

BioBook5

เตชินท์ จันทรชัย



BioBook5

หนังสือสรุปเนื้อหาชีววิทยา เล่ม 5

ผู้เขียน : เตชินท์ จันทรชัย



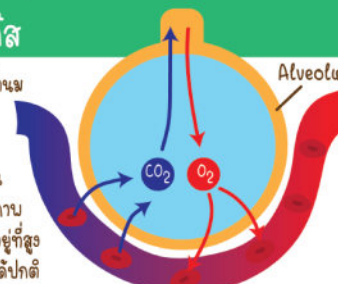
คู่มือการใช้งานหนังสือ

หัวข้อเรื่อง ระบบหายใจในมนุษย์ : ท่อหลอด (Alveolar duct) และ ถุงลม (Aveoli)

Alveoli มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊ส 100 m^2 หรือคิดเป็น 50 เท่าของพื้นที่ผิวของผิวหนัง

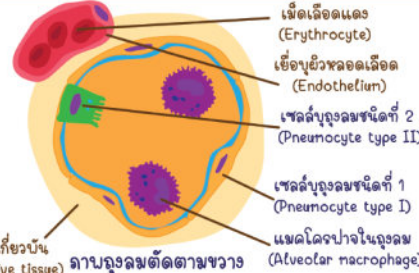
การแลกเปลี่ยนแก๊ส

การแลกเปลี่ยนแก๊สของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และสัตว์บกส่วนใหญ่ มีที่ติดการไหลเวียนของ เลือดและอากาศเป็นแบบ Uniform pool เนื่องจาก อากาศที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแล้วบางส่วน จะปะปนกับอากาศที่หายใจเข้ามาใหม่ ทำให้ประสิทธิภาพ การแลกเปลี่ยนแก๊สน้อยกว่ากลไกในสัตว์ปีก เมื่ออยู่ที่สูง จึงได้รับ O_2 ไม่เพียงพอในขณะที่ต้องพักหายใจได้ปกติ



เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับถุงลม

Pneumocyte type I เป็นเซลล์แบน บางเรียบตัวขึ้นเพื่อทำหน้าที่ในการ แลกเปลี่ยนแก๊ส
Pneumocyte type II เป็นเซลล์ที่แทรก อยู่กับชนิดที่ 1 ทำหน้าที่สร้างและหลั่ง Surfactant เพื่อลดแรงตึงผิวภายใน ถุงลม ป้องกันถุงลมยุบเมื่อหายใจออก
Alveolar macrophage หรือ Dust cell เป็น monocyte ที่พบในเนื้อเยื่อถุงลม ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม



สรุปสั้นกระชับ ได้ใจความ เข้าใจง่าย

เลขที่หน้า

โดยสืบค้นหนังสือมีความหมายดังนี้
General Advance

57

57

เนื้อหาทั่วไป เนื้อหาเน้นเต็ม
ตามหลักสูตร สำหรับผู้ที่
การศึกษา ต้องการทราบ
ขั้นพื้นฐาน รายละเอียด
พ.ศ. 2560 เชิงลึก

หัวเรื่องย่อย

เน้นข้อความด้วย
สีน้ำเงิน สำหรับคำศัพท์
หรือ ข้อความส่วนสำคัญ

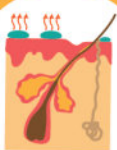
คำศัพท์ระบุ
องค์ประกอบ
ในภาพ

ภาพประกอบสี
แสดงโครงสร้าง
หรือการทำงาน

ความหมายของคำ
หรือ เกร็ดความรู้



สารบัญ



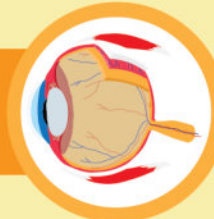
ภาวะผิวหนัง P. 1-19

P. 20-52 ระบบขับถ่าย



ระบบประสาท P. 53-95

P. 96-120 อวัยวะรับรู้ความรู้สึก



การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต P. 121-137

P. 138-156 ระบบต่อมไร้ท่อ



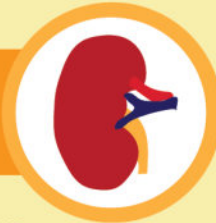
สารบัญ



ภาวะธำรงดุล P. 1-19

- ☐ ภาวะธำรงดุล-----1
- ☐ - การรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย----- 5
- ☐ - การรักษาสมดุลน้ำของร่างกาย-----16

