singh A, Bhardwaj N. Predetermination of root canal lengths in molar teeth: A comparison between radiovisiography and two-dimensional and three-dimensional measurements using cone-beam computed tomography. *Indian J Dent.* 2015; 6(4):195–8.

---

Received: 29.01.2019 • Accepted: 22.05.2019

# Primena CBCT-a u određivanju radne dužine kanala korena zuba

Aleksandra Đeri<sup>1</sup>, Irena Radman-Kuzmanović<sup>1</sup>, Miloš Čavić<sup>2</sup>, Ilija Vujaković<sup>2</sup>, Adriana Arbutina<sup>3</sup>, Teodora Uzelac<sup>4</sup>, Marko Uzelac<sup>4</sup>, Dragana Jović<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, studijski program Stomatologija, Katedra za bolesti zuba i endodonciju, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina;

<sup>2</sup>Centar za dentalnu radiologiju „PROMAX 3 DENT”, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina;

<sup>3</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, studijski program Stomatologija, Katedra za ortopediju vilica, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina;

<sup>4</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, apsolvent studijskog programa Stomatologija, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

## KRATAK SADRŽAJ

**Uvod** CBCT predstavlja danas nezamenjivo pomoćno dijagnostičko sredstvo u svim oblastima stomatologije pa i u endodonciji. Jedna od namena u endodonciji je merenje radne dužine kanala korena zuba – odontometrije.

Cilj ovog rada je bio da se proveri efikasnost primene CBCT-a u određivanju radne dužine kanala korena zuba.

**Metode** Četrdeset i tri ekstrahovana ljudska zuba postavljena su u tri voštana modela oblike potkovice. Preoperativno, izvršeno je CBCT skeniranje modela (veličina voksla: 0,2 mm). Pripremljeni su pristupni kaviteti i radna dužina je određena uvođenjem proširivača #08 u korenски kanal dok se vrh ne uoči na foramenu apikalne. Dužina je merena pomoću mikrometarskog odontometra. CBCT radna dužina je jednostavno izmerena prateći liniju između apikalnog foramena i izabrane referentne tačke. Merenja realne i CBCT dužine su sprovedena od strane dva iskusna operatera nezavisno jedno od drugog. T-test je korišćen za poređenje dobijenih vrednosti.

**Rezultati** CBCT merenja su imala mala odstupanja od manuelnih merenja. Srednja vrednost apsolutne razlike između CBCT merenja i manuelnog merenja iznosila je 0,39 mm (0,25–0,74 mm). Rezultati t-testa ( $t = 0,311$ ;  $p = 0,757$ ) pokazali su da nije postojala statistički značajna razlika između odontometrije realizovane uvođenjem endodontskog instrumenta i odontometrije pomoću kompjuterizovane tomografije.

**Zaključak** CBCT merenje je pouzdan metod za određivanje radne dužine kanala korena zuba. Kod 94,29% ispitanih zuba pronađena su odstupanja manja od 1 mm, što nije imalo klinički značaj.

**Ključne reči:** kompjuterska tomografija; tretman kanala korena zuba; preciznost; radna dužina

## UVOD

Određivanje radne dužine kanala korena zuba predstavlja jednu od najvažnijih faza endodontske procedure. Za određivanje radne dužine preparacije danas se najčešće koriste dve osnovne tehnike – rendgenografska i elektroodontometrijska tehnika. Problemi rendgenografske tehnike su u tome što daje dvodimenzionalnu sliku trodimenzionalnog objekta, što zahteva više-struko izlaganje pacijenta zračenju, što su moguće superpozicije anatomskih struktura i što se često mora dugo čekati da se film razvije. Takođe, ovaj postupak može biti otežan kod velikih periapikalnih lezija i apikalnih resorpcija [1–4].

Danas se ovaj postupak najčešće realizuje elektroodontometrijskom metodom zbog prednosti ove jednostavnosti izvođenja, mogućnosti ponavljanja postupka usled izostanka zračenja, te veće preciznosti utvrđivanja granice preparacije [4]. Problemi mogu nastati usled prisustva zaostataka pulpnog tkiva i tečnosti unutar kanala (eksudat, krv, irrigansi, pljuvačka), obliteracije kanala, kalcifikacije, prisustva metalnih krunica, ostataka amalgamskog ispuna, nedovršenog rasta korena ili preširokog apeksa velikih periapikalnih lezija. Upotreba ove tehnike je kontraindikovana kod osoba sa ugrađenim pejsmejkerom [5–10].

CBCT (*Cone beam computed tomography*) jeste tehnički dostignuće digitalne radiologije i danas se široko upotrebljava u stomatologiji [11, 12, 13]. Sa aspekta endodoncije značajan je u određivanju anatomije kanalnog sistema, preloma korena, periapikalnih lezija i unutrašnjih i spoljašnjih resorpcija korena [14, 15, 16].

CBCT predstavlja modalitet koji je vrlo precizan i koji daje sliku 3D prostorne veze, čime se olakšava vizualizacija anatom-

skih struktura, koje formiraju pravilnu geometrijsku sliku sa ja-snije izraženim detaljima, većom dubinom i boljim kontrastom slike u odnosu na konvencionalni 2D radiogram [17]. Za razliku od klasičnog CT-a, mnogo je manji i jeftiniji, omogućava brže skeniranje (30 sekundi), ima visoku rezoluciju, manju dozu radijacije, daje milimetarski tačnu analizu, obezbeđuje veću ugodnost za pacijenta u odnosu na klasičnu CT dijagnostiku [18].

Bolje razumevanje treće dimenzije korena zuba takođe može pomoći da se poveća tačnost merenja radne dužine, a rezultati merenja korenских kanala na postojećim CBCT snimcima su potencijalna nova metoda za određivanje dužine korenског kanala pre početka endodontskog tretmana. Iskorišćavanjem svih vizuelnih informacija dostupnih u vidnom polju kliničari mogu primeniti već postojeće CBCT podatke na dalje intervencije u istom području, kao što su tretmani korenског kanala.

Cilj ovog istraživanja je bio da se proveri efikasnost CBCT metode u određivanju radne dužine kanala korena zuba.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanje je sprovedeno na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci, na Katedri za bolesti zuba i endodonciju i Katedri za oralnu hirurgiju u 2018. godini. Ispitivanje je sprovedeno na 43 iz različitih razloga ekstrahovana zuba, podeljena u tri eksperimentalne grupe: zubi interkaninog sektora ( $n = 18$ ), zubi postkaninog sektora – premolari ( $n = 15$ ) i zubi postkani-nog sektora – molari ( $n = 10$ ).

Svi zubi su fotografisani, numerisani i čuvani u alkoholu do početka istraživanja. Sa zuba su uklonjene meke i čvrste nasla-

ge, posle čega se pristupilo formiranju pristupnih kavita na svim zubima. Koronarna trećina svih zuba je obrađena svrdlima Gates Glidden (1-4), a preostalo pulpno tkivo uklonjeno pulp-ekstirpatorom.

Radna dužina kanala korena zuba je prvo određena pomoću endodontskog instrumenta i proširivača broj 08, tako što je instrument povučen 1 mm koronarnije (na poziciju fiziološkog suženja) od vrha korena. Radna dužina je izmerena pomoću mikrometarskog odontometra za svaki zub. Ekstrahovani zubi kojima je određena radna dužina su potom fiksirani u vosku (Slika 1).

CBCT slike su dobijene sa aparatom Planmeca ProMax 3D Mid (Planmeca, Helsinki, Finska) i analizirani pomoću Romexis softvera 4 od strane dva inženjera medicinske radiologije. Princip rada ovog softvera se zasniva na kvantitativnoj analizi korena kanala, koji zahteva segmentaciju endodontskog prostora. Segmentacijom CBCT slike se odvaja endodoncijum od okolnog tkiva dentina i cementa korena zuba. Izbor odgovarajuće tehničke segmentacije je bitan jer utiče na morfometrijske parametre. Analizom CBCT preseka prvo je utvrđena pozicija anatomskega foramena apikale koji predstavlja prvu referentnu tačku. Potom su sprovedena linijska merenja od prve do druge referentne tačke, određene proizvoljno – incizalna ivica, vrh krvržice ili plato. Linijska merenja su paralelna sa aksijalnom osovinom zuba, pri čemu je potrebno bilo izabrati onaj aksijalni presek koji je omogućio povlačenje ravne linije od anatomskega foramena do vrha krvržice ili incizalne ivice zuba (Slika 2). Kod povijenih kanala su korišćena segmentirana linijska merenja koja međusobno čine određeni ugao (Slika 3). CBCT segmenti su reformatirani tako da je korenski kanal svakog analiziranog zuba postavljan u vertikalni položaj da bi se vizualizovali incizalna ivica, pulpna komora, foramen apikale, i ako je moguće, cela dužina kanala u jednom preseku. Ova procedura je ponovljena za sve uključene zube da bi se dobila vestibulooralna i meziodistalna dimenzija odgovarajućeg zuba. Dužina korenskog kanala je utvrđena na CBCT preseccima kao rastojanje između najincizalnijih (ili najkuspidalnijih) ivica zuba u projektovanoj srednjoj šupljini pulpe i foramena apikale. Merna linija je postavljena u središte u pulpnoj šupljini i pratila je svako vidljivo odstupanje smera pružanja kanala u datom CBCT preseku (slike 2–5).

## REZULTATI

Dobijeni rezultati prikazani su u tabelama 1 i 2. Rezultati t-testa ( $t = 0,311$ ;  $p = 0,757$ ) pokazali su da nije postojala statistički značajna razlika između odontometrije sa endodontskim instrumentom i odontometrije pomoću 3D snimka.

Analiza dobijenih rezultata je pokazala da su bez obzira na eksperimentalnu grupu zuba, antropomorfološke mere korena, stepen zakrivenosti kanala, obe metode ukazale na visoku preciznost, izuzev u grupi distalnih kanala donjih molara ( $p < 0,645$ ).

Kod 3D metode je uočeno ujednačenje odstupanja u odnosu na odstupanja kod odontometrije sa endodontskim instrumentom bez obzira na morfologiju zuba. Tabela 2 pokazuje rezultate ANOVA i Tukey HSD *post hoc* testova, koji pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u vrednostima između grupa zuba i između dve metode. Minimalno odstupanje između dve metode utvrđeno je kod grupe „premolari – palatalni kanali“

a najveće odstupanje između metoda je bilo kod grupe „donji molari – LM kanali“, ali bez statistički značajne razlike.

## DISKUSIJA

CBCT je sigurno jedno od najznačajnijih otkrića u radiologiji i pruža široke mogućnosti upotrebe u svim stomatološkim oblastima. Osnovna prednost je manja doza zračenja u odnosu na konvencionalni CT. Američka asocijacija endodonata je donela dokument (*Position statement*), u kome su predstavljene stroge indikacije za upotrebu CBCT-a u stomatologiji. U dokumentu postoji 11 konkretnih preporuka uz indikacije za upotrebu u endodonciji (preoperativne, intraoperativne i postoperativne) [19].

Sprovedeno istraživanje je pokazalo visoku korelaciju CBCT merenja u odnosu na manuelnu metodu gde je kod samo dva zuba odstupanje bilo veće od 2 mm, a na samo tri zuba veće od 1 mm. Maksimalna razlika u merenjima je primećena kod donjeg molara i iznosila je 3,29 mm za lingvomezijalni, a 2,67 mm za distalni (Tabela 2). Veća odstupanja od 2 mm uočena su kod još dva zuba, dok su se ostala odstupanja kretala u granicama od 0,04 mm do 2 mm. Ovakav nalaz je u korelaciji sa merenjima Connerta i saradnika, kod kojih je u 99% slučajeva odstupanje bilo od 0,31 mm do 0,52 mm [20].

Liang i saradnici su u svojoj studiji takođe koristili manuelnu tehniku merenja dužine kanala korena zuba i poređili sa CBCT-om. Pokazali su da je srednja apsolutna vrednost između metoda iznosila 0,46 mm i da je samo u devet od 198 (4,5%) merenja kanala korena zuba odstupanje bilo veće od 1 mm [21]. CBCT merenja radne dužine kanala korena zuba su često poređena sa standardnim merenjima apeks lokatorima. Najmanja odstupanja nađena su kod merenja koja su obavljena u meziodistalnom smeru CBCT sekcija. Za razliku od CBCT skeniranja, apeks lokatorima je teško identifikovati glavne foramine kanalnog sistema. Gomide de Morais i saradnici ukazuju da se apeks lokatorom može u 96% slučajeva tačno očitati pozicija foramena apikale sa odstupanjima od 2 mm od vrednosti izmerene CBCT-om [22].

El Ayouti i saradnici su pokazali da je korelacija vrednosti izmerene apeks lokatorom sa CBCT-om samo u 85% slučajeva. S obzirom na to da upotreba apeks lokatora kao kontrole može pokazati određena ograničenja vezana za identifikaciju glavnih otvora kod obliteracije ili kod metalnih kruničnih restauracija, u ovoj studiji je korišćena manuelna tehniku zbog pouzdanosti i mogućnosti kontrole apsolutne referentne vrednosti radne dužine za komparaciju. Prednost novog pristupa merenja dužine CBCT-om leži u činjenici da je u potpunosti zasnovan na softveru gde se već postojeći CBCT podaci mogu proceniti i bez fizičkog prisustva pacijenta [2, 6].

Pouzdanost merenja radne dužine CBCT-om potvrdili su brojni istraživači (Janner et al. 2011; Liang et al. 2013; Connert et al. 2014), a odstupanja u merenjima radne dužine rezultat su različitim veličinama voksela kod CBCT-a, što utiče na oštrinu slike i tumačenje rezultata [18, 20, 21].

Costa i saradnici su u studiji utvrđivali korelaciju CBCT merenja različitim veličinama voksela, 0,2 mm<sup>3</sup>, 0,3 mm<sup>3</sup> i 0,4 mm<sup>3</sup>, sa manuelnom metodom i uočena je visoka korelacija između manuelnog merenja i CBCT.

Iako su svi CBCT snimci pokazali pouzdane vrednosti, najmanja veličina voksela – 0,2 mm<sup>3</sup> i CBCT snimak najviše rezolucije pokazali su najvišu korelaciju sa manuelnim merenjem [23].

Ovakav nalaz je u korelaciji sa dobijenim merenjima naše studije, s obzirom na to da je i ovde veličina voksele iznosila  $0,2\text{ mm}^3$  i da je uz visoku rezoluciju dobijenih CBCT snimaka dobijeno odstupanje od  $0,3\text{ mm}$  (Tabela 2). Još uvek nije definisan opšti protokol primene CBCT-a vezan za specifične dijagnostičke zadatake u stomatologiji iako se čini da je skeniranje od  $0,4\text{ mm}^3$  CBCT nešto manje pouzdano nego veličina voksele od  $0,3$  i  $0,2\text{ mm}^3$  [24].

Istraživanja nekih autora ukazuju da su vrednosti merenja sa CBCT -3D merenjima bile pouzdanije u odnosu na radiovizografiju – RVG i CBCT -2D merenja. Razliku vide u pozicioniranju referentnih tačaka, koje su locirane bukalno ili lingvalno, ili u nemogućnosti projektovanja kanala korena sa višestrukim zakriviljenjima u jednoj ravni [25, 26, 27].

Manuelna metoda merenja radne dužine kanala korena zuba u ovoj studiji pokazuje stvarnu dužinu jer je direktno pod kontrolom oka. CBCT merenja (pri veličinama voksele od  $0,2\text{ mm}^3$ ) pokazala su odstupanja od apsolutne radne dužine u grupi jednokorenih zuba –  $0,2\text{ mm}$ , u grupi dvokorenih premolara

za bukalne kanale –  $0,3\text{ mm}$ , a za palatalne  $0,1\text{ mm}$ , dok je u grupi molara najveće odstupanje uočeno kod lingvomezijalnih kanala donjih molara, a najmanje kod palatalnih kanala gornjih molara. Ipak, za definitivan zaključak o pouzadnosti ovakvih merenja neophodna je provera kod veće grupe zuba nego u ovoj studiji, ali i podrobnija analiza morfologije kana- la korenova zuba. Odstupanja u merenjima CBCT-om mogu se objasniti činjenicom da su dobijena kroz različite sagitalne preseke, što može uticati na ponovljivost merenja radne dužine.

## ZAKLJUČAK

Merenje je pouzданije ukoliko se realizuje i na meiodistalnim i na vestibulooralnim presecima, i pri tome izračunava srednja vrednost kao radna dužina. Nedostatak ove metode odontometrijskog merenja je činjenica da se referentne tačke određuju prema zakriviljenoj putanji kanala, što takođe može uticati na rezultate ponovnog merenja.

# Evaluation of mucosal scar characteristics after periodontal plastic surgery

Luka Tovarović, Iva Milinković

University of Belgrade, School of Dental Medicine, Department of Periodontology and Oral medicine, Belgrade, Serbia

## SUMMARY

**Introduction** Gingival recession is the most common mucogingival anomaly, as well as the most frequent periodontal plastic surgery indication. The surgical procedure and healing of the wound result in scar formation, which impacts oral soft tissue aesthetics.

The aim of this study was to evaluate the characteristics of a postsurgical scar after gingival recession treatment using the mucosal scarring index (MSI).

**Material and methods** In accordance with the MSI, ten standardized and calibrated photographs of the postsurgical site, taken 3-6 months following the surgical procedure, were analyzed. That included the evaluation of six parameters: scar appearance, scar length, suture marks, contour, color, and overall appearance. 30 professionals divided into the three groups conducted the scar analysis: 10 dental students (S), 10 periodontology and oral medicine residents (SS) and 10 periodontal specialists (SP).

**Results** The average MSI values showed the following results: S:  $3.63 \pm 2.71$ , SS:  $3.63 \pm 2.83$  and SP:  $3.12 \pm 2.75$ . There was no difference between the MSI values obtained in the three groups ( $p=0.544$ ).

**Conclusion** Due to the similar MSI values among all the groups, a conclusion may be drawn that by the application of this index, the aesthetic evaluation of the postsurgical scar after the gingival recession treatment can be done in a fast and simple way. Further research based on a larger sample and various surgical procedures is necessary in order to confirm these statements.

**Keywords:** gingival recession; periodontal plastic surgery; wound healing

## INTRODUCTION

Mucogingival anomalies appear as a consequence of anatomo-morphological irregularities in mucogingival complex that consists of keratinized gingiva, alveolar mucosa, as well as mucogingival line [1]. All mucogingival anomalies are related to keratinized tissue width reduction, they result in increased biofilm accumulation and they directly or indirectly influence the appearance, prognosis, progression and treatment of periodontal disease.

Gingival recession is the most common mucogingival anomaly that is characterized by the apical migration of gingiva, followed by dental root exposure being a serious functional and aesthetic problem [2]. Beside the root exposure, thermal, mechanical or chemical hypersensitivity may occur as well. This issue may lead to the appearance of root cavities or erosion, thus significantly enlarging dental biofilm accumulation [3].

The treatment of gingival recession is surgical. The aim of the treatment is to cover the exposed root surface, eliminate the aforementioned factors, and change the tissue biotype with minimal negative impacts on the soft tissue appearance [4].

After the surgical procedure, the wound heals by scar formation. "The scar represents macroscopic disturbance of the normal structure and function of the tissue ar-

chitecture" [5]. The process of wound healing undergoes four stages: haemostasis, inflammation, proliferation and maturation. The maturation stage is significant from the aspect of scar evaluation because it can last up to a year after the surgical procedure. The scar disturbs the tissue harmony leading to unsatisfactory aesthetics.

Considering that mucogingival tissues are part of den-to-facial aesthetics and that one of the reasons for periodontal plastic surgery is disturbed aesthetics, there is a need for an index, such as MSI. This index can be used in objective evaluation of a scar that appears as result of not only periodontal plastic surgery procedure, but also any other surgical procedure.

In medical field, there are several indices for scar evaluation, such as *Vancouver scar scale* [6], *visual-analogical scale* (VAS) [7], *The patient and observer scar assessment scale* (POSAS) [8], *The Manchester scar scale* [9], *Stoney Brook scar evaluation scale* [10]. However, all of them are designed to evaluate scars on the skin. Although there is no difference between mucosal and skin wound healing process, it is obvious that mucosal wounds heal faster leading to the occurrence of smaller and less visible scars [11]. For that reason, another index called the mucosal scarring index (MSI) was created.

In the era of aesthetic dentistry, there are several methods used for aesthetical evaluation of both soft and hard tissues, such as: Root coverage esthetic score (RES) [12],



**Figure 1.** A photo with a periodontal probe  
**Slika 1.** Fotografija sa parodontalnom sondom



**Figure 2.** A photo without a probe  
**Slika 2.** Fotografija bez sonde



**Figure 3.** Calibrated photo  
**Slika 3.** Kalibrirana fotografija

Pink esthetic score (PES) [13], White esthetic score (WES) [14], Mucosal scarring index (MSI).

The aim of this research was to evaluate the characteristics of postsurgical scar after the gingival recession treatment using the mucosal scarring index (MSI).

## MATERIAL AND METHODS

The research included 10 patients who received the treatment of gingival recession by the application of the surgical technique of coronally advanced flap in combination with cone tissue graft. All patients were photographed three to six months after the surgical procedure using the same photographing parameters (aperture: f/22; shutter speed: 1/250 and ISO 100) with the aim of getting standardized photographs, which were later calibrated and used for the evaluation in accordance with the MSI. The calibration process is shown in the Figures 1–3.

Having been introduced to the MSI, 30 professionals divided into the three 10-member groups (students, residents and periodontal specialists) evaluated the scars. During the evaluation process, the photographs were shown on a big screen. The MSI includes the evaluation of the following parameters: scar appearance, scar length, suture marks, contour, color, and overall appearance. Depending on the parameter, score ranging from 0 to 2 can be assigned (Table 1).

The sum of all scores within the MSI is 10 and represents the worst aesthetic result, whereas the minimum sum of 0 means the best outcome of the treatment in terms of scar absence and satisfactory soft tissue aesthetics.

## RESULTS

The average time needed for the evaluation of one photograph was one minute. The statistical analysis was conducted in IBM SPSS Statistics 20 software using Kruskal Wallis and *Hi* square tests. The analysis of the average scores within the same group (S:  $3.63 \pm 2.71$ , SS:  $3.63 \pm 2.83$ ; SP:  $3.12 \pm 2.75$ ) did not show statistically significant differences among the groups ( $p=0.544$ ).

After the average score analysis, the scores were analyzed based on the parameters and no statistically significant differences were found. Although in terms of the scar visibility the results lacked statistically significant differ-

**Table 1.** MSI index (index for oral tissue scarring)  
**Tabela 1.** MSI indeks (indeks zarastanja oralnih tkiva)

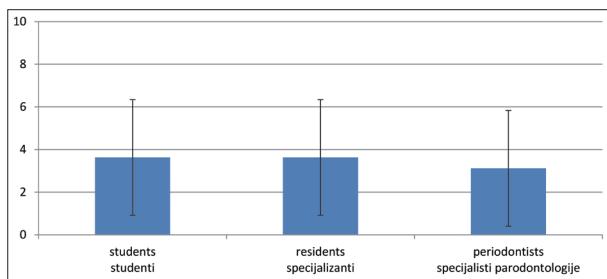
	Scar category Izgled ožiljka	Score Ocena
Scar appearance Prisustvo ožiljka	Invisible Nevidljiv	0
	Visible Vidljiv	1
	Up to 3 mm Do 3 mm	0
Scar length Dužina ožiljka	3–6 mm 3–6 mm	1
	Over 6 mm Preko 6 mm	2
	Invisible Nevidljivi	0
Suture marks Tragovi šavova	Partly visible Delimično vidljivi	1
	Clearly visible Jasno vidljivi	2
	Contour Odnos prema okolnom tkivu	Flush with surrounding mucosa U nivou sa susednim tkivom
Color Boja	Above/below surrounding mucosa Ispod/iznad susednog tkiva	1
	The same Ista	0
	Partly different Delimično različita	1
Overall appearance Opšti utisak	Obviously different Jasno različita	2
	Good Dobro	0
	Acceptable Prihvatljivo	1
	Bad Loše	2

ences, they were interesting in that the students, being the least qualified group, noticed scars to a greater extent than the members of the other two groups.

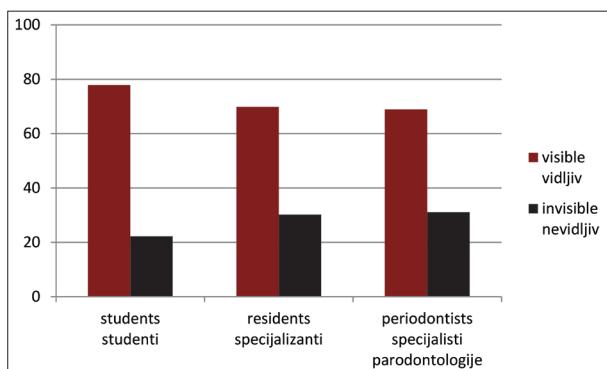
The only parameter indicating statistically significant differences was the contour. Interesting result is the inverse proportionality among the groups, which can be clearly seen in the Graphs (1-3).

## DISCUSSION

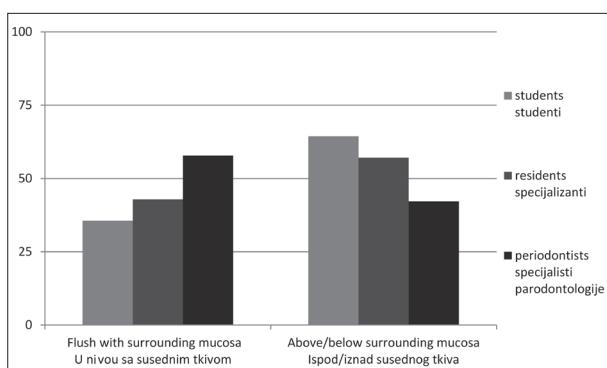
Beside current study, to the best of our knowledge, the only research dealing with the application of this index



**Graph 1.** Average score within groups  
**Grafikon 1.** Prosečne ocene po grupama



**Graph 2.** Scar visibility  
**Grafikon 2.** Vidljivost ožiljka



**Graph 3.** Scar contour  
**Grafikon 3.** Odnos prema okolnoj sluzokoži

was the study of Retief Wessel et al. [15]. The average MSI value in their study was  $4.91 \pm 3.087$  with no statistically significant differences among various groups of researchers (periodontologists, orthodontists and prosthodontists). The results of both studies are comparable. An interesting finding of the present study refers to the fact that the only parameter showing statistically significant differences was tissue contour. The presence of such difference only in terms of this parameter may be explained by fact that a photograph is two-dimensional presentation of a three-dimensional object, so the likelihood of making mistake during the evaluation process of this parameter was the highest.

Nowadays, surgical techniques and state-of-the-art surgical instruments have evolved in a way that periodontal plastic surgery procedures are carried out with a minimal tissue traumatization, and minimal scar occurrence or its absence [16]. Not only that dental photography completes medical records of a patient, but also it is useful for the

analysis of all aesthetic parameters, including scars. Its advantage lies in the fact that aesthetic parameters can be analyzed without the presence of a patient, and obtained results can be monitored by taking photographs at different times.

Having in mind that during the scar color evaluation process it was not required to evaluate qualitative characteristics, but rather the degree of dissimilarity, i.e. similarity to the color of the surrounding tissue, the parameters used in the process of photographing the patients were recommended and aforementioned ones, as well as the parameter of auto white balance.

## CONCLUSION

The MSI is simply and quickly applied in all oral cavity surgical procedures and easily repeated. Dental photography is becoming an unavoidable aspect of contemporary dental practice. The importance of these records arises from the opportunity to evaluate achieved results aesthetically, considering the importance of photo calibration.

Further research based on larger sample and in various groups is necessary in order to confirm these statements. Having in mind that the scar maturation stage lasts up to a year following the surgical procedure, it would be interesting to repeat the scar evaluation during various postsurgical periods.

## REFERENCES

- Dimitrijević B. Klinička parodontologija. Beograd: Zavod za udžbenike; 2011. str. 394–424.
- Milinković I, Aleksić Z, Janković S, Popović O, Bajic M, Čakic S, et al. Clinical application of autologous fibroblast cell culture in gingival recession treatment. *J Periodont Res.* 2015; 50(3):363–70.
- Cortellini P, Bissada NF. Mucogingival conditions in the natural dentition: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *J Periodontol.* 2018; 89 Suppl 1:S204–S213.
- Pelekos G, Lu JZ, Ho DKL, Graziani F, Cairo F, Cortellini P, et al. Aesthetic Assessment after root coverage of multiple adjacent secessions with coronally advanced flap with adjunctive collagen matrix or connective tissue graft: Randomized clinical trial. *J Periodontal.* 2019; 46(5):564–71.
- Ferguson MW, Whitby DJ, Shah M, Armstrong J, Siebert JW, Longaker MT. Scar formation: the spectral nature of fetal and adult wound repair. *Plast Reconstr Surg.* 1996; 97(4):854–60.
- Sullivan T, Smith J, Kermode J, McIver E, Courtemanche DJ. Rating the burn scar. *J Burn Care Rehabil.* 1990; 11(3):256–60.
- Quinn JV, Drzewiecki AE, Stiell IG, Elmslie TJ. Appearance scales to measure cosmetic outcome of healed lacerations. *Am J Emerg Med.* 1995; 13(2):229–31.
- Draaijers LJ, Tempelman FR, Botman YA, Tuinebreijer WE, Middelkoop E, Kreis RW, et al. The patient and observer scar assessment scale: a reliable and feasible tool for scar evaluation. *Plast Reconstr Surg.* 2004; 113(7):1960–5: discussion 1966–7.
- Beausang E, Floyd H, Dunn KW, Orton CI, Ferguson MW. A new quantitative scale for clinical scar assessment. *Plast Reconstr Surg.* 1998; 102(6):1954–61.
- Singer AJ, Arora B, Dagum A, Valentine S, Hollander JE. Development and validation of a novel scar evaluation scale. *Plast Reconstr Surg.* 2007; 120(7):1892–7.
- Shah M, Foreman DM, Ferguson MW. Neutralisation of TGF-beta 1 and TGF-beta 2 or exogenous addition of TGF-beta 3 to

- coutaneus rat wounds reduces scaring. *J Cell Sci.* 1995; 108(Pt 3):985–1002.
12. Cairo F, Rotundo R, Miller PD, Pini-Prato GP. Root coverage esthetic score: a system to evaluate the esthetic outcome of the treatment of gingival recession through evaluation of clinical cases. *J Periodontol.* 2009; 80(4):705–10.
13. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res.* 2005; 16(6):639–44.
14. Besler UC, Grutter L, Vailati F, Bomstein MM, Weber HP, Buser D. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2 to 4 year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontal.* 2009; 80(1):140–51.
15. Wessels R, De Reuse S, De Bruyckere T, Eghbali A, Jacquet W, De Rouck T, et al. The Mucosal Scarring Index: reliability of a new composite index for assessing scarring following oral surgery. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(3):1209–15.
16. Zühr O, Rebele SF, Cheung SL, Hürzeler MB, Research Group on Oral Soft Tissue Biology and Wound Healing. Surgery without papilla incision: tunneling flap procedures in plastic periodontal and implant surgery. *Periodontol.* 2000. 2018; 77(1):123–49.

---

Received: 06.02.2019 • Accepted: 27.05.2019

# Evaluacija karakteristika mukoznog ožiljka posle parodontalnih plastičnohirurških intervencija

Luka Tovarović, Iva Milinković

Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Klinika za parodontologiju i oralnu medicinu, Beograd, Srbija

## KRATAK SADRŽAJ

**Uvod** Recesija gingive predstavlja najčešću mukogingivalnu anomaliju, kao i najčešću indikaciju za parodontalnu plastičnu hirurgiju. Kao rezultat hirurške intervencije i zarastanja rane dolazi do formiranja ožiljka, koji utiče na estetiku mekih oralnih tkiva. Cilj rada je bio evaluacija karakteristika postoperativnog ožiljka posle hirurške terapije recesije gingive primenom indeksa zarastanja oralnih tkiva (IZO).

**Materijal i metode** Deset standardizovanih i kalibriranih fotografija posthirurške regije napravljenih tri do šest meseci posle hirurške intervencije analizirano je u skladu sa IZO, koji obuhvata procenu šest parametara: prisustvo ožiljka, dužinu ožiljka, tragove šavova, odnos prema okolnom tkivu, boju, kao i opšti utisak. Procenu ožiljka vršilo je 30 stručnih lica podeljenih u tri grupe: 10 studenata osnovnih studija (S), 10 studenata specijalističkih studija iz parodontologije i oralne medicine (SS) i 10 specijalista parodontologije i oralne medicine (SP).

**Rezultati** Srednje vrednosti IZO po grupama pokazale su sledeće vrednosti: S:  $3,63 \pm 2,71$ , SS:  $3,63 \pm 2,83$  i SP:  $3,12 \pm 2,75$ . Vrednosti IZO između tri grupe nisu pokazale statistički značajnu razliku ( $p = 0,544$ ).

**Zaključak** S obzirom na slične vrednosti IZO kod svih grupa ispitivača, može se zaključiti da se primenom ovog indeksa na brz i jednostavan način može vršiti estetska evaluacija postoperativnog ožiljka posle terapije recesije gingive. Potrebna su dalja istraživanja na većem uzorku pacijenata i kod različitih hirurških intervencija u cilju potvrde ovih tvrdnji.

**Ključne reči:** recesija gingive; parodontalna plastična hirurgija; zarstanje rane

## UVOD

Mukogingivalne anomalije nastaju kao posledica anatomo-morfoloških nepravilnosti u mukogingivalnom kompleksu parodontalnih tkiva koji čine keratinizovana gingiva (slobodna i pripojna), alveolarna mukoza, kao i granična mukogingivalna linija [1]. U osnovi, sve mukogingivalne anomalije su povezane sa redukovanim širinom pripojne gingive, te direktno ili indirektno utiču na nastanak, prognozu, progresiju i terapiju oboljenja potpornog aparata zuba.

Recesija gingive je najčešća mukogingivalna anomalija, koju karakteriše apikalna migracija marginalne gingive uz eksponiciju korena zuba, što predstavlja kompleksan funkcionalno-estetski problem [2]. Pored eksponiranosti korena zuba, može biti prisutna i njegova preosetljivost na termičke, mehaničke i hemijske nadražaje. Problem dalje komplikuje mogućnost pojave karijesa korena zuba ili erozije korena, što bitno utiče na povećanu akumulaciju plaka [3].

Terapija recesije gingive je hirurška. Cilj terapije je pre svega prekrivanje ogoljene površine korena zuba, uz sanaciju gore navedenih faktora, kao i promenu tkivnog biotipa uz minimalno narušavanje prirodne estetike tkiva [4].

Po sprovedenoj intervenciji dolazi do zarastanja hirurške rane, što rezultira formiranjem ožiljka. Ožiljak predstavlja makroskopski poremećaj normalne građe i funkcije tkiva [5]. Sam proces zarastanja rane prolazi kroz četiri faze: hemostaza, inflamacija, proliferacija i remodelacija. Faza remodelacije ožiljka je značajna sa aspekta njegove evaluacije jer traje i do godinu dana posle intervencije. Formirani ožiljak narušava harmoniju tkiva dovodeći do nezadovoljavajuće estetike.

S obzirom na to da tkiva mukogingivalnog kompleksa čine sastavni deo dentofacialne estetike, kao i da je jedan od razloga za parodontalnu plastičnu hirurgiju upravo popravljanje narušene estetike, neophodno je postojanje indeksa pomoću kojih se može izvršiti objektivna evaluacija ožiljka nastalog kao

rezultat parodontalne plastičnohirurške intervencije, ali i bilo koje druge hirurške intervencije u ovoj regiji.

U medicinskoj nauci i praksi opisano je nekoliko indeksa za evaluaciju ožiljaka, kao što su Vankuverska skala ožiljka [6], Vizuelno-analogna skala (VAS) [7], Skala procene pacijenta i posmatrača (POSAS) [8], Mančesterska skala ožiljka [9], Evaluaciona skala ožiljka Stoni-Bruk [10]. Međutim, svi pomenuți indeksi su osmišljeni u cilju evaluacije ožiljaka kože. Iako razlike između zarastanja rane kože i oralne sluzokože nema, neminovno je da rane sluzokože zarastaju brže i uz formiranje manjih i teže uočljivih ožiljaka [11], zbog čega je osmišljen poseban indeks, indeks zarastanja oralne sluzokože.

U eri estetske stomatologije postoji nekoliko opisanih metoda za evaluaciju estetike kako mekih tako i čvrstih tkiva, kao što su: indeks prekrivenosti korena zuba (RES) [12], *Pink esthetic score (PES)* [13], *White esthetic score (WES)* [14], indeks zarastanja oralnih tkiva (IZO).

Cilj istraživanja bio je da se sproveđe evaluacija postoperativnog ožiljka posle terapije recesije gingive primenom indeksa zarastanja oralnih tkiva.

## MATERIJAL I METODE

U studiju je uključeno deset pacijenata kod kojih je sprovedena terapija recesije gingive primenom hirurške tehnikе koronarno pomerenog režnja u kombinaciji s transplantatom vezivnog tkiva. Svi pacijenti su fotografisani tri do šest meseci posle hirurške intervencije pri uvek istim parametrima fotografisanja (otvor blende: f/22; brzina okidača: 1/250 i ISO 100) u cilju dobijanja standardizovanih fotografija, koje su potom kalibrirane i korišćene za evaluaciju u skladu sa indeksom zarastanja oralnih tkiva. Kalibracija fotografija je vršena na sledeći način:

Nakon upoznavanja sa indeksom zarastanja oralnih tkiva, evaluaciju ožiljaka vršilo je 30 stručnih osoba podeljenih u tri

grupe od po 10 članova: grupa studenata, grupa specijalizanata i grupa specijalista parodontologije i oralne medicine. Prilikom evaluacije fotografije su prikazivane na velikom ekranu.

Indeks zarastanja oralne sluzokože obuhvata evaluaciju sledećih parametara: prisustvo ožiljka, dužina ožiljka, tragovi šavova, odnos prema okolnom tkivu, boja i opšti utisak, pri čemu se, u zavisnosti od parametra, dodeljuju ocene od 0 do 2 (Tabela 1).

Maksimalan zbir svih ocena u okviru pomenutog indeksa iznosi 10 i označava najlošiji estetski rezultat, dok je minimalan zbir 0 i označava najbolji ishod terapije u smislu izostanka ožiljka i zadovoljavajuće estetike mekih tkiva.

## REZULTATI

Prosečno vreme potrebno za evaluaciju jedne fotografije iznosi jedan minut.

Statistička analiza obavljena je u programu IBM SPS Statistics 20 primenom testova *Kruskal Wallis* i  $\chi^2$ . Analiza prosečnih ocena u okviru grupe ( $S: 3,63 \pm 2,71$ ,  $SS: 3,63 \pm 2,83$  i  $SP: 3,12 \pm 2,75$ ) nije pokazala postojanje statistički značajne razlike među grupama ( $p = 0,544$ ).

Posle analize prosečnih ocena, urađena je i analiza ocena po parametrima, gde uglavnom nije postojala statistički značajna razlika. Po pitanju vidljivosti ožiljka, iako nije bilo statistički značajne razlike, dobijeni su interesantni rezultati koji govore u prilog tome da studenti, kao najmanje kvalifikovana grupa, u nešto većoj meri uočavaju ožiljak u odnosu na članove preostale dve grupe.

Jedini parametar kod koga je uočeno postojanje statistički značajne razlike jeste odnos prema okolnoj sluzokoži. Interesantno je to što postoji obrnuta proporcionalnost među grupama, što se jasno vidi na grafikonu.

## DISKUSIJA

Pored navedenog istraživanja, prema našim saznanjima jedino istraživanje koje se bavilo primenom ovog indeksa sprovedeno je u još jednoj studiji (*Retief Wessel et al.*). Prosečna vrednost indeksa zarastanja oralnih tkiva u pomenutom istraživanju iznosila je  $4,91 \pm 3,087$ , pri čemu nije bilo statistički značajne razlike između različitih grupa ispitivača (grupa specijalista

parodontologije, ortopedije vilica i stomatološke protetike) [15]. Dobijeni rezultati u okviru obe studije međusobno su komparabilni. Zanimljiv nalaz ove studije odnosi se na činjenicu da je jedini parametar kod koga je uočeno postojanje statistički značajne razlike bio parametar odnosa ožiljka prema okolnoj sluzokoži. Postojanje ovakve razlike jedino po pitanju ovog parametra možda se može objasniti time da je fotografija dvodimenzionalni prikaz trodimenzionalnog objekta, te je i mogućnost greške prilikom evaluacije ovog parametra najveća.

Danas se, zahvaljujući evoluciji hirurške tehnike, ali i savremenim hirurškim instrumentima, parodontalne plastičnohirurške intervencije izvode uz minimalnu traumatizaciju tkiva, usled čega se posle ovih intervencija očekuje minimalno formiranje ožiljka ili njegovo odsustvo [16].

Pored toga što upotpunjuje medicinsku dokumentaciju pacijenta, dentalna fotografija je pogodna i za analizu svih estetskih parametara, pa samim tim i ožiljka. Njena prednost se ogleda u tome što se analiza estetskih parametara može izvršiti bez prisustva pacijenta, a dobijeni rezultati mogu pratiti poređenjem fotografija napravljenih u različito vreme.

S obzirom da ocenjivanje boje ožiljka nije zahtevalo ocenjivanje njenih kvalitativnih osobina, već samo uočavanje stepena različitosti, odnosno sličnosti sa bojom okolnog tkiva, prilikom fotografisanja pacijenata pored preporučenih, i gore navedenih parametara intraoralne fotografije, korišćen je i parametar automatskog balansa belog.

## ZAKLJUČAK

Indeks zarastanja oralne sluzokože je jednostavan i brz za primenu i lako ponovljiv, a može se primenjivati kod svih hirurških intervencija u usnoj duplji.

Dentalna fotografija postaje nezaobilazan aspekt savremene stomatološke prakse. Značaj ovog vida dokumentacije ogleda se i u mogućnostima estetske evaluacije postignutih rezultata, kao što je slučaj u navedenom istraživanju, s tim da je u ovim slučajevima od značaja izvesna kalibracija fotografija.

Potrebna su dalja istraživanja, kako na većem uzorku, tako i među različitim grupama, kako bi se prethodno izneti rezultati dodatno potvrdili.

Imajući u vidu da faza remodelovanja ožiljka traje i do godinu dana od intervencije, bilo bi interesantno evaluaciju ožiljka ponoviti u različitim postoperativnim periodima.

# Morphological and attachment site variations of maxillary labial frenulum

Jelena Lečić<sup>1</sup>, Svetlana Janković<sup>2</sup>, Bojana Davidović<sup>2</sup>, Ana Cicmil<sup>1</sup>, Olivera Govedarica<sup>1</sup>, Smiljka Cicmil<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Medicine, Department of Periodontology and Oral medicine, Foča, Bosnia and Herzegovina;

<sup>2</sup>University East Sarajevo, Faculty of Medicine, Department of Pediatric and Preventive Dentistry, Foča, Bosnia and Herzegovina

## SUMMARY

**Introduction** Maxillary labial frenulum (MLF) is a mucous membrane fold that shows diversity in morphology, position and clinical significance throughout life. The aim of the study was to evaluate different morphological variations and MLF attachment site prevalence in elementary school children.

**Material and methods** The study included 110 children of "Ljutica Bogdan" Primary School in Kalinovik, Bosnia and Herzegovina. Clinical examinations were performed visually under natural light. The upper lip was lightly elevated with the forefingers and thumbs of both hands in horizontal alignment from alveolar ridge. Morphological variations were registered in accordance with Sewerin classification and attachment site according to Placek et al.

**Results** The study included 49 (44.6%) male and 61 (55.4%) female subjects. Mucosal MLF was registered in 57.3%, gingival in 17.3%, papillary in 20.9% and papilla penetrating in 4.5% of examined children. Frenulum simplex was registered in 64.6%, persistent tectorial frenulum in 4.5%, frenulum with appendix in 9.1%, frenulum with nodule in 14.5%, duplication of frenulum in 5.5%, frenulum with two or more variations was registered in 1.8% of respondents. No difference was observed in morphological variations and attachment site positions between genders.

**Conclusion** Most prevalent MLF morphological type was frenulum simplex and mucosal attachment site. Familiarity with MLF morphology, attachment site position as well as prevalence of different variations is very important in everyday clinical practice from the aspect of proper oral hygiene maintenance, periodontal disease prevention, orthodontic treatment and proper surgical therapy.

**Keywords:** maxillary labial frenulum; morphology; attachment; children

## INTRODUCTION

Maxillary labial frenulum (MLF) is a mucous membrane fold that shows diversity in morphology, position and clinical significance throughout life. This dynamic structure connects lip and periosteum of the upper jaw alveolar ridge. It contains epithelium, collagen fibers, blood vessels, nerves and occasionally minor salivary glands, as well as isolated stratified muscle fibers [1]. In 1971, Sewerin [2] described and classified eight morphological variations of the MLF. Based on the anatomical position of attachment site, Placek et al. [3] classified the MLF to four different types. These two classifications are most frequently used in the literature to date.

If the frenulum is too coronary positioned, oral hygiene may be difficult to maintain, it would create a retention site for accumulation of dental plaque, and contribute to development of caries and periodontitis [4]. The traction of frenulum positioned in such manner can contribute to localized gingival recession, diastema between central incisors and compromise course and success of orthodontic treatment [5]. All of the above indicate need for timely

surgical correction of MLF in order to prevent possible complications.

On the other hand, given the morphological diversity of the MLF and the fact that it shows the tendency of decreasing and apical displacement during growth and development [6], it is important to correctly identify and distinguish possible variations in order to avoid erroneous indications for surgical intervention [7].

Since the literature provides no data on MLF diversity in this area, the aim of our study was to evaluate prevalence of different morphological variations as well as MLF attachment site prevalence rates in elementary school children.

## MATERIALS AND METHODS

The research was conducted in accordance with the Helsinki Declaration and principles of Good Clinical Practice. The study included 110 respondents, the pupils of the "Ljutica Bogdan" Primary School in Kalinovik, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina. Respondents and

parents were informed about the nature of research. The study included only systemically healthy children who did not have orofacial defects, with no prior surgical interventions at the MLF and whose parents gave their consent in writing. Clinical examinations were performed by visual method under natural light. The upper lip was lightly elevated with the forefingers and thumbs of both hands in a horizontal alignment from the alveolar ridge.

MLF attachment site position was registered based on the classification according to Placek and associates [3] in the following way:

- Mucosal Frenulum – The coronary end of the frenulum extends to the muco-gingival margin.
- Gingival frenulum – The coronary end of the frenulum is attached on attached gingiva.
- Papillary frenulum – The coronary end of the frenulum is attached to interdental papilla.
- Papilla penetrating frenulum – The coronary end of the frenulum attaches to interdental central papilla or goes on palatal side or even to papilla incisive.

Morphological variations of MLF were registered in accordance with classification by Sewerin [2] as follows:

1. Frenulum simplex, 2. Persistent tectolabial frenulum, 3. Frenulum with appendix, 4. Frenulum with nodule, 5. Duplication of the frenulum, 6. Recess of the frenulum, 7. Bifid frenulum and 8. Frenulum with two or more variations.

Statistical data processing was performed using SPSS 22 (SPSS for Windows, version 22, Chicago, IL). Descriptive analysis was used to determine the prevalence of different MLF morphological as well as attachment sites variations. The  $\chi^2$  test was used to analyze the relationship between individual MLF variations and gender of the subjects. Statistical significance was determined at  $p < 0.05$ .

## RESULTS

The study included 49 (44.6%) male and 61 (55.4%) female subjects.

When the attachment site position was observed, the following data were obtained: mucosal MLF (Figure 1) was recorded in 57.3%, gingival (Figure 2) in 17.3%, papillary (Figure 3) in 20.9% papilla penetrating (Figure 4) in 4.5% of examined children. No difference was observed in relation to MLF attachment site position between genders ( $p > 0.05$ ) (Table 1).

Frenulum simplex (Figure 5) was the most common and registered in 64.6% of respondents. Persistent tectolabial frenulum (Figure 6) in 4.5%, frenulum with appendix (Figure 7) in 9.1%, frenulum with the nodule (Figure 8) was observed in 14.5% and duplication of frenulum (Figure 9) in 5.5% of subjects. Bifid frenulum and recess of the frenulum were not registered, while the frenulum with two



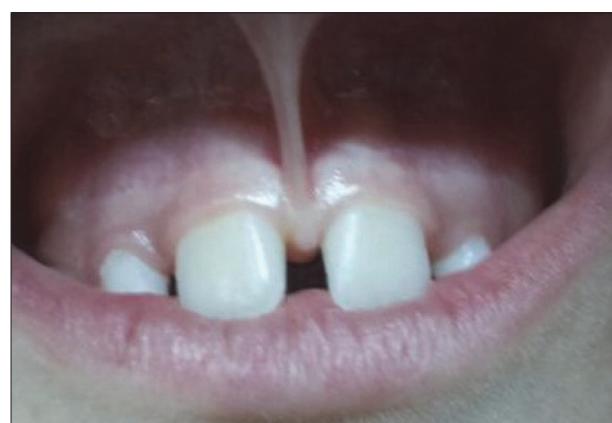
**Figure 1.** Mucosal frenulum  
**Slika 1.** Mukozni frenulum



**Figure 2.** Gingival frenulum  
**Slika 2.** Gingivalni frenulum



**Figure 3.** Papillary frenulum  
**Slika 3.** Papilarni frenulum



**Figure 4.** Papilla penetrating frenulum  
**Slika 4.** Penetrirajući papilarni frenulum

**Table 1.** Distribution of maxillary labial frenulum attachment sites positions

**Tabela 1.** Zastupljenost različitih nivoa pripoja frenuluma gornje usne

Gender Pol	MAXILLARY LABIAL FRENULUM ATTACHMENT SITE POSITION NIVO PRIPOJA FRENULUMA GORNJE USNE				Total Ukupno
	1	2	3	4	
Male Muški	31	7	8	3	49
	28.2%	6.4%	7.3%	2.7%	44.6%
Female Ženski	32	12	15	2	61
	29.1%	10.9%	13.6%	1.8%	55.4%
Total Ukupno	63	19	23	5	110
	57.3%	17.3%	20.9%	4.5%	100%
$p > 0.05$				$p > 0.05$	

p-  $\chi^2$  test;

1 – mucosal frenulum; 2 – gingival frenulum; 3 – papillary frenulum;

4 – papilla penetrating frenulum;

1 – mukozni frenulum; 2 – gingivalni frenulum; 3 – papilarni frenulum;

4 – penetrirajući papilarni frenulum



**Figure 5.** Frenulum simplex  
**Slika 5.** Jednostavni frenulum



**Figure 6.** Persistent tectorial frenulum  
**Slika 6.** Perzistentni tektolabijalni frenulum

or more variations was registered in 1.8% of respondents. No difference in MFL morphological variations was observed between genders ( $p > 0.05$ ) (Table 2).

