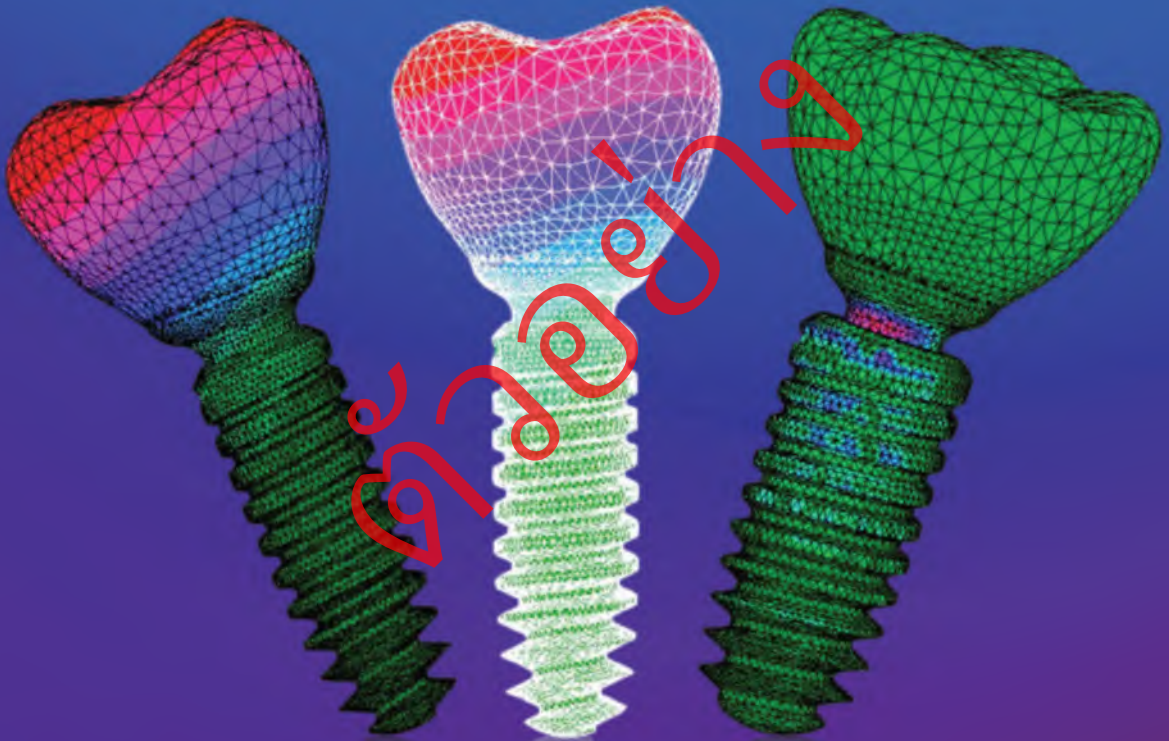




สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยอุดรธานี

ชีวกลศาสตร์สำหรับ ทันตกรรมรากเทียม



ดร.กนต์แพทย์ สำเร็จ อินกล้า

หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยอุดรธานี พ.ศ. 2567

ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2567

สำเริง อินกล้า.

ชีวกลศาสตร์สำหรับทันตกรรมรากเทียม.

1. ทันตกรรมรากเทียม. 2. ชีวกลศาสตร์.

WU640

ISBN 978-616-602-220-9

ISBN (ebook) 978-616-602-229-2

ลิขสิทธิ์ของรองศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์ สำเริง อินกล้า
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนกันยายน 2568

จำนวน 100 เล่ม

ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (ebook) พฤศจิกายน 2568

สำนักงานบริหารการพิมพ์ธรรมศาสตร์

จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 อาคารโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทร. 085-112-6081, 085-112-6968

<http://thammasatpress.tu.ac.th>

จัดจำหน่ายโดยศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โทร. 02-564-4438

