

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

การประเมินความแข็งแรงของวัสดุสำหรับบูรณะฟันนั้น สามารถประเมินเบื้องต้นได้จาก ค่ากลสมบัติ (Mechanical properties) โดยสามารถทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆ⁸⁵⁻⁸⁷ ซึ่งกำหนดวิธีการทดสอบจากลักษณะของชิ้นตัวอย่างที่มีการจัดเตรียมในรูปทรงเรขาคณิต การทดสอบในลักษณะนี้สามารถบอกถึงความแข็งแรงของวัสดุในเบื้องต้นและยังใช้เปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างวัสดุแต่ละชนิดได้ การทดสอบชิ้นตัวอย่างอินซีแรมโดยวิธีดังกล่าวพบว่าให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเซรามิกส่วนใหญ่ในปัจจุบัน^{11,34,38} แต่การทดสอบวัสดุที่จะนำไปใช้งานในการทำครอบฟันหรือสะพานฟัน ชิ้นตัวอย่างจะถูกจัดเตรียมในรูปทรงของครอบฟันซึ่งมีลักษณะซับซ้อน ปัจจัยต่างๆในช่องปาก เช่น ความจำกัดในการกรัดตัดเนื้อฟันอันจะมีผลต่อความหนาของครอบฟัน, ปริมาณและทิศทางของแรงบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นซึ่งล้วนมีผลต่อกลสมบัติและการเลือกใช้วัสดุทั้งสิ้น การทดสอบโดยการจำลองลักษณะการใช้งานในทางคลินิกจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินความเหมาะสมของวัสดุที่จะเลือกใช้ในการบูรณะฟันด้วยการครอบฟัน ในการทดลองนี้จะจำลองลักษณะของครอบฟันแบบต่างๆ ทิศทางและตำแหน่งของแรงบดเคี้ยวกระทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม แม้ในทางคลินิกลักษณะการใช้งานของฟันหน้าอาจมีความแตกต่างกับการทดลองบ้าง แต่ผลที่ได้ก็สามารถบอกถึงอัตราความเสี่ยงในการแตกร้าวของครอบฟันที่มีการออกแบบต่างๆ เมื่อนำไปใช้งาน

การใช้แม่แบบฟันเป็นโลหะผสมโครบอลต์โครเมียม

การเลือกแม่แบบฟันโลหะ แทนการใช้ฟันธรรมชาติช่วยให้สามารถควบคุมขนาดและรูปร่างของของแม่แบบฟันได้ดีกว่า นอกจากนี้ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในแต่ละชิ้นตัวอย่างก็สามารถจัดเตรียมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และเหมือนกันในแต่ละชิ้นตัวอย่าง ในขณะที่การเตรียมแม่แบบจากฟันธรรมชาติจะมีปัจจัยที่ควบคุมได้ยากกว่าเนื่องจากความแตกต่างในองค์ประกอบของเนื้อฟัน, เคลือบฟัน, ความเปราะ, อายุและวิธีการเก็บรักษาก่อนนำมาทดสอบ ซึ่งจะมีผลต่อขั้นตอนและค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง

การเลือกใช้วัสดุที่จะเป็นแม่แบบนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของแม่แบบที่อาจเกิดการแตกร้าวหรือเปลี่ยนรูปก่อนการแตกของครอบฟันอินซีแรมได้ เมื่อพิจารณาค่าโมดูลัส

