

ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

นางสาว อรอุมา อังวรารังค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก


คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-0854-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE ACCURACY OF ELECTRONIC APEX LOCATOR : ROOT ZX IN PRIMARY TEETH



Miss Onauma Angwaravong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Pediatric Dentistry

Department of Pediatric Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-0854-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

โดย

นางสาว อรุณา อังวรารวงศ์

สาขาวิชา

ทันตกรรมสำหรับเด็ก

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยาณี พาณิชยวิสัย

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ทิพวรรณ ธราภิวัดมนานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยาณี พาณิชยวิสัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ทศนี้อย่างชัยตระกูล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. สมสินี พิมพ์ขาวขำ)

อรอุมา อังวรารวงศ์ : ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม. (THE ACCURACY OF ELECTRONIC APEX LOCATOR : ROOT ZX IN PRIMARY TEETH)

อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยาณี พาณิชยวิสัย 127 หน้า. ISBN 974-17-0854-8.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ โดยศึกษาเปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ อ่านค่าที่ "Apex" กับความยาวจริง การศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันกรามน้ำนม จำนวน 124 ซี่ ซึ่งมีระดับการละลายของรากฟันแตกต่างกัน ฟันถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 62 ซี่ โดยกลุ่มที่ 1 เป็นฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ และกลุ่มที่ 2 เป็นฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ ผลการศึกษาทั้งสองกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวฟันทั้งสองวิธีด้วยสถิติเพียร์ ที เทสต์ (paired-t-test) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมทั้งสองกลุ่มแตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 96.77 เท่ากัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงเท่ากับ $3.387 \times 10^{-2} \pm 0.1932$ มิลลิเมตรในกลุ่มที่ 1 และ $0.717 \times 10^{-2} \pm 0.2263$ มิลลิเมตร ในกลุ่มที่ 2 สรุปว่าการหาความยาวฟันน้ำนมโดยใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์มีความแม่นยำร้อยละ 96.77

ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก
สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต.....อรอุมา อังวรารวงศ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

437 61206 32 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY

KEY WORD: ELECTRONIC APEX LOCATOR / ROOT ZX / PRIMARY TEETH / ROOT CANAL DETERMINATION / ROOT CANAL TREATMENT

ONAUMA ANGWARAVONG : THE ACCURACY OF ELECTRONIC APEX LOCATOR :
ROOT ZX IN PRIMARY TEETH. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SOMMAI
CHOBISARA, THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. PIYANEE PANITVISAI, 127 pp.
ISBN 974-17-0854-8.

The purpose of this in vitro study was to test accuracy of Root ZX by comparing the tooth length measured by Root ZX apex locator reading at "Apex" with the real tooth length. One hundred and twenty-four primary molars with root resorption were divided into 2 groups of 62 primary molars according to the degree of root resorption : Group 1; root resorption $<1/6$ of root length, Group 2; root resorption $1/6-1/3$ of root length. The difference of tooth length between both methods was analyzed statistically by paired t-test. The results showed that no statistically significant difference was found between the two methods ($p>0.05$). Root ZX was able to locate the foramen within a range of 0.5 mm in 60 out of 62 teeth for an accuracy rate of 96.77% in both groups. Mean differences between two methods were $3.387 \times 10^{-2} \pm 0.1932$ mm for group 1 and $0.717 \times 10^{-2} \pm 0.2263$ mm for group 2. In conclusion, Root ZX apex locator has an accuracy rate of 96.77% when used to determine tooth length in primary molars.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Pediatric Dentistry
Field of study Pediatric Dentistry
Academic year 2002

Student's signature..... *Onauma Angwaravong*
Advisor's signature..... *Somma Chobisara*
Co-advisor's signature..... *Piyane Panitvisai*

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยาณี พาณิชยวิสัย ที่ท่านให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ มากมายอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าของท่านในการ ตรวจ และแก้ไขการเขียนวิทยานิพนธ์ทุกชั้นตอน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ชาญชัย ไหลสงวน ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง สมรตรี วิถีพร รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ และรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ประสิทธิ์ ภวสันต์ ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์กับการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ รวมทั้งให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ทันตแพทย์ ปรัชญ์ ขวัญคำ หัวหน้าฝ่ายทันตสาธารณสุข โรงพยาบาลชนบท จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ยืมอุปกรณ์วัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ผู้ซึ่งให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณทันตแพทย์หญิง ธิดารัตน์ อังวรารวงค์ ผู้ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำการวิจัยตลอดมา และขอขอบพระคุณผู้มีพระคุณที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่ช่วยเหลือในการทำงาน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

คุณงามความดีและประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรอุมา อังวรารวงค์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ต
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมุติฐานการวิจัย.....	4
รูปแบบการวิจัย.....	6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
ปัญหาทางจริยธรรม.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ลักษณะกายวิภาคของรากฟันน้ำนม.....	9
ลักษณะของคลองรากฟันกรามน้ำนม.....	9
ความแตกต่างทางลักษณะกายวิภาคและการรักษาคลองรากฟันระหว่าง ฟันน้ำนมและฟันถาวร.....	10
การหาความยาวรากฟันน้ำนม.....	11
ประวัติความเป็นมาของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า.....	14
ชนิดของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า.....	15
เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทีเอกซ์.....	22
ข้อดีของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า.....	23
ข้อด้อยของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า.....	24

ภาคผนวก จ	การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS ของกลุ่มที่ 1 (พืชน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากพืชนปกติ) และกลุ่มที่ 2 (พืชน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากพืชนปกติ).....	110
ภาคผนวก ฉ	การศึกษานำร่อง.....	112
ภาคผนวก ช	การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS ของการศึกษานำร่อง.....	120
ภาคผนวก ซ	การเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากพืชนรูทซีเอกซ์ (อ่านค่าที่ "Apex") ในพืชน้ำนมที่ระดับการละลายต่างกัน 2 ระดับ.....	125
ภาคผนวก ฅ	การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS ของการเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากพืชนรูทซีเอกซ์ (อ่านค่าที่ "Apex") ในพืชน้ำนมที่ระดับการละลายต่างกัน 2 ระดับ.....	126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		127



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 การคำนวณความยาวรากฟันจากค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนม.....	7
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันที่ใช้ในการศึกษา.....	7
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนม.....	13
ตารางที่ 4 ข้อดีและข้อด้อยของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดต่างๆ.....	21
ตารางที่ 5 การศึกษาความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าใน สิ่งมีชีวิต.....	26
ตารางที่ 6 การศึกษาความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าทาง ห้องปฏิบัติการ.....	29
ตารางที่ 7 จำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1.....	51
ตารางที่ 8 ชนิดของรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1.....	52
ตารางที่ 9 ค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1.....	52
ตารางที่ 10 จำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2.....	53
ตารางที่ 11 ชนิดของรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2.....	53
ตารางที่ 12 ค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2.....	54
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2.....	56
ตารางที่ 14 การทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 1.....	58
ตารางที่ 15 การทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 2.....	59
ตารางที่ 16 การอ่านค่า และตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงของการศึกษาความแม่นยำตรงของเครื่องวัด ความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์.....	66
ตารางที่ 17 ร้อยละของความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์.....	67
ตารางที่ 18 ซีฟัน ชนิดของรากฟัน และความยาวรากฟันในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการ ละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ).....	84
ตารางที่ 19 การอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ “0.5 บาร์ และ Apex” และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง ในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟัน ปกติ).....	86

ตารางที่ 20	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของ ความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่า หนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ).....	88
ตารางที่ 21	การอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟัน ปกติ).....	90
ตารางที่ 22	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของ ความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่า หนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ).....	92
ตารางที่ 23	ซี่ฟัน ชนิดของรากฟัน และความยาวรากฟันในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มี การละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ).....	94
ตารางที่ 24	การอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง ใน กลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาว รากฟันปกติ).....	96
ตารางที่ 25	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของ ความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหก ถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ).....	98
ตารางที่ 26	การอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาว รากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของ ความยาวรากฟันปกติ).....	100

ตารางที่ 27	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สแตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ).....	102
ตารางที่ 28	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สแตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ค่าเฉลี่ยของความยาวฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ).....	104
ตารางที่ 29	ค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สแตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ค่าเฉลี่ยของความยาวฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ).....	107
ตารางที่ 30	ข้อมูลดิบของการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันถาวร (ศึกษานำร่อง).....	112
ตารางที่ 31	จำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง).....	114
ตารางที่ 32	ชนิดของรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง).....	115
ตารางที่ 33	ค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง)	115
ตารางที่ 34	การทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง).....	116
ตารางที่ 35	จำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง).....	117
ตารางที่ 36	ชนิดของรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง).....	118
ตารางที่ 37	ค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง).....	118
ตารางที่ 38	การทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง).....	119

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวพินน้ำมันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากพิน
รูทซีเอกซ์กับความยาวจริง (\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ทั้ง 2 กลุ่ม และ
การทดสอบทางสถิติ.....125



สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 การวัดความยาวรากฟันน้ำนม.....	8
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างฟัน เยื่อเมือกช่องปาก และเครื่องวัดความยาวรากฟัน โดยความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์ และเยื่อเมือกช่องปากมีค่าคงที่คือ 6.5 กิโลโอห์ม.....	14
ภาพที่ 3 การวัดความยาวรากฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์.....	20
ภาพที่ 4 ฟันที่มีหน้าตัดด้านบดเคี้ยวตั้งฉากกับแนวแกนของไฟล์.....	40
ภาพที่ 5 การยึดฟันด้วยอัลจินเตในกล่องพลาสติกทรงกระบอก.....	40
ภาพที่ 6 แผ่นพลาสติกใสขนาด 1×15×15 มิลลิเมตรเจาะรูตรงกลาง.....	41
ภาพที่ 7 กล่องจุลทรรศน์สเตอริโอ รุ่น SZH10.....	43
ภาพที่ 8 การวางแผ่นพลาสติกที่ติดกับฟันให้ยึดติดกับซีเมนต์.....	43
ภาพที่ 9 ปลายไฟล์อยู่ในระดับขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟัน.....	44
ภาพที่ 10 การอ่านความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ.....	46
ภาพที่ 11 ผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์และความยาวจริงในรูปแบบความถี่.....	57
ภาพที่ 12 ผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์และความยาวจริงในรูปแบบค่าเฉลี่ย.....	57
ภาพที่ 13 เครื่องมือวัดความยาวไฟล์.....	81
ภาพที่ 14 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความยาวไฟล์.....	82
ภาพที่ 15 การประกอบวัสดุ 2 ชั้นของเครื่องมือวัดความยาวไฟล์.....	82
ภาพที่ 16 การนำไฟล์ก่อนการวัดมาอ่านความยาวไฟล์.....	83
ภาพที่ 17 การนำไฟล์หลังการวัดมาอ่านความยาวไฟล์ให้ได้ระยะเท่าเดิมก่อน จากนั้นจึงอ่านค่าความยาวไฟล์ที่ต้องการวัด.....	83

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสูญเสียฟันน้ำนมไปก่อนกำหนด โดยมีการทะลุโพรงประสาทฟัน เนื่องจากการได้รับ ภัยอันตราย หรือฟันผุ อาจทำให้เกิดการสูญเสียฟันที่สำหรับการขึ้นของฟันถาวร นำไปสู่การสบฟัน ที่ผิดปกติ การใส่ฟันปลอมแบบติดแน่นหรือถอดได้ในเด็กไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะในช่วงชุดฟันผสม (mixed dentition) จะมีการเปลี่ยนแปลงการสบฟันตลอดเวลา แม้จะสามารถใส่เครื่องมือกันที่ฟัน ในเด็กได้ แต่ก็มีปัญหาในการบดเคี้ยว และต้องติดตามผลเป็นระยะๆ ดังนั้นการเก็บฟันน้ำนมที่มี พยาธิสภาพไว้โดยการรักษาคอลงรากฟันจึงเป็นการรักษาที่ดีกว่าการถอนฟัน เพราะทำให้สามารถ บดเคี้ยวอาหารได้ปกติ สวยงาม ป้องกันความผิดปกติในการพูดและนิสัยที่ผิดปกติ สามารถรักษา ฟันน้ำนมให้คงอยู่กรณีที่ไม่มีหน่อฟันถาวร รวมไปถึงช่วยรักษาระยะเวลาการขึ้นของฟันถาวรให้ เป็นปกติ (Goerig และ Camp, 1983)

ในการรักษาคอลงรากฟัน การวัดความยาวรากฟันที่ถูกต้องเป็นปัจจัยสำคัญอันจะนำไปสู่ ความสำเร็จของการรักษา หากวัดความยาวทำงาน (working length) สั้นกว่าความเป็นจริง จะทำให้ มีเนื้อเยื่อเหลืออยู่ภายในคอลงรากฟัน ทำให้เกิดการติดเชื้อ หรือมีการพัฒนาไปเป็นถุงน้ำ และ หากวัดความยาวทำงานยาวกว่าความเป็นจริงจะทำให้เกิดภัยอันตรายต่อเนื้อเยื่อรอบปลายราก (Smith และคณะ, 1993)

วัดความยาวรากฟันตามอุดมคติ (ideal) ควรเป็นวิธีที่มีความแม่นยำตรง ง่าย ทำได้ รวดเร็ว สะดวกสำหรับผู้ป่วยและทันตแพทย์ ลดการถ่ายภาพรังสี และมีราคาที่เหมาะสม แต่ยังไม่มียุทธวิธีใดที่มีคุณสมบัติครบตามที่กล่าวมา (Katz และคณะ, 1991) ในการรักษาคอลงราก ฟันถาวร การหาความยาวทำงานมีหลายวิธี เช่น การวัดความยาวทำงานจากภาพรังสี (Radiographic determination) การใช้ความรู้สึกสัมผัสกับตำแหน่งแคบสุดของคอลงรากฟันด้วย ไฟล์ (file) และการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม ในปัจจุบัน เนื่องจากใช้ง่าย และมีความแม่นยำ ประมาณร้อยละ 83-93.4 (McDonald, 1992) แต่ราคาค่อนข้างแพง มีหลายชนิด จำเป็นต้องมีการศึกษาวิธีการใช้อย่างละเอียด (Chong และ Pitt Ford, 1994; Certosimo และคณะ, 1999) เพื่อให้ได้ความยาวทำงานที่ถูกต้อง อาจจะใช้ หลายวิธีการร่วมกันในการหาความยาวทำงานของฟัน เช่น การถ่ายภาพรังสีร่วมกับการใช้

เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การรักษาคคลองรากฟันประสบผลสำเร็จมากขึ้น (Certosimo และคณะ, 1999)

การกำหนดความยาวทำงานเพื่อหาจุดสิ้นสุดการอุดคลองรากฟัน ตามอุดมคติแล้วพบว่า ในฟันถาวรจะอยู่ที่ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (Gutmann และ Leonard, 1995; Certosimo และคณะ, 1999) ตำแหน่งนี้จะผันแปรแตกต่างกันไปตามแต่ละการศึกษา การศึกษาของ Kuttler (1955) พบว่าตำแหน่งนี้จะอยู่บริเวณ 0.524 มิลลิเมตรเหนือต่อรูเปิดปลายรากฟันในกลุ่มอายุ 18-25 ปี และ 0.659 มิลลิเมตรเหนือต่อรูเปิดปลายรากฟันในกลุ่มอายุ 55 ปีขึ้นไป Vande Voorde และ Bjorndahl (1969) พบว่ารูเปิดปลายรากฟันจะอยู่ประมาณ 0.3 มิลลิเมตรจากจุดสิ้นสุดทางกายวิภาค (anatomical end)

การรักษาคลองรากฟันน้ำนมมีความแตกต่างกับการรักษาคลองรากฟันถาวร เนื่องจากลักษณะของรากฟันน้ำนม ซึ่งมีความสลับซับซ้อนขึ้นกับชนิดและตำแหน่งของฟันน้ำนม โดยฟันกรามน้ำนมมีความสลับซับซ้อนมากกว่า มีการแตกแขนงของคลองรากฟันมากมาย ทำให้ยากต่อการทำความสะอาดคลองรากฟันทั้งหมด และการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับการละลายตัวของรากฟันตามธรรมชาติ (physiologic root resorption) ของคลองรากฟันน้ำนม (Hibbard และ Ireland, 1957; Barker และคณะ, 1975; Goerig และ Camp, 1983)

โดยปกติเมื่อฟันน้ำนมมีการสร้างรากฟันสมบูรณ์ ในแต่ละรากของฟันกรามน้ำนมจะประกอบด้วยหนึ่งคลองรากฟัน จะเริ่มมีการละลายในขณะเดียวกันก็มีการสะสมเนื้อฟันเพิ่ม (secondary dentine) ภายในคลองรากฟัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน ขนาด และรูปร่างของคลองรากฟัน และยังพบคลองรากเสริม (accessory canals) ร่องรากด้านข้าง (lateral canals) และการแตกแขนงของคลองรากฟันรอบปลายราก (apical ramification) ซึ่งอาจพบร้อยละ 10-20 การละลายรากฟันน้ำนมเกิดขึ้นตลอดเวลาหลังจากที่มีการสร้างรากสมบูรณ์แล้ว เป็นสาเหตุให้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้การกำหนดความยาวรากฟันผิดพลาดได้ง่าย (Goerig และ Camp, 1983)

การวัดความยาวรากฟันน้ำนมที่ถูกต้อง เป็นกุญแจสำคัญอันหนึ่งของความสำเร็จในการรักษาคคลองรากฟันน้ำนม การวัดความยาวรากฟันน้ำนมที่ใช้ในคลินิกมีหลายวิธี คือ การใช้ภาพถ่ายรังสีพีเคาระห์ (the diagnostic radiograph) การใช้ความรู้สึกสัมผัส คือ ค่อยๆ ไล่ไฟล์ลงไปในคลองรากฟันจนกระทั่งเกิดแรงต้าน (resistance point) การใช้ค่าเฉลี่ยความยาวของรากฟันน้ำนม และการกำหนดจากภาพถ่ายรังสีโดยใช้ระยะ 1-2 มิลลิเมตรสั้นกว่าขอบนอกของ

ปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี ซึ่งวิธีการดังกล่าวยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าวิธีการใดจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการวัดความยาวรากฟันน้ำนม (Katz และคณะ, 1996)

รากฟันน้ำนมมีความซับซ้อน มีความแปรปรวนของคลองรากฟัน และความไม่แม่นยำตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดความยาวรากฟันเพื่อทำความสะอาดคลองรากฟัน รวมไปถึงพฤติกรรมผู้ป่วยขณะทำการรักษา ปัจจัยดังกล่าวอาจอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ทำให้การรักษาคลองรากฟันน้ำนมทำได้ยาก ดังนั้นหากการหาความยาวรากฟันทำได้สะดวก และแม่นยำ จะทำให้การรักษาคลองรากฟันน้ำนมทำได้ง่าย และรวดเร็วมากขึ้น แม้ปัจจุบันการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าค่อนข้างได้รับความนิยมในฟันถาวร แต่การหาความยาวรากฟันน้ำนมด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้ายังไม่เป็นที่แพร่หลาย มีเพียงการศึกษาเดียวคือ Katz และคณะ (1996) ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อเปรียบเทียบการวัดความยาวรากฟันน้ำนม โดยใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์และการถ่ายภาพรังสีเทียบกับความยาวจริง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้วิจัยพบว่าปริมาณการละลายของรากฟัน และวิธีการวัดความยาวรากฟันไม่ชัดเจน ตลอดจนจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนน้อย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์ในฟันน้ำนม โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามปริมาณการละลายของรากฟัน กำหนดวิธีการวัดให้ชัดเจน และมีจำนวนตัวอย่างที่ศึกษามากขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลหนึ่งให้ทันตแพทย์สำหรับเด็กนำไปใช้หาความยาวทำงานของฟันน้ำนม ซึ่งยังเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำถามของการวิจัย

การใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์วัดความยาวฟันน้ำนมมีความแม่นยำหรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

หาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ และฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ โดย

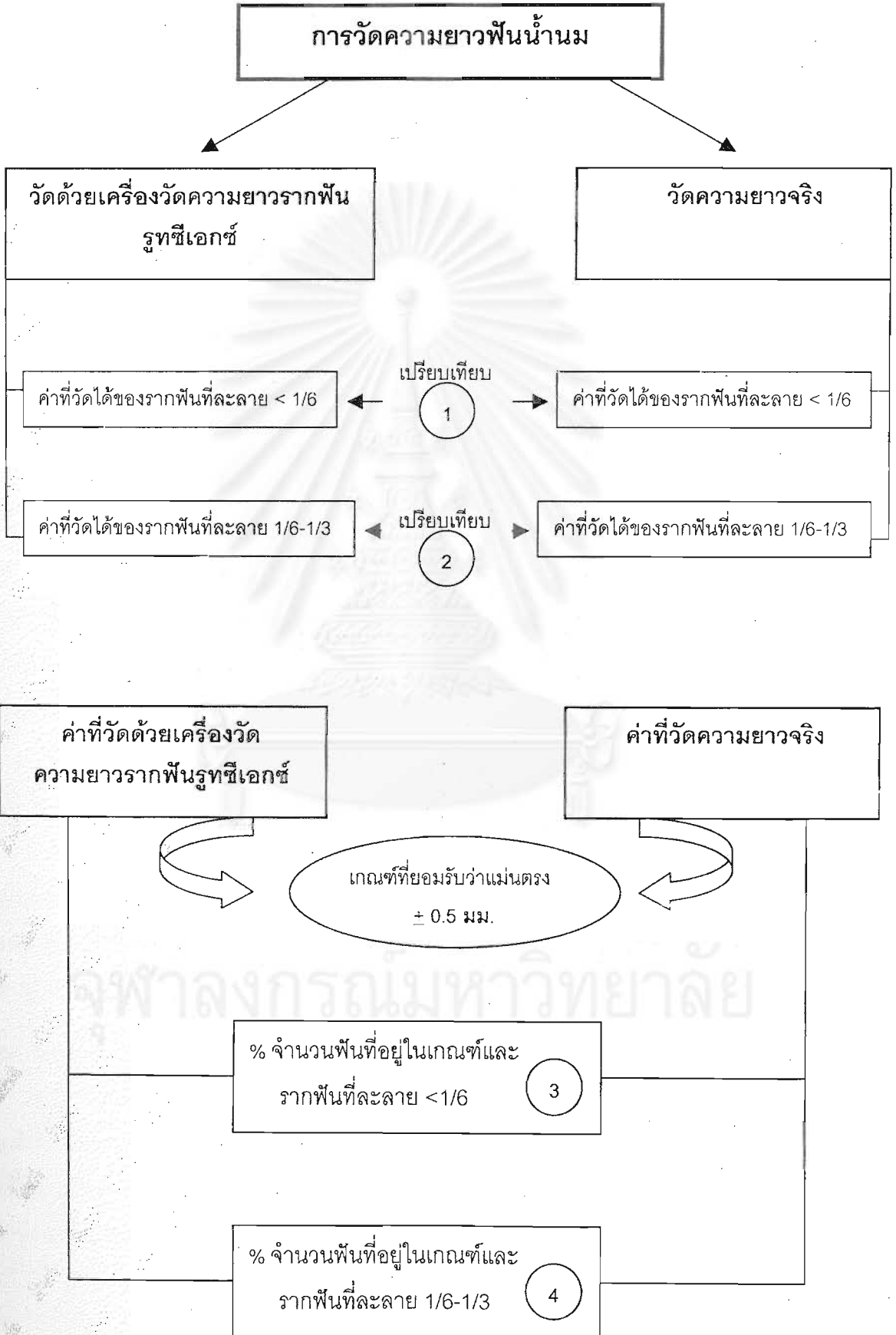
1. เปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง
2. หาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่แตกต่างกับความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร

สมมติฐานการวิจัย

1. ความยาวฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงไม่มีความแตกต่างกัน
2. ความยาวฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงไม่มีความแตกต่างกัน
3. หาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ คิดเป็นร้อยละเท่าไร
4. หาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ คิดเป็นร้อยละเท่าไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบแนวความคิด



รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ คือ เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์
2. ความแม่นยำ (accuracy) คือ ความสามารถของการวัดที่จะวัดให้ได้ค่าสังเกตที่ใกล้เคียงค่าที่แท้จริง
3. ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ คือ ความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร
4. เส้นคอฟัน (cervical line) คือ ส่วนของตัวฟันและรากฟันที่มีการเชื่อมกันที่รอยต่อของชั้นเคลือบฟันและชั้นเคลือบรากฟัน (cementoenamel junction)
5. ความยาวรากฟันน้ำนม คือ ระยะจากส่วนที่โค้งที่สุดของรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันและชั้นเคลือบรากฟัน (crest of curvature at cementoenamel junction) จนถึงส่วนปลายสุดของรากฟัน (apex of root)
6. ความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ คือ ระยะตั้งแต่รูที่เจาะบนแผ่นพลาสติกจนถึงรูเปิดปลายรากฟัน โดยเครื่องวัดจะอ่านค่าที่ "Apex"
7. ความยาวจริง คือ ระยะตั้งแต่รูที่เจาะบนแผ่นพลาสติกจนถึงขอบบนสุดของตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน (most coronal part of apical foramen)
8. ความยาวไฟล์ คือ ระยะตั้งแต่ความยาวที่ 10 มิลลิเมตรจนถึงปลายไฟล์ โดยอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่า สเกลที่ปรากฏภายในกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จะมีหน่วยเป็นช่อง จากนั้นนำหน่วยที่ได้มาแปลงเป็นมิลลิเมตร โดย 15 ช่อง มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ความยาวรากฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ คือ ฟันน้ำนมมีรากฟันเหลืออยู่มากกว่าห้าในหกของความยาวรากฟันปกติ ซึ่งความยาวรากฟันปกตินี้จะได้มาจากความยาวรากฟันเฉลี่ยที่ทำการศึกษาโดย Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยาวห้าในหกของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 1-2

2. ความยาวรากฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ คือ ฟันน้ำนมมีรากฟันเหลืออยู่ตั้งแต่สองในสามถึงห้าในหกของความยาวรากฟันปกติ ซึ่งความยาวรากฟันปกตินี้จะได้มาจากความยาวรากฟันเฉลี่ยที่ทำการศึกษาโดย Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยาวระหว่างสองในสามและห้าในหกของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 แสดงการคำนวณความยาวรากฟันจากค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนม

ฟันน้ำนม	ความยาวรากฟัน	ห้าในหกของ ความยาวรากฟันปกติ	สองในสามของ ความยาวรากฟันปกติ
ฟันกรามบนซี่ที่ 1	10.0	8.3	6.7
ฟันกรามบนซี่ที่ 2	11.7	9.8	7.8
ฟันกรามล่างซี่ที่ 1	9.8	8.2	6.5
ฟันกรามล่างซี่ที่ 2	11.3	9.4	7.5

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันที่ใช้ในการศึกษา

ฟันน้ำนม	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
	มากกว่าห้าในหก ของความยาวรากฟันปกติ	ตั้งแต่สองในสามถึงห้าในหก ของความยาวรากฟันปกติ
ฟันกรามบนซี่ที่ 1	> 8.3	6.7 - 8.3
ฟันกรามบนซี่ที่ 2	> 9.8	7.8 - 9.8
ฟันกรามล่างซี่ที่ 1	> 8.2	6.5 - 8.2
ฟันกรามล่างซี่ที่ 2	> 9.4	7.5 - 9.4

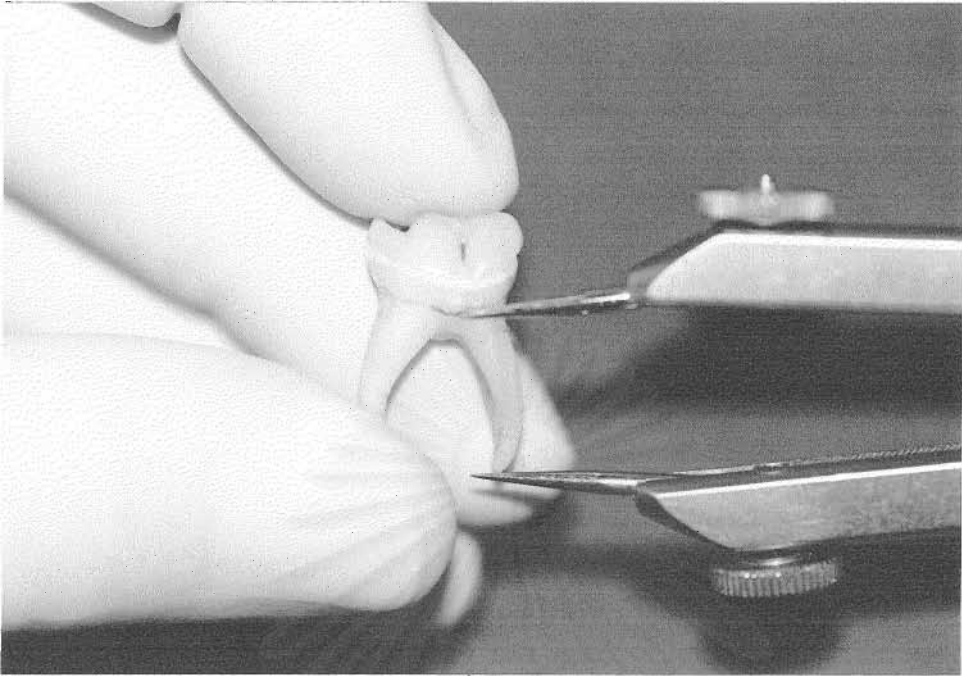
ที่มา Black, G. V. *Descriptive anatomy of the human teeth*. 4th ed. Philadelphia : S.S. White, 1897.

อ้างถึงใน Ash, M. M. *Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion*, pp. 19-23, 46-83.

7th ed. Philadelphia : W.B. Saunders, 1993.

ความยาวรากฟันน้ำนม จะวัดโดยเครื่องมือดีไวเดอร์ (divider) วัดระยะจากส่วนที่โค้งที่สุดของรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันและชั้นเคลือบรากฟัน จนถึงส่วนปลายสุดของรากฟัน และนำระยะที่ได้มาวัดในไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียด ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 1

3. การยอมรับทางคลินิก คือ การวัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์กับความยาวจริงมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร ถือว่ามีความแม่นยำ



ภาพที่ 1 แสดงการวัดความยาวรากฟันน้ำนม

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยไม่สามารถนำไปสรุปผลทางคลินิกได้โดยตรง
2. การวิจัยไม่สามารถนำฟันน้ำนมมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เพราะฟันน้ำนมที่ถูกถอนมักมีการละลายของรากฟันมาก จนไม่สามารถมาใช้ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป เช่น การหาความแม่นยำจากการวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ของฟันน้ำนมในคลินิก
2. หากผลการศึกษาพบว่า การวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์มีความแม่นยำ ก็จะเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์ เลือกใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในการวัดความยาวรากฟันน้ำนม แทนวิธีอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ปัญหาทางจริยธรรม

ไม่มี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะกายวิภาคของรากฟันน้ำนม (Hibbard และ Ireland, 1957; Barker และคณะ, 1975; Goerig และ Camp, 1983)

ลักษณะรากฟันน้ำนมผอม ยาว และเรียว ปกติฟันน้ำนมจะใช้เวลาในการสร้างสมบูรณ์ประมาณ 1 ปี หลังจากขึ้นมาในช่องปาก หลังจากนั้นไม่นานรากฟันน้ำนมจะเริ่มมีการละลายตัวตามธรรมชาติ (physiologic resorption) ในขณะเดียวกันก็จะมีการสร้างของเนื้อฟันเพิ่มขึ้นในคลองรากฟัน เป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จำนวน และขนาดตามมา ฟันน้ำนมขณะสร้างเสร็จใหม่ๆ รูเปิดปลายรากฟัน (apical foramen) จะอยู่ตรงตำแหน่งปลายสุดของรากฟัน (root apex) เมื่อเริ่มมีการละลายจะเกิดที่ด้านซิดลิ่ง (lingual) ของฟันหน้า และด้านงามรากฟันของฟันกราม (inner surface of root) เป็นแนวเฉียง ซึ่งทำให้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันมีขนาดกว้างขึ้นและเคลื่อนสูงขึ้นกว่ารูเปิดเดิม เป็นผลทำให้กำหนดความยาวรากฟันผิดพลาดได้

ฟันหน้าน้ำนม มีรากเดียว ความยาวของรากฟันเมื่อเทียบอัตราส่วนกับตัวฟัน รากฟันมีความยาวกว่ามาก โพรงฟันและคลองรากฟันมีรูปร่างตามลักษณะภายนอกของฟันมีคลองรากฟัน 1 คลองรากตามรูปร่างของรากฟัน

ฟันกรามน้ำนม รากฟันหลังมีลักษณะยาว ผอม และเรียว และจะค่อยๆ กางออกจนถึงปลายราก เกิดเป็นช่องว่างใต้รากที่กว้าง เป็นที่อยู่ของหน่อฟันถาวร จำนวนและตำแหน่งของรากจะเหมือนกับฟันถาวร ในฟันกรามบนมี 3 ราก คือ รากฟันด้านแก้ม-ใกล้กลาง (mesio-buccal) รากฟันด้านแก้ม-ไกลกลาง (disto-buccal) และรากฟันด้านเพดานปาก (palatal) ซึ่งรากทั้ง 3 นี้จะกางออกจากกันมาก ตามปกติรากด้านเพดานปากจะยาวและใหญ่ที่สุด ส่วนฟันกรามล่างส่วนใหญ่พบมี 2 ราก คือ รากด้านใกล้กลาง (mesial root) และด้านไกลกลาง (distal root)

ลักษณะของคลองรากฟันกรามน้ำนม (Hibbard และ Ireland, 1957; Zurcher, 1925 อ้างถึงใน Goerig และ Camp, 1983)

ลักษณะคลองรากฟันกรามน้ำนมมีลักษณะแบนมากกว่าในฟันกรามถาวร เนื่องจากมีการเกาะของเนื้อฟันเพิ่มขึ้นตลอดเวลาทำให้คลองรากฟันยิ่งแคบลง ทั้งยังพบการแตกแขนงของคลองรากฟันมากมาย

ในฟันกรามน้ำนมบนอาจพบคลองรากฟัน 2-5 คลองราก คลองรากด้านเพดานปาก (palatal) มีลักษณะกลมและขนาดยาวกว่าคลองรากด้านแก้ม-ใกล้กลาง (mesio-buccal) และ คลองรากด้านแก้ม-ไกลกลาง (disto-buccal) โดยพบว่าคลองรากด้านแก้ม-ใกล้กลางแยกเป็น 2 คลองรากประมาณร้อยละ 75 ในฟันกรามน้ำนมบนซี่ที่หนึ่ง และร้อยละ 85-95 ใน ฟันกรามน้ำนมบนซี่ที่สอง นอกจากนี้ยังพบการเชื่อมกันของคลองรากด้านเพดานปากและ ด้านแก้ม-ไกลกลางประมาณหนึ่งในสามของฟันกรามน้ำนมบนซี่ที่หนึ่ง ส่วนในฟันกรามน้ำนมบน ซี่ที่สองพบได้บางครั้ง

ในฟันกรามน้ำนมล่างปกติพบคลองรากฟัน 3 คลองราก ในบางครั้งอาจพบได้ 2-5 คลองรากฟัน โดยรากด้านใกล้กลาง (mesial root) มีคลองรากฟัน 2 คลองรากพบใน ฟันกรามน้ำนมล่างซี่ที่หนึ่งประมาณร้อยละ 75 และในฟันกรามน้ำนมล่างซี่ที่สองร้อยละ 85 ส่วนรากด้านไกลกลาง (distal root) มีคลองรากฟันมากกว่า 1 คลองรากประมาณร้อยละ 25 ความแตกต่างทางลักษณะกายวิภาคและการรักษาคลองรากฟันระหว่างฟันน้ำนมและ ฟันถาวร (Goerig และ Camp, 1983; Parkin, 1991)

1. ฟันน้ำนมเล็กกว่าฟันถาวรทุกด้าน (all dimension) ชั้นเคลือบฟันและชั้นเนื้อฟันบาง กว่าฟันถาวร ระยะจากด้านบดเคี้ยวจนถึงพื้นโพรงฟันสั้นกว่าฟันถาวร ดังนั้นการเปิดทางเข้าสู่ คลองรากฟันต้องระวังการทะลุพื้นโพรงฟัน
2. รากฟันน้ำนมมีลักษณะโค้ง และผายออกกว้าง (widely divergent) เพื่อเป็นที่สำหรับการสร้างฟันถาวร ในกรณีที่รากฟันโค้งโอกาสเกิดการทะลุ (perforate) บริเวณปลายรากฟัน หรือบริเวณรากฟันส่วนบนหนึ่งในสามที่ติดกับรอยต่อของการแยกราก ในขั้นตอนการเตรียม คลองรากฟันได้ ดังนั้นแนะนำให้ตัดเครื่องมือให้โค้งก่อนการขยายคลองรากฟัน เพื่อลดโอกาสเกิด การทะลุรากฟัน นอกจากนี้การขยาย (flaring) คลองรากฟันควรทำให้น้อยที่สุด เพราะผนังเนื้อฟัน ในส่วนรากบาง
3. ความแปรปรวนของลักษณะคลองรากฟันน้ำนม ทำให้การเตรียมคลองรากฟันเพื่อ กำจัดเนื้อเยื่อที่ตายออกให้หมดทำได้ยาก
4. การใช้เครื่องมือในขั้นตอนการเตรียมคลองรากฟันและการอุดคลองรากฟัน ควรระวังไม่ ให้เกินปลายรากฟัน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับหน่อฟันถาวรข้างใต้

5. วัสดุที่ใช้อุดคลองรากฟันน้ำนมต้องละลายได้ เพื่อป้องกันไม่ให้ขัดขวางการขึ้นของฟันถาวร

การหาความยาวรากฟันน้ำนม (determine root length in primary teeth) มีหลายวิธี ดังนี้

1. การประมาณจากภาพถ่ายรังสีก่อนเริ่มต้นการรักษา (estimate from preoperative radiograph) วิธีนี้จะกำหนดความยาวทำงานโดยใช้ความยาวที่สั้นกว่าความยาวรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีก่อนเริ่มต้นรักษาประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร (Davis, 1979; O'Riordan และ Coll, 1979; Kennedy, 1986; Parkin, 1991; Duggal และคณะ, 1995; Stock และคณะ, 1995)

2. การใส่เครื่องมือขยายลงไปในคลองรากฟัน แล้วถ่ายภาพรังสี (insert file and x-ray) เป็นวิธีที่แน่นอนที่สุดในปัจจุบัน วิธีการนี้คือ การวัดความยาวรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสีก่อนเริ่มต้นการรักษาแล้วลบออก 1-2 มิลลิเมตร จากนั้นใช้เครื่องมือขยายใส่ลงในคลองรากฟันตามความยาวที่วัดไว้ หลังจากนั้นไปถ่ายภาพรังสี โดยพยายามถ่ายภาพรังสีแบบขนาน เพื่อลดการบิดเบี้ยวของภาพรังสี ความยาวทำงานควรสั้นจากขอบนอกของปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี (radiographic apex) ประมาณ 1-2 มิลลิเมตร แต่ถ้ามีอาการแสดงว่าเริ่มมีการละลายของรากฟัน ควรลดความยาวทำงานลงอีก 1-2 มิลลิเมตร เพื่อหลีกเลี่ยงเครื่องมือเกินปลายรากฟัน หรือกรณีภายในคลองรากฟันมีเลือดไหลมากหลังกำจัดเนื้อเยื่อประสาทฟันออกหมดแล้ว แสดงให้เห็นว่าน่าจะมีการละลายของรากฟันเกิดขึ้น ดังนั้นควรกำหนดความยาวทำงานสั้นกว่าความยาวรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร (Allen, 1979; Krakow และคณะ, 1981; Goerig และ Camp, 1983; Camp, 1984; Belanger, 1988; Welbury, 1997)

ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ การถ่ายภาพรังสีแบบขนานในเด็กทำค่อนข้างยาก เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่ให้ความร่วมมือดี (Duggal และคณะ, 1995) นอกจากนี้การถ่ายภาพรังสีจะแสดงลักษณะกายวิภาคของฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesiodistal plane) ได้ดี ส่วนในแนวซิดแก้ม-ซิดลิ้น (buccolingual plane) ยังเป็นข้อด้อย แต่ความแปรปรวนของคลองรากฟันน้ำนมส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในแนวซิดแก้ม-ซิดลิ้น ดังนั้นการใช้ภาพถ่ายรังสีช่วยในการมองลักษณะกายวิภาคของรากฟันจึงไม่ค่อยดีนัก (Allen, 1979) ปัญหาอื่นสำหรับวิธีการนี้ คือ การถ่ายภาพรังสี ถ้าปลายของเครื่องมือไม่อยู่ในระดับปลายของคลองรากฟัน (apical end of the canal) จำเป็นต้องมีการปรับตำแหน่งเครื่องมือใหม่และถ่ายภาพรังสีซ้ำ จนกระทั่งปลายของเครื่องมืออยู่ในตำแหน่งส่วนปลายสุดของคลองรากฟัน (the apical terminus of the canal) ตำแหน่งส่วนปลายสุดของคลองรากฟันนั้นมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งปลายรากฟัน ซึ่งสองตำแหน่งนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับช่วงของการเจริญเติบโต หรือช่วงระยะเวลาของการละลาย พบว่าช่วงฟันมี

การสร้างรากฟันเสริมสมบูรณ์ส่วนปลายสุดของคลองรากฟันจะตรงกับปลายรากฟัน ช่วงที่มีการละลายของรากฟันพบน้อยมากที่จะมีการละลายรากฟันในแนวตั้งฉากกับแกนของรากฟัน ดังนั้น ส่วนปลายสุดของคลองรากฟันจะอยู่ตำแหน่งที่สั้นกว่าปลายรากฟันหลายมิลลิเมตร จึงเป็นที่แน่นอนว่า ส่วนปลายสุดของคลองรากฟันไม่สามารถเห็นได้จากภาพถ่ายรังสี (Krakow และคณะ, 1981; Welbury, 1997)

3. การค่อยๆ ไล่เครื่องมือขยายลงไปในคลองรากฟัน จนกระทั่งเกิดแรงต้าน (sense from resistant point) ซึ่งเป็นตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน ทันตแพทย์ที่ใช้วิธีการนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ (Mathewson และคณะ, 1995; McDonald และคณะ, 2000)

4. การใช้ค่าเฉลี่ยความยาวของรากฟันน้ำนม (average root length) ดังแสดงในตารางที่ 3

5. การหาความยาวรากฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (electronic apex locator) มีเพียงการศึกษาของ Katz และคณะ (1996) ที่ทำการศึกษาฟันน้ำนม 20 ซี่ ในห้องปฏิบัติการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนม

ฟันน้ำนม	ผู้อ้างอิง					
	Ash	Berkovitz	Burch	DuBrul	Woelfel	Jordan
ฟันหน้าตัดกลางบน	10.0	10.0	10.0	10.0	11.3	10.0
ฟันหน้าตัดข้างบน	11.4	10.2	11.4	10.2	10.9	10.2
ฟันเขี้ยวบน	13.5	13.0	13.5	12.5	13.5	12.5
ฟันกรามบนซี่ที่ 1	10.0	10.0	10.0	10.1	12.5	10.1
ฟันกรามบนซี่ที่ 2	11.7	11.7	11.7	11.8	10.4	11.8
ฟันหน้าตัดกลางล่าง	9.0	9.0	9.0	9.0	10.5	9.0
ฟันหน้าตัดข้างล่าง	10.0	9.8	10.0	9.8	10.6	9.8
ฟันเขี้ยวล่าง	11.5	11.2	11.5	11.0	11.7	11.0
ฟันกรามล่างซี่ที่ 1	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.8
ฟันกรามล่างซี่ที่ 2	11.3	12.5	11.3	13.3	10.0	13.3

ที่มา 1. Black, G. V. Descriptive anatomy of the human teeth. 4th ed. Philadelphia : S.S. White, 1897.

อ้างอิงใน Ash, M. M. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion, pp.19-23, 46-83. 7th ed. Philadelphia : W.B. Saunders, 1993.

2. Berkovitz, B. K. B.; Holland, G. R.; and Moxham, B. J. A colour atlas & text of oral anatomy histology and embryology, pp. 24-41. 2nd ed. Bucks : Wolfe, 1992.

3. Black, G. V. Dental anatomy. Philadelphia : S.S. White, 1902. อ้างอิงใน Burch, W. P.; and Brescia, N. J. Deciduous dentition. In Brescia, N. J. (ed), Applied dental anatomy, pp. 73-99. St.Louis : C.V. Mosby, 1961.

4. DuBrul, E. L. Sicher and DuBrul's oral anatomy, pp. 133-159. 8th ed. St. Louis : Ishiyaku EuroAmerica, 1988.

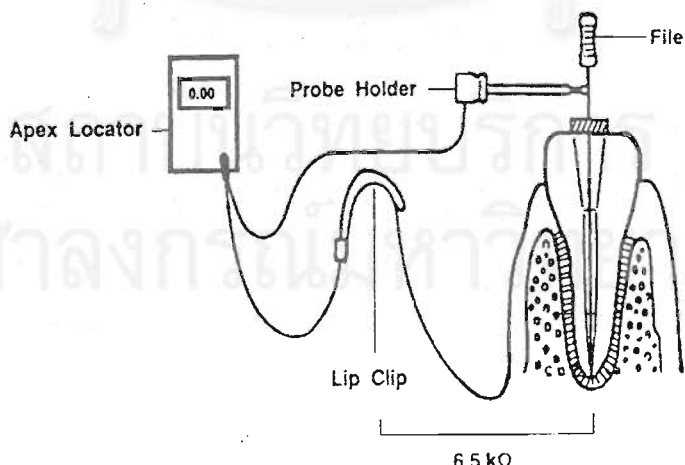
5. Woelfel, J. B.; and Scheid, R. C. Dental anatomy : its relevance to dentistry, pp. 287-313. 5th ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1997.

6. Jordan, R. E.; Abrams, L.; and Kraus, B. S. Kraus' dental anatomy and occlusion, pp. 111-129. 2nd ed. St. Louis : Mosby, 1992.

ประวัติความเป็นมาของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (electronic apex locator)

Suzuki (1942 อ้างถึงใน Weine, 1996) ศึกษาในฟันสุนัข โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate) ใส่ในคลองรากฟัน ใช้ขี้ไฟฟ้าลบสัมผัสที่เยื่อเมือช่องปาก (oral mucosa) ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์ (periodontal membrane) และเยื่อเมือช่องปากของสุนัขทุกตัวมีค่าเท่ากัน ต่อมา Sunada (1962) ได้จำลองการทดลองโดยใช้โอห์มมิเตอร์อย่างง่ายเป็นเครื่องวัดความยาวรากฟัน (apex locator) วงจรไฟฟ้าภายในเครื่องนี้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าคงที่คือ 6.5 กิโลโอห์ม ข้างหนึ่งของวงจรไฟฟ้าของเครื่องวัดความยาวรากฟันจะต่อกับเยื่อเมือช่องปากด้วยตัวคล้องริมฝีปาก (lip clip) และอีกข้างหนึ่งคือ ไฟล์ เมื่อนำไฟล์ใส่เข้าไปในคลองรากฟัน พบว่าทันทีที่ไฟล์สัมผัสกับเนื้อเยื่อปริทันต์ที่ส่วนปลาย วงจรไฟฟ้าจะครบวงจร มีผลทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างสองตำแหน่งเท่ากัน คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของเครื่องวัดความยาวรากฟัน และค่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างไฟล์กับเยื่อเมือช่องปากเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อไฟล์สัมผัสกับเนื้อเยื่อปริทันต์ ไม่ว่าจะที่ตำแหน่งปลายราก หรือรอยทะเลาะ พบว่าโอห์มมิเตอร์อ่านค่าได้คงที่ คือ 6.5 กิโลโอห์ม ดังภาพที่ 2

Sunada ตั้งทฤษฎีขึ้นโดยใช้พื้นฐานจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองกล่าวว่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์ และเยื่อเมือช่องปากมีค่าคงที่ ไม่ว่าจะเนื้อเยื่อปริทันต์ตำแหน่งใดก็ตาม โดยไม่ขึ้นกับอายุของผู้ป่วย รูปร่าง และชนิดของซี่ฟัน จากหลักการนี้ Sunada เชื่อว่าเป็นผลเนื่องจากความต้านทานไฟฟ้าของเนื้อเยื่อปริทันต์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางชีวภาพ จึงคิดประดิษฐ์เครื่องมือวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าขึ้นมา



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟัน เยื่อเมือช่องปาก และเครื่องวัดความยาวรากฟัน โดยความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์ และเยื่อเมือช่องปากมีค่าคงที่ คือ 6.5 กิโลโอห์ม

ชนิดของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

แบ่งตามลักษณะการทำงานของเครื่องมือ ดังนี้

1. หลักริซิสแตนซ์ (Resistance-Type Apex Locators)
2. หลักอิมพีแดนซ์ (Impedance-Type Apex Locators)
3. หลักความถี่ (Frequency-Dependent Apex Locators)

หลักริซิสแตนซ์ (Resistance-Type Apex Locators)

หลักการการทำงานของเครื่องมือในระบบนี้ให้หลักการของ Sunada (1962) ที่ว่าความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์และเยื่อหุ้มช่องปากมีค่าคงที่ คือ นำไฟล์ใส่เข้าไปในคลองรากฟัน พบว่าเมื่อไฟล์สัมผัสกับเนื้อเยื่อปริทันต์ กระแสไฟฟ้าจะครบวงจร เครื่องจะแสดงตำแหน่งของปลายรากในลักษณะของเสียง แสง หรือปรากฏเป็นตัวเลขบนมิเตอร์วัด เครื่องวัดความยาวรากฟันที่ใช้ส่วนใหญ่ สามารถแสดงค่าตัวเลขของระยะทางระหว่างปลายสุดของรากฟันและปลายไฟล์ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านจากเครื่องวัดไม่ควรให้ปลายของเครื่องมือห่างจากจุดสิ้นสุดมากกว่า 2 มิลลิเมตร นอกจากนี้เครื่องมือยังสามารถตรวจพบตำแหน่งที่มีรอยทะลุได้ เครื่องมือบางบริษัทยังมีฟังก์ชันที่ใช้ทดสอบความมีชีวิตของประสาทฟันเพิ่มเติมอีกด้วย (McDonald, 1992)

เครื่องมือวัดความยาวรากฟันในยุคแรกใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ต่อมาจึงเปลี่ยนมาใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากไฟฟ้ากระแสตรงไม่มีความคงที่ ตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับในยุคแรก คือ Root Canal Meter (Onuki Medical Co., Tokyo, Japan) เครื่องมือชนิดนี้ใช้กระแสไฟฟ้ากำลังสูง บางครั้งผู้ป่วยอาจรู้สึกเจ็บได้ในระหว่างการวัด ต่อมาได้มีการพัฒนาเครื่องมือ Endodontic Meter (Onuki Medical Co., Tokyo, Japan) ขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องเดิม ในปี ค.ศ.1973 Inoue (อ้างถึงใน Inoue และ Skinner, 1985; Kobayashi, 1995) ได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำ เช่น Sono-Explorer Neosono และ Forameter เพื่อให้ใช้งานได้ดีขึ้น

Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japan) เป็นเครื่องมือหนึ่งในระบบนี้ เครื่องจะแสดงผลออกมาในรูปของเสียง ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำ วัดความต้านทานไฟฟ้า (resistance) และความจุไฟฟ้า (capacity) ระหว่างเยื่อหุ้มช่องปากและร่องเหงือก (gingival sulcus) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าระหว่างรูเปิดปลายรากฟันและเยื่อหุ้มช่องปาก ในการใช้งานเมื่อหมุนปุ่มเปิดเครื่องจะเกิดเสียงดังต่อเนื่องออกมาจากปุ่มปรับอ้างอิง (reference tuner) นำ

ตัวคล็องริมฝีปากไปวางที่ริมฝีปากผู้ป่วยข้างเดียวกันกับซี่ฟันที่ต้องการวัดความยาวรากฟัน และนำเครื่องมือขยาย (ไฟล์ หรือริมเมอร์) ไปยึดกับที่ยึดเครื่องมือขยาย (clip) โดยสอดเครื่องมือขยายเข้าไปในร่องเหงือกลึกประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เมื่อปลายเครื่องมือสัมผัสเนื้อเยื่อปริทันต์ของร่องเหงือก จะเกิดเสียงที่สองและเป็นเสียงสูงออกมา ซึ่งกำหนดให้เป็นเสียงที่ใช้อ้างอิง (reference sound) ก่อนการวัดความยาวรากฟันทุกครั้งจะต้องมีการปรับเสียงที่ใช้อ้างอิง เพื่อเป็นการปรับมาตรฐานการวัด (calibrate) ก่อนการใช้งาน เพราะความต้านทานไฟฟ้าของเนื้อเยื่อผู้ป่วยแต่ละคนแตกต่างกัน หลังจากนั้นจึงใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย เปิดทางเข้าสู่โพรงประสาทฟัน แล้วนำตัวคล็องริมฝีปากมาวางที่ริมฝีปากอีกครั้ง พร้อมทั้งนำเครื่องมือขยายใส่เข้าไปในคลองรากฟัน เพื่อหาตำแหน่งของรูเปิดปลายรากฟัน เมื่อเครื่องมือสัมผัสกับเนื้อเยื่อปริทันต์จะได้ยินเสียงสั้นที่มีความถี่สูงและดังต่อเนื่องกันนาน เสียงที่ได้ยินจะตรงกับเสียงที่ใช้อ้างอิง ที่ได้ปรับมาตรฐานการวัดไว้ในช่วงแรก แสดงว่าปลายเครื่องมืออยู่ที่รูเปิดปลายรากฟัน ความถูกต้องของการใช้เครื่องมือนี้ขึ้นกับการปรับปุ่มที่ใช้อ้างอิง ถ้าสอดเครื่องมือขยายลงไปร่องเหงือกลึกมากเกินไป (มากกว่า 0.5 มิลลิเมตร) จะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดความยาวรากฟันยาวกว่าความเป็นจริง ต่อมาจึงมีการประดิษฐ์เครื่องมือ Sono-Explorer Mark II เพื่อการแก้ไขข้อบกพร่อง โดยเครื่องมือนี้สามารถใช้เครื่องมือขยายจะสอดลงไปร่องเหงือกลึกไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร และต่อมามีการพัฒนาเครื่องมือขึ้นอีก จึงนำไปสู่การผลิต Sono-Explorer Mark III, IV ตามลำดับ (Inoue, 1973; Inoue และ Skinner, 1985; Weine, 1996)

ข้อจำกัดของเครื่องมือระบบนี้คือ ภายในคลองรากฟันต้องแห้ง การมีความชื้น หรือเนื้อเยื่อประสาทฟันในคลองราก อาจทำให้การวัดไม่แม่นยำ ซึ่งพบว่ากรณีของเหลวในคลองรากฟัน ทำให้อ่านค่าความยาวรากฟันได้สั้นกว่าความเป็นจริง แต่พบว่าประสิทธิภาพการวัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นที่ไม่มีสื่อนำกระแสไฟฟ้า เช่น RC Prep (root canal preparer) เนื่องจากมีคาร์โบแวคซ์ (carbowax) ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นส่วนประกอบ (McDonald, 1992)

ระบบนี้การอ่านค่าที่ผิดพลาดยังสามารถพบได้ในกรณีที่ไฟล์สัมผัสกับวัสดุบูรณะที่เป็นโลหะ และกรณีที่มีรอยผุหรือความล้มเหลวของวัสดุบูรณะฟัน เป็นผลให้เกิดการนำกระแสไฟฟ้าผ่านทางน้ำลาย ดังนั้นการแก้ไขคือหุ้มฉนวนไฟฟ้าในตำแหน่งที่ไฟล์สัมผัสกับวัสดุบูรณะที่เป็นโลหะเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าครบวงจร แต่อย่างไรก็ตามจะต้องระมัดระวังในชั้นตอนหุ้มฉนวนไฟฟ้าโดยต้องไม่ไปสัมผัสกับรีบเบอร์ตอปซึ่งใช้เป็นจุดอ้างอิง (reference point) ในการบันทึกค่าความยาวทำงาน และควรมีการกำจัดรอยผุและวัสดุบูรณะที่ล้มเหลว เพื่อป้องกันการไหลผ่านของน้ำลายร่วมกับมีการบูรณะวัสดุอุดใหม่แทนที่ โดยให้มีรูปร่างที่เหมาะสม และมีความ

แบบสนิทด้วย ตัวอย่างวัสดุที่มีความแข็งแรงเพียงพอ และมีความแบบสนิทดี เช่น วัสดุซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลที่เพิ่มความแข็งแรง (A reinforced , zinc oxide eugenol material) (McDonald, 1992)

วิธีการใช้เครื่องมือระบบนี้ต้องมีการปรับมาตรฐานการวัดก่อน การปรับมาตรฐานการวัดที่ผิดพลาดจะมีผลให้การวัดความยาวรากฟันนั้นได้ค่าสั้นหรือยาวกว่าความเป็นจริง เพราะเครื่องมือนี้จะต้องให้ผู้ทำการวัดตั้งค่าความต้านทานไฟฟ้าก่อนเริ่มทำงาน การตั้งค่าพบว่าค่าที่ตั้งสูงกว่าความต้านทานไฟฟ้าจะมีผลทำให้การอ่านค่าได้สั้นกว่าความเป็นจริง ในทางตรงกันข้ามการตั้งค่าต่ำกว่าความต้านทานไฟฟ้าทำให้การอ่านค่าได้ยาวกว่าความเป็นจริง นอกจากนี้พบว่าการใช้ตัวคล่องริมฝีปากเพื่อให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรไม่สะดวกในการทำงาน ถ้าวางตัวคล่องริมฝีปากให้สัมผัสกับริมฝีปากไม่ดี เครื่องจะอ่านค่าได้ยาวกว่าความเป็นจริง และการใช้ตัวคล่องริมฝีปากยังมีโอกาสเกิดการติดเชื้อระหว่างผู้ป่วยโดยการปนเปื้อนเชือบนตัวคล่องริมฝีปาก ดังนั้นจึงควรทำให้ปราศจากเชื้อโดยการนำเข้าเครื่องอบไอน้ำก่อนการใช้งานกับผู้ป่วยแต่ละคน (McDonald, 1992)

ขณะใช้งานจะมีวงจรกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น ผู้ป่วยอาจมีอาการเสียวได้ แต่กรณีนี้ไม่มีผลต่อความแม่นยำของเครื่องมือ การใช้เครื่องมือประเภทนี้เป็นข้อห้ามสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจที่ใส่ตัวควบคุมจังหวะ (cardiac pacemaker) (McDonald, 1992)

ก่อนการใช้เครื่องมือระบบนี้ควรจะมีการประมาณขนาดความกว้างของคลองรากฟัน และใช้ไฟล์ขนาดที่เหมาะสมพอดีกับขนาดความกว้างของคลองรากฟัน เพื่อให้ค่าความยาวรากฟันที่อ่านได้มีความแม่นยำ (McDonald, 1992)

หลักอิมพีแดนซ์ (Impedance-Type Apex Locators)

เป็นระบบการวัดความยาวรากฟันที่แตกต่างจากระบบที่กล่าวมาข้างต้นที่วัดความต้านทานไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อปริทันต์และเยื่อบุผิวช่องปาก แต่ในระบบนี้พบว่าความต้านทานไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำเมื่อมีท่อขนาดเล็ก ความต้านทานไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีขนาดเล็ก และยาวขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้มาประยุกต์ใช้กับฟันเพราะคลองรากฟันเปรียบเสมือนท่อที่ยาว และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ทำให้พบว่ามีความต้านทานไฟฟ้าต่ำบริเวณด้านบน (coronal) และมีความต้านทานไฟฟ้าสูงบริเวณปลายราก (apical) โดยปกติแล้วพบว่า แทรนซแพเร็นท์ เดนทีน (transparent dentin) จะมีมากที่สุดบริเวณปลายราก และมีน้อยที่สุดทางด้านบน (Hasegawa และคณะ, 1986; McDonald, 1992)

Endocater เป็นเครื่องมือวัดความยาวรากฟันซึ่งทำงานโดยใช้หลักนี้ เป็นการตรวจพบความเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าในบริเวณส่วนปลายของแตรนซแพเร็นท์ เดนทีน ที่ผนังคลองรากฟัน ความต้านทานไฟฟ้ามีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (apical constriction) ซึ่งเป็นส่วนปลายสุดของตำแหน่งที่มีแตรนซแพเร็นท์ เดนทีน และค่านี้จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน (apical foramen) เครื่องทำงานโดยใช้กระแสไฟฟ้าความถี่สูงคือ 400 กิโลเฮิร์ตซ์ โพรบที่ใช้วัดความยาวรากฟันจะมีจนวนเคลือบไว้ที่ผิวด้านนอกยกเว้นบริเวณส่วนปลาย ระบบนี้จึงวัดความยาวรากฟันได้แม้ในสถานะแวดล้อมที่มีสารละลายอยู่ภายในคลองรากฟัน (Hasegawa และคณะ, 1986)

จากหลักการทำงานดังกล่าว ยังสามารถใช้หาตำแหน่งของคลองรากด้านข้าง (lateral canal) และรอยทะลุ (perforation) เนื่องจากตำแหน่งเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าของแตรนซแพเร็นท์ เดนทีน (McDonald, 1992; Weine, 1996)

ข้อดีของเครื่องมือระบบนี้ คือ ใช้ขั้วไฟฟ้า (electrode) แบบมือจับ (hand-held return electrode) ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะครบวงจรโดยผ่านขั้วไฟฟ้า การใช้ขั้วไฟฟ้าแบบมือจับแทนตัวคล้องริมฝีปาก จะช่วยลดความผิดพลาดของการวัดที่อาจเกิดจากการตัวคล้องริมฝีปากสัมผัสกับริมฝีปากไม่ดี ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ครบวงจร และยังลดโอกาสการปนเปื้อนของเชื้อโรคจากการใช้ตัวคล้องริมฝีปากด้วย (McDonald, 1992; Weine, 1996)

ข้อด้อยของเครื่องมือระบบนี้ คือ ในฟันของผู้ป่วยอายุน้อย และมีปลายรากฟันเปิดแตรนซแพเร็นท์ เดนทีน จะยังสร้างไม่สมบูรณ์ ทำให้ค่าที่วัดได้มีความแปรปรวน นอกจากนี้การที่มีจนวนเคลือบไว้บนผิวด้านนอกของโพรบ ทำให้โพรบมีความหนา ซึ่งขัดขวางการใส่เครื่องมือลงไปคลองรากฟัน โดยเฉพาะคลองรากฟันที่แคบและโค้ง ทั้งอาจเกิดปัญหาการหลุดลอกของจนวนขณะใช้งาน ทำให้การวัดไม่แม่นยำ และการใช้เครื่องมือนี้จำเป็นต้องมีการปรับมาตรฐานการวัดก่อนการใช้ (McDonald, 1992)

หลักความถี่ (Frequency-Dependent Apex Locators)

ในปี ค.ศ. 1983 Ushiyama (อ้างถึงใน Kobayashi, 1995) ได้นำเสนอวิธีการวัดความยาวรากฟันที่ให้ความแม่นยำ แม้มันคลองรากฟันจะมีสารละลายอยู่ภายใน หลักการของวิธีนี้คือให้กระแสไฟฟ้าที่มีคลื่นความถี่คงที่ 400 เฮิร์ตซ์ผ่านขั้วไฟฟ้าสองขั้ว (bipolar electrode) แล้ววัดความแตกต่างของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ระดับต่างๆ ของคลองรากฟัน ซึ่งค่าที่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต้านทานไฟฟ้า ($V=IR$ เมื่อ I คงที่ V แปรผันโดยตรงกับ R : โดย

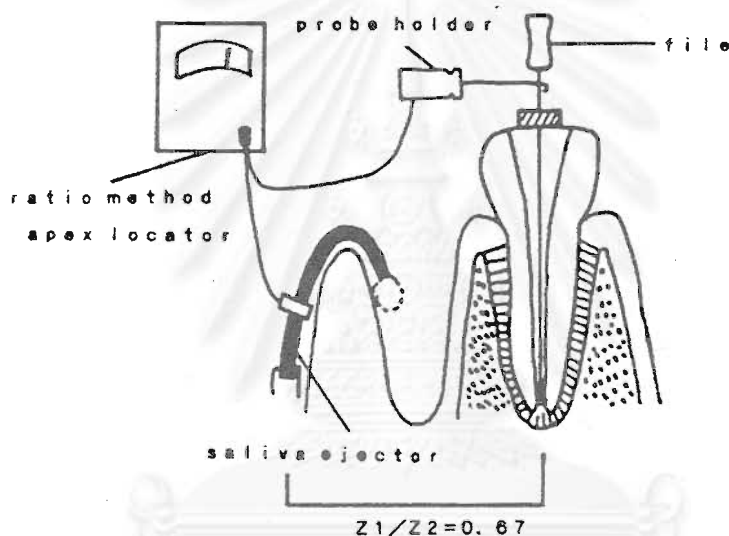
V แทนความต่างศักย์ไฟฟ้า I แทนกระแสไฟฟ้า และ R แทนความต้านทานไฟฟ้า) ความแตกต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทั้งสอง (voltage gradient) จะมีค่าคงที่ในตำแหน่งด้านบน (coronal) และเพิ่มขึ้นที่บริเวณปลายราก (apical) โดยจะให้ค่าสูงสุดเมื่อปลายขั้วไฟฟ้าอยู่ที่ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเครื่องมือสัมผัสกับรูเปิดปลายรากฟัน ข้อด้อยของวิธีนี้ คือขั้วไฟฟ้าที่ใช้มีสองขั้ว จึงอาจมีขนาดไม่เหมาะสมที่จะใช้งานในคลองรากฟันที่แคบ และวิธีการนี้ใช้การตรวจหาตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน ดังนั้นถ้าคลองรากฟันไม่มีรอยคอด มิเตอร์ของเครื่องมือจะไม่สามารถตรวจวัดได้

Apit (Endex in United states; Osada Electronics, Tokyo, Japan) เป็นเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการคล้ายกับ Ushiyama แต่ต่างกันตรงที่ใช้ความต่างศักย์คงที่ แล้วให้กระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกันสองความถี่ แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่ง Apit (Yamaoka, 1984 อ้างถึงใน Kobayashi, 1995) ใช้คลื่นไฟฟ้าสองความถี่ คือ 1 และ 5 กิโลเฮิร์ตซ์ แล้ววัดค่าความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้าระหว่างกระแสไฟฟ้าทั้งสองความถี่ พบว่าค่าแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อปลายเครื่องมืออยู่ที่ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน ก่อนการใช้งานจำเป็นต้องมีการปรับมาตรฐานการวัด เพื่อลดความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามเครื่องมือในระบบนี้ถูกออกแบบให้ใช้วัดในคลองรากฟันที่มีความชื้น จึงวัดในสภาวะแวดล้อมที่มีสารละลายอยู่ในคลองรากฟันได้ค่อนข้างดี แต่จะวัดไม่แม่นยำตรงในคลองรากฟันที่แห้ง

ปี ค.ศ.1991 Kobayashi และ Suda (อ้างถึงใน Kobayashi และ Suda, 1994; Kobayashi, 1995) ได้ประดิษฐ์เครื่อง Root ZX ซึ่งใช้หลักการเดียวกับ Apit โดยใช้หลักกระแสไฟฟ้าสองความถี่เช่นกัน แต่มีคลื่นความถี่ 400 เฮิร์ตซ์และ 8000 เฮิร์ตซ์ อัตราส่วนความต้านทานไฟฟ้า (ratio) ของกระแสไฟฟ้าสองความถี่นี้มีค่าเท่ากับ 0.67 เมื่อปลายเครื่องมือผ่านส่วนแคบสุดของคลองรากฟันเข้าสู่รูเปิดปลายรากฟัน ค่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าภายในคลองรากฟันจะมีน้ำยาล้างคลองรากฟัน หรือเนื้อเยื่อหลงเหลืออยู่ จึงทำให้เครื่องมือนี้มีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องปรับมาตรฐานการวัดเครื่องก่อนการใช้งาน เครื่อง Root ZX มีไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) จึงสามารถแปลงค่าอัตราส่วนความต้านทานไฟฟ้าออกมาเป็นตำแหน่งของปลายเครื่องมือที่สัมพันธ์กับตำแหน่งปลายรากฟัน ซึ่งจะแสดงผลลงบนจอมิเตอร์ ดังภาพที่ 3

เครื่องมือระบบความถี่นี้ควรใช้ไฟล์ขนาดที่เหมาะสมพอดีกับขนาดของคลองรากฟัน เช่นเดียวกับเครื่องมือวัดความยาวรากฟันสองระบบแรกดังที่กล่าวมาแล้ว (McDonald, 1992)

เครื่องจะวัดความยาวรากฟันได้แม่นยำแม้ในคลองรากฟันจะมีความชื้น แต่ถ้ามีของเหลวอยู่มากเกินไปก็มีผลทำให้การวัดผิดพลาดได้ เช่น มีการรั่วซึมของน้ำลายตามขอบวัสดุอุดที่ไม่ดี รอยฟันที่บริเวณใกล้เหงือก เป็นต้น ถ้าขั้วไฟฟ้าสัมผัสกับวัสดุที่เป็นโลหะจะทำให้ไฟฟ้าครบวงจร เครื่องจะแสดงตำแหน่งปลายรากฟันได้สั้นกว่าความเป็นจริง (ละอองทอง วัชรภักย์, 2540) ข้อดีของระบบนี้คือ ใช้ไฟล์คอนเวนชันนอล (conventional file) ในการวัดความยาวรากฟัน สามารถใช้ได้ ในคลองรากฟันที่แคบและมีความชื้น แต่ข้อด้อยคือการใช้ตัวคล้องรมีปีกทำให้กระแสไฟฟ้าครบวงจร จึงมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคบนตัวคล้องรมีปีกได้ (McDonald, 1992)



ภาพที่ 3 แสดงการวัดความยาวรากฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงข้อดีและข้อด้อยของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดต่างๆ

เครื่องวัดความยาวรากฟัน	ข้อดี	ข้อด้อย
หลักริซิสแทนซ์ (Resistance Apex Locators)	1. ง่ายต่อการใช้ 2. ค่าที่วัดปรากฏเป็นตัวเลขบนมิเตอร์วัด 3. เครื่องปรากฏเสียงออกมา 4. ใช้กับไฟล์ชนิดเค 5. อาจใช้ร่วมกับการทดสอบความมีชีวิตของประสาทฟัน 6. ใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นที่ไม่มีสีน้ำตาลกระแสไฟฟ้าได้	1. ผู้ป่วยไวต่อสิ่งกระตุ้น 2. ต้องให้ตัวคลั่งริมฝีปากอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม 3. ต้องการสภาพแวดล้อมที่แห้ง 4. ต้องปรับมาตรฐานก่อนการวัด 5. ไม่สามารถประมาณความยาวรากฟันเกินกว่า 2 มิลลิเมตรได้
หลักอิมพีแดนซ์ (Impedance Apex Locators)	1. ผู้ป่วยไม่ไวต่อสิ่งกระตุ้น 2. ไม่มีตัวคลั่งริมฝีปาก 3. ใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นที่ไม่มีสีน้ำตาลกระแสไฟฟ้าได้ 4. ทำงานในสภาพที่มีของเหลวได้ 5. แสดงผลแบบหน้าปัดมิเตอร์ (Analogue meter)	1. ยากต่อการทำงาน 2. ต้องการส่วนที่หุ้มโพรบ 3. ไม่มีค่าที่วัดปรากฏเป็นตัวเลขบนมิเตอร์วัด
หลักความถี่ (Frequency Apex Locators)	1. ง่ายต่อการใช้ 2. ใช้ร่วมกับสารหล่อลื่นที่ไม่มีสีน้ำตาลกระแสไฟฟ้าได้ 3. ทำงานในสภาพที่มีของเหลวได้ 4. ใช้กับไฟล์ชนิดเค 5. เครื่องปรากฏเสียงออกมา 6. แสดงผลแบบหน้าปัดมิเตอร์	1. อาจเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าขึ้นได้ 2. ต้องให้ตัวคลั่งริมฝีปากอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

ที่มา McDonald, N. J. The electronic determination of working length. Dent Clin North Am 36 (1992) : 293-307.

เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์ ***

รูทซีเอกซ์ (Root ZX) รุ่น RCM-1 ผลิตภัณฑ์ของ J.morita ประเทศญี่ปุ่น เป็นเครื่องวัดความยาวรากฟันอัตโนมัติ มีอุปกรณ์ดังนี้

1. ขนาดตัวเครื่องภายนอก 96×80×105 มิลลิเมตร น้ำหนัก 550 กรัม
2. โพรบ (probe)
3. ตัวคลื่นรบกวน (contrary electrode)
4. ที่ยึดไฟล์ (file holder)
5. ที่ใส่หูฟัง (earphone)
6. ถ่านอัลคาไลไฟ ขนาดเอเอ (AA) 5 ก้อน

คุณสมบัติ

1. ไม่ต้องตั้ง หรือปรับเครื่องเมื่อเริ่มใช้งาน
2. ไม่มีข้อจำกัดในการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นชนิดของคลองรากฟัน ขนาดของคลองรากฟัน สภาพภายในคลองรากฟัน (ความชื้นจากเลือด หรือน้ำยาล้างคลองรากฟัน) อุณหภูมิรอบข้าง ขนาดของไฟล์ หรือ ริมเมอร์
3. แสดงตำแหน่งปลายไฟล์ด้วย
 - 3.1 สัญญาณภาพซึ่งเป็นลิกวิด คริสตัล (liquid crystal display) โดยแสดงเป็น กราฟแท่ง (bargraph) ตัวอักษร ตัวเลข รูปสัญลักษณ์ที่ชัดเจน
 - 3.2 สัญญาณเสียงเป็น Piezoelectric beeper สามารถฟังผ่านที่ใส่หูฟัง (earphone) และสามารถปรับความดังค่อย และชนิดของเสียงได้ 3 รูปแบบ
4. ปิดเครื่องเองอัตโนมัติ เมื่อไม่ได้ใช้งาน 20 นาที

การอ่านค่า

ตำแหน่งของปลายไฟล์ จะแสดงให้เห็นบนจอ เมื่อสัญญาณบนจอถึงเลข 2 จะมีสัญญาณเสียงดังซ้ำๆ ติดต่อกัน ขณะเดียวกันตัวที่บ่งชี้เป็นเส้น (indicator bar) ซึ่งแสดงตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (apical constriction) จะกะพริบ

เมื่อสัญญาณบนจอถึง 0.5 หมายถึง ปลายไฟล์อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกับตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน (apical foramen) โดยไฟล์จะผ่านส่วนแคบสุดของคลองรากฟันเข้าสู่ปลายรากฟัน ซึ่งโดยเฉลี่ยจะมีระยะทางประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร สัญญาณตำแหน่งนี้จะทำให้ภาพพื้นบนจอกะพริบขณะเดียวกับสัญญาณเสียงจะดังเร็วขึ้น

ถ้าสัญญาณถึงเลข 0 แสดงว่าไฟล์ถึงตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน จะมีสัญญาณเสียงเปลี่ยนเป็นเสียงยาวติดต่อกัน และคำว่า "APEX" และ รูป Δ จะกะพริบ

ตัวที่บ่งชี้เป็นเส้น (indicator bar) ที่ 0.5 เป็นตำแหน่งที่โรงงานตั้งไว้ให้

ขั้นตอนการทำงาน

1. เสียบหัวเสียบของโพรบ (probe plug) เข้ากับตัวเครื่อง
2. กดปุ่มเปิดเครื่อง (main switch) และ ตรวจสอบจอภาพเส้นที่แสดงตำแหน่งส่วนแคบสุดของคลองรากฟัน (apical constriction bar) จะต้องกะพริบ
3. ต่อตัวคล้องริมฝีปาก ให้ติดกับโพรบในตำแหน่งหัวเสียบของโพรบ (probe connector) ซึ่งจะมีสีขาว และต่อที่ยึดไฟล์ให้ติดกับโพรบในตำแหน่งหัวเสียบของโพรบ ซึ่งจะมีสีเทา
4. ใช้ที่ยึดไฟล์หนีบในส่วนโลหะที่ใกล้กับที่จับไฟล์ (file handle)
5. เสียบไฟล์ลงในคลองรากฟัน จนสัญญาณภาพที่มีเตอร์อ่านได้ 0.5 (เป็นตำแหน่งที่ปลายของไฟล์ผ่านบริเวณตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟันออกไปประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร) และจัดตำแหน่งรับเบอร์สตอบให้พอดีบนผิวฟัน ซึ่งเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการกำหนดความยาวของคลองรากฟัน
6. การกำหนดความยาวทำงานในการขยายคลองรากฟัน จะได้จากการนำค่าที่อ่านจากสัญญาณภาพที่มีเตอร์อ่าน 0.5 แล้วนำมาลบ 0.5-1.0 มิลลิเมตร

7. กดปุ่มอีกครั้งเพื่อปิดเครื่องหลังเลิกการใช้งาน

(** อ้างอิงในบริษัทผู้ผลิต : J. Morita Mfg. Corp. Fully automatic root canal measuring device : Root ZX: operation instruction)

ข้อดีของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (เจนจิรา ธนะวีนิชชัย และ จินตวี ศาครบุตร, 2543; Katz และคณะ, 1991; Chong และ Pitt Ford, 1994; Fuss และคณะ, 1996; Katz และคณะ, 1996; Nguyen และคณะ, 1996; Shabahang และคณะ, 1996; Gutman และคณะ, 1997; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Certosimo และคณะ, 1999)

1. ลักษณะของเครื่องมือ

- เป็นเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ง่าย และปลอดภัย

2. ผลต่อผู้ป่วยและทันตแพทย์

- ใช้ได้สะดวกสบายสำหรับผู้ป่วย และทันตแพทย์

- ใช้ได้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถถ่ายภาพรังสีได้ เช่น ผู้ป่วยที่ตั้งครรภ์ ผู้ป่วยที่ไม่สามารถ

อ้าปากได้กว้าง ผู้ป่วยที่อาเจียนง่าย (severe gag reflex) ผู้ป่วยที่มีพฤติกรรมกลัวการทำฟัน

อย่างมาก ผู้ป่วยพิการ (handicap)

- ลดปริมาณการถ่ายภาพรังสี

3. ความแม่นยำของเครื่องมือ

- ถ้าใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ส่วนใหญ่จะได้ค่า

แม่นยำ

4. ความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

- ใช้ได้รวดเร็ว สามารถอ่านค่าได้ทันที และวัดซ้ำได้ถ้าจำเป็น

- ช่วยลดเวลาในการหาความยาวรากฟัน และความยาวทำงาน

5. ลักษณะกายวิภาคของฟัน

- สามารถหาตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันในการรักษาคลองรากฟันได้

- เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถหาความยาวรากฟันในตำแหน่งที่

ถ่ายภาพรังสีได้ยาก เช่น ตำแหน่งฟันกรามน้อยและฟันกรามบน เพราะเป็นตำแหน่งกระดูกที่หนาแน่น ตำแหน่งที่ซ้อนทับกับส่วนของกระดูกแก้ม (zygomatic process) และตำแหน่งในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างที่มีปุ่มกระดูก

- ในฟันบางซี่ที่มีความแปรปรวนของลักษณะทางกายวิภาค ไม่สามารถมองเห็นบริเวณรอบ ๆ ปลายรากฟันได้ชัดเจนจากภาพถ่ายรังสี สามารถใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าหาความยาวทำงานได้

- สามารถตรวจพบตำแหน่งรอยทะลุของรากฟันได้อย่างแม่นยำ (Nahmias และคณะ, 1983; Fuss และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997) และสามารถตรวจตำแหน่งฟันที่แตกหักได้

- ใช้ทางคลินิกในลักษณะต่างๆ เช่น ในกรณีที่มีการละลายส่วนปลายรากฟันมาก เคยได้รับศัลยกรรมผ่าตัดปลายรากฟัน เคยมีการแตกหักของรากฟันในแนวขวาง

ข้อดีของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (Katz และคณะ, 1991; Shabahang และคณะ, 1996; Certosimo และคณะ, 1999)

1. ในการรักษาคลองรากฟันการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ไม่สามารถใช้แทนการถ่ายภาพรังสีได้ทั้งหมด

2. บางรายงานพบว่าการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าอ่านค่าไม่แม่นยำ ตัวอย่างที่พบได้ในกรณีที่มีช่องที่เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าในคลองรากฟัน เช่น สารละลายไซเตียมไฮโปคลอไรต์ หนอง หรือเลือด

3. ในคลองรากฟันที่มีการสะสมแร่ธาตุมาก และมีการอุดตัน ขณะวัดความยาวรากฟัน อาจจะต้องใส่สารหล่อลื่นที่ไม่มีสื่อนำกระแสไฟฟ้า เช่น RC Prep (Premier Dental Products

Co., Norristown, PA)

4. พื้นที่บูรณะด้วยวัสดุที่เป็นโลหะอาจจะรบกวนการนำกระแสไฟฟ้า
5. ราคาแพง

ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

(The accuracy of electronic apex locators)

หลักการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997) มี 2 วิธี

1. เปรียบเทียบกับภาพถ่ายรังสี
2. เปรียบเทียบกับความยาวจริง โดยวัดระยะจากปลายไฟล์จนถึงรูเปิดปลายรากฟัน ซึ่งสามารถวัดจากฟันที่ถูกถอนออกมา

ตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงเพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (Certosimo และคณะ, 1999)

1. ขอบนอกของปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี (radiographic apex)
2. ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน (apical foramen) คือ ตำแหน่งของคลองรากฟันที่ผิวรากฟันด้านนอกสัมผัสกับเนื้อเยื่อปริทันต์
3. ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (apical constriction) คือ ผิวในต่อรูเปิดปลายรากฟัน และเป็นตำแหน่งที่แคบที่สุดของคลองรากฟัน

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

มีการศึกษาเพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันถาวรอยู่หลายการศึกษา โดยพบว่าแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกันออกไป ทั้งในแง่ชนิดของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า วิธีการที่ใช้ทดสอบ ตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบ รวมถึงการศึกษาในสิ่งมีชีวิต (in vivo) หรือการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (in vitro)

การศึกษาในสิ่งมีชีวิต (in vivo) มักศึกษาจากผู้ป่วยในคลินิก

1. กรณีไม่มีการถอนฟัน จะทดสอบความแม่นยำ โดยพิจารณาระยะจากปลายไฟล์ถึงขอบนอกของปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี (อมรา ม่วงมิ่งสุข, 2526; ละอองทอง วัชรภักย์, 2540; เจนจิรา ธนศรีวินิชชัย และ จินตวี สาครบุตร, 2542; Inoue, 1973; Seidberg และคณะ, 1975; Busch และคณะ, 1976; Suchde และ Talim, 1977; Inoue และ Skinner, 1985; Trope และคณะ, 1985; Abbott, 1987; Kaufman และคณะ, 1989; Frank และ Torabinejad, 1993)

2. กรณีมีการถอนฟัน จะทดสอบความแม่นยำ โดยพิจารณาระยะจากปลายไฟล์ถึงตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน หรือตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (O'Neill, 1974; Blank และคณะ, 1975; Plant และ Newman, 1976; Chunn และคณะ, 1981; Berman และ Freischman, 1984; Fouad และคณะ, 1990; McDonald และ Hovland, 1990; Stein และคณะ, 1990; Keller และคณะ, 1991; Ricard และคณะ, 1991; Stein และ Corcoran, 1991; Wu และคณะ, 1992; Hembrough และคณะ, 1993; Pallares และ Faus, 1994; Lauper และคณะ, 1996; Shabahang และคณะ, 1996; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Dunlap และคณะ, 1998; Pagavino และคณะ, 1998) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในสิ่งมีชีวิต

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัดความยาวรากฟัน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ความแม่นยำ	ศึกษาเปรียบเทียบกับ
1	1973	Inoue	Sono-Explorer	101	92.08%	ภาพถ่ายรังสี
2	1974	O'Neill	Sono-Explorer	63	83%	ความยาวจริง
3	1975	Blank และคณะ	1.Sono-Explorer 2.Endometer	91 103	1.Sono-Explorer =89% 2.Endometer =85%	ความยาวจริง
4	1975	Seidberg และคณะ	Sono-Explorer	100 (กลุ่มละ 50 ซี่)	1.Sono-Explorer =48% 2.Tactile sense =64%	ภาพถ่ายรังสี
5	1976	Busch และคณะ	Sono-Explorer	72	93.26%	ภาพถ่ายรังสี

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัด ความยาว รากฟัน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ความแม่นยำ	ศึกษา เปรียบเทียบกับ
6	1976	Plant และ Newman	Sono-Explorer	32 29	1.Sono-Explorer = 93.75% 2.ภาพถ่ายรังสี = 62.07%	ความยาวจริง
7	1977	Suchde และ Talim	Electronic ohmmeter	76	88.16%	ภาพถ่ายรังสี
8	1981	Chunn และ คณะ	Forameter	20	35%	ความยาวจริง
9	1984	Berman และ Freischman	Neosono-D	29	1.แม่นยำในฟันปลาย รากปิด (24 ซี่) 2.ไม่แม่นยำในฟันปลาย รากเปิด (5 ซี่)	ความยาวจริง
10	1985	Inoue และ Skinner	Sono-Explorer Mark III	310	57.74%	ภาพถ่ายรังสี
11	1985	Trope และ คณะ	Sono-Explorer Mark III	127	90.55%	ภาพถ่ายรังสี
12	1987	Abbott	Endo Radar	85	77.60%	ภาพถ่ายรังสี
13	1989	Kaufman และ คณะ	1.Dentometer 2.SonoExplorer	75	86.70%	ภาพถ่ายรังสี
14	1990	Fouad และ คณะ	1.Exact-A-Pex 2.Endocater 3.Neosono-D 4.Apex Finder 5.Sono-Explorer	20	1.Exact-A-Pex =55% 2.Endocater =75% 3.Neosono-D =70% 4.Apex Finder =67% 5.Sono-Explorer =75%	ความยาวจริง
15	1990	McDonald และ Hovland	Endocater	76	93.40%	ความยาวจริง
16	1990	Stein และคณะ	Neosono-D	47	57.45%	ความยาวจริง
17	1991	Keller และคณะ	Endocater	99	1.ภาพถ่ายรังสี=80.2% 2.Endocater =51.5%	ความยาวจริง
18	1991	Ricard และ คณะ	RCM Mark II	37	86.50%	ความยาวจริง

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัด ความยาว รากฟัน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ความแม่นยำ	ศึกษา เปรียบเทียบ กับ
19	1991	Stein และ Corcoran	Neosono-D	47	55.32%	ความยาวจริง
20	1992	Wu และคณะ	Sono-Explorer Mark III	20	77.50%	ความยาวจริง
21	1993	Frank และ Torabinejad	Endex	185	89.64%	ภาพถ่ายรังสี
22	1993	Hembrough และคณะ	Sono-Explorer Mark III	52	1.ถ่ายภาพรังสี=88.46% 2.Sono-Explorer Mark III =73.07%	ความยาวจริง
23	1994	Pallares และ Faus	1.Odontometer 2.Endocater	116 (34 ซี่)	1.Odontometer ;79.3% (ไม่แห้ง) , 84.8%(แห้ง) 2.Endocater ;88.7% (ไม่แห้ง) , 89.6%(แห้ง)	ความยาวจริง
24	1996	Lauper และ คณะ	1.Apit 2.Odontometer	30	1.Apit =93% 2.Odontometer =73%	ความยาวจริง
25	1996	Shabahang และคณะ	Root ZX	26	96.20%	ความยาวจริง
26	1997	Vajrabhaya และ Tepmongkol	Root ZX	20	100%	ความยาวจริง
27	1998	Dunlap และ คณะ	Root ZX	35	82.35%	ความยาวจริง
28	1998	Pagavino และ คณะ	Root ZX	35	82.75%	ความยาวจริง
29	2526	อมรา ม่วงมิ่งสุข	Endodontic meter	96	78.12%	ภาพถ่ายรังสี
30	2540	ละอองทอง วัชรภักย์	Root ZX	161	94.40%	ภาพถ่ายรังสี

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัด ความยาว รากฟัน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ความแม่นยำ	ศึกษา เปรียบเทียบ กับ
31	2542	เจนจิรา ธนศิริวินิชัย และ จินตรี สาครบุตร	Root ZX	28	93%	ภาพถ่ายรังสี

การศึกษาทางห้องปฏิบัติการ (in vitro)

เป็นการใช้แบบศึกษาที่ลอกเลียนสภาวะจริงในคลินิก ซึ่งมีผู้ทำการศึกษาแตกต่างกันออกไป (เจนจิรา ธนศิริวินิชัย และ จินตรี สาครบุตร, 2543; Fouad และ Krell, 1989; Fouad และคณะ, 1993; Czerw และคณะ, 1994, 1995; Felipe and Soares, 1994; Kaufman และคณะ, 1997; Ounsi และ Haddad, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าทางห้องปฏิบัติการ

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำ การศึกษา	เครื่องวัด ความยาวราก	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	แบบ ศึกษา	ความแม่นยำ	ศึกษา เปรียบเทียบ กับ
1	1989	Fouad และ Krell	1.Exact-A-Pex 2.Endocater 3.Neosono-D 4.Apex Finder 5.Sono-Explorer	20	Agar (Aurelio JA.) and modified (0.8-1%)	1.Exact-A-Pex =95% 2.Endocater =79% 3.Neosono-D =100% 4.Apex Finder =85% 5.Sono-Explorer=80%	ความยาวจริง

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัดความยาวราก	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	แบบศึกษา	ความแม่นยำ	ศึกษาเปรียบเทียบกับ
2	1993	Fouad และคณะ	1.Endex 2.Exact-A-Pex 3.Sono-Explorer 4.Neosono-D	60 (กลุ่มละ 30 ซี่)	Agar (Aurelio JA.) and modified (1%)	<p>กลุ่มแรก (<0.3 มม.)</p> <p>1.Endex =73-90%</p> <p>2.Exact-A-Pex =37-67%</p> <p>3.Sono-Explorer =57-77%</p> <p>4.Neosono-D=50-73%</p> <p>กลุ่มสอง (>0.3 มม.)</p> <p>1.Endex =57-90%</p> <p>2.Exact-A-Pex =20-77%</p> <p>3.Sono-Explorer =53-73%</p> <p>4.Neosono-D=7-53%</p>	ความยาวจริง
3	1994	Czerw และคณะ	1.Exact-A-Pex 2.Foramatron IV	45	Gelatin (Donnelly JC.)	เหมือนความยาวจริง	ความยาวจริง
4	1994	Felippe และ Soares	Apit	350	Agar (Aurelio JA.)	96.57%	ความยาวจริง
5	1995	Czerw และคณะ	1.Digipex III 2.Root ZX 3.Apex Finder 4.Neosono MC	30	Gel (Donnelly JC.)	<p>1.Digipex III =100%</p> <p>2.Root ZX =100%</p> <p>3.Apex Finder =83.4%</p> <p>4.Neosono MC =90%</p>	ความยาวจริง
6	1997	Kaufman และคณะ	1.Root ZX 2.Sono-Explorer Mark II 3.Apit III(Endex)	30	Alginate	<p>1.Root ZX =95.4%</p> <p>2.Sono-Explorer Mark II =88.5%</p> <p>3.Apit III(Endex) =85%</p>	ความยาวจริง
7	1998	Ounsi และ Haddad	Endex	37	Gel (Donnelly JC.)	<p>1.ถ่ายภาพรังสี=97.06%</p> <p>2.Endex =84.56%</p>	ความยาวจริง

ลำดับที่	ปี	ผู้ทำการศึกษา	เครื่องวัดความยาวราก	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	แบบศึกษา	ความแม่นยำ	ศึกษาเปรียบเทียบกับ
8	1999	Ounsi และ Naaman	Root ZX	39	Gel (Donnelly J.C.)	84.72%	ความยาวจริง
9	2543	เจนจิรา ธนศิริวินิชชัย และ จินตวี สาคกรบุตร	Root ZX	50	ฟองน้ำที่มีน้ำเกลือ 0.9%	1.การถ่ายภาพรังสี=88% 2.Root ZX =88%	ความยาวจริง

จากข้อมูลเหล่านี้ สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันถาวร ทั้งการทดลองในสิ่งมีชีวิตและทางห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่พบว่ามีความแม่นยำประมาณร้อยละ 50 ขึ้นไป และถ้าเป็นเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์ มีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80

แบบศึกษาทางห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (In vitro models to study the accuracy of electronic apex locators)

การศึกษาทางห้องปฏิบัติการ อาจเกิดปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กับทางคลินิกหรือไม่ Huang (1987) ได้ทำการศึกษาความแม่นยำของการวัดของแบบศึกษาทางห้องปฏิบัติการในการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า โดยแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถบอกตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันในแบบศึกษาได้ เพราะการทำงานของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าจะใช้หลักการของกระแสไฟฟ้า (principles of electricity) ไม่ใช่คุณสมบัติทางชีววิทยาของเนื้อเยื่อ (biological properties of tissue) ตามทฤษฎีเดิมของ Sunada เมื่อจำลองมาทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยนำฟันที่ถอนมาและใส่ลงในสื่อกลาง (media) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับความต้านทานไฟฟ้าของเนื้อเยื่อปริทันต์ พบว่าได้ผลเหมือนกับการทดลองในคลินิก ด้วยเหตุผลดังกล่าวก็สามารถหาข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการทำงานของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในแบบศึกษาได้ ตัวอย่างแบบศึกษาทางห้องปฏิบัติการที่ใช้ศึกษามีดังนี้

1. สารละลายน้ำเกลือ มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (0.9% solution of NaCl) ใช้ในการศึกษาของ Huang, 1987; Kobayashi และ Suda, 1994; Weiger และคณะ, 1999

2. ฟองน้ำที่มีสารละลายน้ำเกลือ คือ ฟองน้ำรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ที่มีสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.9 เป็นอิเล็กโตรไลต์ ใช้ในการศึกษาของ เจนจิรา ธนศรีวินิชัย และจินตวี สาคกรบุตร, 2543

3. วุ้น หรือ เจล (agar or gelatin)

3.1 A heated agar solution ; Bacto - Agar; Difco Laboratories, Detroit, MI : 2g in 100 ml of phosphate-buffered saline (NaCl,9 g; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,1.43g; KH_2PO_4 ,0.18g; H_2O ,1L) นำมาใช้โดย Aurelio และคณะ, 1983 และยังมีกรใช้แบบศึกษานี้ในการศึกษาของ Fouad และ Krell, 1989; Saito และ Yamashita, 1990; Fouad และคณะ, 1993; Felipe และ Soares, 1994; Ibarrola และคณะ, 1999

ข้อดี

- เสียค่าใช้จ่ายในการทำแบบศึกษาน้อย
- แบบศึกษามีความเชื่อถือได้
- แบบศึกษาง่ายต่อการมอง และง่ายต่อการถ่ายภาพรังสี เพื่อดูตำแหน่งของเครื่องมือในคลองรากฟัน

3.2 Gelatin; 0.3-oz package of sugar-free Jell-O (Kraft General Foods, Inc., White Plains, NY) and 0.9% Sodium Chloride Solution :100 ml , USP (Travenol Laboratories, Inc., Deerfield, IL) นำมาใช้โดย Donnelly, 1993 และยังมีกรใช้แบบศึกษานี้ในการศึกษาของ Czerw และคณะ, 1994, 1995; Ounsi และ Haddad, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999; Jerkins และคณะ, 2001

ข้อดี

- มีความแม่นยำ

4. อัลจิเนต (alginate) นำมาใช้โดย Kaufman และ Katz, 1993 และยังมีกรใช้แบบศึกษานี้ในการศึกษาของ Keila และคณะ, 1994; Fuss และคณะ, 1996; Katz และคณะ, 1996; Nguyen และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997

ข้อดี

- มีความยืดหยุ่น (elasticity) และความหนืด (viscosity) สูง

- มีความแม่นยำ
- มีความเชื่อถือได้
- ใช้งาน และแบบศึกษาไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา
- อัลจินेटมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะยึดฟัน และสามารถขยายคลองรากฟันได้ในขณะ

ที่ฟันยึดอยู่ในอัลจินेट

- ผู้ทำการทดลองไม่สามารถเห็น (blinded) ตำแหน่งของปลายไฟล์ที่อยู่ภายในคลองรากฟัน

Czerw และคณะ, 1994; Fuss และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997 แสดงความคิดเห็นว่าการเลือกใช้แบบศึกษาทางห้องปฏิบัติการขึ้นอยู่กับการใช้ของแต่ละบุคคล

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนม

Katz และคณะ (1996) ทำการศึกษาทางห้องปฏิบัติการในฟันน้ำนม 20 ซี่ ใช้วัสดุพิมพ์ปากอัลจินेटเป็นแบบศึกษา เพื่อเปรียบเทียบการวัดความยาวรากฟันน้ำนมโดยใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์และการถ่ายภาพรังสีเทียบกับความยาวจริง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเดียวที่สนับสนุนเกี่ยวกับการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมว่ามีความแม่นยำ ดังนั้นน่าจะมีส่วนเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนม เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องวัดนี้ในทางคลินิกต่อไป

ข้อจำกัดของความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

1. คลองรากฟันที่มีสภาพเป็ยกขึ้น

มีหลายการศึกษาแสดงความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าเมื่อวัดในสภาพคลองรากฟันที่แห้ง เช่น เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Sono-Explorer ในการศึกษาของ O'Neill, 1974; Plant และ Newman, 1976; Trope และคณะ, 1985 ต่อมามีการพัฒนาเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Apit (Endex in United states; Osada Electronics, Tokyo, Japan) ในการศึกษาของ Saito และ Yamashita, 1990; Fouad และคณะ, 1993; Frank และ Torabinejad, 1993 และเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Root ZX (J. Morita Co., Kyoto, Japan) ในการศึกษาของ Kobayashi และ Suda, 1994 เครื่องวัดสองชนิดหลังนี้มีความแม่นยำสูง แม้ในคลองรากฟันจะมีสภาพที่มี

ความขึ้นเป็นลื่อนำกระแสไฟฟ้า (electroconductive conduction) ซึ่งสามารถนำประโยชน์มาใช้ทางคลินิกได้

2. ลักษณะรากฟันที่มีรูเปิดปลายรากฟันที่กว้าง (wide apical foramen) หรือไม่ปิด

มีการศึกษาในฟันที่มีรูเปิดปลายรากฟันที่กว้าง เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้ค่าความยาวรากฟันที่สั้นกว่าความเป็นจริง ซึ่งมีผลต่อความแม่นยำ (Berman และ Freischman, 1984; Huang, 1987; Hulsmann และ Pieper, 1989; Saito และ Yamashita, 1990; Fouad และคณะ, 1993; Kaufman และ Katz, 1993) การศึกษาเหล่านี้พบว่ามีการผันแปรแตกต่างกันไป ตามแต่การวิเคราะห์ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเปิดปลายรากฟันที่มีผลต่อความแม่นยำ คือ 0.2 มิลลิเมตร (Huang, 1987) 0.3 มิลลิเมตร (Fouad และคณะ, 1993) หรือ 0.62 มิลลิเมตร (Saito และ Yamashita, 1990) และการทดลองใช้หลอดแก้วเป็นการเลียนแบบคลองรากฟันซึ่งมีปลายเปิดตั้งแต่ 0.4 มิลลิเมตรขึ้นไปจะทำให้ความแม่นยำลดลง (Huang, 1987)

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่าค่าความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในบางการศึกษามีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณร้อยละ 50 อาจจะมาจก 2 กรณีหลัก คือ การควบคุมความขึ้นในขณะที่ทำการศึกษา และอีกกรณีคือการควบคุมวิธีการทดลองเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ในประเด็นการควบคุมความขึ้นจะเห็นได้ว่าในยุคแรกการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า จำเป็นต้องทำในคลองรากฟันที่แห้ง แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องวัดออกมาหลายชนิดที่อาศัยหลักการทำงานของกระแสไฟฟ้าสองความถี่ ซึ่งมีผลให้สามารถวัดความยาวรากฟันในสถานะที่มีเลือด หนอง หรือน้ำยาล้างคลองรากฟันต่างๆ ได้ ซึ่งสามารถแสดงได้ชัดเจนในการศึกษาของ Fouad และคณะ (1993) ที่ศึกษาการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดต่างๆ ได้แก่ Endex Sono-Explorer Exat-a-pex และ Neosono-D ในสถานะที่แห้งและสถานะที่มีน้ำยาต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า Endex เป็นเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าที่ใช้หลักการทำงานของกระแสไฟฟ้าสองความถี่มีค่าความแม่นยำสูงกว่า Sono-Explorer Exat-a-pex และ Neosono-D

ในแง่การควบคุมวิธีการทดลอง เช่น Inoue และ Skinner (1985) ศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Sono-Explorer Mark III โดยใช้ตำแหน่ง

อ้างอิงจากภาพถ่ายรังสี และได้ค่าความแม่นยำตรงออกมาค่อนข้างต่ำ คือประมาณร้อยละ 50 ประเด็นที่น่าจะพิจารณา คือ รูเปิดปลายรากฟันอาจจะไม่เป็นตำแหน่งเดียวกับส่วนปลายของ รากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี ดังนั้นการใช้ปลายรากฟันในภาพรังสีอ้างอิงเพื่ตัดสันความ แม่นตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าอาจจะไม่ถูกต้องสักทีเดียว ส่วนการ ศึกษาของ Stein และ Corcoran (1991) แสดงผลความแม่นยำตรงออกมาค่อนข้างต่ำเช่นเดียวกัน (ประมาณร้อยละ 50) โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิงในการทดลอง คือ ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน ผู้ทำการวิจัยได้กล่าวว่าตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่มองยาก มีลักษณะเป็นคลื่น จากข้อความนี้ทำให้ ทราบว่า ถ้าการทดสอบความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าใช้ตำแหน่ง อ้างอิงที่ไม่ชัดเจน อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

ส่วนการเปรียบเทียบความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้ากับ วิธีการใช้ความรู้สึกสัมผัส เช่น Seidberg และคณะ (1975) แสดงผลการศึกษาว่าการใช้ความรู้สึก สัมผัส (64%) มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Sono-Explorer (48%) โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิงจากภาพถ่ายรังสี เหตุผลก็เหมือนกับที่กล่าวมา ข้างต้น ทั้งวิธีการใช้ความรู้สึกสัมผัส เป็นลักษณะความชำนาญส่วนบุคคล ไม่สามารถอธิบายชี้ชัด ได้แน่นอน และไม่ใช่วิธีมาตรฐาน

การเปรียบเทียบความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้ากับ การถ่ายภาพรังสี คงเป็นประเด็นที่น่าจับตามองที่สุด เพราะวิธีการถ่ายภาพรังสีเป็นวิธีมาตรฐานที่ ใช้กันอยู่ในการหาความยาวรากฟันถาวร จึงมีการศึกษามากมายที่เปรียบเทียบทั้งสองวิธีการนี้ และผลการศึกษาพบว่าแย้งกันตามแต่ละวิธีการศึกษา เช่น การศึกษาของ Bramante และ Berbert, 1974; Chunn และคณะ, 1981; Keller และคณะ, 1991; Hembrough และคณะ, 1993; Ounsi และ Haddad, 1998 ซึ่งให้ผลว่าการถ่ายภาพรังสีมีความแม่นยำตรงกว่าการใช้ เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ส่วนบางการศึกษาก็ให้ผลที่ขัดแย้งพบว่าการใช้ เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าให้ผลที่แม่นยำตรงกว่าการถ่ายภาพรังสี เช่น การศึกษา ของ Plant และ Newman, 1976; Pratten และ McDonald, 1996

จากการศึกษาดังกล่าวในฟันถาวรทำให้ไม่สามารถชี้ลงไปแน่ชัดได้ว่าจะเลือกวิธีการใดใน การหาความยาวรากฟัน เพราะการถ่ายภาพรังสียังจำเป็นต้องใช้ในการมองภาพรวมก่อนการ รักษา โดยภาพถ่ายรังสีให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟัน และลักษณะรูปร่าง ของรากฟัน (เจนจิรา ธนศรีวินิชชัย และ จินตวี สาครบุตร, 2543; McDonald, 1992; Hembrough และคณะ, 1993; Gutman และคณะ, 1997; Vajrabhaya และ Tepmongkol,

1997) แต่ในบางครั้งผู้ป่วยที่มีปัญหาทำให้ไม่สามารถถ่ายภาพรังสีได้ เช่น ผู้ป่วยที่อาเจียนง่าย หรือมีการอุดตันของลักษณะทางกายวิภาคของฟัน และโครงสร้างของกระดูกรอบๆ ฟัน เช่น การศึกษาของ Bramante และ Berbert (1974) ที่พบว่า การถ่ายภาพรังสีให้ผลดีกว่าการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า ยกเว้นตำแหน่งรากฟันด้านเพดานปาก จากเหตุผลดังกล่าวนี้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้ามาใช้ร่วมด้วย มีการปรับปรุงการทำงานของเครื่องจนมีความแม่นยำตรงค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า เช่น Apit III (Endex) Root ZX Sono Explorer Mark II สามารถตรวจพบรอยทะลุ (perforation) และค่าที่วัดได้เป็นที่ยอมรับทางคลินิก (Nahmias, 1983; Fuss และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997) และลดจำนวนการถ่ายภาพรังสี แต่ก็มีข้อจำกัดในฟันที่มีการปิดของรากฟันยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งยังคงเป็นปัญหาอยู่

การศึกษาในฟันน้ำนมเกี่ยวกับความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้ายังมีน้อย เนื่องจากลักษณะกายวิภาคที่ซับซ้อน การละลายรากฟันที่เกิดขึ้นทันทีหลังฟันสร้างสมบูรณ์แล้ว ซึ่งถ้ารากฟันที่มีการละลายมากกว่าหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติไม่เหมาะที่จะเก็บฟันซี่นี้ไว้ ปัจจุบันยังไม่มียุทธวิธีวัดความยาวรากฟันน้ำนมที่แม่นยำ และเชื่อถือได้ ดังนั้นการหาวิธีหาความยาวรากฟันน้ำนมที่เชื่อถือได้จึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนมที่มีการละลายของรากฟันที่ระดับต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางพื้นฐานในการตัดสินใจประยุกต์ใช้ในทางคลินิกในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรเป้าหมาย (Target population)

ฟันน้ำนม

2. ประชากรตัวอย่าง (Sample population)

ฟันกรามน้ำนมบนและล่างที่ถูกถอนจากผู้ป่วยด้วยเหตุผลจากรอยโรค เช่น โรคฟันผุ โรคปริทันต์ หรือจากเหตุผลอื่น ๆ จากแหล่งต่างๆ ที่ให้บริการทางทันตกรรม

พื้ที่นำมาศึกษา (inclusion criteria)

ฟันกรามน้ำนมบนและล่างมีการสร้างรากฟันสมบูรณ์ และรากฟันเหลือไม่น้อยกว่าสองในสามของความยาวรากฟันปกติ โดยใช้เกณฑ์ความยาวรากฟันเฉลี่ยที่ทำการศึกษาโดย Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) อย่างน้อย 1 ราก หากมีมากกว่า 1 ราก จะต้องสุ่มเลือกรากใดรากหนึ่งโดยวิธีการจับสลาก แล้วมีการระบุรากที่ต้องการทดสอบ จากนั้นก็นำมาแบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

พื้ที่ไม่นำมาศึกษา (exclusion criteria)

1. รากฟันมีรอยแตกและร้าว
2. คลองรากฟันที่มีการอุดตัน
3. ฟันมีการสูญเสียเนื้อฟันมากจนไม่สามารถวางแผ่นพลาสติกบนด้านบดเคี้ยวของฟันเพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการวัดได้
4. ฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุที่เป็นโลหะ
5. ฟันที่สงสัยว่ามีความผิดปกติต่าง ๆ (any doubtful teeth)

3. กลุ่มตัวอย่าง

จัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม

- 3.1 ความยาวรากฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ
- 3.2 ความยาวรากฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ

โดยมีการคัดเลือกฟันกรามน้ำนมบนและล่าง ที่ถูกถอนจากผู้ป่วยด้วยเหตุผลจากรอยโรค เช่น โรคฟันผุ โรคปริทันต์ หรือจากเหตุผลอื่น ๆ จากแหล่งต่างๆ ที่ให้บริการทางทันตกรรม

จำนวนกลุ่มละ 62 ซี่ ซึ่งขนาดกลุ่มตัวอย่างนี้ได้มาจากคำนวณการศึกษานำร่อง ฟันน้ำนมในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ถูกเก็บอยู่ในสารละลายฟอร์มาลิน มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (เจนจิรา ธนศรีวณิชชัย และ จินตวี สาครบุตร, 2543; Fuss และคณะ, 1996; Nguyen และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997)

4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ วิธีการวัดความยาวฟันน้ำนม (method)

ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ค่าความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ และค่าความยาวจริงของฟันน้ำนม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ (Root ZX) รุ่น RCM-1, J.morita, Japan
2. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscope) รุ่น SZH10, Olympus Optical Co., Japan
3. เครื่องฉายแสงที่ให้แสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร (Curing light XL 3000, 3M Co., USA)
4. ชุดตรวจ ประกอบด้วย ถาดวางเครื่องมือ กระดาษสองปาก ปากคีบสำลี และ เอกซ์พลอเรอร์ (explorer)
5. หัวกรอรูปทรงต่างๆ เช่น รูปเฟลม รูปทรงกระบอก
6. กล้องพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 เซนติเมตร ความสูง 2.5 เซนติเมตร
7. แผ่นพลาสติกใสมีความหนา 1 มิลลิเมตร ความกว้าง 15 มิลลิเมตร และความยาว 15 มิลลิเมตร
8. ไฟล์ชนิดเค (file type K) ขนาดต่างๆ (Mani, Matsutani Seisakusho Co., Japan)
9. บาร์บโบรช (barbed broach) ขนาดต่างๆ (Mani, Matsutani Seisakusho Co., Japan)
10. วัสดุพิมพ์ปากอัลจินेट จากบริษัทเด็นท์สพลาย (Jeltrate, Dentsply Inc., USA)
11. วัสดุคอมโพสิตความหนืดต่ำชนิดแข็งตัวด้วยแสง (Light-curing flowable microhybrid composite : Tetric[®] Flow, Ivoclar Vivadent, Inc., USA)
12. กระบอกฉีดยา ขนาด 10 มิลลิลิตร เข็มเบอร์ 26 ยาว 25 มิลลิเมตร
13. สารละลายน้ำเกลือมีความเข้มข้นร้อยละ 0.9

14. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีความเข้มข้นร้อยละ 5.25
15. เครื่องมือวัดความยาวไฟล์ คือ เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นจากพลาสติกใส ใช้สำหรับใส่ไฟล์เพื่ออ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (แสดงรายละเอียดของเครื่องมือและการอ่านค่าความยาวไฟล์ ในภาคผนวก ก)
16. ไม้บรรทัดเหล็กที่มีความละเอียดตศนิยม 1 ตำแหน่ง ยาว 15 เซนติเมตร
17. ดีไวน์เดอร์ (Bow divider) รุ่น 030-395-00, Dentaurum, Germany
18. เครื่องชุดหินปูนไฟฟ้า (BOBCAT[®] 115U-25293, Densply Co., USA)
19. สำลีขนาดเล็ก
20. กาวยึดพลาสติกใส (กาวตราช้าง "อัลทีโก้", Alpha techno company, Japan)
21. พู่กัน เบอร์ 1 (โรงงานภูกันไทย สง่ามະຍຸຣະ)
22. สารละลายอีริโทรซินมีความเข้มข้นร้อยละ 6 (6 % erythrosine solution)
23. ขี้ผึ้ง (periphery wax : Surgident[®], USA)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดประชากรเป้าหมายและประชากรตัวอย่าง
2. การศึกษานำร่อง

ศึกษานำร่องโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ใช้ฟันถาวรที่ปลายรากปิด จำนวน 15 ซี่ โดยฟันที่ไม่นำมาศึกษามีเกณฑ์ดังที่กล่าวมาแล้ว การใช้ฟันถาวรในการศึกษานำร่องเพื่อทดสอบวิธีการทดลอง (Methodology) ว่าผลการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันถาวรด้วยวิธีการทดลองที่กำหนดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาด้วยวิธีการทดลองอื่นๆ ในอดีตหรือไม่ (ประมาณ 80-90%)

กลุ่มที่ 2 ใช้ฟันน้ำนม มีการแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย จำนวนกลุ่มละ 30 ซี่ เกณฑ์ในการศึกษาตามเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว

โดยฟัน 1 ซี่ ใช้รากที่มีการระบุงจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากนั้นทำการทดลองดังนี้

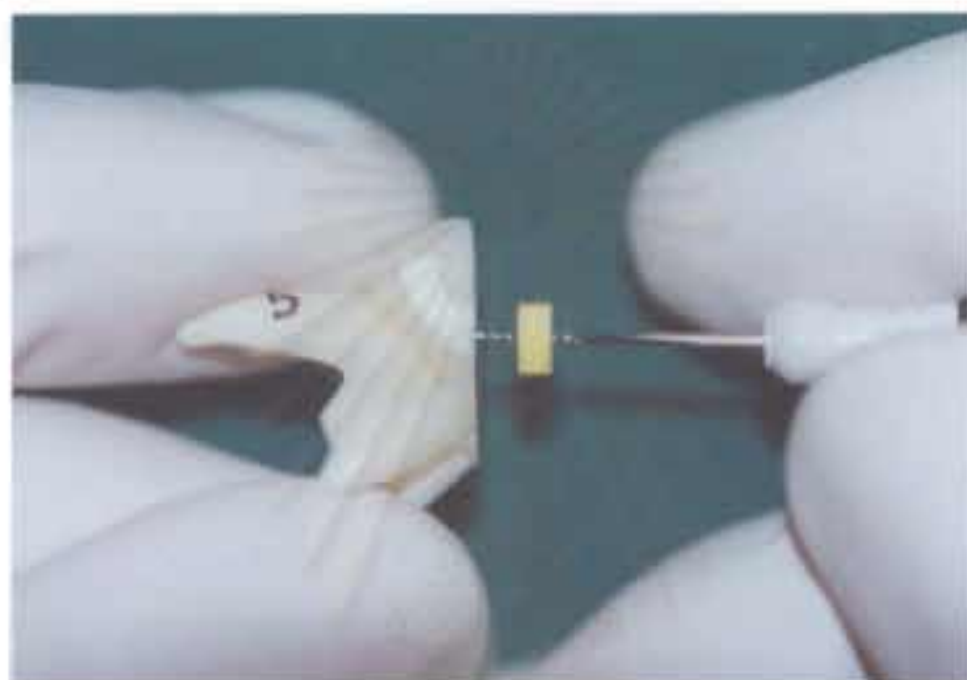
2.1 การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

2.1.1 นำฟันที่จะใช้ศึกษาตามเกณฑ์ที่กำหนดมาล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านท่อก่อนเริ่มทำการทดลอง เมื่อเริ่มทำการทดลองนำฟันมากำจัดคราบฟันและหินปูนด้วยเครื่องชุดหินปูนและแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีความเข้มข้นร้อยละ 5.25 เป็นเวลา 15 นาที เพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่ออ่อน

2.1.2 นำฟันที่เข้าเกณฑ์ทั้งหมดมาลงรหัสเลขหมาย

2.2.3 จากนั้นทำการเปิดทางเข้าสู่โพรงประสาทฟัน (access opening) ตามวิธีมาตรฐานด้วยหัวกรรณากเพชรทรงกระบอก (cylindrical diamond bur) หรือ หัวกรรณิคคาร์ไบด์ #330 (carbide#330) กับเครื่องกรอความเร็วสูง (high-speed handpiece)

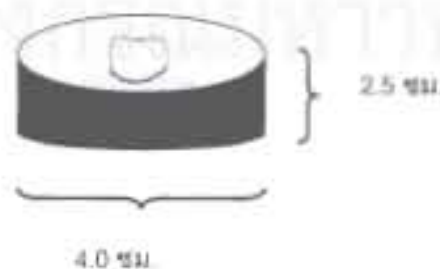
2.1.4 ตัดด้านบดเคี้ยวของฟันให้เป็นระนาบ ด้วยหัวกรรโตมชนิดรูปเฟลม ให้ได้ระนาบที่สามารถวางแผ่นพลาสติกได้พอดี และอยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับแนวแกนของฟัน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงฟันที่มีหน้าตัดด้านบดเคี้ยวตั้งฉากกับแนวแกนของฟัน

2.2 การวัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์

2.2.1 ผลมัลดีเจเนต (alginate) ตามสัดส่วนที่บริษัทกำหนด (อัตราส่วนผง 7 กรัม ต่อ น้ำ 19 มิลลิลิตร) ใส่ในกล่องพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 เซนติเมตร ความสูง 2.5 เซนติเมตร จากนั้นยึดฟันที่เตรียมไว้ด้วยอัลจีเนต แล้วรอให้อัลจีเนตจนถึงตัวเต็มที่ตั้งภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการยึดฟันด้วยอัลจีเนตในกล่องพลาสติกทรงกระบอก

2.2.2 ถ้ามีเนื้อเยื่อประสาทในโพรงประสาทฟันให้กำจัดออก ด้วยเครื่องมือ
บาร์บโบรช (barbed broach)

2.2.3 ล้างทำความสะอาดคลองรากฟันด้วยสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น
ร้อยละ 0.9

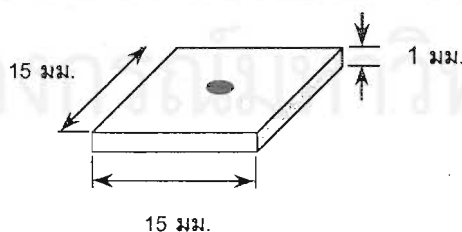
2.2.4 ใช้ลากลี้นเล็กซี่บที่ตำแหน่งโพรงในตัวฟัน (pulp chamber) โดยไม่
จำเป็นต้องซี่บผนังคลองรากฟันให้แห้ง ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ
Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Dunlap และคณะ, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999

2.2.5 เลือกขนาดไฟล์ให้เหมาะสมกับขนาดของรูเปิดปลายรากฟัน (apical
foramen) โดยการใช้ไฟล์ตั้งแต่เบอร์ 10 ค่อยๆ ไสลงไปยังปลายรากฟัน พบว่าไฟล์ขนาดเหมาะสม
คือ ไฟล์ขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถไสดึงตำแหน่งปลายราก โดยไม่ต้องออกแรงดัน

2.2.6 ต่อเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ให้ครบวงจรกระแสไฟฟ้า โดยนำ
เอาตัวคล่องริมฝีปากเสียบที่อัลจินิต และนำที่ยึดไฟล์จับไฟล์ที่เลือกไว้ในข้อ 2.2.5 โดยใส่ไฟล์ตั้ง
กล่าวลงในคลองรากฟันที่จะทำการวัด จนกระทั่งเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ปรากฏการ
กะพริบ และมีเสียงร้องแสดงค่าที่ "APEX"

2.2.7 ทำเครื่องหมายบนไฟล์ที่เลือกโดยมีรหัสเดียวกันกับพื้นที่ทำการทดลอง

2.2.8 จากนั้นนำแผ่นพลาสติกใสขนาด $1 \times 15 \times 15$ มิลลิเมตร ที่มีรูตรงกลาง
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร (ดังภาพที่ 6) มาวางบนด้านบดเคี้ยวของฟันที่
เตรียมไว้ แล้วนำไฟล์ที่เลือกไว้ในข้อ 2.2.5 ไสในรูดังกล่าว ให้ปลายไฟล์เข้าไปอยู่ในคลองรากฟัน
ที่จะวัด โดยแกนของไฟล์ตั้งฉากกับแผ่นพลาสติก จากนั้นทำการยึดแผ่นพลาสติกกับด้านบดเคี้ยว
ของฟันด้วยกาวยึดพลาสติกใส รอให้กาวแข็งตัว เพื่อให้ได้แนวทางการใส่เครื่องมือ (part of
insertion)



ภาพที่ 6 แสดงแผ่นพลาสติกใสขนาด $1 \times 15 \times 15$ มิลลิเมตรเจาะรูตรงกลาง

2.2.9 ทำการหาความยาวฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ โดยค่อยๆ ใส่ไฟล์ขนาดที่เลือกไว้ในข้อ 2.2.5 ลงไปในรูปพลาสติก และหยุดใส่ไฟล์เมื่อเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ปรากฏการกะพริบ และมีเสียงร้องแสดงค่าที่ "APEX"

2.2.10 นำวัสดุคอมโพสิตความหนืดต่ำชนิดแข็งตัวด้วยแสงที่อยู่ในกระบอบกีด (light-curing flowable composite) ชีตรอบๆ ด้ามไฟล์ในส่วนที่อยู่เหนือรับเบอร์สตอป (rubber stop) แล้วทำการฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาทีเพื่อให้วัสดุแข็งตัว

2.2.11 ใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์วัดความยาวซ้ำอีกครั้งในตำแหน่งเดิม เพื่อยืนยันความถูกต้อง เนื่องจากอาจมีการเคลื่อนที่ของไฟล์ ขณะที่ยึดด้วยวัสดุคอมโพสิตความหนืดต่ำ ถ้าค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงให้กลับไปเริ่มทำใหม่ตั้งแต่ข้อ 2.2.9

2.2.12 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง ในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.2.9 จนถึงข้อ 2.2.11 โดยใช้ไฟล์ตัวใหม่ที่มีขนาดเท่ากับที่วัดได้ในข้อ 2.2.5

2.2.13 นำไฟล์ที่ได้ทั้งหมดมาอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า (รายละเอียดในข้อ 2.4)

2.3 การวัดความยาวจริงของฟัน

2.3.1 นำฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ มาสุ่มเลือกลำดับวัดก่อนหลัง

2.3.2 ใช้ฟูกันป้ายสารละลายอิริโทรซินมีความเข้มข้นร้อยละ 6 ทาบริเวณปลายรากฟันระยะประมาณ 5-6 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน เพื่อให้เห็นขอบของตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันชัดเจน

2.3.3 นำฟันมาดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 10 เท่า (ดังภาพที่ 7) เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอให้ตำแหน่งขอบบนสุดของตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันอยู่ด้านบน จากนั้นก็กดแผ่นพลาสติกที่ติดกับฟันให้ยึดติดกับขี้ผึ้ง (periphery wax) อย่างคร่าวๆ ก่อน

2.3.4 ใช้ไฟล์ขนาดเดียวกันกับขนาดที่วัดในข้อ 2.2.5 ทำเครื่องหมายบนไฟล์ให้มีรหัสเดียวกันกับฟันที่ทำการทดลอง จากนั้นนำไฟล์ใส่ลงในคลองรากฟัน โดยผ่านรูบนแผ่นพลาสติกที่ติดกับฟันในตำแหน่งรูเดิม หมุนไฟล์จนกระทั่งปลายไฟล์โผล่ออกจากขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟัน (coronal part of apical foramen) 1 มิลลิเมตร ในทิศทางที่ตั้งฉากกับระดับขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 10 เท่า แล้วยึดแผ่นพลาสติกที่ติดกับฟันด้วยขี้ผึ้งให้แน่น จากนั้นปรับกำลังขยายจนเป็น 30 เท่า แล้วหมุนไฟล์ถอย

กลับจนกระทั่งปลายไฟส่องอยู่ในระดับขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟันพอดี ทำการทดลองโดย
ทันตแพทย์ 1 คน ดังภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 7 แสดงกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ รุ่น SZH10, Olympus Optical Co., Japan



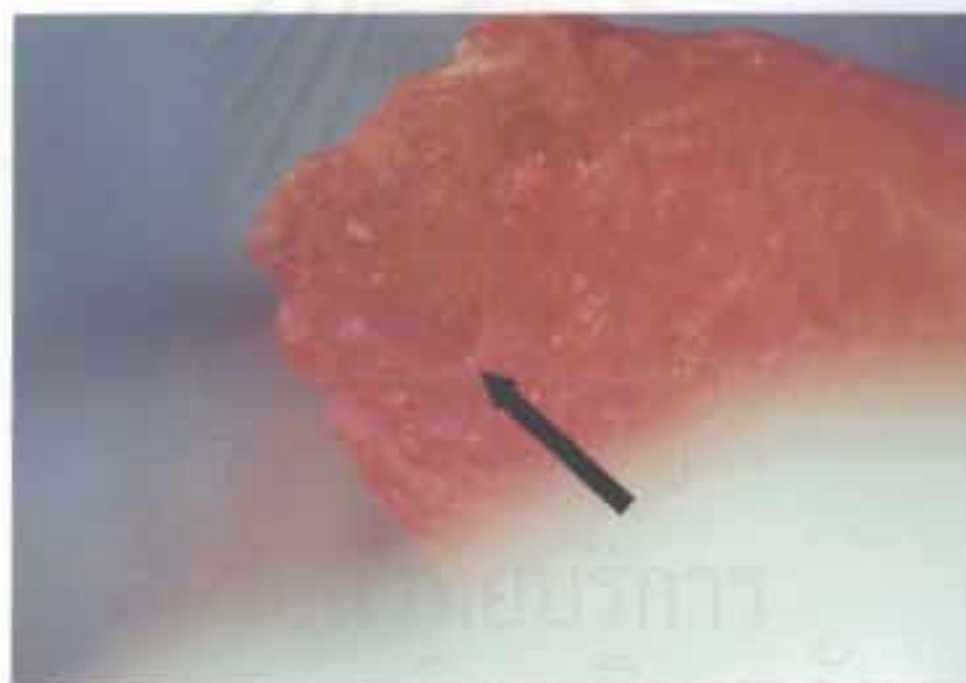
ภาพที่ 8 แสดงการวางแผ่นพลาสติกที่ติดกับฟันให้ยึดติดกับซี่ฝัง

2.3.5 นำวัสดุคอมโพสิตความเหนียวต่ำชนิดแข็งตัวด้วยแสงที่อยู่ในกระบอกล็อค (light-curing flowable composite) ฉีดระบายๆ ตามไฟล์ในส่วนที่อยู่เหนือรับเบอร์สโตป (rubber stop) แล้วทำการฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาทีเพื่อให้วัสดุแข็งตัว

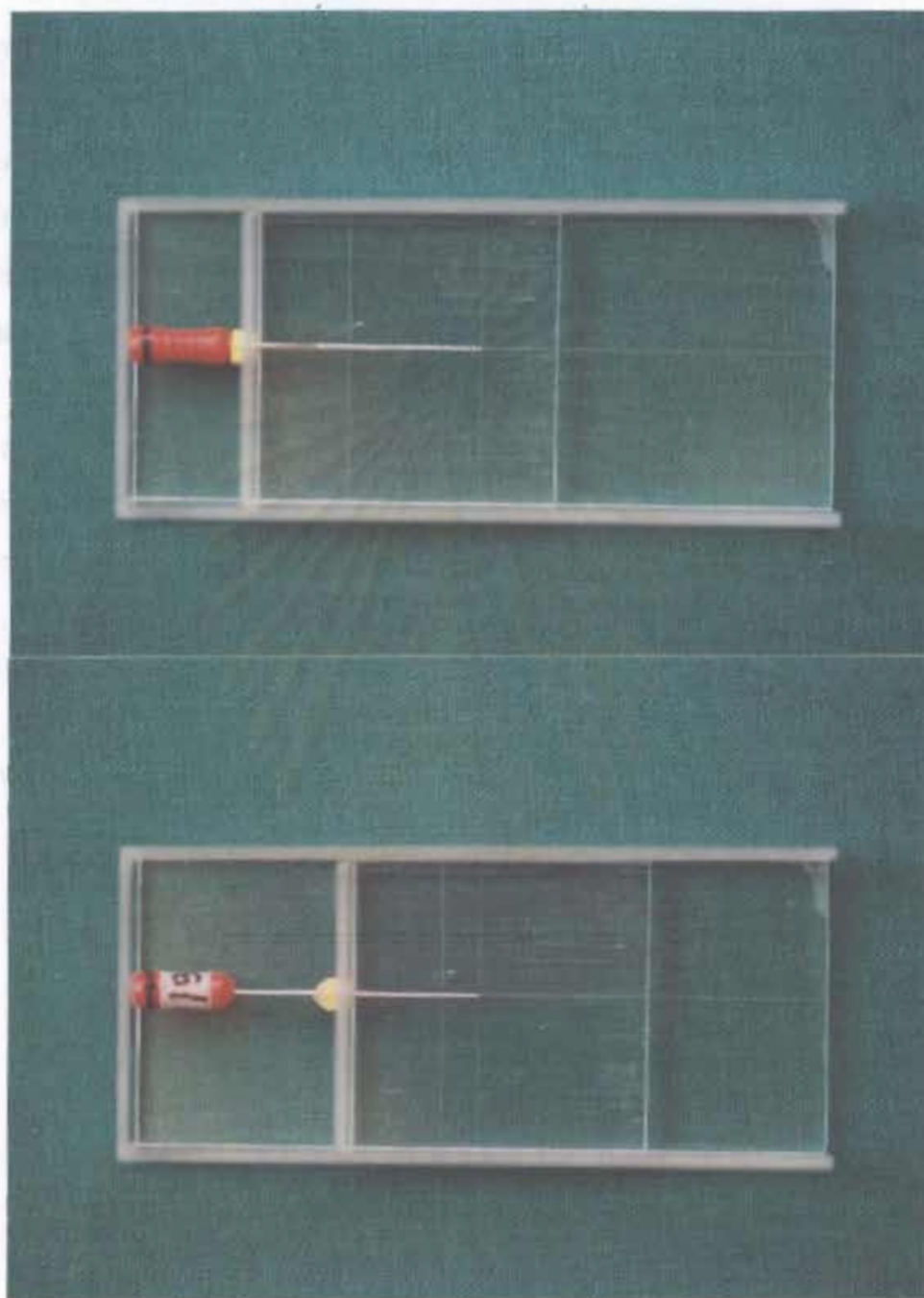
2.3.6 ดูตำแหน่งปลายไฟล์ซ้ำอีกครั้ง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 30 เท่า ถ้าตำแหน่งที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง ให้ทำขั้นตอนต่อไป แต่ถ้าตำแหน่งที่ได้เปลี่ยนแปลงให้กลับไปเริ่มทำใหม่ตั้งแต่ข้อ 2.3.4

2.3.7 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง ในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.3.3 จนถึงข้อ 2.3.6 โดยใช้ไฟล์ตัวใหม่ที่มีขนาดเท่ากับตัวในข้อ 2.2.5

2.3.8 นำไฟล์ที่ได้ทั้งหมดมาอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า (รายละเอียดในข้อ 2.4)



ภาพที่ 9 แสดงปลายไฟล์ที่อยู่ในระดับขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟัน



ภาพที่ 10 แสดงการอ่านความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

3. ทดสอบความแม่นยำในการวัด (reliability)

การทดสอบความแม่นยำในการวัดของทันตแพทย์ (intraexaminer reliability) โดยการนำเอาฟันที่ใช้ในการศึกษานำร่อง คือ ฟันถาวร จำนวน 15 ซี่ และฟันน้ำนม จำนวนกลุ่มละ 30 ซี่ นำฟันแต่ละซี่มาวัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ จำนวน 3 ครั้ง และวัดความยาวจริงภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 30 เท่า จำนวน 3 ครั้ง โดยใช้ไฟล์คนละตัว เมื่อได้ไฟล์ทั้งหมดของสองวิธีการแล้ว นำไฟล์ทั้งหมดไปอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า และนำไฟล์ตัวเดิมทั้งหมดมาอ่านค่าภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่าอีกครั้ง โดยบันทึกผลการวัดความยาวของไฟล์แต่ละครั้งห่างกันอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

นำผลที่ได้ทั้งหมดมาทดสอบความแม่นยำที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความคงที่ (coefficients of stability) หรือเรียกว่า วิธีการทดสอบซ้ำ (test-retest method) ซึ่งเป็นการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบวัดครั้งแรกกับวัดครั้งหลังด้วย Pearson product moment correlation (พรทิพย์ สงวนมิตร, 2542)

4. การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ใช้ผลจากการศึกษานำร่องของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 คือ ในฟันน้ำนม จำนวนกลุ่มละ 30 ซี่ ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง
ใช้สูตร

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{d^2}$$

โดยที่ d = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (acceptable error)
การศึกษาครั้งนี้ยอมรับความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 %
 σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละกลุ่มของกลุ่มที่ศึกษานำร่อง
 $Z_{1-\alpha/2}$ = 1.96 (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

แทนค่ากลุ่มที่ 1

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{(1.96)^2 \times (.1993)^2}{(0.05)^2} \\ &= 61.04 \end{aligned}$$

แทนค่ากลุ่มที่ 2

$$n_2 = \frac{(1.96)^2 \times (.1870)^2}{(0.05)^2}$$

$$= 53.73$$

5. ขั้นตอนดำเนินการ

5.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่ได้กล่าวมาแล้วโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ

62 ชี

5.2 การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

วิธีการเหมือนการศึกษานำร่อง

5.3 การวัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์

วิธีการเหมือนการศึกษานำร่อง

5.4 การวัดความยาวจริงของฟัน

วิธีการเหมือนการศึกษานำร่อง

5.5 การอ่านความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า

วิธีการเหมือนการศึกษานำร่อง

เท่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำข้อมูลที่อ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่าในครั้งแรกมาวิเคราะห์ โดยอ่านค่าความยาวไฟล์ จากสเกลที่ปรากฏภายในกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ มีหน่วยเป็นช่อง และแปลงเป็นหน่วยมิลลิเมตร โดย 15 ช่อง เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ดังนี้

1. ค่าความยาวไฟล์จากการวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยมีหน่วยเป็นช่อง จากนั้นแปลงเป็นหน่วยมิลลิเมตร
2. ค่าความยาวไฟล์จากการวัดความยาวจริง 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยมีหน่วยเป็นช่อง จากนั้นแปลงเป็นหน่วยมิลลิเมตร

หาค่าความยาวฟันได้จากการใช้ค่าความยาวไฟล์บวก 10 มิลลิเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลจากค่าความยาวฟันที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล คือ

1. เปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมจากการวัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง โดยใช้สถิติแพร์ ที เทสต์ (paired t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
2. ศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม คือ ร้อยละของจำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างกับความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร โดยค่าที่เป็นบวกแสดงถึงความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์มีค่ามากกว่าความยาวจริง และค่าที่เป็นลบแสดงถึงความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์มีค่าน้อยกว่าความยาวจริง

การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS 9.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงวิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นเตรียมการ

กำหนดประชากรเป้าหมายและประชากรตัวอย่าง

↓
ศึกษานำร่อง

↓
พื้นที่ (15 ซี่)

↓
พื้นน้ำนม (2 กลุ่มๆ ละ 30 ซี่)

โดยพื้นที่แต่ละซี่ยจะถูกวัดความยาวพื้นด้วยเครื่องวัดความยาวรากพื้นรูทซีเอกซ์ 3 ครั้ง และวัดความยาวจริง 3 ครั้ง

↓
ทดสอบความแม่นยำในการวัด

↓
คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาของแต่ละกลุ่ม

ขั้นดำเนินการ

การเตรียมกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มๆ ละ 62 ซี่

↓
การวัดความยาวพื้นด้วยเครื่องวัดความยาวรากพื้นรูทซีเอกซ์

↓
การวัดความยาวจริงของพื้น

ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ใน
ฟันน้ำนมที่มีการละลายของรากฟันระดับต่างกัน 2 ระดับ

กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนทั้งหมด 124 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างนี้ได้มาจากการคำนวณ
ผลการศึกษานำร่อง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 คือ ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ
จำนวน 62 ตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 คือ ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาว
รากฟันปกติ จำนวน 62 ตัวอย่าง

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ
ดังตารางที่ 7-9

1.1 จำนวนฟันกรามน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา 62 ตัวอย่าง

1.2 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 10.1452 ± 0.8655
มิลลิเมตร (ความยาวรากฟัน \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1

ฟันน้ำนม	จำนวน (ซี่)
ฟันกรามบนซี่ที่ 1	4
ฟันกรามบนซี่ที่ 2	12
ฟันกรามล่างซี่ที่ 1	11
ฟันกรามล่างซี่ที่ 2	35
รวม	62

ตารางที่ 8 แสดงชนิดของรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1

ฟันน้ำนม		จำนวน (ซี่)
บน	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	9
	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	4
	รากด้านเพดาน	3
ล่าง	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	21
	รากด้านลิ้น - ไกลกลาง	7
	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	12
	รากด้านลิ้น - ไกลกลาง	6
รวม		62

ตารางที่ 9 แสดงค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1

ความยาวรากฟัน (มิลลิเมตร)	จำนวน (ซี่)
8.5	3
9.0	6
9.5	9
10.0	21
10.5	9
11.0	6
11.5	6
12.0	1
12.5	1
รวม	62

2. กลุ่มที่ 2 : พันธุ์น้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาว รากฟันปกติ ดังตารางที่ 10 -12

2.1 จำนวนพันธุกรรมน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา 62 ตัวอย่าง

2.2 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 8.1210 ± 0.7393

มิลลิเมตร (ความยาวรากฟัน \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนพันธุกรรมน้ำนมในกลุ่มที่ 2

พันธุ์น้ำนม	จำนวน (ซี่)
พันธุกรรมบนซี่ที่ 1	17
พันธุกรรมบนซี่ที่ 2	14
พันธุกรรมล่างซี่ที่ 1	12
พันธุกรรมล่างซี่ที่ 2	19
รวม	62

ตารางที่ 11 แสดงชนิดของรากพันธุกรรมน้ำนมในกลุ่มที่ 2

พันธุ์น้ำนม		จำนวน (ซี่)
บน	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	9
	รากด้านแก้ม - ใกล้กลาง	7
	รากด้านเพดาน	15
ล่าง	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	3
	รากด้านลิ้น - ไกลกลาง	7
	รากด้านแก้ม - ใกล้กลาง	11
	รากด้านลิ้น - ใกล้กลาง	10
รวม		62

ตารางที่ 12 แสดงค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2

ความยาวรากฟัน (มิลลิเมตร)	จำนวน (ซี่)
7.0	8
7.5	13
8.0	18
8.5	5
9.0	15
9.5	3
รวม	62

ค่าความยาวไฟล์

ค่าความยาวไฟล์ที่อ่านได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่า ในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข

ค่าความยาวไฟล์ที่อ่านได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่า ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค

ค่าความยาวฟัน

นำค่าความยาวไฟล์หน่วยที่เป็นช่องมาแปลงให้เป็นมิลลิเมตร โดย 1 ช่องเท่ากับ 1 มิลลิเมตร จากนั้นหาค่าความยาวฟันได้จากการใช้ค่าความยาวไฟล์บวก 10 มิลลิเมตร แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

1. กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ แสดงรายละเอียดข้อมูลในภาคผนวก ง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในภาคผนวก จ

1.1 เปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ กับ ความยาวจริง

ค่าเฉลี่ยความยาวฟันน้ำนมจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ คือ 13.2333 ± 1.2967 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยความยาวจริง คือ 13.1995 ± 1.3180 มิลลิเมตร เมื่อนำค่าเฉลี่ยความยาวฟันน้ำนมจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ และความยาวจริง มาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยสถิติชนิดแพร์ ที เทสต์ (paired t-test) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 13

เมื่อทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสหสัมพันธ์ (correlation ; r) มีค่าเท่ากับ 0.989

1.2 ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

จำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 60 ซี่ จากฟันทั้งหมด 62 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 96.77 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลต่างเท่ากับ $3.387 \times 10^{-2} \pm 0.1932$ มิลลิเมตร ดังภาพที่ 11-12

2. กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ แสดงรายละเอียดของข้อมูลในภาคผนวก ง และและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในภาคผนวก จ

2.1 เปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ กับ ความยาวจริง

ค่าเฉลี่ยความยาวฟันน้ำนมจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ คือ 11.6276 ± 1.0017 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยความยาวจริง คือ 11.6204 ± 0.9765 มิลลิเมตร เมื่อนำค่าเฉลี่ยความยาวฟันน้ำนมจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ และความยาวจริง มาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยสถิติชนิดแพร์ ที เทสต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 13

เมื่อทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.974

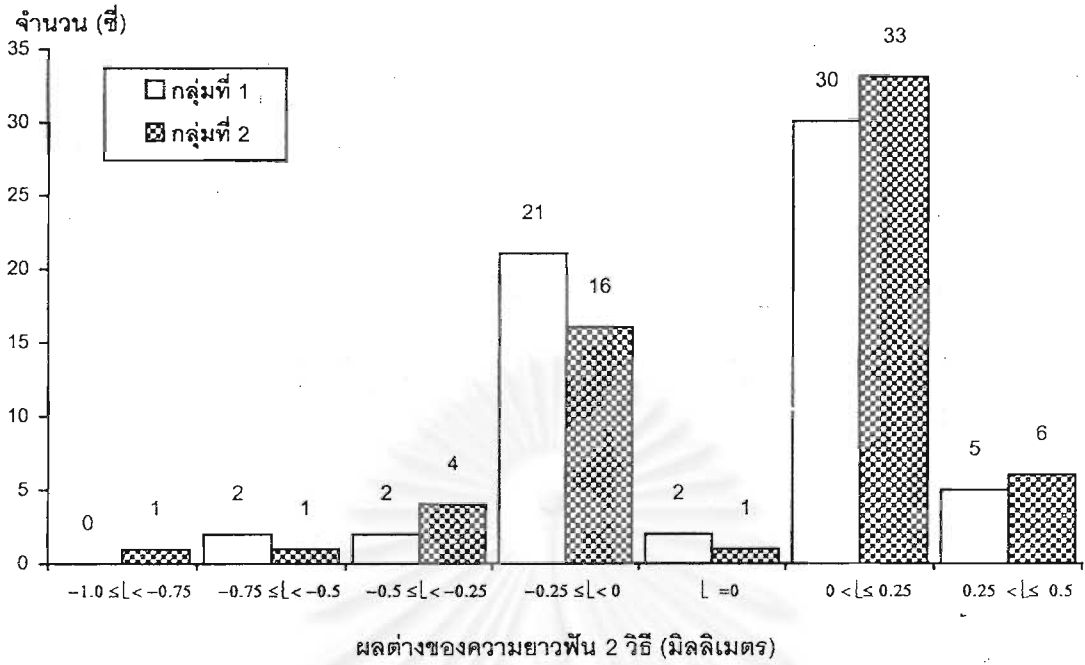
2.2 ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

จำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 60 ซี่ จากฟันทั้งหมด 62 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 96.77 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลต่างเท่ากับ $0.717 \times 10^{-2} \pm 0.2263$ มิลลิเมตร ดังภาพที่ 11-12

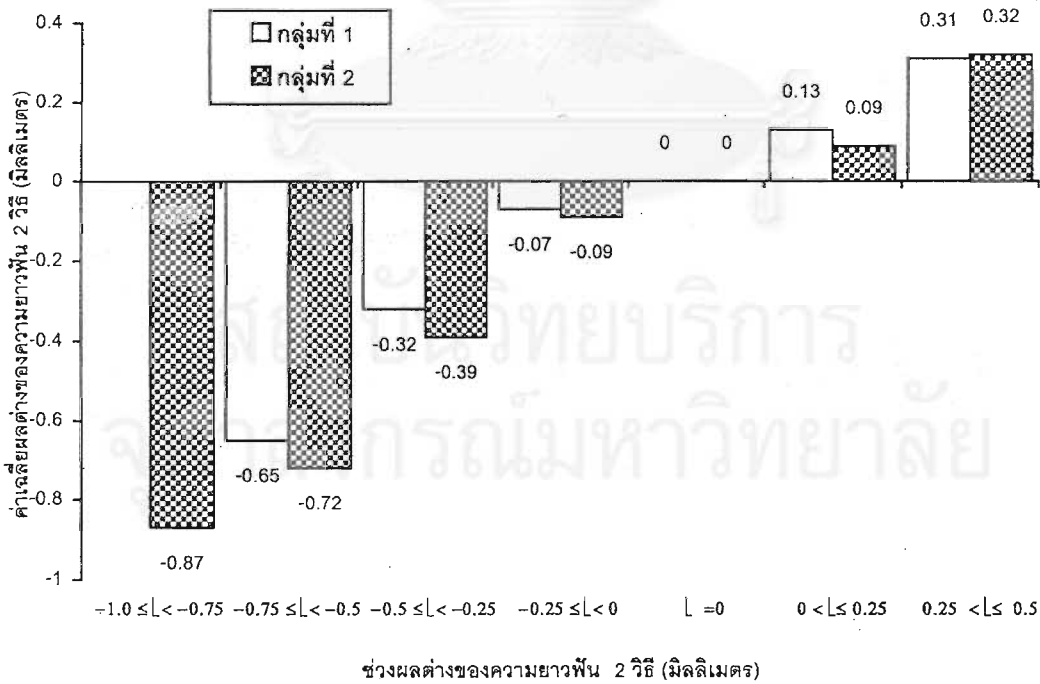
ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการวัด	ความยาวฟันน้ำนม (มิลลิเมตร)		ค่านัยสำคัญ (p-value)
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
กลุ่มที่ 1	เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์	13.2333	1.2967	0.172
	ความยาวจริง	13.1995	1.3180	
กลุ่มที่ 2	เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์	11.6276	1.0017	0.804
	ความยาวจริง	11.6204	0.9765	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 11 แสดงผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์และความยาวจริงในรูปแบบความถี่



ภาพที่ 12 แสดงผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์และความยาวจริงในรูปแบบค่าเฉลี่ย

การทดสอบความแม่นยำในการวัด

โดยการทดสอบด้วยวิธีการวัดซ้ำ ซึ่งใช้สถิติ Pearson correlation เพื่อทดสอบความสอดคล้องจากการวัดแต่ละครั้ง

โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มที่ 1 : พันน้ำมันที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 14

2. กลุ่มที่ 2 : พันน้ำมันที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 14 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 1

ความยาวฟันน้ำมัน (กลุ่มที่ 1)		สหสัมพันธ์ Correlation (r)
เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (62)	0.998572
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (62)	0.997423
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (62)	0.998669
ความยาวจริง	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (62)	0.999410
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (62)	0.999422
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (62)	0.999601
ความยาวฟันที่อ่านภายใต้ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	เครื่องวัดความยาวรากฟัน รูทซีเอกซ์ ครั้งแรก-วัดซ้ำ(186)	0.999913
	ความยาวจริง ครั้งแรก-วัดซ้ำ (186)	0.999902

ตารางที่ 15 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 2

ความยาวพินน้ำมัน (กลุ่มที่ 2)		สหสัมพันธ์ Correlation (r)
เครื่องวัดความยาวรากพินรูทซีเอกซ์	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (62)	0.997868
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (62)	0.995004
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (62)	0.995384
ความยาวจริง	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (62)	0.999046
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (62)	0.998934
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (62)	0.999190
ความยาวพินที่อ่านภายใต้ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	เครื่องวัดความยาวรากพิน รูทซีเอกซ์ ครั้งแรก-วัดซ้ำ(186)	0.999877 -
	ความยาวจริง ครั้งแรก-วัดซ้ำ (186)	0.999860

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะกายวิภาคของฟันนั้นมีความแตกต่างในแต่ละเชื้อชาติ เผ่าพันธุ์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกรรมพันธุ์และสภาวะแวดล้อมนั้นๆ (Berkovitz และคณะ, 1992) และไม่มีผู้ที่ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมในคนไทยไว้ ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้ เกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างนั้น จำเป็นต้องใช้ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมที่ศึกษาโดย Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) เพราะว่ามีผู้อ้างถึงค่าเฉลี่ยของฟันน้ำนมไว้หลายคน (Burch และ Brescia, 1961; DuBrul, 1988; Berkovitz และคณะ, 1992; Jordan และคณะ, 1992; Ash, 1993; Woelfel และ Scheid, 1997) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมกับ Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) พบว่าค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมาก และมีการแสดงจุดอ้างอิงของการวัดความยาวรากฟันไว้ คือ ระยะจากส่วนที่โค้งที่สุดของรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันและชั้นเคลือบรากฟัน จนถึงส่วนปลายสุดของรากฟัน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ได้

การศึกษาคั้งนี้เลือกฟันน้ำนมที่มีความยาวรากฟันเหลืออยู่ไม่น้อยกว่าสองในสามของความยาวรากฟันปกติ เพราะการรักษาประสาทฟันแบบพัลเพคโตมีนั้น มีข้อบ่งชี้ว่าจะต้องมีความยาวรากฟันเหลืออยู่ไม่น้อยกว่าสองในสามของความยาวรากฟันปกติ และมีข้อห้ามในการรักษาในกรณีที่ฟันน้ำนมมีการละลายตัวมากกว่าหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ (Mathewson และคณะ, 1995; Tagger, E. และ Tagger, M., 1998)

เราไม่สามารถแบ่งระดับการละลายของรากฟันน้ำนม ออกเป็นระดับที่ไม่มีการละลาย และระดับที่มีการละลาย เพราะฟันน้ำนมหลังจากที่มีการสร้างรากสมบูรณ์แล้ว จะเริ่มมีการละลายของรากฟัน (Goerig และ Camp, 1983) ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้จึงแบ่งระดับการละลาย ออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับที่มีการละลายน้อย (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ) และระดับที่มีการละลายที่มากขึ้น แต่ความยาวรากฟันยังอยู่ในระดับที่สามารถรักษาประสาทฟันแบบพัลเพคโตมิได้ (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

การแบ่งระดับการละลายของรากฟันน้ำมนั้นมีการศึกษาแตกต่างกันออกไป ไม่มีเกณฑ์การแบ่งที่แน่นอน เช่น การศึกษาของ Fanning (1961) แบ่งระดับการละลายเป็น 7 ระดับ คือ

ละลายน้อย ละลาย 1/4 1/3 1/2 2/3 3/4 และละลายทั้งหมด หรือ การศึกษาของ Haselden และคณะ (2001) แบ่งระดับการละลายเป็น 4 ระดับคือ ไม่ละลายหรือละลายน้อย ละลายมากกว่า 25% 50% และ 75% โดยดูระดับการละลายของรากฟันจากภาพถ่ายรังสี การดูระดับการละลายเป็นการประมาณ และเป็นการตัดสินใจส่วนบุคคล (subjective) (Rune และ Samas, 1984; Bjerklin และ Bennett, 2000) ไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่ามีระดับการละลายเท่าไร เนื่องจากลักษณะกายวิภาคของฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวหลังจากมีการสร้างรากฟันสมบูรณ์แล้ว ทำให้ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความยาวรากฟันน้ำนมที่ชัดเจน การศึกษาครั้งนี้ใช้ความยาวรากฟันเริ่มต้นจากค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมของ Black (1897 อ้างถึงใน Ash, 1993) จากนั้นใช้เครื่องมือดีไวเดอร์วัดความยาวรากฟันจากส่วนโค้งที่สุดของรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน จนถึงส่วนปลายสุดของรากฟัน หลังจากนั้นจึงนำความยาวรากฟันที่วัดได้มาเทียบกับระดับการละลายที่ได้ตั้งเกณฑ์ไว้ ซึ่งวิธีการนี้ดัดแปลงมาจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างฟันน้ำนมเพื่อใช้ในการศึกษาของ Sari และคณะ (1999a, 1999b)

การเลือกใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์

การที่เลือกใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิดรูทซีเอกซ์ในการศึกษาความแม่นยำครั้งนี้ เนื่องจากเครื่องวัดชนิดนี้มีการปรับปรุงพัฒนาขึ้น สามารถทำงานในสภาวะที่คลองรากฟันเปียกชื้น หรือมีของเหลวในคลองรากฟันได้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใช้งาน ไม่ต้องปรับมาตรฐานการตรวจก่อนการวัด มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย และมีรายงานการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ไว้ (ละอองทอง วัชรภักย์, 2540; Czerw และคณะ, 1995; Shabahang และคณะ, 1996; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Kaufman และคณะ, 1997) ในการศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าหลายชนิด พบว่าชนิดรูทซีเอกซ์ให้ค่าความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ (Czerw และคณะ, 1995; Kaufman และคณะ, 1997) โดยการศึกษาของ Czerw และคณะ (1995) ในห้องปฏิบัติการพบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Root ZX (100%) และ Digipex III (100%) ให้ความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับชนิด Apex Finder (83.4%) และ Neosono MC (90%) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaufman และคณะ (1997) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าชนิด Root ZX (95.4%) ให้ความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับชนิด Sono-Explorer Mark II (88.5%) และ Apit III (85%)

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า สามารถทำได้ทั้งทางคลินิกและในห้องปฏิบัติการ หลักการเดิมของ Sunada (1962) เชื่อว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าบอกตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันได้เนื่องจากคุณสมบัติทางชีวภาพ Huang (1987) ได้แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติดังกล่าวน่าจะเป็นคุณสมบัติของกระแสไฟฟ้ามากกว่าคุณสมบัติทางชีวภาพ ทำให้การศึกษาในห้องปฏิบัติการทำได้ดีเช่นเดียวกับการทำในคลินิก การศึกษาความแม่นยำในห้องปฏิบัติการนั้น จะต้องใช้แบบศึกษาซึ่งมีฟันแช่อยู่ในแบบศึกษาที่มีคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าเหมือนเนื้อเยื่อปริทันต์ โดยในการทดลองนี้เลือกใช้อัลจินตเป็นแบบศึกษาเช่นเดียวกับการศึกษาที่นำมาใช้โดย Kaufman และ Katz (1993) และการศึกษาอื่น ๆ (Keila และคณะ, 1994; Fuss และคณะ, 1996; Katz และคณะ, 1996; Nguyen และคณะ, 1996; Kaufman และคณะ, 1997) อัลจินตเป็นแบบศึกษาที่มีความยืดหยุ่น มีความหนืดสูง ใช้งานง่าย ขั้นตอนการเตรียมไม่ยุ่งยาก ผู้ทดสอบจะไม่สามารถเห็นตำแหน่งปลายไฟล์ที่อยู่ภายในคลองรากฟัน และราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามไม่มีใครกล้ายืนยันว่าผลการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการจะเหมือนกับทางคลินิกทั้งหมด (Czerw และคณะ, 1995) นอกจากนี้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนมก็มีเพียงการศึกษาเดียว (Katz และคณะ, 1996) ดังนั้นการศึกษานี้จึงตัดสินใจทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการก่อน

ตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้ทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า โดยพิจารณาระยะจากปลายไฟล์ถึงตำแหน่งต่างๆ เช่น ขอบนอกของปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสี ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน หรือตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน ซึ่งตำแหน่งอ้างอิงแต่ละตำแหน่งมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป

การประเมินผลโดยเปรียบเทียบกับขอบนอกของปลายรากฟันที่ปรากฏบนภาพถ่ายรังสื่อนั้น สามารถทำการศึกษาทางคลินิกได้ อย่างไรก็ตามมีฟันจำนวนไม่น้อยที่รูเปิดปลายรากฟันไม่ได้อยู่ปลายรากฟัน อาจจะอยู่สูงขึ้นมาถึง 2 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน (Pineda และ Kuttler, 1972) แสดงว่าการประเมินความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิงจากภาพถ่ายรังสีอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้ เพราะการถ่ายภาพรังสีไม่สามารถบอกตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันที่แท้จริงได้

ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน เป็นตำแหน่งที่ใช้ศึกษาในฟันถาวรด้วย เช่นการศึกษาของ Kobayashi และ Suda (1994) ที่ได้ทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟัน

รูปที่เอกซันในพื้นถาวร โดยอาศัยการผ่านจุดแคบสุดของผนังคลองรากฟัน ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟันนี้เป็นตำแหน่งที่มองยาก มีลักษณะเป็นคลื่น (Stein และ Cororan, 1991) ในการศึกษาครั้งนี้ทำในพื้นน้ำนมซึ่งไม่สามารถบอกตำแหน่งนี้ได้ชัดเจน เนื่องจากวิธีการหาตำแหน่งแคบสุดของผนังคลองรากฟันในพื้นถาวร สามารถทำโดยการตัดแบ่งฟันแล้วนำฟันไปดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Stein และ Cororan, 1991) หรือวิธีการทำให้ฟันใส (Shabahang และคณะ, 1996) ซึ่งวิธีการเหล่านี้เมื่อทำการศึกษานำร่องแล้ว พบว่าไม่สามารถทำได้ในพื้นน้ำนม การตัดแบ่งพื้นน้ำนม พบว่าบางครั้งไฟล์ในส่วนปลายขยับไม่อยู่ในคลองรากฟัน ส่วนขบวนการทำให้ฟันใส พบว่าสารละลายที่ใช้ในขบวนการทำให้ฟันใสมีผลทำให้รากฟันน้ำนมมีการละลาย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงตัดสินใจใช้ขอบบนสุดของตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิง เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่สามารถทดสอบความแม่นยำในการวัดได้ (reliable) (Ounsi และ Haddad, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999) และใช้อ้างอิงในหลายการศึกษา (Czerw และคณะ, 1995; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Ounsi และ Haddad, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999)

ขนาดไฟล์

จากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และการศึกษาของ Nguyen และคณะ (1996) พบว่าขนาดของไฟล์ไม่มีผลต่อความแม่นยำตรงของการวัด อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เลือกขนาดไฟล์ให้เหมาะสมกับรูเปิดปลายรากฟัน คล้ายกับการศึกษาของ Vajrabhaya และ Tepmongkol (1997) เนื่องจากการเลือกไฟล์ขนาดที่เหมาะสมมีผลทำให้การวัดทำได้สะดวก และรวดเร็วมากขึ้น

การวัด

การควบคุมความผิดพลาดจากการวัดระยะจากปลายไฟล์ถึงตำแหน่งรับเบอร์สตอปมีบางการศึกษาที่มีการตัดฟันให้เป็นระนาบ (Czerw และคณะ, 1995; Dunlap และคณะ, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999) และบางการศึกษามีการใช้รับเบอร์สตอปตัวใหม่ 2 ตัวซ้อนกันในการกำหนดจุดอ้างอิง เพื่อป้องกันการเลื่อนหลุด และคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรับเบอร์สตอป (Ounsi และ Haddad, 1998; Ounsi และ Naaman, 1999) การทดลองครั้งนี้มีการควบคุมความผิดพลาดจากการวัดระยะจากปลายไฟล์ถึงตำแหน่งรับเบอร์สตอปให้มีลักษณะคงที่แน่นอนแตกต่างออกไป คือ พื้นผิวของรับเบอร์สตอปจะแนบกับแผ่นพลาสติกซึ่งติดอยู่บนด้านบดเคี้ยวของฟัน และฉีควัสดคอมโพสิตความหนืดต่ำชนิดแข็งตัวด้วยแสงรอบๆ ด้ามไฟล์ในส่วนที่อยู่เหนือรับเบอร์สตอป เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของรับเบอร์สตอปในขณะวัด ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นขณะวัด

นอกจากนี้เพื่อให้ผลการศึกษามีความแม่นยำ และถูกต้องมากที่สุด จึงมีการทดสอบความแม่นยำของทันตแพทย์ผู้ทำการวิจัย ด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ ซึ่งใช้สถิติ Pearson correlation ใน การศึกษานำร่องทำการทดสอบการวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ 3 ครั้ง ความยาวจริง 3 ครั้ง รวมไปถึงการอ่านค่าภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอซ้ำ 2 ครั้ง พบว่าความสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ ระดับสูง คือ มีค่ามากกว่า 0.8 (เดิมศรี ชำนิจารกิจ, 2531) และมีการทดสอบความแม่นยำในการ ทดลองด้วย โดยทำการทดสอบเหมือนการศึกษานำร่อง เพื่อควบคุมความผิดพลาดที่อาจจะเกิด ขึ้น โดยมีการทดสอบความแม่นยำตลอดการทดลอง

การใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนม

แม้การศึกษาของ Hulsmann และ Pieper (1989) พบว่าปลายรากฟันเปิดกว้าง มีผลให้ วัดความยาวรากฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าได้ค่าสั้นกว่าความยาวจริง เพราะลักษณะปลายรากเปิดกว้างจากการสร้างรากฟันที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ปลายรากฟันมีรูปร่าง บานออก (flare) อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Nguyen และคณะ (1996) ที่พบว่าปลายรากฟันกว้าง (ประมาณ 0.6 มิลลิเมตร) ก็สามารถวัดความยาวรากฟันได้ ใกล้เคียงกับความยาวจริง เพราะว่าปลายรากฟันยังคงมีลักษณะเป็นรูปกรวย (conical shape) ดังนั้นแม้ว่าจะไม่มีส่วนแคบสุดของคลองรากฟันตามลักษณะทางกายวิภาค ก็สามารถจะวัด ความยาวรากฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าได้ นอกจากนี้การศึกษาของ Kobayashi และ Suda (1994) พบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ อาศัยหลักสัดส่วนของ ความถี่ที่กำหนดความยาวรากฟัน โดยอาศัยส่วนแคบที่สุดของผนังคลองรากฟัน (the narrowest diameter of the canal) โดยไม่คำนึงว่าเป็นส่วนแคบที่สุดของลักษณะทางกายวิภาคหรือรูปร่างที่ สร้างขึ้นมาเอง (Nguyen และคณะ, 1996) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kaufman และคณะ (1997) ที่พบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถตรวจตำแหน่งรอยทะลุของ รากฟันได้ แม้ตำแหน่งนี้จะไม่มีจุดแคบสุดของคลองรากฟันทางกายวิภาคก็ตาม หรือจากการ ศึกษาของ Mayeda และคณะ (1993) ที่สามารถวัดในฟันที่มีการตายของเนื้อเยื่อ (necrotic teeth) ได้ ซึ่งพบว่าฟันลักษณะนี้จะไม่มีเนื้อเยื่อปริทันต์ที่ปลายราก หรือตำแหน่งแคบสุดของ คลองรากฟันอาจมีการหายไป ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์มาทำการ ศึกษาในฟันน้ำนมได้ แม้ว่าฟันน้ำนมจะมีการละลายตัวอยู่ตลอดเวลา ทำให้ไม่มีจุดแคบสุดของ คลองรากฟันตามลักษณะทางกายวิภาค

สำหรับการเลือกอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" หรือ ที่ "Apex" จากเครื่องวัดความยาวรากฟัน รุทซีเอกซ์นั้น มีรายงานการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรุทซีเอกซ์มากมาย ซึ่งมีการอ่านค่าแตกต่างกันไป บางครั้งอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" บางครั้งอ่านค่าที่ "Apex" และมีการใช้ตำแหน่งอ้างอิงแตกต่างกันไปด้วย บางครั้งใช้ตำแหน่งอ้างอิงเป็นตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน หรือบางครั้งใช้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน ดังแสดงในตารางที่ 16 ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต พบว่าถ้าสัญญาณบนจอถึง "0.5 บาร์" แสดงถึงไฟล์ผ่านส่วนแคบสุดของคลองรากฟันโดยเฉลี่ยจะมีระยะทางประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร และถ้าสัญญาณบนจอถึง "Apex" แสดงว่าไฟล์ถึงตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า มีเพียง 2 การศึกษาที่มีการอ่านค่าของเครื่องวัดความยาวรากฟันรุทซีเอกซ์ทั้ง 2 ตำแหน่ง คือ ที่ "0.5 บาร์" และ "Apex" คือ การศึกษาของ Ounsi และ Naaman (1999) ใช้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิง พบว่าการอ่านค่าที่ "Apex" จะมีความแม่นยำกว่าการอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" (84.72% และ 50% ตามลำดับ) และการศึกษาของ Weiger และคณะ (1999) ใช้ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิง พบว่าการอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" จะมีความแม่นยำกว่าการอ่านค่าที่ "Apex" (80% และ 76% ตามลำดับ)

การทดลองครั้งนี้ เป็นศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรุทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม โดยใช้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตว่าการอ่านค่าตำแหน่ง "Apex" จะแสดงตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน และจากหลายการศึกษาพบว่าเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า น่าจะบอกตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันมากกว่าตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน (Mayeda และคณะ, 1993; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997; Ounsi และ Naaman, 1999) ร่วมกับเราไม่สามารถตอบได้แน่ชัดว่าการศึกษาในฟันน้ำนมจะใช้การอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" เหมือนที่ใช้ในฟันถาวร เพราะเครื่องนี้ถูกกำหนดขึ้นภายใต้การทดลองของฟันถาวร แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาประดิษฐ์เป็นเครื่องวัด ดังนั้นการจะนำเครื่องวัดชนิดนี้มาใช้กับฟันน้ำนม ควรมีการทดสอบว่าจะอ่านค่าจากเครื่องวัดนี้ที่ตำแหน่งใดจะเหมาะสมกว่ากัน จากการศึกษา นำร่องพบว่าการอ่านค่าที่ "Apex" นั้นให้ค่าที่แม่นยำมากกว่าการอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" (แสดงการศึกษานำร่องในภาคผนวก ข และภาคผนวก ซ) นอกจากนี้การศึกษาค้างนี้คล้ายกับการศึกษาของ Ounsi และ Naaman (1999) ที่มีการใช้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิง และผลการศึกษาพบว่าการอ่านค่าที่ "Apex" มีความแม่นยำกว่าการอ่านค่าที่ "0.5 บาร์" ดังนั้นจึงตัดสินใจศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรุทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมโดยใช้ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิง และอ่านค่าที่ "Apex"

ตารางที่ 16 แสดงการอ่านค่า และตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงของการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์

การอ่านค่า	ผู้ทำการศึกษา	ปี	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ตำแหน่งอ้างอิง
1. "0.5 บาร์"	Kaufman และ Katz	1993	20	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Nguyen และคณะ	1996	21	ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน
	Shabahang และคณะ	1996	26	ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน และตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Vajrabhaya และ Tepmongkol	1997	20	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Dunlap และคณะ	1998	35	ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน
	ElAyouti และคณะ	2002	43	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
2. "Apex"	Pagavino และคณะ	1998	35	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Jenkins และคณะ	2001	30	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Kaufman และคณะ	2002	120	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
3. "0.5บาร์ และ Apex"	Ounsi และ Naaman	1999	39	ตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน
	Weiger และคณะ	1999	46	ตำแหน่งแคบสุดของคลองรากฟัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

จากผลการทดลอง พบว่าร้อยละของความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ และตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติมีค่าเท่ากัน คือ 96.77 ซึ่งพบว่าค่าในการทดลองครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาในฟันถาวรหลายๆการศึกษา ซึ่งพบว่ามี ความแม่นยำค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 80 ขึ้นไป ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงร้อยละของความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์

การศึกษา	ผู้ทำการศึกษา	ปี	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คลองรากฟัน)	ความแม่นยำ
1. ทางคลินิก	Shabahang และคณะ	1996	26	96.20%
	Vajrabhaya และ Tepmongkol	1997	20	100.00%
	Dunlap และคณะ	1998	35	82.35%
	Pagavino และคณะ	1998	35	82.75%
	ละอองทอง วัชรภักย์	2540	161	94.40%
2. ทางห้องปฏิบัติการ	Czerw และคณะ	1995	30	100.00%
	Kaufman และคณะ	1997	30	95.40%
	Ounsi และ Naaman	1999	39	84.72%
	Weiger และคณะ	1999	46	80.00%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเปรียบเทียบความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ และตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ พบว่าความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Katz และคณะ (1996)

จากผลการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง (\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เท่ากับ $3.387 \times 10^{-2} (\pm 1.932)$ มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ $0.717 \times 10^{-2} (\pm 0.2263)$ มิลลิเมตร ในการทดลองพบว่าปลายไฟล์เกินจากขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟัน ไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่ยอมรับได้ในทางคลินิก (Fouad และ Krell, 1989; Hembrough และคณะ, 1993; Shabahang และคณะ, 1996; Vajrabhaya และ Tepmongkol, 1997)

ระดับการละลายของรากฟันน้ำนมมีผลต่อความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์

การศึกษานี้ นำเอาฟันน้ำนมที่มีการละลาย 2 ระดับ โดยเชื่อวาระดับการละลายที่แตกต่างกันจะมีผลต่อความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ แต่จากผลการศึกษาเมื่อลองนำทั้ง 2 กลุ่มมาหาค่าผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของ 2 วิธี และนำผลมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติชนิดอันแพร์ ที เทสต์ (unpaired t-test) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ข และ ภาคผนวก ฉ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีความแตกต่างของระดับการละลายของรากฟันน้อย เป็นผลให้ความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ของ 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยความยาวรากฟัน (\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของฟันในกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 10.1452 ± 0.8655 มิลลิเมตร และฟันในกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 8.1210 ± 0.7393 มิลลิเมตร จากการศึกษาของ Rimondini และ Baroni (1995) แสดงให้เห็นว่าความยาวรากฟันน้ำนมมากกว่า 7 มิลลิเมตร จะมีรูเปิดปลายรากฟันที่มีขนาดเล็กโดยมีขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร แต่ถ้าความยาวรากฟันน้ำนมน้อยกว่า 7 มิลลิเมตร จะพบการละลายของรากฟันในแนวตั้งและแนวระดับมากขึ้น มีผลทำให้ความกว้างของรูเปิดปลายรากฟันเพิ่มขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ความยาวรากฟันอยู่ในเกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 7 มิลลิเมตรทั้งสองกลุ่ม ทำให้โดยเฉลี่ยแล้วฟันในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีรูเปิดปลายรากฟันขนาดเล็ก และไม่มี

ความแตกต่างของขนาดรูเปิดปลายรากฟันมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในฟันถาวรว่าขนาดรูเปิดปลายรากฟันมีผลต่อความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า (Huang, 1987; Satio และ Yamashita, 1990; Fouad และคณะ, 1993) โดย Huang (1987) พบขนาด 0.2 มิลลิเมตรที่มีผลต่อความแม่นยำ Satio และ Yamashita (1990) พบขนาด 0.62 มิลลิเมตรที่มีผลต่อความแม่นยำ และ Fouad และคณะ (1993) พบขนาด 0.3 มิลลิเมตรที่มีผลต่อความแม่นยำ

การใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าได้รับความนิยมในฟันถาวร เพราะมีการพัฒนาปรับปรุงขึ้น ตั้งแต่อาศัยหลักคริสแทนซ์ หลักอิมพีแดนซ์ จนถึงอาศัยหลักความถี่ จนระดับความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าที่ได้ในปัจจุบันอยู่ในเกณฑ์ประมาณ 90% เครื่องมือนี้มีส่วนช่วยในการรักษาคลองรากฟันถาวร สะดวก ทำให้รวดเร็ว ไม่ต้องเสียเวลาในการถ่ายภาพรังสีในขั้นตอนการวัดความยาวรากฟัน ทั้งช่วยลดความถี่ในการถ่ายภาพรังสี นอกจากนี้กรณีที่ภาพถ่ายรังสีคลุมเครือ ทำให้ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนของปลายไฟล์ การใช้เครื่องมือนี้ร่วมกับการประเมินผลทางคลินิก ก็จะค่อนข้างเกิดความมั่นใจว่าไม่ได้ขยายออกไปนอกปลายราก (ละอองทอง วัชรวิทย์, 2540) การศึกษาครั้งนี้พบว่าผลการศึกษารูปร่างในห้องปฏิบัติการมีความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์สูง (96.77%) น่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการศึกษาในทางคลินิก ซึ่งถ้าหากผลการศึกษาทางคลินิก พบว่าสามารถใช้เครื่องมือนี้ได้ดี มีประสิทธิภาพ ก็น่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการรักษาประสาทฟันแบบพัลเพคโตมีในงานทันตกรรมสำหรับเด็ก

สรุปผลการวิจัย

1. ความยาวฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ความยาวฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ คิดเป็นร้อยละ 96.77

4. ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ คิดเป็นร้อยละ 96.77

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำมนั้น พบค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง ในกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 3.387×10^{-2} มิลลิเมตร และ กลุ่มที่ 2 เท่ากับ 0.717×10^{-2} มิลลิเมตร แสดงว่าโดยเฉลี่ยแล้วปลายไฟล์มักจะมีความยาวเกินจากขอบบนสุดของรูเปิดปลายรากฟัน จากการศึกษา พบว่าความสำเร็จของการรักษาประสาทฟันแบบฟัลเพคโตมีในกรณีที่มีการอุดคลองรากฟันสันมีความสำเร็จของการรักษามากกว่าการอุดคลองรากฟันเกิน (Holan และ Fuks, 1993; Coll และ Sadrian, 1996) ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าความยาวทำงานที่เลือกให้อยู่ภายในคลองรากฟัน จึงแนะนำให้ใช้ค่าความยาวฟันที่วัดได้จากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์โดยอ่านค่าที่ "Apex" ลบ 1-1.5 มิลลิเมตร เป็นความยาวทำงานในฟันน้ำนม

2. ควรจะมีการศึกษาต่อไปว่าขนาดของรูเปิดปลายรากฟันน้ำนมที่ใหญ่ขึ้นขนาดใด ที่จะมีผลต่อความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า

3. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงไม่อาจจำลองสภาวะทางคลินิกได้ทั้งหมด ควรมีการศึกษาต่อไปว่าการใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้าในฟันน้ำนมทางคลินิก มีความแม่นยำหรือไม่ อย่างไร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- เจนจิรา ธนศรีวินิชชัย และ จินตวี สาครบุตร. ค่าความยาวทำงานของคลองรากฟันจาก
เครื่องวัดความยาวฟันด้วยไฟฟ้ารูทซีเอกซ์ เปรียบเทียบกับวิธีการใช้ความรู้สึกสัมผัสและ
ภาพรังสีแบบขนาน. ว.ทันต 49 (2542) : 369-375.
- เจนจิรา ธนศรีวินิชชัย และ จินตวี สาครบุตร. ความเที่ยงตรงของเครื่องวัดความยาวฟันด้วย
ไฟฟ้ารูทซีเอกซ์. ว.ทันต 50 (2543) : 3-10.
- เดิมศรี ชำนิจารกิจ. สถิติประยุกต์ทางการแพทย์. หน้า 292-298. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์, 2531.
- พรทิพย์ สงวนมิตร. วิจัยทางการแพทย์. หน้า 25-42. เชียงใหม่ : โครงการตำรา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542.
- ละอองทอง วัชรภักย์. ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความยาวคลองรากด้วยเครื่องวัดไฟฟ้า
และภาพรังสี. ว.ทันต 47 (2540) : 241-245.
- อมรา ม่วงมิ่งสุข. ความเที่ยงตรงของเครื่องวัดความยาวฟันด้วยกระแสไฟฟ้า. ว.ทันต 33 (2526) :
135-143.

ภาษาอังกฤษ

- Abbott, P. V. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device.
Aus Dent Journal 32 (1987) : 17-21.
- Allen, K. R. Endodontic treatment of primary teeth. Aust Dent J 24 (October 1979) :
347-351.
- Ash, M. M. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion, pp. 19-23, 43-83.
7thed. Philadelphia : W.B. Saunders, 1993.
- Aurelio, J. A.; Nahmias, Y.; and Gerstein, H. A model for demonstrating an electronic
canal length measuring device. J Endod 9 (December 1983) : 568-569.
- Barker, B. C. W.; Parsons, K. C.; Williams, G. L.; and Mills, P. R. Anatomy of root canals
: IV deciduous teeth. Aust Dent J (April 1975) : 101-106.
- Belanger, G. K. Pulp therapy for the primary dentition. In Pinkham, J. R. (ed.), Pediatric
dentistry : infancy through adolescence, pp. 257-267. 3rd ed. Philadelphia :
W.B. Saunders, 1988.

- Berkovitz, B. K. B.; Holland, G. R.; and Moxham, B. J. A colour atlas & text of oral anatomy histology and embryology, pp. 24-41. 2nd ed. Bucks : Wolfe, 1992.
- Berman, L.H.; and Fleischman, S. B. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. J Endod 10 (April 1984) : 164-167.
- Bjerklin, K.; and Bennett, J. The long-term survival of lower second primary molars in subjects with agenesis of the premolars. Eur J Orthod 22 (2000) : 245-255.
- Blank, L. W.; Tenca, J. I.; and Pelleu, G. B. Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. J Endod 1 (1975) : 141-145.
- Bramante, C. M.; and Berbert, A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. Oral Surg 37 (March 1974) : 463-473.
- Busch, L. R.; Chiat, L. R.; Goldstein, L. G.; Held, S. A.; and Rosenberg, P. A. Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. J Endod 2 (October 1976) : 295-297.
- Burch, W. P.; and Brescia, N. J. Deciduous dentition. In Brescia, N. J. (ed), Applied dental anatomy, pp. 73-99. St. Louis : C.V. Mosby, 1961.
- Camp, J. H. Pulp therapy for primary teeth and young permanent teeth. Dent Clin North Am 28 (October 1984) : 651-668.
- Certosimo, F. J.; Milos, M. F.; and Walker, T. Endodontic working length determination—where does it end? Gen Dent 47 (May-June 1999) : 281-286; quiz 287-288.
- Chong, B. S.; and Pitt Ford, T. R. Apex locators in endodontics : which, when and how? Dent Update 21 (October 1994) : 328-330.
- Chunn, C. B.; Zardiackas, L. D.; and Menke, R. A. In vivo root canal length determination using the Forameter. J Endod 7 (November 1981) : 515-520.
- Coll, J. A.; and Sadrian, R. Predicting pulpectomy success and its relationship to exfoliation and succedaneous dentition. Pediatr Dent 18 (1996) : 57-63.
- Czerw, R. J.; Fulkerson, M. S.; and Donnelly, J. C. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. J Endod 20 (December 1994) : 605-606.

- Czerw, R. J.; Fulkerson, M. S.; Donnelly, J. C.; and Walmann, J. O. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. J Endod 21 (November 1995) : 572-575.
- Davis, J. M. Endodontic therapy in the primary dentition. Dent Clin North Am 23 (October 1979) : 663-672.
- Donnelly, J. C. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. J Endod 19 (November 1993) : 579-580.
- DuBrul, E. L. Sicher and DuBrul's oral anatomy, pp. 133-159. 8th ed. St. Louis : Ishiyaku EuroAmerica, 1988.
- Duggal, M. S.; Curzon, M. E. J.; Fayle, S. A.; Pollard, M. A.; and Robertson, A. J. Clinical techniques in dentistry : restorative techniques in pediatric dentistry : an illustrated guide to the restoration of extensively carious primary teeth, pp. 59-70. London : Martin Dunitz, 1995.
- Dunlap, C. A.; Remeikis, N. A.; BeGole, E. A.; and Rauschenberger, C. R. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. J Endod 24 (January 1998) : 48-50.
- ElAyouti, A; Weiger, R; and Lost, C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod 28 (February 2002) : 116-119.
- Fanning, E. A. A longitudinal study of tooth formation and root resorption. N Z Dent J 57 (October 1961) : 202-217.
- Felippe, M. C. S.; And Soares I. J. In vitro evaluation of an audiometric device in locating the apical foramen of teeth. Endod Dent Traumatol 10 (1994) : 220-222.
- Fouad, A. F.; and Krell, K. V. An in vitro compararison of five root canal length measuring instruments. J Endod 15 (December 1989) : 573-577.
- Fouad, A. F.; Krell, K. V.; McKendry, D. J.; Koorbusch, G. F.; and Olson, R. A. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endod 16 (September 1990) : 446-449.
- Fouad, A. F.; Rivera, E. M.; and Krell, K. V. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. J Endod 19 (February 1993) : 63-67.

- Frank, A. L.; and Torabinejad, M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. J Endod 19 (April 1993) : 177-179.
- Fuss, Z. ; Assooline, L. S.; and Kaufman, A. Y. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 82 (1996) : 324-329.
- Goerig, L. A.; and Camp, J. H. Root canal treatment in primary teeth : a review. Pediatr Dent 5 (1983) : 33-37.
- Gutmann, J. L.; Dumsha, T. C.; Lovdahl, P. E.; and Hovland. E. J. Problem solving in endodontics : prevention, identification, and management, pp. 23-46. 3rd ed. St. Louis : Mosby, 1997.
- Gutmann, J. L.; and Leonard, J. E. Problem solving in endodontic working-length determination. Compend Contin Educ Dent 16 (March 1995) : 288, 290, 293-294, 296-302; quiz 304.
- Haselden, K.; Hobkirk, J. A.; Goodman, J. R.; Jones, S. P.; and Hemmings, K. W. Root resorption in retained deciduous canine and molar teeth without permanent successors in patients with severe hypodontia. Int J Paediatr Dent 11 (2001) : 171-178.
- Hasegawa, K.; Iizuka, H.; Takei, M.; Goto, N.; Nihei, M; and Ohashi, M. A new method and apparatus for measuring root canal length. J Nihon Univ Sch Dent 28 (1986) : 117-128.
- Hembrough, J. H.; Weine, F. S.; Pisano, J. V.; and Eskoz, N. Accuracy of an electronic apex locator : a clinical evaluation in maxillary molars. J Endod 19 (May 1993) : 242-246.
- Hibbard, E. D.; and Ireland, R. L. Morphology of the root canals of the primary molar teeth. ASDC J Dent Child 24 (1957) : 250-257.
- Holan, G.; and Fuks, A. B. A comparison of pulpectomies using ZOE and KRI paste in primary molars : a retrospective study. Pediatr Dent 15 (1993) : 403-407.
- Huang, L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. J Endod 13 (February 1987) : 60-64.

- Hulsmann, M.; and Pieper, K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. Endod Dent Traumatol 5 (October 1989) : 238-241.
- Ibarrola, J. L.; Chapman, B. L.; Howard, J. H.; Knowles, K. I.; and Ludlow, M. O. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. J Endod 25 (September 1999) : 625-626.
- Inoue, N. An audiometric method for determining the length of root canals. J Canad Dent Assn 9 (1973) : 630-636.
- Inoue, N.; and Skinner, D. H. A simple and accurate way of measuring root canal length. J Endod 11 (October 1985) : 421-427.
- Jenkins, J. A.; Walker, W. A.; Schindler, W. G.; and Flores, C. M. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. J Endod 27 (March 2001) : 209-211.
- J. Morita Mfg. Corp. Fully automatic root canal measuring device : Root ZX : operation instruction.
- Jordan, R. E.; Abrams, L.; and Kraus, B. S. Kraus' dental anatomy and occlusion, pp. 111-129. 2nd ed. St. Louis : Mosby, 1992.
- Katz, A.; Mass, E.; and Kaufman, A. Y. Electronic apex locator : a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. ASDC J Dent Child 63 (November-December 1996) : 414-417.
- Katz, A.; Tamse, A.; and Kaufman, A. Y. Tooth length determination : A review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 72 (1991) : 238-242.
- Kaufman, A. V.; and Katz, A. Reliability of Root ZX apex locator tested by an in vitro model. J Endod 19 (April 1993) : 201. (Abstracts)
- Kaufman, A. Y.; Fuss, Z.; Keila, S.; and Waxenberg, S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. Int Endod J 30 (November 1997) : 403-407.
- Kaufman, A. Y.; Keila, S.; and Yoshpe, M. Accuracy of new apex locator : an in vitro study. Int Endod J 35 (2002) : 186-192.
- Kaufman, A. Y.; Szajkis, S.; and Niv, N. The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 67 (May 1989) : 573-577.

- Keila, S.; Linn, H.; Katz, A.; and Kaufman, A. Y. Morphometric analysis of working length determined by impedance type apex locators. J Endod 20 (1994) : 196.
(abstracts)
- Keller, M. E.; Brown, C. E.; and Newton, C. W. A clinical evaluation of the Endocater an electronic apex locator. J Endod 17 (June 1991) : 271-274.
- Kennedy, D. B. Pediatric operative dentistry, pp. 234-244. 3rd ed. Bristol : Wright, 1986.
- Kobayashi, C. Electronic canal length measurement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 79 (February 1995) : 226-231.
- Kobayashi, C.; and Suda, H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod 20 (March 1994) : 111-114.
- Krakow, A. A.; Berk, H.; and Gron, P. Advanced endodontic therapy in pedodontics. In White, G. E. (ed.), Clinical Oral Pediatrics, pp.247-262. Chicago : Quintessence, 1981.
- Kuttler, Y. Microscopic investigation of root apexes. JADA 50 (May 1955) : 544-552.
- Lauper, R.; Lutz, F.; and Barbakow, F. An in vivo comparison of gradient and absolute impedance Electronic apex locators. J Endod 22 (May 1996) : 260-263.
- Mathewson, R. J.; Primosch, R. E.; and Morrison, J. T. Fundamentals of pediatric dentistry, pp. 275-283. 3rd ed. Chicago : Quintessence, 1995.
- Mayeda, D. L.; Simon, J. H. S.; Aimar, D. F.; and Finley, K. In vitro measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. J Endod 19 (November 1993) : 545-548.
- McDonald, N. J. The electronic determination of working length. Dent Clin North Am 36 (April 1992) : 293-307.
- McDonald, N. J.; and Hovland, E. J. An evaluation of the apex locator Endocater. J Endod 16 (January 1990) : 5-8.
- McDonald, R. E.; Avery, D. R.; and Dean, J. A. Treatment of deep caries, vital pulp exposure, and pulpless teeth. In McDonald, R. E.; and Avery, D. R. (eds.), Dentistry for the child and adolescent, pp. 425-429. 7th ed. St. Louis : Mosby, 2000.
- Nahmias, Y.; Aurelio, J. A.; and Harold, G. Expanded use of the electronic canal length measuring devices. J Endod 9 (1983) : 347-349.

- Nguyen, H. Q.; Kaufman, A. Y.; Komorowski, R. C.; and Friedman, S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. Int Endod J 29 (November 1996) : 359-364.
- O'Neill, L. J. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. Oral Surg 38 (September 1974) : 469-473.
- O'Riordan, M. W.; and Coll, J. Pulpectomy procedure for deciduous teeth with severe pulpal necrosis. J Am Dent Assoc 99 (September 1979) : 480-482.
- Ounsi, H. F.; and Haddad, G. In vitro evaluation of the reliability of the Endex electronic apex locator. J Endod 24 (February 1998) : 120-121.
- Ounsi, H. F.; and Naaman, A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. Int Endod J 32 (March 1999) : 120-123.
- Pagavino, G.; Pace, R.; and Baccetti, T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. J Endod 24 (June 1998) : 438-441.
- Pallares, A.; and Faus, V. An in vivo comparative study of two apex locators. J Endod 20 (December 1994) : 576-579.
- Parkin, S. F. Notes on paediatric dentistry, pp. 86-97. Oxford : Wright, 1991.
- Pineda, F.; and Kuttler, Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. Oral Surg 33 (1972) : 101-110.
- Plant, J. J.; and Newman, R. F. Clinical evaluation of the Sono-Explorer. J Endod 2 (July 1976) : 215-216.
- Pratten, D. H.; and McDonald, N. J. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod 22 (April 1996) : 173-176.
- Ricard, O.; Roux, D.; Bourdeau, L.; and Woda, A. Clinical evaluation of the accuracy of the Evident RCM Mark II Apex Locator. J Endod 17 (November 1991) : 567-569.
- Rimondini, L.; and Baroni, C. Morphologic criteria for root canal treatment of primary molars undergoing resorption. Endod Dent Traumatol 11 (1995) : 136-141.
- Rune, B.; and Sarnas, K. Root resorption and submergence in retained deciduous second molars. Eur J Orthod 6 (1984) : 123-131.
- Saito, T.; and Yamashita, Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device – influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. Dent Jpn 27 (1990) : 65-72.

- Sari, S.; Aras, S.; and Gunhan, O. The effect of physiological root resorption on the histological structure of primary tooth pulp. J Clin Pediatr Dent 23 (1999) : 221-225.
- Sari, S.; Aras, S.; and Gunhan, O. The effect of physiological root resorption on repair potential of primary tooth pulp. J Clin Pediatr Dent 23 (1999) : 227-233.
- Seidberg, B. H.; Alibrandi, B. V.; Fine, H.; and Logue, B. Clinical investigation of measuring lengths of root canals with an electronic device and with digital tactile sense. JADA 90 (1975) : 379-387.
- Shabahang, S.; Goon, W. W.; and Gluskin, A. H. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. J Endod 22 (November 1996) : 616-618.
- Smith, C. S.; Setchell, D. J.; and Harty, F. J. Factors influencing the success of conventional root canal therapy-A five year study. Int Endod J 26 (1993) : 321-333.
- Stein, T. J.; and Corcoran, J. F. Nonionizing method of locating the apical constriction (minor foramen) in root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 71 (January 1991) : 96-99.
- Stein, T. J.; Corcoran, J. F.; and Zillich, R. M. The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. J Endod 16 (November 1990) : 520-522.
- Stock C. J. R.; Gulabivala, K.; Walker, R. T.; and Goodman, J. R. Color atlas and text of endodontics, pp. 273-277. 2nd ed. London : Mosby-Wolfe, 1995.
- Sucide, R. V.; and Talim, S. T. Electronic ohmmeter : an electronic device for the determination of the root canal length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 43 (January 1977) : 141-150.
- Sunada, I. New method for measuring the length of root canal. J Dent Res 41 (1962) : 375-387.
- Tagger, E.; and Tagger, M. Endodontic treatment of primary teeth. In Ørstavik, D.; and Pitt Ford, T. R. (eds.), Essential endodontology : prevention and treatment of apical periodontitis, pp. 308-330. Oxford : Britain university press, 1998.
- Trope, M.; Rabie, G.; and Tronstad, L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. Endod Dent Traumatol 1 (1985) : 142-145.

- Vajrabhaya, L.; and Tepmongkol, P. Accuracy of apex locator. Endod Dent Traumatol 13 (August 1997) :180-182.
- Vande Voorde, H. E.; and Bjorndahl, A. M. Estimating endodontic " working length " with paralleling radiographs. Oral Surg Oral med Oral Pathol 27 (1969) : 106-110.
- Weiger, R.; John, C.; Geigle, H.; and Lost, C. An in vitro comparison of two modern apex locators. J Endod 25 (November 1999) : 765-768.
- Weine, F. S. Endodontic therapy, pp. 395-442. 5th ed. St Louis : Mosby, 1996.
- Welbury, R. R. Pediatric dentistry, pp. 157-158. Oxford : Oxford university press, 1997.
- Woelfel, J. B.; and Scheid, R. C. Dental anatomy : its relevance to dentistry, pp. 287-313. 5th ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1997.
- Wu, Y. N.; Shi, J. N.; Huang, L. Z.; and Xu, Y. Y. Variables affecting electronic root canal measurement. Int Endod J 25 (March 1992) : 88-92.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

เครื่องมือวัดความยาวไฟต์ คือ เครื่องมือที่ประดิษฐ์จากพลาสติกใส ใช้สำหรับใส่ไฟต์ เพื่ออ่านค่าความยาวไฟต์ ภายใต้งล้อจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่า ประกอบด้วย วัสดุ 2 ชิ้น ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงเครื่องมือวัดความยาวไฟต์

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือวัดความยาวไฟล์ ประกอบด้วย วัสดุ 2 ชิ้น สามารถแสดงรายละเอียดของส่วนประกอบ ดังนี้ (ดังภาพที่ 14)

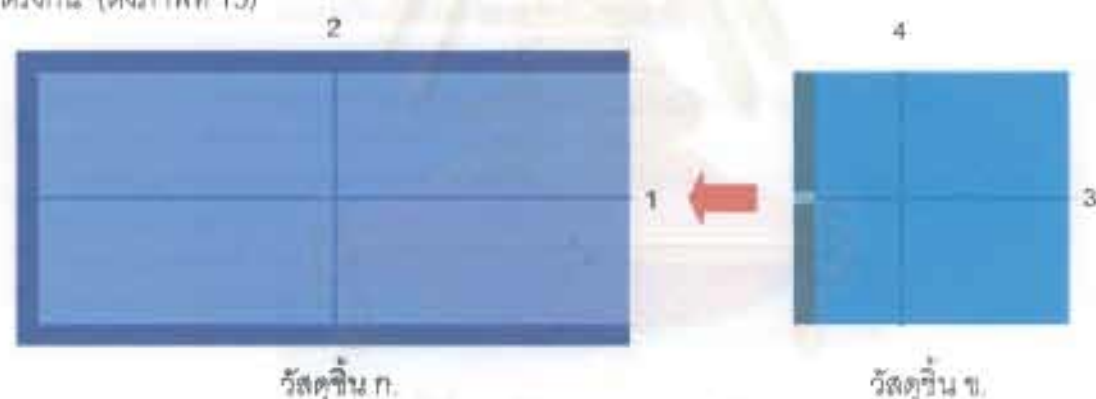
1. วัสดุชิ้น ก.

ทำจากพลาสติกใสขนาด $2 \times 30 \times 70$ มิลลิเมตร มีขอบยกสูงขึ้นมา 3 ด้าน มีความสูง 10 มิลลิเมตร โดยมีเส้นในแนวระดับ (เส้นที่ 1) เพื่อเป็นแนวในการวางไฟล์ และ เส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 2) มีระยะจากขอบพลาสติกด้านซ้ายมาเป็นระยะ 35 มิลลิเมตร คือ ระยะความยาวของไฟล์ที่ใช้งาน เส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 2) มีไว้เพื่อใช้วัดความยาวไฟล์ก่อนและหลังใช้งาน

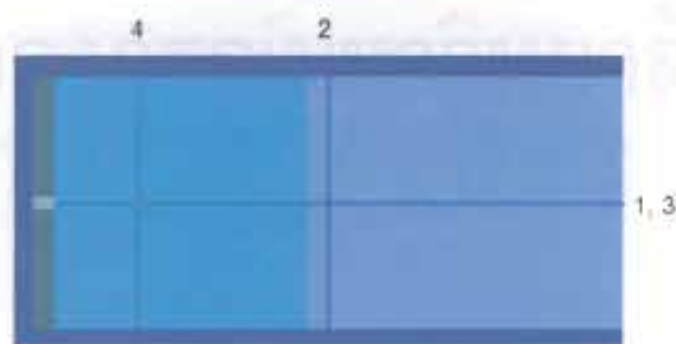
2. วัสดุชิ้น ข.

ทำจากพลาสติกใสขนาด $1.5 \times 30 \times 30$ มิลลิเมตร มีขอบยกสูงขึ้นมา 1 ด้าน มีความสูง 8 มิลลิเมตร รอบที่ยกขึ้นมาตรงกลางจะมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร เพื่อสำหรับใส่ไฟล์เข้าไปวัดความยาว โดยมีเส้นในแนวระดับ (เส้นที่ 3) เพื่อเป็นแนวในการวางไฟล์ และ เส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 4) มีระยะจากขอบพลาสติกด้านซ้ายมาเป็นระยะ 10 มิลลิเมตร ให้เป็นจุดเริ่มต้นในการอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

โดยวัสดุชิ้น ข. จะประกอบกับวัสดุชิ้น ก. เมื่อประกอบกันแล้ว เส้นที่ 1 และ เส้นที่ 3 จะตรงกัน (ดังภาพที่ 15)



ภาพที่ 14 แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความยาวไฟล์

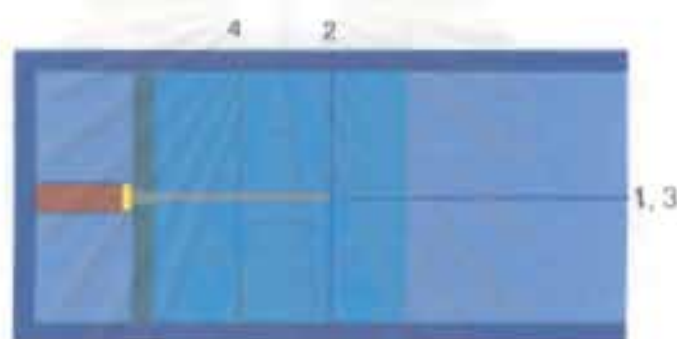


ภาพที่ 15 แสดงการประกอบวัสดุ 2 ชิ้นของเครื่องมือวัดความยาวไฟล์

ขั้นตอนการอ่านค่าความยาวโฟลด์

1. นำโฟลด์ที่จะวัดใส่ในรูของวัสดุขึ้น ข. (ดังภาพที่ 16) แล้วอ่านค่าความยาวโฟลด์จากเส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 2) ของวัสดุขึ้น ก.

2. นำโฟลด์ที่ต้องการวัดความยาวมาทดสอบว่าได้ความยาวเท่ากับความยาวก่อนวัดหรือไม่ โดยดูจากเส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 2) ของวัสดุขึ้น ก. ถ้าได้ความยาวที่ถูกต้องแล้ว จึงอ่านค่าความยาวที่ต้องการวัด คือ ระยะทางจากเส้นในแนวตั้ง (เส้นที่ 4) ของวัสดุขึ้น ข. จนถึงปลายโฟลด์ (ดังภาพที่ 17)



ภาพที่ 16. แสดงการนำโฟลด์ก่อนการวัดมาอ่านค่าความยาวโฟลด์



ภาพที่ 17. แสดงการนำโฟลด์หลังการวัดมาอ่านค่าความยาวโฟลด์ให้ได้ระยะเท่าเดิมก่อน จากนั้นจึงอ่านค่าความยาวโฟลด์ที่ต้องการวัด

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบของกลุ่มที่ 1 : พันธุ์นมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ

ตารางที่ 18 แสดงซี่ฟัน ชนิดของรากฟัน และความยาวรากฟันในกลุ่มที่ 1 (พันธุ์นมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ซี่ฟัน	ชนิดของรากฟัน	ความยาวรากฟัน (มม.)
1	65	Udb	11.50
2	75	Ldl	11.50
3	75	Ldb	9.50
4	75	Ldl	11.00
5	85	Lmb	9.50
6	75	Ldl	9.50
7	74	Lmb	8.50
8	85	Lmb	10.00
9	55	Up	10.00
10	65	Umb	11.00
11	85	Ldl	9.50
12	55	Umb	12.00
13	75	Ldb	9.50
14	85	Lml	10.50
15	85	Ldl	10.00
16	85	Lmb	10.00
17	65	Umb	10.00
18	85	Ldb	11.00
19	85	Ldb	11.50
20	75	Lmb	10.00
21	75	Lml	10.50
22	85	Ldb	9.50
23	64	Udb	8.50
24	65	Up	11.50
25	85	Lmb	12.50
26	75	Lmb	10.50
27	65	Umb	11.00
28	85	Lmb	10.00
29	54	Udb	8.50

ลำดับที่	ซี่ฟัน	ชนิดของรากฟัน**	ความยาวรากฟัน (มม.)
30	74	Lml	10.00
31	85	Lmb	10.50
32	85	Lml	10.50
33	85	Lmb	11.50
34	85	Ldb	11.50
35	85	Lmb	10.00
36	74	Lmb	10.50
37	54	Up	9.00
38	75	Lmb	10.50
39	75	Lmb	11.00
40	65	Umb	10.00
41	75	Lml	10.00
42	75	Ldb	10.50
43	75	Lml	10.00
44	85	Lmb	10.00
45	75	Lmb	9.50
46	74	Ldb	10.00
47	65	Umb	11.00
48	85	Ldb	10.00
49	85	Lml	9.50
50	64	Umb	10.00
51	65	Udb	10.00
52	75	Lmb	10.50
53	74	Ldb	9.00
54	55	Umb	10.00
55	74	Ldb	9.00
56	74	Lmb	9.00
57	74	Lmb	9.00
58	84	Lmb	10.00
59	74	Ldb	9.50
60	65	Umb	10.00
61	75	Lmb	10.00
62	74	Ldl	9.00

** Umb = ฟันกรามบนรากด้านแก้ม - ไกลกลาง

Udb = ฟันกรามบนรากด้านแก้ม - ไกลกลาง

Up = ฟันกรามบนรากด้านเพดาน

Lmb = ฟันกรามล่างรากด้านแก้ม - ไกลกลาง

Lml = ฟันกรามล่างรากด้านลิ้น - ไกลกลาง

Ldb = ฟันกรามล่างรากด้านแก้ม - ไกลกลาง

Ldl = ฟันกรามล่างรากด้านลิ้น - ไกลกลาง

ตารางที่ 19 แสดงการอ่านค่าความยาวไฟล้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัด

ความยาวรากฟันรูปที่เอกซที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง ในกลุ่มที่ 1

(พื้นน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
1	83.00	83.00	83.00	85.00	85.00	85.00	85.00	86.00	85.00
2	50.50	44.00	46.00	51.50	51.50	51.50	51.00	51.00	51.00
3	28.00	28.00	33.00	38.00	39.00	37.00	41.00	41.00	41.00
4	28.00	26.00	27.00	31.00	31.00	31.00	26.00	25.00	25.00
5	42.00	43.00	42.00	46.00	45.00	44.50	41.00	42.00	42.00
6	19.00	16.00	18.00	23.00	23.00	23.00	22.00	23.00	22.00
7	19.50	18.00	19.50	21.00	19.00	20.00	21.50	21.00	21.00
8	38.00	38.00	38.00	39.00	39.00	40.00	37.00	37.00	37.00
9	87.00	87.00	86.00	91.00	90.00	91.00	90.00	90.00	89.00
10	70.00	72.00	71.00	72.00	73.00	73.00	73.00	73.00	73.00
11	4.00	6.00	5.00	29.00	29.00	25.00	37.00	36.00	35.00
12	86.00	84.00	84.00	90.00	89.00	89.00	89.00	90.00	90.00
13	35.00	36.00	37.00	42.00	41.00	39.00	40.00	41.00	41.00
14	58.00	59.00	58.00	63.00	62.00	62.00	59.00	59.00	59.00
15	36.00	34.00	36.00	38.00	38.00	37.00	36.00	36.00	36.00
16	35.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	34.00	33.00	33.00
17	42.00	41.50	42.00	46.00	44.50	45.00	42.00	43.00	43.00
18	65.00	66.00	63.00	72.00	71.00	70.00	75.00	77.00	76.50
19	56.00	56.00	57.00	59.00	60.00	60.00	56.00	55.50	56.00
20	31.00	30.00	30.00	38.50	37.00	37.00	38.00	38.50	38.50
21	53.00	54.00	54.00	54.00	54.50	55.00	53.00	52.50	53.00
22	11.50	12.00	12.50	28.00	26.50	26.50	28.00	28.00	27.00
23	4.00	5.00	5.00	8.00	8.00	7.00	3.00	4.00	5.00
24	96.50	97.00	96.00	99.50	99.00	99.00	99.50	100.00	100.00
25	46.00	46.00	47.00	69.50	64.50	63.00	70.50	70.00	70.00
26	39.00	39.00	36.00	47.00	46.00	45.00	47.00	46.00	47.00
27	74.50	75.00	74.00	76.00	75.00	75.00	75.00	76.00	75.00
28	54.50	55.00	54.50	57.00	57.00	57.00	52.50	53.00	53.00
29	16.00	16.50	17.00	19.00	19.00	18.00	15.50	16.00	16.00
30	12.50	13.00	3.50	36.00	39.00	38.00	38.50	39.00	38.00
31	61.00	61.50	61.00	61.00	62.00	62.50	62.50	63.00	63.00

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
32	59.00	60.00	59.00	61.50	61.00	61.00	58.00	59.00	59.00
33	81.00	81.00	81.50	83.00	83.00	82.00	81.00	80.00	81.00
34	46.00	43.00	43.00	68.00	67.00	67.50	68.00	67.50	68.50
35	48.00	48.50	48.00	52.50	53.00	52.50	50.00	51.00	50.50
36	53.50	54.00	53.50	57.00	57.50	57.50	58.00	57.00	57.50
37	44.00	41.50	42.00	48.00	48.00	47.00	47.00	46.50	47.00
38	50.00	50.00	52.00	54.00	55.00	53.00	52.00	51.50	52.00
39	46.50	47.00	47.00	49.00	49.50	49.00	49.00	50.00	50.00
40	42.00	42.00	42.50	43.00	43.50	43.00	43.00	44.00	43.50
41	30.00	29.50	26.00	35.00	35.00	33.00	31.50	32.00	31.50
42	47.50	45.50	46.00	57.00	58.00	56.00	60.00	60.00	59.50
43	52.00	52.00	51.00	54.00	53.00	54.00	53.00	53.00	53.00
44	54.00	54.50	55.00	56.00	56.00	56.00	56.00	55.50	55.50
45	47.50	48.00	47.00	51.00	51.00	51.00	49.00	49.50	49.50
46	12.50	21.00	11.50	25.50	25.00	23.50	27.50	28.00	28.00
47	58.50	58.50	59.00	60.00	61.00	60.00	56.00	56.00	55.00
48	29.00	28.50	29.50	38.00	38.00	38.50	39.50	39.00	39.00
49	32.50	31.50	32.50	34.00	34.00	34.50	31.00	31.00	31.50
50	50.50	50.50	51.00	54.00	54.00	54.50	54.50	55.00	54.50
51	39.00	40.50	39.50	45.50	46.00	46.00	41.00	41.00	41.00
52	52.00	51.00	51.00	55.00	54.50	55.50	51.50	51.00	51.50
53	14.50	14.50	16.00	18.50	18.50	18.50	15.50	16.00	16.00
54	53.50	54.00	54.50	56.00	57.00	56.00	55.50	55.50	55.00
55	2.00	2.00	2.50	7.50	8.00	7.50	7.50	8.00	7.00
56	52.00	51.50	52.00	53.00	53.50	53.00	52.00	51.00	52.00
57	20.00	21.00	21.50	23.50	24.00	24.00	24.00	24.50	23.50
58	38.50	37.50	37.00	43.00	44.00	44.00	54.50	54.50	55.00
59	23.00	22.00	22.50	28.50	29.00	28.50	27.50	28.00	28.00
60	45.50	46.00	46.00	47.50	47.50	48.00	46.00	46.00	46.50
61	43.50	44.00	45.00	49.50	49.50	48.50	47.00	46.50	46.50
62	40.00	39.50	43.50	43.50	44.00	47.00	46.50	46.50	47.00

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 1 (พื้นน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (มม.)
1	83.00	85.00	85.33	-2.33	-0.33	-0.16	-0.02
2	46.83	51.50	51.00	-4.17	0.50	-0.28	0.03
3	29.67	38.00	41.00	-11.33	-3.00	-0.76	-0.20
4	27.00	31.00	25.33	1.67	5.67	0.11	0.38
5	42.33	45.17	41.67	0.67	3.50	0.04	0.23
6	17.67	23.00	22.33	-4.67	0.67	-0.31	0.04
7	19.00	20.00	21.17	-2.17	-1.17	-0.14	-0.08
8	38.00	39.33	37.00	1.00	2.33	0.07	0.16
9	86.67	90.67	89.67	-3.00	1.00	-0.20	0.07
10	71.00	72.67	73.00	-2.00	-0.33	-0.13	-0.02
11	5.00	27.67	36.00	-31.00	-8.33	-2.07	-0.56
12	84.67	89.33	89.67	-5.00	-0.33	-0.33	-0.02
13	36.00	40.67	40.67	-4.67	0.00	-0.31	0.00
14	58.33	62.33	59.00	-0.67	3.33	-0.04	0.22
15	35.33	37.67	36.00	-0.67	1.67	-0.04	0.11
16	35.67	36.00	33.33	2.33	2.67	0.16	0.18
17	41.83	45.17	42.67	-0.83	2.50	-0.06	0.17
18	64.67	71.00	76.17	-11.50	-5.17	-0.77	-0.34
19	56.33	59.67	55.83	0.50	3.83	0.03	0.26
20	30.33	37.50	38.33	-8.00	-0.83	-0.53	-0.06
21	53.67	54.50	52.83	0.83	1.67	0.06	0.11
22	12.00	27.00	27.67	-15.67	-0.67	-1.04	-0.04
23	4.67	7.67	4.00	0.67	3.67	0.04	0.24
24	96.50	99.17	99.83	-3.33	-0.67	-0.22	-0.04
25	46.33	65.67	70.17	-23.83	-4.50	-1.59	-0.30
26	38.00	46.00	46.67	-8.67	-0.67	-0.58	-0.04
27	74.50	75.33	75.33	-0.83	0.00	-0.06	0.00
28	54.67	57.00	52.83	1.83	4.17	0.12	0.28
29	16.50	18.67	15.83	0.67	2.83	0.04	0.19

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (มม.)
30	9.67	37.67	38.50	-28.83	-0.83	-1.92	-0.06
31	61.17	61.83	62.83	-1.67	-1.00	-0.11	-0.07
32	59.33	61.17	58.67	0.67	2.50	0.04	0.17
33	81.17	82.67	80.67	0.50	2.00	0.03	0.13
34	44.00	67.50	68.00	-24.00	-0.50	-1.60	-0.03
35	48.17	52.67	50.50	-2.33	2.17	-0.16	0.14
36	53.67	57.33	57.50	-3.83	-0.17	-0.26	-0.01
37	42.50	47.67	46.83	-4.33	0.83	-0.29	0.06
38	50.67	54.00	51.83	-1.17	2.17	-0.08	0.14
39	46.83	49.17	49.67	-2.83	-0.50	-0.19	-0.03
40	42.17	43.17	43.50	-1.33	-0.33	-0.09	-0.02
41	28.50	34.33	31.67	-3.17	2.67	-0.21	0.18
42	46.33	57.00	59.83	-13.50	-2.83	-0.90	-0.19
43	51.67	53.67	53.00	-1.33	0.67	-0.09	0.04
44	54.50	56.00	55.67	-1.17	0.33	-0.08	0.02
45	47.50	51.00	49.33	-1.83	1.67	-0.12	0.11
46	15.00	24.67	27.83	-12.83	-3.17	-0.86	-0.21
47	58.67	60.33	55.67	3.00	4.67	0.20	0.31
48	29.00	38.17	39.17	-10.17	-1.00	-0.68	-0.07
49	32.17	34.17	31.17	1.00	3.00	0.07	0.20
50	50.67	54.17	54.67	-4.00	-0.50	-0.27	-0.03
51	39.67	45.83	41.00	-1.33	4.83	-0.09	0.32
52	51.33	55.00	51.33	0.00	3.67	0.00	0.24
53	15.00	18.50	15.83	-0.83	2.67	-0.06	0.18
54	54.00	56.33	55.33	-1.33	1.00	-0.09	0.07
55	2.17	7.67	7.50	-5.33	0.17	-0.36	0.01
56	51.83	53.17	51.67	0.17	1.50	0.01	0.10
57	20.83	23.83	24.00	-3.17	-0.17	-0.21	-0.01
58	37.67	43.67	54.67	-17.00	-11.00	-1.13	-0.73
59	22.50	28.67	27.83	-5.33	0.83	-0.36	0.06
60	45.83	47.67	46.17	-0.33	1.50	-0.02	0.10
61	44.17	49.17	46.67	-2.50	2.50	-0.17	0.17
62	41.00	44.83	46.67	-5.67	-1.83	-0.38	-0.12

ตารางที่ 21 แสดงการอ่านค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัด

ความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง (ทำซ้ำ) ใน
กลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
1	83.00	83.00	84.00	85.00	85.00	85.00	85.00	86.00	85.00
2	50.50	44.00	46.00	51.50	51.50	51.50	51.00	51.00	51.00
3	28.00	28.00	33.00	38.00	39.00	37.00	41.00	41.00	41.00
4	28.00	26.00	27.00	31.00	31.00	31.00	26.00	25.00	25.00
5	42.00	43.00	42.00	46.00	44.50	44.50	41.00	42.00	42.00
6	19.00	16.00	18.00	23.00	23.00	23.00	22.00	23.00	22.00
7	20.00	18.00	19.50	21.00	19.00	20.00	21.50	21.00	21.00
8	38.00	38.00	37.00	39.00	39.00	39.50	36.00	37.00	37.00
9	87.00	87.00	86.00	90.00	90.00	91.00	90.00	90.00	89.00
10	70.00	72.00	71.00	72.00	73.00	73.00	73.00	73.00	73.00
11	4.00	6.00	5.00	29.00	29.00	25.00	37.00	36.00	34.00
12	86.00	84.00	84.00	90.00	89.00	89.00	89.00	90.00	90.00
13	35.00	36.00	37.00	42.00	41.00	39.00	40.00	41.00	41.00
14	58.00	59.00	58.00	63.00	62.00	62.00	59.00	59.00	59.00
15	36.00	34.00	35.00	38.00	38.00	37.00	36.00	36.00	36.00
16	35.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	34.00	33.00	34.00
17	42.00	41.50	42.00	46.00	44.50	45.00	42.00	42.00	43.00
18	65.00	67.00	63.00	72.00	71.00	70.00	75.00	77.00	76.50
19	56.00	56.00	57.50	59.00	60.00	59.00	56.00	55.50	56.00
20	31.00	30.00	30.00	39.00	37.00	37.00	38.00	38.50	38.50
21	53.00	54.00	54.50	54.50	54.50	55.00	53.00	53.00	53.00
22	11.50	12.00	12.50	28.00	27.00	26.50	28.00	28.00	26.50
23	4.50	5.00	5.00	8.00	7.50	7.00	3.00	4.00	5.00
24	97.00	97.00	96.00	99.50	99.50	99.00	100.00	100.00	99.00
25	46.00	46.00	47.50	70.00	64.50	63.00	70.50	70.00	70.00
26	39.00	40.00	36.00	47.00	46.00	45.00	47.00	46.50	47.00
27	74.50	75.00	74.00	76.50	75.00	75.00	74.00	76.00	75.00
28	55.00	54.00	54.50	57.00	57.00	57.00	52.50	53.00	53.00
29	16.00	16.50	17.00	19.00	19.00	18.00	15.50	16.00	16.00
30	12.00	13.00	3.50	36.00	39.50	39.00	39.00	39.00	38.00
31	61.00	61.50	61.00	61.00	62.00	63.00	62.50	63.00	63.00

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
32	59.00	60.00	59.00	61.00	61.00	61.00	58.00	59.50	59.00
33	81.00	81.00	81.50	83.00	83.00	82.50	81.00	80.00	81.00
34	46.00	42.50	43.00	67.50	67.00	67.50	68.00	67.50	68.50
35	48.50	48.00	48.00	53.00	53.00	53.00	50.00	51.00	50.50
36	53.50	53.50	53.00	57.50	57.50	57.50	58.00	57.00	57.00
37	44.00	41.50	42.00	48.50	48.00	47.00	46.50	47.00	47.00
38	50.00	50.50	52.00	54.00	55.00	53.00	52.00	52.00	52.00
39	46.00	47.00	47.00	48.50	49.50	49.00	49.00	50.00	49.00
40	42.00	42.00	42.00	43.00	43.00	43.00	43.00	44.00	43.00
41	30.00	29.50	26.00	35.00	35.00	33.50	31.00	32.00	31.50
42	47.50	45.50	45.00	57.00	58.00	56.00	60.00	59.50	59.50
43	52.00	52.00	51.00	54.00	53.00	53.00	53.00	53.50	53.00
44	54.00	54.50	55.00	56.00	55.50	56.00	56.00	55.00	55.50
45	47.50	48.00	47.00	50.50	51.00	51.00	49.00	50.00	49.50
46	12.50	21.00	11.50	25.50	25.00	23.50	27.50	28.00	28.00
47	58.50	59.00	59.00	60.00	61.00	60.00	56.00	55.50	55.00
48	29.50	28.50	29.50	38.00	38.00	39.00	39.50	39.00	39.00
49	32.50	32.00	32.50	34.00	34.00	35.00	31.00	31.00	31.50
50	51.00	50.50	51.00	54.00	54.00	54.50	54.50	55.00	55.00
51	39.50	40.50	39.00	45.50	46.00	45.50	41.00	41.00	40.50
52	51.50	51.00	51.00	54.50	54.50	55.50	51.50	51.00	51.50
53	14.00	14.50	16.00	18.50	18.50	18.00	15.50	16.00	16.00
54	53.50	54.50	54.50	56.00	57.00	56.00	55.50	55.50	56.00
55	2.50	1.50	2.50	8.00	8.00	7.50	7.00	8.00	7.00
56	52.00	51.00	52.00	53.00	53.50	53.00	52.00	51.00	52.00
57	20.00	20.50	21.50	23.50	24.00	24.00	24.00	24.50	23.50
58	39.00	37.50	37.00	43.00	44.00	44.00	54.50	54.50	55.00
59	23.00	22.00	22.00	29.00	29.00	28.50	28.00	27.50	28.00
60	46.00	46.00	45.50	48.00	47.50	47.50	46.00	45.50	46.50
61	43.50	44.00	45.00	49.50	49.50	48.50	47.00	46.50	46.50
62	40.00	39.50	43.50	43.50	44.00	47.00	46.50	47.00	47.00

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ Apexซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริงซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)
1	83.33	85.00	85.33	-2.00	-0.33	-0.13	-0.02
2	46.83	51.50	51.00	-4.17	0.50	-0.28	0.03
3	29.67	38.00	41.00	-11.33	-3.00	-0.76	-0.20
4	27.00	31.00	25.33	1.67	5.67	0.11	0.38
5	42.33	45.00	41.67	0.67	3.33	0.04	0.22
6	17.67	23.00	22.33	-4.67	0.67	-0.31	0.04
7	19.17	20.00	21.17	-2.00	-1.17	-0.13	-0.08
8	37.67	39.17	36.67	1.00	2.50	0.07	0.17
9	86.67	90.33	89.67	-3.00	0.67	-0.20	0.04
10	71.00	72.67	73.00	-2.00	-0.33	-0.13	-0.02
11	5.00	27.67	35.67	-30.67	-8.00	-2.04	-0.53
12	84.67	89.33	89.67	-5.00	-0.33	-0.33	0.02
13	36.00	40.67	40.67	-4.67	0.00	-0.31	0.00
14	58.33	62.33	59.00	-0.67	3.33	-0.04	0.22
15	35.00	37.67	36.00	-1.00	1.67	-0.07	0.11
16	35.67	36.00	33.67	2.00	2.33	0.13	0.16
17	41.83	45.17	42.33	-0.50	2.83	-0.03	0.19
18	65.00	71.00	76.17	-11.17	-5.17	-0.74	-0.34
19	56.50	59.33	55.83	0.67	3.50	0.04	0.23
20	30.33	37.67	38.33	-8.00	-0.67	-0.53	-0.04
21	53.83	54.67	53.00	0.83	1.67	0.06	0.11
22	12.00	27.17	27.50	-15.50	-0.33	-1.03	-0.02
23	4.83	7.50	4.00	0.83	3.50	0.06	0.23
24	96.67	99.33	99.67	-3.00	-0.33	-0.20	-0.02
25	46.50	65.83	70.17	-23.67	-4.33	-1.58	-0.29
26	38.33	46.00	46.83	-8.50	-0.83	-0.57	-0.06
27	74.50	75.50	75.00	-0.50	0.50	-0.03	0.03
28	54.50	57.00	52.83	1.67	4.17	0.11	0.28
29	16.50	18.67	15.83	0.67	2.83	0.04	0.19

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ Apexซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยความ ยาวจริงซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)
30	9.50	38.17	38.67	-29.17	-0.50	-1.94	-0.03
31	61.17	62.00	62.83	-1.67	-0.83	-0.11	-0.06
32	59.33	61.00	58.83	0.50	2.17	0.03	0.14
33	81.17	82.83	80.67	0.50	2.17	0.03	0.14
34	43.83	67.33	68.00	-24.17	-0.67	-1.61	-0.04
35	48.17	53.00	50.50	-2.33	2.50	-0.16	0.17
36	53.33	57.50	57.33	-4.00	0.17	-0.27	0.01
37	42.50	47.83	46.83	-4.33	1.00	-0.29	0.07
38	50.83	54.00	52.00	-1.17	2.00	-0.08	0.13
39	46.67	49.00	49.33	-2.67	-0.33	-0.18	-0.02
40	42.00	43.00	43.33	-1.33	-0.33	-0.09	-0.02
41	28.50	34.50	31.50	-3.00	3.00	-0.20	0.20
42	46.00	57.00	59.67	-13.67	-2.67	-0.91	-0.18
43	51.67	53.33	53.17	-1.50	0.17	-0.10	0.01
44	54.50	55.83	55.50	-1.00	0.33	-0.07	0.02
45	47.50	50.83	49.50	-2.00	1.33	-0.13	0.09
46	15.00	24.67	27.83	-12.83	-3.17	-0.86	-0.21
47	58.83	60.33	55.50	3.33	4.83	0.22	0.32
48	29.17	38.33	39.17	-10.00	-0.83	-0.67	-0.06
49	32.33	34.33	31.17	1.17	3.17	0.08	0.21
50	50.83	54.17	54.83	-4.00	-0.67	-0.27	-0.04
51	39.67	45.67	40.83	-1.17	4.83	-0.08	0.32
52	51.17	54.83	51.33	-0.17	3.50	-0.01	0.23
53	14.83	18.33	15.83	-1.00	2.50	-0.07	0.17
54	54.17	56.33	55.67	-1.50	0.67	-0.10	0.04
55	2.17	7.83	7.33	-5.17	0.50	-0.34	0.03
56	51.67	53.17	51.67	0.00	1.50	0.00	0.10
57	20.67	23.83	24.00	-3.33	-0.17	-0.22	-0.01
58	37.83	43.67	54.67	-16.83	-11.00	-1.12	-0.73
59	22.33	28.83	27.83	-5.50	1.00	-0.37	0.07
60	45.83	47.67	46.00	-0.17	1.67	-0.01	0.11
61	44.17	49.17	46.67	-2.50	2.50	-0.17	0.17
62	41.00	44.83	46.83	-5.83	-2.00	-0.39	-0.13

ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบของกลุ่มที่ 2 : พันธุ์นมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ

ตารางที่ 23 แสดงซี่ฟัน ชนิดของรากฟัน และความยาวรากฟันในกลุ่มที่ 2 (พันธุ์นมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ซี่ฟัน	ชนิดของรากฟัน	ความยาวรากฟัน (มม.)
1	75	Lmb	7.50
2	55	Udb	9.50
3	75	Ldb	8.00
4	75	Ldl	9.00
5	64	Umb	8.00
6	75	Ldl	7.50
7	64	Up	7.50
8	85	Ldl	8.50
9	84	Ldl	8.00
10	85	Lml	8.50
11	64	Umb	7.50
12	65	Umb	9.00
13	85	Ldl	9.00
14	54	Up	7.00
15	85	Lmb	9.00
16	65	Up	8.00
17	85	Lml	9.00
18	85	Ldb	9.00
19	55	Umb	8.50
20	54	Udb	7.50
21	65	Up	8.00
22	54	Up	8.00
23	54	Udb	7.50
24	74	Lml	8.00
25	84	Ldb	8.00
26	64	Umb	8.00
27	65	Umb	8.50
28	74	Ldl	7.50
29	64	Up	8.00

ลำดับที่	สีพื้น	ชนิดของรอกพัน**	ความยาวรอกพัน (มม.)
30	75	Lmb	7.50
31	74	Ldl	8.00
32	85	Lml	9.00
33	74	Ldb	8.00
34	65	Up	9.00
35	75	Ldb	8.50
36	75	Ldl	9.00
37	75	Ldb	9.00
38	74	Lml	8.00
39	74	Ldb	8.00
40	85	Ldl	9.00
41	55	Umb	8.00
42	54	Up	7.00
43	85	Lml	7.50
44	54	Umb	7.50
45	65	Udb	9.00
46	55	Up	9.50
47	84	Ldb	7.50
48	55	Up	8.00
49	85	Lml	9.00
50	85	Ldl	9.00
51	65	Udb	9.00
52	65	Up	8.00
53	54	Up	7.00
54	54	Up	7.00
55	64	Up	7.00
56	64	Up	7.00
57	64	Udb	7.00
58	74	Ldb	7.00
59	65	Umb	9.50
60	64	Udb	7.50
61	84	Ldb	7.50
62	84	Ldb	8.00

** Umb = ฟันกรามบนรอกด้านแก้ม - ไกลกลาง

Udb = ฟันกรามบนรอกด้านแก้ม - ไกลกลาง

Up = ฟันกรามบนรอกด้านเหตวน

Lmb = ฟันกรามล่างรอกด้านแก้ม - ไกลกลาง

Lml = ฟันกรามล่างรอกด้านลิ้น - ไกลกลาง

Ldb = ฟันกรามล่างรอกด้านแก้ม - ไกลกลาง

Ldl = ฟันกรามล่างรอกด้านลิ้น - ไกลกลาง

ตารางที่ 24 แสดงการอ่านค่าความยาวไฟล้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่นึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
1	27.00	27.00	27.00	30.00	30.00	30.50	33.00	32.00	31.50
2	43.00	43.50	44.00	45.00	45.00	45.00	44.00	44.00	45.00
3	31.00	32.00	33.00	36.00	35.00	36.00	35.00	35.00	34.00
4	39.00	39.00	39.00	41.00	41.00	41.00	38.00	37.00	37.00
5	12.00	12.00	12.00	16.00	16.50	17.00	13.00	12.00	13.00
6	0.00	0.00	1.00	6.50	6.50	7.50	6.00	5.00	5.00
7	9.00	7.00	7.00	12.00	10.00	10.00	17.00	17.00	17.00
8	12.00	12.00	12.00	15.00	14.00	15.00	16.00	17.00	16.00
9	5.50	1.00	5.00	8.00	9.50	9.00	16.00	15.50	15.00
10	41.00	40.00	40.00	42.00	41.00	42.00	41.00	40.00	40.00
11	8.00	7.00	5.00	14.00	14.00	10.00	15.00	14.50	14.00
12	8.00	9.00	9.00	12.00	11.00	12.00	9.00	8.00	9.00
13	23.00	21.00	23.00	34.00	36.00	33.00	39.00	37.00	37.00
14	10.00	6.50	9.50	14.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00
15	38.00	37.00	36.00	42.00	42.50	42.50	42.00	42.00	42.00
16	31.00	29.00	33.00	39.50	38.00	39.00	37.00	37.00	38.00
17	29.50	27.00	29.00	31.50	34.50	35.00	27.00	27.50	28.00
18	38.50	38.00	39.00	45.50	44.50	44.00	41.50	41.50	41.00
19	31.00	30.00	29.00	33.50	33.50	34.00	33.00	32.50	33.00
20	3.50	3.00	3.00	5.50	6.50	7.00	5.00	5.50	4.50
21	20.00	19.00	18.00	23.00	24.00	24.00	23.00	23.00	22.00
22	11.50	11.00	10.50	20.00	19.50	20.00	21.00	21.00	21.00
23	7.00	7.00	6.00	15.50	14.50	15.50	16.00	16.00	15.50
24	4.00	4.00	4.50	8.00	8.00	9.00	11.00	11.00	12.00
25	12.00	12.00	12.50	14.50	14.00	14.50	14.50	14.50	15.00
26	11.50	11.50	11.50	22.00	22.50	22.50	19.00	19.00	19.00
27	32.00	32.00	32.50	35.00	36.00	36.00	35.00	35.00	35.00
28	6.00	10.50	13.00	19.00	19.50	19.00	18.00	18.50	18.00
29	34.00	33.00	33.00	36.50	37.00	37.00	35.00	34.00	35.50
30	14.00	15.50	14.00	21.00	21.50	21.50	20.00	20.00	21.00
31	2.00	1.50	2.00	1.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.50

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริง (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
32	34.50	35.00	35.00	39.00	38.50	39.00	39.00	39.00	39.00
33	21.00	22.00	19.00	24.00	23.50	24.00	22.00	22.50	22.50
34	42.00	40.00	41.50	51.00	50.50	47.00	52.00	51.50	51.50
35	34.00	34.00	34.50	36.00	37.00	37.00	32.00	31.50	31.50
36	20.00	14.50	15.00	27.00	27.00	27.00	26.00	27.00	26.00
37	19.00	15.00	15.00	28.50	29.00	27.00	27.50	27.00	27.00
38	4.00	5.00	5.00	8.50	8.00	8.00	7.50	7.00	6.50
39	4.00	5.00	3.50	12.50	12.00	12.50	18.00	17.50	17.50
40	28.00	30.00	29.50	33.00	33.00	34.00	33.00	32.00	32.50
41	25.00	30.00	27.00	29.50	30.00	30.00	30.50	30.00	31.00
42	3.50	7.00	6.00	10.00	11.50	11.00	24.00	23.50	24.00
43	9.00	7.00	7.50	12.00	11.50	12.00	11.50	11.50	12.00
44	6.00	6.00	9.00	12.00	14.00	11.00	17.00	17.50	17.00
45	41.00	42.00	42.00	44.00	45.00	44.00	42.50	42.00	42.00
46	63.00	63.00	64.00	67.50	68.00	67.50	69.00	70.00	70.00
47	7.00	7.00	7.50	13.50	13.50	11.50	12.00	12.00	12.00
48	15.50	17.00	17.50	23.00	24.50	22.00	25.00	24.00	24.00
49	23.00	24.00	22.50	31.00	30.50	31.00	27.50	28.00	28.00
50	22.50	22.50	23.50	34.50	34.00	34.50	32.00	33.00	32.50
51	53.00	52.50	53.50	56.00	56.00	55.50	56.00	57.00	57.00
52	24.50	25.00	23.50	28.50	29.00	29.50	30.00	29.50	30.50
53	3.50	2.50	2.50	4.00	2.50	5.00	15.00	14.00	15.00
54	14.00	18.00	21.50	28.00	28.50	27.00	23.00	23.00	23.00
55	10.50	14.50	14.50	17.00	17.00	17.00	15.50	16.00	16.00
56	0.00	0.00	0.00	14.00	13.50	7.00	11.00	10.50	11.00
57	8.50	9.50	9.00	12.00	11.50	11.50	10.50	10.50	10.00
58	2.00	3.50	3.50	8.50	7.50	7.50	4.00	3.50	4.00
59	39.50	38.50	39.00	52.50	53.50	53.50	52.50	52.00	52.00
60	3.00	2.00	3.00	6.00	5.00	5.50	1.00	0.00	0.50
61	7.50	6.00	8.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.50	9.00
62	1.50	1.50	1.00	4.50	4.00	6.00	3.00	3.00	2.50

ตารางที่ 25 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ Apex และความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และความยาวจริง (มม.)	ผลต่างระหว่างค่าที่ Apex และความยาวจริง (มม.)
1	27.00	30.17	32.17	-5.17	-2.00	-0.34	-0.13
2	43.50	45.00	44.33	-0.83	0.67	-0.06	0.04
3	32.00	35.67	34.67	-2.67	1.00	-0.18	0.07
4	39.00	41.00	37.33	1.67	3.67	0.11	0.24
5	12.00	16.50	12.67	-0.67	3.83	-0.04	0.26
6	0.33	6.83	5.33	-5.00	1.50	-0.33	0.10
7	7.67	10.67	17.00	-9.33	-6.33	-0.62	-0.42
8	12.00	14.67	16.33	-4.33	-1.67	-0.29	-0.11
9	3.83	8.83	15.50	-11.67	-6.67	-0.78	-0.44
10	40.33	41.67	40.33	0.00	1.33	0.00	0.09
11	6.67	12.67	14.50	-7.83	-1.83	-0.52	-0.12
12	8.67	11.67	8.67	0.00	3.00	0.00	0.20
13	22.33	34.33	37.67	-15.33	-3.33	-1.02	-0.22
14	8.67	12.67	12.67	-4.00	0.00	-0.27	0.00
15	37.00	42.33	42.00	-5.00	0.33	-0.33	0.02
16	31.00	38.83	37.33	-6.33	1.50	-0.42	0.10
17	28.50	33.67	27.50	1.00	6.17	0.07	0.41
18	38.50	44.67	41.33	-2.83	3.33	-0.19	0.22
19	30.00	33.67	32.83	-2.83	0.83	-0.19	0.06
20	3.17	6.33	5.00	-1.83	1.33	-0.12	0.09
21	19.00	23.67	22.67	-3.67	1.00	-0.24	0.07
22	11.00	19.83	21.00	-10.00	-1.17	-0.67	-0.08
23	6.67	15.17	15.83	-9.17	-0.67	-0.61	-0.04
24	4.17	8.33	11.33	-7.17	-3.00	-0.48	-0.20
25	12.17	14.33	14.67	-2.50	-0.33	-0.17	-0.02
26	11.50	22.33	19.00	-7.50	3.33	-0.50	0.22
27	32.17	35.67	35.00	-2.83	0.67	-0.19	0.04
28	9.83	19.17	18.17	-8.33	1.00	-0.56	0.07
29	33.33	36.83	34.83	-1.50	2.00	-0.10	0.13

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (มม.)
30	14.50	21.33	20.33	-5.83	1.00	-0.39	0.07
31	1.83	2.33	2.50	-0.67	-0.17	-0.04	-0.01
32	34.83	38.83	39.00	-4.17	-0.17	-0.28	-0.01
33	20.67	23.83	22.33	-1.67	1.50	-0.11	0.10
34	41.17	49.50	51.67	-10.50	-2.17	-0.70	-0.14
35	34.17	36.67	31.67	2.50	5.00	0.17	0.33
36	16.50	27.00	26.33	-9.83	0.67	-0.66	0.04
37	16.33	28.17	27.17	-10.83	1.00	-0.72	0.07
38	4.67	8.17	7.00	-2.33	1.17	-0.16	0.08
39	4.17	12.33	17.67	-13.50	-5.33	-0.90	-0.36
40	29.17	33.33	32.50	-3.33	0.83	-0.22	0.06
41	27.33	29.83	30.50	-3.17	-0.67	-0.21	-0.04
42	5.50	10.83	23.83	-18.33	-13.00	-1.22	-0.87
43	7.83	11.83	11.67	-3.83	0.17	-0.26	0.01
44	7.00	12.33	17.17	-10.17	-4.83	-0.68	-0.32
45	41.67	44.33	42.17	-0.50	2.17	-0.03	0.14
46	63.33	67.67	69.67	-6.33	-2.00	-0.42	-0.13
47	7.17	12.83	12.00	-4.83	0.83	-0.32	0.06
48	16.67	23.17	24.33	-7.67	-1.17	-0.51	-0.08
49	23.17	30.83	27.83	-4.67	3.00	-0.31	0.20
50	22.83	34.33	32.50	-9.67	1.83	-0.64	0.12
51	53.00	55.83	56.67	-3.67	-0.83	-0.24	-0.06
52	24.33	29.00	30.00	-5.67	-1.00	-0.38	-0.07
53	2.83	3.83	14.67	-11.83	-10.83	-0.79	-0.72
54	17.83	27.83	23.00	-5.17	4.83	-0.34	0.32
55	13.17	17.00	15.83	-2.67	1.17	-0.18	0.08
56	0.00	11.50	10.83	-10.83	0.67	-0.72	0.04
57	9.00	11.67	10.33	-1.33	1.33	-0.09	0.09
58	3.00	7.83	3.83	-0.83	4.00	-0.06	0.27
59	39.00	53.17	52.17	-13.17	1.00	-0.88	0.07
60	2.67	5.50	0.50	2.17	5.00	0.14	0.33
61	7.17	9.00	8.83	-1.67	0.17	-0.11	0.01
62	1.33	4.83	2.83	-1.50	2.00	-0.10	0.13

ตารางที่ 26 แสดงการอ่านค่าความยาวไฟล้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ทั้งหมด 3 ครั้ง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
1	27.00	26.50	27.00	30.00	30.00	31.00	33.00	32.00	31.50
2	42.00	43.00	43.00	45.00	45.00	45.00	44.00	44.00	45.00
3	31.00	32.00	32.50	36.00	35.00	36.00	35.50	35.00	34.00
4	39.00	39.00	39.00	41.00	41.00	41.00	38.00	37.00	36.00
5	12.00	12.00	12.00	16.00	16.50	17.00	13.00	12.00	13.00
6	0.00	0.00	1.00	6.50	6.50	6.50	6.00	5.00	5.00
7	9.00	8.00	7.00	12.00	10.00	10.00	17.00	17.00	17.00
8	12.00	12.00	12.00	14.00	14.00	15.00	16.00	17.00	16.00
9	5.00	1.00	5.00	8.00	9.50	9.00	15.50	15.50	15.00
10	41.00	40.00	40.00	42.00	41.00	42.00	41.00	40.00	40.00
11	8.00	7.00	6.00	14.00	14.00	10.00	15.00	14.50	15.00
12	8.00	9.00	9.00	12.00	11.00	12.00	9.00	8.00	9.00
13	23.00	21.00	23.00	34.00	36.00	33.00	39.00	37.00	37.00
14	10.00	6.50	9.50	14.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00
15	38.00	37.00	35.50	42.00	42.00	42.50	42.00	42.00	42.00
16	31.00	29.00	33.00	39.50	39.00	39.00	37.00	37.00	38.00
17	30.00	27.00	29.00	31.50	34.50	35.00	27.00	27.00	28.00
18	38.50	38.00	39.00	46.00	44.50	44.00	42.00	41.50	41.00
19	31.00	30.00	29.00	33.50	34.00	34.00	33.00	32.50	33.00
20	3.50	3.00	3.00	6.00	6.50	7.00	4.50	5.00	5.00
21	20.00	20.00	18.00	23.00	24.00	24.50	23.00	23.00	22.50
22	11.50	10.50	10.50	20.00	19.50	20.00	21.00	21.00	21.00
23	7.00	7.00	6.00	15.50	14.50	15.50	16.00	16.00	15.50
24	3.50	4.00	4.50	8.00	8.00	9.00	11.00	11.00	12.00
25	12.00	12.00	12.50	14.50	14.50	14.50	14.50	14.00	14.50
26	11.50	11.50	12.00	22.00	22.50	22.00	19.00	19.00	19.00
27	32.00	32.00	32.50	35.00	36.00	36.00	35.00	35.00	35.00
28	6.00	10.50	13.00	19.00	19.50	19.50	18.00	18.00	18.50
29	34.00	33.00	33.00	36.50	37.00	37.00	35.00	34.00	36.00
30	14.00	15.50	14.00	21.00	21.50	22.00	20.00	20.00	21.00
31	2.00	1.50	2.00	1.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.50

ลำดับที่	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex ซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความยาว จริงซ้ำ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)
32	34.50	35.00	35.00	39.00	38.50	39.00	38.50	39.00	39.00
33	21.00	22.00	19.00	24.00	23.00	24.00	21.50	22.50	22.50
34	42.00	40.00	41.00	51.00	50.50	47.00	52.00	51.50	51.50
35	34.00	34.00	34.00	36.00	37.00	37.00	32.00	31.50	31.50
36	20.00	15.00	15.00	27.00	27.00	27.00	26.00	27.00	26.00
37	19.00	15.50	15.00	28.50	28.50	27.00	27.50	27.00	27.50
38	4.00	5.00	5.50	8.50	8.00	8.00	7.50	7.00	6.50
39	4.00	5.00	3.50	12.50	12.00	12.00	18.00	17.50	17.50
40	28.50	30.00	29.50	33.00	33.00	34.00	33.00	32.00	33.00
41	25.00	30.00	27.00	29.50	30.00	30.00	30.00	30.00	31.00
42	4.00	7.00	6.00	10.00	11.50	11.00	24.50	23.50	24.00
43	9.00	6.50	7.50	12.00	11.00	12.00	12.00	11.50	12.00
44	6.00	6.00	8.50	12.00	14.00	10.50	17.00	17.50	17.00
45	41.00	41.00	42.00	44.50	45.00	44.00	42.50	42.00	42.00
46	63.00	63.00	64.00	67.50	68.00	67.50	69.00	70.00	70.00
47	7.00	7.00	7.00	14.00	13.50	11.50	12.00	11.50	12.00
48	15.50	17.00	17.00	23.00	25.00	22.00	24.00	24.00	24.00
49	23.00	24.00	22.50	31.00	30.50	30.50	28.00	28.00	28.00
50	23.00	22.50	23.50	34.50	34.50	34.00	32.00	33.00	32.50
51	53.00	52.50	53.50	56.00	56.00	56.00	56.50	56.50	57.00
52	24.50	25.00	23.50	28.50	29.00	29.50	30.00	29.50	30.50
53	3.50	2.50	3.00	4.00	2.50	5.00	15.00	14.00	15.00
54	14.50	18.00	21.50	28.00	28.50	27.00	23.50	23.00	23.00
55	10.50	14.50	14.50	17.00	17.00	16.50	15.50	16.00	16.00
56	0.00	0.00	0.00	14.00	13.50	7.50	11.00	10.50	11.00
57	8.50	9.50	9.00	11.50	11.50	11.50	10.50	10.50	10.00
58	2.50	3.50	3.50	8.00	7.50	7.50	4.00	3.00	4.00
59	39.50	38.50	38.50	52.50	53.50	53.00	52.00	52.00	52.50
60	3.00	2.00	3.00	6.00	5.00	5.00	1.00	0.00	0.50
61	7.50	6.50	8.00	9.00	9.00	9.50	9.00	8.50	9.00
62	1.00	1.50	1.00	4.50	4.00	6.00	3.00	3.00	2.50

ตารางที่ 27 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเทอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวไฟล์ที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง (ทำซ้ำ) ในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่นึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ Apexซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริงซ้ำ (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และความยาวจริงซ้ำ (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ Apex และความยาวจริงซ้ำ (ช่อง)	ผลต่างระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และความยาวจริงซ้ำ (มม.)	ผลต่างระหว่างค่าที่ Apex และความยาวจริงซ้ำ (มม.)
1	26.83	30.33	32.17	-5.33	-1.83	-0.36	-0.12
2	42.67	45.00	44.33	-1.67	0.67	-0.11	0.04
3	31.83	35.67	34.83	-3.00	0.83	-0.20	0.06
4	39.00	41.00	37.00	2.00	4.00	0.13	0.27
5	12.00	16.50	12.67	-0.67	3.83	-0.04	0.26
6	0.33	6.50	5.33	-5.00	1.17	-0.33	0.08
7	8.00	10.67	17.00	-9.00	-6.33	-0.60	-0.42
8	12.00	14.33	16.33	-4.33	-2.00	-0.29	-0.13
9	3.67	8.83	15.33	-11.67	-6.50	-0.78	-0.43
10	40.33	41.67	40.33	0.00	1.33	0.00	0.09
11	7.00	12.67	14.83	-7.83	-2.17	-0.52	-0.14
12	8.67	11.67	8.67	0.00	3.00	0.00	0.20
13	22.33	34.33	37.67	-15.33	-3.33	-1.02	-0.22
14	8.67	12.67	13.00	-4.33	-0.33	-0.29	-0.02
15	36.83	42.17	42.00	-5.17	0.17	-0.34	0.01
16	31.00	39.17	37.33	-6.33	1.83	-0.42	0.12
17	28.67	33.67	27.33	1.33	6.33	0.09	0.42
18	38.50	44.83	41.50	-3.00	3.33	-0.20	0.22
19	30.00	33.83	32.83	-2.83	1.00	-0.19	0.07
20	3.17	6.50	4.83	-1.67	1.67	-0.11	0.11
21	19.33	23.83	22.83	-3.50	1.00	-0.23	0.07
22	10.83	19.83	21.00	-10.17	-1.17	-0.68	-0.08
23	6.67	15.17	15.83	-9.17	-0.67	-0.61	-0.04
24	4.00	8.33	11.33	-7.33	-3.00	-0.49	-0.20
25	12.17	14.50	14.33	-2.17	0.17	-0.14	0.01
26	11.67	22.17	19.00	-7.33	3.17	-0.49	0.21
27	32.17	35.67	35.00	-2.83	0.67	-0.19	0.04
28	9.83	19.33	18.17	-8.33	1.17	-0.56	0.08

ลำดับที่	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apexซ้ำ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apexและ ความยาวจริง ซ้ำ (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)	ผลต่าง ระหว่างค่าที่ Apexและ ความยาวจริง ซ้ำ (มม.)
29	33.33	36.83	35.00	-1.67	1.83	-0.11	0.12
30	14.50	21.50	20.33	-5.83	1.17	-0.39	0.08
31	1.83	2.33	2.50	-0.67	-0.17	-0.04	-0.01
32	34.83	38.83	38.83	-4.00	0.00	-0.27	0.00
33	20.67	23.67	22.17	-1.50	1.50	-0.10	0.10
34	41.00	49.50	51.67	-10.67	-2.17	-0.71	-0.14
35	34.00	36.67	31.67	2.33	5.00	0.16	0.33
36	16.67	27.00	26.33	-9.67	0.67	-0.64	0.04
37	16.50	28.00	27.33	-10.83	0.67	-0.72	0.04
38	4.83	8.17	7.00	-2.17	1.17	-0.14	0.08
39	4.17	12.17	17.67	-13.50	-5.50	-0.90	-0.37
40	29.33	33.33	32.67	-3.33	0.67	-0.22	0.04
41	27.33	29.83	30.33	-3.00	-0.50	-0.20	-0.03
42	5.67	10.83	24.00	-18.33	-13.17	-1.22	-0.88
43	7.67	11.67	11.83	-4.17	-0.17	-0.28	-0.01
44	6.83	12.17	17.17	-10.33	-5.00	-0.69	-0.33
45	41.33	44.50	42.17	-0.83	2.33	-0.06	0.16
46	63.33	67.67	69.67	-6.33	-2.00	-0.42	-0.13
47	7.00	13.00	11.83	-4.83	1.17	-0.32	0.08
48	16.50	23.33	24.00	-7.50	-0.67	-0.50	-0.04
49	23.17	30.67	28.00	-4.83	2.67	-0.32	0.18
50	23.00	34.33	32.50	-9.50	1.83	-0.63	0.12
51	53.00	56.00	56.67	-3.67	-0.67	-0.24	-0.04
52	24.33	29.00	30.00	-5.67	-1.00	-0.38	-0.07
53	3.00	3.83	14.67	-11.67	-10.83	-0.78	-0.72
54	18.00	27.83	23.17	-5.17	4.67	-0.34	0.31
55	13.17	16.83	15.83	-2.67	1.00	-0.18	0.07
56	0.00	11.67	10.83	-10.83	0.83	-0.72	0.06
57	9.00	11.50	10.33	-1.33	1.17	-0.09	0.08
58	3.17	7.67	3.67	-0.50	4.00	-0.03	0.27
59	38.83	53.00	52.17	-13.33	0.83	-0.89	0.06
60	2.67	5.33	0.50	2.17	4.83	0.14	0.32
61	7.33	9.17	8.83	-1.50	0.33	-0.10	0.02
62	1.17	4.83	2.83	-1.67	2.00	-0.11	0.13

ภาคผนวก ง

แสดงการแปลงข้อมูลความยาวไฟล์ (หน่วยเป็นช่อง) เป็นความยาวฟัน (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) และผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง

ความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 15 เท่า จะมีหน่วยเป็นช่อง และแปลงเป็นหน่วยมิลลิเมตร โดย 15 ช่อง เท่ากับ 1 มิลลิเมตร จากนั้นหาค่าความยาวฟันได้จากการใช้ค่าความยาวไฟล์บวก 10 มิลลิเมตร

การหาค่าความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม ได้จากการดูผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 28 (ฟันน้ำนมกลุ่มที่ 1) และตารางที่ 29 (ฟันน้ำนมกลุ่มที่ 2)

ตารางที่ 28 แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ค่าเฉลี่ยของความยาวฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 1 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ						ค่าความยาวฟัน			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ยที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริง (มม.)	ค่าเฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ยที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ยความยาวจริง (มม.)	ระหว่างค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาวจริง (มม.)	ระหว่างค่าที่ Apex และ ความยาวจริง (มม.)
1	83.00	85.00	85.33	5.53	5.67	5.69	15.53	15.67	15.69	-0.16	-0.02
2	46.83	51.50	51.00	3.12	3.43	3.40	13.12	13.43	13.40	-0.28	0.03
3	29.67	38.00	41.00	1.98	2.53	2.73	11.98	12.53	12.73	-0.75	-0.20
4	27.00	31.00	25.33	1.80	2.07	1.69	11.80	12.07	11.69	0.11	0.38
5	42.33	45.17	41.67	2.82	3.01	2.78	12.82	13.01	12.78	0.04	0.23
6	17.67	23.00	22.33	1.18	1.53	1.49	11.18	11.53	11.49	-0.31	0.04
7	19.00	20.00	21.17	1.27	1.33	1.41	11.27	11.33	11.41	-0.14	-0.08

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟลัภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ						ค่าความยาวพื้น			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ Apex และ ความยาว จริง (มม.)
8	38.00	39.33	37.00	2.53	2.62	2.47	12.53	12.62	12.47	0.06	0.15
9	86.67	90.67	89.67	5.78	6.04	5.98	15.78	16.04	15.98	-0.20	0.06
10	71.00	72.67	73.00	4.73	4.84	4.87	14.73	14.84	14.87	-0.14	-0.03
11	5.00	27.67	36.00	0.33	1.84	2.40	10.33	11.84	12.40	-2.07	-0.56
12	84.67	89.33	89.67	5.64	5.96	5.98	15.64	15.96	15.98	-0.34	-0.02
13	36.00	40.67	40.67	2.40	2.71	2.71	12.40	12.71	12.71	-0.31	0.00
14	58.33	62.33	59.00	3.89	4.16	3.93	13.89	14.16	13.93	-0.04	0.23
15	35.33	37.67	36.00	2.36	2.51	2.40	12.36	12.51	12.40	-0.04	0.11
16	35.67	36.00	33.33	2.38	2.40	2.22	12.38	12.40	12.22	0.16	0.18
17	41.83	45.17	42.67	2.79	3.01	2.84	12.79	13.01	12.84	-0.05	0.17
18	64.67	71.00	76.17	4.31	4.73	5.08	14.31	14.73	15.08	-0.77	-0.35
19	56.33	59.67	55.83	3.76	3.98	3.72	13.76	13.98	13.72	0.04	0.26
20	30.33	37.50	38.33	2.02	2.50	2.56	12.02	12.50	12.56	-0.54	-0.06
21	53.67	54.50	52.83	3.58	3.63	3.52	13.58	13.63	13.52	0.06	0.11
22	12.00	27.00	27.67	0.80	1.80	1.84	10.80	11.80	11.84	-1.04	-0.04
23	4.67	7.67	4.00	0.31	0.51	0.27	10.31	10.51	10.27	0.04	0.24
24	96.50	99.17	99.83	6.43	6.61	6.66	16.43	16.61	16.66	-0.23	-0.05
25	46.33	65.67	70.17	3.09	4.38	4.68	13.09	14.38	14.68	-1.59	-0.30
26	38.00	46.00	46.67	2.53	3.07	3.11	12.53	13.07	13.11	-0.58	-0.04
27	74.50	75.33	75.33	4.97	5.02	5.02	14.97	15.02	15.02	-0.05	0.00
28	54.67	57.00	52.83	3.64	3.80	3.52	13.64	13.80	13.52	0.12	0.28
29	16.50	18.67	15.83	1.10	1.24	1.06	11.10	11.24	11.06	0.04	0.18
30	9.67	37.67	38.50	0.64	2.51	2.57	10.64	12.51	12.57	-1.93	-0.06
31	61.17	61.83	62.83	4.08	4.12	4.19	14.08	14.12	14.19	-0.11	-0.07
32	59.33	61.17	58.67	3.96	4.08	3.91	13.96	14.08	13.91	0.05	0.17
33	81.17	82.67	80.67	5.41	5.51	5.38	15.41	15.51	15.38	0.03	0.13
34	44.00	67.50	68.00	2.93	4.50	4.53	12.93	14.50	14.53	-1.60	-0.03
35	48.17	52.67	50.50	3.21	3.51	3.37	13.21	13.51	13.37	-0.16	0.14
36	53.67	57.33	57.50	3.58	3.82	3.83	13.58	13.82	13.83	-0.25	-0.01
37	42.50	47.67	46.83	2.83	3.18	3.12	12.83	13.18	13.12	-0.29	0.06
38	50.67	54.00	51.83	3.38	3.60	3.46	13.38	13.60	13.46	-0.08	0.14

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ						ค่าความยาวพื้น			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ Apex และ ความยาว จริง (มม.)
39	46.83	49.17	49.67	3.12	3.28	3.31	13.12	13.28	13.31	-0.19	-0.03
40	42.17	43.17	43.50	2.81	2.88	2.90	12.81	12.88	12.90	-0.09	-0.02
41	28.50	34.33	31.67	1.90	2.29	2.11	11.90	12.29	12.11	-0.21	0.18
42	46.33	57.00	59.83	3.09	3.80	3.99	13.09	13.80	13.99	-0.90	-0.19
43	51.67	53.67	53.00	3.44	3.58	3.53	13.44	13.58	13.53	-0.09	0.05
44	54.50	56.00	55.67	3.63	3.73	3.71	13.63	13.73	13.71	-0.08	0.02
45	47.50	51.00	49.33	3.17	3.40	3.29	13.17	13.40	13.29	-0.12	0.11
46	15.00	24.67	27.83	1.00	1.64	1.86	11.00	11.64	11.86	-0.86	-0.22
47	58.67	60.33	55.67	3.91	4.02	3.71	13.91	14.02	13.71	0.20	0.31
48	29.00	38.17	39.17	1.93	2.54	2.61	11.93	12.54	12.61	-0.68	-0.07
49	32.17	34.17	31.17	2.14	2.28	2.08	12.14	12.28	12.08	0.06	0.20
50	50.67	54.17	54.67	3.38	3.61	3.64	13.38	13.61	13.64	-0.26	-0.03
51	39.67	45.83	41.00	2.64	3.06	2.73	12.64	13.06	12.73	-0.09	0.33
52	51.33	55.00	51.33	3.42	3.67	3.42	13.42	13.67	13.42	0.00	0.25
53	15.00	18.50	15.83	1.00	1.23	1.06	11.00	11.23	11.06	-0.06	0.17
54	54.00	56.33	55.33	3.60	3.76	3.69	13.60	13.76	13.69	-0.09	0.07
55	2.17	7.67	7.50	0.14	0.51	0.50	10.14	10.51	10.50	-0.36	0.01
56	51.83	53.17	51.67	3.46	3.54	3.44	13.46	13.54	13.44	0.02	0.10
57	20.83	23.83	24.00	1.39	1.59	1.60	11.39	11.59	11.60	-0.21	-0.01
58	37.67	43.67	54.67	2.51	2.91	3.64	12.51	12.91	13.64	-1.13	-0.73
59	22.50	28.67	27.83	1.50	1.91	1.86	11.50	11.91	11.86	-0.36	0.05
60	45.83	47.67	46.17	3.06	3.18	3.08	13.06	13.18	13.08	-0.02	0.10
61	44.17	49.17	46.67	2.94	3.28	3.11	12.94	13.28	13.11	-0.17	0.17
62	41.00	44.83	46.67	2.73	2.99	3.11	12.73	12.99	13.11	-0.38	-0.12

ตารางที่ 29. แสดงค่าเฉลี่ยของความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง ค่าเฉลี่ยของความยาวฟันจากเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริง และค่าผลต่างของความยาวฟันที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่ "0.5 บาร์ และ Apex" และความยาวจริงในกลุ่มที่ 2 (ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่นึ่งในทกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ)

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ						ค่าความยาวฟัน			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ Apex และ ความยาว จริง (มม.)
1	27.00	30.17	32.17	1.80	2.01	2.14	11.80	12.01	12.14	-0.34	-0.13
2	43.50	45.00	44.33	2.90	3.00	2.96	12.90	13.00	12.96	-0.06	0.04
3	32.00	35.67	34.67	2.13	2.38	2.31	12.13	12.38	12.31	-0.18	0.07
4	39.00	41.00	37.33	2.60	2.73	2.49	12.60	12.73	12.49	0.11	0.24
5	12.00	16.50	12.67	0.80	1.10	0.84	10.80	11.10	10.84	-0.04	0.26
6	0.33	6.83	5.33	0.02	0.46	0.36	10.02	10.46	10.36	-0.34	0.10
7	7.67	10.67	17.00	0.51	0.71	1.13	10.51	10.71	11.13	-0.62	-0.42
8	12.00	14.67	16.33	0.80	0.98	1.09	10.80	10.98	11.09	-0.29	-0.11
9	3.83	8.83	15.50	0.26	0.59	1.03	10.26	10.59	11.03	-0.77	-0.44
10	40.33	41.67	40.33	2.69	2.78	2.69	12.69	12.78	12.69	0.00	0.09
11	6.67	12.67	14.50	0.44	0.84	0.97	10.44	10.84	10.97	-0.53	-0.13
12	8.67	11.67	8.67	0.58	0.78	0.58	10.58	10.78	10.58	0.00	0.20
13	22.33	34.33	37.67	1.49	2.29	2.51	11.49	12.29	12.51	-1.02	-0.22
14	8.67	12.67	12.67	0.58	0.84	0.84	10.58	10.84	10.84	-0.26	0.00
15	37.00	42.33	42.00	2.47	2.82	2.80	12.47	12.82	12.80	-0.33	0.02
16	31.00	38.83	37.33	2.07	2.59	2.49	12.07	12.59	12.49	-0.42	0.10
17	28.50	33.67	27.50	1.90	2.24	1.83	11.90	12.24	11.83	0.07	0.41
18	38.50	44.67	41.33	2.57	2.98	2.76	12.57	12.98	12.76	-0.19	0.22
19	30.00	33.67	32.83	2.00	2.24	2.19	12.00	12.24	12.19	-0.19	0.05
20	3.17	6.33	5.00	0.21	0.42	0.33	10.21	10.42	10.33	-0.12	0.09
21	19.00	23.67	22.67	1.27	1.58	1.51	11.27	11.58	11.51	-0.24	0.07
22	11.00	19.83	21.00	0.73	1.32	1.40	10.73	11.32	11.40	-0.67	-0.08
23	6.67	15.17	15.83	0.44	1.01	1.06	10.44	11.01	11.06	-0.62	-0.05
24	4.17	8.33	11.33	0.28	0.56	0.76	10.28	10.56	10.76	-0.48	-0.20

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟล้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ						ค่าความยาวพื้น			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ Apex และ ความยาว จริง (มม.)
25	12.17	14.33	14.67	0.81	0.96	0.98	10.81	10.96	10.98	-0.17	-0.02
26	11.50	22.33	19.00	0.77	1.49	1.27	10.77	11.49	11.27	-0.50	0.22
27	32.17	35.67	35.00	2.14	2.38	2.33	12.14	12.38	12.33	-0.19	0.05
28	9.83	19.17	18.17	0.66	1.28	1.21	10.66	11.28	11.21	-0.55	0.07
29	33.33	36.83	34.83	2.22	2.46	2.32	12.22	12.46	12.32	-0.10	0.14
30	14.50	21.33	20.33	0.97	1.42	1.36	10.97	11.42	11.36	-0.39	0.06
31	1.83	2.33	2.50	0.12	0.16	0.17	10.12	10.16	10.17	-0.05	-0.01
32	34.83	38.83	39.00	2.32	2.59	2.60	12.32	12.59	12.60	-0.28	-0.01
33	20.67	23.83	22.33	1.38	1.59	1.49	11.38	11.59	11.49	-0.11	0.10
34	41.17	49.50	51.67	2.74	3.30	3.44	12.74	13.30	13.44	-0.70	-0.14
35	34.17	36.67	31.67	2.28	2.44	2.11	12.28	12.44	12.11	0.17	0.33
36	16.50	27.00	26.33	1.10	1.80	1.76	11.10	11.80	11.76	-0.66	0.04
37	16.33	28.17	27.17	1.09	1.88	1.81	11.09	11.88	11.81	-0.72	0.07
38	4.67	8.17	7.00	0.31	0.54	0.47	10.31	10.54	10.47	-0.16	0.07
39	4.17	12.33	17.67	0.28	0.82	1.18	10.28	10.82	11.18	-0.90	-0.36
40	29.17	33.33	32.50	1.94	2.22	2.17	11.94	12.22	12.17	-0.23	0.05
41	27.33	29.83	30.50	1.82	1.99	2.03	11.82	11.99	12.03	-0.21	-0.04
42	5.50	10.83	23.83	0.37	0.72	1.59	10.37	10.72	11.59	-1.22	-0.87
43	7.83	11.83	11.67	0.52	0.79	0.78	10.52	10.79	10.78	-0.26	0.01
44	7.00	12.33	17.17	0.47	0.82	1.14	10.47	10.82	11.14	-0.67	-0.32
45	41.67	44.33	42.17	2.78	2.96	2.81	12.78	12.96	12.81	-0.03	0.15
46	63.33	67.67	69.67	4.22	4.51	4.64	14.22	14.51	14.64	-0.42	-0.13
47	7.17	12.83	12.00	0.48	0.86	0.80	10.48	10.86	10.80	-0.32	0.06
48	16.67	23.17	24.33	1.11	1.54	1.62	11.11	11.54	11.62	-0.51	-0.08
49	23.17	30.83	27.83	1.54	2.06	1.86	11.54	12.06	11.86	-0.32	0.20
50	22.83	34.33	32.50	1.52	2.29	2.17	11.52	12.29	12.17	-0.65	0.12
51	53.00	55.83	56.67	3.53	3.72	3.78	13.53	13.72	13.78	-0.25	-0.06
52	24.33	29.00	30.00	1.62	1.93	2.00	11.62	11.93	12.00	-0.38	-0.07
53	2.83	3.83	14.67	0.19	0.26	0.98	10.19	10.26	10.98	-0.79	-0.72
54	17.83	27.83	23.00	1.19	1.86	1.53	11.19	11.86	11.53	-0.34	0.33
55	13.17	17.00	15.83	0.88	1.13	1.06	10.88	11.13	11.06	-0.18	0.07

ลำดับที่	ค่าความยาวไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตรียโอ						ค่าความยาวพื้น			ผลต่าง	
	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (ช่อง)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ 0.5 บาร์ (มม.)	ค่าเฉลี่ย ที่ Apex (มม.)	ค่าเฉลี่ย ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความยาว จริง (มม.)	ระหว่าง ค่าที่ Apex และ ความยาว จริง (มม.)
56	0.00	11.50	10.83	0.00	0.77	0.72	10.00	10.77	10.72	-0.72	0.05
57	9.00	11.67	10.33	0.60	0.78	0.69	10.60	10.78	10.69	-0.09	0.09
58	3.00	7.83	3.83	0.20	0.52	0.26	10.20	10.52	10.26	-0.06	0.26
59	39.00	53.17	52.17	2.60	3.54	3.48	12.60	13.54	13.48	-0.88	0.06
60	2.67	5.50	0.50	0.18	0.37	0.03	10.18	10.37	10.03	0.15	0.34
61	7.17	9.00	8.83	0.48	0.60	0.59	10.48	10.60	10.59	-0.11	0.01
62	1.33	4.83	2.83	0.09	0.32	0.19	10.09	10.32	10.19	-0.10	0.13



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 toothlength-apex-1 (mm)	13.2333	62	1.2967	.1647
toothlength-real-1 (mm)	13.1995	62	1.3180	.1674

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 toothlength-apex-1 (mm) & toothlength-real-1 (mm)	62	.989	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	toothlength-apex-1 (mm) - toothlength-real-1 (mm)	3.387E-02	.1932	2.453E-02	-1.52E-02	8.293E-02	1.381	61	.172

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวจากฟันปกติ

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm)	11.6276	62	1.0017	.1272
	toothlength-real-2 (mm)	11.6204	62	.9765	.1240

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm) & toothlength-real-2 (mm)	62	.974	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm) - toothlength-real-2 (mm)	7.168E-03	.2263	2.874E-02	-5.03E-02	6.465E-02	.249	61	.804

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การศึกษานำร่อง

ก. กลุ่มตัวอย่าง คือ พันถาวร

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่องทั้งหมด 15 ตัวอย่าง แสดงข้อมูลดิบ ดังตาราง

ที่ 30

ตารางที่ 30 แสดงข้อมูลดิบของการศึกษาความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์
ในพันถาวร (ศึกษานำร่อง)

ลำดับ ที่	ซีฟัน	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ 0.5 บาร์ (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ที่ Apex (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ความ ยาวจริง (ครั้งที่ 1) (ช่อง)	ความ ยาวจริง (ครั้งที่ 2) (ช่อง)	ความ ยาวจริง (ครั้งที่ 3) (ช่อง)	ค่า เฉลี่ยที่ 0.5 บาร์ (ช่อง)	ค่า เฉลี่ยที่ Apex (ช่อง)	ค่า เฉลี่ย ยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความ ยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่าง ค่า Apex และ ความ ยาวจริง (ช่อง)	ผลต่าง ระหว่าง ค่าที่ 0.5 บาร์ และ ความ ยาวจริง (มม.)	ผลต่าง ระหว่าง ค่า Apex และ ความ ยาวจริง (มม.)
1	14	52.00	52.00	53.00	53.00	53.00	54.00	50.00	50.00	50.00	52.33	53.33	50.00	2.33	3.33	0.23	0.33
2	35	76.00	73.00	71.00	78.00	78.00	79.00	78.00	78.00	78.00	73.33	78.33	78.00	-4.67	0.33	-0.47	0.03
3	21	51.00	51.00	50.00	50.00	51.00	51.00	51.00	52.00	52.00	50.67	50.67	51.67	-1.00	-1.00	-0.10	-0.10
4	33	81.00	82.00	82.00	84.00	84.00	83.00	84.00	84.00	84.00	81.67	83.67	84.00	-2.33	-0.33	-0.23	-0.03
5	25	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	76.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.33	-0.33	-0.33	-0.03	-0.03
6	14	41.50	43.50	43.50	44.50	45.00	45.00	44.50	44.50	44.50	42.83	44.83	44.50	-1.67	0.33	-0.17	0.03
7	11	34.00	37.00	21.50	47.50	46.00	45.00	53.00	54.00	53.00	30.83	46.17	53.33	-22.50	-7.17	-2.25	-0.72
8	26	43.00	43.00	42.00	45.00	45.00	46.00	47.00	47.00	47.00	42.67	45.33	47.00	-4.33	-1.67	-0.43	-0.17
9	36	51.00	51.00	51.00	52.00	52.00	52.00	51.00	51.00	51.00	51.00	52.00	51.00	0.00	1.00	0.00	0.10
10	26	52.00	52.00	52.00	52.00	52.50	52.00	49.00	50.00	50.00	52.00	52.17	49.67	2.33	2.50	0.23	0.25
11	47	37.00	38.00	37.00	38.50	38.00	38.00	37.50	37.50	37.00	37.33	38.17	37.33	0.00	0.83	0.00	0.08
12	24	47.00	47.00	46.00	47.00	47.50	46.00	47.00	47.50	47.50	46.67	46.83	47.33	-0.67	-0.50	-0.07	-0.05
13	26	40.00	39.00	40.00	45.00	43.00	42.50	47.00	47.00	47.00	39.67	43.50	47.00	-7.33	-3.50	-0.73	-0.35
14	26	37.00	38.00	36.50	42.00	42.00	42.00	37.50	37.50	37.00	37.17	42.00	37.33	-0.17	4.67	-0.02	0.47
15	37	28.50	29.00	28.50	30.00	30.00	29.50	29.00	29.00	28.50	28.67	29.83	28.83	-0.17	1.00	-0.02	0.10

2. ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันถาวร ที่ "Apex"

จำนวนฟันถาวรที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 14 ซี่ จากฟันทั้งหมด 15 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 93.33

3. ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันถาวร ที่ "0.5 บาร์"

จำนวนฟันถาวรที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 13 ซี่ จากฟันทั้งหมด 15 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 86.67

ข. กลุ่มตัวอย่าง คือ ฟันน้ำนม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่องทั้งหมด 60 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 31-33

1.1 จำนวนฟันกรามน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา 30 ตัวอย่าง

1.2 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 10.2833 ± 1.0144 มิลลิเมตร (ความยาวรากฟัน \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

1.3 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม ที่ "Apex" แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ข

1.3.1 ทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.992

1.3.2 สถิติทดสอบแพร์ ที่ เทสต์ ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่วัดทั้ง 2 วิธี เมื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติชนิด แพร์ ที่ เทสต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.3.3 ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม

จำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 29 ซี่ จากฟันทั้งหมด 30 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 96.66 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงมีค่าเท่ากับ 2.926×10^{-2} มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.1993 มิลลิเมตร

1.4 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม ที่ "0.5 บาร์" แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ข

1.4.1 ทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.938

1.4.2 สถิติทดสอบเพียร์ ที เทสต์ ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่วัดทั้ง 2 วิธี เมื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติชนิด เพียร์ ที เทสต์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.4.3 ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ในฟันน้ำนม จำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 22 ซี่ จากฟันทั้งหมด 30 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 73.33 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงมีค่าเท่ากับ -0.3622 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.5882 มิลลิเมตร

1.5 การทดสอบความแม่นยำในการวัด

โดยการทดสอบด้วยวิธีการวัดซ้ำ ซึ่งใช้สถิติ Pearson correlation เพื่อทดสอบความสอดคล้องจากการวัดแต่ละครั้ง ดังตารางที่ 34

ตารางที่ 31 แสดงจำนวนฟันกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง)

ฟันน้ำนม	จำนวน (ซี่)
ฟันกรามบนซี่ที่ 1	2
ฟันกรามบนซี่ที่ 2	7
ฟันกรามล่างซี่ที่ 1	2
ฟันกรามล่างซี่ที่ 2	19
รวม	30

ตารางที่ 32 แสดงชนิดของรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง)

ฟันน้ำนม		จำนวน (ซี่)
บน	รากด้านแก้ม - ไกล่กลาง	4
	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	3
	รากด้านเพดาน	2
ล่าง	รากด้านแก้ม - ไกล่กลาง	8
	รากด้านลิ้น - ไกล่กลาง	3
	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	5
	รากด้านลิ้น - ไกลกลาง	5
รวม		30

ตารางที่ 33 แสดงค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง)

ความยาวรากฟัน (มิลลิเมตร)	จำนวน (ซี่)
8.5	3
9.5	6
10.0	8
10.5	3
11.0	4
11.5	4
12.0	1
12.5	1
รวม	30

ตารางที่ 34 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 1 (ศึกษานำร่อง)

ความยาวฟันน้ำนม ศึกษานำร่อง (กลุ่มที่ 1)		สหสัมพันธ์ Correlation (r)
เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (30)	0.998444
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (30)	0.997581
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (30)	0.999090
ความยาวจริง	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (30)	0.999518
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (30)	0.999402
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (30)	0.999741
ความยาวฟันที่อ่านภายใต้ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	เครื่องวัดความยาวรากฟัน รูทีเอกซ์ ครั้งแรก-วัดซ้ำ(90)	0.999942
	ความยาวจริง ครั้งแรก-วัดซ้ำ(90)	0.999928

2. กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ ดังตารางที่ 35-37

2.1 จำนวนฟันกรามน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา 30 ตัวอย่าง

2.2 ค่าเฉลี่ยความยาวรากฟันน้ำนมที่ใช้ในการศึกษา เท่ากับ 8.1500 ± 0.6318 มิลลิเมตร (ความยาวรากฟัน \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

2.3 การทดสอบความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์ในฟันน้ำนมที่ "Apex" แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ข

2.3.1 ทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.977

2.3.2 สถิติทดสอบเพร์ ที เทสต์ ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่วัดทั้ง 2 วิธี เมื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติชนิดเพร์ ที เทสต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.3.3 ความแม่นยำตรงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์ในฟันน้ำนม

จำนวนฟันน้ำนมที่วัดความยาวฟันด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทีเอกซ์ที่

แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 30 ซี่ จากพื้นที่ทั้งหมด 30 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวพื้่นน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากพื้่นรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงมีค่าเท่ากับ 2.333×10^{-2} มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.1870 มิลลิเมตร

2.4 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากพื้่นรูทซีเอกซ์ในพื้่นน้ำนมที่ "0.5 บาร์" แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ข

2.4.1 ทดสอบความสอดคล้อง โดยใช้สถิติทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้ทั้ง 2 วิธี สรุปได้ว่า การวัดค่าทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์เชิงบวก (หรือมีความสอดคล้องกัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.956

2.4.2 สถิติทดสอบแพร์ ที เทสต์ ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่วัดทั้ง 2 วิธี เมื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติชนิดแพร์ ที เทสต์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.4.3 ความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากพื้่นรูทซีเอกซ์ในพื้่นน้ำนม จำนวนพื้่นน้ำนมที่วัดความยาวพื้่นด้วยเครื่องวัดความยาวรากพื้่นรูทซีเอกซ์ที่แตกต่างจากความยาวจริงในช่วง ± 0.5 มิลลิเมตร มี 23 ซี่ จากพื้นที่ทั้งหมด 30 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 76.66 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวพื้่นน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากพื้่นรูทซีเอกซ์กับความยาวจริงมีค่าเท่ากับ -0.3144 มิลลิเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.2656 มิลลิเมตร

2.5 การทดสอบความแม่นยำในการวัด

โดยการทดสอบด้วยวิธีการวัดซ้ำ ซึ่งใช้สถิติ Pearson correlation เพื่อทดสอบความสอดคล้องจากการวัดแต่ละครั้ง ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 35 แสดงจำนวนพื้่นกรามน้ำนมในกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง)

พื้่นน้ำนม	จำนวน (ซี่)
พื้่นกรามบนซี่ที่ 1	9
พื้่นกรามบนซี่ที่ 2	6
พื้่นกรามล่างซี่ที่ 1	4
พื้่นกรามล่างซี่ที่ 2	11
รวม	30

ตารางที่ 36 แสดงชนิดของรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง)

ฟันน้ำนม		จำนวน (ซี่)
บน	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	6
	รากด้านแก้ม - ใกล้กลาง	3
	รากด้านเพดาน	6
ล่าง	รากด้านแก้ม - ไกลกลาง	3
	รากด้านลิ้น - ไกลกลาง	3
	รากด้านแก้ม - ใกล้กลาง	3
	รากด้านลิ้น - ใกล้กลาง	6
รวม		30

ตารางที่ 37 แสดงค่าความยาวรากฟันกรามน้ำนมกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง)

ความยาวรากฟัน (มิลลิเมตร)	จำนวน (ซี่)
7.0	1
7.5	8
8.0	10
8.5	4
9.0	6
9.5	1
รวม	30

ตารางที่ 38 แสดงการทดสอบความแม่นยำในการวัดในกลุ่มที่ 2 (ศึกษานำร่อง)

ความยาวพินน้ำมัน ศึกษานำร่อง (กลุ่มที่ 2)		สหสัมพันธ์ Correlation (r)
เครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (30)	0.996251
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (30)	0.994906
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (30)	0.996376
ความยาวจริง	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 2 (30)	0.998561
	ครั้งที่ 1 - ครั้งที่ 3 (30)	0.997707
	ครั้งที่ 2 - ครั้งที่ 3 (30)	0.998315
ความยาวพินที่อ่านภายใต้ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	เครื่องวัดความยาวรากฟัน รูทซีเอกซ์ ครั้งแรก-วัดซ้ำ(90)	0.999814
	ความยาวจริง ครั้งแรก-วัดซ้ำ(90)	0.999754

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษานำร่อง

ขอบเขตดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ การอ่านค่าที่ "Apex"
2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ การอ่านค่าที่ "0.5 บาร์"
3. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ การอ่านค่าที่ "Apex"
4. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ การอ่านค่าที่ "0.5 บาร์"

1. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ

อ่านค่าที่ "Apex"

T-Test

Paired Samples Statistics

Pair		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
1	toothlength-apex-1 (mm)	13.3156	30	1.5589	.2846
	toothlength-real-1 (mm)	13.2863	30	1.5977	.2917

Paired Samples Correlations

Pair		N	Correlation	Sig.
1	toothlength-apex-1 (mm) & toothlength-real-1 (mm)	30	.992	.000

Paired Samples Test

Pair		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
1	toothlength-apex-1 (mm) - toothlength-real-1 (mm)	2.926E-02	.1993	3.638E-02	-4.51E-02	.1037	.804	29	.428

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 1 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวน้อยกว่าหนึ่งในหกของความยาวรากฟันปกติ

การอ่านค่าที่ "0.5 บาร์"

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	toothlength-bar-1 (mm)	12.9241	30	1.6943	.3093
	toothlength-real-1 (mm)	13.2863	30	1.5977	.2917

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	toothlength-bar-1 (mm) & toothlength-real-1 (mm)	30	.938	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	toothlength-bar-1 (mm) - toothlength-real-1 (mm)	-.3622	.5882	.1074	-.5818	-.1426	-3.373	29	.002

3. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ

การอ่านค่าที่ "Apex"

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm)	11.6411	30	.8592	.1569
	toothlength-real-2 (mm)	11.6178	30	.8045	.1469

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm) & toothlength-real-2 (mm)	30	.977	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	toothlength-apex-2 (mm) - toothlength-real-2 (mm)	2.333E-02	.1870	3.414E-02	-4.65E-02	9.316E-02	.683	29	.500

4. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS กลุ่มที่ 2 : ฟันน้ำนมที่มีการละลายตัวตั้งแต่หนึ่งในหกถึงหนึ่งในสามของความยาวรากฟันปกติ

การอ่านค่าที่ "0.5 บาร์"

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	toothlength-bar-2 (mm) - toothlength-real-2 (mm)	11.3033	30	.8921	.1629

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	toothlength-bar-2 (mm) & toothlength-real-2 (mm)	30	.956	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	toothlength-bar-2 (mm) - toothlength-real-2 (mm)	-.3144	.2656	4.850E-02	-.4136	-.2153	-6.484	29	.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ (การอ่านค่าที่ "Apex") ในฟันน้ำนมที่ระดับการละลายต่างกัน 2 ระดับ

นำเอากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมาหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง (\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เท่ากับ $3.387 \times 10^{-2} (\pm 0.1932)$ มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ $0.717 \times 10^{-2} (\pm 0.2263)$ มิลลิเมตร เมื่อนำทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยสถิติชนิดอันแปร ที่ เทสต์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 39 และ แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง (\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ทั้ง 2 กลุ่ม และการทดสอบทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวฟันน้ำนมที่วัดด้วยเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์กับความยาวจริง
กลุ่มที่ 1 (62 ซี่)	$3.387 \times 10^{-2} \pm 0.1932$ (มิลลิเมตร)
กลุ่มที่ 2 (62 ซี่)	$0.717 \times 10^{-2} \pm 0.2263$ (มิลลิเมตร)
ค่านัยสำคัญ (p-value)	0.481

ภาคผนวก ฅ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ SPSS การเปรียบเทียบความมั่นคงของเครื่องวัดความยาวรากฟันรูทซีเอกซ์ (การอ่านค่าที่ "Apex") ในฟันน้ำนมที่ระดับการละลายต่างกัน 2 ระดับ

T-Test

Group Statistics

GROUP	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
MMDF 1	62	3.387E-02	.1932	2.453E-02
2	62	7.168E-03	.2263	2.874E-02

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
MMDF	Equal variances assumed	.364	.548	.707	122	.481	2.670E-02	3.779E-02	-4.81E-02	.1015
	Equal variances not assumed			.707	119.061	.481	2.670E-02	3.779E-02	-4.81E-02	.1015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว อรุณา อังวรารวงค์ เกิดวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2539 เข้ารับราชการที่โรงพยาบาลหนองสองห้อง อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น เป็นเวลา 2 ปี และย้ายไปรับราชการที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นเวลา 2 ปี หลังจากนั้นได้ลาศึกษาต่อ ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2543 ปัจจุบันยังรับราชการอยู่ที่ ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย