

Pevnosť väzby ortodontických kanýl na sklovine tretích molárov a povrchovo upravených kompozitných výplniach

Shear bond strength of orthodontic buccal tubes bonded to third molar enamel and surface-treated composite restorations

Pandyová, K., Petrášová, A., Futejová, M., Homzová, N., Sokolová, N., Jenča, A., ml.

MDDr. Kornélia Pandyová, MUDr. Adriana Petrašová PhD., MDDr. Mária Futejová, MUDr. Naďa Homzová, MDDr. Natália Sokolová, MUDr. Andrej Jenča, PhD., MBA

Klinika stomatológie a maxilofacialnej chirurgie, Špecializovaná nemocnica pre choroby hlavy a krku Akadémia Košice, n. o., UPJŠ LF

ABSTRAKT

Cieľom tejto štúdie bolo porovnanie pevnosti adhéznej väzby ortodontických kanýl na sklovine tretích molárov, kompozitných výplniach a mechanicky upravených kompozitných povrchoch. Šesťdesiat extrahovaných zubov bolo rozdelených do troch skupín ($n = 20$) a pevnosť väzby bola stanovená tlakovou skúškou. Štatistické vyhodnotenie bolo realizované pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Najvyššie hodnoty pevnosti väzby boli zaznamenané pri mechanicky zdrsnenom kompozite upravenom diamantovým vrtáčikom, avšak medzi hodnotenými skupinami neboli zistené štatisticky významné rozdiely. Napriek absencii štatistickej významnosti vykazoval mechanicky upravený kompozit trend vyššej pevnosti väzby, čo poukazuje na priaznivý vplyv mikromechanickej retencie a podporuje jeho klinickú využiteľnosť pri fixácii ortodontických kanýl.

Kľúčové slová: pevnosť väzby, ortodontické adhezíva, ortodontické kanyly, kompozitná výplň.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the adhesive bond strength of orthodontic buccal tubes bonded to third molar enamel, composite restorations, and mechanically treated composite surfaces. Sixty extracted teeth were divided into three groups ($n = 20$), and bond strength was determined via pressure test. Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA) at a significance level of $\alpha = 0.05$. The highest bond strength values were recorded for mechanically roughened composite surfaces treated with a diamond bur; however, no statistically significant differences were found among the evaluated groups. Despite the lack of statistical significance, mechanically treated composite exhibited a trend toward higher bond strength, indicating a beneficial effect of micromechanical retention and supporting its clinical applicability for orthodontic buccal tube bonding.

Keywords: bond strength, orthodontic adhesives, orthodontic buccal tubes, composite restorations.

Úvod

Stabilita ortodontických zámkov a kanýl v priebehu čelustno-ortopedickej liečby je kľúčovým faktorom determinujúcim úspešnosť terapie fixným ortodontickým aparátom. Fixné ortodontické prvky musia odolávať okluzálnym silám, žuvaciemu zaťaženiu, pričom zároveň musia umožňovať bezpečné odstránenie bez poškodenia skloviny. [5] Predčasné zlyhanie fixácie ortodontických zámkov a kanýl predstavuje významný klinický problém, ktorý môže viesť k predĺženiu liečby, zvýšeniu počtu kontrolných návštev a nárastu nákladov na ošetrovanie. S narastajúcim počtom dospelých pacientov sa v klinickej praxi čoraz častejšie stretávame s potrebou fixácie ortodontických prvkov na umelé povrchy, najmä kompozitné výplne. Získanie spoľahlivej adhezívnej väzby na kompozit však predstavuje výzvu, predovšetkým vzhľadom na starnutie materiálu, zmeny povrchovej energie, pokles reaktívnych metakrylátových skupín a absenciu kyslíkom inhibovanej vrstvy. [7, 12] Pevnosť väzby je ovplyvnená typom a vekom výplne, pričom nanofilné kompozity môžu vykazovať vyššiu mieru zlyhania spojenia. [14] Dosiahnutie adekvátnej

väzby si preto vyžaduje cielene zvolenú mechanickú a/alebo chemickú prípravu povrchu, ktorá predstavuje kľúčový faktor úspešnej fixácie fixného aparátu na kompozitné výplne. [3] Mechanické metódy, predovšetkým pieskovanie a zdrsnenie diamantovým vrtákom, preukázateľne vedú k signifikantnému zvýšeniu pevnosti väzby v porovnaní s neupraveným povrchom. [10] Bayram a spol. uviedli, že použitie diamantového vrtáka a pieskovanie viedlo k priemernej pevnosti väzby 10,6 MPa a 10,3 MPa, v porovnaní iba s 2,8 MPa v prípade, keď nebola realizovaná žiadna príprava povrchu. [2] Podobne Bishara a spol. zaznamenali priemernú pevnosť spoja 9,4 MPa pri použití diamantového vrtáka a 7,8 MPa pri pieskovaní, oproti 6,1 MPa bez akejkoľvek prípravy povrchu. [4]

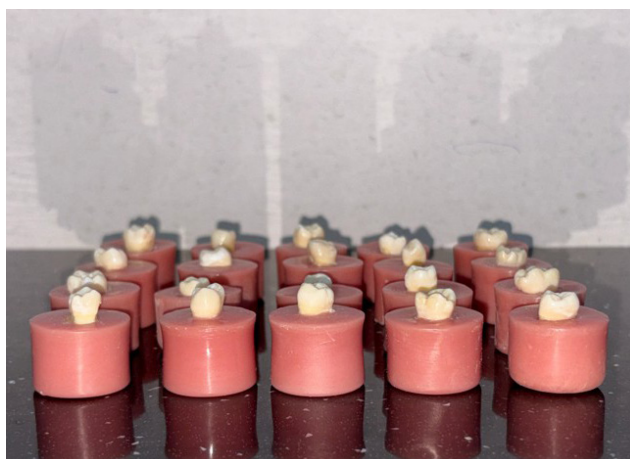
Chemické metódy prípravy povrchu zahŕňajú leptanie kyselinou ortofosforečnou, kyselinou maleínovou, kyselinou fluorovodíkovou, ako aj aplikáciu silanových spojovacích činidiel a použitie adhézných primerov. [8] Leptacie činidlá a silanizačné postupy môžu prispieť k zlepšeniu chemickej väzby, pričom ich efekt sa zvyšuje najmä v kombinácii s mechanickým zdrsnením. [14]

Ciel práce

Cieľom tejto práce bolo porovnať pevnosť adhezívnej väzby ortodontických kanyl, konkrétne ifit (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA) na sklovine extrahovaných tretích molárov, na kompozitnej výplni zhotovenej na extrahovaných zuboch a na mechanicky upravenom kompozitnom povrchu s následným štatistickým vyhodnotením výsledkov medzi jednotlivými skupinami pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu ANOVA.

Materiál a metodika

Do štúdie bolo zaradených 60 extrahovaných tretích molárov indikovaných na chirurgickú extrakciu. Výkon bol realizovaný na stomatochirurgickom oddelení Špecializovanej nemocnice pre choroby hlavy a krku Akadémie Košice, n.o. Extrahované zuby boli bez zubného kazu, výplní, nekariézných lézií a prasklín. Po extrakcii boli vzorky skladované dva týždne v 0,5 % roztoku chloramínu-T a následne v destilovanej vode pri izbovej teplote, aby sa zabránilo dehydratácii. Korunky zubov boli zaliate do živice po cemento-sklovinnú hranicu tak, aby vestibulárna plocha bola orientovaná kolmo na horizontálnu rovinu.



Obr. č. 1: Testované vzorky, skupina A. Zdroj: vlastná dokumentácia

Fig. 1: Tested samples, group A. Source: author's own documentation.

