

นภัสนันท์ เตือนศักดิ์.

การไหลเวียนเลือดจุลภาค = *Microcirculation*.

1. การไหลเวียนเลือดจุลภาค.
2. เอนโดเธลิยม.
3. โรคอ้วน.

WG104

ISBN 978-616-602-005-2

ลิขสิทธิ์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสนันท์ เตือนศักดิ์

สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนเมษายน 2566

จำนวน 50 เล่ม

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ท่าพระจันทร์: อาคารธรรมศาสตร์ 60 ปี ชั้น U1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ถนนพระจันทร์ กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2223-9232

ศูนย์รังสิต: อาคารโดมบริหาร ชั้น 3 ห้อง 317 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทร. 0-2564-2859-60 โทรสาร 0-2564-2860

<http://thammasatpress.tu.ac.th>, e-mail: unipress@tu.ac.th

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ภาพปกโดย: อภัสสรา สมตน

ภาพประกอบในเล่มโดย: อภัสสรา สมตน, นภัสนันท์ เตือนศักดิ์

ราคาเล่มละ 350.- บาท

สารบัญ

	หน้า
สารบัญรูป	(8)
สารบัญตาราง	(11)
คำนำ	(12)
บทที่ 1 บทนำและภาพรวมของการไหลเวียนเลือดจุลภาค	1
บทนำ	1
โครงสร้างของการไหลเวียนเลือดจุลภาค	2
การแลกเปลี่ยนสารผ่านหลอดเลือดฝอย	6
การกรองและการดูดซึมของเหลวที่หลอดเลือดฝอย	8
ระบบน้ำเหลือง	12
ภาวะบวมน้ำ	15
สรุป	18
คำถามท้ายบท	19
เฉลยคำถามท้ายบท	22
บรรณานุกรม	24
บทที่ 2 เอนโดทีเลียม	25
บทนำ	25
เอนโดทีเลียม	26
สารที่หลั่งจากเอนโดทีเลียม	28
ไนตริกออกไซด์	28
กระบวนการห้ามเลือดและการสลายลิ่มเลือด	32
สรุป	35
คำถามท้ายบท	36
เฉลยคำถามท้ายบท	39
บรรณานุกรม	41

บทที่ 3 การอักเสบและการสร้างหลอดเลือดใหม่	42
บทนำ	42
การอักเสบ	43
สารชักนำการอักเสบ	44
การเปลี่ยนแปลงขนาดและการไหลเวียนของหลอดเลือด	46
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเม็ดเลือดขาวและเอนโดทีเลียมในกระบวนการอักเสบ	49
การสร้างหลอดเลือดใหม่	50
สารควบคุมเชิงกระตุ้น	52
สารควบคุมเชิงยับยั้ง	53
สรุป	55
คำถามท้ายบท	57
เฉลยคำถามท้ายบท	60
บรรณานุกรม	62
บทที่ 4 การควบคุมการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่	63
บทนำ	63
การควบคุมอัตราการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่	64
การควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ	72
การควบคุมโดยฮอร์โมนจากเซลล์ประสาท	75
สรุป	79
คำถามท้ายบท	80
เฉลยคำถามท้ายบท	83
บรรณานุกรม	85
บทที่ 5 การไหลเวียนเลือดเฉพาะที่	86
บทนำ	86
การไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดโคโรนารี	87
การไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อหัวใจและเมแทบอลิซึม	90
รูปแบบการไหลเวียนเลือดของหลอดเลือดโคโรนารีชายและขวา	92
การไหลเวียนเลือดในสมอง	96
กลไกการควบคุมปริมาณเลือดไปเลี้ยงสมอง	98
ตัวกันสมองกับเลือด	99

การไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อโครงร่าง	100
การควบคุมการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อโครงร่าง	101
การบีบรัดของกล้ามเนื้อโครงร่างรอบหลอดเลือดดำ	102
การไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง	103
ผลของการออกกำลังกายต่อระบบไหลเวียนเลือดและการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่	106
สรุป	110
คำถามท้ายบท	112
เฉลยคำถามท้ายบท	115
บรรณานุกรม	117
บทที่ 6 ความผิดปกติของเอนโดทีเลียมในโรคอ้วน	119
บทนำ	119
เนื้อเยื่อไขมัน	120
กลุ่มอาการเมแทบอลิก	121
โรคอ้วน	123
โรคอ้วนเหนี่ยวนำให้เกิดความผิดปกติของเอนโดทีเลียม	123
งานวิจัยผลของสารสกัดรำข้าวต่อโรคอ้วน	124
โรคหลอดเลือดแดงแข็ง	125
กลไกการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง	126
สรุป	129
คำถามท้ายบท	130
เฉลยคำถามท้ายบท	133
บรรณานุกรม	135
อักษรย่อ	136
ดัชนี	138

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1 โครงสร้างของการไหลเวียนเลือดจุลภาค	3
รูปที่ 1-2 โครงสร้างของผนังหลอดเลือดฝอย	4
รูปที่ 1-3 โครงสร้างของหลอดเลือดฝอย 3 ชนิด	5
รูปที่ 1-4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของสารน้ำระหว่างหลอดเลือดฝอยและของเหลวระหว่างเซลล์	7
รูปที่ 1-5 การขนส่งสารต่าง ๆ ผ่านผนังของหลอดเลือดฝอย	8
รูปที่ 1-6 ทิศทางของ Starling force ที่กระทำต่อผนังหลอดเลือดฝอย	9
รูปที่ 1-7 ทิศทางและค่าของความดันหลอดเลือดฝอย ความดันออสโมติกต่อการกรอง และการดูดซึมในหลอดเลือดฝอยด้านที่ติดต่อกับหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ	11
รูปที่ 1-8 ส่วนประกอบของระบบน้ำเหลือง	13
รูปที่ 1-9 โครงสร้างของระบบน้ำเหลืองและลิ้นกั้น	14
รูปที่ 1-10 โครงสร้างของหลอดน้ำเหลืองฝอย	14
รูปที่ 1-11 พยาธิสรีรวิทยาของภาวะบวมน้ำ	17
รูปที่ 2-1 ตำแหน่งของเอนโดทีเลียม	27
รูปที่ 2-2 กลไกการสังเคราะห์และฤทธิ์ของไนตริกออกไซด์ต่อการคลายตัวกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	31
รูปที่ 2-3 ความเค้นเฉือนกระทำต่อเอนโดทีเลียม	32
รูปที่ 2-4 การควบคุมการสร้างลิ้มเลือด และการยับยั้งการเกิดลิ้มเลือด	34
รูปที่ 3-1 การสังเคราะห์กรดอะราคิโดนิค	45
รูปที่ 3-2 การเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดในกระบวนการอักเสบเฉียบพลัน	47
รูปที่ 3-3 สารน้ำและโปรตีนในหลอดเลือด	48
รูปที่ 3-4 กระบวนการเคลื่อนตัวของเม็ดเลือดขาวจากหลอดเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อที่อักเสบ	50
รูปที่ 3-5 การเกิดหลอดเลือดใหม่ในก้อนมะเร็ง	51
รูปที่ 3-6 สมดุลระหว่างสารควบคุมเชิงกระตุ้นและสารควบคุมเชิงยับยั้งในกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่	54
รูปที่ 3-7 ภาวะที่เนื้อเยื่อออกซิเจนปกติและภาวะที่เนื้อเยื่อขาดออกซิเจน	55
รูปที่ 4-1 บทบาทของเมแทบอลิต์ต่อหลอดเลือด	64

