

Cardiovascular Physiology
and Pharmacological Applications

สรีรวิทยาของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด กับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา

พิมพ์ครั้งที่ 4

กรองกาญจน์ ชุกพิญ



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

Naresuan University Publishing House

www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

กรองกาญจน์ ชูทิพย์.

สรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา.--พิมพ์ครั้งที่ 4.-- พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
562 หน้า.

1. หัวใจ--สรีรวิทยา. I. ชื่อเรื่อง.

612.17

ISBN 978-616-426-175-4

ISBN (e-book) 978-616-7902-73-9

สพน. 25

ราคา 590 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2560

พิมพ์ครั้งที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2561

พิมพ์ครั้งที่ 3 มกราคม พ.ศ. 2562

พิมพ์ครั้งที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2563



สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามการลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่ 1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิทยกิตติ ชั้น 14 ซอยจุฬาลงกรณ์ 64 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา ศาลาพระเกี้ยว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000-3

สยามสแควร์ อาคารวิทยกิตติ กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-9881, 0-2255-4433

มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 044-216131-2

มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (ร.ร.จปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 037-393-023, 037-393-036

จัดริสจามจัวร์ กรุงเทพฯ โทร. 0-2160-5301

มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0-5446-6799, 0-5446-6800

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร. 044-922662-3

สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จุฬาฯ โทร. 0-2218-3979

สาขาหัวหมาก โทร. 02-374-1378

2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-0113

3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารอเนกประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์
แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2613-3899, 0-2623-6493

สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4990-1

ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0-7428-2980, 0-74282981

ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา โทร. 0-7329-9980

4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหารธรรมราชา จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทร. 0-5596-8833 ถึง 8836

กองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ออกแบบปก สุรเชษฐ์ หนูเผือก

พิมพ์ที่ บริษัท กู๊ดเดด พรินท์ติ้ง แอนด์ แพคเกจจิ้ง กรุ๊ป จำกัด 6/1 นิคมอุตสาหกรรมบางชัน ซอยเสรีไทย 58 แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510
โทร. 02-136-7042



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
<http://www.thaibooksociety.com>



พิมพ์บน
กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ
กระดาษต้นอมสลายคาร์บอนรีไซเคิล

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

✉ nuph@nu.ac.th

📍 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

☎ 0 5596 8833-8836

📧 nu_publishing



คำนำ

ตำราเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา Cardiovascular System I หลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต และรายวิชา Medical Physiology I หลักสูตรเภสัชศาสตรบัณฑิต เนื้อหาหลักในตำราคือสรีรวิทยา ระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดซึ่งเป็นระบบที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดวิเคราะห์ในการทำความเข้าใจ ผู้เขียนเน้นการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายเพื่อนำเสนอองค์ความรู้และมุ่งให้ผู้เรียนสร้างจินตนาการให้เกิด ภาพเคลื่อนไหวที่เชื่อมโยงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์ที่อธิบายกระบวนการแห่ง การมีชีวิตของมนุษย์ เหตุการณ์ทางสรีรวิทยาหลายเหตุการณ์ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น หากมีเพียงความจำที่เป็นตัวหนังสือหรือภาพนิ่งเชิงกายวิภาคศาสตร์แต่ขาดจินตนาการของภาพ เคลื่อนไหวควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์จากเหตุไปสู่ผลรวมทั้งการคิดย้อนกลับจากผลไปหาเหตุจะทำให้ ความเข้าใจและความประทับใจในศาสตร์ด้านสรีรวิทยาอย่างแท้จริงเกิดขึ้นได้ยาก ฉะนั้นการอธิบาย เนื้อหาบางช่วงบางตอนในตำราเล่มนี้จึงใช้วิธีการตั้งคำถาม ชวนให้คิดและกระตุ้นให้ผู้อ่านเกิดจินตภาพ บนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจเชิงวิชาการที่ถูกต้อง และให้ผู้อ่านโดยเฉพาะนิสิตนักศึกษาพัฒนาไปสู่ การเป็นนักคิดนักวิเคราะห์มากกว่าการเป็นนักท่องจำ

ผู้อ่านที่เป็นนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพทุกสาขาสามารถนำ ตำราเล่มนี้ไปใช้ประกอบการเรียนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาและเภสัชวิทยาในระดับพรีคลินิกได้ ความสำคัญและจุดเด่นของตำราเล่มนี้คือการเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสองศาสตร์ ได้แก่ สรีรวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์พื้นฐานและเภสัชวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยการประยุกต์ใช้ความรู้สรีรวิทยา ตอนท้ายของแต่ละบทยกเว้นบทนำผู้เขียนได้เสนอหลักคิดและยกตัวอย่างการนำความรู้สรีรวิทยาไป อธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของยาที่ใช้สำหรับการรักษาโรคหรือความผิดปกติที่พบบ่อยในระบบหัวใจ ร่วมหลอดเลือด โดยมุ่งหวังว่าผู้อ่านจะตระหนักถึงความสำคัญของการมีความรู้สรีรวิทยาที่เข้มแข็งและ การจะนำความรู้สรีรวิทยาไปใช้ต่อยอด นอกจากนี้ผู้เขียนได้ยกตัวอย่างให้เห็นถึงความรู้ที่เป็นปัจจุบัน และทิศทางของงานวิจัยของทั้งสองศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย



บทสุดท้ายของตำราเล่มนี้เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้สรีรวิทยาและเภสัชวิทยาเพื่อการวิจัยพื้นฐาน โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของผู้เขียนเป็นหลัก อันจะเป็นประโยชน์สำหรับนิสิตนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาที่ต้องทำวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อไป

การใช้คำศัพท์สรีรวิทยาในตำราเล่มนี้เป็นไปตามที่คณะกรรมการศัพท์บัญญัติสรีรวิทยาสรีรวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทยเป็นผู้กำหนด และได้ตรวจสอบความถูกต้องกับพจนานุกรมศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน แต่ยังมีคำศัพท์บางคำที่ผู้เขียนใช้เป็นภาษาอังกฤษ (แบบ British English) เพราะเชื่อว่าจะสื่อความหมายได้ถูกต้องชัดเจนขึ้น และจะเป็นประโยชน์แก่นิสิตนักศึกษาที่ต้องศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากตำราและบทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษต่อไป

ภาพและตารางส่วนใหญ่ในตำราที่ไม่ได้ระบุที่มา นั้น ผู้เขียนวาด ถ่ายรูปและสร้างขึ้นเอง โดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากที่ใด ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์ ผู้เขียนต้องการให้ภาพและตารางเหล่านั้นสอดคล้อง ลงตัวกับเนื้อหาที่ได้เรียบเรียงขึ้น จึงใช้ภาพบางภาพซ้ำโดยเพิ่มเติมรายละเอียดไปตามลำดับเนื้อหาที่ลึกซึ้งมากขึ้น อย่างไรก็ตามภาพบางภาพอาจคล้ายคลึงกับภาพที่พบเห็นได้ในตำราสรีรวิทยาทั่วไปอย่างมีอาจหลีกเลี่ยงได้เพราะเป็นภาพที่แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานในระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด หรือเป็นภาพที่แสดงปรากฏการณ์ กลไกการทำงานของอวัยวะและเซลล์ที่สะท้อนองค์ความรู้อันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปในแวดวงวิชาการด้านสรีรวิทยาอย่างชัดเจนแล้ว ผู้เขียนได้วาดภาพขึ้นมาใหม่ที่มีเอกลักษณ์และรายละเอียดซึ่งแตกต่างจากภาพที่ได้พบเห็นเพื่อการนำเสนอและศิลปะของภาพ ส่วนภาพและตารางที่มีลิขสิทธิ์นั้นผู้เขียนได้ระบุที่มาไว้อย่างชัดเจนและได้รับอนุญาตให้ใช้ภาพหรือตารางนั้นอย่างถูกต้องตามกฎหมายลิขสิทธิ์ เอกสารหลักฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการได้รับอนุญาตให้ใช้ผลงานลิขสิทธิ์ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับรู้ด้านสรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดจากตำราเล่มนี้ และสามารถพัฒนาตนให้มีทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ ตลอดจนมีความซาบซึ้ง เห็นและเข้าใจกลไกการทำงานของร่างกายมนุษย์ที่เกิดขึ้นตามเหตุปัจจัยภายใต้กฎธรรมชาติ เพื่อการประยุกต์ใช้สู่การเรียนรู้ในระดับคลินิกตามศาสตร์สาขาแห่งวิชาชีพของตนต่อไป

กรองกาญจน์ ชูทิพย์

มกราคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การจัดทำตำราเล่มนี้สำเร็จ ลุล่วง ขอขอบคุณนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคการใช้โปรแกรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียบเรียงตำรา รวมถึงการออกแบบหน้าปกได้อย่างประทับใจ สอดคล้องกับบริบทของตำราเล่มนี้ ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนนักวิจัยและลูกศิษย์ระดับบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่มีส่วนร่วมในการผลิตผลงานวิจัยอันเป็นส่วนหนึ่งของตำราเล่มนี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ภญ. ภาวิณี ปิยะจตุรวัฒน์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางการใช้คำศัพท์เฉพาะทางด้านสรีรวิทยา เพื่อการเรียบเรียงตำรา ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ภญ. สกลวรรณ ประพฤติบัติ ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาสละเวลาเพื่อช่วยตรวจพิสูจน์อักษร พร้อมกันนั้นยังได้ให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการด้านเภสัชวิทยาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนชิ้นนี้ และที่ขาดไม่ได้คือต้องขอขอบคุณสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการดำเนินการทุกขั้นตอนของการจัดทำตำรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจประเมินคุณภาพวิชาการของต้นฉบับโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาสรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ทำให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์ และมีคุณภาพก่อนที่จะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

กรองกาญจน์ ชูทิพย์

ธันวาคม 2559



คำย่อ (Abbreviations)

คำย่อ	คำเต็ม
AA	Arachidonic acid
ABI	Ankle brachial index
AC	Adenylyl cyclase
ACE	Angiotensin converting enzyme
ACEIs	Angiotensin converting enzyme inhibitors
ACh	Acetylcholine
ADH	Antidiuretic hormone
ADP	Adenosine diphosphate
Adr	Adrenaline
Ang I	Angiotensin I
Ang II	Angiotensin II
ANP	Atrial natriuretic peptide
APD	Action potential duration
ARBs	Angiotensin receptor blockers
ARP	Absolute refractory period
AT ₁ receptor	Angiotensin II type 1 receptor
ATP	Adenosine 5'-triphosphate
AV node	Atrioventricular node
AVA	Arteriovenous anastomosis
α , β -metATP	α , β -Methylene adenosine 5'-triphosphate
B ₂ receptor	Bradykinin type 2 receptor
BK	Bradykinin
BP	Blood pressure
CaCM	Calcium calmodulin
cAMP	Cyclic 3', 5'-adenosine monophosphate
CBF	Cerebral blood flow
cGMP	Cyclic guanosine monophosphate
CI	Cardio-inhibitory center



คำย่อ	คำเต็ม
CICR	Ca ²⁺ -induced Ca ²⁺ release
[Ca ²⁺] _i	Intracellular Ca ²⁺ concentration
CO	Cardiac output
COX	Cyclooxygenase
CPP	Cerebral perfusion pressure
CVP	Central venous pressure
CVR	Cerebral vascular resistance
DADs	Delayed after depolarisations
DAG	Diacylglycerol
DBP	Diastolic blood pressure
DIDS	4, 4'-Diisothiocyanatostilbene-2, 2'-disulfonic acid
EADs	Early after depolarisations
EC-coupling	Excitation contraction coupling
ECE	Endothelin converting enzyme
ECG	Electrocardiogram
EDHF	Endothelium-derived hyperpolarising factor
EDV	End diastolic volume
EETs	Epoxyeicosatrienoic acids
ERP	Effective refractory period
eNOS	Endothelial nitric oxide synthase
ESV	End systolic volume
ET-1	Endothelin-1
ET _A	Endothelin receptor subtype A
ET _B	Endothelin receptor subtype B
GPCR	G-protein coupled receptor
GTP	Guanosine triphosphate
HR	Heart rate
HRV	Heart rate variability
5-HT	5-Hydroxytryptamine
ICP	Intracranial pressure



คำย่อ (Abbreviations)

คำย่อ	คำเต็ม
IP	Prostanoid receptor type I หรือ Prostacyclin receptor
IP ₃	Inositol 1, 4, 5-trisphosphate
JG cells	Juxtaglomerular cells
K _f	Filtration coefficient
LA	Left atrium
LPA	Large pulmonary artery
LV	Left ventricle
M ₃ receptor	Muscarinic receptor type M ₃
MAP	Mean arterial pressure
MDP	Maximum diastolic potential
MEGJ	Myoendothelial gap junction
2-MesATP	2-Methylthio adenosine 5'-triphosphate
MLC	Myosin light chain
MLCK	Myosin light chain kinase
MLCP	Myosin light chain phosphatase
MSFP	Mean systemic filling pressure
NA	Noradrenaline
NCX	Na ⁺ /Ca ²⁺ Exchanger
NFA	Niflumic acid
NKA	Na ⁺ /K ⁺ ATPase
NO	Nitric oxide
N _p	Net pressure movement
NTS	Nucleus tractus solitarius
P2Y	Purinergic receptor subtype P2Y
P _a	Arterial pressure
P _A	Alveolar pressure
PAP	Pulmonary arterial pressure
P _c	Capillary hydrostatic pressure
PGH ₂	Prostaglandin H ₂
PGI ₂	Prostacyclin



คำย่อ	คำเต็ม
PGs	Prostaglandins
P_i	Interstitial hydrostatic pressure หรือ Phosphate
PIP_2	Phosphatidylinositol 4, 5 bisphosphate
PKA	Protein kinase A
PLA_2	Phospholipase A_2
PLB	Phospholamban
PLC	Phospholipase C
PMCA	Plasma membrane Ca^{2+} ATPase
PP	Pulse pressure
PPADS	Pyridoxalphosphate-6-azophenyl-2',4'-disulphonic acid
P_v	Venous pressure
P-V loop	Pressure volume loop
PVP	Peripheral venous pressure
PVR	Pulmonary vascular resistance
PWV	Pulse wave velocity
RA	Right atrium
RAAS	Renin angiotensin aldosterone system
RAP	Right atrial pressure
RB2	Reactive blue 2
RMP	Resting membrane potential
ROCCs	Receptor operated Ca^{2+} channels
RRP	Relative refractory period
RSA	Respiratory sinus arrhythmia
RV	Right ventricle
RyR	Ryanodine receptor
SA node	Sinoatrial node
SBP	Systolic blood pressure
SERCA	Sarcoendoplasmic reticulum Ca^{2+} ATPase
sGC	Soluble guanylyl cyclase
SOCCs	Store operated Ca^{2+} channels



คำย่อ (Abbreviations)

คำย่อ	คำเต็ม
SPA	Small pulmonary artery
SR	Sarcoplasmic reticulum
SV	Stroke volume
TnI	Troponin I
TP	Thromboxane or Prostanoid receptor type T
TPR	Total peripheral resistance
TRP	Transient potential receptor channels
TXA ₂	Thromboxane A ₂
UTP	Uridine 5'-triphosphate
VMC	Vasomotor center
VOCCs	Voltage-operated calcium channels
VSMC	Vascular smooth muscle cell
π_c	Capillary oncotic pressure
π_i	Interstitial oncotic pressure

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำสรีรวิทยาระบบหัวใจรวมหลอดเลือด 1

1. การไหลเวียนเลือด 3
 - 1.1 การไหลเวียนเลือดทั่วร่างกาย 4
 - 1.2 การไหลเวียนเลือดผ่านปอด 4
2. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบหัวใจรวมหลอดเลือด 6
 - 2.1 โครงสร้างโดยรวม 6
 - 2.2 โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ 9
 - 2.3 โครงสร้างและหน้าที่ของหลอดเลือด 15
3. พลศาสตร์ของเลือด (Haemodynamics) 17
 - 3.1 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของเลือด ความดันและความต้านทาน 17
 - 3.2 ความเร็วในการไหลของเลือด 22
 - 3.3 รูปแบบการไหลของเลือด 24
4. บทสรุปบทนำสรีรวิทยาระบบหัวใจรวมหลอดเลือด 26

บทที่ 2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ 29

1. ชนิดของเซลล์หัวใจและการนำสัญญาณไฟฟ้าภายในหัวใจ 31
 - 1.1 ชนิดของเซลล์หัวใจ 31



1.2 การนำสัญญาณไฟฟ้าภายในหัวใจ	34
2. ศักย์ทำงานของหัวใจ (Cardiac action potentials)	37
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ขณะพักและการเกิดกระแสไฟฟ้า	37
2.2 ชนิดและกลไกการเกิดศักย์ทำงาน	43
2.3 ระยะเวลาของศักย์ทำงานของหัวใจ (Refractory period)	62
2.4 ผลของระดับอิเล็คโทรไลต์ต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ	65
3. ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG)	73
3.1 หลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าภายนอกเซลล์	74
3.2 ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ	80
3.3 การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiography)	88
3.4 แกนไฟฟ้าหัวใจ (Electrical heart axis)	96
3.5 ความสำคัญพื้นฐานของ ECG	100
4. ความผิดปกติของสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจ	113
4.1 การสร้างสัญญาณไฟฟ้าผิดปกติ (Abnormal automaticity)	113
4.2 การนำสัญญาณไฟฟ้าผิดปกติ (Abnormal conductivity)	116
5. บทบาทของระบบประสาทอัตโนมัติต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ	120
5.1 ระบบประสาท Sympathetic	121
5.2 ระบบประสาท Parasympathetic	123
6. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา	125
7. บทสรุปคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ	133

บทที่ 3 คุณสมบัติเชิงกลของหัวใจ **140**

1. การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	142
1.1 กระบวนการกระตุ้นที่ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว	142
1.2 เมแทบอลิซึมและแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อหัวใจ	147



2. ปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ	148
2.1 ความยาวเริ่มต้นของเซลล์	149
2.2 ความเข้มข้นของ Ca^{2+} ภายในเซลล์	157
3. วงจรหัวใจ (Cardiac cycle)	163
3.1 เหตุการณ์ใน Cardiac cycle	164
3.2 ตัวแปรพลศาสตร์ของเลือด (Haemodynamic parameters)	167
4. เสียงหัวใจ (Heart sounds)	174
4.1 เสียงหัวใจปกติ	174
4.2 เสียงหัวใจผิดปกติ	175
5. ไดอะแกรมวิกเกอร์ส (Wiggers Diagram)	182
6. วงจรความสัมพันธ์ของความดันกับปริมาตรเลือดในหัวใจ (Pressure-volume (P-V) loop)	191
6.1 Pressure-volume loop ในระยะพักปกติ	191
6.2 ปัจจัยที่มีผลเปลี่ยนแปลง Pressure-volume loop	195
7. คุณสมบัติเชิงกลของหัวใจกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา	204
8. บทสรุปคุณสมบัติเชิงกลของหัวใจ	213

บทที่ 4 สรีรวิทยาของหลอดเลือด

218

1. ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดเลือด	220
2. คุณสมบัติของผนังหลอดเลือด	222
2.1 ความสามารถยืดขยายของผนังหลอดเลือด	222
2.2 ความยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือด	225
2.3 แรงตึงของผนังหลอดเลือด	226
3. กล้ามเนื้อเรียบกับการทำงานของหลอดเลือด	229
3.1 โครงสร้างของกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	229
3.2 การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด	232



4. ปัจจัยที่ควบคุมการทำงานของหลอดเลือด	238
4.1 ระบบประสาทอัตโนมัติ	238
4.2 เอนโดทีเลียม (Endothelium)	242
5. ระบบหลอดเลือดแดง (Arterial system)	253
5.1 ความดันเลือดแดง	254
5.2 ซีพจร	262
5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความดันเลือดแดง	263
5.4 การวัดความดันเลือด	272
6. ระบบหลอดเลือดฝอย (Capillary system)	279
6.1 การไหลเวียนเลือดจุลภาค (Microcirculation)	279
6.2 ชนิดของหลอดเลือดฝอย	282
6.3 การเคลื่อนที่ของของเหลวผ่านหลอดเลือดฝอย	282
7. ระบบหลอดเลือดดำ (Venous system)	288
7.1 คุณสมบัติที่สำคัญของหลอดเลือดดำ	288
7.2 ความดันเลือดดำ	293
7.3 ความสัมพันธ์ของ Cardiac output กับ Venous return	309
7.4 กลไกที่ทำให้เลือดดำไหลกลับสู่หัวใจ	314
8. สรีรวิทยาของหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา	318
9. บทสรุปสรีรวิทยาของหลอดเลือด	326

บทที่ 5 การควบคุมการทำงานของระบบหัวใจรวมหลอดเลือด 334

1. การควบคุมความดันเลือด	336
1.1 การควบคุมความดันเลือดแบบระยะสั้น	336
1.2 การควบคุมความดันเลือดแบบระยะยาว	346



2. การควบคุมอัตราการไหลของเลือดแบบเฉพาะที่	352
2.1 กลไกการควบคุมอัตราการไหลของเลือดแบบเฉพาะที่	352
2.2 การควบคุมอัตราการไหลของเลือดเลี้ยงอวัยวะ	359
3. การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อภาวะต่าง ๆ	384
3.1 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อการเปลี่ยนท่าทาง	385
3.2 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดกับการหายใจ	387
3.3 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย	400
3.4 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อภาวะเสียเลือด	406
3.5 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อภาวะช็อก	409
4. การควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา	421
5. บทสรุปการควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด	444

บทที่ 6 สรีรวิทยาของหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยพื้นฐาน 452

1. ความรู้พื้นฐาน	455
1.1 ความรู้พื้นฐานด้านสรีรวิทยาของหลอดเลือด	455
1.2 ความรู้พื้นฐานด้านเภสัชวิทยา	464
2. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย	475
2.1 การศึกษาบทบาทของ P2 receptor ในหลอดเลือดแดงปอด	475
2.2 การศึกษาฤทธิ์ของสมุนไพรมณี (<i>Bacopa monnieri</i>) และสารสำคัญที่มีต่อหลอดเลือด	506
3. บทสรุปสรีรวิทยาของหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยพื้นฐาน	525

ดัชนี 527



บทที่ 1

บทนำสู่วิทยาศาสตร์แบบหัวใจ ร่วมหลอดเลือด

“

“Man can learn nothing except by going from the known to the unknown.”

--Claude Bernard-- (1813-1878)

”



ร่างกายมนุษย์ต้องการแก๊สออกซิเจน (O_2) สารอาหาร และอิเล็กโทรไลต์ (electrolytes) เพื่อการดำรงชีวิตของเซลล์ทุกเซลล์ และต้องกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กรดแลกติก (lactic acid) ยูเรีย (urea) ฯลฯ สารต่าง ๆ เหล่านี้ถูกลำเลียงไปตามกระแสเลือดที่ไหลเป็นวงจรร้อยอย่างต่อเนื่อง การไหลของเลือดจำเป็นต้องใช้พลังงานที่ได้จากการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด (cardiovascular system) ซึ่งประกอบด้วยหัวใจ (heart) และหลอดเลือด (blood vessels) หัวใจทำหน้าที่เสมือนเครื่องสูบลม (pump) ที่สูบน้ำเลือดเข้าสู่หลอดเลือดซึ่งเป็นอวัยวะที่มีลักษณะเป็นท่อทำหน้าที่ขนส่งเลือดไปยังเนื้อเยื่อและเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ตลอดจนนำเลือดที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สและสารอาหารแล้วกลับสู่หัวใจ ระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดมีบทบาทสำคัญในการทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ ของร่างกายเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเพื่อรักษาสสมดุลของร่างกาย เป็นต้นว่า

ทำงานร่วมกับระบบหายใจ: เลือดที่ออกจากหัวใจไปยังปอดจะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับอากาศที่เข้าสู่ปอดจากการหายใจเข้า ซึ่งเป็นอากาศที่มีความดันของ O_2 สูงกว่าในเลือด ดังนั้น O_2 จึงแพร่จากปอดเข้าสู่เลือด และถูกขนส่งไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกายโดยการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ในขณะที่ CO_2 มีความดันในเลือดสูงกว่าในปอด CO_2 จึงแพร่จากเลือดเข้าสู่ปอดและถูกกำจัดออกนอกร่างกายผ่านทางทางหายใจออกโดยการทำงานของระบบหายใจ

ทำงานร่วมกับระบบทางเดินอาหาร: เลือดที่ไหลเวียนไปยังระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะที่ลำไส้เล็กจะได้รับสารอาหาร เช่น กลูโคส (glucose) กรดอะมิโน (amino acid) กรดไขมัน (fatty acid) ฯลฯ สารอาหารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป จากนั้นจึงถูกดูดซึมเข้าสู่เลือด ต่อมาเลือดจากอวัยวะในระบบทางเดินอาหารทั้งหมดจะเข้าสู่หลอดเลือดดำพอร์ทัล (portal vein) ซึ่งนำเลือดดำไปยังตับที่ทำหน้าที่เมแทบอลิซึมสารต่าง ๆ จากนั้นเลือดจึงออกจากตับไหลเวียนกลับสู่หัวใจ และถูกสูบลมไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ตามลำดับ

ทำงานร่วมกับระบบทางเดินปัสสาวะ: เลือดที่ไหลเวียนไปที่ไตจะถูกกรอง ทำให้ของเสียที่อยู่ในเลือดถูกกำจัดออกจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ผ่านทางกระบวนการสร้างและขับน้ำปัสสาวะ

ทำงานร่วมกับระบบผิวหนัง: เป็นการทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิร่างกาย กล่าวคือ เมื่ออากาศร้อนหลอดเลือดที่ผิวหนังจะขยาย (vasodilation) ทำให้ขนาดและพื้นที่ผิวหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ส่งผลเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง จึงเพิ่มการระบายความร้อนจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศหนาวหลอดเลือดจะหดแคบ (vasoconstriction) ทำให้ขนาดและพื้นที่ผิวหลอดเลือดลดลง ส่งผลลด

บทที่ 2

คุณสมบัติทางไฟฟ้า ของหัวใจ

“

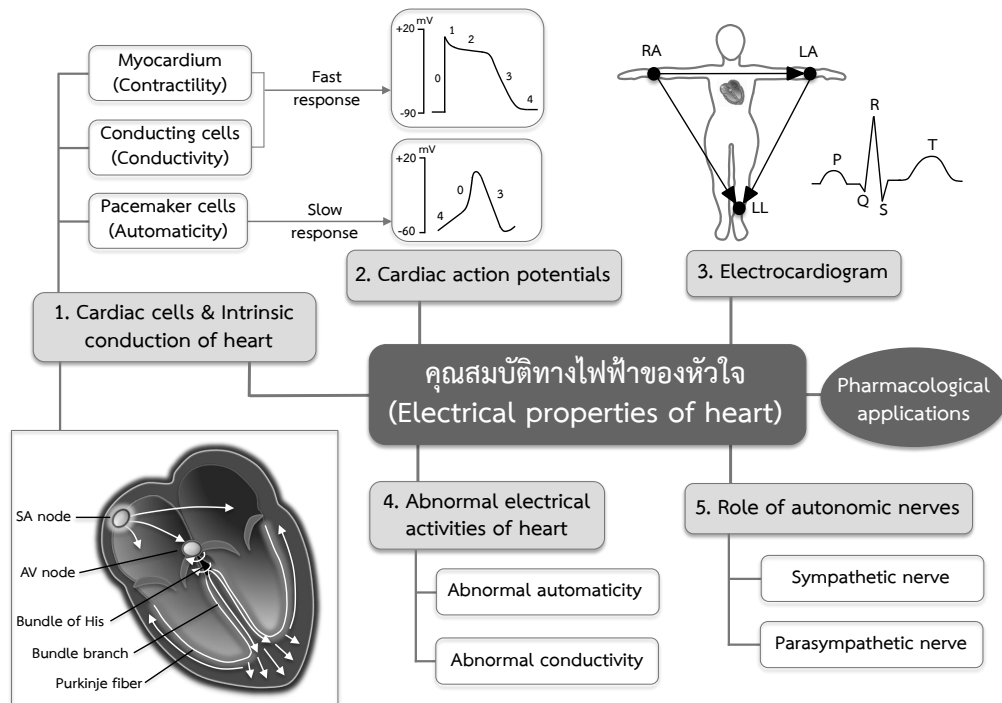
“The heart of animals is the foundation of their life, the sovereign of everything within them, the sun of their microcosm, that upon which all growth depends, from which all power proceeds.”

—William Harvey— (1578-1657)

”



คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจคือคุณสมบัติการสร้างและการนำสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจ การสร้างสัญญาณไฟฟ้า หมายถึง ปรากฏการณ์ที่มีการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านช่องไอออน (ion channels) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ของหัวใจ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane potential) จนทำให้เกิดศักย์ทำงาน หรือ “action potential” ส่วนการนำสัญญาณไฟฟ้า (conductivity) หมายถึง การส่งต่อ action potential จากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่ง ซึ่งแท้จริงแล้ว คือการเคลื่อนที่ของประจุบวกจากเซลล์ที่เกิด action potential เข้าไปสู่อีกเซลล์หนึ่งผ่านทางช่องเชื่อมระหว่างเซลล์ (gap junction) จนชักนำให้เซลล์นั้นเกิด action potential ตามมา



ภาพ 2.1 กรอบแนวคิดพื้นฐานของคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจเริ่มต้นจากการมีเซลล์ที่สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง (automaticity) โดยไม่ต้องใช้การกระตุ้นจากภายนอก เพียงแต่ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน สามารถปรับเปลี่ยนการสร้างและการนำสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจให้เร็วขึ้นหรือช้าลงได้ สัญญาณไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจะถูกส่งต่อภายในหัวใจ (intrinsic conduction of heart) อย่างรวดเร็ว โดยมี

บทที่ 3

คุณสมบัติเชิงกล ของหัวใจ

“

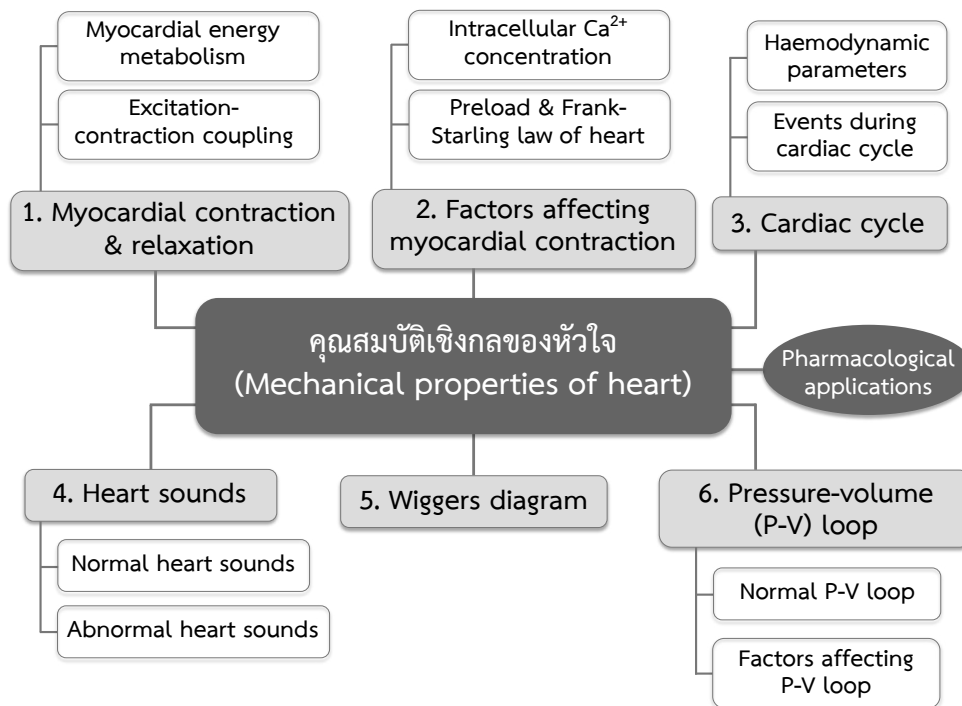
“In physiology, as in all other sciences, no discovery is useless, no curiosity misplaced or too ambitious, and we may be certain that every advance achieved in the quest of pure knowledge will sooner or later play its part in the service of man.”

—Ernest Henry Starling— (1866-1927)

”



คุณสมบัติเชิงกลของหัวใจ (mechanical property of heart) หมายถึง คุณสมบัติการบีบตัว (systole) และคลายตัว (diastole) ของหัวใจ เป็นคุณสมบัติที่จะเกิดขึ้นไม่ได้เลยหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของหัวใจเป็นเหตุมาก่อน กล่าวคือ การสร้างสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจเริ่มต้นที่ SA node และส่งต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของหัวใจตามลำดับ เมื่อสัญญาณไฟฟ้าไปถึงกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardium) จะกระตุ้นให้เกิดศักย์ทำงาน (action potential) ชนิด fast response action potential ซึ่งระยะ plateau phase (phase 2) จะมีการเปิดของ L-type Ca^{2+} channels ทำให้ Ca^{2+} เคลื่อนที่เข้าสู่ myocardium อันเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเชิงกลของหัวใจตามมา



ภาพ 3.1 กรอบแนวคิดพื้นฐานของคุณสมบัติเชิงกลของหัวใจ

เนื้อหาบทนี้ครอบคลุมกลไกการทำงานเชิงกลของหัวใจซึ่งเริ่มต้นจาก myocardium ได้รับการกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้าหรือ action potential จนทำให้หัวใจบีบตัว เมื่อการกระตุ้นสิ้นสุดลงหัวใจจะคลายตัวเพื่อรับเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ ดังนั้นหัวใจจึงทำงานเป็นวงจรตามจังหวะการกระตุ้น เรียกว่า cardiac cycle ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ systole และ diastole แต่ละระยะมีเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย

บทที่ 4

สรีรวิทยาของหลอดเลือด

“

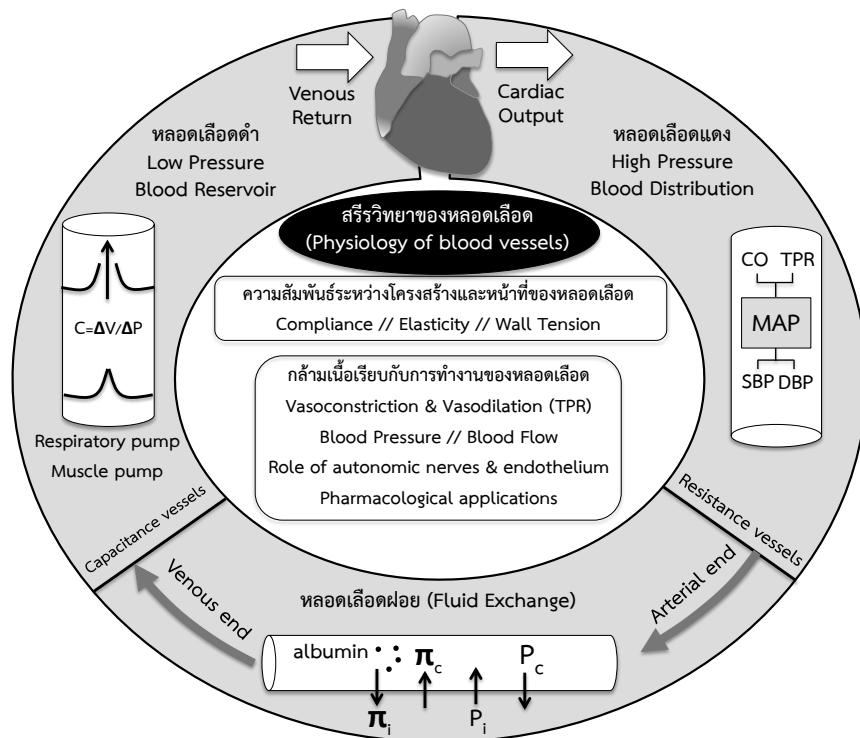
“By ‘life,’ we mean a thing that can nourish itself and grow and decay.”

--Aristotle-- (384-322BC)

”



สรีรวิทยาของหลอดเลือดเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยหน้าที่และกลไกการทำงานของหลอดเลือด เนื้อหาบทนี้เริ่มต้นด้วยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดเลือดโดยชี้ให้เห็นว่าหลอดเลือดแต่ละชนิด ได้แก่ หลอดเลือดแดง (artery) หลอดเลือดฝอย (capillary) และหลอดเลือดดำ (vein) มีโครงสร้างแตกต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติ ได้แก่ ความสามารถยืดขยาย (distensibility), ความยืดหยุ่น (elasticity), และแรงตึงของผนัง (wall tension) แตกต่างกัน แต่ทว่าเป็นความแตกต่างที่สอดคล้องและเหมาะสมกับหน้าที่ของหลอดเลือดแต่ละชนิด หลอดเลือดส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อเรียบซึ่งถูกควบคุมโดยระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic) และสารที่หลั่งออกมาแบบเฉพาะที่ทั้งจากเนื้อเยื่อและจากเซลล์เยื่อเรียกว่า เอนโดทีเลียม (endothelium) ซึ่งพบได้ในหลอดเลือดทุกชนิด เมื่อเซลล์กล้ามเนื้อเรียบหดตัวหรือคลายตัวจะทำให้ขนาดของหลอดเลือดเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบหัวใจรวมหลอดเลือดหลายตัว ได้แก่ ความสามารถในการจุเลือด (compliance), ความต้านทานรวม (total peripheral resistance), ความดันเลือด (blood pressure) และอัตราการไหลของเลือด (blood flow)



ภาพ 4.1 กรอบแนวคิดพื้นฐานสรีรวิทยาของหลอดเลือด

บทที่ 5

การควบคุมการทำงานของ ระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด

“

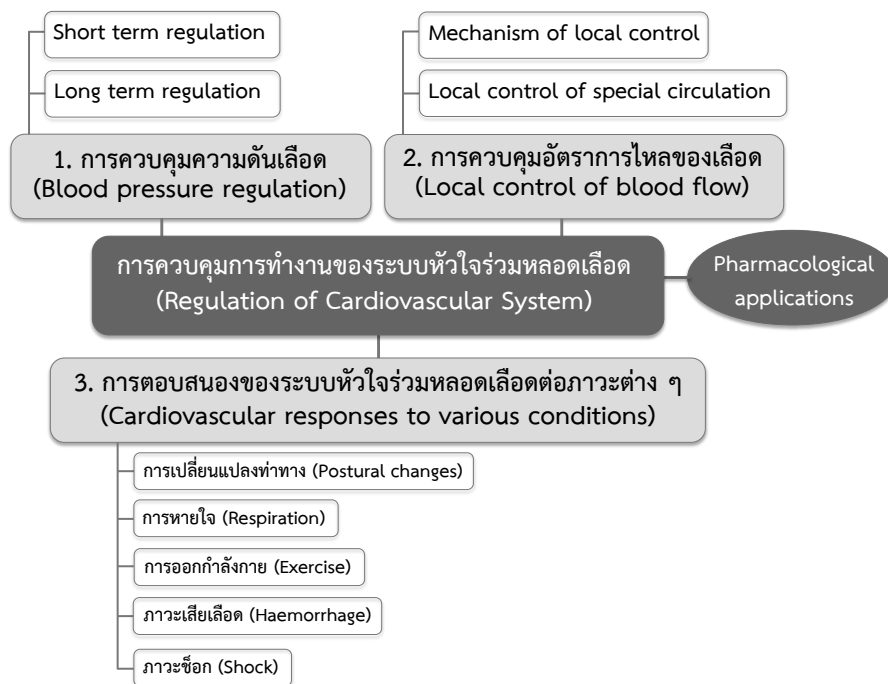
“All we know is still infinitely less than all that remains unknown.”

--William Harvey-- (1578-1657)

”



ตัวแปรสำคัญ 2 ตัวในระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดที่ร่างกายต้องควบคุมให้เหมาะสมเพื่อให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอ ได้แก่ ความดันเลือด (mean arterial pressure: MAP) และอัตราการไหลของเลือดเลี้ยงอวัยวะ (organ blood flow) กลไกการควบคุม MAP มีทั้งแบบระยะสั้น (short term regulation) ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะอาศัยการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ และแบบระยะยาว (long term regulation) ที่ต้องใช้เวลาเพราะอาศัยการทำงานของระบบฮอร์โมนร่วมกับระบบประสาทอัตโนมัติ MAP มีความสำคัญเพราะเป็นเหตุที่ทำให้เกิด organ blood flow ส่งผลให้อวัยวะได้รับ O_2 และสารอาหาร แต่มีได้หมายความว่า organ blood flow จะเปลี่ยนแปลงตาม MAP เสมอไป เพราะร่างกายมีกลไกควบคุม blood flow ให้สอดคล้องกับความต้องการของแต่ละอวัยวะ ซึ่งเป็นการควบคุมแบบเฉพาะที่ (local control of blood flow) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของหลอดเลือดต่อแรงกระทำ (myogenic mechanism) ทำให้ organ blood flow มีค่าคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงตาม MAP เรียกว่า autoregulation การควบคุม organ blood flow ยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของหลอดเลือดต่อสารเมแทบอลิต์ (metabolites) ที่หลั่งออกมาแบบเฉพาะที่บริเวณอวัยวะ (metabolic mechanism) ทำให้ organ blood flow เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการทำงานและความต้องการของอวัยวะนั้น ๆ เรียกว่า active hyperemia



ภาพ 5.1 กรอบแนวคิดพื้นฐานการควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด

บทที่ 6

สรีรวิทยาของหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยพื้นฐาน

“

“A good physiological experiment ... requires that it should present anywhere, at any time, under identical conditions, the same certain and unequivocal phenomena that can always be confirmed.”

—Johannes Peter Müller— (1801-1858)

”



การวิจัยพื้นฐาน (basic research) คือการศึกษาค้นคว้าทางทฤษฎีหรือในห้องทดลองเพื่อหาความรู้ใหม่ ๆ สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ การวิจัยพื้นฐานที่จะกล่าวถึงในบทนี้มุ่งเน้นการวิจัยเกี่ยวกับทำงานของหลอดเลือดแดงซึ่งเป็นสาขาที่ผู้เขียนมีประสบการณ์ เราสามารถนำความรู้เกี่ยวกับสรีรวิทยาของหลอดเลือดไปประยุกต์ใช้เพื่อการวิจัยพื้นฐานได้ในหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับโจทย์วิจัยว่าต้องการตอบคำถามเรื่องอะไร ผู้เขียนขอเสนอการวิจัยเกี่ยวกับหลอดเลือดที่แบ่งกว้าง ๆ เป็น 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นแรก เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ที่อธิบายกลไกการทำงานของหลอดเลือดว่าเป็นอย่างไร อาจศึกษาในสภาวะปกติหรือพยาธิสภาพ งานวิจัยลักษณะนี้จะต่อยอดจากความรู้พื้นฐานเดิมที่มีอยู่แล้ว และทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ เช่น การค้นพบโปรตีนตัวใหม่ซึ่งอาจเป็นตัวรับ (receptor), ช่องไอออน (ion channel), เอนไซม์ (enzyme), ตัวพา (transporter) หรือโปรตีนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณภายในเซลล์ (signaling protein) ของหลอดเลือดที่ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน การค้นพบกลไกการทำงานและ/หรือบทบาทใหม่ ๆ ของโปรตีนตัวเดิมที่พบที่หลอดเลือดอยู่แล้ว การค้นพบจีน (gene) หรือค้นพบเส้นทางใหม่ ๆ ของการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (cell signaling pathway) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของหลอดเลือด งานวิจัยลักษณะนี้ทำให้เกิดองค์ความรู้เชิงลึกที่ช่วยให้เราเข้าใจกลไกการทำงานของหลอดเลือดทั้งในสภาวะปกติและพยาธิสภาพซึ่งมีประโยชน์และสำคัญสำหรับการพัฒนาแนวทางการป้องกันและรักษาโรคในระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด หรือโรคในระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป ความรู้ใหม่ที่ค้นพบจะเป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้เกิดงานวิจัยในประเด็นที่สองตามมา คือ

ประเด็นที่สอง เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นการทดสอบฤทธิ์ของสารและ/หรือยาที่มีผลต่อการทำงานของหลอดเลือด ทั้งนี้อาจเป็นสารหรือยาที่มีใช้อยู่แล้ว แต่ต้องการศึกษาหากกลไกการออกฤทธิ์ที่ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่อาจสนับสนุนหรือไม่สนับสนุนข้อบ่งชี้เดิม และสะท้อนประสิทธิภาพและ/หรือความปลอดภัยของการใช้ยา หรืออาจทำให้ได้ข้อบ่งชี้ใหม่ ๆ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังอาจเป็นการศึกษาผลของสารหรือยาตัวใหม่ที่มีศักยภาพที่จะทำให้เกิดประโยชน์ทางการแพทย์หรือการวิจัย งานวิจัยลักษณะแบบนี้ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานจากประเด็นแรก เช่น การค้นพบการทำงานของ renin angiotensin aldosterone system (RAAS) ทำให้เกิดการพัฒนายาที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ RAAS เพื่อรักษาโรคความดันโลหิตสูง (hypertension) และหัวใจล้มเหลว (heart failure) หรือการค้นพบ nitric oxide (NO) ที่ใช้ในการพัฒนายาที่มีคุณสมบัติปลดปล่อย NO เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อรักษา hypertension และโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary heart disease) นอกจากนี้ ถ้าสารหรือยาที่ศึกษามีความจำเพาะเจาะจงใน



ดัชนี (Index)

ก

กฎของปัวเซย์, 20
 กฎของลาปลาซ, 226
 กฎของโอห์ม, 18
 กระบวนการกระตุ้นที่ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว, 142
 กระแสไฟฟ้า, 37
 กลไกการควบคุม local blood flow, 385
 กลไกการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด (VSMC), 232, 234, 457
 กลไกการออกฤทธิ์ของ aldosterone, 430
 กลไกการคลายตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด (VSMC), 460
 กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด, 229
 กล้ามเนื้อหัวใจอ่อนแรง, 198
 การกระจายของเลือดในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย, 222
 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างยากับ receptor, 468
 การแข็งตัวของผนังหลอดเลือดแดง, 198
 การคลายตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด, 235
 การคล้ำซีฟจร, 262
 การควบคุมความดันเลือด, 336
 การควบคุมความดันเลือดแบบระยะยาว, 346
 การควบคุมความดันเลือดแบบระยะสั้น, 336
 การควบคุมด้วยตนเอง, 352
 การควบคุมอัตราการไหลของเลือดแบบเฉพาะที่, 352
 การควบคุมอัตราการไหลของเลือดเลี้ยงอวัยวะ, 359
 การคั่งของ Ca^{2+} ภายในเซลล์, 71
 การเคลื่อนที่ของของเหลวผ่านหลอดเลือดฝอย, 282
 การจัดเรียงตัวของหลอดเลือด, 6
 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อการเปลี่ยนแปลงท่าทาง, 385
 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย, 400

การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อภาวะเสียเลือด, 406
 การต้านการออกฤทธิ์ของยา, 473
 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ endothelium, 479
 การทำงานเสมือนเป็นหนึ่งเดียวของหัวใจ, 34
 การนำส่งสัญญาณไฟฟ้าภายในหัวใจ, 34
 การบันทึก ECG, 88
 การแบ่ง, 303
 การแบ่งระดับภาวะความดันโลหิตสูง, 276
 การเปลี่ยนท่าทาง, 303
 การเปลี่ยนแปลงของระดับโพแทสเซียม, 66
 การเปิด-ปิดของ AV valves, 12
 การเปิด-ปิดของ semilunar valves, 15
 การวัดความดันเลือด, 272
 การวัดความดันเลือดทางอ้อม, 272
 การวิจัยพื้นฐาน, 453
 การศึกษาการคลายตัวของหลอดเลือด, 482
 การศึกษาการหดตัวของหลอดเลือด, 481
 การหดตัวต่อเนื่องของหลอดเลือด, 235
 การหมุนกลับ, 189, 225
 การไหลเป็นชั้น ๆ (laminar flow), 24, 275
 การไหลพล่าน (turbulent flow), 24
 การไหลเวียนเลือด, 3
 การไหลเวียนเลือดจุลภาค, 279
 การไหลเวียนเลือดทั่วร่างกาย, 4
 การไหลเวียนเลือดผ่านปอด, 4
 การออกกกำลังกาย, 202
 แกนไฟฟ้าหัวใจ, 96, 98, 100

ค

ความเข้มข้นของ Ca^{2+} ภายในเซลล์, 142, 157, 232
 ความดันซีฟจร, 255
 ความดันในช่องอก, 302
 ความดันเลือดดำ, 294, 296



ความดันเลือดดำส่วนกลาง, 299
 ความดันเลือดดำส่วนปลาย, 296
 ความดันเลือดแดง, 221, 254
 ความดันเลือดในหัวใจห้องบนขวา, 299
 ความดันโลหิตสูง, 128, 198
 ความต้านทานรวม, 221
 ความตึงของหลอดเลือด, 236
 ความยืดหยุ่น, 225
 ความรุนแรงของการเสียเลือด, 408
 ความเร็วในการคลายตัวของหัวใจ, 160
 ความเร็วในการเดินทางของ pulse wave, 259
 ความเร็วในการไหลของเลือด, 22, 23
 ความเร็ววิกฤต, 24
 ความสามารถในการนำไฟฟ้า, 33
 ความสามารถในการยืดขยาย, 201, 222
 ความสามารถในการหดตัว, 34, 160, 200
 คุณสมบัติยืดหยุ่น, 221
 โครงสร้าง arteriovenous anastomosis, 370
 โครงสร้างของหลอดเลือด, 455

ช

ชนิดของช็อก, 410
 ช็อก, 437
 ชีพจร, 262

ซ

เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ, 34
 เซลล์กำหนดอัตราเต้นหัวใจ, 31

ด

ดีโพลาไรเซชัน, 37
 ไดอะแกรมวิกเกอร์ส, 182

ต

ตัวต้าน (antagonist), 125

ตัวทำการ (agonist), 125
 ตัวแปรพลศาสตร์ของเลือด, 142, 167
 ตัวรับความดันเลือด, 340
 ตัวรับชนิดเพียวรีเนอร์จิก, 239
 ตัวรับชนิดมัสคารินิก, 123, 159
 ตัวรับชนิดแอดรีเนอร์จิก, 121, 239, 336
 ตำแหน่งของหัวใจ, 9

น

นอร์แอดรีนาลีน, 121, 157, 239, 336

ป

ปริมาตรเลือดจากหัวใจในหนึ่งนาที, 167, 168
 ปริมาตรเลือดดำกลับหัวใจ, 296
 ปริมาตรเลือดที่เข้าสู่หลอดเลือดจากการบีบตัวของหัวใจ
 1 ครั้ง, 168
 ปริมาตรเลือดที่ไหลเวียนจริง, 292
 ปริมาตรเลือดในหัวใจห้องล่างขณะคลายตัวเต็มที่, 150,
 168
 ปัจจัยที่มีผลต่อ mean arterial pressure (MAP), 265
 ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของหลอดเลือดโคโรนารี, 363

ผ

ผลต่อการนำสัญญาณไฟฟ้า, 121
 ผลต่อความเร็วในการสร้างสัญญาณไฟฟ้า, 121

พ

พรมมิ, 475, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512,
 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521,
 522, 523, 524, 525
 พลศาสตร์ของเลือด, 17

ฟ

ฟอสโฟแลมแบน, 146



ก

ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ, 73
 ภาวะ endothelial dysfunction, 248
 ภาวะความดันเลือดต่ำเนื่องจากการลุกยืน, 275
 ภาวะช็อก, 207
 ภาวะที่มีของเหลวคั่งอยู่ในเยื่อหุ้มหัวใจ, 197
 ภาวะน้ำเกิน, 289, 423
 ภาวะบวมน้ำ, 285
 ภาวะเลือดมีโพแทสเซียมเกิน, 40
 ภาวะเลือดมีโพแทสเซียมต่ำ, 40
 ภาวะสมองบวมน้ำ, 372
 ภาวะเสียเลือด, 406
 ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ, 32
 เกสซ์พลศาสตร์, 125
 เกสซ์วิทยา, 125

ข

เมดัลลาออบลองกาตา, 340
 เมแทบอลิซึมและแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อหัวใจ, 147

ค

ยากลุ่ม prostacyclin (PGI₂) analogues, 323
 ยาที่กระตุ้นการทำงานของหัวใจ, 439
 ยาที่ใช้ในการรักษาภาวะช็อก, 437
 ยาที่ใช้รักษา arrhythmia, 130
 ยาที่ปลดปล่อยให้ NO, 322
 ยาที่ยับยั้ง α_1 adrenergic receptor, 325
 ยาที่ยับยั้ง angiotensin converting enzyme, 326
 ยาที่ยับยั้ง angiotensin receptor, 325
 ยาที่ยับยั้ง Ca²⁺ channel, 325
 ยาที่ยับยั้ง endothelin receptor, 326
 ยาที่ยับยั้งเอนไซม์ phosphodiesterase, 322
 ยาที่ออกฤทธิ์ต่อหลอดเลือด, 438
 ยาที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ RAAS, 423
 ยารักษาภาวะหัวใจล้มเหลว, 422
 เยื่อหุ้มหัวใจ, 10

เยื่อหุ้มหัวใจ, 10

ด

ระบบน้ำเหลือง, 286
 ระบบประสาทซิมพาเทติก, 336
 ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก, 157, 336
 ระบบไหลเวียนเลือดโคโรนารี, 361
 ระยะของช็อก, 409
 ระยะดื้อ, 62
 ระยะดื้อสมบูรณ์, 63
 ระยะดื้อสัมพัทธ์, 65
 ระยะเวลาที่เลือดจะไหลกลับสู่หัวใจ, 163
 รีโพลาริเซชัน, 37
 รีเฟล็กซ์เบนบริดจ์, 388
 รูปแบบการวางอิเล็กโทรด, 88
 รูปแบบการไหลของเลือด, 24
 แรงกระทำภายนอกหลอดเลือด, 364
 แรงดึงของผนังหลอดเลือด, 226
 โรครไต, 288
 โรคในหลอดเลือดแดงส่วนปลาย, 277

ด

ลิ้นปี่สตีต, 11
 ลิ้นปี่โมนารี, 15
 ลิ้นหัวใจ, 11
 ลิ้นเอวี, 11
 ลิ้นเอออร์ติก, 15

จ

วงจรการหดตัว, 143
 วงจรรีเฟล็กซ์ของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด, 340
 วงจรหัวใจ, 163
 วาลซาลวามานุเวอร์, 394



ศ

ศัลยกรรมทำงาน, 37
ศัลยกรรมงานชนิดตอบสนองช้า, 55
ศัลยกรรมงานชนิดตอบสนองเร็ว, 43
ศัลยกรรมไฟฟ้าเทรซโฮลด์, 41
ศูนย์กระตุ้น, 343
ศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด,
341
ศูนย์ยับยั้ง, 343

ส

สารที่ทำให้เกิด vasodilation, 461
เส้นเลือดดำขาด, 316
เสียงหัวใจ, 174
เสียงหัวใจผิดปกติ, 175

ท

หลอดเลือดแข็ง, 251
หลอดเลือดดำ, 17, 221, 288
หลอดเลือดแดง, 253
หลอดเลือดแดงปอด, 475
หลอดเลือดแดงเล็ก, 221
หลอดเลือดฝอย, 17, 221, 279, 281
หลักการพื้นฐานของ organ bath technique, 477
หลักการพื้นฐานของ patch clamp technique, 492
หัวใจขาดเลือด, 104, 105, 114, 128, 206

หัวใจซีกขวาล้มเหลว, 287, 305
หัวใจซีกซ้ายล้มเหลว, 287, 300
หัวใจโต, 225
หัวใจล้มเหลว, 128, 350, 422, 433
หัวใจหยุดเต้น, 123
หายใจลึกและเร็ว, 375

อ

อะเซทิลโคลีน, 159, 336
อัตราการไหลของเลือด, 19, 22
อัตราการไหลของเลือดที่ผิวหนัง, 369
อัตราการไหลของเลือดในปอด, 377
อัตราการไหลของเลือดเลี้ยงกล้ามเนื้อลาย, 367
อัตราการไหลของเลือดเลี้ยงระบบทางเดินอาหาร, 382
อัตราการไหลของเลือดเลี้ยงสมอง, 370
อัตราการไหลของเลือดเลี้ยงหัวใจ, 361
อัตราชีพจร, 262
อัตราเต้นหัวใจ, 31, 163, 168
อาการแสดงของผู้ป่วยช็อก, 415
เอนโดทีเลียม, 15, 242, 461
เอสเอโหนด, 31
เออร์ตา, 221
แอดรีนาลีน, 121, 241, 339

อ

ไฮเพอร์โกลาไรเซชัน, 39



A

- absolute refractory period (ARP), 63, 65, 118
 ACE2, 426
 acetylcholine (ACh), 51, 123, 159, 336, 479
 action potential, 37, 43, 62, 130
 active hyperemia, 357, 367
 adenosine, 133, 250
 adrenaline, 121, 128, 207, 241, 339, 440, 442
 adrenergic receptor, 121
 affinity, 468
 afterdepolarisations, 114
 afterload, 198
 agonist, 125, 466
 aldosterone, 347, 349, 423, 424, 429
 aldosterone antagonists, 429
 aliskiren, 424
 alveolar vessels, 378
 anaphylactic shock, 413, 415
 aneurysm, 228
 angiotensin 1-7 (Ang 1-7), 426
 angiotensin converting enzyme (ACE), 247, 347, 423
 angiotensin converting enzyme inhibitors (ACEIs), 424, 429
 angiotensin II, 247, 347, 349, 423
 angiotensin II type 1 receptor (AT₁ receptor), 247, 347, 429
 angiotensin receptor blockers (ARBs), 325, 428
 angiotensin receptor neprilysin inhibitor, 436
 ankle brachial index (ABI), 277, 279
 antagonist, 125, 467
 antiarrhythmic drug, 130
 antidiuretic hormone (ADH), 349
 aorta, 221, 225, 268
 aortic aneurysm, 229
 aortic pressure, 184, 198, 256, 361, 364
 aortic pressure wave, 258
 aortic valve, 15, 164, 167, 176, 177, 191, 397
 aortic valve insufficiency, 178, 270
 aortic valve stenosis, 176, 271
 arrhythmia, 32, 116, 130
 arterial blood pressure, 221
 arterial stiffness, 270
 arterioles, 221, 237, 254, 367
 arteriosclerosis, 251, 271
 arteriovenous anastomosis, 281, 370
 artery, 5, 17
 AT₁ receptor, 347, 428
 AT₂ receptor, 428
 atherosclerosis, 198, 225, 251
 atrial natriuretic peptide (ANP), 350, 432
 atrial natriuretic peptide (ANP), 350
 atrial pressure, 184
 atrial reflex, 388
 atrial systole, 166, 184
 atrioventricular node, 31
 atrioventricular valve, 11
 atropine, 129
 augmented limb lead, 91
 auscultatory method, 272, 274
 automaticity, 31, 32, 113
 autoregulation, 352, 356, 372
 AV block, 116, 206
 AV nodal delay, 35, 83
 AV node, 31, 36
 AV valves, 11, 14, 164
 α₁ antagonist, 325
 α₁ receptor, 239, 242, 339, 347, 439, 442, 444



B

Bacopa monnieri (Brahmi), 506
Bainbridge reflex, 388
baroreceptor, 340, 344, 346, 394
baroreceptor reflex, 344, 377, 386, 407
basic research, 453
beta agonist, 128
beta antagonist, 128
beta blocker, 128, 132, 210, 211
bicuspid valve, 11
bipolar leads, 88
blood circulation, 3
blood pressure regulation, 336
blood volume reservoirs, 289
Bowditch effect, 163
bradycardia, 32, 114
bradykinin, 425
brain natriuretic peptide (BNP), 350, 432
 β_1 receptor, 121, 128, 129, 157, 160, 210
 β_2 receptor, 239, 339, 442

C

Ca²⁺ channel blocker, 132, 210, 212, 325
Ca²⁺-induced Ca²⁺ release, 143, 159, 212, 239
Ca²⁺ overload, 71, 106, 114, 115, 148, 207
Ca²⁺ sensitivity, 151
capacitance, 223, 288
capillary, 17, 281
capillary recruitment, 368, 379
cardiac and vascular function curves, 309
cardiac arrest, 123
cardiac cycle, 163, 164
cardiac excitation-contraction coupling, 142
cardiac function curve, 309
cardiac hypertrophy, 225
cardiac myopathy, 198

cardiac output (CO), 157, 167, 168, 169, 224
cardiac remodeling, 198, 200
cardiac tamponade, 197, 305
cardiac vector, 96
cardio-acceleratory center, 343
cardiogenic shock, 413
Cardiogenic shock, 410
cardio-inhibitory center (CI), 343
cardiovascular center, 341, 400
cardiovascular reflex, 340
cardiovascular response to postural changes, 385
cardiovascular responses to exercise, 400
cardiovascular responses to haemorrhage, 406
cardiovascular responses to shock, 409
central command, 400
central venous pressure (CVP), 19, 299
cerebral blood flow, 370
cerebral edema, 372
cerebral perfusion pressure, 372
chest leads, 93, 96
chordae tendineae, 11
chronotropic effect, 121
chronotropy, 32
circulatory shock, 128, 207, 409, 437
classification of hypertension, 276
CNS ischaemic response, 377
CO, 18, 157, 167, 173, 210, 224, 263, 264, 309, 312, 314, 338, 360
competitive antagonist, 473
compliance, 194, 202, 223
concentration response curve, 470
concentric hypertrophy, 200
conduction velocity, 34, 45
conductivity, 34, 45
connexin43, 33, 34
continuous capillary, 282



contractile cycle, 143, 145
 contractility, 34, 156, 160, 195, 200, 207, 311
 coronary blood flow, 208, 361, 362
 coronary circulation, 148, 361
 critical velocity, 24
 current, 42, 492
 Cushing Reflex, 376
 Cushing's triad, 377
 cutaneous blood flow, 369
 CVP, 18, 299, 302, 304, 305, 306, 309, 413
 cyclooxygenase (COX), 244

D

D₁ receptor, 440, 442
 DADs, 71, 115, 116, 207
 delayed afterdepolarisations, 115, 207
 delayed rectifier K⁺ channels, 47, 48, 67, 71
 delayed rectifier K⁺ current, 51
 depolarisation, 37, 39
 depolarisation wave, 79
 depressor area, 343
 diastolic blood pressure (DBP), 255, 266, 267, 268
 diastolic depolarisation, 56
 diastolic injury current, 106, 108
 diastolic murmur, 175, 178, 180
 diastolic ventricular pressure, 153
 dicrotic notch, 188, 189, 256, 271
 digoxin, 206
 discontinuous (Sinusoid) capillary, 282
 dispersion of repolarisation, 49
 distensibility, 222
 distributive shock, 413, 414
 dopamine, 442
 double pump, 10
 dromotropic effect, 121, 123

dromotropy, 33
 drug antagonism, 473

E

EADs, 71, 114, 116, 207
 early afterdepolarisations, 71, 114, 207
 EC₅₀, 467, 471
 eccentric hypertrophy, 197
 ECG, 73, 81, 184
 ectopic foci, 32, 113, 114, 116, 117
 ectopic pacemaker, 113
 edema, 285, 286, 316, 351
 EDHF, 245, 323
 EDV, 150, 155, 171
 effective blood volume, 292
 effective concentration, 471
 effective refractory period, 63
 efficacy, 467, 470, 471, 472
 Einthoven's triangle, 90
 ejection fraction, 168 173
 E_K, 39, 40
 elastic recoil, 225, 226
 elasticity, 221, 225, 268
 electrical axis, 96
 electrical current, 37, 41, 42
 electrocardiogram, 73
 E_{max}, 471
 end diastolic pressure volume relationship, 193
 end diastolic volume (EDV), 150, 168
 end systolic pressure-volume relationship, 194
 end systolic volume (ESV), 168
 endocardium, 10, 54
 endothelial dysfunction, 248, 251
 endothelial nitric oxide synthase (eNOS), 244
 endothelin receptor, 247
 endothelin receptor antagonist, 326



endothelin-1 (ET-1), 247
endothelium, 15, 220, 242, 243, 249, 456, 461, 479
endothelium dependent, 483
endothelium independent, 483
endothelium-derived hyperpolarising factor (EDHF), 244
epicardium, 10, 54
equilibrium potential, 39
ERP, 63
ESV, 171
excitation-contraction coupling (EC-coupling), 142, 147
exercise, 202
exercise hyperemia, 367
exercise pressor reflex, 401
extra-alveolar vessels, 378
extravascular compression, 364

F

fast Na⁺ channels, 43, 44, 63, 64, 66
fast response action potential, 43
fenestrated capillary, 282
fibrillation, 119
filling time, 163, 185
filtration, 285
filtration coefficient, 283
first degree AV block, 117
Frank-Starling law of heart, 149, 150, 153, 155
functional syncytium, 34
funny channels, 57
funny current (I_f), 57

G

G protein-coupled receptors (GPCRs), 464
guanylyl cyclase (GC), 244

H

haemodynamic parameters, 17, 142, 167, 169
haemorrhage, 406, 408
HCN channel inhibitor, 130
heart failure, 128, 350, 422, 433, 436
heart rate (HR), 31, 163, 264
heart rate variability (HRV), 88, 388
heart sounds, 174, 184
h gate, 63, 65
hydrogen sulfide (H₂S), 246, 323
hydrostatic pressure, 283
hypercapnia, 375
hyperdynamic shock, 414
hyperkalemia, 40, 41, 66, 68, 69, 101, 424, 425
hyperlactatemia, 416
hyperpolarisation, 39, 241, 246
hyperpolarisation-activated cyclic nucleotide-gated (HCN) channels, 57
hypertension, 128, 198, 207, 210, 275, 320, 422, 424
hyperventilation, 375
hypervolemia, 197, 289, 308, 350, 423
hypoalbuminemia, 288
hypocapnia, 374
hypokalemia, 40, 41, 69, 71, 73, 101, 207
hypoperfusion, 409
hypovolemia, 289
hypovolemic shock, 410, 413
hypoxic pulmonary vasoconstriction, 6, 378, 476

I

IC₅₀, 467
 I_f , 60
 $I_{K, ACh}$, 51
incisura, 256
injury current, 106



inotropy, 160
 instantaneous vectors, 80
 intracellular Ca^{2+} concentration, 142, 232
 intracranial pressure (ICP), 372
 Intrinsic conduction of heart, 34
 intrinsic pacemaker, 31, 32, 71
 Intrinsic property of myocardium, 150
 inward current, 42, 492
 inward rectifier K^+ channels (Kir), 50, 51
 Inward rectifier K^+ current, 51
 ischaemia, 104
 ischaemic heart disease, 104, 128, 206, 207, 210, 320
 isovolumetric ventricular contraction, 166, 186
 isovolumetric ventricular relaxation, 164, 189
 I_{to} , 46, 55
 ivabradine, 130

J

J point, 87
 jugular pulse, 184
 jugular vein engorgement, 305
 juxtaglomerular cells (JG cells), 346

K

K^+ channel blocker, 132
 K_{ACH} , 60
 kidney disease, 288
 Korotkoff sound, 274

L

lactic acidosis, 407
 laminar flow, 24, 175, 275
 latent pacemaker, 31
 law of Laplace, 226
 lead, 88

left axis deviation (LAD), 97
 left heart failure, 287, 399
 length-tension relationship, 149
 local control of blood flow, 352
 local control of special circulation, 359
 long QT syndrome, 101
 long term regulation of blood pressure, 346
 low-pressure baroreceptor, 388
 L-type Ca^{2+} channels, 142, 157
 lusitropy, 160
 lymphatic capillaries, 282, 287
 lymphatic system, 287

M

Mas receptor, 426
 maximum diastolic potential (MDP), 60
 mean arterial pressure (MAP), 18, 19, 261, 336, 338, 344, 349, 356
 mean electrical axis, 80
 mean systemic filling pressure (MSFP), 296
 mean vector, 80
 mechanoreceptor reflex, 401
 medulla oblongata, 340
 metabolic hyperemia mechanism, 358
 metabolic mechanism, 352
 metaboreceptor reflex, 401
 metarterioles, 279
 m gate, 63, 65
 microcirculation, 279
 mineralocorticoid receptor, 430
 mitral valve, 164, 179, 191
 mitral valve insufficiency, 181
 mitral valve stenosis, 180
 murmur, 175
 muscarinic receptor, 123, 159
 muscarinic receptor antagonist, 129



myocardial energy metabolism, 147
myocardium, 10
myoendothelial gap junction, 15, 246
myogenic mechanism, 353
M₂ receptor, 123, 129, 160, 162
M₃ receptor, 479

N

Na⁺ channel blocker, 130
Na⁺/Ca²⁺ exchanger (NCX), 50, 71, 114, 147, 163, 206, 213, 231
Na⁺/K⁺ ATPase, 50, 71, 114, 147, 206, 231
natriuresis, 432
natriuretic effect, 432
negative chronotropy, 32, 123
negative dromotropy, 34, 123
negative inotropic drug, 207
negative inotropy, 160
negative lusitropy, 160
nepriylisin, 435
nepriylisin inhibitor, 436
Nernst equation, 39
neurogenic shock, 415
nitric oxide (NO), 244, 322
nitric oxide donor, 322
nodal cells, 31
non-competitive antagonism, 473
noradrenaline, 121, 128, 157, 207, 239, 241, 339, 440
NT-proBNP, 436
nucleus tractus solitarius (NTS), 343
null point, 91

O

obstructive shock, 411, 413
Ohm's Law, 18

oncotic force, 283
organ bath technique, 477, 507
orthopnea, 301
orthostatic hypotension, 275, 387
outward current, 43, 492
overdrive suppression, 32, 69

P

P wave, 82
P2 receptor, 239, 475, 476, 477, 483, 484, 485, 486, 488, 490, 491, 498, 502
P2X receptor, 457, 464, 475, 488, 491, 502, 503, 504
P2X₁ receptor, 239
P2Y receptor, 475
pacemaker cells, 31
pacemaker current, 56
pacemaker potential, 56, 162
palpation method, 272, 274
papillary muscles, 11
parasympathetic, 157, 159, 162, 336
passive pressure-volume relationship, 193
patch clamp technique, 491, 493
pattern of blood flow, 24
perforated patch clamp, 496
peripheral arterial disease (PAD), 277
peripheral venous pressure (PVP), 296
pharmacodynamics, 125
pharmacology, 125
phenylephrine, 444
phospholamban, 146
phospholipase A₂, 244
plasma membrane Ca²⁺ ATPase (PMCA), 50, 146, 147, 231
Poiseuille's Law, 20
positive chronotropic effect, 162



positive chronotropy, 32
 positive dromotropic effect, 162
 positive dromotropy, 34, 121
 positive inotropic drug, 206, 438, 439
 positive inotropic effect, 162
 positive inotropy, 160
 positive lusitropic effect, 162
 positive lusitropy, 160
 postural hypotension, 387
 potency, 468, 471, 472
 PR interval, 86, 117
 PR segment, 87
 precapillary sphincters, 280, 368
 precordial lead, 93
 preload, 150, 155, 195
 premature ectopic beat, 115
 prepotential, 56
 pressor area, 343
 pressure overload, 200
 pressure volume (P-V) loop, 191
 prostacyclin (PGI₂), 244
 pulmonary artery, 477
 pulmonary blood flow, 377
 pulmonary circulation, 5
 pulmonary edema, 301
 pulmonary valve, 15, 164, 167, 176, 177
 pulse, 262
 pulse pressure (PP), 255
 pulse pressure amplification, 189, 257, 259, 270
 pulse rate, 262
 pulse wave velocity (PWV), 259, 262, 270
 purinergic receptor, 239
 purinoceptor, 475
 P-V loop, 193, 195

Q

Q wave, 84
 QRS complex, 83, 84
 QRS duration, 87
 QT interval, 87, 101

R

rapid ejection, 187
 Re number, 26
 reactive hyperemia, 358
 receptor, 464
 recoil, 189, 256, 268
 reduced ventricular filling, 190
 reentry, 117, 132
 reflected wave, 257, 259, 270
 reflex bradycardia, 377, 400
 refractory period, 62
 regional cerebral blood flow (rCBF), 374
 relative refractory period (RRP), 65
 renin, 347, 349
 renin inhibitors, 423
 renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS),
 349, 350, 407, 408, 409, 413, 415, 417, 421,
 423, 424, 431
 repolarisation, 37, 39
 repolarisation wave, 79
 respiratory pump, 402
 respiratory pump, 317
 respiratory sinus arrhythmia (RSA), 88, 387, 388,
 389, 391
 resting membrane potential (RMP), 37
 right atrial pressure (RAP), 299, 309, 311
 right axis deviation (RAD), 97
 right heart failure, 287, 305
 RR interval, 88
 R wave, 84



ryanodine receptor (RyR), 143, 157, 212, 239

S

SA node, 31, 32

sarcoendoplasmic reticulum Ca^{2+} ATPase (SERCA), 50, 114, 146, 147, 213, 231, 241, 463

shock, 409

second degree AV block, 117

secondary pressure wave, 189, 256

selectivity, 468

semilunar valves, 15, 175

septic shock, 413, 415

shock stage, 409

short QT syndrome, 101

short term regulation of blood pressure, 336

signs of shock, 415

sino-atrial node, 31

sinus bradycardia, 32, 128

sinus rhythm, 32

sinus tachycardia, 32, 128

skeletal muscle blood flow, 367

skeletal muscle pump, 314, 316, 368, 402

slow response action potential, 55

splanchnic circulation, 382

splitting of the second sound, 174

spontaneous depolarisation, 56

ST segment, 87

ST segment depression, 104, 106

ST segment elevation, 104, 106

staircase effect, 163

standard limb lead, 88

stressed blood volume, 291, 298, 299, 308

stroke volume (SV), 167, 168, 172, 200, 224, 263, 265, 338

stroke work, 193, 195, 202, 203

structure of blood vessels, 455

supranormal period, 65

supraventricular tachycardia (SVT), 133, 399

S wave, 84

sympathetic, 157, 159, 161, 238, 336

sympathetic escape, 417

sympathomimetic drug, 439

systemic circulation, 5

systemic vascular resistance (SVR), 19, 221

systolic blood pressure (SBP), 255, 266, 267, 268

systolic injury current, 110, 111

systolic murmur, 175, 176, 181

systolic ventricular pressure, 154

T

tachycardia, 32

third degree AV block, 117

thoracic pressure, 302

three windows of the body, 416

threshold potential, 41, 61

thromboxane A_2 (TXA_2), 247

tonic contraction, 235

total peripheral resistance (TPR), 18, 19, 210, 221, 237, 263, 265, 313, 338, 367

transient outward K^+ channels, 54

transient outward K^+ current, 46, 51

treppe effect, 163

tricuspid valve, 11, 164, 179

triggered activity, 115

tunica adventitia, 16

tunica intima, 15

tunica media, 15

turbulent flow, 24, 175, 176, 178, 180, 181, 274

T wave, 84

type of shock, 410

**U**

unipolar leads, 91
unstressed blood volume, 291, 298, 308
U wave, 101

V

vagus nerve, 123, 159, 343
Valsalva's maneuver, 394, 397, 398, 399
varicose vein, 316
vascular function curve, 309
vascular smooth muscle cell, 456
vascular tone, 236
vasoactive drug, 438, 439
vasoconstriction, 224, 236, 237, 243, 266
vasoconstrictor, 247
vasodilation, 224, 236, 237, 239, 243, 266
vasodilator, 244, 321
vasogenic shock, 413
vasomotor center (VMC), 343
vasopressin, 349, 444
vein, 5, 17
velocity of blood, 22

venoconstriction, 224, 291
venodilation, 224, 292
venous pooling, 386
venous pulse, 184, 186
venous return, 298, 302, 306, 309, 400
ventricular depolarisation, 83
ventricular ejection, 166
ventricular filling, 164
venules, 281
verapamil, 212
voltage-gated ion channel, 41
volume overload, 197
V₁ receptor, 440, 444

W

wall stress, 197
warm shock, 414
Wiggers diagram, 182
Wilson's central terminal, 91
Windkessel effect, 269
Windkessel vessel, 269



ประวัติผู้เขียน

รศ. ดร. ภาณุ.กรองกาญจน์ ชูทิพย์

หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์

มหาวิทยาลัยนเรศวร อ. เมือง จ. พิษณุโลก

E-mail: krongkarnc@nu.ac.th, krongkarnc@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2543 Ph.D. (Physiology & Pharmacology), University of Strathclyde, United Kingdom
- พ.ศ. 2537 วท.ม. (เภสัชวิทยา), ผลการศึกษายอดเยี่ยมอันดับ 1 ด้านวิทยาศาสตร์ (รางวัลมูลนิธิ ศ.ดร.แถบ นีละนิธิ), มหาวิทยาลัยมหิดล
- พ.ศ. 2535 ภ.บ. (เภสัชศาสตร์ เกียรตินิยมอันดับ 2), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การทดสอบฤทธิ์ของยา สารสำคัญ และสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด การแยกหลอดเลือดขนาดเล็ก การแยกเซลล์หลอดเลือด การศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบโดยเทคนิค Organ bath การศึกษาคุณสมบัติสรีรวิทยาทางไฟฟ้าของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบโดยใช้เทคนิค Patch clamp

ผลงานวิจัย (Selected publications)

- 1 Chootip K, Chaiyakunapruk N, Soonthornchareonnon N, Scholfield CN, Fuangchan A. Efficacy and safety of "Yahom" as a traditional Thai herbal therapy: A systematic review. *J Ethnopharmacol.* 2017; 196:110-123.
- 2 Tunsophon S, Chootip K. Comparative effects of piperine and simvastatin in fat accumulation and antioxidative status in high fat-induced hyperlipidemic rats. *Can J Physiol Pharmacol* 2016; 94(12):1344-8.
- 3 Krungtip O, Chootip K, Temkitthawon P, Changwichit K, Chuprajob T, Changtam C, Suksamram A, Khorana N, C. Scholfield CN, Ingkaninan K. Curcumin analogues inhibit phosphodiesterase-5 and dilate rat pulmonary arteries. *J Pharm Pharmacol* 2015; 5(4):431-49.
- 4 Kennedy C, Chootip K, Mitchell C, Syed NI, Tengah A. P2X and P2Y nucleotide receptors as targets in cardiovascular disease. *Future Med Chem* 2013; 5(4):431-49.
- 5 Kamkaew N, Norman Scholfield CN, Ingkaninan K, Taepavarapruk N, Chootip K. *Bacopa monnieri* increases cerebral blood flow in rat independent of blood pressure. *Phytother Res* 2013; 27(1):135-8.
- 6 Kamkaew N, Scholfield CN, Ingkaninan K, Maneesai P, Parkington HC, Tare M, Chootip K. *Bacopa monnieri* and its constituents is hypotensive in anaesthetized rats and vasodilator in various artery types. *J Ethnopharmacol* 2011; 137(1):790-5.
- 7 Kunzelmann K, Kongsuphol P, Chootip K, Toledo C, Martins JR, Almaca J, Tian Y, Witzgall R, Ousingsawat J, Schreiber R. Role of the Ca^{2+} -activated Cl^- channels bestrophen and anoctamin in epithelial cells. *Biol Chem* 2011; 392(1-2):125-34.



ศัลยศาสตร์โรคหัวใจที่พบบ่อย (ฉบับปรับปรุง)

Common Cardiac surgery

ผู้แต่ง: รศ.นพ.จรัญ สายะสกลิตย์

โรคหัวใจยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญและมีอัตราการเสียชีวิตสูง เป็นอันดับต้น ๆ ของโลกตลอดมา การผ่าตัดหัวใจเป็นการรักษา วิธีสุดท้ายในกรณีที่การรักษาหัวใจด้วยวิธีอื่น ๆ ไม่ได้ผล เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรอดชีวิตและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมโรคหัวใจและหลักการผ่าตัดรักษาโรคหัวใจที่พบบ่อย เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของนักศึกษาแพทย์และ บุคลากรสาธารณสุขที่สนใจ ตลอดจนสามารถนำไปใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจต่อไป

หนังสือแนะนำ กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ



การวิจัยทางสาธารณสุข: จากหลักการสู่การปฏิบัติ

ผู้แต่ง: ผศ.ดร.นิทรา กิจธีระวุฒิมงษ์

การวิจัยเป็นการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสี่ของการบริการสาธารณสุขที่จำเป็นปัจจุบันนักสาธารณสุขปฏิบัติงานในระบบบริการสุขภาพที่ซับซ้อนและมีความเป็นพลวัต การวิจัยมีความจำเป็นในการสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายหรือการปรับปรุงและพัฒนาทางด้านสาธารณสุข

หนังสือเล่มนี้ นำเสนอลำดับขั้นของกระบวนการวิจัยเชิงปริมาณโดยนำเสนอทั้งในส่วนของภาคทฤษฎีและตัวอย่างการวิจัยทางสาธารณสุขเพื่อให้บัณฑิตศึกษานักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป มีความเข้าใจในการวิจัยทางสาธารณสุขและใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการบริการสาธารณสุขให้กับประชาชน



การพยาบาลผู้ป่วยวิกฤตหัวใจ

Cardiac critical care nursing

ผู้แต่ง: รศ.นพ.จรัญ สายะสกลิตย์

ปัจจุบันโรคหัวใจยังคงเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญ และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตในอันดับต้น ๆ ของผู้ป่วย การพยาบาลผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจจำเป็นต้องใช้ความรู้ ความเชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้ป่วยโรคหัวใจสามารถผ่านภาวะวิกฤตนั้นได้และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นหนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมความรู้จากแหล่งต่าง ๆ และประสบการณ์จากพยาบาลเชี่ยวชาญในหอผู้ป่วยวิกฤตหัวใจ ซึ่งหวังว่าจะเป็นประโยชน์กับพยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ทั่วไป



ชีวเภสัชภัณฑ์:

การออกแบบและพัฒนา

Biopharmaceuticals: Design & Development

ผู้แต่ง: รศ.ดร.ภก.พัฒนา ศรีพลากิจ

ในปัจจุบันมีชีวเภสัชภัณฑ์หลายชนิดได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในทางการแพทย์ซึ่งบางส่วนได้รับการขึ้นทะเบียนยาแล้ว และอีกจำนวนมากยังอยู่ระหว่างขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ในอนาคตอันใกล้คาดว่าจะมีส่วนการเพิ่มขึ้นของจำนวนชีวเภสัชภัณฑ์ใหม่จะมีมากกว่ายาที่ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งกลุ่มชีวเภสัชภัณฑ์ที่อยู่ในความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ ไซโตไคน์ โกรทแฟกเตอร์ โมโนโคลนอลแอนติบอดี เปปไทด์ฮอร์โมน โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดและเอนไซม์เพื่อการรักษา



หนังสือขายดี

พฤกษกรรมสุขภาพ:

แนวคิด ทฤษฎี และการประยุกต์ใช้

ผู้แต่ง: ดร.จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ

ไม่ว่าเวลาจะผ่านไปกี่ร้อยกี่พันปีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ก็ยังคงเป็นงานยากเสมอและต้องเผชิญกับเป้าหมายใหม่ ๆ ที่ท้าทายมากขึ้นทั้งจากเงื่อนไขทางสังคมที่หลากหลาย ซับซ้อนและสภาพสิ่งแวดล้อมที่ผันแปรไปอย่างรวดเร็ว

ถึงแม้ว่าการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์จะยังคงเป็นงานยากต่อไป แต่ผู้เขียนก็หวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีประโยชน์ช่วยให้งานยากเหล่านี้กลายเป็นงานยากที่สนุก เป็นงานยากที่ท้าทาย และเป็นงานยากที่ประสบผลสำเร็จ ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากงานยาก ๆ เหล่านี้เองที่นอกจากจะทำให้ประชาชนมีสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นแล้ว ยังนำมาซึ่งความรู้สึกลึกซึ้งปิติยินดี และสามารถสร้างรอยยิ้มกว้างในหัวใจให้กับนักสาธารณสุขตัวเล็ก ๆ ที่ทำงานในชุมชนได้อย่างที่สุดเช่นกัน



ตัวชี้วัดทางชีวภาพของเซลล์ผิวหนัง จากความรู้พื้นฐานสู่การนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินเวชสำอาง

ผู้แต่ง: รศ.ดร.จรรยา วิโยชน์

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่คำจำกัดความของเครื่องสำอางและเวชสำอาง การอ้างสรรพคุณ-โครงสร้างของผิวหนังในระดับมหภาคและจุลภาค การทำงานและการผลิตชีวโมเลกุลที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (biomarkers) โดยเซลล์หลักที่พบในผิวหนัง ได้แก่ คีราติโนไซต์ (keratinocyte) เมลาโนไซต์ (melanocyte) และไฟโบรบลาสต์ (fibroblast)-และการประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเวชสำอางโดยใช้เซลล์และเนื้อเยื่อผิวหนังเพาะเลี้ยง โดยนำความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานและการผลิตชีวโมเลกุลจากเซลล์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะมีประโยชน์ทั้งในแวดวงวิชาการและภาคอุตสาหกรรม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นำไปสู่ประโยชน์สูงสุดแก่ผู้บริโภคที่จะได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัย

NUPH online store www.nupress.grad.nu.ac.th



อาการทางอายุรศาสตร์ Medical Symptomatology (ฉบับปรับปรุง)

บรรณาธิการ : รศ.ดร.พญ.สุรชาติพย์ พงษ์เจริญ และคณะ

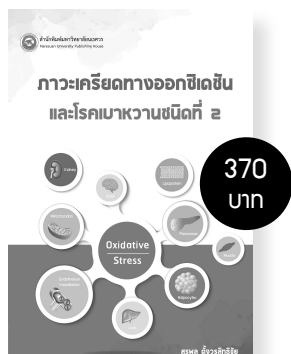
เมื่อผู้ป่วยมาปรึกษาแพทย์ด้วยอาการต่าง ๆ แพทย์จะต้องซักถามประวัติอาการเจ็บป่วยและตรวจร่างกายผู้ป่วย ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญมากและต้องฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ การที่แพทย์จะทราบประวัติอาการเจ็บป่วยและความผิดปกติจากการตรวจร่างกายอย่างครบถ้วนและถูกต้องได้นั้น นอกจากจะต้องมีความรู้ทางวิชาแพทย์แล้ว ยังต้องมีความรู้ความสามารถในการสื่อสารและมีสัมพันธภาพที่ดีกับผู้ป่วย ข้อมูลที่ถูกต้องจะนำไปสู่การดูแลรักษาที่ถูกต้องด้วยการซักถามประวัติการเจ็บป่วยและการตรวจร่างกายจึงถือเป็นศิลปะอย่างหนึ่งที่ช่วยนำไปสู่การรักษาผู้ป่วยให้หายจากโรคร้ายไข้เจ็บ อันเป็นจุดมุ่งหมายสูงสุดของแพทย์ทุกคน



กายภาพบำบัดในผู้ป่วย ภาวะวิกฤต

ผู้แต่ง: วีระพงษ์ ชิดนอก และ
เอกลักษณ์ กอบสาริกรณ์.

นักกายภาพบำบัด มีบทบาทสำคัญในการประยุกต์ใช้เทคนิคการรักษาทางกายภาพบำบัด เพื่อการบำบัดภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรงและข้อต่อติดการฝึกความแข็งแรง กล้ามเนื้อหายใจ การระบายเสมหะด้วยเทคนิคแบบต่าง ๆ ช่วยให้ผู้ป่วยหยาเครื่องช่วยหายใจได้เร็วขึ้นจากภาวะวิกฤตของผู้ป่วยด้วยพยาธิสภาพของโรค การนอนบนเตียงเป็นเวลานาน และไม่ได้เคลื่อนไหวร่างกาย สามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้ป่วยสามารถกลับมาทำกิจกรรมต่าง ๆ และสามารถหายใจเองได้เร็วขึ้น ทั้งนี้ นักกายภาพบำบัดควรทำการรักษาผู้ป่วยแบบองค์รวม โดยการวิเคราะห์ปัญหาผู้ป่วย วางแผนการรักษา และทำการรักษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีในระยะยาวสำหรับผู้ป่วย



ภาวะเครียดทางออกซิเดชัน และโรคเบาหวานชนิดที่ 2

ผู้แต่ง: รศ.ดร.สุรพล ตั้งวรสิทธิ์ชัย

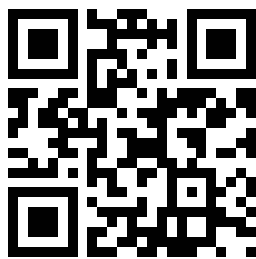
การเพิ่มขึ้นของภาวะเครียดทางออกซิเดชัน (oxidative stress) เร่งให้เกิดการพัฒนาภาวะดื้อต่ออินซูลินขึ้นในอวัยวะต่าง ๆ โดยจะมีการยับยั้งการส่งสัญญาณของอินซูลินและการสูญเสียการทำหน้าที่ของสารอะดิพอกิน (adipokines) เกิดการอักเสบและภาวะไขมันสูงผิดปกติในเลือด ภาวะดื้อต่ออินซูลินมักจะเกิดขึ้นมาก่อนเป็นเวลานานอาจเป็นปี และแสดงอาการภาวะก่อนที่จะเป็นโรคเบาหวาน จากนั้นจะตามมาด้วยการลดหรือการสูญเสียหน้าที่ของการหลั่งอินซูลิน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และจะตามมาด้วยภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน...



สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว



สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

- nuph@nu.ac.th
- สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 0 5596 8833-8836
- [nu_publishing](https://twitter.com/nu_publishing)



NUPH
online store

www.nupress.grad.nu.ac.th