

พรพรหม ย่อยสูงเนิน.

พยาธิสรีรวิทยาการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็งและบทบาทของเคอร์คูมินกับอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน
ในการรักษาโรคมะเร็ง.

1. สารยับยั้งการสร้างหลอดเลือดใหม่. 2. เนื้องอก. 3. การเกิดหลอดเลือดใหม่, พยาธิวิทยา.
4. เคอร์คูมิน--เภสัชวิทยา.

QZ267

ISBN 978-616-602-263-6

ลิขสิทธิ์ของรองศาสตราจารย์ ดร.พรพรหม ย่อยสูงเนิน
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนมีนาคม 2569

จำนวน 30 เล่ม

สำนักงานบริหารการพิมพ์ธรรมศาสตร์

จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 อาคารโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทร. 085-112-6968, 085-112-6081

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

จัดจำหน่ายโดยศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โทร. 02-564-4438, 085-112-6081

<https://linktr.ee/tubookstore>

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ราคาเล่มละ 430.- บาท

สารบัญ

สารบัญรูป	(9)
สารบัญตาราง	(13)
คำนำ	(14)

บทที่ 1 หลักการพื้นฐานของระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค

และหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด 1

โครงสร้างของหลอดเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	2
ประสาทที่ควบคุมการทำงานของหลอดเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	7
เซลล์บุโพรงหลอดเลือด	10
การควบคุมอัตราการไหลของเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	14
- การควบคุมระยะสั้น	14
- การควบคุมระยะยาว	18
หน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	18
- บทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในการควบคุมความตึงตัวของหลอดเลือด	20
- บทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดต่อการเป็นแนวกั้นในการควบคุมการขนส่งของเหลวระหว่างหลอดเลือดและเนื้อเยื่อ	25
- บทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อการอักเสบ	32
- บทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในการควบคุมกระบวนการแข็งตัวของเลือดและการสลายลิ่มเลือด	36
- บทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่	42
การทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดที่ผิดไปจากปกติ	44
พยาธิสรีรวิทยาของภาวะการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดที่ผิดไปจากปกติ	46
การทำงานของ endothelial glycocalyx ผิดไปจากปกติ	51
ข้อสรุปและแนวคิดสำคัญ	53
เอกสารอ้างอิง	54

บทที่ 2	ปัจจัยกระตุ้นการสร้างหลอดเลือดใหม่และโมเลกุลส่งสัญญาณที่เกี่ยวข้อง	
	ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	61
	แฟกเตอร์การเติบโต	62
	- ระบบสัญญาณ VEGF/vascular endothelial growth factor receptor (VEGFR)	62
	- ระบบสัญญาณ fibroblast growth factor (FGF)/fibroblast growth factor receptor (FGFR)	73
	- ระบบสัญญาณ PDGF/Platelet-derived growth factor receptor (PDGFR)	76
	- ระบบสัญญาณ hepatocyte growth factor (HGF)/HGF receptor (Met)	81
	- ระบบสัญญาณ epidermal growth factor (EGF)/epidermal growth factor receptor (EGFR)	83
	โมเลกุลที่มีบทบาทในการสร้างหลอดเลือด การเจริญเป็นหลอดเลือดอย่างสมบูรณ์ การทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อมีรูปแบบและโครงสร้างที่เฉพาะเจาะจง และมีบทบาทในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์	86
	- ระบบสัญญาณของ angiopoietin (Angpt)/angiopoietin receptors (Tie)	86
	เอนไซม์ cyclooxygenase-2 (COX-2)	90
	ระบบแมทริกซ์ เมทัลโลโปรตีนเอส (matrix metalloproteinases system, MMP)	96
	ระบบกระตุ้นพลาสมิโนเจน/พลาสมิน (plasminogen activator, PA)/plasmin system	101
	โมเลกุลยึดเกาะ (adhesion molecule)	103
	แฟกเตอร์ถอดรหัส (transcription factor)	108
	ข้อสรุปและแนวคิดสำคัญ	115
	เอกสารอ้างอิง	117
บทที่ 3	พยาธิสรีรวิทยาของกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	135
	รูปแบบต่างๆ ของการสร้างหลอดเลือดชั้นใหม่	135
	กระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	140
	จุดเริ่มต้นและขั้นตอนของกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	142

- การกระตุ้นเซลล์บุโพรงหลอดเลือด และการหลั่งเอ็นไซม์ย่อยโปรตีน	142
- การย่อยสลายเยื่อรองรับฐานรอบหลอดเลือด และสารองค์ประกอบนอกเซลล์	146
- การเพิ่มจำนวนและการเคลื่อนที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	149
- การเปลี่ยนสภาพของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด การสร้างเป็นท่อหลอดเลือด และการเจริญเป็นหลอดเลือดอย่างสมบูรณ์	160
ลักษณะเฉพาะของหลอดเลือดในก้อนมะเร็ง	168
การจัดระเบียบหลอดเลือด (vascular normalization)	176
การติดต่อயาต้านการสร้างหลอดเลือดใหม่	180
การสร้างหลอดเลือดใหม่ในภาวะผิดปกติทางพยาธิวิทยาอื่นๆ	182
ข้อสรุปและแนวคิดสำคัญ	189
เอกสารอ้างอิง	192

บทที่ 4 การวัดการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด

และระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	209
ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	210
- โมเลกุลยึดเกาะ	210
- Von Willebrand factor (vWF)	219
- ระบบสัญญาณ VEGF/VEGFR-2	220
- angiotensin-converting enzyme (ACE, CD143)	225
- nitric oxide (NO) และ endothelial NO synthase (eNOS)	228
- angiotensin (Angpt)/Tie	233
การวัดการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดจุลภาคและเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	247
- การวัดการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในมนุษย์	248
- การวัดการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดจุลภาคในมนุษย์	252
- การวัดการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค และเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในสัตว์ทดลอง	257
โมเดลการศึกษาการสร้างหลอดเลือดใหม่	262
ข้อสรุปและแนวคิดสำคัญ	269
เอกสารอ้างอิง	272

บทที่ 5	ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและศักยภาพทางการรักษาของเคอร์คูมิน	
	และอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน	287
	ขมิ้นชัน: โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คูมินและอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน	288
	เภสัชจลนศาสตร์ของเคอร์คูมิน	290
	ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเคอร์คูมินและอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน	294
	- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	296
	- ฤทธิ์ต้านการอักเสบ	298
	- ฤทธิ์ต้านเบาหวาน	300
	- ฤทธิ์ต้านโรคอ้วน	307
	- ฤทธิ์ต้านมะเร็งและต้านการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง ของเคอร์คูมิน	313
	ฤทธิ์ต้านมะเร็งและต้านการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง ของอนุพันธ์ของเคอร์คูมินและสารคล้ายเคอร์คูมิน	329
	ศักยภาพของเคอร์คูมินต่อการรักษาโรคมะเร็งในมนุษย์	342
	ความเป็นพิษและผลข้างเคียงของเคอร์คูมิน	345
	ข้อสรุปและแนวคิดสำคัญ	348
	เอกสารอ้างอิง	351
	ดัชนี (Index)	372

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1	โครงสร้างของหลอดเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	3
รูปที่ 1-2	รูปแบบโครงสร้างการจัดเรียงตัวของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดของหลอดเลือดฝอย	5
รูปที่ 1-3	แนวกันเลือด-สมองของหลอดเลือดฝอยในสมอง	6
รูปที่ 1-4	แนวกันเลือด-จอตาของหลอดเลือดฝอยที่ตา	7
รูปที่ 1-5	การควบคุมการทำงานของหลอดเลือดโดยระบบประสาท	9
รูปที่ 1-6	โครงสร้างของเซลล์องค์ประกอบของหลอดเลือดขนาดเล็ก	11
รูปที่ 1-7	โครงสร้างของผนังหลอดเลือดฝอย	12
รูปที่ 1-8	กลไกปัจจัยทางกลต่อการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบหลอดเลือด	16
รูปที่ 1-9	กลไกของความเค้นเฉือนต่อการหลั่งไนตริกออกไซด์จากเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	17
รูปที่ 1-10	สรุปบทบาทหน้าที่ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	19
รูปที่ 1-11	สรุปกลไก endothelium-mediated vasodilation	21
รูปที่ 1-12	สรุปกลไก endothelium-mediated vasoconstriction	24
รูปที่ 1-13	แรงดันและทิศทางของแรงดันที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารน้ำผ่านผนังหลอดเลือดฝอย	28
รูปที่ 1-14	ช่องทางหลักของการไหลของของเหลว สารโมเลกุลเล็กผ่านผนังหลอดเลือดฝอย	29
รูปที่ 1-15	โมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์แข็งแรงของโครงสร้างหลอดเลือด (vascular integrity)	31
รูปที่ 1-16	กระบวนการการเคลื่อนที่ของเม็ดเลือดขาวออกนอกหลอดเลือดผ่านผนังหลอดเลือด	35
รูปที่ 1-17	บทบาทและกลไกของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในการยับยั้งการทำงานของเกล็ดเลือดและการแข็งตัวของเลือด	39
รูปที่ 1-18	บทบาทของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดและกลไกกระตุ้นการทำงานของเกล็ดเลือดและการแข็งตัวของเลือดขณะหลอดเลือดได้รับบาดเจ็บ	41
รูปที่ 1-19	สรุปขั้นตอนของกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในภาวะปกติ	43
รูปที่ 1-20	สาเหตุและผลของการเกิดภาวะการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดที่ผิดปกติ	45
รูปที่ 1-21	เปรียบเทียบการเกิด eNOS coupling กับ eNOS uncoupling	47
รูปที่ 1-22	การเกิด eNOS uncoupling จากการขาด BH ₄ cofactor	48
รูปที่ 1-23	การเกิด eNOS uncoupling จากการลดลงของ L-arginine/ADMA ratio	50

รูปที่ 2-1	โครงสร้างองค์ประกอบหลัก (domain) ของ VEGFR (A) บทบาทและโครงสร้าง ของ VEGF receptors (VEGFRs) ทั้ง 3 ชนิด (B)	65
รูปที่ 2-2	บทบาทของ VEGF-B ต่อการสร้างหลอดเลือดใหม่โดยอ้อม	66
รูปที่ 2-3	สรุปกลไกหลักของ VEGF ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่	68
รูปที่ 2-4	บทบาทของ VEGF ในสภาวะแวดล้อมจุลภาคในก้อนมะเร็ง	72
รูปที่ 2-5	บทบาทของ FGF ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่	74
รูปที่ 2-6	สรุปเส้นทางการส่งสัญญาณหลักของ PDGF/PDGFR ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่และการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง	80
รูปที่ 2-7	สรุปเส้นทางการส่งสัญญาณหลักของ HGF/c-Met ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	82
รูปที่ 2-8	สรุปเส้นทางการส่งสัญญาณหลักของ EGF/EGFR ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่และการสื่อสารข้ามเส้นทางการส่งสัญญาณระหว่าง EGFR และ VEGFR	85
รูปที่ 2-9	เส้นทางการส่งสัญญาณของ Angpt/Tie ต่อการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในภาวะปกติ	88
รูปที่ 2-10	เส้นทางการส่งสัญญาณของ Angpt/Tie ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในโรคมะเร็ง	89
รูปที่ 2-11	บทบาทของเอนไซม์ COX-2 ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	91
รูปที่ 2-12	ผลผลิตจากการทำงานของเอนไซม์ COX-2 ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ ผ่านกลไกป้อนกลับเชิงบวก (positive-feedback loop)	93
รูปที่ 2-13	สรุปฤทธิ์ของ COX-2 ต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่	96
รูปที่ 2-14	โครงสร้างพื้นฐานของโดเมน matrix metalloproteinases	99
รูปที่ 2-15	สรุปการทำงานของ urokinase-plasminogen activator และ matrix metalloproteinases system ในการย่อยสลายสารองค์ประกอบนอกเซลล์	102
รูปที่ 2-16	เส้นทางการส่งสัญญาณที่ควบคุมโดย integrin $\alpha\beta$ และ VEGFR-2	105
รูปที่ 2-17	โมเดลโครงสร้างของ VE-cadherin และการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วย VEGF-A	107
รูปที่ 2-18	การถ่ายทอดสัญญาณของ HIF-1 α ในสภาวะปกติและขาดออกซิเจน	109
รูปที่ 2-19	วิธีการส่งสัญญาณของ NF- κ B	112
รูปที่ 3-1	รูปแบบต่างๆ ของการสร้างหลอดเลือดขึ้นใหม่	139
รูปที่ 3-2	ปัจจัยกระตุ้นการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	145

รูปที่ 3-3	เส้นทางการส่งสัญญาณหลักที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารที่ย่อยสลาย สารองค์ประกอบภายนอกเซลล์	148
รูปที่ 3-4	เส้นทางการส่งสัญญาณหลักที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งตัวของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	153
รูปที่ 3-5	เส้นทางการส่งสัญญาณหลักที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	157
รูปที่ 3-6	เส้นทางการส่งสัญญาณหลักที่เกี่ยวข้องกับการอยู่รอด ของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	159
รูปที่ 3-7	ปัจจัยกระตุ้นการสร้างหลอดเลือดใหม่และเส้นทางการส่งสัญญาณหลัก ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	167
รูปที่ 3-8	เปรียบเทียบลักษณะหลอดเลือดปกติกับหลอดเลือดในก้อนมะเร็ง	171
รูปที่ 3-9	วงจรอุบาทว์ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	175
รูปที่ 3-10	การจัดระเบียบหลอดเลือดต่อการเปลี่ยนแปลงในก้อนมะเร็งและ ปัจจัยการสร้างหลอดเลือดใหม่	179
รูปที่ 3-11	การสร้างหลอดเลือดใหม่ในเนื้อเยื่อไขมันในโมเดลหนูอ้วน จากการกินอาหารที่มีไขมันสูง	183
รูปที่ 3-12	สรุปกลไกกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ในภาวะเบาหวานขึ้นจอตา	185
รูปที่ 4-1	การแสดงออกของ CD31 ในชั้นเนื้อชั้นใต้ผิวหนังด้านหลังแนวกลางลำตัวของ สัตว์ทดลองที่เหนี่ยวนำให้เป็นมะเร็งโดยการปลูกถ่ายด้วยเซลล์มะเร็งปากมดลูก	211
รูปที่ 4-2	บทบาทของ VCAM-1 และ ICAM-1 ในโรคหลอดเลือดที่มีการอักเสบ และการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	214
รูปที่ 4-3	การแสดงออกของ VEGF ในชั้นเนื้อชั้นใต้ผิวหนังด้านหลังแนวกลางลำตัวของ สัตว์ทดลองที่เหนี่ยวนำให้เป็นมะเร็งโดยการปลูกถ่ายด้วยเซลล์มะเร็งปากมดลูก	221
รูปที่ 4-4	บทบาทของ angiotensin-converting enzyme (ACE, CD143) และ ACE2 ในระบบ renin-angiotensin system	226
รูปที่ 4-5	ระดับของไนตริกออกไซด์ในภาวะปกติและพยาธิสภาพ	230
รูปที่ 4-6	แผนภาพสรุปหลักการประเมินการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด	249
รูปที่ 4-7	ขั้นตอนของเทคนิค ultrasound flow-mediated dilation	251
รูปที่ 4-8	วิธีการวางตำแหน่งของ probe และโครงสร้างของเทคนิค LDF ในการวัดอัตราการไหลเวียนเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาคบนผิวหนัง	254
รูปที่ 4-9	ภาพจำลองการจัดระบบ intravital fluorescent microscopy	258

รูปที่ 4-10	ภาพบันทึกวิถีทัศนหลอดเลือดจุลภาคด้วย intravital fluorescent microscopy	259
รูปที่ 4-11	ภาพบันทึกหลอดเลือดจุลภาคด้วย laser confocal microscopy	261
รูปที่ 5-1	ลักษณะลำต้นและใบของไขมันชั้น (A) เหง้าของไขมันชั้น (B) และเคอร์คูมินอยด์ (C)	288
รูปที่ 5-2	โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คูมินอยด์ (A) และโครงสร้างทางเคมีของเคอร์คูมิน (B)	289
รูปที่ 5-3	เส้นทางเมแทบอลิซึมของเคอร์คูมิน การดูดซึม การเผาผลาญ การหมุนเวียน และการขับออกของเคอร์คูมิน	292
รูปที่ 5-4	โครงสร้างทางเคมีของเคอร์คูมินเปรียบเทียบกับบริติชเมแทบอลิต์ของเคอร์คูมิน	293
รูปที่ 5-5	สรุปฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเคอร์คูมิน	295
รูปที่ 5-6	สรุปฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเคอร์คูมิน	297
รูปที่ 5-7	สรุปกลไกหลักฤทธิ์ต้านการอักเสบของเคอร์คูมิน	299
รูปที่ 5-8	ฤทธิ์ของเคอร์คูมินในการต้านเบาหวาน	304
รูปที่ 5-9	ผลของ THC ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ปริมาณการบริโภคอาหาร รวมถึงน้ำหนักของไขมัน ในหนูที่เป็นโรคอ้วนจากการกินอาหารที่มีไขมันสูง	309
รูปที่ 5-10	ผลของ THC ต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาในเนื้อเยื่อไขมัน	310
รูปที่ 5-11	สรุปโมเดลผลของ THC ต่อการสร้างหลอดเลือดใหม่ในเนื้อเยื่อไขมันในหนูที่เป็นโรคอ้วนจากการกินอาหารที่มีไขมันสูง	311
รูปที่ 5-12	สรุปกลไกหลักของเคอร์คูมินในการกระตุ้นการตายของเซลล์มะเร็งแบบ apoptosis	319
รูปที่ 5-13	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์คอนโฟคอลแสดงโครงสร้างหลอดเลือดจุลภาค	324
รูปที่ 5-14	การแสดงออกของ CD31 และความหนาแน่นของหลอดเลือด	325
รูปที่ 5-15	สรุปผลของเคอร์คูมินต่อการสร้างหลอดเลือดใหม่ และการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง	327
รูปที่ 5-16	เป้าหมายระดับโมเลกุลหลักในการยับยั้งการเจริญและการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง รวมถึงการยับยั้งการสร้างหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง ทั้งทางตรงและทางอ้อมของเคอร์คูมิน	328

