

Kvaliteta brtvljenja korijenskog kanala postignuta različitim tehnikama punjenja

Root Canal Sealing Ability of Four Different Obturation Techniques

Hrvoje Juric
Ivica Anić

Zavod za bolesti zubi,
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak

U radu je na 46 ekstrahiranih jednokorijenskih zuba ispitivana mogućnost brtvljenja apeksnog otvora četirima različitim tehnikama punjenja. Korijenski kanali uzoraka instrumentirani su "step back" tehnikom. Prije punjenja zaostatni sloj nije uklanjan. Uzorci su punjeni: tehnikom jedne gutaperke; tehnikom lateralne kondenzacije; tehnikom vertikalne kondenzacije; kombiniranom tehnikom. Kanali su punjeni gutaperkom uz dodatak tvorničkog preparata Diaket. Kvaliteta brtvljenja procjenjivana je na temelju prodora 1%-tne vodene otopine metilenskog modrila između punjenja i stijenke korijenskog kanala. Najmanji prodor boje zabilježen je kod tehnike lateralne kondenzacije (0,93 mm SD 0,80). Prodor boje kod vertikalne kondenzacije iznosio je 1,79 mm (SD 1,01), kod tehnike jedne gutaperke 1,93 mm (SD 1,38), i kod kombinirane tehnike 1,97 mm (SD 0,89). Statistički vjerodostojna razlika zabilježena je između tehnika lateralne kondenzacije i kombinirane tehnike ($p < 0,05$).

Ključne riječi: propusnost apeksnog otvora, korijenski kanal, tehnike punjenja korijenskog kanala

Acta Stomatol. Croat.
1995; 30:105—111

IZVORNI
ZNAKSTVENI RAD

Primljeno: 23. svibnja 1995.
Received: May 23, 1995.

Uvod

Potpuno brtvljenje korijenskog kanala od apeksnog otvora do dna pulpne komorice svrha je svakog endodontskog zahvata. Da bi se to ostvarilo, punjenje mora hermetički brtviti ne samo glavni kanal već i brojne lateralne i akcesorne kanale. Tako se smanjuje mogućnost iritacije periapexnog područja zbog zaostalog tkiva, bakterija i bakterijskih produkata ili zbog perzistirajuće komunikacije periapexnog tkiva i medija usne šupljine (1). Uzrok otprilike 60% neuspjeha u endodontskom liječenju zuba jest nepotpuno i neodgovarajuće punjenje korijen-

skog kanala (2, 3). Posljedice takvih neuspjeha mogu se odraziti kao trajna bol nakon zahvata, nastanak ili perzistencija periapexnih lezija uz mogućnost akutne egzacerbacije ili pak potpuno uništenje pričvrsnog aparata zuba (4). Do danas su razvijene brojne tehnike punjenja korijenskog kanala. Godine 1967. Schilder (5) je primijenio tehniku vruće vertikalne kondenzacije za punjenje korijenskog kanala. Nova tehnika bila je komplicirana, zahtijevala je dosta vremena i dugotrajno vježbanje. Izvor topline bio je otvoreni plamen. Desetak godina poslije Yee i sur. (6) uvode tehniku punjenja injiciranjem ter-

moplastične gutaperke. Nakon toga Michanowicz i Czonstkowski (7) razvijaju tehniku niskotemperaturne (70°C) gutaperke. Novije tehnike znatno su jednostavnije i zahtijevaju manje kliničkog vremena. Da bi se razlučila uspješnost brojnih tehnika punjenja korijenskog kanala, uporedo su razvijene i tehnike koje mogu predočiti kvantitativnu propusnost punjenja, kao što su: tehnika propusnosti boje (7, 8, 9); tehnika radioaktivnih izotopa (10); elektrokemijski test propusnosti (11); test bakterijske prodornosti (12) i scanning elektronsko-mikroskopska analiza (13).