## DISCUSSION

A variety of MFL morphology is noticed in everyday clinical practice. According to the literature, certain MFL may cause difficulty in speaking, mastication, aesthetics and denture



**Figure 7.** Frenulum with appendix  
**Slika 7.** Jednostavni frenulum sa apendiksom



**Figure 8.** Frenulum with nodule  
**Slika 8.** Jednostavni frenulum sa nodulom



**Figure 9.** Duplication of the frenulum  
**Slika 9.** Dvostruki frenulum

retention. If MFL attachment site is located near or across the gingival margin it may make oral hygiene maintenance difficult, pull gingiva away from the tooth and consequently facilitate dental plaque accumulation, contributing to the creation of periodontal pockets and /or causing recession of the gingiva [4] Placek et al. [8] indicated that gingival, papillary and penetrating papillary MFL contributed to lower periodontal resistance in people with periodontal disease.

Some authors suggest that penetrating papillary frenulum may lead to diastema between central incisors, and its

**Table 2.** Different morphological variations of maxillary labial frenulum**Tabela 2.** Zastupljenost različitih morfoloških tipova frenuluma gornje usne

Gender Pol	MORPHOLOGICAL VARIATIONS OF MAXILLARY LABIAL FRENULUM MORFOLOŠKI TIPOVI FRENULUMA GORNJE USNE								Total Ukupno
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Male Muški	30 27.3%	3 2.7%	3 2.7%	11 10.0%	2 1.8%	0 0%	0 0%	0 0.0%	49 44.5%
Female Ženski	41 37.3%	2 1.8%	7 6.4%	5 4.5%	4 3.7%	0 0%	0 0%	2 1.8%	61 55.5%
Total Ukupno	71 64.6%	5 4.5%	10 9.1%	16 14.5%	6 5.5%	0 0%	0 0%	2 1.8%	110 100%

p &gt; 0.05

p &gt; 0.05

p -  $\chi^2$  test;

I – frenulum simplex; II – persistent tectolabial frenulum, III – frenulum with appendix; IV – frenulum with nodule; V – duplication of the frenulum;

VI – Recess of the frenulum; VII – bifid frenulum; VIII – frenulum with two or more variations;

I – jednostavni frenulum; II – perzistentni tektolabijalni, III – jednostavni frenulum sa apendiksom; IV – jednostavni frenulum sa nodulom; V – dvostruki frenulum;

VI – frenulum sa nišom; VII – bifidni frenulum; VIII – frenulum sa dve ili više varijacija u isto vreme

presence may hamper the course of orthodontic treatment and lead to failure [1]. However, during clinical evaluation, one should have in mind that early (preventive) removal of MLF may result in fibrous tissue formation that can by itself prevent mesial displacement of incisors and diastema closure [9]. Accordingly, MLF surgery should not be performed until permanent canines erupt. Surgical treatment is recommended only in cases when diastema persists even after their eruption [10]. One of the easiest and most commonly used tests for indicating MLF treatment is Gruber's test. The test is positive if after lifting upper lip, maxillary labial frenulum tissue together with interdental papilla becomes ischemic [11].

Mucosal MLF attachment was registered in majority of subjects involved in this study, and the least prevalent was penetrating papillary frenulum, what is consistent with the results of Jancuk et al. [12] and Obradovic et al. [6] who reported most common gingival frenulum attachment (76%) and the least present papillary penetrating frenulum (2%) in 100 students at the Faculty of Medicine. In the study conducted by Kaimeny et al. [13] none of the children who participated in the study had penetrating papillary frenulum.

The difference in the prevalence of different MLF attachment sites in relation to gender was not observed in our study, which is consistent with the results of other studies [5, 6].

In the current study, the most frequent morphological MFL variation was simple frenulum, and that is consistent with previous studies [1, 2, 6, 7]. Second morphological variation by frequency in our study was simple frenulum with nodule, as recorded in the studies of Nagaveni and Umashankara [1], Townsenda et al. [7] as well as Thosar et al. [14]. Unlike those, in the Obradović et al. study [6] simple frenulum with an appendix was second by frequency. Frenulum with a nodule and frenulum with appendix were present in 14.5% and 9.1% subjects in our study, respectively. It is interesting to note that these variations, which do not have any pathogenic potential, may be misunderstood as lesions and be subjected to unnecessary surgical intervention, biopsy. Large number of conducted MLF biopsies suggests a lack of knowledge about these normal oral structures [7]. In the study of Mohan et al. [15] persistent tectolabial frenulum was observed in 5.63% of subjects, which is similar to the results of our study (4.5%). While making a final

decision that involves treatment of this form of frenulum, one should also have in mind the fact that during growth and development, MLF changes attachment site in terms of apical displacement up to fifteen years of age [6], and a large percentage of persistent tectolabial frenulums observed in deciduous dentition evolves over time into a simple form [1]. Unlike the results of other studies where frenulum duplication was not observed [6, 14], it was registered in 5.5% of respondents of our study. Bifid frenulum and recess of the frenulum were not recorded in our study, what is in accordance with the literature data that states that their presence in the population is less than 1%. [1] Frenulum with two or more variations was recorded in 1.8% of respondents of this study, and in 0.71% of respondents in the study of Thosar et al. [14]. In some other studies this morphological variation was not observed [1, 15].

In our study as well as in the study of Obradović et al. [6], there was no statistically significant difference in relation to different MFL morphologic types between genders while Jindal et al. [4] recorded greater presence of simple frenulum, frenulum with appendix and frenulum with nodule in females.

## CONCLUSION

Maxillary labial frenulum is prone to certain changes during growth and development of children. This fact should be kept in mind when diagnosing as well as undertaking certain therapeutic procedures. Frenulum simplex and mucous attachment were the most common forms of MLF in our study. Familiarity with MLF morphology, attachment site position as well as prevalence of different variations is very important in everyday clinical practice from the aspect of proper oral hygiene maintenance, periodontal disease prevention, orthodontic treatment success and proper surgical therapy.

## REFERENCES

1. Nagaveni NB, Umashankara KV. Morphology of maxillary labial frenum in primary, mixed, and permanent dentition of Indian children. *J Cranio Max Dis.* 2014; 3(1):5-10.

2. Sewerin I. Prevalence of variations and anomalies of the upper labial frenum. *Acta Odontol Scand.* 1971; 29(4):487–96.
3. Placek M, Skach M, Mrklas L. Significance of the labial frenulum attachment in periodontal disease in man. Part I. Classification and epidemiology of the labial frenulum attachment. *J Periodontol.* 1974; 45(12):891–4.
4. Jindal V, Kaur R, Goel A, Mahajan A, Mahajan N, Mahajan A. Variations in the frenal morphology in the diverse population: A clinical study. *J Ind Soc Periodont.* 2016; 20(3):320–3.
5. Upadhyay S, Ghimire N. Attachment of maxillary labial frenum in Nepalese children. *Orthodont J Nepal.* 2012; 2(1):28–31.
6. Obradović R, Kesić LJ, Pejčić A, Igić M, Petrović M. Nivo pripoja frenuluma gornje usne kod odraslih osoba. *Glasnik Antropološkog društva Srbije / J Anthropol Soci Serb.* 2015; 51:57-Townsend JA, Brannon RB, Cheramie T, Hagan J. Prevalence and variations of the median maxillary labial frenum in children, adolescents, and adults in a diverse population. *Gen Dent.* 2013; 61(2):57–60.
7. Placek M, Skach M, Mrklas L. Significance of the labial frenulum attachment in periodontal disease in man. Part II. An Attempt to determine the resistance of periodontium. *J Periodontol.* 1974; 45(12):895–7.
8. Dewel BF. The labial frenum, midline diastema, and palatine papilla: A clinical analysis. *Dent Clin North Am.* 1966; 10:175–84.
9. Čabov T, Ahel V, Kordić D, Morelato I. Učestalost frenulektomije u oralnokirurškoj sali na Klinici za maksilofacijalnu i oralnu kirurgiju Kliničkog bolničkog centra Rijeka. *Medicina Fluminensis.* 2014; 50(3):354–60.
10. Huang WJ, Creath CJ. The midline diastema: a review of its etiology and treatment. *Pediatr Dent.* 1995; 17(3):171–9.
11. Jańczuk Z, Banach J. Prevalence of narrow zone of attached gingiva and improper attachment of labial frena in youths. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1980; 8(7):385–6.
12. Kaimenyi JT. Occurrence of midline diastema and frenum attachments amongst school children in Nairobi, Kenya. *Ind J Dent Res.* 1998; 9(2):67–71.
13. Thosar N, Murarka P, Baliga S, Rathn N. Assessment of maxillary labial frenum morphology in primary, mixed, and permanent dentitions in Wardha district. *Eur J Gener Dent.* 2017; 6(1):14.
14. Mohan R, Soni PK, Krishna MK, Gundappa M. Proposed classification of medial maxillary labial frenum based on morphology. *Dent hypotheses.* 2014; 5(1):16–20.

---

Received: 15.01.2019 • Accepted: 09.04.2019

# Zastupljenost različitih morfoloških varijacija i nivoa pripoja frenuluma gornje usne kod dece

Jelena Lečić<sup>1</sup>, Svjetlana Janković<sup>2</sup>, Bojana Davidović<sup>2</sup>, Ana Cicmil<sup>1</sup>, Olivera Govedarica<sup>1</sup>, Smiljka Cicmil<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Medicinski fakultet, Katedra za parodontologiju i oralnu medicinu, Foča, Bosna i Hercegovina;

<sup>2</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Medicinski fakultet, Katedra za dečju i preventivnu stomatologiju, Studijski program Stomatologija, Foča, Bosna i Hercegovina

## KRATAK SADRŽAJ

**Uvod** Frenulum gornje usne (FGU) predstavlja nabor sluzokože koji pokazuje raznolikost u morfologiji, poziciji i kliničkom značaju tokom života. Cilj istraživanja je bio proceniti zastupljenost različitih morfoloških varijacija, kao i nivoa pripoja FGU kod dece osnovnoškolskog uzrasta.

**Materijal i metode** Istraživanjem je obuhvaćeno 110 dece, učenika Osnovne škole „Ljutica Bogdan“ u Kalinoviku, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. Klinički pregledi su izvedeni pod prirodnim svetлом, laganim ekartiranjem gornje usne u horizontalnom smeru od alveolarnog nastavka. Morfološki tipovi FGU su registrovani u skladu sa klasifikacijom prema Severinu, a za određivanje nivoa pripoja korišćena je klasifikacija prema Plačeku i saradnicima.

**Rezultati** U studiju je uključeno 49 (44,6%) ispitanika muškog i 61 (55,4%) ženskog pola. Mukozni FGU je registrovan kod 57,3%, gingivalni kod 17,3%, papillarni kod 20,9%, a penetrirajući papillarni kod 4,5% pregledane dece. Jednostavni frenulum je registrovan kod 64,6% ispitanika, perzistentni tektolabijalni kod 4,5%, jednostavni frenulum sa apendiksom kod 9,1%, jednostavni frenulum sa nodulom kod 14,5%, dvostruki frenulum kod 5,5%, frenulum sa dve ili više varijacija kod 1,8% ispitanika. Nije primećena razlika u zastupljenosti različitih nivoa pripoja, kao ni morfoloških varijacija FGU između polova ( $p > 0,05$ ).

**Zaključak** Najzastupljeniji morfološki tip FGU je jednostavni frenulum i mukozni nivo pripoja. Poznavanje morfologije, nivoa pripoja FGU, kao i zastupljenosti različitih varijacija veoma je značajno u svakodnevnoj kliničkoj praksi sa aspektom pravilnog održavanja oralne higijene, prevencije parodontalnih oboljenja, uspeha ortodontske terapije i pravilnog postavljanja indikacija za hiruršku terapiju.

**Ključne reči:** frenulum gornje usne; morfologija; pripoj; deca

## UVOD

Frenulum gornje usne (FGU) predstavlja nabor sluzokože koji pokazuje raznolikost u morfologiji, poziciji i kliničkom značaju tokom života. Ova dinamična struktura povezuje usne i periost alveolarnog nastavka gornje vilice. U svom sastavu sadrži epitel, kolagena vlakna, krvne sudove, nerve i ponekad manje pljuvačne žlezde, kao i izolovana slojevita mišićna vlakna [1].

Još 1971. godine *Severin* [2] je opisao i klasifikovao osam morfoloških varijacija FGU. Na osnovu anatomskega nivoa pripoja, *Plaček* i saradnici [3] su klasifikovali FGU na četiri različita tipa. Pomenute kategorizacije su do danas najčešće upotrebljavane u literaturi.

Ako je frenulum isuviše koronarno postavljen, može otežati održavanje oralne higijene, stvarati retenciono mesto za nakupljanje dentalnog plaka i doprineti razvoju karijesa i parodontopatije [4]. Vuča tako postavljenog frenuluma može doprineti lokalizovanoj gingivalnoj recesiji, pojavi dijasteme između centralnih sekutića, ali i kompromitovati tok i uspeh ortodontske terapije [5]. Sve prethodno navedeno ukazuje na potrebu za blagovremenom hirurškom korekcijom kako bi FGU ne bi doveo do mogućih komplikacija.

Sa druge strane, imajući u vidu morfološku raznolikost FGU, kao i činjenicu da pokazuje tendenciju smanjivanja i apikalnog pomeranja tokom rasta i razvoja [6], važno je pravilno prepoznati i razlikovati moguće varijacije kako bi se izbeglo pogrešno postavljanje indikacija za hiruršku intervenciju [7].

Kako u literaturi ne postoje podaci koji se odnose na raznolikost FGU, cilj istraživanja je bio da se proceni zastupljenost različitih morfoloških varijacija, kao i nivoa pripoja FGU kod dece osnovnoškolskog uzrasta.

## MATERIJAL I METODOLOGIJA

Istraživanje je sprovedeno u skladu sa Helsinškom deklaracijom i Principima dobre kliničke prakse. U studiju je uključeno 110 ispitanika, tj. učenika Osnovne škole „Ljutica Bogdan“ u Kalinoviku, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina. Ispitanici i roditelji su bili upoznati sa prirodom istraživanja. U studiju su uključena samo sistemski zdrava deca koja nisu imala orofacialne defekte, kod kojih nije rađena hirurška intervencija na FGU i čiji su roditelji pismenim putem dali svoj pristanak za pregled. Klinički pregledi su izvedeni vizuelnom metodom pod prirodnim osvetljenjem. Gornja usna je lagano ekartirana kažiprstima i palčevima obe ruke u horizontalnom smeru od alveolarnog nastavka.

Za dijagnostiku nivoa pripoja FGU korišćena je klasifikacija prema Plačeku i saradnicima [3] na sledeći način:

- Mukozni frenulum: Koronarni kraj frenuluma se pruža do mukogingivalne granice.
- Gingivalni frenulum: Koronarni kraj frenuluma se pruža na fiksiranu gingivu.
- Papillarni frenulum: Koronarni kraj frenuluma se pruža na interdentalnu papilu.
- Penetrirajući papillarni frenulum: Koronarni kraj frenuluma zahvata interdentalnu centralnu papilu i prelazi na njenu palatinu stranu ili čak zahvata papilu incizivu.

Morfološki tipovi FGU su registrovani u skladu sa klasifikacijom prema *Severinu* [2] na sledeći način:

1. jednostavni frenulum;
2. perzistentni tektolabijalni;
3. jednostavni frenulum sa apendiksom;
4. jednostavni frenulum sa nodulom;
5. dvostruki frenulum;
6. frenulum sa nišom;
7. bifidni frenulum;
8. frenulum sa dve ili više varijacija u isto vreme.

Statistička obrada podataka je izvedena uz pomoć programa SPSS 22 (SPSS for Windows, version 22, Chicago, Ill.). Deskriptiv-

nom analizom je određena zastupljenost različitih morfoloških tipova, kao i nivoa pripaja FGU.  $\chi^2$  test je korišćen za analizu odnosa pojedinih tipova FGU i pola ispitanika. Statistička značajnost je određena na  $p < 0,05$ .

## REZULTATI

U studiju je uključeno 49 (44,6%) ispitanika muškog i 61 (55,4%) ispitanika ženskog pola.

Kada je nivo pripaja u pitanju, dobijeni su sledeći podaci: mukozni FGU (Slika 1) registrovan je kod 57,3%, gingivalni (Slika 2) kod 17,3%, papilarni (Slika 3) kod 20,9%, a penetrirajući papilarni (Slika 4) kod 4,5% pregledane dece. Nije primećena razlika u zastupljenosti različitih nivoa pripaja FGU između polova ( $p > 0,05$ ) (Tabela 1).

Jednostavni frenulum (Slika 5) bio je najzastupljeniji i registrovan je kod 64,6% ispitanika, perzistentni tektolabijalni (Slika 6) kod 4,5%, jednostavni frenulum sa apendiksom (Slika 7) kod 9,1%, jednostavni frenulum sa nodulom (Slika 8) uočen je kod 14,5%, te dvostruki frenulum (Slika 9) kod 5,5%. Bifidni frenulum i frenulum sa nišom nisu registrovani, dok je frenulum sa dve ili više varijacija registrovan kod 1,8% ispitanika. Nije uočena razlika u zastupljenosti različitih morfoloških tipova FGU između polova ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

## DISKUSIJA

U svakodnevnoj kliničkoj praksi se primećuje raznolika morfologija FGU. Prema navodima iz literature, određeni FGU za posledicu mogu da imaju poteškoće u govoru, mastikaciji, estetici, kao i u retenciji mobilnih protetskih nadoknada. Ukoliko je pripoj FGU blizu ili prelazi ivicu slobodne gingive, može otežavati održavanje oralne higijene, vući ili odmicati slobodnu gingivu od zuba i time olakšavati nakupljanje dentalnog plaka, doprneti stvaranju parodontalnih džepova i/ili dovesti do recesije gingive [4]. Plaček i saranici [8] su ukazali da gingivalni, papilarni i penetrirajući papilarni FGU doprinose slabijoj otpornosti parodoncijuma kod osoba sa parodontalnim promenama u odnosu na zdrave.

Pojedini autori ukazuju da penetrirajući papilarni frenulum dovodi do pojave dijasteme između centralnih sekutića, kao i da njegovo prisustvo može otežati tok ortodonske terapije i dovesti do recidiva [1]. Međutim, prilikom kliničke procene treba imati na umu i stanovište da rano (preventivno) uklanjanje FGU za posledicu može imati stvaranje ožiljnog tkiva koje samo po sebi može sprečavati mezijalno pomeranje sekutića i zatvaranje dijastema [9]. Prema tome, sa hirurškom terapijom FGU treba pričekati dok ne izniknu stalni očnjaci. Hirurški tretman se preporučuje tek u slučajevima kada dijastema perzistira i nakon njihovog nicanja [10]. Jedan od najlakših i najčešće izvođenih testova kojim se postavlja indikacija za terapiju FGU jeste test po Gruberu. Test je pozitivan ako pri podizanju gornje usne tkivo frenuluma zajedno sa interdentalnom papilom postaje ishemično [11].

Mukozni pripoj FGU je registrovan kod najvećeg broja ispitanika našeg istraživanja, a najmanje zastupljen je penetrirajući papilarni, što je u skladu sa rezultatima koje imaju Jancuk i sar. [12]. Obradović i sar. [6] su kod 100 studenata Medicinskog fakulteta uočili da je najzastupljeniji gingivalni tip pripaja (76%), a

najmanje zastupljen penetrirajući papilarni (2%). Kaimen i sar. [13] u svojoj studiji pokazuju da nijedno dete koje je učestvovalo u studiji nije imalo penetrirajući papilarni frenulum.

Razlika u zastupljenosti različitih nivoa pripaja FGU u odnosu na pol u ovoj studiji nije primećena, što je u skladu sa rezultatima drugih istraživanja [5, 6].

U ovoj studiji najzastupljeniji morfološki tip FGU je bio jednostavni frenulum, što je u skladu sa prethodnim istraživanjima [1, 2, 6, 7]. Sledeći po učestalosti, morfološki tip, u ovoj studiji je jednostavni frenulum sa nodulom, kao što su zabeležili Nagaveni i Umashankara [1], Townsenda i sar. [7], Thosara i sar. [14] u svojim studijama. Za razliku od pomenutih, u studiji Obradovića i sar. [6] jednostavni frenulum sa apendiksom je bio drugi po zastupljenosti.

Jednostavni frenulum sa nodulom i jednostavni frenulum sa apendiksom su bili prisutni kod 14,5%, odnosno 9,1% ispitanika ove studije. Interesantno je pomenuti činjenicu da ove varijacije, koje nemaju patogeni potencijal, mogu biti pogrešno interpretirane kao lezije i podvrgnute nepotreboj hirurškoj intervenciji, tj. biopsiji. Veliki broj izvedenih biopsija FGU upućuje na nedostatak znanja o ovim normalnim oralnim strukturama [7].

U istraživanju Mohana i sar. [15] perzistentni tektolabijalni frenulum je zabeležen kod 5,63% ispitanika, što je slično rezultatima naše studije (4,5%). Prilikom donošenja konačne odluke koja uključuje terapiju ovog oblika frenuluma treba takođe imati na umu da tokom rasta i razvoja on menja nivo pripaja u smislu apikalnog pomeranja do petnaeste godine života [6], a veliki procenat perzistentnih tektolabijalnih frenuluma koji je primećen u mlečnoj denticiji vremenom evolvira ka jednostavnom obliku [1].

Za razliku od rezultata drugih studija gde dvostruki frenulum nije primećen [6, 14], u našem istraživanju je registrovan kod 5,5% ispitanika. Bifidni frenulum i frenulum sa nišom nisu zabeleženi u ovoj studiji, što je u skladu sa navodima iz literature gde je njihova zastupljenost u populaciji manja od 1% [1].

Frenulum sa dve ili više varijacija u isto vreme je zabeležen kod 1,8% ispitanika ove studije, a kod 0,71% ispitanika u studiji Thosara i sar. [14]. U nekim drugim studijama ova morfološka varijacija nije primećena [1, 15].

U ovoj studiji, kao i studiji Obradovića i sar. [6], nije postojala statistički značajna razlika u zastupljenosti različitih morfoloških tipova FGU između polova, dok su Jindal i sar. [4] zabeležili veću zastupljenost jednostavnog frenuluma, jednostavnog frenuluma sa apendiksom i jednostavnog frenuluma sa nodulom kod ispitanika ženskog pola.

## ZAKLJUČAK

Frenulum gornje usne je sklon određenim promenama tokom rasta i razvoja deteta. Tu činjenicu treba imati na umu prilikom postavljanja dijagnoze, ali i preduzimanja određenih terapijskih postupaka. Jednostavni frenulum i mukozni pripoj su najzastupljeniji oblici frenuluma gornje usne u ovoj studiji. Poznavanje morfološke, nivoa pripaja FGU, kao i zastupljenosti različitih varijacija je veoma značajno u svakodnevnoj kliničkoj praksi sa aspekta pravilnog održavanja oralne higijene, prevencije parodontalnih oboljenja, uspeha ortodontske terapije, kao i pravilnog postavljanja indikacija za hiruršku terapiju.

# Cement selection for fixing implant restorations

Dejan Stamenković, Aleksandar Todorović

University of Belgrade, Faculty of Dental Medicine, Department for Prosthodontics, Belgrade, Serbia

## SUMMARY

**Introduction** When intraocclusal space is long enough, and patient has high aesthetic demands, cementing implant restoration is the proper choice. The aim of this study was to assess retentive forces of different cements used for fixing restoration to implant abutment.

**Material and method** The separation forces were measured between restorations and abutments that were screw retained to the implant replica. The restorations were casted from Co-Cr-Mo alloy. They were cemented to abutments with five different types of cements (composite resin, glass-ionomer, zinc-polycarboxylate, zinc-phosphate and temporary cement). Each cement represented one group and each group included seven samples.

