

ผลของสารยึดยูนีเวอร์แซลต่อค่าความแข็งแรงยึดติด ระหว่างเรซินซีเมนต์และโลหะผสมพื้นฐาน

Effect of Universal Adhesive on Shear Bond Strength Between Resin Cement and Base Metal Alloy

สุภัชชา จรัสตระกูล¹, ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์², วีรนุช ทองงาม², ธนพัฒน์ ศาสตร์จรูญ³
โรงพยาบาลกองโกรลาศ จังหวัดสุโขทัย

²ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
³ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Suphatcha Charattrakoon¹, Pavisuth Kanjantra², Weeranuch Thong-ngarm², Thanapat Sastraruji³
¹Kongkrait Hospital, Sukhothai

²Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

³Dental Research Center, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2563; 41(2) : 37-49

CM Dent J 2020; 41(2) : 37-49

Received: 13 December, 2018

Revised: 15 February, 2019

Accepted: 4 March, 2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: สารยึดติดเชิงเกลือบอนด์ยูนีเวอร์แซลมีส่วนประกอบของมอนอเมอร์และสารคู่ควบหลายชนิดรวมอยู่ในขวดเดียวกัน วัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารยึดติดเชิงเกลือบอนด์ยูนีเวอร์แซลเป็นสารไพรเมอร์บนโลหะผสมพื้นฐานเพื่อเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดกับเรซินซีเมนต์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มด้วยแสงและบ่มด้วยแสงร่วมกับเคมี

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐานที่ผ่านการเป่าลูมินา จำนวน 80 ชิ้นแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามสารปรับสภาพผิวชิ้นงานดังนี้ กลุ่มที่ 1 ใช้สารยึดติดเชิงเกลือบอนด์ยูนีเวอร์แซล กลุ่มที่ 2, 3, 4, เตรียมผิวชิ้นงานด้วยเมทัลไพรเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ซีลีดเอ็นโอเพกไพร-

Abstract

Objectives: Universal adhesives combine various monomers and coupling agents in a single bottle for versatility. The aim is to evaluate a universal adhesive as a primer on base metal alloy to increase bond strength with resin cement in light-cure and dual-cure mode.

Materials and Methods: Eighty alumina-blasted base-metal alloy specimens were divided into four groups according to surface treatment agent: 1- Single Bond Universal Adhesive (SBU); 2, 3, 4- three metal primers: Cesead NTM Opaque Primer (CN), Z-PrimeTM Plus (ZP), and Alloy

Corresponding Author:

ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Pavisuth Kanjantra

Assistant Professor, Dr., Department of Restorative Dentistry and
Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand

E-mail: pavisuth.k@cmu.ac.th

เมอร์ แชนด์ไพร์มพลัส และอัลลอยด์ไพร์เมอร์ แต่ละกลุ่มแยกออกเป็นกลุ่มย่อยตามการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงและบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี กลุ่มที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงนำชิ้นงานมายึดติดกับแท่งเรซินคอมโพสิตสีโปร่งแสงด้วยรีไลย์เอ็กซ์-อัลทิเมตเรซินซีเมนต์ กลุ่มที่เกิดปฏิกิริยาบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมีนำชิ้นงานมายึดติดกับแท่งเรซินคอมโพสิตที่มีเทปโลหะปิดด้านบนและด้านข้าง นำชิ้นงานที่ทำการยึดติดทั้งหมดไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยววิเคราะห์ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มวิธีการเกิดพอลิเมอร์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวิธีการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์สองแบบในแต่ละกลุ่มการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสลิติทดสอบที่ ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวการแตกหัก และบริเวณชั้นยึดติดของกลุ่มทดลอง

ผลการศึกษา: กลุ่มที่ปรับสภาพผิวชิ้นงานด้วยสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มซีลเอนโอเพกไพร์เมอร์และแชนด์ไพร์มพลัสทั้งวิธีเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงและบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี กลุ่มที่ปรับสภาพผิวชิ้นงานด้วยสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล และใช้วิธีเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมีอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ทั้งสองแบบในกลุ่มเมทัลไพร์เมอร์ทั้ง 3 ชนิด

บทสรุป: สารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าการยึดติดของเรซินซีเมนต์บนผิวชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐาน ไม่ต่างจากการใช้เมทัลไพร์เมอร์ในการปรับสภาพผิวชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐาน แม้ว่าการใช้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมีจะให้ประสิทธิภาพการยึดติดลดลง

คำสำคัญ: โลหะผสมพื้นฐาน สารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล เมทัลไพร์เมอร์ ความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

Primer (AP), each divided into light-cure and dual-cure subgroups. In light-cure mode, translucent resin composite rods were bonded with Rely X Ultimate resin cement onto the pre-treated specimens. In dual-cure mode, the rods, with metal-taped axial and top surfaces, were luted with the same cement. Luted specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours before shear bond strength test. One-way ANOVA was used for each curing mode separately; and t-test for each group pair in the two curing modes. Failure modes and cement-metal interfaces were examined.

Results: SBU groups showed no significant difference in mean shear bond strength compared with CN and ZP groups in both curing modes. Mean bond strength of SBU in light-cure mode was statistically higher than in dual-cure mode. There was no significant difference between curing modes of the three metal primer groups.

Conclusions: SBU could be used to increase bond strength of resin cement on base-metal alloy, instead of metal primers, despite a decrease in efficiency of SBU in dual-cure mode.

Keywords: base metal alloy, single bond universal adhesive, metal primer, shear bond strength

Introduction

Due to improved physical and chemical properties, resin cements are now widely used in indirect restoration cementation.⁽¹⁾ To increase the chemical bond strength between resin cements and indirect restorations, various coupling agents or primers are generally used to pretreat the inner surfaces of restorations, according to type of restoration materials.