U laboratorijskim uvjetima, najčešće je primjenjivana metoda propusnosti boje (1). Međutim, kod očitavanja rezultata uočene su velike standardne devijacije. Jesu li greške, odnosno razlike u rezultatima posljedica različitih tehnika punjenja korijenskih kanala, ili pogreške u samom tijeku pokusa, nije još utvrđeno. Spradling i Senia (8) zaključuju da mjehurići zraka, koji ostaju zarobljeni u korijenskom kanalu i u samom punjenju, mogu biti razlog proturječnih rezultata koje nalazimo u literaturi. Mjehurići zraka mogu spriječiti pasivno prodiranje boje u korijenski kanal (14). Zbog toga se, u novije vrijeme, zrak uklanja vakuumskim pumpama koje proizvode tlak od 50—500 torra, te tako omogućuju veći prodor boje i točnije očitavanje rezultata. Ipak, uz sve nedostatke, tehnika prodora boje često se rabi zbog jednostavnosti, ponovljivosti, te vjerodostojno u tri dimenzije predočuje prodor boje unutar korijenskog kanala, što je izravno u svezi s kvalitetom same endodontske opskrbe zuba (15, 16).

Svrha rada bila je ispitati uspješnost brtvljenja apeksnog otvora između četiri različite tehnike punjenja korijenskog kanala. Kvaliteta brtvljenja procijenjena je na temelju kvantitativnog prodora boje između punila i stijenke korijenskog kanala.

Materijali i postupci

Za pokus je uzet uzorak od 46 jednokorijenskih trajnih zuba s potpuno razvijenim korijenom. Rabljeni su srednji sjekutići gornje čeljusti i očnjaci obiju čeljusti. Zubi su bili podjednake dimenzija, dužina, a dobiveni su na Zavodu za oralnu kirurgiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, i Odjela za oralnu kirurgiju, Zdravstvena stanica Siget. Spol, dob

i razlozi vađenja zuba nisu poznati. Prije obrade zubi su čuvani u 10%-tnom formalinu. Nakon mehaničkog čišćenja, sterilizirani su u autoklavu na temperaturi od 120°C i tlaku od 300 kPa, i pohranjeni u sterilnu fiziološku otopinu na 37°C u termostatu. Prije pokusa, zubi su pregledani stereomikroskopom. Uzorci kod kojih su nađene pukotine na površini korijena nisu rabljeni u daljnjem radu.

Slučajnim odabirom zubi su podijeljeni u četiri skupine označene slovima od A do D sa po deset uzoraka svaka. Pulpna komorica trepanirana je s palatinalne strane dijamantnim brusnim tijelom uz vodeno hlađenje. Zubna pulpa odstranjena je pulpektiratorima. Dužina korijenskog kanala utvrđena je umetanjem Kerr razvrtača br. 15 (Maillefer, Ballaigues, Švicarska) u kanal. Kad je vrh razvrtača prodro kroz apeksni otvor, instrument je izvučen za 1 mm. Dobivena dužina predstavljala je dubinu instrumentacije kanala. Svi uzorci obrađeni su mehanički i kemijski istim načinom. Korijeni su mehanički obrađeni "step back" tehnikom uz ispiranje u 2,5%-tnoj otopini NaOCl u prosječnoj količini od 10 ml po zubu štrcaljkom i iglom tupa vrha. Svi kanali su obrađeni do internog foramen Kerr razvrtačem br. 40 (ISO # 40), dok je koronarna trećina obrađena do Kerr razvrtača br. 80 (ISO # 80). Korijenski kanali ispirani su prije svake rekapitulacije. Nakon svake rekapitulacije, K-razvrtačem br. 15 provjerena je prohodnost apeksnog otvora. Stijenke korijenskog kanala obrađene su potom "pull-up" tehnikom korijenskim pilicama (strugači). Otvor korijenskih kanala proširen je Gates-Glidden svrdlima (Maillefer, Ballaigues, Švicarska) br. 3 i 4. Nakon mehaničke obradbe svi su uzorci još jednom isprani 2,5%-tnim NaOCl, te osušeni mlazom zraka i papirnatim štapićima (Kerr, Karlsruhe, Njemačka). Zaostatni sloj (engl. smear layer) stvoren na stijenkama tijekom instrumentacije nije uklanjao. Korijenski kanali (KK) punjeni su četirima različitim tehnikama. Grupa A punjena je tehnikom jednog gutaperka štapića, grupa B tehnikom lateralne kondenzacije, grupa C tehnikom vertikalne kondenzacije i konačno uzorci grupe D punjeni su hibridnom tehnikom.

Za punjenje kanala rabljena je pasta na temelju poliketonske smole "Diaket", (Espe, Seefeld, Njemačka) i standardizirani gutaperka štapići (#15—#40) (Maillefer, Ballaigues, Švicarska).

Tehnike punjenja kanala

Grupa "A", tehnika jedne gutaperke. Na stijenke KK svakog zuba iz skupine gutaperka štapićem nanosena je Diaket pasta zamiješana prema preporuci proizvođača. S nekoliko pokreta štapićem u smjeru apikalno-koronarno pasta je ravnomjerno raspoređena po kanalu, a zračni mjehurići istisnuti iz kanala. Gutaperka štapić koji je odgovarao promjeru zadnjeg Kerr razvrtača kojim je instrumentiran apeksni dio, umočen je u pastu te pažljivo umetnut u KK do prije određene dubine. Višak gutaperka štapića uklonjen je ručnim instrumentom, prethodno zagrijanim nad otvorenim plamenom, u visini ulaza u KK. Punjenje je dodatno kondenzirano ravnim nabijačem.

Grupa "B", tehnika lateralne kondenzacije. Diaket pasta i glavni gutaperka štapić (engl. master point) br. 40 uneseni su u KK na način opisan za grupu "A". Nakon toga u kanal je uveden ručni potiskivač (engl. spreader) (Antaeos, München, Germany) br. 25. Glavna gutaperka potisnuta je apikalno i u stranu te je, nakon izvlačenja potiskivača, u nastalo mjesto umetnut dodatni standardizirani gutaperka štapić br. 20. Nakon toga potiskivač je ponovno umetnut u KK, gutaperka je potisnuta u stranu te je umetnut dodatni gutaperka štapić. Tehnika punjenja je ponavljana sve dok potiskivač nije mogao ući u koronarni otvor kanala dublje od 2 mm.

Grupa "C", tehnika vertikalne kondenzacije. Prije punjenja korijenskog kanala, glavni standardizirani gutaperka štapić br. 40 izrezan je skalpelom na komadiće dužine 2—2,5 mm. Nakon što su stijenke KK premazane Diaket pastom, u kanal je unesen vrh gutaperka štapića prethodno zagrijanog nad otvorenim plamenom. Gutaperka je potisnuta do apeksa i kondenzirana ručnim nabijačem (engl. plugger) koji je prethodno označen tako da je, umetnut cijelim radnim dijelom u kanal, dosegnuo 2 mm do apeksa. Gutaperka u apeksnom dijelu još je jednom kondenzirana vrućim instrumentom, a potom je u kanal unesen sljedeći gutaperka komadić. Tehnika je ponavljana dok KK nije potpuno napunjen.

Grupa "D", hibridna tehnika. Na stijenke KK nanosena je pasta, a zatim je u kanal umetnut glavni gutaperka štapić br. 40, prethodno obložen pastom kao kod tehnike lateralne kondenzacije. Potom su pokraj umetnute gutaperke uti-

snuti zagrijani komadići gutaperke (2—2,5 mm) kao kod tehnike vertikalne kondenzacije. Komadići su utiskivani sve dok se kanal nije ispunio u cijelosti do dna pulpne komorice.

Kontrolna grupa. Šest preostalih uzoraka rabljeno je kao kontrola. Kod tri uzorka, u korijenski kanal je umetnut gutaperka štapić bez paste (pozitivna kontrola). Apeksni otvor preostalih triju uzoraka začepljen je voskom nakon čega je u kanale iglom i štrcaljkom uštrcana fiziološka otopina (negativna kontrola).

Nakon punjenja KK, trepanacijski otvori na svim uzorcima ispunjeni su Harvard cinkoksi-fosfatnim cementom (Dental-Gesellschaft, Berlin, Njemačka). Pošto se cement stvrdnuo, uzorci su uronjeni u 0,9%-tnu otopinu NaCl, i stavljeni u termostat na 37°C. Nakon sedam dana zubi su izvađeni iz fiziološke otopine i osušeni zrakom. Cijela površina zuba osim apeksnog dijela (2 mm uokrug apeksnog otvora) premazana je s dva sloja izolacijskog laka (obojeni lak za nokte) i jednim slojem mješavine stomatološkog ružičastog voska (Zlatarna-Celje, Celje, Slovenija) i Plastodent-set plavog voska za modelaciju (Degussa, Frankfurt, Njemačka) u omjeru 1:1. Zatim je svaki zub pojedinačno stavljen u kušalice uz dodatak 0,5 ml 1%-tne vodene otopine metilenskog modrila (Kemika, Zagreb, Hrvatska), te ponovo stavljen na sedam dana u termostat na 37°C. Razina boje u kušalicama kontrolirana je svakoga dana, te je otopina boje po potrebi dodavana mikropipetom. Nakon sedam dana zubi su izvađeni iz boje i isprani mlazom vode. Vosak i lak su uklonjeni kiretom, nakon čega su zubi prerezani uzdužno turbinskim brusilom uz vodeno hlađenje.

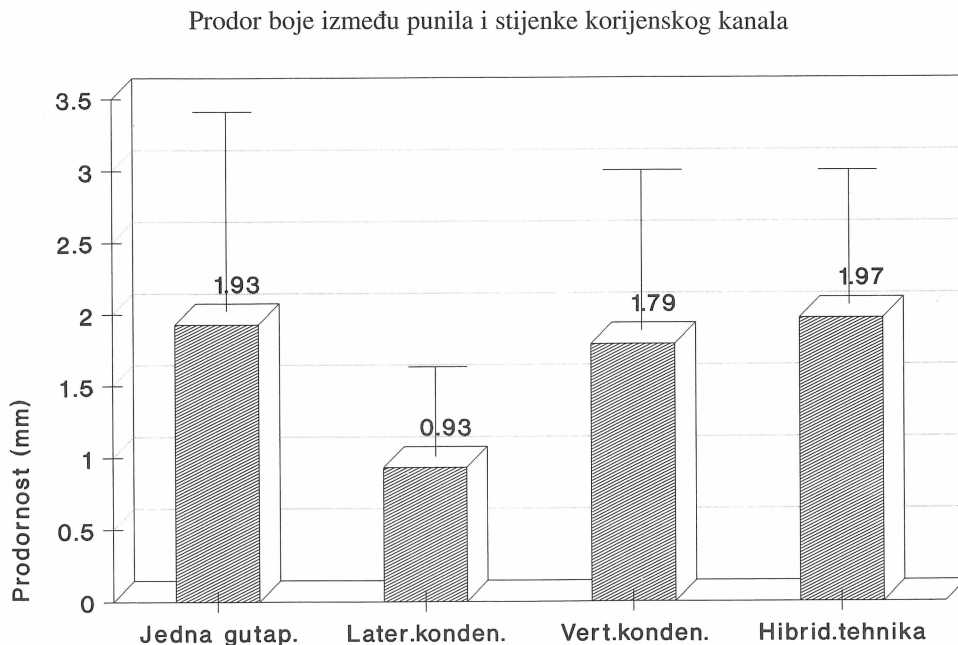
Uzorci su šifrirani, a kvantitativni prodor boje između punila i stijenke kanala od apeksnog otvora prema kruni zuba očitavala su dva neovisna ispitivača pomoću stereomikroskopa (Opton, Njemačka) i kalibrirane skale na okularu. Dobivene vrijednosti zaokruživane su do najbližih 0,01 mm. Ispitivači su bili vični načinu očitavanja, a ako su se rezultati razlikovali za više od 15%, očitavanja su ponovljena.

Izračunate su srednje vrijednosti, a statistička obradba izvršena je testom Oneway analize varijance (ANOVA) i Studentovim t-testom kompjutorskim programom SPSS/PC+ (Microsoft Corp. Redmond, WA, USA). Kontrolni uzorci nisu uključeni u statističku obradbu.

Rezultati

Srednje vrijednosti i standardne devijacije prodora boje između punila i stijenke korijenskog kanala po skupinama prikazane su na slici

1. Najmanji prodor boje (od najmanje 0,0 do najviše 2,0 mm) izmjeren je kod uzoraka ispunjenih tehnikom lateralne kondenzacije (grupa B, slika 2). Veći prodor boje zabilježen je kod teh-



Slika 1. Srednje vrijednosti i standardne devijacije prodora boje između gutaperke i stijenke korijenskoga kanala u sve četiri ispitivane skupine

Figure 1. Mean values and standard deviations of linear dye penetration for each of the tested techniques

