บทความปริทัศน์
Review Article

ระบบแคดแคมทางทันตกรรมและการประยุกต์ใช้งานทางคลินิก

Dental CAD/CAM System and Clinical Applications

วรพงศ์ ลิชฌน์เศรษฐ์[1], บุญชัย เชาวน์ไกลวงศ์[2]
[1]โรงพยาบาลท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช
[2]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Worapong Sitchasect[1], Boonchai Chaoklaiwong[2]
[1]Thasala Hospital, Nakhon Si Thammarat
[2]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 256x; xx(x) : xx-xx
CM Dent J 201x; xx(x) : xx-xx

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับระบบแคดแคมและการใช้งานในผู้ป่วย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่นำมาใช้บูรณะช่องปากทางทันตกรรมประดิษฐ์ โดยมีวัสดุให้เลือกใช้ ได้แก่โลหะ คอมโพสิต และเซรามิกซึ่งได้รับความนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน ระบบแคดแคมทางทันตกรรมแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบผลิตชิ้นงานในสำนักงานหรือข้างเก้าอี้ ระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ และระบบผลิตชิ้นงานที่ศูนย์กลางการผลิต โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ เครื่องกราดวิเคราะห์ ส่วนชุดคำสั่งออกแบบและเครื่องมือ

Abstract

The objective of this article is to provide an overview of dental CAD/CAM system and clinical applications. As new technology and materials science have evolved, computers are increasingly becoming a part of dentistry and prosthodontics, such as CAD/CAM dentistry. There are materials for processing by CAD/CAM devices including metal, composite and ceramic. Depending on the location of the components of the CAD/CAM systems, three different production concepts are available; In-office/

Corresponding Author:

บุญชัย เชาวน์ไกลวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Boonchai Chaoklaiwong
Assistant Professor, Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai, 50200, Thailand
E-mail : ***boonchai.ch@cmu.ac.th***

ผลิตชิ้นงาน ในส่วนการใช้งานทางคลินิกนั้น พบว่าชิ้นงานบูรณะในระบบแคดแคมมีสมบัติเชิงกลที่สูง มีช่องว่างบริเวณขอบของชิ้นงานบูรณะกับฟันที่ยอมรับได้ อัตราความล้มเหลวต่ำและมีอายุการใช้งานยาวนาน อย่างไรก็ตามระบบแคดแคมมีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง และจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการสร้างชิ้นงาน

Chairside system, Laboratory based system and Milling center system. All CAD/CAM systems consist of three components include scanner, design software and production technology. In the clinical application, CAD/CAM generated dental restorations provide high mechanical properties and acceptable marginal gap. Low failure rate and high survival rate have also been reported. However, to date, the production of CAD/CAM systems require high investment and specialist training.

คำสำคัญ: ระบบแคดแคมทางทันตกรรม การประยุกต์ใช้ทางคลินิกของระบบแคดแคม

Keywords: dental CAD/CAM, clinical application of CAD/CAM

บทนำ

ระบบแคดแคมเป็นการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยสร้างชิ้นงานในงานทันตกรรมประดิษฐ์ ตั้งแต่การเก็บข้อมูลลอกเลียนรายละเอียดของฟันหลักโดยใช้เครื่องกราดวิเคราะห์ (scanner) ในการออกแบบชิ้นงาน การผลิตชิ้นงาน และได้ชิ้นงานออกมา

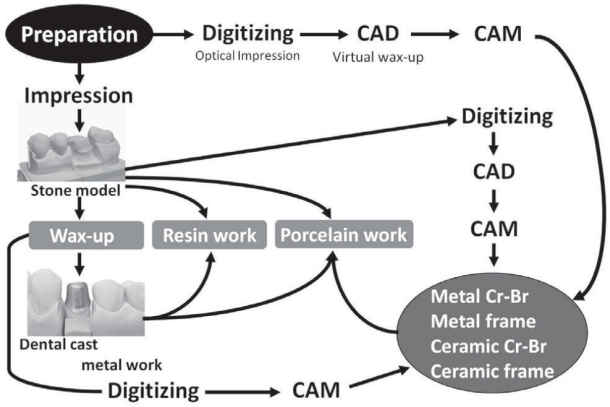
แคด (CAD - computer-aided design) เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลและออกแบบชิ้นงาน ส่วนแคม (CAM - computer-aided manufacturing) เป็นเครื่องสร้างชิ้นงาน โดยการกลึงวัสดุจนได้เป็นชิ้นงานออกมา

แคดแคมเข้ามามีบทบาทในงานทางทันตกรรม ได้แก่ ครอบฟันและสะพานฟัน (crown and bridge) รากเทียม (implant) อุดฝัง (inlay) อุดครอบ (onlay) ฟันเทียมบางส่วนถอดได้ (removable partial denture) วีเนียร์ (veneer) รวมไปถึงสิ่งประดิษฐ์ใบหน้าขากรรไกร (maxillofacial prosthesis)

การสร้างชิ้นงานบูรณะในระบบดั้งเดิม (conventional technique) จำเป็นต้องมีการพิมพ์ปาก เทแบบจำลองปลาสเตอร์หิน (stone model) และใช้การเหวี่ยงโลหะ แต่ระบบแคดแคมใช้การสแกนในช่องปากและการกลึงแทนดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งช่วยลดขั้นตอนความผิดพลาดจากการทำงานของมนุษย์ ลดกำลังคนในการปฏิบัติงาน มีความคุ้มค่าคุ้มทุนด้านราคา สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานและสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ป่วยได้ดีกว่าระบบดั้งเดิม[1]

ประวัติของแคดแคมทางทันตกรรม (History of dental CAD/CAM)[1]

ระบบแคดแคมได้ถูกเริ่มต้นคิดค้นขึ้นในปี 1950-1959 โดยกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา (US Air Force) ต่อมาในปี ค.ศ. 1957 Dr.Hanratty ซึ่งได้รับสมญานามเป็น “บิดาแห่งแคดแคม” เป็นผู้ก่อตั้งระบบพรอนโท (Pronto) และพัฒนามาใช้ทางการค้าเป็นครั้งแรก ต่อมาได้รับความนิยมและมีการพัฒนาอย่างจริงจังในปี 1980 โดย Dr.Mormann ได้พัฒนาระบบเซเรค (cerec) ซึ่งเป็นระบบแคดแคมแบบข้างเก้าอี้ (chair side) โดยวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถทำการรักษาฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นให้เสร็จในครั้งเดียว อย่างไรก็ตามยังมีการพัฒนาระบบโพรเซรา (procera) ซึ่งเป็นระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ (laboratory based system) นอกจากนี้ยังมีการคิดค้นแคดแคมในระบบอื่น ๆ อีกหลากหลายระบบออกมาอย่างต่อเนื่อง เช่น เซอร์คอน (cercon) เอเวอร์เรสต์ (everest) ลาวา (lava) ซีโนเทค (zeno tec) ลาวา เซอร์โคเนีย (lava zirconia) เป็นต้น รวมทั้งได้มีการพัฒนาใช้แคดแคมในการบูรณะวัสดุอุดฝังเพื่อความสวยงาม วีเนียร์ โครงโลหะ และครอบฟัน



รูปที่ 1 *กระบวนการทำดิจิตอลแคดแคมทางทันตกรรม*

Figure 1 *Dental digital CAD/CAM processing (Modified from Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J 2009; 28(1): 44-56.[1])*

โดยตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปี ค.ศ. 2007 พบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้แคดแคมเพื่อสร้างครอบฟันประมาณ 33 ล้านชิ้น ฟันเทียมบางส่วนติดแน่นประมาณ 10 ล้านชิ้น และวีเนียร์ประมาณ 3 ล้านชิ้น[1] และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้นจนถึงปัจจุบัน

ข้อดีของระบบแคดแคม

โดยปกติเซรามิก (ceramic) สำหรับบูรณะครอบฟันควรมีความหนา 1.5-2 มิลลิเมตร จึงจะแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงบดเคี้ยวได้โดยไม่แตกหัก แต่หากความหนานั้นน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร สามารถแก้ไขปัญหาการแตกหักของเซรามิกในตำแหน่งที่หนาไม่พอ โดยการเลือกใช้ระบบแคดแคมที่ใช้เซรามิกแบบแท่ง (ingot) แทนการใช้แบบผง ทำให้สามารถลดรูพรุน (porosity) ของวัสดุได้[1] อีกทั้งยังพบว่าระบบแคดแคมช่วยลดความผิดพลาดจากขั้นตอนการทำงานของมนุษย์ และสร้างความพึงพอใจให้ผู้ป่วยมากกว่าระบบดั้งเดิม[2] กรณีบูรณะด้วยวิธีผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ ทันตแพทย์สามารถควบคุมคุณภาพและสร้างชิ้นงานให้เสร็จสิ้นภายในครั้งเดียว ระบบแคดแคมสามารถควบคุมการหดตัว (shrinkage) ของชิ้นงานจากการใช้วัสดุในรูปแบบแท่ง ซึ่งหดตัวน้อยกว่าและราคาถูกกว่าเนื่องจากผลิตออกมาจำนวนมาก[3]

ข้อเสียของระบบแคดแคม

มีการศึกษาพบว่าชิ้นงานบูรณะที่ผลิตด้วยระบบแคดแคมมีปัญหาเกี่ยวกับความแนบสนิทบริเวณขอบและอาจเกิดจากการแตกหักหรือบิ่นของวัสดุ โดยเฉพาะบริเวณขอบ (margin)[4] อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Nakamura และคณะ[5] (2003) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความแนบสนิทบริเวณขอบระหว่างการสร้างชิ้นงานด้วยระบบแคดแคมเปรียบเทียบกับระบบดั้งเดิม นอกจากนี้การแตกบิ่นของวัสดุอาจเกิดจากกระบวนการกลึงที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของชิ้นงานและส่งผลทำให้สมบัติเชิงกล (mechanical properties) ของชิ้นงานลดลงเมื่อมีการใช้งานระยะยาว[6,7,8]

นอกจากปัญหาข้างต้นแล้ว ระบบแคดแคมยังมีต้นทุนที่สูงจึงต้องผลิตงานหลายชิ้นในคราวเดียวกันจึงจะคุ้มทุน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งานทางคลินิก รวมทั้งต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ปฏิบัติงาน ต้องมีการเรียนรู้การใช้ระบบ อีกทั้งยังพบปัญหาการถ่ายภาพสแกนในช่องปากที่ต้องอาศัยความแม่นยำสูง โดยในช่องปากจะมีน้ำลาย ลิ้น และริมฝีปาก ซึ่งเป็นอุปสรรคทำให้อาจจะไม่สามารถลอกเลียนรายละเอียดที่ต้องการได้ทั้งหมด[9]

วัสดุที่ใช้ในระบบแคดแคม (CAD/CAM materials)

1. โลหะ (metal)[9]

ในปัจจุบันมีการเลือกใช้โลหะไทเทเนียม (titanium) โลหะผสมไทเทเนียม (titanium alloy) โลหะผสมโครเมียมโคบอลต์ (chromium-cobalt alloy) ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถกลึงได้ แต่การใช้โลหะในระบบแคดแคมไม่ค่อยได้รับความนิยม เนื่องจากปัญหาเรื่องความสวยงามของตัวชิ้นงานที่มีสีไม่เหมือนฟันและราคาที่แพงของวัสดุ ตัวอย่างของโลหะที่ใช้ ได้แก่ โครอน (Coron-Straumann) เอเวอเรต ไบโอ ที แบลงก์ (Everest Bio T Blank)

2. วัสดุเรซิน (resin material)[9,10]

วัสดุเรซินที่นำมาใช้ในระบบแคดแคม ได้แก่ พาราไดซ์ เอ็มซี 100 (Paradigm MZ100) ซึ่งเป็นคอมโพสิตโพลิเมอร์ที่มีส่วนผสมของ Z100 และผ่านกระบวนการเพิ่มระดับการเชื่อมขวาง (degree of cross-linking) ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ ค.ศ. 2000 มีข้อดีคือใช้งานได้ง่าย สามารถกรอปรับแต่งในช่องปากได้ง่ายกว่าเซรามิก จึงนิยมใช้ผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ อย่างไรก็ตามวัสดุเรซินซึ่งมีความอ่อนไหวต่อความชื้นระหว่างทำงานที่มีการปนเปื้อนความชื้น ทำให้เกิดอาการเสียวฟันภายหลังการใช้งานโดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรก[10]

3. เซรามิก

3.1 กลาสเซรามิก (glass ceramic)

3.1.1. เฟลด์สปาร์ติกเซรามิก (feldspartic ceramic)

เซรามิกชนิดนี้มีส่วนประกอบหลักคือ เฟลสปาร์ ($KAlSi_3O_8$) ควอทซ์ (SiO_2) เคาโอลิน (kaolin) มีชื่อทางการค้าได้แก่ วีต้า มาร์ก ทู (Vita Mark II) ถูกสร้างขึ้นเมื่อประมาณ คศ. 1991 มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (flexural strength) ประมาณ 100-160 เมกกะปาสคาล มีลักษณะเป็นโมโนโครเมติก (monochromatic) คือมีรงคะ (chroma) เดียว แต่มีสี (hue) และค่าสี (value) หลากหลาย ซึ่งทำให้สามารถสร้างชิ้นงานที่สวยงามและคล้ายคลึงกับฟันธรรมชาติของผู้ป่วย จากการศึกษาทางคลินิกพบว่าวัสดุอุดฝังที่ใช้ วีต้า มาร์ก ทูจะมีอัตราการคงอยู่ (survival rate) ที่ร้อยละ 94.7, 90.6 และ 85.7 ภายหลังการใช้งาน 5, 8 และ 10 ปีตามลำดับ[11]

3.1.2. ไมกาเบสเซรามิก(mica-based ceramic)

เป็นวัสดุกลุ่มซิลิเกต (silicate) หรืออาจเรียกว่าฟิโลซิลิเกต (phyllosilicate) โดยจะมีส่วนประกอบของแร่ธาตุหลาย ๆ ชนิด ได้แก่ ซิลิกา โพแทสเซียม โซเดียม ฟลูออไรด์ ออกซิเจน เหล็ก และ อลูมิเนียม มีชื่อทางการค้า คือไดคอร์ เอ็มจีซี (Dicor-MGC) ซึ่งมีความแข็งแรงต่อการโค้งงอสูงถึง 229 เมกกะปาสคาล อย่างไรก็ตามจากการศึกษาหลังการใช้งานระยะเวลา 2 ปีพบว่า ไดคอร์ เอ็มจีซีมีการแตกหักสูงและเป็นวัสดุที่อยู่ในตลาดการค้าในระยะเวลาสั้น[11]

3.1.3. ลูไซต์เซรามิก (leucite ceramic)

ได้แก่ โพรแคด (ProCAD) เริ่มใช้งานเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1998 จากการศึกษาการใช้งานทางคลินิกพบรายงานอัตราการคงอยู่ของครอบฟันบางส่วน (partial crown) เท่ากับร้อยละ 100 ภายหลังการใช้งาน 2 ปี และยังมีรายงานการศึกษาในฟันกรามที่ได้รับการรักษาด้วยครอบฟันเซรามิกล้วน พบว่ามีอัตราการคงอยู่ร้อยละ 97 หลังการใช้งาน 3 ปี[11]

เอ็มเพรส แคด (Empress CAD) ได้ถูกนำมาใช้งานเมื่อ คศ. 2006 ซึ่งได้รับความนิยมมากกว่า โพรแคด โดยมีความแตกต่างกันคือมีลูไซต์เป็นส่วนประกอบร้อยละ 45 ซึ่งมีขนาดอนุภาคประมาณ 1–5 ไมโครเมตร ทำให้เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ เหมาะสำหรับการทำครอบฟัน

นอกจากนี้ยังมีวัสดุอื่นๆที่นิยมใช้ ได้แก่เอ็มเพรส แคด เอชที (Empress CAD HT) ซึ่งจะมีความโปร่งแสงสูง เหมาะกับการทำครอบฟันเดี่ยว เอ็มเพรส แคด แอลที เป็นวัสดุชนิดที่มีความโปร่งแสงต่ำ และเอ็มเพรส แคด มัลติ (Empress CAD Multi) ซึ่งจะมีคุณสมบัติเป็นสีพหุรงค์ (polychromatic) คือมีรงคะหลายระดับในชั้นเดียวกัน

3.1.4. ลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิก (lithium disilicate ceramic)

ลิเทียมไดซิลิเกตเป็นเซรามิกที่มีความแข็งแรงต่อการโค้งงอประมาณ 350-450 เมกกะปาสคาล ซึ่งสูงกว่าลูไซต์เซรามิก มีชื่อทางการค้าคืออีแมกซ์ แคด (E.max CAD) ถูกนำมาใช้ประมาณ คศ. 2006 จะมีสีให้เลือกจากกลุ่มสีเอ (A) ถึงกลุ่มสีดี (D) และมีระดับความโปร่งแสงเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มีเสถียรภาพเชิงกลสูง (mechanical stability) ซึ่งสามารถใช้ทำครอบฟัน ส่วนคลุม (coping) ทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง สะพานฟัน 3 หน่วยในฟันหน้าและฟันกรามน้อย

3.2 กลาสอินฟิลเตรทเซรามิก (glass infiltrated ceramic)

กลาสอินฟิลเตรทเซรามิก ได้แก่ผลึกอลูมินาซึ่งเป็นส่วนที่เป็นคริสตัลลีนเฟสแทรกช่องว่างระหว่างคริสตัลลีนเฟสด้วยแลนทานัมกลาส (lanthanum glass) มีการนำวัสดุดังกล่าวมาใช้ในระบบแคดแคมตั้งแต่ปี คศ. 1993 โดยสมบัติเชิงกลของวัสดุอินซีแรมอลูมินา (In-ceram alumina) อินซีแรมสปิเนล (In-ceram spinell) และอินซีแรมเซอร์โคเนีย(In-ceram zirconia) จะมีความแข็งแกร่งต่อการโค้งงอที่ประมาณ 450–600, 350 และ 700 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ[11]

อินซีแรมอลูมินาเหมาะแก่การใช้ทำส่วนคลุมและครอบฟันทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง สะพานฟัน 3 หน่วยในฟันหน้า

อินซีแรมเซอร์โคเนียเหมาะแก่การใช้ทำส่วนคลุมและครอบฟันทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง สะพานฟัน 3 หน่วยในฟันหน้าและฟันหลัง

อินซีแรมสปิเนลเป็นวัสดุที่มีความโปร่งแสงสูงที่สุด วัสดุประเภทนี้เหมาะแก่การใช้ทำส่วนคลุมและครอบฟันในฟันหน้าที่ต้องการความสวยงามสูง

3.3 โพลีคริสตัลลีนเซรามิก (polycrystalline ceramic)

3.3.1 อะลูมินาเซรามิก (alumina ceramic)

วัสดุดังกล่าวได้แก่ โพรเซรา อะลูมินา ใช้ทำส่วนคลุมทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง ครอบฟันและสะพานฟันในตำแหน่งฟันหน้า โพลีคริสตัลลีนเซรามิกที่นำมาใช้ในช่วงแรกมีสมบัติเชิงกลที่ดี แต่มีข้อเสียคือมีความทึบแสงสูง หากเปรียบเทียบความโปร่งแสงของวัสดุพบว่าโพรเซรามีความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง

เอ็มเพรส และ เอ็มเพรส 2 ซึ่งสามารถนำมาใช้ในผู้ป่วยที่ต้องการบูรณะฟันหน้าที่มีเนื้อฟันค่อนข้างทึบแสงได้ อัตราความสำเร็จ (success rate) ของโพรเซราอยู่ที่ร้อยละ 97 และ 93 ภายหลังการใช้งาน 5 ปี และ 10 ปีตามลำดับ โดยความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดการแตกหักของครอบฟันในฟันหลังโดยเฉพาะฟันกราม[11]

3.3.2 เซอร์โคเนียเซรามิก (zirconia ceramic)

เป็นวัสดุที่มีสมบัติเชิงกลดีมาก มีทั้งความทนแรงดัด (flexural strength) และความต้านการแตกหัก (fracture toughness) สูง มีคุณสมบัติทรานส์ฟอร์เมชันทัฟเทนนิง (transformation toughening) คือเปลี่ยนวัฏภาคจากเททระโกนัล (tetragonal) เป็นมอโนคลินิก (monoclinic) ทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น[13] ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นอย่างหนึ่งของเซอร์โคเนียเซรามิกเหมาะกับใช้ในการทำครอบฟัน ฟันเทียมบางส่วนติดแน่นและเหมาะกับรากฟันเทียมที่เป็นหลักยึดเดี่ยวและถ้ามีการเติมอิตเทรียมออกไซด์ 3 โมเลกุล ($3Y2O3$) จะช่วยป้องกันการลุกลามของรอยร้าว (crack) ที่เกิดขึ้นในเซรามิกได้ดีขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลาวา เซอร์คอน (Cercon) ดีซีเซอร์คอน (DC-Zircon) โพรเซรา เซอร์โคเนีย วีต้าวายแซดซีเรค (Vita YZ-Cerec)

ระบบแคดแคมทางทันตกรรม[14]

ระบบแคดแคมทางทันตกรรมแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ ระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ และระบบผลิตชิ้นงานที่ศูนย์กลางการผลิต

1. ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้

เป็นระบบแคดแคมที่ผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้โดยไม่ต้องส่งไปยังห้องปฏิบัติการ สามารถทำได้โดยใช้เครื่องสแกนถ่ายรูปในช่องปาก จากนั้นส่งข้อมูลเข้าระบบคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบชิ้นงานและเข้าเครื่องกลึงเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมา โดยผู้ป่วยมารับการรักษาทางทันตกรรมเพียงครั้งเดียว ระบบดังกล่าวได้แก่ซีเรค 2 (Cerec 2) ซีเรค 3 (Cerec 3) ซิโรนา (Sirona) ดีโฟร์ดีเทค (D4D tech) ลาวา ไอทีโร (iTero) เป็นต้น

ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้มีความแม่นยำสูง มีการศึกษาความแนบสนิทของซีเรค 2 ซึ่งต่อมามีการพัฒนาเป็นซีเรค 3 โดยบูรณะเป็นวัสดุอุดฝังและวัสดุอุดครอบพบว่ามีความแนบสนิทระหว่างเนื้อฟันและวัสดุบูรณะที่ 50 ไมโครเมตร[14] ซึ่งเป็นความแนบสนิทที่ยอมรับได้

เมื่อกล่าวถึงความสำเร็จของวัสดุที่สร้างโดยระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ พบว่าวัสดุซีเรคมีอัตราความสำเร็จร้อยละ 88.7 ภายหลังการใช้งาน 17 ปี มีชิ้นงานที่ล้มเหลว 21 ชิ้นงานจากทั้งหมด 187 ชิ้นงาน โดย 13 ชิ้นมีการแตกหักของเซรามิกซึ่งเป็นความล้มเหลวของชิ้นงานที่พบได้บ่อย[15] ในส่วนของการศึกษาวัสดุวีเนียร์พบว่ามีความสำเร็จสูง และมีผลลัพธ์ในการใช้งานทางคลินิกที่ดี โดยนำตัวอย่างวีเนียร์ 617 ชิ้นที่ผ่านการใช้งานนานกว่า 8 ปี พบว่ามีอัตราการคงอยู่สูงถึงร้อยละ 94 และมีการใช้งานทางคลินิกที่ยอมรับได้ถึงร้อยละ 98[16] สอดคล้องกับการศึกษาครอบฟันที่ใช้วัสดุซีเรค 3 ที่ผู้ป่วยกลับมาตรวจซ้ำในเวลา 1 ปีจำนวน 20 ชิ้นโดยไม่พบครอบฟันชิ้นใดล้มเหลวจากการแตกหักหรือมีการหลุดของครอบฟัน[17] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาครอบฟันที่ทำด้วยอินซีแรมสปิ-เนลจำนวน 19 ซี่ แบ่งเป็นฟันกรามน้อยจำนวน 4 ซี่และฟันกรามจำนวน 15 ซี่พบมีความสำเร็จสูงถึงร้อยละ 100 และครอบฟันที่ทำด้วยอินซีแรมอะลูมินาจำนวน 24 ซี่ แบ่งเป็นฟันกรามน้อยจำนวน 2 ซี่และฟันกรามจำนวน 22 ซี่พบความสำเร็จสูงถึงร้อยละ 92[18]

จากการศึกษาของ Güth J-F และคณะ[19](2013) เปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างการพิมพ์ปากด้วยวิธีดั้งเดิม ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ และ ระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ พบว่าการส่องกราดโดยตรงในช่องปากจะให้ความแม่นยำมากกว่า การส่องกราดจากแบบจำลองและการพิมพ์ปากด้วยวัสดุโพลีอีเทอร์

2. ระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ

ระบบนี้ทันตแพทย์จะใช้เครื่องสแกนถ่ายรูปในช่องปากจากนั้นส่งข้อมูลและรูปไปที่ห้องปฏิบัติการทำการออกแบบและเข้าเครื่องกลึงเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมา หรือทันตแพทย์พิมพ์ปากโดยวิธีดั้งเดิม จากนั้นส่งรอยพิมพ์ไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำแบบจำลองการทำงานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบและเข้าเครื่องกลึงเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมา ระบบดังกล่าวได้แก่ ซีแรค ดีซีเอสพรีซิเดนส์ (DCS Precident) เอเวอเรต (Everest) เซอร์คอน

นอกจากนี้ยังมีระบบผลิตชิ้นงานที่ศูนย์กลางการผลิตมีการเชื่อมต่อระหว่างห้องแลปทันตกรรมและศูนย์การผลิตผ่านอินเตอร์เน็ต โดยเมื่อทันตแพทย์กรอแต่งฟันหลักเรียบร้อยแล้วจะทำการสแกนถ่ายรูปในช่องปากหรือสแกนแบบจำลองการทำงาน หลังจากนั้นห้องปฏิบัติการจะส่งข้อมูลที่สแกนได้ผ่านอินเตอร์เน็ต เข้าสู่ศูนย์การผลิตเพื่อออกแบบและผลิตชิ้นงานออกมา เมื่อได้ชิ้นงานแล้วศูนย์กลางการผลิตจะส่งชิ้นงานกลับมายังห้องปฏิบัติการ ยี่ห้อที่ใช้ในระบบนี้ ได้แก่ โพรเซรา ลาวา เทอร์โบเดนส์

ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้ และระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกับระบบดั้งเดิม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *เปรียบเทียบระบบดั้งเดิม ผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ และผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้*

Table 1 *The comparison of conventional system, Laboratory based system and chairside system. (Modified from www.cadstar.org[URL of homepage on the internet].Santa Rosa: CADStar™ CEREC Training & Mentoring Center.Available from: HYPERLINK "http://www.cadstar.org/system/files/private/documents/CADStar%20Klim%20Innovation%20in%20Dentistry.pdf"http://www.cadstar.org/system/files/private/documents/CADStar%20Klim%20Innovation%20in%20Dentistry.pdf[14])*

หัวข้อ	ระบบดั้งเดิม	ระบบผลิตชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ	ระบบผลิตชิ้นงานข้างเก้าอี้
การจัดการเนื้อเยื่ออ่อน	✓	✓	✓
การพิมพ์ปาก	✓	✓ / ✗	✗
การสแกน	✗	✓	✓
การเทแบบจำลองช่องปาก	✓	✓ / ✗	✗
การกลึงโมเดล	✗	✓ / ✗	✗
การบูรณะชั่วคราว	✓	✓	✗
ผู้ป่วยมารักษาทันตกรรมเพียงครั้งเดียว	✗	✗	✓

ส่วนประกอบของระบบแคดแคม

ระบบแคดแคมได้รับการพัฒนาโดยเป็นระบบไมโครอิเล็กโทรนิก (microelectronic) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยให้ทันตแพทย์ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบหลักได้แก่ ฮาร์ดแวร์ (hardware) และซอฟต์แวร์ (software)

ฮาร์ดแวร์ เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูล (input unit) หน่วยประมวลผลกลาง (central processing unit-CPU) หน่วยแสดงผล (output unit) และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ (peripheral equipment)

ซอฟต์แวร์ เป็นโปรแกรมหรือชุดของคำสั่งที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงาน โดยระบบแคดแคมจะมีชุดคำสั่งออกแบบ (design software) เป็นโปรแกรมในการสร้างชิ้นงาน

ระบบแคดแคมสามารถแบ่งตามส่วนประกอบได้เป็น 3 ส่วน คือ เครื่องกราดวิเคราะห์ ชุดคำสั่งออกแบบ และเครื่องมือการผลิต (processing device)

1. เครื่องกราดวิเคราะห์[9,20]

เครื่องกราดวิเคราะห์ในทางทันตกรรม หมายถึง เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล 3 มิติของขากรรไกรและฟันแล้วแปลงเป็นข้อมูลดิจิตัลซึ่งมีสองลักษณะคือ เครื่องกราดวิเคราะห์เชิงกล (mechanical scanner) และเครื่องกราดวิเคราะห์เชิงแสง (optical scanner)

1.1 เครื่องกราดวิเคราะห์เชิงกล

เครื่องกราดวิเคราะห์เชิงกล แบบหล่อจะถูกกราดเส้นต่อเส้นจนทั่วด้วยหัวทับทิม (ruby ball) และเก็บรวบรวมข้อมูล 3 มิติโดยหัวกลึงที่เล็กที่สุดนั้นมีความแม่นยำสูง เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวทับทิมมีขนาดเล็กมาก ทำให้สามารถกราดวิเคราะห์วัสดุได้อย่างละเอียด แต่มีราคาแพงและใช้เวลานานจึงไม่ได้รับความนิยม

1.2 เครื่องกราดวิเคราะห์เชิงแสง

โดยมีแหล่งกำเนิดแสงเช่น เลเซอร์ แอลอีดี เป็นต้น และมีตัวรับสัญญาณที่มีระยะทางและมุมที่คงที่ ในการคำนวณระยะของจุดที่มีการสะท้อนแสงนั้น หากรู้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับสัญญาณทั้งระยะทางและมุม ทำให้ทราบตำแหน่งและลักษณะพื้นผิวของวัตถุในแต่ละจุด เมื่อนำทุกจุดมาเปรียบเทียบประกอบเข้าด้วยกันก็จะสร้างได้เป็นภาพ 3 มิติออกมา และเกิดเป็นรูปแบบของแสงสีขาว (white light projector pattern) ตัวอย่างของเครื่องกราดวิเคราะห์เชิงแสงแบบนี้ ได้แก่ ลาวาสแกนเอสที (Lava Scan ST) เอเวอเรต สแกน (Everest Scan) และ อีเอส 1 (ES-1) อย่างไรก็ตามหลักการนี้ต้องใช้เวลาในการทำงานนานจึงได้มีการคิดค้นหลักการอื่น ๆ ขึ้นเพื่อให้การกราดวิเคราะห์มีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น

ในช่วงเวลาต่อมาได้มีการคิดค้นพัฒนาหลักการการทำงานของเครื่องกราดวิเคราะห์เชิงแสง เช่น เอคทีฟเวฟฟรอนท์ แซมปริง (active wave front sampling) และพาราเรล คอนโฟคอล ไมโครสโคปี (parallelal confocal microscopy) มาพัฒนาให้มีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น ปัจจุบันจึงมีหลายบริษัทที่พยายามผลิตและพัฒนาเครื่องส่องกราดในช่องปากออกมาสู่ท้องตลาด

รูปที่ 2 *เครื่องกราดวิเคราะห์เชิงแสงในช่องปาก*

Figure 2 *Optical intra-oral scanner (Modified from Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J 2008; 204(9): 505-511.[9])*

2. ส่วนชุดคำสั่งออกแบบ

คือส่วนที่สามารถออกแบบชิ้นงานให้โดยอัตโนมัติ ทันตแพทย์จะสามารถตกแต่งแก้ไขลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน ซึ่งออกแบบได้ตั้งแต่วัสดุอุดฝัง อุดครอบ ครอบฟันซี่เดียวไปจนถึงสะพานฟันหลาย ๆ ซี่ แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต

ภายหลังจากการพิมพ์ปากด้วยเครื่องกราดวิเคราะห์แล้ว ทันตแพทย์สามารถใช้ชุดคำสั่งออกแบบชิ้นงานดังได้แก่ วิถีถอดใส่ชิ้นงาน (path of insertion) ขอบเขตของแนวสิ้นสุดได้ชัดเจน สามารถกำจัดส่วนคอด (undercut) ของฟันหลัก (abutment) และสร้างเค้ารูป (contour) ของครอบฟัน นอกจากนี้ยังมีแบบจำลองกลอุปกรณ์ขากรรไกร

เพื่อพิจารณาการสบฟันความสัมพันธ์ในศูนย์ (centric relation) ความสัมพันธ์นอกศูนย์ (eccentric relation) การสบฟันด้านใช้งาน (working occlusion) การสบฟันด้านดุล (balanced occlusion) และสิ่งกีดขวางการสบฟัน (occlusal interference) เป็นต้น

3. เครื่องมือการผลิต

เครื่องมือการผลิตชิ้นงาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด โดยข้อมูลชิ้นงานที่สร้างโดยชุดคำสั่งจะถูกส่งผ่านมายังเครื่องกลึงเพื่อสร้างเป็นชิ้นงาน โดยเครื่องมือผลิตทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกัน ได้แก่

3.1 เครื่องกลึงแบบ 3 แกน เป็นเครื่องมือที่มีองศาในการเคลื่อนไหวใน 3 มิติคือ แนวนอน แนวดิ่ง และแนวลึก ส่วนการลู่ออก (divergence) และลู่เข้า (convergence) ไม่สามารถทำได้ ข้อดีของเครื่องมือ 3 แกนคือ ใช้เวลากลึงน้อย ควบคุมขั้นตอนการทำงานได้ง่ายและเครื่องมือมีราคาถูกกว่า

3.2 เครื่องกลึงแบบ 4 แกน เครื่องมือชนิดนี้จะมีเพิ่มขึ้นมาอีก 1 แกนจากแกน 3 มิติ ที่สามารถปรับขนาดความสูงแนวดิ่งของฟันเทียมบางส่วนติดแน่นให้กลับสู่มิติปกติได้

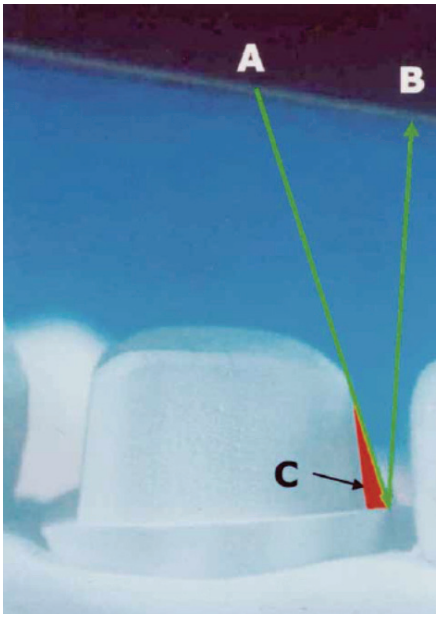
3.3 เครื่องกลึงแบบ 5 แกน เครื่องมือนี้เพิ่มแกนจากเครื่อง 4 แกนในแกนหมุนของเครื่องกลึง ทำให้สามารถกลึงส่วนย่อยของโครงสร้างที่สลับซับซ้อน เช่น หลักยึดแนวแกนล้มเข้าหากัน

อย่างไรก็ตาม คุณภาพของชิ้นงานไม่ได้ขึ้นอยู่กับ ชนิดเครื่องกลึงเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับการรับข้อมูล กระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลและสร้างชิ้นงานอีกด้วย นอกจากนี้ความเชี่ยวชาญของทันตแพทย์และห้องปฏิบัติการทันตกรรมมีบทบาทสำคัญที่ทำงานชิ้นงานที่ออกมามีประสิทธิภาพ

การเตรียมฟันหลักของระบบแคดแคม (Tooth preparation for CAD/CAM system)

การเตรียมฟันหลักควรมนขอบบริเวณปลายตัด (incisal edge) หรือมุมด้านบดเคี้ยว (occlusal edge) เพื่อให้เครื่องกราดวิเคราะห์สามารถอ่านค่าได้แม่นยำยิ่งขึ้น ปลายตัดหรือมุมด้านบดเคี้ยวที่มีลักษณะแหลมคมทำให้เครื่องกราดวิเคราะห์ไม่สามารถอ่านค่าได้

Mou และคณะ[21](2002) ศึกษาฟันหลักที่มีความสูงน้อยกว่า 6 มิลลิเมตรส่งผลดีต่อการอ่านค่าของเครื่องกราดวิเคราะห์ได้แม่นยำขึ้นเนื่องจากไม่ทำให้เกิดเงาดำด้านไกลกลาง (distal shadow) ซึ่งการเกิดเงาดำด้านไกลกลางจะทำให้เครื่องกราดวิเคราะห์ไม่สามารถอ่านค่าได้ (รูปที่ 3) อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวไม่ได้ศึกษาผลของความสูงฟันหลักที่มากกว่า 6 มิลลิเมตรว่าส่งผลให้เกิดเงาดำด้านไกลกลางหรือไม่



รูปที่ 3 *เงาดำด้านไกลกลาง (A คือลำแสงของเครื่องกราดวิเคราะห์ที่ไปสู่ตัวฟัน*
B คือลำแสงที่สแกนกลับเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์
C คือเงาดำด้านไกลกลาง)

Fiqure 3 *Distal shadow. A, Beam of light projected through aperture on tooth.*
B, Imaging of tooth through second aperture.
C, Distal shadow.
(Modified from Mou S-H, Chai T, Wang J-S, Shiau Y-Y. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. J Prosthet Dent 2002; 87(3): 248-255.[21])

Beuer และคณะ[22] (2008) ศึกษาความขนานของฟันหลัก (total occlusal convergence-TOC) ที่ส่งผลต่อความแนบสนิทบริเวณขอบของครอบฟัน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีความขนานของครอบฟันเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มุม 4 องศา กลุ่มที่ 2 มุม 8 องศา และกลุ่มที่ 3 มุม 12 องศา ตามลำดับ พบว่าฟันหลักที่มีความขนานที่มุม 12 องศาหรือมีความสอบมากจะทำให้ได้ความแนบสนิทบริเวณขอบดีกว่ากลุ่มฟันหลักที่มีความขนานที่มุม 4 และ 8 องศาหรือมีความสอบน้อยกว่า ซึ่งฟันที่มีความสอบมากจะทำให้เครื่องกราดวิเคราะห์สามารถอ่านค่าได้แม่นยำขึ้น แต่จะส่งผลทำให้การยึดอยู่ (retention) ของครอบฟันลดลงด้วย

ในส่วนของการเตรียมฟันให้มีคุณภาพดีจากปัจจัยความคมชัดของแนวสิ้นสุด ความขนานของฟันหลักนั้น มีความสำคัญต่อความแนบสนิทบริเวณขอบของครอบฟันและส่งผลต่ออัตราการคงอยู่ของชิ้นงาน Renne W และคณะ[23] (2015) ศึกษาคุณภาพของการเตรียมฟันที่ส่งผลความแนบสนิทบริเวณขอบของครอบฟันพบว่าช่องว่างบริเวณขอบ (marginal gap) ของครอบฟันที่เตรียมฟันคุณภาพต่ำปานกลาง ดี และดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 104, 87.6, 67.2 และ 36.6 ไมโครเมตรตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แนวสิ้นสุด (Finish line)

แนวสิ้นสุดของการเตรียมฟันหลักในระบบแคดแคมควรมีลักษณะเป็นแนวสิ้นสุดรอยตัดเฉียงโค้ง (chamfer finish line) หรือแนวสิ้นสุดบ่าราบ (shoulder finish line) ที่ต้องมีความเรียบและต่อเนื่องกัน รวมไปถึงไม่มีลักษณะเป็นรีเวอร์สเบเวล (reverse bevel) เพื่อให้เครื่องกราดวิเคราะห์สามารถจับภาพและอ่านค่าได้[9]

Euan และคณะ[24] (2014) เปรียบเทียบช่องว่างบริเวณขอบของครอบฟันที่สร้างชิ้นงานด้วยระบบลาวาโดยการสแกนในช่องปากและพิมพ์ปากด้วยวัสดุพิมพ์ปาก ค่าเฉลี่ยของช่องว่างบริเวณขอบของกลุ่มสแกนในช่องปากและพิมพ์ปากด้วยวัสดุพิมพ์ปากในกลุ่มที่เตรียมฟันหลักเป็นแนวสิ้นสุดบ่าราบมีค่าเท่ากับ 14.98 และ 52.66 ไมโครเมตรตามลำดับ และกลุ่มแนวสิ้นสุดรอยตัดเฉียงโค้งเท่ากับ 18.45 และ 64.06 ไมโครเมตรตามลำดับ สรุปได้ว่าช่องว่างบริเวณขอบของกลุ่มสแกนในช่องปากน้อยกว่าพิมพ์ปากด้วยวัสดุพิมพ์ปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่มแนวสิ้นสุดรอยตัดเฉียงโค้งและแนวสิ้นสุดบ่าราบ[24,25] อย่างไรก็ดียังพบข้อขัดแย้งของการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแนวสิ้นสุดรอยตัดเฉียงโค้งและแนวสิ้นสุดบ่าราบ จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าแนวสิ้นสุดลักษณะใดทำให้เกิดความแนบสนิทบริเวณขอบมากที่สุด[26] นอกจากประเด็นข้างต้นแล้ว Giannetopoulos และคณะ[27] (2010) ได้ศึกษาลักษณะแนวสิ้นสุดที่ส่งผลต่อการแตกบิ่นบริเวณขอบ (marginal chipping) ของครอบฟัน โดยศึกษาจากปัจจัยการแตกบิ่น (chipping factor) ซึ่งหากมีปัจจัยการแตกบิ่นสูงจะมีความสมบูรณ์บริเวณขอบ (marginal integrity) ต่ำ คือเกิดการบิ่นบริเวณขอบมาก พบว่าในกลุ่มที่มีขอบลักษณะตัดเฉียง (bevel) 30 องศา และ 60 องศา จะส่งผลต่อการแตกบิ่นสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการตัดเฉียง สรุปได้ว่าการกรอแต่งขอบของครอบฟันไม่ควรกรอแบบตัดเฉียง

ผลการปฏิบัติงานทางคลินิก (Clinical performance)

ช่องว่างบริเวณขอบ

การศึกษาช่องว่างบริเวณขอบในห้องปฏิบัติการนั้น Hung[28](1990) พบว่าครอบฟันที่สร้างโดยระบบแคดแคมมีช่องว่างบริเวณขอบ 50-75 ไมโครเมตร ในขณะที่ Weaver[29] (1991) ศึกษาพบช่องว่างบริเวณขอบของครอบฟันที่ 60-80 ไมโครเมตร

เมื่อศึกษาครอบฟันเซรามิกล้วนชนิดซีเรคพบว่าเกิดช่องว่างบริเวณขอบที่ 36.6-45.4 ไมโครเมตร ใกล้เคียงกับวัสดุอุดฝังและวัสดุอุดครอบซีเรค 2 ที่พบช่องว่างบริเวณขอบที่ 10-50 ไมโครเมตร[9]

Jonathan Ng และคณะ[30](2014) ศึกษาเปรียบเทียบช่องว่างบริเวณขอบของครอบฟันระบบแคดแคมกับระบบดั้งเดิมพบว่า ครอบฟันที่สร้างโดยระบบแคดแคมมีความแนบสนิทบริเวณขอบแนวดิ่ง (vertical marginal fit) มากกว่าครอบฟันที่สร้างด้วยวิธีดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราความล้มเหลว

จากการศึกษาอายุการใช้งานของวัสดุในฟันหลังพบว่าอัตราความล้มเหลวของชิ้นงานบูรณะอุดฝัง อุดครอบโดยใช้ซีเรคมีค่าใกล้เคียงวัสดุโลหะผสมทอง (gold alloy) และต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น[32] ดังแสดงในตารางที่ 2

อัตราการคงอยู่

การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการคงอยู่ของวัสดุ พบว่าฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุอุดฝังและอุดครอบชนิดซีเรค จำนวน 187 ชิ้นงาน มีอัตราการคงอยู่ร้อยละ 90.4 เมื่อใช้งานผ่านไป 10 ปี โดยพบว่าความล้มเหลวเกิดจากการแตกของเซรามิกร้อยละ 53 ฟันแตกร้อยละ 20 ฟันผุร้อยละ 20 และปัญหาจากการรักษารากฟันล้มเหลวร้อยละ 7[12] ในส่วนวัสดุครอบฟันเดี่ยวชนิดซีเรคมีอัตราการคงอยู่ที่ร้อยละ 92.3 เมื่อระยะเวลาใช้งาน 4 ปี[33] ในส่วนของครอบฟันหลังที่ทำ

จากวัสดุอินซีแรมอะลูมินามีอัตราการคงอยู่ที่ร้อยละ 92 และอินซีแรมสไปเนลล์เท่ากับร้อยละ 100[18] เมื่อใช้งานผ่านไป 5 ปี

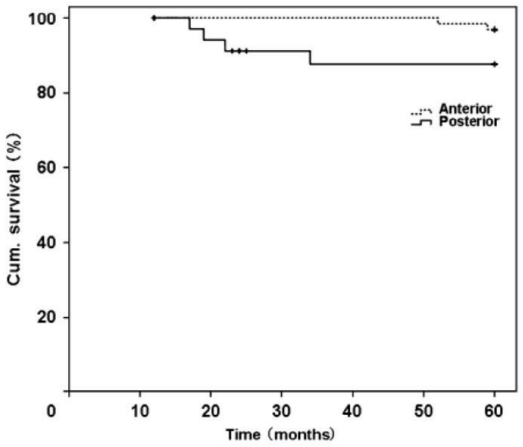
ตารางที่ 2 *ร้อยละของอัตราความล้มเหลวรายปีของวัสดุแต่ละชนิด*

Table 2 *Annual failure rates of restorations.*
(Modified from Manhart RH. Longevity of Restorations in Posterior Teeth and Reasons for Failure. J Adhes Dent 2001 ;3(1): 45-64. (32))

Restorations	Annual failure rate
CEREC inlays/onlays	(1.1%)
Gold inlays/onlays	(1.2%)
Ceramic inlays/onlays	(1.6%)
Composite inlays/onlays	(2.0%)
Composite fillings	(2.2%)
Amalgam	(3.3%)
Glass ionomer and derivative products	(7.7%)

Guess และคณะ[34](2009) ศึกษาอัตราการคงอยู่ของเซรามิกชนิดความดันร้อน (heat pressed ceramic) ได้แก่ อีแม็กซ์ และเซรามิกชนิดแคดแคมได้แก่ ซีเรค จากกลุ่มตัวอย่างฟันกรามมีชีวิต 80 ซี่ พบว่าเซรามิกชนิดความดันร้อนมีอัตราการคงอยู่เท่ากับร้อยละ 92.7-100 และ 81-83.4 และเซรามิกชนิดแคดแคมที่ร้อยละ 93.1 และ 90-90.4 ภายหลังการใช้งาน 2-4 และ 7-10 ปีตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างเรื่องความแนบสนิทตามขอบ การเปลี่ยนสีตามขอบ ความขรุขระของพื้นผิวและรูปร่างทางกายวิภาค

นอกจากประเด็นข้างต้นแล้ว เมื่อเปรียบเทียบวัสดุอินซีแลมอะลูมินาที่ผ่านการใช้งานไป 5 ปี พบอัตราการคงอยู่ในครอบฟันหน้าที่ร้อยละ 96.9 และครอบฟันกรามที่ร้อยละ 87.7[35] (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 *เปรียบเทียบอัตราความสำเร็จในครอบฟันหน้าและครอบฟันหลังด้วยระบบแคดแคม*

Figure 4 *The comparison of success rate of CAD/CAM anterior and posterior crowns.*
(Modified from Kokubo Y, Tsumita M, Sakurai S, Suzuki Y, Tokiniwa Y, Fukushima S. Five-year clinical evaluation of In-Ceram crowns fabricated using GN-I (CAD/CAM) system. J Oral Rehabil 2011; 38(8): 601-607.[35])

กล่าวโดยสรุป วัสดุที่สร้างด้วยระบบแคดแคมมีอัตราการคงอยู่สูง อายุการใช้งานนาน และใกล้เคียงกับวัสดุที่สร้างจากระบบดั้งเดิม

บทสรุป

แคดแคมเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ช่วยให้การรักษาทางทันตกรรมประดิษฐ์ง่ายและสะดวกมากขึ้น มีประสิทธิภาพในการรักษาและมีผลปฏิบัติงานทางคลินิกที่ดีทั้งในแง่ความแนบสนิทบริเวณขอบ ความสวยงาม มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและมีอัตราความสำเร็จสูง สามารถรักษาผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น สร้างความพึงพอใจในการรักษาทั้งต่อทันตแพทย์และผู้ป่วย อย่างไรก็ตามยังมีข้อเสียในเรื่องต้องการเงินทุนสูง รวมไปถึงทันตแพทย์และช่างทันตกรรมต้องการความเชี่ยวชาญในการทำงาน

ปัจจุบันระบบแคดแคมได้รับการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและในแง่ความสะดวกในการใช้งาน มีการพัฒนาวัสดุให้มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น เหมาะแก่การใช้งานในคลินิก และพยายามลดข้อจำกัดของเทคโนโลยี แต่ความสำเร็จในการรักษาจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้ ทันตแพทย์จึงควรเรียนรู้เพื่อนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยและพัฒนาแนวทางการรักษาผู้ป่วยให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28(1): 44-56.
2. Santos Jr GC, Santos Jr M, Rizkalla AS, Madani D, El-Mowafy O. Overview of CEREC CAD/CAM chairside system. *Gen Dent* 2013; 61(1): 36-40.
3. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am* 2011; 55(3): 559-570.
4. Yin L, Song X-F, Song Y-L, Huang T, Li J. An overview of in vitro abrasive finishing & CAD/CAM of bioceramics in restorative dentistry. *Int J Mach Tool Manu* 2006; 46(9): 1013-1026.
5. Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 2003; 16(3): 244-248
6. Tsitrou EA, Northeast SE, van Noort R. Brittleness index of machinable dental materials and its relation to the marginal chipping factor. *J Dent* 2007; 35(12): 897-902.
7. Shearer A, Heymann HO, Wilson N. Two ceramic materials compared for the production of CEREC inlays. *J Dent* 1993; 21(5): 302-304.
8. Frankenberger R, Sindel J, Krämer N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. *Oper Dent* 1999; 24: 147-155.
9. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008; 204(9): 505-511.
10. Thornton I. Mechanical properties of dental resin composite CAD/CAM blocks. *Dent Mater J* 2014; 33(5): 705-710.
11. Li RWK Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res* 2014; 58(4): 208-216.
12. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 2002; 15(2): 122-128.
13. Terry DA. CAD/CAM Systems, Materials, and Clinical Guidelines for All'Ceramic Crowns and Fixed Partial Dentures. *Compend Contin Educ Dent* 2002; 23(7): 637-641.
14. Klim J, Corrales EB. Innovation in Dentistry: CAD/CAM Restorative Procedures. Available from: HYPER LINK "http://www.cadstar.org/system/files/private/documents/CADStar%20Klim%20Innovation%20in%20Dentistry.pdf." http://www.cadstar.org/system/files/private/documents/CADStar%20Klim%20Innovation%20in%20Dentistry.pdf. Accessed May 27, 2016.
15. Otto T, Schneider D. Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *Int J Prosthodont* 2008; 21(1): 53-59.
16. Wiedhahn K, Kerschbaum T, Fasbinder D. Clinical long-term results with 617 Cerec veneers: a nine-year report. *Int J Comput Dent* 2005; 8(3): 233-246.

17. Otto T. Computer-aided direct all-ceramic crowns: preliminary 1-year results of a prospective clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004; 24(5): 446-455.
18. Mörmann WH, Dentb M. An up to 5-year clinical evaluation of posterior in-ceram CAD/CAM core crowns. *Int J Prosthodont* 2002; 15(5): 451-456.
19. Güth J-F, Keul C, Stimmelmayr M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Investig* 2013; 17(4): 1201-1208.
20. Prajapati A, Prajapati A, Mody DR, Choudhary AB. Dentistry Goes Digital: A Cad-Cam Way-A Review Article. *IOSR-JDMS* 2014; 13(8): 53–59.
21. Mou S-H, Chai T, Wang J-S, Shiau Y-Y. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *J Prosthet Dent* 2002; 87(3): 248-255.
22. Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Naumann M. Effect of preparation angles on the precision of zirconia crown copings fabricated by CAD/CAM system. *Dent Mater J* 2008; 27(6): 814-820.
23. Renne W, Wolf B, Kessler R, McPherson K, Mennito AS. Evaluation of the marginal fit of CAD/CAM crowns fabricated using two different chairside CAD/CAM systems on preparations of varying quality. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27(4): 194-202.
24. Euán R, Figueras-Álvarez O, Cabratosa-Termes J, Oliver-Parra R. Marginal adaptation of zirconium dioxide copings: influence of the CAD/CAM system and the finish line design. *J Prosthet Dent* 2014; 112(2): 155-162.
25. Re D, Cerutti F, Augusti G, Cerutti A, Augusti D. Comparison of marginal fit of Lava CAD/CAM crown-copings with two finish lines. *Int J Esthet Dent* 2013; 9(3): 426-435.
26. Contrepois M, Soenen A, Bartala M, Laviole O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2013; 110(6): 447-454.
27. Giannetopoulos S, van Noort R, Tsitrou E. Evaluation of the marginal integrity of ceramic copings with different marginal angles using two different CAD/CAM systems. *J Dent* 2010; 38(12): 980-986.
28. Hung SH, Hung K-S, Eick JD, Chappell RP. Marginal fit of porcelain-fused-to-metal and two types of ceramic crown. *J Prosthet Dent* 1990; 63(1): 26-31.
29. Weaver JD, Johnson GH, Bales DJ. Marginal adaptation of castable ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1991; 66(6): 747-753.
30. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2014; 112(3): 555-560.
31. Sato T, Al Mutawa N, Okada D, Hasegawa S. A clinical study on abutment taper and height of full cast crown preparations. *J Med Dent Sci* 1998; 45(3): 205-210.
32. Manhart RH. Longevity of Restorations in Posterior Teeth and Reasons for Failure. *J Adhes Dent* 2001 ;3(1): 45-64.
33. Wittneben J-G, Wright RF, Weber H-P, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont* 2009; 22(5): 466-471.
34. Guess PC, Strub JR, Steinhart N, Wolkewitz M, Stappert CF. All-ceramic partial coverage restorations—midterm results of a 5-year prospective clinical splitmouth study. *J Dent* 2009; 37(8): 627-637.
35. Kokubo Y, Tsumita M, Sakurai S, Suzuki Y, Tokiniwa Y, Fukushima S. Five-year clinical evaluation of In-Ceram crowns fabricated using GN-I (CAD/CAM) system. *J Oral Rehabil* 2011; 38(8): 601-607.