Metal-primer application, after sandblasting, on the inner surface of metal restorations has proved to be effective in increasing bond strength between restorations and resin cements.⁽²⁻⁴⁾ MDP monomer (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) is a standard functional monomer for many metal primers used with base-metal alloys and zirconia restorations.⁽⁵⁻⁸⁾

Single Bond Universal Adhesive (SBU, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), known in Europe and America as Scotchbond Universal Adhesive, is a universal adhesive which contains MDP and the manufacturer suggests that the MDP in the adhesive would work as a functional monomer in metal primers to react with base metal alloys, negating the need to use separate metal primers to increase bond strength with resin cements.⁽⁹⁾ As studies⁽¹⁰⁻¹³⁾ have cast doubt on the similar claim, in cementing glass-ceramic restorations, that the silane coupling agent also contained in SBU would be as effective as separate silane application, the MDP claim would also seem to require testing.

In addition, the polymerization reaction of adhesives is normally light-cure reaction. This is a limitation for use with resin cements when luting metal or opaque ceramic restorations because of the lack of light transmission through the restorations. If the adhesives are light-cured before the resin cement luting process, the thickness of the adhesives can interfere with restoration adaptability. To overcome this

problem for SBU, the manufacturer suggests using with Rely X Ultimate resin cement (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) without light-curing the adhesive prior to the luting process. The manufacturer claims that the dark cure activator added in the cement effectively initiates adhesive polymerization reaction during cementation.⁽⁹⁾

This study therefore evaluates the efficiency of SBU used as a metal primer on base metal alloy indirect restorations when luting with Rely X Ultimate resin cement, compared with three different metal primers, in both light-cure and dual-cure modes.

Materials and methods

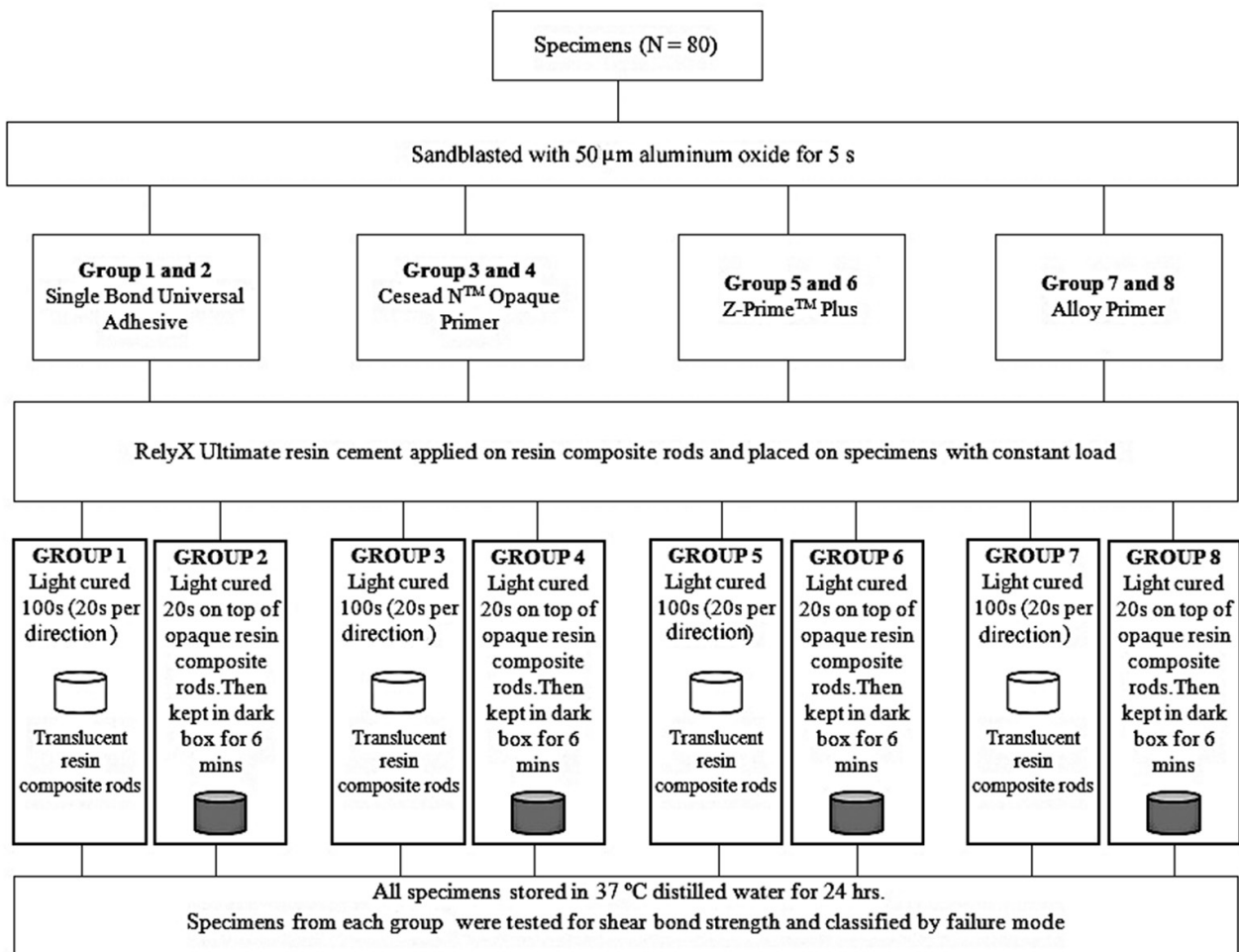
Specimen preparation

Eighty cylindrical (7 mm in diameter, 3 mm height) base metal alloy discs, consisting of 59.5% Co, 31.5% Cr, 5% Mo, 2% Si, and 1% Mn (Argeloy NP, The Argen Corporation, San Diego, CA, USA)⁽¹⁴⁾, embedded in self-cure acrylic resin in PVC rings (22 mm in diameter, 12 mm height) were flat polished with up to 600 grit silicon carbide abrasive with water and cleaned. The bond surfaces were sandblasted with 50 µm aluminium oxide powder with 0.5 MPa bar pressure at 10 mm distance for 5 s and ultrasonically cleaned in distilled water for 10 min.