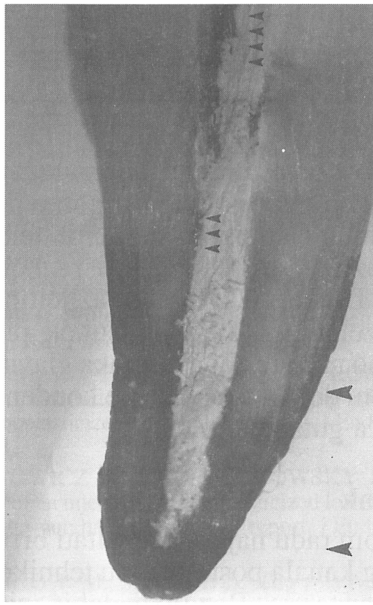


Slika 2. Prodor boje od 0,5 mm (strjelice) kroz apeksni otvor kod uzorka punjena tehnikom lateralne kondenzacije (skupina B)

Figure 2. Dye penetration after lateral condensation with a finger spreader extending 0.5 mm into the root canal (arrows) (group B)

nike vertikalne kondenzacije u uzorcima grupe C (od najmanje 0,1 do najviše 3,0 mm, slika 3) i kod uzoraka grupe A punjene tehnikom jedne gutaperke (od najmanje 0,0 do najviše 4,0 mm). Statistički vjerodostojno veći prodor boje (od najmanje 0,8 do najviše 6,5 mm) u odnosu na tehniku lateralne kondenzacije zabilježen je samo kod uzoraka punjenih hibridnom tehnikom (grupa D, slika 4) ($p < 0,05$). Kod svih uzoraka pozitivne kontrole, boja je prodrla cijelom dužinom KK do pulpne komorice, ispunila je dentinske tubuluse i intenzivno obojala dentin. Zaštitni lak i vosak spriječili su prodor boje u uzorke negativne kontrole.

Mikroskopska slika gutaperke kondenzirane lateralnom kondenzacijom pokazuje relativno kompaktnu masu, ali su pojedinačne gutaperke jasno vidljive. Između gutaperki vidljiva su polja punila (Diaket). U KK uzoraka punjenih jednom gutaperkom, uočljiva je veća količina punila između gutaperke i stijenke KK. Prodor boje češće je zabilježen između punila i dentinske stijenke nego između punila i gutaperke. Gutaper-



Slika 3. Prodor boje od 1,5 mm kod uzorka punjena tehnikom vertikalne kondenzacije (strjelice). Manje strjelice u srednjoj i cervikalnoj trećini kanala pokazuju gutaperku i punilo djelomice karbonizirane potiskivačem zagrijanim do svijetlocrvenoga žara (skupina C)

Figure 3. Dye penetration of 1.5 mm into the root canal after vertical condensation (arrows). Small arrows in the middle and cervical third of the root canal indicate the charred gutta-percha and canal sealer induced by a warm plugger (group C)



Slika 4. Duboki prodor boje (strjelice) kod uzorka punjena hibridnom tehnikom (skupina D)

Figure 4. Severe dye penetration (arrows) into the root canal after using the hybrid technique (group D)

ka u kanalima punjenim tehnikom vertikalne kondenzacije prožeta je tračcima punila između pojedinih slojeva stlačene gutaperke. Mjestimično su vidljivi prazni prostori nastali zbog mjehurića zaostalog zraka. Najmanje homogenu masu gutaperke proizvela je kombinirana tehnika. Osim uz stijenke kanala, boja je prodrla i duboko u masu samog ispuna.

Rasprava

Tehnika lateralne kondenzacije s dodatnim gutaperka štapićima vrlo je raširena i klinički jednostavna za izvođenje. Uporabom raširivača znatno se povećava kakvoća punjenja (17). Zbog svoje jednostavnosti i ponovljivosti tehnika je postala standard kvalitete punjenja korijenskog kanala te je većina radova rabi kao kontrolnu grupu novijim tehnikama punjenja. Ipak, rezultati prodora boje u korijenski kanal kod uporabe lateralne kondenzacije u literaturi se kreću u rasponu od 0 do 10 mm (18, 19). Rezultat prodora boje u ovom radu (0,93 mm) dvostruko je veći od rezultata autora Luccy i sur. (20) koji su zabilježili prodor boje od 0,45 mm. Tako velika razlika može biti posljedica razlika u tehnici punjenja. Za razliku od standardnih gutaperka, rabljenih u ovom radu, autori su rabili nestandardizirane gutaperke čiji šiljati vrhovi mogu dublje prodrijeti u kanal i tako postići bolje brtvljenje. Osim toga, razlika je i u vrsti boje rabljene za procjenu zabrtvljenosti apeksnog otvora. Prodor boje od 0,93 mm nalazi se između rezultata autora Scott i sur. (21) koji navode dvije vrijednosti prodora boje nakon lateralne kondenzacije (0,47 i 1,18 mm). Vrijednosti su na istim uzorcima očitale dva neovisna ispitivača. Autori zaključuju da uporaba metilenskog modrila možda i nije tako objektivna tehnika kao što se očekivalo. Rezultat dobiven lateralnom kondenzacijom jednak je rezultatima (0,9 mm) autora Simons i sur. (22). Autori navode zanimljiv podatak da je, ako boja prodre prvih 0,5 mm u korijenski kanal, nakon toga prodor boje gotovo nesmetan. To znači da je prodor boje moguće spriječiti jedino potpunim brtvljenjem samog apeksa neovisno o brtvljenju punila u ostalom dijelu korijenskog kanala. Tako je moguće spriječiti iritaciju periapeksa iz koronarnog smjera. To potvrđuje i relativno mali prodor boje kod tehnike jedne gutaperke. Ako je glavna gutaperka dobro priljubljena u apeksnom dijelu i uz dodatak mekog punila (Diaket), brtvljenje je

klinički zadovoljavajuće. Autori Mann i Mc Walter (23) navode srednju vrijednost prodora boje od 1,9 mm u ravnim kanalima i 3,9 mm u zakrivljenim kanalima. Još veći prodor boje (4,45 mm i 7,6 mm) kod tehnike lateralne kondenzacije zabilježili su ElDeeb (24) i Greene i sur. (25). Potonji autori smatraju da tako velike razlike u prodornosti boje kod iste tehnike mogu biti posljedica veličine instrumenta kojim je provjeravana prohodnost apeksnog otvora. Isto tako različite koncentracije metilenskog modrila (različita kiselost) mogu utjecati na dubinu prodora boje.

Za razliku od lateralne kondenzacije, klasična tehnika vertikalne kondenzacije znatno je kompliciranija i zahtijeva više vremena. Stoga je i mnogo manje zastupljena u literaturi. Kako kod lateralne kondenzacije, tako i kod tehnike vertikalne kondenzacije srednja vrijednost prodora boje u ovom radu (1,79 mm) višestruko je manja od (7,7 mm) rezultata Greena i sur. (25).

U literaturi je opisana tehnika donekle slična hibridnoj tehnici rabljenoj u ovom radu. Autori Tagger i sur. (26) opisali su tehniku punjenja gdje je uz glavnu gutaperku nakon izvlače-

nja raširivača umetnuta dodatna gutaperka. Nakon toga su obje gutaperke kondenzirane strojnim potiskivačem pri 15.000 okretaja u trajanju od dvije do tri sekunde. Od 20 uzoraka, prodor boje od 0,2 mm zabilježen je u dva uzorka, a prodor boje od 1 mm u jednom slučaju. Hibridna tehnika u ovom radu postigla je prodor boje od 1,97 mm. Osim zbog različitih tehnika izvođenja, razlike su posljedica i različitih punila (AH26 i Diaket) te uporabe različitih boja (briljantno zelena). Relativno dubok prodor boje vjerojatno nastaje zbog pomaka glavne gutaperke tijekom dodatne vertikalne kondenzacije malih djelića gutaperke.

Zaključak

U ovom radu najbolji rezultati brtvljenja korijenskog kanala postignuti su tehnikom lateralne kondenzacije. Rezultati dobiveni tehnikom vertikalne kondenzacije i tehnikom jedne gutaperke pokazuju veći, ali ne i vjerodostojno veći prodor boje u kanal. Vjerodostojno veći prodor boje, u odnosu na lateralnu kondenzaciju, zabilježen je samo kod uzoraka punjenih hibridnom tehnikom.

ROOT CANAL SEALING ABILITY OF FOUR DIFFERENT OBTURATION TECHNIQUES

Summary

The apical sealing ability of the standard lateral condensation technique, vertical condensation technique, single gutta-percha technique and combined technique was measured and compared. Root canals of 40 single-rooted teeth were instrumented using the step back technique. Six additional teeth were used as controls. The apical leakage was measured using a stereomicroscope after submerging the root apices in a 1% methylene blue water solution. The best result was obtained with the lateral condensation technique (0.93 ± 0.80 mm), followed by the vertical condensation technique (1.79 ± 1.02 mm) and single gutta-percha cone (1.93 ± 1.38 mm). The poorest result was obtained with the combined obturation technique (1.97 ± 0.80 mm). The difference between the lateral condensation obturation technique and combined technique was statistically significant ($p < 0.05$).

Key words: apical seal, leakage, methylene blue, root canal obturation techniques

Adresa za korespondenciju:
Adress for correspondence:

Ivica Anić
Zavod za bolesti zubi
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Gundulićeva 5, Zagreb

Literatura

1. DILAT D M, SPANBERG L S W. Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta-percha techniques using a dye vacuum tracing method. *J Endodon* 1994; 20:315-9.
2. INGLE J I, TAINOR J F, ured. *Endodontics*. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febinger, 1985:36 (samo).
3. COHEN S, BURNS R C, ured. *Pathways of the pulp*, 4th ed., p 183, C. V. Mosby, St Louis 1987.
4. WEIN F S, ured. *Endodontic therapy*. 3rd ed. St. Louis: CV Mosby, 1982:19 (samo).
5. SCHILDER H. Filling root canal in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 11:723-44.
6. YEE F S, MARLIN J, KRAKOW A A, GRON P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *J Endodon* 1977; 31:168-74.
7. MICHANOWICZ A E, CZONSTKOWSKY M. Sealing properties of an injection-thermoplasticized low-temperature (70°C) gutta-percha: a preliminary report. *J Endodon* 1984; 10:563-6.
8. SPRADLING P M, SENIA E S. The relative ability of paste-type filling materials. *J Endodon* 1982; 8:543-9.
9. SCOTT A C, VIRE D E, SWANSON R. An evaluation of the Thermafil endodontic obturation technique. *J Endodon* 1992; 18:340-3.
10. BENNER M D, PETERS D D, GROWER M, BERNIER W. Evaluation of a new thermoplastic gutta-percha obturation technique using ⁴⁵Ca. *J. Endodon* 1981; 7:500-8.
11. SINS B A, CARTER M, SHIH-LEVINE M. Microleakage of four root canal sealer cements as determined by an electrochemical technique. *Oral Surg* 1983; 56:80-8.
12. DELIVANIS P D, MATTISON G D, MENDEL R W. The survivability of F43 strain of streptococcus sanguis in root canals filled with gutta-percha and Procosol cement. *J Endodon* 1983; 9:407-10.
13. TANZILI J P, RAPHAEL D, MOODNIK R M. A comparison of the marginal adaptation of retrograde techniques: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 50:74-80.
14. GOLDMAN M, SIMMONDS S, RUSH R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg* 1989; 67:327-32.
15. TAGGER M, TAMSE A, KATZ A. An improved method of three-dimensional study of apical leakage. *Quintessence Int* 1983; 10:981-6.
16. CLARK D S, EL DEEB M E. Apical sealing ability of metal versus plastic carrier Thermafil obturators. *J Endodon* 1993; 19:4-9.
17. ALLISON D A, MICHELICH R J, WALTON R E. The influence of the master cone adaptation on the quality of the apical seal. *J Endodon* 1981; 7:61-5.
18. LACOMBE J S, CAMPBELL A D, HICKS M L, PELLEU G B. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endodon* 1988; 14:445-50.
19. SPRADLING P W, SENIA S E. The relative sealing ability of paste-type filling materials. *J Endodon* 1982; 8:543-9.
20. LUCCY C T, WELLER R N, KULILD J C. An evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques. *J Endodon* 1990; 16:170-2.
21. SCOTT A C, VIRE D E, SWANSON R. An evaluation of the endodontic obturation technique. *J Endodon* 1992; 18:340-3.
22. SIMONS J, IBANEZ B, FRIEDMAN S, TROPE M. Leakage after lateral condensation with finger spreaders and D-11-T spreaders. *J Endodon* 1991; 17:101-4.
23. MANN S R, McWALTER G M. Evaluation of apical seal and placement control in straight and curved canals obturated by laterally condensed and thermoplasticized gutta-percha. *J Endodon* 1987; 13:10-7.
24. EL DEEB M E. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha. *J Endodon* 1985; 11:84-6.
25. GREENE H A, WONG M, INGRAM T A. Comparison of the sealing ability of four obturation techniques. *J Endodon* 1990; 16:423-8.
26. TAGGER M, TAMSE A, KATZ A, KORZEN B H. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. *J Endodon* 1984; 10:299-303.