ผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อความหยาบของผิวและการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บน Ti-6Al-4V

นางสาว พรพรรณ   ตั้งศรีพงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์   ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-5187-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF 2 STERILIZATION METHODS ON SURFACE ROUGHNESS AND CELL ATTACHMENT OF SaOS-2 OF Ti-6Al-4V.

Miss Pornpan Tangsripong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Prosthodontics
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-17-5187-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อความหยาบของผิวและการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บน Ti-6Al-4V
โดย	นางสาวพรพรรณ ตั้งศรีพงศ์
สาขาวิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพัชญ์ นามะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดอกเตอร์ ประสิทธิ์ ภวสันต์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ฐิติมา ภู่ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ภาณุพงศ์ วงศ์ไทย)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพัชญ์ นามะโน)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดอกเตอร์ ประสิทธิ์ ภวสันต์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดอกเตอร์ แมนสรวง อักษรนุกิจ)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดอกเตอร์ สุชิต พูลทอง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรพรรณ ตั้งศรีพงศ์ : ผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อความหยาบของผิวและการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บน Ti-6Al-4V (THE EFFECTS OF 2 STERILIZATION METHODS ON SURFACE ROUGHNESS AND CELL ATTACHMENT OF SaOS-2 OF Ti-6Al-4V.) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพ. สรรพัชญ์ นามะโน, รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร. ประสิทธิ์ ภวสันต์, รองศาสตราจารย์ ทพ. ดร. แมนสรวง อักษรนุกิจ 134 หน้า. ISBN 974-17-5187-7.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธี คือการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวของโลหะผสมไทเทเนียมชนิดTi-6Al-4V และการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวไทเทเนียมผสม การเตรียมพื้นผิวจะทำใน 2 ลักษณะ คือ เตรียมพื้นผิวเรียบด้วยเครื่องขัดและกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ เบอร์320/P400 เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยเบอร์600/P1200 เป็นเวลา 2 นาที และเตรียมพื้นผิวหยาบด้วยการเป่าทรายชนิดอลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50ไมครอน ผลการวัดค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิว(Sa) กลุ่มพื้นผิวเรียบมีค่าเท่ากับ 0.0958 ± 0.0168 กลุ่มพื้นผิวหยาบมีค่าเท่ากับ 0.2885 ± 0.0426 หลังจากนั้นแบ่งวัสดุออกเป็น 2 กลุ่มเพื่อนำไปทำไร้เชื้อ 2 วิธีและนำกลับมาวัดค่าSaหลังการทำไร้เชื้อ ผลการวัดค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวพบว่าในกลุ่มพื้นผิวเรียบไม่พบการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อทั้ง 2 วิธี ($p \geq 0.01$) สำหรับในกลุ่มพื้นผิวหยาบ พบว่าการอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญ($p \geq 0.01$) แต่การฉายรังสีแกมมาทำให้เกิดการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) โดยค่า Sa ของกลุ่มพื้นผิวหยาบหลังการฉายรังสีแกมมาเท่ากับ 0.3696 ± 0.0199 จากนั้นจึงนำวัสดุไปศึกษาผลต่อการยึดเกาะของเซลล์ที่เวลา 30 นาที พบว่าการทำไร้เชื้อทั้ง 2 วิธีทำให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์ไม่แตกต่างกันทั้งพื้นผิวเรียบและพื้นผิวหยาบ($p \geq 0.01$และ0.05) แต่พบว่าพื้นผิวที่แตกต่างกันทำให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์แตกต่างกัน คือ พื้นผิวหยาบมีการยึดเกาะของเซลล์มากกว่าพื้นผิวเรียบ($p < 0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมาไม่มีผลต่อการยึดเกาะของเซลล์ ในขณะที่การอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่มีผลต่อทั้งความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวและการยึดเกาะของเซลล์ ซึ่งน่าจะสะท้อนว่าการทำไร้เชื้อทั้ง 2 วิธีสามารถนำมาปรับใช้ในการทำไร้เชื้อของโลหะผสมไทเทเนียมเพื่อการใช้งานทางทันตกรรมได้

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์.................... ลายมือชื่อนิสิต.......................................
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์.................. ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..............................
ปีการศึกษา 2548...............................ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.........................

##4676114132 : MAJOR PROSTHODONTICS
KEY WORD: STERILIZATION / SURFACE ROUGHNESS / CELL ATTACHMENT / DENTAL IMPLANTS / TITANIUM

PORNPAN TANGSRIPONG : THE EFFECTS OF 2 STERILIZATION METHODS ON SURFACE ROUGHNESS AND CELL ATTACHMENT OF SaOS-2 OF Ti-6Al-4V. THESIS ADVISOR : ASST. PROF, SANPAT NAMANO, D.D.S., Ph.D.; ASSOC. PROF, PRASIT PAVASANT, D.D.S., Ph.D.; ASSOC. PROF, MANSUANG ARKSORNNUKIT, D.D.S., Ph.D. 134 pp. ISBN 974-17-5187-7.

The purposes of research were to study the effects of gamma irradiation and autoclave on surface roughness and cell attachment of SaOS-2 on polished and sandblast surface of Ti-6Al-4V. The experiments were devided into 2 parts. The first part was to measure average total surface roughness (Sa) before and after sterilization of both polished and sandblast surface. Surface of Ti-6Al-4V was prepared as followed: polished by polishing machine and siliconcarbide paper No. P400 and P1200 and sandblasted with 50 micron of Al_2O_3. Before sterilization, Sa of polished surface was 0.0958 ± 0.0168 and sandblast was 0.2885 ± 0.0426. No significant changes on Sa was observed in polished group ($p \geq 0.01$). In sandblast group, sterilization by autoclave had no effects on Sa ($p \geq 0.01$), while sterilization by gamma irradiation ($Sa = 0.3696 \pm 0.0199$) was significantly higher Sa ($p<0.01$). The second part of the study aimed to examine the cell attachment. The results showed that there were no differences of cell attachment between gamma irradiation and autoclave of both polished and sandblast surface ($p \geq 0.01$). Sandblast had greater cell attachment comparing with polished surface ($p<0.05$). In conclusion, the increase Sa after gamma irradiation had no effects on cell attachment, while sterilization by autoclave had no effects on both Sa and cell attachment. The results suggested that both gamma irradiation and autoclave could be modified and utilized as the sterilization protocol for titanium alloys in dentistry.

Department of Prosthodontics..................Student's signature.....................................
Field of study Prosthodontics..................Advisor's signature.....................................
Academic year 2005..............................Co-advisor's signature.....................................

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ ถ้าปราศจากความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีและให้คำปรึกษาในทุกๆเรื่องจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สรรพัชญ์ นามะโน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. แมนสรวง อักษรนุกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยแนะนำและกระตุ้นความคิดทางอ้อม เพื่อให้มีความละเอียดรอบคอบในการทำงานวิจัยมากขึ้น ทำให้การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆมีความสะดวกราบรื่น และมีประสิทธิภาพตลอดการทำงานในครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ประสิทธิ์ ภวสันต์ เป็นอย่างสูง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และยังให้ความกรุณาในการใช้อุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้ในการเลี้ยงเซลล์ และขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนในห้องเลี้ยงเซลล์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการเลี้ยงเซลล์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาทางด้านสถิติในการวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุชิต พูลทอง ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการวิจัย และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ ศูนย์วิจัยชีววิทยาในช่องปาก ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสุชาดา พงพัฒน์ นักวิชาการสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติเป็นอย่างสูง ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการฉายรังสีแกมมากับชิ้นงานที่ทำการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้า และบุคคลสำคัญที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา รวมถึงคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์พิเศษ ทันตแพทย์หญิง ดร. วิสาขะ ลิ่มวงศ์ เป็นอย่างสูง ที่เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาต่อเพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....จ

กิตติกรรมประกาศ....ฉ

สารบัญ....ช

สารบัญตาราง....ฐ

สารบัญภาพ....ถ

บทที่ 1 บทนำ....1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1

สมมติฐานของงานวิจัย....2

สมมติฐานทางสถิติ....2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย....3

ข้อจำกัดของการวิจัย....3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....4

วิธีดำเนินการวิจัย....4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....5

1. ธาตุไทเทเนียม [Titanium (Ti)]....5

1.1 ไทเทเนียมบริสุทธิ์....6

1.2 อัญรูปของโลหะผสมไทเทเนียม (Allotropic forms of Titanium alloys)....6

1.3 โลหะผสมไทเทเนียม (Titanium alloys)....7

1.3.1 โลหะผสมของไทเทเนียมชนิดแอลฟา(titanium alpha alloys)....7

1.3.2 โลหะผสมของไทเทเนียมชนิดบีตา (titanium beta alloys)....7

1.3.3 โลหะผสมของไทเทเนียมชนิดแอลฟา-บีตา (titanium alpha- beta alloys)....8

1.4 คุณสมบัติของไทเทเนียมบริสุทธิ์และโลหะผสมไทเทเนียม....8

1.4.1 การเกิดออกไซด์ (Oxide coating)....8

1.4.2 การกัดกร่อน (Corrosion)....9

1.4.3 การเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility)....10

2. การประสานยึดระหว่างเซลล์กระดูกและผิวรากเทียม (Osseointegration)....16

หน้า

2.1 การตอบสนองขั้นแรกต่อการประสานยึดระหว่างกระดูกและผิวรากเทียม (Early tissue response to osseointegrated implants) 16
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการประสานยึดระหว่างเซลล์กระดูกและผิวรากเทียม..17
2.2.1 การออกแบบรากเทียม (implant design) 17
2.2.2 ภาวะของผิว (surface conditions)..17
2.2.3 สภาพของกระดูกที่จะทำการฝัง (the host bed) 18
2.2.4 เทคนิคการผ่าตัด (surgical technique) 18
2.2.5 ภาวะการให้แรงต่อรากเทียม (implant loading conditions)................21
2.3 ชนิดของเซลล์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง 21
3. วิธีการทำไร้เชื้อ (Sterilization methods) 22
3.1 การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV light) 22
3.2 การใช้พลาสมาสเปรย์ (plasma spray) 22
3.3 การอบด้วยก๊าซเอทีลีนออกไซด์ (ethylene oxide) 23
3.4 การอบแห้งด้วยความร้อน (dry heat) 23
3.5 การอบไอน้ำภายใต้ความดัน หรือ การอบด้วยไอน้ำ หรือการอบชื้นด้วยความร้อน(autoclave, steam, moist heat) 23
3.6 การฉายรังสีแกมมา (gamma radiation)..24
3.7 radio-frequency glow discharge treatment (RFGDT)................................24
4. ความหยาบของพื้นผิว..25
4.1 การวัดความหยาบของพื้นผิว..25
4.1.1 ตัวแปรที่บอกลักษณะของพื้นผิว...25
4.1.2 เครื่องมือในการวัดความหยาบ 27
4.2 ความหยาบของพื้นผิวและการยึดเกาะของเซลล์...28
4.3 ความหยาบของพื้นผิวและการเกิดชั้นออกไซด์ 29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย...31
วัสดุ..31
วิธีการ..31

หน้า

1.1 การเตรียมผิวไทเทเนียม 31
1.2 การนำโลหะผสมไทเทเนียมมาทำความสะอาด 32
1.3 การเพาะเลี้ยงเซลล์ 32
1.4 การทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อความหยาบเฉลี่ย
ของพื้นผิว...33
1.5 การทดสอบการยึดเกาะของเซลล์กับโลหะผสมไทเทเนียมหลังการทำ
ไร้เชื้อ...35
การเก็บรวบรวมข้อมูล 36
การวิเคราะห์ข้อมูล 37
เกณฑ์เทียบระดับความคิดเห็น 37
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล...38
ผลการวิเคราะห์ 38
1. ผลของการทำไร้เชื้อ...38
1.1 ผลของการทำไร้เชื้อต่อความหยาบของพื้นผิว 38
1.1.1 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อความหยาบ
ของพื้นผิว...39
1.1.2 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อความหยาบของพื้นผิว.....41
1.2 ผลของการทำไร้เชื้อต่อเซลล์โดยดูการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2....................43
1.2.1 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อการยึดเกาะ
ของเซลล์ SaOS-2..43
1.2.2 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อการยึดเกาะของเซลล์
SaOS-2 43
2. ผลของการเตรียมพื้นผิว 44
2.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว..............................44
2.1.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบต่อความหยาบเฉลี่ยของ
พื้นผิว...44
2.1.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายต่อความหยาบเฉลี่ยของ
พื้นผิว...44

หน้า

2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อการยึดเกาะของเซลล์SaOS-2 45
2.2.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบต่อการยึดเกาะของเซลล์.. 45
2.2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายต่อการยึดเกาะของเซลล์..........48
ผลการเปรียบเทียบ 52
1. ผลของการทำไร้เชื้อ..52
1.1 ผลของการทำไร้เชื้อต่อความหยาบของพื้นผิว..52
1.2 ผลของการทำไร้เชื้อต่อเซลล์โดยดูการยึดเกาะของเซลล์ 53
2. ผลของการเตรียมพื้นผิว 53
2.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว..................................53
2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2..............................54
ผลการวิเคราะห์ปัจจัย 54
ตอนที่ 1..54
1. การทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของผิวก่อน
การทำไร้เชื้อ................ 54
2. การทดสอบอิทธิพลที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ
ด้วยวิธี 2-WAY ANOVA 55
2.3.1 การทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของ
ผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ 55
2.3.2 การทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของผิว
หลังผ่านการทำไร้เชื้อ 56
2.3.3 การทดสอบอิทธิพลร่วมของการทำไร้เชื้อและการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อ
ความหยาบเฉลี่ยของผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ 56
จากข้อ 2.3.1 ผลการทดสอบพบว่ามีอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อ
ความ หยาบเฉลี่ยของผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อจึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี
1 - WAY ANOVA...57
จากข้อ 2.3.2 ผลการทดสอบพบว่ามีอิทธิพลของการทำไร้เชื้อต่อความ
หยาบเฉลี่ยของผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อจึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี
1 - WAY ANOVA...58

หน้า

ตอนที่ 2... 59
1.การทดสอบอิทธิพลที่มีต่อการยึดเกาะของเซลล์ Sa0S-2 หลังผ่านการทำไร้เชื้อ....59
1.1 วิธีการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์....59
1.2 วิธีการทำไร้เชื้อทั้งสองชนิดให้ผลในการยึดเกาะของเซลล์ไม่ต่างกัน 59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....60
อภิปรายวัสดุวิธีการและผลการวิจัย....60
ผลการวิจัย 66
ตอนที่ 1... 66
1.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ 66
2.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....66
2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ 66
2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อ
แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว....66
3.ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....67
3.1 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ 67
3.2 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว 67
ตอนที่ 2... 68
1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ 68
2. ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ....68
สรุปผลการวิจัย 68
ตอนที่ 1... 68
1.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ 68
2.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....69
2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อ
แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ....69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว 69
3.ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ.........................69
3.1 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ 69
3.2 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ
เมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว 70
ตอนที่ 2................ 70
1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ 70
2. ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ..................................70
สรุป...70
ข้อเสนอแนะ 71
รายการอ้างอิง...72
ภาคผนวก...80
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์...114

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของธาตุไทเทเนียม.....6

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและเรียบ.....38

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวที่วัดได้ในแต่ละครั้งด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์.....62

ตารางที่ 4 แสดงค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่วัดได้จากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์.....63

ตารางที่ 5 แสดงค่าทางสถิติเชิงพรรณนาของค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ.....84

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ช่วงของข้อมูลเมื่อแบ่งตามชนิดของพื้นผิว.....84

ตารางที่ 7 แสดงค่าทางสถิติเชิงพรรณนาของการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อ.....85

ตารางที่ 8 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ.....85

ตารางที่ 9 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวน ค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ.....85

ตารางที่ 10 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิว ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อ.....85

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบในการทดสอบ Independent T-test.....86

ตารางที่ 12 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ.....86

ตารางที่ 13 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ 2 ปัจจัย ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามชนิดของพื้นผิว.....87

ตารางที่ 14 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ.....87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง หน้า

ตารางที่ 15 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อของการฉายรังสีแกมมา และ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน....87

ตารางที่ 16 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์2 ปัจจัยต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....88

ตารางที่ 17 แสดงค่าการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ....88

ตารางที่ 18 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ 2 ปัจจัย คือปัจจัยการเตรียมพื้นผิวและการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ....88

ตารางที่ 19 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....89

ตารางที่ 20 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....89

ตารางที่ 21 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิว และ ปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำ ไร้เชื้อ....89

ตารางที่ 22 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ....90

ตารางที่ 23 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวแบบจับคู่ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ....90

ตารางที่ 24 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ....90

ตารางที่ 25 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบในการทดสอบ Independent T-test....91

ตารางที่ 26 แสดง ค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ ของพื้นผิวเรียบและหยาบ....91

ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อที่มีผลต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ....92

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 28 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ	92
ตารางที่ 29 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ	92
ตารางที่ 30 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ	93
ตารางที่ 31 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อแบบจับคู่ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ	93
ตารางที่ 32 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ	93
ตารางที่ 33 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน- หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มพื้นผิวเรียบในการทดสอบ Pair T-test	94
ตารางที่ 34 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบ	94
ตารางที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมาและผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดันในการทดสอบ Independent T-test	95
ตารางที่ 36 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา และ ผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน	95
ตารางที่ 37 แสดง ค่าการทดสอบIndependent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ ระหว่างพื้นผิวเรียบและแกมมากับผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน	96
ตารางที่ 38 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมาในการทดสอบ Pair T-test	97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง หน้า

ตารางที่ 39 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน - หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา....97

ตารางที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบPair T-test....98

ตารางที่ 41 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....98

ตารางที่ 42 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ ในการทดสอบPair T- test....99

ตารางที่ 43 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ....99

ตารางที่ 44 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา และผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Independent T-test....100

ตารางที่ 45 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา และ ผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....100

ตารางที่ 46 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ ระหว่างพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา กับ ผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....101

ตารางที่ 47 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา....102

ตารางที่ 48 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา....102

ตาราง หน้า

ตารางที่ 49 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....103

ตารางที่ 50 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....103

ตารางที่ 51 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบ เฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมาและอบไอน้ำภายใต้ความดันในการทดสอบ Independent T-test....104

ตารางที่ 52 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาของค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ โดยแบ่งตามวิธีการทำไร้เชื้อ....104

ตารางที่ 53 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อระหว่าง แกมมาและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....105

ตารางที่ 54 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ ของพื้นผิวเรียบและหยาบในการทดสอบ Independent T-test....106

ตารางที่ 55 แสดง ค่าการทดสอบIndependent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อระหว่าง พื้นผิวเรียบและหยาบ....106

ตารางที่ 56 แสดงค่าตัวแปรแบบ 3 มิติ ที่อ่านได้จากเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบ....107

ตารางที่ 57 แสดงค่าตัวแปรแบบ 3 มิติ ที่อ่านได้จากเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ....107

ตารางที่ 58 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของค่า Sp ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดันในการทดสอบ Pair T-test....108

ตารางที่ 59 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sp ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อกลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน....108

ตาราง หน้า

ตารางที่ 60 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของค่า Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Pair T-test....109
ตารางที่ 61 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ของ ค่า Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน....109
ตารางที่ 62 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของค่าSpและ Sv ก่อน และหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมา ในการทดสอบ Pair T-test....110
ตารางที่ 63 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่าSpและSvก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมา....110
ตารางที่ 64 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดันในการทดสอบ Pair T-test....111
ตารางที่ 65 แสดง ค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อกลุ่มผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน....111
ตารางที่ 66 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและช่วงข้อมูล ค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลัง และ ค่าผลต่างก่อน–หลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามการเตรียมพื้นผิว....112
ตารางที่ 67 แสดงการทดสอบปัจจัยการเตรียมพื้นผิว และปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลัง และค่าผลต่างก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ....112
ตารางที่ 68 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและช่วงข้อมูล ค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลังและค่าผลต่างก่อน – หลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามการทำไร้เชื้อ....113
ตารางที่ 69 แสดงการทดสอบปัจจัยการทำไร้เชื้อ และ ปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลังและค่าผลต่างก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ....113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของรูปแบบ ลอนคลื่น และความหยาบ.....26

รูปที่ 2 แสดงสูตรในการคำนวณหาค่าความหยาบของพื้นผิวแบบ 2 มิติ.....28

รูปที่ 3 แสดงเครื่องขัด.....32

รูปที่ 4 แสดงลักษณะของเซลล์ไลน์ SaOS-2.....33

รูปที่ 5 แสดงเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์.....33

รูปที่ 6 แสดงเทมเพลตที่ใช้เป็นตัวควบคุมพื้นที่และตำแหน่งในการวัด.....34

รูปที่ 7 แสดงการวัดแบบด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์แบบหัวเข็มโดยใช้แม่แบบ
เป็นตัวควบคุม พื้นที่และตำแหน่งในการวัด.....34

รูปที่ 8 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบด้วยทองก่อนนำเข้าเครื่อง SEM.....35

รูปที่ 9 แสดงเครื่อง SEM.....36

รูปที่ 10 แสดงค่า Sa St Sp และ Sv.....37

รูปที่ 11 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบก่อนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน......39

รูปที่ 12 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดัน......39

รูปที่ 13 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบก่อนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน........40

รูปที่ 14 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบก่อนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน........40

รูปที่ 15 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบก่อนการฉายรังสีแกมมา.....41

รูปที่ 16 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบหลังการฉายรังสีแกมมา.....41

รูปที่ 17 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบก่อนการฉายรังสีแกมมา.....42

รูปที่ 18 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบหลังการฉายรังสีแกมมา.....42

รูปที่ 19 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน.....43

รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์กลุ่มฉายรังสีแกมมา.....44

รูปที่ 21 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบ.....45

รูปที่ 22 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา.....45

รูปที่ 23 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา.....46

รูปที่ 24 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา.....46

รูปที่ 25 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน.......47

รูปที่ 26 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน.......47

รูปที่ 27 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน......48

รูปที่ 28 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบ.....48

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 29 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน......49
รูปที่ 30 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน......49
รูปที่ 31 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน......50
รูปที่ 32 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา...................50
รูปที่ 33 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา...................51
รูปที่ 34 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา...................51
รูปที่ 35 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและพื้นผิวหยาบ...........52
รูปที่ 36 แสดงกราฟมาตรฐาน..63
รูปที่ 37 แสดงจำนวนเซลล์ที่หว่านในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม......................................64
รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงความหยาบเฉลี่ยก่อน,หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มฉายรังสีแกมมา...............81
รูปที่ 39 แผนภูมิแสดงความหยาบเฉลี่ยก่อน,หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มอบไอน้ำภายใต้
ความดัน...81
รูปที่ 40 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อน และ หลังการฉายรังสีแกมมากลุ่ม
พื้นผิวหยาบ...82
รูปที่ 41 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดัน
กลุ่มพื้นผิวหยาบ..82
รูปที่ 42 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Spก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมากลุ่มพื้นผิวเรียบ.......83
รูปที่ 43 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดัน
กลุ่มพื้นผิวเรียบ..83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาการด้านทันตกรรมในปัจจุบันก้าวหน้าไปมาก ทันตแพทย์สามารถให้การรักษาแก่ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับ กระดูกขากรรไกร ฟัน และ เหงือก ได้เป็นอย่างดี ทันตกรรมรากเทียมก็เป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งที่ผู้ป่วยสามารถจะเลือกรับการรักษา ในกรณีที่สูญเสียฟันธรรมชาติไป แต่ในปัจจุบันการรักษาด้วยรากเทียมยังคงเป็นทางเลือกที่สามารถจะเลือกได้ในผู้ป่วยบางกลุ่มเท่านั้น ทั้งนี้เพราะราคาค่ารักษาที่ยังคงแพงมาก อุปกรณ์ทุกชิ้นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีความคิดที่จะลดต้นทุนการรักษา เพื่อให้ประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศสามารถเลือกรับการรักษาได้

แนวคิดที่จะลดต้นทุนในการรักษาพอรวบรวมได้ดังนี้ แนวคิดแรกคือ ถ้าทันตแพทย์สามารถนำอุปกรณ์ส่วนที่ใช้ในผู้ป่วยรายหนึ่งแล้ว และยังไม่มีการแตกหักชำรุดเสียหายมาทำไร้เชื้อ แล้วนำไปใช้กับผู้ป่วยอีกรายหนึ่งได้โดยไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านสามารถใช้งานได้เป็นปกติก็จะเป็นการลดต้นทุนในการรักษาได้วิธีหนึ่ง หรืออีกแนวคิดหนึ่งคือการวิจัยผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองในประเทศซึ่งต้องใช้เวลาและทุนในการศึกษามาก ในส่วนของงานวิจัยนี้อาจนับเป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิดที่จะผลิตรากเทียมขึ้นใช้เอง รวมถึงแนวทางในการพิจารณาเลือกวิธีการทำไร้เชื้อที่เหมาะสมและให้ผลดีเพื่อนำไปใช้ในขบวนการผลิตรากเทียมต่อไป จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยนี้ เพราะจะเป็นการศึกษาการทำไร้เชื้อ 2 วิธี ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหยาบของผิวโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ที่มีการเตรียมผิวให้เรียบและหยาบหรือไม่และดูปฏิกิริยาของเซลล์มะเร็งกระดูกของมนุษย์ชนิด SaOS-2 ต่อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ที่มีการเตรียมผิวให้เรียบและหยาบ เพื่อเปรียบเทียบว่าเซลล์มีการตอบสนองในแง่ของการยึดเกาะของเซลล์ในผิวที่ต่างกันและผ่านการทำไร้เชื้อ 2 วิธี ต่างกันหรือไม่

สมมติฐานของงานวิจัย

ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่เรียบและหยาบ ไม่แตกต่างกัน

ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่เรียบและหยาบไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

1. ผลของการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่เรียบ

สมมติฐานว่าง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมา ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่เรียบไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมา ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่เรียบแตกต่างกัน

2. ผลของการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่หยาบ

สมมติฐานว่าง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมา ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่หยาบไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมา ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่หยาบแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **ผลของการทำไร้เชื้อต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่เรียบ**

สมมติฐานว่าง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่เรียบไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่เรียบแตกต่างกัน

4. **ผลของการทำไร้เชื้อต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่หยาบ**

สมมติฐานว่าง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่หยาบไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง : ผลของการทำไร้เชื้อโลหะผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการฉายรังสีแกมมา ต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่หยาบแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธี คือ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน และ การฉายรังสีแกมมา ต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่ขัดเรียบและพื้นผิวที่หยาบและผลต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิว Ti-6Al-4V ที่ขัดเรียบและพื้นผิวที่หยาบ

ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากเป็นการทดลองและศึกษาผลเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ จึงไม่สามารถเลียนแบบและควบคุมทุกสภาวะแวดล้อมทุกอย่างให้เหมือนภายในร่างกายมนุษย์ได้ อีกทั้งวัสดุ

ผสมไทเทเนียมชนิด Ti-6Al-4V ที่ใช้ในการทดลองมีราคาค่อนข้างแพง จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการควบคุมปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในการวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวไม่สามารถทำให้คงที่ได้ เนื่องจากไม่ใช่ระบบปิด การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในการทดลองนี้จึงพยายามให้ใกล้เคียงที่สุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้ข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเลือกวิธีการทำไร้เชื้อที่เหมาะสม และ ให้ผลดีเพื่อนำไปใช้ในขบวนการผลิตรากเทียมต่อไป

2.ได้ข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนา และ ผลิตรากเทียมขึ้นใช้เองภายในประเทศ

วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ธาตุไทเทเนียม [Titanium (Ti)]

ไทเทเนียม เป็นธาตุที่รู้จักและถูกนำมาใช้ในวงการแพทย์มานานกว่า 20 ปี โดยนำมาใช้ในการทำอวัยวะเทียมทางการแพทย์ทั้งนี้เนื่องมาจากมีคุณสมบัติเป็นชีวะวัสดุ (biomaterial) ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ คือ

1. มีน้ำหนักเบา
2. ทนต่อการกัดกร่อน (corrosion) ได้ดีทั้งในบรรยากาศโดยทั่วไป และในสารเคมีบางชนิด
3. มีความแข็งผิว (hardness) สูง
4. มีความแข็งแรง (strength) ค่อนข้างสูง ดังนั้นค่าความแข็งแรงต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักจึงมีค่าสูง (strength to weight ratio)
5. สามารถคงสภาพของค่าความแข็งแรงสูงได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จึงเหมาะในการทำภาชนะสำหรับบรรจุเชื้อเพลิงเหลว
6. มีจุดหลอมเหลว (melting point) สูง จึงจัดได้ว่าเป็นโลหะที่ทนความร้อนสูง (refractory metal)
7. มีระดับการเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) สูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขอะตอม	22 เป็นธาตุแรกของหมู่ IV B จัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชัน
น้ำหนักอะตอม	47.90 amu
จุดหลอมเหลว	1669°c
จุดเดือด	3260°c
ความหนาแน่น	4.507 g/cc ที่ 25°c
เลขออกซิเดชันสามัญ	+2, +3, +4

การจัดเรียงอิเล็กตรอนหลัก2,8,10,2 [1]

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของธาตุไทเทเนียม

1.1 **ไทเทเนียมบริสุทธิ์** ไทเทเนียมบริสุทธิ์ เป็นโลหะที่ค่อนข้างอ่อน ไม่ดูดติดกับแม่เหล็ก และเป็นโลหะเพียงชนิดเดียวที่เผาไหม้ในบรรยากาศของไนโตรเจน

ไทเทเนียมบริสุทธิ์ผลิตได้จากการถลุงแร่ไทเทเนียมดิบ(rutile,illmenite) โดยเผาร่วมกับคาร์บอน(C) และคลอรีน(Cl) ได้เป็นไทเทเนียมเตตระคลอไรด์(TiCl4) แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับโซเดียม(Na) หลอมเหลว ได้เป็นไทเทเนียมสปันจ์ (titanium sponge) ซึ่งจะหลอมเหลวรวมกันเป็นแท่งโลหะในสุญญากาศหรือในก๊าซอาร์กอน(Ar) ที่อุณหภูมิ 882 องศาเซลเซียส(°C)ไทเทเนียมบริสุทธิ์จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปผลึก(crystallographic) ซึ่งทำให้คุณสมบัติแตกต่างจากเดิม ไทเทเนียมจะหลอมรวมได้กับแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เงิน(Ag) อลูมิเนียม(Al) อาร์เซนิก(As) ทองแดง(Cu) เหล็ก (Fe) แกลเลียม(Ga) ยูเรเนียม(W) วาเนเดียม(V) สังกะสี(Zn) กลายเป็นโลหะผสมไทเทเนียม การรวมตัวกับสารจำพวกคาร์บอน ออกซิเจน(O) ไนโตรเจน(N) และ เหล็ก ทำให้สมบัติเชิงกล(mechanical properties) ของโลหะผสมไทเทเนียมดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ของไทเทเนียมมักมีส่วนประกอบของสารเหล่านี้ไม่มากก็น้อยและเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อของไทเทเนียมบริสุทธิ์ทางการค้า(commercially pure titanium)[2]