ความยืดหยุ่นของวัสดุต่างๆจากตารางที่ 5.1 พบว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของทั้งเนื้อฟัน, อะคริลิกเรซินหรือคอมโพสิตเรซินก็ล้วนแต่มีค่าต่ำกว่าเฟลด์สพาทิกพอร์ซเลนทั้งสิ้น^{69,88,89} หากนำมาใช้เป็นแม่แบบอาจเกิดการแตกร้าวก่อนการแตกร้าวของครอบฟันได้ โลหะผสมโคบอลต์โครเมียมซึ่งมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงกว่าเฟลด์สพาทิกพอร์ซเลนที่จะใช้ทดสอบมาก ทำให้ผลการทดสอบมีการคลาดเคลื่อนจากการแตกร้าวหรือเปลี่ยนรูปของแม่แบบโลหะขณะที่ทำการทดสอบน้อย และจากรายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โลหะผสมซึ่งมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงเป็นแม่แบบสำหรับครอบฟันอินซีแรมหรือครอบฟันเซรามิกชนิดต่างๆ พบว่าสามารถใช้งานได้ดี โดยไม่มีการแตกหักเสียหายของแม่แบบฟันโลหะ^{90,91} อย่างไรก็ตามการใช้โลหะผสมโคบอลต์โครเมียมที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของโลหะที่ใช้มีค่าสูงกว่าฟันธรรมชาติมากอาจส่งผลให้ครอบฟันเซรามิกมีแรงต้านการแตกสูงขึ้นได้⁸⁹

วัสดุ	โมดูลัสความยืดหยุ่น (กิกะปาสคาล)
เนื้อฟัน	16.8
เคลือบฟัน	84.1
เรซินซีเมนต์พานาเวีย	6.0
เฟลด์สพาทิกพอร์ซเลน	69.0
โลหะผสมโคบอลต์โครเมียม	220
อะคริลิกเรซินสำหรับฐานฟันปลอม	2.65-2.94
คอมโพสิตเรซิน Herculite XR	9.44

ตารางที่ 5.1 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุชนิดต่างๆ
รวบรวมจาก Craig¹⁸, Stanford⁸⁸, Scherrer, และ Rijk⁸⁹

จากผลการทดลอง ค่าแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกร้าวของครอบฟันอินซีแรมซึ่งมีพอร์ซเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้น 1.0 มิลลิเมตรและ 0.3 มิลลิเมตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (789.82±67.74 และ 705.23±146.07นิวตัน ตามลำดับ) แต่มีค่ามากกว่าครอบฟันอินซีแรมกลุ่มที่

ไม่มีพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้น (524.06 ± 90.72 นิวตัน) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้รูปแบบการแตกก็มีความแตกต่างกันโดย ครอบฟันกลุ่มที่มีพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้นส่วนใหญ่จะมีการแตกทั้งชั้นของอินซีแรมและชั้นของพอร์ชเลนวีเนียร์ ในขณะที่ครอบฟันที่ไม่มีพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้นส่วนใหญ่มีการแตกเฉพาะในชั้นของพอร์ชเลนวีเนียร์

สาเหตุที่ครอบฟันซึ่งมีส่วนของพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้นมีความแข็งแรงกว่านั้น อาจมีสาเหตุมาจาก

1. ครอบฟันที่มีพอร์ชเลนวีเนียร์อยู่โดยรอบทั้งซี่ฟันหลังจากการเผาจะมีการหดตัวของพอร์ชเลนวีเนียร์ที่เคลือบทับอยู่โดยรอบ มีการอัดแน่น (Compression) ของเนื้อพอร์ชเลนในทุกทิศทางเข้าสู่แกน ทำให้แกนสามารถรองรับและเสริมความแข็งแรงให้พอร์ชเลนวีเนียร์ได้ดีกว่า ต่างกับกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีชั้นของพอร์ชเลนวีเนียร์คลุมอยู่เฉพาะด้านหน้า, ด้านประชิด, และด้านปลายฟันเท่านั้น สอดคล้องกับการออกแบบครอบฟันเซรามิกเชื่อมกับโลหะที่พบว่าหากออกแบบให้มีส่วนของพอร์ชเลนวีเนียร์เคลือบทับอยู่ทุกด้านของครอบฟัน จะทำให้ชั้นพอร์ชเลนวีเนียร์มีความแข็งแรง, มีการแตกร้าวหรือหลุดล่อนออกจากแกนโลหะได้ยากกว่าครอบฟันที่ไม่มีพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้น⁹²
2. บริเวณรอยต่อระหว่างอินซีแรมและพอร์ชเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้น เป็นจุดที่อาจมีความบกพร่องหรือรูพรุนอยู่ในเนื้อพอร์ชเลน ทำให้ง่ายต่อการขยายตัวรอยตำหนิเมื่อมีแรงมากกระทำ Yoshinari และ Derand⁹³ พบว่ามักจะมีรูพรุนเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นของอินซีแรมและพอร์ชเลนวีเนียร์และเป็นจุดเริ่มต้นของการแตกร้าวในครอบฟันอินซีแรม^{55,56} การออกแบบครอบฟันในกลุ่มที่ 3 จะมีบริเวณรอยต่อระหว่างอินซีแรมและพอร์ชเลนวีเนียร์อยู่ที่ผิวนอกของครอบฟัน ใกล้กับบริเวณที่ถูกกดในการทดสอบ ในขณะที่กลุ่มที่ 1 และ 2 ถูกคลุมทับด้วยพอร์ชเลนวีเนียร์โดยไม่ปรากฏรอยต่อบริเวณผิวนอก ครอบฟันกลุ่มที่ 3 จึงน่าจะมีจุดอ่อนที่บริเวณผิวนอกของครอบฟันในบริเวณนั้นมากกว่าครอบฟันอีก 2 กลุ่ม ส่งผลให้เกิดการแตกร้าวได้ง่ายกว่าเมื่อได้รับแรงกด

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การมีพอร์ชเลนเคลือบทับแกนอินซีแรมโดยรอบจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแข็งแรงของครอบฟัน แต่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความ

หนาของชั้นพอร์ซเลนวีเนียร์ทางด้านล้น 0.3 และ 1.0 มิลลิเมตรกับความแข็งแรงของครอบฟันอินซีแรม การที่ความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์ในระดับดังกล่าวไม่มีผลต่อแรงด้านการแตกของครอบฟันอินซีแรมอาจเนื่องมาจาก การแตกของครอบฟันอินซีแรมเกี่ยวข้องกับตำหนิหรือจุดบกพร่องที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นแกนอินซีแรมและพอร์ซเลนวีเนียร์ โดยเมื่อมีแรงกดที่ผิวนอกของครอบฟันก็จะส่งผลให้เกิดแรงดึงขึ้นที่ด้านในของครอบฟัน หากมีความบกพร่องหรือรูพรุนอยู่มากก็จะทำให้มีการขยายตัวและเกิดการแตกร้าวของครอบฟันได้โดยง่าย แต่การเปลี่ยนแปลงความหนาของพอร์ซเลนวีเนียร์ด้านล้นไม่มีผลต่อปริมาณตำหนิหรือจุดบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น จึงไม่ทำให้ความเสี่ยงของการแตกร้าวเปลี่ยนแปลงไป

Kanchanatawewat และคณะ⁴⁹ พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางของอินซีแรมและพอร์ซเลนวิตาดีวี-อัลฟาซึ่งใช้เป็นพอร์ซเลนวีเนียร์สำหรับครอบฟันอินซีแรมมีค่า 384.5 ± 40.01 และ 64.92 ± 10.32 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ หรืออินซีแรมมีความแข็งแรงมากกว่าพอร์ซเลนวีเนียร์มากกว่า 6 เท่า จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อมีแรงมากกระทำต่อครอบฟันอินซีแรมน่าจะเกิดการแตกร้าวในส่วนของพอร์ซเลนวีเนียร์ก่อนเนื่องจากมีความแข็งแรงต่ำกว่า และยังเป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกของครอบฟันซึ่งต้องสัมผัสกับแรงที่มากกระทำโดยตรง หรือหากครอบฟันมีการแตกร้าวในส่วนแกนอินซีแรมร่วมด้วยก็ควรจะมีค่าของแรงที่ทำให้เกิดการแตกร้าวสูงกว่ากรณีที่ครอบฟันมีการแตกเฉพาะพอร์ซเลนวีเนียร์ 5-6 เท่า แต่ในการทดลองนี้การแตกร้าวของครอบฟันทั้งสองแบบ คือการแตกร้าวเฉพาะชั้นพอร์ซเลนวีเนียร์มีค่าแตกต่างไม่ถึง 6 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีการแตกร้าวทั้งแกนอินซีแรมและชั้นพอร์ซเลนวีเนียร์ การที่ผลการทดลองเป็นอย่างนี้อาจมีสาเหตุมาจาก

1. พอร์ซเลนที่เชื่อมติดกับอินซีแรมมีความแข็งแรงมากกว่าปกติ โดยแกนอินซีแรมที่มีความแข็งแรงสูงจะทำหน้าที่คอยรองรับ (Support) ชั้นของพอร์ซเลนวีเนียร์ทำให้สามารถทนต่อการแตกร้าวได้ดีขึ้น เนื่องจากความสามารถในการต้านทานการแตกของพอร์ซเลนวีเนียร์ขึ้นอยู่กับความแข็ง (Rigidity) ของวัสดุที่รองรับ⁹⁴ Scherer, และ Rijk⁸⁹ ก็พบว่าครอบฟันที่ยึดอยู่กับวัสดุรองรับที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงจะมีความแข็งแรงมากกว่าเมื่อยึดอยู่กับวัสดุที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ
2. อินซีแรมที่เชื่อมติดกับพอร์ซเลนวีเนียร์เกิดการแตกร้าวได้ง่ายกว่าอินซีแรมตามปกติ White และคณะ⁵⁵ ทำการศึกษาและอธิบายว่าในขณะที่มีแรงกระทำต่อ

อินซีแรมที่เชื่อมติดกับพอร์ซเลนวีเนียร์ จะมีการแตกร้าวเกิดขึ้นในส่วนของพอร์ซเลนวีเนียร์ซึ่งมีความแข็งแรงต่ำกว่า จากนั้นรอยแตกที่เกิดขึ้นสามารถที่จะขยายต่อเข้าไปในชั้นอินซีแรมและทำให้เกิดการแตกร้าวของอินซีแรมได้โดยง่าย ทำให้มีค่าโมดูลัสของการแตก (Modulus of rupture) ต่ำกว่าอินซีแรมปกติ และจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อกดขึ้นอินซีแรมที่เชื่อมติดกับพอร์ซเลนวีเนียร์จากด้านชั้นอินซีแรมและเกิดแรงดึงขึ้นในชั้นของพอร์ซเลนวีเนียร์

สำหรับสาเหตุที่การแตกร้าวของครอบฟันกลุ่มในกลุ่มที่ 1. และ 2. ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นการแตกผ่านทั้งชั้นของอินซีแรมและชั้นของพอร์ซเลนวีเนียร์ แต่ครอบฟันในกลุ่มที่ 3. มักมีการแตกเฉพาะชั้นของพอร์ซเลนวีเนียร์นั้นอาจมีสาเหตุมาจากการมีพลังงานของรอยร้าวที่แตกต่างกัน โดยลักษณะของครอบฟันกลุ่มที่ 3. ซึ่งไม่มีพอร์ซเลนวีเนียร์ทางด้านลิ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการรองรับและเสริมความแข็งแรงจากแกนอินซีแรมที่มีต่อพอร์ซเลนวีเนียร์ลดลง และยังคงมีความบกพร่องหรือรูพรุนบริเวณผิวนอกของครอบฟันได้มากกว่าครอบฟันอีก 2 กลุ่ม จึงมีโอกาสเกิดการแตกร้าวได้โดยง่าย ดังนั้นรอยร้าวที่เกิดขึ้นในครอบฟันกลุ่มนี้จึงมักมีพลังงานต่ำ โอกาสที่จะขยายตัวเข้าไปในชั้นแกนอินซีแรมจึงลดลงไปด้วย ในขณะที่ครอบฟันกลุ่มที่ 1. และ 2. มีความแข็งแรงมากกว่า รอยร้าวที่เกิดขึ้นในครอบฟันเหล่านี้จะต้องมีพลังงานที่มากพอ และเนื่องจากพลังงานที่สูงกว่าของรอยร้าว จึงมีโอกาสที่จะขยายตัวไปทำให้เกิดการแตกร้าวของชั้นแกนอินซีแรมมากตามไปด้วย อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะครอบฟันกับลักษณะการแตกก็ยังคงต้องการการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