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1-1	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหลอดเลือดในระบบไหลเวียนเลือดจุลภาค	4
ตารางที่ 1-2	สรุปตัวรับที่อยู่บนหลอดเลือด และผลต่อความตึงตัวของหลอดเลือด	10
ตารางที่ 1-3	สรุปสารในกลุ่ม endothelium-derived relaxing factor และ endothelium-derived contracting factor	25
ตารางที่ 1-4	สรุปสารที่มีฤทธิ์ในการเพิ่ม หรือลด vascular permeability	32
ตารางที่ 2-1	เอนไซม์ MMP ชนิด secreted MMP และสับสเตรท	97
ตารางที่ 2-2	เอนไซม์ MMP ชนิด membrane-type MMP และสับสเตรท	98
ตารางที่ 3-1	ปัจจัยกระตุ้นและยับยั้งการสร้างหลอดเลือดใหม่	144
ตารางที่ 3-2	สรุปบทบาทของ Ephrin/EphR ในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ ในก้อนมะเร็ง	161
ตารางที่ 3-3	สรุปปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการเปลี่ยนสภาพของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด การสร้างท่อหลอดเลือด และการเจริญเป็นหลอดเลือดอย่างสมบูรณ์	165
ตารางที่ 3-4	ตัวอย่างโมเลกุลและสารต่างๆ ที่มีการแสดงออกเพิ่มขึ้นที่เซลล์บุโพรงหลอดเลือดในก้อนมะเร็ง	170
ตารางที่ 3-5	เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดเลือดจุลภาคปกติกับหลอดเลือดจุลภาคในก้อนมะเร็ง	174
ตารางที่ 3-6	ผลการศึกษาทางคลินิกสำหรับการรักษาด้วยยาต้านการสร้างหลอดเลือดใหม่ในโรคมะเร็ง	177
ตารางที่ 4-1	ตัวบ่งชี้ระดับโมเลกุลของเซลล์บุโพรงหลอดเลือดและหน้าที่	237
ตารางที่ 4-2	สรุปเทคนิคการวัดการทำงานของเซลล์บุโพรงหลอดเลือด และระบบไหลเวียนเลือดจุลภาคในมนุษย์	256
ตารางที่ 4-3	วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาการสร้างหลอดเลือดใหม่แบบ <i>in vitro</i>	262
ตารางที่ 4-4	วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาการสร้างหลอดเลือดใหม่แบบ <i>in vivo</i>	266
ตารางที่ 4-5	วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาการสร้างหลอดเลือดใหม่แบบ <i>ex vivo</i>	268
ตารางที่ 5-1	โมเลกุลเป้าหมายในการออกฤทธิ์ของอนุพันธ์ของเคอร์คูมิน	334
ตารางที่ 5-2	สารคล้ายเคอร์คูมินสูตรต่างๆ ที่พัฒนาจากเคอร์คูมินอยด์และอนุพันธ์ ผลการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานที่เป็นไปได้ในด้านชีวภาพต่างๆ	335
ตารางที่ 5-3	ตัวอย่างการทดลองทางคลินิกที่เสร็จสมบูรณ์ของเคอร์คูมินในการรักษาโรคมะเร็ง	342