

ชีวกลศาสตร์สำหรับการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้น

บริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน

Biomechanical Aspect of Short Implants

Placed in the Posterior Maxilla

สำเร้ง อินกล้า*

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Samroeng Ingla*

Faculty of Dentistry, Thammasat University, Rangsit Centre,

Klong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

ข้อพิจารณาทางชีวกลศาสตร์มีบทบาทสำคัญสำหรับวางแผนการรักษาทางทันตกรรมรากฟันเทียมให้ประสบความสำเร็จในระยะยาว บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอมุมมองทางด้านชีวกลศาสตร์สำหรับใช้เป็นข้อพิจารณาในการวางแผนการรักษาด้วยการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน ซึ่งเป็นบริเวณที่ถือว่ายังมีความท้าทายต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานทางทันตกรรมรากฟันเทียม โดยการวิเคราะห์หาองค์ความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ศึกษาเกี่ยวกับการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้น ทั้งในส่วนที่เป็นวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ส่วนของการประยุกต์ใช้งาน ตลอดจนส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลทางคลินิก ซึ่งได้ข้อสรุปว่า เพื่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนในระยะยาว ทันตแพทย์ควรพิจารณาใช้รากฟันเทียมขนาดใหญ่ที่มีลักษณะพื้นผิวเป็นชนิดไม่เรียบ และจัดการในส่วนของการทันตกรรมประดิษฐ์ให้เหมาะสมต่อการรับและกระจายแรง โดยปรับขนาดพื้นที่รับแรงบดเคี้ยวของครอบฟันให้น้อยลง และพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวของรากฟันเทียมไม่ให้มากกว่า 1:1

คำสำคัญ: ชีวกลศาสตร์, รากฟันเทียมขนาดสั้น, ด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน

Abstract

The factors for the long-term success or failure of a dental implant have been focused on the biomecha-

nical aspect. The purpose of this review article was to assess data on biomechanical performance of short implants placed in posterior maxilla. Based on the survey of literature, the wide diameter and rough surface of short implant should be selected. Additionally, reduction of occlusal table and 1:1 crown-to-implant ratio or less may represent favorable biomechanical conditions for short dental implant placed in posterior maxilla. The data reported in this article might help dentists to improve their decision-making with the aim of enhancing short implant success.

Key words: biomechanical, short dental implant, posterior maxilla

1. บทนำ

ในการปฏิบัติงานทางคลินิกทันตกรรมรากฟันเทียมนั้นเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าความยาวของรากฟันเทียมที่จะฝังเพื่อทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยวแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปไม่ควรน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร โดยค่าความยาวมาตรฐานนี้ถูกกำหนดขึ้นด้วยเหตุผลสำคัญทางชีวกลศาสตร์คือ ความเหมาะสมในการรับแรง การกระจายแรง และการส่งผ่านแรงจากรากฟันเทียมไปยังกระดูกที่อยู่โดยรอบ [1] ข้อพิจารณาทางชีวกลศาสตร์มีความสำคัญมากสำหรับการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมรากฟันเทียม เนื่องจากการตอบสนองของกระดูกที่อยู่โดยรอบถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อสถานะการคงอยู่ของรากฟันเทียมในการทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยว ความไม่เหมาะสมทางชีวกลศาสตร์ อาจนำไปสู่การเกิดภาวะแทรกซ้อนทางชีวกลศาสตร์ (biomechanical complication) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสลายตัวของกระดูก (bone resorption) ที่อยู่โดยรอบเนื่องจากเกิดความเครียดสะสม (microstrains concentration) ขึ้นมากเกินไปที่กระดูกจะสามารถปรับตัวได้ (bone remodeling) ทำให้งานรากฟันเทียมไม่สามารถคงสภาพการทำงานที่อยู่ได้ เกิดความล้มเหลวของการรักษาในระยะยาว

การฝังรากฟันเทียมบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน (edentulous posterior maxilla) มักประสบปัญหาสำคัญคือความสูงของกระดูกไม่เพียงพอเนื่องจากการสลายของกระดูกและการห้อยย้อยลงของโพรงอากาศแมกซิลลาร์ (pneumatization) หลังจากมีการสูญเสียฟันธรรมชาติไป ปัจจุบันทันตแพทย์จำนวนมากเลือกใช้วิธีการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นแทนการผ่าตัดเพื่อเพิ่มความสูงของกระดูกซึ่งเสียเวลามาก ค่าใช้จ่ายสูง และมีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่าย โดยเฉพาะการผ่าตัดเติมกระดูกร่วมกับการยกผนังโพรงอากาศแมกซิลลาร์ (sinus lift with bony graft) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำกันทั่วไปนั้น มีความเสี่ยงต่อการฉีกขาดของผนังของโพรงอากาศ (schneiderian membrane) อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีรายงานผลการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นว่าอัตราความสำเร็จของการรักษาด้วยการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นนั้นใกล้เคียงกับการฝังรากเทียมขนาดความยาวมาตรฐาน [2-8] รวมทั้งมีข้อเสนอแนะให้พิจารณารากฟันเทียมขนาดสั้นเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนที่ความสูงของกระดูกไม่เพียงพอ [9-11] แต่ที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยเหล่านั้นยังมีความแตกต่างกันในเรื่องการเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งการศึกษาที่เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized

controlled trials) ยังมีจำนวนน้อยมาก ทำให้ยังมีข้อสงสัยและยังมีประเด็นที่เป็นข้อโต้แย้งกันอยู่ โดยเฉพาะเรื่องความสำเร็จของการรักษาในระยะยาว เนื่องจากบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนนอกจากมีปัญหาเรื่องปริมาณความสูงของกระดูก (bone quantity) ที่ไม่เพียงพอแล้ว ยังมีปัญหาเรื่องคุณภาพของกระดูก (bone quality) ที่ด้อยกว่าบริเวณอื่น ในขณะที่บริเวณดังกล่าวนี้ต้องรับแรงบดเคี้ยวมากกว่าบริเวณอื่น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมทางชีวกลศาสตร์ (biomechanical behavior) ที่ว่าด้วยการรับแรงและการตอบสนองต่อแรงที่มาจากกระทำของกระดูก จึงทำให้ยังเป็นที่ถกเถียงกันในเรื่องความเหมาะสมในเชิงชีวกลศาสตร์ (biomechanical performance) ซึ่งมีผลต่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นในระยะยาว บทความปริทรรศน์ฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอมุมมองทางด้านชีวกลศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการวางแผน การทำนายผล ตลอดจนการติดตามการรักษาด้วยการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้น บริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน ซึ่งเป็นบริเวณที่ถือว่ายังมีความท้าทายสำหรับทันตแพทย์ในการปฏิบัติทางทันตกรรมรากฟันเทียม

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 สถานการณ์ของการใช้รากฟันเทียมขนาดสั้นในปัจจุบัน

Jensen และคณะ รวมทั้ง Winkler และคณะ แสดงให้เห็นว่าอัตราความล้มเหลวของการฝังรากฟันเทียมบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนจะสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ [12,13] และในกรณีของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้น ผลการศึกษาของ Sennerby และ Roos ระบุว่าเช่นเดียวกันว่าอัตราความ

ล้มเหลวของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นในบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนก็สูงกว่าบริเวณอื่นเช่นเดียวกัน [14] โดยสาเหตุสำคัญของความล้มเหลวคือ คุณภาพของกระดูกบริเวณดังกล่าวนี้ด้อยกว่าบริเวณอื่น ในขณะที่ต้องรับแรงบดเคี้ยวมากกว่า การศึกษาของ Jaffin และคณะให้ข้อสรุปว่าคุณภาพของกระดูกที่ไม่ดี ส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางชีวกลศาสตร์ได้โดยง่าย และเป็นปัจจัยที่จะนำไปสู่ความล้มเหลวของการฝังรากฟันเทียมในที่สุด [15] นอกจากนี้ Goodacre และคณะได้รายงานผลการศึกษานับสนุนไปในทางเดียวกันว่าคุณภาพของกระดูกมีผลต่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียม โดยการฝังรากฟันเทียมในบริเวณที่คุณภาพของกระดูกไม่ดีจะล้มเหลวมากกว่าการฝังรากฟันเทียมในบริเวณที่กระดูกมีคุณภาพดีถึงร้อยละ 16 [16]

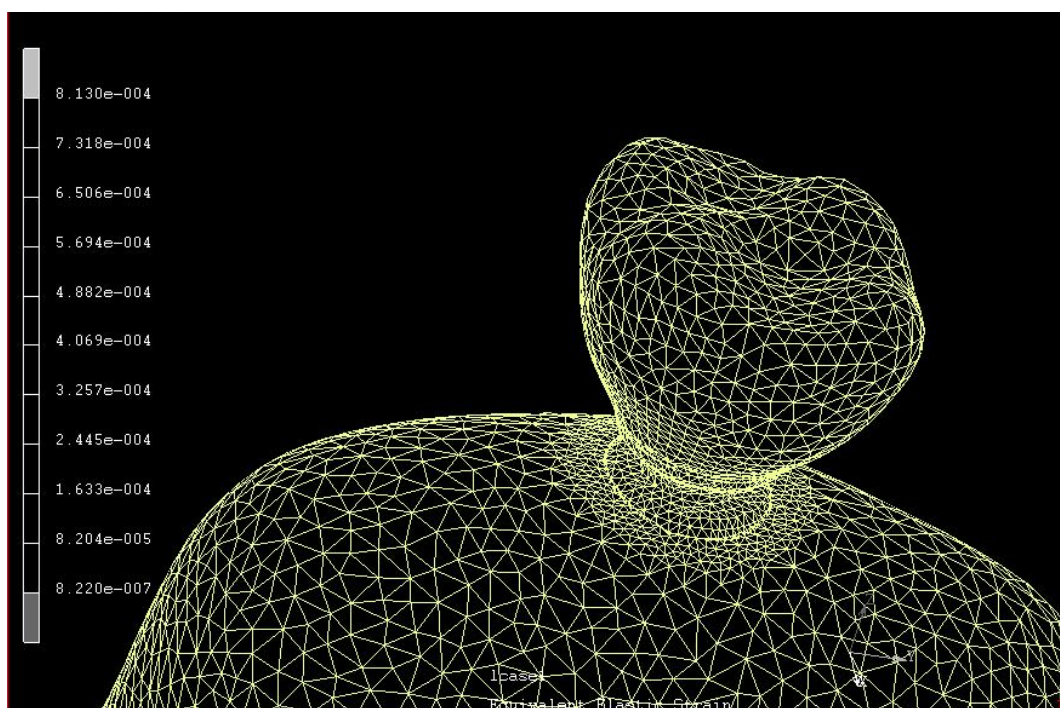
คำจำกัดความของรากฟันเทียมขนาดสั้นซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือรากฟันเทียมที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 8 มิลลิเมตร [17] Felice และคณะแสดงให้เห็นว่าปัจจุบันมีการฝังรากฟันเทียมที่มีความยาวน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร [18] อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในเชิงชีวกลศาสตร์ ความยาวที่น้อยลงจากค่าความยาวมาตรฐานนี้ ยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าเหมาะสมหรือไม่อย่างไรต่อพฤติกรรมทางชีวกลศาสตร์ของกระดูกที่อยู่โดยรอบซึ่งมีความสำคัญต่อผลการรักษาในระยะยาว และในปี ค.ศ. 2009 การศึกษาของ Cannizzaro และคณะ ที่ดำเนินการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าความสำเร็จจากการติดตามผล 1 ปี ของการฝังรากฟันเทียมที่มีความยาวมากกว่า 10 มิลลิเมตร กับ การฝังรากฟันเทียมที่มีความยาวน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกัน [19] โดยนักวิจัยกลุ่มนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ยังมีความจำเป็นที่จะต้องทำการพิจารณาหลักการ

ทางชีวกลศาสตร์ในการใช้รากฟันเทียมขนาดสั้น เนื่องจากความล้มเหลวที่เกิดขึ้นกับรากฟันเทียมขนาดสั้นนั้น มักเกิดขึ้นหลังจากที่มีการใส่ครอบฟันและมีการใช้งานรับแรงบดเคี้ยวไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว ดังนั้นความล้มเหลวของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นที่เกิดขึ้น จึงจัดเป็นความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในภายหลัง (late failure) ซึ่งเป็นความล้มเหลวที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องโดยตรงกับภาวะแทรกซ้อนทางชีวกลศาสตร์

2.2 พื้นฐานทางชีวกลศาสตร์สำหรับทันตกรรมรากฟันเทียม

หลักการพื้นฐานทางกลศาสตร์ระบุไว้ว่า กรณีที่มีการฝังวัตถุชนิดหนึ่งเข้าไปในวัตถุอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีค่าคุณสมบัติของความยืดหยุ่นต่างกัน

(modulus of elasticity or stiffness) โดยไม่มีสิ่งใดมาคั่นระหว่างวัตถุทั้งสอง เมื่อทำการออกแรงกระทำไปที่วัตถุชิ้นหนึ่ง พบว่าความเครียดจะเกิดขึ้นมากที่สุด ณ บริเวณที่วัตถุทั้งสองสัมผัสกันเป็นจุดแรก [20] จากหลักการดังกล่าวเมื่อนำมาพิจารณาในกรณีการฝังรากฟันเทียมลงในกระดูกซึ่งวัตถุทั้งสองชนิดนี้มีค่าความยืดหยุ่นต่างกัน (ตามปกติค่าความยืดหยุ่นของรากฟันเทียมซึ่งส่วนใหญ่ทำจากโลหะไทเทเนียม จะมีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าค่าความยืดหยุ่นของกระดูกประมาณ 5 เท่า [21]) เมื่อมีแรงบดเคี้ยวตกลงบนตัวรากฟันเทียม ความเครียดสะสมจะเกิดขึ้นมากที่สุด ณ บริเวณจุดแรกที่รากฟันเทียมสัมผัสกับกระดูก ซึ่งเป็นบริเวณของกระดูกแข็งที่อยู่โดยรอบ (crestal cortical bone) [22] (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การวิเคราะห์แบบจำลองการฝังรากฟันเทียมลงในกระดูกขากรรไกรด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element analysis) แสดงให้เห็นว่าความเครียดสะสมจะเกิดขึ้นมากที่สุดที่บริเวณขอบกระดูกแข็งที่อยู่โดยรอบ (crestal cortical bone) ซึ่งเป็นจุดแรกที่รากฟันเทียมสัมผัสกับกระดูก [28]

Lum ได้นำหลักการทางกลศาสตร์ดังกล่าวมาศึกษาในกรณีการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นลงในกระดูก และให้ข้อสรุปว่ารูปแบบของการรับแรงและการส่งผ่านแรงของรากฟันเทียมขนาดสั้นไม่ต่างไปจากรูปแบบของรากฟันเทียมขนาดความยาวมาตรฐาน กล่าวคือ การส่งผ่านแรงจากรากฟันเทียมขนาดสั้นจะเกิดขึ้นมากที่บริเวณกระดูกแข็งโดยรอบเช่นเดียวกัน [23] โดย Bernard และคณะ ได้รายงานผลการศึกษาว่าความยาวที่ลดลงของรากฟันเทียมขนาดสั้นไม่ได้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกลศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ [24] และมีการศึกษาอีกจำนวนหนึ่งที่รายงานผลในเชิงสนับสนุนว่าความยาวที่มากขึ้นของรากฟันเทียมไม่ได้มีผลต่อรูปแบบการรับและการส่งผ่านแรงมากนัก โดยส่วนของรากฟันเทียมที่อยู่ระหว่างขอบบนของกระดูกกับส่วนที่อยู่ปลายด้านล่างไม่มีผลโดยตรงต่อการรับแรงและการส่งผ่านแรง [25-27]

ถึงแม้หลักการทางกลศาสตร์แสดงให้เห็นว่าการรับแรงและการกระจายแรงระหว่างรากฟันเทียมขนาดยาวกับรากฟันเทียมขนาดสั้นนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากการฝังรากฟันเทียมเป็นการฝังลงในกระดูกซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ดังนั้นจึงต้องใช้หลักการพิจารณาในเชิงชีวกลศาสตร์ซึ่งเป็นการพิจารณาการตอบสนองของเซลล์กระดูกที่มีชีวิตต่อแรงที่มากระทำ Frost ได้เสนอทฤษฎีซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันว่า ความเครียดสะสมที่เกิดขึ้นในกระดูกเนื่องจากการทำหน้าที่รับแรงจากภายนอกมีผลต่อการตอบสนองของเซลล์กระดูกในการปรับเปลี่ยนรูปร่าง (modeling and remodeling) ของกระดูก โดยดัชนีชีวิตทางชีวกลศาสตร์ (biomechanical parameters) ตามทฤษฎีของ Frost (Frost mechanostat concept) สำหรับทำนายพฤติกรรมการตอบสนองของ

กระดูกที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ ค่าความเครียดสะสมที่กระดูกสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาพที่สมดุลได้ (balanced or steady state) จะอยู่ในช่วง 200-2500 microstrains (μ) ถ้าสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้เกิดการสลายตัวของกระดูก [29]

3. บทวิเคราะห์เรื่องความเหมาะสมทางด้านชีวกลศาสตร์ของรากฟันเทียมขนาดสั้นในปัจจุบัน

ถึงแม้จะมีการศึกษาที่ผ่านมาจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าการฝังรากฟันเทียมลงในกระดูกที่มีคุณภาพไม่ดีหรือกระดูกที่มีความหนาแน่นน้อย จะทำให้เกิดความเครียดสะสมมากเกินไปกว่าค่าที่กระดูกจะสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุลได้ กระดูกเกิดการสลายตัว และนำไปสู่ความล้มเหลวของรากฟันเทียมในที่สุด [15,16,30-32] แต่รายงานการศึกษาในปัจจุบันได้แสดงให้เห็นว่า แนวโน้มของอัตราความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นในบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบนสูงขึ้นมากส่งผลให้ในปัจจุบันการตัดสินใจของทันตแพทย์ในการเลือกใช้วิธีการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้น [33] โดยเหตุผลสำคัญที่ทำให้การฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นประสบความสำเร็จมากขึ้นเนื่องจากการที่มีความพยายามในการนำองค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์และความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตวัสดุมาประยุกต์ใช้สำหรับงานทางทันตกรรมรากฟันเทียม เพื่อทำให้เกิดความเหมาะสมในเชิงชีวกลศาสตร์ ซึ่งจากข้อมูลในปัจจุบันได้แสดงให้เห็นว่า เหตุผลสำคัญที่นำไปสู่ความเหมาะสมทางชีวกลศาสตร์ของการใช้รากฟันเทียมขนาดสั้นมี 3 ประการ คือ (1) การพิจารณาใช้รากฟันเทียมที่ขนาดใหญ่ขึ้น (2) การพัฒนาคุณลักษณะของ

ผิวรากฟันเทียมเพื่อเพิ่มพื้นที่การยึดติดกับกระดูก (osseointegration) และ (3) การจัดการเรื่องการรับแรงบดเคี้ยวในส่วนของทันตกรรมประดิษฐ์ (prosthesis part) ได้อย่างเหมาะสม

3.1 การพิจารณาใช้รากฟันเทียมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

รากฟันเทียมในปัจจุบันเกือบทั้งหมดมีรูปร่างเหมือนรากฟันธรรมชาติ (root form) คือมีลักษณะเป็นทรงกระบอกตรง (cylindrical shape) หรือทรงกระบอกปลายเรียว (taper shape) ซึ่งในกรณีรากฟันเทียมที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตรง ผิวเรียบธรรมดา (machined surface) สามารถหาค่าโดยประมาณของพื้นที่ผิวได้จากสูตรการคำนวณ $2\pi r^2 + 2\pi L$ เมื่อ r คือ ค่ารัศมี หน่วยเป็นมิลลิเมตร และ L คือ ค่าความยาว หน่วยเป็นมิลลิเมตรเช่นเดียวกัน ดังนั้นการที่จะคงปริมาณพื้นที่ผิวของรากฟันเทียมขนาดสั้นก็ต้องเพิ่มความกว้างให้มากขึ้น Winkler และคณะได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การเลือกใช้รากฟันเทียมขนาดสั้น ความยาว 6 มิลลิเมตร ที่มีความกว้าง 5 มิลลิเมตร จะได้ปริมาณพื้นที่ผิวสัมผัสใกล้เคียงกับการใช้รากฟันเทียมความยาว 10 มิลลิเมตร ที่มีความกว้าง 3.75 มิลลิเมตร [13] และในกรณีที่ต้องการลดอัตราความล้มเหลวของการฝังรากฟันเทียมบริเวณด้านหลังของขากรรไกรบน Langer และคณะแนะนำให้ใช้รากฟันเทียมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่คุณภาพของกระดูกไม่ดี ให้หลีกเลี่ยงการใช้รากฟันเทียมขนาดสั้นที่มีขนาดเล็กอย่างเด็ดขาด และการศึกษาดังกล่าวเหล่านี้ยังแสดงให้เห็นว่าความกว้างของรากฟันเทียมมีอิทธิพลต่อการเกิดความเครียดกับกระดูกแข็งที่อยู่โดยรอบมากกว่าความยาวของรากฟันเทียม [34] รายงานการศึกษาของ Neldam และคณะแสดงให้เห็นว่าในทุก ๆ ความยาวของรากฟัน

เทียมขนาดสั้นที่ศึกษา คือ 6, 7 และ 8 มิลลิเมตร พบว่ารากฟันเทียมที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร จะประสบความสำเร็จมากกว่ารากฟันเทียมที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร [35]

3.2 การพัฒนาคุณลักษณะของผิวรากฟันเทียมเพื่อเพิ่มพื้นที่การยึดติดกับกระดูก

รูปร่างลักษณะของพื้นผิวมีผลต่อปริมาณพื้นที่ผิวสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ลักษณะพื้นผิวที่หยาบไม่เรียบ (rough surface) นอกจากจะเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสได้มากแล้วยังช่วยให้การยึดติดกับกระดูกดีขึ้น มีผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ารากฟันเทียมที่มีลักษณะผิวไม่เรียบจะยึดติดกับกระดูกได้ดีกว่ารากฟันเทียมที่มีผิวกลึงเรียบธรรมดาในทุก ๆ ความยาว [36,37] ซึ่ง Guehenec และคณะ ได้ให้ข้อสรุปว่า คุณลักษณะของพื้นผิวมีอิทธิพลต่อสภาพทางชีวกลศาสตร์ที่เกิดขึ้นระหว่างรากฟันเทียมกับกระดูกที่อยู่โดยรอบ [38] ดังนั้นเพื่อให้การฝังรากฟันเทียมประสบความสำเร็จในการทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยวได้ในระยะยาว การศึกษาวิจัยจำนวนมากจึงมุ่งประเด็นไปที่การพยายามทำให้พื้นผิวของรากฟันเทียมมีการยึดติดกับกระดูกได้เร็ว และมีพื้นที่ยึดติดกันระหว่างรากฟันเทียมกับกระดูกที่อยู่โดยรอบมากยิ่งขึ้น [39-43] เพื่อให้การรับแรงและการส่งผ่านแรงไปยังกระดูกมีความเหมาะสมในทางชีวกลศาสตร์มากยิ่งขึ้น ทำให้การคงอยู่ในการทำหน้าที่ของรากฟันเทียมยาวนาน

โดยทั่วไปอัตราส่วนของการยึดติดกันระหว่างผิวของรากฟันเทียมกับกระดูกที่อยู่โดยรอบต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิวสัมผัสทั้งหมด จึงจะเพียงพอสำหรับการใส่ครอบฟันเพื่อรับแรงและส่งผ่านแรงไปยังกระดูกได้อย่างเหมาะสม การศึกษาจำนวนหนึ่งรายงานว่าอัตราการยึดติดกันระหว่างรากฟันเทียมที่มีลักษณะผิวกลึงเรียบธรรมดากับกระดูกที่

อยู่โดยรอบมีอัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์ดี [44-47] คือไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 แต่ถ้าพิจารณาในเชิงเปรียบเทียบมีหลายการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า รากฟันเทียมที่ผิวไม่เรียบนั้นจะมีค่าอัตราส่วนดังกล่าวสูงกว่า [48-51] ส่วนในกรณีการฝังรากฟันเทียมในบริเวณที่คุณภาพของกระดูกไม่ดี มีความหนาแน่นน้อย การศึกษาของ Trisi และคณะ ซึ่งได้ศึกษาโดยการฝังรากฟันเทียมในบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน โดยเปรียบเทียบอัตราการเกิดการยึดติดกันระหว่างผิวรากฟันเทียมกับกระดูกที่อยู่โดยรอบที่มีคุณลักษณะของผิวต่างกัน 2 ชนิด คือ ผิวที่กลึงเรียบธรรมดา และผิวที่ถูกทำให้ไม่เรียบด้วยการกัดด้วยกรด (acid-etched surfaces) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผิวของรากฟันเทียมที่ไม่เรียบ มีอัตราส่วนการยึดติดมากกว่าผิวของรากฟันเทียมที่กลึงเรียบธรรมดา [52] อย่างมีนัยสำคัญ

ปัจจุบันมีกระบวนการหรือเทคนิคต่าง ๆ จำนวนมากที่ทำให้ผิวรากฟันเทียมไม่เรียบ ทั้งเทคนิคการสกัดออก เช่น การกัดผิวด้วยกรด การพ่นด้วยทราย (sandblasting) เทคนิคการเคลือบด้วยสารบางชนิด เช่น hydroxyapatite หรือ calcium phosphate และด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ในปัจจุบัน ทำให้มีกระบวนการหรือเทคนิคใหม่ ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่ง Mendoncac และคณะ ได้แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยี (nanotopography) ในการสร้างคุณลักษณะของผิวรากฟันเทียมที่ให้เกิดการยึดเกาะที่ดีมากยิ่งขึ้น [53] โดยกระบวนการพัฒนาคุณลักษณะของผิวรากฟันเทียมนี้นำมาสู่การพัฒนาการพัฒนารากฟันเทียมขนาดสั้นให้มีความเหมาะสมทางชีวกลศาสตร์มากยิ่งขึ้น สามารถทำนายผลความสำเร็จของการรักษาในระยะยาว สร้างความมั่นใจในการเลือกใช้รากฟันเทียมขนาดสั้นมากยิ่งขึ้น

3.3 การจัดการเรื่องการรับแรงบดเคี้ยวในส่วน ของทันตกรรมประดิษฐ์

ส่วนของทันตกรรมประดิษฐ์ที่เป็นส่วนต่อจากรากฟันเทียม ซึ่งทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยวโดยตรง มีความสำคัญต่อพฤติกรรมทางชีวกลศาสตร์ของระบบรากฟันเทียมที่ฝังอยู่ในกระดูก เนื่องจากมีคุณลักษณะบางประการที่แตกต่างกันระหว่างรากฟันเทียมกับฟันธรรมชาติ ทำให้การพิจารณาหลักเกณฑ์ทางทันตกรรมประดิษฐ์ระหว่างรากฟันเทียมกับฟันธรรมชาติมีความแตกต่างกันในบางกรณี โดยมีหลักการที่ต้องให้ความสำคัญในการพิจารณาทางทันตกรรมประดิษฐ์ (prosthetic parameters) 2 ประเด็น คือ (1) อัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวของรากฟันเทียม (crown-to-implant ratio) และ (2) พื้นที่ได้รับแรงบดเคี้ยวของครอบฟัน (occlusal table) โดยในทางปฏิบัติงานทางคลินิก ทันตกรรมรากฟันเทียม อัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวของรากฟันเทียมที่ยอมรับกันโดยทั่วไปไม่ควรเกิน 1:1 [55] ในขณะที่การทำครอบฟันบนฟันธรรมชาติ อัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวของรากฟันธรรมชาติ โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 1:2 [54] เนื่องจาก จุดหมุนของฟันธรรมชาติจะอยู่บริเวณก่อนไปทางส่วนปลายของรากฟัน ในขณะที่รากฟันเทียมซึ่งยึดติดแน่นกับกระดูกโดยตรงจะมีจุดหมุนอยู่บริเวณขอบกระดูกแข็งส่วน บน ซึ่งถ้าพิจารณาจากหลักการทางกลศาสตร์ของคานประเภทที่ 1 แสดงให้เห็นว่ารากฟันเทียมสามารถต้านทานแรงได้มากกว่าฟันธรรมชาติ ทำให้อัตรา ส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวรากฟันเทียม (1.0) มีค่าได้มากกว่าอัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวรากฟันธรรมชาติ (0.5) โดยปัจจุบันมีการ

รายงานค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวรากฟันเทียมที่สูงถึง 2.5:1 แต่ยังไม่มีการศึกษาในระยะยาว

ในส่วนของผู้ที่รับแรงบดเคี้ยว สำหรับฟันกรามธรรมชาติ จะมีพื้นที่ด้านบดเคี้ยวประมาณ 96 ตารางมิลลิเมตร มีพื้นที่ผิวของรากฟันประมาณ 533 ตารางมิลลิเมตร [56] ในขณะที่พื้นที่ผิวของรากฟันเทียมจะมีค่าน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่ง (ขึ้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและลักษณะพื้นผิวของรากฟันเทียม) ดังนั้นถ้าทำครอบฟันซึ่งเป็นส่วนที่ต่ออยู่บนรากฟันเทียมให้มีพื้นที่รับแรงบดเคี้ยวเท่ากับฟันธรรมชาติ จะทำให้การรับแรงต่อหน่วยพื้นที่ของรากฟันเทียมมากกว่า ดังนั้นการลดขนาดของพื้นที่รับแรงบดเคี้ยวของครอบฟันที่ต่ออยู่บนรากฟันเทียมลง จะช่วยให้การรับแรงของรากฟันเทียมเหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่ง Misch และคณะ ได้รายงานผลการศึกษาว่า การฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นบริเวณฟันหลังซึ่งต้องรับแรงบดเคี้ยวที่มาก สามารถทำให้ประสบความสำเร็จได้ดี ถ้าใช้วิธีการรับแรงบดเคี้ยวลง [26] โดย Nedir และคณะ ให้ข้อเสนอแนะว่าการลดขนาดพื้นที่รับแรงบดเคี้ยวของครอบฟันที่ต่ออยู่บนรากฟันเทียมลงจะช่วยให้การรับและการกระจายแรงดีขึ้น [7] ทำให้การฝังรากฟันเทียมมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้น

4. บทสรุปเรื่องข้อพิจารณาทางชีวกลศาสตร์สำหรับการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นบริเวณด้านหลังของขากรรไกรบน

รายงานผลการศึกษาส่วนใหญ่ในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าอัตราความสำเร็จในการรักษาด้วยการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นใกล้เคียงหรือเท่ากับการฝังรากฟันเทียมขนาดความยาวมาตรฐานเนื่องจากการนำองค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์มาประยุกต์ใช้

สำหรับการปฏิบัติงานทันตกรรมรากฟันเทียมให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ทันตแพทย์จำนวนมากเลือกใช้วิธีการฝังรากฟันเทียมขนาดสั้นแทนการผ่าตัดเพื่อเพิ่มความสูงกระดูกบริเวณด้านหลังของกระดูกขากรรไกรบน นอกจากนี้เพื่อให้ผลการรักษาประสบความสำเร็จในระยะยาวควรพิจารณาใช้รากฟันเทียมขนาดใหญ่ที่มีลักษณะพื้นผิวเป็นชนิดไม่เรียบ และจัดการในส่วนของท่านตกรรมประดิษฐ์ให้เหมาะสมต่อการรับและกระจายแรงโดยปรับขนาดพื้นที่รับแรงบดเคี้ยวในส่วนครอบฟันให้น้อยลงพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความสูงของครอบฟันกับความยาวของรากฟันเทียมไม่ให้มากกว่า 1:1 อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการรักษา ทำให้ข้อพิจารณาสำหรับการเลือกใช้รากฟันเทียมขนาดสั้นยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม โดยต้องเป็นการศึกษาวิจัยที่มีลักษณะ ไปข้างหน้า (prospective study) และที่สำคัญคือต้องมีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลายาวนาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.กฤษณ์ไกรพิ์ สิทธิเสรีประทีป และทีมงานห้องปฏิบัติการสร้างต้นแบบรวดเร็วทางการแพทย์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้คำแนะนำในการเขียนบทความครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Grossman, Y. and Sadan, A., 2005, The prosthodontics concept of crown-to-root ratio : A

- review of the literature, *J. Pros Thet. Dent.* 93: 559-562.
- [2] Ten Bruggenkate, C.M., Asikainen, P., Foitzik, C., Krekeler, G. and Sutter, F., 1998, Short (6-mm) nonsubmerged dental implants: Results of a multicenter clinical trial of 1 to 7 years, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 13: 791-798.
- [3] Fugazzotto, P.A., Beagle, J.R., Ganeles, J., Jaffin, R., Vlassis, J. and Kumar, A., 2004, Success and failure rates of 9 mm or shorter implants in the placement of missing maxillary molars when restored with individual crowns: Preliminary results 0 to 84 months in function, A retrospective study, *J. Periodontol.* 75: 327-332.
- [4] Renouard, F. and Nisand, D., 2005, Short implants in the severely resorbed maxilla: A 2-year retrospective clinical study, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 7: S104-S110.
- [5] Gentile, M.A., Chuang, S.K. and Dodson, T.B., 2005, Survival estimates and risk factors for failure with 6x5.7-mm implants, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 20: 930-937.
- [6] Venuleo, C., Chuang, S.K., Weed, M. and Dibart, S., 2008, Long term bone level stability on short implants: A radiographic follow up study, *J. Maxillofac. Oral Surg.* 7: 340-345.
- [7] Nedir, R., Bischof, M., Briaux, J.M., Beyer, S., Szmukler-Moncler, S. and Bernard, J.P., 2004, A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants, Results from a private practice, *Clin. Oral Implants Res.* 15: 150-157.
- [8] Romeo, E., Ghisolfi, M., Rozza, R., Chiapasco, M. and Lops, D., 2006, Short (8-mm) dental implants in the rehabilitation of partial and complete edentulism: A 3- to 14-year longitudinal study, *Int. J. Prosthodont.* 19: 586-592.
- [9] Deporter, D., Todescan, R. and Caudry, S., 2000, Simplifying management of the posterior maxilla using short, porous-surfaced dental implants and simultaneous indirect sinus elevation, *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* 20: 476-485.
- [10] Ferrigno, N., Laureti, M. and Fanali, S., 2006, Dental implants placement in conjunction with osteotome sinus floor elevation: A 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants, *Clin. Oral Implant. Res.* 17: 194-205.
- [11] Misch, C., 2010, Complications of Autogenous Bone Grafting, pp. 110-117, In Froum, S.J. (Ed.), *Dental Implant Complications: Etiology, prevention and treatment*, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK.
- [12] Jensen, O.T., Shulman, L.B., Block, M.S. and Iacono, V.J., 1998, Report of the sinus consensus conference of 1996, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 13: 758-766.
- [13] Winkler, S., Morris, H.F. and Ochi, S., 2000, Implant survival to 36 months as related to length and diameter, *Ann. Periodontol.* 5: 22-31.

- [14] Sennerby, L. and Roos, J., 1998, Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: A review of the literature, *Int. J. Prosthodont.* 11: 408-420.
- [15] Jaffin, RA. and Berman, CL., 1991, The excessive loss of branemark fixtures in type IV bone: A 5-year analysis, *J. Periodontol.* 62: 2-4.
- [16] Goodacre, C.J., Kan, J.Y. and Rungcharas-saeng, K., 1999, Clinical complications of osseointegrated implants, *J. Prosthet. Dent.* 81: 537-552.
- [17] Renouard, F. and Nisand, D., 2006, Impact of implant length and diameter on survival rates, *Clin. Oral Implants Res.* 2: 35-51.
- [18] Felice, P., Checchi, V., Pistilli, R., Scarano, A., Pellegrino, G. and Esposito, M., 2009, Bone augmentation versus 5-mm dental implants posterior atrophic jaws. Four-month post-loading results from a randomized controlled clinical trial, *Eur. J. Oral Implantol.* 2: 267-281.
- [19] Cannizzaro, G., Felice, P., Leone, M., Viola, P. and Esposito, M., 2009, Early loading of implants in the atrophic posterior maxilla: Lateral sinus lift with autogenous bone and Bio-Oss versus crestal mini-sinus lift and 8 mm implants. A randomized controlled, clinical trial, *Eur. J. Oral Implantol.* 2: 25-38.
- [20] Von Recum, A. (Ed.), 1986, *Handbook of Biomaterials Evaluation: Scientific, Technical and Clinical Testing of Implant Materials*, NY: MacMillian, New York, 611 p.
- [21] Lemons, J.E. and Phillips, R.W., 1999, *Biomaterials for Dental Implants*, pp. 259-278, In Mish, C.E. (Ed.), *Contemporary Implant Dentistry*, Mo: CV Mosby, St. Louis.
- [22] Sjigley, J.E. and Mischke, C.R., 1989, *Mechanical Engineering Design*, 5th Ed, NY: McGraw-Hill, New York.
- [23] Lum, L.B., 1991, A biomechanical rationale for the use of short implants, *J. Oral Implantol.* 17: 126-131.
- [24] Bernard, J.P., Szmukler-Moncler, S., Pessotto, S., Vazquez, L. and Belser, U.C., 2003, The anchorage of Branemark and ITI implants of different lengths I: An experimental study in the canine mandible, *Clin. Oral Implants Res.* 14: 593-600.
- [25] Mish, C.E., 1993, Divisions of available bone, pp. 125-128, In Misch, C.E. (Ed.), *Contemporary Implant Dentistry*, Mo: CV Mosby, St. Louis.
- [26] Misch, C.E., Steingga, J., Barboza, E., Misch-Dietsh, F., Cianciola, L.J. and Kazor, C., 2006, Short dental implants In posterior partial edentulism: A multicenter retrospective 6-year case series study, *J. Periodontol.* 77: 1340-1347.
- [27] Pierrisnard, L., Renouard, F., Renault, P. and Barquins, M., 2003, Influence of implant length and bicortical anchorage on implant stress distribution, *Clin. Implant Dent. Relat. Res.* 5: 254-262.
- [28] Ingiam, S., Suebnukarn, S., Tharanon, W., Apatananon, T. and Sitthiseripratip, K., 2010,

- Influence of graft quality and marginal bone loss on implants placed in maxillary grafted sinus: A finite element study, *Med. Biol. Eng. Comput.* 48: 681-689.
- [29] Frost, H.M., 2003, Bone's mechanostat: A 2003 update, *Anat. Rec. A Discov. Mol. Cell Evol. Biol.* 275: 1081-1101.
- [30] Cochran, D.L., 1999, A comparison of endosseous dental implant surfaces, *J. Periodontol.* 70: 1523-1539.
- [31] Rocuzzo, M., Bunino, M., Prioglio, F. and Bianchi, S.D., 2001, Early loading of sandblasted and acid-etched (SLA) implants: A prospective split-mouth comparative study, *Clin. Oral Implants Res.* 12: 572-578.
- [32] Davies, J.E., 2003, Understanding peri-implantend osseous healing, *J. Dent. Educ.* 67: 932-949.
- [33] Morand, M. and Irinakis, T., 2007, The challeng of implant therapy in the posterior maxilla: Providing a rationale for the use of short implants, *J. Periodontol.* 33: 257-266.
- [34] Langer, B., Langer, L., Herrmann, I., Jorneus, L. and Eng, M., 1993, The wide fixture: A solution for special bone situations and a rescue for the compromised implant, Part I, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.* 8: 400-407.
- [35] Neldam, C.A. and Pinholt, E.M., 2010, State of the art of short dental implants: A systematic review of the literature, *Clin. Oral Implants Res.* 10: 1-11.
- [36] Szmukler-Moncler, S., Perrin, D., Bernard, JP. and Pointaire, P., 2004, Biological properties of acid etched titanium surfaces: Effect of sandblasting on bone anchorage, *J. Biomed. Mater. Res. Appl. Biomater.* 68: 149-159.
- [37] Szmukler-Moncler, S., Testori, T. and Bernard, J.P., 2004, Etched implants: A comparative surface analysis of four implant systems, *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.* 69B: 46-57.
- [38] Guehenne, L.L., Lopez-Heredia, M., Enkel, B., Weiss, P., Amouriq, Y. and Layrolle, P., 2008, Osteoblastic cell behavior on different titanium implant surfaces, *Acta Biomaterialia* 4: 535-543.
- [39] Albrektsson, T. and Wennerberg, A., 2004, Oral implant surfaces, Part 2: Review focusing on clinical knowledge of different surfaces, *Int. J. Prosthodont.* 17: 544-564.
- [40] Cooper, L.F., Masuda, T., Yliheikkila, P.K. and Felton, D.A., 1998, Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration, Part II: *In vitro* studies, *Int. J. Oral Maxillofac. Impl.* 13: 163-174.
- [41] Anselme, K., 2000, Osteoblast adhesion on biomaterials, *Biomaterials* 21: 667-681.
- [42] Esposito, M., Coulthard, P., Thomsen, P. and Worthington, H.V., 2005, The role of implant surface modifications, shape and material on the success of osseointegrated dental implants: A cochrane systematic review, *Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.* 13: 15-31.

- [43] Puleo, D.A. and Thomas, M.V., 2006, Implant surfaces, *Dent. Clin. N. Am.* 50: 323-338.
- [44] Albrektsson, T., 1980, The healing of autologous bone grafts after varying degrees of surgical trauma, *J. Bone Joint Surg. Br.* 32: 403-410.
- [45] Albrektsson, T., 1993, On long-term maintenance of the osseointegrated response, *Aust. Prosthodont. J.* 7(Suppl.): 15-24.
- [46] Albrektsson, T., 1995, Principles of Osseointegration, pp. 9-19, In Hobkirk, J.A. and Watson, K. (Eds.), *Dental and Maxillofacial Implantology*, Mosby-Wolfe, London.
- [47] Albrektsson, T., Brånemark, P.I., Hansson, H.A., Lindström, J., 1981, Osseointegrated titanium implants: Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone anchorage in man, *Acta Orthop. Scand.* 52: 155-170.
- [48] Wennerberg, A. and Albrektsson, T., 2010, On implant surfaces: a review of current knowledge and opinions, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 25: 63-74.
- [49] Junker, R., Dimakis, A., Thoneick, M. and Jansen, J.A., 2009, Effects of implant surface coatings and composition on bone integration: A systematic review, *Clin. Oral Implants Res.* 20: 185-206.
- [50] Buser, D., Broggini, N., Wieland, M., Schenk, R.K., Denzer, A.J., Cochran, D.L., Hoffmann, B., Lussi, A., Steinemann, S.G., 2004, Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface, *J. Dent. Res.* 83: 529-533.
- [51] Wennerberg, A. and Albrektsson, T., 2009, Effects of titanium surface topography on bone integration: A systematic review, *Clin. Oral Implants Res.* 20: 172-184.
- [52] Trisi, P., Lazzara, R., Rebuad, A., Rao, W., Testori, T. and Porter, S.S., 2003, Bone-implant contact on machined and dual acid-etched surfaces after 2 months of healing in the human maxilla, *J. Periodontol.* 74: 945-956.
- [53] Mendonça, G., Mendonça, D.B.S., Araga, F.J.L. and Cooper, L.F., 2008, Advancing dental implant surface technology- from micron-to nanotopography, *Biomaterials* 29: 3822-3835.
- [54] Rokni, S., Todescan, R., Watson, P., Pharoah, M., Adegbembo, A.O., Deporter, D., 2005, An assessment of crown-to-root ratios with short sintered porous-surfaced implants supporting prostheses in partially edentulous patients, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 20: 69-76.
- [55] Rangert, B.R., Sullivan, R.M., Jemt, T.M., 1997, Load factor control for implants in the posterior partially edentulous segment, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 12: 360-370.
- [56] Bahat, O., 1993, Treatment planning and placement of implants in the posterior maxillae: report of 732 consecutive Nobelpharma implants, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 8: 151-161.