



การศึกษาการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิล ที่ฝังในกระดูก ภายหลังจากเจาะกระดูกด้วย หัวเจาะรากฟันเทียม

อุมาพร วิมลกิตติพงศ์ ท.บ.¹

สรรพัชญ์ นามะโน ท.บ., M.Sc., อ.ท. (ทันตกรรมประดิษฐ์)²

สิทธิชัย ทัดศรี วท.บ., ท.บ., พ.บ., รพ.บ., อ.ท. (ศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล)³

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ ศึกษาการตกค้างของโลหะโครเมียมและนิกเกิลในกระดูก เมื่อมีการใช้หัวเจาะรากฟันเทียมเป็นครั้งที่ 1 ครั้งที่ 10 และครั้งที่ 20

วัสดุและวิธีการ การศึกษาที่ใช้ซากกรรไกรล่างวัว 11 ซากกรรไกร แต่ละซากกรรไกรตัดเป็นกระดูกชิ้นทดสอบขนาด 8 x 8 x 12 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวน 21 ชิ้น สุ่ม 1 ชิ้นเป็นชิ้นกระดูกควบคุมที่ไม่มีการเจาะกระดูก กระดูกที่เหลืออีก 20 ชิ้นสุ่มเลือกเพื่อเจาะกระดูกเป็นลำดับที่ 1 ถึง 20 การเจาะนั้นใช้หัวเจาะรากฟันเทียม 1 ชุด ต่อ 1 ซากกรรไกร หัวเจาะรากฟันเทียม 1 ชุด ประกอบด้วยหัวเจาะ 3 ตัว คือ หัวเจาะเทปเปอร์ทีป เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (บริษัทรีเฟลสซีเลคโอบีโอแคร์) หัวเจาะเทปเปอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตร (บริษัทรีเฟลสซีเลคโอบีโอแคร์) และสุดท้ายใช้หัวเจาะริมเมอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.7 มิลลิเมตร (โครงการวิจัยพัฒนาผลิตรากเทียมและอุปกรณ์) ทำการเจาะกระดูกชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นด้วยหัวเจาะรากฟันเทียม 3 ตัว ตามลำดับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยมีการควบคุมแรงกด ความเร็วของเครื่องเจาะ และความลึกของหัวเจาะในกระดูกให้คงที่ วัดปริมาณโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างในกระดูกด้วยเครื่องแก๊สไฟต์เฟอเนท อะตอมมิก แอ็บซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในชิ้นกระดูกควบคุม ชิ้นกระดูกที่ถูกเจาะเป็นลำดับที่ 1 10 และ 20 เปรียบเทียบปริมาณโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา การใช้หัวเจาะรากฟันเทียมครั้งที่ 20 ทำให้เกิดการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกมากที่สุด การใช้หัวเจาะครั้งที่ 1 ทำให้เกิดการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะแยกตามชนิดพบว่า การตกค้างของโครเมียมจากการใช้หัวเจาะครั้งที่ 1 มีปริมาณน้อยกว่าการใช้หัวเจาะครั้งที่ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับนิกเกิลพบว่าปริมาณการตกค้างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการใช้หัวเจาะครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 20 เท่านั้น

สรุป เมื่อใช้ชุดหัวเจาะรากฟันเทียมที่ประกอบด้วยหัวเจาะรากฟันเทียม 3 ตัวที่มีขนาดและบริษัทรากเทียมตามที่กำหนดไว้ในการศึกษา พบว่ามีการตกรากของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกเมื่อใช้หัวเจาะกระดูกซ้ำ การใช้ชุดหัวเจาะเป็นครั้งที่ 20 จะทำให้เกิดการตกรากของโครเมียมและนิกเกิลจากหัวเจาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หัวเจาะครั้งแรก

(ว ทนต จุฬาฯ 2554;34:99-108)

คำสำคัญ: กระดูก; การสึก; โครเมียม; นิกเกิล; หัวเจาะรากเทียม

บทนำ

การใช้ทันตกรรมรากฟันเทียมในประเทศไทยยังจำกัดการใช้ในผู้ป่วยเพียงบางกลุ่ม เนื่องจากค่าใช้จ่ายของการบูรณะด้วยรากฟันเทียมยังมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใส่ฟันปลอมชนิดอื่น เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการฝังรากฟันเทียมรวมถึงตัวรากฟันเทียมล้วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการเจาะกระดูกเพื่อฝังรากฟันเทียมรวมถึงตัวรากฟันเทียม ซึ่งออกแบบและผลิตโดยคนไทยและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับที่มีอยู่ในท้องตลาดซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถใช้รากฟันเทียมเพื่อการบูรณะฟันได้มากขึ้น หัวเจาะกระดูกเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีส่วนสำคัญในกระบวนการฝังรากฟันเทียม ในปัจจุบันหัวเจาะถูกออกแบบให้มีความหลากหลาย เนื่องจากมีการปรับปรุงรูปร่าง วัสดุ พื้นผิว และองค์ประกอบทางเคมี เพื่อให้เกิดผลดีกับเนื้อเยื่อบริเวณที่สัมผัสนำไปสู่การหายของแผลที่รวดเร็วและเป็นปกติ¹ Schaffer และคณะ² ได้กล่าวว่า อุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ที่เป็นโลหะสามารถทำให้เกิดการตกร้าวของโลหะในเนื้อเยื่อได้หลายทาง เช่น จากการสึก (wear) การกัดกร่อนของวัสดุ (corrosion) และการแตกหักจากปัจจัยเชิงกล (mechanic factor) เช่น ความล้าของวัสดุ (fatigue) ความเครียด (stress) การศึกษาของ Granchi และคณะ³ พบว่า อนุภาคของสารจากการสึกกร่อน (wear particles) เช่น อลูมินาออกไซด์ และโพสิเททิลีนสามารถนำไปสู่การตอบสนองที่เปลี่ยนแปลงไปของเซลล์ออสทีโอคลาส (osteoclast) ออสทีโอเบลาส (osteoblast) และสารสื่อกลาง (mediator) ที่เปลี่ยนแปลงไปในบริเวณกระดูก ซึ่งมีผลให้กระบวนการหายของแผลไม่สมบูรณ์ ในการศึกษาความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับเซลล์ (cytotoxicity) ของ Ning และคณะ¹ พบว่า โครเมียมเป็นโลหะที่ทำให้เกิดพิษหรือเกิดสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาต่อเซลล์สร้างกระดูกในการสร้างโปรตีนและการสร้างสารแมคโครโมเลกุล (macromolecular synthesis) การทดลองของ Morais และคณะ⁵ พบว่านิกเกิลและโครเมียมมีผลทำให้กระบวนการสะสมแร่ธาตุในกระดูก โดยเฉพาะการสะสมของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกมีปริมาณน้อยลง การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการตกร้าวของโลหะโครเมียมและนิกเกิลจากหัวเจาะ

รากฟันเทียมที่ถูกใช้งานมาแล้ว โดยศึกษาความแตกต่างของปริมาณการตกร้าวของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกเมื่อใช้หัวเจาะรากฟันเทียมครั้งที่ 1 ครั้งที่ 10 และครั้งที่ 20

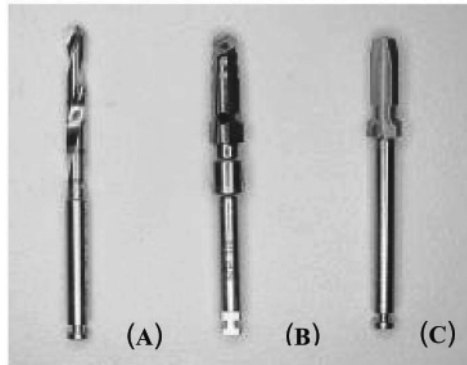
วัสดุและวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้หัวเจาะรากฟันเทียมจำนวน 11 ชุด 1 ชุดหัวเจาะต่อกระดูกขากรรไกรล่าง 1 ขากรรไกร หัวเจาะรากฟันเทียม 1 ชุดเรียงลำดับตามเส้นผ่านศูนย์กลาง ประกอบด้วยหัวเจาะเทปเปอร์ทิป เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (Tapered tip drill, Replace[®] Select Nobel Biocare, ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์) หัวเจาะเทปเปอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตร (Tapered drill, Replace[®] Select Nobel Biocare, ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์) และหัวเจาะรีมีเมอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.7 มิลลิเมตร (Reamer drill, โครงการวิจัยพัฒนาผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย) (รูปที่ 1)

กระดูกที่ใช้ทดสอบเป็นกระดูกขากรรไกรล่างของวัวอายุ 2 ปี จำนวน 11 ตัว ขากรรไกรแต่ละขากรรไกรตัดเป็นกระดูกชิ้นทดสอบขนาด 8 x 8 x 12 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวน 21 ชิ้น โดยมีการควบคุมชั้นความหนาของกระดูกที่บ (cortical bone) และกระดูกโปร่ง (cancellous bone) ที่เท่ากันในทุกชิ้นกระดูกทดสอบ สุ่มกระดูกชิ้นทดสอบ 1 ชิ้นเพื่อเป็นกระดูกควบคุม (control) (กระดูกควบคุม คือ กระดูกที่ไม่มีการเจาะด้วยหัวเจาะรากฟันเทียมใด ๆ) สุ่มกระดูกที่เหลืออีก 20 ชิ้นเพื่อใช้หัวเจาะรากฟันเทียมทั้งสามตัวเจาะกระดูกชิ้นที่ 1 ถึง 20

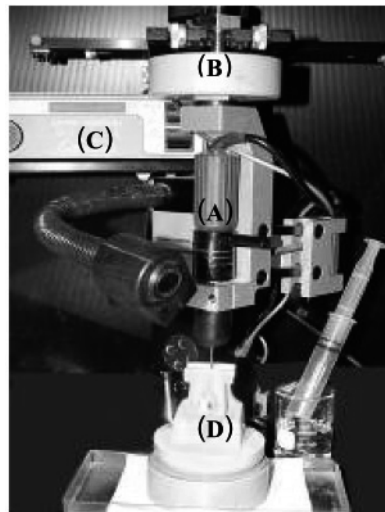
กระบวนการเจาะกระดูกด้วยหัวเจาะรากฟันเทียม

การเจาะกระดูกใช้หัวเจาะรากฟันเทียม 1 ชุดต่อกระดูกขากรรไกรล่าง 1 ตัว กระดูกชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นถูกเจาะด้วยหัวเจาะทั้ง 3 ขนาดเรียงตามลำดับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวเจาะ เพื่อให้ขนาดรูเจาะสุดท้ายสามารถรองรับรากฟันเทียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกับขนาดหัวเจาะสุดท้าย การตกร้าวของโครเมียมและนิกเกิลที่เกิดจากหัวเจาะ เป็นผลรวมของการตกร้าวของโลหะภายหลังการเจาะด้วยหัวเจาะทั้ง 3 ตัว ในการเจาะกระดูก หัวเจาะราก



รูปที่ 1 หัวเจาะรากฟันเทียมที่ใช้ในการวิจัย (A) คือ หัวเจาะเทปเปอร์ทิวป์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (บริษัทรีเพลสซีเลค โนเบลไบโอแคร์) (B) คือ หัวเจาะเทปเปอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตร (บริษัทรีเพลสซีเลค โนเบลไบโอแคร์) (C) คือ หัวเจาะรีมเมอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.7 มิลลิเมตร (โครงการวิจัยพัฒนาผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์)

Fig. 1 Implant drills (A) a tapered tip drill 2 millimeters in diameter (Replace[®] Select Nobel Biocare), (B) a tapered drill 3.5 millimeters in diameter (Replace[®] Select Nobel Biocare), (C) a reamer drill 3.7 millimeters in diameter (Implant research project)



รูปที่ 2 เครื่องกำหนดการตั้งฉากของหัวกรอไอโซพาราเรลโลมิเตอร์ซึ่งใช้สำหรับเจาะกระดูก (A) คือ แทนหัวเจาะ (B) คือ ตู้น้ำหนัก (C) คือ แผงควบคุมความเร็วรอบในการเจาะ (D) คือ แทนจับชิ้นงาน

Fig. 2 Drill machine with isoparallel handpiece. (A) drill handpiece, (B) weight pendulum, (C) speed control box, (D) specimen holder

ฟันเทียมจะถูกยึดแน่นกับเครื่องกำหนดการตั้งฉากของหัวกรอไอโซพาราเรลโลมิเตอร์ (Isoparallelometer) โดยกำหนดให้มีความเร็วรอบการหมุน 1,500 รอบต่อนาที และมีตุ้มน้ำหนัก 1,500 กรัม กดบริเวณแทนหัวเจาะ (รูปที่ 2) นำชิ้นกระดูกยึดกับแทนจับชิ้นงานโดยวางให้ปลายหัวเจาะอยู่บริเวณกึ่งกลาง

ชิ้นกระดูก ทำการเปิดสวิทช์พร้อมกับปล่อยตุ้มน้ำหนัก เพื่อให้เกิดแรงกดหัวเจาะและมีการฉีดน้ำบริเวณกระดูกด้วยอัตราที่คงที่หยุดเจาะเมื่อมีความลึกของหัวเจาะในกระดูก 0 มิลลิเมตร ทำความสะอาดหัวเจาะรากฟันเทียมทุกครั้งด้วยเครื่องทำความสะอาดคลื่นไฟฟ้า (ultrasonic) ภายหลังสิ้นสุดการเจาะในแต่ละครั้ง

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะด้วยแกรไฟต์เฟอเนทอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

วิเคราะห์หาปริมาณโลหะโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างในชั้นกระดูกควบคุม ชั้นกระดูกที่ถูกเจาะเป็นลำดับที่ 1 10 และ 20 ของกระดูกขากรรไกรล่างวัวทั้ง 11 ซากกรรไกร ด้วยแกรไฟต์เฟอเนท อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่มีจำนวนน้อยด้วยเทคนิคนี้สารทดสอบต้องอยู่ในรูปสารละลาย ทำการเตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Butcher และ Sneddon⁶ โดยอบกระดูกให้แห้งและนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ และให้ความร้อนจนสารละลายใส นำสารละลายไปวิเคราะห์โลหะทั้งสองด้วยเครื่องแกรไฟต์เฟอเนทที่มีขีดจำกัดต่ำสุดของเครื่องในการวิเคราะห์ (Limit of Detection) ธาตุโครเมียมและนิกเกิล คือ 0.05 และ 0.20 ไมโครกรัมต่อลิตร (พีพีบี; ppb: part per billion) การวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องแกรไฟต์เฟอเนท อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ให้ผลเป็นความเข้มข้น จึงต้องคำนวณหาปริมาณโลหะต่อหนึ่งหน่วยสาร โดยคำนวณจากปริมาตรสุทธิของสารละลายกระดูกและน้ำหนักของกระดูกหลังเผา การคำนวณ ปริมาณสารไมโครกรัมต่อหนึ่งหน่วยกรัม หากจากสูตรคือ

ปริมาณสารไมโครกรัมต่อหนึ่งหน่วยกรัม

$$= (\text{ความเข้มข้นของธาตุในสารละลาย (ไมโครกรัมต่อลิตร)} \times \text{ปริมาตรสารละลายกระดูกที่ถูกเจาะด้วยกรด (ลิตร)}) / \text{น้ำหนักชั้นกระดูกทดสอบ (กรัม)}$$

จากนั้นคำนวณปริมาณโลหะตกค้างจากการเจาะ (Delta bone) จากผลต่างของปริมาณโลหะจากชั้นกระดูกที่ถูกเจาะด้วยหัวเจาะที่ใช้เจาะลำดับต่างๆ (ลำดับที่ 1 10 และ 20) กับปริมาณโลหะจากชั้นกระดูกที่ไม่ผ่านการเจาะ เปรียบเทียบปริมาณโลหะโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างจากการเจาะที่ลำดับต่างๆ โดยใช้สถิติครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis test) และการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่ม (Multiple comparison between treatments) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การศึกษาบริเวณพื้นผิวหัวเจาะรากฟันเทียมก่อนและภายหลังการเจาะกระดูก

ศึกษาลักษณะพื้นผิวของหัวเจาะรากฟันเทียมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่ 15 กิโลโวลต์ กำลังขยาย 50 เท่า และ 500 เท่า และวิเคราะห์ชนิดของโลหะบนพื้นผิวหัวเจาะรากฟันเทียม ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (Energy dispersive X-ray spectrometry, SEM-EDS/EDX) ที่ 20 กิโลโวลต์ (kV)

ผลการศึกษา

การใช้หัวเจาะรากฟันเทียมใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานใดๆ เมื่อนำมาใช้เจาะกระดูกครั้งแรกพบว่าปริมาณโครเมียมและนิกเกิลตกค้างในกระดูกน้อยที่สุด เมื่อใช้หัวเจาะเป็นครั้งที่ 10 พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างในกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้หัวเจาะเป็นครั้งที่ 20 พบว่าปริมาณโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างในกระดูกมีค่ามากที่สุด เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณโครเมียมที่ตกค้างในกระดูกเมื่อใช้หัวเจาะครั้งที่ 1 แตกต่างจากเมื่อใช้หัวเจาะครั้งที่ 10 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับนิกเกิลพบว่าปริมาณที่ตกค้างในกระดูกเมื่อใช้หัวเจาะครั้งที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมื่อใช้หัวเจาะครั้งที่ 20 เท่านั้น (ตารางที่ 1)

การศึกษาลักษณะพื้นผิวของหัวเจาะรากฟันเทียมก่อนและภายหลังการเจาะกระดูกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นว่า หัวเจาะเทปเปอร์ทึบก่อนการเจาะพบหลุมและร่องบนพื้นผิวน้อยกว่าพื้นผิวหัวเจาะที่ผ่านการเจาะกระดูกครั้งที่ 10 และ 20 หัวเจาะเทปเปอร์ทึบมีความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการใช้งานครั้งที่ 20 ลักษณะพื้นผิวหัวเจาะรีมเมอร์เมื่อใช้กำลังขยาย 50 เท่า ก่อนการเจาะและภายหลังการเจาะครั้งที่ 10 และ 20 ไม่แสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงใดๆ และเมื่อเพิ่มกำลังขยายเป็น 500 เท่า พบว่าก่อนและหลังการใช้หัวเจาะยังคงไม่เห็นความเปลี่ยนแปลง (รูปที่ 3) การวิเคราะห์โลหะที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่บนพื้นผิวหัวเจาะรากฟันเทียมด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์รังสีเอกซ์พบว่าหัวเจาะเทปเปอร์ทึบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และมีโครเมียม นิกเกิลสูงเป็นลำดับต่อมา หัวเจาะเทปเปอร์ทึบพบว่ามีค่าไททาเนียม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและสูงสุดของโครเมียมและนิกเกิลที่ตกค้างจากหัวเจาะรากเทียมที่ผ่านการใช้เจาะในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 10 และ ครั้งที่ 20

Table 1 Mean, standard deviation (S.D.), minimum and maximum of chromium and nickel residues ($\mu\text{g/g}$) in bone from the drills were used the first round, tenth round and twentieth round

repeated implant drilling (round)	Chromium residues ($\mu\text{g/g}$)			Nickel residues ($\mu\text{g/g}$)		
	Mean \pm S.D.	Min	Max	Mean \pm S.D.	Min	Max
1 st round	0.045 \pm 0.124	0.000	0.413	0.034 \pm 0.049	0.000	0.138
10 th round	0.090 \pm 0.079	0.020	0.255	0.092 \pm 0.103	0.000	0.277
20 th round	0.249 \pm 0.347	0.000	1.180	0.197 \pm 0.135	0.005	0.460

*indicates statistically significant difference in residual chromium and nickel in bone ($p < 0.05$)

มากที่สุดและเหล็กสูงเป็นลำดับต่อมา เช่นเดียวกับผลของหัวเจาะรีมเมอร์ที่ผลิตขึ้นในโครงการวิจัยพัฒนาผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์ที่พบสเปคตรัมธาตุไททาเนียมที่สุ่มร่วมกับไนโตรเจนและแทบไม่พบโครเมียมและนิกเกิลบริเวณหัวเจาะเลย (รูปที่ 4)

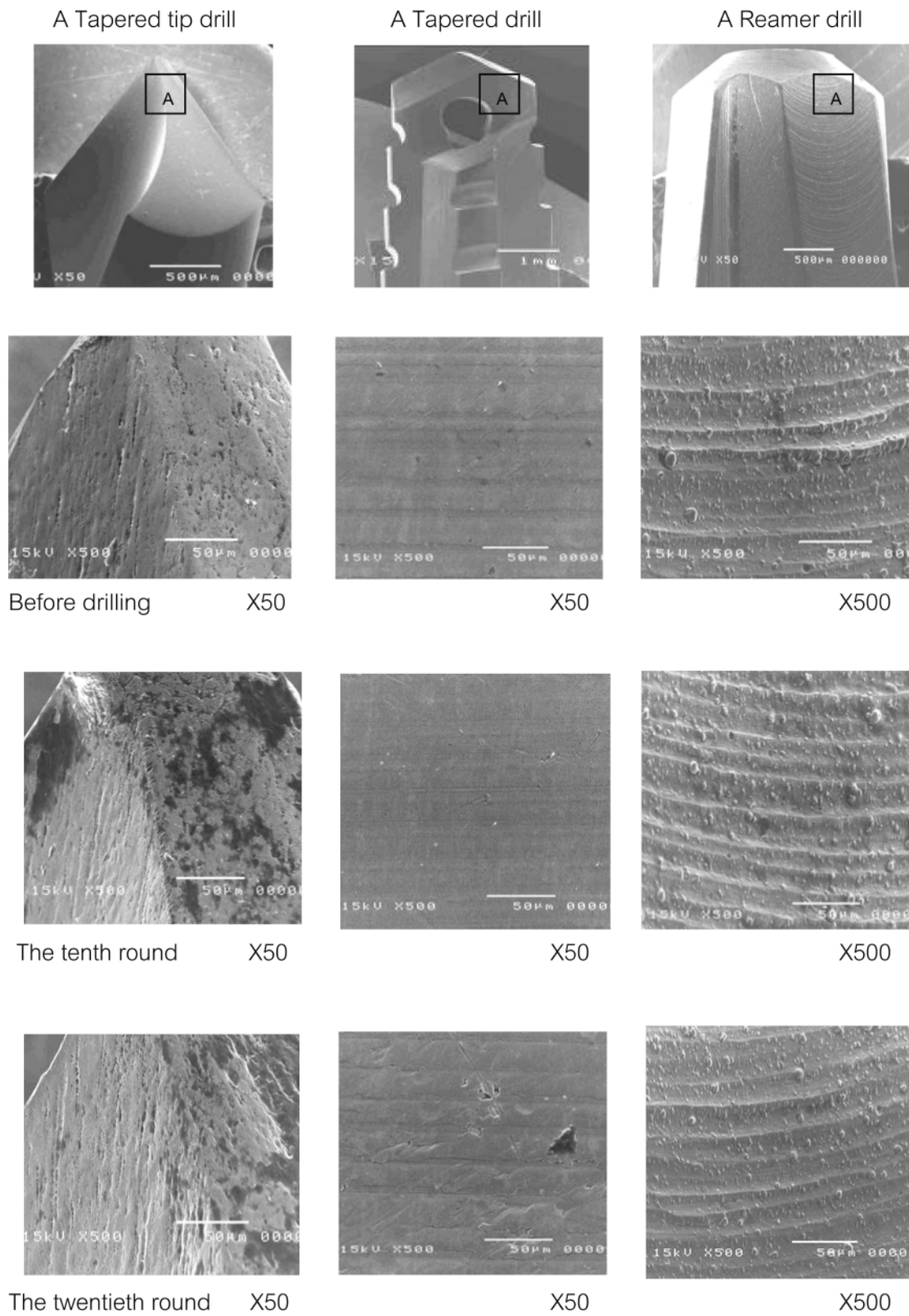
วิจารณ์

หัวเจาะรีมเมอร์ซึ่งเป็นหัวเจาะตัวสุดท้ายในการวิจัยครั้งนี้เป็นหัวเจาะที่ผลิตขึ้นในโครงการวิจัยพัฒนาผลิตรากฟันเทียมและอุปกรณ์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเตรียมกระดูกชั้นสุดท้ายก่อนการฝังรากฟันเทียมและสามารถรองรับกับรากฟันเทียมที่ผลิตในโครงการวิจัยเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วการเริ่มต้นเจาะกระดูกสามารถใช้หัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ารากฟันเทียมจากบริษัทใดก็ได้ในการขยายกระดูกเพื่อให้หัวเจาะตัวสุดท้ายซึ่งมีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับรากฟันเทียมสามารถเจาะในกระดูกได้ง่ายขึ้น

จากการศึกษานำร่องพบว่า ไม่มีความแตกต่างของปริมาณโครเมียมและนิกเกิลในชั้นกระดูกวูต์แต่ละชั้นที่ถูกตัดจากขากรรไกรเดียวกัน จึงเป็นแนวทางในการเตรียมกระดูกทดสอบในงานวิจัยนี้ จากผลการทดลองพบการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกภายหลังการเจาะกระดูกด้วยหัวเจาะรากฟันเทียม แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติของปริมาณโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกที่ไม่ผ่านการเจาะใด ๆ กับกระดูกที่ผ่านการเจาะด้วยหัวเจาะที่ใช้ครั้งที่ 1 แต่เมื่อใช้หัวเจาะซ้ำ ๆ หรือใช้หัวเจาะที่ผ่านการเจาะกระดูกมาแล้วหลายครั้งจะพบว่าปริมาณโครเมียมและนิกเกิลตกค้างในกระดูกมากขึ้น (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโลหะโครเมียมและนิกเกิลที่เป็นองค์ประกอบของหัวเจาะสามารถหลุดออกมาและฝังติดในกระดูกได้ขณะทำการเจาะกระดูกแม้ว่าจะมีการชะล้างด้วยน้ำอย่างต่อเนื่อง การเสียดสีของพื้นผิวหัวเจาะกับกระดูกทำให้สารเคลือบผิวของหัวเจาะรากฟันเทียมบางส่วนมีการหลุดลอก ทำให้มีการตกค้างของโลหะที่เป็นองค์ประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิมจากหัวเจาะปนเปื้อนในกระดูก

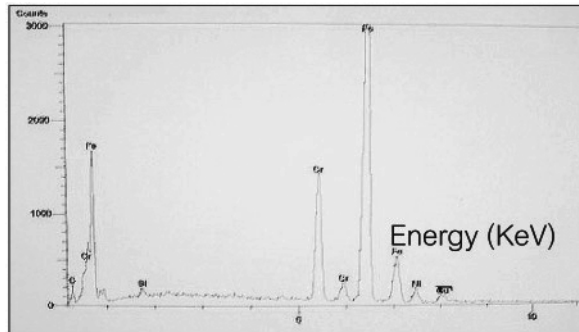
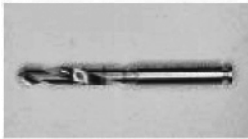
การวิเคราะห์โลหะที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่บนพื้นผิวหัวเจาะรากฟันเทียม (รูปที่ 4) พบว่า หัวเจาะเทปเปอร์ทิปมีค่าเหล็กสูงที่สุด และมีโครเมียมและนิกเกิลสูงเป็นลำดับต่อมา เป็นไปตามองค์ประกอบของกลุ่มเหล็กประเภทเหล็กกล้าไร้สนิม นอกจากนี้ยังไม่พบธาตุใดที่สูงเกินกว่าเหล็กและโครเมียม จึงจัดเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมที่ไม่มีการเคลือบผิวใด ๆ (coating) บริเวณหัวเจาะ สำหรับหัวเจาะเทปเปอร์ทิปมีค่าไททาเนียมมากที่สุด และเหล็กสูงเป็นลำดับต่อมา แสดงว่าหัวเจาะเทปเปอร์ทิปเป็นโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีการเคลือบผิวด้วยวัสดุที่มีไททาเนียมเป็นองค์ประกอบ การเคลือบผิวหัวเจาะด้วยไททาเนียมไนไตรด์เป็นชั้นบาง ๆ บริเวณด้านตัดเป็นเทคโนโลยีใหม่ใน



รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวหัวเจาะรากเทียมจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด, A คือ ตำแหน่งศึกษา

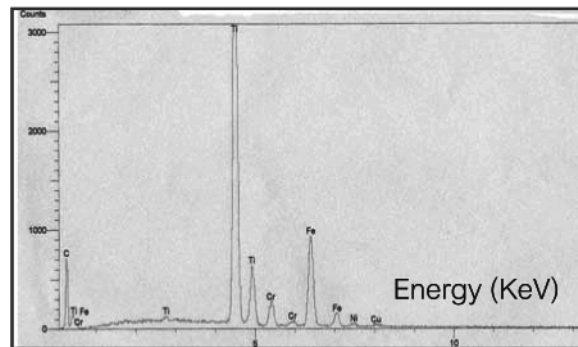
Fig. 3 Surface of implant drill from scanning electron microscope, A is study area

A : Tapered tip drill



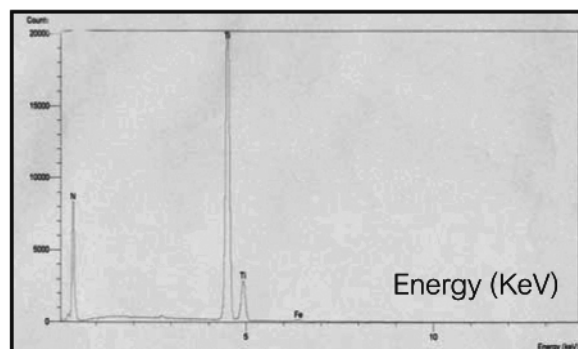
Most metal components on surface of implant drill = Fe^{**}, Cr^{*}, Ni, Mo, Si, C

B : Tapered drill



Mosts metal components on surface of implant drill = Ti^{**}, Fe^{*}, Cr, C, Ni, Cu

C: Reamer drill



Mosts metal components on surface of implant drill = Ti^{**}, N^{*}, Fe

- รูปที่ 4** โลหะที่เป็นองค์ประกอบบริเวณพื้นผิวหัวเจาะรากเทียมด้วยอุปกรณ์วิเคราะห์รังสีเอ็กซ์
- ** องค์ประกอบของโลหะที่พบมากที่สุดบริเวณพื้นผิว
 - * องค์ประกอบของโลหะที่พบมากเป็นลำดับต่อมาบริเวณพื้นผิว

Fig. 4 Metal component on surface of implant drill by SEM-EDS/EDX

- ** The most component of metal found on implant surface
- * The second rank of metal found on implant surface

การสร้างหัวเจาะเพื่อทำให้หัวเจาะมีความคมและคงทนต่อการใช้งานได้นานขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเจาะเหล็กกล้าคาร์ไบด์ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และเมื่อวิเคราะห์ธาตุโลหะที่เป็นองค์ประกอบในหัวเจาะที่เคลือบนี้มักพบธาตุไททาเนียมสูง⁷ ผลของโลหะบริเวณพื้นผิวหัวเจาะริมเมอร์ที่ผลิตขึ้นในโครงการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์เทียมและอุปกรณ์ ที่พบสเปคตรัมธาตุไททาเนียมที่สูงร่วมกับไนโตรเจนและแทบไม่พบโครเมียมและนิกเกิลบริเวณหัวเจาะเลย จึงอาจเกิดจากการเคลือบผิวที่มีความหนาแน่นด้วยไททาเนียมไนไตรด์ ทำให้กระแสอิเล็กตรอนจากเครื่องรังสีเอกซ์ไม่สามารถถึงผ่านทะลุความหนาของชั้นเคลือบผิวไปถึงแกนเหล็กกล้าไร้สนิมได้ ซึ่งธาตุที่มีปริมาณน้อยกว่า 1% โดยน้ำหนักจะไม่แสดงให้เห็นเป็นค่าสเปคตรัมในกราฟ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้⁸

เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านทุนทรัพย์ การวิจัยนี้จึงศึกษาเฉพาะการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลเท่านั้น เนื่องจากมีงานวิจัยพบว่านิกเกิลและโครเมียมมีผลทำให้กระบวนการสะสมแร่ธาตุในกระดูกโดยเฉพาะการสะสมของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูกมีปริมาณน้อยลง และการตกค้างไอออนของโลหะ “โครเมียม” มีผลต่อการลดการแบ่งตัวของเซลล์ออสทีโอเบลาสต์ และลดการสังเคราะห์สารรอบๆ เซลล์ที่ทำให้เกิดการตอบสนองของเซลล์สร้างกระดูกเปลี่ยนแปลงไป^{3,4} อย่างไรก็ตาม หัวเจาะเหล็กกล้าไร้สนิมยังประกอบด้วยธาตุอื่นๆ ซึ่งการตกค้างของโลหะในระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบของโลหะต่างชนิดกันที่ตกค้างในกระดูกเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษาต่อไป

สรุป

เมื่อใช้ชุดหัวเจาะรากฟันเทียมที่ประกอบด้วยหัวเจาะรากฟันเทียม 3 หัว ที่มีขนาดและผลิตจากบริษัทรากฟันเทียมตามที่กำหนดไว้ในบททดลอง พบว่ามีการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลในกระดูกเมื่อใช้หัวเจาะกระดูกซ้ำโดยพบว่าการใช้หัวเจาะครั้งที่ 10 ทำให้เกิดการตกค้างของโครเมียมในกระดูกแตกต่างจากการใช้หัวเจาะครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใช้หัวเจาะครั้งที่ 20 ทำให้เกิดการตกค้างของโครเมียมและนิกเกิลจากหัวเจาะในกระดูกมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หัวเจาะครั้งแรก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ แผนงานวิจัยแบบบูรณาการทางด้านวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และ รศ.ทพ.ดร.ประสิทธิ์ ภวสันต์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Granchi D, Amato I, Battistelli L, Ciapetti G, Pagani S, Avnet S, et al. Molecular basis of osteoclastogenesis induced by osteoblasts exposed to wear particles. *Biomaterials*. 2005;26:2371-9.
2. Schaffer AW, Pilger A, Engelhardt C, Zweymueller K, Ruediger HW. Increased blood cobalt and chromium after total hip replacement. *J Toxicol Clin Toxicol*. 1999;37:839-44.
3. Granchi D, Verri E, Ciapetti G, Savarino L, Cenni E, Gori A, et al. Effects of chromium extract on cytokine release by mononuclear cells. *Biomaterials*. 1998;19:283-91.
4. Ning J, Henderson C, Grant MH. The cytotoxicity of chromium in osteoblasts: effects on macromolecular synthesis. *J Mater Sci Mater Med*. 2002;13:47-52.
5. Morais S, Sousa JP, Fernandes MH, Carvalho GS, de Bruijn JD, van Blitterswijk CA. Decreased consumption of Ca and P during in vitro biomineralization and biologically induced deposition of Ni and Cr in presence of stainless steel corrosion products. *J Biomed Mater Res*. 1998;42:199-212.
6. Butcher DJ, Sneddon J. A practical guide to graphite furnace atomic absorption spectrometry. New York: Wiley-Interscience, 1998:125-33.
7. Kay JF, Gilman L, May TC. The tri-spade drill for endosseous dental implant installation. *J Oral Implantol*. 1991;17:424-8.
8. ASTM Standard E1508, 1998, "Standard guide for quantitative analysis by energy dispersive spectroscopy." ASTM International, West Conshohocken, PA, 1998, DOI: 10.1520/E1508-98RO8, www.astm.org.

A Study of Chromium and Nickel Residues in Bone After Drilling with Implant Drills

Umaporn Vimonkittipong D.D.S.¹

Sunphat Namano D.D.S., M.Sc., Diplome, Thai Board of Prosthodontic Dentistry²

Sittichai Tudsri B.Sc., D.D.S., M.D., B.P.A., Diplome, Thai Board of Oral and Maxillofacial Surgery³

¹Graduate student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

³Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstracts

Objective To study the concentration of chromium and nickel residues in bone occurred after using repeated implant drill set burs (The first, tenth and twentieth round of drilling)

Materials and methods This study used 11 bovine mandibles. Each mandible was cut into 21 bone blocks with the size of 8 x 8 x 12 cubic millimeters. One bone block was randomly selected to be a control. The other 20 bone blocks were also randomly selected in drilling process. One set of drill was used for one mandible. Each set of drill consisted of: 2-millimeter tapered tip bur (Replace Select Nobel Biocare), 3-millimeter tapered bur (Replace Select Nobel Biocare) and 3.7-millimeter reamer bur (The implant research project). Drilling was performed on each bone block by using various diameters of drill burs from small to large diameter. Drilling force, rotation speed, and depth of drilling were controlled in drilling process. Chromium and nickel residues in bone were detected by graphite furnace atomic absorption spectrometer in the controlled bone block, the first drilled bone block, the tenth drilled bone block and the twentieth drilled bone block. Data were analyzed by Kruskal-Wallis, with predetermined significant level of 0.05.

Results Residual chromium and nickel were found the most in bone when the drills were used in the twentieth round and found the least when the drills were used in the first round. Residual chromium in bone from the first round drills was significantly less than that of the tenth and the twentieth round drills. However, residual nickel in bone was significantly different between the first round drills and the twentieth round drills

Conclusion The study of chromium and nickel residues in bone found that using repeated drill set bur following this research can cause chromium and nickel residues in bone. Residual chromium and nickel were found the most when used in the twentieth round and were significantly greater than that of the new ones.

(CU Dent J. 2011;34:99-108)

Key words: bone; chromium; implant drill; wear
