ว ทันต จุฬาฯ 2554;34:155-68
CU Dent J. 2011;34:155-68

บทวิทยาการ
Original Article

การพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในงานทันตกรรม

ปิยะรัตน์ เฉลิมสุขสันต์ ท.บ., วท.ม. (ทันตกรรมประดิษฐ์)[1]
บวร ใจซอบ วศ.บ.[2]
อรพินท์ แก้วปลั่ง ท.บ., Ph.D. (ทันตกรรมบูรณะช่องปากและใบหน้า)[3]
ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช วศ.บ., Ph.D.[4]

[1]กลุ่มงานทันตกรรม สถาบันกัลยาณ์ราชนครินทร์ กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข
[2]นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาไฟฟ้าสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[3]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[4]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาไฟฟ้าสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ นำเสนอและประเมินผลการทำงานของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ตกแต่งภาพฟันและทำนายผลที่จะได้รับจากการบูรณะฟันโดยใช้การคำนวณหาขนาดและสัดส่วนของฟันหน้าบนจากจุดอ้างอิงทางกายวิภาคบนใบหน้าของผู้ป่วยเอง

วัสดุและวิธีการ ประยุกต์ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณขนาดฟันตัดกลางซี่บน และทฤษฎีที่ใช้ในการแบ่งส่วนภาพฟันเพื่อใช้ในการแก้ไขปรับปรุงรูปดิจิทัลของฟัน มาเป็นหลักในการเขียนซอฟต์แวร์ในงานทันตกรรม จากนั้นได้ทดลองใช้งานและประเมินผลในผู้ป่วยกลุ่มหนึ่ง

ผลการศึกษา ซอฟต์แวร์สามารถคำนวณขนาดและสัดส่วนของฟันหน้าบนโดยใช้ข้อมูลจากจุดอ้างอิงบนใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถสร้างภาพฟันให้มีขนาดและสัดส่วนตามที่คำนวณได้ อีกทั้งยังสามารถทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและสัดส่วนของภาพฟัน รวมทั้งตัดและเคลื่อนที่ภาพฟันจากตำแหน่งเดิมได้ หลังการตกแต่งภาพที่ได้สูญเสียความคมชัดและจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้นด้วยกรรมวิธีการประมวลผลภาพ เมื่อทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่าซอฟต์แวร์นี้สามารถช่วยในการสื่อสารระหว่างผู้ป่วยและทันตแพทย์ได้ดีขึ้น

สรุป ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการคำนวณขนาดซี่ฟัน ตกแต่งและปรับปรุงคุณภาพ ภาพจำลองฟันซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการช่วยทันตแพทย์วางแผนการรักษาทางทันตกรรมและช่วยให้เห็นภาพจริงสำหรับใช้ในการสื่อสารกับผู้ป่วยก่อนการรักษาจริง

(ว ทันต จุฬาฯ 2554;34:155-68)

คำสำคัญ: *การออกแบบโดยใช้ซอฟต์แวร์, ทันตกรรม, ฟันหน้าบน*

บทนำ

ทันตกรรมเพื่อความสวยงามเริ่มมีความสำคัญมากขึ้นในโลกปัจจุบัน ในบางครั้งทันตแพทย์ไม่สามารถอธิบายให้ผู้ป่วยเห็นภาพและเข้าใจตรงกันได้ วิธีที่ปฏิบัติกันอยู่คือการใช้แบบจำลอง (study model) ที่ได้จากการพิมพ์ปากฟันบนและฟันล่างแล้วนำมาแต่งขี้ผึ้งให้เห็นสภาพฟันหลังการบูรณะมาประกอบการอธิบายให้ผู้ป่วยได้ทราบถึงผลการรักษาเบื้องต้นก่อนที่จะตัดสินใจเริ่มรับการรักษา ทั้งนี้ผู้ป่วยจะไม่สามารถเห็นภาพที่ชัดเจนได้ในเรื่องของรูปร่างฟัน สีฟัน และการเรียงตัวของฟัน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบใบหน้า ริมฝีปาก และส่วนอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ดีหากได้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่สามารถคำนวณขนาดและสัดส่วนแล้วสร้างภาพฟันเพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น เพื่อใช้ในการสื่อสารประกอบการตัดสินใจที่จะรับการรักษาหรือวางแผนการรักษาร่วมกันระหว่างทันตแพทย์และผู้ป่วย

ในอดีตได้มีการเสนอแนวการคิดหลายรูปแบบเพื่อที่จะหาขนาดของฟันซี่หน้าบนเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องมีการบูรณะหรือเรียงฟันเพื่อทดแทนซี่ที่สูญเสีย อาทิเช่น การพบความสัมพันธ์ของขนาดฟันหน้าบน 6 ซี่ ต่อความกว้างระหว่างไซโกมาสองข้าง (bizygomatic width) ว่ามีค่าเท่ากับ 1/3.3 เท่าของระยะดังกล่าว[1] หรือ การใช้ดัชนีแอนโทรโพเมตริกเซฟาลิก (Anthropometric cephalic index method)[2] ที่กำหนดสัดส่วนความกว้างของฟันหน้าบน 6 ซี่ต่อเส้นรอบศีรษะให้มีค่าเท่ากับ 1/13 หรือ การใช้ความสัมพันธ์ความกว้างของฟันตัดกลางหน้าบนกับระยะทางระหว่างรูม่านตาดำ[3] ที่พบว่าความกว้างของฟันตัดกลางซี่หน้าบน 1 ซี่ต่อระยะทางระหว่างรูม่านตาดำมีค่าเท่ากับ 1/6.6 หรือ การเลือกขนาดฟันหน้าโดยการวัดจากแบบจำลอง[4] มีรายงานเป็นค่าตัวเลขของความกว้างเฉลี่ยของฟันตัดกลางซี่บน ฟันตัดข้างซี่บนและฟันเขี้ยวเป็นตัวเลขตายตัว หรือการศึกษาจากแบบจำลองอีกเช่นกันที่รายงานว่าขนาดความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ มีค่าเป็นร้อยละ 24 ของระยะระหว่างปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนซ้ายถึงปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนขวา[5]

นอกจากความสัมพันธ์ของซี่ฟันกับใบหน้าแล้วยังมีรายงานอีกหลายแนวคิด ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของซี่ฟันกันเองเป็นสัดส่วนเพื่อใช้อ้างอิงในการหาขนาดซี่ฟันหน้าบน ได้แก่ สัดส่วนระหว่างความกว้างที่ส่วนป่องสุดของฟันในแนวใกล้กลางและไกลกลางของฟันซี่นั้นเองต่อฟันซี่ถัดไป ตัวอย่างเช่น สัดส่วนงดงาม (golden proportion) ซึ่งนำเสนอโดย Lombardi[6] ต่อมา Levin[7] ได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานทางทันตกรรมกล่าวคือ ให้ความกว้างของฟันซี่ที่อยู่ไกลกลางกว่ามีค่าเป็น 0.618 เท่าหรือประมาณร้อยละ 62 ของฟันซี่ก่อนหน้า ทฤษฎีเหล่านี้สามารถประยุกต์กับการหาขนาดฟันตัดซี่หน้าบนได้

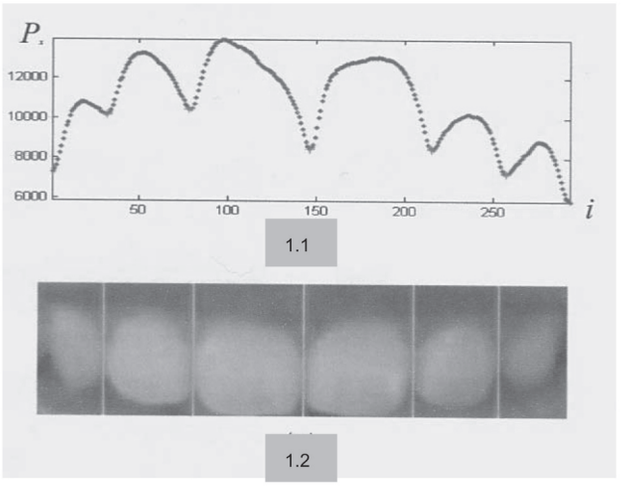
การใช้ทฤษฎีในการแบ่งส่วนภาพฟัน (Teeth image segmentation theory) เพื่อใช้ในการตกแต่งรูปดิจิทัลของฟัน คือการตัดภาพฟันเพื่อนำฟันซี่นั้นๆ มาตกแต่งให้ได้ขนาดตามที่คำนวณจากแนวคิดและทฤษฎีข้างต้น

การแปลงภาพเชิงมุม (angle image) คือการแปลงภาพสีให้เป็นภาพเฉดสีเทาโดยการอ้างอิงจากสีใดสีหนึ่งที่สนใจ เมื่อแปลงภาพเสร็จแล้วสีที่มีเวกเตอร์ (vector) ในปริภูมิ 3 มิติ (3-dimension space) ของสีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) ทำมุมกับเวกเตอร์ของสีอ้างอิงน้อยที่สุดจะเป็นจุดที่มีค่าความเข้มแสงมากในภาพเฉดสีเทา ในการแปลงภาพเชิงมุมของฟันนี้เราจะให้สีอ้างอิงเป็นสีแดง ซึ่งก็คือสีของเหงือก[8,9]

แอ็กทิฟคอนทัวร์ (active contour) คือวิธีการแบ่งส่วนวัตถุที่สนใจในภาพดิจิทัลออกมาโดยการกำหนดคอนทัวร์ (contour) เริ่มต้นขึ้นในภาพแล้วคอนทัวร์ก็จะเคลื่อนที่ไปยังขอบของวัตถุ ทำให้ได้ขอบเขตของวัตถุที่ต้องการโดยอัตโนมัติ ซึ่งแอ็กทิฟคอนทัวร์ที่ใช้นั้นถ้าเป็นแบบใช้อาณาบริเวณ (area) เป็นแรงขับเคลื่อนให้คอนทัวร์ไปยังขอบเขตของวัตถุ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบใช้ขอบ (edge) หรือเกรเดียนต์ (gradient) ในการขับเคลื่อน[10]

การฉายกราฟลงบนแกนเอ็กซ์ คือการรวมค่าความเข้มของแสงของรูปดิจิทัลของฟันทั้ง 6 ซี่ในแนวตั้ง ฉายลงบนแนวนอน จะได้กราฟที่คล้ายเนินเขา (hill) 6 เนิน แต่ละเนินคือผลบวกของบริเวณพื้นที่ผิวฟัน (tooth surface area) ณ บริเวณนั้นๆ ส่วนแอ่ง (valley) ที่อยู่ระหว่างเนินเขาแต่ละเนินนั้นบ่งบอกตำแหน่งของช่องว่างระหว่างฟันเนื่องจากไม่มีเนื้อฟันอยู่ในบริเวณนี้ ดังนั้นการแบ่งส่วนฟันแต่ละซี่ออกจากกันสามารถทำได้โดยการหาตำแหน่งของจุดต่ำสุดในแต่ละแอ่งของกราฟนั้น (รูปที่ 1)[10]

การใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์มีบทบาทในทางทันตกรรมมากขึ้น เช่น การทำเวชระเบียนข้อมูลผู้ป่วย การเก็บค่ารักษา หรือการบันทึกข้อมูลการรักษา สำหรับด้านที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโดยเฉพาะเรื่องความสวยงามนั้น ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการ



รูปที่ 1.1 กราฟการฉายภาพฟันลงบนแกน x (x-axis projection) ซึ่งแสดงจุดต่ำสุดของแอ่งแต่ละแอ่งในกราฟ

1.2 รูปฟันและเส้นซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดต่ำสุดของแอ่งในกราฟ

Fig. 1.1 Projection of tooth image on the x-axis demonstrating the lowest point of each valley in the graph.

