

# Nový typ ortodontických zámků využívající adhezivní systém flash-free

První klinická a stereomikroskopická studie

Moritz Foersch<sup>a</sup>, Christian Schuster<sup>b</sup>, Roman K. Rahimi<sup>c</sup>, Heinrich Wehrbein<sup>d</sup>, Collin Jacobs<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Účastník výzkumu, Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Oddělení ortodoncie a dentofaciální ortopedie), Univerzita Mainz Medical Center Mainz, Německo

<sup>b</sup> Student stomatologie, School of Dentistry, Univerzita Mainz Medical Center, Mainz, Německo

<sup>c</sup> Rezident, účastník výzkumu, Department of Oral and Maxillofacial Surgery (Oddělení orální a maxilofaciální chirurgie), Univerzita Mainz Medical Center, Mainz, Německo

<sup>d</sup> Profesor a vedoucí, Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Oddělení ortodoncie a dentofaciální ortopedie), Univerzita Mainz Medical Center, Mainz, Německo

<sup>e</sup> Asistující profesor, Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Oddělení ortodoncie a dentofaciální ortopedie), Univerzita Mainz Medical Center, Mainz, Německo

## SHRNUTÍ

**Cíl:** Analýza klinických a laboratorních vlastností nedávno představeného ortodontického adhezivního systému APC flash-free.

**Materiály a metody:** Na lidské zuby bylo bondováno 80 zámků (skupina A: adhezivní systém APC flash-free n = 40, skupina B: adhezivní systém APC Plus n = 40) a byla u nich provedena následující měření: doba bondování, stereomikroskopické zhodnocení přebytečného adheziva, penetrace barviva (metylénová modř, 0,5 %/24 h) a hodnoty Indexu zbytkového adheziva (adhesive remnant index – ARI) po debondingu.

**Výsledky:** Doba potřebná pro bondování se u obou skupin významně lišila (A: 19,5 vteřiny na zub vs. B: 33,8 vteřiny na zub). Přebytek adheziva, který byl měřen od okraje zámků, se u skupiny A pohyboval v rozmezí od 166,27 µm do 81,66 µm a u skupiny B v rozmezí od 988,53 µm do 690,81 µm. Po provedení metylénového zbarvení prokázalo 52 z 80 měření ve skupině A dekoloraci na rozhraních mezi zámkem a adhezivem a mezi adhezivem a sklovinou, zatímco u skupiny B bylo 78 z 80 případů zbarvení pozitivních. Hodnoty ARI se významně nelišily, průměrná hodnota ARI u skupiny A byla 2,0 a u skupiny B 2,8.

**Závěry:** Použitím adhezivního systému flash-free byla signifikantně snížena doba potřebná pro bondování. Přebytečná pryskyřice přesahovala okraj zámků v rozmezí od 0,16 až do 0,08 mm. Díky nové technologii vytváří adhezivum hladký a dostatečný okrajový povrch, který by v klinické praxi mohl přispět ke snížení akumulace plaku.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** orthodontic bracket, adhesive excess, flash-free, stereomicroscopy, ARI

## ÚVOD

Již po desetiletí jsou vyvíjeny různé ortodontické adhezivní a bondovací techniky, které jsou předmětem zkoumání řady in vivo a in vitro studií. Správné ortodontické bondování musí brát ohled na tři hlavní aspekty, kterými jsou povrch zubu (morfologie, přípravasklovinu), bázejednotlivých ortodontických aparátů (mechanické vlastnosti a vlastnosti materiálu) a bondovací materiál (pevnost vazby, složení materiálu).<sup>1-6</sup> Ortodontistům je k dispozici široká škála světle aktivovaných, chemicky tuhoucích a odlišně plněných pryskyřic a cementů. Hlavním cílem je předejít tvorbě kazů a bílých skvrn pod zámků a jejich okraji, dosažením kvalitního okrajového uzávěru a menšího množství přebytečného bondovacího materiálu, který zůstává v okolí zámků.

Až do nedávna museli lékaři při bondování zámků odstraňovat přebytečnou pryskyřici či bondovací materiál pomocí polohovacího nástroje nebo zubní sondy bezprostředně po jeho

umístění, před vytvrzením materiálu. V roce 2014 představila společnost 3M Unitek (Monrovia, California) technologii APC flash-free (APC Flash-Free Adhesive Coated Appliance System), která údajně eliminovala nutnost odstraňovat přebytečný materiál. Systém lze v průběhu výrobního procesu aplikovat na jakoukoliv bázi zámků a tvoří jej netkaná mřížka, která je napuštěna pryskyřicovým adhezivem. V okamžiku, kdy je zámek přitlačen na povrch sklovinu, tak transparentní a nízkoviskózní pryskyřice vytvoří na okrajích zámků drážku.

Výhodami tohoto adhezivního systému je, že není potřeba odstraňovat přebytečné adhezivum, zkrácená doba polohování a bondování zámků a lepší možnosti polohování zámků. Výrobce na základě interních dat uvádí, že systém umožňuje vytvořit dostatečně pevnou vazbu, u které dochází k méně jak 2% selhání. Přesto stále existuje pouze jedna studie zabývající se klinickými vlastnostmi zmíněného adhezivního systému, která se věnuje především procesu debondování.<sup>7</sup>

Stávající šetření se poprvé zabývají jinými aspekty nové adhezivní technologie APC. V rámci studie byly zhodnoceny: doba bondování, množství zbytkového adheziva po debondování, morfologie přebytečné pryskyřice a rozhraní mezi zámkem, adhezivem a zubem. Nález byly porovnány s běžným adhezivním systémem stejné společnosti, u kterého je potřeba odstraňovat přebytečné adhezivum.



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.

Překlad studie z originálu: A new flash-free orthodontic adhesive system: A first clinical and stereomicroscopic study, Moritz Foersch; Christian Schuster; Roman K. Rahimi; Heinrich Wehrbein; Collin Jacobs, Accepted: June 2015. Revised Submitted: May 2015 Published Online: August 10, 2015, G 0000 by The EH Angle Education and Research Foundation, Inc. DOI: 10.2319/050415-302.1, Angle Orthodontist

## MATERIÁLY A METODY

Pro účely měření všech parametrů bylo na extrahované lidské zuby (premoláry a řezáky bez defektů a kazů) bondováno 40 zámků (skupina A: Clarity Advanced, 3M Unitek) adhezivním systémem APC flash-free (APC Flash-Free Adhesive Coated Appliance System, 3M Unitek) a 40 zámků (skupina B) běžným adhezivním systémem (APC PLUS Adhesive Coated Appliance System, 3M Unitek). Po 30 vteřinách leptání skloviny pomocí 35% kyseliny fosforečné (Unitek Etching Gel, 3M Unitek) byl na zuby aplikován primer (Transbond XT, 3M Unitek) striktně v souladu s instrukcemi výrobce. Před bondovacím procesem byly zuby umístěny do typodontu a připevněny na fantomové hlavy, které umožnily simulovat skutečnou klinickou situaci. Byla nasimulována jak horní, tak dolní čelist. Proces byl vykonán specializovaným ortodontistou ve standardních podmínkách. Doba trvání jednotlivých kroků byla měřena.

### Stereomikroskopie

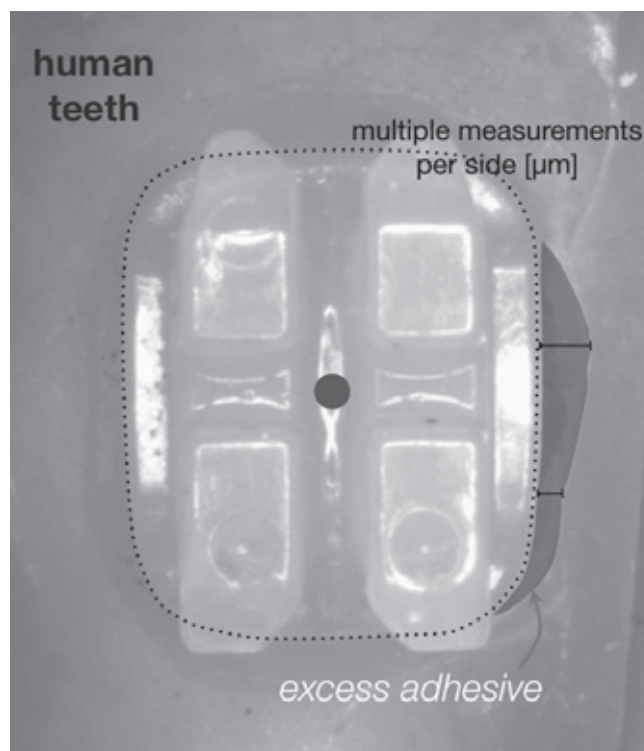
U dvaceti zámků z každé skupiny byl za použití digitálního stereomikroskopu (VHX-S50, Keyence Corporation, Osaka, Japan) zhodnocen stupeň přebytečného adheziva na základě vzdálenosti, které dosahuje od okraje zámku. Zámek byl umístěn pomocí plastelíny do držáku a objektiv mikroskopu byl pod úhlem 90° zaostřen na dvě roviny, na zámek a povrch zubu ve vztahu k drážce. U obou skupin byla pomocí počítačově řízeného měření mikroskopu (VHX-1000D, Keyence Corporation) sledována vzdálenost (v  $\mu\text{m}$ ) mezi okrajem zámku a nejvíce / nejméně vzdáleným okrajem uniklého adheziva. U každé strany zámku byly naměřeny různé hodnoty (minimální / maximální) (Obrázek 1 a 2).

### Penetrace barviva

Po bondování bylo 10 zámků z každé skupiny uchováno po dobu 24 hodin v roztoku metylénové modři (0,5%). Nejprve byly vzorky opláchnuty destilovanou vodou a usušeny vzduchem a poté sledovány mikroskopem pod zvětšením 20 $\times$ . Pomocí záznamového zařízení byly pořízeny snímky, jak z pohledu cervikálního, tak z incisálního, stejně tak mesiálního a distálního. Na každé straně rozhraní zámku a adheziva, tak rozhraní adheziva a zubu byla zkoumána dekolorace a penetrace barvicího činidla. Oblasti, kde se nacházelo minimálně jedno odbarvené místo, byly při rozhodování mezi ano a ne považovány za pozitivní.

### Debondování

Poté co byly zámky umístěny na fantomovou hlavu simulující zubní oblouky, bylo deset zámků z každé skupiny debondováno. Po sejmutí zámků, ohodnotil jediný lékař index zbytkového adheziva (adhesive remnant index – ARI)<sup>2,8</sup> vizuální kontrolou, a v případě potřeby zvětšení použil lupové brýle. Bylo uděleno následující hodnocení: 0 = žádné zbytkové adhezivum na zubu, 1 = méně jak polovina zbytkového adheziva na zubu, 2 = více jak polovina zbytkového adheziva na zubu, 3 = veškeré zbytkové adhezivum na zubu.



Obrázek 1: Schematický popis postupu měření

### Statistická analýza

Všechny statistické testy a kalkulace byly provedeny pomocí softwaru SPSS (verze 18.0, SPSS Inc. Chicago, Ill). V rámci deskriptivní analýzy byly vypočteny maximální hodnoty, minimální hodnoty, průměrné hodnoty a standardní odchylky. Statistické rozdíly byly měřeny použitím dvouvýběrového nepárového t-testu. P-hodnoty nižší než 0,05 byly považovány za statisticky významné.

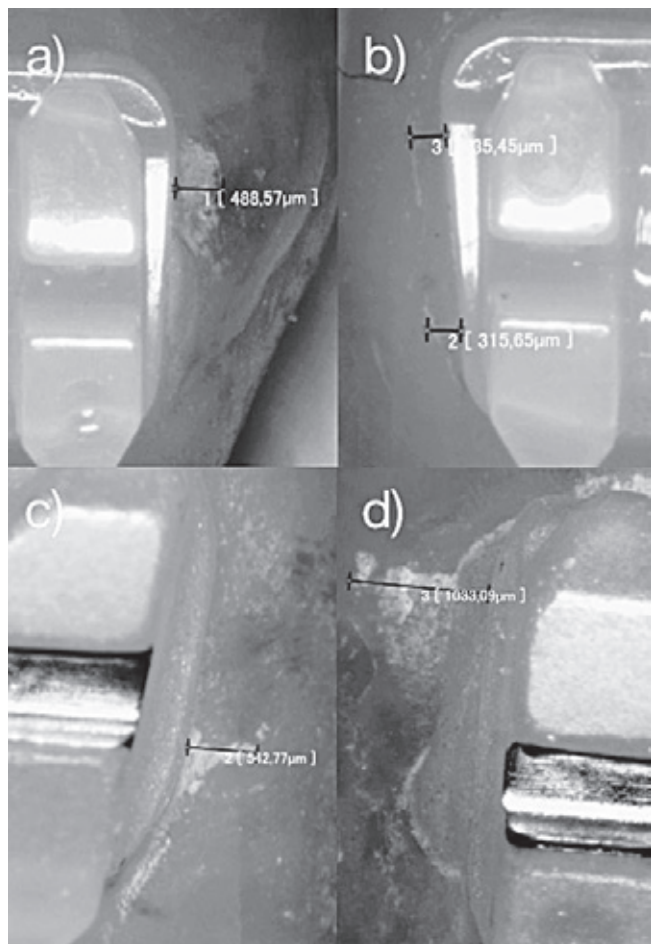
## VÝSLEDKY

### Doba bondování

U zámků skupiny A (flash-free systém) byla průměrná doba bondování horní čelisti 19,5 s/zub (min: 14 s, max: 17 s, standardní odchylka (SO): 3,66) a 14,3 s/zub u dolní čelisti (min: 13s, max: 17s, SO: 2,16). Zámky bondované konvenčním adhezivním systémem vyžadovaly 33,8 s/zub u horní čelisti (min: 27 s, max: 50 s, SO: 6,53) a 40,0 s/zub u dolní čelisti (min: 31 s, max: 58 s, SO: 7,33). Časová úspora byla významná jak u bondování horní (P = 0,0008), tak dolní čelisti (P > 0,0001).

### Odstranění přebytečného adheziva

Průměrná lineární měření různě velkého množství přebytečného adheziva na každém zubu jsou zaznamenána v tabulce 1. Naměřený rozsah přebytečného adheziva u skupiny A se pohybuje v rozmezí od 545,05  $\mu\text{m}$  až po žádné přebytečné adhezivum. U skupiny A bylo průměrné množství přebytečného adheziva u všech zubů v maximálním rozsahu do 166,27  $\mu\text{m}$  a v minimálním



**Obrázek 2:** Příklady snímků stereomikroskopického měření, a) + b) zámky s flash-free adhezivním systémem (skupina A) a c) + d) zámky s konvenčním adhezivním systémem (skupina B)

rozsahu 81,66  $\mu\text{m}$ . U skupiny B byl celkový maximální naměřený rozsah přebytkového adheziva 1392,52  $\mu\text{m}$  a minimální 239,81  $\mu\text{m}$ , přičemž průměrný rozsah přebytkového adheziva u všech zubů se pohybuje od 988,53  $\mu\text{m}$  do 690,81  $\mu\text{m}$ .

Skupiny A a B se významně lišily, jak v oblastech s největším množstvím přebytkového adheziva (maximum,  $P > 0,0001$ ), tak v počtu oblastí zámků, kde bylo množství přebytkového adheziva neměřitelné (minimum,  $P < 0,0001$ ).

**Tabulka 1.** Měření přebytkového adheziva

APC Flash-Free, Skupina A	Maximum Excess Measurement (Average of Four Measurements per Side), mm	Minimum Excess Measurement (Average of Four Measurements per Side), mm
Mean	166,27	81,66
SD	177,68	122,09
Min	0,00	0,00
Max	644,64	477,58
APC Plus, Skupina B		
Mean	988,53	690,81
SSD	353,7	311,57
Min	171,26	119,39
Max	429,5	1254,78

### Penetrace barviva

Celkově bylo u každé skupiny provedeno 80 měření (čtyři strany každého zámku, dvě rozhraní, 10 zubů). U skupiny A nebyl u 52 z 80 měření detekován žádný typ penetrace barviva, což činí 65% „rozhodnutí ne“ a 35% pozitivních (penetrace barviva) rozhodnutí. U skupiny B prokázalo 78 z 80 měření jistý stupeň dekolorace rozhraní, tudíž pozitivní nález penetrace barviva dosahuje 97,5%. největším množstvím přebytkového adheziva (maximum,  $P > 0,0001$ ), tak v počtu oblastí zámků, kde bylo množství přebytkového adheziva neměřitelné (minimum,  $P < 0,0001$ ).

### Index zbytkového adheziva

Jak je vidět v tabulce 2, skupina A prokazuje nižší průměrnou hodnotu ARI (2,0; SO = 0,71) než skupina B (2,8; SO = 0,45).

### DISKUSE

Ve snaze zkrátit dobu na křesle jak pro pacienta, tak pro lékaře, byly v ortodontii představeny mnohé inovace. S ohledem na bondování konvenčních ortodontických zámků je třeba zmínit kromě ortodontických adhezivních systémů a samo-leptacích primer systémů i vysoce kvalitní světlem tuhnoucí systémy. 9-12 Představovaný adhezivní systém flash-free umožnil významně zkrátit dobu potřebnou pro polohování zámku. Nová studie předkládá 64,25% časovou úsporu u bondování dolní čelisti a 42,3% u horní čelisti. Tyto výsledky jsou v souladu s interními testy výrobce, které byly provedeny na třech amerických a kanadských klinikách.

Dle vyjádření výrobce, je tato slibná koncepce realizována pomocí netkané, polypropylenové mřížky, která je umístěna přímo na bázi zámku. Tato mřížka je napuštěna nízkoviskózní pryskyřicí. Účelem této mřížky je být lehce stlačitelná při přitlačování zámku na zub, ale zároveň mít schopnost zadržet přebytkové adhezivum, které je během aplikace zámku vytlačováno. Stereomikroskopické snímky této studie odhalily významně menší množství přebytkového materiálu u skupiny A (flash-free), u které bylo průměrné množství viditelné pryskyřice v okolí zámku naměřeno v rozsahu od 0,16 do 0,08 mm. Kromě toho, bylo při mikroskopickém zkoumání odhaleno, že oblá hrana, kterou pryskyřice vytváří má hladký a dobře zapadající tvar. V rámci stávající in vitro studie nebylo detekováno klinicky významné množství přebytkového adheziva.

Jedná se o první výzkum zabývající se vlastnostmi



**Tabulka 2.** Hodnoty Indexu zbytkového adheziva po debondingu

APC Flash-Free, skupina A	APC Plus, Skupina B
2,00	3,0
2,00	3,0
1,00	2,0
3,00	3,0
2,00	3,0
2,00	2,0
3,00	3,0
2,00	3,0
1,00	3,0
2,00	3,0
2,00 (průměr)	2,8 (průměr)

flash-free adhezivního systému, kde je kvantifikováno přebytečné adhezivum. Zatímco, jsou oblasti okolo zámku a přebytečné adhezivum pro akumulaci plaku kritické,<sup>13</sup> bylo prokázáno, že materiál (keramické nebo kovové zámky) na hromadění mikrobakterií vliv nemá. Výskyt běžných druhů bakterií je u obou materiálů obdobný.<sup>14</sup> Nicméně, tvar a povrch jak zámku, tak adheziva jsou důležitými faktory ovlivňující akumulaci plaku.<sup>15</sup> Výzkum v rámci stávající mikroskopické studie prokázal významně menší množství přebytečného pryskyřičného materiálu v okolí zámku u flash-free skupiny, což může přispět ke snižování akumulace plaku. Pro potvrzení této hypotézy, je však třeba provést další klinické studie.

Klíčovou oblastí pro minimalizaci ztráty zámků a dosažení optimálního okrajového uzávěru je rozhraní mezi povrchem zubu a bází zámku. Zároveň, čím těsnější uzávěr mezi zámkem, adhezivem a sklovinou vznikne, tím méně bakterií způsobujících tvorbu plaku je propuštěno a snižuje se tak tvorba demineralizace a bílých skvrn.<sup>16-19</sup> Ve stávající studii prokázala více jak polovina zámků ze skupiny A a téměř všechny zámky skupiny B určitou míru odbarvení na všech hranách zámků. Protokol této studie byl již v minulosti použit,<sup>20</sup> nicméně výskyt mikronetěsností při použití konvenčních adhezivních systémů v kombinaci se zámkem byl nižší. Výše uvedené může být způsobeno používáním výhradně „ano/ne rozhodnutí“ v rámci této studie. V dalších studiích by toto specifického testování mělo být provedeno s větší mírou citlivosti. Dle nám dostupných informací, nebyla dosud nalezena studie, která zohledňuje tuto problematiku v souvislosti s technologií flash-free.

Stěžejní pro účinný a optimální průběh práce z hlediska časové úspory, není pouze bondování, ale i debondování a odstraňování zbytkového adheziva z povrchu zubu. Čím větší množství adheziva zůstane na bázi zámku, tím kratší doby je třeba pro odstraňování zbytkového adheziva a celková procedura se jeví bezpečnější a jednodušší.<sup>21,22</sup> Index zbytkového adheziva (ARI), který

byl představen Artunem a Berglandem, 2 je třístupňová bodovací metoda sloužící ke kvantifikaci zbylého adheziva na zubu. Jedná se o jeden z nejužívanějších indexů v testování ortodontických adhezivních systémů.<sup>8</sup> V průběhu času byla tato metoda modifikována a rozšířena na pěti a šestistupňovou stupnici.<sup>23-25</sup> Z nám dostupných informací, se pouze jedna studie zabývala analýzou zbytkového adheziva u adhezivních systémů flash-free.<sup>7</sup> Zmíněná studie prokázala u 94 % ze 100 bondovaných zámků významné množství zbytkového adheziva na zubu, což je označováno stupni 2 a 3 v rámci ARI. Zjištění stávající studie u skupiny A, kde je průměrná hodnota 2 v rámci hodnocení ARI, jsou v souladu s těmito výsledky. Podle Grünheida a spol.<sup>7</sup> je v hodnotách ARI mezi konvenčními a flash-free adhezivními systémy významný rozdíl. Výše uvedené nebylo možné v rámci naší studie ověřit, vzhledem k tomu, že průměrná hodnota ARI u skupiny B byla 2,8. Zdá se, že nátěr mřížky u flash-free technologie, může způsobovat selhání během debondování, což vede k poměrně nepředvídatelnému množství zbytkového adheziva na zubu. V rámci diskuse zabývající se přínosností nízkého a vysokého ARI hodnocení, je třeba zmínit, že vysoké hodnoty ARI (tj. více zbytkového adheziva na zubu) znamenají snížení rizika odtržení skloviny, což může být pro pacienta přínosné.<sup>26,27</sup> Nicméně, nižší hodnoty ARI (tj. více zbytkového adheziva na zámkem) jsou příznivé, má-li být zkrácena doba na křesle.<sup>7</sup> Je potřeba provést další studie, které budou měřit sílu při debondování a vazebnou pevnost u flash-free adhezivního systému. Jak je nám známo, tak tato studie je jednou z prvních klinických studií zabývajících se vlastnostmi nového APC flash-free adhezivního systému. Nadcházející studie by se měly zaměřit na výzkum rozhraní mezi adhezivem a zubem, potenciální přínosy při snižování akumulace plaku a na vlastnosti při snímání zámků.

## ZÁVĚRY

- Díky adhezivnímu systému APC Flash-Free je možné snížit dobu potřebnou pro bondování ortodontických zámků.
- Není potřeba odstraňovat přebytečné adhezivum, čímž je usnadněno polohování zámků. Výsledná adhezivní vrstva a lem zámku a adheziva umožňují vytvořit hladký a úzký povrch, který se rozšiřuje do vzdálenosti 0,16 až 0,08 mm od okraje zámku. Výše uvedené přispívá ke zkvalitnění okrajového uzávěru a snížení akumulace plaku. Je třeba provést další klinické studie, které přinesou více důkazů o této zajímavé technologii.

## REFERENCE

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34:849–853.
2. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85:333–340.
3. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119:621–624.
4. Maijer R, Smith DC. Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases. *Am J Orthod.* 1981;79:20–34.
5. Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Olson ME. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114:243–247.
6. Odegaard J, Segner D. Shear bond strength of metal brackets compared with a new ceramic bracket. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94:201–206.
7. Grünheid T, Sudit GN, Larson BE. Debonding and adhesive remnant cleanup: an in vitro comparison of bond quality, adhesive remnant cleanup, and orthodontic acceptance of a flash-free product [published online December 29, 2014]. *Eur J Orthod.*
8. Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. *Angle Orthod.* 2009;79:773–776.
9. Mavropoulos A, Staudt CB, Killiaridis S, Krejci I. Light curing time reduction: in vitro evaluation of new intensive lightemitting diode curing units. *Eur J Orthod.* 2005;27:408–412.
10. Arnold RW, Combe EC, Warford JH Jr. Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122:274–276.
11. Johnston CD, Burden DJ, Hussey DL, Mitchell CA. Bonding to molars—the effect of etch time (an in vitro study). *Eur J Orthod.* 1998;20:195–199.
12. Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of using selfetching primer for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2002;72:558–564.
13. 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.
14. Anhoury P, Nathanson D, Hughes CV, Socransky S, Feres M, Chou LL. Microbial profile on metallic and ceramic bracket materials. *Angle Orthod.* 2002;72:338–343.
15. Taylor R, Maryan C, Verran J. Retention of oral microorganisms on cobalt-chromium alloy and dental acrylic resin with different surface finishes. *J Prosthet Dent.* 1998;80:592–597.
16. Chapra A, White GE. Leakage reduction with a surfacepenetrating sealant around stainless-steel orthodontic brackets bonded with a light cured composite resin. *J Clin Pediatr Dent.* 2003;27:271–276.
17. Daub J, Berzins DW, Linn BJ, Bradley TG. Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. *Angle Orthod.* 2006;76:295–300.
18. Yagci A, Uysal T, Ertas H, Amasyali M. Microleakage between composite/wire and composite/enamel interfaces of flexible spiral wire retainers: direct versus indirect application methods. *Orthod Craniofac Res.* 2010;13:118–124.
19. O'Reilly MM, Featherstone JD. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92:33–40.
20. Canbek K, Karbach M, Gottschalk F, Erbe C, Wehrbein H. Evaluation of bovine and human teeth exposed to thermocycling for microleakage under bonded metal brackets. *J Orofac Orthop.* 2013;74:102–112.
21. Guan G, Takano-Yamamoto T, Miyamoto M, Hattori T, Ishikawa K, Suzuki K. Shear bond strengths of orthodontic plastic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117:438–443.
22. Mui B, Rossouw PE, Kulkarni GV. Optimization of a procedure for rebonding dislodged orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 1999;69:276–281.
23. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Pistorio A, Sfondrini G. Effects of conventional and high-intensity light-curing on enamel shear bond strength of composite resin and resin-modified glass-ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119:30–35.
24. Talbot TQ, Blankenau RJ, Zobitz ME, Weaver AL, Lohse CM, Rebellato J. Effect of argon laser irradiation on shear bond strength of orthodontic brackets: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118:274–279.
25. Uysal T, Sisman A. Can previously bleached teeth be bonded safely using self-etching primer systems? *Angle Orthod.* 2008;78:711–715.
26. Katona TR. Stresses developed during clinical debonding of stainless steel orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 1997;67:39–46.
27. Katona TR. A comparison of the stresses developed in tension, shear peel, and torsion strength testing of direct bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112:244–251.