After the specimens were dry, opaque stickers with central holes (3 mm in diameter) were positioned on the prepared surfaces. The specimens were randomly divided into four groups according to surface treatment agents as follows: 1- SBU; 2, 3, 4 - three different metal primers: Cesead N™ Opaque Primer (CN, Kuraray, Osaka, Japan), Z-Prime™ Plus (ZP, Bisco, Schuamburg, IL, USA) and Alloy Primer (AP, Kuraray, Osaka, Japan). After surface treatment following manufacturers' instructions, each metal specimen group was divided into two subgroups according to polymerization mode: light-cure and

dual-cure mode. Before the luting process, the bond surfaces of the resin composite rods were sandblasted with 50 µm aluminium oxide powder with 0.25 MPa bar pressure at 10 mm distance for 5 s, then ultrasonically cleaned in distilled water for 10 min, coated with silane coupling agent (RelyX Ceramic Primer, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) for 60 s and air-dried. In light-cure mode, prepared translucent resin composite rods (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), 3 mm in diameter and 2 mm height, were bonded with Rely X Ultimate resin cement on the treated base metal alloy specimens and light-cured from 5 directions for 20 s each (LED Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

In dual-cure mode, resin composite rods were made opaque with metal tape on axial and top surfaces to prevent light transmission. Then they were luted with the same resin cement, light-cured from the top for 20 s and kept in a dark box for 6 min. A constant 1 Kg load was used on each rod and excess cement was removed with a microbrush before light-curing. After polymerization, all specimens were stored in distilled water at 37°C in a dark chamber for 24 h. The materials used in this study are shown in Table 1.^(13,15-19) A diagram of the experimental groups is given in Figure 1.



รูปที่ 1 แผนผังการแบ่งกลุ่มการทดลอง

Figure 1 Summary of methods of each experimental group.

ตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา^(13,15-19)

Table 1 Study materials^(13,15-19)

Product names and manufacturers	Composition	Application procedure	Batch number
Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	MDP, Bis-GMA, HEMA, decamethylene DMA, ethanol, water, silane, 2-propenoic acid, -methyl-, reaction products with 1,10-decanediol and phosphorous oxide, copolymer of acrylic and itaconic acid, dimethylamino-benzoate (-4), camphorquinone, (dimethyl-amino) ethyl methacrylate	1. Apply adhesive 2. Allow to react for 20s 3. Gentle stream of air dry for 5s	620467
Cesead™ N Opaque Primer (Kuraray Co., Osaka, Japan)	MDP	1. Apply to surface with disposable brush 2. Leave for 30s	4F0020
Z-Prime™ Plus (Bisco, Inc., Schuamburg, IL, USA)	MDP, BPDm, HEMA, Bis-GMA, Ethanol	1. Apply 1-2 coats 2. Dry with air syringe for 3-5s	1600007704
Alloy Primer (Kuraray Co., Osaka, Japan)	MDP, VBATDT	1. Apply alloy primer with sponge 2. Leave to dry	A50077
Rely X Ceramic Primer (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	Ethyl alcohol, water, methacryloxypropyl-trimethoxysilane	1. Apply for 60s 2. Dry with oil free air	N759704
Rely X Ultimate (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	Base: Silane treated glass powder, 2-propenoic acid, 2-methyl-, 1,1-[1-(hydroxymethyl)-1, 2-ethanediyl] ester, reaction products with 2-hydroxy-1,3-pro-panediyl DMA and phosphorus oxide, TEGDMA, oxide glass chemicals, sodium persulfate, tert-butyl peroxy-3,5,5-trimethyl-hexanoate, copper (II) acetate monohydrate Catalyst: Silane treated glass powder, substituted DMA, 1,12-dodecane DMA, silane treated silica, 1-benzyl-5-phenyl- barbic-acid, calcium salt, sodium p-toluenesulfinate, 2-propenoic acid, 2-methyl-, [(3-metoxypopyl) imino] di-2,1-ethanediyl ester, calcium hydroxide, titanium dioxide	1. Mixing cement on mixing pad for 10s 2. Apply thin layer on bond surface 3. Light cure for 20s per surface* (* Self curing setting time after mixing is 6 mins)	628651

Abbreviations: MDP: 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate; Bis-GMA: 2,2-bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)phenyl]propane; DMA: dimethacrylate; BPDm: adduct of 2-hydroxyethyl-methacrylate and 3,4,4,5 biphenyltetracarboxylicanhydride; VBATDT: 6-(4-vinylbenzyl-n-propyl) amino-1,3,5-triazine-2, 4-dithione; TEGDMA: triethyleneglycol dimethacrylate.

Shear bond strength test

After storage, the specimens in each group (n = 10) were tested for shear bond strength using a universal testing machine (Instron 5566 Universal Testing Machine, Instron Engineering Corporation, Norwood, MN, USA). The load was applied to the adhesive interface at a constant crosshead speed of 0.5 mm/min until failure occurred. The shear bond strength (MPa) was calculated from failure load. After the shear bond strength test, the fractured surfaces were examined using an invert phase contrast microscope (Olympus, Tokyo, Japan) at 40x magnification to determine the failure modes, which were defined as: adhesive failure between metal and resin cement, adhesive failure between resin composite rod and resin cement, cohesive failure in resin cement, and mixed failure if the fracture occurred on both metal surface and resin cement.

Statistical analysis

The means of shear bond strength of each curing mode group were statistically analyzed separately using One-Way ANOVA and Tukey multiple comparison test as independent factors. A paired t-test was used to compare the means of shear bond strength of the two different polymerization modes of each surface treatment agent. Statistical analysis

was performed using SPSS software (SPSS version 17.0 for Windows, IBM, Chicago, IL, USA) at a significance level of 0.05.

Scanning electron microscope (SEM) examination

A further eight bonded specimens with the different surface treatment agents and curing modes were longitudinally sectioned to study the interfaces between the base metal alloy and the resin cement. A scanning electron microscope (SEM, JSM-5910 LV, JOEL, Tokyo, Japan) at 2,000x magnification was used to examine the interfaces.

Results

Shear bond strength test

The results are presented in Table 2. In light-cure mode, the mean shear bond strength of SBU was the highest but not significantly different from CN and ZP ($p>0.05$). The mean shear bond strength of AP was significantly lower than SBU ($p<0.05$) but not different from CN and ZP ($p>0.05$). In dual-cure mode, the mean shear bond strengths of all four surface treatment agents were not significantly different ($p>0.05$).

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลอง

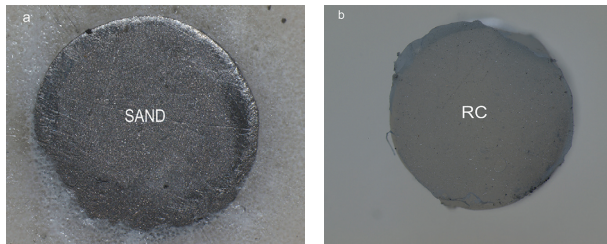
Table 2 Means and standard deviations of shear bond strength from each experimental group.

Groups	Mean shear bond strength (MPa)		t-test (sig.)
	Light-cured mode (L)	Dual-cured mode (D)	
Single Bond Universal Adhesive (SBU)	23.69 + 3.30 ^A	19.79 + 3.78 ^a	0.024*
Cesead TM N Opaque Primer (CN)	19.93 + 3.22 ^{AB}	19.11 + 3.26 ^a	0.578
Z-Prime TM Plus (ZP)	20.23 + 2.59 ^{AB}	19.35 + 2.04 ^a	0.411
Alloy Primer (AP)	17.65 + 3.40 ^B	16.92 + 3.46 ^a	0.641

Any significant difference is represented by different letters in columns ($p<0.05$).

The paired t-test analysis showed that the mean shear bond strength of SBU in the dual-cure mode was significantly lower than that in the light-cure mode ($p < 0.05$), while there were no significant differences between the light-cure and the dual-cure modes in the three metal primer groups ($p > 0.05$).

Adhesive failure between metal and resin cement, and mixed failure were found as shown in Figure 2 and 3. Figure 4 is a percentage diagram of failure modes of each experimental group. After using Chi-square test, no relationship was found between failure mode and mean shear bond strength.

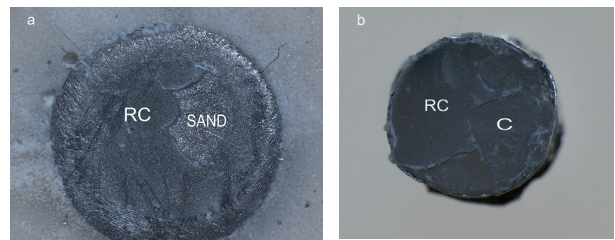


รูปที่ 2 ความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างพื้นผิวของชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ a: พื้นผิวด้านชิ้นงานโลหะ b: พื้นผิวด้านแท่งคอมโพสิต (SAND: พื้นผิวโลหะที่มีรอยเป่าทราย RC: เรซินซีเมนต์)

Figure 2 Adhesive failure between base metal alloy specimen and resin cement; a: base metal surface and b: the resin composite rod surface. (SAND: a sandblasted base metal alloy specimen, RC: resin cement)

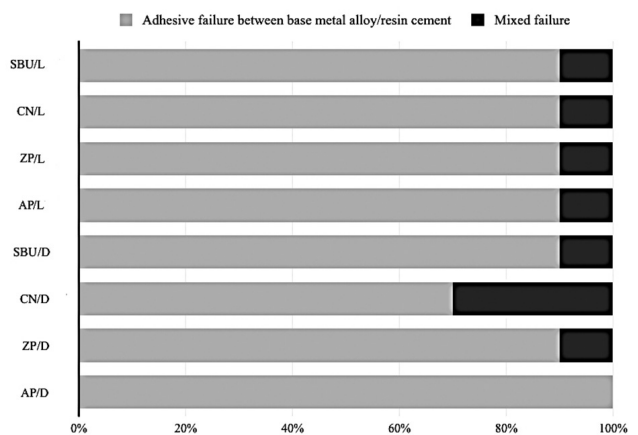
Scanning electron microscope (SEM) examination

Figure 5 shows SEM images at the interface area of the base metal alloy and the resin cement with four surface treatment agents in light-cure and dual-cure modes of eight experimental groups. For SBU in light cure mode (Figure 5a), the adhesive layer can be seen prominently.



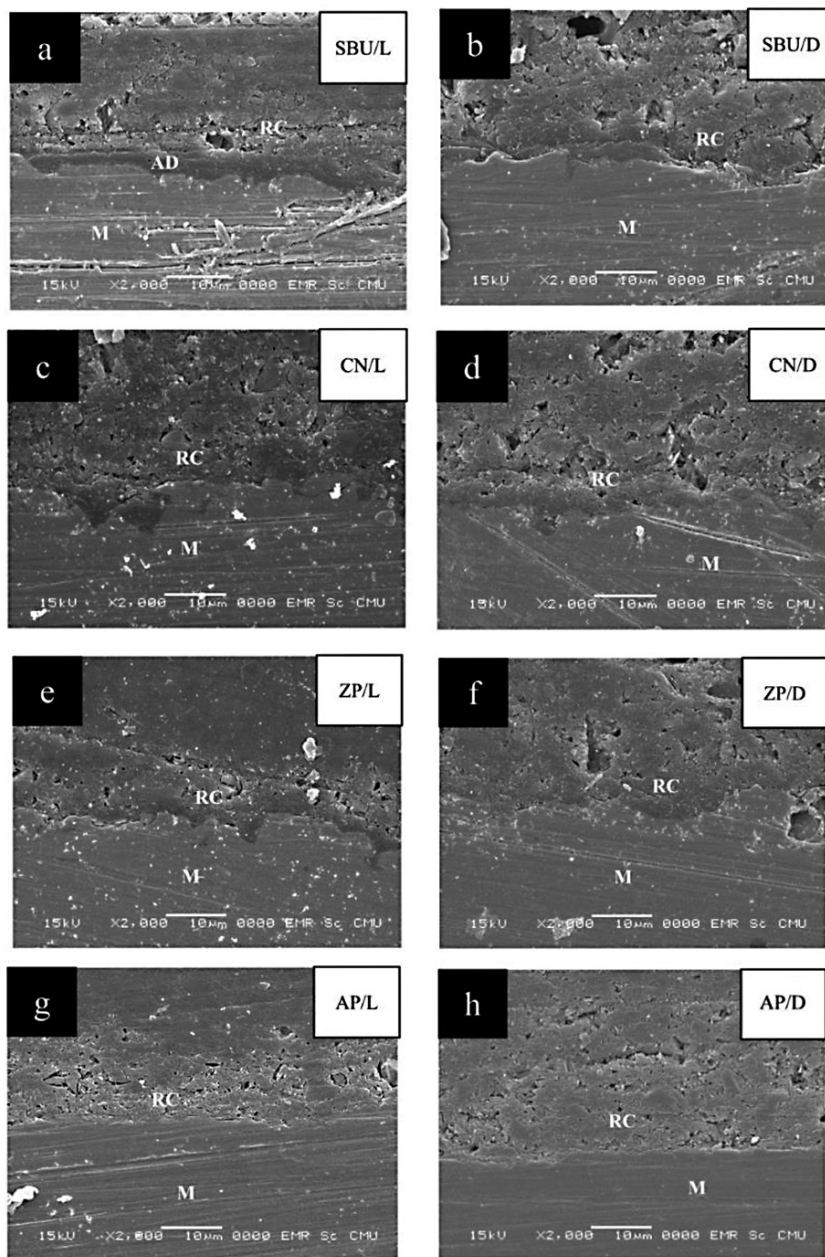
รูปที่ 3 ความล้มเหลวแบบผสม a: พื้นผิวด้านชิ้นงานโลหะ b: พื้นผิวด้านแท่งคอมโพสิต (SAND: พื้นผิวโลหะที่มีรอยเป่าทราย RC: เรซินซีเมนต์ C: แท่งเรซินคอมโพสิต)

Figure 3 Mixed failure; a: base metal surface and b: resin composite rod surface. (SAND: a sandblasted base metal alloy specimen, RC: resin cement, C: resin composite rod)



รูปที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงความล้มเหลวของแต่ละกลุ่มการทดลอง

Figure 4 Proportions of modes of failure in each experimental group



รูปที่ 5 ภาพบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐานและแท่งเรซินคอมโพสิตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 2000 เท่า a. กลุ่มที่ใช้สารยึดติดเชิงเกลือบอนด์ยูนิเวอร์แซลที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสง (SBU/L) b. กลุ่มที่ใช้สารยึดติดเชิงเกลือบอนด์ยูนิเวอร์แซลที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี (SBU/D) c. กลุ่มที่ใช้ซีลิสต์เอ็นโอเพกไพรเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสง (CN/L) d. กลุ่มที่ใช้ซีลิสต์เอ็นโอเพกไพรเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี (CN/D) e. กลุ่มที่ใช้ซัดไพรม์พลัสที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสง (ZP/L) f. กลุ่มที่ใช้ซัดไพรม์พลัสที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี (ZP/D) g. กลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไพรเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสง (AP/L) h. กลุ่มที่ใช้อัลลอยด์ไพรเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเคมี (AP/D) (M; ชิ้นงานโลหะ RC; เรซินซีเมนต์ AD; ชั้นสารยึดติด)

Figure 5 SEM images of interface area (magnification x 2000) a. Specimen of Single Bond Universal Adhesive and light-cured group. (SBU/L) b. Specimen of Single Bond Universal and dual-cured group. (SBU/D) c. Specimen of Cesead™ N Opaque Primer and light-cured group. (CN/L) d. Specimen of Cesead™ N Opaque Primer and dual-cured group. (CN/D) e. Specimen of Z-Prime™ Plus and light-cured group. (ZP/L) f. Specimen of Z-Prime™ Plus and dual-cured group. (ZP/D) g. Specimen of Alloy Primer and light-cured group. (AP/L) h. Specimen of Alloy Primer and dual-cured group. (AP/D) (M; base metal alloy specimen, RC; resin cement, AD; adhesive layer)

Discussion

The versatility of universal adhesives is attractive to clinicians for use in both dentin and indirect restorations, in part because they are claimed to be able to increase the bond strength on base metal alloys without prior use of metal primers before cementation. The results in this study support this claim, showing that, in light-cure mode, the mean bond strength of SBU was not significantly different from CN and ZP, and was higher than for AP.

This seems to be due to the MDP component of both CN and ZP metal primers. CN contains MDP while ZP contains MDP and BPDM (an adduct of 2-hydroxyethyl-methacrylate and 3,4,4,5 biphenyl tetracarboxylic anhydride).

MDP is a phosphoric acid monomer and consists of three components that function differently: the methacryloyl, dihydrogen phosphate, and decyl groups. The methacryloyl group is indispensable to copolymerize the MDP monomers in the primer and the matrix monomers in the resin cement. The dihydrogen phosphate group chemically bonds to metal oxides. The decyl group prevents penetration of water into the adhesive interface, either reducing or retarding hydrolysis.^(5,20-24)

BPDM is a carboxylic acid monomer which can also bond with metal oxides.⁽²⁵⁾ The bonding mechanism of both MDP and BPDM monomers increases the bond strength between metal oxide and resin cements.^(26,27)

The resultant chemical bonds between the primers/adhesives and zirconia (ZrO_2) have been characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS).⁽²⁸⁾ XPS determined the chemical bonds between MDP and zirconia while FTIR showed similar shifts in characteristic phosphate peaks for all the primer and/or adhesive groups. A reflection

Fourier-transform infrared microscopy (RFTIRM) study showed that Z-Prime Plus induced phosphate and carboxylate salt formation on zirconia, promoting chemical adhesion to resin.⁽²⁶⁾

In this study, bond strength in the SBU group was found to be not significantly different from CN and ZP groups, which showed that the MDP in SBU was chemically as effective as those two metal primers. This result is similar to studies^(18,28) which reported that MDP-containing adhesives (SBU, All-Bond Universal Adhesive (Bisco, Inc., Schaumburg, IL, USA) and Clearfil Universal Bond™ (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan)) were as effective as Z-Prime Plus in promoting adhesion between resin and zirconia.

Moreover, in this study, the bond strength of SBU group is significantly higher than the AP group in light-cure mode despite AP's MDP content. Fonseca, *et al.*⁽²⁹⁾ and Di Francescantonio, *et al.*⁽³⁰⁾ presented similar results using AP as a primer on base metal alloys. The composition of AP is MDP and VBATDT (6-(4-vinylbenzyl-η-propyl) amino-1,3,5-triazine-2,4-dithione) monomers and it was speculated that the monomer VBATDT could have interfered in the reaction between the MDP monomer in the primer and the metal oxides.⁽²⁹⁾ Most of the failure modes were adhesive failure, indicating that the weakest link could be in the layer of oxides, even though the statistical analysis did not find any relationship between bond strength and failure modes.

Kim, *et al.*⁽¹⁵⁾ showed that bond strength with SBU surface treatment on zirconia was better than with AP treatment. The authors surmised that the low viscosity resin monomer in SBU, increasing the adaptability of the resin cement on the metal rough surface, along with co-polymerization of SBU and resin cement, increased the bond strength compared with AP on zirconia. HEMA (2-hydroxyethyl meth-

acrylate), the low viscosity hydrophilic resin in SBU and ZP, presented good adaptability on resin ceramic bond.⁽³¹⁾ Furthermore, wettability is promoted by silane contained in SBU increased bond strength on zirconia cementation.⁽³²⁻³⁴⁾

In the present study, the smoother interfaces with fewer gaps between the base metal and the adhesive/resin cement could be seen on the SEM images of SBU/L and ZP/L in Figure 5a, 5e, compared with AP/L. Despite the indication of AP for noble and base metal alloys, the use of this metal primer on the latter requires further investigation.

Concerning light-cure and dual-cure modes, the current study found no significant difference in the three metal primer groups, due to the use of Rely X Ultimate, a dual-cure resin cement, containing both light- and chemical-curing initiators. Other studies have also shown that the degree of conversion of dual-cure resin cements in light-cure and dual-cure polymerization were not different.^(35,36)

Nevertheless, in this study, the mean shear bond strength of SBU in dual-cure mode was significantly lower than in light-cure mode. While other studies have shown the same effectiveness for MDP-containing adhesives as with metal primers on zirconia^(18,26,28,32), light-cure was used after adhesive application and before resin composites/resin cements were used. In this study, there was no light-curing on the adhesive before cementation process.

Normally, the polymerization reaction of SBU is light-cured, but the manufacturer suggests using this adhesive with Rely X Ultimate resin cement without light-curing the adhesive prior to the luting process, claiming that added dark cure activator in the resin cement would initiate adhesive polymerization reaction during cementation.

The results of this study suggest that the dark cure activator in this resin cement did not seem to be fully effective in activating adhesive polymerization in dual-cure mode. Some studies have presented similar results, that without proper light-curing of the adhesive, the dark cure activator in the resin cement was not sufficient for purely chemical polymerization.⁽³⁷⁻³⁹⁾

Lühr, *et al's* SEM images of the interface between dentin and adhesive/resin cement bonded to A3 colour, 3 mm thick resin-composite blocks without light-curing adhesive prior to bonding process, with and without light-curing after cementation, showed porosity in the adhesive layer and provided low microtensile bond strength.⁽³⁷⁾ This could be from incompletely-cured adhesive layer underneath the thick, non-translucent resin-composite blocks in dual-cure mode.

A similar result was shown in this study. The SEM image of the interface between base metal alloy and adhesive/resin cement in the dual-cure SBU group, in which opaque resin-composite blocks were used, presented few gaps (Figure 5b), while the interface of the light-cure SBU group using translucent blocks showed smoother bonded surfaces between metal and adhesive/resin cement, as in Figure 5a.

Better bond strengths are presented when dual-cure resin cements are used in cementing base metal alloy indirect restorations with light-cure process around the restoration margin, to initiate polymerization reaction, followed by chemical-cure reaction, rather than with only chemical-cure process.^(38,40)

Even though the bond strength of SBU in dual-cure mode in this study is lower than SBU in light-cure mode, it is not significantly different from the

three metal primer groups in dual-cure mode. Therefore the SBU adhesive could be suggested for clinical use to increase bond strength on base metal alloy restorations with Rely X Ultimate resin cement, instead of metal primers. Further study of the effects of long term storage should be investigated to determine durability of bond strength.

Conclusions

Within the limit of this study, SBU adhesive could be used as a metal primer on base metal alloy indirect restorations when luting with Rely X Ultimate resin cement, despite a decrease in efficiency of SBU in dual-cure mode.

Conflict of interest statement

The authors declare no conflicts of interest in this study.

Acknowledgements

The study was supported with a grant from the Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Thailand. The authors thank NU-DENT Co., LTD. for donating materials, Acteon (Thailand) and 3M (Thailand) for providing reduced-price materials, and Michael Barraclough for language editing.

References

1. Sunico-Segarra M, Segarra A. *A practical clinical guide to resin cements*. Berlin: Springer; 2015: 9-22.
2. Shafiei F, Behroozibakhsh M, Abbasian A, Shahnavaazi S. Bond strength of self-adhesive resin cement to base metal alloys having different surface treatments. *Dent Res J (Isfahan)* 2018; 15(1): 63-70.
3. Sarafianou A, Seimenis I, Papadopoulos T. Effectiveness of different adhesive primers on the bond strength between an indirect composite resin and a base metal alloy. *J Prosthet Dent* 2008; 99(5): 377-387.
4. Almilhatti HJ, Giampaolo ET, Vergani CE, Machado AL, Pavarina AC, Betiol EA. Adhesive bonding of resin composite to various Ni-Cr alloy surfaces using different metal conditioners and a surface modification system. *J Prosthodont* 2009; 18(8): 663-669.
5. Güler U, Bek B, Koprülü H, Güler E. Shear bond strength between base metal alloy and restorative materials cemented with adhesive resin: effect of base metal surface treatment and restorative material. *J Hacet Fac Dent* 2005; 29(9): 8-15.
6. Pazinato FB, Lopes FA, Marquezini Junior L, de Castro FL, Atta MT. Effect of surface treatments on the spreading velocity of simplified adhesive systems. *J Appl Ora Sci* 2006; 14(6): 393-398.
7. Yoshida K, Atsuta M. Effect of adhesive primers for noble metals on shear bond strengths of resin cements. *J Dent* 1997; 25(1): 53-58.
8. Yoshida K, Kamada K, Atsuta M. Adhesive primers for bonding cobalt-chromium alloy to resin. *J Oral Rehabil* 1999; 26(6): 475-478.
9. 3M.com. Technical product profile Scotchbond™ Universal Adhesive, <http://multimedia.3m.com/mws/media/7547510/scotchbond-universal-adhesive-technical-product-profile.pdf>; 2015 [accessed 22 November 2015].
10. Elsayed A, Younes F, Lehmann F, Kern M. Tensile bond strength of so-called universal primers and universal multimode adhesives to zirconia and lithium disilicate ceramics. *J Adhes Dent* 2017; 19(3): 221-228.

11. Moro AFV, Ramos AB, Rocha GM, Perez CDR. Effect of prior silane application on the bond strength of a universal adhesive to a lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent* 2017; 118(5): 666-671.
12. Yao C, Zhou L, Yang H, et al. Effect of silane pretreatment on the immediate bonding of universal adhesives to computer-aided design/computer-aided manufacturing lithium disilicate glass ceramics. *Eur J Oral Sci* 2017; 125(2): 173-180.
13. Sukprapaporn C, Kanjantra P. Effect of silane coupling agent in universal adhesive agent on shear bond strength between resin composite and lithium disilicate. *CM Dent J* 2017; 38(2): 111-126. (in Thai)
14. Argen.com. Argen N.P. (special) alloys, <https://www.argen.com/store/categories/15>; 2016 [accessed 22 November 2016].
15. Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent* 2015; 40(1): 55-62.
16. Özcan M, Nijhuis H, Valandro LF. Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dent Mater* 2008; 27(1): 99-104.
17. Chen L, Shen H, Suh BI. Effect of incorporating Bis GMA resin on the bonding properties of silane and zirconia primers. *J Prosthet Dent* 2013; 110(5): 402-407.
18. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent* 2014; 112(2): 182-187.
19. Kim RJ, Woo J, Lee I, Yi YA, Hwang JY, Seo DG. Performance of universal adhesives on bonding to leucite-reinforced ceramic. *Biomater Res* 2015; 19(1): 1-6.
20. Sirimongkolwattana S. Metal adhesive primer. *CM Dent J* 2005; 26(1-2): 73-82. (in Thai)
21. Yoshida K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M. Effect of adhesive metal primers on bonding a prosthetic composite resin to metals. *J Prosthet Dent* 1993; 69(4): 357-362.
22. Taira Y, Yanagida H, Matsumura H, Yoshida K, Atsuta M, Suzuki S. Adhesive bonding of titanium with a thione-phosphate dual functional primer and self-curing luting agents. *Eur J Oral Sci* 2000; 108(5): 456-460.
23. Yanagida H, Matsumura H, Atsuta M. Bonding of prosthetic composite material to Ti-6Al-7Nb alloy with eight metal conditioners and a surface modification technique. *Am J Dent* 2001; 14(5): 291-294.
24. Bulbul M, Kesim B. The effect of primers on shear bond strength of acrylic resins to different types of metals. *J Prosthet Dent* 2010; 103(5): 303-308.
25. Bisco.com. Z-PRIME™ PLUS brochure, http://www.bisco.com/assets/1/22/Z_Prime_Plus_Brochure2.pdf; 2016 [accessed 5 November 2016].
26. Pilo R, Kaitsas V, Zinelis S, Eliades G. Interaction of zirconia primers with yttria-stabilized zirconia surfaces. *Dent Mater* 2016; 32(3): 353-362.
27. Yoshida K, Taira Y, Sawase T, Atsuta M. Effects of adhesive primers on bond strength of self-curing resin to cobalt-chromium alloy. *J Prosthet Dent* 1997; 77(6): 617-620.