<https://linktr.ee/tubookstore>

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ราคาเล่มละ 480.- บาท

สารบัญ

คำนำ	(11)
บทนำ ชีวกลศาสตร์สำหรับทันตกรรมรากเทียม	1
ทันตกรรมรากเทียม	1
ชีวกลศาสตร์	2
ชีวกลศาสตร์สำหรับงานทันตกรรมรากเทียม	4
เอกสารอ้างอิง	6
บทที่ 1 กลศาสตร์ของวัสดุ คุณสมบัติของแรงและระบบบดเคี้ยว	7
1.1 กลศาสตร์ของวัสดุ	7
1.1.1 ความเค้น	11
1.1.2 ความเครียด	14
1.1.3 ความแข็งแรง	19
1.1.4 ความยืดหยุ่น	19
1.1.5 ความอ่อนตัว ความเหนียว และความเปราะ	20
1.1.6 ความแข็ง	23
1.1.7 ความแข็งแรง	25
1.1.8 ความล้า	27
1.2 คุณสมบัติของแรงภายในช่องปาก	28
1.2.1 ขนาดและทิศทางของแรง	28
1.2.2 ความถี่และระยะเวลาการได้รับแรง	30
1.3 ระบบบดเคี้ยว	32
1.3.1 โครงสร้างอวัยวะของระบบบดเคี้ยว	32
1.3.2 แรงภายในช่องปาก	37
1.3.3 สภาพแวดล้อมและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบดเคี้ยว	40
1.4 บทสรุป	44
คำถามท้ายบท	45
เอกสารอ้างอิง	46

บทที่ 2	ชีววิทยาของกระดูกและการเกิดกระดูกเชื่อมประสาน	50
2.1	กระบวนการสร้างกระดูก	51
2.2	กระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของกระดูก	52
2.3	กระบวนการตอบสนองของกระดูก	54
2.4	การเกิดกระดูกเชื่อมประสาน	58
2.4.1	กระบวนการเริ่มต้นของการเกิดกระดูกเชื่อมประสาน	60
2.4.2	กระบวนการเปลี่ยนแปลงไปสู่เสถียรภาพของการเชื่อมประสาน	61
2.4.3	กระบวนการคงเสถียรภาพของการเชื่อมประสาน	62
2.5	บทสรุป	65
	คำถามท้ายบท	66
	เอกสารอ้างอิง	67
บทที่ 3	คุณสมบัติทางกายภาพของกระดูกต่อเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์	69
3.1	คุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณภาพของกระดูก	71
3.2	คุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณของกระดูก	75
3.3	คุณสมบัติทางกายภาพด้านโครงสร้างภายในของกระดูก	78
3.4	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดูก	80
3.5	บทสรุป	82
	คำถามท้ายบท	83
	เอกสารอ้างอิง	84
บทที่ 4	คุณสมบัติทางกายภาพของรากเทียมต่อเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์	87
4.1	คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทำรากเทียม	89
4.2	การปรับปรุงพื้นผิวของรากเทียม	93
4.3	การออกแบบรูปร่างและเกลียวของรากเทียม	94
4.3.1	การออกแบบรูปร่างของรากเทียม	94
4.3.2	การออกแบบรูปร่างเกลียวของรากเทียม	96
4.4	โครงสร้างภายในของรากเทียม	101
4.5	บทสรุป	104
	คำถามท้ายบท	106
	เอกสารอ้างอิง	107

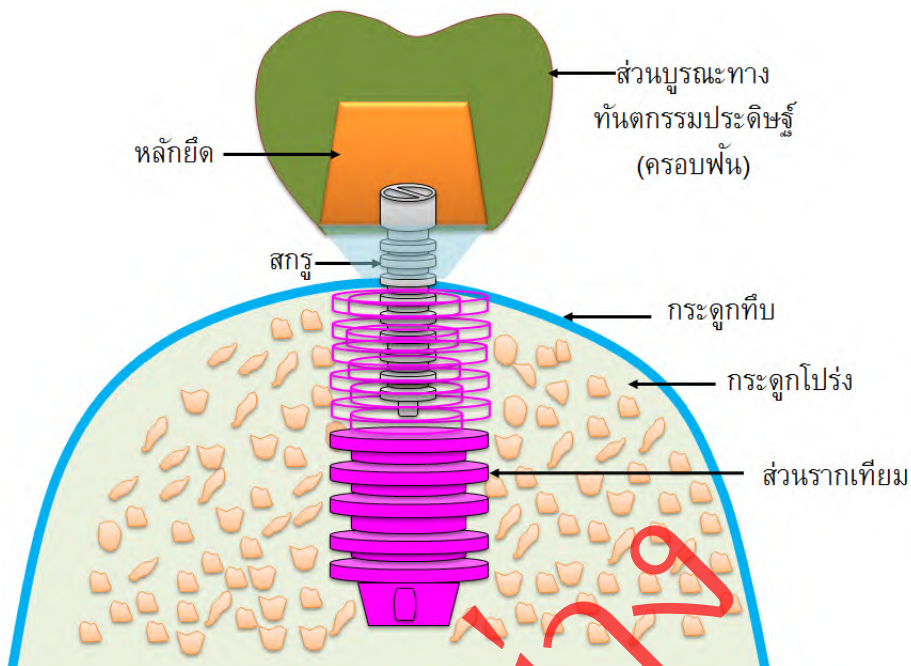
บทที่ 5 การวิเคราะห์การตอบสนองทางชีวกลศาสตร์	
ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	111
5.1 หลักการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	112
5.2 กระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	115
5.3 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์	117
5.4 เทคโนโลยีสนับสนุนการวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	124
5.4.1 เทคโนโลยีการถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีที	124
5.4.2 เทคโนโลยีการประมวลผลและการจัดการภาพถ่ายรังสี	
ด้วยระบบคอมพิวเตอร์	127
5.4.3 เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ	130
5.4.4 เทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วทางการแพทย์	131
5.4.5 เทคโนโลยีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ	131
5.4.6 เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์	133
5.5 การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาวิจัยทางชีวกลศาสตร์	
งานทันตกรรมรากเทียม	134
5.6 บทสรุป	136
คำถามท้ายบท	137
เอกสารอ้างอิง	138
บทที่ 6 พารามิเตอร์ทางชีวกลศาสตร์สำหรับทันตกรรมรากเทียม	143
6.1 ค่าความเค้น	147
6.2 ค่าความเครียด	151
6.3 ค่าความหนาแน่นพลังงานความเครียด	154
6.4 ค่าระยะการเคลื่อนขยับของรากเทียม	155
6.5 บทสรุป	158
คำถามท้ายบท	159
เอกสารอ้างอิง	160
บทที่ 7 เสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์ของรากเทียมขนาดเล็ก	163
7.1 นิยามของรากเทียมขนาดเล็ก	164
7.2 การปฏิบัติงานคลินิกทันตกรรมรากเทียมขนาดเล็ก	165

7.3	ปัจจัยที่ส่งผลต่อเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์ของรากเทียมขนาดสั้น	168
7.3.1	ขนาดของรากเทียมขนาดสั้น	174
7.3.2	คุณภาพของกระดูก	175
7.3.3	การออกแบบส่วนบุรณะทางทันตกรรมประดิษฐ์	177
7.4	การวิจัยทางชีวกลศาสตร์ของรากเทียมขนาดสั้นเพื่อการประยุกต์ใช้ทางคลินิก	179
7.5	บทสรุป	185
	คำถามท้ายบท	187
	เอกสารอ้างอิง	188
บทที่ 8	เสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์ของรากเทียมขนาดเล็ก	196
8.1	ความหมายของรากเทียมขนาดเล็ก	197
8.2	การปฏิบัติงานคลินิกทันตกรรมรากเทียมขนาดเล็ก	198
8.3	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์ของรากเทียมขนาดเล็ก	199
8.3.1	ขนาดของรากเทียมขนาดเล็ก	200
8.3.2	คุณภาพของกระดูกและตำแหน่งบนขากรรไกร	201
8.4	การศึกษาวิจัยทางชีวกลศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้รากเทียมขนาดเล็ก	201
8.5	บทสรุป	210
	คำถามท้ายบท	211
	เอกสารอ้างอิง	212
บทที่ 9	บทบาทของสัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียมต่อการตอบสนองทางชีวกลศาสตร์	216
9.1	ความหมายของสัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียม	217
9.2	สัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียมในสถานการณ์ทางคลินิก	220
9.3	อิทธิพลของสัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียมต่อพฤติกรรม การตอบสนองทางชีวกลศาสตร์	222
9.4	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียม	224
9.5	การศึกษาวิจัยทางชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับสัดส่วนครอบฟันต่อรากเทียม	231
9.6	บทสรุป	233
	คำถามท้ายบท	235
	เอกสารอ้างอิง	236

บทที่ 10 บทบาทของการออกแบบครอบฟันยึดติดกันและครอบฟันมีคานยื่น	
ต่อการตอบสนองทางชีวกลศาสตร์	239
10.1 ความหมายของครอบฟันยึดติดกันและครอบฟันมีคานยื่น	240
10.2 การออกแบบครอบฟันยึดติดกันและครอบฟันมีคานยื่น	241
10.3 ชีวกลศาสตร์ของระบบรากเทียมพวยงรับครอบฟันยึดติดกัน	
เพื่อการประยุกต์ใช้ทางคลินิก	243
10.4 ชีวกลศาสตร์ของระบบรากเทียมพวยงรับครอบฟันมีคานยื่น	
เพื่อการประยุกต์ใช้ทางคลินิก	245
10.5 บทสรุป	252
คำถามท้ายบท	254
เอกสารอ้างอิง	255
บทที่ 11 ชีวกลศาสตร์สำหรับวางแผนการรักษาทางทันตกรรมรากเทียม	259
11.1 ความยาวกระดูกกับจำนวนรากเทียม	266
11.2 ความกว้างกระดูกกับขนาดรากเทียม	268
11.3 ความสูงกระดูกกับความยาวรากเทียม	272
11.4 ความยาวกระดูกกับจำนวนรากเทียมและการออกแบบทางทันตกรรมประดิษฐ์	275
11.5 ปริมาณกระดูกกับการกำหนดตำแหน่งและทิศทางของรากเทียม	278
11.6 บทสรุป	281
คำถามท้ายบท	282
เอกสารอ้างอิง	283
บทที่ 12 ชีวกลศาสตร์ประยุกต์สำหรับงานคลินิกทันตกรรมรากเทียม	289
12.1 ขั้นตอนการตรวจเพื่อการวินิจฉัยและวางแผนการรักษา	291
12.1.1 การซักประวัติ	292
12.1.2 การตรวจทางคลินิก	293
12.1.3 การถ่ายภาพรังสี	294
12.1.4 การจำลองช่องปากด้วยชิ้นหล่อศึกษา	298
12.1.5 การวางแผนการรักษา	298

12.2 การปฏิบัติงานทางศัลยกรรม	301
12.2.1 ขั้นตอนการผ่าตัดเปิดแผ่นเหงือก	302
12.2.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานศัลยกรรมเตรียมโพรงกระดูก	303
12.3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานบูรณะทางทันตกรรมประดิษฐ์	308
12.3.1 ขั้นตอนการพิมพ์ปาก	308
12.3.2 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานทันตกรรมประดิษฐ์ในห้องปฏิบัติการ	309
12.3.3 ขั้นตอนการใส่ชิ้นงานทันตกรรมประดิษฐ์ในช่องปาก	310
12.4 ขั้นตอนการติดตามและประเมินผลการรักษา	311
12.5 บทสรุป	314
คำถามท้ายบท	315
เอกสารอ้างอิง	316
บรรณานุกรม	319
ดัชนี/Index	334
ประวัติผู้เขียน	344

