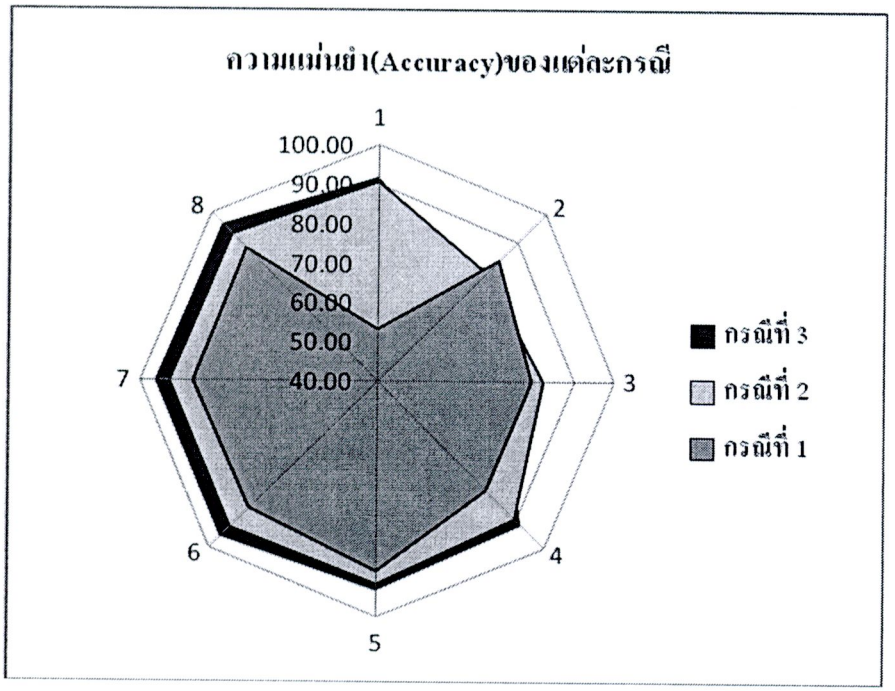
บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของโครงข่ายใยประสาทเทียมเพื่อระบุรอยแตกของรากฟัน ด้วยการสร้างแบบจำลองการวินิจฉัย ซึ่งจะใช้ร่วมกับภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอล และการวิเคราะห์รอยแตกของรากฟันทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อดูการกระจายตัวของค่าความเค้นของบริเวณพื้นที่หน้าตัดของรากฟัน ผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

4.1 ผลการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

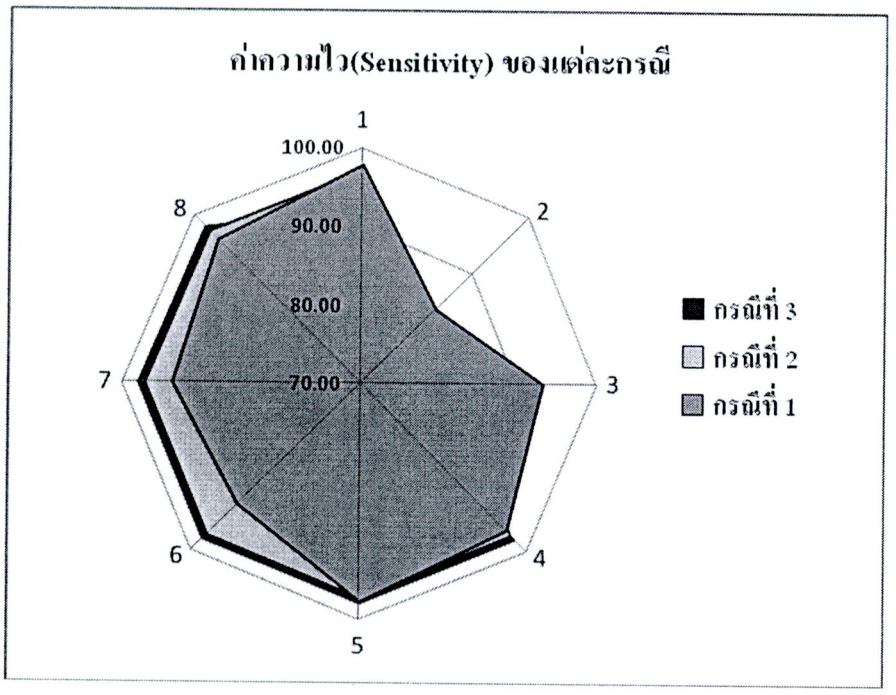
การวินิจฉัยรอยแตกรากฟันของแบบจำลองโดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียม เริ่มจากนำภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอลเข้ามาในแบบจำลอง หลังจากนั้นทำการวัดระดับความเทาของภาพถ่ายรังสีของบริเวณที่สนใจจำนวน 40 ค่าระดับความเทา ซึ่งจะอยู่ในรูปของเวคเตอร์ที่มีขนาด 40 × 1 ต่อฟัน 1 ซี่ ดังนั้นมีฟันทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 200 ซี่ จะมีเวคเตอร์ที่มีขนาด 40 × 200 ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าให้กับโครงข่ายใยประสาทเทียม โดยที่โครงข่ายใยประสาทเทียมจะทำการเรียนรู้ จดจำ และคัดแยกข้อมูลที่ได้รับ จากนั้นแบบจำลองจะระบุผลว่าภาพถ่ายรังสีมีรอยแตกหรือปกติ(ไม่มีรอยแตก) ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กรณี ตามชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกและทดสอบโครงข่ายใยประสาทเทียม เพื่อตรวจสอบความแม่นยำ และในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ของโครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น ได้ใช้ฟังก์ชันส่งถ่ายแบบแรดเบส (radbas) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเกาส์เซียน จะมีค่าการกระจายตัว (σ) ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมความกว้างแคบของฟังก์ชันเกาส์เซียน จะส่งผลต่อความแม่นยำของแบบจำลอง ดังนั้นในการทดสอบของแต่ละกรณีจะมีการวัดผลของการปรับค่าการกระจายของฟังก์ชันเกาส์เซียนด้วย ผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

4.1.1 ผลการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันของแบบจำลอง



ภาพที่ 39 กราฟความแม่นยำของแบบจำลองแต่ละกรณี

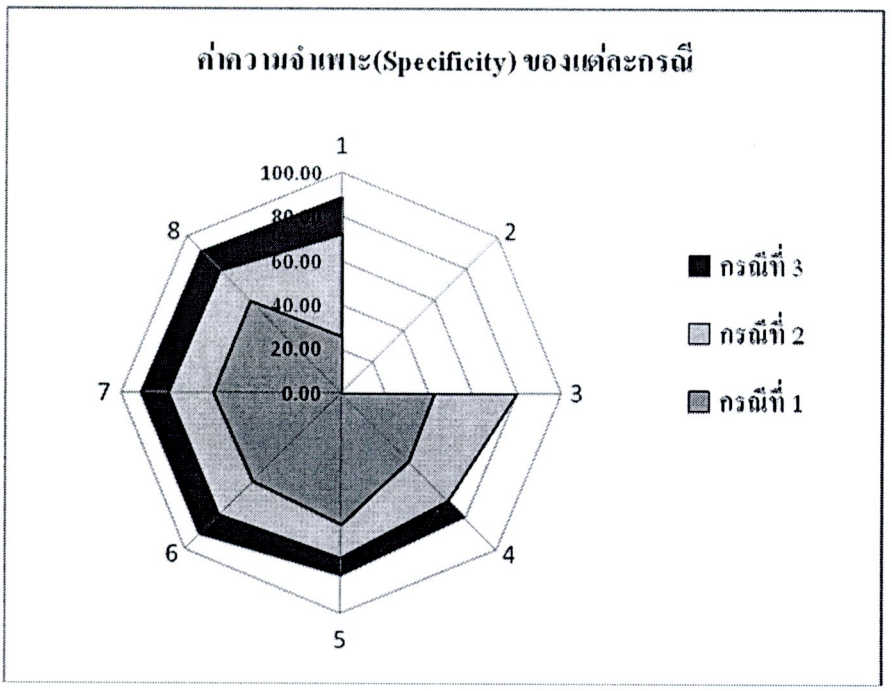
จากผลการทดลอง ทั้ง 3 กรณีเมื่อพิจารณาที่ค่าความแม่นยำที่มากที่สุดของแบบจำลองแสดงได้ดังภาพที่ 39 จะเห็นได้ว่า กรณีที่ 1 เมื่อให้ข้อมูลชุดฝึก 80 ข้อมูล แบบจำลองจะให้ค่าความแม่นยำ 88.33% กรณีที่ 2 เมื่อให้ข้อมูลชุดฝึก 105 ข้อมูล แบบจำลองจะให้ค่าความแม่นยำ 92.63% และกรณีที่ 3 เมื่อให้ข้อมูลชุดฝึก 130 ข้อมูล แบบจำลองจะให้ค่าความแม่นยำ 95.71% แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มชุดข้อมูลที่ใช้การฝึกให้กับโครงข่ายใยประสาทเทียมเพิ่มมากขึ้นแบบจำลองก็จะมีค่าความแม่นยำในการวินิจฉัยเพิ่มมากขึ้นด้วย



ภาพที่ 40 กราฟค่าความไว(sensitivity) ของทั้ง 3 กรณี

เมื่อพิจารณาที่ค่าความไว (sensitivity) ที่เป็นค่าแสดงถึงคือค่าความสามารถในการตรวจวินิจฉัย แล้วสามารถระบุคนที่ป่วยจริงได้ว่าป่วย และระบุคนที่ไม่ป่วยว่าไม่ป่วย โดยการทดสอบที่มีค่าความไวสูงจะมีโอกาสพลาดน้อยมากสำหรับคนที่เป็นโรค แต่โอกาสที่คนที่ไม่เป็นโรคจะปนเข้ามาก็ด้วยเช่นกัน ดั้งนั้นค่าความไวจะมีประโยชน์มากที่สุดเมื่อใช้เป็นตัวแยกคนที่เป็นโรคออกไป ซึ่งจากภาพที่ 40 แสดงให้เห็นว่า ที่กรณีที่ 3 เมื่อลดค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนลง จะให้ค่าความไว (sensitivity) มากที่สุดที่ช่วงค่าการกระจายตัวที่ 0.1-0.005

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 41 กราฟค่าความจำเพาะ (specificity) ของทั้ง 3 กรณี

เมื่อพิจารณาที่ค่าความจำเพาะ (specificity) คือ ค่าความสามารถในการตรวจวินิจฉัยคนที่ไม่ป่วยได้ถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่ไม่ป่วยทั้งหมด การทดสอบที่มีค่าความจำเพาะสูงจะมีโอกาสพลาดน้อยมากในการวินิจฉัยคนที่ปกติว่าเป็นโรค จะมีประโยชน์สำหรับการยืนยันการเป็นโรค จากภาพที่ 41 จะเห็นว่า ในกรณีที่ 3 เมื่อลดค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนลงจะให้ค่าความจำเพาะ (specificity) มากที่สุดจากทุกกรณี ที่ช่วง 0.1-0.005 แต่เมื่อเข้าสู่ช่วง 0.025-0.005 จะให้ค่าความจำเพาะ (specificity) เท่ากันและมากที่สุดที่ 90.48%

ในการสร้างแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน โดยใช้โครงข่ายใยประสาทเทียมแบบความน่าจะเป็น (probabilistic neural networks) เนื่องจากในทางการแพทย์ได้มีดัชนีชี้วัดในการประเมินผลการทดสอบนั่นก็คือ ค่าความไว (sensitivity) และ ค่าความจำเพาะ (specificity) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากจำนวนที่แบบจำลองวินิจฉัยถูกของรากฟันที่นำมาใช้ทดสอบ และความแม่นยำของแบบจำลองนี้ได้สอดคล้องกับการปรับค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนในชั้นเรเดียลเบซิส (radial basis layer) ด้วย ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ค่าการกระจายตัวของฟังก์ชันเกาส์เซียนเป็น 0.05 ซึ่งแบบจำลองจะมีค่าความแม่นยำ (accuracy)ที่95.71% ค่าความไว(sensitivity)ที่97.96% และค่าความจำเพาะ (specificity) ที่ 90.48%

4.1.2 ผลการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยตาเปล่าของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากได้ผลการทดสอบแบบจำลองแล้ว นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการอ่านภาพถ่ายรังสีจากทันตแพทย์ผู้ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในการอ่านภาพถ่ายรังสีมาเป็นระยะมากกว่า 10 ปี โดยนำภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอล จำนวน 70 ภาพ(เท่ากับจำนวนภาพในกรณีที่ 3 ที่ใช้ทดสอบแบบจำลอง และเป็นภาพเดียวกัน) ซึ่งเป็นภาพที่มีรอยแตกของราก 50 ภาพ และภาพที่ไม่มีรอยแตกของราก 20 ภาพ นำมารวมกัน แล้วให้ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญอ่านภาพถ่ายรังสี โดยที่ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญไม่เคยเห็นภาพถ่ายรังสีของรากฟันชุดนี้มาก่อน แล้วนำผลที่ได้จากการอ่านภาพถ่ายรังสีมาคำนวณหาค่าความไว ความจำเพาะ และความแม่นยำ ผลที่ได้แสดงได้ดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการวินิจฉัยรอยแตกที่ถูกต้องของรากฟันของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

รากฟันที่มีรอยแตก 50 ซี่	รากฟันปกติ 20 ซี่	ค่าความไว (Sensitivity)	ค่าความจำเพาะ (Specificity)	ค่าความแม่นยำ (Accuracy)
50	19	100%	95%	98.57%

จากตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการอ่านภาพถ่ายรังสีระบบดิจิตอลของรากฟันที่มีรอยแตก พบว่าทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถตรวจพบรอยแตกได้ทั้งหมด 50 ซี่ และสามารถตรวจฟันปกติได้ถูกต้อง 19 ซี่ จาทั้งหมด 20 ซี่ เมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความไว(sensitivity) จะได้ 100% ค่าความจำเพาะ 95% และค่าความแม่นยำ 98.57%

หลังจากนั้น นำผลที่ได้จากการอ่านภาพถ่ายรังสีของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้วยตาเปล่า มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง ตามกรณีที่ 3 แสดงได้ดังตารางที่ 4.5 ดังนี้

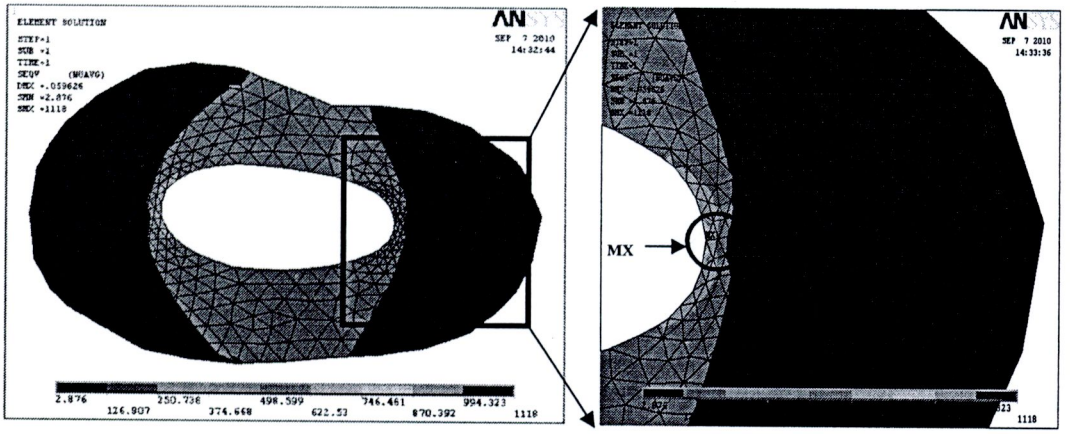
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟันด้วยภาพถ่ายรังสีของทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้วยตาเปล่าและแบบจำลองการวินิจฉัยรอยแตกของรากฟัน

	ความไว (Sensitivity)	ความจำเพาะ (Specificity)	ความแม่นยำ (Accuracy)	เวลาในการวินิจฉัยของแต่ละภาพ
แบบจำลอง	97.96%	90.48%	95.71%	15s
ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ	100.00%	95.00%	98.57%	30 s

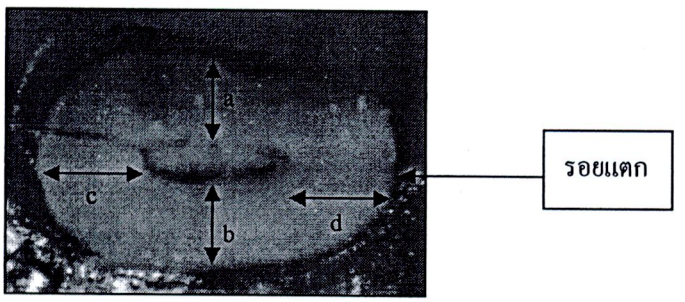
จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการอ่านภาพถ่ายรังสีของแบบจำลองและทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่าแบจำลองยังมีค่าความไว ความจำเพาะ และความแม่นยำที่น้อยกว่า แต่เมื่อพิจารณาที่เวลาที่ใช้ในการวินิจฉัยของแต่ละภาพจะพบว่าทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญใช้เวลาในการวินิจฉัยในการพิจารณาประมาณ 30 วินาที แต่ในขณะที่แบบจำลองใช้เวลาในการวินิจฉัยประมาณ 15 วินาที

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองหน้าตัดรากฟันด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์แบบจำลองหน้าตัดรากฟันด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อให้แรงกระทำที่ผนังคลองรากฟันแล้วพิจารณาค่าการกระจายความเค้นภายในพื้นที่หน้าตัดของรากฟัน จำนวน 2 รากฟัน ผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้



(ก)

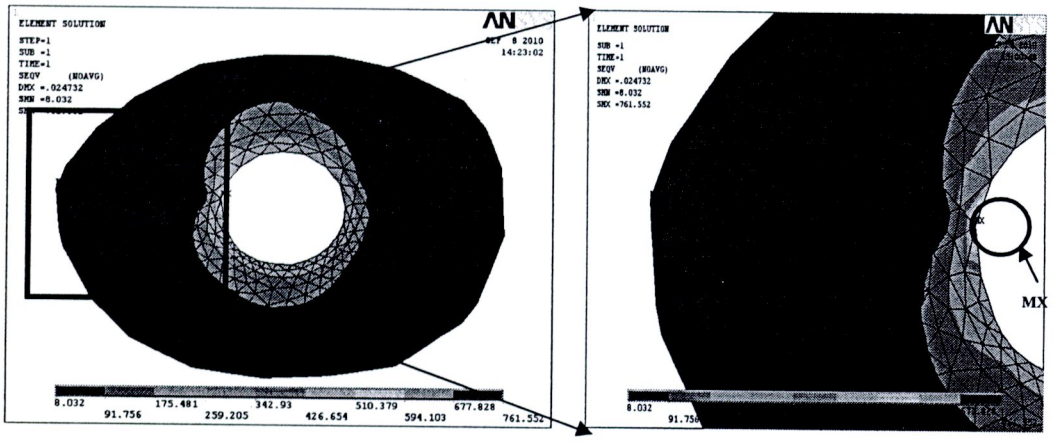


(ข)

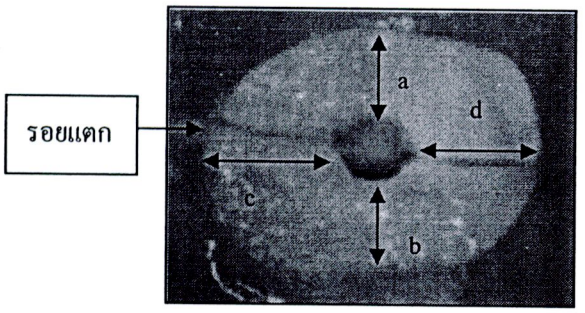
ภาพที่ 42 (ก) การกระจายค่าความเค้นของแบบจำลองหน้าตัดของรากฟันซี่ที่ 1 (ข) รอยแตกที่เกิดขึ้นจริง

จากภาพที่ 42 (ก) เป็นการกระจายค่าความเค้นฟอนมิสเซส (von mises stress) ซึ่งเป็นค่าความเค้นเสียหายของฟันซี่ที่ 1 เมื่อใส่แรงที่มีขนาด 153N ซึ่งจะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ด้านชิดลิ้น(lingual) ความเค้นมากที่สุดที่เกิดขึ้นมีขนาด 1,118 N/mm^2 เมื่อนำรอยแตกจริงที่เกิดขึ้นจากภาพที่ 42 (ข) มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองหน้าตัดฟันจะเห็นว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นจะเกิดเป็นแนวยาวบริเวณด้านแก้มและด้านลิ้น (buccal and lingual) ซึ่งจากแบบจำลองมีค่าความเค้นฟอนมิสเซสมากที่สุดที่ด้านชิดลิ้น ซึ่งอยู่ในบริเวณเดียวกัน ดังนั้นบริเวณที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มเกิดรอยแตก เมื่อมีแรงดันกระทำที่ผนังคลองรากฟัน

ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาแบบจำลองหน้าตัดรากฟันซี่ที่ 2 และรอยแตกจริงที่เกิดขึ้น ดังภาพที่43 (ก) จะเห็นว่าเมื่อมีแรงดันขนาด 200 N กระทำที่ผนังคลองรากฟัน จะทำให้เกิดค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดขนาด 761.55 N/mm^2 อยู่ที่บริเวณด้านลิ้น(lingual) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรอยแตกจริงที่เกิดขึ้น จากภาพที่ 43 (ข)จะเห็นว่ารอยแตกอยู่ในแนวด้านลิ้นและด้านแก้มเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดของแบบจำลองหน้าตัดรากฟันเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มเกิดรอยแตกเมื่อมีแรงดันที่ผนังคลองรากฟัน



(ก)



(ข)

ภาพที่ 43 (ก) การกระจายค่าความเค้นของพื้นที่หน้าตัดของรากฟัน (ข) รอยแตกที่เกิดขึ้นจริง

จากรอยแตกที่เกิดขึ้นของรากฟันทั้งสองแบบ ภาพที่42(ข) และภาพที่43(ข) รอยแตกที่เกิดขึ้นจะเกิดในแนว c และ d หรือด้านแก้มและด้านลิ้น(buccal and lingual)เหมือนกัน ซึ่งเป็นด้านที่เนื้อฟันหนากว่าด้าน a และ b หรือด้านใกล้กลางและไกลกลาง(mesial and distal) จะสังเกตเห็นว่าแม้พื้นที่หน้าตัดรากฟันและคลองรากฟันไม่เหมือนกัน แต่รอยแตกที่เกิดขึ้นอยู่ในแนวเดียวกัน และจากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ภาพที่ 42(ก) และ 43(ก) บริเวณที่มีค่าความเค้นสูงสุดเป็นบริเวณด้านลิ้น(lingual) หรือด้าน d และ c ของภาพที่ 42(ข) และ ภาพที่ 43(ข) เช่นเดียวกันทั้งสองแบบจำลอง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มเกิดรอยแตกมากที่สุด