stoma+pzl_3.07 15.6.2007 8:55 Str. 37
proLékaře.cz | 21.12.2025

Er:YAG laser mikro-preparace tvrdých zubních tkání

Dostálová T.[1], Jelínková H.[2], Němec M.[2], Koranda P.[2], Miyagi M.[3], Iwai K.[3], Shi Y.[4], Matsuura Y.[5]

[1]Dětská stomatologická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha
[2]FJFI ČVUT, Praha
[3]Sendai National College of Technology, Sendai, Japonsko
[4]School of Information Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, Čína
[5]Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japonsko

Souhrn

Ve studii jsou srovnávány ablace Er:YAG laserovým zářením (s dlouhými a krátkými pulzy), preparace ultrazvukovým násadcem s kuličkou a klasická preparace zubní vrtačkou při vytváření kavity v tvrdých zubních tkáních. Laserové záření bylo do tkáně vedeno pomocí speciálního COP/Ag vlnovodu. Pro zhotovení výplní byl použit světlem polymerující mikrofilní hybridní výplňový materiál. Na podélných řezech extrahovaných zubů v elektronovém rastrovacím mikroskopu byla hodnocena kvalita spojení výplňového materiálu a dentinu.
Klíčová slova: dentin – Er:YAG laser – dlouhé a krátké pulzy – ultrazvuk – preparace vrtačkou

Dostálová T., Jelínková H., Němec M., Koranda P., Miyagi M., Iwai K., Shi Y., Matsuura Y.: Er:YAR Laser - Preparation of Hard Dental Tissues

Summary: Free-running and Q-switched infrared Er:YAG laser radiations, ultrasonic ball tip, and classical hand piece drilling machine were compared in the case of hard dental tissues preparation. For the radiation delivery, a special waveguide transfer system was used. Light-cured, high viscosity flowable HDR microfilled hybrid composite material was used for restorations. The longitudinal sections of extracted human teeth with filling material were compared from the point of view of prepared cavity shape and filling material in scanning electron microscope.
Key words: dentin – Er:YAG laser – Q-switching – free-running – ultrasonic – bur preparation

Prakt. zub. Lék., roč. 55, 2007, č. 3, s. 37–42.

ÚVOD

Zubní kaz je stále jedním z hlavních problémů stomatologie. Řada studií prokázala, že obava z vrtání je podkladem úzkosti u zubního lékaře u dětí [1, 2] i dospělých [3, 4]. Zubní lasery umožňující preparaci bez přítomnosti nepříjemného hluku a vibrací jsou bezesporu přístroji, které jsou perspektivní především v dětské péči [5]. Přestože se první klinické studie objevily již v osmdesátých letech 20. století [6], použité vlnové délky záření nedovolovaly odstranit sklovinu a dentin bez výrazných termických změn v pulpě. S objevem a uvedením do provozu Er:YAG (Erbium:Yttrium Aluminum Garnet) laseru vstoupil do medicíny zdroj záření, který vzhledem k velké absorpci ve vodě umožnil výkonně odstranit tvrdou zubní tkáň bez tepelného poškození nejbližšího okolí nebo pulpy [7–9]. Řada diskusí, které vznikly ve stomatologické i laické veřejnosti o akceptovatelnosti i ceně ošetření tímto zářením, nemění nic na faktu, že zubní lékařství hledá systémy na bázi včasné detekce zubního kazu, selektivní preparace tvrdých zubních tkání a zaplnění kavity stabilním výplňovým materiálem s chemickou vazbou k zubu.

Studie volně navazuje na práci [10] zabývající se specifikací selektivní preparace čtyřmi technikami – ablací Er:YAG laserovým zářením (s dlouhými a krátkými pulzy), preparaci ultrazvukovým násadcem s kuličkou a klasickou zubní vrtačkou – s cílem zaměřit se na vznik vazby mezi tvrdou zubní tkání a mikrofilním hybridním kompozitním materiálem.

proLékaře.cz | 21.12.2025

MATERIÁL A METODY

Preparační techniky

Er:YAG laserový systém je prototypem vyrobeným v Laboratoři pevnolátkových laserů na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, který pro navedení záření na tkáň využívá speciální COP/Ag dutý skleněný vlnovod *(COP/Ag hollow glass waveguide – skleněný dutý vlnovod s vnitřní stěnou pokrytou pro účinnou reflexi stříbrem a cyclin olefin polymerem /výrobce – Tohoku University, Japan/)*. Laser generuje pulzní záření s vlnovou délkou 2,94 μm, která koinciduje s lokálním maximem absorpce záření ve vodě a systém může pracovat buď ve volně běžícím režimu (generace dlouhých impulzů v oblasti stovek mikrosekund) nebo v Q-spínaném režimu (generace krátkých impulzů v oblasti desítek nanosekund). Pro lepší navádění laserového paprsku na zubní tkáň je systém doplněn Helium-Neonovým laserem generujícím záření ve viditelné oblasti (632 nm – červená oblast).

Cílem předložené experimentální práce bylo získat výsledky, které by srovnávaly interakční účinek krátkého a dlouhého laserového impulzu. Vzhledem k tomu, že podstatnou veličinou při interakci záření s tkání je intenzita záření, byla nastavena v obou režimech obdobná hodnota. Během experimentu byla energie kontrolována pomocí energoměru Molectron JD 2000 se sondou J25, délka impulzu byla monitorována diodou spojenou s osciloskopem Tektronix TDS 3052, opakovací frekvence laserového záření byla nastavena na 1,5 Hz. Aby nedošlo k tepelnému poškození okolní zubní tkáně, byl během ozáření zubu použit vodní sprej nastavený tak, aby zajišťoval odvod tepla z interakční oblasti. Laserové interakční parametry jsou uvedeny v tabulce 1.

Další kavity jsme vytvořili ultrazvukovým násadcem s kuličkovou koncovkou (Sonic-flex cariex TC, D – Sonic-sys micro (KaVo)). Kontrolní technikou preparace byla klasická vrtačka (KaVo) s kuličkou (ISO 014, Maillefer) upevněná ve standardním násadci (KaVo).

Příprava zubů

Oválné mikrokavity o průměru 1-2 mm jsme preparovali u stálých řezáků nebo premolárů, jejich hloubka nepřesahovala polovinu hloubky dentinu. V každém zubu byly provedeny všechny typy preparací – Er:YAG (generace dlouhých a krátkých impulzů) laserem, ultrazvukovou kuličkou a vrtání vrtáčkem.

Po vyvoření kavit byla polovina vzorků zaplněna (podle návodu výrobce) mikrofilním hybridním kompozitním materiálem Gradia®Direct (GC) LoFlo Light-Cured, High Viscosity Flowable HDR Microfilled Hybrid Composite. Polymeraci jsme provedli LED lampou (G-Light – GS, 600 mW/cm^2), kde dosahujeme větší hloubku polymerace. Následně byly vzorky podélně rozříznuty, vyleštěny a podrobeny následujícím analýzám.

Analytické metody

Zuby byly fotografovány pomocí stereomikroskopu (Nikon SMZ 2T, Japan) a povrch tkáně byl hodnocen v elektronovém rastrovacím mikroskopu (JSM 5510 LV Jeol, Japan). Zuby byly zpracovány v režimu „nízkého vakua“ (10 Pa) bez vysušení a napaření vodivé vrstvy. U všech vzorků jsme posuzovali kvalitu preparace a retenci kompozitního materiálu.

VÝSLEDKY

Er:YAG laserové záření s dlouhými pulzy působí v zubní tkání na bázi termální ablace (obr. 1, vlevo). Tepelná energie dodaná laserem způsobí takový ohřev tkáně – vody i hydroxyapatitu, který se projeví formou mikroexploze. Po preparaci vidíme nerovnou kavitu s jasně znatelnými místy dopadu laserových pulzů. Dno kavity s dentinovými tubuly je zataveno, povrch je bez přítomnosti smear layer (obr. 1, vpravo).

Q-spínané Er:YAG impulzy způsobují v tkáni fotoablaci (obr. 2, vlevo). Laserové záření je absorbováno vodou obsaženou v dentinu – teplota vodních molekul se skokem zvyšuje. Výsledkem je odpaření vody ve formě mikroexploze, která současně odstraní i dentin nebo sklovinu. Okrouhlé kavity mají pouze malé nerovnosti a jinak velmi pravidelný povrch složený z dentinových tubulů (obr. 2, vpravo).

Ultrazvukovou preparační koncovkou ve tvaru kuličky vznikla po preparaci plochá misková kavita (obr. 3, vlevo) bez smear layer, u dentinových tubulů jsme detekovali drobné prasklinky (obr. 3, vpravo).

U klasické preparace zubní vrtačkou vidíme hladký povrch ve sklovině i dentinu (obr. 4, vlevo). Kavita je kruhová, preparace probíhala rychle a efektivně. Dno je pokryto vrstvou smear layer (obr. 4, vpravo).

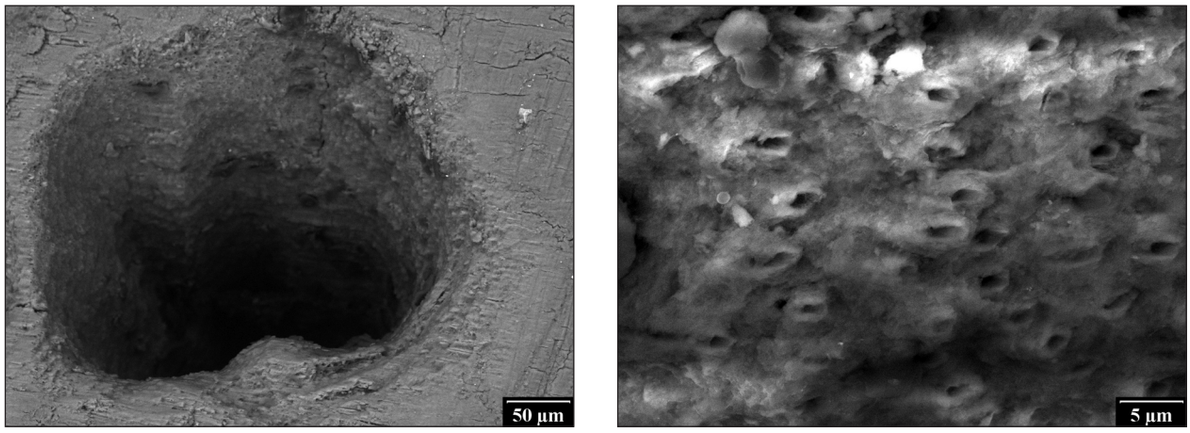
Tvar, velikost a povrch kavity má přímý vliv na spojení s výplňovým materiálem:

- U klasické preparační techniky zubní vrtač-

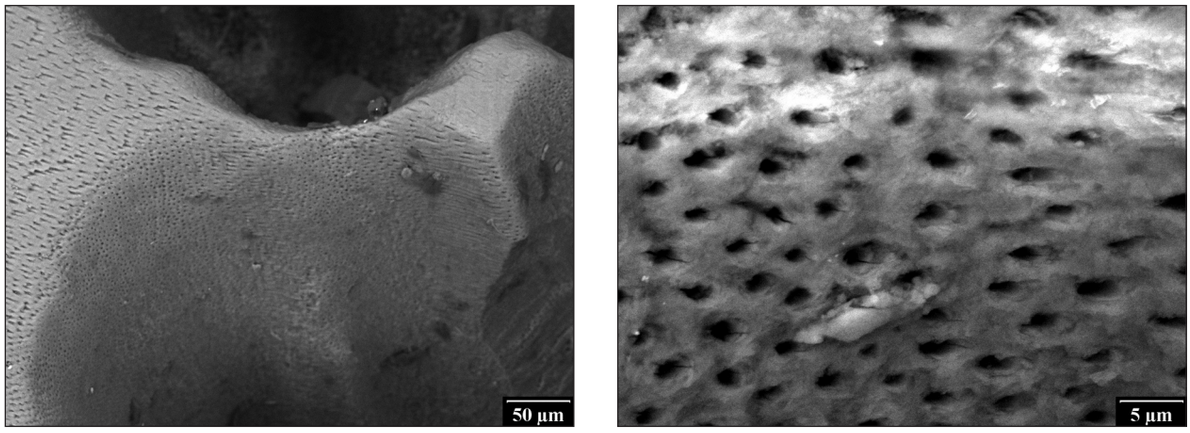
Tab. 1. Interakční parametry Er:YAG laserového záření

Režim laseru	Délka pulzu	Interakční energie	Počet pulzů	Opakovací frekvence	Intenzita záření
Volně běžící	200 μs	40 mJ	120	1.5 Hz	62 kW/cm^2
Q - spínaný	100 μs	20 mJ	200	1.5 Hz	62 MW/cm^2

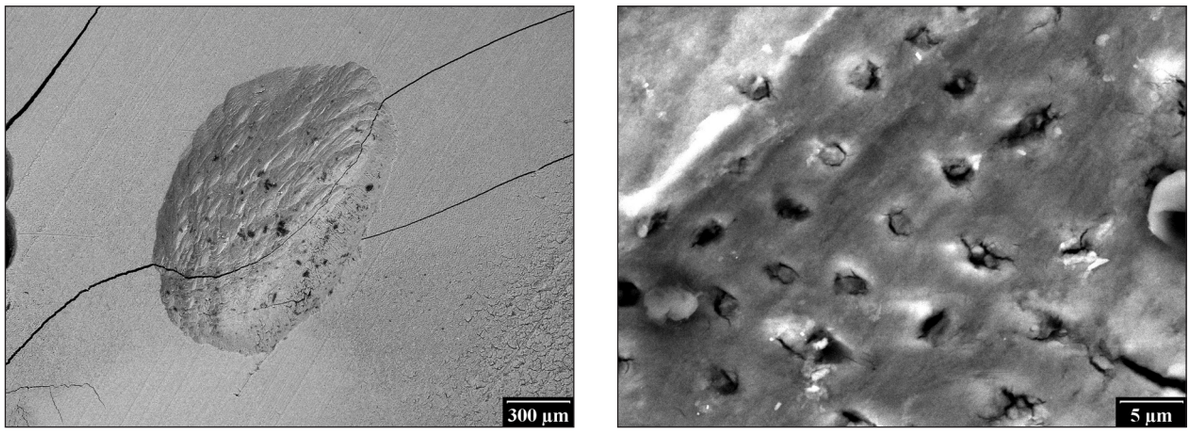
stoma+pzl_3.07 15.6.2007 8:55 Str. 39
proLékaře.cz | 21.12.2025



Obr. 1. Termální ablace zubních tkání – působené záření Er:YAG laseru s délkou impulzu 200 µs. Pohled do kavity (vlevo); dno kavity se zatavenými dentinovými tubuly bez přítomnosti smear layer (vpravo).



Obr. 2. Fotoablace tkáně vzniklá Er:YAG krátkými Q-spínanými pulzy; pohled na celou kavitu (vlevo); dno kavity s malými nerovnostmi (vpravo).

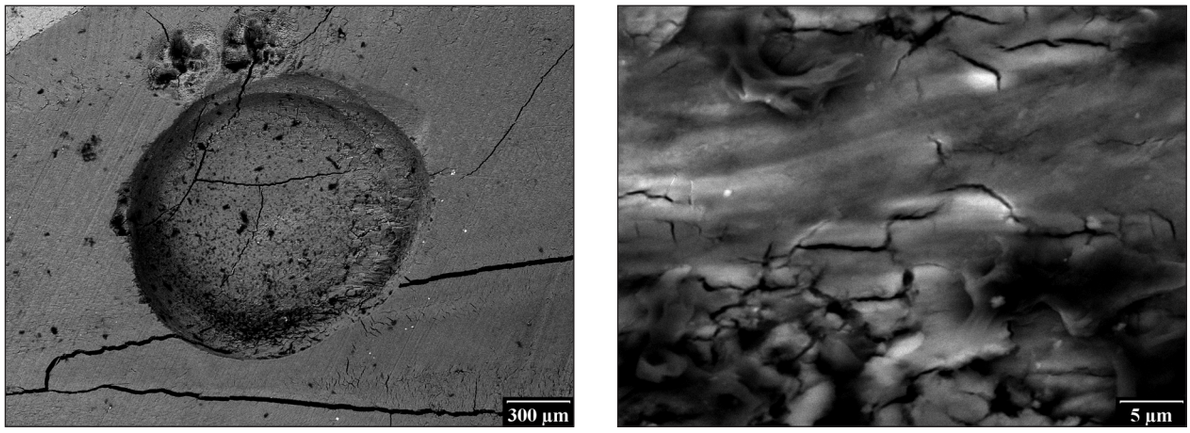


Obr. 3. Kavita připravená ultrazvukovou koncovkou (vlevo); detail ze dna s drobnými prasklinkami bez smear layer (vpravo).

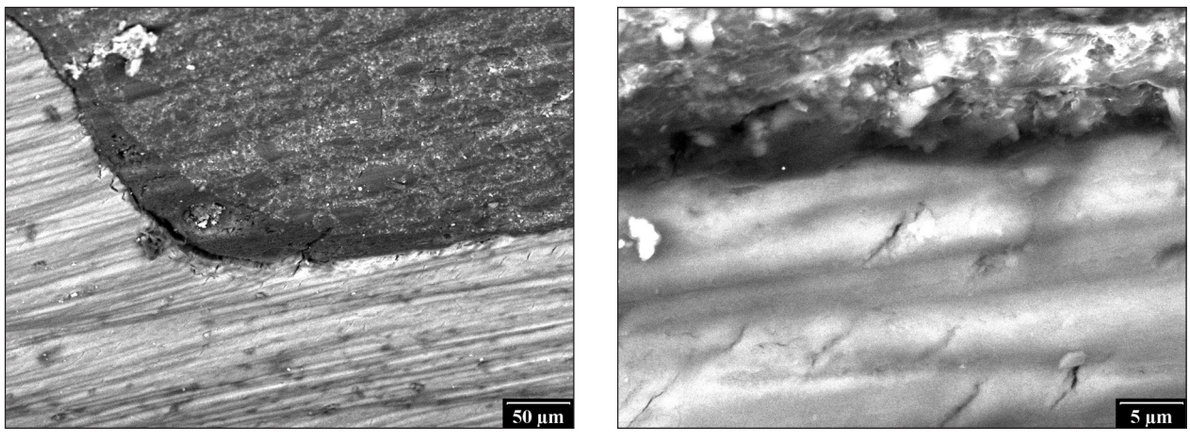
kou měl hladký povrch a přítomnost smayer layer negativní vliv na velikost vazebné plochy pro kompozitní materiál. Kavita je sice větší a můžeme vytvořit retenční tvar (obr. 5, vlevo), přítomnost smear layer však blokuje optimální vazbu kompozit - dentin (obr. 5, vpravo).

- Hladkou plochou kavitu lze vytvořit také ul-

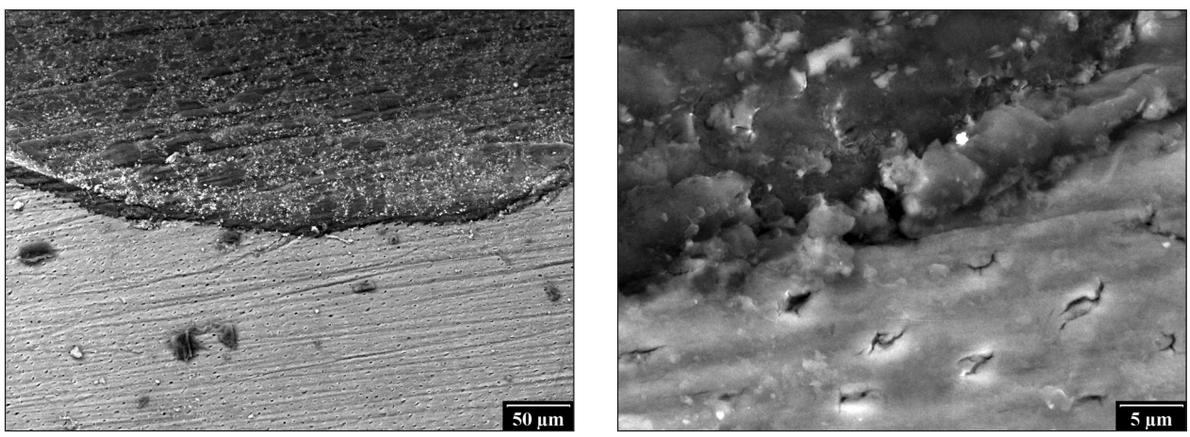
stoma+pzl_3.07 15.6.2007 8:55 Str. 40
proLékaře.cz | 21.12.2025



Obr. 4. Pravidelný tvar kavity připravený klasickou preparační technikou (vlevo), detail dna pokrytý vrstvou smear layer (vpravo).



Obr. 5. Klasická preparace (vlevo), přítomnost smear layer blokuje optimální vazbu kompozit – dentin (vpravo).

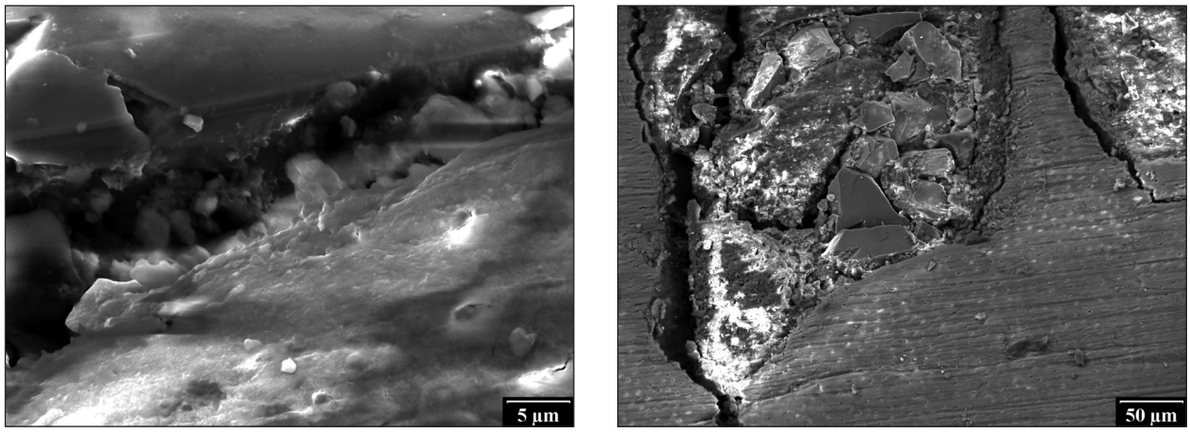


Obr. 6. Kavita preparovaná ultrazvukem (vlevo); mikropraskliny a nerovnosti dna (vpravo).

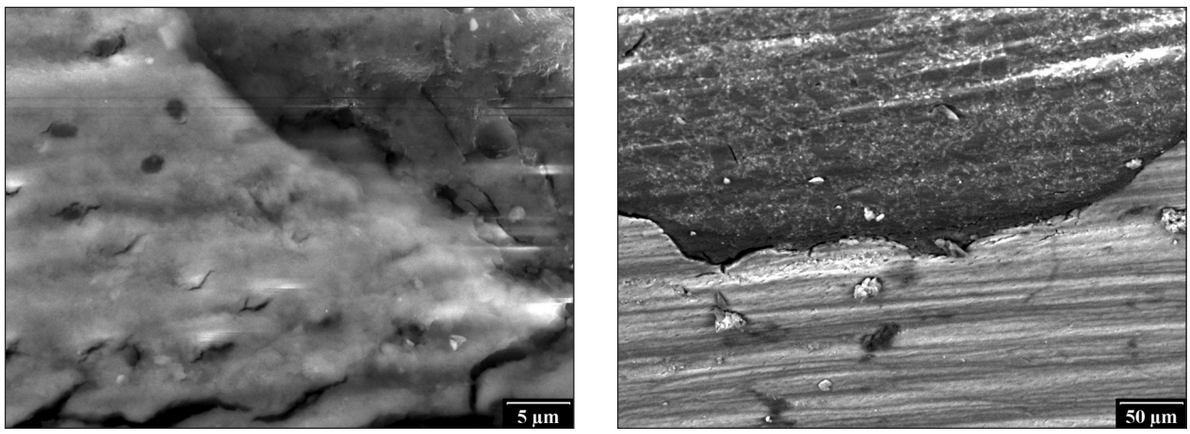
trazvukovou koncovkou – jak vidíme v detailu po plnění kompozitem i zde detekujeme malé nerovnosti a mikropraskliny (obr. 6).

- Záření Er:YAG laseru s impulzy dlouhými několik stovek mikrosekund vytváří při interakci nerovnou kavitu s přímou vazbou kompozitu a dentinových tubulů (obr. 7).
- Krátké Er:YAG laserové pulzy vytvoří malou dobře tvarovanou kavitu s přímým propojením kompozit – dentin (obr. 8).

stoma+pzl_3.07 15.6.2007 8:55 Str. 41
proLékaře.cz | 21.12.2025



Obr. 7. Výsledky interakce zubní tkáně a dlouhých (200 µs) pulzů Er:YAG laserového záření – nerovný povrch kavity (vlevo) s těsným spojením dentinových tubulů a kompozitního materiálu (vpravo).



Obr. 8. Výsledky interakce zubní tkáně a krátkých (100 ns) pulzů Er:YAG laserového záření – malá, ale hladká kavita (vlevo) s přímým propojením dentinu a kompozitního výplňového materiálu (vpravo).

DISKUSE A ZÁVĚRY

Výsledky jasně ukazují, že stomatologům, kteří využívají Er:YAG laserové záření, přináší tento systém výhody oproti klasickým zubním technikám. Primární nevýhody spojené s používáním laseru, ať již technického (nutnost odborného zacvičení) nebo finančního (cena laserového systému) charakteru, jsou vyváženy specifickou bezbolestnou technikou při odstranění kazu i při aplikaci výplňového materiálu.

Vodní sprej (podobný jako u klasické preparace) spojený s nekontaktní preparací zhoršuje orientaci operatéra při výkonu (zhoršená viditelnost naváděcího helium-neonového paprsku) a zároveň snižuje účinnost laseru (absorpce laserového záření ve vodním spreji). Ztráta taktilního čití zvyšuje nebezpečí zvětšení rozsahu kavity bez podsekřivin, bezbolestnost může vést paradoxně až k perforaci pulpy. Na druhé straně postupné precizní odstraňování kazivých částic a velký vazebný povrch vede k ideální vazbě s výplňovým materiálem [7, 9, 11].

Ultrazvukové násadce se speciálními koncovkami také umožňují odstranění malé kazivé zubní léze, jsou však zatím často provázeny vznikem drobných mikroprasklinek [12]. Prozatím tvoří pouze doplňující techniku klasických preparačních postupů [13].

Kompozitní výplňové materiály mohou být přímo spojeny s laserovým zářením připravenými povrchy tvrdých zubních tkání bez další úpravy povrchu či leptání. Chlazení systému brání vzniku CaP fází, které blokují adhezi ke kompozitu [14]. Naše studie prokázala, že spojení mezi kompozitním materiálem a dentinovými tubuly je větší při použití Er:YAG laserového záření s krátkými pulzy. Nepřítomnost smear layer a malé kavity minimalizují kontrakci kompozitního materiálu [15-18].

Závěrem lze konstatovat, že chlazená selektivní laserová ablace Er:YAG laserovým zářením zajistí povrch, který má optimální vazbu s kompozitním materiálem. Výsledkem je zjevně lepší vazba kompozitu a tvrdé zubní tkáně, než u klasicky preparované kavity leptané kyselinou fosforečnou.

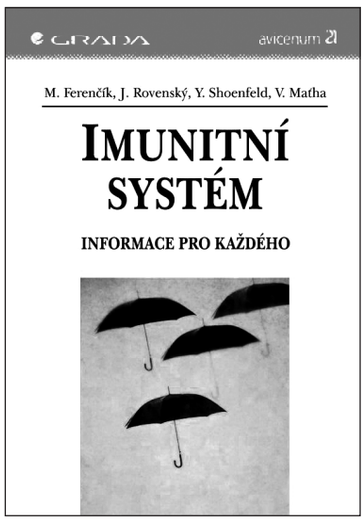
stoma+pzl_3.07 15.6.2007 8:55 Str. 42
proLékaře.cz | 21.12.2025

Studie vznikla na základě projektu MŠMT č. MSM6840770022 "Laserové systémy, záření a moderní laserové aplikace" a centra Advanced Telecommunications Technology Research Foundations (SCAT), stejně jako grantu JSPS No. 17206033.

LITERATURA

1. **Bedi, R., Sutcliffe, P., Donnan, P. T., McConnachie, J.:** The prevalence of dental anxiety in a group of 13- and 14- year old Scottish children. Int. J. Paed. Dent., 2,1992, s. 17-24,.
2. **Alvesalo, I., Murtomaa, H., Milgrom, P., Honkanen, A., Karjalainen, M., Tay, K.:** The dental fear survey schedule: a study with finnish children. Int. J. Paed. Dent., 3, 1993, s. 193-198,.
3. **Gale, E. N.:** Fear of the dental situation. J. Dent. Res., 51, 1972, s. 964-966,.
4. **Berggren, U., Meynert, G.:** Dental fear and avoidance: cause, symptoms, and consequences. J. Am. Dent. Assoc., 109, 1984, s. 247-251.
5. **Wals, L. J.:** The current status of laser applications in dentistry. Australien Dental J., 48, 2003, s. 148-155.
6. **Melcer, J., Chaumette, M. T., Melcer, F. et al.:** Treatment of dental decay by CO2 laser beam: preliminary results. Lasers Surg. Med., 4, 1984, s. 311-321.
7. **Dostálová, T., Jelínková, H., Kučerová, H., Krejsa, O., Hamal, K., Kubelka, J., Procházka, S.:** Noncontact Er:YAG laser ablation: Clinical evaluation. J. Clin. Las. Med. and Surg., 16. 1998, s. 273-282.
8. **Keller, U., Hibst, R.:** Effects of Er:YAG laser in caries treatment: A clinical pilot study. Lasers Surg. Med., 20, 1997, s. 32-38.
9. **Zanin, F., Brugnera, A., Pecora, J. D., Pinheiro, A., Souza-Campos:** Er:YAG laser: Clinical experience based upon scientific evidence. Clinical cases. Lasers in dentistry VII., Proc. SPIE Editors: P. Rechman, D. Fried, T. Henig, 4249, 2001, s.121-124.
10. **Dostálová, T., Jelínková, J., Němec, M., Koranda, P., Miyag,i M., Shi, Z., Iwai, K., Shi, Y., Matsuura, Y.:** Selektivní preparace tvrdých zubních tkání ve spojení s kompozitními výplňovými materiály. Prakt. zub. Lék, 54, 2006, s. 48-53.
11. **Hibst, R., Keller, U.:** Er:YAG laser for dentistry: Basics, actual questions, and perspectives. Medical Applications of Lasers II. Bown, S. G., Escourrou, J., Frank, F., Geschwind, H. J., Godlewski, G., Laffite, F., Scherer, H. H., Katzir, A (eds.). Proc SPIE 2327, 1994, s. 76-86.
12. **Gondim, E. Jr, Figueiredo Almeida de Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Teixeira, F. B., de Souza-Filho, F. J.:** Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. J. Endod., 28, 2002, s. 646-650.
13. **Liebenberg, W. H.:** Sonysis approx: An innovative additional to the restorative continuum. Pract. Periodont. Aesthec. Dent., 10, 1998, s. 913-922.
14. **Staninec, M., Xie, J., Le, C. Q., Fried, D:** Influence of an optically thick water layer on the bond-strength of composite resin to dental enamel after IR laser ablation. Lasers Surg. Med., 33, 2003, s. 264-269.
15. **Niu, W., Noriko Eto, J., Kimura, Y., Hirono Takeda, F., Matsumoto, K.:** A study on microleakage after resin filling of Class V cavities prepared by Er:YAG laser. J. Clin. Laser Med. Surg., 16, 1998, s. 227–231.
16. **Stiesch-Scholz, M., Hanning, M.:** In vitro study of enamel and dentin marginal integrity of composite and compomer restorations placed in primary teeth after diamond or Er:YAG laser cavity preparation. J. Adhes. Dent., 2, 2000, s. 213–222.
17. **Visuri, S. R., Gilbert, J. L., Wright, D. D., Wigdor, H. A., Walsh, J. T. Jr.:** Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. J. Dent. Res., 75, 1996, s. 599–605.
18. **Wright, G. Z., McConnell, R. J., Keller, U.:** Microleakage of class V composite restorations prepared conventionally with those prepared with an Er:YAG laser: a pilot study. Ped. Dent.,15, 1993, s. 425-426.

Prof. MUDr. Taťjana Dostálová, DrSc., MBA
Dětská stomatologická klinika 2. LF UK a FNM
V Úvalu 84
150 06 Praha 5 - Motol



IMUNITNÍ SYSTÉM

M. Ferenčík, J. Rovenský, Y. Shoenfeld, V. Maťha

Překlad skvěle napsané knihy slovenského autorského kolektivu (předmluvu napsala prof. MUDr. J. Bartůňková, DrSc.). Publikace je přínosem pro odborníky i laiky – je určena zejména studentům středoškolského i vysokoškolského studia, laborantům, medikům, farmaceutům, biochemikům, biologům a samozřejmě lékařům.Tato učebnice má leccos navíc, co v existujících českých imunologiích dosud nezaznělo: jsou zařazeny kapitoly o prionózách, o imunotoxikologii, o vztazích nervového, endokrinního a imunitního systému. To jsou okruhy, kterým se většina autorů pro náročnost obvykle vyhýbá. Kniha by rozhodně neměla chybět ve Vaší knihovničce.

Vydala Grada Publishing v roce 2005. ISBN 80-247-1196-6, kat. číslo 1400, 170 x 230, brož. vazba, 240 str., cena 345 Kč.

Objednávku můžete poslat na adresu: Nakladatelské a tiskové středisko ČLS JEP, Sokolská 31, 120 26 Praha 2, fax: 224 266 226, e-mail: nts@cls.cz