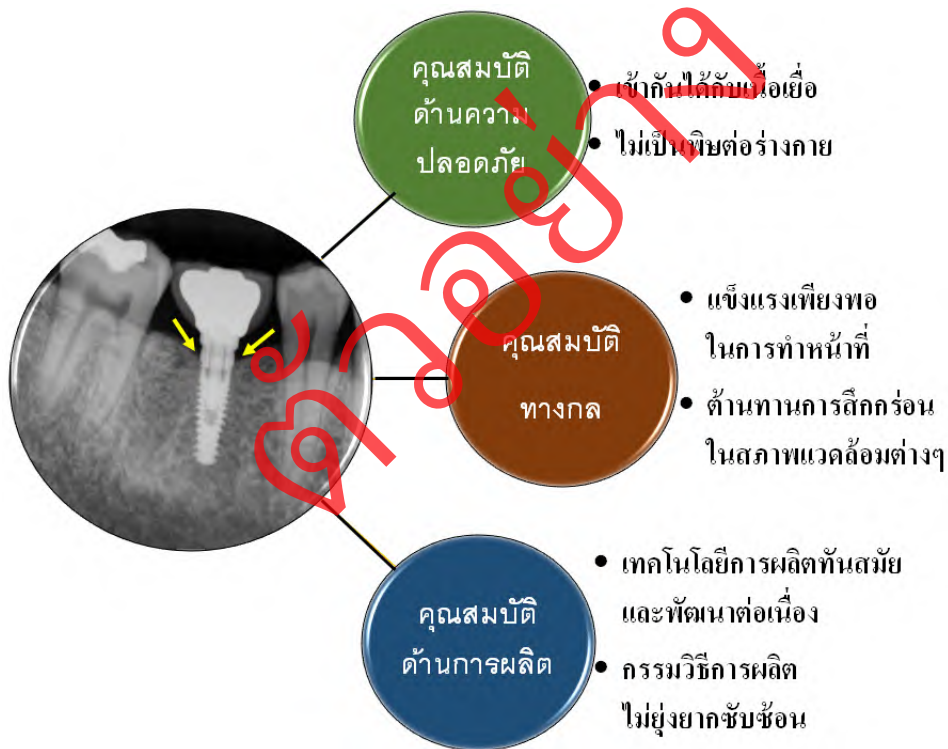
ตัวอย่าง



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงองค์ประกอบเชิงโครงสร้างหลักและโครงสร้างย่อยของระบบรากเทียม

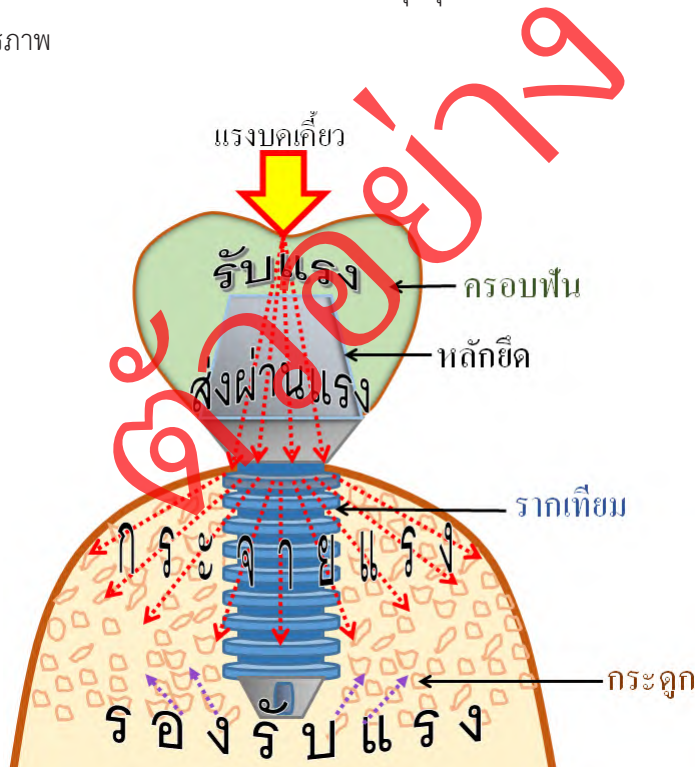
การศึกษาวิจัยเพื่อมุ่งค้นคว้าหาองค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์สำหรับการพัฒนางานทางด้านทันตกรรมรากเทียมได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา โดยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยจากหลายสถาบัน ที่ได้นำเสนอองค์ความรู้และนวัตกรรมซึ่งมีบทบาทสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานคลินิก ดังนั้นเนื้อหาของหนังสือเล่มนี้จึงจัดลำดับองค์ความรู้จากพื้นฐานที่สำคัญ สู่การประยุกต์ใช้จริงในการปฏิบัติงานรักษาทางคลินิก ซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ทางกลศาสตร์และคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ กระบวนการทางชีววิทยาของกระดูก หน้าที่และการออกแบบโครงสร้างส่วนต่างๆ ของระบบรากเทียม ปัจจัยทางคลินิกที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ชีวกลศาสตร์ในการปฏิบัติงานการรักษาทางทันตกรรมรากเทียมในสถานการณ์ต่างๆ ทางคลินิก ซึ่งเนื้อหาของแต่ละบทประกอบด้วยองค์ความรู้ที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลการศึกษาต่างๆ รวมทั้งผลการศึกษาวิจัยของผู้เขียนและคณะ ร่วมกับการนำเสนอกรณีตัวอย่างของการรักษาในบางสถานการณ์ทางคลินิกที่สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นพื้นฐานในการคิดเชิงวิพากษ์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาองค์ความรู้ทางชีวกลศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้สำหรับการปฏิบัติงานคลินิกทันตกรรมรากเทียมต่อไป

สิ่งมีชีวิต มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาคุณสมบัติด้านต่างๆ อย่างละเอียดและครอบคลุม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการนำมาใช้ โดยคุณสมบัติสำคัญในการพิจารณาเพื่อนำวัสดุมาใช้ในสิ่งมีชีวิต คือ ความปลอดภัยไม่เป็นพิษ (non-toxicity) ความเหมาะสมของคุณสมบัติทางกล (mechanically suitable) และ ความเหมาะสมในการผลิต (suitable for production)^{1,2} ปัจจุบันมีการนำสิ่งปลูกฝังหรือวัสดุฝังใน (implant prosthesis) ประเภทต่างๆ มาใช้ในทางการแพทย์ โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ ช่วยเสริมการทำหน้าที่ของอวัยวะที่เสื่อมสภาพจากสาเหตุต่างๆ หรือใช้ทดแทนอวัยวะที่สูญเสียไป ดังนั้นการนำรากเทียมมาเป็นสิ่งปลูกฝังเพื่อทำหน้าที่ทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไป จึงต้องพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมของคุณสมบัติด้านต่างๆ (รูปที่ 1.1)



รูปที่ 1.1 ภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากสำหรับการติดตามและประเมินผลการรักษาระยะยาว แสดงเสถียรภาพของระบบรากเทียมพุงรับครอบฟันเดี่ยว (implant supported single crown) เนื่องจากความเหมาะสมของคุณสมบัติด้านความปลอดภัย คุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติด้านการผลิตของวัสดุที่นำมาใช้ ทำให้โครงสร้างส่วนต่างๆ ยังคงมีสภาพดี รวมทั้งไม่เกิดการสูญเสียของกระดูกที่อยู่โดยรอบ (marginal bone loss) (ลูกศรชี้)

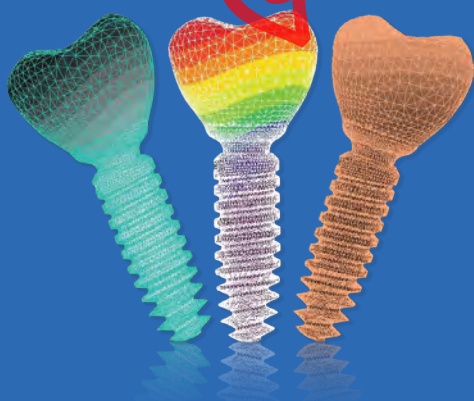
การรักษาทางทันตกรรมรากเทียมซึ่งมีการนำวัสดุมาเป็นสิ่งปลูกฝังเพื่อทำหน้าที่ทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไป มีองค์ประกอบเชิงโครงสร้างหลักในการทำหน้าที่ของระบบรากเทียม 3 ส่วน คือ ส่วนกระดูกขากระดูกที่รองรับ ส่วนรากเทียมซึ่งเป็นวัสดุที่ปลูกฝังลงในกระดูก และส่วนบุรณะทางทันตกรรมประดิษฐ์ซึ่งต่อจากส่วนรากเทียมขึ้นมาอยู่ในช่องปาก ซึ่งในมุมมองทางชีวกลศาสตร์ โครงสร้างหลักทั้ง 3 ส่วน ได้ร่วมกันทำหน้าที่บดเคี้ยว โดยส่วนของรากเทียมที่ฝังอยู่ในกระดูก ทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยวที่ส่งผ่านมาจากส่วนบุรณะทางทันตกรรมประดิษฐ์ และกระจายแรงต่อไปยังส่วนกระดูกที่รองรับอยู่โดยรอบ (รูปที่ 1.2) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างของระบบรากเทียมมีความแตกต่างกัน ทั้งชนิด ขนาด และรูปร่าง รวมทั้งต้องทำหน้าที่รองรับแรงบดเคี้ยวที่มีคุณสมบัติด้านขนาดและทิศทางที่ต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกลของวัสดุของแต่ละโครงสร้างอย่างละเอียดและครอบคลุมทุกด้านเพื่อความเหมาะสมในการทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1.2 แผนภาพแสดงการทำงานที่ร่วมกันในเชิงชีวกลศาสตร์ของโครงสร้างส่วนต่างๆ ของระบบรากเทียม โดยส่วนครอบฟันทำหน้าที่รับแรงบดเคี้ยวและส่งแรงผ่านหลักยึดไปยังส่วนรากเทียม ซึ่งทำหน้าที่กระจายแรงต่อไปยังส่วนกระดูกที่รองรับอยู่โดยรอบ

ชีวกลศาสตร์สำหรับทันตกรรมรากเทียม

“ความสำเร็จระยะยาวของการรักษาทางทันตกรรมรากเทียมคือเสถียรภาพด้านชีวกลศาสตร์ในการทำหน้าที่ของระบบรากเทียม” ซึ่งปัจจุบันทันตกรรมรากเทียมเป็นวิธีการรักษาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือการให้ระบบรากเทียมทำหน้าที่ทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปจากสาเหตุต่างๆ ซึ่งการทำหน้าที่ดังกล่าวเกี่ยวข้องโดยตรงกับแรงและการตอบสนองต่อแรงขององค์ประกอบเชิงโครงสร้างส่วนต่างๆ ของระบบรากเทียม ดังนั้นการพิจารณาปัจจัยด้านต่างๆ ที่ส่งผลต่อเสถียรภาพทางชีวกลศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมรากเทียมเพื่อความสำเร็จของการรักษาในระยะยาว โดยการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านชีวกลศาสตร์รวมทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านต่างๆ ส่งผลให้การรักษาทางทันตกรรมรากเทียมพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีอัตราความสำเร็จของการรักษาสูงขึ้นมาก เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ จึงเสนอองค์ความรู้ด้านชีวกลศาสตร์ของทันตกรรมรากเทียมจากพื้นฐานไปสู่การประยุกต์ใช้ รวมทั้งนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับทันตแพทย์ผู้ให้การรักษา นักวิจัย ช่างทันตกรรม นักศึกษา รวมทั้งผู้สนใจทั่วไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาทางชีวกลศาสตร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานที่ปฏิบัติ



ISBN 978-616-602-220-9



9 786166 022209

ราคา 480 บาท

หมวดทันตแพทยศาสตร์