บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การพัฒนาระบบครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนมีความก้าวหน้าขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยทั้งด้านความสวยงามและความคงทนในการใช้งาน ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบด้านสบฟันของครอบฟันเป็นพอร์ซเลนทั้งหมด แต่ปัญหาที่ตามมาคือพบว่ามีการแตกของพอร์ซเลนบริเวณสันริมฟันเมื่อได้รับแรงจากการบดเคี้ยวและการใช้งานนอกหน้าที่ ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อศึกษาความต้านทานต่อการแตกหักของครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนบนรากเทียมซึ่งกำหนดให้มีขนาดเท่ากับฟันหลังบนที่มีความสูง 7.5 ม.ม.และมีการออกแบบส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณสันริมฟันที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ กลุ่มที่ไม่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันมีเพียงแถบโลหะ 0.5 ม.ม. (สัดส่วนความสูงร้อยละ 6.6 เมื่อเทียบกับความสูงครอบฟัน) และมีพอร์ซเลนหนา 7 ม.ม. กลุ่มที่มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. (สัดส่วนความสูงร้อยละ 33.3 เมื่อเทียบกับความสูงครอบฟัน) และมีพอร์ซเลนหนา 5 ม.ม. กลุ่มที่มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันสูง 4 ม.ม. (สัดส่วนความสูงร้อยละ 53.3 เมื่อเทียบกับความสูงครอบฟัน) และมีพอร์ซเลนหนา 3.5 ม.ม. และกลุ่มที่มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันสูง 5.5 ม.ม. (สัดส่วนความสูงร้อยละ 73.3 เมื่อเทียบกับความสูงครอบฟัน) และมีพอร์ซเลนหนา 2 ม.ม. เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้ทางคลินิก

จากการศึกษานี้พบว่าครอบฟันที่มีการออกแบบต่างกันทั้ง 4 แบบมีค่าความต้านทานต่อการแตกหักของพอร์ซเลนแตกต่างกัน โดยในกลุ่มที่ไม่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน (957.33 ± 134.15 N) และ กลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน สูง 2.5 ม.ม. (1035.03 ± 95.19 N) จะมีค่าความต้านทานต่อการแตกหักต่ำกว่า กลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน สูง 4 ม.ม. (1450.734 ± 90.47 N) และกลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน 5.5 ม.ม. (1586.18 ± 101.67 N) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ในกลุ่มที่ไม่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟัน 2.5 ม.ม. และ กลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันสูง 4 ม.ม. เมื่อเทียบกับ กลุ่มที่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันสูง 5.5 ม.ม. มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เหตุผลที่น่าจะอธิบายผลการศึกษานี้ได้ คือ ความแข็งแรงของวัสดุบูรณะโลหะเคลือบเซรามิกจะมีความสัมพันธ์กับการออกแบบโครงโลหะ โดยพอร์ซเลนจะต้องได้รับการรองรับจากโครงโลหะอย่างเพียงพอ จึงจะทำให้พอร์ซเลนมีความแข็งแรงที่เหมาะสม เนื่องจากพอร์ซเลนที่ปราศจากการรองรับจากโครง

โลหะเมื่อได้รับแรงจะมีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกหัก ซึ่งการออกแบบโครงโลหะในการศึกษานี้จะเกี่ยวข้องกับรูปร่างของโครงโลหะที่รองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันและความหนาของพอร์ซเลน (Straussberg,1966 ; Stein,1977; McLean,1980; Miller,1983; Lau,1986; Jarvis ,1977; Andresson,1994 ; Lund,1992)

การออกแบบรูปร่างของโครงโลหะจะมีความสำคัญ เนื่องจากพอร์ซเลนจะล้มเหลวด้วยแรงเฉือนเมื่อกดให้แรงด้วยแรงเค้นอัด (Craig,1971; Nally,1971; Farah และCraig,1975; Marker,1986) โดยวัสดุภายใต้การกดจะแสดงรูปแบบ รัศมีวิถีโคจรของ ความเค้นเฉือน(Isochromatic shearing stress trajectories radiating) กระจายออกจากจุดกดให้แรง ซึ่งวิถีโคจรของความเค้นนี้ถูกพบโดย Farah และCraig ในปี 1975 และWapreeha และ Goodkind ในปี 1976 และ Marker ในปี 1986 โดยจะแสดงทิศทางของความเค้นเฉือนที่เริ่มจากจุดกดให้แรงช่วงแรกเป็นความเค้นอัดแต่เมื่อขยายออกมาในแนวเฉียงจะเป็นความเค้นเฉือน และวิถีโคจรของความเค้นเฉือนจะตัดขวางกันเมื่อเส้นเอียงทำมุม 45 องศา สร้างเป็นเครือข่ายของเส้นโค้ง ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาประกอบการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มที่มีการออกแบบให้มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 5.5 และ 4 มม. ซึ่งจะทำให้พอร์ซเลนมีความหนาเพียง 2 และ 3.5 ม.ม. ตามลำดับ จะสามารถยับยั้งการโคจรของความเค้นให้ความเค้นภายในพอร์ซเลนเป็นเพียงความเค้นอัดไม่กระจายเป็นความเค้นเฉือน ในขณะที่กลุ่มที่มีการออกแบบให้มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 2.5 มม. และกลุ่มที่ไม่มีส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟัน ซึ่งจะทำให้พอร์ซเลนหนาถึง 5 และ 7 ม.ม. ตามลำดับ จึงทำให้เกิดการโคจรของความเค้นเป็นความเค้นเฉือนในพอร์ซเลน

อีกเหตุผลหนึ่งอาจเป็นผลมาจาก กลุ่มที่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. และกลุ่มที่ไม่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟันจะได้รับผลจากระดับความเค้นที่หลงเหลืออยู่ (residual stress) ในพอร์ซเลนอันเป็นผลเนื่องมาจากความหนาของพอร์ซเลนที่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟัน สูง 4 และ 5.5 ม.ม. ซึ่งความเค้นที่หลงเหลืออยู่ในพอร์ซเลนอาจจะเป็นผลได้จากการไม่เข้ากันของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของโลหะและพอร์ซเลน (Anuasavice,1989) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ โลหะและพอร์ซเลนที่ใช้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนแตกต่างกัน 0.5-1x10^{-6}/°C ซึ่งถือว่าเหมาะสมแต่หากพอร์ซเลนมีความหนาเพิ่มขึ้นก็อาจจะมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนเช่นกัน (Bertolotti,1980 ;Shell,1962 ;McLean,1983 ;Weiss,1977 ;Anusavice,1989 ;Rekhson,1977 ;Derand,1981)

รวมไปถึงเหตุผลของการเพิ่มขึ้นของปริมาณรอยร้าว รอยแตกขนาดเล็ก และฟองอากาศในเนื้อพอร์ซเลนในกลุ่มที่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม.และกลุ่มที่ไม่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟันเนื่องจากการที่มีความหนาของพอร์ซเลนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟัน สูง 4 และ 5.5 ม.ม. ซึ่ง

รอยร้าว รอยแตกขนาดเล็ก และฟองอากาศนี้จะเป็นที่สะสมของความเค้นเมื่อพอร์ซเลนได้รับแรงและความเค้นจะส่งผลให้เกิดการขยายตัวของรอยแตกอย่างช้าๆ (McLean,1983 ;Yamamoto,1989)

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบโครงโลหะที่รองรับพอร์ซเลนบริเวณด้านประชิดฟัน เนื่องมาจากบริเวณสันริมฟันที่ไม่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดจะเป็นจุดที่พอร์ซเลนอ่อนแอ เพราะมีความหนาของพอร์ซเลนมากเกิน เมื่อได้รับความเค้นจากแรงบดเคี้ยว จะมีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกด้วยความเค้นเฉือน (Bell,1983) ซึ่งการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณด้านประชิดฟันจะช่วยให้การรองรับแก่พอร์ซเลนบริเวณสันริมฟัน ซึ่งได้รับความเค้นจากแรงบดเคี้ยวและแรงจากการนอนกัดฟัน โดยในการศึกษานี้การออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณด้านประชิดฟัน ที่มีความสูง 5.5 ม.ม. มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมความหนาพอร์ซเลนบริเวณสันริมฟันให้มีความหนาในแนวดิ่งตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด คือไม่เกิน 2 ม.ม. ซึ่งค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลนในกลุ่มนี้มีค่าสูงสุดในการทดสอบ (1586.18 ± 101.67 N) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับกลุ่มที่ไม่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันและกลุ่มที่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. ในขณะที่กลุ่มที่มีความสูงของโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 4 ม.ม. ซึ่งจะมีความหนาของพอร์ซเลนในแนวดิ่ง 3.5 ม.ม. ค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลนในกลุ่มนี้ (1450.73 ± 90.47 N) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีโครงโลหะรองรับด้านประชิดฟันและมีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีความสูงโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 5.5 ม.ม. อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งส่งผลให้ทั้ง 2 กลุ่มนี้มีค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลนอยู่ในกลุ่มที่มีค่าค่อนข้างสูง ในขณะที่กลุ่มที่มีความสูงของโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟัน สูง 2.5 ม.ม.ซึ่งจะมีความหนาของพอร์ซเลนในแนวดิ่ง 5 ม.ม. มีค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลน (1035.03 ± 95.19 N) ต่ำกว่ากลุ่มที่มีความสูงของโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 4 ม.ม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟัน มีเพียงแถบโลหะ 0.5 ม.ม. ซึ่งจะมีความหนาของพอร์ซเลนในแนวดิ่ง 7 ม.ม. ที่จะมีค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลนต่ำสุด (957.33 ±134.15 N) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งส่งผลให้ 2 กลุ่มหลังนี้มีค่าความต้านการแตกหักของพอร์ซเลนอยู่ในกลุ่มที่มีค่าค่อนข้างต่ำ

เมื่อพิจารณารูปแบบการแตกของพอร์ซเลน จะพบการแตกภายในชั้นพอร์ซเลนเนื้อฟันหรือชั้นโอเพค (cohesive failure) เป็นส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีการออกแบบให้ไม่มีโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันและกลุ่มที่มีการออกแบบให้มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. โดยพบการแตกที่บริเวณรอยต่อของพอร์ซเลนกับผิวโลหะด้านข้างฟัน (axial wall) เพียงกลุ่มละ 1 ชิ้น ซึ่งคาดว่าเกิดจากการเชื่อมยึดระหว่างโลหะและพอร์ซเลนที่ไม่สมบูรณ์ในขั้นตอนการสร้างชิ้นงานครอบฟัน ในขณะที่จะ

พบการแตกภายในชั้นพอร์ซเลนร่วมกับการแตกที่รอยต่อของพอร์ซเลนและโลหะ (adhesive failure) ซึ่งเรียกว่าการแตกรูปแบบผสม (mixed mode) ในกลุ่มที่มีการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 4 และ5.5 ม.ม. โดยการแตกที่รอยต่อของพอร์ซเลนและโลหะมักจะพบที่บริเวณด้านบนของส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟัน ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Papazaglou ในปี 1996 ซึ่งพบมีรูปแบบการแตกทั้ง 2 แบบ ในการทดสอบการแตกหักของชิ้นงานโลหะเคลือบพอร์ซเลน

ลักษณะของรอยแตกพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยในกลุ่มที่ออกแบบให้ไม่มีโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนทางด้านประชิดฟัน และกลุ่มที่มีการออกแบบส่วนโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันสูง 2.5 ม.ม. จะมีลักษณะรอยแตกเริ่มจากหลุมทรงกลมบริเวณด้านสบฟันที่เป็นตำแหน่งกดให้แรง และแผ่ขยายออก (scatlered) เป็นรัศมี (radius) วงกว้างในเนื้อพอร์ซเลน ในขณะที่ กลุ่มที่มีการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟัน ทั้งความสูง 4 และ5.5 ม.ม.จะมีลักษณะรอยแตกเริ่มจากหลุมทรงกลมบริเวณด้านสบฟันที่เป็นตำแหน่งกดให้แรง และมีทิศทางขยายในแนวดิ่งไปสิ้นสุดที่ส่วนบนและด้านข้างของโลหะรองรับด้านประชิด (metal proximal strut) ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Mclean (1980) ที่ศึกษาความแข็งแรงของพอร์ซเลนพบว่าทำให้เกิด การแผ่ขยายของรอยแตกออก (scatlered) และการศึกษาของ Miller ในปี 1992 ที่พบลักษณะการแผ่ขยายขนาดกว้าง (wide scatler) ของรอยแตกจากจุดที่กดให้แรง และมีทิศทางขยายลงมาในแนวดิ่งตามทิศทางตัวครอบฟัน

สำหรับรูปแบบการดำเนินไปของรอยแตก (mode of failure) กลุ่มที่มีการออกแบบโครงโลหะรองรับด้านประชิดฟันที่มีความสูง 2.5 ม.ม. 4 ม.ม และ 5.5 ม.ม. พบลักษณะการแตกออกของชิ้นพอร์ซเลนทันทีโดยที่ไม่มีรอยร้าว (crazing) เป็นจุดเริ่มต้น แต่ในกลุ่มที่ไม่มีการออกแบบโลหะรองรับด้านประชิดฟันพบลักษณะการแตกผสมกันทั้งแบบ มีการเริ่มต้นด้วยรอยร้าว(crazing) แล้วตามด้วยการแตกออกของชิ้นพอร์ซเลน และแบบที่มีการแตกออกของชิ้นพอร์ซเลนทันที

แม้จะมีหลายวิธีที่ใช้ทดสอบ วัสดุบูรณะโลหะเคลือบเซรามิก ทั้ง 3-point bending , 4-point bending, biaxial flexure ซึ่งการทดสอบแรงดัด (flexural test) มักจะนำไปสู่การแตกหักแบบร่วมกันทั้งในเนื้อพอร์ซเลนและที่รอยต่อระหว่างโลหะและพอร์ซเลน (Anusavice,1980; Schaffer,1982; Lorenzona,1990; Hellkimo,1978; Edword,1983; Campbell,1989; Brackett,1989; Morena,1986; Miller,1992; Torrado2003) แต่มีนักวิจัยหลายท่านที่สร้างชิ้นงานทดสอบเป็นครอบฟันแล้วทดสอบความต้านทานการแตก ซึ่งจะแสดงถึงสภาพที่แท้จริงของส่วนประกอบของฟันปลอม ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ torrado ในปี 2003 ที่พบการแตกหักทั้งในเนื้อพอร์ซเลนอย่างเดียวหรือพบร่วมกับการแตกที่รอยต่อของโลหะและพอร์ซเลน (Miller,1992; Barghi,1987; Munoz,1982; Graham,1984; Dickinson ,1989)

การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการสร้าง ชิ้นงานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลนที่มีมิติใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ (ฟันกรามบน) ซึ่งจะสอดคล้องกับข้อกำหนดของ British Ceramic Research Association

สำหรับทดสอบวัสดุบูรณะโลหะเคลือบเซรามิก ในปี 1971 ซึ่งกำหนดว่า ชิ้นงานทดสอบจะต้องมีขนาดเหมือนกับครอบฟันในคลินิก และชิ้นงานทดสอบจะต้องสร้างตามวิธีสร้างงานที่ใช้ในคลินิกจริง และสอดคล้องกับข้อตกลงของ American Dental Association ในปี 1981 ที่สรุปว่ายังไม่มีการทดสอบมาตรฐานในห้องทดลองใดที่จะใช้ทำนายพฤติกรรมทางคลินิกได้อย่างถูกต้อง

ชิ้นงานครอบฟันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะด้านสบฟันเรียบปราศจากปุ่มฟันที่มีความสูงชันเพื่อความสะดวกในการเตรียมชิ้นงานและจะทำให้เกิดการสะสมของความเค้นสูงสุดที่พื้นผิวด้านใน ซึ่งจะสามารถแสดงความสัมพันธ์กับจุดที่มีการกดให้แรงได้ชัดเจน รวมถึงการสร้างชิ้นงานครอบฟันในการศึกษานี้ได้ออกแบบให้มีขั้นตอนเหมือนกับครอบฟันที่สร้างโดยแลปทันตกรรมในการใช้งานในคลินิกจริง (แต่งขี้ผึ้ง , เหวี่ยงโลหะ , เคลือบพอร์เลน)

การศึกษานี้ใช้วิธีการสร้างครอบฟัน โดยการแต่งขี้ผึ้งครอบฟันเต็มซี่แล้วคัตแบคเทคนิค เพื่อให้ได้ความหนาของโครงโลหะที่เหมาะสมซึ่งเป็นการควบคุมความหนาพอร์ซเลนให้มีความหนา 1.5 ม.ม. ในทุกบริเวณยกเว้นความหนาในแนวดิ่งของด้านประชิดฟัน ซึ่งมีความจำเป็นในงานครอบฟันบนรากเทียม เนื่องจาก ฟันหลักรากเทียมจะมีขนาดเล็กกว่าฟันหลักธรรมชาติ มีองศาการสอบเข้ามากกว่า ความสูงน้อยกว่าและไม่ได้มีรูปร่างตามรูปร่างภายนอกของครอบฟัน ซึ่งจะทำให้มีช่องว่างของโลหะและพอร์ซเลนวีเนียร์ในครอบฟันมากกว่าครอบฟันบนฟันธรรมชาติ และส่งผลให้มีความจำเป็นในการออกแบบโครงโลหะให้มีการรองรับอย่างเพียงพอในทุกบริเวณ

โลหะที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ Noritake super alloy EX-3 (Novodent) ซึ่งมีเหตุผล คือ เป็นกลุ่มโลหะนิกเกิลโครเมียม มีราคาที่ถูกและคงที่แตกต่างจากกลุ่มโลหะมีสกุล จึงเป็นโลหะที่ได้รับความนิยมใช้งานแพร่หลายในประเทศไทย รวมถึงมีความแข็งแรงและแข็งตึงสูง มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อยเมื่อได้รับแรงและยังเป็นโลหะที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตัวเหมาะสมกับพอร์ซเลนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ Super porcelain EX-3 (Noritake,Novodent)

การศึกษานี้ในขณะสร้างครอบฟันออกแบบให้มีสัมผัสประชิดทั้งด้านใกล้กลางและไกลกลางแต่ในการทดสอบกดให้แรงจะถอดสัมผัสประชิดด้านที่ทดสอบออกเพื่อป้องกันปัจจัยในเรื่องการช่วยต้านแรงจากสัมผัสประชิด ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนด้านประชิดฟันได้อย่างชัดเจน และยังสามารถเป็นการจำลองถึงกรณีที่ฟันกรามบนซี่ที่รับแรงเป็นฟันซี่สุดท้ายซึ่งมีสัมผัสประชิดเพียงด้านเดียว

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกด(Cross head speed) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 1 ม.ม./ นาที เหตุผลเพื่อให้เกิดการกระจายแรงเมื่อทำการกดให้แรงผ่านพอร์ซเลน เพราะถ้าความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดเร็วกว่านี้ ค่าแรงในการทำให้ครอบฟันแตกจะมีค่าที่สูงมากเกินจริง

การศึกษานี้พยายามจำลองมาจากสภาพคลินิกจริง แต่ การทดสอบโดยการกดชิ้นงานครอบฟันที่แห้งให้แตกด้วยแรงเพียงครั้งเดียว (single catastrophic load) จะมีความแตกต่างไปจากความล้มเหลวเมื่อได้รับแรงในคลินิก ซึ่งครอบฟันจะได้รับแรงในลักษณะเป็นวัฏจักรและยาวนานรวมทั้งมีสภาพแวดล้อมที่มีน้ำลาย ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการสึกกร่อนขึ้นภายในพอร์ซเลน ส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง จากการทดลองของ Drummond ในปี 1990 พบว่า โมดูลัสแตกร้าว (modulus of rupture) ของชิ้นงานพอร์ซเลนมีค่าลดลงเมื่อชิ้นงานผ่านการทำให้เสื่อมอายุ (Aged) และทดสอบในน้ำ แต่ขัดแย้งกับการทดสอบของ Delong ในปี 1984 ซึ่งรายงานว่าไม่พบความแตกต่างของความแข็งแรงในการเชื่อมยึดของโลหะเคลือบเซรามิก เมื่อทดสอบชิ้นงานที่ผ่านการสึกกร่อนเมื่อแช่น้ำและการรับแรงในลักษณะวัฏจักร

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ทำให้การศึกษานี้ไม่สามารถเป็นตัวแทนของการรับแรงทางคลินิกได้ทั้งหมดและค่าความต้านทานการแตกหักของพอร์ซเลนที่ได้ไม่อาจนำไปอ้างอิงในทางคลินิกได้ แต่ผลการศึกษานี้อาจนำไปใช้ประโยชน์ในการดูแนวโน้มเปรียบเทียบได้

จากการศึกษาครั้งนี้ผู้เขียนจึงขอนำเสนอความคิดเห็นและข้อแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันของครอบฟันรากเทียม ดังนี้ คือ เนื่องจากครอบฟันรากเทียมจะมีช่องว่างของครอบฟันมากกว่าครอบฟันที่ยึดบนฟันธรรมชาติ ดังนั้นการออกแบบโครงโลหะรองรับพอร์ซเลนบริเวณประชิดฟันจึงมีความสำคัญโดยควรจะมีความสูงเพียงพอที่จะควบคุมความหนาของพอร์ซเลนบริเวณสันริมฟันในแนวดิ่งให้มีความหนาไม่เกิน 2 - 3.5 ม.ม. เพราะถ้าหากพอร์ซเลนบริเวณสันริมฟันที่ปราศจากการรองรับจากโลหะมีความหนามากจะเกิดการแตกหักได้ง่ายเมื่อรับแรงในคลินิก

การศึกษาครั้งนี้จะครอบคลุมเฉพาะฟันหลักยึดรากเทียมและซีเมนต์ที่ใช้ยึดเพียงชนิดเดียวรวมทั้งยังปราศจากสัมผัสประชิดด้านที่ได้รับแรงดังนั้นจึงควรมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบฟันหลักยึดรากเทียมและซีเมนต์ชนิดต่างๆ องศาของมุมจากรากเทียมไปยังบริเวณคอฟันปลอม รวมทั้งผลจากสัมผัสประชิดด้านข้าง รวมถึงควรมีการศึกษารูปแบบการกระจายของแรงและความเค้นบริเวณด้านประชิดฟันของครอบฟันรากเทียมเมื่อได้รับแรง ต่อไปอีกด้วย