P. 20-52 ระบบขับถ่าย



- ☐ ระบบขับถ่าย----- 20
- ☐ ระบบขับถ่ายในมนุษย์----- 25
- ☐ - การทำงานของหน่วยไต----- 27
- ☐ - การกรอง----- 28
- ☐ - การดูดกลับ----- 31
- ☐ - การหลั่งสาร----- 33
- ☐ - กลไกการดูดกลับและการหลั่งสารแต่ละชนิด----- 34

- ☐ - เปอร์เซ็นต์การดูดกลับสารแต่ละชนิด----- 38
- ☐ - กลไกการเพิ่มความเข้มข้นในปัสสาวะ----- 39
- ☐ - การควบคุมการดูดกลับน้ำด้วยฮอร์โมน ADH ----- 40
- ☐ - Renin-Angiotensin-Aldosterone System ----- 41
- ☐ - บทบาทของไตในการควบคุมสมดุลกรดเบส ----- 43
- ☐ - การขับถ่ายปัสสาวะ ----- 45
- ☐ - ความผิดปกติ ----- 46
- ☐ - การคาดการณ์โรคจากสีของปัสสาวะ ----- 50
- ☐ วิวัฒนาการของไตในสัตว์มีกระดูกสันหลัง----- 51

- สัญลักษณ์หน้าเนื้อหา -



= ความรู้ทั่วไป



= ความรู้เพิ่มเติมขั้นสูง



สารบัญ



ระบบประสาท P. 53-95

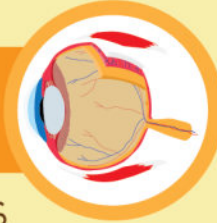
■ ระบบประสาท-----	53
■ - เซลล์ประสาท-----	54
■ - ชนิดของเซลล์ประสาท-----	55
■ - ความต่างศักย์ไฟฟ้าของเยื่อเซลล์ประสาท-----	56
■ - การเกิดกระแสประสาท-----	57
■ - การนำกระแสประสาท-----	61
■ - การถ่ายเทกระแสประสาท-----	63
■ - Postsynaptic potential-----	65
■ - ตัวอย่างสารสื่อประสาท-----	66
■ - ความหลากหลายของระบบประสาทในสัตว์-----	68
■ ระบบประสาทในมนุษย์-----	69
■ - โครงสร้างของสมองและไขสันหลัง-----	70
■ - การทำงานของระบบประสาท-----	72
■ - การถ่ายเทกระแสประสาทเข้าและออกจากไขสันหลัง-----	73

■ - Reflex-----	74
■ - ระบบประสาทรอบนอก-----	75
■ - Motor system-----	76
■ - Autonomic nervous system-----	77
■ - เปรียบเทียบโครงสร้างและการทำงานระหว่าง Motor system และ ANS-----	79
■ - เส้นประสาทสมอง-----	80
■ - ระบบประสาทส่วนกลาง-----	81
■ - การเจริญของสมอง-----	82
■ - สมอง-----	83
■ - วิวัฒนาการของสมองในสัตว์มีกระดูกสันหลัง-----	84
■ - การตื่นและการนอนหลับ-----	85
■ - อารมณ์-----	86
■ - ระบบรางวัล-----	87
■ - Cerebral cortex-----	88
■ - การทำงานที่ต่างกันของสมองซีกซ้ายและขวา-----	90
■ - การรู้คิดความจำและการเรียนรู้-----	91
■ - ความผิดปกติ-----	94

สารบัญ

P. 96-120

อวัยวะรับความรู้สึก



■	อวัยวะรับความรู้สึก-----	96
■	- ชนิดของตัวรับความรู้สึก-----	97
■	- ผิวหนัง-----	55
■	- จัณของผิวหนัง-----	100
■	- เล็บและขน-----	101
■	- ต่อมเหงื่อและต่อมไขมัน-----	102
■	- การรับความรู้สึกของผิวหนัง-----	103
■	- จู-----	105
■	- ส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน-----	106
■	- ส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการทรงตัว-----	108
■	- ตัวอย่างส่วนรับการได้ยินและการทรงตัวในสัตว์อื่น-----	109
■	- ตา-----	110
■	- การมองเห็น-----	111
■	- โครงสร้างของ Retina-----	112

■	- การเปลี่ยนแปลงของ Rhodopsin เมื่อได้รับแสง-----	113
■	- กลไกการเปลี่ยนแปลงของ Rod cell-----	114
■	- การรับรู้ภาพของสมอง-----	115
■	- ตัวอย่างโครงสร้างรับแสงในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง-----	116
■	- ลิ้น-----	117
■	- ชนิดของ Papilla-----	118
■	- จมูก-----	119
■	- ความผิดปกติ-----	120



การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต P. 121-137

■	การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต-----	121
■	- การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว-----	122
■	- การเคลื่อนไหวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง-----	123
■	- การเคลื่อนไหวของสัตว์มีกระดูกสันหลัง-----	125
■	- ระบบโครงกระดูกของมนุษย์-----	126

สารบัญ

■	- โครงสร้างของกระดูกอ่อน และ กระดูก-----	127
■	- กระโหลกศีรษะ กระดูกสันหลัง และกระดูกซี่โครง-----	128
■	- ข้อต่อ-----	129
■	- ระบบกล้ามเนื้อของมนุษย์-----	130
■	- กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ-----	131
■	- โครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง-----	132
■	- แหล่งพลังงาน ATP ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ-----	134
■	- การกระตุ้นของกล้ามเนื้อ และเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่าง-----	135
■	- ผลรวมความตึงของกล้ามเนื้อ การเมื่อยล้า และตะคริว-----	136
■	- การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ-----	137
■	- การตอบสนองของระดับเซลล์ต่อฮอร์โมน-----	141
■	- การควบคุมแบบป้อนกลับในฮอร์โมน-----	142
■	- ตัวอย่างการทำงานของฮอร์โมนในแมลง-----	143
■	- ระบบต่อมไร้ท่อในมนุษย์-----	144
■	- ต่อมใต้สมองส่วนหลัง-----	145
■	- ต่อมใต้สมองส่วนหน้า-----	146
■	- ฮอร์โมนไทรอยด์-----	147
■	- ฮอร์โมนพาราไทรอยด์-----	150
■	- โกรทฮอร์โมน-----	151
■	- ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต-----	152
■	- ฮอร์โมนเมลาโทนิน โพรแลกติน และ MSH-----	154
■	- ฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคากอน-----	155

P. 138-156 ระบบต่อมไร้ท่อ



■	ระบบต่อมไร้ท่อ-----	138
■	- การสื่อสารระหว่างเซลล์-----	139
■	- การจำแนกประเภทและเส้นทางการตอบสนองของฮอร์โมน--	140

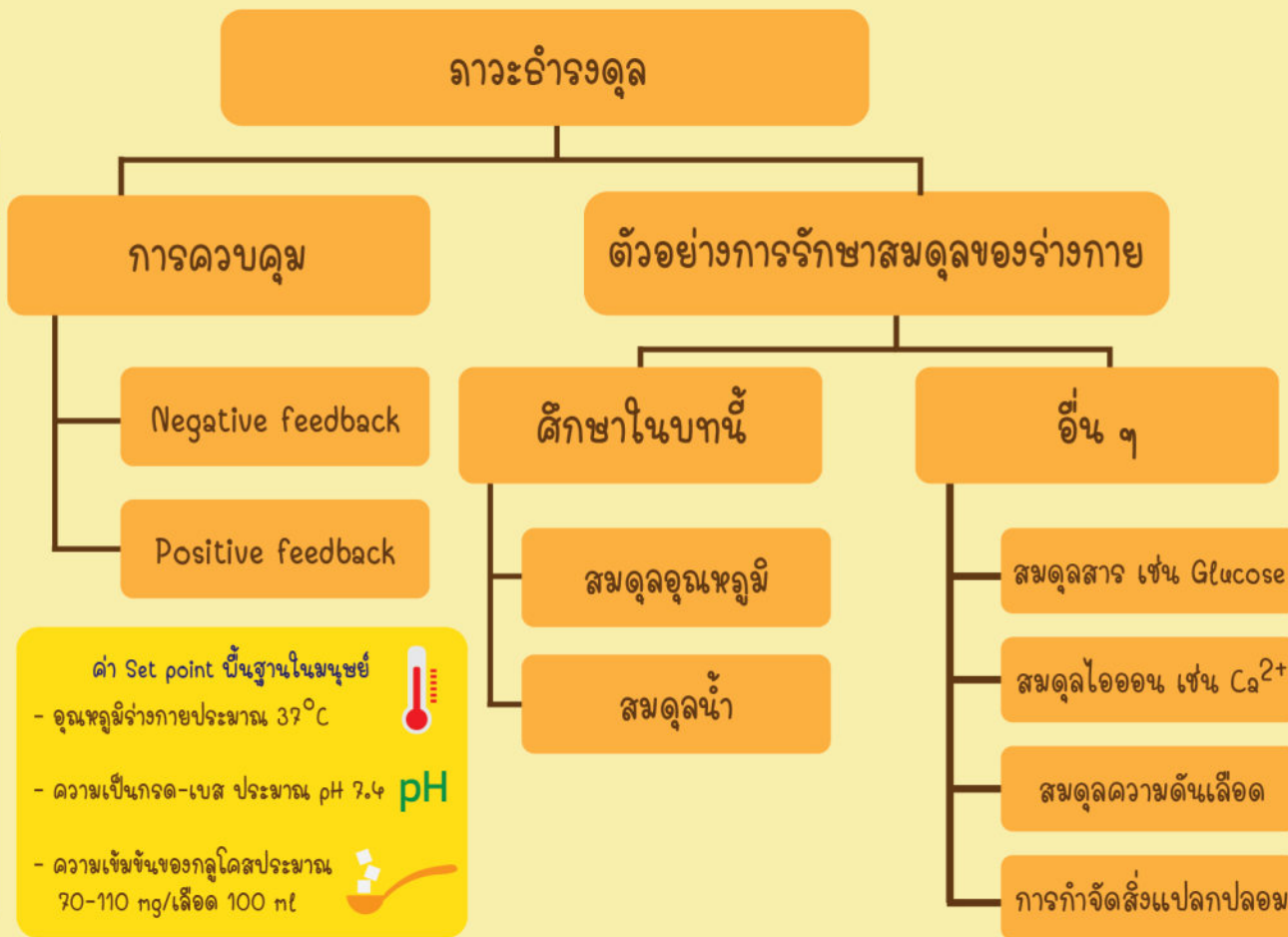
Homeostasis

คือ กระบวนการเพื่อปรับสิ่งแวดล้อมภายในร่างกายให้อยู่ในระดับที่สมดุล เพื่อให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์

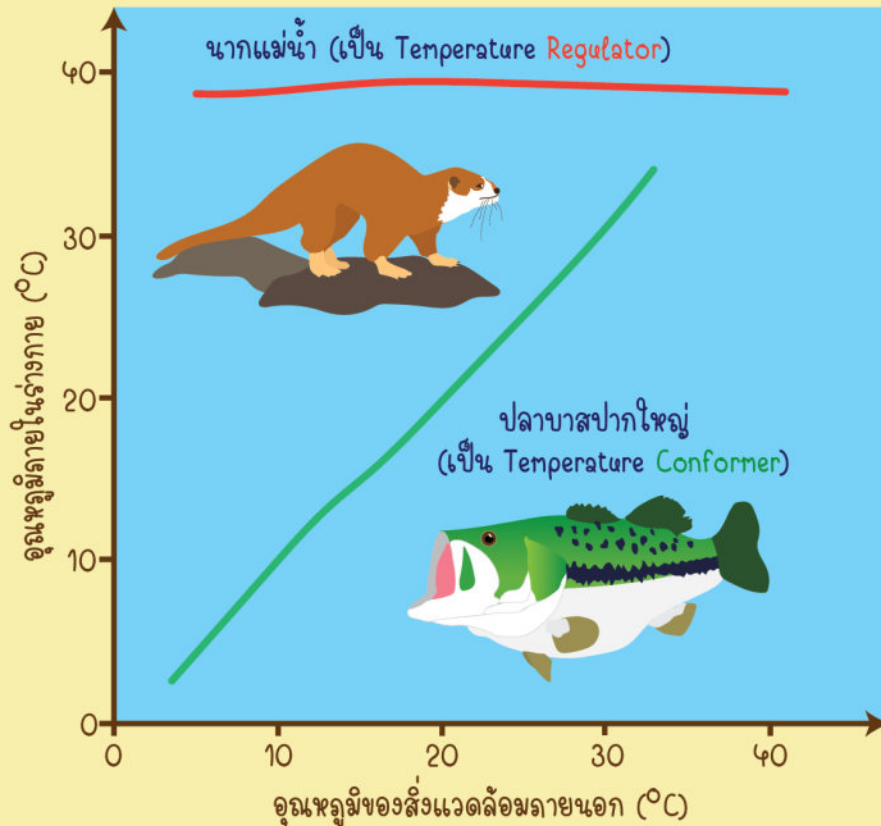
รูปแบบการควบคุม Homeostasis



ภาวะธำรงดุล (Homeostasis)



ภาวะธำรงดุล : Regulator และ Conformer



Regulator

คือ การที่สัตว์มีกลไกภายในเพื่อให้อุณหภูมิในร่างกายอยู่ในระดับคงที่ แม้สิ่งแวดล้อมภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลง

เช่น - สำหรับปัจจัยด้านอุณหภูมิ

นากแม่น้ำ จัดเป็น Regulator

- สำหรับปัจจัยด้านความเข้มข้นของเลือดและสารระหว่างเซลล์
ปลาน้ำจืด จัดเป็น Regulator

ดังนั้น กระบวนการในนวก Regulator จึงจัดเป็น Homeostasis



Conformer

คือ การที่สัตว์ปรับอุณหภูมิในร่างกายตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่การเปลี่ยนแปลงไป

เช่น - สำหรับปัจจัยด้านอุณหภูมิ

ปลาน้ำจืด จัดเป็น Conformer

- สำหรับปัจจัยด้านความเข้มข้นของเลือดและสารระหว่างเซลล์
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลส่วนใหญ่

เช่น ปูแมงมุม จัดเป็น Conformer



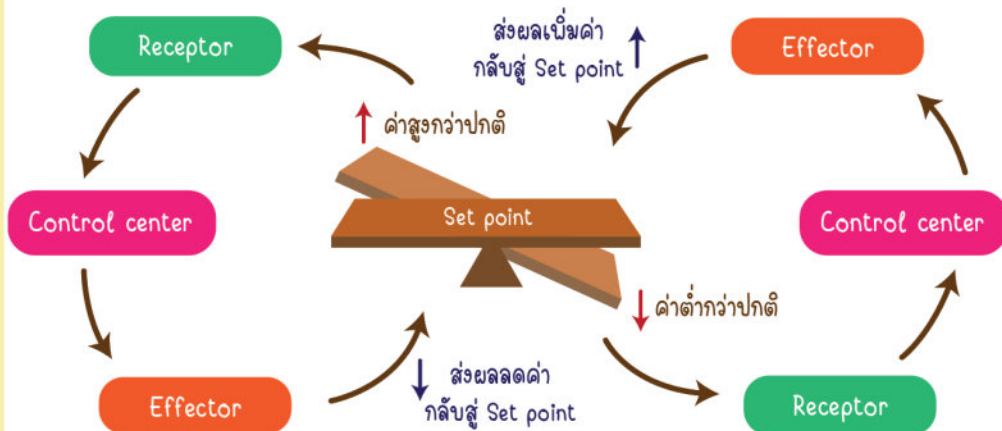
ภาวะธำรงดุล : การควบคุมป้อนกลับ

การควบคุมแบบป้อนกลับยับยั้ง (Negative feedback control)

คือ กลไกการควบคุมเมื่อลดการเปลี่ยนแปลงไปจากค่า Set point โดยการตอบสนองให้ผลในทิศทางตรงข้ามกับสิ่งเร้า จัดเป็นกลไกหลักสำหรับ Homeostasis

หลาย ๆ สมดุลในร่างกายควบคุมด้วยกลไกแบบนี้ ตัวอย่างเช่น

- สมดุลอุณหภูมิของร่างกาย
- สมดุลความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด
- สมดุลน้ำ
- สมดุล Metabolism ในร่างกาย
- สมดุลความเข้มข้นของ Na^+ ในเลือด
- สมดุลปริมาณ O_2 ในกระแสเลือด
- สมดุลความเข้มข้นของ Ca^{2+} ในเลือด
- สมดุลของฮอร์โมนในร่างกาย



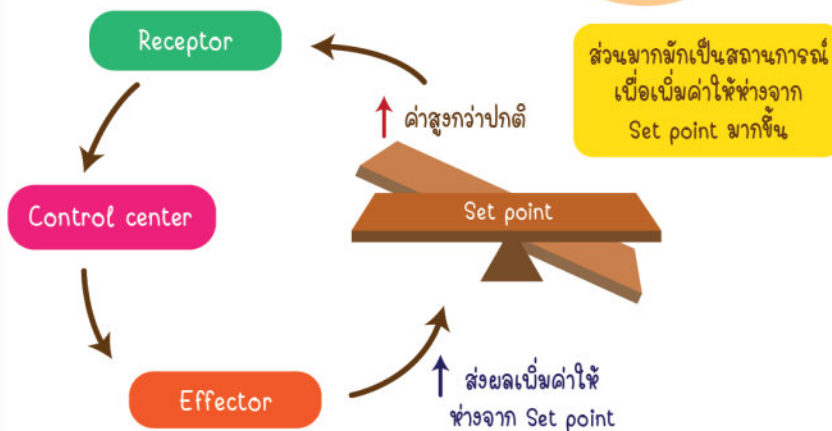
การควบคุมแบบป้อนกลับกระตุ้น (Positive feedback control)

คือ กลไกการควบคุมเมื่อเพิ่มการเปลี่ยนแปลงไปจากค่า Set point โดยการตอบสนองให้ผลในทิศทางเดียวกับสิ่งเร้า ไม่ได้จัดเป็นกลไกหลักสำหรับ Homeostasis แต่มีความจำเป็นในบางสถานการณ์ของร่างกาย ตัวอย่างเช่น

- การคลอดลูก
- Enzymatic cascade ในการแข็งตัวของเลือด
- การตกไข่ตามรอบเดือนในเพศหญิง



การตอบสนองผ่าน Homeostasis ไม่ได้เกิดขึ้นที่ใด แต่จะค่อย ๆ มีการปรับค่า นอกจากนี้หากการเปลี่ยนแปลงนั้นมีค่าสูง หรือ ต่ำเกินไป ก็จะเกินความสามารถที่ Homeostasis จะรักษาสถิตนั้นไว้ได้ เช่น กรณีประสพอุบัติเหตุจนเสียเลือดมาก



ภาวะธำรงดุล : การเปลี่ยนแปลง Set point

การเปลี่ยนแปลงค่า Set point หรือ Normal range

ค่า Set point หรือ Normal range ของร่างกายสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเกิดอย่างช้า ๆ อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

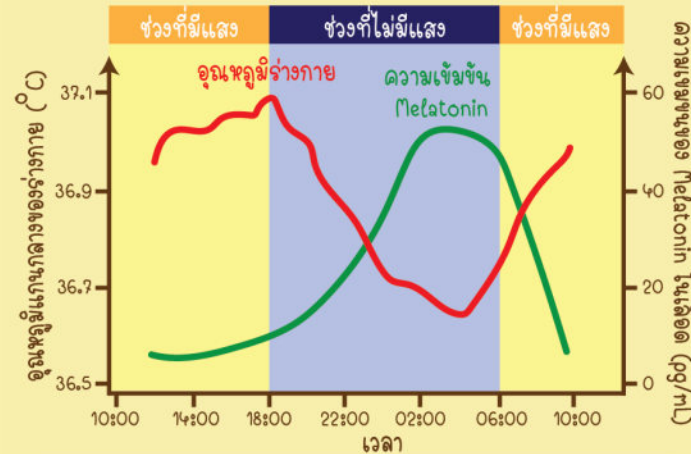
1) การเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นกับการเจริญของร่างกาย เช่น

- การเปลี่ยนระดับฮอร์โมนเพศเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์
- การเปลี่ยนระดับฮอร์โมนเพศหญิงในรอบประจำเดือน (มีลักษณะเป็นวงจรทุก 1 เดือน)
- การเปลี่ยนระดับฮอร์โมนเพศหญิงเมื่อหมดประจำเดือน (วัยทอง)

2) การเปลี่ยนแปลงที่ไม่ขึ้นกับการเจริญของร่างกาย มักเกิดขึ้นเมื่อร่างกายติดเชื้อมีสิ่งแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นระยะเวลานาน เช่น

- การเปลี่ยนอุณหภูมิของร่างกายเมื่อเป็นไข้
- การเปลี่ยนวงจรการตื่น-หลับ (มีลักษณะเป็นวงจรทุก 24 ชม.)
- การเปลี่ยนความหนาของขนปกคลุมร่างกาย (มีลักษณะเป็นวงจรตามฤดูกาล)
- การเปลี่ยนปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือด

ค่าที่ภาวะธำรงดุล เรียกว่า Set point หรือ ที่ภาวะธำรงดุลอาจมีค่าเป็นช่วง เรียกว่า Normal range



อุณหภูมิของร่างกายที่เปลี่ยนเป็นวงจรจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดต่างกันประมาณ 0.6°C การลดลงในช่วงกลางคืนมาจากการที่หลอดเลือดขยายตัว ทำให้ระบายความร้อนได้มากขึ้นช่วยให้หลับสบาย โดยอุณหภูมิร่างกายจะตอบสนองตรงข้ามกับฮอร์โมน Melatonin ที่สร้างจาก Pineal gland ซึ่งช่วยให้เกิดอาการง่วงนอน

Circadian rhythm

การรักษาระดับของกลไกมีลักษณะการทำงานเป็นวงจร (Cyclic) หากวงจรนั้นมีช่วงระยะเวลาเป็น 24 ชม. จะเรียกว่า Circadian rhythm ซึ่งจะถูกควบคุมด้วยนาฬิกาชีวภาพ (Biological clock) เป็นส่วนของ Suprachiasmatic nucleus (SCN) ในสมองส่วน Hypothalamus โดยอาศัยแสงเป็นสัญญาณในการบอกเวลาตัวอย่างรอบแบบ

Circadian rhythm เช่น

- วงจรการตื่น-หลับ
- วงจรอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (กิจกรรมที่ทำ, หรือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอก ก็มีผลต่ออุณหภูมิร่างกายได้)



เมื่อขึ้นที่สูงระดับความเข้มข้นของ O_2 จะต่ำลง ร่างกายสัตว์จะมีการปรับการหายใจให้ถี่และลึกขึ้น ปริมาณเม็ดเลือดแดง และปริมาณการขับสารที่มีสมบัติเป็นเบสการปัสสาวะ เพื่อลด pH ในเลือดที่เพิ่มสูงขึ้นจากการสูญเสีย CO_2 ทางลมหายใจ เมื่อสัตว์เผชิญสภาวะแวดล้อมใหม่ การปรับร่างกายให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมนั้น เรียกว่า Acclimatization ดังนั้นนักบินอาจมีการปรับตัวเพื่อหยุดบินเป็นระยะขณะบินเขาเมื่อปรับสภาวะร่างกาย

เมื่อเดินทางด้วยเครื่องบินข้ามผ่านกว่า 3 Time zone ขึ้นไป จะทำให้มีอาการ Jet lag คือมีอาการ คลื่นไส้ เวียนศีรษะ หรือ นอนไม่หลับ เนื่องจากนาฬิกาชีวภาพปรับตัวไม่ทัน โดยจะใช้เวลาในการปรับตัวเท่ากับจำนวน Time zone ที่ข้ามผ่าน ยิ่งกว่านั้นจากการศึกษาพบว่า การรับประทาน Melatonin ช่วยลดเวลาการปรับตัวได้



นาฬิกาชีวภาพ สามารถพบได้ทั้งในสัตว์, พืช และ Cyanobacteria นอกจากนี้ นาฬิกาชีวภาพไม่ได้ควบคุมวงจร 24 ชม. เสมอไป ยังควบคุมการผลิตรายปี ซึ่งมีการควบคุมตามฤดูกาล จึงไม่จัดเป็น Circadian rhythm



ความร้อนจาก Metabolism ในร่างกาย

Metabolism คือ ปฏิกิริยาเคมีทั้งหมดในสิ่งมีชีวิต ซึ่งในหลาย ๆ ขั้นตอนจะมีการสูญเสียพลังงานในรูปของ **ความร้อน** เกิดขึ้น ได้แก่