1.2 **อัญรูปของโลหะผสมไทเทเนียม** (Allotropic forms of Titanium alloys)

โครงสร้างผลึกของโลหะไทเทเนียมมี 2 ลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยโครงสร้างผลึกของโลหะไทเทเนียมที่อุณหภูมิห้องจะเป็น hcp(hexagonal closed pack) หรือ

เรียกว่า แอลฟาเฟส(alpha phase) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึง 882 องศาเซลเซียส โครงสร้างของโลหะไทเทเนียมจะเปลี่ยนเป็น bcc(body centered cubic) หรือเรียกว่า บีตาเฟส(beta phase) ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังกล่าวจะเป็นแบบไม่อาศัยการแพร่ (diffusionless phase transformation)

1.3 **โลหะผสมไทเทเนียม** (Titanium alloys) โลหะผสมไทเทเนียมเกิดจากการนำไทเทเนียมบริสุทธิ์มาผ่านกรรมวิธีทางความร้อน(heat treatment) และหลอมละลายรวมกับธาตุต่างๆในอัตราส่วนที่คงที่ หลังจากนั้นจะถูกทำให้เย็นลง ได้เป็นโลหะผสมไทเทเนียม โลหะผสมเหล่านี้จะให้สมบัติเชิงกลที่ต้องการสำหรับวัสดุรากเทียม คือ เบา แข็งแรง และมีความทนทานต่อความล้า(fatigue) และการสึกกร่อน แม้ว่าจะมีความแข็งมากกว่ากระดูกแต่ก็มีโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับกระดูกมากกว่าวัสดุรากเทียมชนิดอื่นยกเว้นไทเทเนียมบริสุทธิ์ คุณสมบัตินี้ทำให้มีการกระจายแรงจากรากเทียมสู่กระดูกที่ล้อมรอบ(cortical bone-implant interface) ได้ดี เนื่องจากกระดูกและรากเทียมมีการงอตัว(flex) คล้ายกัน[3]

นอกจากนี้ยังพบว่าTi-6Al-4Vมีข้อดีกว่าไทเทเนียมบริสุทธิ์ในแง่ของความสามารถในการรับแรงได้มากกว่าเนื่องจากความแข็งแรงของโลหะผสม[2] แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการแตกหักของรากเทียมที่ทำจากไทเทเนียมบริสุทธิ์น้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไทเทเนียมบริสุทธิ์นั้นมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งาน[4]

โลหะผสมของไทเทเนียมอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.3.1 **โลหะผสมของไทเทเนียมชนิดแอลฟา** (titanium alpha alloys) ได้แก่ โลหะผสมระหว่างธาตุไทเทเนียมกับธาตุต่างๆที่ทำให้แอลฟาเสถียรมากขึ้น เช่น อลูมิเนียม คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน ดีบุก(Sn) นิกเกิล(Ni) และทองแดง โครงสร้างของโลหะผสมดังกล่าวจะประกอบด้วยแอลฟาเป็นส่วนใหญ่ คุณสมบัติของโลหะผสมนี้อาจกล่าวรวมๆได้คือ มีความแข็งแรงสูง มีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation) มีคุณสมบัติในการเชื่อมดีแต่การขึ้นรูปไม่ดี ตัวอย่างโลหะผสมนี้ เช่น Ti-5Al-2.5Sn

1.3.2 **โลหะผสมของไทเทเนียมชนิดบีตา** (titanium beta alloys) ได้แก่ โลหะผสมระหว่างธาตุไทเทเนียมกับธาตุต่างๆที่ทำให้ บีตาเสถียรมากขึ้น เช่น แมงกานีส(Mn) เหล็ก โครเมียม(Cr) ไฮโดรเจน(H) โมลิบดีนัม(Mo) วาเนเดียม ไนโอเบียม(Nb) และแทนทาลัม

(Ta) โครงสร้างของโลหะผสมดังกล่าวจะประกอบด้วยบีตาเป็นส่วนใหญ่ มีคุณสมบัติโดยทั่วไปคือมีความแข็งแรงสูงที่อุณหภูมิปกติและอุณหภูมิปานกลาง(moderate temperature) และจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่าย การขึ้นรูปดี มีสภาพดึงยืดได้(ductility) สูงในสภาพที่ไม่ได้ทำการอบชุบความร้อน โลหะผสมในประเภทนี้ เช่น Ti-2Fe-2Cr-2Mo และ Ti-13V-11Cr-3Al เป็นต้น

1.3.3 **โลหะผสมของไทเทเนียมชนิด แอลฟา-บีตา** (titanium alpha-beta alloys) ได้แก่ โลหะผสมธาตุไทเทเนียมกับธาตุต่างๆทั้งสองชนิดดังกล่าวแล้ว ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของโลหะผสมดังกล่าวประกอบด้วยแอลฟาและบีตาในเวลาเดียวกัน ดังนั้นคุณสมบัติของโลหะผสมนี้จึงประกอบด้วยลักษณะของทั้งสองชนิดรวมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของปริมาณของแอลฟาและบีตาที่มีอยู่ ตัวอย่างของโลหะผสมนี้ เช่น Ti-6Al-4V ซึ่งเป็นโลหะผสมของไทเทเนียมที่มีการใช้งานมากที่สุด (ประกอบด้วย อลูมิเนียม ร้อยละ6 และ วาเนเดียม ร้อยละ4) และ Ti-4Al-4Mn เป็นต้น[5]

1.4 คุณสมบัติของไทเทเนียมบริสุทธิ์และโลหะผสมไทเทเนียม

1.4.1 **การเกิดออกไซด์** (Oxide coating)โลหะส่วนมากจะเกิดออกไซด์ (oxide) ที่ผิวเมื่อสัมผัสกับบรรยากาศธรรมชาติของออกไซด์ขึ้นกับชนิดของโลหะและสภาวะของโลหะที่ถูกออกซิไดส์(oxidized)

ไทเทเนียม และ โลหะผสมไทเทเนียม เป็นโลหะที่ไวต่อปฏิกิริยา(reactive) [3,6] หมายถึง จะเกิดออกไซด์บนผิวโลหะเมื่อโลหะนี้อยู่ในอากาศ น้ำ หรือ อีเล็กโทรไลท์(electrolite) ใดๆ[2]

ตามทฤษฎีไทเทเนียมบริสุทธิ์สามารถทำให้เกิดออกไซด์ได้หลายชนิด เช่น TiO_2 , TiO และ Ti_2O_3 โดยในบรรดาออกไซด์ของไทเทเนียม TiO_2 เป็นสารประกอบที่เสถียรที่สุด และถูกนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด[6,7] ออกไซด์เหล่านี้เกิดขึ้นเองเมื่อสัมผัสกับอากาศและเป็นสารประกอบที่คงทน ลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มปกป้องโลหะจากการถูกทำลายทางเคมี และมีความเสถียรสูงสุดในสภาวะแวดล้อมของร่างกาย ความเสถียรภาพ(stability) และความเฉื่อย(inertness) ของชั้นออกไซด์ที่ปกคลุมผิวโลหะ ทำหน้าที่ปกป้องไทเทเนียมบริสุทธิ์และโลหะผสมไทเทเนียมจากการสึกกร่อนเมื่ออยู่ในร่างกาย[2] โดยภายในเวลาเศษหนึ่งส่วนพันวินาที(millisecond) จะเกิดชั้นออกไซด์ขนาด 10 อังสตรอม(A^0) ขึ้นที่ผิวของไทเทเนียมบริสุทธิ์ และภายในเวลา 1 นาที

ชั้นของออกไซด์จะเพิ่มความหนาเป็น 50-100 อังสตรอม ชั้นของออกไซด์ไม่แตกสลาย (breakdown)ภายใต้สภาวะเมื่ออยู่ในร่างกาย[3] โลหะผสมไทเทเนียมที่มีไทเทเนียมร้อยละ 85-95 ยังคงมีคุณสมบัติแพสซิวิที(passivity) ของไทเทเนียมบริสุทธิ์

คำว่า "แพสซิวิที" ในที่นี้หมายถึง การที่โลหะถูกออกซิไดส์และออกไซด์ที่เกิดขึ้นไม่แตกสลายภายใต้สภาวะเมื่ออยู่ในร่างกาย ไทเทเนียมบริสุทธิ์ และโลหะผสม Ti-6Al-4V จะมีออกไซด์ปกคลุมผิวแบบเดียวกันโดยเกิดเป็น TiO_2 ปกคลุมผิวโลหะ ทำให้โลหะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนและชั้นของออกไซด์จะเกิดขึ้นเพื่อซ่อมแซมตัวเองทันทีที่ถูกทำลาย เช่นในขณะฝังรากเทียม[3,8]

เมื่อนำรากเทียมมาใช้ในร่างกาย จะมีปฏิกิริยาซับซ้อนเกิดขึ้นแทนที่ผิวของออกไซด์ที่สัมผัสกับชีวะแวดล้อม(oxide/bioenvironment interface) แตกต่างจากออกไซด์ที่เกิดในอากาศ นั่นคือจะมีการแลกเปลี่ยนไอออน(ion) ระหว่างผิวของออกไซด์กับเนื้อเยื่อรอบๆ และจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของเนื้อเยื่อเนื่องจากการสะสมของธาตุไทเทเนียม ในปริมาณ100-300 ส่วนต่อล้านส่วน(ppm.) รอบรากเทียมแต่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย [3]

ตามปกติมนุษย์ได้รับธาตุไทเทเนียมเข้าสู่ร่างกายจากอาหารประมาณ800 ไมโครกรัม (μg.) ต่อวัน ในจำนวนนี้ร้อยละ 40 ของไทเทเนียมที่ร่างกายได้รับคือประมาณ 300 ไมโครกรัมต่อวัน จะถูกเมทาโบไลซ์(metabolized) แล้วขับออกทางปัสสาวะ โดยปริมาณที่ขับออกมานี้มีค่ามากกว่าปริมาณออกไซด์ของไทเทเนียมที่แพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อถึง 10,000 เท่า ดังนั้นจึงไม่เกิดการสะสมของธาตุไทเทเนียมในร่างกายในปริมาณที่มากจนก่อให้เกิดอาการแพ้หรือเป็นพิษ นอกจากนี้ค่าครึ่งชีวิต(half-life) เมื่ออยู่ในร่างกายของธาตุไทเทเนียมคือ ประมาณ 320 วัน ก็สั้นเกินกว่าที่จะเกิดการสะสมจนเป็นพิษต่อร่างกาย[6]

1.4.2 **การกัดกร่อน** (Corrosion)การกัดกร่อน คือ การที่ชั้นออกไซด์ถูกทำลาย[4] ซึ่งโลหะที่มีคุณสมบัติแพสซิวิทีจะเกิดการกัดกร่อนเมื่ออยู่ในตัวกลางที่มีเสถียรภาพเป็นกรดหรือเป็นด่างหรือมีสารที่ทำหน้าที่เป็นออกซิไดซิง(oxidizing) (คือ ตัวให้ออกซิเจนหรือทำให้เป็นออกไซด์) หรือ มีสารที่ทำหน้าที่เป็นรีดิวซิง(reducing) (คือ ตัวลดออกซิเจนหรือแยกออกซิเจน) เช่น คลอเรต(clorate) หรือกรดไฮโดรคลอริก(HCl) เป็นองค์ประกอบ อัตราการกัดกร่อนของโลหะลดลงได้โดยอาศัยเกราะป้องกันของชั้นออกไซด์ที่ปกคลุมผิว

สำหรับรากเทียม ชั้นของออกไซด์ที่ปกคลุมผิวของรากเทียมต้องไม่ถูกทำลายจากขั้นตอนการทำไร้เชื้อ(sterilization) กรรมวิธีระหว่างการผ่าตัดเพื่อฝังรากเทียม และการใช้มือหยิบจับผิวของรากเทียมโดยตรง[9]

1.4.3 **การเข้ากันได้ทางชีวภาพ** (Biocompatibility) การเข้ากันได้ทางชีวภาพ หมายถึง การเข้ากันได้ของวัสดุแปลกปลอมในอวัยวะของสิ่งมีชีวิต ในความเป็นจริงแล้วไม่มีวัสดุชนิดใดๆที่มีการเข้ากันได้ทางชีวภาพกับร่างกายอย่างสมบูรณ์ วัสดุที่มีการเข้ากันได้ทางชีวภาพ(biocompatible material) จึงหมายถึงวัสดุใดๆก็ตามที่เมื่ออยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตแล้วเกิดปฏิกิริยาต่อกันน้อยที่สุด โดยที่วัสดุนั้นไม่ถูกทำให้เสียหายโดยเนื้อเยื่อ หรือในทางกลับกันเนื้อเยื่อนั้นก็ไมถูกทำลายด้วยวัสดุที่ฝังไว้เช่นกัน[6,7,10]

ไทเทเนียมบริสุทธิ์ และ โลหะผสมไทเทเนียมต่างเป็นโลหะที่มีการเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี เนื่องจากมีชั้นของออกไซด์ยึดติดกับผิวของโลหะ ช่วยป้องกันการสัมผัสโดยตรงของไอออนของโลหะกับเนื้อเยื่อ และออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างจากโลหะ[11]

จาก The glossary of prosthodontic terms seventh edition.ปี1999 ได้ให้นิยามของการเข้ากันได้ทางชีวภาพดังนี้

biocompatibility : capability of existing in harmony with the surrounding biologic environment [12]

ซึ่งการจะมีการเข้ากันได้ทางชีวภาพ ขึ้นกับ

1.4.3.1 **คุณสมบัติของพื้นผิว** (surface properties) : วัสดุแต่ละชนิดที่มีพื้นผิวแตกต่างกัน จะมีผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันด้วย ความสำเร็จของการทำรากเทียมในระยะยาวต้องการการเข้ากันได้ทางชีวภาพ ความแข็งแรง ความทนทานต่อการแตกหัก และการกัดกร่อน[2] ซึ่งคุณสมบัติของพื้รผิวเป็นปัจจัยที่สำคัญ[13] ต่อการเกิดการเข้ากันได้ทางชีวภาพโดยต้องพิจารณา[14]

1.4.3.1.1 **การเตรียมรากเทียม** (implant preparation): จากการเตรียมของ Adellและคณะ[4] ตัวรากเทียมจะถูกเตรียมด้วยความระมัดระวัง มีการควบคุมการขึ้นรูปทางกล(mechanical shaping)ของโลหะไทเทเนียมบริสุทธิ์ โดยในระหว่างการเตรียมด้วยเครื่องจักร(machining procedure) โลหะไทเทเนียมจะสัมผัสกับบรรยากาศที่มีอากาศ หรือมี

สารหล่อลื่น(lubricant) และ/หรือ ตัวทำให้เย็น(coolant) และเมื่อสัมผัสกับอากาศจะเกิดการสร้างออกไซด์ ขึ้นทันที โดยที่ความหนา ส่วนประกอบ รวมถึงโครงสร้างขนาดจุลภาค (microstructure) ของออกไซด์ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความดัน(pressure) ความเร็วของเครื่องจักร(speed of machining) ซึ่งจะส่งผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว(surface temperature)

ขั้นตอนต่อไปในการเตรียมก็คือ การทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic) และตามด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน(autoclave) ซึ่งการอบไอน้ำภายใต้ความดัน จะมีผลต่อการเพิ่มความหนาของชั้นออกไซด์ และ อาจจะมีผลต่อการเกิดอนุมูลของไฮดรอกซิล (OH radicals) ในชั้นออกไซด์ได้

1.4.3.1.2 **โครงสร้างและส่วนประกอบของผิวรากเทียม (structure and composition of the implant surface)**: คุณสมบัติทางเคมี(chemical properties) และคุณสมบัติระหว่างผิวสัมผัส(interface properties) ถูกกำหนดด้วยชั้นของออกไซด์ไม่ใช่จากตัวของโลหะเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะผสมไทเทเนียมถือว่าเป็นวัสดุผสม(composite material) ที่มีข้อดีในด้านคุณสมบัติเชิงกลของโลหะและผิวทางเคมีที่ต้องการ(desirable surface chemical properties)ของออกไซด์ ดังนั้นถ้ามองโลหะไทเทเนียมในแง่ของชีวเคมี(biochemical viewpoint) ถือได้ว่าเป็น ออกไซด์เซรามิค(oxide ceramics)

1.4.3.1.3 **คุณสมบัติทางเคมี (chemical properties)** :หากต้องการดูปฏิกิริยาทางเคมีของโลหะรากเทียม จะต้องดูจากออกไซด์บริเวณผิวไม่ใช่ดูจากคุณสมบัติทางเคมีของโลหะนั้นๆ[13]ซึ่งสำหรับโลหะไทเทเนียมจะพบว่ามีความเสถียรของออกไซด์สูงมาก

1.4.3.1.4 **พันธะเคมี (chemical bonding)** : พบว่าชนิดของพันธะ(bonding) มีหลายชนิดที่ชีวะโมเลกุล(biomolecules) สามารถยึดติดกับผิวรากเทียมได้ โดยแบ่งออกได้เป็น

1.4.3.1.4.1 **พันธะที่มีช่วงกว้างไม่แข็งแรงและมีปฏิกิริยาแวนเดอร์วาลส์ (long-range and weak Van der waals interaction)**: จะมีความแข็งแรงของพันธะอยู่ในช่วง 1 – 10 กิโลแคลอรีต่อโมล (kcal/mol) ซึ่งยากที่จะเกิดพันธะเคมีแบบถาวรที่อุณหภูมิร่างกาย และหากมีพันธะชนิดนี้มากก็จะเกิดการแลกเปลี่ยน ชีวะโมเลกุล ที่บริเวณผิวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว

1.4.3.1.4.2 พันธะที่มีช่วงแคบและพันธะเคมีที่แข็งแรง (short-range and strong chemical bonding): พบว่าพันธะขึ้นอยู่กับ การเหลื่อมกันของกลุ่มหมอกของประจุของผิวและโมเลกุลที่ดูดซับ(overlapping charge clouds of the surface and adsorbing molecules) โดยมักพบว่าจะมีช่วงสั้นๆ และมี องศาของทิศทางสูง(high degree of directionality) เช่น ในพันธะโควาเลนท์ และมีความแข็งแรงของพันธะสูง โดยอยู่ในช่วง 10-100 กิโลแคลอรีต่อโมล โดยถือว่าถ้ามีความแข็งแรงของพันธะมากกว่า 30 กิโลแคลอรีต่อโมล ขึ้นไปจะถือว่าเป็นแบบไม่ผันกลับ(irreversible) เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของโมเลกุลที่จะแลกเปลี่ยนนานเป็นเวลาหลายปีและพบว่าส่วนประกอบเฉพาะที่(local composition) ของผิวมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อพันธะชนิดนี้

โดยสรุปแล้ว ผิวของรากเทียมจำพวกโลหะจะถูกออกซิไดส์ในช่วงความแข็งแรงของพันธะที่กว้างมาก และมีชนิดของพันธะทางเคมีหลายชนิด โดยที่อาจจะพบเป็นความแข็งแรงของพันธะแบบไม่ผันกลับ หรือแบบการแลกเปลี่ยนโมเลกุลอย่างต่อเนื่อง(continuous exchange of molecules) แต่ต้องอยู่ในภาวะสมดุลไดนามิกส์(dynamic equilibrium)

1.4.3.1.5 ขบวนการทางเคมีที่ตำแหน่งรอยต่อของผิวสัมผัสอนินทรีย์และเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต(chemical process at the inorganic-biotissue interface): ความหนาของออกไซด์เพิ่มขึ้นที่บริเวณผิวรากเทียมในกระดูกเร็วกว่าเมื่ออยู่ในอากาศ[15] โดยการเพิ่มความหนานี้อาจจะเกิดจาก 1 หรือ 2 กลไก กลไกแรกคืออะตอมหรือไอออนของโลหะ(metal atom/ion) แพร่ออกสู่ผิวออกไซด์ ตามด้วยขบวนการออกซิเดชัน หรือ กลไกที่สองคือออกซิเจนแพร่จากตัวจับออกซิเจน(an oxygen carrying species) ที่ผิวออกไซด์ไปยังรอยต่อสัมผัสของโลหะและออกไซด์(metal oxide interface) เช่น จากการใช้อะตอมของไฮโดรเจน จะทำให้ออกซิเจนเข้าไปได้โดยอาศัย อนุมูลของไฮดรอกซิล รวมไปถึงการแพร่(diffusion) ของไอออนของแร่ธาตุ(mineral ions) เข้าไปสู่ชั้นออกไซด์ด้วย เช่น ไอออนของแคลเซียมและฟอสฟอรัส(Ca, P ions)

นอกจากนี้ยังพบว่า ผิวระนาบรอยต่อสัมผัสระหว่างรากเทียมและกระดูก (bone-implant interface) แปรผันตรงกับการเพิ่มความหยาบของพื้นผิว(surface roughness) ของรากเทียม เช่น จากงานวิจัยของ Buserและคณะ [16]ในปี 1991; สรุปว่า ผิวระนาบรอยต่อสัมผัสระหว่างรากเทียมและกระดูกแปรผันตรงกับการเพิ่มความหยาบของพื้นผิวรากเทียม

1.4.3.2 **การปล่อยประจุของวัสดุโลหะ (metallic materials)** : การปล่อยประจุของวัสดุโลหะจะมีผลต่อการเกิดการกัดกร่อน โดยการปล่อยประจุจะถูกควบคุมโดยปฏิกิริยาทางเคมีและไฟฟ้าเคมี(chemical and electrochemical reaction) ซึ่งจะมีผลต่อการปล่อยประจุของวัสดุโลหะสู่เนื้อเยื่อ และความเป็นพิษจากการปล่อยสารเหล่านี้[17] ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าทุกครั้งที่เกิดขบวนการทางไฟฟ้าเคมี(electrochemical process) จะเกิดการถ่ายทอดไอออน ซึ่งผลจากการถ่ายทอดไอออนต่อเซลล์ คือ ทำให้การทำปฏิกิริยาของเซลล์บกพร่อง(impairment of cell reactions) ไปจนถึงการรบกวน(irritation) ต่อเส้นประสาทได้ และยิ่งมีประจุที่ผิว(surface charges) ของวัสดุจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง(pH)ที่ผิวด้วย ซึ่งถ้าคำกล่าวนี้เป็นจริงความรุนแรงของการถูกทำลายจากพิษของโลหะ(metallosis) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณความเป็นพิษ(toxic) ของไอออนของโลหะที่เกิดจากการกัดกร่อน

Williams [18]ในปี 1981 กล่าวไว้ว่า “เนื่องจาก มีการเกิดปฏิกิริยาของขั้วบวกและขั้วลบในขบวนการกัดกร่อนรวมถึงการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอน(electron) ดังนั้นสภาพของกระแสไฟฟ้าของโลหะรากเทียมใดๆจึงเป็นสิ่งสำคัญ” แต่ Zitter [19] ในปี 1976 กล่าวว่า “เกิดการเสื่อมของธาตุที่ขั้วบวกบนรากเทียมได้แม้ว่าจะไม่มีการกัดกร่อนเกิดขึ้นก็ตาม” ดังนั้นควรจะดูความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า(current density) ของโลหะรากเทียม โดยการวัดผลกระทบของไฟฟ้าเคมี(electrochemical effect) ต่อปฏิกิริยาของเซลล์ และ ดูระดับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการทำลายของเนื้อเยื่อโดยรอบด้วย

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า คือ การวัดความแตกต่างของแรงดันกระแสไฟฟ้า(potential difference) ระหว่างขบวนการรีดักชันที่ขั้วลบ(cathodic reduction) และขบวนการออกซิเดชันที่ขั้วบวก(anodic oxidation) ซึ่งการวัดสมบัติไฟฟ้าเคมี(electrochemical behavior)ของโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยา(passive metal) ทำโดยวัดการถ่ายของประจุทั้งหมดผ่านความต้านทานบนชั้นที่ไม่ทำปฏิกิริยา(passive layer) นอกจากนี้ยังพบว่ายิ่งมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามาก ก็จะทำให้มีการเข้ากันได้ทางชีวภาพน้อยลง[16]

โลหะที่นำมาใช้เพื่อการรักษากระดูกหักในทางศัลยกรรมกระดูก(orthopaedics) มีการแพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อโดยรอบผ่านหลายกลไก รวมถึงการกัดกร่อน การสึก และกลไกการเร่งขบวนการไฟฟ้าเคมี เช่น การกัดกร่อนที่เกิดจากแรงเค้น(stress corrosion) การกัดกร่อนที่เกิดจากความล้า(fatigue corrosion) และ การกัดกร่อนแบบเฟรตติง(fretting corrosion) ซึ่งโลหะ

ที่แพร่กระจายเหล่านี้ มีความสัมพันธ์กับการเกิดความล้มเหลวทางคลินิกของรากเทียม (clinical implant failure) การสลายของกระดูก(osteolysis) การเกิดปฏิกิริยาการแพ้ที่ผิวหนัง (cutaneous allergic reaction) และ เกิดการสะสมในบริเวณที่ไกลออกไป(remote site accumulation)[20]

โลหะที่แพร่กระจายออกไปจากรากเทียมถูกเร่งด้วยการสลายทางชีวะเชิงกลของออกไซด์ฟิล์ม(biomechanical breakdown of oxide films) ผ่านการสึกแบบเฟรตติง(fretting wear)และการเคลื่อนที่ระดับจุลภาค(micromotion)ระหว่างส่วนประกอบของรากเทียมและกระดูกจากการให้แรงหรือการทำงานของข้อต่อ(loading or joint function) และผลจากปัจจัยต่างๆที่ซับซ้อนของสภาพแวดล้อม(effects of complex environment factors)[21]

1.4.3.2.1 **ผลของภาวะความเป็นกรด-เบสและการปลดปล่อยประจุของโลหะ** : จากการศึกษาของ Okasaki และคณะ [20]ในปี 2005 พบว่าการปลดปล่อยประจุของไทเทเนียมและ วาเนเดียม มีความสัมพันธ์กับภาวะความเป็นกรด-เบสโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 โดยพบว่าการปลดปล่อยประจุของไทเทเนียมและวาเนเดียมจะเพิ่มขึ้น ส่วนการปลดปล่อยประจุของอลูมิเนียมจะลดลงเมื่อภาวะความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า การปลดปล่อยประจุของไทเทเนียมออกจากโลหะไทเทเนียมบริสุทธิ์มีความสัมพันธ์กับการมีฟลูออไรด์และที่ภาวะความเป็นกรด-เบสต่ำอีกด้วย [22]

1.4.3.2.2 **ความเป็นพิษจากการปลดปล่อยประจุของโลหะ** :

ไทเทเนียม : มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงของฮิสติโอไซติก และพลาสมาเซลล์(histiocytic and plasma cell) ในเนื้อเยื่อแคปซูลเทียม(pseudocapsular tissue) ที่อยู่รอบข้อต่อเทียมที่ทำด้วยไทเทเนียมทั้งหมด(Ti-based total joint arthroplasties) ที่มีการสึก นอกจากนี้ยังพบว่า การปลดปล่อยประจุของไทเทเนียมมีผลต่อขบวนการสร้างแร่ธาตุและปุ่มของออสตีออยด์ (osteoid nodules) ในส่วนบนของกะโหลกของหนูที่เลี้ยง(rat calvaria cultures)[23]

อลูมิเนียม : มีผลทำให้เกิดภาวะความจำเสื่อม (Alzheimer's demantia)

วาเนเดียม: จะเกิดความเป็นพิษเมื่อมีปริมาณมากเกินไป[24] โดยพบว่าอัตราส่วนการเจริญเติบโตสัมพัทธ์(the relative growth ratio) ของเซลล์ไฟโบรบลาส แอล 929 ของหนู

(murine fibroblast L929) และ เซลล์ออสติโอบลาสติก เอ็ม ซี 3 ที 3 – อี 1ของหนู (murine osteoblastic MC3T3-E1 cells) จะลดลงเมื่อมีวาเนเดียมประมาณ 0.2-0.4 มิลลิกรัม/ลิตรในตัวกลาง(mg/l in medium)

Ku และคณะ[25]ในปี 2002 กล่าวว่าการมีประจุของอลูมิเนียมและวาเนเดียมอาจจะเป็นสาเหตุหลักในการทำให้เซลล์ออสตีโอบลาส เปลี่ยนแปลงไป และยังพบว่าการปลดปล่อยประจุของวาเนเดียม มีผลทำให้ขบวนการในการเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ของเซลล์ออสตีโอบลาส เร็วขึ้น(maturation of osteoblasts) นอกจากนี้ยังแนะนำว่าการลดการปลดปล่อยประจุของโลหะน่าจะเป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มการเข้ากันได้ทางชีวภาพของโลหะผสมไทเทเนียม

Thompson และ Puleo [26]ในปี 1996 กล่าวว่า จากการทดลองนอกกาย (in vitro) พบว่าสารละลายที่มีประจุของ Ti-6Al-4V มีผลต่อการแบ่งเซลล์ปกติ(normal differentiation) ของเซลล์สร้างสารโครงสร้างของเซลล์ในไขกระดูก(bone marrow stromal cells) ที่จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ของเซลล์ออสตีโอบลาส

การที่โลหะรากเทียมมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง ทำให้มีการปลดปล่อยประจุออกไปได้น้อยหรือแทบไม่มีเลย และพบว่าการที่โลหะรากเทียมมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูงเป็นผลจากการมีเกราะป้องกันจากชั้นออกไซด์[protective passive(oxide) film] สำหรับโลหะผสมไทเทเนียมพบว่าชนิดของออกไซด์จากมากไปน้อยเป็นดังนี้ TiO_2 , Ti_2O_3 และTiO ตามลำดับ[27] และ พบว่าถ้าโลหะผสมไทเทเนียมอยู่ในอากาศที่ไม่มีออกซิเจนหรืออยู่ในตัวกลางที่มีตัวลดออกซิเจนหรือแยกออกซิเจน(reducing media) จะไม่สามารถสร้างฟิล์มป้องกัน และไม่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อน[17]

1.4.3.3 **พลังงานพื้นผิว (surface energy)**: ความแตกต่างของพลังงานพื้นผิวของวัสดุ ทำให้วัสดุมีการเข้ากันได้ที่แตกต่างกัน[28]

ปัจจุบันโลหะไทเทเนียมนำมาใช้ในงานทันตกรรมรากเทียมกันอย่างแพร่หลาย การติดตามผลในระยะยาวไม่พบอันตรายใดๆ ที่เกิดจากการฝังโลหะไทเทเนียมในร่างกาย ต่อมามีการเสริมคุณสมบัติของไทเทเนียมโดยการผสมกับโลหะชนิดอื่นๆ เช่น อลูมิเนียม วาเนเดียม ในความเข้มข้นต่างๆเพื่อให้ได้คุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ที่ต้องการ เช่น น้ำหนักเบา แข็งแรง และมีความทนทานต่อความล้า และการสึกกร่อน โลหะผสมที่นิยมมากที่สุดได้แก่ Ti-6Al-4V

โลหะผสมชนิดนี้แม้ว่าจะได้รับการตรวจสอบแล้วว่ามีความปลอดภัย แต่การศึกษาถึงผลที่มีต่อร่างกายในระยะยาวมีจำกัด[17] แต่อย่างไรก็ตามโลหะไทเทเนียมก็มีข้อด้อยในแง่ของการเป็นตัวนำความร้อนเมื่อเทียบกับทอง[29] เนื่องจากโลหะไทเทเนียมมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน(thermal coefficient of expansion) ค่อนข้างต่ำ คือ $8x10^{-6}$/องศาเซลเซียส ในขณะที่ทองมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน $14x^{10-6}$/องศาเซลเซียส และยังมีราคาแพงเป็น 2 เท่าของราคาของเหล็กกล้า(steel) และอลูมิเนียม[2]

2. การประสานยึดระหว่างเซลล์กระดูกและพื้นผิวรากเทียม (Osseointegration)

จาก The glossary of prosthodontic terms seventh edition.ปี1999 ได้ให้นิยามของ Osseous integration ดังนี้ 1: the apparent direct attachment or connection of osseous tissue to an inert, alloplastic material without intervening connective tissue 2: the process and resultant apparent direct connection of an exogenous material's surface tissues, without intervening fibrous connective tissue present 3: the interface between alloplastic materials and bone.[12]

2.1 การตอบสนองขั้นแรกต่อการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียม (Early tissue response to osseointegrated implants)

ในสันกระดูกขากรรไกรที่ไร้ฟัน(edentulous alveolar ridge) ที่จะทำการฝังรากเทียมประกอบด้วยเยื่อเมือกช่องปาก(mucosa) ซึ่งส่วนใหญ่จะมีเคราติน(keratinized mucosa) ทำหน้าที่ป้องกันส่วนของเนื้อเยื่อแข็ง(hard tissue compartment) สำหรับในส่วนของกระดูกในสันกระดูกขากรรไกรจะประกอบด้วยกระดูกทึบ(compact bone) ที่มีเยื่อหุ้มกระดูก(periosteum) ปกคลุมชั้นกระดูกทึบ(cortical bone) ที่อยู่ข้างใต้ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มกระดูกโปร่ง(spongious bone) และ/หรือเสี้ยนใยกระดูก(trabecular bone) และไขกระดูก(bone marrow) ซึ่งรวมเป็นส่วนประกอบส่วนกลางที่อยู่ภายในสันกระดูก

การที่จะทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการหายของแผลภายหลังจากการฝังรากเทียมจำเป็นต้องมีเสถียรภาพเชิงกลของรากเทียม(good mechanical stability) ที่ดี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าควรจะมีเสถียรภาพของรากเทียมบริเวณสัน(marginal) และ/หรือ ส่วนของกระดูกบริเวณปลายราก(apical) ที่มีปริมาณกระดูกทึบเพียงพอ และ/หรือ มีกระดูกโปร่งที่มีเสี้ยนใยกระดูกเพียงพอในการรองรับ [30]

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการประสานยึดระหว่างเซลล์กระดูกและพื้นผิวรากเทียม[31]

2.2.1 การออกแบบรากเทียม (implant design):Carlsson[32]ในปี 1989 พบว่าเกิดการสัมผัส(contact) ที่สมบูรณ์ระหว่างรากเทียมแบบสกรู(screw-shaped) กับกระดูกมากกว่าแบบทรงกระบอกสองอัน(double cylinder) และแบบตัวที(T-shaped) และนอกจากนี้ยังพบว่าพื้นผิวรากเทียมที่ขรุขระกว่าจะมีพันธะชีวะเชิงกล(biomechanical bond) ที่แข็งแรงกว่ารากเทียมที่เป็นแบบเดียวกันแต่มีพื้นผิวที่เรียบกว่า

2.2.2 ภาวะของพื้นผิว (surface conditions) :การเปลี่ยนแปลงภาวะของพื้นผิวอาจทำได้โดยการทำให้พื้นผิวมีลักษณะพรุน(pore)และการเพิ่มความหยาบของพื้นผิว

2.2.2.1 การทำให้พื้นผิวมีลักษณะพรุน : โดยผ่านกรรมวิธีให้ความร้อน(heat treated) ที่อุณหภูมิมากกว่าบีตาทรานซิส(beta transus) 882 องศาเซลเซียส เพื่อจะได้เพิ่มโครงสร้างของรูพรุนที่เหมาะสมสำหรับการงอกเข้าไปข้างในของกระดูก(acceptable pore structure for bone ingrowth) [33] แต่ก็พบว่าการผ่านกรรมวิธีการเผาจะส่งผลให้มีคุณสมบัติเชิงกลลดลง เช่น ความต้านทานต่อความล้าลดลง แต่ก็สามารถแก้ไขให้มีคุณสมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้น โดยการสร้างโครงสร้างขนาดจุลภาคที่ช่วยต้านทานต่อการเริ่มและการแพร่ของรอยร้าว(crack initiation and propagation) โดยการลดขนาดผลึกแอลฟาเกรน(alpha grain size)ลง [34]

2.2.2.2 การเพิ่มความหยาบของพื้นผิว : จากที่กล่าวมาแล้วว่าพื้นผิวสัมผัสระหว่างรากเทียมและกระดูกมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับการเพิ่มความหยาบของพื้นผิวรากเทียม[34] และยังพบว่าพื้นผิวรากเทียมที่หยาบกว่าจะมีพันธะชีวะเชิงกลที่แข็งแรงกว่ารากเทียมที่เป็นแบบเดียวกันแต่มีพื้นผิวที่เรียบกว่า[35] นอกจากนี้มีการสนับสนุนแนวความคิดนี้โดย Thomas และคณะ[36] ในปี 1985กล่าวว่า “พื้นผิวที่หยาบกว่าเหมาะสมกับการเชื่อมต่อเป็น

หนึ่งเดียวกับรากเทียม (implant integration) มากกว่าพื้นผิวที่เรียบกว่า" แต่การเพิ่มความหยาบของพื้นผิวในระดับ มหภาค (macroscopic) อาจจะเสี่ยงต่อการเกิดผลลบของส่วนประกอบขนาดจุลภาคของพื้นผิว (microcomposition of the surface) รวมถึงส่วนประกอบทางเคมี โครงสร้างของผลึก และ พลังงานพื้นผิว [31]

Kasemo และ Lausmaa [37]ในปี1988 ได้สรุปมุมมองสำคัญเกี่ยวกับพื้นผิวรากเทียมไว้ 3 หัวข้อดังนี้

1. สภาพของพื้นผิวของวัสดุรากเทียมแต่ละชนิดมีอาจมีความแตกต่างกันมาก-น้อยขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียมและการจัดการทั้งหมดต่อวัสดุรากเทียม

2. สภาพของพื้นผิวของรากเทียมมีความสำคัญต่อการทำงานในขณะที่อยู่ในร่างกายและ ควรมีการควบคุมและทำให้เกิดมาตรฐานได้

3. ไม่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นผิวรากเทียมที่จะมีผลในระยะยาวเมื่อทำงานอยู่ในร่างกายได้

2.2.3 สภาพของกระดูกที่จะทำการฝัง (the host bed) : จากการทดลองของJacobsson [38]ในปี 1985 และการศึกษาทางคลินิก ของ Albrektssonและ Dahl [39]ในปี 1988 และ Jacobsson และ Tjellström[40] ในปี1988 พบว่าการได้รับรังสีในปริมาณสำหรับการรักษา(therapeutic doses) ไม่ได้เป็นข้อห้ามอย่างเด็ดขาดสำหรับการฝังรากเทียม และแนะนำว่าควรผ่านการฉายรังสีมาแล้ว เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปีก่อนที่จะทำการฝังรากเทียม

สำหรับในขากรรไกรที่มีปริมาตรของกระดูกไม่เพียงพอสำหรับการฝังรากเทียม Breine และ Brånemark[41]ในปี 1980 แนะนำว่าควรทำการปลูกถ่าย(grafting) กระดูก เพื่อเพิ่มส่วนของเนื้อเยื่อแข็ง(hard tissue)

2.2.4 เทคนิคการผ่าตัด (surgical technique) : ขั้นตอนการผ่าตัดเริ่มตั้งแต่การกรีดชั้นเยื่อเมือก(incision in the mucosa) การยก(elevation) แผ่นเหงือกของเนื้อเยื่อเพดานแข็ง(mucoperiosteal flap) การเตรียมช่องในชั้นกระดูกทึบและกระดูกโปร่งด้วยความระมัดระวัง และท้ายสุดคือการใส่ชิ้นรากเทียมที่ทำด้วยโลหะไทเทเนียม(insertion of the titanium device) ขั้นตอนในการผ่าตัดนี้จะส่งผลต่อการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อและกระดูก และ อาจจะเกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นจากผลที่ไม่พึงประสงค์(adverse effects) จากแรงกดที่พอเหมาะ("press fit") ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของเส้นเลือดในส่วนของผนังกระดูกทึบเมื่อมีการใส่รากเทียมที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องในชั้นกระดูกที่ทำการเตรียมไว้ เล็กน้อย

การทำลายส่วนของเนื้อเยื่อที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนและเนื้อเยื่อแข็งจะเป็นการเริ่มขบวนการการหายของแผลและส่งผลให้เกิด ***1.การยึดเกาะ (“anchylotic”)*** หรืออาจเรียกว่าเกิดการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียม และ ***2.เกิดการยึดเกาะของเนื้อเยื่อ (mucosal attachment)หรือเกิดเป็นตัวกีดกั้น (barrier)*** ไม่ให้รากเทียมโลหะไทเทเนียมสัมผัสกับสารต่างๆที่อยู่ในช่องปาก

ขบวนการหายของแผลเป็นขบวนการที่ซับซ้อนและมีขั้นตอนที่ต่างกันในชั้นกระดูกทึบและในชั้นกระดูกโปร่ง โดยในชั้นกระดูกทึบจะมีการละลายของส่วนที่มีแร่ธาตุ (resorption of mineralized) และเกิดการขาดเลือดของเนื้อเยื่อที่ตาย(avascular necrotic tissues) ก่อนที่จะเกิดการสร้างกระดูกใหม่บนพื้นผิวรากเทียม ส่วนในชั้นกระดูกโปร่งจะเกิดการสร้างกระดูกที่มีลักษณะเป็นคลื่น(wolven bone formation) และเกิดการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียมในช่วงต้นของขบวนการหายของแผล

ในขบวนการหายของแผลประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. modeling : ในช่วงแรกของขบวนการหายของแผล (ประมาณ 24 ชั่วโมง) ซึ่งเกิดในส่วนที่เป็นกระดูก ตัวรากเทียมจะมีความเสถียรเชิงกลที่เกิดจากการได้รับแรงกดที่พอเหมาะและจะเกิดการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยในส่วนของเนื้อเยื่อกระดูกและจะเกิดการยึดเกาะที่แน่นตามมาระหว่างส่วนเกลียวของโลหะและกระดูกทึบที่ขาดเลือดมาหล่อเลี้ยงเป็นบริเวณประมาณ 2/3 ของสันกระดูก โดยในส่วนของกระดูกที่ได้รับแรงกดที่พอเหมาะมีความกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร ในขณะที่เตรียมบริเวณที่จะฝังรากเทียม ส่วนของเสี้ยนใยกระดูกส่วนปลายจะถูกดันให้เคลื่อนที่เข้าไปในไขกระดูกและทำให้เส้นเลือดเกิดการฉีกขาดและเลือดออกตามมา หลังจากนั้นจะเกิดการแข็งตัวของเลือดเกิดเป็นลิ่มเลือดระหว่างตัวรากเทียมและกระดูก ในวันต่อๆมาจะเกิดเป็นลิ่มเลือดที่สมบูรณ์ และลิ่มเลือดที่สมบูรณ์นี้จะถูกแทนที่ด้วยเนื้อเยื่อแกรนูเลชัน (granulation tissue) ซึ่งมีปริมาณของเม็ดเลือดขาวชนิด นิวโทรฟิว(neutrophils) และ มาโครฟาจ (macrophages) เป็นจำนวนมาก และเม็ดเลือดขาวที่มาจากช่องไขกระดูกของกระดูกส่วนปลายที่ยังมีชีวิตเหล่านี้จะทำการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในแผลและจะสร้างโครงสร้างที่เป็นเส้นเลือดเข้าไปในส่วนของเนื้อเยื่อแกรนูเลชันที่สร้างขึ้นมาใหม่

หลังจากฝังรากเทียมประมาณ 1 อาทิตย์ มาโครฟาจที่ทำหน้าที่ซ่อมแซมและมีเซนไคมอลเซลล์ที่ไม่เกิดการแบ่งตัว จะเริ่มผลิตและหลั่งสารประกอบที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

(growth factors) ซึ่งจะไปกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของเส้นใยเหนียว(fibroplasias) ภายในเนื้อเยื่อยึดต่อชั่วคราวที่ไม่แบ่งตัว(undifferentiated provisional connective tissue) โดยเนื้อเยื่อยึดต่อชั่วคราวที่ไม่แบ่งตัวนี้จะมีปริมาณเส้นเลือดที่สร้างขึ้นมาใหม่ เซลล์ไฟโบรบลาส(fibroblasts) และมีเซนไคมอลเซลล์ที่ไม่เกิดการแบ่งตัวมาก และกลายเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์สร้างเข้าไปในออสตีออยด์(osteoid)ที่มาจากกระดูกที่มีลักษณะเป็นคลื่นตามมาด้วยการสร้างและปิดส่วนที่เป็นช่องว่างในกระดูก

หลังจากฝังรากเทียม 2 อาทิตย์ ในบริเวณที่มีการฝังรากเทียมจะพบกระดูกที่มีลักษณะเป็นคลื่นที่มี ไพรมารีออสตีออน(primary osteons) บริเวณส่วนฐาน และเกิดการสร้างกระดูกใหม่ทั้งในส่วนปลายและบริเวณช่องแยก(furcation sites) ของผิวรากเทียม นอกจากนี้ยังพบว่ามีเส้นสมมุติที่เรียกว่า รีเวอร์ซอลไลน์(reversal lines) ที่อยู่ติดกับตัวรากเทียม ซึ่งจะบ่งบอกถึงระดับ และด้านข้างของเนื้อเยื่อที่ตายแล้วที่ติดกับเกลียวรากเทียมที่ถูกละลาย สำหรับในบริเวณช่องแยกของรากเทียมพบว่ามีการสร้างกระดูกใหม่ขึ้น เรียกว่าเป็นการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียม แต่ในส่วนที่เป็นจุดยอด(peaks of the threads of the screw - type implants) ของเกลียวของรากเทียมจะเห็นบริเวณที่มีการละลายของกระดูกซึ่งแยกจากกัน(discrete areas of bone resorption) เนื่องมาจากความสามารถในการรับแรงที่มากระทำได้ต่ำของกระดูกที่มีลักษณะเป็นคลื่นที่เพิ่งสร้างใหม่และความเสถียรของรากเทียมจะเกิดได้ก็โดยการคงสภาพแรงกดที่พอเหมาะในส่วนของเนื้อเยื่อกระดูกที่ตายของกระดูกทึบ

หลังจากฝังรากเทียม 4 อาทิตย์ ในบริเวณพื้นผิวของเกลียวรากเทียม ซึ่งแต่ละเกลียวมีความห่างกันประมาณ 1 มิลลิเมตร ในบริเวณที่เป็นกระดูกที่อยู่ห่างจากรากเทียมไปทางด้านข้างประมาณ 1 มิลลิเมตร จะพบว่ายังคงมีส่วนของกระดูกเก่าอยู่บางส่วนซึ่งถูกแทนที่ด้วยกระดูกที่มีลักษณะเป็นคลื่นที่สร้างขึ้นมาใหม่ ซึ่งในส่วนของกระดูกใหม่ที่ไม่มีการสะสมของแร่ธาตุพบว่าไม่มีอะดิโพไซท์(adipocytes) และมีการสร้างกระดูกใหม่ที่มีลักษณะเป็นคลื่นซึ่งบุอยู่เป็นส่วนใหญ่บริเวณพื้นผิวของรากเทียม ซึ่งการสร้างกระดูกในส่วนนี้เรียกได้ว่าเป็นการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียมที่แท้จริง(true osseointegration)

2.remodeling : เป็นขั้นตอนที่กระดูกใหม่ที่มีลักษณะเป็นคลื่นถูกแทนที่ด้วยชั้นกระดูกบาง(lamellar bone) ที่มีประสิทธิภาพในการกระจายแรง โดยการแทนที่กระดูกใหม่ที่มีลักษณะเป็นคลื่นเกิดจากการทำงานของออสติโอคลาส(osteoclastic activity) และ ถูกแทนที่ด้วยชั้นกระดูกบางและไขกระดูก

หลังจากฝังรากเทียม 8 อาทิตย์ ในบริเวณพื้นผิวของเกลียวรากเทียมจะถูกบุด้วยขอบบางๆของชั้นกระดูกบางซึ่งอยู่ด้านข้างต่อไขกระดูกที่ภายในมีอะดิโพไซท์เป็นจำนวนมาก และพบเซคันดารีออสตีออน(secondary osteons) กับชั้นกระดูกบาง ที่มีลักษณะเป็นวงกลม (concentric lamellae) และส่วนกลางของฮาร์เวอร์เชียนคาแนล(central Harversian canal) ภายในชั้นกระดูกบางในบริเวณที่ได้รับแรงกดที่พอเหมาะและกระดูกที่อยู่ใกล้เคียง และในระหว่างที่เกิดขบวนการในการหายของแผลจะพบว่ากระดูกเก่าจะถูกแทนที่ด้วยกระดูกใหม่ [30]

Eriksson [42] ในปี1984 แนะนำว่า ควรมีการควบคุมความร้อนจากการเสียดทาน(frictional heat) โดยใช้เทคนิคการผ่าตัดที่ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อน้อยที่สุด และ Jönsson และคณะ[43]ในปี 1989 ได้กล่าวถึงการพิจารณาตัวแปรเสริมในการผ่าตัด(surgical parameter) ซึ่งก็คือ การใช้มือที่เบาและมั่นคงในการฝังรากเทียม(gentle or firm hand when inserting implant)

2.2.5 ภาวะการให้แรงต่อรากเทียม (implant loading conditions) : Albrektsson และ Zarb [44]ในปี1986 แนะนำว่ายังควรใช้วิธีการผ่าตัดแบบ 2 ระยะ (two stage surgery) เพื่อป้องกันแรงที่จะกระทำต่อรากเทียมก่อนที่รากเทียมจะยึดแน่นกับกระดูก (premature loading of the implants)มากกว่าการทำการผ่าตัดแบบระยะเดียว

2.3 ชนิดของเซลล์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง

เซลล์ไลน์ของมนุษย์ที่มีพฤติกรรมคล้ายกับเซลล์ออสตีโอบลาส(human osteoblast-like cell lines) ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ เซลล์มะเร็งกระดูกของมนุษย์ชนิด MG-63 ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังไม่เปลี่ยนเป็นเซลล์ออสตีโอบลาสที่สมบูรณ์(immature osteoblast) และ เซลล์มะเร็งกระดูกของมนุษย์ชนิด SaOS-2 ซึ่งเปลี่ยนเป็นเซลล์ออสตีโอบลาสที่สมบูรณ์แล้ว (mature osteoblast) [25] ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้เซลล์ SaOS-2 เนื่องมาจากเซลล์ชนิดนี้มีพฤติกรรมการแสดงออกถึงคุณสมบัติของเซลล์ออสตีโอบลาสอย่างชัดเจน[44] และสำหรับเซลล์ SaOS-2 พบว่าผิวที่หยาบกว่าจะมีการแพร่ขยาย(proliferation)ของเซลล์ต่ำ แต่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์มาก ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ทำให้ SaOS-2 มีความเหมาะสมมากกว่าในการดูผลทางชีววิทยาของรากเทียมทางทันตกรรม เนื่องจากจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ในออสตีโอบลาสติกฟีโนไทป์(osteoblastic phenotype) และยังช่วยส่งเสริมการหาย

ของกระดูก รวมถึงการคงสภาพในระยะยาวของการประสานยึดระหว่างกระดูกและพื้นผิวรากเทียม [45]

3. วิธีการทำไร้เชื้อ (Sterilization methods)

จาก The glossary of prosthodontic terms seventh edition.ปี1999 ได้ให้นิยามของSterilizationดังนี้ sterilization: the process of completely eliminating microbial viability. [12]

3.1 การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV light) : วิธีนี้มักใช้ในการทำลายเชื้อแบคทีเรียใน อากาศ และบริเวณพื้นผิว โดยส่วนมากมักใช้ความยาวคลื่นประมาณ 253.7 นาโนเมตรและ 184.9 นาโนเมตร ข้อดีของวิธีการนี้คือไม่ต้องใช้ความร้อนและความชื้นเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถเข้าไปทำลายเชื้อโรคในบริเวณที่เป็นร่อง(crevices) ได้ หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์การเกิดเงา(shadowing effects) รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถทำลายกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก(DNA) ของเชื้อโรคได้โดยการต่อเชื่อมข้ามสาย(cross linking) สำหรับบรรจุภัณฑ์ควรมีความโปร่งใส(transparent) เพื่อให้รังสีอัลตราไวโอเลตผ่านได้ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์โดยการใช้สารละลายเอทานอลร้อยละ100 ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลตในฮูดที่มีการไหลเป็นแผ่น (100% ethanol solution under UV in a laminar flow hood) [46]

3.2 การใช้พลาสมาสเปรย์ (plasma spray) : วิธีการนี้เป็นการใช้อัลตราไวโอเลตโฟตอน(ultraviolet photons) และการใช้อนุมูลของอะตอมและโมเลกุล(atomic and molecular radicals) โดยการลดความดันลงให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ทอรร์(torr.) และใช้อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส และสามารถรักษาสภาพของวัสดุที่มีโพลีเมอร์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งวัสดุพวกนี้ไม่สามารถใช้การอบในเตา หรือ การอบไอน้ำภายใต้ความดันได้ และยังสามารถเข้าไปทำลายเชื้อโรคในบริเวณที่เป็นร่องได้ นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยต่อทั้ง ทันตแพทย์และผู้ป่วยด้วยเพราะไม่มีส่วนตกค้าง(residue) เหมือนการอบด้วย

ก๊าซเอทีลีนออกไซด์[47] เมื่อได้รับพลาสมาโดยตรงอาจจะได้รับผลกระทบจากประจุบวกเกิดการเปลี่ยนแปลงบางส่วนของพื้นผิวได้[47] วิธีนี้อาจมีผลต่อลักษณะความหยาบของพื้นผิวและทำให้เกิดการปนเปื้อนบริเวณพื้นผิวของวัสดุได้[48,49]

3.3 **การอบด้วยก๊าซเอทีลีนออกไซด์** (ethylene oxide) : ใช้อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส และใช้ก๊าซเอทีลีนออกไซด์มากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อลิตร(mg/l) และต้องมีการปล่อยก๊าซออกด้วย(degassing) ก๊าซเอทีลีนออกไซด์มักถูกเจือจางด้วยก๊าซชนิดอื่น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ฟลูโอโรคาร์บอน ซึ่งทำให้เกิดการระเบิดได้ และเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะต้องมีความชื้นด้วย ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถเข้าไปทำลายเชื้อโรคในบริเวณที่เป็นร่องได้ ส่วนข้อเสียคือมักมีการตกค้างของก๊าซเอทีลีนออกไซด์ นอกจากนี้กระดาษและพลาสติกยังสามารถดูดซับก๊าซเอทีลีนออกไซด์ด้วย ดังนั้นหลังการทำไร้เชื้อต้องมีการผึ่งอากาศเพื่อกำจัดส่วนตกค้างของก๊าซเอทีลีนออกไซด์ ก๊าซเอทีลีนออกไซด์สามารถทำลายเชื้อโรคได้โดยการเติมหมู่ อัลคิลเข้าไปในชีวะโมเลกุล เช่น กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก และ เอนไซม์(alkylating biomolecules like DNA and enzymes) สำหรับบรรจุภัณฑ์ต้องให้ก๊าซผ่านได้ นอกจากนี้พบว่าวิธีการนี้ทำให้เกิดการปนเปื้อนและเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของไทเทเนียม ส่งผลให้มีจำนวนของการยึดเกาะและการกระจายตัวของเซลล์ลดลงด้วย[53]

3.4 **การอบแห้งด้วยความร้อน** (dry heat) : ใช้อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

3.5 **การอบไอน้ำภายใต้ความดัน หรือ การอบด้วยไอน้ำ หรือ การอบชื้นด้วยความร้อน**(autoclave, steam, moist heat) : วิธีการนี้แนะนำให้ใช้สำหรับการทำไร้เชื้อไปสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการผ่าตัดทางทันตกรรม และใช้กันอย่างแพร่หลาย[48] มีข้อดีที่เหนือวิธีการในการทำไร้เชื้อไปวิธีอื่นๆ คือ รวดเร็ว ประหยัด และสะดวก แต่ก็มีข้อเสียคือความชื้นที่เกิดขึ้นจะทำให้ความคมของเครื่องมือลดลง[49] โดยใช้อุณหภูมิประมาณ121องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20

นาที (134 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที) และ มีความดันไอน้ำ 100 กิโลปาสคาล(kPa) ซึ่งอุณหภูมินี้อาจทำให้พลาสติกเปลี่ยนรูปได้

สำหรับวิธีการในการตรวจเช็คการอบไอน้ำภายใต้ความดันสามารถทำได้ 3 วิธี คือ ***1. การวัดค่าต่างๆ ระยะเวลาในแต่ละรอบที่เพียงพอ อุณหภูมิ และความดันเหมาะสม*** ซึ่งการวัดด้วยวิธีนี้เป็นวิธีการที่งาย และเชื่อถือได้ ***2. การวัดทางเคมีโดยการดูแถบสี*** เช่น การดูแถบสีจากกระดาษซึ่งจะมีการเปลี่ยนสีเมื่อถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม ***3.การตรวจติดตามทางชีววิทยา(biological monitoring)*** โดยดูจากการใส่สปอร์(spores) ของ *Bacillus stearothermophilus* ซึ่งเป็นสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนต่อความร้อนได้มากที่สุดในขบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน แล้วนำไปอบไอน้ำภายใต้ความดัน ดังนั้นถ้าไม่พบการเติบโตของแบคทีเรียในการเพาะเชื้อก็สามารถสันนิษฐานได้ว่า เชื้อโรคต่างถูกทำลายหมดแล้ว[51] สำหรับ11รัฐในประเทศสหรัฐอเมริกาแนะนำว่าให้ทำการดูทางชีววิทยานี้ โดยควรทำอย่างน้อยอาทิตย์ละครั้ง[52]

วิธีนี้สามารถทำลายเชื้อโรคโดยการทำให้การทำงานของเอนไซม์แปลงสภาพไป (denaturation of enzyme) และทำการสลายด้วยน้ำต่อกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก และกรดไรโบนิวคลีอิก(hydrolysis of DNA and RNA) สำหรับบรรจุภัณฑ์ต้องให้ก๊าซผ่านได้ วิธีการนี้จะทำให้เพิ่มความหนาของออกไซด์บริเวณพื้นผิว และอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของอนุมูลของไฮดรอกซิลในชั้นของออกไซด์ได้[14] นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการปนเปื้อนและเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของไทเทเนียม ส่งผลให้มีจำนวนของการยึดเกาะและการกระจายตัวของเซลล์ลดลงด้วย[53]

3.6 **การฉายรังสีแกมมา (gamma radiation)** : โดยใช้โคบอลต์-60(Cobalt-60) ปริมาณ 25 กิโลเกรย์(kGy) รังสีแกมมามีความสามารถในการแทรกผ่านวัสดุส่วนมากได้ดี และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสี ของพลาสติก และเกิดการเปราะของวัสดุบางชนิดได้ วิธีนี้ใช้ในการป้องกันการปนเปื้อนจากการบรรจุ มักใช้เกี่ยวกับพวกเวชภัณฑ์ เภสัชภัณฑ์และเนื้อเยื่อ รังสีแกมมาทำลายเชื้อโรคด้วยการทำให้เกิดการแตกออกของสาย(chain breakage) ของกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก

3.7 radio-frequency glow discharge treatment (RFGDT) : วิธีการนี้เป็นวิธีการทำความสะอาดและการทำให้ปราศจากเชื้อบริเวณพื้นผิวที่มีประสิทธิภาพ และยังเพิ่มพลังงานพื้นผิวให้สูงขึ้นซึ่งส่งผลให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์เพิ่มขึ้นอีกด้วย[54]

โดยในการวิจัยนี้เลือกใช้ 2 วิธี ได้แก่

1. **การอบไอน้ำภายใต้ความดัน** เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว ประหยัด และใช้กันอย่างแพร่หลาย
2. **การฉายรังสีแกมมา** เนื่องจากไม่มีความร้อน และ ความชื้นเข้ามาเกี่ยวข้อง

4. ความหยาบของพื้นผิว

4.1การวัดความหยาบของพื้นผิว

4.1.1 **ตัวแปรที่บอกลักษณะของพื้นผิว** ลักษณะพื้นผิวทางวิศวกรรมเกิดจากการใช้วัสดุหลายๆชนิดขัดถู ซึ่งลักษณะที่ได้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 องค์ประกอบ คือ ความหยาบพื้นผิว(roughness) การเป็นลอนคลื่น(waviness) และรูปแบบ(form) ซึ่งโดยทั่วไปพื้นผิวของวัสดุจะถูกขัดออกเป็น 3 แนวทางโดยมีตัวแปร 3 ตัว คือ

1. **ตัวแปรในแนวดิ่ง** (amplitude parameters) เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวที่ตั้งฉากกับพื้นผิว
2. **ตัวแปรในแนวราบ** (spacing parameters) เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวที่ขนานกับพื้นผิว
3. **ตัวแปรไฮบริด** (hybrid parameters) เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลง 2 ทางมารวมกัน

รูปด้านข้างของพื้นผิว(profile) จะเป็นการพิจารณาพื้นผิวทั้งหมด ซึ่งความหยาบและ การเป็นลอนคลื่นจะถูกแยกออกจากกันโดยความยาวของคุณสมบัติคัทออฟ(cut off) ของเครื่องมือ วิธีการทำจะถูกกำหนดไว้ใน British standard 1134(BS 1134)[55,56] และมาตรฐานสากลอื่นๆที่จำเป็น เมื่อเราแบ่งรูปร่างพื้นผิวออกเป็นส่วนตามความยาว เพื่อทำการวัด

