



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

สรีรวิทยาพื้นฐานระบบต่อมไร้ท่อ

สุภาพร วรรณศิริ

หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พ.ศ. 2559

สรีรวิทยาพื้นฐานระบบต่อมไร้ท่อ

โครงการหนังสือวิชาการที่น่าพิมพ์ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ให้จัดพิมพ์และจำหน่ายในราคาเย่อเยา



ถ่ายเอกสารแทนการใช้หนังสือ
คือการทำลายภูมิปัญญาสร้างสรรค์

สรีรวิทยาพื้นฐานระบบต่อมไร้ท่อ

สุภาพร วรรณศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สาขาสรีรวิทยา สถานวิทยาศาสตร์พรีคลินิก
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2560

หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2559

สุภาพร วรรณศิริ.

สรีรวิทยาพื้นฐานระบบต่อมไร้ท่อ = *Basic physiology of endocrine system.*

1. ต่อมไร้ท่อ. 2. ต่อมไร้ท่อ--สรีรวิทยา.

WK100

ISBN 978-616-314-353-2

ISBN (ebook) 978-616-314-354-9

ลิขสิทธิ์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร วรรณศิริ

สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนธันวาคม 2560

จำนวน 500 เล่ม

ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) มกราคม 2561

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ท่าพระจันทร์: อาคารธรรมศาสตร์ 60 ปี ชั้น U1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ถนนพระจันทร์ กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2223-9232

ศูนย์รังสิต: อาคารโดมบริหาร ชั้น 3 ห้อง 317 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

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

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

พิมพ์ที่ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ เอ เอ เซอร์วิส

นายอาทิตย์ พงษ์ภัทระวิทย์ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

ราคาเล่มละ 160.- บาท

สารบัญ

สารบัญรูป.....	(11)
สารบัญตาราง.....	(13)
คำนำ.....	(15)
บทที่ 1 ระบบต่อมไร้ท่อ.....	1
1.1 โครงสร้างของระบบต่อมไร้ท่อ.....	2
1.2 หน้าที่ของฮอร์โมน.....	2
1.3 ความหมายของฮอร์โมน.....	2
1.4 ประเภทของฮอร์โมน.....	7
1.5 การสังเคราะห์ การเก็บและการหลั่งฮอร์โมน.....	7
1.5.1 เพปไทด์ฮอร์โมน.....	7
1.5.2 สเตอรอยด์ฮอร์โมน.....	8
1.5.3 เอมีนฮอร์โมน.....	9
1.6 การขนส่งฮอร์โมน.....	10
1.6.1 เพปไทด์ฮอร์โมนและแคทีโคลามีน.....	10
1.6.2 สเตอรอยด์ฮอร์โมนและไทรอยด์ฮอร์โมน.....	10
1.7 กลไกการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน.....	11
1.7.1 เพปไทด์ฮอร์โมนและแคทีโคลามีน.....	11
1.7.2 สเตอรอยด์ฮอร์โมนและไทรอยด์ฮอร์โมน.....	12
1.8 เมแทบอลิซึมของฮอร์โมนและการขับฮอร์โมนออกจากร่างกาย.....	12
1.9 รูปแบบการให้ฮอร์โมนสังเคราะห์.....	14
1.10 ปัจจัยที่ควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งฮอร์โมน.....	14
1.10.1 ความเข้มข้นของไอออนหรือสารอาหารในพลาสมา.....	14
1.10.2 ระบบประสาท.....	14
1.10.3 ฮอร์โมนอื่นๆ.....	15
1.11 ปฏิกริยาระหว่างฮอร์โมน.....	16
1.11.1 การเสริมฤทธิ์.....	16
1.11.2 เอื้อให้ออกฤทธิ์.....	16
1.11.3 ออกฤทธิ์ต้าน.....	17

1.12 ความผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อ	17
1.12.1 ระดับฮอร์โมนลดลงผิดปกติ	17
1.12.2 ระดับฮอร์โมนเพิ่มขึ้นผิดปกติ	18
1.12.3 เซลล์เป้าหมายตอบสนองต่อฮอร์โมนผิดปกติ	19
1.13 บทสรุป	20
คำถามท้ายบทที่ 1	22
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 1	24
เอกสารอ้างอิง	26
บทที่ 2 ไฮโปทาลามัสและต่อมใต้สมอง	27
2.1 ต่อมใต้สมอง	28
2.2 ฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า อวัยวะเป้าหมายและการออกฤทธิ์	28
2.3 ฮอร์โมนของไฮโปทาลามัส	30
2.4 ไฮโปฟิสิโอโทรฟิกฮอร์โมน	30
2.5 ไฮโปฟิสิโอโทรฟิกฮอร์โมนควบคุมการสังเคราะห์ และการหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้า	31
2.6 แกนความสัมพันธ์ระหว่างไฮโปทาลามัส-ต่อมใต้สมองส่วนหน้า- อวัยวะเป้าหมาย	32
2.7 การควบคุมเอชพี-ทาร์เกตแอกซิส	34
2.7.1 ควบคุมโดยระบบประสาท	34
2.7.2 การควบคุมป้อนกลับ (feedback control)	34
2.8 โกรทฮอร์โมน	38
2.8.1 ฤทธิ์ของโกรทฮอร์โมน	39
2.8.2 ปัจจัยควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งโกรทฮอร์โมน	43
2.9 โพรแลกติน	47
2.9.1 ฤทธิ์ของโพรแลกติน	47
2.9.2 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งโพรแลกติน	49
2.10 ฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหลัง	52
2.11 แอนติไดยูเรติกฮอร์โมนหรืออาร์จินีนวาโซเพรสซิน	53
2.11.1 ฤทธิ์ของแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน	53

2.11.2 การควบคุมการหลังแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน	55
2.11.3 ลักษณะการหลังแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน	57
2.12 ออกซิโทซิน	57
2.12.1 ฤทธิ์ของออกซิโทซิน	57
2.12.2 การควบคุมการหลังออกซิโทซิน	59
2.13 บทสรุป	60
คำถามท้ายบทที่ 2	62
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 2	64
เอกสารอ้างอิง	66
บทที่ 3 ต่อมไทรอยด์	67
3.1 หน่วยงานของต่อมไทรอยด์	68
3.2 ไทรอยด์ฮอร์โมน	69
3.3 การสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน	69
3.4 การเก็บสะสมและการหลั่งไทรอยด์ฮอร์โมน	73
3.5 การขนส่งและเมแทบอลิซึมของไทรอยด์ฮอร์โมน	73
3.6 ฤทธิ์ของไทรอยด์ฮอร์โมน	74
3.7 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งไทรอยด์ฮอร์โมน	82
3.8 บทสรุป	86
คำถามท้ายบทที่ 3	88
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 3	90
เอกสารอ้างอิง	92
บทที่ 4 ต่อมหมวกไต	93
4.1 ต่อมหมวกไต	94
4.2 ฮอร์โมนของต่อมหมวกไตชั้นนอก	94
4.3 การสังเคราะห์ฮอร์โมนของต่อมหมวกไตชั้นนอก	95
4.3.1 การสังเคราะห์คอร์ติซอล	95
4.3.2 การสังเคราะห์อัลโดสเตอโรน	96
4.3.3 การสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศชายในต่อมหมวกไตชั้นนอก	96

4.4 อัลโดสเตอโรน.....	97
4.4.1 การขนส่งและเมแทบอลิซึมของอัลโดสเตอโรน.....	97
4.4.2 ฤทธิ์ของอัลโดสเตอโรน.....	97
4.4.3 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งอัลโดสเตอโรน.....	98
4.5 คอร์ติซอล.....	100
4.5.1 การขนส่งและเมแทบอลิซึมของคอร์ติซอล.....	100
4.5.2 ฤทธิ์ของคอร์ติซอล.....	100
4.5.3 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งคอร์ติซอล.....	106
4.6 ฮอริโมนเพศชาย.....	113
4.6.1 การขนส่งและเมแทบอลิซึมของฮอริโมนเพศชาย.....	113
4.6.2 ฤทธิ์ของฮอริโมนเพศชาย.....	113
4.6.3 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งฮอริโมนเพศชาย.....	114
4.7 ฮอริโมนของต่อมหมวกไตชั้นใน.....	114
4.7.1 การสังเคราะห์แคทีโคลามีน.....	115
4.7.2 เมแทบอลิซึมของแคทีโคลามีน.....	117
4.7.3 ฤทธิ์ของแคทีโคลามีน.....	117
4.7.4 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งแคทีโคลามีน.....	120
4.8 บทสรุป.....	120
คำถามท้ายบทที่ 4.....	123
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 4.....	125
เอกสารอ้างอิง.....	127
บทที่ 5 ตับอ่อน.....	129
5.1 ฮอริโมนของตับอ่อน.....	130
5.2 อินซูลิน.....	130
5.2.1 โครงสร้างและการสังเคราะห์อินซูลิน.....	130
5.2.2 กลไกการหลั่งอินซูลิน.....	131
5.2.3 ฤทธิ์ของอินซูลิน.....	131
5.2.4 การควบคุมการหลั่งอินซูลิน.....	136

5.3	กลูคากอน.....	138
5.3.1	โครงสร้างและการสังเคราะห์กลูคากอน.....	138
5.3.2	ฤทธิ์ของกลูคากอน.....	138
5.3.3	การควบคุมการหลั่งกลูคากอน.....	140
5.4	โซมาโทสแตติน.....	141
5.4.1	โครงสร้างและการสังเคราะห์โซมาโทสแตติน.....	141
5.4.2	ฤทธิ์ของโซมาโทสแตติน.....	142
5.5	แพนไครียติคโพลีเปปไทด์.....	142
5.6	บทสรุป.....	142
	คำถามท้ายบทที่ 5.....	144
	เฉลยคำถามท้ายบทที่ 5.....	146
	เอกสารอ้างอิง.....	148
บทที่ 6	ฮอร์โมนควบคุมแคลเซียม.....	149
6.1	ต่อมพาราไทรอยด์.....	150
6.1.1	โครงสร้าง การสังเคราะห์และการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน.....	150
6.1.2	ฤทธิ์ของพาราไทรอยด์ฮอร์โมน.....	150
6.1.3	การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน.....	152
6.2	แคลซิไทรอลหรือวิตามินดีรูปออกฤทธิ์.....	154
6.2.1	โครงสร้าง การสังเคราะห์แคลซิไทรอล.....	154
6.2.2	ฤทธิ์ของแคลซิไทรอล.....	154
6.2.3	การควบคุมการสังเคราะห์แคลซิไทรอล.....	156
6.3	แคลซิโทนิน.....	158
6.3.1	ฤทธิ์ของฮอร์โมนแคลซิโทนิน.....	158
6.3.2	การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนแคลซิโทนิน.....	159
6.4	บทสรุป.....	160
	คำถามท้ายบทที่ 6.....	161
	เฉลยคำถามท้ายบทที่ 6.....	163
	เอกสารอ้างอิง.....	165

บทที่ 7 ต่อมบ่งเพศ	167
7.1 ฮอริโมนของต่อมบ่งเพศในเพศชาย	168
7.1.1 เซลล์ไลดิก (Leydig cells)	168
7.1.2 ขั้นตอนการสังเคราะห์เทสโทสเตอโรนในอัณฑะ	169
7.1.3 การหลั่งเทสโทสเตอโรน	171
7.1.4 การขนส่งเทสโทสเตอโรน	171
7.1.5 การทำลายฤทธิ์และการกำจัดเทสโทสเตอโรนออกจากร่างกาย	172
7.1.6 กลไกการออกฤทธิ์ของเทสโทสเตอโรน	172
7.1.7 รูปแบบการออกฤทธิ์ของเทสโทสเตอโรน	173
7.1.8 ฤทธิ์ของเทสโทสเตอโรน	174
7.1.9 การเปลี่ยนแปลงของเทสโทสเตอโรนในแต่ละวัย	178
7.1.10 อัณฑะสังเคราะห์อินฮิบิน (inhibin) และเอสโตรเจน	178
7.1.11 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งเทสโทสเตอโรน	179
7.2 ฮอริโมนของต่อมบ่งเพศในเพศหญิง	184
7.2.1 การสังเคราะห์เอสโตรเจน	184
7.2.2 การหลั่ง การขนส่งและเมแทบอลิซึมของเอสโตรเจน	188
7.2.3 ฤทธิ์ของเอสโตรเจน	188
7.2.4 การสังเคราะห์โพรเจสเตอโรน	192
7.2.5 การหลั่ง การขนส่งและเมแทบอลิซึมของโพรเจสเตอโรน	192
7.2.6 ฤทธิ์ของโพรเจสเตอโรน	192
7.2.7 แอนโดรเจนในรังไข่	193
7.2.8 อินฮิบิน (inhibin)	194
7.2.9 การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งฮอริโมนจากรังไข่	194
7.3 บทสรุป	196
คำถามท้ายบทที่ 7	198
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 7	200
เอกสารอ้างอิง	202
บรรณานุกรม	205

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์และการหลั่งฮอร์โมนของเซลล์ต่อมไร้ท่อ	15
รูปที่ 1.2	ระดับฮอร์โมนลดลงผิดปกติ	18
รูปที่ 1.3	ระดับฮอร์โมนเพิ่มขึ้นผิดปกติ	19
รูปที่ 2.1	แกนความสัมพันธ์ระหว่างไฮโปทาลามัส-ต่อมใต้สมองส่วนหน้า- อวัยวะเป้าหมาย	33
รูปที่ 2.2	การควบคุมป้อนกลับเชิงลบแบบง่าย	35
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างการควบคุมป้อนกลับเชิงลบแบบง่าย	35
รูปที่ 2.4	การควบคุมป้อนกลับเชิงลบแบบซับซ้อน	37
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างการควบคุมป้อนกลับเชิงบวก	38
รูปที่ 2.6	ฤทธิ์ของโกรทฮอร์โมน	41
รูปที่ 2.7	ปัจจัยควบคุมการหลั่งโกรทฮอร์โมน	44
รูปที่ 2.8	การควบคุมการหลั่งและฤทธิ์ของไพรแลกทิน	51
รูปที่ 2.9	ฤทธิ์และการควบคุมการหลั่งแอนติไดยูเรติกฮอร์โมน	55
รูปที่ 2.10	ฤทธิ์และการควบคุมการหลั่งออกซิโทซิน	58
รูปที่ 3.1	การสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน	71
รูปที่ 3.2	การควบคุมการหลั่งไทรอยด์ฮอร์โมน	85
รูปที่ 4.1	การสังเคราะห์ฮอร์โมนของต่อมหมวกไตชั้นนอก	96
รูปที่ 4.2	การควบคุมการหลั่งและฤทธิ์ของอัลโดสเตอโรน	99
รูปที่ 4.3	ฤทธิ์ของคอร์ติซอลต่อเมแทบอลิซึม เมื่อมีอินซูลินต่ำ	101
รูปที่ 4.4	ฤทธิ์ของคอร์ติซอลต่อเมแทบอลิซึม เมื่อมีอินซูลินสูง	102
รูปที่ 4.5	การควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งคอร์ติซอลและฮอร์โมนเพศชาย	108
รูปที่ 4.6 ก.	ฤทธิ์ของแอดรีนาลินในคอร์ติโคโทรปิกฮอร์โมนระดับปกติ	110
รูปที่ 4.6 ข.	ฤทธิ์ของแอดรีนาลินในคอร์ติโคโทรปิกฮอร์โมนระดับมากกว่าปกติ	110
รูปที่ 4.7	การสังเคราะห์แคทีโคลามีน	116
รูปที่ 4.8	เมแทบอลิซึมของแคทีโคลามีน	117
รูปที่ 5.1	เมแทบอลิซึมของกลูโคสในเซลล์เบตากระตุ้นการหลั่งอินซูลิน	132

รูปที่ 5.2	ฤทธิ์ของอินซูลินต่อเมแทบอลิซึมของสารอาหาร.....	134
รูปที่ 5.3	การควบคุมการหลั่งอินซูลิน.....	138
รูปที่ 5.4	ฤทธิ์ของกลูคากอนต่อเมแทบอลิซึมของสารอาหาร.....	140
รูปที่ 5.5	การควบคุมการหลั่งกลูคากอน.....	141
รูปที่ 6.1	ฤทธิ์ของพาราไทรอยด์ฮอร์โมน.....	152
รูปที่ 6.2	การสังเคราะห์แคลซีไทรอล.....	155
รูปที่ 6.3	แคลซีไทรอลควบคุมสมดุลแคลเซียมและฟอสเฟต.....	157
รูปที่ 6.4	ฤทธิ์ของแคลซีโทนิน.....	159
รูปที่ 7.1	การสังเคราะห์เทสโทสเตอโรน.....	170
รูปที่ 7.2	การควบคุมการสังเคราะห์ฮอร์โมนจากอวัยวะ.....	181
รูปที่ 7.3	การสังเคราะห์สเตอรอยด์ฮอร์โมนในรังไข่.....	184
รูปที่ 7.4	การสังเคราะห์เอสโตรเจนในระยะก่อนไข่ตก.....	186
รูปที่ 7.5	การสังเคราะห์เอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนในหญิงตั้งครรภ์.....	187
รูปที่ 7.6	การควบคุมการสังเคราะห์ฮอร์โมนจากรังไข่.....	195

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน.....	3
ตารางที่ 1.2	ฮอร์โมนที่สังเคราะห์และหลั่งจากอวัยวะอื่นๆ ที่หน้าที่หลักไม่ใช่ต่อมไร้ท่อ.....	4
ตารางที่ 1.3	ฮอร์โมนและการออกฤทธิ์.....	5
ตารางที่ 1.4	ฮอร์โมนและระบบการแปลงสัญญาณ.....	11
ตารางที่ 1.5	เปรียบเทียบคุณสมบัติของเพปไทด์ฮอร์โมน, สเตอรอยด์ฮอร์โมน และเอมีนฮอร์โมน.....	13
ตารางที่ 4.1	การเปลี่ยนแปลงของระบบการแปลงสัญญาณภายในเซลล์.....	118
ตารางที่ 4.2	ฤทธิ์ของแคทีโคลามีนที่สำคัญ.....	119

คำนำ

การศึกษาเพื่อให้มีความรู้และความเข้าใจการทำงานของต่อมไร้ท่อในภาวะปกติ เป็นพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อมีความผิดปกติของต่อมไร้ท่อได้ ตำราสรีรวิทยาพื้นฐานระบบต่อมไร้ท่อประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 7 บท ได้แก่ ระบบต่อมไร้ท่อ ไฮโปทาลามัสและต่อมใต้สมอง ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต ตับอ่อน ฮอริโมน ควบคุมแคลเซียม และต่อมบ่งเพศ แต่ละบทประกอบด้วยหัวข้อสำคัญ ได้แก่ การสังเคราะห์ ฮอริโมน การหลั่งฮอริโมน การควบคุมการทำงานของฮอริโมน การออกฤทธิ์ของฮอริโมน สรุปใจความสำคัญ แบบฝึกหัดและเฉลยแบบฝึกหัดอย่างละเอียด เนื้อหาที่จัดทำขึ้นเหมาะสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์สุขภาพระดับปริญญาตรีทุกคนใช้ประกอบการเรียนและเป็นแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม ตำราเล่มนี้มีการอธิบายเนื้อหาโดยใช้ศัพท์ที่อ้างอิงจากคำศัพท์สรีรวิทยา สรีรวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2542 และศัพท์บัญญัติ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถานรูปแบบซีดีรอม รุ่น 1.1 พ.ศ. 2545

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการเขียนตำราเล่มนี้ และหวังว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านตามสมควร หากผู้อ่านพบความบกพร่องของตำรานี้ ขอความกรุณาแจ้งข้อเสนอแนะแก่ผู้เขียนโดยตรงเพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ขึ้นในโอกาสต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร วรรณศิริ

สาขาสรีรวิทยา สถานวิทยาศาสตร์ปริคลินิก

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทที่ 1

ระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system)

วัตถุประสงค์

1. อธิบายโครงสร้างของระบบต่อมไร้ท่อได้
2. อธิบายหน้าที่ของฮอร์โมนได้
3. อธิบายความหมายของฮอร์โมนได้
4. บอกประเภทของฮอร์โมนได้
5. อธิบายการสังเคราะห์ การเก็บและการหลั่งฮอร์โมนได้
6. อธิบายการขนส่งฮอร์โมนได้
7. อธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนได้
8. อธิบายเมแทบอลิซึมของฮอร์โมนและการขับฮอร์โมนออกจากร่างกายได้
9. อธิบายรูปแบบการให้ฮอร์โมนสังเคราะห์ได้
10. เปรียบเทียบคุณสมบัติของฮอร์โมนแต่ละประเภทได้
11. บอกปัจจัยที่ควบคุมการสังเคราะห์และการหลั่งฮอร์โมนได้
12. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างฮอร์โมนได้
13. บอกลักษณะความผิดปกติของฮอร์โมนที่ทำให้เกิดโรคระบบต่อมไร้ท่อได้

1.1 โครงสร้างของระบบต่อมไร้ท่อ

ระบบต่อมไร้ท่อประกอบด้วยต่อมไร้ท่อ (endocrine glands หรือ ductless glands) ได้แก่ ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) ต่อมไทรอยด์ (thyroid gland) ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid glands) ต่อมหมวกไต (adrenal glands) และตับอ่อน (pancreas) ต่อมไร้ท่อเหล่านี้ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่งฮอร์โมน (ตารางที่ 1.1) ฮอร์โมนนอกจากจะสังเคราะห์และหลั่งจากต่อมไร้ท่อซึ่งรู้จักกันเป็นอย่างดี ยังสังเคราะห์และหลั่งจากอวัยวะอื่นซึ่งมีหน้าที่หลักอย่างอื่น แต่เซลล์บางส่วนของอวัยวะเหล่านี้ทำหน้าที่เหมือนเซลล์ของต่อมไร้ท่อสามารถสังเคราะห์และหลั่งฮอร์โมนได้ (ตารางที่ 1.2) ตัวอย่างอวัยวะดังกล่าว ได้แก่ ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) หัวใจ (heart) ไต (kidney) ตับ (liver) กระเพาะอาหาร (stomach) และเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) เป็นต้น ส่วนฮอร์โมนและฤทธิ์ของฮอร์โมนแสดงในตารางที่ 1.3

1.2 หน้าที่ของฮอร์โมน

ฮอร์โมนเป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่ควบคุมและประสานการทำงานของระบบต่างๆ ช่วยให้ร่างกายทรงสภาพปกติ (homeostasis) ฮอร์โมนมีฤทธิ์มากมายแตกต่างกันไป เช่น ควบคุมสมดุลน้ำและไอออน (ion) ช่วยให้ร่างกายตอบสนองต่อการติดเชื้อ บาดเจ็บหรือภาวะความเครียดได้อย่างเหมาะสม เกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาการของร่างกาย ช่วยในกระบวนการสืบพันธุ์ทุกขั้นตอน เช่น การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญของตัวอ่อน (embryo) และทารกในครรภ์ (fetus) การคลอดและการให้นมบุตร นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร การสลายสารอาหารและการสะสมสารอาหาร เป็นต้น

1.3 ความหมายของฮอร์โมน

ฮอร์โมนหมายถึง สารที่สังเคราะห์และหลั่งจากเซลล์ของต่อมไร้ท่อที่อยู่ในต่อมไร้ท่อหรืออยู่ในอวัยวะอื่นที่หน้าที่หลักไม่ใช่ต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนหลั่งเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดหรือเข้าสู่ช่องของเหลวระหว่างเซลล์ (interstitial fluid) ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แม้ฮอร์โมนจะไหลเวียนไปทั่วร่างกายแต่จะออกฤทธิ์เมื่อจับกับตัวรับจำเพาะ (specific receptors) ที่เซลล์เป้าหมาย (target cells) เท่านั้น การออกฤทธิ์ของฮอร์โมนอาจมีลักษณะแบบเอนโดไครน์โดยออกฤทธิ์ต่อเซลล์เป้าหมายที่อยู่ไกล (endocrine function) ออกฤทธิ์แบบพาราไครน์

ตารางที่ 1.1 ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 6)

ต่อมไร้ท่อ	ฮอร์โมน
ต่อมใต้สมอง	1. โกรทฮอร์โมนหรือจีเอช (Growth hormone: GH) 2. โพรแลกตินหรือพรีอาร์แอล (Prolactin: PRL) 3. แอดรีโนคอร์ติโคโทรปิกฮอร์โมนหรือเอซีทีเอช (Adrenocorticotrophic hormone: ACTH) 4. ไทรอยด์สตีมูเลติงฮอร์โมนหรือทีเอสเอช (Thyroid-stimulating hormone: TSH) 5. ฟอลลิเคิลสตีมูเลติงฮอร์โมนหรือเอฟเอสเอช (Follicle-stimulating hormone: FSH) 6. ลูทีไนซิงฮอร์โมนหรือแอลเอช (Luteinizing hormone: LH)
ต่อมไทรอยด์	1. เททราไอโอโดไทโรนีนหรือไทรอกซินหรือที₄ (Tetraiodothyronine หรือ Thyroxine: T₄) 2. ไทรไอโอโดไทโรนีนหรือที₃ (Triiodothyronine: T₃) 3. แคลซิโตนินหรือซีที (Calcitonin: CT)
ต่อมพาราไทรอยด์	- พาราไทรอยด์ฮอร์โมนหรือพีทีเอช (Parathyroid hormone: PTH)
ตับอ่อน	1. อินซูลิน (Insulin) 2. กลูคากอน (Glucagon) 3. โซมาโทสแตติน (Somatostatin)
ต่อมหมวกไตชั้นใน	1. เอพิเนฟริน (Epinephrine) 2. นอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine)
ต่อมหมวกไตชั้นนอก	1. คอร์ติซอล (Cortisol) 2. อัลโดสเตอโรน (Aldosterone) 3. ดีไฮโดรเอพิแอนโดรสเตอโรนซัลเฟตหรือดีเอชอีเอเอส (Dehydroepiandrosterone sulfate: DHEAS)
รังไข่	1. เอสโตรเจน (Estrogen) 2. โพรเจสเตอโรน (Progesterone) 3. อินฮิบิน (Inhibin)
อัณฑะ	1. เทสโทสเตอโรน (Testosterone) 2. แอนติมูลเลอร์ยีนฮอร์โมนหรือเอเอ็มเอช (Antimüllerian hormone: AMH) 3. อินฮิบิน

ตารางที่ 1.2 ฮอรโมนที่สังเคราะห์และหลังจากอวัยวะอื่นๆ ที่หน้าที่หลักไม่ใช่ต่อมไร้ท่อ
(ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 6)

อวัยวะ	ฮอรโมน
สมอง (ไฮโปทาลามัส)	1. แอนติไดยูเรติกฮอรโมนหรือเอดีเอช (Antidiuretic hormone: ADH) 2. ออกซิโทซิน (Oxytocin) 3. คอร์ทิโคโทรปินรีลีสซิงฮอรโมนหรือซีอาร์เอช (Corticotropin-releasing hormone: CRH) 4. ไทโรโทรปินรีลีสซิงฮอรโมนหรือทีอาร์เอช (Thyrotropin-releasing hormone: TRH) 5. โกลาโดโทรปินรีลีสซิงฮอรโมนหรือจีเอ็นอาร์เอช (Gonadotropin-releasing hormone: GnRH) 6. โกรทฮอรโมนรีลีสซิงฮอรโมนหรือจีเอชอาร์เอช (Growth hormone-releasing hormone: GHRH) 7. โซมาโทสแตทิน (Somatostatin) 8. โดพามีน (Dopamine)
สมอง (ต่อมไพเนียล)	- เมลาโทนิน (Melatonin)
หัวใจ	- เอเทรียลแนทริยูเรติกเพปไทด์หรือเอเอ็นพี (Atrial natriuretic peptide: ANP)
ไต	- อิริโทรพอยอิติน (Erythropoietin)
เนื้อเยื่อไขมัน	1. เลปทิน (Leptin) 2. อะดิพอนЕКทิน (Adiponectin)
กระเพาะอาหาร	1. แกสทริน (Gastrin) 2. โซมาโทสแตทิน 3. เกรลิน (Ghrelin)
ลำไส้เล็ก	1. ซีครีทิน (Secretin) 2. โคลิสซิสโตไคนิน (Cholecystokinin) 3. โมทิลิน (Motilin) 4. กลูคากอนไลค์เพปไทด์ 1 หรือจีแอลพี 1 (Glucagon-like peptide-1: GLP-1) 5. กลูคากอนไลค์เพปไทด์ 2 หรือจีแอลพี 2 (Glucagon-like peptide-2: GLP-2)
ตับ	- อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์ I หรือไอจีเอฟ I (Insulin like growth factor I: IGF-I)

ตารางที่ 1.3 ฮอริโมนและการออกฤทธิ์ (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 4)

ฮอริโมน	เซลล์เป้าหมาย	การออกฤทธิ์
แอนติไดยูเรติกฮอริโมน	หลอดไต หลอดเลือดแดง	ดูดกลับน้ำมากขึ้น หลอดเลือดหดตัว
ออกซิโทซิน	มดลูก ต่อมน้ำนม	มดลูกบีบตัว กระตุ้นการหลั่งน้ำนม
ซีอาร์เอช	เซลล์คอร์ทิโคโทรพ	กระตุ้นการหลั่งเอซีทีเอช
ทีอาร์เอช	เซลล์โทรโทรพ	กระตุ้นการหลั่งทีเอสเอช
จีเอ็นอาร์เอช	เซลล์โกนาโดโทรพ	กระตุ้นการหลั่งเอฟเอสเอชและแอลเอช
จีเอชอาร์เอช	เซลล์โซมาโทโทรพ	กระตุ้นการหลั่งจีเอช
โซมาโทสแตติน	เซลล์โซมาโทโทรพ	ยับยั้งการหลั่งจีเอช
โดพามีน	เซลล์แลกโทรโทรพ	ยับยั้งการหลั่งโพรแลกทิน
เอซีทีเอช	ต่อมหมวกไตชั้นนอก	กระตุ้นการหลั่งสเตอรอยด์ฮอริโมน
ทีเอสเอช	ต่อมไทรอยด์	กระตุ้นการหลั่งไทรอยด์ฮอริโมน
เอฟเอสเอช	ฟอลลิเคิลในรังไข่ เซลล์เซอร์โทลี	กระตุ้นการเจริญของฟอลลิเคิล กระตุ้นการเจริญของอสุจิ
แอลเอช	ฟอลลิเคิลในรังไข่ คอร์ปัสลูเทียม เซลล์ไลดิก	กระตุ้นการตกไข่ กระตุ้นการเจริญของคอร์ปัสลูเทียม กระตุ้นการสังเคราะห์เทสโทสเตอโรน
จีเอช	กระดูกและเนื้อเยื่อ ตับ	กระตุ้นการเจริญเติบโต กระตุ้นการหลั่งไอจีเอฟ-I
โพรแลกทิน	ต่อมน้ำนม	กระตุ้นการสร้างน้ำนม
ไทรอยด์ฮอริโมน	เซลล์ทั่วร่างกาย	อัตราเมแทบอลิซึมสูงขึ้นจำเป็นต่อการ เจริญเติบโตและการพัฒนาสมอง
แคลซิโทนิน	กระดูก	ลดแคลเซียมในเลือด
พาราไทรอยด์ฮอริโมน	กระดูก ไต ลำไส้เล็ก	เพิ่มแคลเซียมในเลือด ลดฟอสเฟตใน เลือดและกระตุ้นการสังเคราะห์วิตามินดี
อินซูลิน	เซลล์ทั่วร่างกาย	ลดระดับน้ำตาลในเลือด
กลูคากอน	เซลล์ทั่วร่างกาย	เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด
เอพิเนฟรินและ นอร์เอพิเนฟริน	ตำแหน่งตัวรับซิมพาเทติก	ฤทธิ์เหมือนการกระตุ้นระบบประสาท ซิมพาเทติก