

การใช้งาน มิเนอร์ล ไตรออกไซด์ เอ็กกรีเกรท (เอ็ม ที เอ) ทางทันตกรรมสำหรับเด็ก

นฤมล เพชรปลูก

กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูธร สุพรรณบุรี

บทคัดย่อ มิเนอร์ล ไตรออกไซด์ เอ็กกรีเกรท (เอ็ม ที เอ) เป็นวัสดุทางทันตกรรม ที่ได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยา สหรัฐอเมริกา สามารถใช้เป็นวัสดุในการรักษาคลองรากฟันในมนุษย์ได้อย่างปลอดภัยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 โดยพบว่า เอ็ม ที เอ มีคุณสมบัติเหนือกว่าวัสดุที่ใช้รักษาประสาทฟันในปัจจุบัน ทั้งคุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ มีความแนบสนิทที่ดี และมีความเป็นพิษน้อยกว่า รายงานฉบับนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับคุณสมบัติของ เอ็ม ที เอ ทั้งในด้านองค์ประกอบ คุณสมบัติทางกายภาพ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ และการใช้งานทางคลินิก โดยการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง หรือ พัลฟ์โพโทมี ในฟันน้ำนม

คำสำคัญ: เอ็ม ที เอ การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง พัลฟ์โพโทมี ฟันน้ำนม

บทนำ

ถึงแม้ว่าปัจจุบันการพัฒนากันฟันผู้ได้มีความก้าวหน้าไปมาก และผู้ปกครองเห็นความสำคัญของเก็บรักษาฟันน้ำนมไว้มากขึ้น แต่ก็ยังคงมีฟันน้ำนมที่สูญเสียไปก่อนกำหนด ซึ่งทำให้เกิดผลเสียตามมาอย่างมากมาย เช่นการสูญเสียที่ว่างในขากรรไกร ฟันซ้อนเก การสบฟันไม่ถูกต้อง การพูดออกเสียง หรือ อวัยวะต่าง ๆ ในช่องปาก ทำหน้าที่ผิดปกติไป ซึ่งอาจเกิดปัญหาเพียงชั่วคราว หรือเป็นปัญหาถาวรก็ได้⁽¹⁻⁴⁾

เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคของฟันน้ำนมที่มีชั้นเนื้อฟัน และชั้นผิวเคลือบฟันที่บาง แต่มีโพรงประสาทฟันที่ใหญ่กว่าฟันแท้ ทำให้การอุดฟันน้ำนมมีโอกาสเกิดการเผยเนื้อเยื่อใน (exposed pulp) ได้ง่าย ดังนั้นเมื่อฟันน้ำนมเกิดการเผยเนื้อเยื่อใน ได้มีผู้แนะนำว่าควรรักษาด้วยวิธีการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง (direct pulp capping) หรือ พัลฟ์โพโทมี (pulpotomy) การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง คือการรักษาประสาทฟันที่มีการเผยเนื้อเยื่อในขนาดเล็กซึ่งเกิดจาก

เครื่องมือทำฟัน ขณะตัดรอยพุหรือจากอุบัติเหตุฟันหัก จนมีการเผยเนื้อเยื่อใน โดยใส่วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมปิดจุดที่มีการเผยเนื้อเยื่อใน แล้วบูรณะฟันให้มีความแนบสนิทที่ดี ป้องกันรอยซึมเล็ก (microleakage) ตามขอบวัสดุอุด การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงมีข้อห้ามในฟันที่แสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อใน^(3,5,6) อย่างไรก็ตามก็ตามผลสำเร็จของการรักษาที่ผ่านมาไม่สูงมากนัก ดังนั้นการรักษาด้วยวิธีนี้ในฟันน้ำนมจึงไม่เป็นที่นิยม โดยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นวัสดุที่ได้รับการยอมรับในการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง⁽⁶⁻¹⁰⁾ แต่เมื่อติดตามการรักษาไปในระยะยาว พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถละลายและมีการเสื่อมสลายได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การรักษาล้มเหลว⁽¹¹⁾

พัลฟ์โพโทมิ เป็นการรักษาโดยการกำจัดเนื้อเยื่อในของโพรงฟันที่มีการอักเสบหรือติดเชื้อออกทั้งหมดและรักษาเนื้อเยื่อในของคลองรากฟันให้ยังคงมีชีวิต และทำหน้าที่ได้ตามปกติ โดยการใส่ยา และวัสดุบูรณะฟันปิดในส่วนโพรงฟันก่อนที่จะบูรณะฟันที่เหมาะสมป้องกันรอยซึมเล็กต่อไป^(2,4,6,12)

เป็นเวลากว่า 70 ปีแล้วที่ ฟอร์โมครีซอล เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในการนำมาใช้ในการรักษาพัลฟ์โพโทมิในฟันน้ำนม⁽¹³⁻¹⁵⁾ และเป็นที่ยอมรับของสมาคมทันตกรรมสำหรับเด็กแห่งประเทศไทย⁽⁶⁾ ฟอร์โมครีซอลเป็นสารที่มีฟอร์มาดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งได้มีการตระหนักถึงอันตรายของสาร โดยเมื่อ ฟอร์โมครีซอลสัมผัสกับเนื้อเยื่ออ่อนจะทำให้เกิดการระคายเคืองได้ ในการทำพัลฟ์โพโทมิด้วยฟอร์โมครีซอล พบการอักเสบ และการตายของเนื้อเยื่อในคลองรากฟัน⁽¹⁶⁾ และอาจส่งผลกระทบต่อฟันแท้ที่อยู่ข้างใต้ได้⁽¹⁷⁾ นอกจากนี้ยังพบว่าฟอร์มาดีไฮด์ มีพิษทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิด DNA-protein crosslink⁽¹⁸⁻²⁰⁾ ดังนั้นการใช้ทางทันตกรรมจึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) เป็นวัสดุที่ถูกคิดค้นในช่วงต้นทศวรรษ ค.ศ. 1990 เพื่อเป็นวัสดุ

อุดปลายรากฟันแท้ และได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1998 ให้สามารถใช้เป็นวัสดุในการรักษาคลองรากฟันในมนุษย์ได้⁽²¹⁾

รายงานผลสำเร็จของการใช้ MTA ในช่วงแรกส่วนใหญ่ทำการศึกษาในฟันแท้ พบว่าให้ผลการรักษาประสาฟันที่ดีกว่าวัสดุตัวอื่น ๆ ไม่ว่าจะใช้ซ่อมแซมรูทะลุของรากฟัน และ รักษาพยาธิสภาพบริเวณง่ามรากฟัน (furcation lesion) วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน (pulp capping) ทำให้ปลายคลองรากฟันปิด (apexification) และเป็นวัสดุอุดปิดปลายรากฟัน (root-end filling) ในฟันแท้ที่ปลายรากฟันเปิด^(21,22) ส่วนการใช้ในฟันน้ำนมยังมีรายงานออกมาน้อย แต่พบว่าให้ผลสำเร็จในการรักษาเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง⁽²³⁻²⁵⁾ หรือ พัลฟ์โพโทมิ⁽²⁶⁻³⁵⁾ ซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไป

รายงานฉบับนี้ได้รวบรวมรายละเอียดของ MTA เกี่ยวกับ องค์ประกอบ คุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) และการใช้งานทางคลินิกในฟันน้ำนม โดยใช้ปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง หรือ พัลฟ์โพโทมิ

องค์ประกอบ และคุณสมบัติทางกายภาพ (compositions and physical properties)

MTA เป็นสารผสมรวมกลุ่มของผงหลัก 3 ชนิด คือ Portland cement 75% สารทึบรังสี 20% (Bismuth oxide) และยิปซัมอีก 5% นอกจากนี้ยังมีสารประกอบย่อยของสารประกอบออกไซด์ของโลหะอื่น ๆ อีก เช่น SiO₂, CaO, MgO, K₂SO₄ และ Na₂SO₄ โดยในส่วนประกอบหลักซึ่งเป็น Portland cement ประกอบด้วย Dicalcium silicate, Tricalcium silicate, Tricalcium aluminate และ Tetracalcium aluminoferrite⁽³⁶⁻³⁷⁾

Torabinejad และคณะ⁽³⁸⁾ ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะของ MTA เมื่อแข็งตัว(set) พบโครงสร้างที่เป็นผลึกไม่ต่อเนื่อง (discrete crystal) ซึ่งประกอบด้วย

แคลเซียม 33%, ฟอสเฟต 49%, ซิลิกา 6%, คลอไรด์ 3% และคาร์บอน 2% ซึ่งแคลเซียม และฟอสเฟต เป็นส่วนประกอบหลักของ เนื้อเยื่อแข็ง (hard tissue) เช่นกัน ดังนั้น MTA จึงมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) ที่ดี เมื่อสัมผัสกับเซลล์ หรือเนื้อเยื่อ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของ MTA เมื่อผสมเสร็จเท่ากับ 10.2 และเมื่อแข็งตัว เท่ากับ 12.5 (ประมาณ 3 ชั่วโมงหลังผสม) และจะคงอยู่เท่านี้ไปตลอด ซึ่งเท่ากับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์^(36,38) ทำให้ MTA มีคุณสมบัติต้านจุลชีพ (antimicrobial)^(22,39) และกระตุ้นให้มีการสร้างเนื้อเยื่อแข็ง (hard tissues) เมื่อใช้เป็นวัสดุอุดปลายรากฟัน^(37-38,40) ซึ่งกระบวนการสร้าง เนื้อเยื่อแข็งเกิดขึ้นได้อย่างไรยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าเหมือนกับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพราะเมื่อ calcium silicate ใน MTA ทำปฏิกิริยากับของเหลวจากเนื้อเยื่อ (tissue fluid) จะได้ผลผลิตพลอยได้ (by-product) เป็น แคลเซียมไฮดรอกไซด์⁽²²⁾

MTA เมื่อสัมผัสกับของเหลวจากเนื้อเยื่อจะปลดปล่อยประจุโลหะ (metallic ion) และตกตะกอนให้โครงสร้างที่คล้ายกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite crystal) ปกคลุมที่ผิวของ MTA และแทรกระหว่างช่องว่างของ MTA กับเนื้อฟัน ดังนั้นการยึดของ MTA ในระยะแรกจะเป็นพันธะเชิงกล (mechanical bond) ต่อมาเมื่อประจุโลหะตกตะกอน จึงเกิดเป็นพันธะเคมี (chemical bond) กับเนื้อฟัน ทำให้ MTA มีความแนบสนิท (sealing ability) ที่ดี มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ สามารถกระตุ้นให้สร้างเนื้อฟัน (dentino-genic activity) และสามารถกระตุ้นให้สร้างกระดูก (osteogenic activity) ที่ดี⁽³⁶⁻³⁷⁾

บริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าควรใส่สำลีชุบน้ำขึ้น ๆ ปิดไว้บน MTA นานอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เพื่อรอให้ MTA แข็งตัว⁽⁴¹⁾ ซึ่งความชื้นจากเนื้อเยื่อรอบ ๆ อาจช่วยในปฏิกิริยาการแข็งตัวของ MTA⁽²²⁾ ในขณะที่มีการแข็งตัวของ MTA ความชื้นมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรง (strength) และแนบสนิท (adaptability) ของวัสดุ ดัง

นั้นจึงแนะนำว่าควรใส่สำลีชุบน้ำให้ขึ้น แล้วอุดชั่วคราวไว้ก่อนเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วันก่อนที่จะบูรณะฟันถาวรต่อไป โดยเฉพาะในบริเวณที่เป็นจุดต้องรับแรงมาก ๆ เนื่องจาก MTA มีปฏิกิริยาแข็งตัวต่อไปจนถึงวันที่ 21⁽⁴²⁻⁴³⁾