โดยให้ยาวพอที่จะสามารถมีค่าทางสถิติเพื่อที่จะวัดความหยาบได้ และต้องสั้นพอที่จะแยกค่าความเป็นลอนคลื่นออกไปได้ การวัดจะเป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวจากแนวกึ่งกลาง เมื่อทำซ้ำๆ และต่อเนื่องกันไปสามารถใช้ประมาณค่าความเป็นลอนคลื่นได้ (รูปที่ 1)

Texture= Waviness + Roughness

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของรูปแบบ ลอนคลื่น และ ความหยาบ

ความหยาบเป็นคุณลักษณะสำคัญของพื้นผิว เป็นผลให้เพิ่มพื้นผิวเสียดทานและมีผลต่อการยึดเกาะทางกลของวัสดุอื่นที่มายึดบนพื้นผิว ในการทดลองทั้งในห้องทดลองและสิ่งมีชีวิตเกี่ยวกับการเข้ากันได้ทางชีวภาพของวัสดุ แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่ขัดแล้วจะตอบสนองต่อเซลล์น้อยกว่าชิ้นที่หยาบกว่า[57,58,59]

อย่างไรก็ตามการวัดโดยทั่วไปวัดจากรูปด้านข้างของพื้นผิว ตามเส้นบนพื้นผิวโดยใช้เครื่องมือลากทางกล(mechanical tracing device) และการแสดงความหยาบโดยเป็นลอนคลื่นของรูปด้านข้างสัมพันธ์กับค่าฐาน(baseline) โดยทั่วไปพื้นผิวจะถูกพิจารณาว่ามีความหยาบ เมื่อมีลักษณะการขยายกว้างออกไป(amplitude) ของยอดสูง(peak) หรือหลุมลึก(valley) และ ความยาวคลื่นสั้น จะมีพื้นผิวที่หยาบ แต่ถ้ามีความยาวคลื่นยาวมากจะพิจารณาว่าเรียบ

ฟิวเตอร์(Filter) เป็นอุปกรณ์ อีเลกโทรนิกส์ เพื่อจะแยกส่วนประกอบของความยาวคลื่นของพื้นผิวที่อยู่นอกขอบเขตในการวัด ส่วนค่า คัทออฟฟิวเตอร์(cut off filter) เป็นค่าที่ใช้แยกความหยาบและความเป็นคลื่นภายในโครงสร้างของพื้นผิวออกจากกัน ในการวัดต้องกำหนดค่าคัทออฟฟิวเตอร์ให้เหมือนเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนค่านี้ไปจะมีผลให้ค่าความหยาบเฉลี่ยที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นการเลือกค่าคัทออฟฟิวเตอร์ให้เหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ทดสอบจะ ทำให้ได้ค่าความหยาบเฉลี่ยที่ถูกต้อง สำหรับในการทดลองนี้ใช้ค่าคัทออฟฟิวเตอร์เท่ากับ 0.25 จากคำแนะนำในการใช้เครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ซึ่งค่าที่เลือกนี้จะทำให้ไม่มีอิทธิพลของความเป็นคลื่นมาเป็นตัวกวนค่าของความหยาบ ในเครื่องวัดความหยาบสมัยใหม่สามารถทำได้ เพราะ

เครื่องมือสามารถแยกเอาการสั่นสะเทือนของคลื่นยาว(long wave oscillation) ออกไปได้ ผลของการวัดขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ตัววัสดุ ความนุ่มของวัสดุ การเกิดรูพรุน[60] การออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ แบบของตัววัดพื้นผิว(surface tracer) การสะท้อนแสงกลับจากพื้นผิวของวัตถุ [61]

4.1.2 เครื่องมือในการวัดความหยาบ ปัจจุบันนี้ใช้ 3 กลุ่มใหญ่[62] คือ

1. การใช้แท่งเหล็กที่มีปลายแหลมทำด้วยเพชร (mechanical contact stylus instrument)

2. การใช้แสง (optical instrument)

3. การใช้กล้องไมโครสโคป (scaning probe microscopy) (SPM)

ความหยาบคือความขรุขระของพื้นผิว สำหรับการศึกษานี้ใช้วิธีการวัดความหยาบโดยเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิวโพรฟิโลมิเตอร์(Profilometer) โดยมี diamond stylus ลากผ่านพื้นผิวที่ต้องการทดสอบด้วยแรงที่มากระทำอย่างสม่ำเสมอ และคอมพิวเตอร์จะแปรผลออกมาเป็นค่า Ra และ ค่า Sa โดยค่า Ra (Surface Roughness in Terms of Arithmethic Average Value) คือค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว เป็นค่าเฉลี่ยของจุดทุกจุดจากระนาบอันหนึ่งที่เรากำหนด ค่า Ra เป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิวแบบ 2 มิติ(profilometer-2D) [65]และเป็นค่าที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้ง่าย ประหยัดเวลาในการวัด เนื่องจากวัดแค่หนึ่งโพรไฟล์ และ พื้นที่ในการวัดน้อยกว่า ซึ่งค่าความหยาบที่ได้จะไม่ละเอียดเท่าค่า Sa ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่อง โพรฟิโลมิเตอร์ให้เป็นแบบ 3 มิติ จึงเกิดค่าพารามิเตอร์ในการวัดความหยาบขึ้นมาใหม่คือค่า Sa (Surface Roughness in Terms of Arithmethic mean deviation of the profile and the surface) คือ ค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวทั้งหมดซึ่ง ข้อดีของค่า Sa คือให้ความละเอียดในการวัดที่สูง สามารถวัดพื้นที่ได้มากขึ้น จำนวนโพรไฟล์มากขึ้น[64,65] ค่า Sa ในปัจจุบันเริ่มมีการใช้กันแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาวัดความหยาบของรากเทียม[66,67] รายงานส่วนใหญ่นิยมใช้ Ra ในการนำเสนอเนื่องจากใช้เครื่องวัดความหยาบแบบ 2 มิติในการวัด นอกจากนี้พบว่าเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ที่วัด 3 มิติได้ มีข้อเสียคือราคาแพงและใช้เวลาในการวัดนานกว่า ในการศึกษานี้ใช้เครื่อง profilometer แบบ 3 มิติจึงนำเสนอในรูป Sa และได้ทำการศึกษานำร่องพบว่าค่า Ra กับค่าSa มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน เครื่อง โพรฟิโลมิเตอร์ มีปัจจัยที่ต้องระมัดระวังก่อนที่จะวัดความหยาบ

ของพื้นผิวดังนี้คือ ในการวัดแต่ละครั้งต้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ ควบคุมไม่ให้มีแรงสั่นสะเทือนซึ่งจะมีผลต่อการวัด เนื่องจากในการศึกษานี้วัดค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังดังนั้นต้องกำหนดค่าฟิวเตอร์ ระยะพื้นที่ในการวัด และ ความเร็วในการวัดให้คงที่ทั้งก่อนและหลังวัด[64]

เครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ที่ใช้ สามารถวัดความแบนของพื้นผิว(surface flatness) ความหยาบของพื้นผิว(surface roughness) ความเป็นคลื่นของพื้นผิว(surface waviness) คุณภาพพื้นผิว(surface quality) สภาพพื้นผิวโดยรวม(surface topography) และ ลักษณะพื้นผิว(surface characterization) ซึ่งเครื่องสามารถทำการวัดได้เป็น 3 มิติ คือแกน x แกน y และแกน z โดยเครื่องจะทำการวิเคราะห์พื้นผิวอย่างคร่าวๆ แล้วแสดงผลออกมาเป็นแถบสีซึ่งบอกความสูงต่ำของพื้นผิว รวมทั้งบอกว่าไม่สามารถวัดบริเวณใด โดยพื้นที่สีขาวแสดงพื้นที่ที่สูงสุด รองลงมาสีแดง เหลือง เขียว ฟ้า น้ำเงิน และ สีดำแสดงพื้นที่ที่ต่ำสุด แล้วจึงออกคำสั่งให้ทำการวัดความหยาบของพื้นผิวด้วยหัวเข็ม ซึ่งจะแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิตอลและกราฟบนหน้าจอต่อไปโดยในการวัดแต่ละครั้งต้องควบคุมค่าfilterเพื่อให้ได้ค่าSaที่ถูกต้อง

$$Ra = 1/L_0\int^{l} \left| y(x) \right| dx$$

รูปที่ 2 แสดงสูตรในการคำนวณหาค่าความหยาบของพื้นผิวแบบ 2 มิติ[68]

4.2 ความหยาบของพื้นผิวและการยึดเกาะของเซลล์

ความหยาบของพื้นผิว ถือเป็น หนึ่งในสามปัจจัยหลัก(ได้แก่ ส่วนประกอบของพื้นผิว คุณสมบัติทางเคมีของพื้นผิว และ สภาพของพื้นผิวโดยรวม) ที่มีอิทธิพลต่อ การยึดเกาะ การเพิ่มจำนวน และ การเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ของเซลล์กระดูก[69] โดยพบว่าเซลล์ออสติโอบลาส จะมีการยึดเกาะมากขึ้น เมื่อมีพื้นผิวที่หยาบขึ้น(Ra > 1 micron) ซึ่งการเตรียมพื้นผิวให้หยาบขึ้น เช่น การเป่าทรายจะมีการยึดเกาะของเซลล์ออสติโอบลาสมากกว่าพื้นผิวที่เรียบ[70] แต่ก็พบว่าการเตรียมพื้นผิวให้หยาบขึ้นก็ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของพื้นผิวด้วย[71 ในขณะเดียวกันบางครั้งก็พบว่าพื้นผิวที่หยาบก็ไม่มีผลต่อการยึดเกาะของเซลล์เช่นกัน[72] ดังนั้นในการทดลองนี้จำเป็นต้องศึกษาการตอบสนองของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวที่มีความหยาบต่างกันด้วย ซึ่งเป็นการทดลองที่ดูการยึดเกาะเบื้องต้นของเซลล์(ในเวลา 30 นาที) ส่วนการศึกษา

ในเรื่องการเพิ่มจำนวนของเซลล์และการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ต้องศึกษาที่เวลานานขึ้นไปอีก

จากการศึกษาของ Postiglione [45] ในเรื่องของการเพิ่มจำนวนของเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ของเซลล์ SaOS-2 บนพื้นผิวไทเทเนียมที่ต่างกัน พบว่าพื้นผิวที่เรียบจะมีการเพิ่มจำนวนของเซลล์มากที่สุดในพื้นผิว 3 ชนิด(พื้นผิวเรียบ พื้นผิวที่เป่าทราย และ พื้นผิวไทเทเนียมพลาสมาสเปรย์) แต่สำหรับพื้นผิวหยาบจากการเป่าทรายพบว่า มีการเพิ่มของจำนวนเซลล์น้อยกว่าในพื้นผิวเรียบ แต่จะช่วยสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ในออสติโอบลาสติกฟีโนไทป์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสรุปได้ว่าบนพื้นผิวที่หยาบจะมีการเพิ่มจำนวนของเซลล์น้อย แต่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ในออสติโอบลาสติกฟีโนไทป์มาก และจะพบว่ามีการทำงานของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส(ALP) และการผลิตเอ็กซ์ตราเซลลูลาร์แมทริกส์(ECM)เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังแนะนำว่าพื้นผิวที่หยาบน่าจะให้ผลทางชีววิทยาที่ดีกว่าต่อรากเทียมทางทันตกรรมที่ทำการฝังลงไป เนื่องจากว่ามันช่วยเหนี่ยวนำให้เซลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ในออสติโอบลาสติกฟีโนไทป์มากยิ่งขึ้น อันจะเป็นการช่วยส่งเสริมการหาย และการคงสภาพ ของการประสานยึดระหว่างเซลล์กระดูกและพื้นผิวรากเทียมในระยะยาว

4.3 ความหยาบของพื้นผิวและการเกิดชั้นออกไซด์

จากการศึกษาของ Keller[73] แสดงให้เห็นว่า การทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และการทำไร้เชื้อด้วยการอบก๊าซเอทีลีนออกไซด์ บนพื้นผิวไทเทเนียมบริสุทธิ์ทางการค้าที่ขัดเรียบด้วยกระดาษทราย600-grit ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นออกไซด์บนพื้นผิว จาก 3 นาโนเมตร ที่ได้จากการควบคุมความหนาของชั้นออกไซด์ให้ใกล้เคียงกันด้วยการทำแอซิด พาสซิเวชัน(acid passivation treatment) กลายมาเป็น 5 นาโนเมตรหลังจากอบด้วยก๊าซเอทีลีนออกไซด์ และ 25 นาโนเมตรหลังจากการอบไอน้ำภายใต้ความดัน นอกจากนี้ยังพบว่า การอบไอน้ำภายใต้ความดันทำให้เกิดการปนเปื้อนบนพื้นผิวจากอิออนต่างๆ เช่น เหล็ก คลอรีน และ ไนโตรเจน ซึ่งผลจากการปนเปื้อนนี้ส่งผลให้เกิดการลดพลังงานของ

พื้นผิว และทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของเซลล์(rat calvarial osteoblast like cells)บนพื้นผิวไทเทเนียมบริสุทธิ์ทางการค้าลดลงด้วย[74] ซึ่งผลการทดลองของ Vezeau [53] ก็เป็นไป

ในทางเดียวกัน แต่ใช้เซลล์เป็นชนิดไฟโบรบลาสต์ และมีการเตรียมพื้นผิวโลหะไทเทเนียมบริสุทธิ์ทางการค้าให้เรียบด้วยกระดาษทราย 600-grit โดยพบว่า พื้นผิวของชิ้นงานหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันมีการยึดเกาะและการแผ่(spreading)ของเซลล์น้อยกว่า การอบก๊าซเอทีลีนออกไซด์ และพบว่ามีการปนเปื้อนมากที่สุดในวิธีการทำไร้เชื้อทั้งสามวิธี คือ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน การอบก๊าซเอทีลีนออกไซด์ และการอบด้วยรังสียูวี ดังนั้นถ้าข้อมูลเหล่านี้เป็นจริง อาจคาดเดาผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ ได้ว่ากลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดันน่าจะมีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว และน่าจะมีการยึดเกาะและการแผ่ของเซลล์น้อย

จากการศึกษาของ Lumbikanonda[75] ซึ่งทำการศึกษาการยึดเกาะและการแผ่ของเซลล์กระดูก(ชนิด primary calvarial cell) บนพื้นผิวไทเทเนียมบริสุทธิ์ทางการค้า ซึ่งมีการเตรียมพื้นผิวเป็น 5 ชนิด คือ พื้นผิวเรียบ พื้นผิวที่เป่าด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ พื้นผิวไทเทเนียมพลาสมาสปรย์ พื้นผิวไฮดรอกซีอะพาไทท์ และ พื้นผิวไฮดรอกซีอะพาไทท์พลาสมาสเปรย์ และทั้งหมดทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน ปรากฏว่า พื้นผิวเรียบ พื้นผิวที่เป่าด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ และ พื้นผิวไฮดรอกซีอะพาไทท์ มีจำนวนของเซลล์ในระยะที่1 มากที่สุด และถ้าเทียบจำนวนของเซลล์ในระยะที่ 1 เพียงอย่างเดียว พบว่าพื้นผิวที่เป่าด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์มีจำนวนมากที่สุดเมื่อเทียบกับทุกพื้นผิว ส่วนพื้นผิวที่ผ่านการทำพลาสมาสเปรย์ พบว่า มีจำนวนเซลล์ในทุกๆระยะพอๆกัน เมื่อพิจารณาพื้นผิวเรียบ โดยดูการแผ่ของเซลล์ในระยะที่ 4 เทียบกับพื้นผิวอื่น พบว่ามีการแผ่ของเซลล์มากที่สุดและค่อนข้างแนบไปกับพื้นผิว ส่วนในพื้นผิวที่เป่าด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ พบว่าเซลล์ในระยะที่ 4 มีรูปร่างเปลี่ยนไปและไม่มีการปรับตัวให้แนบไปกับพื้นผิว โดยจะเกาะกับส่วนที่ยื่นขึ้นมา และผลจากความขรุขระของพื้นผิวการเกิดเป็นหลุม เป็นช่องว่างบนพื้นผิว ส่งผลให้เซลล์ไม่สามารถแผ่ออกไปได้มาก(จึงพบจำนวนเซลล์ในระยะที่ 1 มากที่สุด) ดังนั้นถ้าข้อมูลเหล่านี้เป็นจริง อาจคาดเดาผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ ได้ว่ากลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน น่าจะพบเซลล์ระยะที่ 1 มากที่สุด ส่วนในระยะที่ 4 น่าจะพบว่ามีการแผ่ของเซลล์ไม่มาก และไม่แนบไปกับพื้นผิว ส่วนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดันน่าจะพบเซลล์ในระยะ 3 , 4 มากกว่าหรือ พอๆกับระยะที่ 1 , 2 เนื่องจากเซลล์น่าจะแผ่ออกไปได้สะดวกกว่าและแนบไปกับพื้นผิว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ

การทดลองนี้ใช้โลหะผสมไทเทเนียม 2 ขนาด คือ

1. **ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 26 ชิ้น** แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 13 ชิ้น กลุ่มแรกนำไปเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย กลุ่มที่สองเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบหลังจากนั้นในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม กลุ่มย่อยละ 6-7 ชิ้น กลุ่มย่อยแรกนำไปทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อด้วยวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว ส่วนกลุ่มย่อยที่สองทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว

2. **เส้นผ่านศูนย์กลาง 14.5 มิลลิเมตร จำนวน 14 ชิ้น** แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 ชิ้น กลุ่มแรกนำไปเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย กลุ่มที่สองเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบหลังจากนั้นในแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม กลุ่มย่อยละ 3-4 ชิ้น กลุ่มย่อยแรกนำไปทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวและอิทธิพลของการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อการยึดเกาะของเซลล์ ส่วนกลุ่มย่อยที่สองนำไปทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวและอิทธิพลของการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อการยึดเกาะของเซลล์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการ

1.1 **การเตรียมผิวไทเทเนียม** การเตรียมพื้นผิวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกนำไปเตรียมพื้นผิวด้วยเครื่องขัด(polishing machine) โดยการขัดเรียบจะทำการขัดด้วยกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ เบอร์ 320/P400 เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยเบอร์ 600/P1200 เป็นเวลา 2 นาที โดยมีอัตรา 200 รอบต่อนาที ส่วนกลุ่มที่สอง เตรียมพื้นผิวโดยขัดด้วยกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ เบอร์ 320/P400 เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยเบอร์ 600/P1200 เป็นเวลา 2 นาที โดยมีอัตรา 200 รอบต่อ

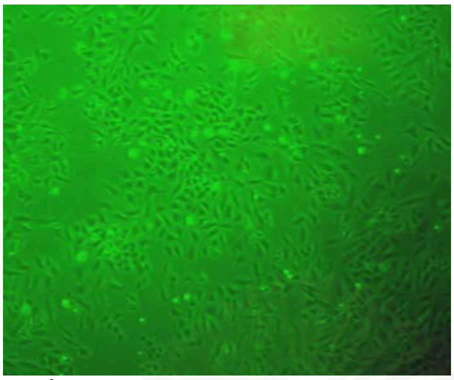
นาที ตามด้วยการเป่าทราย(sandblast) ด้วยผงอลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน(micron) ยี่ห้อ Shofu™ ที่ความดัน 7 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที โดยควบคุมระยะห่างและแรงในการเป่าให้คงที่ เพื่อเตรียมพื้นผิวให้มีค่าความหยาบเฉลี่ย[average roughness (Ra)]เท่ากัน

รูปที่ 3 แสดงเครื่องขัด

1.2 **การนำโลหะผสมไทเทเนียมมาทำความสะอาด** นำโลหะผสมไทเทเนียมที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวมาทำความสะอาด โดยสั่นในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นผึ่งให้แห้งภายใต้อุณหภูมิห้อง

1.3 **การเพาะเลี้ยงเซลล์**

ชนิดของเซลล์ เซลล์ที่ใช้ทดสอบจะใช้เซลล์ไลน์ออสติโอซาร์โคมาของมนุษย์(SaOS-2)โดยเซลล์ไลน์ SaOS-2 จะถูกเพาะเลี้ยงในจานเลี้ยงเซลล์(tissue culture dish; Nunc) ขนาด 60 มิลลิเมตร อาหารเลี้ยงเซลล์ที่ใช้คือ DMEM(Dulbecco's Modified Eagle Medium) ที่เติมซีรัม(fetal bovine serum; FBS) ร้อยละ10, กลูตามีน(glutamine) และยาต่อต้านเชื้อรา (antimycotics) เซลล์จะถูกเลี้ยงในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศร้อยละ 5 เมื่อเซลล์บนจานเลี้ยงเจริญจนเต็มพื้นที่ของจานเลี้ยงเซลล์แล้ว เซลล์จะถูกถ่ายออกไปเลี้ยงในจานเลี้ยงเซลล์ใหม่ ในอัตราส่วน 1: 3 (หว่านเซลล์ 1 ใน 3 ของเซลล์ทั้งหมดต่อจานเลี้ยงเซลล์ใหม่ 1 จาน) ด้วยการใช้ทริปซิน(trypsin)



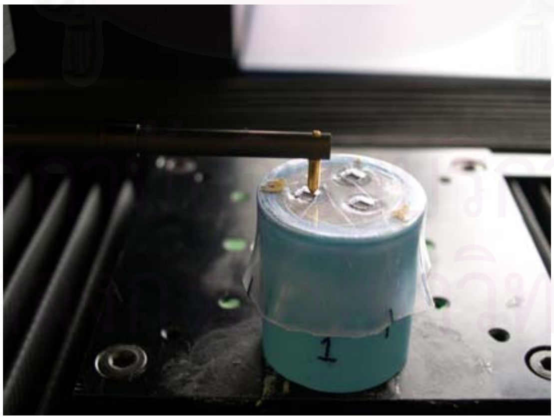
รูปที่ 4 แสดงลักษณะของเซลล์ไลน์ SaOS-2

1.4 การทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว โดยการนำเอาโลหะผสมไทเทเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ของทั้งสองกลุ่ม นำไปวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ [Talyscan 150, Tylor Hobson, USA.] โดยวัดที่ความเร็ว 3000 ที่อุณหภูมิ 24.7-26.1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 45.7- 50.4 โดยวัดความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องHygrometer testo 608-H1 จากนั้นนำไปผ่านการทำไร้เชื้อ 2 วิธี คือ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน และ การฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ เพื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ

รูปที่ 5 แสดงเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์

โดยมีควบคุมพื้นที่และตำแหน่งในการวัดของแต่ละชิ้นให้คงที่ ด้วยการทำแม่แบบ(template) เป็นลักษณะบล็อกเพื่อยึดแต่ละชิ้นงานและทำเครื่องหมายด้านข้างของชิ้นงานและบล็อก ชิ้นงานละ 3 ตำแหน่งหลังจากนั้นทำการบากลงบนด้านข้างบล็อก 3 ตำแหน่งและใช้เครื่องอัดร้อนสูญญากาศอัดพลาสติกแบบแข็งลงบนบล็อกอีกทีหลังจากนั้น เจาะเป็นหน้าต่างขนาด 2 x 2 มิลลิเมตรให้มีตำแหน่งอยู่กึ่งกลางของแต่ละชิ้นงานเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นตำแหน่งเดิมในการวัด นอกจากนี้ยังต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับการวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ

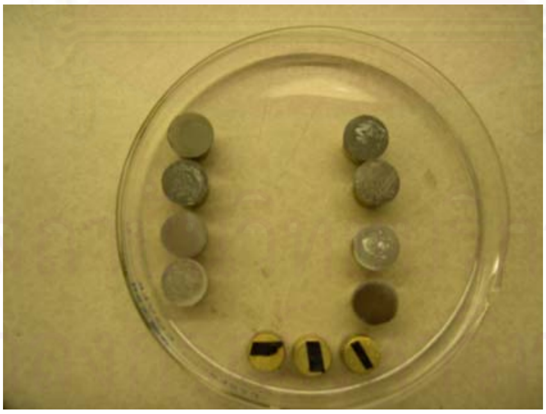
รูปที่ 6 แสดงแม่แบบที่ใช้เป็นตัวควบคุมพื้นที่และตำแหน่งในการวัด



รูปที่ 7 แสดงการวัดแบบด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์แบบหัวเข็มโดยใช้แม่แบบเป็นตัวควบคุมพื้นที่และตำแหน่งในการวัด

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 การทดสอบการยึดเกาะของเซลล์กับโลหะผสมไทเทเนียมหลังการทำไร้เชื้อ โดยทดสอบกับเซลล์ไลน์ออสติโอซาร์โคมาของมนุษย์ (SaOS-2) โดยเซลล์ถูกถ่ายลงในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม (24-well plate) ซึ่งมีการใส่โลหะผสมไทเทเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.5 มิลลิเมตร (จำนวน 14 ชิ้น) ที่ได้จากการทำไร้เชื้อ 2 วิธี โดยมีความหนาแน่น 5,000 เซลล์/หลุม/มิลลิลิตร เลี้ยงในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศร้อยละ 5 เป็นเวลา 30 นาทีหลังจากหว่านเซลล์ SaOS-2 บนผิวของโลหะผสมไทเทเนียม เพื่อดูการยึดเกาะขั้นต้น(initial attachment) เมื่อครบเวลาอาหารเลี้ยงเซลล์จะถูกดูดออก จากนั้นล้างเอาเซลล์ที่ไม่ได้ยึดติดออก ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ แล้วตรึงเซลล์ด้วยกลูตาราลดีไฮด์(glutaralaldehyde in phosphate buffer)ความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำให้ปราศจากน้ำ(dehydration) ด้วยวิธีแอลกอฮอล์ซีรีส์(alcohol series) โดยดูดกลูตาราลดีไฮด์ออกและแทนที่ด้วยเอทานอลร้อยละ 30, 50, 70, 90 และ เอทานอลร้อยละร้อย (absolute ethanol) ตามลำดับ โดยแต่ละความเข้มข้นนาน 2 นาที หลังจากนั้นดูดเอทานอลร้อยละร้อย ออก และใส่ HMDS(hexamethyldisilasane) ปริมาณ 500 ไมโครลิตรต่อหลุม(500 μl/well) เป็นเวลานาน 5 นาที หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากแห้งแล้วนำไปผ่านการเคลือบผิวด้วยทองเพื่อศึกษาการยึดเกาะของเซลล์ ด้วยเครื่อง JEOL JSM-5410 LV Scanning Microscope ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 8 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบด้วยทองก่อนนำเข้าเครื่อง SEM

รูปที่ 9 แสดงเครื่อง SEM

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อน และหลังการทำไร้เชื้อ ได้วัดโดยพยายามควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกัน และมีการควบคุมทั้งตำแหน่งและบริเวณที่ทำการวัดบนแต่ละชิ้นงานให้เหมือนกันดังวิธีที่กล่าวไปแล้ว และการวัดทั้งหมดทำโดยผู้ทดลองเพียงคนเดียว ส่วนข้อมูลที่เก็บรวบรวมมามีการเก็บข้อมูลที่เป็นค่า Sa Sq St Sz Svและ Sp โดยในขั้นแรกนำค่า Sa มาคำนวณทางสถิติก่อน หลังจากได้ผลแล้ว จึงนำค่าที่เหลือมาคำนวณทางสถิติและดูความเปลี่ยนแปลงประกอบกับข้อมูลที่รวบรวมออกมาในรูปแบบ ภาพ 3 มิติ เพื่อใช้ในการอธิบายผลของการทดลอง ซึ่งมีนิยาม ดังนี้[64]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

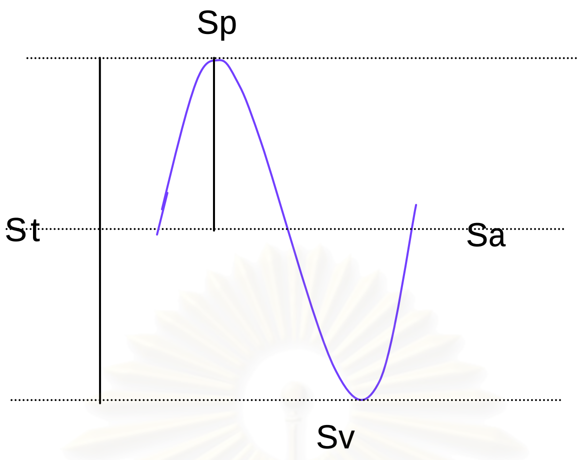
Sa : arithmetic mean of the deviations from the mean plane

Sq : root mean square of the mean of the deviations from the mean plane

St : total peak to valley over the sample area

Sv : depth of the deepest valley to the mean plane

Sp : height of the highest peak to the mean plane



รูปที่ 10 แสดงค่า Sa St Sp และ Sv

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์และสรุปผล

เกณฑ์เทียบระดับความคิดเห็น

เนื่องจากข้อมูลที่รวบรวมเพื่อศึกษาเรื่องความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวมีความละเอียดมาก คือ มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง จึงทำให้เกณฑ์เทียบระดับความคิดเห็นจำเป็นต้องมีความละเอียดมากเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ ระดับนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$ และใช้ $\alpha = 0.05$ สำหรับการศึกษาเรื่องการยึดเกาะของเซลล์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

1. ผลของการทำไร้เชื้อ

1.1 ผลของการทำไร้เชื้อต่อความหยาบของพื้นผิว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว ก่อน และ หลังการทำไร้เชื้อมีค่าเฉลี่ย(mean)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(standard deviation, SD.)ดังแสดงในตารางที่ 2

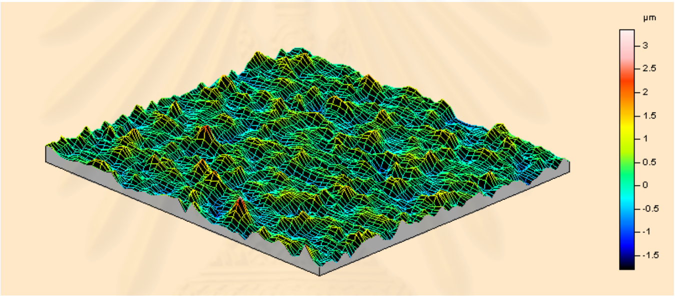
ชนิดของพื้นผิว	วิธีการทำไร้เชื้อ	ความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ		ความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ	
		Mean	SD.	Mean	SD.
พื้นผิวเรียบ	ฉายรังสีแกมมา	0.1046	0.0213	0.1133	0.0216
	อบไอน้ำภายใต้ความดัน	0.0922	0.0169	0.0894	0.0126
พื้นผิวหยาบ	ฉายรังสีแกมมา	0.3218	0.0352	0.3696*	0.0199
	อบไอน้ำภายใต้ความดัน	0.3605	0.0200	0.4089	0.0288

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและเรียบ

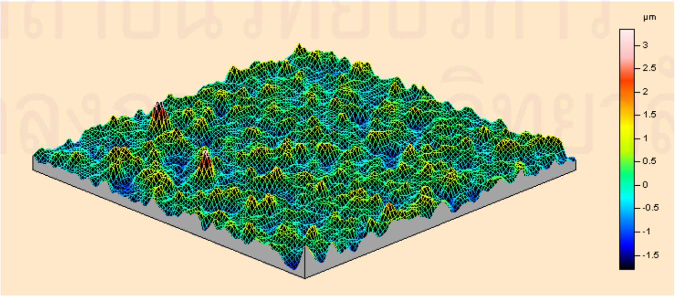
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.1 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อความหยาบของพื้นผิว จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันเปลี่ยนแปลงทั้งในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทรายและกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบ ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 2 และ รูปที่ 11,12,13 และ 14 ตามลำดับ

กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน



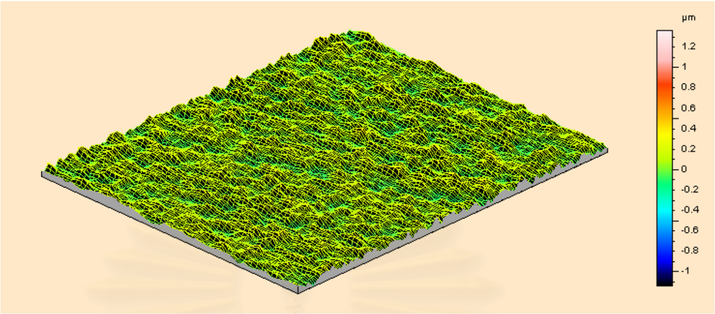
รูปที่ 11 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบก่อนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน



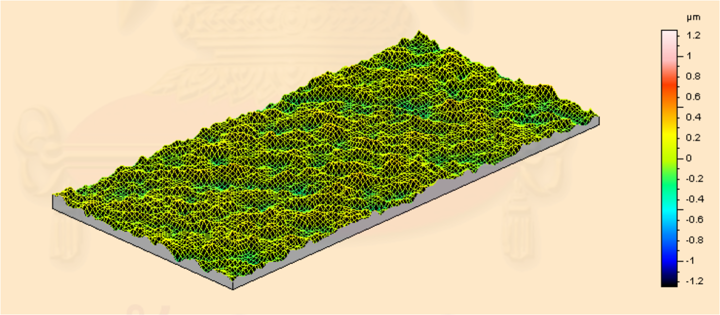
รูปที่ 12 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน



รูปที่ 13 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบก่อนการอบไอน้ำภายใต้ความดัน



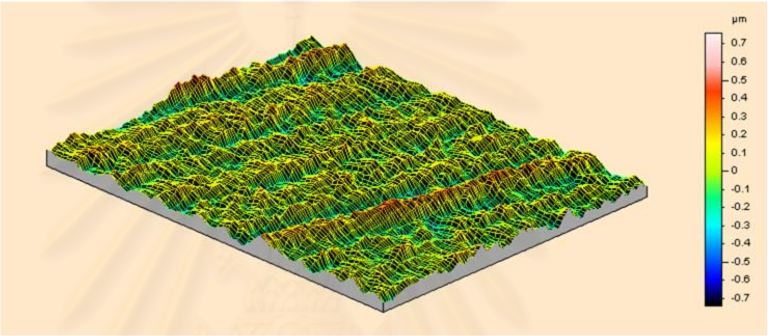
สถาบันวิทยบริการ

รูปที่ 14 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดัน

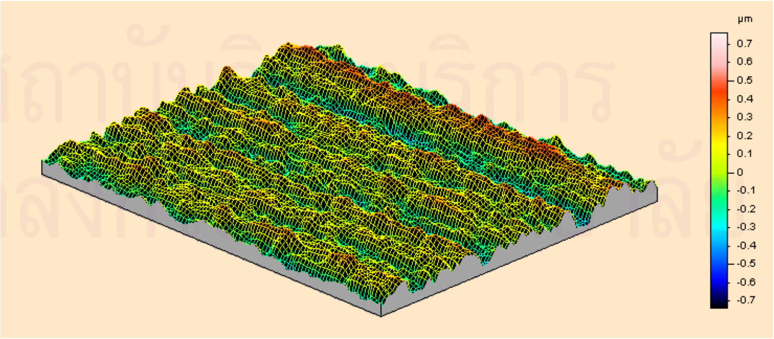
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.2 ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อความหยาบของพื้นผิว พบว่าการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาไม่ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาเปลี่ยนแปลงในกลุ่มพื้นผิวที่ขัดเรียบที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 15,16 ตามลำดับ

กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา



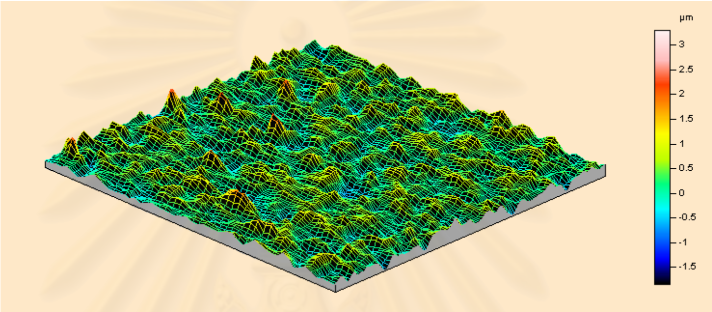
รูปที่ 15 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบก่อนการฉายรังสีแกมมา



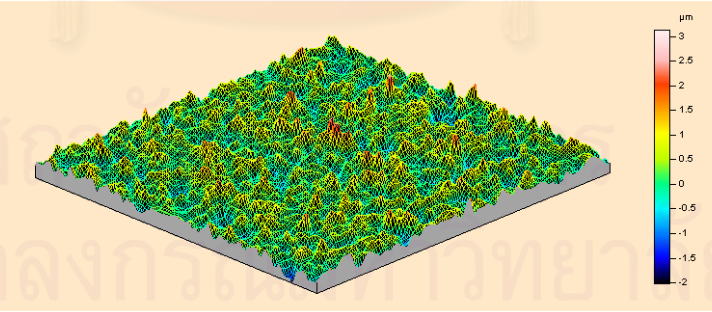
รูปที่ 16 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวเรียบหลังการฉายรังสีแกมมา

แต่ในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย พบว่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมา(0.3696 $\pm$ 0.0199)มีความหยาบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01 (ก่อนการฉายรังสีแกมมาเท่ากับ 0.3218 $\pm$0.0352) ดังแสดงในรูปที่ 17 และ 18

กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา



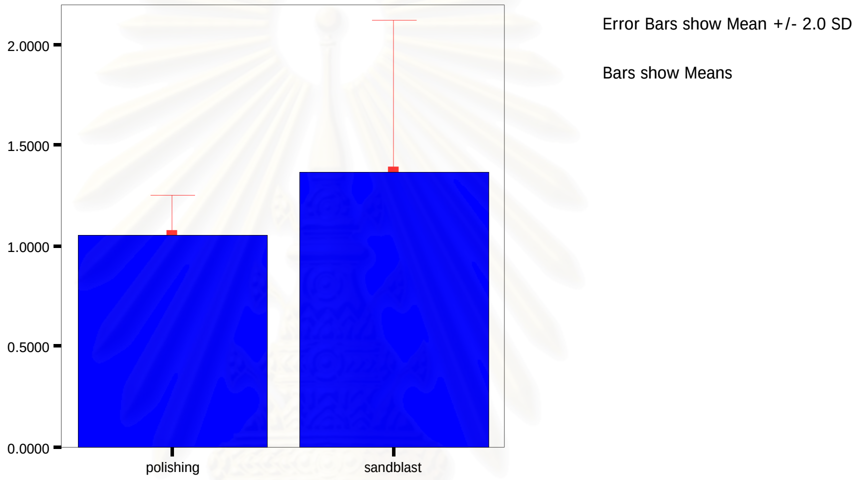
รูปที่ 17 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบก่อนการฉายรังสีแกมมา



รูปที่ 18 แสดงภาพสามมิติความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหยาบหลังการฉายรังสีแกมมา

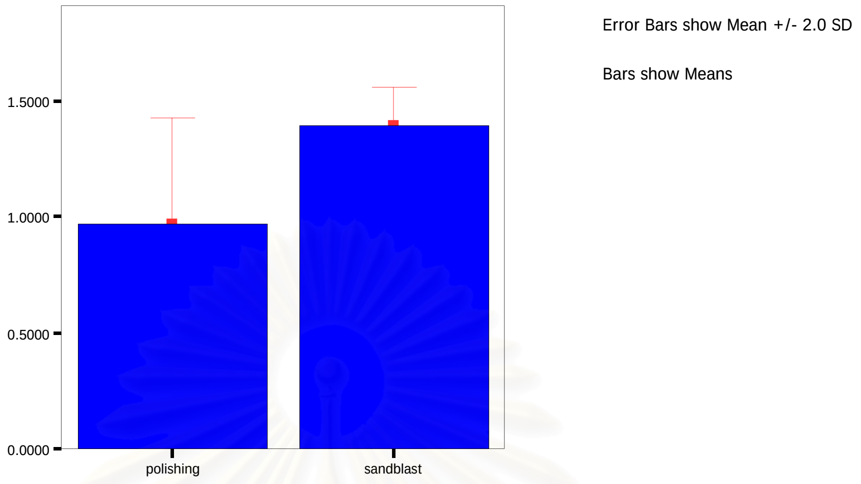
1.2 **ผลของการทำไร้เชื้อต่อเซลล์โดยดูการยึดเกาะของเซลล์** (Cell attachment) SaOS-2

1.2.1 **ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2** พบว่าการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันในกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบมีการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 น้อยกว่าในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย ในอัตราส่วน 1.0500:1.3667



รูปที่ 19 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน

1.2.2 **ผลของการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2** พบว่าการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาในกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบมีการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 น้อยกว่าในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย ในอัตราส่วน 0.9667:1.3962



รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์กลุ่มฉายรังสีแกมมา

2.ผลของการเตรียมพื้นผิว

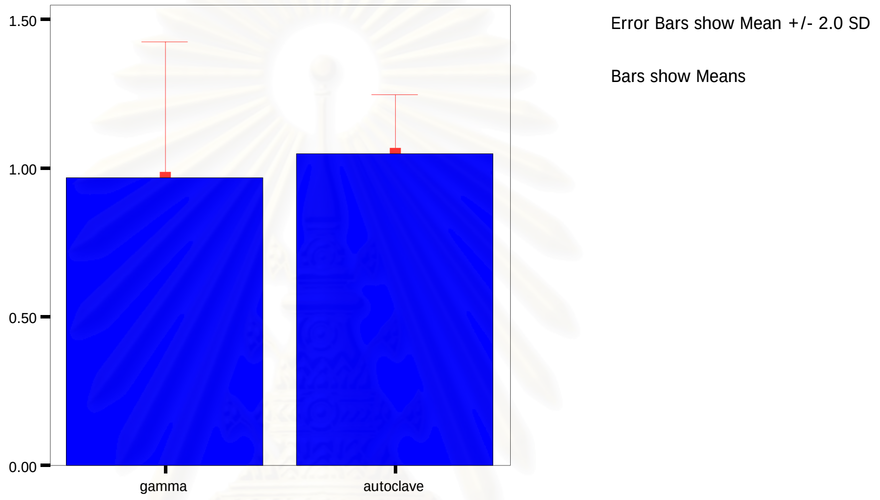
2.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว

2.1.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อทั้งสองวิธี คือทั้งวิธีการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01

2.1.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01 แต่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมา โดยพบว่ามีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01

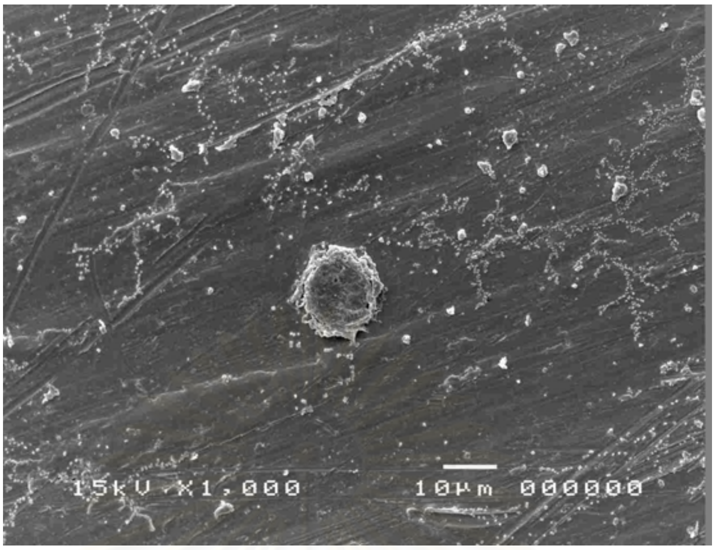
2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2

2.2.1 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบไม่มีความแตกต่างในการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 ระหว่างการทำไร้เชื้อสองวิธี โดยมีอัตราส่วนของ การอบด้วยรังสีแกมมา : การอบไอน้ำภายใต้ความดัน = 0.9667 : 1.0500

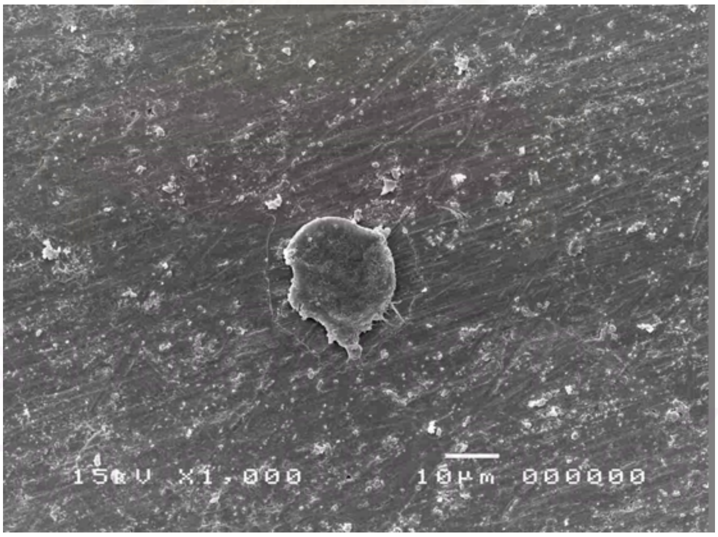


รูปที่ 21 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบ

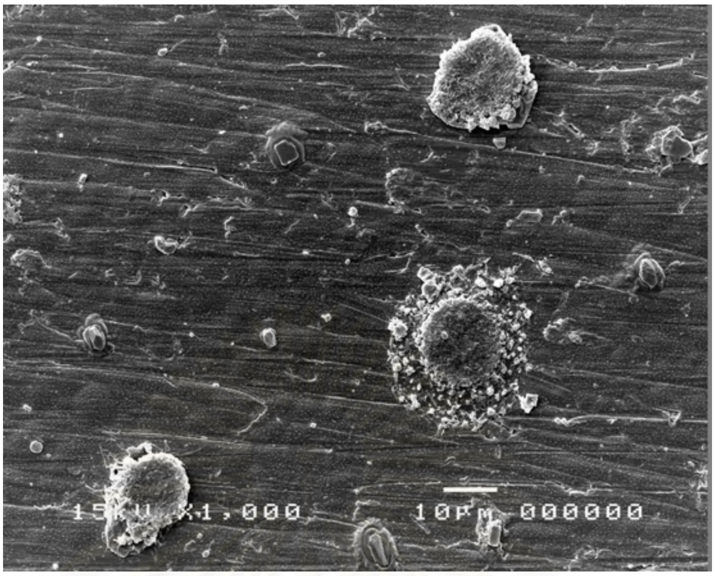
รูปที่ 22 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา



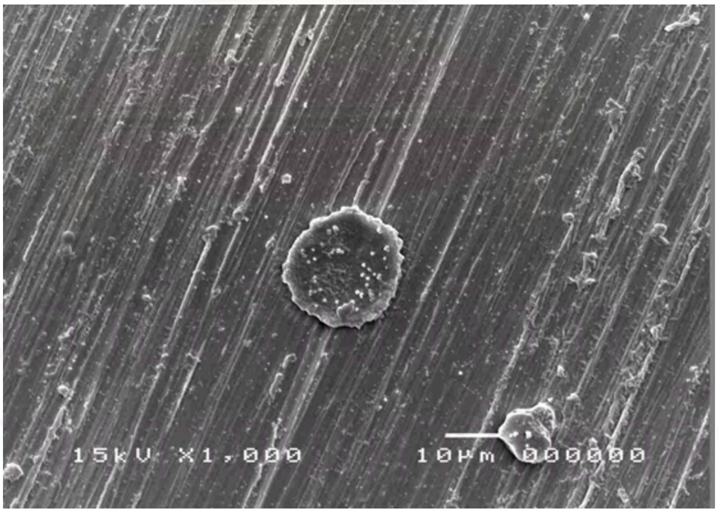
รูปที่ 23 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา



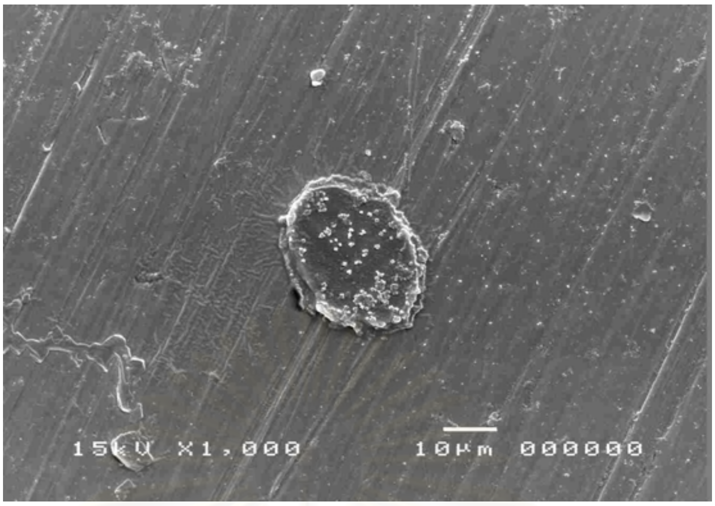
รูปที่ 24 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมา



รูปที่ 25 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

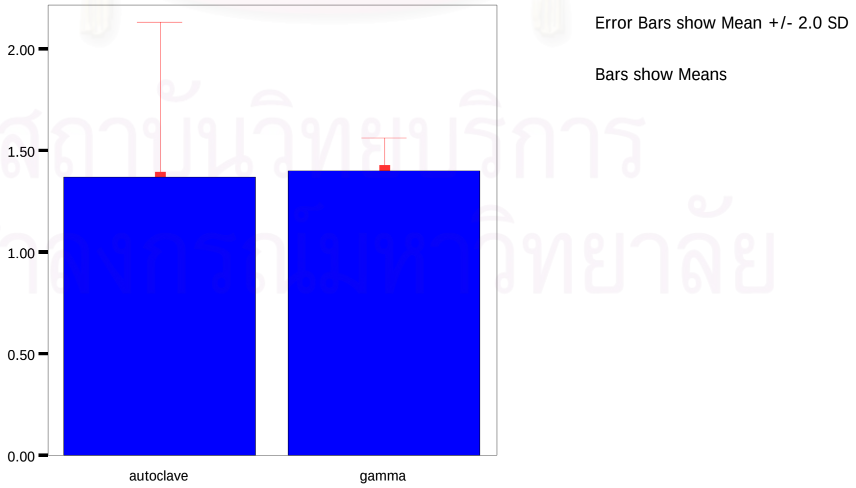


รูปที่ 26 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

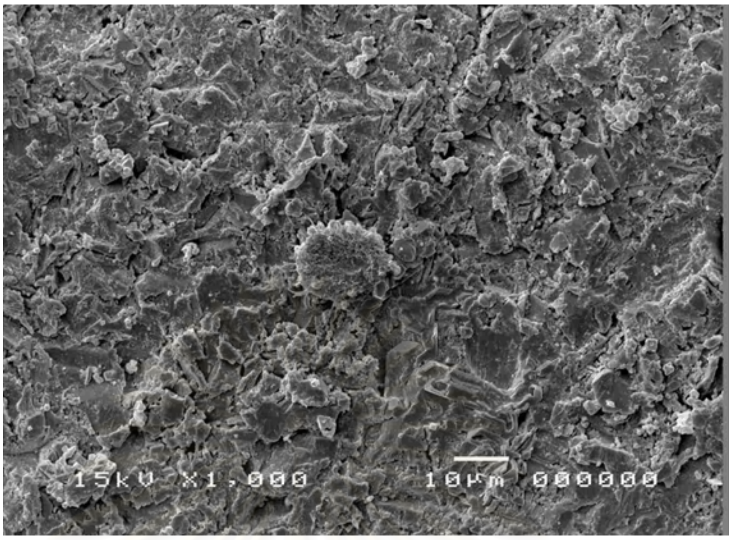


รูปที่ 27 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

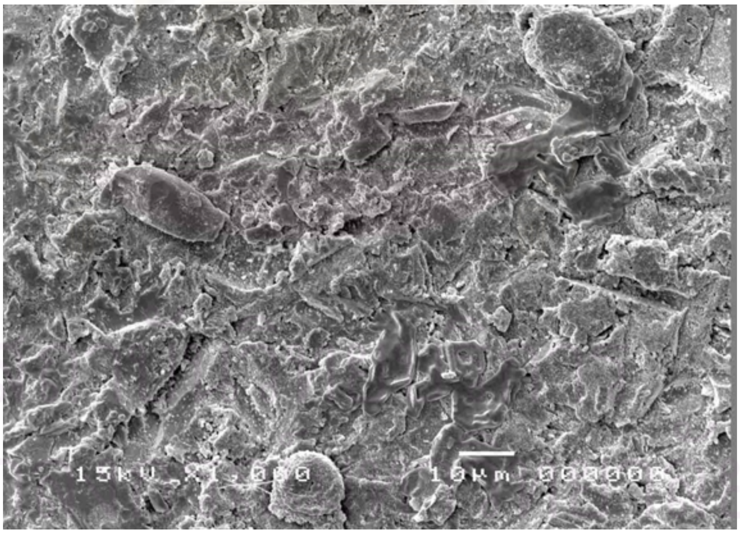
2.2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย ไม่มีความแตกต่างในการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 ระหว่างการทำไร้เชื้อสองวิธี โดยมีอัตราส่วนของ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน:การอบด้วยรังสีแกมมา = 1.3667:1.3962



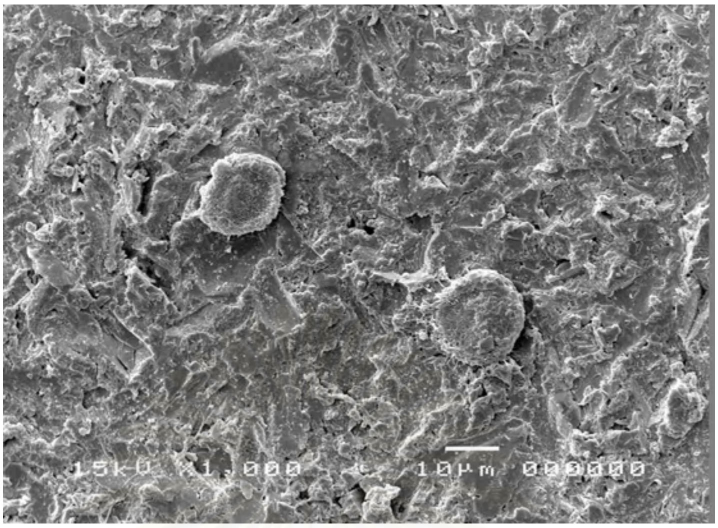
รูปที่ 28 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบ



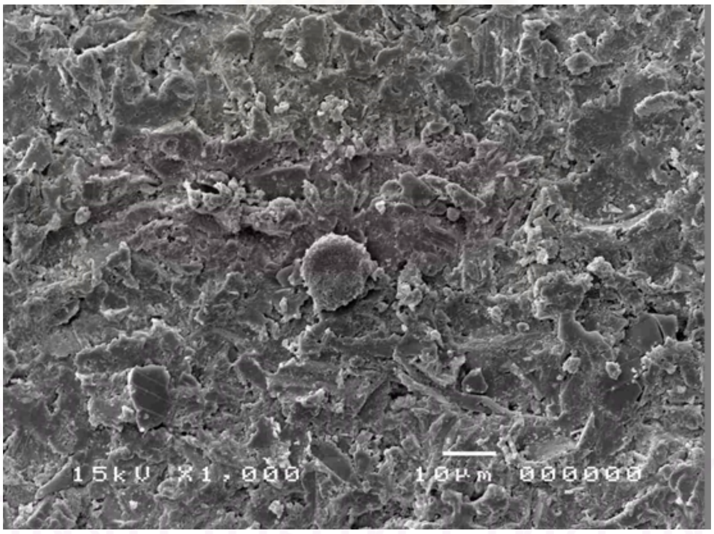
รูปที่ 29 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน



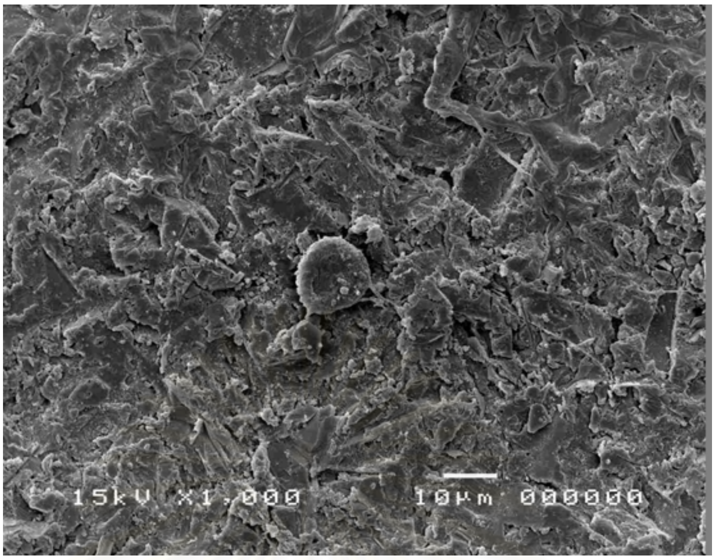
รูปที่ 30 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน



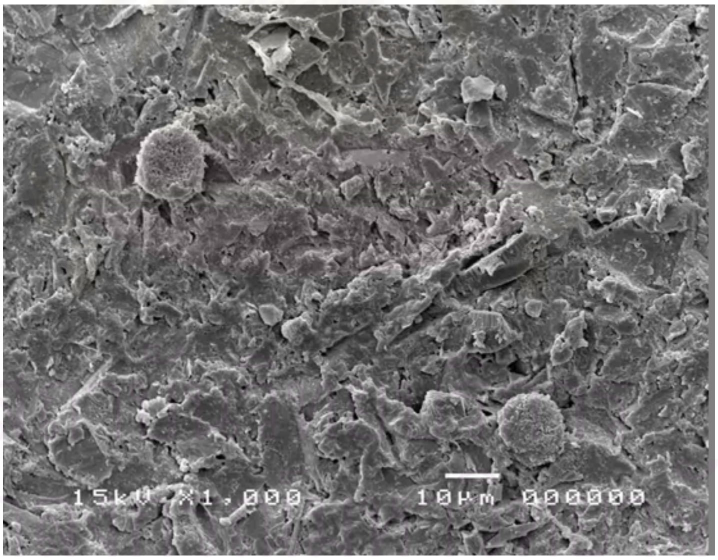
รูปที่ 31 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน



รูปที่ 32 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา

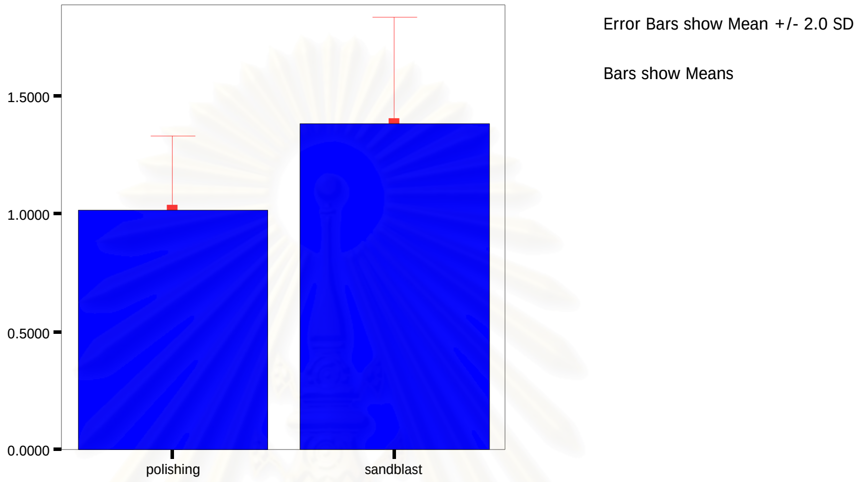


รูปที่ 33 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา



รูปที่ 34 แสดงลักษณะการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา

แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างพื้นผิวขัดเรียบและพื้นผิวหยาบ พบว่ากลุ่มพื้นผิวขัดเรียบมีการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 น้อยกว่าในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ = 0.05 α หรือคิดเป็นอัตราส่วน 1: 1.37



รูปที่ 35 แผนภูมิแสดงอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวเรียบและพื้นผิวหยาบ

ผลการเปรียบเทียบ

1. ผลของการทำไร้เชื้อ

1.1 **ผลของการทำไร้เชื้อต่อความหยาบของพื้นผิว** การอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อน และ หลังการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวทั้งสองชนิด ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01

การฉายรังสีแกมมาไม่ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว ก่อน และ หลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาในกลุ่มพื้นผิวที่ขัดเรียบเปลี่ยนแปลง ส่วนในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย พบว่า ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมามีความหยาบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.01

1.2 **ผลของการทำไร้เชื้อต่อเซลล์โดยดูการยึดเกาะของเซลล์** (Cell attachment) SaOS-2 การยึดเกาะของเซลล์ ในกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบและฉายรังสีแกมมา : กลุ่มพื้นผิวขัดเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน : กลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทรายและฉายรังสีแกมมา : กลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทรายและอบไอน้ำภายใต้ความดัน = 1 : 1.0826 : 1.4443 : 1.4138

ในกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบ พบว่า การอบไอน้ำภายใต้ความดันมีการยึดเกาะของเซลล์ไม่แตกต่างกับการฉายรังสีแกมมา

ในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย พบว่า การอบไอน้ำภายใต้ความดันมีการยึดเกาะของเซลล์ไม่แตกต่างกับการฉายรังสีแกมมา

2.ผลของการเตรียมพื้นผิว

2.1 **ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว** พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบ มีความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อน้อยกว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

การเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อทั้งสองวิธี คือทั้งวิธีการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

การเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทราย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ แต่มีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมา ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

นอกจากนี้ยังพบว่าความหยาบเฉลี่ยในกลุ่มพื้นผิวที่เป่าทรายหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันน้อยกว่าความหยาบเฉลี่ยในกลุ่มพื้นผิวที่เป่าทรายหลังการอบแกมมาที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

2.2 ผลของการเตรียมพื้นผิวต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 ในกลุ่มพื้นผิวขัดเรียบมีการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 น้อยกว่าในกลุ่มพื้นผิวที่ผ่านการเป่าทราย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ = 0.05 α หรือคิดเป็นอัตราส่วน 1: 1.37

ผลการวิเคราะห์ปัจจัย

ตอนที่ 1

1. การทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ ด้วยวิธี 1-WAY ANOVA (surface preparation : Saก่อน) โดยที่

1.1 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทุกอัน (Tests of Normality)

1.2 Levene's Test

H_0: σ^2 polishing. Sa ก่อน = σ^2 sandblast, Sa ก่อน

H_1: σ^2 polishing. Sa ก่อน $\neq$ σ^2 sandblast, Sa ก่อน

ผลคือ ยอมรับ H_0 **นั่นคือ** σ^2 polishing. Sa **ก่อน** = σ^2 sandblast, Sa **ก่อน** **นั่นคือจะใช้สถิติทดสอบ F-Test ในตารางได้**

1.3 **การทดสอบอิทธิพลของวิธีการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ**

H_0: วิธีการเตรียมพื้นผิวไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว ก่อนการทำไร้เชื้อ(μ polishing,Saก่อน = μ sandblast,Saก่อน)

H_1: วิธีการเตรียมพื้นผิว มีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อต่างกัน (μ polishing,Saก่อน $\neq$ μ sandblast,Saก่อน)

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ วิธีการเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อต่างกัน ที่ α= 0.01 จึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี Independent t-test (surface preparation : Sa**ก่อน) โดยที่** σ^2 polishing, Sa **ก่อน** = σ^2sandblast, Sa **ก่อน**

H_0: μ polishing, Sa ก่อน = μ sandblast, Sa ก่อน

H_1: μ polishing, Sa ก่อน < μ sandblast,Sa ก่อน

ผล คือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ μ polishing ,Sa **ก่อน <** μ sandblast, Sa **ก่อน ที่** α= 0.01

2. **การทดสอบอิทธิพลที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ ด้วยวิธี** 2 - WAY ANOVA (surface preparation, sterilization : Sa**หลัง) โดยที่**

2.1 **ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทุกอัน** (Tests of Normality)

2.2 Levene's Test

H_0: σ^2 sandblast ,Sa หลัง = σ^2 polishing,Sa หลัง = σ^2 autoclave,Sa หลัง = σ^2 gamma,Sa หลัง

H_1: มี σ^2 อย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน

ผลคือ ยอมรับ H_0นั่นคือ σ^2 sandblast ,Sa **หลัง** = σ^2 polishing,Sa **หลัง** = σ^2 autoclave,Sa **หลัง** = σ^2 gamma,Sa **หลัง นั่นคือจะใช้สถิติทดสอบ** F-Test **ในตารางได้**

2.3.1 **การทดสอบอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ**

H_0: การเตรียมพื้นผิว ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ (μ sandblast,Saหลัง = μ polishing,Saหลัง)

H_1: การเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพล ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน (μ sandblast,Saหลัง $\neq$ μ polishing,Saหลัง)

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน ที่ $\alpha = 0.01$

2.3.2 การทดสอบอิทธิพลของการทำไร้เชื้อที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ

H_0: การทำไร้เชื้อไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ (ค่า Ra หลังการทำไร้เชื้อทุกวิธีไม่ต่างกัน)

H_1:การทำไร้เชื้อมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การทำไร้เชื้อมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกันที่ $\alpha = 0.01$

2.3.3 การทดสอบอิทธิพลร่วมของการทำไร้เชื้อและการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ

H_0: การเตรียมพื้นผิวและการทำไร้เชื้อไม่มีอิทธิพลร่วมต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ

H_1: การเตรียมพื้นผิวและการทำไร้เชื้อมีอิทธิพลร่วมต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ การเตรียมพื้นผิวและการทำไร้เชื้อมีอิทธิพลร่วมต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ ที่ $\alpha = 0.01$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อ 2.3.1 ผลการทดสอบพบว่ามีอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ จึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี 1 - WAY ANOVA(surface preparation : Sa**หลัง) โดยที่**

2.3.1.1 **ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทุกอัน** (Tests of Normality)

2.3.1.2 Levene's Test

H_0: σ^2 polishing ,Sa หลัง = σ^2 sandblast ,Sa หลัง

H_1: σ^2 polishing ,Sa หลัง $\neq$ σ^2 sandblast ,Sa หลัง

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 **นั่นคือ** σ^2 polishing ,Sa **หลัง** $\neq$ σ^2 sandblast ,Sa **หลัง แต่สามารถปรับโดยใช้** LSD **ได้ทำให้สามารถใช้สถิติทดสอบ** F-Test **ในตารางได้**

2.3.1.3. **การทดสอบอิทธิพลของวิธีการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ**

H_0: วิธีการเตรียมพื้นผิวไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ (μ polishing,Saหลัง = μ sandblast,Saหลัง)

H_1: วิธีการเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน (μ polishing,Saหลัง $\neq$ μ sandblast,Saหลัง)

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 **นั่นคือ วิธีการเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน ที่** α= 0.01 **จึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี** Independent t-test (surface preparation : Sa**หลัง) โดยที่** σ^2 polishing, Sa **หลัง** = σ^2sandblast, Sa **หลัง**

H_0: μ polishing, Sa หลัง = μ sandblast, Sa หลัง

H_1: μ polishing, Sa หลัง < μ sandblast, Sa หลัง

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ μ polishing ,Sa **หลัง** $<$ μ sandblast, Sa **หลัง ที่** α= 0.01

จากข้อ 2.3.2 **ผลการทดสอบพบว่ามีอิทธิพลของการทำไร้เชื้อต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ จึงทำการทดสอบต่อด้วยวิธี** 1 - WAY ANOVA (sterilization : Sa**หลัง) โดยที่**

2.3.2.1 **ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทุกอัน** (Tests of Normality)

2.3.2.2 Levene's Test

H_0: σ^2 gamma ,Sa หลัง = σ^2 autoclave ,Sa หลัง

H_1: σ^2 gamma ,Sa หลัง $\neq$ σ^2 autoclave ,Sa หลัง

ผลคือ ปฏิเสธ H_0 **นั่นคือ** σ^2 gamma ,Sa **หลัง** $\neq$ σ^2 autoclave ,Sa **หลัง แต่สามารถปรับโดยใช้** LSD **ได้ทำให้สามารถใช้สถิติทดสอบ** F-Test **ในตารางได้**

2.3.2.3 **การทดสอบอิทธิพลของวิธีการทำไร้เชื้อที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ**

H_0: วิธีการทำไร้เชื้อ ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ(μ gamma,Saหลัง = μ autoclave,Saหลัง)

H_1: วิธีการทำไร้เชื้อมีอิทธิพล ทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อต่างกัน (μ gamma,Saหลัง $\neq$ μ autoclave,Saหลัง)

ผลคือ ยอมรับ H_0 **นั่นคือ วิธีการทำไร้เชื้อไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อ** (μ gamma,Sa**หลัง** = μ autoclave,Sa**หลัง) ที่** α= 0.01 **นั่นคือ การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวของทั้ง** 2 **กลุ่ม คือ กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการขัดเรียบและด้วยการเป่าทราย ส่วนวิธีการทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเฉพาะในกลุ่มที่มีการเตรียม**

พื้นผิวด้วยการขัดเรียบเท่านั้น และผลจากการทดสอบอิทธิพลร่วม พบว่ามีอิทธิพลร่วมของการทำไร้เชื้อและการเตรียมพื้นผิวที่มีต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังผ่านการทำไร้เชื้อในกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและฉายรังสีแกมมา โดยพบว่า หลังการทำไร้เชื้อด้วยการฉายรังสีแกมมาความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเพิ่มขึ้น และ มีค่ามากกว่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวของกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ที่ α= 0.01

ตอนที่ 2

1.การทดสอบอิทธิพลที่มีต่อการยึดเกาะของเซลล์ Sa0S-2 หลังผ่านการทำไร้เชื้อ

1.1 **วิธีการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์** โดยพบว่ามีการยึดเกาะของเซลล์บนพื้นผิวที่มีความหยาบมากกว่า(จากวิธีการเป่าทราย) บนพื้นผิวที่เรียบ (จากวิธีการขัดเรียบ)

1.2 **วิธีการทำไร้เชื้อทั้งสองชนิดให้ผลในการยึดเกาะของเซลล์ไม่ต่างกัน**

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

อภิปรายวัสดุวิธีการและผลการวิจัย

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมชิ้นงาน ในการวิจัยนี้ออกแบบชิ้นงานเป็นแผ่น(disc) เพื่อให้สะดวกต่อการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดด้วยเครื่องขัด และง่ายต่อการวัดค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว

การเตรียมพื้นผิว เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการทดสอบเรื่องความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ และผลต่อเซลล์มะเร็งกระดูกชนิด SaOS-2 จึงมีการเตรียมพื้นผิวให้หยาบขึ้นด้วยการเป่าทรายด้วยผงอลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน[76,77] ยี่ห้อShofu™ ที่ความดัน 7 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที โดยควบคุมระยะห่างและแรงในการเป่าให้คงที่ เพื่อเตรียมพื้นผิวให้มีค่าความหยาบเฉลี่ยเท่ากัน และเนื่องจากการเตรียมพื้นผิวหยาบมีเพียงวิธีเดียว จึงเลือกใช้การเตรียมพื้นผิวให้เรียบด้วยการขัดเป็นตัวควบคุมเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง การเตรียมพื้นผิวเรียบด้วยเครื่องขัดโดยใช้กระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์ เบอร์ 320/P400 เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยเบอร์ 600/P1200 เป็นเวลา 2 นาที[78,79] ซึ่งมีอัตรา 200 รอบต่อนาที หลังจากนั้นนำไปทำความสะอาดด้วยการสั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิคในน้ำกลั่น[76]

การทำไร้เชื้อ ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาเนื่องจาก เป็นวิธีการทำไร้เชื้อเครื่องมือผ่าตัดและเครื่องมือทางการแพทย์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันและถือว่าเป็นวิธีการทำไร้เชื้อที่ดีที่สุดที่มีใช้อยู่ในประเทศไทย และเลือกวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันเนื่องจากเป็นวิธีการทำไร้เชื้อที่แนะนำให้ใช้สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการผ่าตัดทางทันตกรรมและใช้กันอย่างแพร่หลาย[50] และมีข้อดีที่เหนือวิธีการในการทำไร้เชื้อวิธีอื่นๆ คือ รวดเร็ว ประหยัด สะดวก และมีใช้อยู่ในทุกคลินิกทันตกรรม และนอกจากนี้ในกรณีที่เกิดความเสียหายต่อบรรจุภัณฑ์ และ มีความจำเป็นต้องทำการทำไร้เชื้อซ้ำ(resterilization)ภายในคลินิก ผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันให้ผลที่เพียงพอในการทำไร้เชื้อ

การวัดความหยาบของพื้นผิว เนื่องจากความหยาบของพื้นผิว ถือเป็น หนึ่งในสามปัจจัยหลัก(ได้แก่ ส่วนประกอบของพื้นผิว คุณสมบัติทางเคมีของพื้นผิว และ สภาพของพื้นผิวโดยรวม) ที่มีอิทธิพลต่อ การยึดเกาะ การเพิ่มจำนวน และ การเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สมบูรณ์ของเซลล์กระดูก[69] แต่ในปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนว่าความหยาบของพื้นผิวมีผลต่อการยึดเกาะของเซลล์กระดูกหรือไม่ คือมีทั้งกลุ่มที่ออกมาสนับสนุนว่า เซลล์ออสติโอบลาสจะมีการยึดเกาะมากขึ้น เมื่อมีพื้นผิวที่หยาบขึ้น(Ra > 1 micron)[70] และมีทั้งกลุ่มที่แย้งว่าพื้นผิวที่หยาบไม่มีผลต่อการยึดเกาะของเซลล์เช่นกัน[72] จึงเป็นที่มาของการทดสอบความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวในการวิจัยนี้

ในการศึกษาความหยาบของพื้นผิวทำได้โดยการใช้เครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ซึ่งจากการศึกษาค่าความหยาบของพื้นผิวมีทั้งแบบ 2 มิติ และแบบ 3 มิติ โดยค่า Ra เป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความหยาบของพื้นผิวแบบ 2 มิติ[63] และเป็นค่าที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้ง่าย ประหยัดเวลาในการวัด เนื่องจากวัดแค่หนึ่งโพรไฟล์ และ พื้นที่ในการวัดน้อยกว่า ซึ่งค่าความหยาบที่ได้จะไม่ละเอียดเท่าค่า Sa ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ให้เป็นแบบ 3 มิติ จึงเกิดค่าพารามิเตอร์ในการวัดความหยาบขึ้นมาใหม่คือค่า Sa(Surface Roughness in Terms of Arithmethic mean deviation of the profile and the surface) คือ ค่าความหยาบเฉลี่ยทั้งหมดของพื้นผิวซึ่ง ข้อดีของค่า Sa คือให้ความละเอียดในการวัดที่สูง สามารถวัดพื้นที่ได้มากขึ้น จำนวนโพรไฟล์มากขึ้น[64,65] ค่า Sa ในปัจจุบันเริ่มมีการใช้กันแพร่หลายโดยเฉพาะการนำมาวัดความหยาบของรากเทียม[66,67] รายงานส่วนใหญ่นิยมใช้ Ra ในการนำเสนอเนื่องจากใช้เครื่องวัดความหยาบแบบ 2 มิติในการวัด นอกจากนี้พบว่าเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ที่วัด 3 มิติได้ มีข้อเสียคือราคาแพงและใช้เวลาในการวัดนานกว่า ในการศึกษานี้ใช้เครื่องโพรฟิโลมิเตอร์แบบ 3 มิติจึงนำเสนอในรูป Sa และได้ทำการศึกษานำร่องพบว่าค่า Ra กับค่า Sa มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน เครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ มีปัจจัยที่ต้องระมัดระวังก่อนที่จะวัดความหยาบของพื้นผิวดังนี้คือ ในการวัดแต่ละครั้งต้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ ควบคุมไม่ให้มีแรงสั่นสะเทือนซึ่งจะมีผลต่อการวัด เนื่องจากในการศึกษานี้วัดค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังดังนั้นต้องกำหนดค่าฟิวเตอร์ ระยะพื้นที่ในการวัดและความเร็วในการวัดให้คงที่ทั้งก่อนและหลังวัด[64] สำหรับความเที่ยงของเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ยอมให้มีความคลาดเลื่อนได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 % $\pm$ 0.004 ไมโครเมตร[76] ซึ่งในการวิจัยนี้ได้มีการทดสอบความเที่ยงของเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ก่อนทำการทดลองด้วยการวัดซ้ำกันหลายๆครั้ง โดยควบคุมความชื้นและ

อุณหภูมิให้มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่ได้ออกมาแสดงให้เห็นว่าเครื่องโพรฟีโลมิเตอร์มีความเที่ยงค่อนข้างสูง ดังค่าที่แสดงในตารางที่ 3

ชิ้นที่	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่3	วัดครั้งที่4	วัดครั้งที่ 5
1	0.0641	0.0686	0.0663	0.0664	0.0655
2	0.0797	0.0787	0.0792	0.0790	0.0785
3	0.0864	0.0861	0.0863	0.0863	0.0800
4	0.1016	0.1014	0.1015	0.1016	0.1013
5	0.1016	0.1029	0.1023	0.1020	0.1023

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวที่วัดได้ในแต่ละครั้งด้วยเครื่องโพรฟีโลมิเตอร์

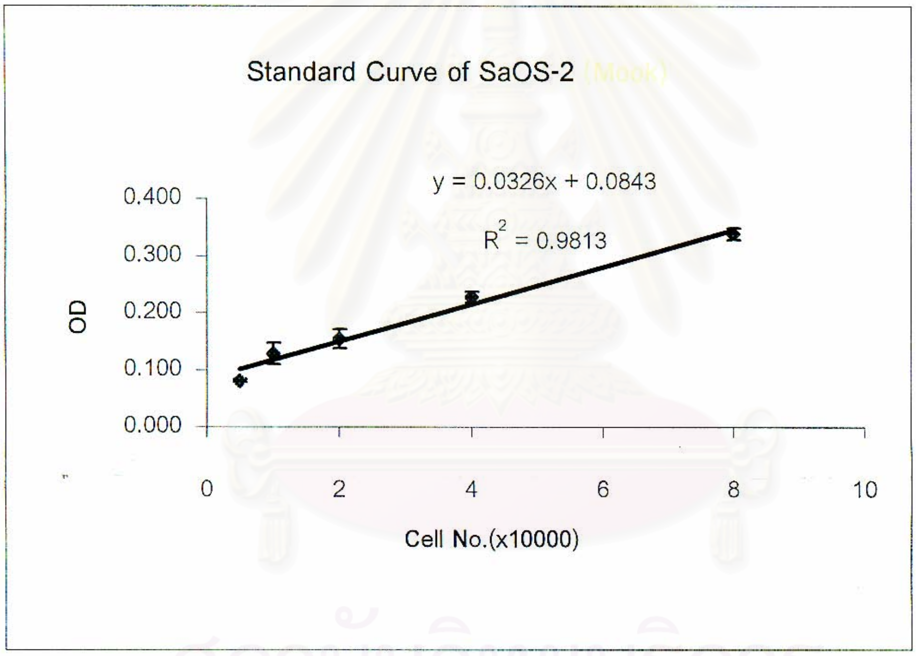
การวัดการยึดเกาะของเซลล์ไลน์มะเร็งกระดูกชนิด SaOS-2 ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เซลล์ไลน์มะเร็งกระดูกชนิด SaOS-2 สาเหตุที่เลือกใช้เซลล์มะเร็งกระดูกชนิดนี้เนื่องจากเป็นเซลล์ของมนุษย์ที่มีคุณลักษณะของเซลล์สร้างกระดูก(osteoblast)[45] ซึ่งเปลี่ยนเป็นเซลล์ออสตีโอบลาสที่สมบูรณ์แล้ว(mature osteoblast)[25] และมีพฤติกรรมการแสดงออกถึงคุณสมบัติของเซลล์ออสตีโอบลาสอย่างชัดเจน[44] รวมถึงเป็นที่ยอมรับในการเป็นตัวแทนเซลล์สร้างกระดูกเพื่อศึกษาผลของวัสดุที่มีต่อเซลล์กระดูก[80] โดยทำการวัดการยึดเกาะของเซลล์ช่วงแรกที่เวลา 30 นาทีด้วยกล้อง SEM[75,77] สำหรับการนับจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะในแต่ละชิ้นงาน ทำได้โดยการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการนับจำนวนเซลล์จากจุดศูนย์กลางของชิ้นงานในแต่ละชิ้นงาน เป็นจำนวน 10 ตำแหน่ง ซึ่งมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่าๆกัน หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยการยึดเกาะของเซลล์ต่อชิ้นงานหนึ่งชิ้น

ซึ่งก่อนจะทำการทดลองได้มีการทดสอบความนิ่งในการหว่านเซลล์ ด้วยการทำกราฟมาตรฐาน(standard curve) โดยค่าที่ออกมาแสดงให้เห็นว่ามีความนิ่งของการหว่านเซลล์ค่อนข้างมาก คือเท่ากับ 0.9813

Standard curve

Cell No.(x 10)	OD1	OD2	OD3	Mean	SD
0.5	0.08	0.078	0.083	0.080	0.003
1	0.11	0.148	0.126	0.128	0.019
2	0.147	0.173	0.142	0.154	0.017
4	0.224	0.238	0.219	0.227	0.010
8	0.333	0.35	0.331	0.338	0.010

ตารางที่ 4 แสดงค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่วัดได้จากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 36 กราฟมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทำกราฟมาตรฐาน มีดังนี้

1. นำจานเลี้ยงเซลล์ที่มีจำนวนเซลล์เต็ม มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ว่าเซลล์ปกติดี มีการปนเปื้อน หรือไม่ ถ้าไม่มีจึงทำขั้นตอนที่ 2.

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อเก่าทิ้ง และล้างเอาเซลล์ส่วนเกินที่ไม่มีการยึดเกาะกับจานเลี้ยงเซลล์ออกด้วย PBS (Phosphate Buffer Saline)

3. ใส่ ทริปซินลงไปประมาณ 5 หยด หรือ แค่พอท่วม นานประมาณ 1 นาทีเพื่อทำให้เซลล์ที่ยึดอยู่กับจานเลี้ยงเซลล์หลุดออก หลังจากนั้นนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าเซลล์มีลักษณะคล้ายลูกน้ำลอยอยู่ แล้วดูดทริปซินทิ้ง

4. เติมอาหารเลี้ยงเซลล์ลงไปประมาณ 2000 ไมโครลิตร(2 มิลลิลิตร)เพื่อทำให้ทริปซินเป็นกลาง และเพื่อให้ง่ายต่อการทำให้เซลล์หลุดออก(ถ้าเซลล์มีความหนาแน่นมากเกินไปจึงค่อยเติมอาหารเลี้ยงเซลล์)

5. Resuspend ให้เซลล์หลุดออกมาทั่วจานเลี้ยงเซลล์ โดยพยายามให้ปลายปิเปตอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อตลอดเวลาเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ หลังจากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อประกอบการตัดสินใจว่าจะทำการแบ่งเซลล์ในอัตราส่วนเท่าใด (1:2, 1:3 หรือ1:4)

6. ดูดเซลล์มาเล็กน้อยด้วยปลายปิเปตแก้ว แล้วหยดลงบนกระจกนับเซลล์ โดยดูที่กำลังขยาย 10 เท่าก่อน นับจำนวนเซลล์ในแต่ละช่อง แล้วคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของเซลล์ออกมา ค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นจำนวนเซลล์ คูณด้วย 10,000 ต่อ1000 ไมโครลิตร(1 มิลลิลิตร)

7. คำนวณปริมาณเซลล์ที่ต้องการ กับปริมาตรที่จะดูด

8. ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ลงไปในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม หลุมละ 1 มิลลิลิตรก่อน เพราะว่าถ้าใส่เซลล์ลงในจานเลี้ยงเซลล์เปล่า เซลล์อาจตายได้ (โดยก่อนการดูดทุกครั้งควรเขย่าจานเลี้ยงเซลล์ก่อน และถ้าปริมาณที่ดูดน้อยมากๆก็ควรเปลี่ยนปลายปิเปตพลาสติกทุกครั้ง) หลังจากนั้นดูดเซลล์ใส่ลงในแต่ละหลุมตามปริมาณที่คำนวณได้

5,000	10,000	20,000	40,000	80,000	X
					X
					X
					X

รูปที่ 37 แสดงความหนาแน่นของเซลล์ที่หว่านในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม

9. นำเซลล์ไปเลี้ยงต่อที่ตู้เลี้ยงเชื้อที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ5 นาน 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการตรึง(fix)เซลล์ต่อ

การตรึงเซลล์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อเก่าออกที่ละ 1-2 หลุมเพื่อป้องกันเซลล์แห้ง

2. ล้างด้วย PBS ความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ 1 ครั้ง(โดยใส่ให้พอท่วม และเวลาหยดก็ควรหยดให้ลงบริเวณด้านข้างของหลุม แล้วคว่ำทิ้ง)

3. ตรึงเซลล์ด้วยฟอร์มอลดีไฮด์(Formaldehyde) ร้อยละ4 นาน 30 นาที แล้วดูดทิ้ง

4. ล้างด้วย PBS 2 ครั้ง โดยครั้งแรกดูดทิ้งทันที ส่วนครั้งที่สองให้ใส่แล้วแช่พร้อมเขย่า 10-15 นาที แล้วดูดทิ้ง(ในกรณีที่ยังไม่ทำการย้อมต่อในทันที ควรแช่ไว้ใน PBS เพื่อป้องกันการระเหยของสารที่ใช้ตรึงเซลล์) หลังจากนั้นทำการย้อมสีด้วยวิธี MTT(methylene blue assays) โดยที่สารละลาย MTT จะถูกเปลี่ยนเป็นผลึก formazan โดยเอนไซม์ dehydrogenase เมื่อละลายผลึก formazan ด้วย DMSO และนำมาอ่านด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์(spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 667.5 นาโนเมตร

การย้อมสีด้วยวิธี MTT มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ดูด PBS ทิ้ง

2. ใส่ 0.01 โมลาร์ของ Borate buffer (ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ8.5) แช่ไว้ 3 นาที แล้วดูดทิ้ง

3. ใส่ 1% (w / v) หรือ 1 กรัม /100 มิลลิลิตรเมทิลีนบลู(Methylene blue)ใน Borate buffer ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ (ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ8.5) โดยหยดพอท่วม แล้วนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

4. ดูดสีย้อมส่วนเกิน(Excess dye) ทิ้ง

5. ล้างสีที่เหลือด้วย 0.01 โมลาร์ ของ Borate buffer 4-5 ครั้ง จน buffer ใส

6. ดูด buffer ส่วนเกินทิ้ง แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

7. ละลายสีออกมาด้วย Eluting dye solvent 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่านาน 10 นาที โดยมีส่วนประกอบดังนี้ Ethanol : 0.1 M. HCl acid = 1:1

8. วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 667.5 นาโนเมตร โดยมี Blank คือ eluting solvent 1 มิลลิลิตร ค่าที่ได้จะถูกคำนวณเป็นจำนวนเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่

9. เทียบปริมาณเซลล์กับกราฟมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1

1.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ

วิธีการเตรียมพื้นผิวมีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ เนื่องจากค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่ได้จากการเป่าทราย มีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของพื้นผิวที่ขัดเรียบค่อนข้างมาก

2.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

2.1 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ คือ วิธีการเตรียมพื้นผิว** เนื่องจากชิ้นงานก่อนการทำไร้เชื้อและหลังการทำไร้เชื้อเป็นชิ้นงานเดียวกัน ดังนั้นจึงยังคงมีมีอิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวต่อเนื่องมาจนถึงหลังการทำไร้เชื้อ

2.2 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว คือ การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา** โดยกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลร่วมของการฉายรังสีแกมมาและการเตรียมพื้นผิว คือ กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเป่าทรายและฉายรังสีแกมมา การที่ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นกว่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการฉายรังสีแกมมาอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$ อาจเนื่องมาจากผลของรังสีแกมมาต่อพื้นผิวของโลหะ โดยพบว่าหลังการฉายรังสีแกมมา พื้นผิวมีการเพิ่มขบวนการออกซิเดชัน จากการที่รังสีแกมมาจาก โคบอลท์ 60 ปล่อยพลังงานจำนวนมากมาชนกับผิวของโลหะ เป็นผลให้เกิดการหลุดของอีเล็คตรอนจากชั้นนอกไปถึงชั้นลึกๆออกมา ซึ่งส่งผลตามมาคือ มี อีเล็คตรอนอิสระเพิ่มขึ้นและจับกับออกซิเจนได้เพิ่มขึ้น และเกิดการเพิ่มของชั้นออกไซด์บนผิวโลหะ ดังนั้นเมื่อมีชั้นออกไซด์เพิ่มขึ้นบนผิวหลังการฉายรังสีแกมมาจึงทำให้พื้นผิวมีความหยาบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยการเกิดชั้นออกไซด์อาจเกิดได้ในระหว่างการฉายรังสีแกมมาจากปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในซองซีลที่ไม่ได้ดูดออกซิเจนออกก่อนการฉายรังสีแกมมา ส่วนเหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบของพื้นผิวจากการเพิ่มของชั้นออกไซด์เฉพาะในกลุ่มที่มีพื้นผิวหยาบ อาจเกิดจาก สองสาเหตุ สาเหตุแรกคือในกลุ่มที่พื้นผิวเรียบมีการเพิ่มของ

ชั้นออกไซด์ไม่มากพอที่จะเห็นความแตกต่างทางสถิติ ส่งผลให้ไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ/หรือ สองคือ เกิดการเพิ่มของชั้นออกไซด์ในกลุ่มพื้นผิวที่หยาบในปริมาณมากเมื่อเทียบกับกลุ่มพื้นผิวเรียบ ส่งผลให้ความหยาบเฉลี่ยหลังการฉายรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากผลทางสถิติของข้อมูลอื่นๆที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ คือ ค่า Sq St Sz Sv Sp และ จากภาพสามมิติทำให้คาดว่าการเกาะของออกไซด์บนพื้นผิวที่หยาบน่าจะมีการเพิ่มของชั้นออกไซด์บริเวณส่วนยอดที่ยื่นขึ้นมามากกว่าในส่วนที่เป็นหลุมลงไป ส่งผลทำให้ค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเพิ่มขึ้นด้วย

3.ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

3.1 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ คือ การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีขัดเรียบ เหตุผลที่กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายรังสีแกมมาไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว ส่วนเหตุผลที่กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน อาจเป็นเพราะ มีการเพิ่มความหนาของชั้นออกไซด์ไม่มากพอที่จะทำให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ความหยาบเฉลี่ยหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หรือ การอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มความหนาของชั้นออกไซด์ในกลุ่มพื้นผิวเรียบ หรือสาเหตุที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบของพื้นผิวของกลุ่มพื้นผิวเรียบหลังการทำไร้เชื้อทั้งสองวิธี เนื่องมาจากธรรมชาติของการเกิดออกไซด์บนพื้นผิวเรียบมีน้อย

3.2 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว คือ การทำไร้เชื้อด้วยวิธีอบไอน้ำภายใต้ความดัน เหตุผลที่กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญดังได้กล่าวไปแล้ว ส่วนเหตุผลที่กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดันไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน อาจเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นออกไซด์น้อย ส่งผลให้ความหยาบเฉลี่ยหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หรืออาจเป็นเพราะปริมาณความร้อนที่ค่อนข้างสูงที่ใช้ในการอบไอน้ำภายใต้ความดัน คือ ประมาณ 121 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดการ

ลดชั้นออกไซด์บริเวณส่วนยอดที่ยื่นขึ้นมา และมีการเปลี่ยนแปลงของชั้นออกไซด์น้อยในส่วนที่เป็นหลุม แต่เนื่องจากการลดของชั้นออกไซด์บริเวณส่วนยอดมีน้อย ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 2

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ คือ วิธีการเตรียมพื้นผิว

พื้นผิวที่มีความหยาบมีการยึดเกาะของเซลล์มากกว่าพื้นผิวที่เรียบ ซึ่งค่าความหยาบเฉลี่ยของผิวของกลุ่มพื้นผิวหยาบ คือ 0.3168 $\pm$ 0.0518 และค่าความหยาบเฉลี่ยของผิวของกลุ่มพื้นผิวเรียบ คือ 0.1022 $\pm$ 0.0214 และพบว่าพื้นผิวหยาบที่ผ่านการทำไร้เชื้อทั้งสองชนิด มีเซลล์ส่วนมากเป็น ระยะที่ 2,3 ส่วนพื้นผิวเรียบพบว่ามีเซลล์ส่วนมากเป็นระยะที่ 3,4

2. ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ คือ วิธีการทำไร้เชื้อ

เนื่องจาก มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวในกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและฉายรังสีแกมมาเท่านั้น และ มีค่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมามากกว่า กลุ่มที่มีพื้นผิวแบบเดียวกันแต่ใช้วิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันเท่ากับ 0.0875 $\pm$ 0.0243 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.01$ แต่ไม่มากพอที่จะทำให้เห็นความแตกต่างในการยึดเกาะของเซลล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อ คือ วิธีการเตรียมพื้นผิว โดยพบว่าการเตรียมพื้นผิวให้เรียบโดยวิธีขัดเรียบ และการเตรียมพื้นผิวให้หยาบโดย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีเป่าทรายก่อนการทำไร้เชื้อ มีผลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่ขัดเรียบน้อยกว่าพื้นผิวที่เป่าทรายอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$

2.ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

2.1 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ คือ วิธีการเตรียมพื้นผิว** โดยพบว่าการเตรียมพื้นผิวให้เรียบโดยวิธีขัดเรียบ และการเตรียมพื้นผิวให้หยาบ โดยวิธีเป่าทรายหลังการทำไร้เชื้อทั้ง 2 วิธี มีผลทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวที่ขัดเรียบน้อยกว่าพื้นผิวที่เป่าทรายอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$

2.2 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว คือ การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา** ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยคือ

2.2.1 **กลุ่มที่ได้รับอิทธิพลร่วมของการฉายรังสีแกมมาและการเตรียมพื้นผิว คือ กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเป่าทรายและฉายรังสีแกมมา** ซึ่งทำให้ความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมามีความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเพิ่มขึ้นกว่าความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวก่อนการฉายรังสีแกมมาอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$ และมีความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการฉายรังสีแกมมามากกว่า กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและอบไอน้ำภายใต้ความดัน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ $\alpha = 0.01$ ทั้งที่ก่อนการทำไร้เชื้อทั้ง 2 วิธีวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวในกลุ่มที่เป่าทรายได้ไม่แตกต่างกัน ที่ $\alpha = 0.01$

2.2.2 **กลุ่มที่ไม่ได้รับอิทธิพลร่วมของการฉายรังสีแกมมาและการเตรียมพื้นผิว คือ กลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยวิธีขัดเรียบและฉายรังสีแกมมา**

3.ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

3.1 **ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ คือ การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีขัดเรียบ**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว คือ การทำไร้เชื้อด้วยวิธีอบไอน้ำภายใต้ความดัน

ตอนที่ 2

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ คือ การเตรียมพื้นผิว พบว่าพื้นผิวที่หยาบจากการเป่าทราย มีการยึดเกาะของเซลล์มากกว่าพื้นผิวที่เรียบจากการขัดเรียบ โดยมีอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์ บนพื้นผิวเรียบ : พื้นผิวหยาบ = 1: 1.37

2. ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของเซลล์หลังการทำไร้เชื้อ คือ การทำไร้เชื้อ พบว่าการทำไร้เชื้อทั้งสองวิธี มีการยึดเกาะของเซลล์ไม่แตกต่างกันทั้งสองพื้นผิว โดยบนพื้นผิวเรียบมีอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์จากการฉายรังสีแกมมา : การอบไอน้ำภายใต้ความดัน = 1: 1.0862 ส่วนบนพื้นผิวหยาบมีอัตราส่วนการยึดเกาะของเซลล์จากการฉายรังสีแกมมา : การอบไอน้ำภายใต้ความดัน = 1: 1.0216

สรุป

การทำไร้เชื้อด้วยวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันและการฉายรังสีแกมมาทำให้เกิดการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว แต่เนื่องจากการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเป็นการเพิ่มในระดับนาโนเมตร ซึ่งน้อยกว่าความสามารถในการตรวจวัดได้ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ซึ่งวัดได้ในระดับไมโครเมตร ผลจึงออกมาว่ามีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวเฉพาะในกลุ่มที่มีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวมากที่สุด ซึ่งก็คือกลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายรังสีแกมมา ซึ่งในกลุ่มนี้ถึงแม้ว่าจะพบว่ามีการเพิ่มความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิว แต่เมื่อทำการทดลองในระดับเซลล์พบว่าไม่มากพอที่จะส่งผลให้เห็นความแตกต่างในระดับเซลล์

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ผลการศึกษาเรื่องผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธี ต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวโลหะไทเทเนียมที่ใช้ในการทำรากเทียมชัดเจนยิ่งขึ้น ควรทำการทดลองทั้งโลหะไทเทเนียมบริสุทธิ์ โลหะผสมไทเทเนียม ชนิด Ti-6Al-4V โลหะผสมไทเทเนียมชนิดอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบกัน สำหรับการดูผลจากการทำไร้เชื้อด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาต่อความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวโดยควบคุมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นก่อน และ ระหว่างการฉายรังสีแกมมาให้เกิดน้อยที่สุด ควรบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศได้ ส่วนการวัดความหยาบเฉลี่ยของพื้นผิวด้วยเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ก็ควรอยู่ในระบบปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ได้

การทดลองผลของการทำไร้เชื้อ 2 วิธีต่อการยึดเกาะของเซลล์ SaOS-2 นอกจากจะดูแค่ผลของการยึดเกาะของเซลล์ข้างต้นแล้ว อาจเพิ่มเวลาเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงการยึดเกาะของเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. หนังสือพจนานุกรมเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เดียนสโตร์, 2547.
2. Lynch, W. Implants: Reconstructing the human body. Newyork, 1982, Van Nostrad Reinhold Co, pp 16-17. Cited in Parr, G. R.; Gardner, R. K.; and Toth, R. W. Titanium: The mystery metal of implant dentistry: Dental material aspects. J Prosthet Dent 54 (1985): 410-4.
3. Parr, G. R.; Gardner, R. K.; and Toth, R. W. Titanium: The mystery metal of implant dentistry: Dental material aspects. J Prosthet Dent 54 (1985): 410-4.
4. Adell, R.; Lekholm, U.; Rockler, B.; and Brånemark, P. I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaws. Int J Oral Surg 6 (1981): 387.
5. วิศวกรรม, คณะ. โลหะนอกกลุ่มเหล็ก[เอกสารประกอบการสอน]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547. (อัดสำเนา)
6. Steinemann, S. G. The properties of titanium. In Schroder, A.; Sutter, F.; and Krekler, G (eds.), Oral Implantology, pp.1-58. New York: Geory Thieme Verlag, 1991.
7. Lemon, J.; and Natiella, J. Biomaterial: Biocompatibility and peri-implant consideration. Dent Clin North Am 30 (1986): 3-23.
8. Doundoulakis, J. H.; and Park, R. Surface analysis of titanium after sterilization: Role in implant–tissue interface and bioadhesion. J Prosthet Dent 58 (1987): 471-8.
9. Lemon, J. Surface evaluation of materials. J Oral Implantol 12 (1986): 396-405.
10. Ducheyne, P. Titanium and calcium phosphate ceramic dental implants, surface, coating and interfaces. J Oral Implantol 14 (1988): 325-40.
11. Brånemark, P. I.; Zarb, G.; and Alberktsson, T. Osseointegration in clinical dentistry. Tissue integrated prosthesis, pp. 99-116. Chicago: Quintessence, 1985.
12. The glossary of prosthodontic terms, seventh edition (1999), pp. 42-110.

13. Kim, Y. H.; Koak, J. Y.; Chang, I. T.; Wennerberg, A.; and Heo, S. J. A histomorphometric analysis of the effects of various surface treatment methods on osseointegration. Int J Oral Maxillofac Implants 18 (2003): 349-56.

14. Kasemo, B. Biocompatibility of titanium implants: Surface science aspects. J Prosthet Dent 49 (1983): 832-7.

15. McQueen, D.; Sundgren, J. E.; Ivarson, B.; Lundsrom, B.; Ekenstam, B.; Svenson, A., et al. Advances in Biomaterials. (To be published)

16. Buser, D.; Scheng, R. K.; Steinemann, S.; Fiorellini, J. P.; Fox, C. H.; and Stich, H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants: A histomorphometric study in miniature pigs. J Biomed Mater Res 25 (1991): 889-902.

17. Zitter, H.; and Plenk, Jr., H. The electrochemical behavior of metallic implant materials as an indicator of their biocompatibility. J Biomed Mater Res 21 (1987): 881-96.

18. Willium, D. F. Fundamental Aspects of Biocompatibility Vol.1. Biomaterials and Biocompatibility pp. 2-3. Boca Ranton, FL: CRC, 1981.

19. Zitter, H. Schadigung des Gewebes durch metallische Implantate. Unfallhlk Z 79 (1976): 91-100.

20. Okasaki, Y.; and Gotoh, E. Comparision of metal release from various metallic biomaterials in vitro. Biomaterials 26 (2005): 11-21.

21. Healy, K. E.; and Ducheyne, P. The mechanisms of passive dissolution of titanium in a model physiological environment. J Biomed Mater Res 26 (1992): 319-38.

22. Strietzel, R.; Hosch, A.; Kalbfleisch, H.; and Bush, D. In vitro corrosion of titanium. Biomaterials 19 (1998): 1495-9.

23. Liao, H.; Wurtz, T.; and Li, J. Influence of titanium ion on mineral formation and properties of osteoid nodules in rat calvaria cultures. J Biomed Mater Res 47 (1999): 220-7.

24. Browne, M.; and Gregson, P. J. Surface modification of titanium alloy implants. Biomaterials 15 (1994): 894-8.

25. Ku, C.; Pioletti, D. P.; Browne, M.; and Gregson, P. J. Effect of different Ti-6Al-4V surface treatments on osteoblasts behaviour. Biomaterials 23 (2002): 1447-54.

26. Thompson, G. J.; and Puleo, D. A. Ti-6Al-4V ion solution inhibition of osteogenic cell phenotypes as a function of differentiation time-course in vitro. Biomaterials 17 (1996): 1949-54.

27. Imam, M. A.; and Fraker, A. C. Titanium alloys as implant materials. In Brown, S. .A, and Lemons, J. E (eds.), Medical applications of titanium and its alloys: The material and biological issues, ASTM STP 1272, pp. 3-16. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1996.

28. Hench, L. L.; and Ethridge, E. C. An interfacial approach. Biomaterials 34 (1982): 8 -17.

29. Eugene, P. L.; and Monaghan, P. Titanium and titanium alloys as dental materials. Int Dent J 43 (1993): 245-53.

30. Albrektsson, T.; Berglundh, T.; and Lindhe, J. Osseointegration: Historic background and current concepts. In Lindhe,J.; Karring, and Lang (eds), Clinical periodontology and implant dentistry fourth edition, pp. 809-20. Blackwell Munksgaard, 2003.

31. Albrektsson, T.; Brånemark, P. I.; Hansson, H. A.; and Lindstrom, J. Osseointegrated titanium implants: Requirement for ensuring a long-lasting direct bone anchorage in man. Acta Orthop Scand 52 (1981): 155-70.

32. Carlsson, L. On the development of a new concept for orthopaedic implant fixation. Thesis. Sweden: University of Gothenburg, 1989.

33. Weinstein, A. M.; Klawitter, J. J.; and Koeneman, J. B. Structure property relationships for porous Ti-6Al-4V. Transaction of the Third Annual Meeting of the Society for biomaterials p. 140. LA, New Orleans, April,1977.

34. Cook, S. D.; Thongpreda, N.; Anderson, R. C.; and Haddad, Jr., R. J. The effect of post-sintering heat treatments on the fatique properties of porous coated Ti-6Al-4V Alloys. J Biomed Mater Res 22 (1988): 287-302.

35. Carlsson, L.; Rostlund, T.; Albrektsson, B.; and Albrektsson, T. Removal torques for polished and rough titanium implants. Int Oral Maxillofac Implants 3 (1988): 21-4.

36. Thomas, K. A.; Cook, S. D.; Anderson, R. C.; Haddad, R. J.; Haubold, A. D.; and Yapp, R. The effect of surface treatment on the interface mechanics of LTI pyrolytic carbon implants. J Biomed Mater Res 19 (1985): 145-59.

37. Kasemo, B.; and Lausmaa, J. Biomaterial and implant surfaces: On the role of cleanliness, contamination, and preparation procedures. J Biomed Mater Res 22 (1988): 145.

38. Jacobsson, M. On bone behaviour after irradiation. Thesis. Sweden: University of Gothenburge, 1985.

39. Albrektsson, T.; Dahl, E.; and Enbom, L (et al.), Osseointegrated oral implants: A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants. J Periodontol 59 (1988): 287.

40. Jacobsson, M.; Tjellström, A.; and Thomsen, P (et al.), Integration of titanium implants in irradiated bone: A histological and clinical study. Ann Otol Rhinol Laryngol 97 (1988): 337.

41. Breine, U.; and Brånemark, P. I. Reconstruction of alveolar jaw bone: An experimental and clinical study of immediate and preformed autologous bone grafts in combination with osseointegrated implants. Scand J Plast Reconstr Surg 14 (1980):23.

42. Eriksson, R. A. Heat-induced bone tissue injury. Thesis. Sweden: University of Gothenburge, 1984.

43. Jönsson, A.; Gottlander, M.; and Albrektsson, T. Insertion versus removal torque of experimental implants. Unpublished manuscript 1989.

44. Postiglione, L.; Domenico, G. D.; Montagnani, S.; Spigna, G. D.; Salzano, S.; and Castaldo, C. Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) induces the osteoblastic differentiation of the human osteosarcoma cell line SaOS-2. Calcif Tiss Int 72 (2003): 85-97.

45. Postiglione, L.; Domenico, G. D.; Ramaglia, L.; Montagnani, S.; Salzano, S.; Meglio, F. D.; Sbordone, L.; Vitale, M.; and Rossi, G. Behavior of SaOS-2 cells cultured on different titanium surfaces. J Dent Res 82(9) (2003): 692-96.

46. Abron, A.; Hopfensperger, M.; Thompson, J.; and Cooper, L. F. Evaluation of a predictive model for implant surface topography effects on early osseointegration in the rat tibia model. J Proshet Dent 85 (2001): 40-6.

47. Moisan, M.; Barbeau, J.; and Crevier, M. C. Plasma sterilization: Methods and mechanisms. Pure Appl Chem 74 (2002): 349-58.

48. Smith, D. C.; Pilliar, R. M.; and Chernecky, R. Dental implant materials: I. some effects of preparative procedures on surface topography. J Biomed Mater Res 25 (1991): 1045-68.

49. Smith, D. C.; Pilliar, R. M.; and Chernecky, R. Dental implant materials: II. preparative procedures and surface spectroscopic studies. J Biomed Mater Res 25 (1991): 1069-84.

50. ADA council on scientific affairs and ADA council on dental practice. Infection control reccommendations for the dental office and the dental laboratory. J Am Dent Assoc 127 (1996): 672-80.

51. Healy, C. M.; Kearns, H. P. O.; Coulter, W. A.; Stevenson, M.; and Burke, F. J. T. Autoclave use in dental practice in the republic of Ireland. Int Dent J 54 (2004): 182- 6.

52. ADA department of state government affairs. Five states move quickly on handpiece sterilization. J Am Dent Assoc 123 (1992): 119-20.

53. Vezeau, P. J.; Koorbusch, G. F.; Draughn, R. A.; and Keller, J. C. Effect of multiple sterilization on surface characteristics and in vitro biologic response to titanium. J Oral Maxillofac Surg 54 (1996): 738-46.

54. Baier, R. E.; Mayer, A. E.; Natiella, J. R.; and Carter, J. M. Surface properties determine bioadhesive outcomes: Methods and results. J Biomed Mater Res 18 (1984): 337-45.

55. British Standard Institution. BS.1134. British standard:Assessment of surface texture. Part 1 Method and Instrument, London: British Standard Institution. 1988.

56. British Standard Institution. BS.1134. British standard:Assessment of surface texture. Part 2 Guaidance and general information. London: British Standard Institution, 1988.

57. Stein, R. S. Pontic-residual ridge relationship : A research report. J Prosthet Dent 16 (1966): 251-85.

58. Henry, P. J.; Johnston, J. F.; and Michell, D. F. Tissue change beneath fixed partial dentures. J Prosthet Dent 16 (1966): 937-47.

59. Podshadley, A. G. Gingival response to pontics. J Prosthet Dent 19 (1968): 51-7.

60. Klausner, L. H.; Cartwright, C. B.; and Charbeneau, G. T. Polished versus autoglazed porcelain surface. J Prosthet Dent 47 (1982): 157-62.

61. Whitehead, S. A.; Shearar, A. C.; Watts, D. C.; and Wilson, N. H. F. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. J Oral Rehab 22 (1995): 421-7.

62. Ellingsen, E. E.; and Lyngstadaas, S. P. Bio-Implant Interface: Improving Biomaterials and Tissue Reactions. 1 st ed. CRC Press LLC, NewYork 2003.

63. Quirynen, M.; Bollen, C. M. L.; Willems, G.; and Van Steen berghe, D. Comparison of surface characteristics of six commercially pure titanium abutments. Int J Oral Maxillofac Implants. 9 (1994): 71-6.

64. Rank Tailor Hobson Ltd. Surface texture parameters. Leicester, England: Rank Tailor Hobson Limited. 2004.

65. Stout, K. J.; Sullivan, P. J., Dong, W. P., Mainsah, E., Luo, N., Mathia, T. and Zahouani, H. The development of methods for the characterization of roughness in three dimensions. Eur15178 EN of commission of the European Communities, Birmingham, England : university of Birmingham. 1993.

66. Wennerberg, A.; Hallgren, C.; Johansson, C.; and Danellis, A. Histomorphometric evaluation of screw-shaped implants each prepared with two surface roughness. Cli oral Implants each prepared with two surface roughness. Clin Oral Impl Res 9 (1998): 11-9.

67. Takashi, S.; Ann, W.; Carih, H.; Tomas, A.; and Koumei, B. Chemical and topographical surface analysis of five different implant abutments. Clin Oral Impl Res 11 (1) (2000): 44.

68. Duncan, B.; and Broughton, B. Measurement good practical guide No. 72 characterising strength of adhesion [Online]. Teddington, Middlesex, UK: National physical laboratory, 2004. Availlable from: http:// www.npl.co.uk [26 February 2006]

69. Anselme, K.; and Bigerelle, M. Modelling approach in cell/material interactions studies. Biomaterials 27 (2006): 1187-99.

70. Mustafa, K. Effect of titanium surfaces blasted with TiO_2 particles on the initial attachment of cells derived from humand mandibular bone. A scanning electron microscopic and histomorphometric analysis. Clin Oral Implant Res 11 (2000): 116-28. Cited in Anselme, K.; and Bigerelle, M. Modelling approach in cell/material interactions studies. Biomaterials 27 (2006): 1187-99.

71. Anselme, K. The relative influence of the topography and chemistry of Ti-6Al-4V surface on osteoblastic cell behaviour. Biomaterials 21 (2000): 1567-77. Cited in Anselme, K.; and Bigerelle, M. Modelling approach in cell/material interactions studies. Biomaterials 27 (2006): 1187-99.

72. Rosa, A. L.; and Beloti, M. M. Rat bone marrow cell response to titanium and titanium alloy with different surface roughness. Clin Oral Implant Res 14 (2003):43-8.

73. Keller, J. C. Characterization of sterilized cp titanium implant surface. Int J Oral Maxiilofac Implants 5 (1990): 360-7. Cited in Stanford, C. M.; Keller, J. C.; and Solursh, M. Bone cell expression on titanium surfaces is altered by sterilization treatments. J Dent Res 73(5) (1994): 1061-71.

74. Stanford, C. M.; Keller, J. C.; and Solursh, M. Bone cell expression on titanium surfaces is altered by sterilization treatments. J Dent Res 73(5) (1994): 1061-71.

75. Lumbikanonda, N.; and Sammons, R. Bone cell attachment to dental implants of different surface characteristics. Int J Oral Maxillofac Implants 16 (2001): 627-36.

76. Könönen, M.; Hormia, M.; Kivilahti, J.; Hautaniemi, J.; and Thesleff, I. Effect of surface processing on the attachment, orientation, and proliferation of human gingival fibroblasts on titanium. J Biomed Mater Res 26 (1992): 1325-41.

77. Keller, J. C.; Stanford, C. M.; Wightman, J. P.; Draughn, R. A.; and Zaharias, R. Characterizations of titanium implant surfaces III. J Biomed Mater Res 28 (1994): 939-46.

78. Mante, M.; Daniels, B.; Golden, E.; Diefenderfer, D.; Reilly, G.; and Leboy, P. S. Attachment of human marrow stromal cells to titanium surfaces. J Oral Implantol 29(2) (2003): 66-72.

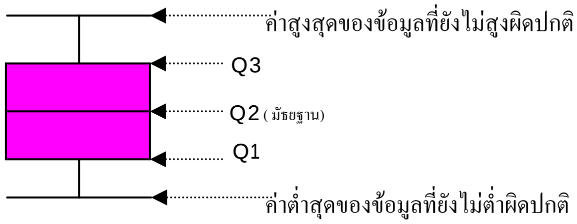
79. Ong, J. L.; Prince, C. W.; Raikar, G. N.; and Lucas, L. C. Effect of surface topography of titanium on surface chemistry and cellular response. Implant Dentistry 5(2) (1996): 83-8.

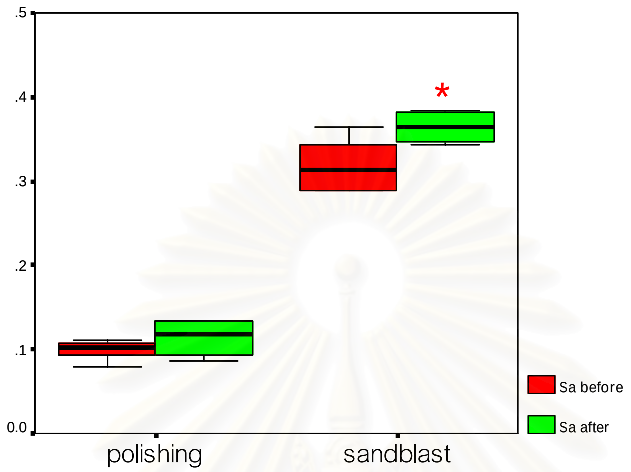
80. Spyro, P.; Papaioannou, S.; Hampson, G.; Brad, K.; Palmer, R. M.; and McDonald, F. Cytokine release by osteoblast-like cells cultured on implant discs of varying alloy compositions. Clin Oral Implant Res 13 (2002): 623-30.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

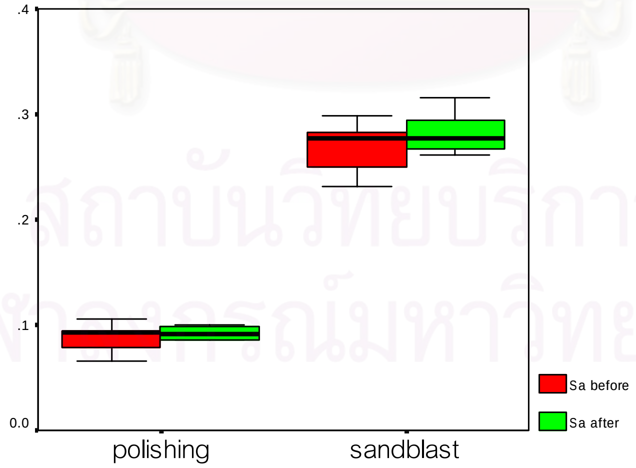
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงความหยาบเฉลี่ยก่อน,หลังการทำไร้เชื้อ

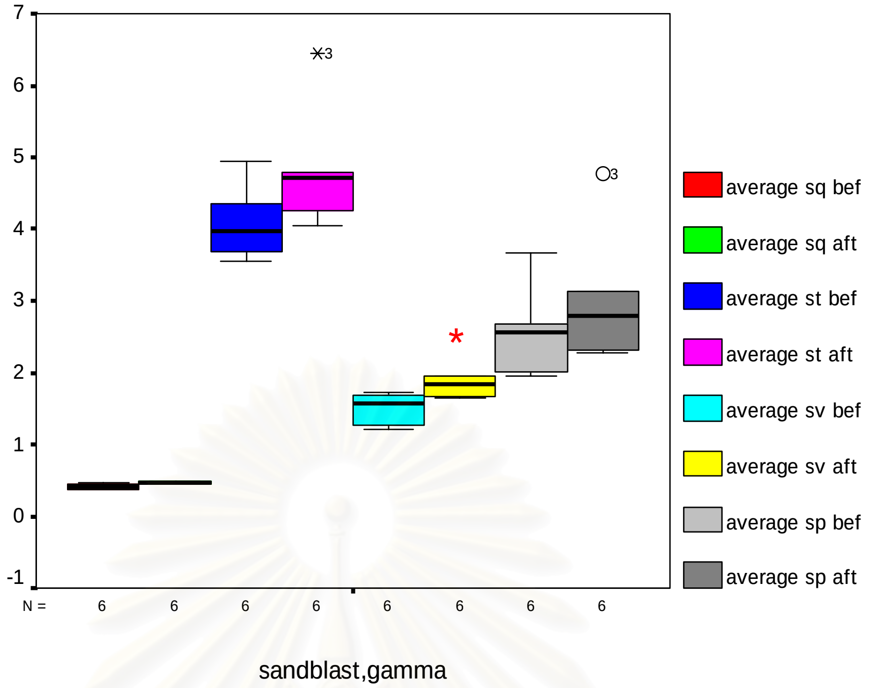
กลุ่มฉายรังสีแกมมา



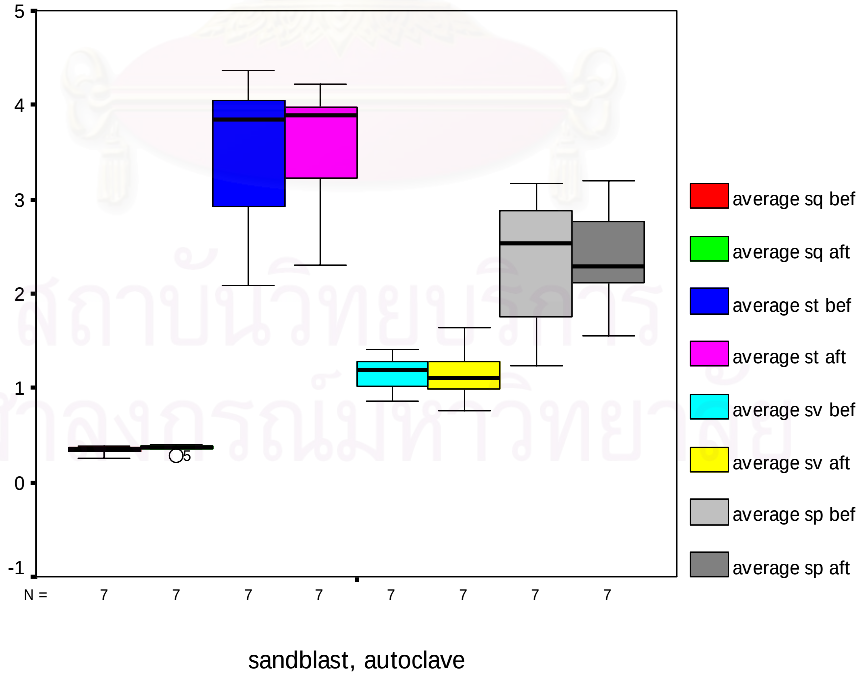
รูปที่ 39 แผนภูมิแสดงความหยาบเฉลี่ยก่อน,หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มอบไอน้ำ

ภายใต้ความดัน

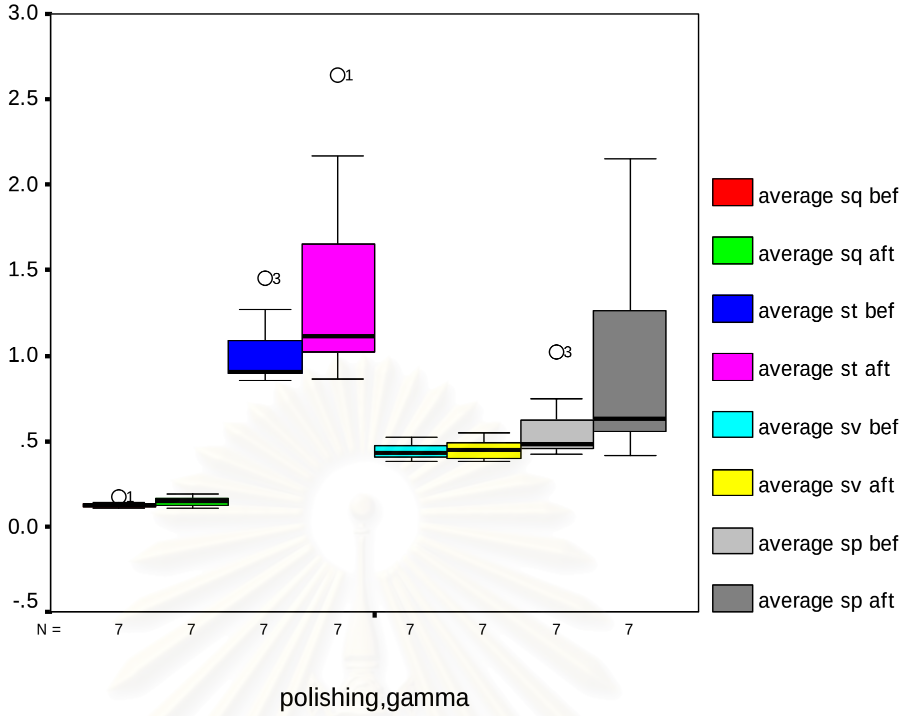
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



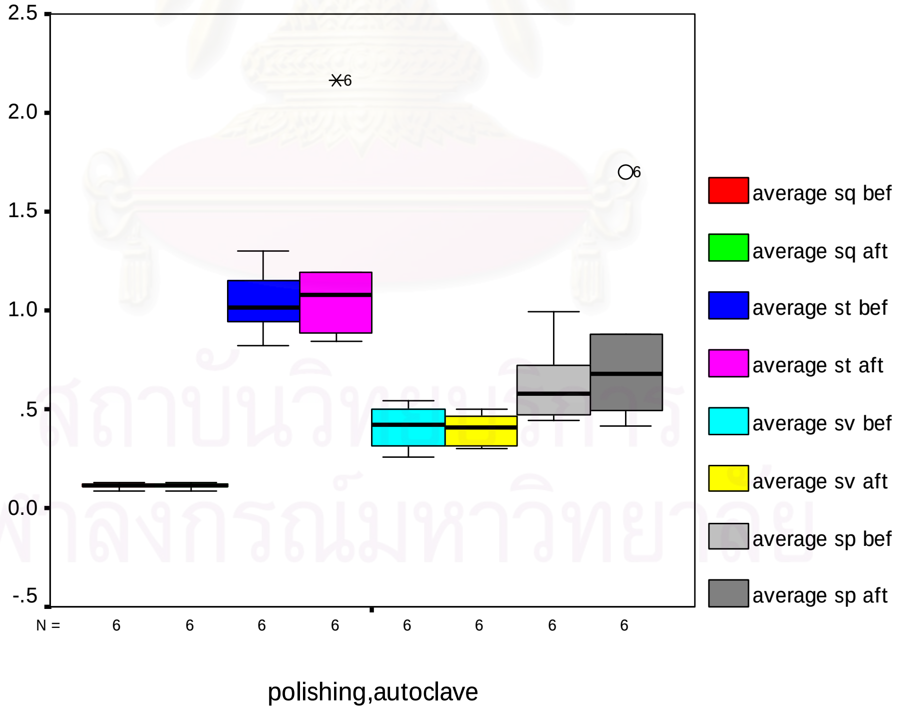
รูปที่ 40 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมากลุ่มพื้นผิวหยาบ



รูปที่ 41 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันกลุ่มพื้นผิวหยาบ



รูปที่ 42 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการฉายรังสีแกมมากลุ่มพื้นผิวเรียบ



รูปที่ 43 แผนภูมิแสดงค่า Sq St Sv Sp ก่อนและหลังการอบไอน้ำภายใต้ความดันกลุ่มพื้นผิวเรียบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Descriptives

	prepsurf			Statistic	Std. Error
rabefore	polishing	Mean		9.58E-02	4.65E-03
		99% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	8.16E-02	
			Upper Bound	.110013	
		5% Trimmed Mean		9.53E-02	
		Median		9.38E-02	
		Variance		2.811E-04	
		Std. Deviation		1.68E-02	
		Minimum		.0663	
		Maximum		.1346	
		Range		.0683	
		Interquartile Range		1.87E-02	
		Skewness		.590	.616
		Kurtosis		1.718	1.191
	sandblast	Mean		.288461	1.18E-02
		99% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.252343	
			Upper Bound	.324579	
		5% Trimmed Mean		.289160	
		Median		.287856	
		Variance		1.818E-03	
		Std. Deviation		4.26E-02	
		Minimum		.2001	
		Maximum		.3642	
		Range		.1641	
		Interquartile Range		4.00E-02	
		Skewness		-.327	.616
		Kurtosis		.861	1.191

ตารางที่ 5 แสดงค่าทางสถิติเชิงพรรณนาของค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อกลุ่มพื้นผิวเรียบและหยาบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

surface prep		rabefore			raafter		
		Mean	Std Deviation	Range	Mean	Std Deviation	Range
polishing	gamma	.1046	.0213	.0668	.1133	.0216	.0480
	autoclave	.0922	.0169	.0474	.0894	.0126	.0331
sandblast	gamma	.3218	.0352	.0920	.3696	.0199	.0445
	autoclave	.3605	.0200	.0585	.4089	.0288	.0720

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วงของข้อมูล เมื่อแบ่งตามชนิดของพื้นผิว

Oneway

Descriptives

rabefore

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
polishing	13	9.58E-02	1.67650E-02	4.65E-03	8.56788E-02	.105941	.0663	.1346
sandblast	13	.288461	4.26336E-02	1.18E-02	.262698	.314224	.2001	.3642
Total	26	.192135	.103233	2.02E-02	.150439	.233832	.0663	.3642

ตารางที่ 7 แสดงค่าทางสถิติเชิงพรรณนาของการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อนการทำไร้เชื้อ

Tests of Normality

	prepsurf	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
rabefore	polishing	.169	13	.200*	.944	13	.490
	sandblast	.175	13	.200*	.957	13	.664

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 8 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ

Test of Homogeneity of Variances

rabefore

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.892	1	24	.060

ตารางที่ 9 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ

ANOVA

rabefore

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.241	1	.241	229.900	.000
Within Groups	2.518E-02	24	1.049E-03		
Total	.266	25			

ตารางที่ 10 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อ

Group Statistics

	prepsurf	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
rabefore	polishing	13	9.58E-02	1.67650E-02	4.65E-03
	sandblast	13	.288461	4.26336E-02	1.18E-02

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ ในการทดสอบ Independent T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
rabefore	Equal variances assumed	3.892	.060	-15.162	24	.000	-.192651	1.271E-02	-.228189	-.157114
	Equal variances not assumed			-15.162	15.625	.000	-.192651	1.271E-02	-.229880	-.155422

ตารางที่ 12 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ

86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Univariate Analysis of Variance

Descriptive Statistics

Dependent Variable: raafter

prepsurf	sterilize	Mean	Std. Deviation	N
polishing	gamma	.113428	2.16942E-02	7
	autoclave	8.91E-02	1.23630E-02	6
	Total	.102198	2.14102E-02	13
sandblast	gamma	.363901	1.72560E-02	6
	autoclave	.276409	3.14183E-02	7
	Total	.316790	5.17545E-02	13
Total	gamma	.229031	.131339	13
	autoclave	.189957	.100018	13
	Total	.209494	.116098	26

ตารางที่ 13 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามชนิดของพื้นผิว

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	prepsurf	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
raafter	polishing	.218	13	.094	.900	13	.180
	sandblast	.153	13	.200*	.948	13	.545

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 14 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	sterilize	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
raafter	gamma	.302	13	.002	.770	13	.010**
	autoclave	.278	13	.007	.818	13	.012

**. This is an upper bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 15 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อของการฉายรังสีแกมมา และ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable: raafter

F	df1	df2	Sig.
1.209	3	22	.330

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PREPSURF+STERILIZ+PREPSURF * STERILIZ

ตารางที่ 16 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: raafter

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Corrected Model	.326[b]	3	.109	217.320	.000	651.960	1.000
Intercept	1.148	1	1.148	2295.133	.000	2295.133	1.000
PREPSURF	.310	1	.310	619.223	.000	619.223	1.000
STERILIZ	2.020E-02	1	2.020E-02	40.401	.000	40.401	.999
PREPSURF * STERILIZ	6.444E-03	1	6.444E-03	12.889	.002	12.889	.771
Error	1.100E-02	22	5.000E-04				
Total	1.478	26					
Corrected Total	.337	25					

a. Computed using alpha = .01

b. R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .963)

ตารางที่ 17 แสดงค่าการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Estimated Marginal Means

prepsurf * sterilize

Dependent Variable: raafter

prepsurf	sterilize	Mean	Std. Error	99% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
polishing	gamma	.113	.008	8.961E-02	.137
	autoclave	8.910E-02	.009	6.337E-02	.115
sandblast	gamma	.364	.009	.338	.390
	autoclave	.276	.008	.253	.300

ตารางที่ 18 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวและการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Univariate Analysis of Variance

Descriptive Statistics

Dependent Variable: raafter

prepsurf	Mean	Std. Deviation	N
polishing	.102198	2.14102E-02	13
sandblast	.316790	5.17545E-02	13
Total	.209494	.116098	26

ตารางที่ 19 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวที่มีผลต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable: raafter

F	df1	df2	Sig.
11.767	1	24	.002

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+PREPSURF

ตารางที่ 20 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: raafter

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Corrected Model	.299[b]	1	.299	190.839	.000	190.839	1.000
Intercept	1.141	1	1.141	727.515	.000	727.515	1.000
PREPSURF	.299	1	.299	190.839	.000	190.839	1.000
Error	3.764E-02	24	1.568E-03				
Total	1.478	26					
Corrected Total	.337	25					

a. Computed using alpha = .01

b. R Squared = .888 (Adjusted R Squared = .884)

ตารางที่ 21 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Estimated Marginal Means

Estimates

Dependent Variable: raafter

prepsurf	Mean	Std. Error	99% Confidence Interval Lower Bound	99% Confidence Interval Upper Bound
polishing	.102	.011	7.148E-02	.133
sandblast	.317	.011	.286	.348

ตารางที่ 22 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: raafter

(I) prepsurf	(J) prepsurf	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	99% Confidence Interval for Difference[a] Lower Bound	99% Confidence Interval for Difference[a] Upper Bound
polishing	sandblast	-.215*	.016	.000	-.258	-.171
sandblast	polishing	.215*	.016	.000	.171	.258

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .01 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

ตารางที่ 23 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวแบบจับคู่ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Univariate Tests

Dependent Variable: raafter

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Contrast	.299	1	.299	190.839	.000	190.839	1.000
Error	3.764E-02	24	1.568E-03				

The F tests the effect of prepsurf. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Computed using alpha = .01

ตารางที่ 24 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการเตรียมพื้นผิวต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Group Statistics

	prepsurf	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
raafter	polishing	13	.102198	2.14102E-02	5.94E-03
	sandblast	13	.316790	5.17545E-02	1.44E-02

ตารางที่ 25 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ ในการทดสอบ Independent T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
raafter	Equal variances assumed	11.767	.002	-13.814	24	.000	-.214592	1.553E-02	-.258039	-.171145
	Equal variances not assumed			-13.814	15.990	.000	-.214592	1.553E-02	-.259967	-.169217

ตารางที่ 26 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อของพื้นผิวเรียบและหยาบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

91

nivariate Analysis of Variance

Descriptive Statistics

Dependent Variable: raafter

sterilize	Mean	Std. Deviation	N
gamma	.229031	.131339	13
autoclave	.189957	.100018	13
Total	.209494	.116098	26

ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อ
ที่มีผลต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable: raafter

F	df1	df2	Sig.
11.946	1	24	.002

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+STERILIZ

ตารางที่ 28 แสดงค่าการทดสอบความแปรปรวนของการวิเคราะห์ปัจจัย
การทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวหลังการทำไร้เชื้อ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: raafter

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Corrected Model	9.924E-03[b]	1	9.924E-03	.728	.402	.728	.038
Intercept	1.141	1	1.141	83.738	.000	83.738	1.000
STERILIZ	9.924E-03	1	9.924E-03	.728	.402	.728	.038
Error	.327	24	1.363E-02				
Total	1.478	26					
Corrected Total	.337	25					

a. Computed using alpha = .01

b. R Squared = .029 (Adjusted R Squared = -.011)

ตารางที่ 29 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลัง
การทำไร้เชื้อ

Estimated Marginal Means

Estimates

Dependent Variable: raafter

sterilize	Mean	Std. Error	99% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
gamma	.229	.032	.138	.320
autoclave	.190	.032	9.940E-02	.281

ตารางที่ 30 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: raafter

(I) sterilize	(J) sterilize	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[a]	99% Confidence Interval for Difference[a] Lower Bound	Upper Bound
gamma	autoclave	3.907E-02	.046	.402	-8.899E-02	.167
autoclave	gamma	-3.907E-02	.046	.402	-.167	8.899E-02

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

ตารางที่ 31 แสดงค่าสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อแบบจับคู่ต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Univariate Tests

Dependent Variable: raafter

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[a]
Contrast	9.924E-03	1	9.924E-03	.728	.402	.728	.038
Error	.327	24	1.363E-02				

The F tests the effect of sterilize. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a. Computed using alpha = .01

ตารางที่ 32 แสดงค่าการวิเคราะห์ปัจจัยการทำไร้เชื้อต่อค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of pol	9.58E-02	13	1.67650E-02	4.65E-03
	raafter of pol	.102198	13	2.14102E-02	5.94E-03

ตารางที่ 33 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference: Lower	99% Confidence Interval of the Difference: Upper			
Pair 1	rabefore of pol - raafter of pol	-6.4E-03	1.32577E-02	3.68E-03	-1.8E-02	4.84E-03	-1.737	12	.108

ตารางที่ 34 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อกลุ่มพื้นผิวเรียบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

94

T-Test

Group Statistics

	sterilization	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
rabefore of pol	gamma	7	.102035	1.74575E-02	6.60E-03
	autoclave	6	8.85E-02	1.38309E-02	5.65E-03
raafter of pol	gamma	7	.113428	2.16942E-02	8.20E-03
	autoclave	6	8.91E-02	1.23630E-02	5.05E-03

ตารางที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมาและผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Independent T-test

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	sterilization	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
rabefore of pol	gamma	.208	7	.200*	.941	7	.614
	autoclave	.252	6	.200*	.942	6	.631
raafter of pol	gamma	.243	7	.200*	.829	7	.088
	autoclave	.244	6	.200*	.844	6	.172

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 36 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา และ ผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
rabefore of pol	Equal variances assumed	.060	.812	1.524	11	.156	1.349E-02	8.853E-03	-1.4E-02	4.10E-02
	Equal variances not assumed			1.553	10.955	.149	1.349E-02	8.684E-03	-1.4E-02	4.05E-02
raafter of pol	Equal variances assumed	5.206	.043	2.422	11	.034	2.433E-02	1.005E-02	-6.9E-03	5.55E-02
	Equal variances not assumed			2.527	9.732	.031	2.433E-02	9.629E-03	-6.4E-03	5.50E-02

ตารางที่ 37 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ ระหว่างพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา กับผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

96

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of pol+gamm	.102035	7	1.74575E-02	6.60E-03
	raafter of pol+gamm	.113428	7	2.16942E-02	8.20E-03

ตารางที่ 38 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference Lower	99% Confidence Interval of the Difference Upper			
Pair 1	rabefore of pol+gamm - raafter of pol+gamm	-1.1E-02	1.45075E-02	5.48E-03	-3.2E-02	8.94E-03	-2.078	6	.083

ตารางที่ 39 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน – หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและฉายแกมมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of pol+auto	8.85E-02	6	1.38309E-02	5.65E-03
	raafter of pol+auto	8.91E-02	6	1.23630E-02	5.05E-03

ตารางที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลัง การทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	rabefore of pol+auto - raafter of pol+auto	-5.5E-04	9.65905E-03	3.94E-03	-1.6E-02	1.54E-02	-.139	5	.895

ตารางที่ 41 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of sb	.288461	13	4.26336E-02	1.18E-02
	raafter of sb	.316790	13	5.17545E-02	1.44E-02

ตารางที่ 42 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	rabefore of sb - raafter of sb	-2.8E-02	3.32274E-02	9.22E-03	-5.6E-02	-1.8E-04	-3.074	12	.010

ตารางที่ 43 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ

99

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T-Test

Group Statistics

	sterilization	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
rabefore of sb	gamma	6	.318239	3.05646E-02	1.25E-02
	auto	7	.262937	3.47850E-02	1.31E-02
raafter of sb	gamma	6	.363901	1.72560E-02	7.04E-03
	auto	7	.276409	3.14183E-02	1.19E-02

ตารางที่ 44 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมาและผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Independent T-test

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	sterilization	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
rabefore of sb	gamma	.173	6	.200*	.904	6	.409
	auto	.289	7	.079	.868	7	.232
raafter of sb	gamma	.190	6	.200*	.888	6	.344
	auto	.175	7	.200*	.950	7	.703

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 45 แสดงค่าการทดสอบการแจกแจงค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา และ ผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
rabefore of sb	Equal variances assumed	.125	.730	3.018	11	.012	5.530E-02	1.832E-02	-1.6E-03	.112208
	Equal variances not assumed			3.051	10.983	.011	5.530E-02	1.813E-02	-1.0E-03	.111615
raafter of sb	Equal variances assumed	.771	.399	6.058	11	.000	8.749E-02	1.444E-02	4.26E-02	.132343
	Equal variances not assumed			6.337	9.547	.000	8.749E-02	1.381E-02	4.33E-02	.131720

ตารางที่ 46 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ ระหว่าง พื้นผิวหยาบและฉายแกมมากับผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of sb+gam	.318239	6	3.05646E-02	1.25E-02
	raafter of sb+gam	.363901	6	1.72560E-02	7.04E-03

ตารางที่ 47 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลัง การทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	rabefore of sb+gam - raafter of sb+gam	-4.6E-02	2.43778E-02	9.95E-03	-8.6E-02	-5.5E-03	-4.588	5	.006

ตารางที่ 48 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและฉายแกมมา

102

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	rabefore of sb+auto	.262937	7	3.47850E-02	1.31E-02
	raafter of sb+auto	.276409	7	3.14183E-02	1.19E-02

ตารางที่ 49 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	rabefore of sb+auto - raafter of sb+auto	-1.3E-02	3.39844E-02	1.28E-02	-6.1E-02	3.41E-02	-1.049	6	.335

ตารางที่ 50 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

103

T-Test เมื่อแบ่งกลุ่มตามวิธีการทำไร้เชื้อ

Group Statistics

	sterilize	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
rabefore	gamma	13	.201821	.114571	3.18E-02
	autoclave	13	.182450	9.41941E-02	2.61E-02
raafter	gamma	13	.229031	.131339	3.64E-02
	autoclave	13	.189957	.100018	2.77E-02

ตารางที่ 51 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมา และ อบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Independent T-test

Descriptive Statistics

Dependent Variable: raafter

sterilize	prepsurf	Mean	Std. Deviation	N
gamma	polishing	.113428	2.16942E-02	7
	sandblast	.363901	1.72560E-02	6
	Total	.229031	.131339	13
autoclave	polishing	8.91E-02	1.23630E-02	6
	sandblast	.276409	3.14183E-02	7
	Total	.189957	.100018	13
Total	polishing	.102198	2.14102E-02	13
	sandblast	.316790	5.17545E-02	13
	Total	.209494	.116098	26

ตารางที่ 52 แสดงค่าสถิติเชิงพรรณนาของค่าความหยาบเฉลี่ยหลังการทำไร้เชื้อโดยแบ่งตามวิธีการทำไร้เชื้อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
rabefore	Equal variances assumed	4.162	.052	.471	24	.642	1.937E-02	4.114E-02	-9.6E-02	.134429
	Equal variances not assumed			.471	23.135	.642	1.937E-02	4.114E-02	-9.6E-02	.134797
raafter	Equal variances assumed	11.946	.002	.853	24	.402	3.907E-02	4.579E-02	-8.9E-02	.167137
	Equal variances not assumed			.853	22.415	.402	3.907E-02	4.579E-02	-9.0E-02	.167912

ตารางที่ 53 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ ระหว่าง แกมมาและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

105

Group Statistics

	prepsurf	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
raafter	polishing	13	.102198	2.14102E-02	5.94E-03
	sandblast	13	.316790	5.17545E-02	1.44E-02
rabefore	polishing	13	9.58E-02	1.67650E-02	4.65E-03
	sandblast	13	.288461	4.26336E-02	1.18E-02

ตารางที่ 54 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานค่าความหยาบเฉลี่ย ก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบและหยาบ ในการทดสอบ Independent T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
raafter	Equal variances assumed	11.767	.002	-13.814	24	.000	-.214592	1.553E-02	-.258039	-.171145
	Equal variances not assumed			-13.814	15.990	.000	-.214592	1.553E-02	-.259967	-.169217
rabefore	Equal variances assumed	3.892	.060	-15.162	24	.000	-.192651	1.271E-02	-.228189	-.157114
	Equal variances not assumed			-15.162	15.625	.000	-.192651	1.271E-02	-.229880	-.155422

ตารางที่ 55 แสดงค่าการทดสอบ Independent T- test ค่าความหยาบเฉลี่ยก่อน-หลังการทำไร้เชื้อ ระหว่างพื้นผิวเรียบและหยาบ

Tables : Polishing

			Mean	Standard Error of Mean	Std Deviation	Range
sterilization	gamma	average sa bef	.1020	.0066	.0175	.0554
		average sa aft	.1134	.0082	.0217	.0481
		average sq bef	.1290	.0083	.0219	.0676
		average sq aft	.1463	.0116	.0307	.0818
		average st bef	1.0251	.0892	.2361	.6003
		average st aft	1.4250	.2618	.6926	1.7832
		average sv bef	.4416	.0190	.0502	.1442
		average sv aft	.4487	.0233	.0616	.1662
		average sp bef	.5835	.0842	.2227	.6010
		average sp aft	.9764	.2623	.6941	1.7327
	autoclave	average sa bef	.0885	.0056	.0138	.0396
		average sa aft	.0891	.0050	.0124	.0330
		average sq bef	.1123	.0067	.0164	.0470
		average sq aft	.1137	.0067	.0164	.0466
		average st bef	1.0417	.0677	.1659	.4777
		average st aft	1.2061	.1988	.4870	1.3226
		average sv bef	.4106	.0448	.1096	.2892
		average sv aft	.3989	.0330	.0807	.2002
		average sp bef	.6312	.0826	.2023	.5470
		average sp aft	.8072	.1917	.4696	1.2830

ตารางที่ 56 แสดงค่าตัวแปรแบบ 3 มิติ ที่อ่านได้จากเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวเรียบ

Tables: Sandblast

			Mean	Standard Error of Mean	Std Deviation	Range
sterilization	gamma	average sa bef	.3182	.0125	.0306	.0764
		average sa aft	.3639	.0070	.0173	.0409
		average sq bef	.4092	.0147	.0359	.0901
		average sq aft	.4680	.0078	.0191	.0492
		average st bef	4.0781	.2103	.5152	1.3881
		average st aft	4.8283	.3457	.8468	2.4040
		average sv bef	1.5084	.0878	.2150	.5129
		average sv aft	1.8149	.0574	.1407	.3153
		average sp bef	2.5697	.2513	.6157	1.7007
		average sp aft	3.0134	.3760	.9210	2.4991
	autoclave	average sa bef	.2629	.0131	.0348	.0985
		average sa aft	.2764	.0119	.0314	.0974
		average sq bef	.3421	.0178	.0471	.1269
		average sq aft	.3587	.0147	.0390	.1218
		average st bef	3.4654	.3175	.8401	2.2807
		average st aft	3.5442	.2547	.6740	1.9152
		average sv bef	1.1516	.0767	.2029	.5587
		average sv aft	1.1476	.1072	.2836	.8817
		average sp bef	2.3138	.2831	.7491	1.9367
		average sp aft	2.3965	.2090	.5530	1.6427

ตารางที่ 57 แสดงค่าตัวแปรแบบ 3 มิติ ที่อ่านได้จากเครื่องโพรฟิโลมิเตอร์ ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มพื้นผิวหยาบ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	average sp bef	1.537217	13	1.029491	.285530
	average sp aft	1.662984	13	.961729	.266736

ตารางที่ 58 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า Sp ก่อนและหลัง การทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	average sp bef - average sp aft	-.125766	.456341	.126566	-.512368	.260835	-.994	12	.340

ตารางที่ 59 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sp ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

108

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	average sv bef	.809593	13	.416485	.115512
	average sv aft	.802080	13	.440286	.122113

ตารางที่ 60 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	average sv bef - average sv aft	7.51E-03	.245598	6.81E-02	-.200551	.215578	.110	12	.914

ตารางที่ 61 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มอบไอน้ำภายใต้ความดัน

109

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	average sp bef	1.500197	13	1.115735	.309449
	average sp aft	1.916537	13	1.308214	.362833
Pair 2	average sv bef	.933990	13	.571787	.158585
	average sv aft	1.079223	13	.716015	.198587

ตารางที่ 62 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ ค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมา ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	average sp bef - average sp aft	-.416340	.759370	.210611	-1.059661	.226981	-1.977	12	.072
Pair 2	average sv bef - average sv aft	-.145233	.189033	5.24E-02	-.305377	1.49E-02	-2.770	12	.017

ตารางที่ 63 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มฉายแกมมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

110

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	average sp bef	2.569701	6	.615652	.251339
	average sp aft	3.013389	6	.920952	.375977
Pair 2	average sv bef	1.508439	6	.215009	8.78E-02
	average sv aft	1.814880	6	.140671	5.74E-02

ตารางที่ 64 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน ในการทดสอบ Pair T-test

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					99% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	average sp bef - average sp aft	-.443688	.909562	.371327	-1.940932	1.053556	-1.195	5	.286
Pair 2	average sv bef - average sv aft	-.306441	.146282	5.97E-02	-.547238	-6.6E-02	-5.131	5	.004

ตารางที่ 65 แสดงค่าการทดสอบ Pair T- test ของค่า Sp และ Sv ก่อนและหลังการทำไร้เชื้อ กลุ่มผิวหยาบและอบไอน้ำภายใต้ความดัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

111

Report

prepsurf	sterilize		rabefore	raafter	raaft-rab
polishing	gamma	Mean	.102035	.113428	1.14E-02
		Std. Error of Mean	6.60E-03	8.20E-03	5.48E-03
		Std. Deviation	1.75E-02	2.17E-02	1.45E-02
		Range	.0554	.0481	.0370
	autoclave	Mean	8.85E-02	8.91E-02	5.49E-04
		Std. Error of Mean	5.65E-03	5.05E-03	3.94E-03
		Std. Deviation	1.38E-02	1.24E-02	9.66E-03
		Range	.0396	.0330	.0257
	Total	Mean	9.58E-02	.102198	6.39E-03
		Std. Error of Mean	4.65E-03	5.94E-03	3.68E-03
		Std. Deviation	1.68E-02	2.14E-02	1.33E-02
		Range	.0683	.0680	.0501
sandblast	gamma	Mean	.318239	.363901	4.57E-02
		Std. Error of Mean	1.25E-02	7.04E-03	9.95E-03
		Std. Deviation	3.06E-02	1.73E-02	2.44E-02
		Range	.0764	.0409	.0597
	autoclave	Mean	.262937	.276409	1.35E-02
		Std. Error of Mean	1.31E-02	1.19E-02	1.28E-02
		Std. Deviation	3.48E-02	3.14E-02	3.40E-02
		Range	.0985	.0974	.1018
	Total	Mean	.288461	.316790	2.83E-02
		Std. Error of Mean	1.18E-02	1.44E-02	9.22E-03
		Std. Deviation	4.26E-02	5.18E-02	3.32E-02
		Range	.1641	.1647	.1018
Total	gamma	Mean	.201821	.229031	2.72E-02
		Std. Error of Mean	3.18E-02	3.64E-02	7.17E-03
		Std. Deviation	.114571	.131339	2.59E-02
		Range	.2850	.2969	.0842
	autoclave	Mean	.182450	.189957	7.51E-03
		Std. Error of Mean	2.61E-02	2.77E-02	7.13E-03
		Std. Deviation	9.42E-02	.100018	2.57E-02
		Range	.2323	.2495	.1038
	Total	Mean	.192135	.209494	1.74E-02
		Std. Error of Mean	2.02E-02	2.28E-02	5.33E-03
		Std. Deviation	.103233	.116098	2.72E-02
		Range	.2979	.3169	.1038

ตารางที่ 66 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วงข้อมูล ค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลังและค่าผลต่างก่อน–หลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามการเตรียมพื้นผิว

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
rabefore * prepsurf	Between Groups	(Combined)	.241	1	.241	229.900	.000
	Within Groups		.025	24	.001		
	Total		.266	25			
raafter * prepsurf	Between Groups	(Combined)	.299	1	.299	190.839	.000
	Within Groups		.038	24	.002		
	Total		.337	25			
raaft-rab * prepsurf	Between Groups	(Combined)	.003	1	.003	4.890	.037
	Within Groups		.015	24	.001		
	Total		.018	25			

ตารางที่ 67 แสดงการทดสอบปัจจัยการเตรียมพื้นผิวและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลัง และค่าผลต่างก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ

Report

sterilize	prepsurf		rabefore	raafter	raaft-rab
gamma	polishing	Mean	.102035	.113428	1.14E-02
		Std. Error of Mean	6.60E-03	8.20E-03	5.48E-03
		Std. Deviation	1.75E-02	2.17E-02	1.45E-02
		Range	.0554	.0481	.0370
	sandblast	Mean	.318239	.363901	4.57E-02
		Std. Error of Mean	1.25E-02	7.04E-03	9.95E-03
		Std. Deviation	3.06E-02	1.73E-02	2.44E-02
		Range	.0764	.0409	.0597
	Total	Mean	.201821	.229031	2.72E-02
		Std. Error of Mean	3.18E-02	3.64E-02	7.17E-03
		Std. Deviation	.114571	.131339	2.59E-02
		Range	.2850	.2969	.0842
autoclave	polishing	Mean	8.85E-02	8.91E-02	5.49E-04
		Std. Error of Mean	5.65E-03	5.05E-03	3.94E-03
		Std. Deviation	1.38E-02	1.24E-02	9.66E-03
		Range	.0396	.0330	.0257
	sandblast	Mean	.262937	.276409	1.35E-02
		Std. Error of Mean	1.31E-02	1.19E-02	1.28E-02
		Std. Deviation	3.48E-02	3.14E-02	3.40E-02
		Range	.0985	.0974	.1018
	Total	Mean	.182450	.189957	7.51E-03
		Std. Error of Mean	2.61E-02	2.77E-02	7.13E-03
		Std. Deviation	9.42E-02	.100018	2.57E-02
		Range	.2323	.2495	.1038
Total	polishing	Mean	9.58E-02	.102198	6.39E-03
		Std. Error of Mean	4.65E-03	5.94E-03	3.68E-03
		Std. Deviation	1.68E-02	2.14E-02	1.33E-02
		Range	.0683	.0680	.0501
	sandblast	Mean	.288461	.316790	2.83E-02
		Std. Error of Mean	1.18E-02	1.44E-02	9.22E-03
		Std. Deviation	4.26E-02	5.18E-02	3.32E-02
		Range	.1641	.1647	.1018
	Total	Mean	.192135	.209494	1.74E-02
		Std. Error of Mean	2.02E-02	2.28E-02	5.33E-03
		Std. Deviation	.103233	.116098	2.72E-02
		Range	.2979	.3169	.1038

ตารางที่ 68 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วงข้อมูล ค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลัง และค่าผลต่างก่อน – หลังการทำไร้เชื้อเมื่อแบ่งตามการทำไร้เชื้อ

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
rabefore * sterilize	Between Groups	(Combined)	.002	1	.002	.222	.642
	Within Groups		.264	24	.011		
	Total		.266	25			
raafter * sterilize	Between Groups	(Combined)	.010	1	.010	.728	.402
	Within Groups		.327	24	.014		
	Total		.337	25			
raaft-rab * sterilize	Between Groups	(Combined)	.003	1	.003	3.793	.063
	Within Groups		.016	24	.001		
	Total		.018	25			

ตารางที่ 69 แสดงการทดสอบปัจจัยการทำไร้เชื้อและปัจจัยร่วมต่อค่าความหยาบเฉลี่ยพื้นผิวก่อน-หลัง และค่าผลต่าง ก่อน- หลังการทำไร้เชื้อ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรพรรณ ตั้งศรีพงศ์ เกิดวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดนครปฐม เป็นบุตรสาวคนที่ 3 ในบรรดาพี่น้องทั้งหมด 4 คน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2544 เข้าทำงานในตำแหน่งพนักงานสายวิชาการ (อาจารย์) ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เป็นเวลา 2 ปี ก่อนเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย