proLékaře.cz | 17.8.2025

Odstranění keramických zámků v ortodoncii pomocí laseru – hodnocení účinku diodových laserů Tm:YAP, Nd:YAG a GaAs

Dostálová T.[1], Jelínková H.[2], Koranda P.[2], Šulc J.[2], Němec M.[1], Ivanov I.[2], Miyagi M.[3], Iwai K.[3]

[1]Dětská stomatologická klinika 2. LF UK a FN Motol, Praha
[2]FJFI ČVUT, Praha
[3]Sendai National College of Technology, Sendai, Japonsko

SOUHRN

Studie demonstruje možnosti použití laserového záření při odstranění keramických ortodontických zámků. Tři typy laserového záření byly zkoušeny pro tento účel, hodnocena byla schopnost odstranit keramický zámek, rychlost provedení a poškození skloviny a zubní pulpy. Ve studii byly použity 3 laserové systémy: Nd:YAG laser, Tm:YAP laser a diodový GaAs laser pracující s vlnovými délkami 1,9 µm, 1,44 µm a 0,808 µm. U ortodontických zámků byla proměřena transmise a absorpce, posuzován byl i vývin tepla při aplikaci laseru s cílem analyzovat příčinu „laserového debondingu“. Z výsledků je zřejmé, že nejlépe při uvolňování keramických zámků působí diodově čerpaný mikročipový Tm:YAP laser s výstupní energií 1W.
Klíčová slova: ortodoncie - ortodontický zámek - Nd:YAG laser - Tm:YAP laser - diodový GaAs laser

SUMMARY

Dostálová T., Jelínková H., Koranda P., Šulc J., Němec M., Ivanov I., Miyagi M., Iwai K.: The Removal of Ceramic Locks in Orthodontia by Means of Laser – Evaluation of the Effect of Diode Lasers Tm:YAP, Nd:YAG and GaAs

The study demonstrates the possibility of using laser radiation for ceramic bracket removing. Three laser radiations were examined for this effect, and the removing possibility and velocity together with enamel and pulp damage were investigated. The lasers used were: a diode-pumped Tm:YAP microchip laser, diode pumped, and GaAs diode generating 1.9 µm, 1.44 µm, and 0.808 µm, respectively. The measurement of transmission and absorption of the basic element – bracket, adhesive resin, and enamel - was also made with the goal to explain the source of heat and bracket debonding. The explanation of the debonding effect is also presented. From the results it is possible to conclude that the continuously running diode pumped microchip Tm:YAP laser having output power 1W can be a good candidate for the ceramic bracket debonding procedure.
Key words: orthodontics - ceramic bracket debonding - GaAs diode laser - Tm:YAP laser - Nd:YAG laser

Čes. Stomat., roč. 109, 2009, č. 6, s. 117–121.

Úvod

Estetika je důležitým faktorem, který hraje obvykle hlavní úlohu při vyhledávání ortodontické péče. Perfektní a „zdravý“chrup je v moderní společnosti často spojován s pojmy krása a úspěch [5]. Mnoho špičkových ortodontistů v současnosti využívá ve své praxi lasery přesto, že informovanost o jeho možnostech při terapii není u ortodontické veřejnosti většinou dostatečná [6, 9]. Laserem provádíme gingivoplastiku, gingivectomii, frenulectomii nebo odstraňujeme hyperplazie gingivy [7].

Do povědomí v současnosti vstupuje i možnost sejmutí keramických ortodontických zámků za podpory laseru – „ceramic brackets laser debonding”. Jedna z možných technik je prohřátí zámku a tmelícího materiálu laserem, který tak uvolní vazbu mezi sklovinou a kompozitem. Pro tyto účely se používají zatím následující lasery: CO_2, KrF, XeCl, Nd:YAG nebo Tm:YAP [1, 3, 8, 10].

Cílem studie bylo nalézt jednoduchou časově úspornou metodu sejmutí keramického zámku bez poškození skloviny a přehřátí zubu v oblasti pulpy [2]. Pro tyto účely jsme zvolili nově vyvinutý mikročipový Tm (thulium): YAP laser, diodově-čer-

proLékaře.cz | 17.8.2025

paný Nd (neodym):YAG laser a diodově-čerpaný GaAs (galium arsen) laser s vlnovými délkami 1,9 µm , 1,44 µm a 0,808 µm.

MATERIÁL A METODY

Laserové přístroje

Jako zdroje laserového záření byly použity 3 laserové systémy.

Diodový GaAs laser

Infračervený diodový GaAs laser (LIMO HLU20F400) generuje záření o vlnové délce 808 nm. Maximální energie na konci optického vlákna byla 20W. Optické vlákno mělo průměr 400 µm, numerická apertura vlákna byla 0,22. Záření bylo nepolarizované.

Mikročipový diodově čerpaný Tm (thulium):YAP laser

Druhý systém byl nově vyvinutý mikročipový Tm:YAP laser pracující s vlnovou délkou 1980 nm [9]. Pro čerpání byla použita dioda LIMO HLU30F400-790 generující vlnovou délku 790 nm. Laser dosahoval maximálního výkonu 3,8 W.

Nd:YAG laser

Třetím laserem byl diodově čerpaný Nd:YAG laser s vlnovou délkou záření 1,444 µm, který dosahoval maximální výstupní energii 2 W. Čerpání zajišťovala dioda LIMO HLU20F400.

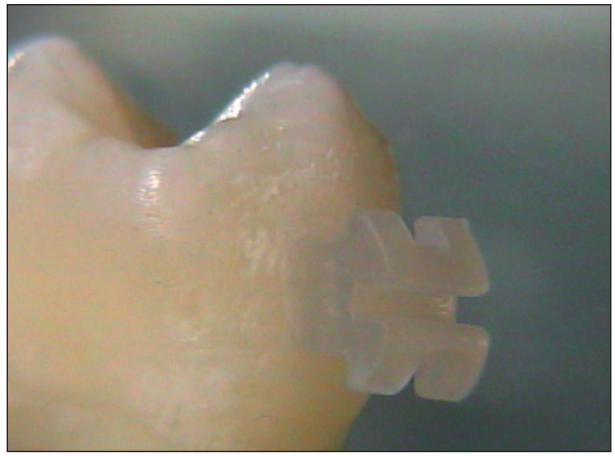
PŘÍPRAVA VZORKŮ

V pokusu byly použity premoláry extrahované z ortodontických důvodů u skupiny adolescentů ve věku 11-15 let. Extrahované zuby byly ihned uloženy do fyziologického roztoku a uchovány v chladicím boxu při teplotě 7° C.

Postup fixace zámků

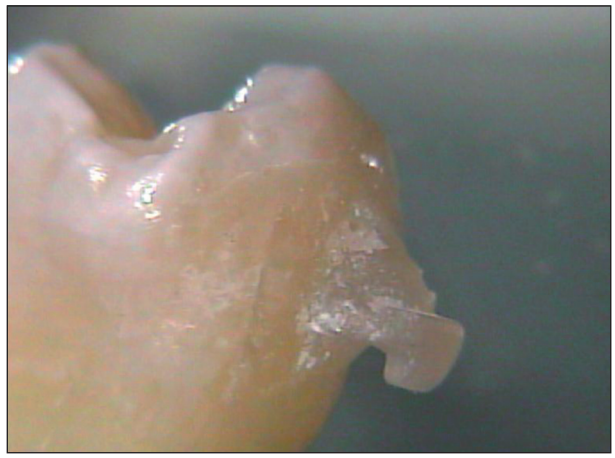
Na vestibulární plochu extrahovaných zubů byly postupně upevněny keramické zámky Fascination 2, Roth 22 firmy Dentaurum pomocí adheziva Con Tec LC stejného výrobce. Povrch skloviny byl očištěn leštící pastou bez přísad fluoridů, opláchnut proudem vody a vysušen vzduchem bez příměsi oleje. Leptacím činidlem Con Tec Etch byl 15 sekund leptán povrch skloviny a 10 sekund oplachován vodou. Po vysušení vzduchem vykazovala sklovina křídově matné zbarvení. Na připravené naleptané plochy byl nanesen Con Tec Primer, mírným proudem vzduchu rozprostřen a polymerizován 20 sekund lampou 3 M ESPE ELIPAR Fre – Light 2.

Na keramické zámky bylo naneseno odpovídající množství adheziva Con Tec LC a každý zámek byl polymerizován frontálním proudem světla halogenovou lampou 20 sekund. Zuby s fixovanými zámky byly opět vloženy do fyziologického roztoku a uchovány v teplotě 7° C (obr. 1a, 5a).



Obr. 1a. Premolár s ortodontickým keramickým zámkem.

Obr. 1b. Povrch zubu z obr. 1a po odstranění zámku za pomoci laserového zařízení Tm:YAP.



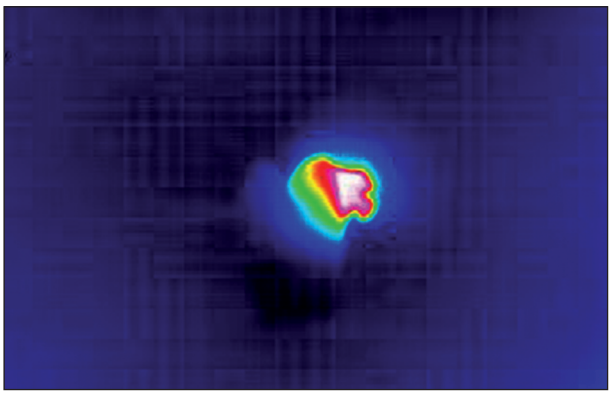
Obr. 1c. Prasklý keramický zámek na premoláru po aplikaci diodového laseru GaAS.

proLékaře.cz | 17.8.2025

Měřicí přístroje a metody analýzy

Pro analýzu laserového záření, především výstupního výkonu a generované vlnové délky, prostorové struktury svazku a teplotních změn zubních tkání při ozáření laserem, jsme použili následující přístroje:

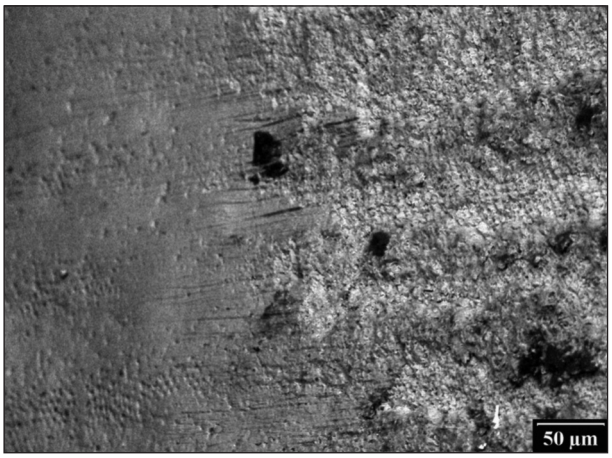
- Molectron EMP2000 pro měření energie laserového záření se sondou PowerMax PM3 a PM10;
- monochromátor Oriel, model 77250;
- kameru Pyrocam III, Spiricon, citlivou na infračervené záření (obr. 2);
- oscilloscope Tektronix TDS3052B (500 MHz, 5 GS/s) s InAs/InAsSbP fotodiodou.



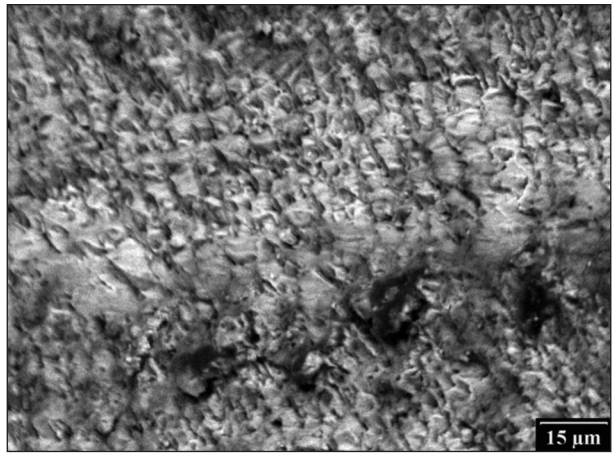
Obr. 2. Kamera Optilas – Electrophysics citlivá na infračervené záření v průběhu měření ohřevu u zubu 14.

Všechny zuby byly fotografovány před a po pokusu ve stereomikroskopu Nikon SMZ-2T, který byl spojen se Mitsubishi CCD barevnou video kamerou (CCD-100) a počítačem.

- Teplotní změny byly zaznamenávány GMH 3210 digitálním teploměrem a monitorovány teplotní infračervenou kamerou Optilas – Electrophysics PV320L2E.

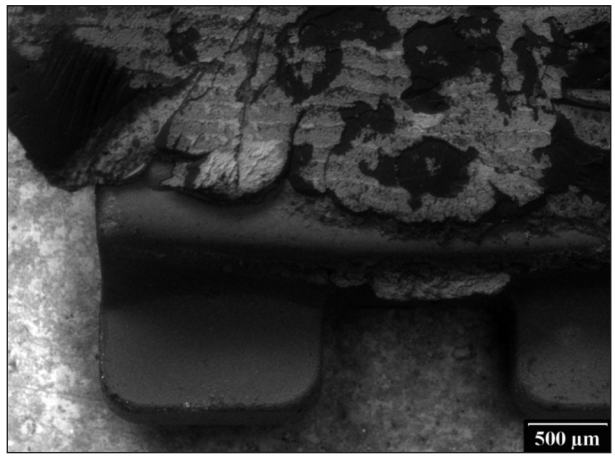


Obr. 3a. Povrch skloviny v elektronovém rastrovacím mikroskopu po odstranění keramického zámku.



Obr. 3b. Detail přechodu skloviny se zvýrazněnou kresbou sklovinných prizmat.

- Povrch skloviny po odstranění keramického zámku byl hodnocen v elektronovém rastrovacím mikroskopu JSM 5510 LV Jeol. Vzorky byly snímány v režimu „low vacuum" (10 Pa) bez napaření povrchu. Obrázky byly provedeny technikou zpětného odrazu (obr. 3a, obr. 3b, obr. 4).



Obr. 4. Keramický ortodontický zámek po sejmutí bez známek poškození se zbytky tmelícího materiálu v elektronovém rastrovacím mikroskopu.

Průběh experimentu

Laserové záření tří laserových systémů bylo postupně směrováno na keramické zámky. Energie záření byla měřena přístrojem Molectron EPM 2000e, který byl spojen se sondou PM3. Doba záření byla 60 s nebo 90 s, povrch zámku byl chlazen vodou nebo pokus probíhal bez chlazení. Po zahřátí zámku laserem byl keramický zámek uvolněn mechanicky kleštěmi (obr. 1a-1c). Během pokusu byla měřena teplota v pulpě pomocí NiCr-Ni tepelného čidla ve spojení s digitálním teploměrem GMH 3210. Souběžně byl povrch zubu monitorován speciální kamerou PV320L2E.

proLékaře.cz | 17.8.2025

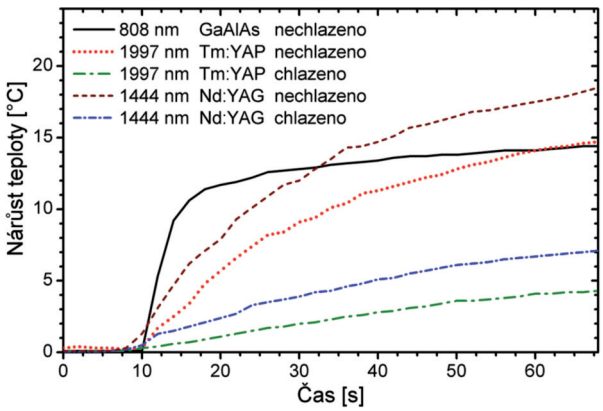
VÝSLEDKY

Odstranění keramických zámků a měření teploty

Výsledky měření shrnuje graf 1. GaAs dioda (0,808 µm) nemá vliv na odstranění zámku ani při aplikaci po dobu 60 s (obr. 1 c). Z teplotního profilu měření lze říci, že laserové záření prochází celým zubem a nebezpečně ho zahřívá. Teplotní změna dosahuje až 14°C.

Při použití Tm:YAP laseru se teplo koncentruje uvnitř zámku a tmelícího materiálu (obr. 2) a po 60 s lze zámek snadno sejmout kleštěmi (obr. 1b, obr. 5c). Při zvýšení dávky (2 W) na 90 s lze odstranit zámek stejně dobře, rozdíl je ve zvýšení teploty v zubu - ze 4 stupňů na povrchu zámku na 9 stupňů. Tato dávka by již mohla být nebezpečná pro vitalitu pulpy. Ideální dávka pro bezpečné sejmutí zámku je expoziční čas 60 s, výkon 1W, při chlazení povrchu zámku vodou.

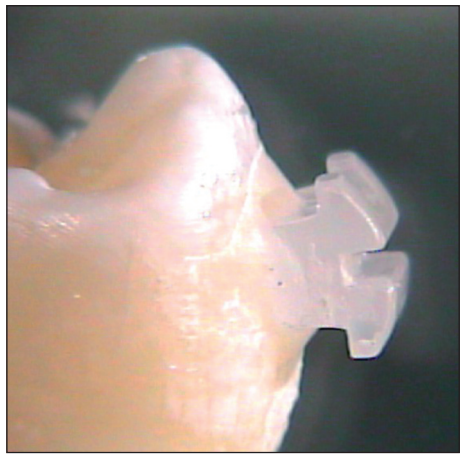
Obdobné výsledky lze dosáhnout s Nd: YAG laserem (1,444 µm), teplotní nárůst mezi chlazenou a nechlazenou tkání je však větší.



Graf 1. Závislost času na zvyšování teploty při aplikaci jednotlivých laserů.

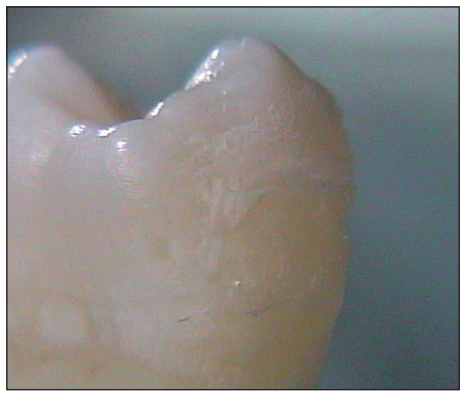
Fotografické a mikroskopické nálezy po odstranění keramických zámků

GaAs diodové laserové záření (0,808 µm) není schopné uvolnit keramický zámek (obr. 1c). Naopak výsledky aplikace Tm:YAP (1,997 µm) a Nd:YAG (1,444 µm) jsou shodné – keramický zámek lze snadno odstranit (obr. 1a, obr. 5a). Výsledky pracovního postupu jsou sumarizovány na obrázcích 5a – 5c. Keramický zámek je spojen se zubem (obr. 5a) a jeho estetický vzhled neruší. Po ozáření laserem odstraníme neporušený zámek (obr. 5b). Část tmelícího materiálu ConTec LC adhesive zůstane na zámku a část na sklovině (obr. 5b, obr. 5c, obr. 1b). Zbytek tmelícího materiálu vidíme dobře i v elektronovém rastrovacím mikroskopu (obr. 3a, obr. 3b). Sklovina má odhalená prizmata, její povrch je však neporušený (obr. 3a, obr. 3b). Minimální změny byly nalezeny při aplikaci 1 W po dobu 60 s s chlazením tkáně vodou. Pracovní postup při odstranění ortodontického zámku ukazují obrázky 5a - 5c.



Obr. 5a. Premolár s keramickým zámkem.

Obr. 5b. Keramický zámek po sejmutí.



Obr. 5c. Povrch skloviny po odstranění zámku ve stereomikroskopu.

DISKUSE

Principem odstranění ortodontického zámku z povrchu skloviny je rozvolnění vazby tmelícího materiálu, skloviny a zámku. To může být prove-

proLékaře.cz | 17.8.2025

deno aplikací laseru, který penetruje keramickým zámkem do kompozitního materiálu a do skloviny. Naše výsledky navazují na další studie, kde i další laserové systémy dokázaly termicky změkčit tmelící materiál a odstranit tak snadno keramický zámek [4, 8, 10]. Prokázali jsme, že je možné určitým typem laseru působit na nalepený keramický ortodontický zámek tak, že ho lze snadno sejmout. Tento pracovní postup má několik podmínek: působící vlnová délka se musí maximálně absorbovat v keramickém zámku a kompozitním materiálu a minimálně se musí pohlcovat v zubu. Jestliže naplníme tato kritéria, dosáhneme snazší odstranění zámku bez termálních změn v pulpě [4, 11].

Během laserového „debondingu“ existuje teplotní gradient mezi povrchem zubu a pulpou. Tento gradient roste ve sklovině i dentinu pokud není dosaženo postupné prohřívání tkání [2]. Při aplikaci laseru nastává termální ablace a keramický zámek se uvolňuje se zbytkem tmelícího materiálu. Z pozorování v elektronovém rastrovacím mikroskopu můžeme říci, že na tmelícím materiálu často najdeme i povrchové částice skloviny. Laserový debonding usnadňuje sejmutí zámku na základě tepelné difuze.

ZÁVĚRY

V naší studii jsme testovali 3 laserové systémy při odstraňování keramických ortodontických zámků. Z výsledků vyplývá, že kontinuální diodově čerpané lasery 1,997 µm Tm:YAP a 1,444 µm Nd:YAG s výkonem 1W, v časovém horizontu 60 s, zajistí bezpečný laserový debonding keramických zámků.

LITERATURA

1. **Gorback, N. R.:** Heat removal of ceramic brackets. J. Clin. Orthod., 125, 1991, 2, s. 42-47.
2. **Jelínková, H., Šulc, J., Dostálová, T., Koranda, P., Němec, M.:** Bracket debonding by mild-infrared laser radiation. Laser Phys. Lett., 6, 2009, 3, s. 222-229.
3. **Rickabaugh, J. L., Marangoni, R. D, McCaffrey, K. K.:** Ceramic debonding with the carbon dioxide laser. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 110, 1993, 4, s. 88-93.
4. **Rueggeberg, F. A., Lockwood, P.:** Thermal debracketing of orthodontic resinos. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 98, 1990, 1, s. 56-65.
5. **Server, D.:** Principles of cosmetic dentistry in orthodontics. Part 1. Shape and proportionality of anterior teeth. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 126, 2004, 6, s. 749-753.
6. **Server, D., Yanosky, M.:** Principles of cosmetic dentistry in orthodontics. Part 2. Soft tissue laser technology and cosmetic gingival contouring. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 127, 2005, s. 85-90.
7. **Server, D., Yanosky, M.:** Principles of cosmetic dentistry in orthodontics. Part 3. Laser treatments for tooth eruption and soft tissue problems. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 127, 2005, 2, s. 262-266.
8. **Tocchio, R .M., Williams, P. T., Mayor, F. J., Standing, K. G.:** Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 103, 1993, 2, s. 155-163.
9. **Tuner, J., Hode, L.:** Laser therapy: clinical practice and scientific background. Prima Books, Sweden, 2002, s. 571.
10. **Bukovích, M. E., Wood, D. P., Daley, T. D.:** Heat generated by grinding during removal of ceramic brackets. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 99, 1990, 6, s. 505-512.
11. **Zach, L., Cohen, G.:** Pulp response to externally applied heat. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 19, 1965, 4, s. 515-530.

Studie vznikla na základě projektu MŠMT č. MSM6840770022 „Laserové systémy, záření a moderní laserové aplikace“.

Prof. MUDr. Tatjana Dostálová, DrSc., MBA
Dětská stomatologická klinika 2. LF UK
a FN Motol
V Úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: tatjana.dostalova@fnmotol.cz