28. Xie H, Li Q, Zhang F, et al. Comparison of resin bonding improvements to zirconia between one-bottle universal adhesives and tribochemical silica coating, which is better? *Dent Mater* 2016; 32(3): 403-411.
29. Fonseca RG, de Almeida JG, Haneda IG, Adabo GL. Effect of metal primers on bond strength of resin cements to base metals. *J Prosthet Dent* 2009; 101(4): 262-268.
30. Di Francescantonio M, de Oliveira MT, Garcia RN, Romanini JC, da Silva NR, Giannini M. Bond strength of resin cements to Co-Cr and Ni-Cr metal alloys using adhesive primers. *J Prosthodont* 2010; 19(2): 125-129.
31. El Zohairy AA, De Gee AJ, Hassan FM, Feizer AJ. The effect of adhesives with various degrees of hydrophilicity on resin ceramic bond durability. *Dent Mater* 2004; 20(8): 778-787.
32. Kim MJ, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Shear bond strengths of various luting cements to zirconia ceramic: surface chemical aspects. *J Dent* 2011; 39(11): 795-803.
33. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998; 14(1): 64-71.
34. Kaimal A, Ramdev P, Shruthi CS. Evaluation of effect of zirconia surface treatment, using plasma of argon and silane, on the shear bond strength of two composite resin cements. *J Clin Diagn R* 2017; 11(8): 39-43.
35. Moraes RR, Brandt WC, Naves LZ, Correr-Sobrinho L, Piva E. Light and time-dependent polymerization of dual-cured resin luting agent beneath ceramic. *Acta Odontol Scand* 2008; 66(5): 257-261.
36. Mendes LC, Matos IC, Miranda MS, Benzi MR. Dual-curing, self-adhesive resin cement: influence of the polymerization modes on the degree of conversion and microhardness. *Mat Res* 2010; 13(2): 171-176.
37. Lührs AK, Pongprueksa P, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Curing mode affects bond strength of adhesively luted composite CAD/CAM restorations to dentin. *Dent Mater* 2014; 30(3): 281-291.
38. Suphaphawanit S, Kanjantra P, Thong-ngarm W. Effect of dark cure activators in resin cements on shear bond strength of self-etch adhesives. *CM Dent J* 2017; 38(1): 49-62. (in Thai)
39. Faria-e-Silva AL, Casselli DS, Lima GS, Ogliari FA, Piva E, Martins LR. Kinetics of conversion of two dual-cured adhesive systems. *J Endod* 2008; 34(9): 1115-1118.
40. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent* 2009; 101(2): 128-136.

เปิดบริการ



ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรม

โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ให้บริการถ่ายภาพรังสี ทางทันตกรรม (เอกซเรย์) แก่ผู้ป่วยทั้งใน-นอกเวลาราชการ

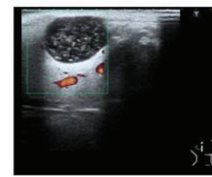
▶ บริการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมทั่วไป (ชนิดภาพรังสีนอกช่องปาก) ด้วยระบบดิจิทัล (Digital Radiograph)



Panoramic



▶ การตรวจด้วยอัลตราซาวด์ (บริเวณขากรรไกร-ใบหน้า)

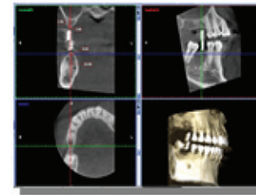


Ultrasound



Cephalometric

▶ ภาพถ่ายรังสีโคนบีมซีที (Cone beam CT : CBCT) ด้วยเครื่องถ่ายภาพซึ่งเป็นเทคโนโลยีอันทันสมัย สามารถแสดงภาพของฟัน กระดูกขากรรไกรและใบหน้า ได้ในหลายระนาบและสร้างเป็นภาพสามมิติ พร้อมรายงานผลอ่านภาพโดยทันตแพทย์เฉพาะทาง



การวางแผนเพื่อฝังรากเทียม

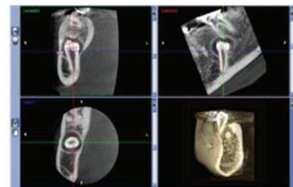


PA

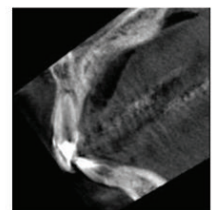
เปิดให้บริการ

จันทร์-ศุกร์ : เวลา 09.00 - 20.00 น.

เสาร์-อาทิตย์ : เวลา 09.00 - 16.00 น.

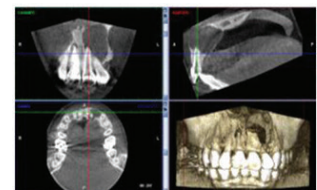


ระบุตำแหน่งของฟันฝังชุด



การตรวจการแตกหักของรากฟัน

ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรม โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ ม.ช.
ตั้งอยู่ชั้น 1 อาคาร 6 (ติดห้องเอกซเรย์เบอร์ 2)



การตรวจรอยโรคของฟันและกระดูก

ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรมเป็นสถานพยาบาลของทางราชการ สามารถเบิกค่ารักษาพยาบาลจากทางราชการได้ตามระเบียบกระทรวงการคลัง