ในทางคลินิกการแตกร้าวของครอบฟันมักไม่ได้เกิดจากการที่มีแรงในปริมาณมาก ๆ มากระทำเพียงครั้งเดียว แต่เป็นแรงบดเคี้ยวซึ่งปกติมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ของพอร์ซเลน แต่แรงดังกล่าวซึ่งเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ส่งผลให้ครอบฟันเซรามิกมีความเครียดล้า (Fatigue stresses) และมีความแข็งแรงลดลง Yoshinari และ Derand⁹³ พบว่าความแข็งแรงของครอบฟันเซรามิกวีตาดีวัวร์-เอ็น (Vita-Dur N) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการได้รับแรง 30 ถึง 300 นิวตันกระทำซ้ำ ๆ 10000 ครั้ง นอกจากนี้สภาพการใช้งานของครอบฟันในช่องปากยังได้รับอิทธิพลจากความชื้น, การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดจนความเป็นกรดต่างของน้ำลาย Kern, Fechtig, และ Strub⁹⁵ พบว่าสะพานฟันอินซีแรมชนิดยึดติดด้วยเรซิน มีค่าความแข็งแรงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแช่อยู่ในสารละลายน้ำลายเทียมที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยค่าความแข็งแรงจะลดลงตามเวลาที่วัสดุแช่อยู่ในสารละลาย นอกจากนี้ยังได้สภาวะที่มีแรงบดเคี้ยว

และความชื้น แรงเครียดจากการบิดเคี้ยวสามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับเซรามิกที่บริเวณปลายของรอยแตก (Crack tip) หรือจุดบกพร่องของเซรามิก ก่อให้เกิดความล้าสถิต (Static fatigue) ในเซรามิกได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการพิจารณาถึงการใช้งานของวัสดุในทางทันตกรรมนอกจากพิจารณาถึงค่าความแข็งแรงของวัสดุที่ควรจะคำนึงถึงอิทธิพลของความเครียดล้าของวัสดุด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณแรงที่ได้จากการทดลองนี้สามารถใช้ทำนายความเสี่ยงต่อการแตกร้าวได้ โดยกลุ่มทดลองที่มีค่าแรงต้านการแตกต่ำกว่าย่อมมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการแตกร้าวของวัสดุ โดยเฉพาะกรณีที่มีอิทธิพลของความเครียดล้า, การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้นในสภาวะที่ครอบฟันอินซีแรมถูกใช้งานจริงในช่องปาก

นัยสำคัญทางคลินิก (Clinical significance)

การบูรณะฟันหน้าด้วยครอบฟันอินซีแรม สามารถเลือกใช้แทนครอบฟันเซรามิกเชื่อมกับโลหะในกรณีที่ต้องการความสวยงามหรือต้องการหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาของโลหะที่อาจมีต่อเนื้อเยื่อในผู้ป่วยไม่มีความผิดปกติของแรงบดเคี้ยวและสามารถกรอตัดเนื้อฟันเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับชั้นแกนอินซีแรมและชั้นของพอร์ซเลนวีเนียร์อย่างพอเพียง จากการทดลองนี้พบว่าครอบฟันอินซีแรมที่มีการกรอตัดเนื้อฟันทางด้านลิ้น 0.8 มิลลิเมตร มีแรงต้านการแตกไม่แตกต่างจากครอบฟันที่มีการกรอตัดเนื้อฟัน 1.5 มิลลิเมตร ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นการกรอตัดเนื้อฟันทางด้านลิ้นสำหรับครอบฟันอินซีแรมในฟันหน้าอาจไม่จำเป็นต้องกรอตัดเนื้อฟันมากถึง 1.2-1.5 มิลลิเมตรตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในทุกกรณี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย