บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำพัลพ์โพโตมี

การให้การรักษาฟันน้ำนมผุลึกที่มีเนื้อเยื่อในที่ยังคงความชีวิตอยู่นั้น มีได้หลายวิธี ด้วยกันได้แก่ การปกป้องเนื้อเยื่อในด้วยซีเมนต์รองพื้น (base protection) การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยอ้อม (indirect pulp capping) การปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง (direct pulp capping) การทำพัลพ์โพโตมี (pulpotomy) [3, 5] โดยการทำพัลพ์โพโตมียังคงเป็นข้อแนะนำหนึ่งในการให้การรักษาในฟันที่มีรอยผุใกล้ทะลุเนื้อเยื่อใน หรือมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในแบบผันกลับได้ โดยที่เนื้อเยื่อในยังคงความมีชีวิตอยู่ มีหลักฐานอ้างอิงถึงการศึกษาทั้งทางห้องปฏิบัติการและทางคลินิกในมนุษย์ รองรับเรื่องอัตราความสำเร็จของการทำพัลพ์โพโตมีและประสิทธิภาพของตัวยาที่ใช้ร่วมการรักษาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน [3, 5, 9, 28]

พัลพ์โพโตมี เป็นการกำจัดเนื้อเยื่อในในส่วนตัวฟัน (coronal pulp) ที่คาดว่ามีการติดเชื้อ ในฟันน้ำนมที่มีรอยผุทะลุเนื้อเยื่อใน (cariously exposure) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เนื้อเยื่อในในคลองรากฟันส่วนปลาย (radicular pulp) ยังคงความมีชีวิตอยู่ได้โดยปราศจากอาการทางคลินิก เช่นอาการเสียวฟัน (sensitivity) อาการปวด หรือบวม เมื่อพิจารณาจากภาพรังสีภายหลังจากการรักษาแล้ว ไม่ควรมีการละลายตัวที่ผิดปกติในรากฟันหรือนอกรากฟัน (internal or external root resorption) หรือมีผลอันตรายต่อหน่อฟันแท้ [3, 5]

ข้อบ่งชี้ในการเลือกทำพัลพ์โพโตมีคือ ทำในฟันน้ำนมที่มีเนื้อเยื่อในปกติ หรือมีการอักเสบแบบผันกลับได้ เมื่อประเมินลักษณะทางคลินิกร่วมกับประวัติการปวดแล้วพบว่า ฟันน้ำนมมีรอยผุลึก ไม่มีการบวมของเหงือก ไม่มีตุ่มหนอง ฟันไม่โยก อาจมีอาการปวดเป็นครั้งคราวได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้น เช่นเศษอาหารไปติดอยู่ในรอยผุ แต่ไม่เคยมีอาการปวดขึ้นมาเองโดยไม่มีสิ่งกระตุ้นมาก่อน หากทำการกำจัดเนื้อฟันที่ผุบริเวณตัวฟันและมีการตัดเนื้อเยื่อในในส่วนตัวฟันออกแล้ว เลือดในโพรงเนื้อเยื่อในจะมีสีแดงสด [5] สามารถหยุดเลือดได้ภายในเวลา 3-5 นาที [29] เมื่อพิจารณาทางภาพรังสีจะพบว่ามีเงาดำบริเวณตัวฟันใกล้ทะลุเนื้อเยื่อในหรือทะลุเนื้อเยื่อในไปแล้ว โดยไม่มีพยาธิสภาพใดๆบริเวณรอบปลายรากฟันและง่ามรากฟัน อาจพบลักษณะการละลายตัวตามปกติของรากฟันน้ำนม (physiologic root resorption) โดยการละลายของรากฟันที่พบไม่เกิน 1 ใน 3 ของความยาวรากฟัน ส่วนข้อห้ามในการทำคือ มีประวัติการปวดขึ้นเองโดยไม่มีสิ่งกระตุ้น มีการบวม มีตุ่มหนองหรือรูเปิดของตุ่มหนอง มีการโยกที่ผิดปกติของฟันน้ำนม หรือภายหลังจากตัด

เนื้อเยื่อในแล้วไม่สามารถควบคุมการหยุดไหลของเลือดได้ ลักษณะเลือดมีสีแดงช้ำ มีเนื้อฟันหลงเหลืออยู่น้อยจนยากแก่การบูรณะภายหลังการทำ และเมื่อพิจารณาจากภาพรังสีบริเวณปลายรากแล้วพบว่ามีพยาธิสภาพรอบปลายรากฟันหรือง่ามรากฟัน มีการละลายตัวที่ผิดปกติภายในหรือภายนอกคลองรากฟัน และ/หรือมีการละลายของรากฟันเกิน 1 ใน 3 ของความยาวรากฟัน [3, 5]

ขั้นตอนการทำพัลพ์โพโตมี จะเริ่มจากการฉีดยาชาเฉพาะที่และใส่แผ่นยางกันน้ำลาย จากนั้นกำจัดรอยผุ โดยเริ่มจากบริเวณรอบนอกตัวฟันเข้ามาสู่จุดลึกสุดของรอยผุ เมื่อพบตำแหน่งรอยผุทะลุโพรงเนื้อเยื่อใน ทำการเปิดทางเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน และตัดเนื้อเยื่อในส่วนบนด้วยหัวกรอช้า หรือเครื่องมือรูปช้อน (spoon excavator) ให้ถึงรูเปิดคลองรากฟัน (orifice) ล้างโพรงฟันด้วยสารละลาย เช่นน้ำเกลือ (normal saline) คลอเฮ็กซิดีน (chlorhexidine) กดซับด้วยก้อนสำลี (cotton pellet) เพื่อห้ามเลือด จากนั้นจึงใช้ยารักษา ซึ่งตัวยาที่ใช้มีได้หลายชนิดด้วยกัน แล้วแต่ทันตแพทย์เป็นผู้เลือกใช้ เช่น ฟอร์โมครีซอล (formocresol) เฟอร์ริก ซัลเฟต (ferric sulfate) การเผาจี้ด้วยไฟฟ้า (electrocautery) เป็นต้น จากนั้นปิดบริเวณโพรงเนื้อเยื่อในส่วนบนด้วยวัสดุปิดทับเช่น ซิงก์ออกไซด์ ยูจินอล (zinc oxide eugenol) ร่วมกับโคลฟ ออยล์ (clove oil) หรือวัสดุซิงก์ออกไซด์ ยูจินอลที่ผ่านการดัดแปลง (reinforced zinc oxide eugenol) จากนั้นบูรณะฟันด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมเป็นขั้นตอนสุดท้ายภายในการรักษาครั้งเดียวเพื่อลดการรั่วซึมของวัสดุปิดทับอันจะส่งผลต่อผลสำเร็จในการรักษาได้ [5, 30]

Holan และคณะในปี ค.ศ. 2002 ได้รายงานไว้ว่า เมื่อติดตามผลภายหลังการทำพัลพ์-โพโตมีด้วยฟอร์โมครีซอล ในฟันน้ำนมจำนวน 341 ซี่ พบว่าฟันน้ำนมที่ผ่านการบูรณะฟันด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมภายหลังจากการทำฟอร์โมครีซอลพัลพ์โพโตมีนั้น มีอัตราประสบความสำเร็จภายหลังการรักษาที่สูงกว่าการบูรณะฟันด้วยการอุดอมัลกัม ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างทางค่าสถิติก็ตาม [31] และจากการทบทวนบทความของ Randall และคณะในปี ค.ศ.2000 ได้แนะนำว่าครอบฟันเหล็กไร้สนิมเหมาะกับฟันที่มีรอยผุหลายด้านมากกว่าการอุดด้วย อมัลกัม [32]

2.2 เชื้อจุลชีพที่พบในรอยโรคฟันผุของฟันน้ำนม

ในช่วงปีค.ศ.1950 ถึง ค.ศ. 1960 ได้เริ่มมีการศึกษาชนิดของเชื้อจุลชีพต่างๆ ที่สามารถตรวจพบได้ในช่องปาก ทั้งในแบบเชื้อจุลชีพพึ่งออกซิเจน (aerobic bacterial species) และในแบบเชื้อจุลชีพไม่ชอบออกซิเจน (facultative bacterial species) ส่วนเชื้อจุลชีพไม่พึ่งออกซิเจน (anaerobic bacterial species) ในขณะนั้นสามารถตรวจพบได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของเทคนิคการเก็บตัวอย่างและเทคนิคที่จำเพาะต่อการเพาะแยกเชื้อ ทำให้มีการคิดค้นพัฒนาสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆขึ้นมาเพิ่มเติม จนสามารถตรวจและเพาะเชื้อในกลุ่มเชื้อจุลชีพที่ไม่พึ่งออกซิเจนได้ ทำให้มีการศึกษาลักษณะเชื้อจุลชีพในคลองรากฟันที่อยู่ลึกลงไปได้เพิ่มมากขึ้น [33]

จากการศึกษาของ Pazelli และคณะในปี ค.ศ. 2003 ได้ทำการเพาะแยกเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลายชนิด เพื่อศึกษาเชื้อจุลชีพที่พบได้ในคลองรากฟันน้ำนมที่มีการตายของเนื้อเยื่อในและมีรอยโรคเรื้อรังบริเวณปลายรากฟัน จำนวน 31 คลองราก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ในคลองรากฟันมีเชื้อจุลชีพกลุ่มที่ไม่พึ่งออกซิเจน คิดเป็นร้อยละ 96.7 โดยมักเป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียที่มีสีดำ (black-pigmented bacilli) คิดเป็นร้อยละ 35.5 อีกทั้งยังสามารถพบเชื้อในกลุ่มจุลชีพพึ่งออกซิเจนในร้อยละที่ใกล้เคียงกันอีกด้วย (ร้อยละ 93.5) เชื้อจุลชีพพึ่งออกซิเจนที่พบส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มของ *Streptococci* spp. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Streptococcus mutans* [33]

ในอีก 5 ปีต่อมา ได้มีการรายงานการศึกษาโดยอาศัยเทคนิคแยกเชื้อด้วยวิธีเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของแบคทีเรีย (Polymerase chain reaction : PCR) โดย Aas และคณะ เพื่อศึกษาเชื้อแบคทีเรียที่พบในรอยโรคฟันผุทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้ ในกลุ่มเด็กอายุ 2-21 ปี ภายหลังจากทำการเก็บเชื้อในรอยโรคฟันผุที่ระดับรอยผุลึกแตกต่างกัน พบว่า นอกเหนือจากที่พบเชื้อกลุ่ม *Streptococcus mutans* ในโรคฟันผุแล้ว ยังมีเชื้อจุลชีพที่มีบทบาทหน้าที่ต่อการเกิดการลุกลามของโรคฟันผุได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น *Actinomyces* spp., *Veillonella, Lactobacillus, Bifidobacterium* และ *Propionibacterium* [34]

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าเชื้อจุลชีพที่พบได้ในรอยผุ ไปจนถึงฟันที่มีการตายของเนื้อเยื่อในลงสู่ปลายรากฟันน้ำนมนั้น มีหลากหลายชนิดด้วยกันทั้งเชื้อจุลชีพพึ่งออกซิเจน เชื้อจุลชีพไม่ชอบออกซิเจน และเชื้อจุลชีพไม่พึ่งออกซิเจน แต่สำหรับเชื้อจุลชีพที่พบในตำแหน่งโพรงเนื้อเยื่อในก่อนถึงรูเปิดคลองรากฟันนั้น ยังไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าเป็นจุลชีพชนิดใด เนื่องจากยังไม่มีรายงานการศึกษามาก่อน ดังนั้นการกำจัดเชื้อจุลชีพชนิดต่างๆ ออกจากบริเวณที่มีจุดรอยทะลุเนื้อเยื่อใน ด้วยสารเคมีที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพแบบกว้างให้ได้ครอบคลุมมากที่สุด ร่วมกับการคงสภาพของเนื้อเยื่อใน อาจช่วยให้เพิ่มอัตราความสำเร็จของการทำพัลพ์โพโตมีได้ เนื่องจากช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อจากส่วนบนลงสู่คลองรากฟัน

2.3 ตัวยาที่ใช้รักษาเนื้อเยื่อในในการทำพัลพ์โพโตมี

ตัวยาที่ใช้ในการรักษาเนื้อเยื่อในในการทำพัลพ์โพโตมี หากแบ่งแยกตามการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อตัวยาที่ใช้ในฟันน้ำนมที่ยังคงความมีชีวิตอยู่แล้วนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ [35] ด้วยกันคือ

1. การทำให้เนื้อเยื่อในปราศจากความมีชีวิต (devitalization) เช่นการใช้ฟอร์โมครีซอล กลูตาราลดีไฮด์ หรือการตัดเนื้อเยื่อในด้วยเครื่องจี้ไฟฟ้า

2. การยังคงความมีชีวิตของเนื้อเยื่อในส่วนปลายไว้บางส่วน (preservation) เช่น การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เฟอร์ริก ซัลเฟต มิเนอรอล ไตรออกไซด์ แอคกรีเกตหรือการตัดเนื้อเยื่อในด้วยเลเซอร์
3. การคืนแร่ธาตุ (remineralization) โดยกระตุ้นให้เกิดการสร้างเดนทีน บริดจ์ (dentin bridge) ขึ้นมาปิดกั้นส่วนเนื้อเยื่อในที่คงเหลือ เช่น การใช้บีเอ็มพี (BMP: bone morphogenic protein) การใช้คอลลาเจน (collagen)

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะตัวยาที่ใช้รักษาเนื้อเยื่อในในการทำพัลพ์โพโตมีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมในปัจจุบัน และมีผู้ทำการศึกษาถึงในช่วงระยะนี้พอสังเขป ได้แก่

2.3.1 ฟอร์โมครีซอล (formocresol)

ฟอร์โม่ครีซอล จัดเป็นตัวยาหนึ่งที่ใช้ในการทำฟันน้ำนมแบบพัลพ์โพโตมี มาเป็นระยะเวลานานกว่า 100 ปี นับตั้งแต่ที่ Buckley ได้แนะนำให้ใช้ร่วมกับการรักษา มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1904 [10] ฟอร์โมครีซอลประกอบไปด้วยส่วนผสมของฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) ร้อยละ 19 กับครีซอล (cresol) ในกลีเซอรีน (glycerine) ร้อยละ 35 หรือที่รู้จักกันในชื่อ สารละลายบัคลีย์ (Buckley's solution) จากการศึกษาของ Straffon และ Han ในปี ค.ศ. 1968 ที่ศึกษาผลทางกล้องจุลทรรศน์ของการใช้ฟอร์โมครีซอลในอัตราส่วน 1:5 หรือความเข้มข้นร้อยละ 20 ต่อเนื้อเยื่อยึดต่อ (connective tissue) ในหนูแฮมสเตอร์พบว่าสารละลายที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวไม่รบกวนขบวนการหายของแผลในเนื้อเยื่อยึดต่อและอาจกดการตอบสนองต่อขบวนการอักเสบในระยะเริ่มต้น (Fuks และ Bimstein ในปี ค.ศ. 1981 [36] อ้างอิงการศึกษาของ Straffon และ Han ในปี ค.ศ. 1968) จากนั้นได้มีการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของฟอร์โมครีซอลที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าหากเจือจางฟอร์โมครีซอล ระดับความเป็นพิษของฟอร์โมครีซอลก็จะลดลงอย่างเป็นลำดับ (Fuks และ Bimstein ในปี ค.ศ. 1981 [36] อ้างอิงการศึกษาของ Straffon และ Han ในปี ค.ศ. 1970) และจากการศึกษาที่ติดตามผลการรักษาในฟันน้ำนมเป็นระยะเวลานานของ Fuks และ Bimstein ในปี ค.ศ. 1981 ได้ให้ข้อสรุปว่าสามารถใช้ฟอร์โมครีซอล ความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมี [36] ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้ฟอร์โมครีซอล ความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นตัวยารักษาอย่างกว้างขวาง มีวิธีการใช้คือให้ยาสัมผัสกับเนื้อเยื่อในของฟันน้ำนมโดยตรงเป็นระยะเวลา 5 นาที [10]

รูปแบบการคงสภาพของเนื้อเยื่อในภายหลังจากการใช้ฟอร์โมครีซอลมีหลายรูปแบบด้วยกันไม่แน่นอน โดยฟอร์โมครีซอลไม่ได้ส่งเสริมให้เนื้อเยื่อในส่วนที่เหลือหายเป็นปกติ และมีชีวิตอยู่ดังเดิม แต่รูปแบบหลักจากการทำงานของฟอร์มาลดีไฮด์จะทำให้เกิดการคงสภาพ (fixation) ของเนื้อเยื่อใน เกิดบริเวณที่มีการตายเฉพาะส่วน (partial pulp necrosis) มีการเปลี่ยน

สีของเนื้อเยื่อในเป็นสีน้ำตาลเข้ม Berger ได้ศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อฟอร์โมครีซอลทางกล้องจุลทรรศน์พบว่า ตำแหน่งเนื้อเยื่อในส่วนบนที่สัมผัสกับฟอร์โมครีซอล มีการตายของเนื้อเยื่อในและเกิดเนื้อเยื่อแกรนูเลชันขึ้น (granulation tissue) ร่วมกับมีการอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) ลงไปในพื้นที่ของเนื้อเยื่อในในคลองรากฟันส่วนกลาง มีเพียงเนื้อเยื่อในบริเวณปลายรากที่ยังคงความมีชีวิตอยู่ได้ ในบางครั้งพบว่ามีการจับเป็นลิ่มเลือด(coagulation) ปรากฏอยู่ในตำแหน่งถัดจากที่ฟอร์โมครีซอลสัมผัสกับเนื้อเยื่อในด้วย ซึ่งทำให้เกิดการกระตุ้นขบวนการอักเสบ ส่งผลให้เกิดการละลายตัวของคลองรากฟันได้ [12]

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาของ Fuks ในปี ค.ศ. 2008 เมื่อติดตามผลการรักษาทางคลินิกและภาพรังสีของการทำพัลพ์โพโตมีในฟันกรามน้ำนมด้วยฟอร์โมครีซอล พบว่ามีอัตราผลสำเร็จในการรักษาโดยส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 73 ถึงร้อยละ 100 [9] ซึ่งอยู่ในช่วงที่กว้างแต่เมื่อติดตามผลการรักษาระยะยาวพบว่า อัตราผลสำเร็จในการรักษานั้นกลับลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจาก 2 ปีแรกที่ได้รับการรักษา [8, 13] โดยสาเหตุความล้มเหลวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนั้นคือมีการละลายตัวในคลองรากฟัน (internal root resorption) ทำให้เกิดการสูญเสียฟันน้ำนมก่อนกำหนดได้และในปัจจุบันทันตแพทย์ได้มีความตระหนักถึงพิษและอันตรายต่อร่างกายของการใช้ฟอร์โมครีซอลเพิ่มมากขึ้น [10] ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1

2.3.2 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ถูกเริ่มนำมาใช้ในฟันน้ำนมเพื่อเป็นตัวยารักษาพัลพ์โพโตมี ในปี ค.ศ. 1962 (Sonmez และคณะในปีค.ศ. 2008 [28] อ้างอิงถึงการศึกษาของ Doyle, McDonald and Mitchell ในปีค.ศ. 1962) แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารประกอบที่มีค่าความเป็นด่างสูง โดยมีค่ากรด-ด่างที่ระดับ 11-12 [37] โดยแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถละลายน้ำและแตกตัวเป็นแคลเซียม (calcium) กับไฮดรอกซิล ไอออน (hydroxyl ion) เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อในที่มีชีวิตอยู่จะชักนำให้เกิดการสร้างเดนทีน บริดจ์ (dentin bridge) (Sonmez และคณะในปี ค.ศ. 2008 [28] อ้างอิงถึงการศึกษาของ Zander ในปีค.ศ. 1939) โดย แคลเซียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอน-ไดออกไซด์ในเนื้อเยื่อ เพื่อสร้างแคลไซท์ แกรนูเลชั่นขึ้น (calcite granulations) เกิดการเกาะตัวของไฟโปรเนคติน (fibronectin) คั่นระหว่างเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมภายนอก จากนั้นเซลล์จะมีการเปลี่ยนสภาพ (differentiation) เกิดเป็นเดนทีน บริดจ์ ได้ [38, 39]

อัตราผลสำเร็จในการรักษาพัลพ์โพโตมีในฟันน้ำนมด้วยการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าประมาณร้อยละ 70 ถึงร้อยละ 80 [9, 40] ซึ่งมีอัตราผลสำเร็จน้อยกว่าการใช้ฟอร์โมครีซอล โดยความล้มเหลวภายหลังการรักษามักเป็นผลมาจากการเกิดการละลายตัวภายในคลองรากฟัน (internal root resorption) Waterhouse และคณะในปี ค.ศ. 2000 พบความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบผลสำเร็จในการรักษาด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับฟอร์โมครีซอล โดยอัตราผลสำเร็จของการรักษาด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์คิดเป็นเพียงร้อยละ 77 ในขณะที่อัตราผลสำเร็จของการรักษาด้วยฟอร์โมครีซอลอยู่ที่ร้อยละ 88 เมื่อติดตามผลภายหลังการรักษาเป็นระยะเวลาเฉลี่ยกว่า 23 เดือน [40] เช่นเดียวกับการศึกษาทางคลินิกของ Sonmez และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 ได้ทำการการศึกษาเปรียบเทียบและติดตามผลระยะยาวของตัวยาที่ใช้ทำพัลพ์โพโตมีในฟันน้ำนม 4 ชนิด ได้แก่ ฟอร์โมครีซอล เฟอร์ริก ซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และมิเนอรอลไตรออกไซด์ แอคกรีเกตในเวลา 24 เดือน ได้สรุปผลว่า เมื่อเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมไฮดรอก-ไซด์กับการใช้วัสดุอีก 3 ชนิดที่กล่าวมาแล้วนั้น แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวยาที่ไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ทำพัลพ์โพโตมี เนื่องจากทำให้เกิดการละลายตัวภายในคลองรากฟันน้ำนมมากที่สุดและมีอัตราความสำเร็จของการรักษาต่ำที่สุด [28] สอดคล้องกับอีกหลายการศึกษาที่ผ่านมาดังที่ Fuks ได้รวบรวมข้อมูลและวิจารณ์ถึงอัตราผลสำเร็จของการรักษาทางคลินิกในการทำพัลพ์โพโตมีด้วยตัวยาใหม่ๆที่มีแนวโน้มในการถูกเลือกใช้แทนฟอร์โมครีซอลในฟันกรามน้ำนม [9] ทำให้ในปัจจุบันไม่นิยมนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาใช้เป็นตัวยาในการทำพัลพ์โพโตมี ถึงแม้ว่าจะมีคุณสมบัติชักนำให้เกิดการสร้างเนื้อฟันในฟันแท้ได้ก็ตาม [9, 28, 41]

2.3.3 เฟอร์ริก ซัลเฟต (ferric sulfate)

เฟอร์ริก ซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 15.5 เป็นสารห้ามเลือดชนิดหนึ่ง มักนำมาใช้ในงานด้านปริทันต์หรือทันตกรรมประดิษฐ์เพื่อใช้ห้ามเลือดเมื่อต้องการพิมพ์ฟันใต้ร่องเหงือก [42] มีกลไกในการห้ามเลือดคือ เมื่อสารสัมผัสกับเลือดแล้ว เฟอร์ริก ซัลเฟต จะแตกตัวเป็นไอออนเข้าจับกับโปรตีนในเลือด เกิดเป็น เฟอร์ริกไอออนโปรตีนคอมเพล็กซ์ (ferric ion-protein complex) เข้าไปปิดหลอดเลือดที่ได้รับอันตราย [43] ซึ่งอัตราผลสำเร็จในการใช้เฟอร์ริก ซัลเฟตเป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมีอยู่ในช่วงร้อยละ70 ถึงร้อยละ 100 [4, 9, 28, 44] โดยในปี ค.ศ. 1991 Fei และคณะได้เสนอให้ใช้เฟอร์ริก ซัลเฟตเป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมี ด้วยมีอัตราผลสำเร็จทางคลินิกอยู่ในระดับร้อยละ 100 และมีผลสำเร็จทางภาพรังสี ร้อยละ 97 [4] สอดคล้องกับการศึกษาที่มีการติดตามผลการรักษาทางคลินิกเป็นระยะเวลานาน เช่น จากการศึกษาของ Fuks และคณะ ในปี ค.ศ. 1997 ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราผลสำเร็จของการรักษาพัลพ์โพโตมีด้วยการใช้เฟอร์ริก ซัลเฟต กับการรักษาโดยใช้ฟอร์โมครีซอลในฟันกรามน้ำนมที่มีระยะติดตามผลอยู่ในช่วงเวลา 6-34 เดือนพบว่าในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเฟอร์ริก ซัลเฟต มีอัตราผลสำเร็จเมื่อประเมินผลทางคลินิกและทางภาพรังสี คิดเป็นร้อยละ 93 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยฟอร์-โมครีซอล ซึ่งมีอัตราผลสำเร็จทางคลินิกคิดเป็นร้อยละ 84 และทางภาพรังสีร้อยละ 80 แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันของอัตราผลสำเร็จของการรักษาด้วยเฟอร์ริก ซัลเฟตเปรียบเทียบกับการรักษา

ด้วยฟอร์โมครีซอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม [44] จากการศึกษาของ Sonmez และคณะในปี ค.ศ. 2008 เมื่อติดตามผลระยะยาวภายหลังการรักษาพัลพ์โพโตมีในฟันน้ำนมด้วย เฟอร์ริก–ซัลเฟต เป็นระยะเวลากว่า 24 เดือนพบว่าอัตราผลสำเร็จของการรักษาโดยรวมคิดเป็น ร้อยละ 73.3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ฟอร์โมครีซอลและแคลเซียมไฮดรอกไซด์แล้ว ให้อัตราผลสำเร็จของการรักษาที่ใกล้เคียงกับการใช้ฟอร์โมครีซอลและสูงกว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ [28]

ปัจจุบัน ทันตกรรมสำหรับเด็กมีแนวโน้มในการเลือกใช้เฟอร์ริก ซัลเฟต เป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารห้ามเลือด ใช้งานง่าย ให้ผลสำเร็จในการทำพัลพ์โพโตมีเป็นที่น่าพอใจและให้ผลใกล้เคียงกับการทำพัลพ์โพโตมีด้วยฟอร์โมครีซอล แต่จากการศึกษาทางกล้องจุลทรรศน์ถึงผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อเฟอร์ริก ซัลเฟตในสัตว์ทดลองนั้น [42] พบว่าเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในร่วมด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Cotes และคณะ [45] ซึ่งยืนยันถึงการเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในภายหลังจากการใช้เฟอร์ริก ซัลเฟตในการทำพัลพ์โพโตมีในสัตว์ทดลองเช่นเดียวกัน อีกทั้งการศึกษาของ Vargas และ Packham เมื่อติดตามผลการรักษาฟันน้ำนมที่ผ่านการทำพัลพ์โพโตมีด้วยฟอร์โมครีซอลและเฟอร์ริก ซัลเฟต ในระยะยาวนั้นพบว่ามีการสูญเสียฟันน้ำนมไปก่อนกำหนดคิดเป็นร้อยละ 10 ในทั้ง 2 กลุ่มการศึกษา ซึ่งมีสาเหตุจากเกิดการละลายตัวของรากฟันร่วมกับอาจเกิดตุ่มหนองปลายรากฟันภายหลังการรักษา ดังนั้น การพิจารณาถึงการใส่เครื่องมือกันช่องว่างฟันก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่อาจจะต้องคำนึงถึงในการวางแผนการรักษาขั้นต่อไปภายหลังจากการสูญเสียฟันน้ำนมไปก่อนเวลาอันสมควรด้วย [14]

2.3.4 มิเนอรอล ไตรออกไซด์ แอคกรีเกต (mineral trioxide aggregate)

ได้มีรายงานทางวิทยาศาสตร์ถึงการใช้ มิเนอรอล ไตรออกไซด์ แอคกรีเกต หรือ เอ็มทีเอ (MTA) เพื่อใช้ในการซ่อมแซมรอยทะลุด้านข้างของคลองรากฟัน (lateral root perforations) ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1993 [28] เอ็มทีเออยู่ในรูปแบบของผงแห้งที่มีส่วนประกอบหลักคือ ไตร-แคลเซียม ซิลิเกต (tricalcium silicate), ไดแคลเซียม ซิลิเกต (dicalcium silicate), ไตร-แคลเซียม อะลูมิเนท (tricalcium aluminate), แคลเซียม ซัลเฟต ไดไฮเดรต (calcium sulphate dihydrate) และบิสมัธ ออกไซด์ (bismuth oxide) [46] ส่วนประกอบโดยรวมจะประกอบไปด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) สามารถผสมและใช้งานได้ทันที เอ็มทีเอมีค่าความเป็นกรด- ด่างที่ 12.5 มีคุณสมบัติในการเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อมนุษย์ (biocompatibility) อีกทั้งยังชักนำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ โดยสามารถกระตุ้นให้เกิดการหลั่งไซโตคายน์ (cytokines) จากเซลล์กระดูกและเกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งตามมาได้ในตำแหน่งที่วัสดุสัมผัสกับเนื้อเยื่อใน [47] เมื่อศึกษาในสัตว์ทดลอง โดยใช้เอ็มทีเอเป็นวัสดุปิดจุดที่มีการเผยผึ่งของเนื้อเยื่อในด้วยวิธีตรง (direct pulp

capping) ในฟันลิง ภายหลังการรักษา มีการติดตามผลระยะ 5 เดือน พบผลการรักษาที่น่าพอใจ โดยไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน [48]

เมื่อทำการศึกษาในมนุษย์ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่ามีอัตราผลสำเร็จของการใช้เอ็มทีเอในการทำพัลพ์โพโตมีในฟันน้ำนมที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับร้อยละ100 [9] เช่น การศึกษาของ Eidelman และคณะได้ทำการศึกษาขั้นต้นถึงอัตราผลสำเร็จทางคลินิกในการทำพัลพ์โพโตมี โดยการใช้เอ็มทีเอเปรียบเทียบกับการใช้ฟอร์โมครีซอล มีการติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือนถึง 30 เดือน ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มฟันน้ำนมที่ผ่านการรักษาด้วยฟอร์โมครีซอลเกิดความล้มเหลวภายหลังการรักษาจำนวนเพียง 1 ซี่ อันเกิดจากการละลายตัวที่ผิดปกติในคลองรากฟัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเอ็มทีเอไม่พบความล้มเหลวทางคลินิกและภาพรังสีแต่อย่างใด [15] แต่ก็เป็นที่น่าสังเกตถึงหลักเกณฑ์ในการประเมินความสำเร็จทางภาพรังสีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการรักษาพัลพ์โพโตมีด้วยเอ็มทีเอกว่าร้อยละ 41 พบการตีบแคบในคลองรากฟันน้ำนมขึ้น ซึ่งการศึกษาครั้งนั้น ไม่ถือว่าการเกิดการตีบแคบในคลองรากฟันน้ำนมเป็นความล้มเหลวที่เกิดขึ้นจากการทำพัลพ์โพโตมีแต่อย่างใด อีกทั้งยังมีการศึกษาที่สนับสนุนถึงอัตราผลสำเร็จของการทำพัลพ์โพโตมีด้วยเอ็มทีเอในฟันน้ำนมเมื่อติดตามผลการรักษาอย่างต่อเนื่องในระยะยาว โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยในการติดตามผลการรักษา 38 เดือน พบว่าในฟันน้ำนมที่ผ่านการรักษาด้วยเอ็มทีเอยังคงมีอัตราผลสำเร็จในการรักษาในระดับสูงถึงร้อยละ 97 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ฟอร์โมครีซอลซึ่งมีอัตราผลสำเร็จในการรักษาเมื่อระยะเวลาผ่านไปอยู่ที่ร้อยละ 83 อีกด้วย [49]

นอกจากนี้ในการทบทวนบทความของ Fuks [9] ที่ได้คัดเลือกผลงานวิจัยที่ทำการศึกษาทางคลินิกในฟันน้ำนมถึงอัตราความสำเร็จของการทำพัลพ์โพโตมีโดยใช้เอ็มทีเอ เปรียบเทียบกับฟอร์โมครีซอลในช่วงปี ค.ศ. 2001 ถึงปี ค.ศ. 2005 ที่มีจำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มการศึกษาและระเบียบวิจัยทางคลินิกใกล้เคียงกันนั้น Fuks ได้สรุปไว้ว่าอัตราผลสำเร็จของการรักษาด้วยเอ็มทีเอดีกว่าการใช้ฟอร์โมครีซอลในทุกการศึกษาที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าไม่พบความแตกต่างของผลสำเร็จในการรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่พบการรายงานทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวของการทำพัลพ์โพโตมีด้วยเอ็มทีเอ เนื่องด้วยคุณสมบัติที่เข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ ชักนำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งขึ้นมาใหม่ แต่ทั้งนี้ยังต้องมีการติดตามผลการศึกษาในระยะยาวต่อไปและสำหรับในฟันน้ำนมการนำเอ็มทีเอมาใช้เป็นตัวยารักษาแทนฟอร์โมครีซอลยังไม่เป็นที่นิยมนัก อันเนื่องจากวัสดุมีราคาสูง มีสภาพคุ้มทุนต่ำ เนื่องจากฟันน้ำนมมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับฟันแท้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.3.5 โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite)

โซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรือสารฟอกขาว (bleaching agent) ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย Labarraque ในช่วงศตวรรษที่ 19 เพื่อเป็นสารฟอกขาว ฆ่าเชื้อบริเวณผิวสัมผัสอุปกรณ์ทางการแพทย์ และเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อต่างๆ และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง โซเดียมไฮโปคลอไรท์ จึงเป็นที่ยอมรับในคุณสมบัติการเป็นสารฆ่าเชื้อ (disinfectant) ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพแบบกว้าง (broad spectrum) [50] นับแต่นั้นเป็นต้นมา ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 ได้มีการรายงานทางการแพทย์ครั้งแรกโดยนักเคมีชื่อ Henry Drysdale Dakin ร่วมกับศัลยแพทย์ Alexis Carrel ถึงประสิทธิภาพการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นน้ำยาล้างแผลที่ติดเชื้อเพื่อกำจัดเนื้อเยื่อตาย (necrotic tissue) โดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว มีความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อตายมากกว่าเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ด้วยความที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ยับยั้งเชื้อต่างๆ อีกทั้งมีความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อ (tissue solvent) ได้ดี (Mohammadi, 2008 [21] อ้างอิงถึงการศึกษาของ Dakin, 1915) ทำให้ในเวลาต่อมา Walker ในปี ค.ศ.1936 ได้รายงานผลของการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันเป็นครั้งแรก ด้วยคุณสมบัติของโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำยาล้างคลองรากฟันในอุดมคติ มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย สามารถเจือจางความเข้มข้นได้ มีอายุการใช้งานที่นาน ทำให้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ยังคงได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับในการใช้งานอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลานานกว่า 90 ปี [20, 21, 51, 52]

โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นสารประกอบประเภทไฮโปคลอไรท์ ที่มีค่าความเป็นด่างสูง โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 11-12 [6] มีคุณสมบัติเด่นในการเป็นสารต้านเชื้อจุลชีพ และย่อยโปรตีน แบบไม่จำเพาะ(non-specific proteolytic)ได้เป็นอย่างดี [21] ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลายสาขา เช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสีย และสิ่งปฏิกูล การผลิตสิ่งทอ กระบวนการเกี่ยวกับการผลิตกระดาษในอุตสาหกรรม หรือแม้แต่ในงานทันตกรรมก็ตาม

ก. กลไกการทำงานของสารละลาย

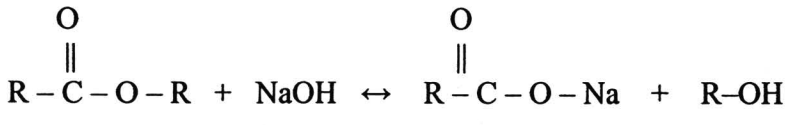
สมดุลการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จะเป็นไปดังสมการ [51, 52]

$$NaOCl + H_2O \leftrightarrow NaOH + HOCl \leftrightarrow Na^+ + OH^- + H^+ + OCl^-$$

เมื่อสารละลายสัมผัสกับเนื้อเยื่ออินทรีย์ (organic tissue) จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ 3 รูปแบบ คือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน 242966
เลขเรียกหนังสือ

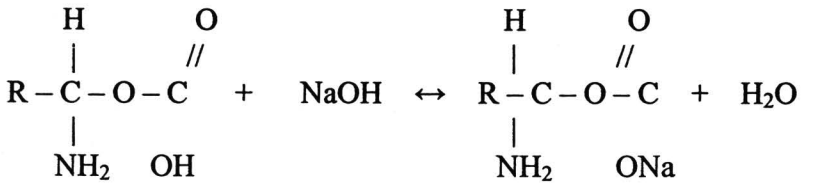
1. ปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชัน (saponification reaction)



Fatty acid Sodium hydroxide Soap Glycerol

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มาจากการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้กรดไขมัน (fatty acid) แตกตัว เพื่อลดแรงตึงผิวของสารละลาย ที่ยังคงอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อที่สัมผัสนั้นได้ [51]

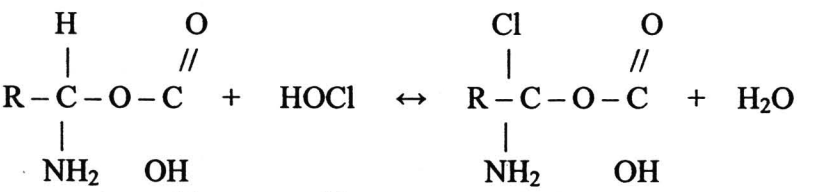
2. ปฏิกิริยาทำให้กรดอะมิโนเป็นกลาง (amino acid neutralization reaction)



Amino acid Sodium hydroxide Salt Water

โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้กรดอะมิโนแตกตัว เกิดเป็นเกลือและน้ำ ทำให้มีความเป็นกลางมากขึ้น [51]

3. ปฏิกิริยาคลอรามิเนชัน (chloramination reaction)



Amino acid Hypochlorous Acid Chloramine Water

เมื่อเกิดการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรท์และปฏิกิริยาทางเคมีเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่ออินทรีย์แล้วนั้น ขณะเดียวกัน จะเกิดปฏิกิริยาคลอรามิเนชัน โดยกรดไฮโปคลอรัส (hypochlorous acid: HOCl-) เข้าทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน (amino acid) เกิดการแทนที่ไฮโดรเจนในกรดอะมิโนด้วยคลอรีน (Cl-) เกิดเป็นคลอรามีน (chloramine) ขึ้น มีผลทำให้รบกวนขบวนการ

เมตาบอลิซึม ยับยั้งเอนไซม์สำคัญที่ใช้ในการดำรงชีวิต และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบไม่ผันกลับกับกลุ่มซัลฟ์ไฮดริล (sulphydryl group) ในเชื้อจุลชีพ ซึ่งคลอรามีนนี้มีคุณสมบัติสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารต้านเชื้อจุลชีพได้ [6, 51]

ดังนั้น กลไกการออกฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จะมีผลโดยตรงต่อขบวนการการดำรงชีวิตของเชื้อจุลชีพ ซึ่งเกิดอยู่ในบริเวณไซโตพลาสมิค เมมเบรน (cytoplasmic membrane) ไม่ว่าจะเป็นส่วนของการสร้างผนังเซลล์ (cell wall formation) การสังเคราะห์ไขมันต่างๆ (biosynthesis of lipid) หรือการขนถ่ายสารอิเลคตรอนสำคัญต่างๆ (electron transportation) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการดำรงชีวิตอยู่ของเชื้อจุลชีพ เมื่อมีการรบกวนขบวนการดำรงชีวิตของเชื้อจุลชีพ เมื่อเวลาผ่านไปก็จะทำให้เชื้อจุลชีพตายในที่สุด

ข. คุณสมบัติของโซเดียมไฮโปคลอไรท์

คุณสมบัติที่สำคัญของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ประกอบไปด้วย ความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพ ความสามารถในการห้ามเลือด (hemostatic property) ความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อ (tissue solubility) [21]

- ความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพ

โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นที่ยอมรับในการนำมาใช้เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันที่มีประสิทธิภาพ มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลชีพในคลองรากฟัน ทำให้เป็นที่ยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลาย [21] โดยจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้งในหลอดแก้วและในสัตว์ทดลองที่ผ่านมาได้แสดงถึงความมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลชีพในคลองรากฟันของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยยังไม่มีสารละลายใดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าได้ แต่ก็ยังมีข้อถกเถียงเรื่องระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานอยู่บ้าง [53] ยกตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การศึกษาของ Bystrom และ Sundqvist ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลชีพของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เปรียบเทียบกับน้ำเกลือในฟันที่มีคลองรากเดียวของกลุ่มผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาคลองรากฟัน โดยวัดผลจากปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ปรากฏในคลองรากในแต่ละครั้งที่นัดทำการรักษาทั้งสิ้น 5 ครั้ง โดยที่ระหว่างการนัดนั้นไม่ได้ใส่ยาภายในคลองรากฟัน ผลปรากฏว่ากลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันนั้น ส่วนใหญ่พบว่าไม่มีเชื้อแบคทีเรียเจริญเติบโตในคลองรากฟันระหว่างการนัดแต่ละครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งใช้น้ำเกลือเป็นน้ำยาล้างคลองรากฟัน ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจึงได้สรุปไว้ว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีประสิทธิภาพในการเป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันมากกว่าน้ำเกลือ เนื่องจากสามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อภายในคลองรากฟันได้ [54] ต่อมา Yesilsoy และคณะได้ทำการศึกษาในห้องทดลองถึงความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ในเชื้อ 4 ชนิด ได้แก่

S. mutans, P. micros, P. intermedius, และ *P. gingivalis* พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อและมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับคลอเฮ็กซิดีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.12 แต่อย่างใด [37] นอกจากนี้ Siqueira และคณะ ได้เปรียบเทียบความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียกลุ่มติดสีดำที่ไม่พึ่งออกซิเจน (black-pigmented anaerobic bacteria) และกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่ชอบออกซิเจน (facultative bacteria) บนแผ่นวุ้นเลี้ยงเชื้อของน้ำยาล้างคลองรากแต่ละชนิด ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ คลอเฮ็กซิดีน อีดีทีเอและกรดซิตริก โดยผลการทดลองพบว่ากลุ่มโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 2.5 ตามลำดับเป็นกลุ่มที่สามารถกำจัดเชื้อดังกล่าวได้อย่างมนประสิทธิภาพและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดอื่น [55] เช่นเดียวกับการศึกษาในห้องทดลองของ Gomes และคณะได้ทำการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่เหมาะสม โดยใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1 ร้อยละ 2.5 ร้อยละ 4 ร้อยละ 5.25 เปรียบเทียบกับการใช้คลอเฮ็กซิดีน ในการกำจัดเชื้อ *E. faecalis* ซึ่งเป็นเชื้อที่พบส่วนใหญ่ในคลองรากฟัน ผลการศึกษาพบว่าสารละลายทุกตัว ทุกความเข้มข้นสามารถกำจัดเชื้อ *E. faecalis* ได้ในเวลาที่แตกต่างกันโดยกลุ่มโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 5.25 มีประสิทธิภาพมากที่สุดและใช้เวลาสั้นที่สุด ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการสรุปว่า โซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มร้อยละ 5.25 มีประสิทธิภาพมากที่สุด [53] สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา [56, 57]

แต่อย่างไรก็ตาม น้ำยาล้างคลองรากฟันที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันล้วนมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโดยรวมได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านระยะเวลาที่น้ำยาล้างคลองรากสัมผัสกับผนังคลองรากฟันและระดับความเข้มข้นที่ใช้งาน [53]

- ความสามารถในการห้ามเลือด

นอกจากโซเดียมไฮโปคลอไรท์จะมีคุณสมบัติเด่นในด้านการต้านเชื้อจุลชีพและมีความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อแล้ว คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งก็คือความสามารถในการเป็นสารห้ามเลือดได้ ดังการศึกษาของ Hafez และคณะที่ได้ทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง พิสูจน์ถึงความสามารถในการเป็นสารห้ามเลือดก่อนการรักษาด้วยวิธีปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงในฟันลิง พบว่าเมื่อใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นสารห้ามเลือดในตำแหน่งที่มีจุดทะลุโพรงเนื้อเยื่อในเป็นระยะเวลา 30-50 วินาทีก่อนการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงด้วยวัสดุหลายชนิด [27] เมื่อนำชิ้นฟันไปศึกษาทางกล้องจุลทรรศน์ในตำแหน่งที่ทำการรักษานั้น พบว่าไม่มีการตายของเนื้อเยื่อในในบริเวณดังกล่าวและยังมีการสร้างเดนทีน บริดจ์อีกด้วย สำหรับการศึกษาทางคลินิกในฟันน้ำนมของมนุษย์ของ Tunc และคณะพบว่าผลของการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ใน

การทำพัลพ์โพโตมี เพื่อเป็นสารห้ามเลือดก่อนทำการปิดเนื้อเยื่อในด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในรูปแบบก้อนสำลีชุบสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 3 วางบริเวณโพรงเนื้อเยื่อในเป็นเวลา 30 วินาที นั้น เมื่อศึกษาทางกล้องจุลทรรศน์พบว่า มีชิ้นตัวอย่างในกลุ่มทดลองเพียงชิ้นตัวอย่างเดียวที่พบการตายของเนื้อเยื่อในบางส่วนและมีการอักเสบเกิดขึ้น ขณะที่ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มทดลองที่เหลือพบเนื้อเยื่อในที่ยังคงความสมบูรณ์ สำหรับกาสร้างเดนทีน บริดจ์สามารถพบได้ในชิ้นฟันตัวอย่างกว่าร้อยละ 44.44 แม้ว่าจะมีการสร้างเดนทีน บริดจ์ที่ไม่สมบูรณ์ก็ตาม

- *ความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อ*

The และคณะได้ทำการศึกษา ถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมไฮโปคลอ-ไรท์ต่อการย่อยสลายเนื้อเยื่อตาย โดยทดสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ซึ่งผลการทดสอบพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายร้อยละ 3 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเนื้อเยื่อตายในระดับที่เพียงพอและเหมาะสม [23] ต่อมา Okino และคณะ ได้ศึกษาในสัตว์ทดลองกลุ่มวัว (bovine) เกี่ยวกับความสามารถในการย่อยสลายเนื้อเยื่อในของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1 ร้อยละ 2.5 และคลอเฮ็กซิดีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 ในรูปแบบน้ำและแบบเจล โดยวัดผลจากการคำนวณหาอัตราเร็วในการละลายเนื้อเยื่อในของกลุ่มสัตว์ทดลอง พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีความเข้มข้นมากมีอัตราเร็วในการย่อยสลายเนื้อเยื่อในที่เร็วกว่าความเข้มข้นน้อย ในขณะที่คลอเฮ็กซิดีนมีอัตราเร็วในการย่อยสลายเนื้อเยื่อในที่ใกล้เคียงกับน้ำเกลือ คือไม่สามารถละลายเนื้อเยื่อในได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับกลุ่มโซเดียมไฮโปคลอไรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [58] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในสัตว์ทดลองกลุ่มหมู (porcine) ของ Clarkson และคณะ ที่พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีความเข้มข้นสูงสามารถย่อยสลายเนื้อเยื่อในได้รวดเร็วกว่าความเข้มข้นต่ำ [59] จากการศึกษาที่ผ่านมาในข้างต้นแสดงให้เห็นว่าทั้งความสามารถในการย่อยสลายเนื้อเยื่อและความสามารถในการต้านเชื้อ จุลชีพ นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักคือ ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโป-คลอไรท์และระยะเวลา โดยที่ระดับความเข้มข้นมากจะสามารถย่อยสลายเนื้อเยื่อได้รวดเร็วในเวลาอันสั้นกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อย อย่างไรก็ตามควรต้องคำนึงถึงความเป็นพิษที่มีมากขึ้นตามความเข้มข้นที่มากขึ้นด้วย

ค. ความเป็นพิษของโซเดียมไฮโปคลอไรท์

โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นสารละลายที่มีค่าความเป็นด่างสูง [6] เมื่อสารละลายสัมผัสกับเนื้อเยื่ออินทรีย์จะเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดอะมิโนและกรดไขมัน ทำให้เกิดการย่อยสลายเนื้อเยื่อภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว ขณะเดียวกันนั้น ไฮโดรเจนในกลุ่มอะมิโน จะถูกแทนที่ด้วยคลอรีนได้เป็น คลอรามีน อันเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารฆ่าเชื้อของ

โซเดียมไฮโปคลอไรท์ [6, 51] จากกลไกการทำงานและคุณสมบัติของโซเดียมไฮโปคลอไรท์จะเห็นได้ว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นน้ำยาที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์และทำให้เกิดการระคายเคืองเนื้อเยื่อบริเวณผิวสัมผัสได้ Pashley และคณะได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษของเซลล์ ผ่านการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในสัตว์ทดลอง พบว่าผลของความเป็นพิษต่อเซลล์ของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 5.25 หรือเมื่อเจือจางลงสิบเท่าแล้วก็ตาม (1:10) สามารถทำให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงได้ ในขณะที่หากสารละลายสัมผัสโดนตาและผิวหนัง จะทำให้เกิดอาการปวดตาระดับปานกลางถึงรุนแรง เกิดการตายของผิวหนังและเกิดแผลตามมา [60] Zhang และคณะได้ทำการศึกษาผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อความเป็นพิษของเซลล์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ร้อยละ 5.25 ร้อยละ 2.63 ร้อยละ 1.31 และร้อยละ 0.66) พบว่าความเป็นพิษของเซลล์นั้น ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ด้วย [61]

ภาวะแทรกซ้อนขณะใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ส่วนใหญ่ มักเป็นผลจากการใช้สารละลายเป็นน้ำยาล้างคลองรากฟัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการรั่วซึมของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ออกไปนอกปลายราก เกิดการตอบสนองต่อเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณปลายรากฟัน ทำให้เกิดการปวด บวม มีเลือดออก ในบางกรณีสามารถพัฒนาเป็นการติดเชื้อระดับทุติยภูมิ (secondary infection) ได้ [6, 62] และสามารถเกิดการตายของเนื้อเยื่ออ่อนได้หากปล่อยน้ำยาล้างคลองรากฟันทิ้งไว้ในคลองรากฟันเป็นระยะเวลานาน [6, 21, 60, 61] หากมีการกระเด็นของสารละลายโดนเสื้อผ้าของผู้สวมใส่ จะทำให้เกิดรอยจุดด่างของผ้าจากการกัดของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ได้ [21] ส่วนการเกิดอาการแพ้ต่อโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เช่นการเกิดอาการคัน การบวมหรือมีผื่นขึ้นบริเวณผิวหนังภายหลังจากสัมผัสกับสารละลายนั้น แม้ว่าพบได้น้อยแต่ก็มีการรายงานผู้ป่วยที่แพ้ต่อสารละลายดังกล่าวได้เช่นเดียวกัน [63]

จะเห็นได้ว่า โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นน้ำยาที่มีความเป็นพิษ ขึ้นอยู่กับปริมาณ ระดับความเข้มข้นของสารละลายและระยะเวลาที่สัมผัสกับเนื้อเยื่อ [6, 21] ดังนั้นจึงต้องใช้อย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการป้องกันการรั่วซึมของสารละลายไม่ให้สัมผัสกับเนื้อเยื่ออ่อนภายในช่องปากและการสัมผัสโดนเสื้อผ้า [6]

ง. ปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของโซเดียมไฮโปคลอไรท์

- ความเข้มข้นของก๊าซคลอรีน

ศลักษณา กาญจนะวสิต และกุหลาบ เพิ่มวัฒนะกุล ได้ศึกษาความคงสภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่วางขายในประเทศไทยจาก 3 ผลิตภัณฑ์คือ ไฮเตอร์ คลอร็อกซ์ และโซเดียมไฮโปคลอไรท์จากบริษัทวิทยาศรม ผู้ทำการ ศึกษาพบว่าความเข้มข้นของคลอรีนมักจะลดลงตามเวลาที่ผ่านไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ถูกเจือจางซึ่งความเข้มข้นของคลอรีนจะลดลง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดวิจัย

รวดเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังจากเจือจางผลิตภัณฑ์ทิ้งไว้มากกว่า 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าคลอร็อกซ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของคลอรีนคงที่มากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไปในระยะต่างๆ ดังนั้นจากการศึกษานี้อาจสรุปได้ว่าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จึงควรใช้สารละลายที่ไม่ผ่านการเจือจางหรือหากจำเป็นต้องเจือจางก็ควรเตรียมสารละลายขึ้นใหม่และไม่ควรเก็บไว้นานเกินกว่า 2 สัปดาห์ [52]

- *ภาวะกรด-ด่างของสารละลาย*

เนื่องจากคุณสมบัติของสารละลายขณะปกติมีค่าความเป็นด่างสูง มีคุณสมบัติในการละลายเนื้อเยื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับหนึ่ง [64] หากใช้ในสภาวะแวดล้อมที่มีความเป็นกรดสูง เช่นในสภาวะที่มีการติดเชื้อ จะเกิดการแตกตัวของสารละลายได้มาก ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายลดลง เพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลชีพและละลายเนื้อเยื่อตายได้ [25, 65, 66]

- *อุณหภูมิของสารละลาย*

การเก็บสารละลายในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ จะสามารถเก็บสารละลายไว้ได้ในเวลานานโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านเคมีหรือมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านเคมีเพียงเล็กน้อย [66, 67] ในขณะที่เมื่อนำสารละลายมาใช้งานหากเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายจะยิ่งเป็นการเพิ่มคุณสมบัติของการต้านเชื้อจุลชีพและเพิ่มความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อได้ดียิ่งขึ้น [6, 68]

จากการศึกษาที่ผ่านมาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการคงสภาพของโซเดียมไฮโปคลอไรท์นั้น การเก็บโซเดียมไฮโปคลอไรท์ให้ยังคงความมีประสิทธิภาพได้ดี สารละลายควรอยู่ในรูปแบบสำเร็จพร้อมใช้งานตามบริษัทผู้ผลิต เก็บในสภาวะที่สารละลายมีค่าความเป็นด่างสูง บรรจุอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทและทึบแสงให้พ้นจากแสงแดด ที่อุณหภูมิต่ำ ไม่ควรเก็บไว้นานเกินกว่า 6 เดือน หรือหากจำเป็นต้องเจือจางโซเดียมไฮโปคลอไรท์ให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ ควรเจือจางสารละลายเมื่อต้องการใช้งานและไม่ควรเก็บสารละลายภายหลังจากการเจือจางสารละลายแล้วนานเกินกว่า 2 สัปดาห์

จ. ผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ต่อเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่ (vital pulp)

การศึกษาในฟันลิงของ Hafez และคณะ พบว่า เมื่อล้างแผลที่ถูกกรอตัดเนื้อเยื่อในออกบางส่วนและใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นตัวยาห้ามเลือด พบว่าสามารถย่อยเนื้อเยื่อที่เป็นโรคเท่านั้น โดยไม่มีลิ่มเลือดอยู่ภายในเนื้อเยื่อในและได้ให้ข้อสรุปว่าการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นตัวยาห้ามเลือดในการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรงอาจมีส่วนช่วยในการสร้างเดนทีน บริดจ์ซึ่งพบในฟันกว่าร้อยละ 86 ในฟันที่ผ่านการห้ามเลือดด้วยโซเดียมไฮโป-คลอไรท์ [27]

จากการศึกษาในฟันกรามน้ำนมของมนุษย์ของ Haghgoo และคณะ ได้ศึกษาผลทางกล้องจุลทรรศน์ ถึงผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่ โดยผลทางกล้องจุลทรรศน์ของเนื้อเยื่อในในฟันน้ำนมภายหลังจากการทำพัลพ์โพโตมีแล้ว พบว่าโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในน้อยว่าฟอร์โมครีซอล แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม และจากผลการศึกษานี้ ทางคณะผู้ศึกษาได้ให้ข้อสรุปว่าสามารถใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นตัวอย่างหนึ่งในการทำพัลพ์โพโตมีได้ [69]

ส่วนการศึกษาในฟันแท้ Rosenfeld และคณะ ได้ศึกษาผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ต่อเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่ในฟันกรามน้อยแท้ซี่ที่ 1 โดยการล้างเป็นเวลา 15 นาที เมื่อศึกษาลักษณะทางกล้องจุลทรรศน์พบว่า บริเวณผิวชั้นบนของเซลล์เนื้อเยื่อในที่สัมผัสกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีเพียง 3 ถึง 5 ชั้นเซลล์เท่านั้นที่ถูกย่อยสลาย (digestion) และส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อเนื้อเยื่อในที่อยู่ลึกลงไป [26]

จะเห็นได้ว่าจากการศึกษาผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 ไปจนถึงร้อยละ 5.25 มีความปลอดภัยและเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่โดยยังคงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ ละลายเนื้อเยื่อตายและไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่มากเกินไป

ฉ. *โซเดียมไฮโปคลอไรท์กับการทำพัลพ์โพโตมี*

Vargas และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมี เปรียบเทียบกับการใช้สารเฟอร์ริก ซัลเฟตในฟันกรามน้ำนมของกลุ่มเด็กอายุ 4-9 ปี ที่มีข้อบ่งชี้ในการทำพัลพ์โพโตมี โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ในรูปแบบของสำลีก้อนชุบสารละลาย ร่วมกับบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมทันที มีการติดตามผลภายหลังการรักษาทางคลินิกและทางภาพรังสีที่ 6 และ 12 เดือน เมื่อประมวลอัตราผลสำเร็จของการรักษาทั้งในทางคลินิกและทางภาพรังสีพบว่า กลุ่มที่ได้รับการทำพัลพ์โพโตมีด้วยโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 นั้น มีอัตราผลสำเร็จโดยรวมเมื่อติดตามผลมาเป็นระยะเวลา 12 เดือน คิดเป็นร้อยละ 90 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราผลสำเร็จของการรักษาในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเฟอร์ริก ซัลเฟต ดังแสดงในตารางที่ 1 แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางค่าสถิติก็ตาม (P= 0.05) สำหรับความล้มเหลวที่เกิดขึ้นหลังการรักษา ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกลุ่มการใช้สารเฟอร์ริก ซัลเฟต โดยเมื่อติดตามผลระยะ 6 เดือน พบความล้มเหลวทางภาพรังสีโดยพบการละลายตัวภายในคลองรากฟันได้บ่อยที่สุด และเมื่อติดตามผลที่ระยะ 12 เดือนในกลุ่มนี้พบว่า เกิดความล้มเหลวทางคลินิกขึ้นด้วย โดยมีรูเปิดของหนองในฟัน 1 ซี่และมีเหงือกบวมแดง 1 ซี่ ส่วนความล้มเหลวทางภาพรังสี มีจำนวนความล้มเหลวทางภาพรังสีเพิ่มขึ้นใหม่โดยเกิดจากการละลายตัวใน

คลองรากฟันเช่นเดียวกัน แต่สำหรับกลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์กลับไม่พบว่ามีความล้มเหลวที่เกิดขึ้นทางคลินิก หากแต่พบความล้มเหลวทางภาพรังสี โดยพบการละลายตัวในคลองรากฟันเกิดขึ้นทางภาพรังสีในช่วงติดตามผล 6 เดือนและ 12 เดือน [20]

ตาราง 1 ผลการศึกษาของ Vargas และคณะ [20] ในการเปรียบเทียบผลสำเร็จของการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 และเฟอร์ริก ซัลเฟตในการทำพัลพ์โพโตมี

กลุ่มการรักษา	ระยะติดตามผลที่ 6 เดือน				ระยะติดตามผลที่ 12 เดือน			
	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนฟัน)	ผลสำเร็จทางคลินิก (ร้อยละ)	ผลสำเร็จทางภาพรังสี (ร้อยละ)	ผลสำเร็จโดยรวม (ร้อยละ)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนฟัน)	ผลสำเร็จทางคลินิก (ร้อยละ)	ผลสำเร็จทางภาพรังสี (ร้อยละ)	ผลสำเร็จโดยรวม (ร้อยละ)
โซเดียมไฮโป-คลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5	32	100	91	96	14	100	79	90
เฟอร์ริก ซัลเฟต	28	100	68	84	13	85	62	74

จากการศึกษาทางคลินิกเบื้องต้นถึงการนำโซเดียมไฮโปคลอไรท์ นำมาใช้เป็นตัวยารักษาในการทำพัลพ์โพโตมีครั้งนี้ Vargas และคณะได้สรุปว่า สามารถนำมาใช้ในการรักษาได้ ให้ผลการรักษาที่ดีกว่าเฟอร์ริก ซัลเฟต และนำมาใช้แทนฟอร์โมครีซอลได้ แต่ Fuks [9] ได้เสนอแนะว่าควรมีการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติมและมีการติดตามผลการรักษาที่ยาวนานมากขึ้น เพื่อยืนยันผลการรักษาที่ได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้น จากคุณสมบัติของโซเดียมไฮโปคลอไรท์แล้ว จะพบว่ามีคุณสมบัติที่ต้องการใช้เป็นตัวยาในการทำพัลพ์โพโตมีในฟันน้ำนม นั่นคือความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพ ความสามารถในการห้ามเลือด สามารถละลายเนื้อเยื่อในที่ยังคงความมีชีวิตอยู่ได้น้อยและมีความเป็นพิษต่ำหากสัมผัสกับเนื้อเยื่อภายในระยะเวลาอันสั้นและมีความระมัดระวังในการใช้งาน และจะเห็นได้ว่าภายหลังจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว ยังไม่พบว่ามีรายงานการศึกษาทางคลินิกของการทำพัลพ์โพโตมีด้วยการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 เปรียบเทียบกับการใช้ฟอร์โมครีซอลถึงผลสำเร็จในการรักษาทางคลินิกและภาพรังสีแต่อย่างใด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการรักษาของการใช้สารละลาย 2 ชนิดนี้