MTA เป็นวัสดุที่ต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงาน โดยไม่ควรออกแรงกดมากเกินไปบนวัสดุ เพราะแรงกดที่มากเกินไปจะทำให้โมเลกุลของ ส่วนผงเข้ามาชิดกันมากจนขาดที่สำหรับโมเลกุลของน้ำที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ส่งผลให้ความแข็งผิว (surface hardness) และการสร้างผลึกขณะเกิดปฏิกิริยาลดลง⁽⁴⁴⁾ นอกจากนี้ Fridland และ Roseda⁽⁴⁵⁾ พบว่าสภาพละลายได้ (solubility) และความพรุน (porosity) ของ MTA จะลดลง ถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อผงลดลง จึงควรผสมในอัตราส่วนที่ผู้ผลิตกำหนด

MTA ในท้องตลาดมี 2 ประเภท คือ gray MTA (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental) และ White MTA (Tooth-Colored MTA, Dentsply Tulsa OK, USA) ซึ่ง white MTA ผลิตขึ้นมาภายหลังเนื่องจาก grey MTA ทำให้ฟันที่รักษามีสีคล้ำ โดย white MTA มีส่วนประกอบของ Al_2O_3 , MgO และ FeO น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ การที่มี FeO และแมกนีเซียม ลดลงทำให้สีของวัสดุอ่อนลง นอกจากนั้นใน white MTA ไม่มี aluminum, dicalcium silicate และ tetracalcium aluminoferrite เป็นส่วนประกอบ และ ขนาดอนุภาค (particle) มีขนาดเล็กกว่า^(21-22,35,46-47) จากการทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ พบว่า white MTA ให้ผลใกล้เคียงกันกับ grey MTA โดยสามารถเหนี่ยวนำให้การเพิ่มจำนวนของเซลล์ (proliferation) ไม่ทำให้เกิด apoptosis หรือ cell cycle arrest⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾ ส่วนการทดสอบการรั่วซึม พบว่าได้ผลใกล้เคียงกัน⁽⁵¹⁻⁵³⁾ อย่างไรก็ตามหลายการศึกษาพบว่า grey MTA มีคุณสมบัติที่ดีกว่า white MTA โดยพบว่าทำให้เกิดผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ มากกว่า และรั่วซึมน้อยกว่า^(22,54-56) ส่วนการศึกษาทางคลินิกในการรักษาพัลป์โทมีในฟันน้ำนม พบ

ว่า grey MTA ให้ผลสำเร็จในการรักษาได้ดีกว่าทั้งทางคลินิก และจากภาพถ่ายรังสี⁽²⁷⁾

เนื่องจาก MTA มีราคาแพงมากจึงได้มีผู้คิดนำ Portland cement มาใช้แทน เพราะส่วนประกอบหลักของ MTA 75% คือ Portland cement เมื่อทดสอบเปรียบเทียบ Portland cement กับ MTA พบว่าส่วนประกอบคล้ายคลึงกันมาก ยกเว้นใน Portland cement ไม่มีสารทึบรังสี^(21-22,57) การทดสอบการรั่วซึมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน⁽⁵⁸⁻⁶⁰⁾ ส่วนการทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ทางห้องปฏิบัติการ และในหนู พบว่า Portland cement ให้การตอบสนองที่ดีไม่แตกต่างจาก MTA^(58,61-64) แต่ยังไม่พบรายงานการศึกษาในมนุษย์

ข้อเสียของ MTA คือ มีระยะเวลาการทำงานที่สั้น แต่มีการแข็งตัวที่นาน ผลสมยาก ร่วนเป็นผง และมีโอกาสถูกชะล้างออกไปได้มากถ้าอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นมากเกินไป ดังนั้นจึงมีผู้พยายามหาวิธีลดระยะเวลาการแข็งตัวของ MTA โดยการให้ MTA แข็งตัวด้วยการฉายแสง หรือใช้สารเคมีเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมี (เหมือนที่ใช้ได้ผลกับ Portland cement ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง) พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ได้ผลดีที่สุดโดยเมื่อเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไปทำให้ระยะเวลาการแข็งตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ⁽⁶⁵⁻⁶⁷⁾ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นแสดงให้เห็นว่าการเติมแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยลดการเกิดรอยซึมเล็กได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม⁽⁶⁸⁻⁶⁹⁾ Bortoluzzi และคณะ⁽⁷⁰⁾ พบว่าการเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไป ใน MTA ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางสรีรเคมี (physicochemical properties) ให้กับวัสดุ ช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น ต้องการใช้น้ำในการผสมลดลง

เนื่องจาก MTA เป็นวัสดุที่จำเป็นต้องเก็บในที่ที่แห้ง เพราะว่าถ้าถูกความชื้นจากอากาศ จะทำให้เกิดปฏิกิริยา air-setting ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของส่วนผสมลดลง และเมื่อเปิดใช้แล้วแต่ถ้าใช้ไม่หมดควรเก็บไว้ในภาชนะที่กันน้ำและอากาศ และควรใช้ให้หมดภายใน 4

สัปดาห์⁽²⁰⁾

ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility)

ความเข้ากันได้ทางชีวภาพของวัสดุคือความสามารถของวัสดุที่จะทำให้ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองที่เหมาะสมภายหลังจากที่เนื้อเยื่อของผู้ป่วยได้สัมผัสกับวัสดุ แล้วไม่ทำให้เกิดอันตรายจากพิษ การระคายเคือง การอักเสบ การแพ้ และไม่มีผลกระทบที่เป็นพิษต่อจีโนมหรือเซลล์ (genotoxic or cytotoxic effect)⁽⁶¹⁾ คุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพเป็นคุณสมบัติที่สำคัญข้อหนึ่งของวัสดุ ที่จะทำให้การรักษาประสบความสำเร็จหรือไม่เพราะพิษของวัสดุ เป็นสาเหตุทำให้เนื้อเยื่ออักเสบ⁽⁷¹⁾

การศึกษาจำนวนมากแสดงถึงความเข้ากันได้ทางชีวภาพของ MTA ทั้งในห้องปฏิบัติการ และในสัตว์ทดลอง โดยจากการทดสอบถึงผลกระทบต่อจีโนม หรือเซลล์ พบว่า MTA ไม่ได้เป็นสารที่เป็นพิษต่อจีโนม และเซลล์ที่ทดสอบ จนทำให้เซลล์ตาย^(21-22,61-62, 64, 71-72) โดยเมื่อทดสอบกับเซลล์กระดูกเบ้าฟันของมนุษย์ (human alveolar bone cell) พบว่าเซลล์เกาะติด และแพร่กระจายเข้าไปหา MTA ภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเซลล์เพิ่มจำนวน ร่วมกับสร้างชั้นเมทริกซ์ (matrix layer) ภายใน 7 วัน⁽⁷³⁾

ส่วนการทดสอบเปรียบเทียบความเข้ากันได้ทางชีวภาพของ MTA กับ วัสดุตัวอื่น ทั้งในห้องปฏิบัติการ และในสัตว์ทดลอง พบว่า MTA ให้การตอบสนองของเนื้อเยื่อได้ดีกว่าวัสดุตัวอื่น เหนี่ยวนำให้เกิดการงอกใหม่ของเนื้อเยื่อ (tissue regeneration) และแร่ธาตุตกตะกอนฟอสฟอรัส (mineralization) ตรงตำแหน่งที่ใกล้กับที่ใส่วัสดุลงไป^(21-22, 74-81)

MTA มีคุณสมบัติเป็น Bioactive material สามารถกระตุ้นให้หลังสาร cytokine โดยตรวจพบ โปรตีน หรือ mRNAs ชนิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การงอกใหม่ของเนื้อเยื่อ การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ (tissue repair) หรือ เหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งขึ้นมาใหม่^(21-22,75,77,82-86)

เมื่อเปรียบเทียบการสร้าง dentine bridge ใน

ลัทธิทดลอง และในฟันแท้ที่ไม่มีฟันผุ หลังจากใช้ MTA หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่ากลุ่ม MTA เกิดขึ้นได้เร็วกว่า คุณภาพดีกว่าโดยมีความหนา ความต่อเนื่อง และไม่พบลักษณะของ tunnel defects เหมือนที่พบในแคลเซียมไฮดรอกไซด์^(21-22, 87-93)

การใช้ MTA ในการรักษาประสาทฟันน้ำนม

การใช้งาน MTA ทางคลินิกในฟันน้ำนมได้สรุปดังตารางที่ 1 ซึ่งจากตารางได้รายงานถึง ผู้ทำการศึกษา ปีวิธีการรักษา จำนวนซี่ฟันที่เริ่มทำการรักษา ระยะเวลาในการติดตามการรักษา การบูรณะฟันภายหลังการรักษา และผลสำเร็จของการรักษา

การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง

การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงในฟันน้ำนมยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากผลสำเร็จของการรักษาไม่สูงมากนัก ร่วมกับการรักษาพัลพ์โพโทมีในฟันน้ำนมทำได้ไม่ยาก แต่ให้ผลสำเร็จของการรักษาที่สูงกว่า ดังนั้นจึงมีรายงานการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงด้วยการใช้ MTA เพียง 3 ฉบับเท่านั้น⁽²³⁻²⁵⁾

Boden และคณะ⁽²³⁾ รายงานกรณีศึกษา 1 ราย ที่ติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 18 เดือนพบว่าให้ผลสำเร็จของการรักษาเป็นอย่างดีทั้งทางคลินิก และภาพถ่ายรังสี นอกจากนี้พบว่าฟันยังมีชีวิตอยู่

Caicedo และคณะ⁽²⁴⁾ ได้รายงานผลการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง ด้วย MTA จำนวน 10 ซี่ และ พัลพ์โพโทมี 11 ซี่ ติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือนพบว่าให้ผลสำเร็จของการรักษา คิดเป็น 80% และ 91% ตามลำดับ โดยพบว่าฟัน 2 ซี่ จากการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง และอีก 1 ซี่จากการรักษา พัลพ์โพโทมี มีอาการปวดหลังการรักษา และเมื่อติดตามการรักษาไป 6 เดือน พบว่าแสดงอาการของการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อใน (pulp degeneration) เมื่อดูทางวิทยาเนื้อเยื่อ (Histology) พบว่ามีการตอบสนองของเนื้อเยื่อประสาทฟันที่หลากหลาย เช่น เนื้อเยื่อในปรกติ การตกตะกอน

ของแร่ธาตุภายในโพรงประสาทฟัน การสร้าง dentine bridge การอักเสบเกิดขึ้นภายในโพรงประสาทฟัน หรือเนื้อเยื่อในตาย เป็นต้น โดยพบว่าสร้าง dentine bridge จำนวน 13/21 ซี่ แต่จากภาพถ่ายรังสีไม่ได้มีการรายงาน Tuna และคณะ⁽²⁵⁾ ได้รายงานผลการศึกษา การติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 24 เดือน ศึกษาเปรียบเทียบผลการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงด้วยการใช้ MTA กับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในคน ๆ เดียวกัน ร่วมกับร่องฟัน ด้วย ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล แล้วบูรณะฟันด้วยอมัลกัม ซึ่งฟันที่ศึกษาทั้งหมดเลือกเฉพาะที่ผู้เฉพาะด้านบดเคี้ยวเท่านั้นผลการรักษาพบว่าไม่มีฟันซี่ใดเลยที่บ่งบอกถึง ความล้มเหลวของการรักษาทั้งทางคลินิก และภาพถ่ายรังสี ทั้งกลุ่ม MTA และกลุ่มแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตลอดระยะเวลาที่ทำการติดตามผล

การรักษาพัลพ์โพโทมี

การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการรายงานผลการศึกษาเปรียบเทียบ การใช้ MTA กับ ฟอร์โมครีซอล ซึ่งการศึกษาในระยะยาวตั้งแต่ 18 - 24 เดือนขึ้นไป พบว่าการใช้ MTA ให้ผลสำเร็จของการรักษาที่ดีกว่าทั้งทางคลินิก และทางภาพถ่ายรังสี โดยพบว่า รากฟันละลายน้อยกว่า และเหมาะที่จะใช้ MTA แทน ฟอร์โมครีซอล ในการรักษาพัลพ์โพโทมีในฟันน้ำนม⁽²⁶⁻³²⁾ โดย Holan และคณะ⁽²⁸⁾ ศึกษาเปรียบเทียบการรักษาพัลพ์โพโทมี โดยใช้ฟอร์โมครีซอล กับ MTA ติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 4-74 เดือน (เฉลี่ย 38 เดือน) พบว่ากลุ่มที่รักษาพัลพ์โพโทมีด้วย ฟอร์โมครีซอล ไม่ประสบความสำเร็จในการรักษาหลังติดตามการรักษา 4-30 เดือน ในขณะที่กลุ่ม MTA ตรวจพบว่าล้มเหลวในการรักษาเพียงซี่เดียวที่ระยะเวลา 12 เดือน และหลังจากนั้นไม่พบว่าล้มเหลวในการรักษาอีกเลย

Maroto และคณะ⁽³³⁾ ได้รายงานผลการติดตามการรักษาพัลพ์โพโทมีในฟันน้ำนมด้วย grey MTA เป็นระยะเวลา 42 เดือน พบว่าประสบผลสำเร็จทางคลินิก

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลการใช้งานทางคลินิกในฟันน้ำนม

Study	Year	Treatment	No. of teeth	Follow-up time (month)	Restoration	Success/Total(%)	
						MTA	Other
Bodem ²³	2004	Direct pulp cap	1	18	CF	1 / 1(100)	-
Caicedo ²⁴	2006	Direct pulp cap	10	6	CF	8 / 10(80)	-
		Pulpotomy	11	6	CF	10 / 11(91)	-
Tuna ²⁵	2008	Direct pulp cap	50	24	AF	22/22(100)	CH:22/22(100)
Eidelman ²⁶	2001	Pulpotomy	45	6 - 30	SSC	17/17(100)	FC: 14/15(93)
Agamy ²⁷	2004	Pulpotomy	72	12	SSC	GMTA : 19/19(100)	FC:18/20 (90)
						WMTA: 16/20(80)	
Holan ²⁸	2005	Pulpotomy	62	4 - 74	SSC, AF,CF	32/33 (97)	FC:24/29(83)
Farsi ²⁹	2005	Pulpotomy	120	24	SSC	38/38(100)	FC:35/36*(98.6)
							31/36#(86.8)
Naik ³⁰	2005	Pulpotomy	50	6	SSC	24/24(100)	FC:23/ 23(100)
Aeinehchi ³²	2007	Pulpotomy	126	6	AF, GI	43/43(100)	FC:57/57*(100)
							51/ 57#(89.47)
Maroto ³³	2006	Pulpotomy	69	42	SSC	26/26*(100)	-
						25/26# (98.5)	
Percinoto ³⁴	2006	Pulpotomy	110	12	CF	44/45 (97.78)	CH:39/ 45 (86.67)
Maroto ³⁵	2006	Pulpotomy	23	6	SSC	23/23(100)	-

* Clinical success SSC = stainless steel crown GMTA = grey MTA
 # Radiographic success GI = Glass ionomer WMTA = white MTA
 CF = composite filling CH = calcium hydroxide
 AF = amalgam filling FC = formocresol

100% และจากภาพถ่ายรังสี 98.5% โดยพบคลองรากฟันตีบ (pulp canal obliteration or pulp canal stenosis) 84% และ dentine bridge 83% (เริ่มพบจากภาพถ่ายรังสีตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป) ซึ่งการสร้างเนื้อฟันจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เนื้อเยื่อในคลองรากฟันสัมผัสกับ MTA นอกจากนี้ยังพบว่า มีฟันแท่งขึ้นแทนที่ฟันน้ำนมที่รักษาไปจำนวน 11 ซี่ ทุกซี่ขึ้นตามระยะเวลาปกติ และไม่พบว่ามีพยาธิสภาพเกิดขึ้นที่ตัวฟัน

จากภาพถ่ายรังสี ที่พบว่ามีการตีบตันของคลอง

รากฟัน ภายหลังการรักษาพัลพ์โพโทมีด้วย MTA ไม่ถือว่าประสบความสำเร็จล้มเหลวในการรักษา แต่เป็นการแสดงว่าเนื้อเยื่อประสาทฟันส่วนที่เหลือในคลองรากฟันยังคงความมีชีวิตอยู่ ไม่มีพยาธิสภาพเกิดขึ้นในฟันที่ได้รับการรักษา MTA จึงบรรลุวัตถุประสงค์ในการทำ พัลพ์โพโทมีในฟันน้ำนม ที่สามารถเก็บรักษาฟันน้ำนมไว้โดยไม่ทำให้เกิดพยาธิสภาพต่อเนื้อเยื่อในสวนปลายราก^(26-29,31,33,35)

ถึงแม้ว่าผู้ผลิตแนะนำว่าควรใส่สำลีขึ้นปิดไว้บน MTA เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง⁽⁴¹⁾ แต่หลายการ

ศึกษาได้ปิดทับ MTA ด้วย IRM แล้วบูรณะฟันด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมทันที ซึ่ง MTA น่าจะได้รับความชื้นจากเนื้อเยื่อในส่วนของคลองรากฟันช่วยในการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวต่อจนสมบูรณ์ ดังนั้นเวลาในการใช้รักษาพัลพ์โพโทมีด้วย MTA จึงน้อยกว่าการใช้ ฟอรัม-ครีซอล เพราะไม่ต้องรอเวลา 5 นาที ซึ่งในบางครั้งขณะเอาก้อนสำลือกักมีลิมเลือดที่แข็งตัวแล้วติดออกมาด้วย ทำให้เกิดเลือดออกใหม่ได้อีก^(26-30,33)

การใช้ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล ปิดทับลงไปบนเนื้อเยื่อประสาทฟันโดยตรงเลย ในการรักษา พัลพ์โพโทมี ด้วยฟอรัมครีซอล หรือ เพอร์ริกซัลเฟต ทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในของฟัน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการละลายผิวดูดภายในรากฟัน (internal root resorption) แต่การใช้ MTA ตัววัสดุจะกันไม่ให้ ซิงค์ออกไซด์ยูจินอลสัมผัสกับเนื้อเยื่อในของฟัน จึงไม่เกิดการละลายผิวดูดภายในรากฟัน^(26,28)

วิจารณ์

MTA เป็นวัสดุที่ใช้ในการรักษาคลองรากฟันที่เพิ่งมีการใช้งานมาได้ประมาณ 10 ปี แต่พบว่าให้ผลสำเร็จในการรักษาเป็นอย่างดี เพราะว่าคุณสมบัติที่ดีของวัสดุคือให้แบบสนิท เข้ากันได้ทางชีวภาพ มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงสามารถแข็งตัวได้ในที่มีความชื้นสามารถกระตุ้นให้สร้างเนื้อเยื่อแข็งขึ้นมาใหม่ ทำให้ MTA สามารถปิดช่องทางติดต่อระหว่างเนื้อเยื่อในของฟัน กับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้เป็นอย่างดี ซึ่งการใช้งานทางคลินิกส่วนใหญ่ใช้ในฟันแท้ เช่นการซ่อมรูทะลุของรากฟัน ปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง ปิดปลายคลองรากฟัน และเป็นวัสดุอุดปลายรากฟัน ในฟันแท้ที่ปลายรากฟันเปิด แต่การนำมาใช้กับฟันน้ำนมยังมีอยู่น้อยโดยพบว่าเมื่อนำ MTA มาปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง หรือการรักษาพัลพ์โพโทมี ได้ผลการรักษาที่ดีเมื่อติดตามการรักษาเป็นระยะเวลานาน

การศึกษาในฟันน้ำนมในระยะยาวที่พบว่าประสพผลสำเร็จเป็นอย่างดีทั้งทางคลินิก และภาพถ่ายรังสี นั้น

ขึ้นอยู่กับทางเลือกผู้ป่วยที่ดี ร่วมกับการบูรณะฟันที่ดี แข็งแรงเพื่อป้องกันรอยซึมเล็ก โดยพบว่าส่วนใหญ่ได้รับการบูรณะฟันทันทีด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิม หรืออุดฟันด้วยอมัลกัมในกรณีที่มีการผุเฉพาะด้านบดเคี้ยวเพียงด้านเดียว

เมื่อคำนึงถึงว่าฟอรัมครีซอลมีอันตราย ดังนั้นจึงพยายามที่จะหาวัสดุตัวใหม่มาใช้แทน ในการรักษาพัลพ์โพโทมีในฟันน้ำนม ซึ่งพบว่า MTA เป็นวัสดุตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่ดี ให้ผลการรักษาได้ดีทั้งทางคลินิก และภาพถ่ายรังสี แต่การแนะนำให้ใช้ในวงกว้างอาจต้องรอการศึกษาที่มากกว่านี้ ติดตามการรักษาที่ยาวนานกว่านี้ และจากราคาที่แพงมากของ MTA ดังนั้นการรักษาพัลพ์โพโทมีด้วยฟอรัมครีซอล ยังคงจำเป็นอยู่ แต่ต้องรักษาอย่างระมัดระวังยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่จำเป็นต้องได้รับการรักษาพัลพ์โพโทมีหลาย ๆ ซี่พร้อม ๆ กัน

สรุป

จากรายงานที่ผ่านมาพบว่า MTA มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ การนำ MTA มาใช้ในงานทันตกรรมสำหรับเด็ก ไม่ว่าจะเป็นการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงหรือการรักษาพัลพ์โพโทมี พบว่าให้ผลสำเร็จในการรักษาได้เป็นอย่างดี มีความปลอดภัย แต่การที่จะแนะนำให้ใช้ MTA ในการรักษาฟันน้ำนมในวงกว้างคงต้องรอการศึกษาเพิ่มเติม ในจำนวนประชากรที่มากกว่านี้ และติดตามผลการรักษาในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ทพญ. อารยา พงษ์หาญยุทธ ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ช่วยให้คำแนะนำในการเรียบเรียงบทความในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Levine N, Pulvor F, Torneck CD. Pulpal therapy in primary and young permanent teeth. In: Weis S, editors. Pediatric dentistry-total patient care. Philadelphia:

- Lea & Febiger; 1998. 298-312.
- McDonald RE, Avery DR, Dean JA. Treatment of deep caries vital pulp exposure and pulpless teeth. In: McDonald RE, Avery DR, editors. Dentistry for the child and adolescent. 7th ed. St Louis: Mosby; 2000.413-39.
 - Funks AB. Pulp therapy for the primary dentition. In: Pinkham JR, Casamassima PS, Field HW, McTigue DJ, Nowak A, editors. Pediatric dentistry infancy through adolescence. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunder Co; 1999. 341-55.
 - ภารดี โหตรภวานนท์, วัชรภรณ์ ทศจันทร์. การรักษาประสาทฟันในเด็ก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; พ.ศ. 2533.
 - Carrotte P. Endodontic treatment for children. Br Dent J 2005; 198:9-15.
 - American Academy of Pediatric Dentistry. Guidelines on pulp therapy for primary and young permanent teeth. Pediatr Dent. 2004; 26:115-9.
 - Kopel HM. Considerations for the direct pulp capping procedure in primary teeth : a review of the literature. ASDC J Dent Child 1992; 56:141-9.
 - Fuks AB. Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions. Dent Clin North Am 2000; 44:571-96.
 - Rodd HD, Waterhouse PJ, Fuks AB, Fayle SA, Moffat MA. Pulp therapy for primary molar. Int J Paediatr Dent 2006; 16(suppl. 1): 15-23.
 - Olsson H, Petersson K, Rohlin M. Formation of a hard tissue barrier after pulp capping in humans. A systemic review. Int Endod J 2006; 39:429-42.
 - Cox CF, Subay RK, Ostro E, Suzuki S, Suzuki SH. Tunnel defects in dentine bridge : their formation following direct pulp capping. Oper Dent 1996; 21:4-11.
 - Kilpatrick N, Seow KW, Cameron AC, Widmer RP. Pulp therapy for primary and young permanent teeth. In: Cameron AC, Widmer RP, editors. Handbook of pediatric dentistry. Barcelona: Mosby; 1997. 83-94.
 - Ranly DM, Garcia-Godoy F. Current and potential pulp therapies for primary and young permanent teeth. J Dent 2000; 28:153-61.
 - Ranly DM. Pulpotomy therapy in primary teeth : new modalities for old rationales. Pediatr Dent 1994;16: 406-9.
 - King SRA, McWhorter AG, Seale NS. Concentration of formocresol used by pediatric dentists in primary tooth pulpotomy. Pediatr Dent 2002; 24:157-9.
 - Garcia-Godoy F, Navakavic DP, Carvajal IN. Pulp response to different application time of formocresol. J Dent 1982; 6:176-93.
 - Pruhs RJ, Olen GA, Sharma PS. Relationship between formocresol pulpotomies on primary teeth and enamel defects on their permanent successors. J Am Dent Assoc 1977; 94:689-700.
 - Burnett S, Walker J. Comparison of ferric sulfate, formocresol and combination of ferric sulfate/ formocresol in primary tooth vital pulpotomies : a retrospective radiographic survey. J Dent Child 2002; 69: 44-8.
 - Ribeiro DA. Do endodontic compounds induce genetic damage? A comprehensive review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008; 105: 251-6.
 - Srinivasan V, Patchett CL, Waterhouse PJ. Is there life after bulkley's formocresol? Part I a narrative review of alternative interventions and materials. Int J Paediatr Dent 2006; 16:117-27.
 - Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. Int Endod J 2006; 39:747-54.
 - Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Chalton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. Dent Mater 2008; 24:149-64.
 - Bodem O, Blumenshine S, Zen D, Koch MJ. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate in a primary molar: a case report. Int J Paediatr Dent 2004; 14:376-9.
 - Caicedo R, Abbott PV, Alongi DJ, Alarcon MY. Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomies of primary teeth. Aust Dent J 2006; 51:297-305.
 - Tuna D, Olmez A. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. Int Endod J 2008 Apr; 41(4):273-8. Epub 2007 Nov 27.
 - Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. Pediatr Dent 2001; 23 :15-8.
 - Agamy HA, Barkry NS, Mounir MF, Avery DR. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. Pediatr Dent 2004 Jul-Aug; 26(4):302-9.
 - Holan G, Eidelman E, Fuks AB. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. Pediatr Dent 2005;27 :129-36.
 - Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt A. Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. J Clin Paediatr Dent 2005; 29:307-11.

30. Naik S, Hegde AH. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: An in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2005; 23:13-6.
31. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Evaluation of the formocresol versus mineral trioxide aggregate primary molar pulpotomy: a meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102(6):e40-4. Epub 2006 Sep 26.
32. Aeinehchi M, Dadvand S, Fayazi S, Bayat-Movahed S. Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. *Int Endod J* 2007; 40(4):261-7.
33. Moroto M, Barberia E, Vera V, Garcia-Godoy F. Mineral trioxide aggregate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study. *Am J Dent* 2007; 20(5):283-6.
34. Percinoto C, Castro AM, Pinto LM. Clinical and radiographic evaluation of pulpotomies employing calcium hydroxide and trioxide mineral aggregate. *Gen Dent* 2006; 54:258-61.
35. Moroto M, Barberia E, Vera V, Garcia-Godoy F. Dentin bridge formation after white mineral trioxide aggregate (white MTA) pulpotomies in primary molars. *Am J Dent* 2006; 19(2):75-9.
36. กฤษณา ไตรยปัญญาวิทย์, อรุณฯ ทองนุรณณ. Clinical application of mineral trioxide aggregate (MTA). *เอ็นโดสวาร* 2550; 12:32-8.
37. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashiwa I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31:97-100.
38. Torabinajad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21:349-53.
39. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA 3rd. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc* 1999; 130:967-75.
40. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ. Mineral trioxide aggregate pulpotomies: a case series outcomes assessment. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137:610-8.
41. Material Safety Data Sheet, ProRoot MTA (mineral trioxide aggregate), root canal repair material. Johnson City, TN: Dentsply Tulsa Dental, 2001.
42. Sluyk SR, Mon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998; 24:768-71.
43. Gancedo-Caravia L, Garcia-barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endod* 2006; 32:894-6.
44. Nekoofar MH, Adusei G, Sheykhrezae MS, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. The effect of condensation pressure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007; 40:453-61.
45. Fridland M, Rodoso M. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod* 2003; 29:814-7.
46. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical difference between white and grey mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31:101-3.
47. Komabayashi T, Spangberg LS. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod* 2008; 34:94-8.
48. Moghuddame-Jafari S, Mantellini MG, Botero TM, McDonald NJ, Nor JE. Effect of ProRoot MTA on pulp cell apoptosis and proliferation in vitro. *J Endod* 2005; 31:387-91.
49. Camillieri J, Montesin FE, Papioannou S, McDonald F, Pitt Ford TR. Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2004; 37:699-704.
50. Ribeiro DA, Matsumoto MA, Hungaro Duarte MA, Alencar Marques ME, Favero Salvadori DM. In vitro biocompatibility tests of two commercial types of mineral trioxide aggregate. *Braz Oral Res* 2005; 19: 183-7.
51. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod* 2004; 30:782-4.
52. Hamad HA, Tordik PA, McClanahan SB. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *J Endod* 2006; 32:337-40.
53. Ferris DM, Baumgartner JG. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004; 30:422-4.
54. Bozeman TB, Lemon RR, Eleazer PD. Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. *J Endod* 2006; 32:425-8.
55. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005; 31:665-8.
56. Strom B, Eiuhmiller FC, Tordick PA, Goodell GG. Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod* 2008; 34:80-2.
57. Oliveira MG, Xavier CB, Demarco FF, Pinheiro AB, Costa AT, Pozza AT. Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Braz Dent J* 2007; 18:3-

- 7.
58. Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, Watson TF, Capoferri M, Pratic C. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: an in vitro study on fluid penetration. *J Endod* 2007; 33(6):742-5.
59. De-Deus G, Reis C, Brandao C, Fidel S, Fidel RA. The ability of Portland cement, MTA, and MTA Bio to prevent through-and-through fluid movement in repaired furcal perforations. *J Endod* 2007; 33:1374-7.
60. De-Deus G, Petrucelli V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T. MTA versus Portland cement as repair material for furcal perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J* 2006; 39: 293-8.
61. Ribeiro DA, Duarte MA, Matsumoto MA, Marque ME, Salvadori DM. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. *J Endod* 2005; 31(8):605-7.
62. Ribeiro DA, Sugui MM, Matsumoto MA, Duarte MA, Marque ME, Salvadori DM, et al. Genotoxicity and cytotoxicity of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements on Chinese hamster ovary (CHO) cells in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101:258-61.
63. Min KS, Kin HI, Park HJ, Pi SH, Hang CU, Kim EC. Human pulp cells response to Portland cement in vitro. *J Endod* 2007; 33:163-6.
64. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 95:483-9.
65. Gomes-Filho JE, de Faria MD, Estrada Bernabe PF, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-junior E, et al. Mineral trioxide aggregate but not light-cure mineral trioxide aggregate stimulated mineralization. *J Endod* 2008; 34:62-5.
66. Ber BS, Halton JF, Stewart GP. Chemical modification of Proroot MTA to improve handling characteristics and decrease setting time. *J Endod* 2007; 33:1231-4.
67. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod* 2007; 33:1235-8.
68. Hong ST, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee WC. Microleakage of accelerated mineral trioxide aggregate and Portland cement in an in vitro apexification model. *J Endod* 2008; 34:56-8.
69. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Gacia RB, de Moraes IG, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *J Endod* 2006; 32:897-900.
70. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Hungaro Duarte MA, de Oliveira Demarchi AC, Bramante CM. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. *J Endod* 2006; 32:1194-7.
71. Gorduysus M, Avcu N, Gorduysus O, Pekel A, Baran Y, Avcu F, et al. Cytotoxic effects of four different endodontic materials in human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 2007; 33:1450-4.
72. Ribeiro DA, Matsumoto MA, Duarte MA, Marque ME, Salvadori DM. Ex vivo biocompatibility tests of regular and white forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2006; 39:26-30.
73. Al-Rabeah E, Perinpanayagan H, Mac Farland D. Human alveolar bone cells interact with ProRoot and tooth-colored MTA. *J Endod* 2006; 32:872-5.
74. Nakayama A, Ogiso B, Tanabe N, Takeichi O, Matsuzuka K, Inoue T. Behaviour of bone marrow osteoblast-like cells on mineral trioxide aggregate: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein mRNAs. *Int Endod J* 2005; 38:203-10
75. Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. In vitro comparison of the biocompatibility of mineral trioxide aggregate, 4META/MMA-TBB resin, and intermediate restorative material as root-end-filling materials. *J Endod* 2007; 33:1066-9.
76. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 1998; 24:543-7.
77. Andelin WE, Shabahang S, Wright K, Torabinejad M. Identification of hard tissue after experimental pulp capping using dentin sialoprotein (DSP) as a marker. *J Endod* 2003; 29:646-50.
78. Yaltirik M, Ozbas H, Bilgic B, Issever H. Reactions of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod* 2004; 30:95-9.
79. Torabinejad M, Ford TR, Abedi HR, Kariyawasam SP, Tang HM. Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. *J Endod* 1998; 24:468-71.
80. Fernandez-Yanez Sanchez A, Leco-Berrocal MI, Martinez-Gonzalez JM. Metaanalysis of filler materials in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008 Mar 1; 13(3):E180-5.
81. Bernabe PF, Gomes-Filho JE, Rocha WC, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Junior E. Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J* 2007; 40:758-65.

82. Razende TM, Vargas DL, Cardoso FP, Sobrinho AP, Vieira LQ. Effect of mineral trioxide aggregate on cytokine production by peritoneal macrophages. *Int Endod J* 2005; 38:896-903.
83. Tani-Ishii N, Hamada N, Watanabe K, Tujimoto Y, Teranaka T, Umemoto T. Expression of bone extracellular matrix proteins on osteoblast cells in the presence of mineral trioxide. *J Endod* 2007; 33:836-9.
84. Guven G, Cehreli ZC, Ural A, Serdar MA, Basak F. Effect of mineral trioxide aggregate cements on transforming growth factor beta1 and bone morphogenetic protein production by human fibroblasts in vitro. *J Endod* 2007; 33:447-50.
85. Tomson PL, Grover LM, Lumley PJ, Sloan AJ, Smith AJ, Copper PR. Dissolution of bio-active dentine matrix components by mineral trioxide aggregate. *J Dent* 2007; 35:636-42.
86. Nakayama A, Ogiso B, Tanabe N, Takeichi O, Matsuzaka K, Inoue T. Behaviour of bone marrow osteoblast-like cells on mineral trioxide aggregate: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein mRNAs. *Int Endod J* 2005; 38:203-10.
87. Accorinte Mde L, Hollond R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan E Jr, et al. Evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide cement as pulp-capping agents in human teeth. *J Endod* 2008; 34:1-6.
88. Chacko V, Kurikose S. Human pulpal response to mineral trioxide aggregate (MTA): a histologic study. *J Clin Pediatr Dent* 2006; 30:203-9.
89. Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008; 41:128-50.
90. Briso AL, Rahal V, Mestreneur SR, Dezan Junior E. Biological response of pulps submitted to different capping materials. *Braz Oral Res* 2006; 20:219-25.
91. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 2001; 17:163-6.
92. Faraco IM Jr, Holland R. Histomorphological response of dogs' dental pulp capped with white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J* 2004; 15:104-8.
93. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996; 127:1491-4.

**Abstract Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Used in Primary Teeth : A Review of the Literature
Narumol Petplook**

Dental Department, Chaoprayayommaraj Hospital, Suphan Buri
Journal of Health Science 2008; 17:SIV1182-92.

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) is a new material and approval by the US FDA in human pulpal therapy (since 1998). MTA has been reported to have superior biocompatibility, sealing ability and less cytotoxic than other materials currently used in pulpal therapy. This report is a review of MTA's composition, physical properties and clinical used in primary teeth, as direct pulp capping and pulpotomy.

Key words: MTA, direct pulp capping, pulpotomy, primary teeth