	หน้า
รูปที่ 4-2 กลไกการเกิด active hyperemia จากการเพิ่มเมแทบอลิซึม	65
รูปที่ 4-3 active hyperemia และ reactive hyperemia	66
รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเลือดแดงเฉลี่ยและอัตราการไหลของเลือด	68
รูปที่ 4-5 การตอบสนองของหลอดเลือดด้วยกลไก myogenic	69
รูปที่ 4-6 ความดันเลือดที่เพิ่มขึ้นทันทีกระทำต่อเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	70
รูปที่ 4-7 กลไกการตอบสนองต่อการเพิ่มความดันเลือดเฉลี่ยที่กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	71
รูปที่ 4-8 ประสาทซิมพาเทติกบริเวณหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ	73
รูปที่ 4-9 การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่หลอดเลือด	73
รูปที่ 4-10 บทบาทของระบบประสาทซิมพาเทติกและการควบคุมเฉพาะที่ต่อหลอดเลือดแดงเล็กและหลอดเลือดดำ	74
รูปที่ 4-11 กลไกการออกฤทธิ์ของ ADH aldosterone และ angiotensin II	76
รูปที่ 4-12 กลไกการออกฤทธิ์ของ ANP ที่เซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	77
รูปที่ 4-13 ปัจจัยที่มีผลต่อความตึงของหลอดเลือด	78
รูปที่ 5-1 โครงสร้างของหลอดเลือดแดงโคโรนารี	89
รูปที่ 5-2 การไหลเวียนเลือดระบบหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำโคโรนารี	90
รูปที่ 5-3 ปัจจัยที่มีผลต่อสมมูลความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจและออกซิเจนที่กล้ามเนื้อหัวใจได้รับ	91
รูปที่ 5-4 หลอดเลือดของกล้ามเนื้อหัวใจถูกกดในช่วงหัวใจห้องล่างบีบตัว เลือดไหลเข้าสู่กล้ามเนื้อหัวใจในช่วงที่หัวใจห้องล่างคลายตัว	93
รูปที่ 5-5 รูปแบบการไหลเวียนหลอดเลือดโคโรนารีซ้ายและขวา	94
รูปที่ 5-6 การควบคุมตัวเองที่หลอดเลือดโคโรนารี	95
รูปที่ 5-7 หลอดเลือดแดงในสมอง	96
รูปที่ 5-8 การไหลเวียนเลือดในสมอง	98
รูปที่ 5-9 โครงสร้างของตัวกันสมองกับเลือด	100
รูปที่ 5-10 โครงสร้างหลอดเลือดของกล้ามเนื้อโครงร่างและหลอดเลือดฝอยที่เส้นใยกล้ามเนื้อ	101
รูปที่ 5-11 รูปแบบการไหลเวียนเลือดที่กล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายแบบ isotonic exercise	102
รูปที่ 5-12 การบีบรัดของกล้ามเนื้อโครงร่างรอบหลอดเลือดดำ	103
รูปที่ 5-13 การระบายความร้อนที่ผิวหนัง	104
รูปที่ 5-14 โครงสร้างหลอดเลือดของผิวหนังบริเวณ apical skin และ nonapical skin	105

	หน้า
รูปที่ 5-15 อัตราการไหลเวียนเลือดที่อวัยวะและค่าต่างๆ ขณะพักและขณะออกกำลังกาย	108
รูปที่ 5-16 กลไกการปรับตัวของร่างกายขณะออกกำลังกาย	109
รูปที่ 6-1 เนื้อเยื่อไขมันในคนปกติและคนอ้วน	121
รูปที่ 6-2 กลไกจากกลุ่มอาการเมแทบอลิกที่นำไปสู่โรคหลอดเลือดแข็ง	122
รูปที่ 6-3 ตำแหน่งการเกิดความเค้นเฉือนในโรคหลอดเลือดแดงแข็ง	126
รูปที่ 6-4 กลไกการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง	128

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 คุณสมบัติของสารในการผ่านเยื่อผนังหลอดเลือดและน้ำหนักรโมเลกุลของสารแต่ละชนิด	7
ตารางที่ 1-2 ความดันออสโมติกของโปรตีนแต่ละชนิด	10
ตารางที่ 1-3 ความดันหลอดเลือดฝอยและความดันของเหลวระหว่างเซลล์ด้านที่ติดกับหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ	10
ตารางที่ 2-1 บทบาทของเอนโดทีเลียมต่อกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายและสารที่หลั่งจากเอนโดทีเลียม	27
ตารางที่ 2-2 สารที่หลั่งจากเอนโดทีเลียมมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือดขยายและหดแคบ	30
ตารางที่ 2-3 สารที่ก่อให้เกิดลิ้มเลือดและสารที่ต้านการเกิดลิ้มเลือด	33
ตารางที่ 3-1 ปัจจัยกระตุ้นการอักเสบเฉียบพลัน	43
ตารางที่ 3-2 สารควบคุมเชิงกระตุ้นและสารควบคุมเชิงยับยั้งการสร้างหลอดเลือดใหม่	53
ตารางที่ 5-1 อัตราการไหลเวียนเลือดและอัตราการใช้ออกซิเจนที่อวัยวะต่าง ๆ ในผู้ใหญ่ น้ำหนัก 70 กิโลกรัม	87
ตารางที่ 5-2 กลไกการควบคุมการไหลเวียนเลือดที่อวัยวะต่าง ๆ	88
ตารางที่ 6-1 ค่าดัชนีมวลกายตามเกณฑ์องค์การอนามัยโลกของประชากรทวีปเอเชีย	123