

**Univerzita Karlova v Praze**  
**1. lékařská fakulta**

Autoreferát disertační práce



**Dlouhodobá odolnost okrajového uzávěru  
kompozitních výplní v prostředí se zvýšeným  
korozním rizikem**

MUDr. Adéla Roubíčková

2013

## **Doktorské studijní programy v biomedicině**

*Univerzita Karlova v Praze a Akademie věd České republiky*

Obor: Preventivní medicína

Předseda oborové rady: doc. MUDr. Alexander Čelko, CSc.

Školící pracoviště: Ústav klinické a experimentální stomatologie 1. LF UK a VFN

Autor: MUDr. Adéla Roubíčková

Školitel: RNDr. Pavel Bradna, CSc.

Oponenti:

Autoreferát byl rozeslán dne:

Obhajoba se koná dne:.....v.....hod

kde.....

Disertační práce bude nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněna k nahlížení veřejnosti v tištěné podobě na Oddělení pro vědeckou činnost a zahraniční styky Děkanátu 1. lékařské fakulty.

## **Souhrn**

**Úvod:** Adhezní spoj mezi tvrdými zubními tkáněmi a kompozitními rekonstrukcemi je v ústní dutině vystaven působení mechanického zatížení, vody, bakterií, enzymů a chemických látek, které mohou jeho odolnost a tím i životnost celé rekonstrukce významně snižovat. Na rozdíl od rozsáhlého výzkumu degradačního vlivu vody, účinku chemických látek na adhezní spoj větší pozornost dosud věnována nebyla.

**Cíl:** Cílem práce bylo objasnit vliv peroxidových bělicích přípravků a prostředků ústní hygieny s chlorhexidinem a preventivních přípravků s fluoridy na odolnost adhezního spoje, vytvořeného několika různými adhezivními systémy metodou mikronetěsnosti (microleakage) na výplních V. třídy.

**Materiály a metodika:** Použity byly „etch and rinse“ adhezivní systém Gluma Comfort Bond (GLU) a „self-etch“ adheziva Clearfil SE Bond (CLF), Adper Prompt (ADP) a iBond (IBO), reprezentující adhezivní systémy s různým pracovním postupem. Celkem bylo pro tyto experimenty použito 192 extrahovaných lidských molárů, které byly rekonstruovány mikrohybridním kompozitem Charisma a poté vystaveny působení peroxidového bělicího gelu Opalescence PF 20 s 20 % karbamid peroxidu, ústní vody Corsodyl s obsahem chlorhexidin diglukonátu a ústní vody Elmex s fluoridy. Expoziční časy byly 2 a 6 měsíců, peroxidový bělicí gel byl aplikován ve 25 expozičních cyklech po 8 hodinách. Kontrolní skupiny představovaly výplně exponované po dobu 24 hodin, 2 a 6 měsíců destilované vodě. Mikronetěsnost byla hodnocena sledováním průniku metylénové modři okrajovým uzávěrem. Statistické zpracování výsledků bylo provedeno testy Kruskal-Wallis, Mann-Whitneyho a Wilcoxon na hladině významnosti 0,05. Morfologie povrchů byla sledována elektronovou mikroskopií.

**Výsledky:** U výplní bondovaných adhezivy GLU a CLF byl po expozici vodě pozorován vysoký podíl neporušených nebo jen málo porušených okrajů výplní. Naopak vyšší podíl porušených sklovinných okrajů výplní byl nalezen u výplní zhotovených s adhezivy ADP a IBO. Po aplikaci bělicího gelu došlo u většiny adheziv pouze k mírným změnám propustnosti sklovinného i dentinového okraje v porovnání s kontrolní skupinou exponovanou vodě. Odlišné chování bylo nalezeno po expozici ústní vodě s chlorhexidinem a ústní vodě s fluoridy. V porovnání s destilovanou vodou byla u nich nalezena významně menší propustnost okrajů výplní.

**Závěr:** K porušení adhezního spoje jsou náchylné především výplně bondované „self-etch“ adhezivy se zjednodušeným pracovním protokolem. Malý vliv peroxidového bělicího gelu a neočekávané zvýšení odolnosti okrajů výplní exponovaných prostředkům ústní hygieny vedou k otázkám, zda v literatuře doporučované testy mikronetěsnosti na výplních V. třídy jsou pro adhezivní systémy s výrazně odlišnou vazbou ke sklovině a dentinu vhodné a nevedou k falešně negativním výsledkům a zda prostředky ústní hygieny porušení vazby adheziva k zubním tkáním skutečně blokují, nebo mikropára vzniká, ale jejím utěsněním složkami expozičního prostředí je průnik indikačního barviva omezen.

**Klíčová slova:** mikronetěsnost, adhezní spoj, adhezivní systémy, kompozitní materiál, sklovina, dentin, korozní prostředí

## **Summary**

**Introduction:** An adhesive bond between hard dental tissues and composite reconstructions is exposed to mechanical load, water, bacteria, enzymes and different chemical compounds. These factors could impair durability and resistance of composite reconstructions. In contrast with extensive research of negative influence of water on degradation of adhesive bonds, the influence of chemical substances on adhesive bond has not been investigated to a greater extent.

**Aim:** The aim of the experimental part of the thesis was to evaluate the influence of hydrogen peroxide containing tooth-whitening products and mouth rinses containing chlorhexidine and fluoride on a long-term stability of class V composite restorations created using four contemporary adhesive systems by a microleakage method.

**Materials and methods:** The following adhesive systems were investigated: total-etch Gluma Comfort Bond (GLU), and self-etch adhesives Clearfil SE Bond (CLF), Adper Prompt (ADP) and iBond (IBO). Standardized class V cavities were prepared in 192 extracted human teeth (one cervical margin in the cementum and one in the enamel). Subsequently, the cavities were restored using microhybride composite Charisma. The specimens were then exposed to the tooth whitening system Opalescence PF 20, mouth rinse Corsodyl containing chlorhexidine and mouth rinse Elmex containing aminfluoride. The exposure times were 2 and 6 months, the whitening system was applied in 25 cycles each 8 hours apart. The control group included restorations exposed to distilled water for 24 hours, 2 and 6 months. After the exposure the specimens were immersed in 2% methylene blue solution for 24 hours. The microleakage data were analyzed using Kruskal-Wallis, Mann-Whitney and Wilcoxon tests ( $p=0.05$ ). The surface morphology was assessed using scanning electron microscopy.

**Results:** After being exposed to water, the specimens bonded by GLU a CLF showed a significantly lower microleakage score in both enamel and dentine. ADP and IBO showed a significantly higher microleakage, especially in the enamel. Compared to the control group, there were only small and statistically insignificant changes in the dentine and enamel microleakage. Differences were observed, when the samples were exposed to chlorhexidine- and fluoride-containing mouth rinses. Compared to the control group, there were statistically significantly lower microleakage scores, particularly for ADP and IBO.

**Conclusions:** The results suggest that the risk of impairment of the adhesive bond stability is higher in self-etch adhesive systems with simplified application procedures. The insignificant effect of the peroxide tooth whitening system and the unexpected increase in resistance of restorations exposed to mouth rinses inevitably lead to certain doubts about appropriateness of the recommended microleakage tests for systems with different bond to the enamel and dentin. Thus, it remains unclear if the tested products for oral hygiene really increased the adhesive bond resistance, or the observed effect resulted from the microleakage reduction due to precipitation of components of the exposure media.

**Key words:** microleakage, adhesive bond, adhesive systems, composite material, enamel dentin, corrosion environment

## OBSAH

1.	Souhrn .....	1
2.	Summary .....	2
3.	Úvod .....	4
4.	Hypotézy a cíle práce .....	5
5.	Materiály a metodika .....	7
6.	Výsledky .....	7
7.	Diskuse .....	13
8.	Závěry .....	17
9.	Literatura .....	19
10.	Seznam publikací doktoranda .....	21

## Úvod

V posledních letech došlo v oblasti zachovné stomatologie k výraznému rozvoji adhezivních technologií, umožňujících estetickou rekonstrukci anatomického a funkčního tvaru kazem poškozených zubů s omezením ireverzibilních ztrát tvrdých zubních tkání. Dřívější princip extenze pro prevenci byl díky adhezivním technologiím nahrazen minimálně intervenčními postupy, při nichž jsou preparací odstraňovány pouze infikované tvrdé zubní tkáně. Adhezivní technologie jsou mimořádně přitažlivé i pro estetickou korekci chrupu, kdy lze minimálně intervenčními postupy docílit vynikajících výsledků.

Mezi nejčastěji používané materiály při realizaci estetických rekonstrukcí patří kompozitní materiály ve spojení s adhezivními systémy. Dentální adhezivní systémy mají schopnost vazby k tvrdým zubním tkáním a současně chemické vazby s monomery kompozitních materiálů. Oblast zahrnující tato dvě odlišná rozhraní a vrstvu adheziva vytváří adhezní spoj. Vazba mezi adhezivním systémem a kompozitním materiálem je díky vzájemné difuzi a kopolymeraci monomerů inhibované vrstvy adheziva a monomerů kompozitního materiálu dostatečná. Zásadním problémem dlouhodobé odolnosti adhezního spoje je stabilita vazby mezi adhezivem a tvrdými zubními tkáněmi, zejména dentinem. Na rozdíl od rozsáhlého zkoumání degradace adhezního spoje ve vodě, degradačnímu působení jiných látek větší pozornost dosud věnována nebyla.

Adhezní spoj v ústní dutině je trvale zatížen cyklickým namáháním žvýkacími silami, polymeračním pnutím a silami, které vznikají v důsledku rozdílné tepelné roztažnosti zubních tkání a kompozitních materiálů. Kromě mechanického zatížení působí na adhezní spoj i řada chemických látek, zejména voda, složky potravin a jejich fermentační produkty, enzymy, prostředky ústní hygieny či kosmetické prostředky, které mohou svým účinkem iniciovat a urychlovat jeho degradaci. V případě selhání adhezního spoje dochází ke vzniku mikronetěsnosti, která se zprvu projevuje jako klinicky nedetekovatelná spára, s následným vznikem pozorovatelné okrajové spáry (Kidd, 1976).

Klinicky lze zaznamenat zvýšenou postoperační senzitivitu, dyskoloraci okrajové spáry, až po vznik sekundárního kazu, spojeného s bakteriálním atakem a se ztrátou tvrdých zubních tkání. V horším případě pak defekt může vést až k nevratnému poškození pulpy, následně spojené s potřebou dalších léčebných výkonů. Na selhání adhezního spoje se podílí řada faktorů, zejména vlastnosti použitého výplňového materiálu, polymerační smrštění kompozitního materiálu, typ a objem preparované kavity, preparační technika, postup zhotovení výplně a především odolnost adhezivního systému vůči mechanickému, chemickému a bakteriálnímu zatížení (Raskin, D'Hoore et al. 2001).

Většina prací s tematikou dlouhodobé stability adhezního spoje se orientuje především na jeho degradaci ve vodě. Výsledky těchto studií ukazují na dostatečnou odolnost adhezního spoje mezi sklovinou a kompozitním materiálem, vytvořeného "etch and rinse" (ER) adhezivy (De Munck, Van Landuyt et al. 2005, Pashley, Tay et al. 2011). Naproti tomu adhezní chování SE systémů na sklovině je komplikovanější, především v důsledku jejich snížené schopnosti demineralizovat preparační drť („smear layer“) a podpovrchové vrstvy skloviny.

Zatímco demineralizační vlastnosti silně kyselých "self etching" jsou téměř srovnatelné s účinkem kyseliny fosforečné, demineralizace skloviny mírně kyselými SE adhezivy je výrazně menší, většinou pouze povrchová. Rozsah demineralizace u těchto adheziv proto významně závisí na kompaktnosti a tloušťce „smear layer“, použitým preparačním postupem a nástroji (Mine, De Munck et al. 2010, Van Meerbeek, Yoshihara et al. 2011). Výsledkem je

snížení okamžité, ale i dlouhodobé pevnosti vazby mnoha SE adheziv ke sklovině (Van Meerbeek, Yoshihara et al. 2011).

Oproti sklovině vazba mezi kompozitními materiály a dentinem ve vodném prostředí dlouhodobě stabilní není (Burrow, Satoh et al. 1996, Sano, Yoshikawa et al. 1999, Hashimoto, Ohno et al. 2000, Armstrong, Vargas et al. 2003, De Munck, Van Meerbeek et al. 2003, Hashimoto, Ohno et al. 2003, Koshiro, Inoue et al. 2004, Hashimoto, Nagano et al. 2011, Pashley, Tay et al. 2011, Van Meerbeek, Yoshihara et al. 2011). Modelové „in-vitro“ experimenty spolu s fraktografickou analýzou lomových ploch jasně ukazují, že již po několika měsících klesá pevnost vazby k dentinu. Kritickou oblastí, nejvíce náchylnou k degradaci, je oblast hybridní vrstvy. Předpokládá se, že zde dochází k hydrolyze kolagenních vláken, hydrolyze polymerní matrix adheziva a vymývání nezpolymerovaných monomerů z této oblasti. Tyto procesy pravděpodobně probíhají současně a vzájemně se ovlivňují. Štěpení kolagenních vláken může probíhat rovněž enzymaticky - působením bakterií i autodegradace působením enzymů aktivovaných demineralizací dentinu a vázaných v dentinové matrix. Na rozdíl od rozsáhlého zkoumání degradace adhezního spoje ve vodě degradačnímu působení jiných látek větší pozornost dosud věnována nebyla. V publikovaných pracích je zmiňován především vliv vodných roztoků etanolu (Lee, Greener et al. 1994, Hobson, McCabe et al. 2000), kyseliny mléčné a kukuřičného oleje (Hobson, McCabe et al. 2000) na adhezní spoj. Výsledky obou prací shodně potvrdily významný pokles pevnosti vazby po 30denní a 12týdenní expozici zředěnému etanolu, svědčící o urychlení degradačních procesů v jeho přítomnosti.

Mezi další látky, které mohou působit na adhezní spoj, se řadí i různé složky prostředků ústní hygieny a kosmetické prostředky. Z této široké škály látek byl podrobněji zkoumán pouze vliv peroxidových bělicích gelů (Dudek, Roubickova et al. 2012).

## ***Hypotézy a cíle práce***

Adhezní spoj mezi zubními tkáněmi a kompozitními materiály je v ústní dutině vystaven různým mechanickým, biologickým a chemickým vlivům. Jedním z významných chemických agens, které na adhezní spoj působí, jsou peroxidové bělicí gely, používané pro zesvětlení zubů. Tento kosmetický zákrok je dnes ve stomatologické praxi velmi rozšířen. Účinnou látkou bělicích gelů je peroxid vodíku či jeho prekurzory, které při svém rozkladu uvolňují kyslíkové radikály. Volné radikály však reagují nespécificky, tj. nejenom s chromoforními skupinami látek, které zbarvují zubní tkáň, ale i s tvrdými zubními tkáněmi, rekonstrukčními materiály a materiály vytvářejícími adhezní spoj. Problematické odolnosti adhezního spoje v prostředí peroxidových bělicích přípravků však bylo věnováno pouze několik studií a jejich výsledky nejsou jednoznačné.

Mezi dezinfekční látky s antibakteriálním účinkem proti širokému spektru bakterií, plísní a některých virů se řadí přípravky s chlorhexidinem, dodávané nejčastěji ve formě ústních vod. Odborné publikace z poslední doby dokazují pozitivní vliv preoperativně aplikovaného chlorhexidinu na odolnost adhezního spoje, a to díky jeho schopnosti inhibovat matrixové metaloproteinázy, které se podílejí na štěpení kolagenních vláken hybridní vrstvy. Žádné informace se však nepodařilo nalézt o vlivu postoperačně aplikovaných chlorhexidinových přípravků na dlouhodobou odolnost adhezního spoje. Lze předpokládat, že schopnost chlorhexidinu vázat se na anionty by mohla urychlovat hydrolyzu složek adheziv a tím snižovat dlouhodobou odolnost adhezního spoje.

K preventivním přípravkům se řadí i ústní vody s fluoridy. Lokální aplikace fluoridových iontů na tvrdé zubní tkáň patří k základním preventivním opatřením vzniku kazivých procesů a erozního poškození tvrdých zubních tkání. Mechanismus lokálního působení fluoridů je dobře znám (Fejerskov 2004). Spočívá jednak v jejich schopnosti vytvářet depa fluoridových iontů, vázaných ve formě fluoridu vápenatého na povrchu skloviny. Postupně uvolňované fluoridové ionty mají schopnost zabudovávat se do krystalové mřížky hydroxyapatitu za vzniku fluoroapatitu, případně fluorohydroxyapatitu, který je v kyselém prostředí stabilnější, než hydroxyapatit. Satureovány jsou především povrchové a podpovrchové oblasti skloviny. Zatímco o kompozitních materiálech je známo, že v přítomnosti fluoridů mohou podléhat povrchové degradaci (Kula, McKinney et al. 1997), údaje o dlouhodobé odolnosti adhezního spoje v přítomnosti fluoridů chybí.

Z uvedeného přehledu je patrné, že problematika odolnosti adhezního spoje a mechanismu jeho degradace je nejvíce rozpracována pro vodné prostředí. Jiná prostředí s potenciálně korozním účinkem na adhezní spoj byla zkoumána jen okrajově nebo zkoumána dosud nebyla. Experimentální část práce proto byla soustředěna na ověření otázky, zda chemické látky obsažené v některých přípravcích pro použití v dutině ústní mohou urychlovat degradaci adhezního spoje mezi kompozitními rekonstrukcemi a tvrdými zubními tkáněmi.

Cílem experimentální části předkládané práce bylo metodou mikronetěsnosti objasnit vliv peroxidových bělicích přípravků a prostředků ústní hygieny s obsahem chlorhexidinu a fluoridů na odolnost adhezního spoje, vytvořeného několika různými adhezivními systémy.

Schéma uspořádání předložené studie vycházelo z nulové hypotézy, že tyto přípravky neovlivňují vazbu mezi tvrdými zubními tkáněmi a kompozitními materiály.

Experimentální část práce byla rozdělena do několika dílčích etap s následujícími cíli:

1. Metodou mikronetěsnosti proměřit odolnost adhezního spoje výplní V. třídy s okraji na sklovině a dentinu, připravených se čtyřmi různými adhezivními systémy, reprezentujícími současný stav jejich vývoje, po dlouhodobé expozici peroxidovému bělicímu gelu, prostředí chlorhexidinového prostředku a prostředku s obsahem fluoridů.
2. Metodou elektronové mikroskopie charakterizovat a zhodnotit morfologii povrchů skloviny a dentinu po preparaci a po aplikaci zvolených adhezivních systémů.
3. Pomocí elektronové mikroskopie vyhodnotit schopnost vybraných adhezivních systémů pronikat do struktury zubních tkání a vytvářet pevnou a dlouhodobě odolnou vazbu.
4. Metodou fraktografické analýzy zjistit oblast adhezního spoje, kde dochází k jeho porušení.

Na základě získaných poznatků odhadnout míru rizika selhání adhezního spoje v prostředí výše uvedených přípravků a formulovat zásady pro výběr adhezivních systémů, které by vykazovaly vysokou odolnost vůči různým prostředím, běžně se vyskytujícím v klinické praxi.



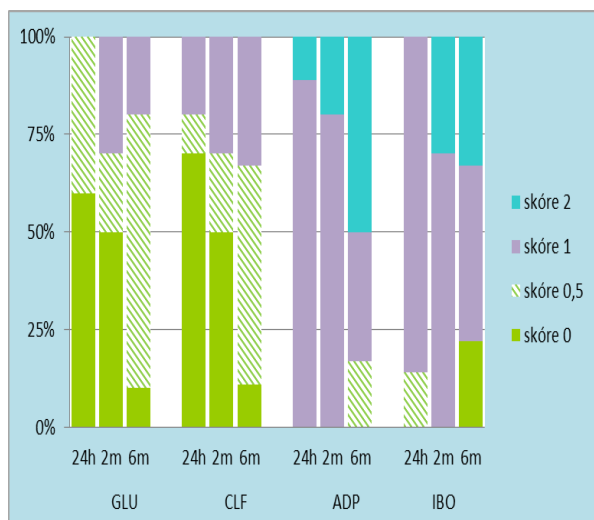
## **Materiály a metodika**

**Měření mikronetěsnosti (microleakage):** Dlouhodobá odolnost adhezního spoje metodou mikronetěsnosti byla zjišťována u modelových adhezivních systémů typu „etch and rinse“ (ER) se zástupcem Gluma Comfort Bond (GLU) a „self etching“ (SE) systémů se třemi zástupci, Clearfil SE Bond (CLF), Adper Prompt (ADP) a iBond (IBO). Po preparaci kavit V. třídy na bukálních a linguálních plochách extrahovaných třetích molárů byl aplikován adhezivní systém ve spojení s kompozitním materiálem Charisma. Celkem bylo pro tyto experimenty použito 192 zubů. Vzorky byly po aplikaci výplňového materiálu zbroušeny a bezprostředně poté exponovány vybranému prostředí. Vybraná prostředí tvořil peroxidový bělicí přípravek a ústní vody s obsahem chlorhexidin diglukonátu a fluoridů. Expoziční časy byly pro vybraná prostředí 2 a 6 měsíců, v případě peroxidového bělicího gelu 25 expozičních cyklů po 8 hodinách. Kontrolní skupiny představovaly výplně exponované po dobu 24 hodin, 2 a 6 měsíců destilované vodě. Po expozici vybranému prostředí byla zjišťována odolnost adhezního spoje metodou mikronetěsnosti (microleakage) po 24hodinové expozici vzorků 2% roztoku metylénové modři. Uspořádání studie respektovalo požadavky mezinárodního standardu pro zkoušky adheze, uvedené v technické normě ISO/TS 11405:2003. Při vyhodnocení mikronetěsnosti bylo použito pěti stupňové skóre (0, 0,5 ,1 , 2, 3), kdy nulová hodnota značila nulový průnik barviva. Pro statistické zpracování výsledků byly použity neparametrické testy. Kruskal-Wallisův test (signifikantní rozdíly mezi jednotlivými adhezivy v daném prostředí), Mann-Whitney U testy (vliv prostředí na sklovinný a zvláště na dentinový okraj pro jednotlivé adhezivní systémy) a Wilcoxonův párový test (rozdíly v průniku barviva sklovinným a dentinovým okrajem pro každý adhezivní systém v jednotlivých prostředích). Všechny statistické analýzy byly provedeny na hladině významnosti 0,05.

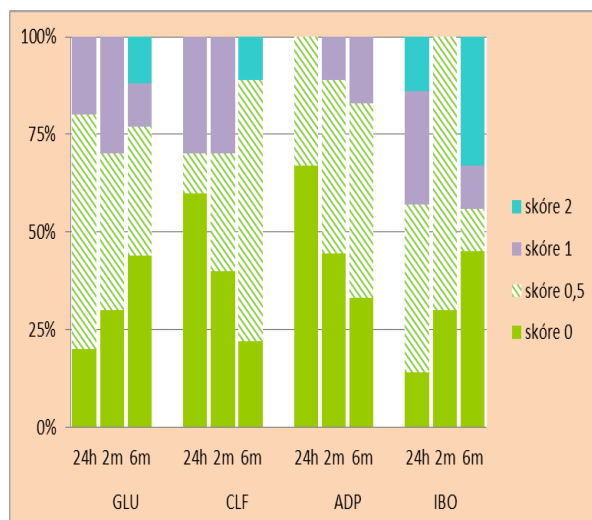
**SEM analýzy:** Pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) bylo provedeno hodnocení průniku adheziva do struktury skloviny a dentinu vybraných spolehlivých systémů (GLU, CLF) po odleptání tvrdých zubních tkání a analýza povrchů kompozitní výplně a skloviny u dvou méně spolehlivých systémů (ADP, IBO). Rozdělení systémů dle spolehlivosti proběhlo na základě výsledků testů mikronetěsnosti.

## **Výsledky**

**Sledování mikronetěsnosti:** Pro *destilovanou vodu* byl nalezen na sklovinném okraji u adheziva GLU a adheziva CLF vysoký podíl neporušených nebo jen málo porušených okrajů výplní. S délkou expozice však podíl zcela neporušených okrajů klesal (obr. 1). U SE adheziv ADP a IBO byl podíl neporušených okrajů výplní ve sklovině výrazně menší, což indikovalo jejich porušení. Na dentinovém okraji byl u všech adheziv podíl nepoškozených a málo poškozených výplní vysoký a v rámci rozptylu dat se pro jednotlivá adheziva a délku expozice výrazně nelišil. Propustnost sklovinného okraje byla pro SE adheziva ADP a IBO statisticky vyšší, než pro adhezivum GLU a CLF a to s nízkou hodnotou statistické signifikance ( $p < 0,0001$ ), která svědčila o vysoké míře pravděpodobnosti tohoto závěru (tab. 1, 2).



a)



b)

Obr. 1 Relativní četnost jednotlivých hodnot skóre průniku indikačního barviva (v %) rozhraním mezi zubními tkáněmi a kompozitními výplněmi zhotovenými s různými adhezivními systémy po expozici **destilované vodě**, délka expozice 24 hodin (24h), 2 (2m) a 6 (6m) měsíců: a) sklovinný, b) dentínový okraj výplně

Tab. 1 Vliv délky expozice a typu adhezivního systému na rozsah průniku indikačního barviva (průměrné skóre±směrodatná odchylka) sklovinným okrajem výplně, zkušební prostředí **destilovaná voda**, statistické hodnocení Kruskal-Wallisův test,  $p=0,05$

NS – nesignifikantní rozdíly, červeně – statisticky významné rozdíly a vypočtená statistická významnost

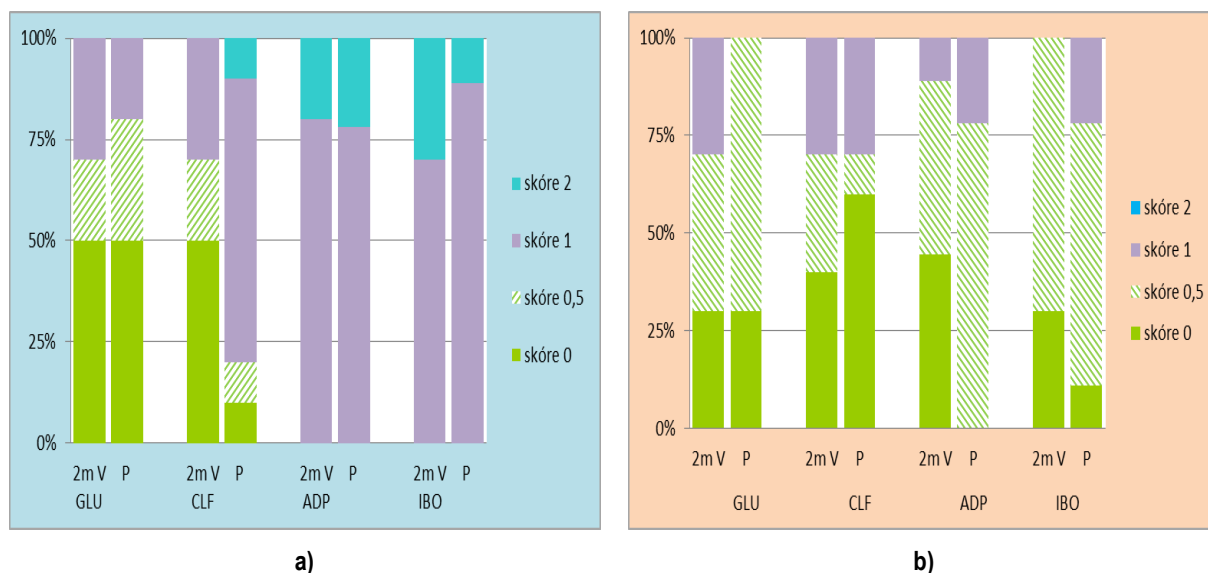
Adhezivum	Sklovina				
	24 hodin	2 měsíce	6 měsíců	Vliv délky expozice	Vliv adheziva
GLU	0,20±0,26	0,40±0,46	0,55±0,28	NS	NS
CLF	0,25±0,42	0,40±0,46	0,61±0,33	NS	NS
ADP	1,11±0,33	1,20±0,42	1,42±0,67	NS	0,0001
IBO	0,94±0,17	1,30±0,48	1,11±0,78	NS	0,0001

Tab. 2 Vliv délky expozice a typu adhezivního systému na rozsah průniku indikačního barviva (průměrné skóre±směrodatná odchylka) dentínovým okrajem výplně, zkušební prostředí **destilovaná voda**, statistické hodnocení Kruskal-Wallisův test, porovnání propustnosti sklovinným a dentínovým okrajem výplně Wilcoxonovým párovým testem,  $p=0,05$

NS – nesignifikantní rozdíly, červeně- statisticky významné rozdíly a vypočtená statistická významnost

Adhezivum	Dentín					Srovnání sklovinného a dentínového okraje po expozici destilované vodě
	24 hodin	2 měsíce	6 měsíců	Vliv délky expozice	Vliv adheziva	
GLU	0,50±0,30	0,50±0,40	0,50±0,70	NS	NS	NS
CLF	0,35±0,47	0,45±0,44	0,55±0,58	NS	NS	NS
ADP	1,17±0,25	0,30±0,35	0,42±0,38	NS	NS	0,0001
IBO	0,67±0,61	0,35±0,24	0,83±0,94	NS	NS	0,003

Po aplikaci bělicího gelu došlo u všech adheziv s výjimkou CLF na sklovinném okraji jen k mírným změnám v rozdělení četnosti skóre a jejich průměrných hodnot na sklovinném i dentinovém okraji výplní v porovnání s kontrolní skupinou exponovanou vodě po dobu dvou měsíců, během nichž expozice bělicímu gelu probíhala (obr 2, tab. 3).



Obr. 2 Relativní četnost jednotlivých hodnot skóre průniku indikačního barviva (v %) rozhraním mezi zubními tkáněmi a kompozitními výplněmi zhotovenými s různými adhezivními systémy po 25 aplikacích **peroxidového bělicího gelu** (P) v porovnání s expozicí destilované vodě (V) po dobu 2 měsíců: a) sklovinný, b) dentinový okraj výplní

Tabulka 3. Rozsah průniku (průměr±směrodatná odchylka) indikačního barviva sklovinným a dentinovým okrajem výplní po 25 aplikacích **peroxidového bělicího gelu** v porovnání s destilovanou vodou po 2 měsících expozice, statistické hodnocení Mann-Whitneyho test, porovnání propustnosti sklovinného a dentinového okraje Wilcoxonovým párovým testem,  $p=0,05$

NS – nesignifikantní rozdíly, červeně – statisticky významné rozdíly a vypočtená statistická významnost

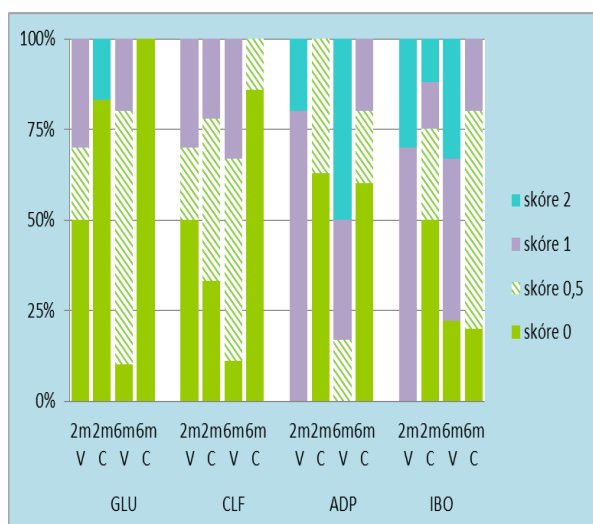
Adhezivum	Sklovina			Dentin			Srovnání sklovinného a dentinového okraje po expozici bělicímu gelu
	Voda [2 měsíce]	Bělicí gel [25 x]	Srovnání bělicí gel - voda	Voda [2 měsíce]	Bělicí gel [25 x]	Srovnání bělicí gel - voda	
GLU	0,40±0,46	0,38±0,4 1	NS	0,50±0,4	0,43±0,3 4	NS	NS
CLF	0,40±0,46	0,95±0,5 0	<b>0,02</b>	0,45±0,44	0,35±0,4 7	NS	<b>0,045</b>
ADP	1,20±0,42	1,33±0,5 0	NS	0,30±0,35	0,61±0,2 2	NS	<b>0,008</b>
IBO	1,30±0,48	1,11±0,3 3	NS	0,35±0,24	0,55±0,3 0	NS	<b>0,02</b>

Pro ústní vodu s chlorhexidinem byla u většiny adheziv propustnost zejména sklovinného, ale i dentinového okraje výplně ve srovnání s kontrolními skupinami exponovanými vodě výrazně nižší. To je patrné zejména u ADP a IBO (obr.3, tab. 4).

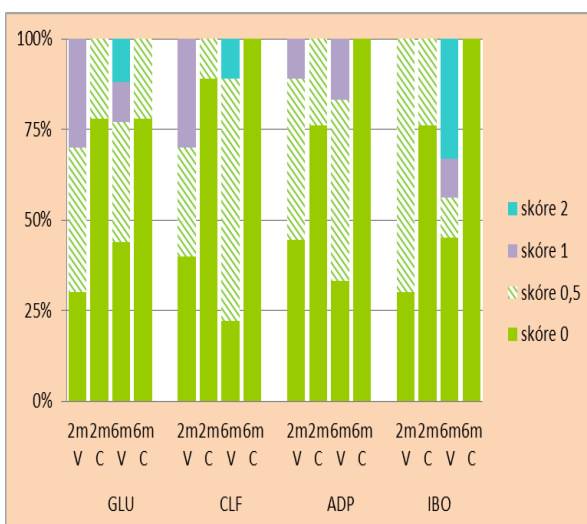
Tab. 4 Rozsah průniku indikačního barviva (průměrné skóre±směrodatná odchylka) sklovinným a dentinovým okrajem výplně po expozici ústní vodě **Corsodyl** v porovnání s destilovanou vodou, délka expozice 2 a 6 měsíců, statistické hodnocení Mann-Whitney test,  $p=0,05$ .

NS – nesignifikantní rozdíly, červeně– statisticky významné rozdíly a vypočtená statistická významnost

Adhezivum	Délka expozice [měsíce]	Sklovina			Dentin		
		Voda	Corsodyl	Srovnání Corsodyl - voda	Voda	Corsodyl	Srovnání Corsodyl- voda
GLU	2 m	0,40±0,46	0,33±0,82	NS	0,50±0,41	0,17±0,26	NS
	6 m	0,55±0,28	0±0	<b>0,0003</b>	0,50±0,66	0,11±0,22	NS
CLF	2 m	0,40±0,46	0,44±0,39	NS	0,45±0,44	0,03±0,17	<b>0,03</b>
	6 m	0,61±0,33	0,07±0,19	<b>0,005</b>	0,56±0,58	0±0	<b>0,004</b>
ADP	2 m	1,20±0,42	0,19±0,26	<b>0,0002</b>	0,30±0,35	0,30±0,45	NS
	6 m	1,42±0,67	0,13±0,23	<b>0,02</b>	0,42±0,38	0±0	<b>0,04</b>
IBO	2 m	1,30±0,48	0,50±0,71	<b>0,01</b>	0,35±0,24	0,13±0,23	NS
	6 m	1,11±0,78	0,50±0,33	0,05	0,83±0,94	0±0	<b>0,01</b>



a)



b)

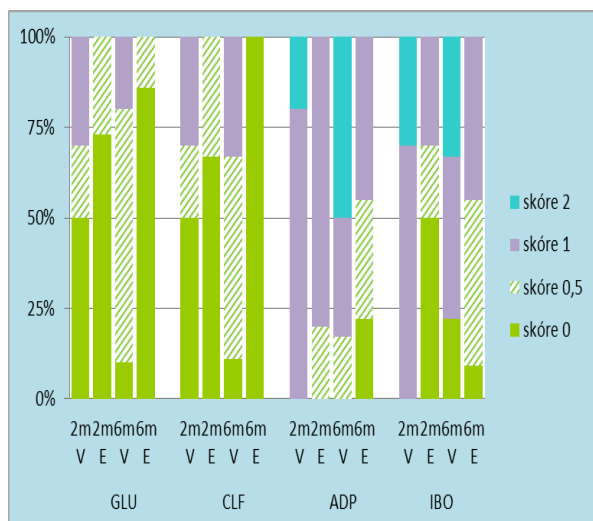
Obr. 3 Relativní četnost jednotlivých hodnot skóre průniku indikačního barviva (v %) rozhraním mezi zubními tkáněmi a kompozitními výplněmi zhotovenými s různými adhezivními systémy po expozici ústní vodě **Corsodyl** (C) v porovnání s expozicí destilované vodě (V) po dobu 2 a 6 měsíců: a) sklovinný, b) dentinový okraj výplně

Výsledky získané pro ústní vodu s fluoridy byly velmi podobné chování adhezivního spoje po expozici ústní vodě s chlorhexidinem. To znamená, že propustnost sklovinného, ale i dentinového okraje výplně ve srovnání s kontrolními skupinami exponovanými vodě výrazně klesla (obr. 4, tab. 5).

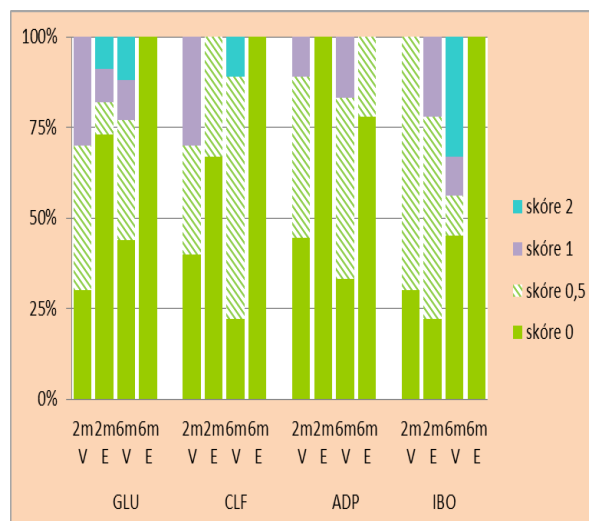
Tab. 5 Rozsah průniku indikačního barviva (průměrné skóre±směrodatná odchylka) sklovinným a dentinovým okrajem výplní po expozici ústní vodě **Elmex** v porovnání destilovanou vodou, délka expozice 2 a 6 měsíců, statistické hodnocení Mann-Whitney test,  $p=0,05$

NS – nesignifikantní rozdily, červeně – statisticky významné rozdily a vypočtená statistická významnost

Adhezivum	Délka expozice [měsíce]	Sklovina			Dentin		
		Voda	Elmex	Srovnání Elmex - voda	Voda	Elmex	Srovnání Elmex - voda
GLU	2 m	0,40±0,46	0,14±0,24	NS	0,50±0,41	0,32±0,64	NS
	6 m	0,55±0,28	0,07±0,19	<b>0,002</b>	0,50±0,66	0±0	<b>0,01</b>
CLF	2 m	0,40±0,46	0,17±0,26	NS	0,45±0,44	0,17±0,26	NS
	6 m	0,61±0,33	0±0	<b>0,0002</b>	0,56±0,58	0±0	<b>0,0006</b>
ADP	2 m	1,20±0,42	0,90±0,22	NS	0,30±0,35	0±0	NS
	6 m	1,42±0,67	0,61±0,42	<b>0,04</b>	0,42±0,38	0,11±0,22	NS
IBO	2 m	1,30±0,48	0,44±0,53	<b>0,005</b>	0,35±0,24	0,50±0,35	NS
	6 m	1,11±0,78	0,68±0,34	NS	0,83±0,94	0±0	NS



a)

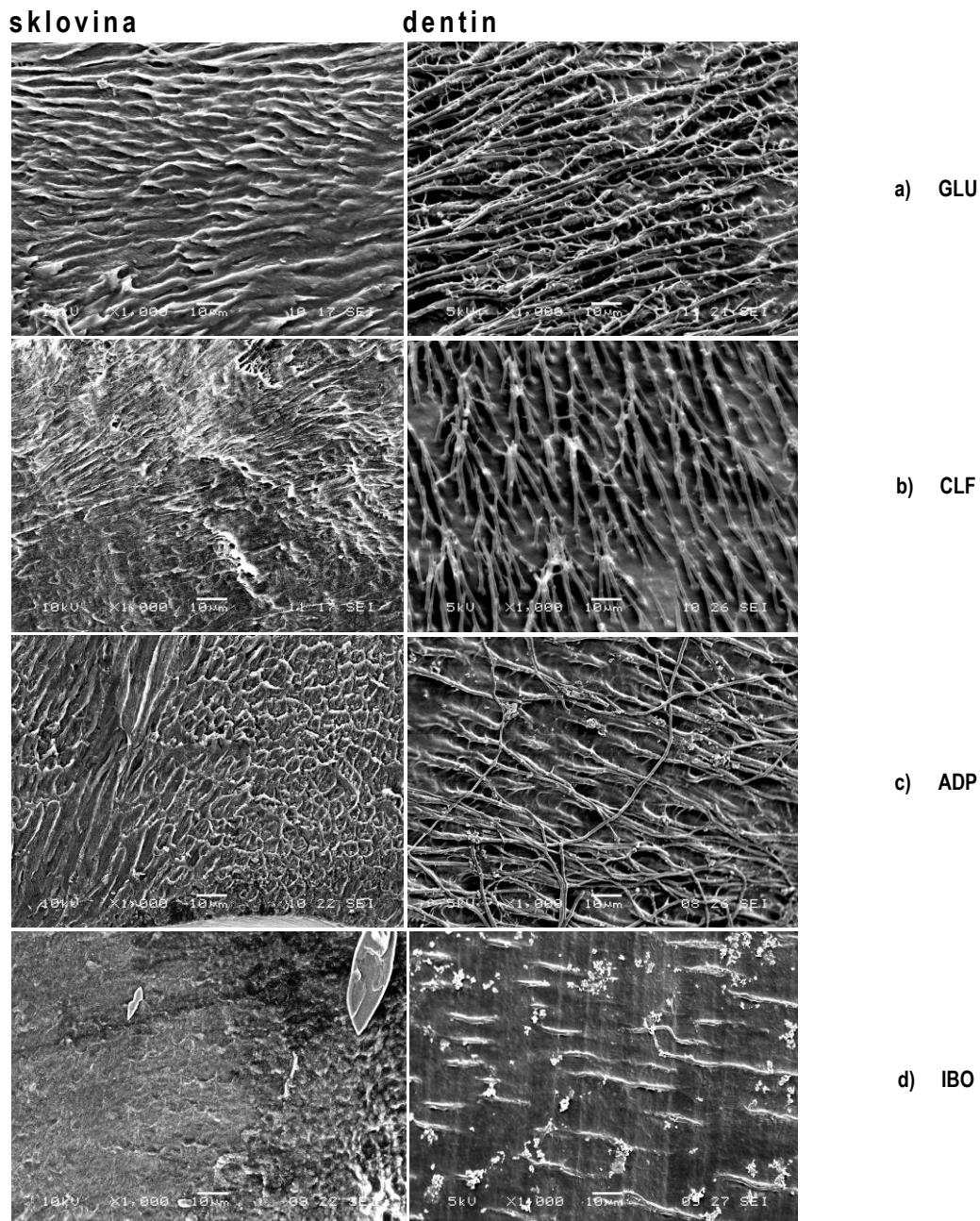


b)

Obr.4 Relativní četnost jednotlivých hodnot skóre průniku indikačního barviva (v %) rozhraním mezi zubními tkáněmi a kompozitními výplněmi zhotovenými s různými adhezivními systémy po expozici ústní vodě **Elmex** (E) v porovnání s expozicí destilované vodě (V) po dobu 2 a 6 měsíců: a) sklovinný, b) dentinový okraj výplní

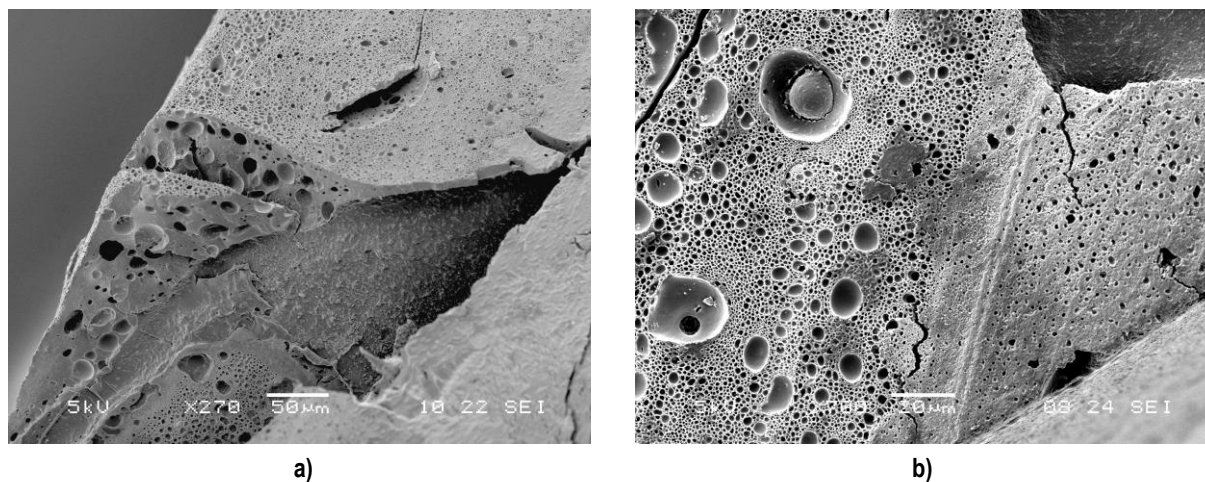
### **SEM analýza:**

Hodnocení *penetračních vlastností*. U GLU na sklovině byly patrné dobře vyvinuté pryskyřičné tagy, zasahující hluboko do interprizmatických prostorů. Na dentinu byly pozorovatelné dlouhé pryskyřičné tagy, orientované podél stěny kavity, včetně ramifikací. U CLF a ADP, byly pryskyřičné tagy v oblasti skloviny méně výrazné. Naopak na dentinu byly dobře vyvinuté, což svědčí o kvalitní penetraci do struktury kondicionovaného dentinu. U IBO byl SEM nález bez patrného prizmatického reliéfu na sklovině i bez přítomnosti pryskyřičných tagů v oblasti dentinu (obr. 5).

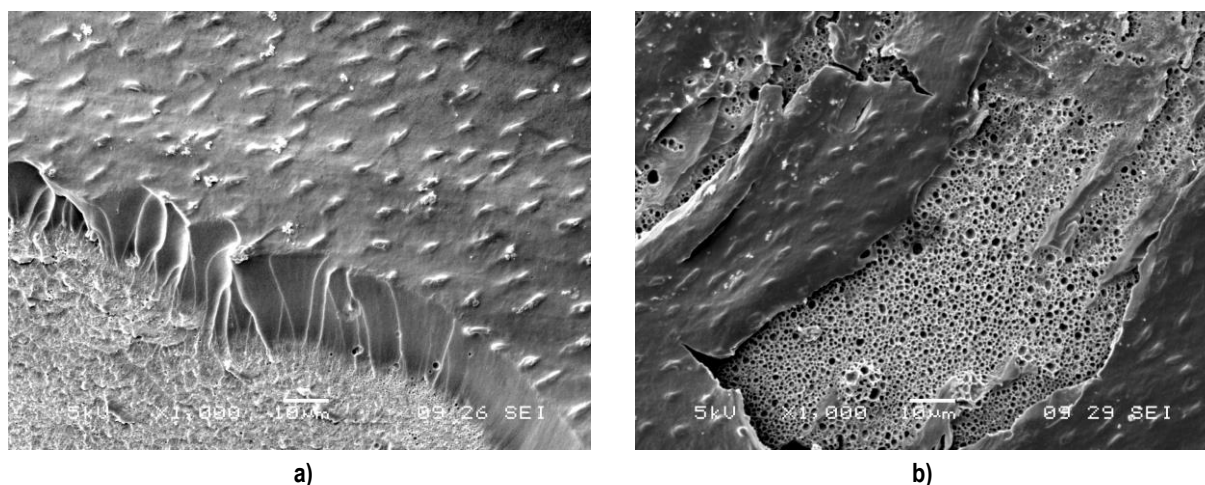


Obr. 5 Povrch kompozitní výplně po odleptání přilehlé skloviny a dentinu: a) výplň bondována adhezivem GLU, b) adhezivem CLF, c) adhezivem ADP, d) adhezivem IBO, zvětšení 1000 x, SEM

Morfologie vybraných povrchů u systémů ADP a IBO potvrdila jejich nedostatečné adhezní vlastnosti nálezem četných porozit, vyskytujících se v oblasti adhezního spoje (obr 6, 7).



Obr. 6 Spodní část kompozitní výplně bondované adhezivem IBO po odstranění skloviny a dentinu demineralizací a deproteinizací pomocí HCl a NaOCl: a) rozsáhlé oblasti porozity ve vrstvě adheziva na spodině výplně v kontaktu s dentinem, b) detail stěny kompozitní výplně s patrnými bublinkami různé velikosti, zvětšení 270 a 700 x, SEM



Obr. 7 Spodní část kompozitní výplně bondované adhezivem ADP po odstranění skloviny a dentinu demineralizací a deproteinizací pomocí HCl a NaOCl: a) vrstva ADP s nedokonalě vytvořenými pryskyřičnými tagy a drobnými bublinkami na rozhraní mezi kompozitním materiálem a vrstvou adheziva, b) rozsáhlé oblasti porozity na spodině vrstvy adheziva v kontaktu s kompozitním materiálem, zvětšení 1000 x, SEM

## Diskuse

Odolnost adhezního spoje v různých prostředích lze z technických, ale též etických a legislativních důvodů testovat především v podmínkách „in vitro“. Kromě nejčastější simulace degradačního prostředí vodou vyvstává i otázka vlivu dalších látek na adhezní spoj. Mezi ně se řadí peroxidové přípravky používané k bělení zubů, ústní vody s obsahem rozličných dezinfekčních látek, nebo roztoky obsahující fluoridy k prevenci zubních kazů a erozního poškození tvrdých zubních tkání. Tyto přípravky obsahují kromě účinných, často velmi reaktivních látek, i řadu pomocných látek, které mohou riziko degradace a selhání

adhezního spoje zvyšovat. Patří sem například tenzidy, používané ke zvýšení smáčivosti povrchu tvrdých zubních tkání nebo organická rozpouštědla typu etanolu, která mohou negativní vliv účinných látek zvyšovat. Zmapování účinku a pokus o objasnění vlivu několika typických přípravků tohoto určení na odolnost adhezního spoje bylo tématem předkládané disertační práce.

Většina prací s tematikou dlouhodobé odolnosti adhezního spoje v různých prostředích je obvykle realizována s nesyrově vybranými adhezivami, neřídka s akcentem na komerční zájmy výrobců, která tudíž nedovolují zobecnění dosažených výsledků. Proto byla pro experimentální část vybrána čtyři adheziva, jež reprezentují jejich různé typy, lišící se pracovními postupy a odrážející směr současného vývoje adheziv.

Prvním typem bylo „etch-and-rinse“ (ER) adhezivum Gluma Comfort Bond (GLU), které patří mezi spolehlivá a klinicky ověřená 2-kroková adheziva s vysokou adhezí ke sklovině i dentinu (Ernest, Holzmeier et al. 2004, Bradna, Vrbova et al.), označovaná jako „zlatý standard“. Skupina rychle se rozvíjejících „self-etch“ (SE) adheziv s jednodušším pracovním postupem a vitanou nižší pooperační citlivostí byla reprezentována třemi systémy vybranými tak, aby zahrnovaly co nejširší spektrum těchto adheziv. Adhezivum Clearfil SE Bond (CLF) zastupovalo skupinu mírně kyselých („mild acid“) 2-krokových dvoulahvičkových SE systémů, jejichž aplikace spočívá v odděleném nanesení „self-etching“ primeru a poté hydrofobního bondu. Adper Prompt (ADP) představoval 1-kroková dvoulahvičková velmi kyselá („strong SE“) adheziva. Jeho pracovní postup zahrnuje nejprve smíchání „self-etching“ primeru s bondem, které jsou dodávány v samostatných lahvičkách a poté nanesení vzniklé směsi na povrch tvrdých zubních tkání v jednom kroku. Ve svém složení obsahuje jako kompatibilizátor vody a hydrofobních monomerů hydrofilní monomer 2-hydroxy-ethylmetakrylát (HEMA). Těkavá rozpouštědla typu etanolu či acetonu, která snižují obsah vody ve vrstvě adheziva po jeho aplikaci, nejsou v jeho složení uvedena. ADP je dodáván v lahvičkách anebo v jednorázových blistrech. Dvoulahvičková varianta byla zvolena proto, že blistrový typ může poskytovat méně reprodukovatelné výsledky (Bradna, Vrbova et al.).

Obě zmíněná SE adheziva obsahují jako „self-etching“ primery estery silné minerální kyseliny fosforečné. Naproti tomu „all-in-one“ adhezivum iBond (IBO) reprezentovalo typická 1-kroková jednolahvičková mírně kyselá („mild acid“) adheziva. IBO v jedné lahvičce obsahuje jako „self-etching“ primer anhydrid slabé organické kyseliny 4-metakryloxyethyltrimellitové (4-MET), vazebné monomery a aceton ve funkci kompatibilizátoru vody a vazebných hydrofobních monomerů. Vysoká tenze par umožňuje odpaření vody, která je ve složení potřebná k disociaci kyselých skupin primeru, a rovněž i odpaření zbytkové vody, přítomné na povrchu dentinu či na jeho povrch pronikající z preparovaného dentinu.

Dalším problémem testování adheziv je volba vhodné zkušební metody. Ukazuje se totiž, že výsledky získané různými metodami se mohou vzájemně lišit (Heintze 2007). Práci, zabývající se porovnáním různých metodik, však existuje jen málo, což znemožňuje hledání objektivních příčin odlišných výsledků. Proto byla v této práci zvolena metoda mikronetěsnosti, která představuje druhou nejčastěji používanou metodu hodnocení adheziv.

### **Vliv peroxidového bělicího gelu na odolnost okrajového uzávěru**

Bělení vitálních zubů peroxidovými bělicími přípravky patří dnes k často požadovaným kosmetickým zákrokům. Přesto se problematikou vlivu peroxidových bělicích přípravků na dlouhodobou odolnost adhezního spoje zabýval jen velmi omezený počet autorů. Hlavní



pozornost se soustředila na otázku, zda aktivní kyslíkové radikály, uvolňované rozkladem peroxidů, nepřinášejí kromě estetického účinku i zdravotní rizika poškození měkkých a tvrdých tkání ústní dutiny (Naik, Tredwin et al. 2006, Goldberg, Grootveld et al. 2010), poškození rekonstrukčních materiálů a především zvýšené riziko porušení hermetického uzávěru kompozitních výplní.

Toto riziko může být obzvláště významné u „self-etch“ adheziv, která jsou díky obsahu hydrofilních monomerů náchylná k průniku vody (Tay, Pashley et al. 2002, Tay, Frankenberger et al. 2004, Tay, Lai et al. 2004), a proto lze u nich předpokládat i zvýšený průnik malých reaktivních kyslíkových radikálů. Štěpení polymerních řetězců kyslíkovými radikály, jejich adice na nezpolymerované dvojně vazby vazebných monomerů či na esterové skupiny podobně, jako u polymerní matrix kompozitních materiálů (Durner, Stojanovic et al. 2011), může urychlovat degradaci adhezivního spoje. Vliv peroxidových bělicích přípravků na adhezivní spoj však není zcela objasněn, neboť stávající práce přinášejí často protichůdné výsledky. Kromě rozdílů v použitých koncentracích a typech peroxidových přípravků, délce expozice, omezeném počtu testovaných adhezivních systémů mohou být příčinou dosavadních rozporuplných výsledků i rozdílná experimentální uspořádání.

Vliv peroxidových bělicích přípravků metodou mikronetěsnosti byl dosud zkoumán pouze u ER adheziv Scotchbond a Single Bond (Crim 1992, Klukowska, White et al. 2008) (Khoroushi and Fardashtaki 2009, Mortazavi, Fathi et al. 2011) a ze skupiny SE adheziv Prompt L-Pop a iBond (Khoroushi and Fardashtaki 2009, Mortazavi, Fathi et al. 2011). V předkládané disertační práci byla tato adheziva doplněna o Clearfil SE Bond. K testům byl použit jeden z typických peroxidových bělicích přípravků, Opalescence 20 PF s 20 % karbamid peroxidu (ekvivalent 6,6 % peroxidu vodíku), mírně převyšující povolenou hranici 6 % peroxidu vodíku (Směrnice rady 2011/84/EU).

Při těchto experimentech byl peroxidový gel aplikován celkem v 25 osmihodinových cyklech a porovnáván s kontrolní skupinou, exponovanou destilované vodě po dobu dvou měsíců, během nichž tento experiment probíhal. Výsledkem bylo zjištění, že vlivem aplikace bělicího gelu došlo oproti kontrolní skupině k nárůstu propustnosti pouze u výplní zhotovených s CLF na sklovinném okraji. Statistická analýza však ukázala ne zcela přesvědčivou signifikanci této změny ( $p < 0,02$ ). Výsledky tudíž neprokázaly zásadní degradační účinek peroxidového bělicího gelu na dlouhodobou odolnost okrajového uzávěru oproti kontrolní skupině, exponované destilované vodě.

Tento závěr podporuje analýza morfologie přilehlých povrchů skloviny a kompozitní výplně, kde došlo k průniku indikačního barviva, které se nelišily od výsledků nalezených ve vodě. K podobným závěrům, tedy o zanedbatelném vlivu peroxidových bělicích gelů na odolnost adhezivního spoje, došli i jiní autoři: pro ER adheziva (Khoroushi and Fardashtaki 2009) (Klukowska, White et al. 2008, White) a pro SE adhezivum IBO (Mortazavi, Fathi et al. 2011). Naopak zvýšenou propustnost dentinového okraje po aplikaci bělicích přípravků popsali pro ER adheziva (Crim 1992, Ulukapi, Benderli et al. 2003) a pro SE adhezivum Prompt L-Pop (Mortazavi, Fathi et al. 2011).

Při hodnocení adheziv metodou mikronetěsnosti jsou významnými faktory, které mohou ovlivnit její výsledky, zejména tvar a objem preparované kavity, neboť určují velikost a rozložení polymeračního pnutí na rozhraní kavity a výplně (Feilzer, De Gee et al. 1987). Mezi další významné faktory patří typ a hrubost preparačních nástrojů, které určují vlastnosti „smear layer“ na povrchu dentinu a skloviny (Kihn, Spanganberg et al. 2004, Sattabanasuk,

Vachiramon et al. 2007, Mine, De Munck et al. 2010). V předkládané práci byly dle doporučení mezinárodního standardu (ISO 2003) vypreparovány válcové kavity s úhlem 90° mezi povrchem zubu a stěnou kavity, bez zkosení stěn, které může v důsledku zvětšení kontaktní plochy a příznivější orientace kolmo na sklovinná prizmata a dentinové tubuly zvyšovat odolnost sklovinného okraje výplně (Crawford, Whittaker et al. 1987). Proto nelze výsledky této práce porovnávat s výsledky autorů, kteří pracovali s kavitami se zkosením skloviny (Crim 1992, Mortazavi, Fathi et al. 2011).

Nevýrazný vliv peroxidového bělicího gelu na odolnost adhezního spoje, nalezený metodou mikronetěsnosti, je však v rozporu s výsledky práce, provedené měřením pevnosti vazby (Dudek, Roubickova et al. 2012). Její výsledky přesvědčivě indikovaly degradaci adhezního spoje, vytvořeného SE adhezivy ADP a IBO, a to jak na sklovině, tak i na dentinu, oproti kontrolnímu prostředí destilované vody. Metoda mikronetěsnosti je oproti testování pevnosti vazby realizována na kavitách, které jsou připravovány postupy obdobnými klinickým. Další odlišností od metod založených na měření pevnosti vazby je výrazně vyšší C-faktor, a tedy výrazně vyšší úroveň polymeračního pnutí, působícího na adhezní spoj.

Při diskusi neobvyklého chování adhezních spojů, vytvořených ADP a IBO v peroxidovém bělicím gelu, ale i v destilované vodě, by neměl být zanedbán ani fakt, že smíšené kavity V. třídy na dentino-sklovinném rozhraní jsou zhotoveny v silně anizotropním prostředí různých zubních tkání. Na okluzní části zubu je okraj kavity zhotoven ve sklovině s vysokým modulem elasticity, na cervikální straně v dentinu, jehož modul elasticity je podstatně menší.

Rovněž pevnost a odolnost vazby adheziv k oběma substrátům se může významně lišit a záviset na vzájemné orientaci sklovinných prizmat a dentinových tubulů vzhledem k adhezní ploše. Při zkouškách pevnosti vazby je téměř vždy směr podélných os těchto strukturálních jednotek kolmo k adhezní ploše, zatímco u kavit V. třídy je tento směr méně výhodný: osy prizmat i tubulů ve stěnách kavit jsou s adhezní plochou paralelní. Jestliže za takových podmínek dojde k porušení nejslabšího článku adhezního spoje mezi kompozitní výplní a zubními tkáněmi, například sklovinného okraje, lze předpokládat, že napětí na dentinovém okraji se tím sníží. Menší zatížení tohoto rozhraní se může následně projevit jeho zdánlivě větší odolností. Vyšší odolnost dentinového než sklovinného okraje kavity, zjištěná u ADP, IBO a CLF pomocí měření mikronetěsnosti, proto nemusí nutně znamenat vyšší odolnost tohoto rozhraní. Je pouze výsledkem méně příznivého experimentálního uspořádání oproti měření pevnosti vazby. Na základě této analýzy je možné vyslovit domněnku, že metodou mikronetěsnosti na smíšených kavitách V. třídy nelze jednoznačně potvrdit či vyvrátit hypotézu o degračním vlivu peroxidových bělicích gelů na adhezní spoj.

### **Vliv ústní vody Corsodyl a Elmex**

Ústní voda Corsodyl se používá při léčbě onemocnění parodontu a ústní voda Elmex pro prevenci kazivých a erozních procesů tvrdých zubních tkání. Hlavní myšlenkou pro jejich použití v experimentálním programu byla hypotéza, že podobně jako peroxidové bělicí gely i tyto přípravky pro udržování ústní hygieny by mohly urychlovat degradaci adhezního spoje. Získané výsledky však byly zcela opačné. U obou přípravků došlo naopak k omezení propustnosti okrajů výplně. Jak je patrné z tabulek 4 a 5, snížení propustnosti oproti kontrolním skupinám exponovaným v destilované vodě, bylo nalezeno u všech adhezivních systémů v obou ústních vodách, a to především na sklovinném okraji.

I když u ADP nebyly signifikance poklesu vždy zcela přesvědčivé (ADP-Corsodyl po 6 měsících, IBO-Corsodyl po 2 měsících), zásadní trend zlepšení odolnosti sklovinného okraje

výplní byl zcela zřejmý. Signifikantní pokles propustnosti byl zaznamenán i pro dentinový okraj u CLF a IBO po 6 měsících v Corsodylu, u GLU a CLF po 6 měsících po obdobné délce expozice ústní vodě Elmex.

Tato zjištění jsou velmi překvapivá a mohla by ukazovat na významný ochranný účinek použitých ústních vod proti porušení adhezního spoje. Jeho příčinou by v případě dezinfekční vody Corsodyl mohla být především schopnost v něm obsaženého chlorhexidinu inhibovat degradaci kolagenu metaloproteinázami. Tyto enzymy jsou přítomné především v dentinu, kde však k podstatným změnám propustnosti nedošlo. Kromě toho vysoký obsah etanolu v tomto přípravku bakteriální atak spíše vylučuje. Při použití ústní vody Elmex by bylo možné uvažovat o karioprotektivním účinku fluoridových iontů, jejichž schopnost urychlovat remineralizaci tvrdých zubních tkání a inhibovat růst bakterií je známá. V našem experimentu však povrch tvrdých zubních tkání po expozici v ústní vodě Elmex nebyl vystaven remineralizačnímu prostředí. Proto je třeba hledat jiný mechanismus jejich účinku, případně zvažovat, zda tyto přípravky pouze neblokují průnik indikačního barviva mikrospárou.

V případě ústní vody Corsodyl lze kupříkladu uvažovat o utěsnění mikrospáry v důsledku expanze kompozitního materiálu po dlouhodobé expozici v prostředí etanolu (Sideridou, Karabela et al. 2008); u ústní vody Elmex například o selektivní impregnaci adhezního spoje oleji obsaženými v jejím složení. Hydrofobizace adhezního spoje či jeho okolí může blokovat průnik vody a vodného roztoku indikačního barviva do mikrospáry a tím zdánlivě indikovat odolnost adhezního spoje. Jinou možností může být i utěsnění mikrospáry fluoridem vápenatým. V každém případě pro objasnění těchto pozitivních efektů by bylo třeba provést cíleně zaměřené experimenty s jednoduchými modelovými roztoky, obsahujícími tyto potenciálně účinné látky.

## **Závěry**

V posledních desetiletích bylo dosaženo významných pokroků ve vývoji kompozitních materiálů. Výrazně byly zlepšeny jejich manipulační vlastnosti, leštitelnost, odolnost proti abrazi a v neposlední řadě i estetické vlastnosti. Otázkou k řešení však stále zůstává nekompatibilita kompozitních materiálů se zubními tkáněmi a jejich polymerační smrštění, které mohou vést ke vzniku spáry mezi kompozitní výplní a tvrdými zubními tkáněmi.

Zatímco amalgámové výplně svými korozními produkty s antibakteriálními vlastnostmi utěsňují vznikající spáru, kompozitní materiály tuto schopnost nemají. Řešením tohoto problému je použití adheziv, umožňujících spojení kompozitního materiálu se zubními tkáněmi. Odolnost adhezního spoje v ústní dutině je však výrazně horší, než odolnost kompozitních materiálů, a proto tato část kompozitních rekonstrukcí představuje jejich nejslabší článek.

Odolnost adheziv je obvykle testována ve vodném prostředí, které však nemůže simulovat účinek široké škály látek, často velmi reaktivních, které v průběhu životnosti zubní rekonstrukce na adhezní spoj působí. Dlouhodobé zkoušky odolnosti adhezního spoje v různých prostředích proto mohou přinést nové informace, využitelné jak pro predikci životnosti výplně, tak pro další vývoj adhezivních systémů.

Předkládaná disertační práce byla zaměřena na zkoušky odolnosti několika typických adhezivních systémů v prostředí peroxidového bělicího gelu a v prostředích ústních vod

s dezinfekčními látkami a obsahem fluoridů. Dosažené výsledky získané metodou mikronetěsnosti na výplních V. třídy lze shrnout takto:

Žádný ze zkoušených adhezivních systémů neposkytoval zcela hermetické spojení kompozitních výplní s tvrdými zubními tkáněmi. K prvnímu poškození adhezivního spoje došlo již během 24 hodin po zhotovení výplní, uložených v destilované vodě. U „self-etch“ adheziv bylo toto porušení zvláště výrazné především na sklovinném okraji.

Peroxidový bělicí gel s nejvyšší legislativně povolenou hladinou karbamid peroxidu způsoboval v porovnání s vodou jen mírné porušení adhezivního spoje u „self-etch“ adheziva Clearfil SE Bond na sklovinném okraji výplně. Tyto výsledky byly v rozporu s předchozí prací se stejnými adhezivními systémy, avšak provedené měřením pevnosti vazby, které ukazovaly významný pokles pevnosti vazby pro „self-etch“ adheziva Adper Prompt a iBond po expozici stejnému bělicímu gelu na sklovině i dentinu.

Analýza těchto rozporuplných výsledků vedla k otázce, zda testy mikronetěsnosti, prováděné na výplních V. třídy s okrajem ve sklovině a dentinu, jsou pro adhezivní systémy s odlišnou vazbou k oběma tvrdým zubním tkáním s odlišnými biomechanickými vlastnostmi vhodné a zda za těchto podmínek nevedou k falešně negativním výsledkům.

Významný vliv metodiky na charakter výsledků dokumentovalo i nalezené zvýšení odolnosti adhezivního spoje všech použitých adhezivních systémů v prostředí ústní vody s chlorhexidinem a ústní vody s fluoridy. Ze získaných výsledků nelze jednoznačně rozlišit, zda v těchto prostředích bylo porušení mikromechanické vazby k zubním tkáním skutečně blokováno, nebo zda mikropára vzniká, ale v důsledku expanze kompozitní výplně etanolem přítomným v ústní vodě Corsodyl či utěsněním mikropáry málo rozpustnými fluoridy anebo jiným mechanismem, je její propustnost pro indikační barvivo pouze omezena.

Díky trvalému zájmu klinických pracovníků a snahám výrobců zvýšit životnost kompozitních rekonstrukcí, a to i v distálním úseku chrupu, jsou v současné době k dispozici dentální adheziva, jejichž vlastnosti jsou nesouměřitelné s jejich prvními typy. Přes dosažení řady úspěšných řešení však jednoduchý a spolehlivý adhezivní systém, splňující všechny klinické požadavky, stále chybí. To dokládají i výsledky této disertační práce, které jasně ukazují, že „self-etch“ systémy, přestože se typ od typu ve svých vlastnostech výrazně liší, většinou nedosahují spolehlivosti a odolnosti klasických „etch-and-rinse“ adheziv.

Významným problémem při výběru adheziv v klinické praxi je často nedostatek nejen dlouhodobých klinických studií, ale i nezávislých „in-vitro“ testů, zaměřených na získání široké báze poznatků o chování adhezivního spoje za různých podmínek. Jak dokumentují výsledky této práce, k tomuto nedostatku přispívá i ne zcela vyřešená metodologie zkoušení adheziv, které vždy nemusí poskytovat konzistentní výsledky. Další úsilí by proto mělo být zaměřeno i na oblast testování adheziv, hledání příčin rozporů mezi jednotlivými typy zkoušek a nalezení takových metodik, které by umožnily spolehlivou predikci chování adhezivního spoje v klinické praxi.

## **Literatura**

- Armstrong, S. R., M. A. Vargas, Q. Fang and J. E. Laffoon (2003). "Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage." J Adhes Dent **5**(1): 47-56.
- Bradna, P., R. Vrbova, M. Dudek, A. Roubickova and D. Housova (2008). "Comparison of bonding performance of self-etching and etch-and-rinse adhesives on human dentin using reliability analysis." J Adhes Dent **10**(6): 423-429.
- Burrow, M. F., M. Satoh and J. Tagami (1996). "Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming." Dent Mater **12**(5): 302-307.
- Crawford, P. J. M., D. K. Whittaker and G. M. Owen (1987). "The influence of enamel prism orientation on leakage of resin-bonded restorations." J Oral Rehabil **14**(3): 283-289.
- Crim, G. A. (1992). "Post-operative bleaching: effect on microleakage." Am J Dent **5**(2): 109-112.
- De Munck, J., B. Van Meerbeek, Y. Yoshida, S. Inoue, M. Vargas, K. Suzuki, P. Lambrechts and G. Vanherle (2003). "Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin." J Dent Res **82**(2): 136-140.
- De Munck, J., K. Van Landuyt, M. Peumans, A. Poitevin, P. Lambrechts, M. Braem and B. Van Meerbeek (2005). "A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results." J Dent Res **84**(2): 118-132.
- Dudek, M., A. Roubickova, L. Comba, D. Housova and P. Bradna (2012). "Effect of postoperative peroxide bleaching on the stability of composite to enamel and dentin bonds." Oper Dent **38**(4): 394-407.
- Ernest, C. P., M. Holzmeier and B. Willershausen (2004). "In vitro shear bond strength of self-etching adhesives in comparison to 4th and 5th generation adhesives." J Adhes Dent **6**(4): 293-299.
- Feilzer, A. J., A. J. De Gee and C. L. Davidson (1987). "Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration." J Dent Res **66**(11): 1636-1639.
- Fejerskov, O. (2004). "Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care." Caries Res **38**(3): 182-191.
- Goldberg, M., M. Grootveld and E. Lynch (2010). "Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review." Clin Oral Investig **14**(1): 1-10.
- Hashimoto, M., F. Nagano, K. Endo and H. Ohno (2011). "A review: Biodegradation of resin-dentin bonds." Jpn Dent Sci Rev **47**(1): 5-12.
- Hashimoto, M., H. Ohno, M. Kaga, K. Endo, H. Sano and H. Oguchi (2000). "In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years." J Dent Res **79**(6): 1385-1391.
- Heintze, S. D. (2007). "Systematic Reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II: The Correlation between marginal quality and clinical outcome." J Adhes Dent **9**(1): 77-106.
- Hobson, R. S., J. F. McCabe and S. D. Hogg (2000). "The effect of food simulants on enamel-composite bond strength." J Orthod **27**(1): 55-59.
- ISO (2003). "Technical Specification ISO/TS 11405: 2003(E) Dental materials – Testing of adhesion to tooth structure."
- Kidd, E. A. (1976). "Microleakage: a review." J Dent **4**(5): 199-206.
- Klukowska, M. A., D. J. White, R. D. Gibb, F. Garcia-Godoy, C. Garcia-Godoy and H. Duschner (2008). "The effects of high concentration tooth whitening bleaches on microleakage of Class V composite restorations." J Clin Dent **19**(1): 14-17.

- Khoroushi, M. and S. R. Fardashtaki (2009). "Effect of light-activated bleaching on the microleakage of Class V tooth-colored restorations." Oper Dent **34**(5): 565-570.
- Kihn, P. W., P. A. Spanganberg and J. A. von Fraunhofer (2004). "The Role of Cavity Preparation and Conditioning in the Leakage of Restorations." J Adhes Dent **6**(4): 287-291.
- Koshiro, K., S. Inoue, T. Tanaka, K. Koase, M. Fujita, M. Hashimoto and H. Sano (2004). "In vivo degradation of resin–dentin bonds produced by a self-etch vs. a total-etch adhesive system." Eur J Oral Sci **112**(4): 368-375.
- Kula, K., J. E. McKinney and T. J. Kula (1997). "Effects of daily topical fluoride gels on resin composite degradation and wear." Dent Mater **13**(5): 305-311.
- Lee, S. Y., E. H. Greener, H. J. Mueller and C. H. Chiu (1994). "Effect of food and oral simulating fluids on dentine bond and composite strength." J Dent **22**(6): 352-359.
- Mine, A., J. De Munck, M. Vivian Cardoso, K. L. Van Landuyt, A. Poitevin, T. Kuboki, Y. Yoshida, K. Suzuki and B. Van Meerbeek (2010). "Enamel-smear compromises bonding by mild self-etch adhesives." J Dent Res **89**(12): 1505-1509.
- Mortazavi, V., M. Fathi and F. Soltani (2011). "Effect of postoperative bleaching on microleakage of etch-and-rinse and self-etch adhesives." Dent Res J **8**(1): 16-21.
- Naik, S., C. J. Tredwin and C. Scully (2006). "Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching): review of safety in relation to possible carcinogenesis." Oral Oncol **42**(7): 668-674.
- Pashley, D. H., F. R. Tay, L. Breschi, L. Tjäderhane, R. M. Carvalho, M. Carrilho and A. Tezvergil-Mutluay (2011). "State of the art etch-and-rinse adhesives." Dent Mater **27**(1):1-16.
- Raskin, A., W. D'Hoore, S. Gonthier, M. Degrange and J. Dejoui (2001). "Reliability of in vitro microleakage tests: a literature review." J Adhes Dent **3**(4): 295-308.
- Sano, H., T. Yoshikawa, P. N. Pereira, N. Kanemura, M. Morigami, J. Tagami and D. H. Pashley (1999). "Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo." J Dent Res **78**(4): 906-911.
- Sattabanasuk, V., V. Vachiramon, F. Qian and S. R. Armstrong (2007). "Resin–dentin bond strength as related to different surface preparation methods." J Dent **35**(6): 467-475.
- Sideridou, I. D., M. M. Karabela and E. C. Vouvoudi (2008). "Volumetric dimensional changes of dental light-cured dimethacrylate resins after sorption of water or ethanol." Dent Mater **24**(8): 1131-1136.
- Směrnice rady 2011/84/EU, kterou se mění směrnice 76/768/EHS týkající se kosmetických prostředků za účelem přizpůsobení přílohy III uvedené směrnice technickému pokroku
- Tay, F. R., R. Frankenberger, I. Krejci, S. Bouillaguet, D. H. Pashley, R. M. Carvalho and C. N. Lai (2004). "Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence." J Dent **32**(8): 611-621.
- Tay, F. R., C. N. Lai, S. Chersoni, D. H. Pashley, Y. F. Mak, P. Suppa, C. Prati and N. M. King (2004). "Osmotic blistering in enamel bonded with one-step self-etch adhesives." J Dent Res **83**(4): 290-295.
- Tay, F. R., D. H. Pashley and M. Yoshiyama (2002). "Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives." J Dent Res **81**(7): 472-476.
- Ulukapi, H., Y. Benderli and I. Ulukapi (2003). "Effect of pre- and postoperative bleaching on marginal leakage of amalgam and composite restorations." Quintessence Int **34**(7): 505-508.
- Van Meerbeek, B., K. Yoshihara, Y. Yoshida, A. Mine, J. De Munck and K. L. Van Landuyt (2011). "State of the art of self-etch adhesives." Dent Mater **27**(1): 17-28.

## **Seznam publikací doktoranda**

**Roubíčková A.**, Dudek M., Comba L., Houšová D., Bradna P.: Effect of post-operative peroxide bleaching on the marginal seal of composite restorations bonded with self-etching adhesives. *Oper Dent*, 2013 Apr 9 **IF 1,24**

Dudek M., **Roubíčková A.**, Comba L., Houšová D., Bradna P.: The effect of postoperative peroxide bleaching on the stability of composite to enamel and dentin bonds, *Oper Dent* 38(4), str 394-407. doi: 10.2341/11-429-L. Epub 2012 Oct 23, **IF 1,24**

Bradna P., Houšová D., **Kalabisová (Roubíčková) A.**: Příspěvek k problematice moderních ochranných laků pro kompozitní výplně-barevná stabilita, *Dentální trh*, 2, str.17-18, (2005)

Bradna P., Vrbová R., Dudek M., **Kalabisová A.**, Houšová D.: Comparison of bonding performance of self and total-etch adhesives on human dentin using reliability analysis, *J Adhes Dent*, 10(6), str. 423-9. **IF 1,313**

Bradna P., Dudek M., **Roubíčková A.**, Mikšovský M., Vrbová R., Houšová D.: Přinášejí self-etching adheziva větší spolehlivost dentinového bondingu? In-vitro studie. *Česká stomatologie*, roč 108, č.5, str. 109-116, (2008)

**Roubíčková A.**, Dudek M., Bradna P., Houšová D.: Vliv peroxidových bělicích systémů na stabilitu okrajového uzávěru a povrchovou odolnost kompozitních výplní, *Česká stomatologie*, roč 109(2), str. 30-38, (2009)

## **Ostatní publikace široce související s tématem**

Mach Z., Ružičková T., **Kalabisová A.**: Galiová slitina, *Praktický zubní lékař*, 46(1), str.32-38, ISSN 0032-6720, (1998)

**Kalabisová A.**, Ložeková E., Procházková J., Krejsa O., Houšová D., Mrklas L.: Zkušenosti s přístrojem Team Up pro dentální elektronalgézii, *Dentální trh*, str. 7-9, (2004)

Lenčová E., **Kalabisová A.**, Ságová M., Broukal Z., Sulková S., Dušková J.: Orální zdraví hemodialyzovaných pacientů s chronickým selháním ledvin, *Česká stomatologie*, 2, str.43-45, (2005)

## **Prezentace na odborných kongresech a sympoziích**

**Kalabisová A.**, Ložeková E., Procházková J., Krejsa O., Houšová D., Mrklas L.: Dentální elektroanalgezie, přednáška Pražské dentální dny, Praha 2004

Lenčová E., **Kalabisová A.**, Ságová M., Broukal Z., Sulková S., Dušková J.: Orální zdraví pacientů s chronickou nedostatečností a selháním ledvin - pilotní studie, předneseno na konferenci Sympozium o prevenci, Brno 2003

**Kalabisová A.**, Bradna P., Dudek M., Houšová D.: Influence of corrosion environments on microleakage of adhesive systems, konference IADR, PEF Dublin, Irsko 2006.

Bradna P., Dudek M., Vrbová R., **Kalabisová A.**: The effect of various environments on bond strength of total and self-etching adhesives to human dentin, konference IADR, PEF Dublin, Irsko 2006

**Kalabisová A.**, Bradna P., Dudek M., Houšová D.: Problematika vzniku okrajové spáry při použití "total" a "self-etching" adhezivních systémů, Pražské dentální dny, Praha 2006

Dudek M., Bradna P., Vrbová R., **Kalabisová A.**: Vliv laurylsíranu sodného na pevnost vazby mezi dentinem a kompozitním materiálem, Pražské dentální dny, Praha 2006

Bradna P., Dudek M., Vrbova R., **Kalabisova A.**: Comparison of various adhesive systems using Weibull reliability analysis, konference IADR-Continental European and Israeli division, Thessaloniki, Řecko, 2007

Dudek M., Bradna P., **Kalabisova A.**, Vrbova R.: Do bleaching gels accelerate composite-dentin bond degradation?, konference IADR-Continental European and Israeli division, Thessaloniki, Řecko, 2007.

**Kalabisová (Roubíčková) A.**, Bradna P., Dudek M., Houšová D.: Vliv peroxidového systému na odolnost kompozitního materiálu, skloviny a stabilitu okrajového uzávěru. Pražské dentální dny, Praha 2007, poster - oceněno 2. místem

Dudek M., **Roubíčková A.**, Bradna P., Houšová D.: Studium odolnosti adhezního spoje kompozitních materiálů a zubních tkání - vliv peroxidového bělicího gelu, Den výzkumných prací, Praha 2008

Dudek M., Bradna P., **Roubíčková A.**, Houšová D.: Resistance of the composite-tooth adhesive joint to bleaching gels, konference IADR, Londýn, Velká Británie 2008

Dudek M., **Roubíčková A.**, Comba L.: Erozní změny skloviny způsobené nápoji typu "soft drink", konference Pražské dentální dny, Praha 2008