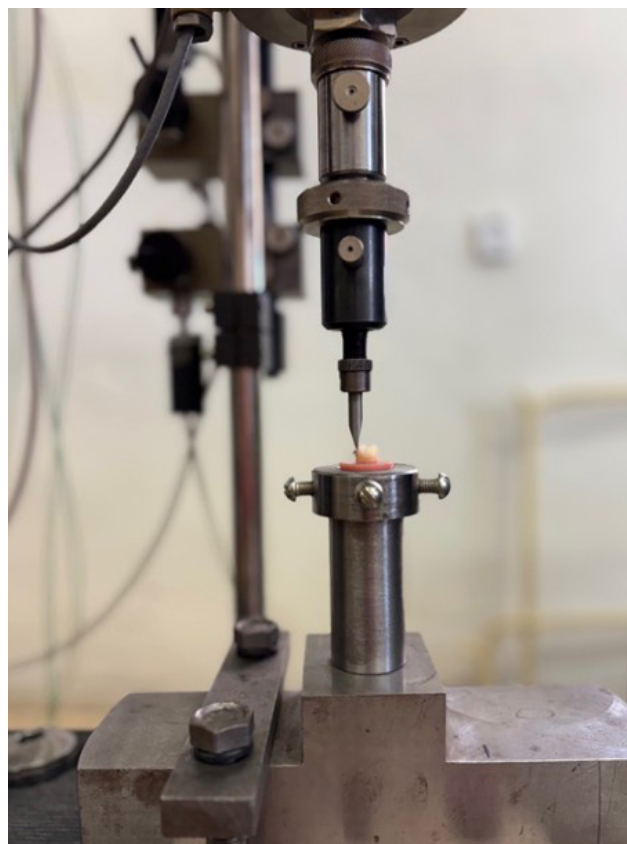
Vzorky boli náhodne rozdelené do troch skupín:

Skupina A: kovové ortodontické kanyly fixované na sklovinu, skupina B: kovové ortodontické kanyly fixované na kompozitnú výplň, skupina C: kovové ortodontické kanyly fixované na kompozitnú výplň s mechanicky zdrsneným povrchom.

V skupinách B a C boli na vestibulárnom povrchu vyhotovené kompozitné výplne. Použili sme materiál G-aenial (GC Corporation, Tokyo, Japan) v odtieni A3. V skupine C bol povrch kompozitu za účelom zvýšenia retencie mechanicky zdrsnený diamantovým vrtáčikom s červeným označením s jemnou zrnitosťou, pričom veľkosť zrna sa udáva 40 mikrometrov (Acurata GmbH CO). Povrch skloviny, ako aj povrch kompozitnej výplne boli pred adhezívnou fixáciou leptané 37 % kyselinou ortofosforečnou, Optibond Gel Etchant (Kerr, Orange, CA, USA) počas 15 sekúnd, po čom bol povrch opláchnutý a osušený podľa adhezívneho protokolu. Na všetky vzorky boli nalepené

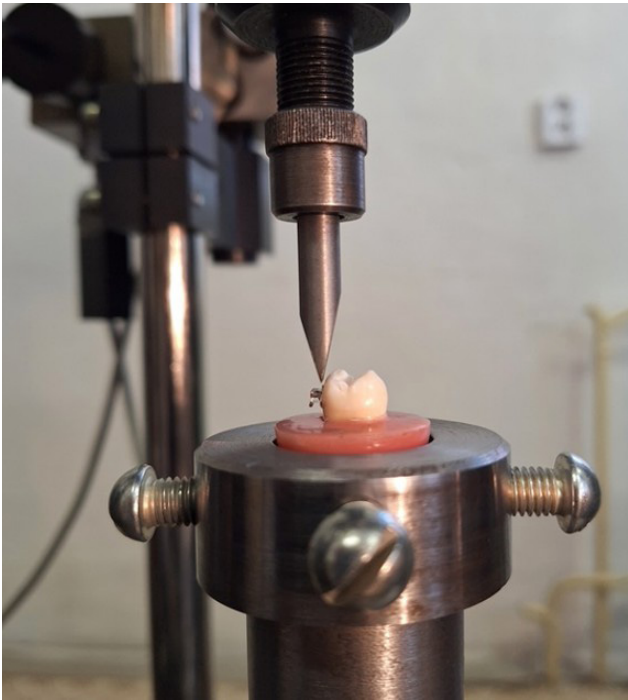
kovové ortodontické kanyly ifit (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA) pomocou adhezívneho systému BracePaste (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA), a to podľa odporúčaní výrobcu. Polymerizácia prebiehala pomocou polymerizačnej lampy Demi Ultra Ultracapacitor (Kerr Orange, CA, USA) po dobu 20 sekúnd z meziálnej strany a 20 sekúnd z distálnej strany kanyly.

Pevnosť adhezívnej väzby bola stanovená pomocou tlakovej skúšky. Skúška tlakom bola realizovaná na Ústave materiálového výskumu Slovenskej akadémie vied v Košiciach pomocou skúšobného stroja TIRA Test 2300. Testované vzorky boli do prístroja upevnené pomocou kovového valca so skrutkami, ktorý bol vyhotovený špeciálne pre potreby tohto výskumu. Rovnako bol vyhotovený klin, ktorý umožňoval individuálne nastavenie tak, aby jeho rovina bola rovnobežná s rovinou spoja kanyly s povrchom zuba. Snímač sily bol nastavený na 1 kN a rýchlosť skúšky na 2 mm/min. Namerané údaje poskytol počítač pripojený k skúšobnému zariadeniu. Získané hodnoty v newtonoch (N) boli zaznamenané do záznamového hárku a následne prepočítané na MPa vydelením aplikovanej sily plochou bázy kanyly, pričom použité kanyly mali plochu bázy 15 mm² (3 × 5 mm). Získané hodnoty boli štatisticky spracované pomocou deskriptívnej analýzy a jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) pri hladine významnosti $\alpha = 0,05$.



Obr. č. 2: Upevnenie testovacej vzorky do prístroja. Zdroj: vlastná dokumentácia

Fig. 2: Fixation of the test specimen in the testing device. Source: author's own documentation.



Obr. č. 3: Detailný záber fixácie testovacej vzorky do prístroja. Zdroj: vlastná dokumentácia

Fig. 3: Detailed view of the fixation of the test specimen in the testing device. Source: author's own documentation.

Výsledky

Priemerné hodnoty pevnosti väzby vykazovali medzi jednotlivými skupinami mierne rozdiely. Najvyššia priemerná hodnota bola zaznamenaná v skupine C (kompozitná výplň s mechanicky zdrsneným povrchom; $16,18 \pm 4,61$ MPa), nasledovaná skupinou B (kompozitná výplň bez povrchovej úpravy; $14,38 \pm 3,83$ MPa), pričom najnižšie hodnoty dosahovala skupina A (sklovina; $13,94 \pm 5,18$ MPa).

Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) nepreukázala štatisticky významné rozdiely medzi skupinami ($F = 1,343$; $p > 0,05$), čo poukazuje na porovnateľnú úroveň pevnosti väzby medzi sklovinou a kompozitnými povrchmi za použitých experimentálnych podmienok. Napriek absencii štatistickej významnosti vykazovala skupina s mechanicky upraveným kompozitom trend vyšších hodnôt pevnosti väzby, čo podporuje význam mikromechanickej retencie pri lepení ortodontických zámkov a kanýl na umelé povrchy.

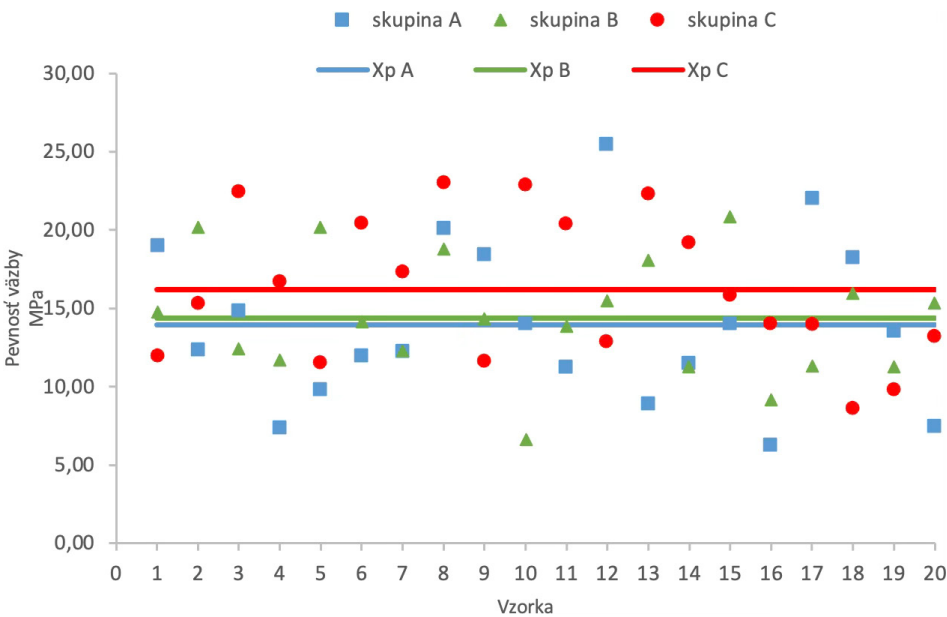
Diskusia

Relatívne nižšie hodnoty pevnosti väzby boli zaznamenané v skupine A (sklovina tretích molárov), čo možno čiastočne vysvetliť špecifickými morfológickými a mineralizačnými charakteristikami týchto zubov. Tretie moláre sa vyznačujú neskorším a často variabilným vývojom, zvýšeným výskytom povrchových nepravidielností a he-

Skupina	Počet vzoriek	Priemer	Medián	Minimum	Maximum	Variačné rozpätie	Rozptyl	Štandardná odchýlka	Variačný koeficient
	n	$\bar{x}_p$	x_{me}	x_{min}	x_{max}	R	s^2	s	V_x
A	20	13.94	12.93	6.26	25.46	19.20	26.82	5.18	37.2%
B	20	14.38	14.23	6.60	20.83	14.23	14.65	3.83	26.6%
C	20	16.18	15.57	8.60	23.06	14.46	21.29	4.61	28.5%

Tabuľka č. 1: Vybrané štatistické charakteristiky – tlakové skúšky

Table 1: Selected statistical characteristics – shear bond test results



Graf č. 1: Bodový graf meraných dát (skupina A, B, C) a ich priemerných hodnôt

Graph 1: Scatter plot of the measured data (groups A, B, C) and their mean values

terogénnym mineralizačným profilom, čo môže negatívne ovplyvňovať reakciu skloviny na leptanie kyselinou ortofosforečnou a následnú mikromechanickú retenciu adhézneho systému. [11] Získané výsledky naznačujú, že za použitých experimentálnych podmienok možno dosiahnuť porovnateľnú úroveň adhézie medzi prirodzenou sklovinou a kompozitnými povrchmi. Pozorovaný trend vyššej pevnosti väzby po mechanickej úprave kompozitu podporuje význam mikromechanickej retencie, čo korešponduje s výsledkami Ribeiro et al. a Bishara et al., ktorí poukázali na pozitívny vplyv zdrsnenia kompozitného povrchu na pevnosť väzby ortodontických zámkov. [4, 10] Hodnoty pevnosti väzby zaznamenané vo všetkých skupinách sa pohybovali prevažne v rozmedzí považovanom za klinicky prijateľné podľa Reynoldsa (5 – 8 MPa), pričom viaceré merania túto hranicu presahovali. [9] Hoci vyššie hodnoty môžu prispievať k stabilite zámkov počas ortodontickej liečby, nadmerná pevnosť väzby je spájaná so zvýšeným rizikom poškodenia skloviny pri debondingu, ako uvádzajú Morales et al. a Agarwal et al. [1, 6]

Záver

V podmiankach tejto in vitro štúdie neboli zistené štatisticky významné rozdiely v pevnosti adhézneho zámku ortodontických kanýl fixovaných na sklovinu tretích molárov a na kompozitné povrchy. Mechanická úprava kompozitu vykazovala trend vyšších hodnôt pevnosti väzby, čo podporuje význam mikromechanickej retencie.

Namerané hodnoty sa vo všetkých skupinách pohybovali prevažne v klinicky prijateľnom rozmedzí, čo naznačuje možnosť spoľahlivej fixácie ortodontických kanýl na prirodzené aj umelé povrchy pri dodržaní adhézneho protokolu.

Literatúra

1. AGARWAL, K., SHETTY, S., DESAI, A. 2020. Effect of various mesh designs on shear bond strength of new and recycled brackets: a comparative, in vitro study. 2020. IN Indian J Forensic Med Toxicol. vol.14, no. 4, p. 211–218.
2. BAYRAM, M. et al. 2011. Shear bond strength of orthodontic brackets to aged resin composite surfaces: effect of surface conditioning. 2010. In Eur J Orthod., vol. 33, no. 2, p. 174–179.
3. BERK, N., BASARAN, G., ÖZER, T. 2008. Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes. 2008. In European Journal of Orthodontics, vol. 30, p. 183–189.
4. BISHARA, S. E., AJLOUNI, R., OONSOMBAT, CH., LAFFOON, J. 2005. Bonding orthodontic brackets to porcelain using different adhesives/enamel conditioners: a comparative study. 2005. In World J Orthod., vol.6, no. 1, p. 17–24.
5. CERVANTES-GANOZA, L., et. al. 2024. Comparison of the adhesive remnant index and shear bond strength of different metal bracket bases on artificially aged human teeth: An in vitro study. 2024. In Journal of international society of preventive and community dentistry. vol. 14, no. 5, p.3 96–404.
6. MORALES, K. Et al. 2022. Comparison of shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to a CAD/CAM prosthetic provisional material after the use of a self-adhesive resin cement versus a light adhesive paste and different surface conditioning protocols: An in vitro study. 2022. In Int Orthod. 20.
7. NAJAFI, H., Z. Et al. 2019. Evaluation of the effect of different surface conditioning methods on shear bond strength of metal brackets bonded to aged composite restorations. 2019. In International Orthodontics, no. 17, p. 80–88.
8. PARIHAR, N., PILANIA, M. 2012. SEM evaluation of effect of 37% phosphoric acid gel, 24% EDTA gel and 10% maleic acid gel on the enamel and dentin for 15 and 60 seconds: an in-vitro study. 2012. IN International Dental Journal of Students Research, vol. 1, issue 2, p. 29–4.
9. REYNOLDS, I. R. 1975. A Review of direct orthodontic bonding. In Brit J. Orthod. 1975, 2, no. 3, p. 171–178.
10. RIBEIRO, A., A. Et al. 2013. Comparison of shear bond strength of orthodontics brackets on composite resin restorations with different surface treatment. 2013. In Dental Press J Orthod. 18, 4, p. 98–103.
11. SHARMA, R. et al. 2016. Prevalance of enamel markings on third molars. In J Calif Dent Assoc. 2016. 44, 8, p. 499–505.
12. TAHMASBI, S. Et al. 2019. Shear bond strength of orthodontic brackets to composite restorations using universal adhesive. 2019. In J Dent., 20, 2, P. 75–82.
13. VIWATTANATIPA, N. et al. 2010. Weibull analysis of bond strength of orthodontic buccal tubes bonded to resin composite surface with various techniques. 2010. In Orthodontic Waves, vol. 69, issue 2, P. 66–74.
14. VITWATTANATIPA, N. et al. 2010. The effect of different surface preparation techniques on the survival probabilities of orthodontic brackets bonded to nanofill composite resin. 2010. In J Orthod, vol. 37, issue 3, p. 162–173.

Korešpondujúci autor

MDDr. Kornélia Pandýová

Klinika stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie
Špecializovaná nemocnica pre choroby hlavy a krku
Akadémia Košice, n. o.

kornelia.pandyova@icloud.com