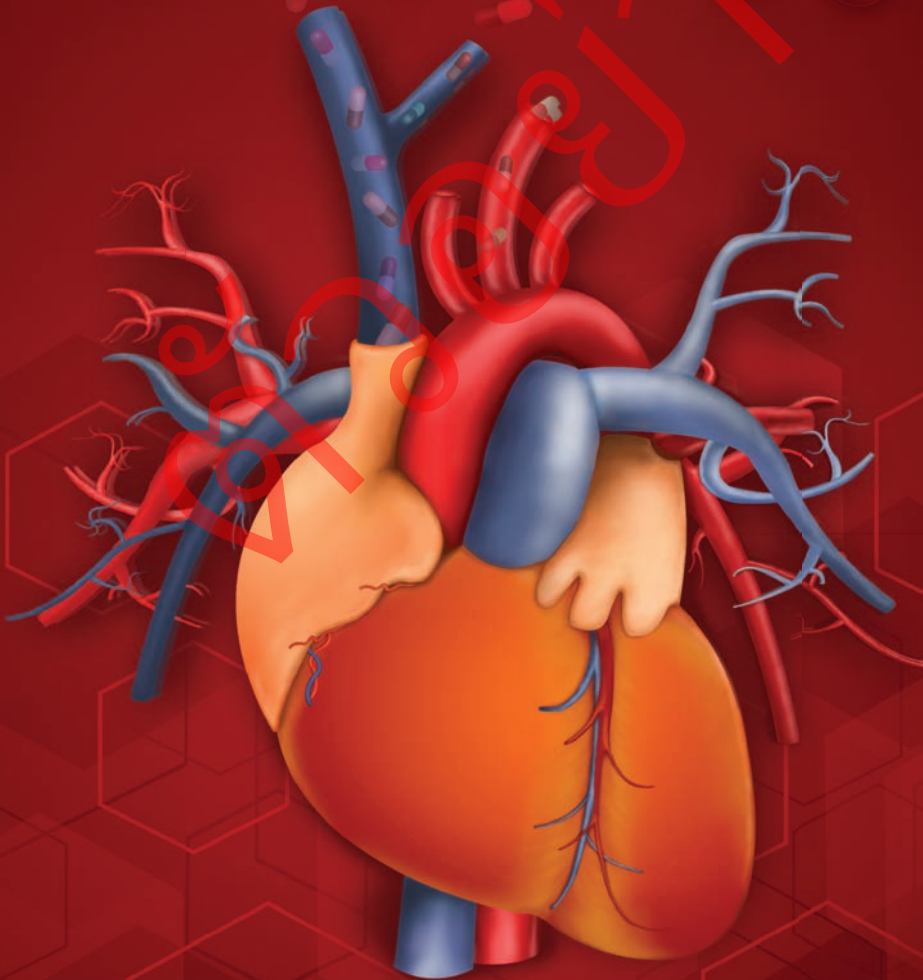




สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House

Cardiovascular Physiology
and Pharmacological Applications

สรีรวิทยาของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด กับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา



กรองกาญจน์ ชุติพันธ์

Cardiovascular Physiology
and Pharmacological Applications

สรีรวิทยาาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด กับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา

กรองกาญจน์ ชุกพิย์



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

กรองกาญจน์ ชูทิพย์.

สรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา.-- พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560.
562 หน้า.

1. หัวใจ--สรีรวิทยา. I. ชื่อเรื่อง.

612.17

ISBN (e-Book) 978-616-426-026-9

สพน. 025

สรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา
กรองกาญจน์ ชูทิพย์



สงวนลิขสิทธิ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มกราคม พ.ศ. 2560 ราคา 590 บาท

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่

1. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด
แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 เบอร์โทรศัพท์ 0-2739-8000
2. บริษัท อมรินทร์ บুক เซ็นเตอร์ จำกัด 108 หมู่ 2 ถนนบางกรวย-จตุรนต์ ตำบลมหาสวัสดิ์ อำเภอบางกรวย
นนทบุรี 11130 โทร. 0-2423-9998, 02-423-9999 กด 4
3. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิทยกิจดี ชั้น 14 ซอยจุฬาลงกรณ์ 64 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0-2218-9884-7

กองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ออกแบบปก สุรเชษฐ์ หนูเผือก

คำนำ

ตำราเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา Cardiovascular System I หลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต และรายวิชา Medical Physiology I หลักสูตรเภสัชศาสตรบัณฑิต เนื้อหาหลักคือสรีรวิทยาาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดซึ่งเป็นระบบที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดวิเคราะห์ในการทำความเข้าใจ สิ่งที่สำคัญเมื่อเรียนระบบนี้ ผู้เรียนควรสร้างจินตนาการให้เกิดภาพเคลื่อนไหวที่เชื่อมโยงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์ที่อธิบายกระบวนการแห่งการมีชีวิตของมนุษย์ เหตุการณ์ทางสรีรวิทยาหลายเหตุการณ์ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นหากมีเพียงความจำที่เป็นตัวหนังสือหรือภาพนิ่งเชิงกายวิภาคศาสตร์แต่ขาดจินตนาการของภาพเคลื่อนไหวควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์จากเหตุไปสู่มูลรวมทั้งการคิดย้อนกลับจากผลไปหาเหตุจะทำให้ความเข้าใจและความประทับใจในศาสตร์ด้านสรีรวิทยาอย่างแท้จริงเกิดขึ้นได้ยาก ฉะนั้นเนื้อหาบางช่วงบางตอนในตำราเล่มนี้จึงใช้วิธีการตั้งคำถามชวนให้คิดและกระตุ้นให้ผู้อ่านเกิดจินตภาพบนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจเชิงวิชาการที่ถูกต้อง และให้ผู้อ่านโดยเฉพาะนิสิตนักศึกษาพัฒนาไปสู่การเป็นนักคิดนักวิเคราะห์มากกว่าการเป็นนักท่องจำ

ผู้อ่านที่เป็นนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรีกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพทุกสาขาสามารถนำตำราเล่มนี้ไปใช้ประกอบการเรียนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาและเภสัชวิทยาาระดับพรีคลินิกได้ ความสำคัญและจุดเด่นของตำราเล่มนี้คือการเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสองศาสตร์ ได้แก่ สรีรวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์พื้นฐานและเภสัชวิทยาซึ่งเป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยการประยุกต์ใช้ความรู้สรีรวิทยา ตอนท้ายของแต่ละบทยกเว้นบทนำผู้เขียนได้เสนอหลักคิดและยกตัวอย่างการนำความรู้สรีรวิทยาไปอธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของยาที่ใช้สำหรับการรักษาโรคหรือความผิดปกติที่พบบ่อยในระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด โดยมุ่งหวังว่าผู้อ่านจะตระหนักถึงความสำคัญของการมีความรู้สรีรวิทยาที่เข้มแข็งและการจะนำความรู้สรีรวิทยาไปใช้ต่อยอด นอกจากนี้ผู้เขียนได้ยกตัวอย่างให้เห็นถึงความรู้ที่เป็นปัจจุบันและทิศทางของงานวิจัยของทั้งสองศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย

บทสุดท้ายของตำราเล่มนี้เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้สรีรวิทยาและเภสัชวิทยาเพื่อการวิจัยพื้นฐานโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของผู้เขียนเป็นหลัก อันจะเป็นประโยชน์สำหรับนิสิตนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาที่ต้องทำวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อไป



การใช้คำศัพท์สรีรวิทยาในตำราเล่มนี้เป็นไปตามที่คณะกรรมการศัพท์บัญญัติสรีรวิทยา สรีรวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทยเป็นผู้กำหนด และได้ตรวจสอบความถูกต้องกับพจนานุกรมศัพท์ บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน แต่ยังมีคำศัพท์บางคำที่ผู้เขียนใช้เป็นภาษาอังกฤษ (แบบ British English) เพราะเชื่อว่าจะสื่อความหมายได้ถูกต้องชัดเจนขึ้น และจะเป็นประโยชน์แก่นิสิตนักศึกษาที่ต้องศึกษาหา ความรู้เพิ่มเติมจากตำราและบทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษต่อไป

ภาพและตารางส่วนใหญ่ในตำราที่ไม่ได้ระบุที่มา นั้น ผู้เขียนวาด ถ่ายรูปและสร้างขึ้นเองโดยมิได้ คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากที่ใด ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์ ผู้เขียนต้องการให้ภาพและ ตารางเหล่านั้นสอดคล้อง ลงตัวกับเนื้อหาที่ได้เรียบเรียงขึ้น จึงใช้ภาพบางภาพซ้ำโดยเพิ่มเติมรายละเอียดไป ตามลำดับเนื้อหาที่ลึกซึ้งมากขึ้น อย่างไรก็ตามภาพบางภาพอาจคล้ายคลึงกับภาพที่พบเห็นได้ในตำรา สรีรวิทยาทั่วไปอย่างมีอาจหลีกเลี่ยงได้เพราะเป็นภาพที่แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานในระบบ หัวใจรวมหลอดเลือด หรือเป็นภาพที่แสดงปรากฏการณ์ กลไกการทำงานของอวัยวะและเซลล์ที่สะท้อนองค์ ความรู้อันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปในแวดวงวิชาการด้านสรีรวิทยาอย่างชัดเจนแล้ว ผู้เขียนได้วาดภาพขึ้นมา ใหม่ที่มีเอกลักษณ์และรายละเอียดซึ่งแตกต่างจากภาพที่ได้พบเห็นเพื่อการนำเสนอและศิลปะของภาพ ส่วนภาพและตารางที่มีลิขสิทธิ์นั้นผู้เขียนได้ระบุที่มาไว้อย่างชัดเจนและได้รับอนุญาตให้ใช้ภาพหรือตารางนั้น อย่างถูกต้องตามกฎหมายลิขสิทธิ์ เอกสารหลักฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการได้รับอนุญาตให้ใช้ผลงาน ลิขสิทธิ์ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ความรู้และอรรถประโยชน์ใด ๆ ที่ผู้อ่านได้รับจากตำราเล่มนี้เป็นบุญคุณอันยิ่งใหญ่ที่ผู้เขียนขอ น้อมเกล้าฯน้อมกระหม่อมอุทิศถวายเป็นพระราชกุศล แต่องค์สมเด็จพระนเรศวรมหาราชและพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้นอันหาที่สุดมิได้

กรองกาญจน์ ชูทิพย์

ธันวาคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การจัดทำตำราเล่มนี้สำเร็จ ลุล่วง ขอขอบคุณนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับ เทคนิคการใช้โปรแกรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียบเรียงตำรา รวมถึงการออกแบบหน้าปกได้ อย่างประทับใจ สอดคล้องกับบริบทของตำราเล่มนี้ ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนนักวิจัยและลูกศิษย์ ระดับบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่มีส่วนร่วมในการผลิตผลงานวิจัยอันเป็นส่วนหนึ่งของตำราเล่มนี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ภญ. ภาวิณี ปิยะจตุรวัฒน์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางเกี่ยวกับการใช้คำศัพท์เฉพาะทางด้านสรีรวิทยา เพื่อการเรียบเรียงตำรา ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ภญ. สกลวรรณ ประพฤติบัติ ภาควิชาเภสัชกรรมปฏิบัติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาสละเวลาเพื่อช่วยตรวจพิสูจน์อักษร พร้อมกันนั้นยังได้ ให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการด้านเภสัชวิทยาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงแก้ไขงานเขียนชิ้นนี้ และที่ขาดไม่ได้คือต้องขอขอบคุณสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการดำเนินการทุกขั้นตอน ของการจัดทำตำรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจประเมินคุณภาพวิชาการของต้นฉบับโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอก ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาสรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ทำให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์ และมีคุณภาพก่อนที่จะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

กรองกาญจน์ ชูทิพย์

ธันวาคม 2559

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำสรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด 1

1. การไหลเวียนเลือด 3
 - 1.1 การไหลเวียนเลือดทั่วร่างกาย 4
 - 1.2 การไหลเวียนเลือดผ่านปอด 4
2. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด 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. บทสรุปบทนำสรีรวิทยาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด 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 ผลของระดับอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวใจ	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 การควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด 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 การตอบสนองของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดต่อภาวะซีด	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 การศึกษาฤทธิ์ของสมุนไพรมะนิป (Bacopa monnieri) และสารสำคัญที่มีต่อหลอดเลือด	506
3. บทสรุปสรีรวิทยาของหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยพื้นฐาน	525

ดัชนี 527

บทที่ 1

บทนำสู่วิทยาาระบบหัวใจ
ร่วมหลอดเลือด



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

ทำงานร่วมกับระบบหายใจ: เลือดที่ออกจากหัวใจไปยังปอดจะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับอากาศที่เข้าสู่ปอดจากการหายใจเข้า ซึ่งเป็นอากาศที่มีความดันของ O_2 สูงกว่าในเลือด ดังนั้น O_2 จึงแพร่จากถุงลมเข้าสู่เลือด และถูกขนส่งไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกายโดยการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ในขณะที่ CO_2 มีความดันในเลือดสูงกว่าในถุงลม CO_2 จึงแพร่จากเลือดเข้าสู่ถุงลมและถูกกำจัดออกนอกร่างกายผ่านทางปอดโดยการหายใจออกโดยการทำงานของระบบหายใจ

ทำงานร่วมกับระบบทางเดินอาหาร: เลือดที่ไหลเวียนไปยังระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะที่ลำไส้เล็กจะได้รับสารอาหาร เช่น กลูโคส (glucose) กรดอะมิโน (amino acid) และกรดไขมัน (fatty acid) เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้เกิดจากกระบวนการย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป เมื่ออวัยวะในระบบทางเดินอาหารดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เลือดแล้ว เลือดจากอวัยวะในระบบทางเดินอาหารทั้งหมดจะเข้าสู่หลอดเลือดดำพอร์ทัล (portal vein) ซึ่งนำเลือดดำไปยังตับที่ทำหน้าที่เมแทบอลิซึมสารต่าง ๆ จากนั้นเลือดจึงออกจากตับไหลเวียนกลับสู่หัวใจและถูกสูบฉีดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ตามลำดับ

ทำงานร่วมกับระบบทางเดินปัสสาวะ: เลือดที่ไหลเวียนไปที่ไตจะถูกกรอง ทำให้ของเสียที่อยู่ในเลือดถูกกำจัดออกจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ผ่านทางกระบวนการสร้างและขับน้ำปัสสาวะ

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

บทที่ 2

คุณสมบัติทางไฟฟ้า ของหัวใจ

“

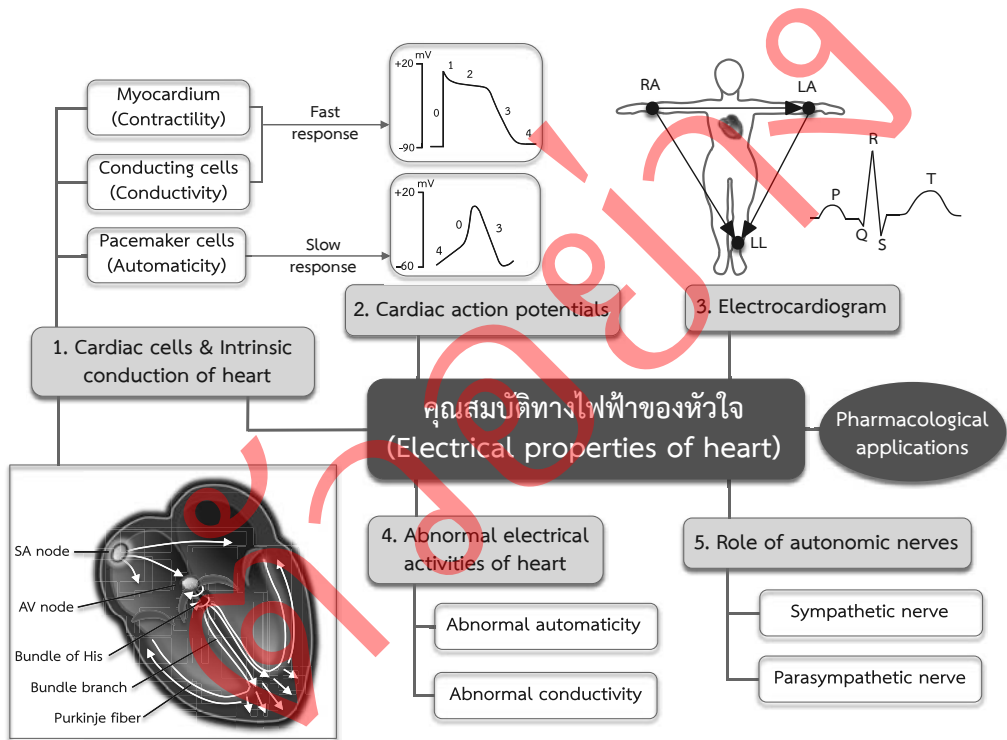
“The heart of animals is the foundation of their life, the sovereign of everything within them, the sun of their microcosm, that upon which all growth depends, from which all power proceeds.”

—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

“

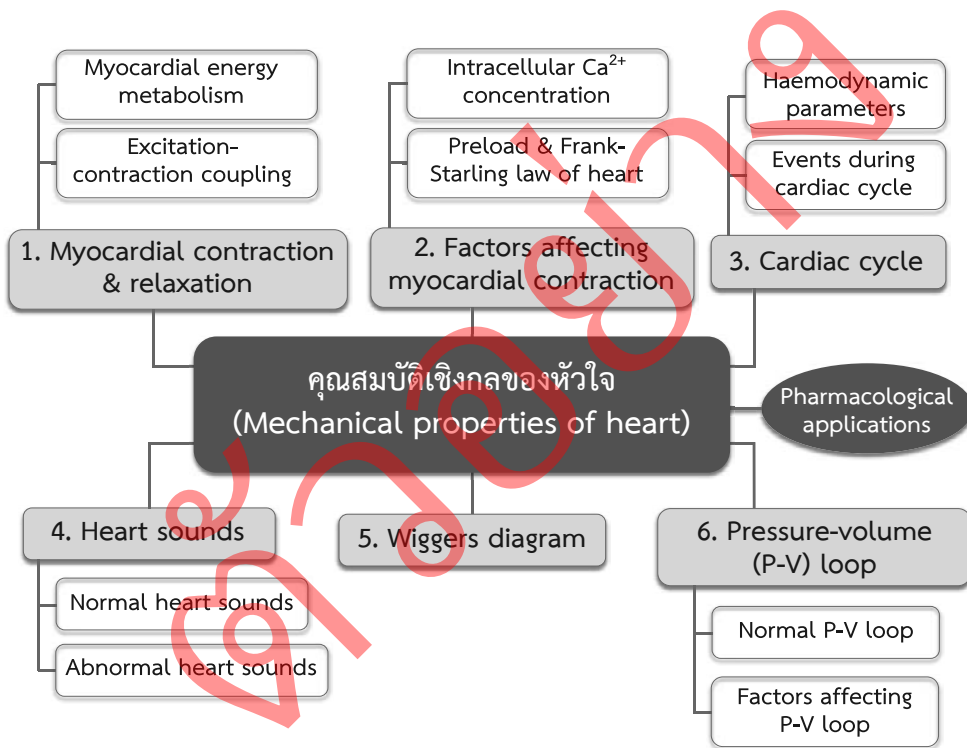
“In physiology, as in all other sciences, no discovery is useless, no curiosity misplaced or too ambitious, and we may be certain that every advance achieved in the quest of pure knowledge will sooner or later play its part in the service of man.”

--Ernest Henry Starling-- (1866-1927)

”



คุณสมบัติเชิงกลของหัวใจ (mechanical property of heart) หมายถึง คุณสมบัติการบีบตัว (systole) และคลายตัว (diastole) ของหัวใจ เป็นคุณสมบัติที่จะเกิดขึ้นไม่ได้เลยหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของหัวใจเป็นเหตุนำมาก่อน 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 แต่ระยะนี้มีเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย

บทที่ 4

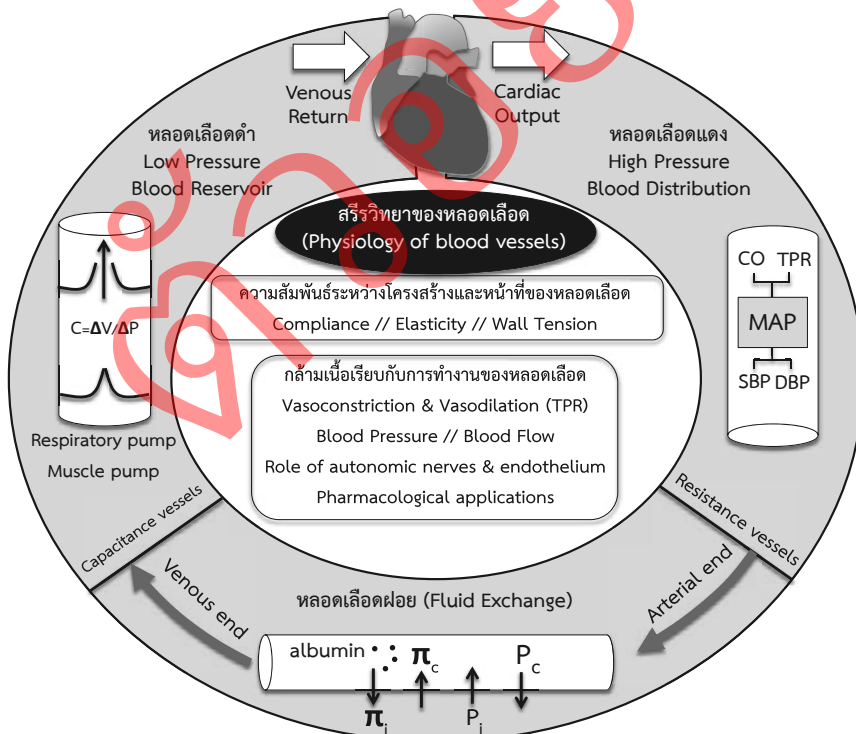
สรีรวิทยาของหลอดเลือด

"By 'life,' we mean a thing that can nourish itself and grow and decay."

--Aristotle-- (384-322BC)



สรีรวิทยาของหลอดเลือดเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยหน้าที่และกลไกการทำงานของหลอดเลือด เนื้อหาบทนี้ เริ่มต้นด้วยการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดเลือดโดยชี้ให้เห็นว่าหลอดเลือดแต่ละชนิด 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 เมื่อเซลล์กล้ามเนื้อเรียบหดตัวหรือคลายตัวจะ ทำให้ขนาดของหลอดเลือดเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อตัวแปรที่เกี่ยวกับการทำงานของระบบหัวใจรวมหลอดเลือดหลายตัว ได้แก่ ความสามารถในการจุเลือด (compliance), ความต้านทานรวม (total peripheral resistance), ความดันเลือด (blood pressure) และอัตราการไหลของเลือด (blood flow)



ภาพ 4.1 กรอบแนวคิดพื้นฐานสรีรวิทยาของหลอดเลือด

บทที่ 5

การควบคุมการทำงานของ ระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด

“

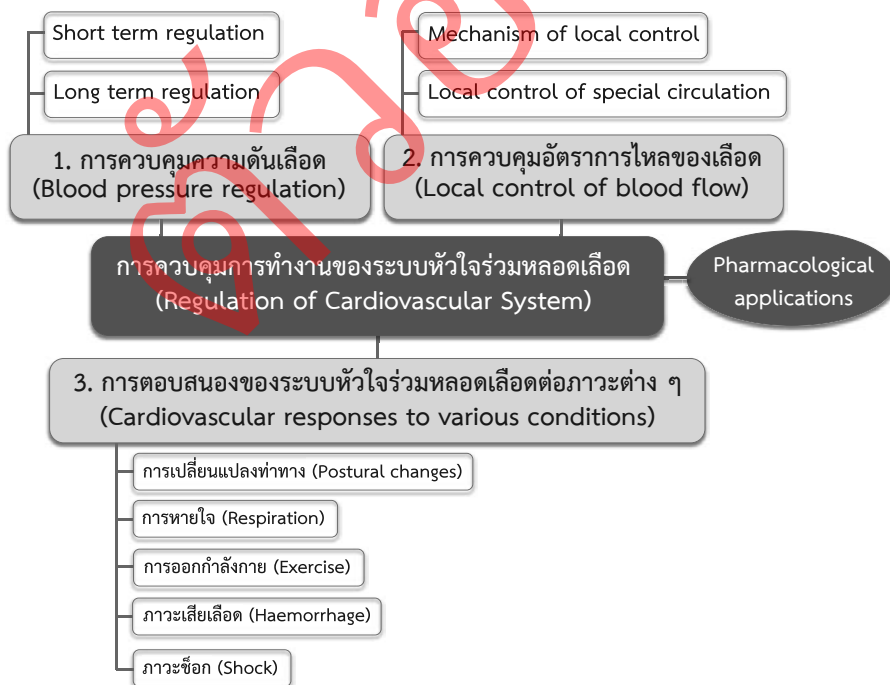
“All we know is still infinitely less than all that remains unknown.”

--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 ยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของหลอดเลือดต่อสารเมแทบอไลต์ (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 การวิจัยพื้นฐานที่จะกล่าวถึงในบทนี้มุ่งเน้นการวิจัยเกี่ยวกับทำงานของหลอดเลือดแดงซึ่งเป็นสาขาที่ผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์ การจะนำความรู้เกี่ยวกับสรีรวิทยาของหลอดเลือดไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยพื้นฐานสามารถทำได้ในหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับโจทย์วิจัยว่าต้องการตอบคำถามเรื่องอะไร ผู้เขียนขอเสนอประเด็นการวิจัยเกี่ยวกับหลอดเลือดที่แบ่งกว้าง ๆ เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

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

ประเด็นที่สอง เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นการทดสอบฤทธิ์ของสารและ/หรือยาที่มีผลต่อการทำงานของหลอดเลือด ทั้งนี้อาจเป็นสารหรือยาที่มีใช้อยู่แล้ว แต่ต้องการศึกษาหากลไกการออกฤทธิ์ที่ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่อาจสนับสนุนหรือไม่สนับสนุนข้อบ่งชี้เพิ่มเติม และสะท้อนประสิทธิภาพและ/หรือความปลอดภัยของการใช้ยา หรืออาจทำให้ได้ข้อบ่งชี้ใหม่ ๆ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้อาจเป็นการศึกษาผลของสารหรือยาตัวใหม่ที่มีศักยภาพที่จะทำให้เกิดประโยชน์ทางการแพทย์หรือการวิจัย งานวิจัยลักษณะแบบนี้ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานจากประเด็นแรก เช่น การค้นพบการทำงานของ renin angiotensin aldosterone system (RAAS) ที่ใช้ในการพัฒนายาที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ RAAS เพื่อรักษาโรคความดันโลหิตสูง (hypertension) และหัวใจล้มเหลว (heart failure) หรือการค้นพบ nitric oxide (NO) ที่ใช้ในการพัฒนายาที่มีคุณสมบัติปลดปล่อย NO เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อรักษา hypertension และโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary heart disease) เป็นต้น 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
 การคล้ำซีฟร, 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
 การด้านการออกฤทธิ์ของยา, 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
 การไหลพลาซ่า (turbulent flow), 24
 การไหลเวียนเลือด, 3
 การไหลเวียนเลือดจุลภาค, 279
 การไหลเวียนเลือดทั่วร่างกาย, 4
 การไหลเวียนเลือดผ่านปอด, 4
 การออกกำลังกาย, 202
 แกนไฟฟ้าหัวใจ, 96, 98, 100

ค

ความเข้มข้นของ Ca^{2+} ภายในเซลล์, 142, 157, 232
 ความดันซีฟร, 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

ตัวทำกร (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

พรมมี, 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
 ภาวะบวมหน้า, 285
 ภาวะเลือดมีโพแทสเซียมเกิน, 40
 ภาวะเลือดมีโพแทสเซียมต่ำ, 40
 ภาวะสมองบวมหน้า, 372
 ภาวะเสียเลือด, 406
 ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ, 32
 เกสซ์พลศาสตร์, 125
 เกสซ์วิทยา, 125

ม

เมดัลลาออบลองกาตา, 340
 เมแทบอลิซึมและแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อหัวใจ, 147

ย

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

ร

ระบบน้ำเหลือง, 286
 ระบบประสาทซิมพาเทติก, 336
 ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก, 157, 336
 ระบบไหลเวียนเลือดโคโรนารี, 361
 ระยะของช็อก, 409
 ระยะตั้ง, 62
 ระยะตั้งสมบูรณ์, 63
 ระยะตั้งสัมพันธ์, 65
 ระยะเวลาที่เลือดจะไหลกลับสู่หัวใจ, 163
 รีโพลาริเซชัน, 37
 รีเฟล็กซ์เบนบริดจ์, 388
 รูปแบบการวางอิเล็กโทรด, 88
 รูปแบบการไหลของเลือด, 24
 แรงกระทำภายนอกหลอดเลือด, 364
 แรงดึงของผนังหลอดเลือด, 226
 โรคไต, 288
 โรคในหลอดเลือดแดงส่วนปลาย, 277

ล

ลิ่มไบคัสทิด, 11
 ลิ่มพัลโมนารี, 15
 ลิ่มหัวใจ, 11
 ลิ่มเอวี, 11
 ลิ่มเอออร์ดิก, 15

ว

วงจรการหดตัว, 143
 วงจรรีเฟล็กซ์ของระบบหัวใจรวมหลอดเลือด, 340
 วงจรหัวใจ, 163
 วาลซาลวามานูแออร์, 394



ค

ศักดิ์ทำงาน, 37
ศักดิ์ทำงานชนิดตอบสนองช้า, 55
ศักดิ์ทำงานชนิดตอบสนองเร็ว, 43
ศักดิ์ไฟฟ้าเทรซโฮลต์, 41
ศูนย์กระตุ้น, 343
ศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด,
341
ศูนย์ยับยั้ง, 343

ส

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

ห

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
แอนโดทีเลียม, 15, 242, 461
เอสเอโทนด, 31
เออร์ตา, 221
แอดรีนาลีน, 121, 241, 339

ฮ

ไฮเพอร์โพลาไรเซชัน, 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
- α_1 antagonist, 325
- α_1 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

Ca^{2+} channel blocker, 132, 210, 212, 325
 Ca^{2+} -induced Ca^{2+} release, 143, 159, 212, 239
 Ca^{2+} overload, 71, 106, 114, 115, 148, 207
 Ca^{2+} 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
 dirotic 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
neprilysin, 435
neprilysin 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

ผศ.ดร.ภญ. 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 การศึกษาคูณสมบัติสรีรวิทยาทางไฟฟ้าของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบโดยใช้เทคนิค 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 Kruangtip 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, Ousingasawat J, Schreiber R. Role of the Ca²⁺-activated Cl⁻ channels bestrophin and anoctamin in epithelial cells. *Biol Chem* 2011; 392(1-2):125-34.

“ร่างกายร่างนี้ คือ โรงละครใหญ่... มีตัวละครมากมาย
กระโดดโลดเต้นไปมา... ตามบทบาทของตนเองอยู่ตลอดเวลา
ทุกการแสดงที่เกิดขึ้น ณ โรงละครแห่งนี้ มีเสน่ห์ของศาสตร์ด้าน “สรีรวิทยา” ซ่อนตัวอยู่
ศาสตร์ที่สะท้อนกระบวนการแห่งการมีชีวิต ศาสตร์ที่หลายเหตุการณ์ไม่อาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า
ศาสตร์ที่ไม่อาจเข้าถึงได้... โดยการอาศัยเพียงความจำที่เป็นตัวหนังสือ หรือภาพนิ่งเชิงกายวิภาคศาสตร์
แต่... ต้องถูกเติมแต่งด้วย “จินตนาการ” ที่เป็นภาพเคลื่อนไหว มีชีวิตชีว ร่วมกับการคิดวิเคราะห์
ทั้งจากเหตุไปสู่ผลและจากผลไปหาเหตุ จึงจะทำให้ความเข้าใจและความประทับใจ
ในศาสตร์ด้านสรีรวิทยาเกิดขึ้นได้อย่างแท้จริง”

--ขอผู้อ่านจงมีอิสระในการสร้างสรรค์จินตนาการควบคู่ไปกับการอ่านตำราเล่มนี้--

สรีราระบบหัวใจรวมหลอดเลือดกับการประยุกต์ใช้ทางเภสัชวิทยา

Cardiovascular Physiology and Pharmacological Applications Krongkarn Chootip



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House



ISBN 978-616-426-026-9



www.nupress.grad.nu.ac.th

9 786164 260269