

บทปริทัศน์

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และสมบัติทางคลินิก

คมดาว เต็มกลีบบุปผา, อวีรุทธ์ คล้ายศิริ

บทคัดย่อ

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมระหว่างผงแก้วฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต และส่วนเหลวที่มีกรดพอลิอัลคีนอิกเป็นองค์ประกอบหลัก โดยก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่าง ข้อดีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่แตกต่างจากวัสดุบูรณะชนิดอื่น ๆ คือ ให้การยึดติดที่ดีทั้งกับเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยพันธะเคมี สามารถปลดปล่อยและดูดสะสมฟลูออไรด์ มีความเข้ากันทางชีวภาพที่ดี และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับการปรับสถานะของกรด หรือสารดัดแปร ขณะเดียวกันกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ ชีวภาพ และความสวยงามให้ดียิ่งขึ้น ปัจจุบันมีการนำกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มาใช้อย่างแพร่หลาย โดยสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันเดี่ยว ๆ หรือสามารถนำมาใช้ร่วมกับวัสดุบูรณะอื่น ๆ เช่น อะมัลกัม หรือ เรซินคอมโพสิตได้

คำสำคัญ: กรดพอลิอัลคีนอิก, กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์, แก้วฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต

วันที่รับบทความ: ๕ พฤษภาคม ๒๕๕๙

วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

บทนำ

ในปี ค.ศ. ๑๙๖๕ Wilson และ McLean ได้สร้างสรรค้วสดุบูรณะฟันชนิดกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ขึ้นเป็นครั้งแรกโดยพัฒนามาจากซิลิเกตซีเมนต์ (silicate cement)^๑ โดยต้องการหาวัสดุบูรณะฟันที่มีสีเหมือนกับฟันธรรมชาติเพื่อทดแทนซิลิเกตซีเมนต์ เนื่องจากวัสดุชนิดนี้ถึงแม้จะมีสีสวยเหมือนฟันธรรมชาติก็ตาม แต่กลับมีข้อเสียหลายประการ ได้แก่ เกิดระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อใน (pulpal irritation) เนื้อวัสดุมีการละลายตัวสูงส่งผลให้ผิวหน้ากร่อนสลาย และยังเกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อวัสดุหลังการใช้งาน กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุบูรณะที่ก่อตัวด้วยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด-ด่าง จึงจัดเป็นซีเมนต์กลุ่มที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (water based cement) เมื่อก่อตัวแล้วเนื้อวัสดุมีสีสวยงามซึ่งต่างจากซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ ที่มีสีทึบ เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ หรือ ซิงค์พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ เป็นต้น อีกทั้งกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังมีสมบัติในด้านความเข้ากันได้ทางชีวภาพ และความสามารถเกิดพันธะเคมีกับผิวฟันธรรมชาติได้อีกด้วย ในยุคแรก ๆ วัสดุชนิดนี้มีชื่อว่า อะลูมิเนียมซิลิเกตพอลิอะคริเลต (Alumino-Silicate-Poly-Acrylate) หรือเรียกย่อว่า “เอเอสพีเอ” (ASPA)^๒ กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ประกอบด้วย ๒ ส่วน^{๓, ๔} คือ ส่วนผงและส่วนเหลว ในยุคแรกของการพัฒนาวัสดุนี้ ส่วนผงมีองค์ประกอบเป็นแก้วฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกต และส่วนเหลวเป็นพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก (polyacrylic acid) แต่เนื่องด้วยความเป็นไฮโดรพอลิเมอร์ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์อยู่ใกล้ชิดกันและเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ ส่งผลให้ส่วนเหลวมีความหนืดสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นเจล^{๓, ๔} ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงได้สังเคราะห์กรดพอลิอัลคิโนอิกให้เป็นเฮเทอโรพอลิเมอร์ (heteropolymer) ของกรดอะคริลิกกับกรดมาเลอิก (maleic acid) หรือ กรดอะคริลิกกับกรดอิทาโคนิก (itaconic acid) เป็นต้น เมื่อสายโซ่เป็นเฮเทอโรพอลิเมอร์ ปัญหาเรื่องการเกิดสภาพเป็นเจลก็หมดไป แต่เนื่องด้วยระยะเวลาการก่อตัวของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยุคต้น ๆ ยังมีระยะเวลาที่นานเกินไป โดยปี ค.ศ. ๑๙๗๖ Wilson และคณะ^๕ ได้ทำการศึกษาเรื่องระยะเวลาการก่อตัว โดยการเติมกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) ลงไปในส่วนเหลว และพบว่า การปรับปรุงด้วยวิธีนี้ทำให้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นแต่ระยะการก่อตัวที่สั้นลง โดยปกติส่วนเหลวของซีเมนต์ชนิดนี้ คือกรดพอลิอัลคิโนอิก ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังนั้นเมื่อเปิดฝาขวดที่บรรจุส่วนเหลวทิ้งไว้นาน ๆ น้ำจะระเหยออกจากขวดได้ ส่งผลให้ส่วนเหลวมีความเข้มข้นขึ้นและทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถกำหนด

อัตราส่วนที่แน่นอนได้ขณะผสมส่วนผงและส่วนเหลวเข้าด้วยกัน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปรับปรุงส่วนที่เป็นกรด โดยการนำกรดพอลิอัลคิโนอิกที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวไปทำให้เป็นของแข็งภายใต้อุณหภูมิต่ำ แล้วทำให้แห้งและบดให้เป็นผงละเอียด จากนั้นคลุกเคล้าเข้ากับส่วนผงแก้วฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกต ดังนั้นส่วนเหลวที่บรรจุอยู่ในขวดจึงเป็นเพียงน้ำกลั่นผสมกับกรดทาร์ทาริก^๖ และเรียกกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ประเภทนี้ว่า “ชนิดแอนไฮดรัส (anhydrous type)” ดังนั้นกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงสามารถแบ่งตามวิธีของการปรับสถานะของกรดพอลิอัลคิโนอิกและการนำไปรวมอยู่ที่ส่วนผงหรือส่วนเหลว ซึ่งแบ่งได้เป็น ชนิดไฮดรัส (hydrous type), ชนิดแอนไฮดรัส (anhydrous type) และชนิดกึ่งไฮดรัส (semihydrous type) โดยชนิดไฮดรัส หมายถึงการทำให้กรดอยู่ในรูปสารละลายที่เป็นของเหลวและรวมอยู่ในส่วนเหลว ส่วนชนิดกึ่งไฮดรัส หมายถึงการแปรสภาพให้กรดอยู่ในรูปของแข็งและสารละลายที่เป็นของเหลวที่รวมอยู่ในส่วนผงและส่วนเหลวตามลำดับ

นอกจากนี้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังสามารถแบ่งตามวิธีการดัดแปร (modify) ด้วยวัสดุต่างชนิด ได้เป็น ๓ ประเภท คือ ๑. กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมที่อาศัยปฏิกิริยาของกรด-ด่างระหว่างกรดพอลิอัลคิโนอิก และแก้วฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตในการก่อตัว^{๖, ๖} ซึ่งซีเมนต์ชนิดนี้ไม่ได้ดัดแปรด้วยวัสดุต่างชนิด ๒. กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยโลหะ เหตุที่มีการผสมผงโลหะในซีเมนต์เนื่องจากเนื้อของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ก่อตัวแล้วมีความเปราะ ดังนั้นผงโลหะที่ผสมเข้าไปจะเสริมให้เนื้อซีเมนต์มีความแกร่ง (toughness) มากขึ้น โดยการดัดแปรด้วยผงโลหะสามารถทำได้สองวิธี ได้แก่ ก. คลุกเคล้าด้วยโลหะเงินเจือ (silver alloy admix) ซึ่งเป็นการนำผงโลหะเงินเจือผสมคลุกเคล้าเข้ากับผงแก้ว (physical mix) ข. การเผาผนึก (sintering) ระหว่างผงโลหะเจือกับผงแก้ว ซึ่งในขั้นตอนการผลิต วัสดุจะได้รับความร้อนที่ต่ำกว่าจุดหลอมละลายของผงแก้วและผงโลหะ แต่อุณหภูมินี้ให้ความร้อนสูงพอที่จะทำให้ผิวของผงโลหะและผิวของผงแก้วเชื่อมติดกัน ดังนั้นจึงเรียกซีเมนต์ประเภทนี้ว่า “เซอร์เมตซีเมนต์ (cermet cement)” ถึงแม้ว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยผงโลหะเจือ จะส่งผลให้เนื้อวัสดุที่ก่อตัวแล้วมีความแกร่งเพิ่มขึ้น แต่วัสดุกลับมีสีด้าขาดความสวยงาม ดังนั้นจึงจำกัดใช้ได้เฉพาะการก่อเป็นแกนฟัน หรือใช้เป็นตัวอุดฟันหลังที่ไม่ต้องการความสวยงามเท่านั้น ปัจจุบันกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยโลหะได้รับความนิยมลดลง เนื่องจากมีการพัฒนาคลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ชนิดดั้งเดิมให้มีค่าความทนแรงอัดสูงขึ้น โดยการปรับให้อัตราส่วนของส่วนผงต่อส่วนเหลว (powder/liquid ratio) มีค่าสูงขึ้น ๓. กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน (resin-modified glass-ionomer cement, RMGIC) เป็นการเติมสารไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลท (Hydroxyethyl methacrylate) หรือฮีมา (HEMA) ลงไปในส่วนเหลว หรือการสังเคราะห์สายโซ่ของกรดพอลิอัลคีนอิกให้มีหมู่ฟังก์ชันที่จะเกิดการพอลิเมอไรเซชันได้ (polymerizable group) โดยการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน มี ๒ รูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารริเริ่ม (initiator) ได้แก่ แบบบ่มตัวเอง (self-curing) และแบบบ่มด้วยแสง (light-curing)^{๑๗} ข้อดีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน คือ ค่าการละลายตัวเมื่อแช่ในน้ำมีค่าลดลง และกรณีที่มีเรซินนั้นเป็นชนิดที่บ่มด้วยแสง ทันทีแพทย์สามารถทำให้ซีเมนต์บ่มตัวได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ เป็นต้น

สมบัติเด่นของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์คือ การยึดติดกับผิวฟันด้วยพันธะเคมี^{๑๘} ใช้เป็นวัสดุบูรณะในบริเวณที่ไม่รองรับแรงจากการบดเคี้ยวได้^{๑๙} ปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุสู่เนื้อเยื่อบริเวณรอบ ๆ สามารถป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำได้ต่อวัสดุบูรณะได้^{๑๙ - ๒๑} ในด้านการใช้งานทางคลินิก พบว่าความเป็นกรดในระยะเริ่มแรก มีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อในน้อยกว่าซิลิเกตซีเมนต์และซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ สีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีความใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ และมีความแนบสนิทของวัสดุกับตัวฟันที่ใกล้เคียงกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต แต่ข้อเสียของวัสดุคือ การไวต่อน้ำและความชื้น กล่าวคือช่วงต้นของการก่อตัววัสดุชอบดูดน้ำและเมื่อก่อตัวสมบูรณ์วัสดุชอบคายน้ำ ดังนั้นจึงต้องทาสารเคลือบผิว (surface coating) เพื่อปกป้องผิวของวัสดุที่เพิ่งบูรณะเสร็จ^{๑๙ - ๒๑} นอกจากนี้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังมีความเปราะ จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในบริเวณที่ต้องรับแรงมาก^{๒๒} แต่เนื่องด้วยสมบัติที่ดีหลายประการของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จึงนำวัสดุชนิดนี้มาใช้งานได้หลายรูปแบบ ได้แก่ ใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ใช้บูรณะด้านประชิดของฟันหน้ารวมทั้งบูรณะบริเวณคอฟันที่เกิดจากฟันผุและไม่ได้เกิดจากฟันผุ ใช้เป็นกาวยึดชิ้นงานบนฟันหลัก^{๑๙} เป็นต้น

การยึดติดและกลไกการยึดติด

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถยึดติดกับผิวฟันด้วยพันธะเคมี^{๑๘} ซึ่งกระบวนการสร้างพันธะเคมีกับโครงสร้างฟันนั้นค่อนข้างซับซ้อน เมื่อวัสดุผสมเสร็จใหม่ ๆ สัมผัสกับผิวฟัน หมู่คาร์บอกซิล (carboxyl, COO-) ของกรดพอลิอัลคีนอิกจะละลายชั้นสเมียร์และสารอินทรีย์ที่ผิวฟัน

แต่เนื่องจากกรดพอลิอัลคีนอิกที่ใช้เป็นกรดอ่อน และมีไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ผิวฟันทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์^{๑๗} จึงเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเพียงเล็กน้อย และพบว่าผิวระหว่างรอยต่อของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับผิวฟันจะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุซึ่งกันและกัน เรียกว่า ชั้นแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange layer)^{๑๘} โดยชั้นดังกล่าวมีความหนาเพียงแค่ระดับไมโครเมตร^{๑๙, ๒๐} แต่สามารถทนทานต่อความเป็นกรดและด่างได้ดี (acid-base resistance layer) และเชื่อว่าเป็นชั้นที่ทำให้เกิดแรงยึดเกาะของวัสดุกับผิวฟัน ซึ่งค่าแรงยึดเกาะนี้ไม่สามารถวัดได้^{๑๗} เพราะเมื่อทดสอบค่าแรงยึดเกาะ ความล้มเหลว (mode of failure) จะเกิดขึ้นในชั้นของเนื้อวัสดุเสมอ (cohesive failure)^{๑๘, ๒๑} ซึ่งมีการประมาณค่าแรงยึดเกาะของวัสดุกับผิวฟันไว้ที่ ๓ - ๑๐ เมกะพาสคาล^{๒๒}

มีงานวิจัยแนะนำวิธีการเพิ่มค่าแรงยึดเกาะ โดยการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิก^{๒๓} ด้วยความเข้มข้นร้อยละ ๑๐ เป็นเวลา ๑๐ วินาที แล้วล้างน้ำออก โดยการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดชนิดนี้จะช่วยกำจัดชั้นสเมียร์ แต่ไม่ทำให้อ่อนเนื้อฟันเปิด เพิ่มพลังงานพื้นผิวทำให้วัสดุยึดติดกับผิวฟันได้ดีขึ้น ส่งเสริมให้ผิวฟันพร้อมสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออน

ในกรณีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน มีกลไกในการยึดติดกับผิวฟันที่แตกต่างจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เนื่องจากมีส่วนผสมของมอนอเมอร์ จึงทำให้เกิดรูปแบบการยึดติดคล้ายกับสารยึดติดที่ใช้ในระบบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต โดยกรดพอลิอะคริลิกที่ใช้ปรับสภาพผิวฟันจะกำจัดชั้นสเมียร์และละลายแร่ธาตุออกบางส่วน ทำให้มอนอเมอร์สามารถแทรกซึมไปในผิวฟันและเมื่อบ่มตัวเสร็จ จึงเกิดเรซินแท่งขึ้นในชั้นเคลือบฟันและเกิดชั้นไฮบริดในเนื้อฟันได้ ช่วยเพิ่มการยึดติดกับผิวฟัน ซึ่งมีรายงานว่าค่ากำลังแรงยึดของเนื้อฟันที่เกิดจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินมีค่ามากกว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม^{๒๒} แต่บางการศึกษาที่รายงานว่าค่ากำลังแรงยึดของวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน^{๒๔} นอกจากนี้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินยังสามารถนำมาใช้แทนระบบสารยึดติดที่ใช้คู่กับเรซินคอมโพสิต เช่น ฟุจิบอนด์แอลซี (Fuji Bond LC) ซึ่งมีรายงานว่าวัสดุบูรณะสามารถยึดติดอยู่ได้ถึงร้อยละ ๑๐๐ เมื่อผ่านไป ๕ ปี^{๒๕, ๒๖} ในปี ค.ศ. ๑๙๙๖ Matis และคณะ^{๒๗} ได้ศึกษาการคงอยู่ของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมในรอยวิกรบริเวณคอฟันที่ไม่ได้เกิดจากฟันผุพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไป ๑๐ ปี กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมยังคงยึดติดกับผิวฟันได้ร้อยละ ๙๐ ของรอยวิกรทั้งหมด

ปฏิกิริยาการก่อตัว

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีปฏิกิริยาการก่อตัวที่ค่อนข้างซับซ้อนระหว่างส่วนเหลวที่เป็นกรดอ่อนกับส่วนผงที่เป็นด่าง เมื่อเริ่มผสมส่วนผงและส่วนเหลวเข้าด้วยกัน ส่วนเหลวที่เป็นกรดอ่อนจะกัดกร่อนผิวของแก้วและปลดปล่อยแคลเซียมไอออน อะลูมิเนียมไอออน และฟลูออไรด์ไอออนออกมา โดยไอออนของโลหะจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลบนสายโซ่โมเลกุลของกรดและเกิดการเชื่อมขวาง กลายเป็นส่วนของซีเมนต์เมทริกซ์ ส่วนผิวของแก้วที่ถูกกัดกร่อนจะกลายเป็นชั้นซิลิกาไฮโดรเจล โดยอนุภาคของแก้วจะกระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์และทำหน้าที่เป็นวัสดุอุดแทรก (filler)

แม้ว่าปฏิกิริยาการก่อตัวในทางคลินิกจะเสร็จภายในเวลาไม่กี่นาที แต่แท้จริงแล้วการก่อตัวของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังคงดำเนินต่อไปอย่างช้า ๆ โดยใช้เวลาหลายเดือน เหตุเพราะอะลูมิเนียมไอออนที่ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ และค่อย ๆ ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิล^{๑๘} ในช่วงแรกวัสดุมีความไวต่อการสูญเสียและดูดน้ำ จึงควรป้องกันไม่ให้สัมผัสกับน้ำ ลายหรือความชื้นต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหนึ่งชั่วโมงแรก^{๒, ๒๘} หากไม่มีการปกป้องผิวเมื่อสัมผัสกับน้ำ ลาย หรือความชื้นต่าง ๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียไอออน ส่งผลให้พื้นผิวของวัสดุจะอ่อนแอ มีสีขุ่น และเกิดการสูญเสียน้ำออกจากวัสดุในเวลาต่อมา ทำให้เกิดการหดตัว มีรอยร้าว จนอาจทำให้วัสดุหลุดออกจากโพรงฟันได้^{๑๘} ดังนั้นจึงหาสารเคลือบผิววัสดุเพื่อปกป้องผิววัสดุจากสภาพแวดล้อมในช่องปาก ประมาณ ๒๔ ชั่วโมงแรกหลังการบูรณะ^{๒, ๒๘, ๒๙}

สำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินยังคงมีปฏิกิริยาของกรดและด่างอยู่ และมีการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินร่วมด้วย ทั้งนี้การเกิดพอลิเมอร์จะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับชนิดของสารริเริ่ม ซึ่งอาจเป็นชนิดที่บ่มตัวเอง ชนิดที่บ่มด้วยแสง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน โดยขณะที่ผสมจะเกิดปฏิกิริยาการดัดแปร และตามด้วยการเกิดพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์^{๒๐} โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุบูรณะมักจะอยู่ในรูปของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินที่บ่มด้วยแสง ซึ่งสามารถควบคุมระยะเวลาการบ่มตัวของวัสดุได้ การบ่มตัวและการเกิดสายโซ่พอลิเมอร์จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและลดความไวต่อหน้าของวัสดุได้^{๓๐, ๓๑} อย่างไรก็ตามแม้วัสดุจะบ่มแล้วแต่การก่อตัวจากปฏิกิริยาการดัดแปรยังคงดำเนินต่อไปอย่างช้า ๆ ในทางปฏิบัติการจัดแต่งวัสดุโดยใช้หน้าอาจทำได้ทันทีหลังจากการฉายแสง แต่ในทางทฤษฎีนั้นหากไม่จำเป็นก็ยังไม่ควรขัด เพราะปัญหาเรื่องการสูญเสียน้ำออกจากวัสดุยังคงพบได้อยู่^{๓๒}

การปล่อยฟลูออไรด์และการป้องกันการเกิดฟันผุ

ในกระบวนการผลิตผงแก้ว มีการใส่ฟลูออไรด์ลงในวัตถุดิบเพื่อลดจุดหลอมเหลวของการหลอมละลายแร่ธาตุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นทำให้เย็นตัวและบดเป็นผงแก้ว ฟลูออไรด์อะลูมิเนียมซิลิเกต ฟลูออไรด์จะถูกปล่อยออกมาเมื่อผงแก้วสัมผัสกับกรดพอลิอิลคิโนอิก กลไกในการปล่อยฟลูออไรด์ค่อนข้างซับซ้อน โดยจะมีการปล่อยฟลูออไรด์ออกมามากที่สุดภายใน ๒-๓ วันแรก^{๓๓} และลดระดับต่ำลงอย่างรวดเร็วภายในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นจะคงระดับความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์ปริมาณต่ำ ๆ ต่อไปได้อีกหลายเดือนจนถึงปี^{๓๓, ๓๔} อย่างไรก็ตามกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถเก็บสะสมฟลูออไรด์ใหม่ได้ และปลดปล่อยฟลูออไรด์ปริมาณสูงในระยะเวลานั้น ๆ (burst effect) ได้อีกครั้ง^{๓๕, ๓๖} โดยฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมาจะไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ และไม่ทำให้วัสดุอ่อนแอลง^{๓๗} สำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินพบว่า มีลักษณะการปล่อยฟลูออไรด์ออกจากวัสดุเหมือนกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม^{๓๘}

แม้ว่าการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุจะยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ แต่การศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณที่ปล่อยออกมาสามารถป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำได้วัสดุบูรณะได้^{๓๙-๔๑} ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทางคลินิกที่พบว่า การบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีโอกาสการเกิดฟันผุซ้ำที่ต่ำ เนื่องจากฟลูออไรด์ที่ปล่อยออกมา มีผลต่อระดับของฟลูออไรด์ในน้ำลาย^{๔๒} แบคทีเรียที่สามารถผลิตกรด^{๔๓} และเนื้อฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ^{๔๔} นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันฟันผุซ้ำข้างเคียงได้ โดยความสามารถของฟลูออไรด์ในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของฟันจะมีรัศมีประมาณ ๓ มิลลิเมตรโดยรอบวัสดุ^๔

สำหรับผลต่อฟันผุในชั้นเนื้อฟัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น ๒ ชั้น ชั้นแรกอยู่ใกล้กับโพรงเนื้อเยื่อใน เรียกว่าฟันผุชั้นในหรือชั้นเนื้อฟันผุที่ไม่ติดเชื้อ (affected dentin) ส่วนชั้นที่สองจะใกล้กับช่องปากมากกว่า เรียกว่าฟันผุชั้นนอก หรือชั้นเนื้อฟันผุที่ติดเชื้อ (infected dentin) ซึ่งทั้ง ๒ ชั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยชั้นเนื้อฟันผุที่ไม่ติดเชื้อจะไม่มีแบคทีเรีย มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ แห้ง และคอลลาเจนที่ยังมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นที่สะสมของไฮดรอกซีอะพาไทต์ ในทางกลับกันชั้นเนื้อฟันผุที่ติดเชื้อจะมีปริมาณแบคทีเรียมาก มีการทำลายคอลลาเจน มีสีเหลืองจนถึงน้ำตาล ค่อนข้างเปียกชื้น ไม่สามารถคืนกลับแร่ธาตุได้ จึงเกิดเป็นหลักการการกรอฟันให้น้อยที่สุดโดยสามารถเหลือชั้นฟันผุที่ไม่ติดเชื้อไว้ได้^{๑๘, ๑๙} แล้วบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยอาศัยการคืนกลับ

แร่ธาตุจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยมีหลายการศึกษาที่ยอมรับว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุสู่เนื้อฟันผุชั้นที่ไม่ติดเชื้อได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการรักษาเชิงการบูรณะแบบไม่บาดเจ็บ หรือเออาร์ที (Atraumatic restorative treatment, ART)^{๔๕}

สมบัติทางชีวภาพ

ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ หมายถึง ความสามารถของวัสดุที่สามารถกระตุ้นการตอบสนองทางชีวภาพได้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งในกรณีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์นั้นมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่^{๒,๓๐} และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน สำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินจะมีการปล่อยสารฮีมาที่หลงเหลือจากการเกิดพอลิเมอร์ (residual monomer) ออกมา จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าสารมอนอเมอร์นี้สามารถแพร่กระจายไปสู่ชั้นเนื้อฟันได้ถึงแม้สารฮีมาจะสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาการแพ้ได้ แต่ในทางคลินิกนั้นยังไม่มีรายงาน^{๔๖}

ค่าความเป็นกรด-ด่างของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะเพิ่มขึ้นเมื่อวัสดุเริ่มก่อตัว^{๔๗} ดังนั้นความเป็นกรดของวัสดุในช่วงแรกที่ยังไม่ก่อตัวนั้น อาจทำให้เกิดอาการเสียวฟันภายหลังการบูรณะได้^{๔๗} แต่การศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า โครงสร้างของฟันมีแคลเซียมและฟอสเฟตเป็นระบบบัฟเฟอร์ จึงทำให้การบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มักไม่ค่อยพบอาการเสียวฟันหลังการอุด^{๔๘,๔๙}

ความสวยงาม

วัสดุบูรณะชนิดกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทุกชนิดภายหลังการบูรณะ ๒๔ ชั่วโมงแรกจะมีสีที่ค่อนข้างขุ่นเนื่องจากปฏิกิริยาการก่อตัวของวัสดุยังดำเนินไปไม่สมบูรณ์เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ ๑ สัปดาห์วัสดุจะค่อย ๆ มีความใสขึ้น มีความสวยงามมากขึ้น และจะยิ่งใสในวัสดุบูรณะที่บูรณะมานาน อย่างไรก็ตามระดับของความโปร่งใสของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุอุดแทรก ในกรณีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินจะมีความใสและสวยงามกว่าชนิดดั้งเดิม^๕ สำหรับการติดสีที่ผิววัสดุขึ้นกับการขัดแต่งผิวให้เรียบ แต่กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีแนวโน้มในการติดสีที่มากกว่าเรซินคอมโพสิต^๕

ความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงมิติ

ข้อจำกัดที่สำคัญของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เมื่อเทียบกับเรซินคอมโพสิตและอะมัลกัม คือความเปราะของวัสดุ มีโอกาสเกิดรอยร้าวในเนื้อวัสดุได้^๕ ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันแบบถาวรในบริเวณที่รับแรงจากการบดเคี้ยว

การผสมวัสดุตามอัตราส่วนอย่างเคร่งครัด และการเคลือบผิววัสดุหลังบูรณะจะทำให้เกิดการหดตัวได้ประมาณร้อยละ ๓ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความชื้นสูง พบว่าวัสดุมีแนวโน้มที่จะดูดน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงมิติสุทธิจะพบว่าการขยายตัวของวัสดุ ในทางกลับกันที่ความชื้นต่ำ การเปลี่ยนแปลงมิติสุทธิพบว่าวัสดุจะมีการหดตัว^๕

การละลายตัวและการสลายตัว

การสูญเสียส่วนประกอบของวัสดุที่ละลายน้ำได้จะนำไปสู่การสลายตัวของวัสดุ โดยอาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนของน้ำในช่วงแรกของการก่อตัว การที่วัสดุถูกกัดกร่อนด้วยสารเคมี เช่น กรดจากคราบจุลินทรีย์ หรือการได้รับฟลูออไรด์ที่เป็นกรด และการสึกกร่อนของวัสดุจากแรงกล จึงมีข้อแนะนำในการปกป้องวัสดุอย่างเคร่งครัดในครึ่งชั่วโมงแรกหลังบูรณะ^{๕,๑๔-๑๖}

บทสรุป

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุบูรณะฟันสีเหมือนฟันที่ได้รับการพัฒนาเพื่อทดแทนซิลิเกตซีเมนต์ สมบัติเด่นของซีเมนต์ชนิดนี้คือ สามารถเกิดพันธะเคมีกับผิวฟัน โดยส่วนต่อประสานระหว่างวัสดุกับผิวฟันเกิดเป็นชั้นแล็กเปลี่ยนไอออน ซึ่งชั้นนี้มีสมบัติที่ต้านทานความเป็นกรด-ด่าง และให้แรงยึดเกาะกับผิวฟัน เนื่องจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ก่อตัวด้วย ปฏิกิริยาการดัดแปร คือต้องมีน้ำและกรดเพื่อเกิดปฏิกิริยาดังนั้นสามารถแบ่งชนิดของซีเมนต์ชนิดนี้ตามสถานะของกรดที่ผสมอยู่ที่ส่วนเหลวหรืออยู่ที่ส่วนผง โดยแบ่งเป็น ชนิดไฮดรอกไซด์ แอนไฮดรอกไซด์ และชนิดกึ่งไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามการดัดแปรด้วยวัสดุต่างชนิด ได้เป็น ๓ ประเภทใหญ่ ๆ คือ ๑. ชนิดดั้งเดิมที่ไม่ได้ดัดแปรด้วยสารใด ๆ ๒. ชนิดดัดแปรด้วยโลหะผสม ๓. ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน ซึ่งแต่ละชนิดต่างมีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป

นอกจากนี้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถปลดปล่อยและดูดสะสมฟลูออไรด์เป็นวงจรถัด โดยพบว่าหลังการบูรณะใหม่ ๆ การปล่อยฟลูออไรด์ออกมามากที่สุดภายใน ๒ - ๓ วันแรก และลดระดับลงต่ำอย่างรวดเร็วภายในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นจะคงระดับความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์

ขนาดต่ำ ๆ ต่อไปได้อีกหลายเดือนจนถึงปี ขณะเดียวกันวัสดุชนิดนี้ยังสามารถเก็บสะสมฟลูออไรด์ใหม่ได้ จึงสามารถกลับมาปล่อยฟลูออไรด์ปริมาณสูงในระยะเวลาสั้น ๆ ได้อีกครั้ง

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีความเข้ากันทางชีวภาพที่ดี ไม่ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในเหมือนซีเมนต์กลุ่มที่มีกรดฟอสฟอริกเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน และพบว่าภายหลังการบูรณะ ๒๔ ชั่วโมงแรกจะมีสีที่ค่อนข้างขุ่น หลังจากนั้นวัสดุจะค่อย ๆ มีความใสขึ้น มีความสวยงามมากขึ้น

ด้วยสมบัติที่เด่นของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หลายประการ จึงได้นำมาใช้งานทางคลินิกหลายรูปแบบ ได้แก่ ใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ใช้บูรณะด้านประชิดของฟันหน้า ใช้บูรณะบริเวณคอฟันที่เกิดจากฟันผุและไม่ได้เกิดจากฟันผุ ใช้บูรณะบริเวณฟันที่ไม่ต้องรับแรง ใช้บูรณะรอยผุที่รากฟัน ใช้เป็นกาวยึดชิ้นงานกับฟันหลัก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

๑. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry: the glass-ionomer cement. *Br Dent J* 1972;132:133-5.
๒. Kovarik RE, Haubenreich JE, Gore D. Glass ionomer cements: a review of composition, chemistry, and biocompatibility as a dental and medical implant material. *J Long Term Eff Med Implants* 2005;15:655-71.
๓. Claude Levi-Strauss. Glass ionomer cements. In: Harry F. Albers, Editor. *Tooth-colored restoratives principles and techniques*. 9th ed. London: BC Decker Inc; 2002. 43-55.
๔. Mahesh Singh TR, Suresh P, Sandhyarani J, Sravanthi J. Glass ionomer cements (GIC) in dentistry: A review. *Int J Pl An and Env Sci* 2011;1:26-30.
๕. Wilson AD, Crisp S, Ferner AJ. Reaction in glass-ionomer cements: IV. Effect of chelating comonomers on setting behavior. *J Dent Res* 1976;55:489-95.
๖. Walls A. Glass polyalkenoate (glass ionomer) cements: a review. *J Dent* 1986;14:231-6.
๗. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res* 1991;70:72-4.
๘. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79:709-14.
๙. Berg JH. Glass ionomer cements. *Pediatr Dent* 2002;24:430-38.
๑๐. Billington RW, Pearson GJ, Williams JA. Uptake of fluoride ions by the glass component of glass ionomer cement. *J Dent* 2007;35:452-5.
๑๑. Carey CM, Spencer M, Gove RJ, Eichmiller FC. Fluoride release from a resin-modified glass-ionomer cement in a continuous-flow system: effect of pH. *J Dent Res* 2003;82:829-32.
๑๒. Lucas ME, Arita K, Nishino M. Toughness, bonding and fluoride release properties of hydroxyapatite-added glass ionomer cement. *Biomaterials* 2003;24:3787-94.
๑๓. Pin ML, Abdo RC, Machado MA, Silva SM, Pavarini A, Marta SN. In vitro evaluation of the cariostatic action of esthetic restorative materials in bovine teeth under severe cariogenic challenge. *Oper Dent* 2005;30:368-75.
๑๔. Karaoglanoglu S, Akgul N, Özdabak HN, Akgul HM. Effectiveness of surface protection for glass-ionomer, resin-modified glass-ionomer and polyacid-modified composite resins. *Dent Mater J* 2009;28:96-101.
๑๕. Sangappa V, Dhanya Kumar N, Shivanna V. A spectrophotometric evaluation of effectiveness of surface protection for resin modified glass ionomer cement an in vitro study. *J Conserv Dent* 2005;8:15-23.
๑๖. Mensudar R, Sukumaran VG. To evaluate the effect of surface coating on three different types glass ionomer restorations. *Biomed & Pharm J* 2015;8:445-9.

๑๗. Watson T. Bonding of glass-ionomer cements to tooth structure. In: Davidson CL, Mjör IA, editors. *Advances in glass-ionomer cements*. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1999: 121-36.
๑๘. Mount GJ. *An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide*. 3rd ed. London: Martin Dunitz Ltd; 2002.
๑๙. Ngo H, Mount GJ, Peters MC. A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low temperature, high-resolution scanning electron microscope technique. *Quint Int* 1997;28:63-9.
๒๐. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater* 2001;17:456-70.
๒๑. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SH, Pashley DH. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent* 2001;3:153-67.
๒๒. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Aust Dent J* 2004;49:112-21.
๒๓. Tyas MJ. Clinical evaluation of Glass-ionomer cement restoration. *J Appl Oral Sci* 2006;14:10-3.
๒๔. Burrow MF, Tyas MJ. Clinical evaluation of a glass ionomer-based dentine adhesive-2-year results. *J Dent Res* 1999;78:368.
๒๕. Frencken JE, Van 't Hof MA, Van Amerongen WE, Holmgren CJ. Effectiveness of single-surface art restorations in the permanent dentition: a meta-analysis. *J Dent Res* 2004;83:120-3.
๒๖. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Two year clinical effectiveness of a resin-modified glass-ionomer adhesive. *Am J Dent* 2003;16:363-8.
๒๗. Matis BA, Cochran M, Carlson T. Longevity of glass-ionomer restorative materials: results of a 10-year evaluation. *Quint Int* 1996;27:373-82.
๒๘. Wilder AD Jr, Swift EJ Jr, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin modified glass ionomer restorative materials. *J Dent* 2000;28:367-73.
๒๙. Mount GJ. Longevity in glass-ionomer restorations: review of a successful technique. *Quint Int* 1997;28:643-50.
๓๐. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater* 2008;24:1702-08.
๓๑. Syrek A. Features of modern GICs and their relevance to clinical practice. *J Dent* 2006;34: 614-22.
๓๒. Saito S, Tosaki S, Hirota K. *Characteristics of glass ionomer cements*. Quintessence Publishing Co; 1999: 15-50.
๓๓. Andersson-Wenckert IE, van Dijken JW, Kieri C. Durability of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass ionomer cement after 6 years. *Am J Dent* 2004;17:43-50.
๓๔. Eliades G. Chemical and biological properties of glass-ionomer cements. In: Davidson CL, Mjör IA, editors. *Advances in glass ionomer cements*. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1999: 67-84.
๓๕. Gao W, Smales RJ, Gale MS. Fluoride release/uptake from newer glass-ionomer cements used with the ART approach. *Am J Dent* 2000;13: 201-4.
๓๖. Rothwell M, Anstice HM, Pearson GJ. The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent* 1998;26:591-7.
๓๗. Kuhn AT, Wilson AD. The dissolution mechanisms of silicate and glass-ionomer dental cements. *Biomaterials* 1985;6:378-82.

๓๘. Yap AU, Khor E, Foo SH. Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. *Oper Dent* 1999;24:297-305.
๓๙. Herrera M, Castillo A, Bravo M, Liebana J, Carrion P. Antibacterial activity of resin adhesives, glass ionomer and resin modified glass ionomer cements and a compomer in contact with dentin caries samples. *Oper Dent* 2000;25:265-9.
๔๐. Herrera M, Castillo A, Baca P, Carrion P. Antibacterial activity of glass-ionomer restorative cements exposed to cavity-producing microorganisms. *Oper Dent* 1999;24:286-91.
๔๑. Van Dijken JW, Kalfas S, Litra V, Oliveby A. Fluoride and mutans streptococci levels in plaque on aged restorations of resin modified glass ionomer cement, compomer and resin composite. *Caries Res* 1997;31:379-83.
๔๒. Hallgren A, Oliveby A, Twetman S. Salivary fluoride concentrations in children with glass ionomer cemented orthodontic appliances. *Caries Res* 1990;24:239-41.
๔๓. Svanberg M, Krasse B, Ornerfeldt HO. Mutans streptococci in interproximal plaque from amalgam and glass ionomer restorations. *Caries Res* 1990;24:133-6.
๔๔. Weerheijm KL, de Soet JJ, Amerongen WE, Graaf J. The effect of glass-ionomer cement on carious dentine: an in vivo study. *Caries Res* 1993;27:417-23.
๔๕. ML, Alves JB, Brandao PR. Atraumatic restorative treatment: clinical, ultrastructural and chemical analysis. *Caries Res* 2002;36:430-6.
๔๖. Sidhu SK, Schmalz G. The biocompatibility of glass-ionomer cement materials. a status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001;14:387-96.
๔๗. Smith DC, Ruse ND. Acidity of glass ionomer cements during setting and its relation to pulp sensitivity. *J Am Dent Assoc* 1986;112:654-7.
๔๘. Council on dental materials instruments and equipment. Reported sensitivity to glass ionomer luting cements. *J Am Dent Assoc* 1984;109:476.
๔๙. Bebermeyer RD, Berg JH. Comparison of patient-perceived post cementation sensitivity with glass-ionomer and zinc phosphate cements. *Quint Int* 1994;25:209-14.

Abstract

Glass-ionomer cement and clinical properties

Komdao Termkleepbuppa, Awiruth Klaisiri

Division of Operative dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University

Corresponding author: Asist. Prof. Awiruth Klaisiri, Division of Operative dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University Telephone: 02-9869051 Fax: 029869205 Email: Dentton@hotmail.com

Glass-ionomer cement is a result of combining of fluoroaluminosilicate glass as powder and the polyalkenoic acid as liquid which set by acid-base reaction. Advantages of glass-ionomer cement which are different from other types of direct restorative materials; providing good adhesion to both enamel and dentin by chemical bond, fluoride release and uptake abilities, good biological compatibility and the coefficient of thermal expansion similar to dentin. Glass-ionomer cement can be classified into different types according to modification of acid or type of reinforcement materials. Meanwhile, glass-ionomer cement is continuously developed in terms of improved physical properties, biological properties and esthetic consideration. At present, this cement is widely used as a single restorative material or used with other materials such as amalgam or resin composite.

Key words: Polyalkenoic acid, Glass-ionomer cement, Fluoroaluminosilicate glass