

# Srovnání pevnosti vazby a doby bondování u nového bondovacího systému flash-free

Moonyoung Lee\*; Georgious Kanavakis\*\*

\*Program Director, Department of Dentistry, Division of Orthodontics, Saint Barnabas Hospital, Bronx, NY.

\*\*Assistant Professor, Department of Orthodontics, Tufts University School of Dental Medicine, Boston, Mass.

Corresponding author: Dr Moonyoung Lee, Saint Barnabas Hospital, Department of Dentistry, Orthodontic Section, Mills Building, 4422 Third Avenue, Bronx, NY 10457 (e-mail: mlee@sbhny.org)

## SHRnutí

**Cíl:** zhodnotit dobu bondování, pevnost vazby (Shear bond strength – SBS) a index zbytkového adheziva (Adhesive residue index – ARI) u bondovacího systému APC™ Flash-Free.

**Materiály a metody:** V této in vitro studii bylo použito třicet šest extrahovaných lidských horních premolárů, které byly náhodně rozděleny do tří skupin (12 zubů v každé skupině); skupina 1, APC Flash-free Adhesive Coated Appliance System; skupina 2, manuálně lepené keramické zámky Clarity ADVANCED; skupina 3 (kontrolní skupina), zámky bondované adhezivem 3M APC PLUS a s odstraněným extrudovaným adhezivem (flash). Doba bondování byla měřena pomocí stopkek. Pevnost vazby byla měřena na testovacím zařízení společnosti Instron a rychlost posunu testovací hlavy byla nastavena na 1 mm/min. Index zbytkového adheziva (ARI) byl hodnocen na stupnici od 1 do 5. Pro statistickou analýzu byla využita analýza rozptylu s opakovanými měřeními (ANOVA) a post hoc Tukeyův test.

**Výsledky:** Bondování pomocí systému APC Flash-Free trvalo ( $P < 0,001$ ) značně kratší dobu ( $30,7 \pm 3,3$  vteřiny) v porovnání s kontrolní skupinou ( $41,8 \pm 4,0$  vteřiny) a skupinou s manuálním lepením ( $39,2 \pm 2,8$  vteřiny). Zámek potřený APC Flash-free adhezivem měl významně ( $P < 0,001$ ) větší SBS ( $13,7 \pm 2,2$  MPa) v porovnání s kontrolní skupinou ( $10,8 \pm 2,0$  MPa) a se skupinou s manuálním lepením ( $10,4 \pm 1,4$  MPa). Hodnota ARI byla u skupiny zámků, kde byl použit systém APC Flash-Free, výrazně vyšší ( $P < 0,001$ ) než u dalších dvou skupin.

**Závěry:** V porovnání s ostatními bondovacími metodami použití APC Flash-free Adhesive Coated systému může zkrátit dobu bondování, zatímco pevnost vazby se zvyšuje. (Angle Orthod.0000;00:000–000.)

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Bonding time; Shear bond strength; Flash free bonding; Bonding systems

## ÚVOD

Většina ortodontistů při přímém lepení zámků používá jeden ze dvou bondovacích systémů: 1. manuální aplikace ortodontického adheziva na bázi zámků před umístěním zámků, 2. systém zámků, které mají ortodontické adhezivum již aplikované na bázi zámků. U obou systémů běžně kolem rozhraní mezi zámkem a zubem zůstává tzv. flash (přebytkové adhezivum), které je třeba odstranit. Přesto, že by kompletní odstranění přebytkového adheziva bylo žádoucí, kliničtí pracovníci často po umístění zámků adhezivum na povrchu zubu ponechávají,<sup>1</sup> což vytváří drsný kompozitní povrch, který se stává kritickou oblastí pro akumulaci plaku.<sup>2–4</sup>

Akumulace plaku okolo ortodontických aparátů, která trvá delší dobu, může přispět k demineralizaci skloviny a tvorbě bílých skvrn,<sup>5</sup> což snižuje finální estetický výsledek léčby.<sup>6</sup> Z výše uvedeného důvodu je kompletní odstranění

přebytkového vytlačeného adheziva velmi žádoucí.

Snaha minimalizovat množství vytlačeného adheziva vedla k vytvoření nových bondovacích systémů a technik. Společnost 3M Unitek (Monrovia, Calif) vyvinula nový aplikační systém APC Flash-Free Adhesive Coated s cílem eliminovat nutnost odstranění vytlačeného adheziva; každý zámek je balený samostatně s optimálním množstvím naneseného adheziva na bázi zámků, což umožňuje klinickému pracovníkovi umístit zámek a vytvrdit kompozitum, aniž by bylo třeba odstraňovat vytlačené adhezivum. Přesto, že společnost 3M Unitek uvádí, že systém APC Flash-Free vytváří spolehlivou vazebnou pevnost, že doba debondingu při jeho použití je kratší a není potřeba odstraňovat vytlačené adhezivum, tak tento systém dosud nebyl nezávisle zkoumán či porovnán s konvenčními bondovacími technikami.

Cíli této studie bylo stanovit 1. zda existuje významný rozdíl v pevnosti vazby (Shear bond strength – SBS) mezi systémem APC Flash-free a manuálně lepenými keramickými zámky Clarity ADVANCED, 2. zda je významný rozdíl v době bondování mezi těmito dvěma bondovacími technikami a 3. zda je významný rozdíl mezi hodnotami Indexu zbytkového adheziva (Adhesive residue index – ARI) u těchto dvou bondovacích technik.



V Magazínu JPS najdete pouze část studie, kompletní studii naleznete na [www.jps.cz](http://www.jps.cz) nebo si ji stáhněte prostřednictvím QR kódu.

## MATERIÁLY A METODY

### Vzorek

**Zuby.** Nově extrahované premoláry horní čelisti byly shromážděny na oddělení orální chirurgie a pediatrického zubního lékařství na Tufts Univerzitě zubního lékařství (Tufts University School of Dental Medicine) a uchovány v 0,1% roztoku (váha/objem) thymolu. Kritéria pro zařazení zubu do výběru byla intaktní bukální sklovina, která nebyla v minulosti chemicky ošetřena (např. peroxidem vodíku), žádná prasknutí způsobená extrakčními kleštěmi a žádné kazy. Mezi extrahovanými zuby a pacienty, od kterých pocházely, nebyla žádná souvislost. Zuby byly vyleštěny pomocí pemzy a gumového profylaktického kalíšku po dobu 10 vteřin a náhodně rozděleny do tří skupin (12 zubů v každé skupině) pomocí generátoru náhodných čísel. Každý zub byl před provedením bondování zasazen do chladem tuhnoucí akrylové pryskyřice.

**Zámky.** V experimentálních skupinách byly použity APC Flash-free Adhesive keramické zámky horních premolárů a Clarity ADVANCED keramické zámky horních premolárů (3M Unitek). APC PLUS Adhesive Coated zámky (3M Unitek) byly použity jako kontrolní skupina. Společnost 3M Unitek uváděla u všech zámků stejný rozměr plochy báze o velikosti 11.694 mm<sup>2</sup>.

### Metodika

**Proces bondování.** Všechny zuby byly naleptány na 5 vteřin pomocí Transbond Plus Self Etching Primer (3M Unitek) a následně vystaveny jemnému závanu suchého vzduchu, aby došlo k rovnoměrnému rozmístění vrstvy primeru. Zámky bondoval jeden lékař dle každého ze tří následujících postupů:

- Skupina APC Flash-Free: Zámek 3M APC Flash-Free Adhesive Coated byl aplikován na zub za konstantní síly v ideální okluzo-gingivální a mesio-distální pozici.
- Skupina s manuálním bondováním: na bázi keramického zámku Clarity ADVANCED byla nanášena adhezivní pasta Transbond XT Light Cure a zámek byl aplikován na zub za konstantní síly v ideální okluzo-gingivální a mesio-distální pozici.
- APC PLUS/kontrolní skupina: zámek 3M APC PLUS Adhesive Coated byl aplikován na zub do ideální okluzo-gingivální a mesio-distální pozice. Přebytková adhezivní pryskyřice byla odstraněna pomocí zubní sondy.

Veškerá adhezivní pryskyřice byla polymerována po celkovou dobu 12 vteřin pomocí polymerační lampy Ortholux Luminous (3M Unitek) při intenzitě 1600 mW/cm<sup>2</sup>. Po bondování byly zuby uchovány po dobu 24 hodin v destilované vodě při 37 °C, aby došlo k celkové polymeraci bondovacího materiálu.

**Měření doby bondování.** Doba bondování byla měřena nezávislým pozorovatelem pomocí stopky. Doba měření začala okamžikem, kdy byly zuby připraveny, a skončila, když lékař vyhodnotil, že se zámek nachází v ideální okluzo-gingivální a mesio-distální pozici. Celkový čas byl zaznamenán ve vteřinách.

**Proces debondování.** Nerezový ocelový drát o průměru 0,016 inch (0,406 mm) byl připevněn na univerzální testovací přístroj (Instron Model 5566A, Norwood, Mass) a umístěn pod gingivální křídélka bondovaného zámku; gingivo-okluzální zatížení při smyku a tahu bylo prováděno při rychlosti posunu testovací hlavy 1 mm za minutu dokud nebyl zámek debondován. Každý zub byl umístěn tak, aby bukální povrch byl paralelní s vyvíjenou silou během zkoušky smykem. Pevnost vazby byla počítána v megapascalích (MPa).

**Zhodnocení zbytkového adheziva.** Po spočítání SBS, byl každý zub i zámek přezkoumán digitálním mikroskopem při zvětšení 8x. Zbytkové adhezivum na zámku a sklovině bylo vyhodnoceno za použití modifikované metody ARI, jak popisují Bishara a Trulove a ohodnoceno na stupnici od 1 do 5 (5, žádné zbytkové kompozitum na zubu; 4, méně jak 10 % zbytkového kompozita na zubu; 3, více jak 10 % zbytkového kompozita na zubu; 2, více jak 90 % zbytkového kompozita na zubu; 1, veškeré zbytkové kompozitum na zubu, podél otisku báze zámku). ARI bodování bylo použito k vymezení „adhezivní“ oblasti, kde došlo k porušení vazby mezi sklovinou, adhezivem a bází zámku.

### Statistická analýza

Nejprve byla provedena pilotní studie na devíti zubech, které nebyly zahrnuty do vzorku, použitého ve finální studii. Tato pilotní studie posloužila k výpočtu velikosti vzorku a síly. Výpočet síly byl proveden za využití softwaru nQuery Advisor (verze 7.0, Statistical Solutions, Boston, Mass). Za předpokladu, že APC Flash-Free skupina měla vazebnou pevnost 15,9 MPa, kontrolní skupina APC PLUS 22,3 MPa a skupina manuálně lepená 22,3 MPa, s běžnou standardní odchylkou o síle 4,8 Mpa, byl vzorek o velikosti 12 zubů na skupinu adekvátní k získání 5 % míry chybovosti typu I a síly větší než 99 %. Aby byly prošetřeny rozdíly mezi těmito třemi skupinami, byla provedena analýza rozptylu s opakovanými měřeními (ANOVA) za použití SAS (verze 9,3, SAS Institute Inc, Cary, NC). Post hoc Tukeyovy testy byly provedeny pro stanovení statistického rozdílu mezi dvojicemi skupin.

### VÝSLEDKY

Všechna data shromážděná v rámci studie, tj. SBS (MPa), doba bondování (vteřiny), index ARI (1-5) u všech dvanácti vzorků každé ze tří skupin (APC Flash-Free, manuální a APC PLUS) jsou zobrazeny v tabulce 1. Průměrné hodnoty SBS byly u APC Flash-Free skupiny 13,7 MPa, u manuálně lepené skupiny 10,4 MPa a u skupiny APC PLUS 10,8 MPa. Mezi jednotlivými skupinami byly díky opakovaným měřením ANOVA zjištěny významné rozdíly a p-hodnota <0.001. Provedením post hoc Tukeyova testu byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinou APC Flash-Free a ostatními dvěma skupinami. Manuálně lepená skupina a skupina APC PLUS se vzájemně významně neodlišovaly. Srovnání hodnot SBS u jednotlivých skupin je zobrazeno na obrázku č. 1. Průměrné hodnoty doby bondování byly u skupiny

Tabulka 1. Shromážděná data všech 12 vzorků tří testovaných skupin.<sup>a</sup>

	APC Flash-Free (FF)			Manual Transbond XT Adhesive (M)			APC PLUS (PLUS)		
	SBS, MPa	Bonding Time, s	ARI (1–5)	SBS, MPa	Bonding Time, s	ARI (1–5)	SBS, MPa	Bonding Time, s	ARI (1–5)
1	15,94	30,46	4	8,00	40,71	1	12,50	35,38	1
2	12,44	33,78	4	10,27	35,61	1	11,73	38,20	1
3	14,56	30,97	3	9,78	41,25	1	7,72	49,26	2
4	16,55	29,82	3	9,30	40,43	3	9,31	44,13	1
5	15,27	31,21	3	10,83	37,06	4	10,80	42,59	1
6	12,10	25,58	3	12,73	44,03	1	9,38	43,50	1
7	12,19	25,42	3	12,32	40,25	2	12,62	42,12	1
8	12,13	29,24	4	9,12	37,78	1	12,63	36,95	1
9	12,07	30,14	4	12,09	33,63	1	11,95	41,84	2
10	11,24	36,78	4	10,30	41,05	3	7,59	46,84	2
11	12,45	30,82	4	10,07	39,00	1	9,74	38,42	2
12	17,70	34,56	4	10,34	40,11	1	13,41	41,97	1
Mean	13,7 <sup>a</sup>	30,7 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	10,4 <sup>b</sup>	39,2 <sup>b</sup>	1,7 <sup>b</sup>	10,8 <sup>b</sup>	41,8 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>
SD	2,16	3,29	0,51	1,39	2,82	1,07	1,99	4,04	0,49

<sup>a</sup> Střední hodnoty označené stejným písmenem se významně neliší.

APC Flash-Free 30,7 vteřin, u manuálně lepené skupiny 39,2 vteřin a u skupiny APC PLUS 41,8 vteřin. Mezi jednotlivými skupinami byly díky opakovaným měřením ANOVA zjištěny významné rozdíly a p-hodnota <0,001. Provedením post hoc Tukeyova testu byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinou APC Flash-Free a ostatními dvěma skupinami. Manuálně lepená skupina a skupina APC PLUS se vzájemně významně neodlišovaly. Srovnání doby bondování u jednotlivých skupin je zobrazeno na obrázku č. 2.

Průměrné hodnoty ARI byly u systému APC Flash-Free 3,6, u manuálně lepené skupiny 1,7 a u skupiny APC PLUS 1,3. Mezi jednotlivými skupinami byly díky opakovaným měřením ANOVA zjištěny významné rozdíly a p-hodnota <0,001. Provedením post hoc Tukeyova testu byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi skupinou APC Flash-Free a ostatními dvěma skupinami. Manuálně lepená skupina a skupina APC PLUS se vzájemně významně neodlišovaly. Srovnání hodnot ARI u jednotlivých skupin je zobrazeno na obrázku č. 3.

## DISKUSE

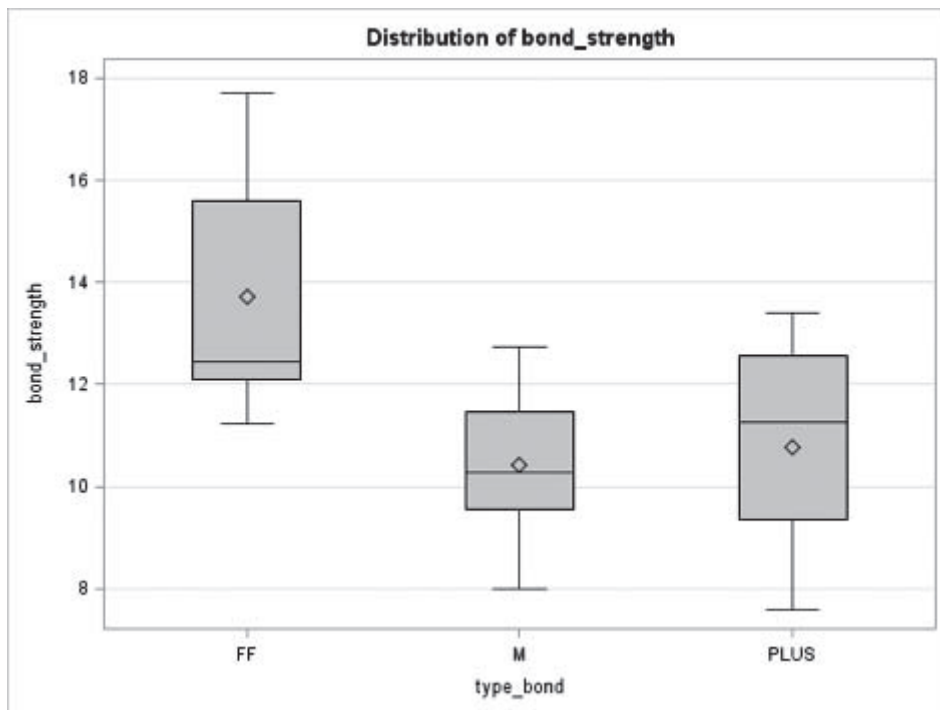
Tato studie zkoumala rozdíly v délce doby bondování, SBS a indexu ARI u tří typů bondovacích technik. Na rozdíl od dříve provedených studií zabývajících se vazebnou pevností, jsme použili alternativní debondovací proceduru. Místo, aby bylo použito dlátko nebo táhlo, které by přemístilo okluzo-gingivální zátěž na rozhraní mezi sklovinu a zámek,<sup>9-13</sup> byl pod křídélka zámku umístěn nerezový ocelový drát o průměru 0,016 palce (0,41 mm) ke gingivo-okluzálnímu zátěžení. Rozhodnutí použít výše uvedené bylo založeno na prvotní pilotní studii, kde vzorky prokázaly vysokou míru lámavosti zámků a nekompletní debonding při působení okluzo-gingivální zátěže. Ve stávající studii došlo díky působení gingivo-okluzální síly u všech 36 vzorků k celkovému selhání vazby, aniž by došlo ke zlomení zámku.

Hodnoty SBS u keramických zámků v každé skupině byly nižší než vazebná síla, kterou uváděli Reddy a spol.<sup>9</sup>

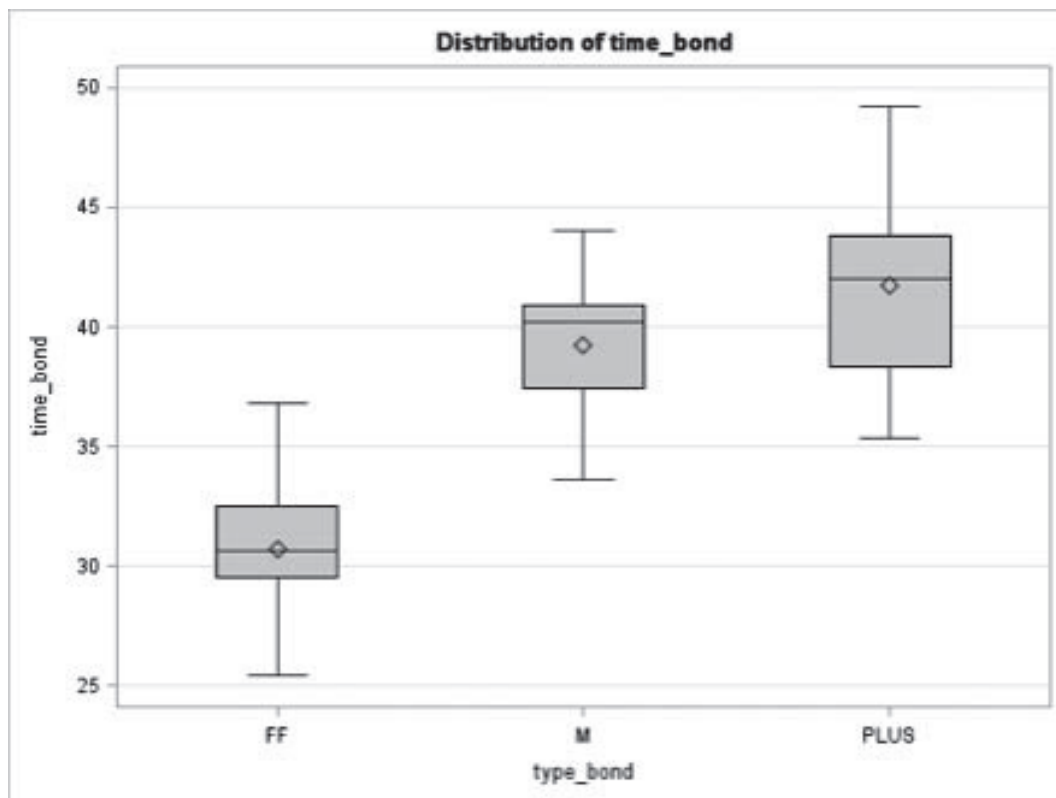
a Uysal a spol.<sup>10</sup>, nicméně srovnatelná se silou vazby, kterou dokládají Bishara a spol.<sup>11</sup> a Zielinski a spol.<sup>12</sup> Přesto, že hodnota SBS u skupiny APC Flash-Free byla významně vyšší než u dalších dvou skupin, prokázaly všechny tři bondovací metody sílu vyšší než 10 MPa, což je pro ortodontické účely vyhovující. Celková pevnost vazby, však může být snížena díky termocyklování nebo prodloužením doby mezi bondováním a zkouškou ve smyku. Budoucí studie by mohly být zaměřeny na zhodnocení SBS u různých typů bondovacích systémů v podmínkách, které simulují prostředí dutiny ústní.

Průměrné doby bondování každé ze tří skupin této studie byly delší než původně reportované časy.<sup>11</sup> Tento rozdíl může souviset s naší změnou protokolu týkající se umísťování zámků. V současné studii byl převážně kladen důraz na ideální umístění zámků do okluzo-gingivální a mesio-distální pozice před vytvrzením, zatímco u podobných dříve provedených studií<sup>11</sup> nebyl prezentován specifický protokol, který by se umístěním zámků zabýval. Snaha umístit každý zámek do ideální pozice mohla mít za následek delší dobu bondování. Výsledky mohly být rovněž ovlivněny odbornou zkušeností lékaře, který bondování prováděl. V rámci této studie byly všechny zámky bondovány lékařem, který má tříletou klinickou praxi; je dosti pravděpodobné, že zkušenějšímu odbornému pracovníkovi by se podařilo dosáhnout kratší doby bondování. Doba bondování u APC Flash-Free skupiny byla o 8,15–11,1 vteřiny delší než u dalších dvou skupin, což odpovídá 2,8–3,7 minutám na celkovou dobu bondování. Tyto výsledky je třeba interpretovat s ohledem na fakt, že bondování bylo prováděno v neklinických podmínkách. Klinická studie zaměřená na odlišení bondování horní a dolní čelisti a levé a pravé části dutiny ústní by mohla dále vyjasnit rozdíly v bondovacích časech těchto tří zkoumaných systémů.

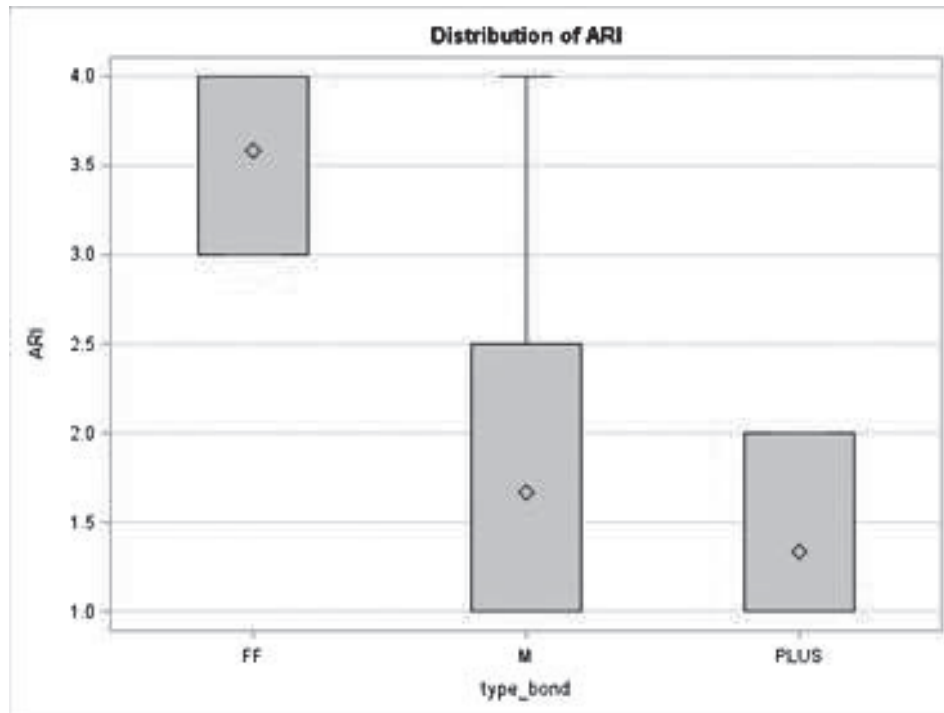
Průměrné hodnoty ARI u skupin s manuálním lepením a APC PLUS skupiny byly podobné těm, které vykazoval Mirzakouchaki a spol.,<sup>13</sup> kde selhání zámků na rozhraní mezi adhezivem a zámek tvořilo 67 % (19/24).



**Obrázek 1.** Kvartilový graf SBS v MPa mezi třemi testovanými skupinami: APC Flash-Free (FF), manuální Transbond XT adhezivum (M), APC PLUS (PLUS)



**Obrázek 2.** Kvartilový graf doby bondování ve vteřinách mezi třemi testovanými skupinami: APC Flash-Free (FF), manuální Transbond XT adhezivum (M), APC PLUS (PLUS)



**Obrázek 3.** Kvartilový graf ARI (1-5) mezi třemi testovanými skupinami: APC Flash-Free (FF), manuální Transbond XT adhezivum (M), APC PLUS (PLUS)

U skupiny APC Flash-Free došlo k veškerým selháním zámek v rámci adheziva a průměrné hodnoty ARI byly významně vyšší než u dalších dvou skupin. Tyto výsledky se podobaly hodnotám, které uváděl Uysal a spol.<sup>10</sup> Celkově bylo selhání zámek u třech testovaných skupin příznivé a riziko prasknutí skloviny při debondování bylo sníženo. Je třeba provést další studie k vyjasnění role termocyklování a prodloužené doby mezi bondováním a zkouškou ve smyku na ploše, kde dochází k selhání zámek.

Pomocí digitálního mikroskopu pod zvětšením 8× a skenovacího elektronového mikroskopu pod zvětšením 25× jsme se pokusili vyhodnotit a kvantifikovat množství vytlačeného adheziva, které zůstalo okolo báze zámku, avšak okraje adheziva nebylo možné konzistentně vizualizovat, tak aby bylo možné provést spolehlivé měření. Z uvedeného důvodu, nebylo možné flash-free podstatu nového bondovacího systému zhodnotit. Budoucí studie by mohly využít barevnou indikaci adheziva, která by

umožnila kvantifikovat adhezivum okolo bází zámek a klinicky změřit a zhodnotit dekalifikaci a tvorbu bílých skvrn okolo zámek bondovaných flash-free adhezivním systémem.

## ZÁVĚRY

- U ortodontických zámek využívajících systém APC Flash-Free byla hodnota SBS vyšší než u adhezivního systému APC PLUS a manuálního bondovacího systému, nicméně všechny tři metody prokázaly příznivou vazebnou pevnost a příznivý způsob, kterým dochází k selhání lepení zámek.
- Používání ortodontických zámek využívajících systém APC Flash-Free by mohlo potenciálně ušetřit 3-4 minuty času stráveného v křesle při kompletním bondování.

## REFERENCE

1. Armstrong D, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. Excess adhesive flash upon bracket placement. *Angle Orthod.* 2007;77:1101–1108.
2. Sukontapatipark W, El-Agroudi MA, Selliseth NJ, Thunold K, Selvig, KA. Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances: a scanning electron microscopy study. *Eur J Orthod.* 2001;23:475–484.
3. Gwinnett AJ, Ceen RF. Plaque distribution on bonded brackets: a scanning microscope study. *Am J Orthod.* 1979;75:667–677.
4. Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *J Am Dent Assoc.* 1975;91:101–106.
5. Ogaard B, Rella G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94:68–73.
6. Mayfield BJ, Hamdan AM, Tu' fekc,i E, Shroff B, Best AM, Lindauer SJ. Development of white spot lesions during orthodontic treatment: Perceptions of patients, parents, orthodontists, and general dentists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;14:337–344.
7. Haahr M. Random sequence generator [Computer software]. Available at: <http://www.random.org/sequences/> Accessed July 28, 2014.
8. Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in vitro study. Part II. Findings and clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98:263–273.
9. Reddy YG, Sharma R, Singh A, Agrawal V, Agrawal V, Chaturvedi S. The shear bond strengths of metal and ceramic brackets: an in-vitro comparative study. *J Clin Diagn Res.* 2013;7:1495–1497.
10. Uysal T, Ustidal A, Kurt G. Evaluation of shear bond strength of metallic and ceramic brackets bonded to enamel prepared with self-etching primer. *Eur J Orthod.* 2010;32: 214–218.
11. Bishara SE, Oonsombat C, Soliman MMA, Warren JJ, Laffoon JF, Ajlouni R. Comparison of bonding time and shear bond strength between a conventional and a new integrated bonding system. *Angle Orthod.* 2005;75: 237–242.
12. Zielinski V, Reimann S, Jager A, Bourauel C. Comparison of shear bond strength of plastic and ceramic brackets. *J Orofac Orthop.* 2014;75:345–357.
13. Mirzakouchaki B, Kimyai S, Hydari M, Shahrbaf S, Mirzakouchaki-Boroujeni P. Effect of self-etching primer/adhesive and conventional bonding on the shear bond strength in metallic and ceramic brackets. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17:e164–e170.