1.2 Tooth image and lines showing the lowest points of valleys in the graph.

ตกแต่งภาพจำลองผู้ป่วยเพื่อช่วยในการสื่อสารระหว่างผู้ป่วยและทันตแพทย์ให้มีความเข้าใจที่ตรงกัน ดังเช่น Jiong และคณะ[11] ได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อ A Computer Aided Simulation System for Orthognathic Surgery (SSOS) ในปี 1995 เพื่อใช้ในการวางแผนการรักษาผ่าตัดขากรรไกรร่วมกับการจัดฟัน โดยสามารถที่จะทำนายผลภายหลังการผ่าตัดขากรรไกรเป็นภาพถ่ายดิจิทัล ขบวนการทั้งหมดจะเสร็จภายใน 20 นาที สำหรับในประเทศไทยนั้นได้มีรายงานการพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์มาช่วยในงานทันตกรรมโดยเฉพาะทางด้านการจัดฟัน[12] นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 2004 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติร่วมกับคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลได้พัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อเซปสไมล์[13] (Cepsmile) (Cephalometric Analysis and Treatment Simulation software) เพื่อช่วยวางแผนจัดฟันและวาดภาพโครงสร้างใบหน้าด้านข้างเพื่อทราบถึงความผิดปกติของโครงสร้าง กะโหลก ใบหน้าและฟัน

ดังนั้นในบทความนี้จึงต้องการนำเสนอซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการคำนวณหาขนาดและสัดส่วนของฟันหน้าบนโดยใช้จุดอ้างอิงทางกายวิภาคบนใบหน้าของผู้ป่วยเองทดสอบการใช้งานและประเมินผลการทำงานของเบื้องต้นของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ด้วยการใช้ซอฟต์แวร์นี้ตกแต่งภาพฟันของกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำนายผลที่จะได้รับจากการบูรณะฟัน

วัสดุและวิธีการ

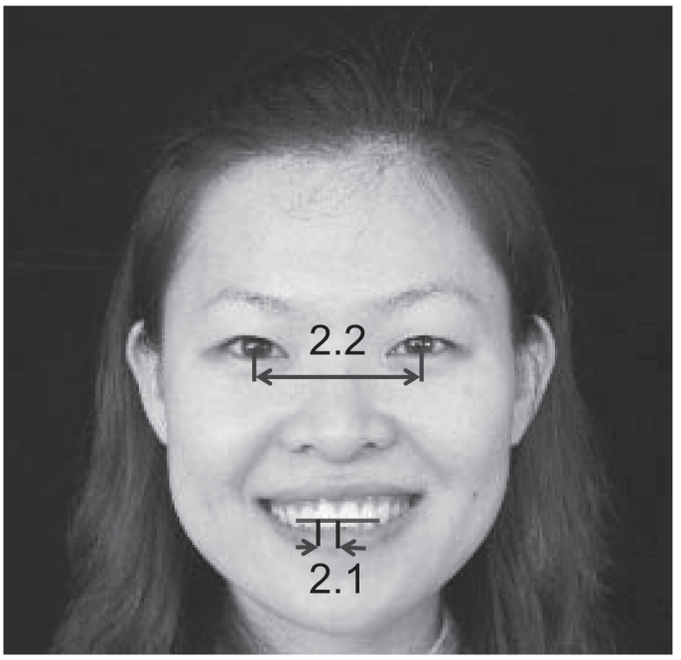
ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการตกแต่งฟันนี้ประกอบด้วยทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณขนาดฟันตัดกลางซี่บนที่ศึกษา โดยอ้างอิงจากรายงานที่ว่าความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ มีค่าเป็นร้อยละ 24 ของระยะระหว่างปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนซ้ายถึงปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนขวา (Intercanine distance: ICD)[5] (รูปที่ 2.1) และอ้างอิงจากการศึกษาของ Cesario และ Latta[3] ที่รายงานว่าความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ มีความสัมพันธ์เป็น 1 ใน 6.6 เท่าของระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางรูม่านตาดำ (Interpupillary distance; IPD) (รูปที่ 2.2) ในการแบ่งส่วนรูปดิจิทัลของฟันทำได้โดยนำรูปดิจิทัลของฟันมาแปลงเป็นภาพเชิงมุมก่อน[8] แล้วจึงใช้ทฤษฎีแอ็กทิฟคอนทัวร์[14] แบ่งส่วนฟันตัดหน้าบน 6 ซี่

ออกมาพร้อม ๆ กันแล้วจึงแยกฟันแต่ละซี่ออกจากกันโดยวิธีการฉายกราฟลงบนแกนเอ็กซ์ (x-axis)[15] ซึ่งทำให้สามารถแบ่งส่วนภาพฟันแต่ละซี่ออกมาได้อย่างอัตโนมัติ (รูปที่ 1)

นอกจากสามารถแบ่งส่วนภาพฟันแต่ละซี่ได้แล้ว ซอฟต์แวร์นี้ยังถูกออกแบบให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของฟันซี่นั้นให้เป็นสัดส่วนที่กำหนดไว้กับฟันซี่อื่น ๆ ได้ด้วย โดยสัดส่วนที่กำหนดไว้นี้เป็นไปตามหลักความสวยงามของรูปร่างฟันและใบหน้าตามที่มีรายงานไว้[7,16,17]

โดยอาศัยทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ซอฟต์แวร์นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟต์แวร์แมทแลป (MATLAB®, The MathWorks Co., Ltd., Massachusetts, USA) และกำหนดชื่อว่าดิจิทัลเดนทิส (Digital Dentist) โดยลำดับขั้นตอนของแนวคิดและการพัฒนามีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นทางกายวิภาคสำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยอาศัยจุดอ้างอิงดังนี้ ใช้เส้นที่ลากจากรูม่านตาดำเป็นเส้นอ้างอิงถึงระนาบการสบฟัน โดยที่ปลายฟันหน้าบนจะขนานกับเส้นดังกล่าวนี้[18] (รูปที่ 3.1 และ 3.2) ใช้เส้นกึ่งกลางใบหน้าที่ผ่านด้านประชิดของฟันตัดบนทั้งคู่[19] (รูปที่ 3.3) เป็นจุดแบ่งแยกด้านซ้าย-ขวา เมื่อกำหนดขอบบนของคอฟันตัดกลางซี่บน (รูปที่ 3.4) ได้แล้วจึงเริ่มหาขนาดความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ โดยกำหนดให้มีค่าเป็นร้อยละ 24 ของระยะระหว่างปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนซ้ายถึงปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนขวา[5] (แนวคิดที่หนึ่ง) หรือมีค่าเป็น 1 ใน 6.6 (1/6.6) เท่าของระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางรูม่านตาดำทั้งสอง[3] (แนวคิดที่สอง)



รูปที่ 2 การคำนวณความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน

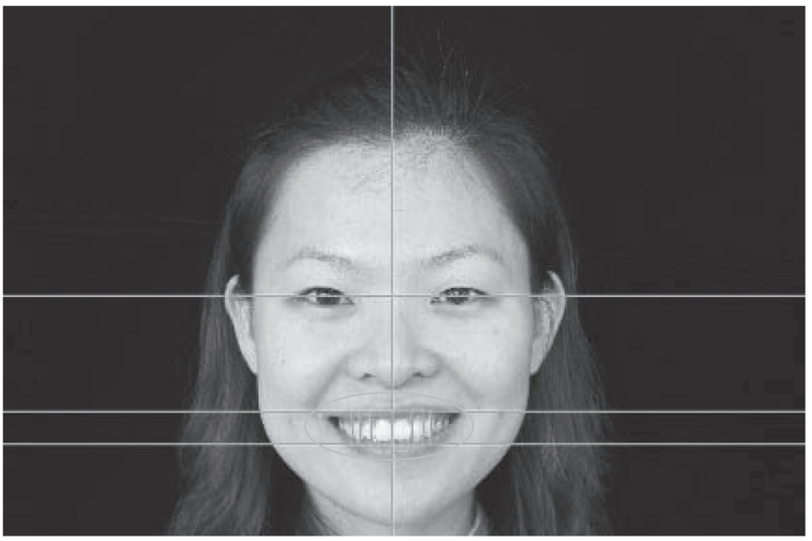
2.1 ความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ มีค่าเป็นร้อยละ 24 ของระยะระหว่างปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนซ้ายถึงปุ่มฟันเขี้ยวซี่บนขวา (Intercanine distance: ICD)

2.2 ความกว้างของฟันตัดกลางซี่บน 1 ซี่ มีค่าเป็น 1 ใน 6.6 เท่า ของระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางรูม่านตาดำ (Inter-pupillary distance; IPD)

Fig. 2 The calculation of upper central incisor width.

2.1 The width of an upper central incisor is 24% of the intercanine distance (ICD).

2.2 The width of an upper central incisor is 1/6.6 of the interpupillary distance (IPD).



รูปที่ 3 การกำหนดเส้นอ้างอิงที่ใช้ในซอฟต์แวร์เพื่อการคำนวณหาขนาดความกว้างเริ่มต้นของซี่ฟันตัดกลางบน
3.1 เส้นขนานตาดำ และการกำหนดจุดกึ่งกลางตาดำด้วยซอฟต์แวร์
3.2 เส้นขนานปลายฟันหน้าบน
3.3 เส้นกึ่งกลางใบหน้าเพื่อกำหนดแบ่งแยกด้านซ้าย-ขวา
3.4 เส้นระดับคอฟันตัดกลางซี่บน
เส้นวงกลม คือ การวิเคราะห์กริด
หมายเหตุ เส้นในแนวดิ่งระดับซี่ฟันคือเส้นที่กำหนดขนาดความกว้างของฟันตัดซี่ข้างและฟันเขี้ยวที่ได้จากการคำนวณ

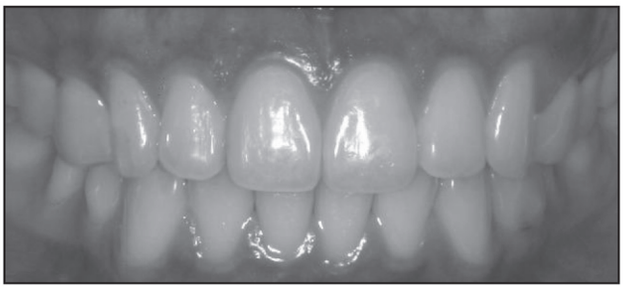
Fig. 3 The reference lines used in the software for calculating the initial width of the upper central incisors.
3.1 The line which is parallel to the pupil line and the middle of the pupils defined by the software.
3.2 The line which is parallel to upper incisal edge.
3.3 The midfacial line which determines the left side and the right side.
3.4 The upper central incisor cervical level line.
Circle line is the grid analysis
Remark Vertical lines at the tooth level are the lines defining the width of the lateral incisor and canine from the calculation.

เมื่อได้ข้อมูลครบจึงดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้การกำหนดจุดทั้งหมดออกแบบให้สามารถกำหนดโดยผู้ใช้ซอฟต์แวร์เอง

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนโครงร่างกระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์ เพื่อนำไปเขียนซอฟต์แวร์การคำนวณโดยละเอียด เริ่มจากการออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์โดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้นทางด้านทันตกรรมที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 หมายรวมถึงหลักการในการวิเคราะห์ระนาบการสบฟัน การหาเส้นกึ่งกลางใบหน้าและขนาดฟันตัดกลางซี่บนของทั้งสองแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ออกแบบให้ซอฟต์แวร์มีการวิเคราะห์ขนาดของฟันตัดข้างซี่บนและฟันเขี้ยวซี่บน โดยกำหนดให้ใช้สัดส่วนระหว่างความกว้างของฟันซี่ที่ศึกษาต่อฟันซี่ถัดไป เป็นร้อยละ 62[7] ร้อยละ 70[16] และร้อยละ 80[17] (รูปที่ 4.1 - 4.3) วิเคราะห์ออกมาเป็นแถบวิเคราะห์ฟัน (grid analysis) (รูปที่ 3 เส้นวงกลม)

ทั้งนี้การหาขนาดความกว้างของฟันตัดกลางซี่บนหาได้จากจุดอ้างอิงบนใบหน้า[3,5] เป็นจุดเริ่มต้นในการกำหนดขนาดซี่ฟันจากนั้นจึงหาขนาดความกว้างของฟันตัดข้างซี่บนและฟันเขี้ยว จากการใช้สัดส่วนระหว่างฟันต่อฟันซี่ถัดไป โดยใช้ทฤษฎีสำหรับการคำนวณขนาดความกว้างของฟันตัดกลาง

4.1

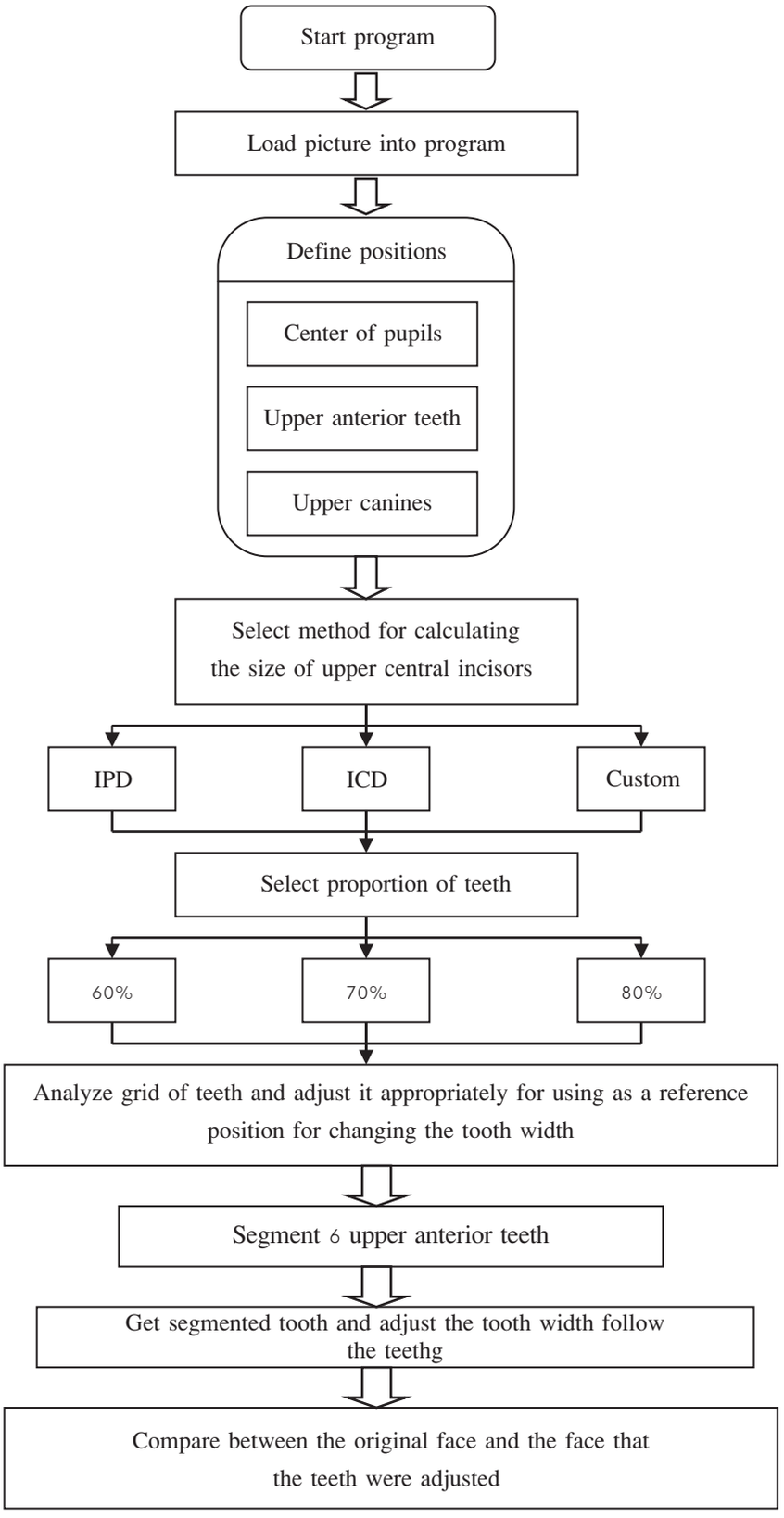


4.2

4.3

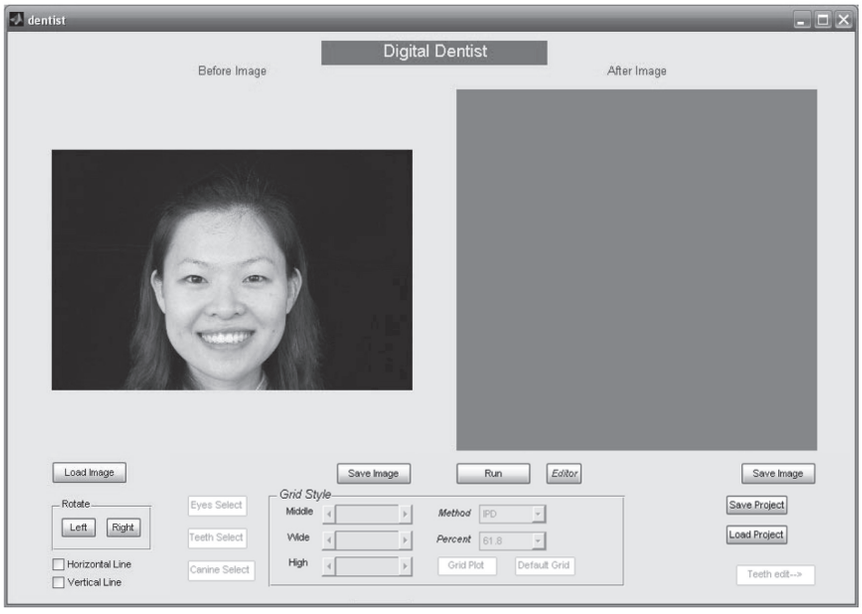
รูปที่ 4 ภาพที่ได้จากการใช้สัดส่วนระหว่างความกว้างของฟันต่อฟันซี่ถัดไปในการคำนวณขนาดฟันตัดซี่ข้างและฟันเขี้ยว
4.1 ใช้ค่าสัดส่วนร้อยละ 62
4.2 ใช้ค่าสัดส่วนร้อยละ 70
4.3 ใช้ค่าสัดส่วนร้อยละ 80

Fig. 4 The tooth to tooth width proportion in calculating the size of the lateral incisors and canines.
4.1 Use percentage proportion at 62%
4.2 Use percentage proportion at 70%
4.3 Use percentage proportion at 80%



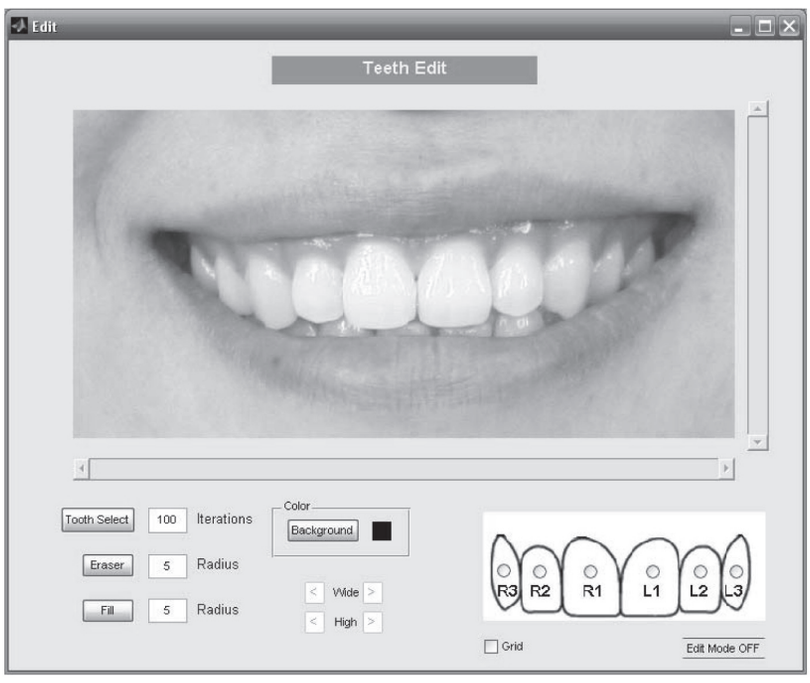
รูปที่ 5 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิส

Fig. 5 Working diagram of the Digital Dentist Software.



รูปที่ 6 หน้าจอหลัก

Fig. 6 Main window.



รูปที่ 7 หน้าจอตกแต่งฟัน

Fig. 7 Tooth image editing window.

ซี่บน[3,5,18,19] และทฤษฎีสำหรับการคำนวณในการแบ่งส่วนภาพฟันเพื่อใช้ในการตกแต่งรูปดิจิทัลของฟัน[7,16,17]

ซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิสที่พัฒนาเสร็จแล้วมีกระบวนการทำงานตามที่แสดงในรูปที่ 5 และเมื่อแสดงผลทางหน้าจอเพื่อใช้ในการปรับแต่งจะปรากฏดังรูปที่ 6 และ 7 จากนั้นได้ลองทดสอบการและประเมินผลการใช้งานของซอฟต์แวร์นี้โดยสร้างภาพจากภาพถ่ายฟันของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ราย (ชาย 2 คน หญิง 3 คน) (รูปที่ 8.1) เพื่อการปรับเปลี่ยนขนาดและสัดส่วนของซี่ฟันเดิมร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์โฟโตชอป (Photoshop® CS2, Adobe Systems Incorporated, USA) ทั้งนี้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนจาก 0 คือไม่พึงพอใจอย่างมากที่สุด 1 คือไม่พึงพอใจ 2 คือไม่พึงพอใจเล็กน้อย 3

8.1

8.2

8.3

รูปที่ 8

8.1 รูปฟันต้นแบบ

8.2 รูปฟันโดยการตกแต่งจากซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิส

8.3 รูปฟันโดยการตกแต่งช่วยจากซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโฟโตชอป

Fig. 8

8.1 Original teeth image.

8.2 Teeth image generated by Digital Dentist software.

8.3 Teeth image retouched by Adobe Photoshop® CS2 software.

คือ พึงพอใจเล็กน้อย 4 คือพึงพอใจ และ 5 คือพึงพอใจอย่างมากที่สุด โดยให้เพิ่มไประดับละ 1 คะแนน กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าหากค่าเฉลี่ยของจากกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นจำนวนเต็มให้มีการทำให้เป็นจำนวนเต็มเพื่อที่จะได้แปลผลตามคะแนนที่กำหนดไว้ข้างต้น

ผลการศึกษา

เมื่อนำซอฟต์แวร์มาลองใช้เบื้องต้นกับกลุ่มตัวอย่าง 5 คน ผลพบว่าซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิสสามารถทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของฟันทั้งในความกว้างและความสูงของซี่ฟัน รวมทั้งสามารถเคลื่อนที่ฟันไปในทิศทางต่าง ๆตามที่ต้องการได้ นอกจากนี้ยังพบว่าซอฟแวร์นี้ช่วยให้การสื่อสารกับผู้ป่วยทำได้สะดวกมากขึ้นโดยเมื่อลองเปรียบเทียบวิธีการนี้กับวิธีการแต่งขี้ผึ้งบนแบบหล่อ (wax-up) ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (ตารางที่ 1) แต่พบว่ายังขาดความละเอียดคมชัดของภาพที่ได้ (รูปที่ 8.2) และจากการสอบถามพบว่ากลุ่มตัวอย่างยังไม่มีความพอใจต่อความคมชัดของภาพที่ได้นี้ (ตารางที่ 2) ดังนั้นขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างภาพจำลองฟันจึงจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโฟโตชอปช่วยในการตกแต่งภาพฟันให้ได้ความคมชัดมากขึ้น อันส่งผลต่อองค์รวมของภาพกล่าวคือมีความสวยงามสมจริง (รูปที่ 8.3) และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อรูปแบบฟันที่ได้จากซอฟต์แวร์มากขึ้น (ตารางที่ 2)

การตรวจสอบความถูกต้องของขนาดของฟันที่คำนวณได้จากดิจิทัลเดนทิสเปรียบเทียบกับจากโฟโตชอปพบว่าภาพจำลองฟันที่ได้รับการคำนวณจากทั้งสองซอฟต์แวร์มีขนาดและสัดส่วนเท่ากัน ซึ่งซอฟต์แวร์นี้สามารถคำนวณขนาดฟันตัดกลางซี่บนจากจุดอ้างอิงบนใบหน้า โดยผ่านการทดสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์ด้วยการวัดและสอบทานกับซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโฟโตชอป ผลปรากฏว่าการคำนวณขนาดฟันตัดกลางซี่บนและขนาดความกว้างของฟันซี่ถัดไปตรงกับที่ได้จากซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ณ ที่ตำแหน่งเดียวกัน (รูปที่ 9 และ ตารางที่ 3) ดังที่ได้รายงานไว้ในการศึกษาก่อนหน้านี้แล้ว[10]

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อรูปแบบฟันที่ได้จากดิจิทัลเดนทิสก่อนปรับปรุงความคมชัดด้วยโฟโตชอปกับวิธีการแต่งขี้ผึ้งบนแบบหล่อ (wax-up)

Table 1 The satisfaction of respondents to the simulated tooth from Digital Dentist Software before editing the sharpness with Photoshop® CS2 compared with the waxing on the model method.

Satisfaction aspect	mean value		interpretation	
	wax-up	Software	wax-up	software
Participation with dentist	4.30	3.92	satisfied	satisfied
Communication with dentist	3.16	3.96	marginal satisfied	satisfied
Duration in communication and explanation	3.04	3.10	marginal satisfied	marginal satisfied

Remark Standard for interpretation: 0 extremely dissatisfied, 1 dissatisfactory, 2 marginal dissatisfactory, 3 marginal satisfied, 4 satisfied, 5 extremely satisfied. The average satisfaction scores in decimals were rounded to the natural numbers for interpretation. (decimals from 0.5-0.99 were rounded up and 0.01-0.49 were rounded down)

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อรูปแบบฟันที่ได้จากดิจิทัลเดนทิสก่อนและหลังปรับปรุงความคมชัดด้วยโฟโตชอป

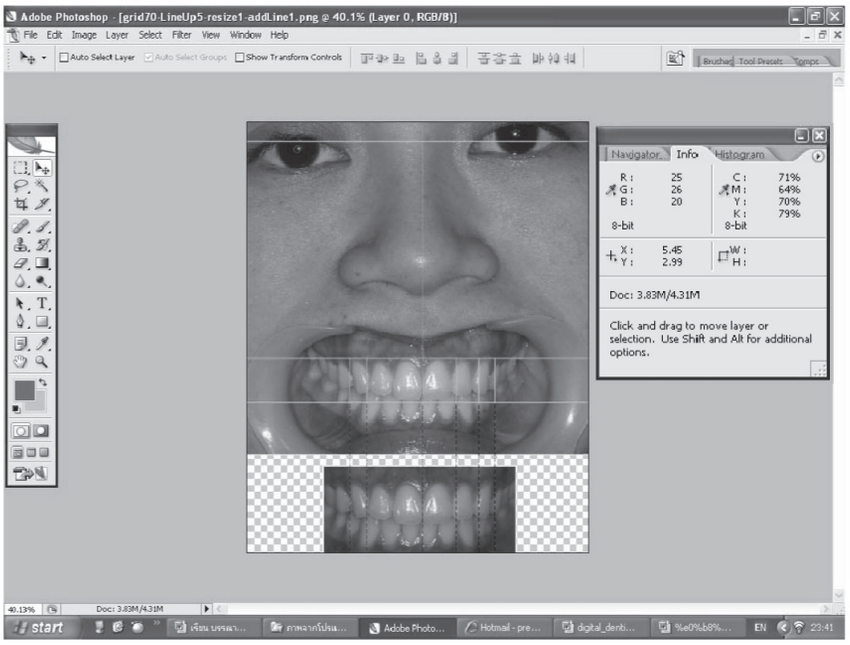
Table 2 The satisfaction of respondents to tooth image from Digital Dentist Software before and after editing the sharpness with Photoshop® CS2.

Satisfaction aspects	Before adjusting with Photoshop®		After adjusting with Photoshop®	
	Satisfied (cases)	Dissatisfied (cases)	Satisfied (cases)	Dissatisfied (cases)
shape of teeth	2	3	5	0
size of teeth	4	1	5	0
proportion of teeth	4	1	5	0
dental esthetics	3	2	5	0

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของการแสดงพิกัดการวัดระหว่างซอฟต์แวร์ดิจิตอลเดนทิสและซอฟต์แวร์โฟโตชอป (หน่วย:พิกเซล)

Table 3 Sample of coordinate measurement between Digital Dentist Software and Photoshop® Software. (unit: pixel)

Coordinate measurement	Digital Dentist Software	Photoshop® Software
Interpupillary distance	23.14	23.14
Upper central incisor width	3.50	3.50
Upper lateral incisor width	2.45	2.45
Upper canine width	1.71	1.71



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างของการสอบเทียบทานระหว่างผลของภาพที่ได้จากซอฟต์แวร์โฟโตชอปและซอฟต์แวร์ดิจิตอลเดนทิส โดยการนับจำนวนเส้นละเอียดจากพิกัดเอ็กซ์และวาย ที่กล่องเครื่องมือด้านขวามือของโปรแกรม

Fig. 9 Show the sample of accuracy comparison between the image obtained from the Adobe Photoshop® CS2 software and the Digital Dentist software by counting the number of pixels from x-and y-axis at the tool box on the right of the program.

วิจารณ์

ซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิส ได้รับการออกแบบให้สามารถหมุนใบหน้าให้ตั้งตรง และใช้เส้นตรงที่ลากจากจุดกึ่งกลางรูม่านตาดำเป็นตำแหน่งอ้างอิงของแนวระนาบการสบฟัน โดยให้ขนานกับแนวระนาบปลายฟันหน้าและตั้งฉากกับเส้นกึ่งกลางใบหน้า สามารถทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของฟันทั้งในความกว้างและความสูงได้ ในขณะที่ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโฟโตชอปไม่สามารถทำการคำนวณขนาดความกว้างของฟันตัดกลางซี่บนได้จากการกำหนดจุดอ้างอิงบนใบหน้าของผู้ป่วยให้มีความสัมพันธ์กับใบหน้าหรือศีรษะหรือฟันซี่อื่น ๆ ได้ อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิสไม่สามารถทำการตกแต่งรายละเอียดหรือความคมชัดของภาพหลังการปรับขนาดฟันแล้วให้ดูเหมือนเดิม ดังนั้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างภาพจำลองฟันจึงจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโฟโตชอปช่วยในการตกแต่งภาพฟันให้ได้ความสวยงามสมจริง

สรุป

ซอฟต์แวร์ดิจิทัลเดนทิสได้รับการพัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟต์แวร์แมทแลป สามารถคำนวณขนาดฟันและสัดส่วนของฟันหน้าบนจากจุดอ้างอิงบนใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะเป็นแนวทางต่อไปในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อสร้างภาพจำลอง 2 ถึง 3 มิติให้ผู้ป่วยได้เห็นผลที่คาดว่าจะได้รับก่อนที่จะทำการรักษาจริง อีกทั้งยังช่วยในการสื่อสาร ประกอบการตัดสินใจรับการรักษา หรือวางแผนการรักษาร่วมกันระหว่างทันตแพทย์และผู้ป่วย จึงสามารถกล่าวได้ว่าซอฟต์แวร์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผู้ป่วยได้ในระดับหนึ่งและช่วยร่นระยะเวลาในการสื่อสารให้เข้าใจตรงกันยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. House MM, Loop JL. Form and color harmony in the dental art. Whittier: MM House, 1939;3:33.
2. Sear VH. Selection of anterior teeth for artificial dentures. J Am Dent Assoc. 1941;28:928-35.
3. Cesario VA, Latta GH. Relationship between the mesiodistal width of the maxillary central incisor and interpupillary distance. J Prosthet Dent. 1984;52:641-3.
4. Sterrett JD, Oliver T, Robinson F, Fortson W, Knaak B, Russell CM. Width/Length rations of normal clinical crowns of the maxillary anterior dentition in man. J Clin Periodontal. 1999;26:153-7.
5. Kaewplung O, Yanyongkasemsuk W, Visitsin O. The study of clinical size of natural upper anterior teeth in a group of Thai population. CU Dent J. 2008;31:295-304.
6. Lombardi RE. The principles of visual perception and their clinical application to denture esthetics. J Prosthet Dent. 1973;29:358-82.
7. Levin EI. Dental esthetics and the golden proportion. J Prosthet Dent. 1978;40:244-52.
8. Dumitras A, Venetsanopoulos AN. Angular map driven snakes with application to object shape description. IEEE Trans Image Process. 2001; 10:1851-9.
9. Kulkami S, Chatteri BN. Edgeless active contours for natural color images based on angular mapping and level sets. Proceedings of the 3rd Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing (ICVGIP); Ahmadabad, India, December 16-18, 2002.
10. Jaichob B, Pleumpitiwiriyawej C. Color image segmentation using active contour for dental images. Proceedings of the 30th Electrical Engineering Conference (EECON-30); Kanchanaburi, Thailand, October 25-26, 2007.
11. Jiong X, Feihu Q, Wenhua Y. Computer aided simulation system for orthognatic surgery. Proceedings of the 8th IEEE Symposium on Computer-Based medical system; 1995 June 9-10; Lubbock, TX, USA: IEEE Computer Society Press; 1995:237-44.
12. Techalertpaisarn P, Nilsuwankosit S. A comparison of cephalometric measurements between computerized cephalometric analysis and manual method. J Thai Assoc Orthod. 2005;4:26-34.
13. National Electronics and Computer Technology Center. Proceedings of Cepsmile Software in Science' Day; 2005 Sep 18-23; Nonthaburi, Thailand.
14. Chan T, Vese L. Active contours without edges. IEEE Trans Image Process. 2001;10: 266-77.
15. Jain AK, Chen H. Matching of dental x-ray images for human identification. Pattern Recognition. 2004;37:1519-32.
16. Ward DH. Proportional smile design using the recurring esthetic dental (RED) proportion. Dent Clin North Am. 2001;45:143-53.
17. Rosenstiel SF, Ward DH, Rashid RG. Dentists' preferences of anterior tooth proportion-a web-based study. J Prosthodont. 2000;9:123-36.
18. Ahmad I. Geometric considerations in anterior dental aesthetics: restorative principles. Pract Periodontics Aesthet Dent. 1998;10:813-22.
19. Gillen RJ, Schwartz RS, Hilton TJ, Evans DB. An analysis of selected normative tooth proportions. Int J Prosthodont. 1994;7:410-7.

The development of computer-aided software in dentistry

Piyarat Chalermsuksant D.D.S., M.S.[1]
Boworn Jaichob B.Eng.[2]
Orapin Kaewplung D.D.S., Ph.D. (Maxillofacial Prosthodontics)[3]
Charnchai Pluempitiwiriyawej B.Eng., Ph.D.[4]

[1]Dental Department, Galya Rajanagarindra Instituite, Department of Mental Health, Ministry of Public Health
[2]Graduate student, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
[3]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[4]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Abstracts

Objective To present and evaluate the implementation of computer-aided design software developed for editing tooth images and predicting post treatment results, using size and proportion of the upper anterior teeth calculated from anatomical reference points on the patient's face.

Materials and methods Calculation theory of the size of the upper central incisor and teeth image segmentation theory were applied for developing the software in editing teeth images. This software was then implemented and evaluated on a group of patients.

Results The software could automatically calculate the size and the proportion of the upper anterior teeth from the reference points on the face efficiently, and produced tooth images' size and proportion according to the calculation results. Moreover, the images could be resized, relocated, cropped and moved from the original position. After editing, the obtained images lost some degree of their sharpness, thus required image processing to improve the image quality. When the software was implemented on a group of patients, improvement of the communication between patients and dentist was demonstrated.

Conclusion The developed software could calculate the size of teeth, edit and improve the images quality, which should facilitate the dental treatment planning and provide a visual aid with which to communicate with patients before performing the actual treatment.

(CU Dent J. 2011;34:155-68)

Key words: *computer-aided design software; dentistry; upper anterior teeth*