

Metode pronalaska i instrumentacija sekundarnog meziobukalnog kanala u prvom gornjem kutnjaku

Ena Rupčić, Nika Juraga, Roko Kravar [1]

prof. dr. sc. Vlatko Pandurić [2]

[1] Studenti šeste godine, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

[2] Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju,
Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK

Pronalazak i instrumentacija sekundarnog meziobukalnog kanala (MB2) prvog gornjeg molara vrlo su izazovni zbog njegove specifične, promjenjive anatomije. Brojna istraživanja pokazala su da se pojavljuje u visokom postotku te da upravo njegovo izostavljanje dovodi do ponovnih infekcija, nakupljanja mikroorganizama te posljedično neuspjeha terapije. Kako bi lakše locirali MB2, od velike su nam pomoći suvremene metode vizualizacije, mikroskop i lupe. Njegova učestalost varira i ovisi o mnogim faktorima, samoj populaciji i korištenoj dijagnostičkoj metodi. Neki od problema na koje nailazimo pri pokušaju lokalizacije su dentinsko rame, mezijalna zakrivljenost te moguće kalcifikacije. Iz tog nam je razloga ključna pravilna priprema pristupnog kaviteta te korištenje suvremenih pomagala poput ultrazvučnih instrumenata, natrijevog hipoklorita, fluoresceina te CBCT-a prema potrebi. Instrumentacija MB2 kanala vrlo je zahtjevna i postoji velik rizik za lom instrumenta zbog tankih stijenki kanala te njegove izrazite zavijenosti. Upravo je zato vrlo važno korištenje pravilnog pristupa i tehnike kao balanced force ili crown-down pristup. Suvremeni sustavi (NiTi sustavi) omogućuju veću fleksibilnost te praćenje morfologije kanala kao i očuvanje integriteta njegovih stijenki. Ključ za uspješnu terapiju i očuvanje zuba čini kombinacija pravilne vizualizacije i pažljive instrumentacije MB2 kanala.

Ključne riječi: MB2 kanal; prvi gornji molar; lokalizacija korijenskih kanala; instrumentacija kanala; NiTi instrumenti

Uvod

Prvi gornji kutnjak jedan je od najzanimljivijih i naj-složenijih zuba u endodonciji. Smatra se genetski stabilnim zubom jer se razvija rano i pod jakom genetskom kontrolom. Ima relativno stabilnu morfologiju krune i tipičan broj kvržica. Sama pojava MB2 kanala je toliko česta da se i to smatra „stabilnošću“ zuba. Meziobukalni, distobukalni i palatinalni korijen standardna su morfologija prvog gornjeg kutnjaka, no broj korijenskih kanala može varirati. Upravo je u meziobukalnom korijenu moguća prisutnost se-

kundarnog meziobukalnog kanala, poznatog i kao MB2 koji predstavlja najčešći problem pri liječenju, budući da njegovo prepoznavanje i obrada imaju ključnu ulogu u uspješnosti same terapije. Propust instrumentacije MB2 kanala kao i njegove lokalizacije može za rezultat imati ozbiljne posljedice poput perzistentne, neprolazne infekcije zaostalim mikroorganizmima te posljedično neuspjeh terapije. [1] Njegova lokalizacija i instrumentacija iznimno su kompleksne jer mogu ovisiti i o spolu, morfološkim

karakteristikama zuba te individualnoj anatomiji. [2] Za pravilno lociranje samog kanala najvažnije je dobro poznavanje anatomije, a kao dodatna pomoć sve se više koriste suvremena pomagala za dijagnostiku, lokalizaciju i mehaničku obradu kanala.

Morfologija endodontskog prostora

Prvi gornji kutnjak zub je s najsloženijim endodontskim sustavom i najvećom pulpnom komorom u gornjoj čeljusti. Ukupna prosječna duljina zuba iznosi 20,5 mm, s prosječnom duljinom krune od 7,5 mm i korijena od 13 mm. [3] Pulpna komora romboidnog je oblika, smještena više mezijalno, s pet pulpnih rogova koji položajem odgovaraju kvržicama zuba (Slika 1.). [4]

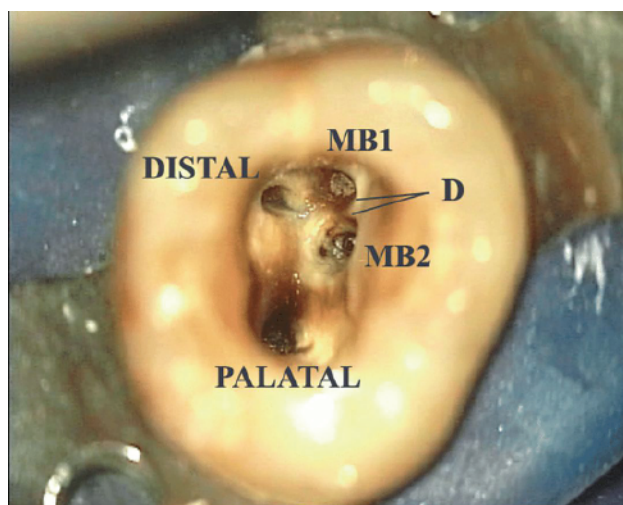
Prvi gornji kutnjak najčešće ima tri korijena i četiri korijenska kanala. Korijeni su međusobno divergentni, pri čemu je palatinalni korijen najveći, a meziobukalni i distobukalni približno su iste dužine.

Unutarnja morfologija korijenskih kanala odražava vanjsku anatomiju korijena. Može pokazivati određene varijacije, ali najčešće uključuje četiri kanala. Prema većini anatomskih istraživanja, meziobukalni korijen prvog gornjeg kutnjaka češće sadrži dvostruki sustav kanala nego jedan kanal.

Klasifikacija po Vertucciju (Slika 2.) pokazuje da je najčešći tip meziobukalnih kanala tip II, što znači da su kanali u početku odvojeni, a zatim se spajaju u jedan kanal prije foramena. Tip IV također je veoma čest, a obilježavaju ga dva kanala potpuno odvojena od komore do apeksa. [5]

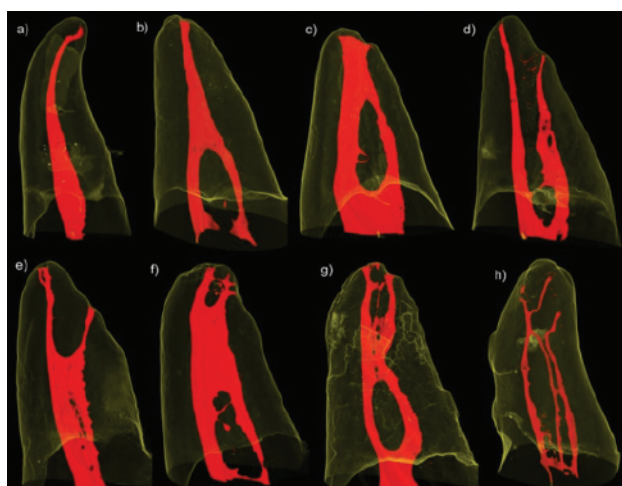
Učestalost pojave sekundarnog meziobukalnog kanala

Prisutnost sekundarnog meziobukalnog kanala (MB2) kod prvog gornjeg kutnjaka česta je pojava, ali njegova učestalost varira ovisno o metodi istraživanja i populaciji. U hrvatskoj populaciji provedena je studija koja je utvrdila da su u čak 83,9 % slučajeva dva korijenska kanala u meziobukalnom korijenu, dok se tri kanala nalaze u 5,5 % slučajeva. [4] Multi-centrično istraživanje iz 2018. godine razmatra povezanost razlika u prevalenciji MB2 kanala s osobitostima pojedinih geografskih regija, ali i demografskim obilježjima pacijenata. [6] Prema tom istraživanju, muški pacijenti i mlađe osobe pokazali su veću učes-



Slika 1. Prikaz ulaza u korijenske kanale prvog gornjeg molara.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.researchgate.net/figure/Occlusal-view-of-maxillary-first-molar-with-MB1-and-MB2-D-distance-between-MB1-and-MB2_fig1_51876158



Slika 2. Vertuccijeva klasifikacija – anatomija kanala meziobukalnog korijena prvog gornjeg molara.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.researchgate.net/figure/Vertucci-Classification-First-molar-Mesiobuccal-root-canal-anatomy_fig1_340794600

stalost MB2 kanala u usporedbi sa ženama i starijim pacijentima. Također, uočena je veća učestalost pojave MB2 kanala u europskoj i američkoj populaciji u odnosu na azijsku populaciju.

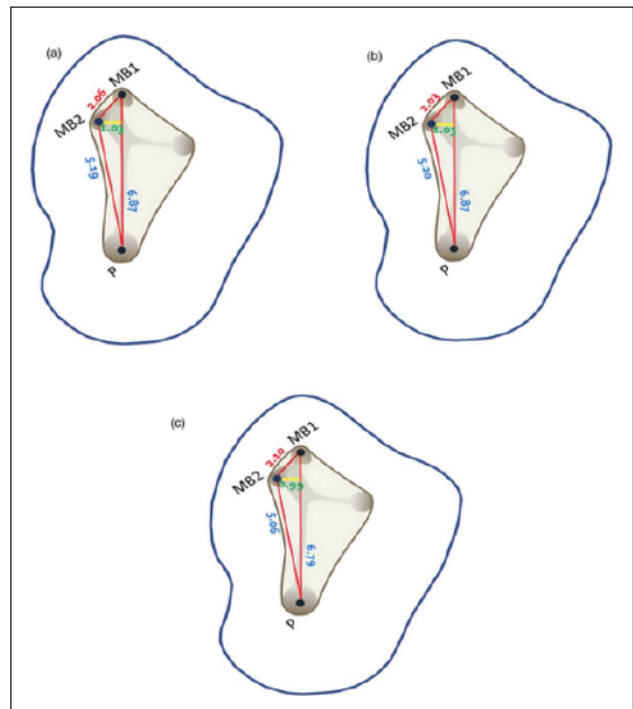
Hartwell i Bellizzi proveli su kliničku in vivo studiju endodontski liječenih mandibularnih i maksilarnih kutnjaka koja je zabilježila četiri kanala u 18 % prvih kutnjaka. [7] Ta studija je pokazala da su četiri kanala lakše uočena i napunjena u mandibularnim kutnjacima u usporedbi s maksilarnim kutnjacima. Zaključak je da bi trebalo posvetiti više pažnje pronalasku četvrtog kanala u maksilarnim kutnjacima te prilagodbi pristupnih otvora na tim zubima. Koristeći samo

poboljšanu tehniku izrade pristupa, Weller i Hartwell u svojoj retrospektivnoj kliničkoj studiji pronašli su drugi meziobukalni kanal u 39 % uzorka maksilarnih prvih kutnjaka. [8] Poboljšana tehnika uključivala je stvaranje romboidnog oblika u nacrtu pristupnog kaviteta i temeljito sondiranje brazde između mezijalnog i palatinalnog kanala oštrom endodontskom sondom. To poboljšanje rezultata u pronalaženju MB2 kanala govori nam o važnosti korištenja novijih metoda radi postizanja točnijih rezultata. U kliničkoj studiji uz pomoć operacijskog mikroskopa, učestalost MB2 u prvim maksilarnim kutnjacima je 33 %. [8]

U istraživanju je skeniranjem 62 maksilarna prva kutnjaka pomoću micro-CT uređaja pronađena prisutnost MB2 kanala u 43 korijena (69,35 %). [9] Prosječna udaljenost od apikalnog foramena do dna istmusa kretala se od 1,74 mm za MB1 kanale do 1,42 mm za MB2 kanale. Analizom povezanosti odnosa otvora korijenskih kanala na dnu pulpe i prisutnosti MB2 kanala utvrđeno je da udaljenosti otvora kanala na dnu pulpe mogu predvidjeti prisutnost MB2 kanala. [9]

Tehnike pronalaska sekundarnog meziobukalnog kanala

Oblik obrisa pristupnog kaviteta prvog gornjeg kutnjaka trokutast je i smješten u mezijalnoj polovici zuba s osnovom prema bukalno i vrhom prema lingvalno (Slika 3.). Meziobukalni korijen vrlo je širok u bukolingvalnom smjeru, tako da je česta pojava manjeg sekundarnog meziobukalnog kanala. [8] Dno pulpne komore ima određena morfološka obilježja koja su od velike pomoći pri traženju kanala. Obično su na dnu vidljive linije koje vode prema ulazima u kanale i tvore zamišljenu „mapu“, odnosno *rostrum canalis*. [1] Primarni meziobukalni kanal smješten je blago distalno u odnosu na vrh meziobukalne kvržice, dok je manji sekundarni meziobukalni kanal smješten mezijalno od zamišljene linije koja povezuje primarni meziobukalni i palatinalni kanal, približno na udaljenosti 1 do 3 mm od primarnog. [4] Sam ulaz u sekundarni meziobukalni kanal teško je uočljiv kliničkom inspekcijom zbog dentinskog ramena koje ga pokriva i koje je potrebno ukloniti za lakši pristup kanalu. Osim dentinskog ramena, problem je i meziobukalni nagib ulaza te nagla zavije-



Slika 3. Shematski prikaz odnosa MB1, MB2 i palatinalnog kanala.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fonlinelibrary.wiley.com%2Fdoi%2F10.1111%2Faej.12414&psig=AOvWaw1qj_gq5lxR9wDbTeN83Fw&ust=1764402755197000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCPDJy82uJEDFQAAAAAdAAAAABAE



Slika 4. DG16 Endo Explorer.

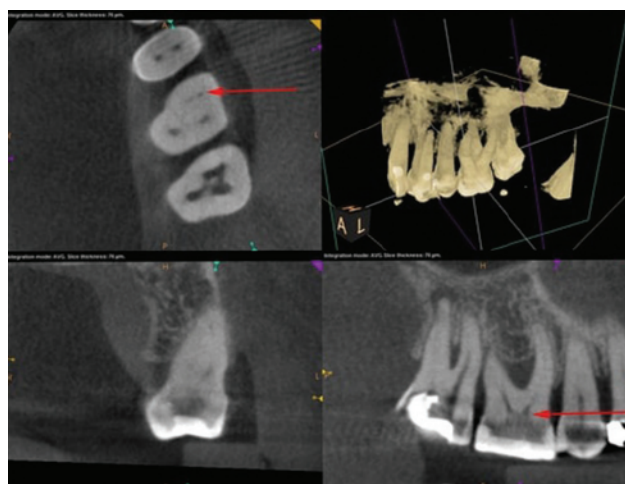
Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: <https://www.hufriedygroup.com/en/dental-explorers/dg16-endo-explorer-approximate-length-65>



Slika 5. D Finder #10.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: <https://exendo.pt/products/mani-d-finders#gallery-2>

nost kanala u koronarnoj trećini prema mezijalno što ukazuje na najjednostavniji pristup iz distopalatinalnog kuta. [10] Upravo iz navedenih razloga, kako bi se poboljšala sama pristupačnost kanalu, potrebna je početna priprema i modifikacija pristupnog kaviteta u romboidni oblik uz oprez i minimalnu invazivnost. Istraživanjem je dokazano da je uklanjanje dentina s dna pulpne komore (tzv. *troughing*) do 2 mm od palatinalnog prema primarnom meziobukalnom kanalu korisna metoda te da su njezine prednosti nadmašile rizik od perforacije. [1] Potrebna je i dobra vizualizacija dna pulpne komore za što se koristi mikroskop, lupe ili barem intraoralno ogledalo s prednjom reflektirajućom površinom. Uz dobru pristupačnost i vizualizaciju lakše je istraživanje dna pulpne komore i traženje ulaza u kanal. Instrumenti poput DG16 Explorer (Slika 4.) ili tanki instrument poput D finder #10 (Slika 5.) od velikog su značaja za lociranje kanala. Iznimno su korisni i ultrazvučni instrumenti koji selektivno uklanjaju kalcifikacije u pulpi i čuvaju dentin od pretjerane štete te otkrivaju skriveni ulaz u kanal. Važno ih je pažljivo koristiti, laganim, kontroliranim pokretima kako bi se izbjeglo pretjerano uklanjanje dentina i iatrogena perforacija. Kod samog traženja kanala, irigacija može pomoći u njihovoj lokalizaciji. Natrijev hipoklorit ima antimikrobna svojstva, osigurava bolju vidljivost, smanjuje rizik od kontaminacije, omogućuje lakši pristup instrumentima te uklanja ostatke organskog materijala. Pulpni ostaci mogu reagirati s natrijevim hipokloritom pri čemu se stvaraju mjehurići, odnosno dolazi do stvaranja kisika, što je pokazatelj položaja ulaza u kanal te potencijalnog



Slika 6. Presjeci CBCT snimaka s prikazom meziobukalnih kanala i dna pulpne komore prvog gornjeg molara (crvene strelice).

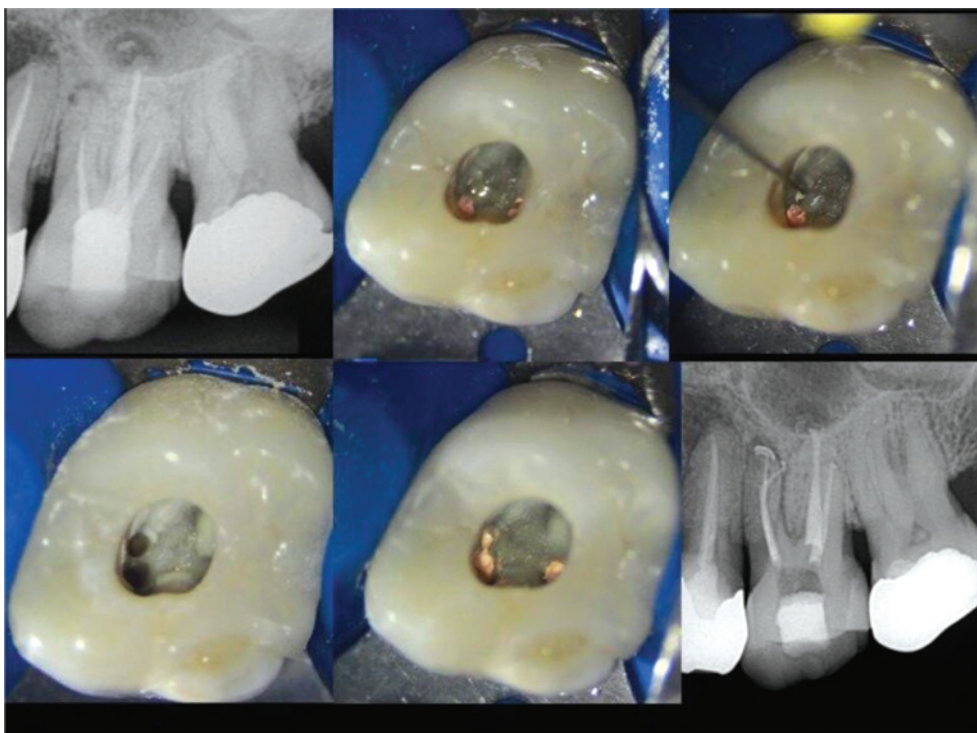
Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aej.12414>

postojanja novih, neotkrivenih kanala. Uz natrijev hipoklorit, kao dijagnostičko sredstvo za lociranje kanala upotrebljava se i kemijski spoj 1 % natrijev fluorescein. To je oftalmološka otopina koja ima svojstvo vezanja za vezivno tkivo i svijetli kada se izloži plavom svjetlu. Nalapatti i Glassmann predložili su njegovu upotrebu, na način da se otopina aplicira u pulpnu komoru i ostavi da djeluje i reagira 2 minute. [1] Aplikaciju je potrebno obaviti oprezno i paziti na određeni vremenski interval djelovanja, budući da postoji rizik od obojenja zuba. Nakon toga potrebno ju je izložiti plavom polimerizacijskom svjetlu, a kanale promatrati mikroskopom. Važno je obilno isprati pulpnu komoru natrijevim hipokloritom nakon završenog postupka. Na temelju te tehnike, napravljen je i veliki pomak u razvitku mikroskopa, odnosno kobaltno-plavog filtra koji omogućuje još precizniju i jednostavniju primjenu natrijevog fluoresceina. [1] Još jedan vrijedan dijagnostički alat, koji nam omogućuje trodimenzionalan prikaz anatomije jest CBCT (konusna kompjutorizirana tomografija). Ova tehnologija omogućuje bolju vizualizaciju, prepoznavanje varijacija, planiranje samog pristupa, minimalno invazivnu preparaciju te veću predvidivost terapije (Slika 6.). Kliničkom studijom dokazano je da je učinkovitost korištenja CBCT-a u pronalaženju dodatnih sekundarnih meziobukalnih kanala u maksimalnim kutnjacima ograničena te je sam kanal bio prikazan u 33 % slučajeva. [11]

Instrumentacija kanala

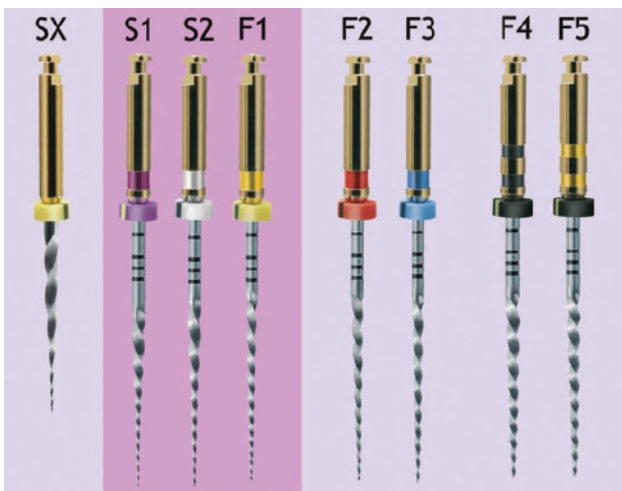
Budući da meziobukalni primarni i sekundarni kanal često pripadaju tipu II konfiguracije prema Vertucciju te da postoji varijabilnost položaja kanala, nameću se specifični zahtjevi njihove obrade. Upravo zato se klinički smatra racionalnim i tehnički opravdanim u potpunosti instrumentirati i oblikovati MB1 kanal prije početka instrumentacije MB2. Obrada kanala često predstavlja izazov zbog izrazite mezijalne zakrivljenosti u koronarnom dijelu kanala. Nakon lokalizacije ulaza prvi korak je sondiranje kanala malim ručnim instrumentima veličine ISO #08 – #10. U ovom koraku nije nužno dosegnuti vanjski otvor kanala. Za širenje ulaza u korijenske kanale korisni su nikal titanski rotacijski instrumenti za proširenje ulaza u kanal (eng. orifice opener) koji se primjenjuju u blagim kretnjama iščekavanja, usmjerenim od furkacije (Slika 7.). Takav pristup stavlja naglasak na očuvanje strukturnog integriteta korijena, jer omogućuje selektivno uklanjanje dentina bez nepotrebnog slabljenja stijenki kanala u „opasnoj zoni“. Opasne zone su zabilježena područja korijenskih stijenki gdje je dentin, u prosjeku, značajno tanji, što povećava predispoziciju za nastanak mehaničkih uzdužnih perforacija (eng.

strip perforation) tijekom agresivne obrade. Korisno je znati da je debljina dentina mezijalnog korijena u području prema furkaciji, tj. na distalnoj stijenci MB2 kanala, u približno 77 % slučajeva manja je od 1 mm. [12] Nakon toga se radi predinstrumentacija ručnim instrumentima veličine ISO #15 – #20 ili strojnim instrumentima kako bi se uspostavila sigurna radna putanja (eng. glide path). U starijih pacijenata ili kod zuba s opsežnim restauracijama, MB2 kanal često bude kalcificiran, što značajno otežava instrumentaciju. U takvim slučajevima preporučuje se kombinacija rigidnijeg ručnog instrumenta sa 17 % EDTA otopinom. [13] Balanced force tehnika instrumentacije prikladna je za zakrivljene i uske kanale jer omogućuje očuvanje originalne putanje, smanjenje torzijskog stresa instrumenta i očuvanje strukturnog integriteta korijena. Ona predstavlja sustavan pristup ručnoj instrumentaciji zakrivljenih kanala, temeljen na izmjeničnim rotacijama instrumenta i preciznom pritisku operatora. Ručni se instrument inicijalno uvodi u kanal i okreće u smjeru kazaljke na satu, čime se njegove rezuće površine utiskuju u dentin. U ovoj fazi koriste se K-fleksibilni (K-Flex) instrumenti koji su zbog svoje elastičnosti i specifičnog dizajna pogodni



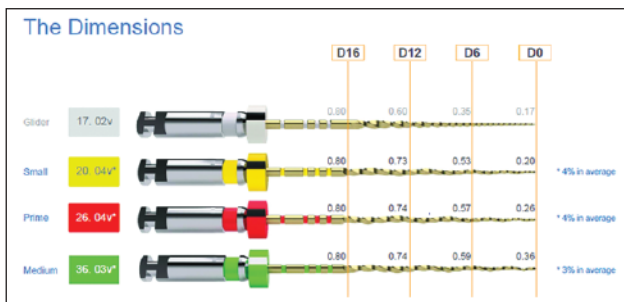
Slika 7. Endodonska obrada MB2 kanala: vizualizacija položaja, instrumentacija i postoperativni ishod.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.researchgate.net/figure/Location-of-a-MB2-canal-with-the-aid-of-magnification-in-a-non-surgical-root-canal_fig2_327653588



Slika 8. Protaper sustav strojnih instrumenata.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.researchgate.net/figure/The-Protaper-System-contains-8-rotary-files-3-shaping-files-SX-S1-and-S2-and-5_fig2_5427003



Slika 9. TruNatomy rotacijski instrumenti.

Preuzeto s weba – slika u javnoj domeni; link: https://www.researchgate.net/figure/TruNatomy-file-system-with-dimensions_fig2_368350089

za ovu tehniku. Ovaj početni korak omogućuje kontrolirano pomicanje instrumenta prema apikalno pri čemu spiralni raspored žljebova i progresivni konus potiskuju režuće bridove dublje u stijenke kanala, stvarajući stabilnu radnu putanju. Operator osjeća silu potrebnu za zahvaćanje dentina, što pruža taktilnu povratnu informaciju o napredovanju instrumenta. Nakon toga, instrument se rotira suprotno od kazaljke na satu, dok operator primjenjuje lagani pritisak prema apikalno. Kada tlak premaši sile smicanja dentina, dolazi do kontroliranog rezanja, što omogućuje preciznu kontrolu svakog reznog koraka. Od drugih, često korištenih tehnika ručne instrumentacije, valja spomenuti i crown-down tehniku koja se, po mnogo čemu, pokazala superiornijom od klasične step-back tehnike kada su u pitanju uski korijenski kanali s kutom zakrivljenosti od 10 do 35 stupnjeva. Shodno

tomu, izvrsne rezultate pokazuje hibridna tehnika, koja objedinjuje prednosti obje metode. Klinički protokol započinje instrumentacijom koronarne trećine crown-down tehnikom čime otvaramo liniju pristupa za dublje dijelove. Potom slijedi instrumentacija apikalne trećine, te se konačno uniformno proširenje kanala postiže step-back tehnikom u srednjoj trećini. Kod odabira strojnih instrumenata treba imati na umu termičke fazne transformacije NiTi legura te odabrati sustav koji omogućuje iznimnu fleksibilnost i precizno praćenje prirodnih zakrivljenosti kanala, što je karakteristika sustava s dominantno martenzitnom fazom. Primjerice, Protaper Next pokazuje visoku otpornost na ciklički zamor u zakrivljenim kanalima zahvaljujući kombinaciji M-Wire legure i varijabilnog konusa instrumenta (Slika 8.). [14] Takva svojstva omogućuju sigurno vođenje instrumenta kao i očuvanje originalnog oblika kanala i integriteta stijenki. Preporuka je da se širenje kanala ograniči na instrument #25, jer istraživanja pokazuju da instrumenti #30 ili veći značajno smanjuju debljinu preostale distalne stijenke MB2 kanala na manje od 0,3 mm. [12] Takva debljina smatra se kritičnom za podnošenje sila koje nastaju tijekom lateralne kondenzacije gutaperke, a istovremeno povećava rizik od vertikalne frakture korijena. Vrlo uspješne kliničke rezultate pokazuje TruNatomy od Maillefera koji je specifično kreiran kako bi se optimizirala instrumentacija uskih i zavijenih kanala. Ekscentrični dizajn smanjuje lokalno naprezanje instrumenta te reducira torzijski stres, a gracilniji, „slim“ dizajn i regresivni konus omogućuju očuvanje tvrdog zubnog tkiva u cervikalnom dijelu (Slika 9.). [15] S druge strane, nakon pažljive ručne instrumentacije i formiranja sigurne radne putanje, moguće je koristiti Reciproc sustav, načinjen od M-Wire legure, a koji omogućuje obradu kanala sa samo jednim instrumentom, tzv. „single file“ koncept. Ovaj sustav primjenjuje reciprocirajuću kinematiku s rotacijom od 150 stupnjeva u smjeru suprotnom od kazaljke na satu i 30 stupnjeva u smjeru kazaljke na satu. Međutim, zbog velike koničnosti standardnih Reciproc instrumenata, danas je na tržištu dostupna novija varijanta, sustav Reciproc Minima, koji je zahvaljujući gracilnijem dizajnu i naprednijoj leguri prikladniji za obradu MB2, osobito u kombinaciji s prethodnim ručnim širenjem kanala. [14]

Zaključak

Endodontska obrada MB2 kanala predstavlja zahtjevan, ali predvidiv postupak kada se primijene adekvatne dijagnostičke, pristupne i instrumentacijske strategije. Uspješnost terapije temelji se na razumijevanju složene morfologije meziobukalnog korijena, pravilnom oblikovanju pristupnog kaviteta, korištenju suvremenih metoda vizualizacije te pažljivoj ručnoj i strojnoj instrumentaciji. Posebnu ulogu imaju fleksibilni NiTi sustavi, poput TruNatomy, koji svojim metalurškim svojstvima omogućuje sigurno praćenje zakrivljenih kanala uz minimalnu opasnost od loma instrumenata. Očuvanje strukturalnog integriteta korijena, osobito distalnih stijenki MB2 kanala, ključni je čimbenik dugoročnog uspjeha terapije te zahtijeva umjereno proširenje kanala i izbor instrumenata prilagođenih anatomskim specifičnostima. Kombinacija temeljite dijagnostike, precizne preparacije i razumijevanja biomehaničkih ograničenja omogućuje visoku predvidivost liječenja te osigurava optimalan ishod za pacijenta.

Literatura

1. Coelho MS, Lacerda MFLS, Silva MHC, Rios MA. Locating the second mesiobuccal canal in maxillary molars: challenges and solutions. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2018;10:195–202. doi:10.2147/CCIDE.S154641.
2. Su C-C, Wu Y-C, Chung M-P, Huang R-Y, Cheng W-C, Tsai Y-WC, Hsieh C-Y, Chiang H-S, Chen C-Y, Shieh Y-S. Geometric features of second mesiobuccal canal in permanent maxillary first molars: a cone-beam computed tomography study. *J Dent Sci*. 2017;12(4):296–302. doi:10.1016/j.jds.2017.03.002.
3. Ingle JI. The history of endodontics. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, editors. *Ingle's Endodontics*. 7th ed. Hamilton (ON): BC Decker; 2019. str. 1–25
4. Marović D, Morfologija endodontskog prostora. In: Jukić Krmek S, Baraba A, Klarić E, Marović D, Matijević J, ur. *Pretklinička endodoncija*. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. str. 75.
5. Larnani S, Yoo Y, Yu SK, Park YS. Morphology of the second mesiobuccal canal in the maxillary second molar. *Int J Morphol*. 2024;42(2):483–490.
6. Martins JNR, Alkhawas MAM, Altaki Z, Bellardini G, Berti L, Boveda C, Chaniotis A, Flynn D, Gonzalez JA, Kottoor J, Marques MS, Monroe A, Ounsi HF, Parashos P, Plotino G, Ragnarsson MF, Aguilar RR, Santiago F, Seedat HC, Vargas W, Ginjeira A, et al. Worldwide analyses of maxillary first molar second mesiobuccal prevalence: a multicenter cone-beam computed tomographic study. *J Endod*. 2018;44(11):1641–1649.e1. doi:10.1016/j.joen.2018.07.027.
7. Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of in vivo endodontically treated mandibular and maxillary molars. *J Endod*. 1982;8(12):555–557. doi:10.1016/S0099-2399(82)80016-2.
8. Sempira HN, Hartwell GR. Frequency of second mesiobuccal canals in maxillary molars as determined by use of an operating microscope: a clinical study. *J Endod*. 2000;26(11):673–4.
9. Tonelli SQ, Sousa-Neto MD, Leoni GB, Brito-Júnior M, Pereira RD, Oliveira PAX, Nunes E, Silveira FF. Micro-CT evaluation of maxillary first molars: interorifice distances and internal anatomy of the mesiobuccal root. *Braz Oral Res*. 2021 Apr 26;35:e060. doi:10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0060. PMID: 33909867.
10. Lebo H. Morfologija korijenskih kanala i njen utjecaj na endodontsko liječenje [diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2020.
11. Parker J, Mol A, Rivera EM, Tawil P. CBCT uses in clinical endodontics: the effect of CBCT on the ability to locate MB2 canals in maxillary molars. *Int Endod J*. 2017 Dec;50(12):1109–1115. doi:10.1111/iej.12736.
12. Heyse JD Jr, Ordinola-Zapata R, Gaalaas L, McClanahan SB. The effect of rotary instrumentation on dentin thickness in the danger zone of the MB2 canal of maxillary first molars. *Aust Endod J*. 2022;48(2):239–44. doi:10.1111/aej.12555.
13. Ali A, Bhosale A, Pawar S, Kakti A, Bichpuriya A, Agwan MA. Current trends in root canal irrigation. *Cureus*. 2022 May 8;14(5):e24833. doi:10.7759/cureus.24833.
14. Nagy E, Kotaki N, Dudás M, Gryscha DG, Braunitzer G, Antal MA. Comparative analysis of nickel–titanium instrumentation systems for root canal anatomy preservation: an in vitro study. *Appl Sci*. 2025;15(1):429. doi:10.3390/app15010429.
15. Galal M, Hamdy TM. Evaluation of stress distribution in nickel-titanium rotary instruments with different geometrical designs subjected to bending and torsional load: a finite element study. *Bull Natl Res Cent*. 2020;44:121. doi:10.1186/s42269-020-00377-x.