**Results** Composite resin, glass-ionomer and zinc-polycarboxylate cements showed similar values of retentive forces (256–275 N), while zinc-phosphate cements had slightly lower value (174 N). Temporary cement showed significantly lower value of retentive force (59N). All cements for permanent bonding showed almost the same separation nature. By slow loading, the stress develops, leading to slightly stretched cement and as a consequence, sudden break of cement. Temporary cements also develop stress when slowly loaded, which firstly leads to stretching of cement, and then slight detachment from the implant replica.

**Conclusion** Temporary cement has the lowest retentive force and is suitable for temporary bonding. Composite resin, glass-ionomer, zinc-polycarboxylate and zinc-phosphate cements have high retentive force, and they can be used for permanent cementation of restoration to abutment. Due to the high values of separation force, and other positive characteristics, composite resin should be cement of choice for bonding restorations to implant abutments.

**Keywords:** cements; separation force; dental implant restorations

## INTRODUCTION

Currently implants are the best option for replacing missing teeth. Restoring an implant includes screw-retained abutment and final restoration on the top. Implant restorations should fulfill all functional, aesthetic and prophylactic requirements of modern prosthodontics. By the mode of transferring pressure, implant restorations belong to three different groups: implant supported, gingiva supported and with mixed support. The most comfortable, and for the patient most acceptable are implant supported restorations. They can be retained on implant abutments in different ways: screw-retained, cemented, or using attachments, magnets and double crowns. Most commonly used options are cementation and screw retaining. Professional opinion is controversial.

Screw retained implant restoration has long tradition. Force of tightening the fixation screw (the torque), is converted to tension strain of a screw (25–35 N/cm), that holds two elements (the abutment and the restoration) together [1–5]. The anchor points of a torque are most often described at the contact of the abutment and the crest module of the fixture (implant body, head of implant). In the case of an ideal passive fitting of the abutment on the crest module of the implant body, the anchor point is the whole contact surface of both of them. When that is

achieved, the pressure transmission, to the implant body through the abutment is vertical which is optimal.

In practice, not only that complete and passive fitting of the abutment is difficult to achieve, but the existence of micro gaps are showing that abutment fitting is not passive. Routine radiographic examination can easily reveal it. If abutment does not fit completely and perfectly on the implant body, higher or lower values of torque are being reported [6, 7].

Easy removal of restoration for different reasons is the most advantageous characteristics of this type of fixing the restoration to the abutment. In the cases where there is a small intraocclusal space, i.e. short anatomic crowns, the only appropriate solution is to indicate screw-retained restoration. On the other side, limits in designing the occlusal surface of the restoration and aesthetics are deficiencies for sure. Many clinical studies have reported breaking or loosing the fixation screw as the most often problem that may occur [1, 8, 9].

On the other hand, when the intraocclusal space is bigger, or the patient has high aesthetic demands, cement-retained restoration can be an alternate option, to screw-retained, for fixing restorations on implant abutments [1, 10, 11, 12]. Factors that influence the size of separation force, i.e. retention force, of cement-retained restorations on abutments are: taper of axial surfaces [13], length of the

abutment, surface roughness and type of cement [14–17]. There are two major groups of cements used in implant prosthetics: temporary cements and cements for permanent bonding. Temporary cements, as its name says, are made for temporary fixation, and their retention force is small. Cements for permanent bonding have higher value of retention force and they are made for definite fixing of the restoration to the abutment.

If we accept that cementing restoration to abutment is an easier technological procedure, than the next question should be what type of cement to choose. Maeyama et al. [18] measured the retentive force (separating the metal core from the abutment, *the Nobel Biocare Easy Abutment*) of different types of cements (temporary zinc-oxide-eugenol cement and cements for permanent bonding: zinc-phosphate, glass-ionomer, fiber-reinforced glass-ionomer and composite resin). Results of the research showed that the retentive force of all cements belongs to three different groups: 1. Temporary cements (56N), 2. Zinc-phosphate cement and glass-ionomer cement (132–158N), 3. Fiber reinforced and composite resin cements (477N).

Similar experiment was done by Mansour et al. [17] who measured retentive force of abutments on ITI implants (*solid abutment*) and metal caps made by casting plastic burn-out caps that were cement retained with six different types of cements. Absolute values in this experiment were a little bit lower because of different methodology of measuring. The lowest value of the retentive force (31.8N) had temporary cement (Temp Bond NE), and the highest (365.3N) composite resin cement (Panavia 21).

Valuable experiment was done by Dudley et al. [14] who measured retentive force between restorations and Straumann synOcta implant abutments using different types of cements: TempBond NE, Ketac Cem and Panavia F that were submitted to artificial aging (thermo cycling by ISO 11405:1995). Absolute values of retentive force were compatible with already known literature data. The value of retentive force of Panavia F cement decreased with growing number of thermo cycles, while the values of Ketac Cem and TempBond NE cements increased. The fact that temporary cement (TempBond NE), after 10.000 cycles (which suits the function of masticatory muscles during a period of one year), showed four times higher retentive force has significant clinical application.

In large *in vitro* study Sheets et al. [19] examined the retentive force of single crowns cemented on abutments. Eleven different cements (eight for temporary and three for permanent bonding) were tested. Each one of them was submitted to ten cycles. The conclusion was that most of them fulfilled minimum of the requests. Authors explained findings as result of limitations of *in vitro* studies (degradation of cement over time in real conditions, high SD, base alloy – Rexillium III that was used for making caps had inferior mechanical characteristics comparing to noble Au alloys and others).

The aim of this study was to assess retentive forces of different cements used for fixing implant restorations to abutments.

## MATERIAL AND METHODS

Methodology of the experiment was based on experimental setups used in literature [3, 5, 10, 11, 20, 21] for easier comparison of obtained results.

The implant system used was *Nobel Biocare* system. The force necessary to separate the restoration (metal cap) from the abutment (*Easy abutment*), which was fixed with a screw to the implant replica (*Nobel Biocare, Implant Replica NobRpl RP*), was measured. Original parts of this system and all spare parts recommended by the manufacturer (plastic burn-out caps, *GC Patern Resin* etc.) were used.

Restorations (caps) were casted from a Co,Cr,Mo alloy (Wironit extrahard, Bego, Germany). They were cemented on abutments with different types of cements: Zinc phosphate cement (Hoffmann's, Germany), Zinc polycarboxylate cement (Harvard, Germany), Glass-ionomer cement (JC Fuji CEM 2, Japan), Temporary cement made specially for implants, for conditionally permanent cementation (Multilink Implant, Ivoclar Vivadent), Composite resin cement (3M, Espe). Each type of cement represented different group and each group had 7 samples. In total there were 35 measurements performed.

The abutment (*Easy abutment*) was screwed to the implant replica (*Nobel Biocare, Implant Replica NobRpl RP*), with a torque of 35 N/cm. The hole in the abutment was closed with the original rubber disc. The plastic burn out cap (*Plastic Coping*) was placed as a base of a future restoration, with retention for testing machine. The sprue, placed from a surveyor in vertical direction, was used as retention. That sprue was modeled to fit the clamp of testing machine (Figure 1).

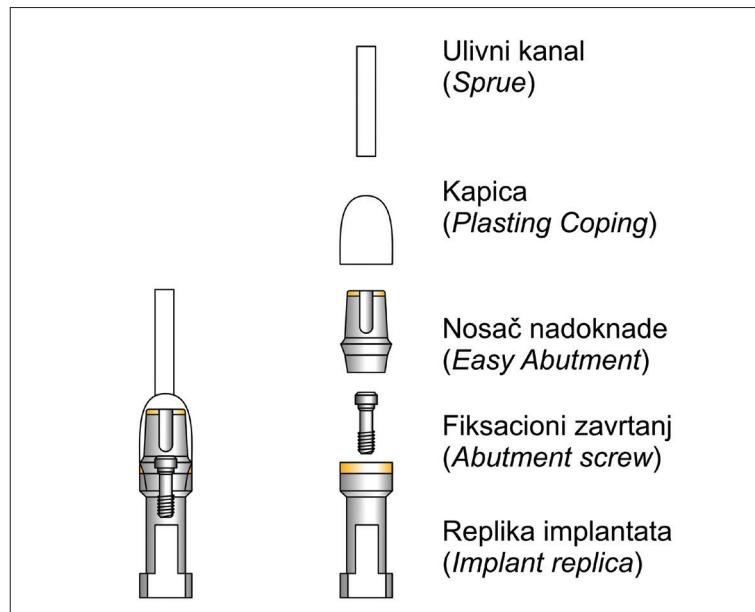
Restorations (metal caps) were cemented on the abutments with standard procedure. Separation force measurements of the metal cap from the abutment were performed on a universal testing machine Instron 1332, using the dynamometer of 500N, at the laboratory for testing the materials of the Faculty of Technology and Metallurgy University of Belgrade (Figures 2 and 3). During the test, continuous data collecting was done using the A/D card National Instruments NI PCI-6250, and software package LabVIEW (Figure 4).

## RESULTS

The forces required to separate (retentive forces) metal copings from abutments fixed with different cements, are given in the Table 1.

## DISCUSSION

Cement dissolving due to microleakage is one of the main complications of cement retained conventional restorations that can lead to losing the abutment teeth. Cement retained restorations on implants have similar complications. However, the basic difference is that metal



**Figure 1.** Schematic view of the implant replica, abutment and substructure with retention for testing machine

**Slika 1.** Šematski prikaz replike implantata, nosača nadoknade i substrukture sa retencijom za hvataljku mosta kidalice



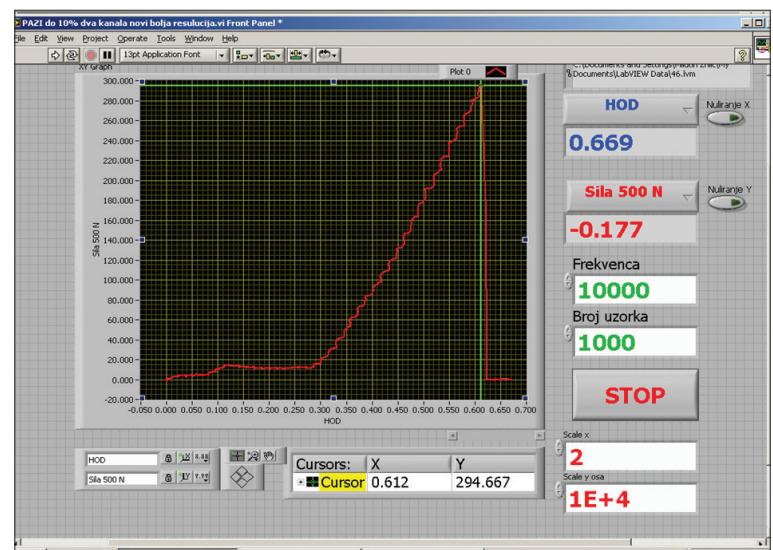
**Figure 2.** Universal testing machine with the clamps used to measure the separation force

**Slika 2.** Izgled univerzalne servohidraulične kidalice sa hvataljkama na kojoj je merena sila razdvajanja



**Figure 3.** Detail of the universal testing machine just before the separation of metal cap from the abutment

**Slika 3.** Detalj univerzalne servohidraulične kidalice neposredno pre odvajanja metalne kapice od nosača nadoknade



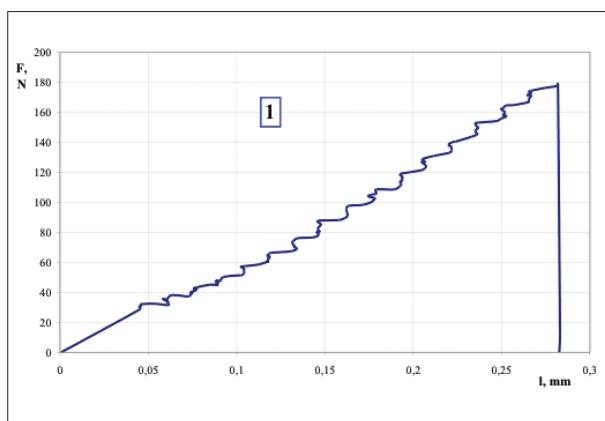
**Figure 4.** Measured parameters followed on the screen of a computer connected with the universal testing machine Instron 1332

**Slika 4.** Parametri merenja praćeni na ekranu računara povezanog sa univerzalnom kidalicom Instron 1332

**Table 1.** Retentive force between metal copings and abutments cemented with different cements

**Tabela 1.** Retencionra sila razdvajanja metalne kapice i nosača nadoknade cementirane različitim cementima

Cement	Brand name/Manufacturer Komercijalno ime/Proizvođač	n	X <sub>mv</sub> (N)	x <sub>min</sub> (N)	x <sub>max</sub> (N)	SD
Zinc phosphate cement Cink-fosfatni cement	Hoffmann's, Germany	7	174	93	334	62.73
Zinc polycarboxylate cement Cink-polikarboksilatni cement	Harvard, Germany	7	256	223	341	41.87
Glass-ionomer cement Glas-jonomerni cement	GC Fuji CEM 2, Japan	7	264	198	302	38.10
Temporary cement Privremenii cement	Multilink implant, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	7	59	33	118	37.48
Composite resin cement Kompozitni cement	3M, Espe, USA	7	275	201	358	44.40



**Figure 5.** By slow loading, the stress is developed in the cements for permanent fixing, leading to slight stretching (0.1–0.2 mm) and then sudden break of cement.

**Slika 5.** Pri postepenom opterećenju razvijaju se naponi u cementu za trajno vezivanje koji dovode do neznatnog istezanja cementnog filma (0,1–0,2 mm) i onda do naglog loma cementa.

or ceramic abutment cannot get decay, so the risk of this type of complication is smaller.

Choosing adequate cement was done based on literature data and experience of the Clinic of Prosthodontics at the School of Dental Medicine, Belgrade. Cement for temporary bonding the substructures on implants (Multilink Implant, Ivoclar Vivadent) was specially developed for this purpose. In the literature it can also be found as zinc-oxide-eugenol cement, as an option for temporary cementation of implant restorations. Our pilot study showed extremely low values of retentive forces of this type of cement; therefore it was not included on our experiment.

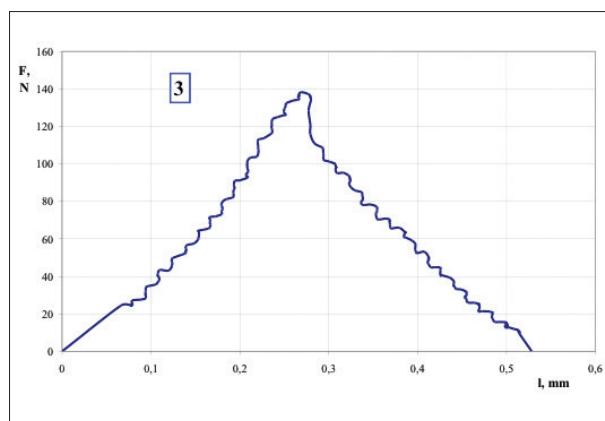
Sprues were placed in vertical direction on the survey in all specimens without changing the position of the vertical and horizontal handle of the survey. In the pilot study, on one sample, the sprue was placed at acute angle. Breakout force of that specimen was significantly higher compared to the breakout force where sprues were placed in vertical direction.

There are many studies available in the literature that measured the retentive force of temporary cements and cements for permanent bonding. Interesting studies are those where the petroleum jelly or self-cured resin was added as filler particles to the commercial cements. While petroleum jelly slightly reduced retentive force, self-cured resin in some specific cases (Zn-phosphate cement) increased the retentive force.

Regardless of different opinions about fixing restorations to implant abutments, Misch et al. [11] described the advantages of cement retained implant restorations:

- Passive fitting of the restoration;
- Designing the occlusal surface that allows axial transmission of pressure;
- Easier laboratory manufacturing;
- Shorter working time in the office and
- Better esthetics.

Results of the current study are in accordance with results of Maeyame et al. [9], Mansour A et al. [10] and Pourhmarri et al. [17]. The highest retentive force was



**Figure 6.** By slow loading, the stress is developed, firstly leading to stretching of cement film (0.2–0.3 mm), and then slight detachment of the metal cap from the implant replica.

**Slika 6.** Pri postepenom opterećenju razvijaju se naponi, koji prvo dovode do istezanja cementnog filma (0,2–0,3 mm), a zatim dolazi do laganog odvajanja kapice od replike.

shown with composite resin cement [22, 23, 24]. As expected, the lowest retentive force was shown with temporary cement. In the current experiment, specially designed cement for temporary fixing of implant restorations on the abutments - Multilink Implant cement was used. Values of separation force of a metal cap from the abutment were  $X_{mv}$  59 N. According to the literature data, all cements for temporary bonding showed the lowest values, which goes from 31 N to 56 N.

Modern testing that was used in the current experiment for measuring forces, beside the values of the separation force, can show the nature of separation. All cements for permanent fixation showed almost the same nature of separation. By slow loading, stress developed, leading to slightly stretching the cement (0.1–0.2 mm) and then, sudden break of cement (Figure 5).

Temporary cement showed different nature of separation. By slow loading, stress developed, which firstly lead to the stretching of the film (0.2–0.3 mm), after which slight detachment of the metal cap from the implant replica happened (Figure 6). This was explained by lower modulus of elasticity of temporary cement likely caused by polymer compound that was one of the ingredients in the temporary cement.

## CONCLUSION

Separation forces of metal caps cemented to the implant replica depend on the type of cement. Temporary cements had the lowest retentive force and they were suitable for temporary bonding. Composite resin, zinc-phosphate, zinc-polycarboxylate and glass-ionomer cements have great retentive force that can fix restoration to the abutment for a long period of time. Due to the high values of separation forces, but also other well known characteristics, composite resin and glass-ionomer cements should be given the advantage, depending on the type of restoration, for permanent bonding of the restorations to the implant abutment.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to professor Milorad Zrilić and Dr. Pavle Spasojević, from the Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, for help with the use of universal testing machine and generous assistance in the implementation, monitoring and interpretation of results.

## CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

## REFERENCES

1. Bhoyer A, Jain A, Parlani S, Pandey H. Selection of luting agent in implant retained prosthesis. A review. *Int J Oral Health Dent.* 2016; 2(1):19–25.
2. Bresciano M, Schierano G, Manzella C, Screti A, Bignardi C, Preti G. Retention of luting agents on implant abutments of different height and taper. *Clin Oral Implants Res.* 2005; 16(5): 594–8.
3. Stamenković D, Todorović A. Nadoknade na implantatima. U: Jurišić i sar. Oralna implantologija. Beograd: Stomatološki fakultet; 2008. p. 157–93.
4. Dudley JE, Richards LC, Abbott JR. Retention of cast crown coping cemented to implant abutments. *Austr Dent J.* 2008; 53(4):332–9.
5. Gultekin P, Gultekin BA, Aydin M, Yalcin S. Cement selection for implant-supported crowns fabricated with different luting space settings. *J Prosthodont.* 2013; 22(2):112–9.
6. Yu H, Zheng M, Chen R, Cheng H. Proper selection of contemporary dental cements. *OHDM.* 2014; 13(1):54–9.
7. Lee MY, Heo SJ, Park EJ, Park JM. Comparative study on stress distribution around internal tapered connection implants according to fit of cement- and screw-retained prostheses. *J Adv Prosthodont.* 2013; 5(3):312–8.
8. Kapoor R, Singh K, Kaur S, Arora A. Retention of implant supported metal crowns cemented with different luting agents: A Comparative *in vitro* study. *J Clin Diagn Res.* 2016; 10(4):ZC61–4.
9. Maeyama H, Sawase T, Jimbo R, Kamada K, Suketa N, Fukui J, et al. Retentive strength of metal copings on prefabricated abutments with five different cements. *Clin Impl Dent Relat Res.* 2005; 7(4):229–34.
10. Mansour A, Ercoli C, Graser R, Tallents R, Moss M. Comparative evaluation of casting retention using the ITI solid abutment with six cements. *Clinical Oral Implants Res.* 2002; 13(4):343–8.
11. Misch CE. *Dental Implant Prosthetics.* St Louis: Elsevier Mosby; 2005. p. 446–8.
12. Marchan S, Coldero L, Whiting R, Barclay S. *In vitro* evaluation of the retention of zirconia based ceramic posts luted with glass ionomer and resin cements. *Braz Dent J.* 2005; 16(3):213–7.
13. Modi R, Mittal R, Kohli S, Singh A, Sefa I. Screw versus cement retained prosthesis: A review. *Int J Adv Health Sci.* 2014; 1(6):26–32.
14. Nematollahi F, Beyabanaki E, Alikhasi M. Cement selection for Cement-Retained Implant-Supported Prostheses: A Literature Review. *J Prosthodont.* 2016; 25(7):599–606.
15. Pan YH, Ramp LC, Lin CK, Liu PR. Retention and leakage of implant-supported restorations luted with provisional cement: a pilot study. *J Oral Rehabil.* 2007; 34 (3):206–12.
16. Patel B, Patel V, Ramesh TR, Soundharya A. Effect of modified cementation technique on marginal fit and apical spread of excess cement for implant restorations: An *in vitro* study. *J Dent Res Rev.* 2016; 3:8–12.
17. Pourahmari A, Ozkan YK, Kazzazoglu E. Evaluation of different types of cement in full arch implant fixed partial prosthesis. *Balk J Stom.* 2010(14):59–63.
18. Sailer I, Mühlmann S, Zwahlen M, Hämerle CHF, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complications rates. *Clin Oral Implants Res.* 2012; Suppl 6:163–201.
19. Sheets JL, Wilcox C, Wilwerding T. Cement selection for cement-retained crown technique with dental implants. *J Prosthodont.* 2008; 17(2):92–6.
20. Sheriff S, Susaria HK, Kapos T, Munoz D, Chang BM, Wright RF. A systematic review of screw - versus cement-retained implant-supported fixed restorations. *J Prosthodont.* 2014; 23(1):1–9.
21. Shetty S, Garg A, Shenoy KK. Principles of screw-retained and cement-retained fixed implant prosthesis: a critical review. *J Interdisc Dent.* 2014; 4(3):123–7.
22. Wittneben JG, Millen C, Brägger U. Clinical Performance of screw vs. cement-retained fixed implant-supported reconstructions – A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014; 29 Suppl:84–98.
23. PanYH, Lin TM, Liu PR, Ramp LC. Effect of luting agens on retention of dental implant-supported prostheses. *J Dent Implantol.* 2015; 41(5):596–9.
24. Maeyama H, Sawase T, Jimbo R, Kamada K, Suketa N, Fukui J, et al. Retentive strength of metal copings on prefabricated abutments with five different cements. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005; 7(4):229–34.

Received: 01.02.2019 • Accepted: 15.05.2019

# Izbor cementa za fiksiranje nadoknada na implantatima

Dejan Stamenković, Aleksandar Todorović

Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Klinika za stomatološku protetiku, Beograd, Srbija

## KRATAK SADRŽAJ

**Uvod** Kod dovoljno velikog međuviličnog prostora i kod estetski zahtevnih pacijenata fiksiranje zubne nadoknade na implantatima cementom je metoda izbora. Cilj rada je da se na osnovu merenja sile razdvajanja zubne nadoknade od nosača nadoknade, cementirane različitim cementima, utvrde vrednosti retencionalnih sila za različite vrste cemenata.

**Metode** Merena je sila razdvajanja nadoknade od nosača nadoknade, koji je fiksiran zavrtnjem za repliku implantata. Zubne nadoknade izlivene su od Co-Cr legure. Nadoknade su cementirane za nosače nadoknada sa pet različitih cemenata. Svaka vrsta cementa predstavljala je posebnu grupu. Merenja svake grupe su obavljana na sedam uzoraka.

**Rezultati** Kompozitni, glas-jonomerni i karboksilatni cementi su pokazali približno iste vrednosti retencione sile (256–275 N), dok su cink-fosfatni cementi imali nešto manju retencionalnu силу (174 N). Privremeni cementi su pokazali značajno nižu retencionalnu силу (59 N). Svi cementi za trajno vezivanje su pokazivali gotovo istovetnu prirodu razdvajanja. Pri postepenom opterećenju razvijaju se naponi u cementu koji dovode do neznatnog istezanja cementnog filma i naglog loma cementa. Pri postepenom opterećenju privremeni cementi razvijaju napone koji prvo dovode do istezanja cementnog filma, a zatim do laganog odvajanja od replike implantata.

**Zaključak** Privremeni cementi imaju najmanju retencionalnu силу i pogodni su za privremena cementiranja. Kompozitni, glas-jonomerni, karboksilatni i cink-fosfatni cementi daju veliku retencionalnu силу koja može trajno fiksirati zubnu nadoknadu za nosač implantata. Zbog velike sile razdvajanja, ali i zbog poznatih dobrih osobina, kompozitnim cementima treba dati prednost u cementiranju zubnih nadonada na implantatima.

**Ključne reči:** cementi; sila razdvajanja; zubne nadoknade na implantatima

## UVOD

Suština ugradnje implantata je stvaranje mogućnosti za izradu zubne nadoknade. Na ugrađeni implantat se postavlja nosač nadoknade koji nosi zubnu nadoknadu. Zubna nadoknada na implantatima treba da ispunjava sve funkcionalne, estetske ali i profilaktičke zahteve savremene stomatološke protetike. Zubne nadoknade na implantatima se po načinu prenosa pritska dele na: implantatno nošene nadoknade, mešovito nošene naoknade i gingivalno nošene nadoknade. Najkomforntije su, i za pacijenta najprihvatljivije, svakako, implantatno nošene nadoknade. Ove nadoknade se mogu fiksirati za nosače nadoknade na više načina: fiksacionim zavrtnjima, cementiranjem, atečmenima, magnetima i dvostrukim krunama. Najčešće primenjivani načini fiksacije su cementiranje i fiksacija zavrtnjima. Fiksiranje zubne nadoknade za nosač nadoknade cementom ili fiksacionim zavrtnjem je podelilo stručnu javnost.

Vezivanje zubne nadoknade za implantate fiksacionim zavrtnjima ima dugu tradiciju. Sila zatezanja zavrtnja (obrtni momenat) konvertuje se u napon naprezanja zavrtnja (25–35 Ncm), koji drži dva elementa (nosač nadoknade i nadoknadu) zajedno [1–5]. Tačke oslonca momenata sila se najčešće opisuju na kontaktu nosača nadoknade i glave implantata. U slučajevima idealnog naleganja nosača nadoknade na glavu implantata tačka oslonca je cela dodirna površina glave implantata i nosača nadoknade. U tim slučajevima je i prenos pritska sa nadoknade preko nosača nadoknade na implantat vertikalno, tj. najpovoljniji.

U praksi se ne sreće često potpuno i pasivno naleganje nosača nadoknade na glavu implantata, već se sreću mikropukotine koje ukazuju da naleganje nosača nadoknade nije pasivno. Rutinsko Rdg snimanje upozorava na ovu pojavu. Kao posledica greške da nosač nadoknade ne naleže potpuno i pasivno na glavu implantata je pojava većih ili manjih momenata sila [6, 7].

Mogućnost povremenog skidanja zubne nadoknade u cilju prevencije i terapije mekih tkiva, ali i manjih intervencija na nadoknadi, svakako su prednosti ovog tipa vezivanja nadoknade

za nosače nadoknada. Prednost fiksacionim zavrtnjima treba dati u slučajevima malog interokluzionog prostora, odnosno kratkih kliničkih kruna. Sa druge strane, limiti u dizajnu okluzalnog kompleksa i estetika su svakako nedostaci. Mnoge kliničke studije ukazuju da je gubitak fiksacionog zavrtnja najčešći problem [1, 8, 9].

Kod dovoljno velikog međuviličnog prostora i kod estetski zahtevnih pacijenata fiksiranje zubne nadoknade cementom je metoda izbora [1, 10, 11, 12]. Faktori koji utiču na veličinu sile razdvajanja, odnosno retencione sile, cementiranjem zubnih nadoknada na implantatima su: koničnost aksijalnih površina [13], dužina nosača nadoknade, obrada površine, tip cementa [14–17]. Postoje dve velike grupe cemenata u implantnoj protetici: privremeni cementi i cementi za trajno vezivanje. Privremeni cementi se primenjuju za privremeno vezivanje i njihova snaga vezivanja je mala. Cementi za trajno vezivanje imaju veliku snagu vezivanja i njihova indikacija je trajno vezivanje zubnih nadoknada.

Ako prihvativimo činjenicu da je fiksiranje zubnih nadoknada za nosače nadoknade cementom tehnički jednostavnija procedura, onda je sledeće pitanje koje nam se nameće izbor cementa. Literatura je bogata radovima na ovu temu. U redovima koji slede iznećemo najčešće citirane referencе.

*Maeyama i sar. [18]* merili su retencionalnu силу (odvajanje metalne kapice od nosača nadoknade) različitih vrsta cemenata (privremeni ZnOE cement i cementi za definitivno cementiranje: cink-fosfatni, glas-jonomerni, vlaknima ojačan glas-jonomerni i kompozitni cement). Rezultati istraživanja pokazuju da se retencionalna sila svih cemenata može svrstati u tri grupe: privremeni cementi (56 N), cink-fosfatni i glas-jonomerni cementi (132–158 N) i smolom ojačani i kompozitni cementi (477 N).

Sličan eksperiment izveli su i *Mansour i sar. [17]* mereći retencionalnu силу nosača nadoknade ITI implantata i metalnih kapica dobijenih livenjem plastičnih kapica cementiranih sa šest različitih cemenata. Apsolutne vrednosti su u ovom eksperimentu bile nešto manje zbog različite metodologije merenja. Najmanju vrednost retencionalne sile (31,8 N) imao je privremeni

cement (*Temp Bond NE*), a najveću retencionu silu (365,3 N) kompozitni cement (*Panavia 21*).

Vredan eksperiment obavili su i *Dudley* i sar. [14] ispitujući retencionu silu različitih cemenata. *Straumann synOcta* nosač nadoknade cementirani *TempBond NE*, *Ketac Cem* i *Panavia F* cementom podvrgnuti su veštačkom starenju (termocikliranju prema ISO 11405:1995). Apsolutne vrednosti retencione sile su bile saglasne sa već opisanim literaturnim podacima. Eksperiment koji je simulirao uslove u ustima pokazao je da vrednost retencione sile kod cementa *Panavia F* opada sa brojem termociklusa, dok vrednosti cemenata *Ketac Cem* i *TempBond NE* rastu. Značajnu kliničku primenu ima činjenica da cement za privremeno cementiranje (*TempBond NE*), posle 10.000 ciklusa (odgovara jednogodišnjoj funkciji mastikatornih mišića), ima oko četiri puta veću retencionu silu razdvajanja na kraju eksperimenta u poređenju sa vrednostima dobijenim na početku eksperimenta.

U veoma obimnoj *in vitro* studiji *Sheets* i sar. [19] ispitivali su retencionu silu pojedinačnih krunica cementiranih za nosače nadoknada. Studija je obuhvatila testiranje 11 različitih cemenata (osam cemenata za privremeno i tri cimenta za definitivno cementiranje). Broj ponavljanja za svaki cement bio je 10. U zaključku, autori naglašavaju da je teško preporučiti najbolji cement, jer većina ispunjava minimum zadatih zahteva. Ovako oprezen stav autori objašnjavaju limitom *in vitro* studija (degradacija cementa u funkciji vremena u realnim uslovima, velika SD, bazna legura – *Rexillum III* koja je korišćena za izradu kapica lošijih je mehaničkih karakteristika u poređenju sa plemenitim Au legurama i dr.).

Cilj ovog rada je da se na osnovu pregleda literature i merenja sile razdvajanja zubne nadoknade od nosača nadoknade, cementirane različitim cementima, utvrde vrednosti retencionih sile za različite vrste cemenata i dâ preporuka za izbor cementa.

## MATERIJAL I METOD

Materijal i metod eksperimenta su dizajnirani po ugledu na najčešće citirane eksperimente [3, 5, 10, 11, 20, 21] radi mogućeg poređenja i diskusije dobijenih rezultata sa literaturnim podacima.

Za istraživanje je odabran sistem *Nobel Biocare*. Merena je sila razdvajanja nadoknade (metalne kapice) od nosača nadoknade (*Easy abutment*), koji je fiksiran zavrtnjem za repliku implantata (*Nobel Biocare, Implant Replica NobRpl RP*). Korišćeni su originalni delovi sistema i fabrički preporučeni pomoći materijali (plastične kape za livenje, *GC Patern Resin* i dr.).

Zubne nadoknade (kapice) izlivene su od legure Co-Cr-Mo (*Wironit extrahard*, *Bego, Germany*). Nadoknada je cementirana za nosač nadoknade različitim cementima: cink-fosfatnim cementom (*Hoffmann's, Germany*), karboksilatnim cementom (*Harvard, Germany*), glas-jonomernim cementom (*JC FujiCEM 2, Japan*), namenskim privremenim cementom za uslovno trajno cementirane implantata (*Multilink Implant, Ivoclar Vivadent*) i kompozitnim cementom (*3M, Espe*).

Svaka vrsta cementa predstavljala je posebnu grupu. Merenja svake grupe su obavljena na sedam uzoraka. Ukupno je obavljeno 35 merenja.

Za repliku implantata (*Nobel Biocare, Implant Replica NobRpl RP*) zavrtnjem (*Abutment screw*) pričvršćen je nosač na-

doknade (*Easy abutment*), pod naponom naprezanja zavrtnja od 35 Ncm. Otvor nosača nadoknade zatvoren je originalnim gumenim diskom. Na nosač nadoknade je postavljena plastična kapica, kao osnova buduće krunice, sa retencijom za kidalicu. Kao retencija je korišćen ulivni kanal postavljen u paralelometru iz vertikalnog pravca. Ulivni kanal je modelovan tako da odgovara hvataljci mosta kidalice (Slika 1).

Zubne nadoknade (metalne kapice) cementirane su za nosače nadoknade standardnom procedurom. Merenja sile razdvajanja metalne kapice od nosača nadoknade obavljena su na univerzalnoj servohidrauličkoj kidalici *Instron 1332*, uz upotrebu silomera od 500 N, u Laboratoriji za ispitivanja materijala Tehnološko-metallurškog fakulteta, slike 2 i 3. Tokom ispitivanja obavljano je stalno prikupljanje podataka A/D karticom *National Instruments NI PCI-6250* korišćenjem softverskog paketa *LabVIEW* (Slika 4).

## REZULTATI

Rezultati merenja sile razdvajanja (retencione sile) zubne nadoknade (metalne kapice) od nosača nadoknade cementirane različitim cementima date su u Tabeli 1.

## DISKUSIJA

Rastvaranje cementa usled lošeg rubnog zatvaranja je osnovna komplikacija cementiranja konvencionalnih zubnih nadoknada koja može dovesti do gubitka zuba nosača nadoknade. Zubne nadoknade cementirane na implantatima imaju slične komplikacije. Ipak, osnovna razlika je u tome što se metalni ili keramički nosač nadoknade ne rastvara i opasnost od ovakve vrste komplikacija je ovde manja.

Pri izboru cementa rukovodili smo se literaturnim podacima i iskustvom Klinike za stomatološku protetiku Stomatološkog fakulteta. Cement za privremeno fiksiranje suprastruktura na implantatima – *Multilink* posebno je dizajniran upravo za ovu namenu. U literaturi je opisan i *ZnOE* cement, kao sredstvo za privremeno fiksiranje zubnih nadoknada na implantatima. Naša pilot-studija je pokazala izuzetno niske vrednosti retencione sile kod suprastruktura vezanih ovim cementom, pa stoga ovaj cement nije uključen u eksperiment.

Ulivni kanali su postavljeni iz vertikalnog pravca u paralelometru. Ulivni kanali svih uzoraka su postavljeni iz istog pravca ne pomerajući položaj vertikalne i horizontalne ručice paralelometra. Ovaj način postavljanja ulivnih kanala u saglasnosti je sa literaturnim podacima. U pilot-studiji na jednom uzorku postavili smo ulivni kanal pod oštrim uglom u odnosu na vertikalu. Sila kidanja tog uzorka bila je značajno veća od sile kidanja uzoraka gde su ulivni kanali postavljeni iz vertikalnog pravca.

Obavljena su mnoga merenja retencione sile cementima za privremeno i definitivno cementiranje. Interesantni su eksperimenti koji su komercijalnim cementima dodavali vazelin ili autopolimerizujuće smole kao punioce. Dok vazelin blago redukuje retencionu silu privremenih cemenata, autopolimerizujuće smole samo u nekim slučajevima (cink-fosfatni cement) pojačavaju retencionu silu.

Iako su mišljenja o načinu vezivanja zubne nadoknade za nosače nadoknade na implantatima podeljenja, autorima ovog

rada najbliže je mišljenje koje ima *Misch* [11] da izbor veze treba da bude cement, jer za to postoji nekoliko razloga:

- pasivno naleganje zubne nadoknade;
- modelovanje okluzalne površine koja će omogućiti aksijalni prenos pritiska;
- jednostavnija laboratorijska izrada;
- kraće vreme kliničkog rada i
- bolja estetika.

Dobijene vrednosti sila razdvajanja metalne kapice od replike implantata cementirane različitim cementima u saglasnosti su sa rezultatima koje su prikazali *Maeyama* i sar. [9], *Mansour* i sar. [10] i *Pourahmari* i sar. [17]. Najveću retencionu silu, prema literaturnim podacima, imaju kompozitni cementi [22, 23, 24].

Prema očekivanjima, najmanju retencionu silu pokazali su privremeni cementi. U našim istraživanjima kao privremeni cement korišćen je specijalno dizajniran cement za fiksiranje zubnih nadoknada na implantatima – implantni cement Multilink. Mi smo dobili vrednost sile razdvajanja metalne kapice od abatmenta od  $X_{mv}$  59 N. U literaturi su svi cementi za privremeno cementiranje pokazivali najmanje vrednosti, koje su se kretale od 31 N do 56 N.

Savremena kidalica koju smo koristili za merenje sila, pored vrednosti razdvajanja sklopa, pokazivala je i prirodu razdvajanja. Svi cementi za trajno vezivanje pokazivali su gotovo istovetnu prirodu razdvajanja. Pri postepenom opterećenju razvijaju

se naponi u cementu koji dovode do neznatnog istezanja cementnog filma (0,1–0,2 mm) i naglog loma cementa (Slika 5).

Cement za privremeno cementiranje pokazao je drugačiju prirodu razdvajanja metalne kapice od nosača nadoknade fiksirane za repliku implantata. Pri postepenom opterećenju razvijaju se naponi u cementnom filmu koji prvo dovode do istezanja cementnog filma (0,2–0,3 mm) pri maksimalnom opterećenju, a zatim ne dolazi do naglog pucanja cementnog filma već do laganih odvajanja kapice od replike (Slika 6). Ovakvo ponašanje cementnog filma za privremeno cementiranje tumači se manjim modulom elastičnosti, koje potiče, verovatno, od polimernih jedinjenja koja su deo recepture cemenata za privremeno cementiranje.

## ZAKLJUČAK

Merenje sile razdvajanja metalne kapice od nosača nadoknade fiksirane za repliku implantata pokazalo je da retencionu silu zavisi od vrste cementa. Privremeni cementi imaju najmanju retencionu silu i pogodni su za privremena cementiranja. Kompozitni, cink-fosfatni, karboksilatni i glas-jonomerni cementi daju veliku retencionu silu koja može fiksirati zubnu nadoknadu za nosač implantata u dužem periodu. Zbog velike sile razdvajanja, ali i zbog poznatih dobrih osobina, kompozitnim cementima treba dati prednost u definitivnom cementiranju zubnih nadoknada na implantatima.

# Magnetron sputtering methods for surface modification of shape memory alloys for applications in orthodontics and endodontics

Vukoman Jokanović<sup>1,2</sup>, Božana Čolović<sup>2</sup>, Bojana Ćetenović<sup>2</sup>, Slavoljub Živković<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ALBOS d. o. o, Belgrade, Serbia;

<sup>2</sup>Institute of Nuclear Sciences "Vinča", Belgrade, Serbia;

<sup>3</sup>University of Belgrade, Faculty of Dentistry, Department for Restorative Dentistry and Endodontics, Belgrade, Serbia

## SUMMARY

Various magnetron-sputtering methods for surface modification of shape memory alloys (SMA) are described in this paper. These methods belong to the most effective methods, which enable mechanical reinforcing of the SMA, showing numerous advantages over conventional methods of electro-polishing. In addition, surface modified SMA, particularly with equiatomic TiNi coatings, is crucial for further development of various endodontic instruments; wires and brackets used for orthodontic teeth movements. Active coatings with bactericide properties and coatings that can be used as barrier for release of toxic Ni ions from the bulk body of SMA obtained by various magnetron-sputtering methods can be successfully combined. Therefore, the review of these methods is given in this paper, with their main characteristics and drawbacks.

Magnetron sputtering deposition involves surface modification of SMA in a single-layer, multilayer, graded layers, and nanocomposite thin coatings for obtaining systems with superior "functional" characteristics. These are hardness, scratch, abrasion, and erosion resistance, improved adhesion to various technologically important substrate materials such as polymers, hydrophobicity or hydrophilicity, long-term chemical, thermal, and environmental stability, gas and vapor impermeability, and others. This paper is critical review of the advances in the development of magnetron sputtering modified SMA products in dentistry, with in advance predictable physicochemical, structural and antimicrobial properties.

**Key words:** magnetron sputtering; shape memory alloys; surface modification

## INTRODUCTION

Various magnetron-sputtering methods are developed at industrial level during last several decades [1]. Recent advances particularly in low pressure magnetron sputtering processing have greatly increased the interest for fabrication of various thin films [2]. The main reason for such interest is high extent of the diversity of plasma processes and particularly the coatings on the surface of various materials, including SMA to obtain materials and instruments with superior characteristics [3, 4]. This can be achieved by tailoring energetic interaction between the plasma and the surface, by using bias-controlled or pulsed plasma techniques. In addition, the absence of sharp transition between various interfaces leads to uniform distribution or compensation on internal stresses, in gradient thin coatings, which generally leads to enhanced adhesion and mechanical integrity of such products [5]. Additionally, different substrate shapes can be uniformly coated, including flat, hemispherical, cylindrical shapes, the interior of tubes, etc., with significantly improved mechanical properties in comparison with conventional method of electro polishing. These methods allow deposition of very thin films, with

controlled depth, which is essentially important for SMA instruments and tools in orthodontics and endodontics [6]. The objective of the current given paper is to critically review the advances of various magnetron-sputtering processes in obtaining products with desirable properties.

Therefore, several magnetron-sputtering methods are analyzed from the aspect of their mechanisms and potential application in dentistry, as one of the very important area of their further application. Particular attention is paid to films' structure - property relationships, their functional characteristics, and their performance on the SMA substrates, with various details related to the existence of an interphase between SMA and magnetron sputtering coatings and its consequences on the mechanical and other functional properties of so modified surfaces of such alloys.

## GENERAL CONSIDERATIONS OF MAGNETRON SPUTTERING METHODS

Magnetron sputtering belongs to physical vapor deposition techniques for producing coatings in vacuum conditions [1]. There are two kinds of these techniques. One

of them involves thermal evaporation [7], where material is heated in vacuum until its vapor pressure becomes greater than ambient pressure and the second involves ion sputtering during which the high energy ions hit a solid and implant inside of the thin layers of materials, used as target [1, 3]. Previously frequently used method of cathodic sputtering [8] has recently been overcome due to its low rate of deposition and low efficiency. Magnetron sputtering shows numerous advantages compared to other methods due to its high rate of coatings deposition that enables deposition of diverse coatings metal, alloys, or ceramic oxide and non-oxide on the surface of various materials, reaching sometimes the thicknesses up to 5 µm.

### BASIC MAGNETRON SPUTTERING MECHANISM

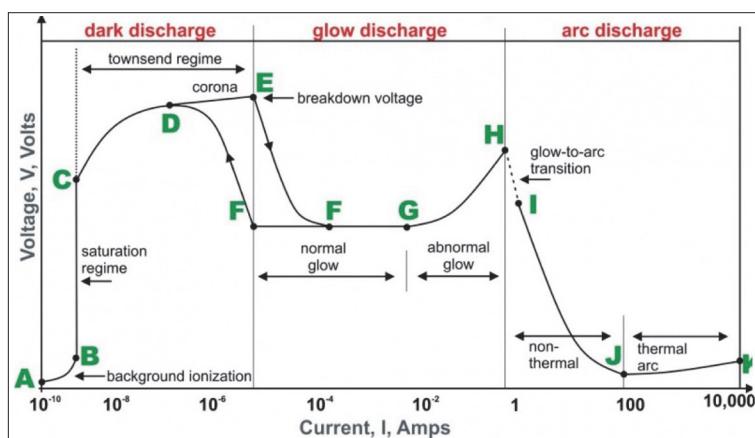
As it is well known, magnetron sputtering is complement method to coatings deposition by other vacuum techniques, like thermal evaporation and electron beam evaporation [1]. Sputtering is the process in which atoms or molecules are ejected from the target surface by bombardment of positive ions, frequently Ar<sup>2+</sup>. This process must be derived in vacuum or in the conditions of very low pressure, because only in these conditions it is possible to prevent numerous collisions between atoms after their ejection from the target [9]. Therefore, the working pressures of these devices are less than 1 Pa, or 10<sup>-2</sup> mbar.

As already said, sputtering is the process in which molecules or atoms of target material, during its bombardment with high-energy particles are separated from the material. In magnetron sputtering target is bombarded with positively charged ions generated by the electrical discharge in the gas. During bombardment of the target, the material is separated from it and deposited directly to the substrate. The most important processing parameter is length of the mean free path between two collisions of ions, during magnetron sputtering deposition in vacuum, because it is necessary to maintain high energy ions during the bombardment of the target and prevent collisions of atoms from the target after the separation which leads to poor adhesion to the substrate. The negative side of the process conducted in vacuum is difficulty to get enough ions necessary for the process itself, generated in the plasma state. All cathodic processes are based on the use of plasma that can be obtained using direct current (DC) or radio frequent (RF) methods. Therefore, understanding of conduction of electricity in vacuum is crucial [10]. Figure 1 shows usual relationship between voltage and current intensity of gases at low pressures, where zone H presents conditions required for sputtering. The figure shows the area where the voltage decreases, while current density increases (optimally about 1 mA/cm<sup>2</sup>) which leads to ignition. Sources of supply are designed to avoid sparks during sputtering.

Figure 1 also shows behavior of plasma in gas, with pronounced dark and bright areas

expressed at low pressures. In the steady state electrons that came from the cathode, are accelerated towards the positive electrode and ionize the gas molecule. These events are evidenced by the characteristic glow that occurs. Positively charged ions of gas are moving towards the cathode and strike on its surface, leading to formation of secondary electrons (which ionize further gas) and dispersion of new ions. Electrons quickly lose energy due to the collision and voltage and power is concentrated in dark areas. If anode is moved to dark zone, plasma disappears, and sputtering stops. At the lower gas pressure, dark zones increase due to the increase in the mean free path of electrons. Primary electrons can also cross the road to the anode without gas ionization. Therefore, at pressures below 1 Pa, the sputter plasma is extinguished and completely stops. Using more efficient method of ionization, like magnetron sputtering, it is possible to overcome this problem.

The cathode layer begins with the Aston dark space, and ends with the negative glow region [11, 12]. The cathode layer shortens with increased gas pressure. It has a positive space charge and a strong electric field. In Aston dark space, electrons leave the cathode with energy of about 1 eV, which is not enough to ionize or excite atoms, leaving a thin dark layer next to the cathode. In cathode glow, electrons from the cathode eventually attain enough energy to excite atoms. These excited atoms quickly fall back to the ground state, emitting light at a wavelength corresponding to the difference between the energy bands of the atoms. This glow is seen very near the cathode, while on cathode dark space, the electrons from the cathode gain more energy, with tendency to ionize, rather than excite atoms. These excited atoms quickly fall back to ground level emitting light. Subsequently, with the atoms ionizations, the opposite charges have been separated, and do not immediately recombine. As a consequence, more ions and electrons are generated, but no light. This region is sometimes called Crooks dark space, or the *cathode fall*, because the largest voltage drop in the tube occurs in this region. The next area belongs to so-called negative glow, influenced by the strong expressed ionization in the cathode dark space induced by high electron density, with relatively slow rates. Therefore, recombination of electrons with positive ions, leads to intense light, through a process



**Figure 1.** Electric discharge regimes  
**Slika 1.** Režimi električnog praženja

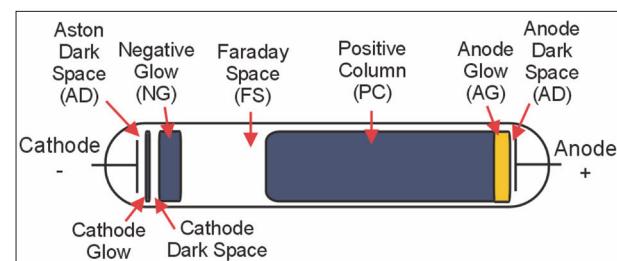
called *bremsstrahlung* radiation. After this area Faraday dark space is present, where electrons keep losing energy, less light is emitted, resulting in another dark space. The anode layer begins with the positive column, and ends at the anode. The anode layer has a negative space charge and a moderate electric field. Positive column is characterized with fewer ions. In this area the electric field increases, resulting in electrons with energy of about 2 eV, which is enough to excite atoms and produce light. With longer glow discharge tubes, the longer space is occupied by a longer positive column, while the cathode layer remains the same. Further increase in electric field results in anode glow, after which is located anode dark space (Figure 2).

### TYPICAL CONSTRUCTION OF THE MAGNETRON SPUTTERING EQUIPMENT

Application of the magnetron is based on the use of a magnetic field around the target. The cathode in magnetic field is formed on that way to streamline a magnetic field closed in concentric circles [12]. The essence of the application of such fields is that the primary and secondary electrons arising capture and localize a relatively small area near the cathode, and thus increase the probability of ionizing collisions with the gas atoms and, consequently, increase the efficiency of ionization leading to decrease in impedance of the plasma and the magnetron working at a much lower voltage (500-600 V) than the diode system (several kV).

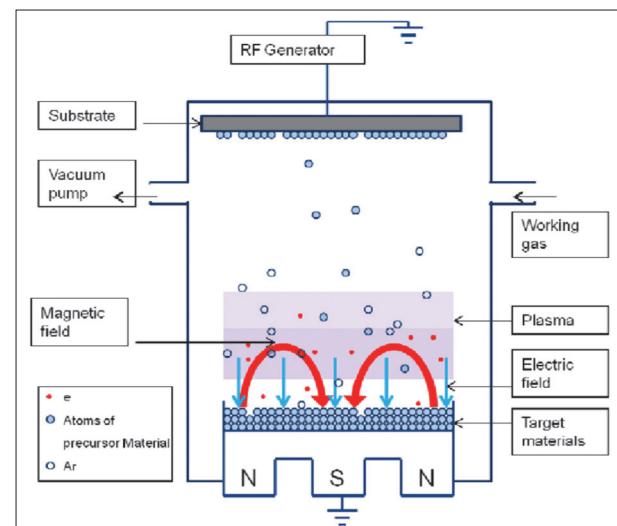
There are several different types and designs of magnetron but the point is that all of them are based on the physical principle of directing and retaining electrons in a controlled and pre-defined area. Planar magnetron design (schematically shown in Figure 3) is often used because it is very simple and can be made in almost all dimensions and used in continuous processes. Mainly, permanent magnet is used, which geometry is adjusted to obtain suitable magnetic field lines that very close enveloped given target. In order to achieve effective direction and control the electrons, magnetic field must have a minimum strength of 20 mT, but mainly stronger magnetic fields are used.

Several conditions have to be fulfilled in order to successfully design magnetron: cathode must efficiently conduct electricity; due to the inefficiency of the process of obtaining plasma (80% of energy is released through heat), the cathode must have an efficient cooling system; the source of energy must be resistant to pressure differences that arise in the process in a vacuum; good efficiency of targets must be achieved. In the magnetron, plasma is concentrated in front of the target [12]. Therefore, in this area, the strongest bombing is by ionization gas and erosion of the target. The larger is zone where the erosion occurs, the greater is the degree of efficiency, which is very important. Position of maximum erosion constitute an area where  $B = 0$ , where the vertical component of the magnetic field is equal to zero, so that the position of the erosion zone can be easily changed and ad-



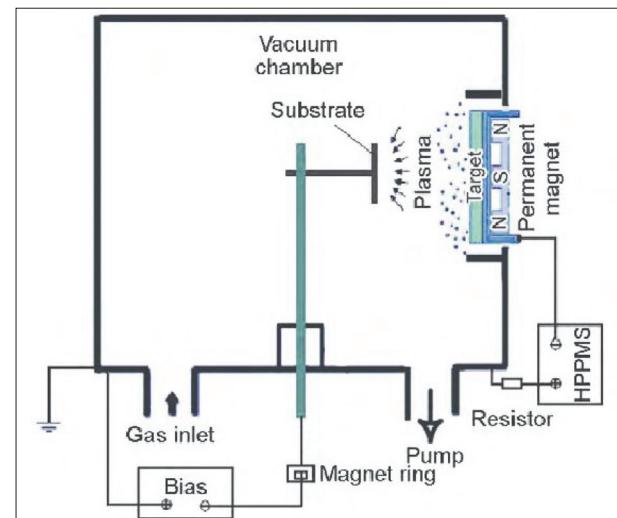
**Figure 2.** The appearance of different glowing regions that make up glow discharge and their names

**Slika 2.** Pojava različitih svetlećih regiona koji čine žarište i njihova imena



**Figure 3.** Typical schematic representation of RF magnetron sputtering

**Slika 3.** Tipični šematski prikaz RF magnetronskog raspršivanja



**Figure 4.** Schematic diagram of the high power pulsed magnetron sputtering (HPPMS) device structure

**Slika 4.** Šematski prikaz strukture pulsnog magnetronskog raspršivanja (HPPMS) velike snage

justed. In order to achieve the widest possible erosion zone it is necessary to achieve that magnetic lines are nearly parallel to the target, while the field still has the ability to keep electrons. A design that allows this is often very complex and includes more separate magnets (Figure 4).

The thickness of the target is very important because it enables replacement time of target, particularly important for industrial processes. Magnetrons are often used in conditions of constant vacuum, because a frequent replacement and exposure to undesirable oxidation of target is undesirable. In the magnetron design it is essential to ensure strong and effective magnetic field that enables smooth operation. It is very important to ensure the greatest possible uniformity of thickness of the obtained films which directly depends on the pressure under which the processes are carried out, the distance between the substrate and the target material applied, the substrate geometry and its movement, design resources, etc. [13]. The circular magnetron acts as a source of the best film thickness, which can be achieved at a certain distance [14]. The most commonly used magnetrons have the width of the erosion zone  $\sim 100$  mm and the distance between the substrate and the source set in the range of 30-100 mm. Additional uniformity of the film thickness may be achieved by moving substrate or by inserting static or moving mask between source and substrate which retains material and thus increases the uniformity of the thickness through the film geometry.

## DC MAGNETRON SPUTTERING

Magnetron sputtering using direct current is simplest and least expensive process of deposition of the given target material on the surface of substrate [3, 15]. In mode DC sputter, target is directly used as a conductor, with the electricity losses given by equation  $I^2xR$  (where  $I$  is current density and  $R$  electrical resistance), and the process can be run with the current  $\sim 70$  W/cm<sup>2</sup> for typical surface of target materials. For sources with a diameter of about 100 mm, the level of power that can be handed over to the plasma is about 5 kW. These conditions enable to obtain the film deposition rates of several microns per minute, which is very useful for continuous industrial processes. Power requirement depends on dimensions of the targets. For larger magnetrons it can reach 50 kW.

Due to the fact that the principle of the magnetron is based on the presence of a magnetic field which is in the front of the target, it is necessary to use very strong magnetic field or thinner targets for magnetic materials. If it is not satisfied, the increase the impedance of the plasma source occurs, and the source has behavior similar to a diode source. The resultant magnetic films are mainly used for the production of storage mediums for computer equipment. Another application of DC spattered films is as coatings on the surface of various materials, like SMA, frequently used in endodontics. For all such films the main request is to achieve as stronger as possible adhesion to the substrate, without defects of the delamination of the coatings.

## RF MAGNETRON SPUTTERING

DC magnetron sputtering cannot be applied for targets that act as insulators. The solution of this problem was

found in the application of high frequency alternating current. RF magnetron sputtering is developed as a method that allows the use of dielectric material and metals [16]. When the RF power is applied to the target, it must be capacitive paired in that way which enable of developments of the DC potential on its layer. At high frequency, order of the  $\sim 14$  MHz, RF magnetron sputtering shows different behavior and motion of ions and electrons in an alternate field which in turn, means that they cross the various distance in each half-cycles. In the capacitive paired system switching voltage happens, because electrode reacts negatively to compensate the difference of the voltage and creates a negative DC voltage to the cathode surface. Since the capacitive surface electrodes is paired, it can be not only a conductor, but also insulator such as ceramics and polymers. Due to existence of the DC voltage, the ions bombardments on the substrate surface is carried out, because using this method, the ceramics and glass, or some other isolation materials like polymers can be sputtered.

## REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING

A large number of dielectric materials that can be sputtered by RF method can be sputtered also by DC magnetron sputtering in the reactive gas atmosphere [17, 18]. As the base of this methods argon gas is used, which is introduced in the reaction chamber together with a small amount of reactive gas. As the reactive gas any gas can be used, if it can react with the target molecules to form a desired product.

Reactive gases are mostly oxygen and nitrogen, but various other gases can be also used. Reaction products are present both on the surface of the magnetron and the substrate, depending on the power source and gas reactivity. The composition of deposited film can be controlled by adjusting the gas flow. Reactive sputter process is cheaper than RF method, due to lower prices of the DC source and target material. The main drawback of this method is saturation of targets. During the increase of gas flow, product of the deposition can be formed at target, which causes reduction of the rate of sputtering and increases the partial pressure of the gas, which leads to further saturation of the target. Very often process inflection point in control loop induce that the process takes place in a very unstable conditions and require exceptional control of process parameters and especially of the gas flow, which requires equipment specially designed for that purpose. The main application of this technique is getting very hard and anti-abrasive films, films for energy purposes, as well as transparent conductive films. Very hard materials such as TiN can be used for endodontic tools, built from SMA, by using sputtering of target in an atmosphere of argon and nitrogen.

## PULSE MAGNETRON SPUTTERING

Pulsed magnetron sputtering (PMS) is very efficient plasma method for obtaining nanometric thin films on

the surface of various substrates [2, 19, 20], such as SMA frequently used in endodontics for designing endodontic tools, endodontics wires and brackets for teeth (Figure 4). Among numerous parameters that are crucial for satisfied functions of this method, the most important are the pulse frequency, time of application, the working voltage, which enables efficient ignition of the used material as target, providing long-term process stability necessary for the thin layer preparation, significantly improving properties of the SMA, and enhanced level of their application, through reduction of number of defects inside the obtained thin film [20].

It is well known that the microstructure and phase composition of the film directly correlates to the amount of energy that is transferred from the plasma to the film which is formed and which characteristics may be conveniently controlled by adjusting the parameters: ions flux and/or energy of ions used during target bombardment. In this method, the ratio of ions and neutral particles that bombard the growing film usually is changed by changing the orientation of the substrate toward the ion source [13]. Also flux of negative oxygen ions may be varied by changing the angle of the deposition [21]. Several studies have shown that the energy deposition during PMS affects not only the density of the film and obtaining very fine film surface, but also enables the obtaining specific phase composition and structure of deposited film in each layer [22].

Applications of this method are numerous and widespread, as the obtaining of the low-emission layers, barrier layers, packages in the food industry, displays, solar cells, solar protection and temperature-sensitive substrates. It is also suitable for the preparation of the layers with higher number of phases. At higher levels of the pulse, this method is very good for the use of alloy targets, as they are SMA used in endodontics [4]. It has been shown that pulse magnetron discharge leads to the same temperature and energy-rich plasma as compared to DC discharge, and the higher energy ions that is deposited to substrate. Based on this, it is clear that the process of PMS provides a number of benefits and allows sputtering by using a broad spectrum of different materials.

## MAIN ADVANTAGES OF MAGNETRON SPUTTERING

PMS method enables very good adhesion between the film and the substrate, and its high thickness uniformity [2, 3]. This sputtering method is suitable for obtaining films at low temperatures because the ions which sputter have enough high energy to increase the rate of crystallization [23, 24]. Sputter pulse enables a higher density of plasma, and greater energy of charged particles compared to the DC sputtering. Proper selection of parameter pulse (frequency, duty cycle, operating voltage) ensures working conditions without arcing. Very long-term process stability, reduced density of defects, improved film properties, the increased speed of the dynamic application are essential for good adhesion of the deposited films.  $TiO_2$  or

$TiN$  films prepared by magnetron sputtering have been widely used as the dielectric layers, due to its high index of refraction when they are used in multi-layer optical devices [25, 26, 27].

## CONCLUSION

Various methods of magnetron sputtering, with all their advantages and drawbacks are given in this paper. The principle of the method, with all functional specificity and main parameters, which can be controlled is described. This method is analyzed as a method of the best choice for the modifications of the SMA used in endodontics and orthodontics. The paper is a base for our further investigations in this area, in the field of the antibacterial coatings and barrier coatings for prevention release of toxic ions contained in SMA, into human body.

## APPRECIATION

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Project no. 172026).

## REFERENCES

1. Sarakinos K, Alami J, Konstantinidis S. High power pulsed magnetron sputtering: A review on scientific and engineering state of the art. *Surf Coat Technol*. 2010; 204(11):1661–84.
2. Jokanović V, Čolović B, Bundaleski N, Jokanović M, Trajkovska Petkoska A, Ferrara M, et al.  $Ti_xO_y$  thin films with extremely low extinction coefficients obtained by pulsed magnetron sputtering. *J Optoelectron Adv Mat*. 2018; 20(3–4):169–74.
3. Vlček J, Pajdarová AD, Musil J. Pulsed dc magnetron discharges and their utilization in plasma surface engineering. *Contrib Plasma Phys*. 2004; 44(5–6):426–36.
4. Jokanović V, Čolović B, Živković-Sandić M. The main characteristics and application of the shape memory alloys in orthodontics and endodontics. *Stom Glas S*. 2019; 66(1):29–35.
5. Ono T, Kenmotsu T, Muramoto T. Simulation of the Sputtering Process. In: Depla D, Mahieu S, editors. *Reactive Sputter Deposition*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008. p. 1–42.
6. Arango S, Peláez-Vargas A, García C. Coating and surface treatments on orthodontic metallic materials. *Coatings*. 2013; 3(1):1–15.
7. Helmersson U, Lattemann M, Bohlmark J, Ehiasarian AP, Gudmundsson JT. Ionized physical vapor deposition (IPVD): A review of technology and applications. *Thin Solid Films*. 2006; 513(1–2):1–24.
8. Jokanović V, Čolović B, Trajkovska Petkoska A, Mraković A, Jokanović B, Nenadović M, et al. Optical properties of titanium oxide films obtained by cathodic arc plasma deposition. *Plasma Sci Technol*. 2017; 19(12):125504.
9. Byon E, Anders A. Ion energy distribution functions of vacuum arc plasmas. *J Appl Phys*. 2003; 93(4):1899–906.
10. Mesyats GA, Proskurovsky DI. *Pulsed Electrical Discharge in Vacuum*. Berlin: Springer; 1989.
11. Mesyats GA, Bochkarev MB, Petrov AA, Barengolts SA. On the mechanism of operation of a cathode spot cell in a vacuum arc. *Appl Phys Lett*. 2014; 104(18):184101.
12. Anders A, Yotsombat B, Binder R. Correlation between cathode properties, burning voltage, and plasma parameters of vacuum arcs. *J Appl Phys*. 2001; 89(12):7764–71.
13. Swann S. Film thickness distribution in magnetron sputtering. *Vacuum*. 1988; 38(8–10):791–4.

14. Swann S, Collett SA, Scarlett LR. Film thickness distribution control with off-axis circular magnetron sources onto rotating substrate holders: Comparison of computer simulation with practical results. *J Vac Sci Technol A Vac Surf Films*. 1990; 8(3):1299–303.
15. Guillaumot A, Lapostolle F, Dublanche-Tixier C, Oliveira JC, Billard A, Langlade C. Reactive deposition of Al-N coatings in Ar/N<sub>2</sub> atmospheres using pulsed-DC or high power impulse magnetron sputtering discharges. *Vacuum*. 2010; 85(2):120–5.
16. Surnev RA, Ryabtseva MA, Shesterikov EV, Pichugin VF, Peitsch T, Epple M. The release of nickel from nickel-titanium (NiTi) is strongly reduced by a sub-micrometer thin layer of calcium phosphate deposited by rf-magnetron sputtering. *J Mater Sci Mater Med*. 2010; 21(4):1233–9.
17. Aiempanakit M, Helmersson U, Ajaz A, Larsson P, Magnusson R, Jensen J, et al. Effect of peak power in reactive high power impulse magnetron sputtering of titanium dioxide. *Surf Coat Technol*. 2011; 205(20):4828–31.
18. Ellmer K, Welzel T. Reactive magnetron sputtering of transparent conductive oxide thin films: Role of energetic particle (ion) bombardment. *J Mater Res*. 2012; 27(5):765–79.
19. Pajdarová AD, Vlček J, Kudláček P, Lukáš J. Electron energy distributions and plasma parameters in high-power pulsed magnetron sputtering discharges. *Plasma Sources Sci Technol*. 2009; 18(2):025008.
20. Odivanova AN, Podkovyrov VG, Sochugov NS, Oskomov KV. Study of the plasma parameters in a high-current pulsed magnetron sputtering system. *Plasma Phys Rep*. 2011; 37(3):239–43.
21. Welzel T, Ellmer K. Negative oxygen ion formation in reactive magnetron sputtering processes for transparent conductive oxides. *J Vac Sci Technol A Vac Surf Films*. 2012; 30(6):061306.
22. Kozyrev AV, Sochugov NS, Oskomov KV, Zakharov AN, Odivanova AN. Optical studies of plasma inhomogeneities in a high-current pulsed magnetron discharge. *Plasma Phys Rep*. 2011; 37(7):621–7.
23. Andersson J, Ehiasarian AP, Anders A. Observation of Ti<sup>4+</sup> ions in a high power impulse magnetron sputtering plasma. *Appl Phys Lett*. 2008; 93(7):071504.
24. Ehiasarian AP, Vetushka A, Hecimovic A, Konstantinidis S. Ion composition produced by high power impulse magnetron sputtering discharges near the substrate. *J Appl Phys*. 2008; 104(8):083305.
25. Lin J, Wang B, Sproul WD, Ou Y, Dahan I. Anatase and rutile TiO<sub>2</sub>films deposited by arc-free deep oscillation magnetron sputtering. *J Phys D*. 2013; 46(8):084008.
26. Ozeki K, Yuhta T, Aoki H, Asaoka T, Daisaku T, Fukui Y. Deterioration in the superelasticity of Ti sputter coated on NiTi orthodontic wire. *Bio-Med Mater Eng*. 2003; 13(4):355–62.
27. Zhao T, Li Y, Liu Y, Zhao X. Nano-hardness, wear resistance and pseudoelasticity of hafnium implanted NiTi shape memory alloy. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2012; 13:174–84.

---

Received: 30.01.2019 • Accepted: 23.05.2019

# Metode magnetronskog raspršivanja za površinsku modifikaciju memorijskih legura za primenu u ortodonciji i endodonciji

Vukoman Jokanović<sup>1,2</sup>, Božana Čolović<sup>2</sup>, Bojana Ćetenović<sup>2</sup>, Slavoljub Živković<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ALBOS d. o. o., Beograd, Srbija;

<sup>2</sup>Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Mike Petrovića Alasa 12–14, Beograd, Srbija;

<sup>3</sup>Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Beograd, Srbija

## KRATAK SADRŽAJ

U ovom radu su opisane različite metode magnetronskog raspršivanja za površinsku modifikaciju memorijskih legura (*shape memory alloys – SMA*). Ove metode spadaju u najefikasnije metode koje omogućavaju mehaničko ojačavanje SMA, pokazujući brojne prednosti u odnosu na konvencionalne metode elektropoliranja, koje su najčešće korišćene u savremenoj ortodontskoj i endodontskoj praksi. Pored toga, površinski modifikovane SMA, posebno sa ekvatomskim Ti i Ni udelima unutar prevlake, presudne su za dalji razvoj različitih endodontskih instrumenata, žica i konzola koje se koriste za ortodontska pomeranja zuba. Aktivne prevlakte sa baktericidnim svojstvima i prevlakte koje služe kao barijere protiv otpuštanja toksičnih Ni jona iz SMA unutar organizma mogu biti dobijene različitim metodama magnetronskog raspršivanja, pri čemu se različite varijante ove metode mogu uspešno kombinovati. Zbog svega toga u ovom radu je dat pregled ovih metoda, sa njihovim glavnim karakteristikama i nedostacima.

Magnetronsko nanošenje raspršivanjem uključuje površinsku modifikaciju SMA u jednoslojnim, višeslojnim, gradiranim slojevima i nanokompozitne tanke prevlakte za dobijanje sistema sa superiornim „funkcionalnim“ karakteristikama, kao što su vrlo visoka tvrdoća, otpornost na habanje, abraziju i eroziju, poboljšano prijanjanje na različite tehnološki važne supstratne materijale kao što su polimeri, hidrofobnost ili hidrofilnost, dugotrajna hemijska, termička i ekološka stabilnost, nepropusnost gasa i para i drugi. Ovaj rad predstavlja neku vrstu kritičkog pregleda napretka u razvoju magnetronskog raspršivanja modifikovanih SMA proizvoda u stomatologiji, sa unapred predvidljivim fizičko-hemijskim, strukturnim i antimikrobnim osobinama.

**Ključne reči:** magnetronsko raspršivanje; memorijske legure; modifikacija površine

## UVOD

Različiti postupci magnetronskog raspršivanja razvijeni su na industrijskom nivou tokom poslednjih nekoliko decenija [1]. Novija dostignuća, naročito kod magnetronskog raspršivanja pod niskim pritiskom, uveliko su povećala interesovanje za izradu različitih tankih filmova [2]. Glavni razlog za takvo interesovanje je visok stepen raznovrsnosti plazma procesa i posebno prevlaka na površini različitih materijala, uključujući i SMA, radi dobijanja materijala i instrumenata sa superiornim funkcionalnim karakteristikama [3, 4]. Ovo se može postići prilagođavanjem energetske interakcije između plazme i površine, korišćenjem tehnike kontrole plazme odgovarajućim prednaponom ili primenom pulsirajuće plazme. Pored toga, odsustvo oštrog prelaza između različitih međupovršina dovodi do ravnomerne raspodele ili kompenzacije unutrašnjih naprezanja u gradijentnom sloju tankih filmova / prevlaka, što generalno dovodi do povećane adhezije i mehaničkog integriteta takvih proizvoda [5]. Pored toga, različiti geometrijski oblici podloge mogu biti ravnomerno obloženi, uključujući ravne, polusferične, cilindrične oblike, unutrašnjost cevi itd., sa značajno poboljšanim mehaničkim svojstvima u poređenju sa konvencionalnom metodom elektropoliranja. Ove metode, takođe, omogućavaju deponovanje vrlo tankih filmova, sa kontrolisanom debljinom, što je posebno bitno za SMA instrumente i alate u ortodonciji i endodonciji [6]. Poenta rada je da se kritički sagleda napredak različitih procesa magnetronskog raspršivanja u dobijanju proizvoda sa poželjnim svojstvima.

Stoga se analizira nekoliko metoda magnetronskog raspršivanja sa aspekta njihovih mehanizama i potencijalne primene u stomatologiji, kao jedne od posebno važnih oblasti njihove buduće primene. Pored toga, posebna pažnja posvećena je odnosima strukture i svojstava filmova, njihovim funkcionalnim karakteristikama i njihovim performansama na SMA supstra-

timu, sa bitnim detaljima vezanim za postojanje različitih međufaza između SMA i magnetronskih prevlaka i njihov uticaj na mehaničke i druge funkcionalne karakteristike tako modifikovanih površina ovih legura.

## OPŠTA RAZMATRANJA METODA MAGNETRONSKOG RASPRŠIVANJA

Magnetronsko raspršivanje pripada tehnikama fizičkog nanošenja u gasnoj fazi za dobijanje prevlaka u vakuumskim uslovima [1]. Postoje dve vrste ovih tehnika. Jedna od njih uključuje termičko isparavanje [7], gde se materijal zagreva u vakuumu sve dok pritisak pare ne postane veći od pritiska okoline, a drugi uključuje raspršivanje jona tokom kojeg visokoenergetski joni udaraju u čvrsti materijal i ugrađuju se unutar tankih slojeva materijala, koji se koristi kao meta [1, 3]. Ranije korišćena metoda katodnog raspršivanja [8] sada je prevaziđena zbog niske efikasnosti depozicije. Magnetronsko raspršivanje pokazuje brojne prednosti u odnosu na druge metode fizičkog nanošenja u gasnoj fazi, zbog velike brzine nanošenja prevlaka i zato što omogućava nanošenje različitih vrsta prevlaka koje mogu biti sačinjene od metala, legura ili keramičkih oksida i neoksida na površinama različitih materijala korišćenih kao substrati, koje dosežu ponekad debljine do 5 µm.

## OSNOVNI MEHANIZAM MAGNETRONSKOG RASPRŠIVANJA

Kao što je dobro poznato, magnetronsko raspršivanje je komplementarna metoda za nanošenje prevlaka drugim vakuumskim tehnikama, kao što su termičko isparavanje i isparavanje elektronskim snopom [1]. Raspršivanje je proces u kom se

atomi ili molekuli izbacuju sa površine mete bombardovanjem pozitivnim jonima, često  $\text{Ar}^{2+}$ . Ovaj proces mora biti izведен u vakuumu ili u uslovima vrlo niskog pritiska, jer je samo u ovim uslovima moguće sprečiti brojne sudare između atoma nakon njihovog izbacivanja iz mete [9]. Zbog toga su radni pritisci ovih uređaja manji od 1 Pa, ili  $10^{-2}$  mbar.

Kao što je već rečeno, raspršivanje je proces u kojem se molekuli ili atomi materijala mete tokom bombardovanja česticama visoke energije odvajaju od materijala. U magnetronu je mete bombardovana pozitivno naelektrisanim jonima generisanim električnim pražnjenjem gase. Tokom bombardovanja mete, materijal se odvaja i nanosi direktno na podlogu. Najvažniji parametar obrade je dužina srednjeg slobodnog puta između dva jonska sudara, tokom deponovanja magnetronskim raspršivanjem u vakuumu, jer je potrebno održavati visokoenergetske jone tokom bombardovanja mete i sprečiti međusobne sudare atoma koji su izbačeni iz mete, što za posledicu ima slabu adheziju takvih jona za podlogu. Negativna strana procesa u vakuumu je vezana za teškoću dobijanja dovoljne količine jona neophodnih za sam proces, koji se nalaze u stanju plazme.

Svi katodni procesi zasnivaju se na upotrebi plazme koja se može dobiti korišćenjem jednosmerne struje (*direct current – DC*) ili radiofrekventne (RF) metode. Stoga je ključno razumevanje provođenja električne energije u vakuumu [10]. Slika 1 prikazuje uobičajeni odnos između intenziteta napona i struje gasova na niskim pritiscima, gde zona H predstavlja uslove potrebne za raspršivanje. Na slici je prikazano područje gde se napon smanjuje, dok se gustina struje povećava (optimalno oko  $1 \text{ mA/cm}^2$ ), što dovodi do paljenja. Izvori jona su dizajnirani tako da se izbegnu varnice tokom raspršivanja.

Slika 1 pokazuje ponašanje plazme u gasu, sa jasno vidljivim tamnim i svetlim područjima, koja su prisutna pri niskim pritiscima. U stabilnom stanju elektroni koji dolaze od katode ubrzavaju se prema pozitivnoj elektrodi i ionizuju molekule gase. O ovim događajima svedoči karakterističan sjaj koji se javlja. Pozitivno nabijeni joni gase koji se kreću prema katodi i udaraju na njenu površinu dovode do formiranja sekundarnih elektrona (koji ionizuju dalje gas) i raspršuju nove jone. Elektroni brzo gube energiju usled sudara, pri čemu su napon i snaga koncentrisani u tamnim oblastima. Ako se anoda pomera u tamnu zonu, plazma nestaje, a raspršivanje se zaustavlja. Pri nižem pritisku gasa tamne zone postaju šire zbog povećanja srednjeg slobodnog puta elektrona. Pri tome, primarni elektroni mogu da pređu put do anode a da ne dođe do ionizacije gase. U skladu sa time, pri pritiscima ispod 1 Pa, plazma raspršivanje se potpuno gasi. Kako se ovi fenomeni javljaju samo na niskim pritiscima, glavni uslov za uspešno raspršivanje je rešavanje ovog problema korišćenjem efikasnije metode ionizacije, kao što je to magnetronsko raspršivanje.

Katodni sloj počinje sa Astonovim tamnim prostorom i završava se negativnim svetlećim područjem [11, 12]. Katodni sloj se skraćuje sa povećanjem pritiska gase. Karakteriše ga pozitivan prostorni naboј i snažno električno polje. U Astonskom tamnom prostoru elektroni napuštaju katodu sa energijom od oko 1 eV, što nije dovoljno da bi jonizovali ili pobudili atome, usled čega se javlja tanki tamni sloj u blizini katode. U katodnom svetlom prostoru elektroni koji potiču iz katode na kraju postižu dovoljno energije da bi pobudili atome. Ovi pobuđeni atomi se brzo vraćaju u osnovno stanje, emitujući svetlost na

talasnoj dužini koja odgovara razlici energetskih nivoa pobuđenih atoma i njihovog osnovnog stanja. Ovaj sjaj se uočava veoma blizu katode, dok u tamnom prostoru katode elektroni iz katode dobijaju sve više energije, sa tendencijom da dalje ionizuju atome umesto da ih pobuduju. Pobuđeni atomi, u katodnom svetlom polju, brzo se vraćaju na osnovni nivo i emituju svetlost, dok se nakon toga ionizovani atomi razdvajaju tako da se, iako imaju suprotne naboje, ne rekombinuju odmah. Kao posledica toga, stvara se više jona i elektrona, ali nema svetla. Ovaj region se ponekad naziva Kruksovim tamnim prostorom ili prostorom pada katodnog napona, jer se najveći pad napona u cevi dešava u ovom regionu. Sledeća oblast pripada takozvanom negativnom sjaju, koji nastaje pod uticajem jako izražene ionizacije u tamnom prostoru u okolini katode, koja je indukovana visokom elektronskom gustinom, sa relativno sporim brzinama elektrona. Stoga, rekombinacija elektrona sa pozitivnim jonom dovodi do intenzivne svetlosti, kroz proces koji se naziva zakočno zračenje. Nakon ovog područja prisutan je Faradejev tamni prostor, gde elektroni nastavljaju gubiti energiju, usled čega se emituje manje svetlosti, što rezultira drugim tamnim prostorom. Anodni sloj počinje na granici pozitivno naelektrisanog prostora i završava se na anodi. Anodni sloj ima negativan prostorni naboј i umereno električno polje. Pozitivan anodni prostor karakteriše manji broj jona. U ovoj oblasti se električno polje povećava, što rezultira elektronima sa energijom od oko 2 eV, što je dovoljno da se pobude atomi i proizvede svetlost. Kod dužih cevi za pražnjenje duži prostor zauzima duži pozitivni deo, dok katodni sloj ostaje isti. Dalje povećanje električnog polja dovodi do anodnog sjaja, nakon kog se u delu prostora unutar cevi nalazi tamni anodni prostor (Slika 2).

## TIPIČNA KONSTRUKCIJA MAGNETRONSKE OPREME

Primena magnetrona zasniva se na upotrebi magnetnog polja oko mete. Katoda se tada nalazi u magnetnom polju koje se rasprištire u nizu koncentričnih krugova polja oko nje [12]. Sušтина primene takvih polja je da se primarni i sekundarni elektroni koji nastanu zarobljavaju i lokalizuju u prostoru relativno male površine u blizini katode, i na taj način se povećava verovatnoća ionizujućih sudara sa atomima gase i, posledično, povećava efikasnost ionizacije, što dovodi do smanjenja impedanse plazme, zbog čega magnetron može da radi na mnogo nižem naponu (500–600 V) od sistema sa diodama (nekoliko kV).

Postoji nekoliko različitih tipova i vrsta dizajna magnetrona, ali poenta je da se svi oni zasnivaju na fizičkom principu usmeravanja i zadržavanja elektrona u kontrolisanoj i unapred definisanoj oblasti. Planarni dizajn magneta (šematski prikazan na Slici 3) često se koristi jer je vrlo jednostavan i može se napraviti u gotovo svim dimenzijama i koristiti u kontinuiranim procesima. Koriste se uglavnom permanentni magneti, čija se geometrija prilagođava da bi se dobio pogodan raspored linija magnetnog polja koje veoma blisko obuhvataju metu. Da bi se postigao efektivan pravac i kontrolisao elektron, magnetno polje mora imati minimalnu snagu od 20 mT, ali se uglavnom koriste jača magnetna polja.

Nekoliko uslova mora biti ispunjeno kako bi se uspešno dizajnirao magnetron: katoda mora efikasno provoditi električnu energiju; zbog neefikasnosti procesa dobijanja plazme (80% energije se oslobođa kroz toplotu) katoda mora imati efikasan

sistem hlađenja; izvor energije mora biti otporan na razlike pritiska koje nastaju u procesu u vakuumu; mora se postići dobra efikasnost sudara sa metom. U magnetronu je plazma koncentrisana ispred mete [12]. Zbog toga se u ovom području događa najjače bombardovanje ionizacionim gasom i erozija mete. Što je veća zona u kojoj dolazi do erozije, to je veći stepen efikasnosti, što je veoma važno. Položaj maksimalne erozije predstavlja područje gde je  $B = 0$ , odnosno gde je vertikalna komponenta magnetnog polja jednaka nuli, tako da se položaj erozijske zone može lako menjati i prilagođavati. Da bi se postigla najšira moguća eroziona zona, neophodno je postići da su magnetne linije skoro paralelne sa metom, dok polje treba da ima takvu jačinu da još uvek ima sposobnost da zadrži elektrone. Dizajn koji ovo omogućava je često veoma složen i uključuje više odvojenih magneta (Slika 4).

Debljina mete je veoma važna jer ona utiče na vreme zamene mete, što je posebno važno za industrijske procese. Magnetroni se često koriste u uslovima konstantnog vakuuma, jer su česta zamena i izlaganje neželjenoj oksidaciji meta nepoželjni. U dizajnu magnetrona neophodno je osigurati snažno i efikasno magnetno polje koje omogućava nesmetan rad. Veoma je važno da se obezbedi najveća moguća uniformnost debljine dobijenih filmova, koja direktno zavisi od pritiska pod kojim se procesi odvijaju, rastojanja između podloge i primjenjenog materijala mete, geometrije supstrata i njegovog načina kretanja itd. [13]. Kružni magnetron deluje kao izvor najuniformnije debljine filma koja se može postići na određenoj udaljenosti od podloge [14]. Najčešće korišćeni magnetroni imaju širinu zone erozije ~ 100 mm i rastojanje između podloge i izvora u rasponu 30–100 mm. Dodatna ujednačenost debljine filma može se postići pomicanjem podloge ili umetanjem statične ili pokretnе maske između izvora i podloge, koja zadržava materijal i time povećava uniformnost debljine kroz pogodnu geometriju filma.

### DC MAGNETRONSKO RASPRŠIVANJE

Magnetronsko raspršivanje pomoću jednosmerne struje je najjednostavniji i najjeftiniji proces deponovanja datog materijala mete na površinu podloge [3, 15]. U režimu DC raspršivanja mete se direktno koristi kao provodnik, sa gubicima električne energije dobijenim jednačinom  $I^2 \times R$  (gde je  $I$  gustina struje i  $R$  električni otpor), a proces se može izvoditi sa strujom ~ 70 V/cm<sup>2</sup> sa tipičnu površinu materijala mete. Za izvore prečnika od oko 100 mm, nivo snage koji se može predati plazmi odgovara naponu od oko 5 kV. Ovi uslovi omogućavaju dobijanje brzine deponovanja filma od nekoliko mikrona u minuti, što je veoma korisno za kontinuirane industrijske procese. Potrebni napon zavisi od dimenzija mete. Za veće magnetrone može dostići 50 kV.

Zbog činjenice da se princip magnetrona zasniva na prisustvu magnetnog polja koje se nalazi u prednjem delu mete, potrebno je koristiti veoma jaka magnetna polja ili tanje mete za magnetne materijale. Ako to nije zadovoljeno, dolazi do povećanja impedanse izvora plazme, a izvor ima slično ponašanje kao kada kao izvor služi dioda. Dobijeni magnetni filmovi se uglavnom koriste za proizvodnju medija za skladištenje kod računarske opreme. Druga primena DC filmova je kao prevlaka na površini različitih materijala, kao što su SMA, koje se često

koriste u endodonciji. Za sve takve prevlake/filmove glavni zahtev je da se postigne što jače prijanjanje na podlogu i da se izbegne raslojavanje prevlaka.

### RF MAGNETRONSKO RASPRŠIVANJE

DC magnetronsko raspršivanje se ne može primeniti za mete koje deluju kao izolatori. Rešenje ovog problema pronađeno je u primeni visokofrekventne naizmenične struje. RF magnetronsko raspršivanje razvijeno je kao metoda koja omogućava upotrebu dielektričnih materijala i metala [16]. Kada se RF napon primeni na metu, on mora biti kapacitivno uparen tako da omogućava razvoj DC potencijala na površini katode. Na visokoj frekvenciji, reda ~14 MHz, RF magnetronsko raspršivanje pokazuje različito ponašanje i kretanje različitih jona i elektrona u naizmeničnom polju koji, samim tim, prelaze različitu udaljenost u svakom poluciklusu. U kapacitivnom uparenom sistemu dolazi do prekidnog napona, jer elektroda negativno reaguje na kompenzaciju razlike napona i stvara negativni DC napon na površini katode. Pošto su kapacitivne površinske elektrode uparene, kao supstrat može da se koristi ne samo provodnik već i izolatori kao što su keramički materijali i polimeri. Zbog postojanja jednosmernog napona, dolazi do bombardovanja jonima na površini supstrata, tako da ova metoda može da se iskoristi za deponovanje keramike i stakla ili nekih drugih izolacionih materijala poput polimera.

### REAKTIVNO MAGNETRONSKO RASPRŠIVANJE

Veliki broj dielektričnih materijala koji se mogu raspršivati RF metodom može se raspršiti i DC magnetronskim raspršivanjem u atmosferi reaktivnog gasa [17, 18]. Kao noseći gas kod ove metode koristi se argon, koji se uvodi u reakcionu komoru zajedno sa malom količinom reaktivnog gasa. Kao reaktivni gas može se koristiti bilo koji gas, ako može da reaguje sa molekulima mete da bi se formirao željeni proizvod.

Reaktivni gasovi su uglavnom kiseonik i azot, ali se mogu koristiti i razni drugi gasovi. Produkti reakcije su prisutni i na površini magnetrona i na podlozi, u zavisnosti od karakteristika izvora energije i reaktivnosti gasa. Sastav deponovanog filma kontroliše se podešavanjem protoka gasa. Proces reaktivnog raspršivanja je jeftiniji od RF metode, zbog nižih cena izvora jednosmerne struje i materijala mete. Glavni nedostatak ove metode je zasićenje mete. U toku povećanja protoka gasa, proizvod deponovanja se formira na meti, što dovodi do smanjenja brzine raspršivanja i povećanja parcijalnog pritiska gasa, a to izaziva dalje zasićenje mete. Vrlo često proces inflektivne tačke u kontrolnoj petlji dovodi do toga da se proces odvija u veoma nestabilnim uslovima i zahteva izuzetnu kontrolu procesnih parametara, a posebno protoka gasa, što zahteva opremu posebno projektovanu za tu svrhu. Glavna primena ove tehnike je dobijanje veoma tvrdih i antiabrazivnih filmova, filmova za energetske svrhe, kao i prozirnih provodnih filmova. Visoko abrazivni materijali, kao što je TiN, mogu se koristiti za endodontske alate izgrađene od SMA korišćenjem raspršivanja jona mete u atmosferi argona i azota.

## PULSNO MAGNETRONSKO RASPRŠIVANJE

Pulsno magnetronsko raspršivanje (*pulsed magnetron sputtering* – PMS) veoma je efikasna plazma metoda za dobijanje nanometarskih tankih filmova na površini različitih podloga [2, 19, 20], kao što su SMA, koje se često koriste u endodonciji za dizajniranje endodontskih alata, endodontskih žica i nosača za zube (Slika 4). Među brojnim parametrima koji su od ključnog značaja za zadovoljenje funkcija ove metode, najznačajnije su frekvencija pulsa, vreme primene, radni napon, koji omogućava efikasno paljenje materijala korišćenog kao mete, osiguravajući dugoročnu stabilnost procesa potrebnu za pripremu tankih slojeva, značajno poboljšavajući svojstva SMA i nivo njihove primene kroz smanjenje broja defekata unutar dobijenog tankog filma [20].

Dobro je poznato da mikrostruktura i fazni sastav filma direktno koreliraju sa količinom energije koja se prenosi iz plazme u film koji se formira, iz čega sledi da se karakteristike tankih filmova/prevlaka mogu pogodno kontrolisati podešavanjem parametara: fluks jona i/ili energija jona korišćenih tokom bombardovanja mete. U ovoj metodi se odnos jona i neutralnih čestica koje bombarduju rastući film obično menja promenom orientacije supstrata prema izvorima jona [13]. Takođe, fluks negativnih jona kiseonika može varirati promenom ugla deponovanja [21]. Nekoliko studija je pokazalo da energije deponovanja tokom PMS-a ne utiču samo na gustinu filma i dobijanje veoma fine površine filma već omogućavaju i dobijanje specifičnog faznog sastava i strukture nanotog filma u svakom sloju [22].

Primena ove metode je brojna i široko rasprostranjena: dobijanje slojeva niske emisije, barijernih slojeva, specifičnih pakovanja u prehrambenoj industriji, displeja, solarnih ćelija, zaštitnih prevlaka od sunca i podloga osetljivih na promenu temperature. Takođe je pogodna za pripremu slojeva sa većim brojem faza. Na višim nivoima pulsa, ova metoda je veoma dobra za upotrebu meta-legura, kao što su SMA koji se koriste u endodonciji [4]. Pokazano je da pulsno magnetronsko pražnjene dovodi do iste temperature i plazme bogate energijom kao i DC pražnjenje, pri čemu se visokoenergetski joni deponuju na podlogu. Na osnovu svega navedenog, jasno je da PMS proces

pruža brojne prednosti i omogućava raspršivanje na brojnim različitim vrstama materijala.

## GLAVNE PREDNOSTI MAGNETRONSKOG RASPRŠIVANJA

PMS metoda omogućava veoma dobru adheziju između filma i podloge i visoku uniformnost debljine [2, 3]. Ova metoda raspršivanja je pogodna za dobijanje filmova na niskim temperaturama, jer joni koji se raspršuju imaju dovoljno veliku energiju za povećanje brzine kristalizacije [23, 24]. Pulsnii impuls omogućava veću gustinu plazme i veću energiju nabijenih čestica u odnosu na DC raspršivanje. Pravilnim odabirom parametarskog impulsa (frekvencija, radni ciklus, radni napon) osiguravaju se radni uslovi bez iskrenja. Veoma dugotrajna stabilnost procesa, smanjena gustina defekata, poboljšana svojstva filma, povećana brzina dinamičke primene neophodne su za dobru adheziju deponovanih filmova. TiO<sub>2</sub> ili TiN filmovi pripremljeni magnetronskim raspršivanjem široko se koriste kao dielektrični slojevi zbog visokog indeksa loma kada se koriste u višeslojnim optičkim uređajima [25, 26, 27].

## ZAKLJUČAK

U radu su prikazane različite metode magnetronskog raspršivanja, sa svim njihovim prednostima i nedostacima. Opisan je princip metode, sa svim funkcionalnim specifičnostima i glavnim parametrima koji se mogu kontrolisati. Ova metoda se analizira kao metoda najboljeg izbora za modifikacije SMA koje se koriste u endodonciji i ortodonciji. Rad je osnova za naša dalja istraživanja u ovoj oblasti, u oblasti antibakterijskih prevlaka i barijernih prevlaka za sprečavanje oslobođanja toksičnih jona sadržanih u SMA u ljudsko telo.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat br. 172026).

Veljko Mirović, Miloš Duka

## Klinička mikrobiologija za stomatologe

Prošle godine, u izdanju Stomatološkog fakulteta u Pančevu – Univerziteta Privredna akademija Novi Sad, izšao je udžbenik „Klinička mikrobiologija za stomatologe“, čiji su autori mikrobiolog prof. dr Veljko Mirović i oralni hirurg prof. dr Miloš Duka. Već naslov knjige ukazuje na to da su autori imali za cilj da povežu savremena saznanja iz mikrobiologije sa kliničkim manifestacijama infekcija iz domena stomatologije, njihovom prevencijom, mikrobiološkom dijagnostikom i terapijom. U tom smislu ovaj udžbenik je jedinstven u domaćoj stomatološkoj literaturi i namenjen je studentima integrisanih akademskih, specijalističkih i doktorskih studija stomatologije, specijalizantima zdravstvenih specijalizacija iz oblasti stomatologije, kao i stomatolozima koji se bave kliničkom praksom. Knjiga može biti od koristi i ostalim zdravstvenim radnicima u polju medicine.

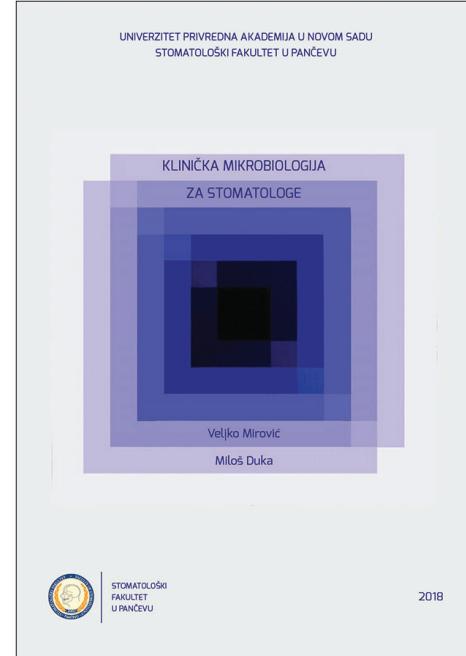
Udžbenik ima 268 strana, 17 poglavlja, kao i odgovarajuća poglavlja literature, iscrpan indeks, 24 slike i 17 tabela.

U opštem delu ove knjige, u tri poglavlja, prikazani su: rezidentna mikroflora i ekosistem usne duplje, mehanizmi urođenog i stičenog imuniteta usne duplje, kao i savremene metode i principi mikrobiološke dijagnostike infektivnih agensa koji su od značaja u stomatologiji.

Specijalni deo ove knjige obuhvata 14 poglavlja u kojima su na sistematičan način prikazane različite infekcije sa kojima se stomatolozi mogu sresti u kliničkoj praksi. Posebna poglavlja su posvećena primeni antibiotika u stomatologiji i merama suzbijanja i zaštite od infekcija.

U grupi poglavlja koja se odnose na zubni plak odnosno biofilm i oboljenja posredovana njime detaljno su opisani mehanizmi nastanka zubnog plaka, posredstvom koga se razvijaju zubni karijes i oboljenja parodontocijuma (gingivitis i parodontopatije). Posebno poglavlje je posvećeno različitim strategijama koje se koriste u prevenciji i suzbijanju ovih infekcija, koje se smatraju najčešćim infekcijama čoveka.

U poglavlju „Bakterijske infekcije orofacialnog pre dela“ prikazane su dentoalveolarne infekcije uključujući periodontalni i dentoalveolarni apses, dentogeni apsesi međufascijalnih prostora, osteomijelitis vilica, perikoronitis, endodontske infekcije, cervikofacialnu aktinomikozu. Takođe su opisane i komplikacije dentogenih infekcija kao što su flegmona poda usta (Ludvigova angina), jugularni



Autori: Veljko Mirović, Miloš Duka  
Izdavač: Stomatološki fakultet u Pančevu,  
Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu  
Mesto i godina izdanja: Pančev, 2018.  
Štampa: Grafos Internacional DOO, Pančev  
Tiraž: 500  
ISBN: 978-86-85701-36-8

tromboflebitis (Lamijerov sindrom) i septična tromboza kavernoznog sinusa. Ovde su prikazane i specifične infekcije (gonoreja, sifilis, tuberkuloza i lepra) i njihove orofacialne manifestacije, kao i bakterijske infekcije pljuvačnih žlezda.

Deseto poglavlje posvećeno je gljivičnim infekcijama usne duplje, gde su od prevashodnog značaja gljive roda *Candida*, i u njemu su detaljno opisane kliničke forme kandidoze usne duplje, patogeneza, imunologija, dijagnostika i terapijski pristup.

Jedanaesto poglavlje se bavi virusnim infekcijama koje se klinički manifestuju u usnoj duplji a koje prouzrokuju: herpes virusi, koksaki virusi, humani papiloma virusi, virus parotitisa i virus morbila, kao i infekcijama koje uzrokuju virusi a koje su od šireg značaja u stomatologiji (virus influence, virusi hepatitisa B, D i C i HIV).

Dvanaesto poglavlje odnosi se na orofacialne infekcije kod imunokompromitovanih bolesnika kao što su: osteoradionekroza, postiradijacioni mukozitis, osteonekroza usled primene bifosfonata, stafilokokni mukozitis, piostomatitis vegetans, noma, nekrotizujući fasciitis, afte i aftozni stomatitis i mukozitis kod teško imunokompromitovanih bolesnika.

U trinaestom poglavlju opisane su različite infekcije glave i vrata kao što su: angularni heilitis, stafilokokni limfadenitis u predelu glave i vrata, inficirane povrede u predelu glave i vrata, gnojni tireoiditis, sekundarne infekcije glave i vrata posle ujeda čoveka i životinja i infekcije posle zračenja i hirurških procedura u predelu glave i vrata.

Četrnaesto poglavje „Prioni i prionske bolesti“ bavi se novoiskrsnim agensima – prionima, posebno sa aspekta reperkusija po stomatološku praksu.

U poglavlju koje se odnosi na antibiotike i njihovu primenu u stomatologiji izneti su principi antibiotske terapije sa osvrtom na fenomen rezistencije, posebno su obrađeni najznačajniji antibiotici koji se koriste u stomatologiji sa aspekta njihove farmakokinetike, neželjenih dejstava i doziranja, a detaljno se raspravlja i o savremenim stavovima antibiotske profilakse u stomatologiji.

U poglavljima „Osnovi principi suzbijanja i prevencije infekcija u stomatologiji“ i „Procedure suzbijanja i zaštite od infekcija u stomatologiji“ detaljno je prikazana problematika zaštite stomatologa i pacijenata prilikom izvođenja stomatoloških procedura: mere liče zaštite stomatološkog osoblja, zaštite pacijenata, primena vakcina, sterilizacija,

dezinfekcija, antisepsa, dizajn i održavanje stomatološke ordinacije, kontrola sistema za snabdevanje stomatološke stolice sa vodom i uklanjanje medicinskog otpada.

Na osnovu analize ove knjige, posebno valja istaći da je celokupna izneta materija opisana detaljno, na prihvatljiv i razumljiv način, a da su dati i najsavremeniji načini lečenja. Sve to je propraćeno nizom odabranih i kvalitetnih ilustracija, što omogućava brzo shvatanje ove kompleksne materije.

Na osnovu svega iznetog može se zaključiti da ova knjiga predstavlja veoma korisno delo i da treba da zauzme značajno mesto u savremenoj stomatološkoj odnosno medicinskoj literaturi, pa je stoga svesrdno preporučujem.

*Prof. dr Dragoslav Đukanović,  
redovni profesor Univerziteta u Beogradu u penziji*

## Da li ste pažljivo čitali radove?

1. Najčešća mukogingivalna anomalija je:
  - a) recesija gingive
  - b) dubok parodontalni džep
  - c) kratak frenulum
2. Zastupljenost morfoloških varijacija i pripoja frenuluma gornje usne proveravana je kod:
  - a) dece
  - b) odraslih
  - c) adolescenata
3. Gingivalni frenulum gornje usne je registrovan:
  - a) kod 15,1% dece
  - b) kod 17,3% dece
  - c) kod 20,19% dece
4. Fiksiranje zubne nadoknade na implantima je najčešće:
  - a) cementom
  - b) bravicom
  - c) metalnim šrafom
5. Radna dužina kanala korena određivana je:
  - a) apeks lokatorom
  - b) rendgengrafski
  - c) primenom CBCT-a
6. Procenu ožiljka posle hirurškog zahvata uradilo je:
  - a) 10 stručnih lica
  - b) 20 stručnih lica
  - c) 30 stručnih lica
7. Studija koja je ispitivala morfološke varijacije frenuluma uključivala je:
  - a) 44,6% dece muškog pola
  - b) 55,4% dece muškog pola
  - c) 60,1% dece muškog pola
8. Perzistentni tekstolobijalni frenulum je uočen kod:
  - a) 3,5% dece
  - b) 4,5% dece
  - c) 5,5% dece
9. Zubne nadoknade koje se fiksiraju na implantima su izrađene od:
  - a) legure Co-C2
  - b) legure Ni-C2
  - c) legure Ni-T4
10. U cementiranju zubnih nadoknada na implantima prednost treba dati:
  - a) kompozitnim cementima
  - b) GJC
  - c) karboksilatnim cementima
11. CBCT u stomatologiji je:
  - a) glavno dijagnostičko sredstvo
  - b) pomoćno dijagnostičko sredstvo
  - c) teško promenjiva metoda u stomatologiji
12. Odstupanja u merenjima između ručnih i CBCT-a manja od 1 mm su registrirana kod:
  - a) 54,7% zuba
  - b) 74,7% zuba
  - c) 94,2% zuba
13. Evaluacija ožiljka nakon parodontalne plastičnohirurške intervencije realizovana je posle:
  - a) 1–2 meseca
  - b) 2–3 meseca
  - c) 3–6 meseci
14. Morfološke varijacije frenuluma gornje vilice procenjivane su kod:
  - a) dece predškolskog uzrasta
  - b) dece osnovnoškolskog uzrasta
  - c) dece osnovnoškolskog uzrasta do 15 godina
15. Jednostavni frenulum sa nodulom je uočen kod:
  - a) 14,5% dece
  - b) 15,5% dece
  - c) 16,5% dece

16. Nadoknade su cementirane za nosače nadoknada sa:
- tri različita cementsa
  - pet različitih cemenata
  - šest različitih cemenata
17. Vrednost retencione sile cink-fosfatnih cemenata je:
- 174 N
  - 184 N
  - 204 N
18. CBCT se u stomatologiji koristi:
- u odontometriji
  - u širenju kanala korena
  - u čišćenju kanala korena
19. Najčešća indikacija za parodontalnu plastičnu hirurgiju je:
- korekcija frenuluma
  - tumor jezika
  - recesija gingive
20. Papilarni frenulum gornje usne je registrovan kod:
- 10,1% dece
  - 15,3% dece
  - 20,9% dece
21. Sila razdvajanja nadoknade u svakoj grupi je obavljena na:
- tri uzorka
  - pet uzoraka
  - sedam uzoraka
22. Vrednost retencione sile kompozitnih cemenata se kretala između:
- 210–230 N
  - 256–275 N
  - 280–295 N
23. CBCT tehnika je proveravana na:
- 35 ekstrahovanih zuba
  - 43 ekstrahovana zuba
  - 56 ekstrahovanih zuba
24. Za evaluaciju ožiljka posle hirurškog zahvata korišćeno je:
- pet standardizovanih fotografija
  - osam standardizovanih fotografija
  - deset standardizovanih fotografija
25. Procena morfoloških varijacija nivoa pripojenog frenuluma gornje usne obuhvatila je:
- 84 dece
  - 110 dece
  - 150 dece
26. Dvostruki frenulum je uočen kod:
- 5,5% dece
  - 6,5% dece
  - 7,5% dece
27. Radna dužina kod testiranih zuba je proveravana:
- uvodenjem proširivača #06
  - uvodenjem proširivača #08
  - uvodenjem proširivača #10
28. Analiza ožiljka obuhvata procenu:
- tri parametra
  - pet parametara
  - šest parametara
29. Poznavanje morfologije i nivoa pripojenog frenuluma gornje usne je važno zbog:
- prevencije parodontalnih oboljenja
  - prevencije karijesnih oštećenja zuba
  - prevencije endodontskih oboljenja
30. Merenje realne i CBCT dužine su proveravala:
- dva iskusna operatera
  - tri iskusna operatera
  - četiri iskusna operatera
31. Grupu za procenu ožiljka posle hirurške intervencije činilo je:
- 10 studenata osnovnih studija stomatologije
  - 10 studenata osnovnih studija medicine
  - 10 studenata osnovnih studija veterinarstva
32. Primenom ISO indeksa može se realizovati estetska evaluacija ožiljka:
- brzo i jednostavno
  - prilično komplikovano
  - sporo ali efikasno
33. Jednostavni frenulum sa apendiksom je uočen kod:
- 5,1% dece
  - 7,1% dece
  - 9,1% dece
34. Cink-fosfatni cementi su imali:
- nešto veću retencionu silu od GJC
  - nešto manju retencionu silu od GJC
  - identičnu retencionu silu sa GJC
35. Razlika između odontometrije realizovane ručnim instrumentima i CBCT-a je bila:
- statistički značajna
  - bez statističke značajnosti
  - neuporediva
36. Vrednosti indeksa zarastanja oralnih tkiva (ISO) bile su najmanje kod:
- studenta osnovnih studija
  - studenta specijalističkih studija
  - specijalista parodontologije i oralne medicine
37. Morfološke varijacije frenuluma gornje vilice su procenjivane kod dece osnovne škole u:
- Kalinoviku
  - Sarajevu
  - Banjaluci

38. Frenulum sa dve ili više varijacija je uočen kod:  
 a) 1,8% dece  
 b) 2,8% dece  
 c) 4,8% dece
39. Odstupanja u vrednostima merenja radne dužine kanala između ručnih i CBCT merenja su bila:  
 a) mala  
 b) velika  
 c) identična
40. Indeks zarastanja oralnih tkiva kod studenta osnovnih studija je iznosio:  
 a) 3,63  
 b) 3,68  
 c) 3,12
41. Mukozni frenulum gornje usne je registrovan kod:  
 a) 57,3% dece  
 b) 59,3% dece  
 c) 59,7% dece
42. Penetrirajući papilarni frenulum gornje usne je registrovan kod:  
 a) 10% dece  
 b) 5% dece  
 c) 4,5% dece
43. Kompozitni i GJC su imali:  
 a) skoro iste vrednosti retencione sile  
 b) veće vrednosti od karboksilatnih cemenata  
 c) niže vrednosti od karboksilatnih cemenata
44. Odstupanja u merenjima između ručnih i CBCT-a su bila:  
 a) veća od 2 mm  
 b) veća od 1 mm  
 c) manja od 1 mm
45. Indeks zarastanja oralnih tkiva kod studenata specijalističkih studija je iznosio:  
 a) 3,72  
 b) 3,63  
 c) 3,54
46. Jednostavan frenulum je registrovan kod:  
 a) 50,5% dece  
 b) 64,6% dece  
 c) 70,4% dece
47. Indeks zarastanja oralnih tkiva kod specijalista parodontologije je iznosio:  
 a) 3,84  
 b) 3,63  
 c) 3,12
48. Najnižu retencionu silu su pokazali:  
 a) cink-fosfatni cementi  
 b) karboksilatni cementi  
 c) privremeni cementi
49. Srednja vrednost apsolutnih razlika između CBCT i ručnog merenja je iznosila:  
 a) 0,25 mm  
 b) 0,30 mm  
 c) 0,39 mm
50. CBCT daje sliku anatomske strukture:  
 a) oblika 3D prostorne veze  
 b) oblika 2D prostorne veze  
 c) oblika 4D prostorne veze

**Odgovore slati na email adresu Uredništva časopisa „Stomatološki glasnik Srbije“ ili na adresu Stomatološke komore Srbije (Uzun Mirkova 3/3). Tačni odgovori na pitanja će se vrednovati u skladu s Pravilnikom o kontinuiranoj medicinskoj edukaciji zdravstvenih radnika.**

## Uputstvo autorima za pripremu rada

**Stomatološki glasnik Srbije** je časopis Srpskog lekarskog društva osnovan 1953. godine. Časopis objavljuje: originalne naučne i stručne radove, prikaze iz prakse, pregledne radove, saopštenja, istoriografske radove, prikaze knjiga, komentare i pisma uredništvu, društvenu hroniku.

Svi rukopisi se podvrgavaju recenziji. Radove recenziraju dva anonimna stručnjaka i, ukoliko je potrebno, statističar. Konačnu odluku o prihvatanju rada za štampu donosi glavni i odgovorni urednik. Autori se obaveštavaju o prijemu ili odbijanju rada najkasnije osam nedelja od podnošenja rukopisa.

Za objavljene radove se ne isplaćuje honorar, a autorska prava se prenose na izdavača. Rukopisi i prilozi se ne vraćaju. Za reprodukciju ili ponovno objavljivanje nekog segmenta rada publikovanog u „Stomatološkom glasniku Srbije“ neophodna je saglasnost izdavača.

Radovi se štampaju na engleskom i srpskom jeziku.

**Opšta uputstva** Tekst rada treba da bude otkucan u programu za obradu teksta *Word*, sa dvostrukim proredom, isključivo fontom Times New Roman i veličinom slova 12 pt. Sve margine treba podesiti na 25 mm, veličinu stranice na A4 format, a tekst kucati s levim poravnanjem i uvlačenjem svakog pasusa za 10 mm, bez deljenja reči. Ako se u tekstu koriste specijalni znaci (simboli), koristiti font Symbol. Podaci o korišćenoj literaturi u tekstu označavaju se arapskim brojevima u uglastim zagradama – npr. [1, 2], i to redosledom kojim se pojavljuju u tekstu. Stranice se numerišu redom u okviru donje margine, počev od naslovne strane.

**Naslovna strana** Na posebnoj, prvoj strani rukopisa treba navesti sledeće: naslov rada bez skraćenica, puna imena i prezimena autora bez titula, zvaničan naziv ustanova u kojima autori rade, mesto i državu; na dnu stranice navesti ime i prezime, adresu za kontakt, broj telefona i e-mail adresu autora zaduženog za korespondenciju.

**Kratak sadržaj i ključne reči** Druga strana treba da sadrži kratak sadržaj rada obima 100–250 reči. Kratak sadržaj originalnog rada treba strukturirati na sledeće delove: Uvod (u okviru kojeg se navodi cilj rada), Materijal i metode rada, Rezultati i Zaključak. Navode se najvažniji rezultati, numeričke vrednosti, statističke analize i nivo značajnosti. Ispod kratkog sadržaja navesti od tri do šest ključnih reči. U izboru ključnih reči koristiti *Medical Subject Headings – MeSH* (<http://www.nlm.nih.gov/mesh>).

**Struktura rada** Originalni rad treba da sadrži sledeće podnaslove: Uvod (sa ciljem rada), Materijal i metode rada, Rezultati, Diskusija, Zaključak i Literatura. Prikaz iz prakse čine: Uvod, Prikaz bolesnika, Diskusija i Literatura. Ne treba koristiti imena bolesnika, inicijale ili brojeve istorija bolesti. Pregledni i informativni rad čine Uvod, odgovarajući podnaslovi, Zaključak i Literatura. Pregledni rad mogu objaviti samo autori koji su izuzetno uspešni u oblasti kojom se bave i koji navedu najmanje pet autocitata radova publikovanih u časopisima s recenzijom.

**Tekst rukopisa** Koristiti kratke i jasne rečenice, bez stranih reči i neadekvatnih pojmovima iz prevoda iz strane literature. Za nazive lekova koristiti generička imena. Skraćenice koristiti samo kada je to neophodno, a ne koristiti ih u naslovu. Za svaku skraćenicu pun termin treba navesti pri prvom pojavljinjanju u tekstu, sem ako to nije standardna jedinica mere. Decimalne brojeve u engleskom tekstu pisati sa tačkom, a u srpskom sa zarezom. Kad god je to moguće, broj zaokružiti na jednu decimalu. Sve rezultate hematoloških, kliničkih i biohemiskih merenja navoditi u metričkom sistemu prema Međunarodnom sistemu jedinica (SI).

**Obim rukopisa** Celokupni rukopis rada – koji čine naslovna strana, kratak sadržaj, tekst rada, spisak literature, svi prilozi, potpisi za njih i legenda (tabele, slike, grafikoni, sheme, crteži) – mora iznositi za pregledni rad do 7.000 reči, za originalni rad do 5.000 reči, a za informativni rad i prikaz iz prakse do 3.000 reči. Provera broja reči u dokumentu može se izvršiti kroz podmeni Tools–Word Count ili File–Properties–Statistics.

**Tabele** Tabele se označavaju arapskim brojevima prema redosledu navođenja u tekstu, a moraju biti urađene u programu *Word*, kroz meni Table–Insert–Table, uz definisanje tačnog broja kolona i redova koji će činiti mrežu tabele. Korišćene skraćenice u tabeli treba objasniti u legendi ispod tabele.

**Grafikoni** Grafikoni treba da budu urađeni i dostavljeni u programu *Excel*, da bi se videle prateće vrednosti raspoređene po čelijama.

**Slike** Slike se označavaju arapskim brojevima prema redosledu navođenja u tekstu. Primaju se isključivo digitalne fotografije (crno-bele ili u boji) rezolucije 300 dpi i formata zapisa .tiff ili .jpg. Ukoliko autori ne poseduju ili nisu u mogućnosti da dostave digitalne fotografije, onda originalne slike treba skenirati kao Grayscale (ili u boji) u rezoluciji 300 dpi i snimiti ih u originalnoj veličini.

**Sheme** Sheme crtati i dostaviti u programu *CorelDraw* ili *Adobe Illustrator*. Podatke u shemi kucati fontom Times New Roman i veličinom slova 10 pt.

**Zahvalnica** Navesti sve one koji su doprineli stvaranju rada, ali ne ispunjavaju merila autorstva. Finansijska i materijalna pomoć u obliku sponzorstva, stipendija, poklona, opreme, lekova, materijala i drugog takođe treba da bude navedena.

**Literatura** Spisak referenci je odgovornost autora, a citirani članci treba da budu lako pristupačni čitaocima časopisa. Stoga uz svaku referencu obavezno treba navesti DOI broj članka (jedinstvenu nisku karaktera koja mu je dodeljena) i PMID broj ukoliko je članak indeksiran u bazi PubMed/MEDLINE.

Reference numerisane arapskim brojevima navoditi prema redosledu citiranja u tekstu. Broj referenci u originalnim radovima ne bi trebalo da bude veći od 30, osim kod preglednih i informativnih radova, gde broj referenci nije ograničen. Izbegavati korišćenje apstrakta kao referenice, a apstrakte starije od dve godine ne citirati. Reference članaka koji su prihvaćeni za štampu treba označiti kao „u štampi“ (*in press*) i priložiti dokaz o prihvatanju rada.

Reference se citiraju prema Vankuverskom stilu (jednoobraznim zahtevima za rukopise koji se predaju biomedičkim časopisima), koji je uspostavio Međunarodni komitet urednika medicinskih časopisa (<http://www.icmje.org>), čiji format koriste U.S. National Library of Medicine i baze naučnih publikacija. Primeri navođenja publikacija (članaka, knjiga, monografija, elektronskog, neobjavljenog i drugog objavljenog materijala) mogu se naći na internet-stranici [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

**Propratno pismo** Uz rukopis obavezno priložiti pismo koje su potpisali svi autori, a koje treba da sadrži: izjavu da rad prethodno nije publikovan i da nije istovremeno podnet za objavljivanje u drugom časopisu, te izjavu da su rukopis pročitali i odobrili svi autori koji ispunjavaju merila autorstva.

**Autorstvo** Autorstvo se zasniva na bitnom doprinosu koncepciji rada, dobijanju rezultata ili analizi i tumačenju rezultata, planiranju rukopisa ili njegovoj kritičkoj reviziji od znatnog intelektualnog značaja, te doprinosu u završnom doterivanju verzije rukopisa koji se priprema za štampanje. Finansiranje, sakupljanje podataka ili generalno nadgledanje istraživačke grupe sami po sebi ne mogu opravdati autorstvo.

**Slanje rukopisa** Rukopis rada i svi prilozi uz rad mogu se dostaviti imejlom ([stomglas@bvcom.net](mailto:stomglas@bvcom.net)), preporučenom pošiljkom ili lično, dolaskom u Uredništvo. Ukoliko se rad šalje poštom ili donosi u Uredništvo, rukopis se dostavlja odštampan u dva primerka i narezan na CD (snimljeni materijal treba da je istovetan onom na papiru).

**Važna napomena** Svi autori i koautori radova moraju biti članovi Srpskog lekarskog društva i preplatnici na časopis za godinu u kojoj predaju rad za publikovanje.

#### **Adresa:**

Srpsko lekarsko društvo  
Uredništvo časopisa „Stomatološki glasnik Srbije“  
Ul. kraljice Natalije 1  
11000 Beograd  
Srbija

**Telefon:** +381 (0)11 409 27 76

**E-mail:** [stomglas@bvcom.net](mailto:stomglas@bvcom.net)

**Internet-adresa:** <http://www.stomglas.org.rs>

## Instructions for Authors

**Serbian Dental Journal** is the journal of the Serbian Medical Society, founded in 1953. The journal publishes original scientific and professional papers, case reports, review articles, preliminary research reports, historical papers, book review, comments and letters to the Editor, social chronicle.

All manuscripts are peer-reviewed. Manuscripts are reviewed by two anonymous referees and, if necessary, a statistician. The final decision on paper acceptance for publishing is made by the Editor-in-Chief. Authors are informed of acceptance or rejection of the paper within eight weeks after manuscript submission.

Copyright is transferred from the author(s) to the publisher upon paper acceptance and no fees are paid for papers to be published. Manuscripts are not returned to the author. For any reproduction and repeated publishing of part or the whole paper, written consent from the publisher is requested.

The journal is published in English and Serbian.

**General instructions** The manuscript should be typed in MS Word, with double line spacing, only in Times New Roman font and letters size 12 pt. Page margins should be 25 mm, page size set to A4 format, and text typed aligned left with paragraph indentations of 10 mm. Words should not be hyphenated. If special symbols are used in the text, preferred font is Symbol. References should be marked with Arabic numbers in brackets, e.g. [1,2], in the order of appearance in the text. Page numbers should be inserted at the bottom of the page, starting from the title page.

**Title page** The first page should contain: the title of the paper without abbreviations, authors' names without professional titles, authors' affiliations; the exact postal address of the corresponding author, telephone number and e-mail address must be given at the bottom of the title page.

**Summary and keywords** The second page should contain a structured summary of the paper with Introduction (with the aim), Material and Methods, Results and Conclusion with up to 250 words. Each of these segments should be written as a new paragraph with bold subtitles. Only the most important results should be indicated with the statistical level of significance. Following summary it is recommended to list 3 to 6 keywords related to the paper. Keywords should be chosen according to the Medical Subject Headings – MeSH (<http://www.nlm.nih.gov/mesh>).

**Structure of the manuscript** Original paper should have the following subheadings: Introduction (with the aim), Material and Methods, Results, Discussion, Conclusion and References. Case report should contain: Introduction, Case Report, Discussion, Conclusion and References. No patients' names, initials or record numbers should be indicated. Review and informative article consists of Introduction, subheadings, Conclusion and References. Only distinguished authors with at least five citations of their published papers are eligible to publish review articles.

**Text of the manuscript** Text should be written in short and clear sentences, avoiding foreign language words and inadequate terms and interpretation from the literature. Medications should be indicated by their generic names. For each abbreviation, full term should be indicated when first mentioned in the text, except for standard measuring units. Decimals should be separated with a comma in Serbian, and with a dot in English. Numbers should be approximated to one decimal place. All results of hematological, clinical and biochemical measurements should be quoted in the metrical system according to the International Unit System (SI).

**Length of the manuscript** The entire manuscript (title page, summary, the whole text, list of references, all enclosures including captions and legends) should not exceed 7,000 words for a review article, 5,000 words for an original paper, and 3,000 words for an informative article and case report. The number of words can be checked in MS Word using Tools–Word Count or File–Properties–Statistics options.

**Tables** Tables should be marked in Arabic numbers in the order of appearance in the text, and should be prepared in MS Word using Table–Insert–Table, with clearly defined number of columns and rows. Abbreviations used in a table should be explained in the legend under the table.

**Graphs** Graphs should be prepared in MS Excel, in order to maintain a clear view of all values within the cells.

**Photographs** Photographs should be marked in Arabic numbers in the order of appearance in the text. Only original digital photographs (black-and-white or color), resolution of 300 dpi, and .tiff or .jpg format, are acceptable. If authors do not possess or are not able to provide digital photographs, then the original photos should be scanned as Grayscale (or RGB color) with resolution of 300 dpi, and saved in original size.

**Schemes** Schemes should be drawn in CorelDraw or Adobe Illustrator programmes. The text in the scheme should be typed in Times New Roman, font size 10 pt.

**Acknowledgment** All contributors to the paper who are not named as authors should be acknowledged. Financial and other material support, like sponsorship, grants, gifts, medical supplies, etc., should also be mentioned.

**References** The reference list is the responsibility of the authors. Cited articles should be readily accessible to the journals readership. Therefore, following each reference, its DOI number and PMID number (if the article is indexed for MEDLINE/PubMed) should be typed.

References must be marked in Arabic numbers and cited in the order of appearance in the text. The number of references should not exceed 30, except in review and informative articles, when no limits are established. The use of abstracts as references should be avoided and an abstract more than two years old should not be quoted by any means. When citing accepted papers, these should be indicated as "in press" and a proof of acceptance should be provided.

References are cited according to the Vancouver style (*Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*), rules and formats established by the International Committee of Medical Journal Editors (<http://www.icmje.org>), used by the U.S. National Library of Medicine and scientific publications databases. Examples of citing publications (journal articles, books and other monographs, electronic, unpublished and other published material) could be found on the web site [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

**Cover letter** A cover letter should be signed by all authors and with the following content: written consent that the paper was not previously published and is not simultaneously submitted to publication in other journals, and written consent that the paper was reviewed and approved by all other co-authors.

**Authorship** Authorship is based only on: crucial contribution to the article conception, obtaining of results or analysis and interpretation of results; design of the manuscript or its critical review of significant intellectual value; final revision of the manuscript being prepared for publication. Funding, collection of data or general supervision of the research group alone cannot justify authorship.

**Submission** Manuscript and all enclosures can be sent by e-mail ([stomglas@bvcom.net](mailto:stomglas@bvcom.net)). If sent by registered mail or delivered in person at the Editorial Office in Belgrade, it should contain two printed copies and a CD with the version identical to that on paper.

**Important notice** All authors and co-authors must be members of the Serbian Medical Society and subscribers to the journal for the year in which the manuscript is being submitted.

**Address:**

Serbian Medical Society  
Editorial Board of the Serbian Dental Journal  
Ul. kraljice Natalije 1  
11000 Belgrade  
Serbia

**Phone:** +381 (0)11 409 27 76

**E-mail:** [stomglas@bvcom.net](mailto:stomglas@bvcom.net)

**Web site:** <http://www.stomglas.org.rs>

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

616.31

**STOMATOLOŠKI glasnik Srbije** = Serbian  
Dental Journal / главни и одговорни urednik  
Slavoljub Živković. - God. 1, br. 1 (1955)-  
. - Beograd (Džordža Vašingtona 19) :  
Srpsko lekarsko društvo, 1955- (Beograd :  
Službeni glasnik). - 29,5 cm

Dostupno i na: <http://www.stomglas.org.rs> - Тромесечно

ISSN 0039-1743 = Stomatološki glasnik Srbije  
(Štampano izd.)  
COBISS.SR-ID 8417026