- การย่อยและดูดซึมสารอาหาร
- การหายใจระดับเซลล์
- การสร้างสารชีวโมเลกุล (Biosynthesis)
- การใช้ ATP

ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยหลัก ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิของร่างกาย ดังนั้นร่างกายสัตว์จึงมีการปรับตัวทั้งเพื่อระบายความร้อนส่วนเกิน หรือ เพื่อรักษาความร้อนเอาไว้

ภาวะธำรงดุล : การรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย

การปรับตัวของสัตว์ต่อการรักษาอุณหภูมิของร่างกาย

การปรับตัวของสัตว์เมื่อรับมือกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปทำได้ 3 วิธีหลัก โดยสัตว์อาจใช้มากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อการรักษาอุณหภูมิในร่างกาย ได้แก่

- 1) การปรับตัวทางโครงสร้าง เช่น
 - การมีฉนวนความร้อน
 - การมี Countercurrent heat exchange
- 2) การปรับตัวด้านกลไกทางสรีรวิทยา เช่น
 - การใช้ Metabolism เพื่อสร้างความร้อน
 - การใช้สิ่งแวดล้อมภายนอกเพื่อสร้างความร้อน
 - การจำศีล
 - การมี Countercurrent heat exchange
 - การระบายความร้อนผ่านการระเหยของน้ำ
- 3) การปรับตัวด้านพฤติกรรม เช่น
 - การใช้สิ่งแวดล้อมภายนอกเพื่อสร้างความร้อน
 - การจำศีล
 - การเปลี่ยนท่าทางเพื่อลดพื้นที่ผิวที่สัมผัสสิ่งแวดล้อม

ทำไมสัตว์ถึงต้องรักษาอุณหภูมิของร่างกาย?

เนื่องจาก หากอุณหภูมิในร่างกายสูงหรือต่ำเกินไป จะส่งผลถึงปฏิกิริยาเคมีในร่างกายได้

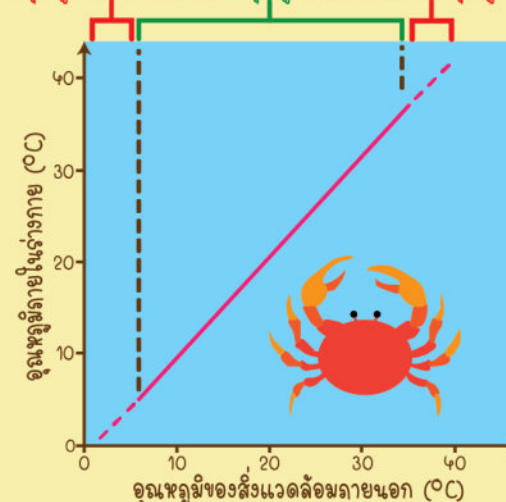
อุณหภูมิในร่างกายต่ำเกินไป

- ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ ลดลง
- เยื่อหุ้มเซลล์แข็งขึ้น → สมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน ลดลง
- หากต่ำกว่า 0°C เป็นต้นไป ผลึกน้ำแข็งจะทำลายโครงสร้างภายในเซลล์

อุณหภูมิในร่างกายสูงเกินไป

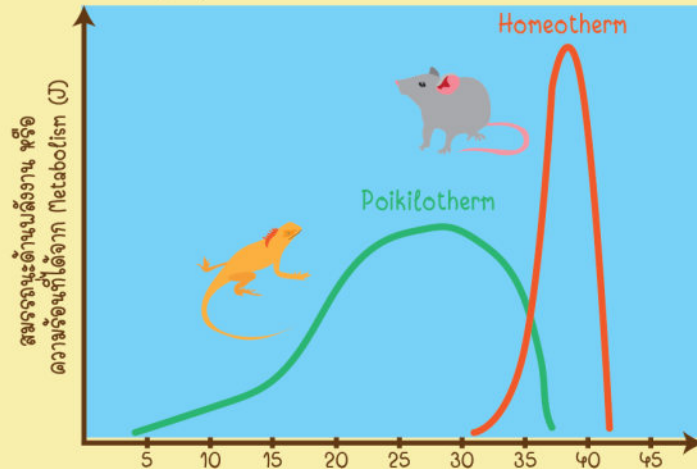
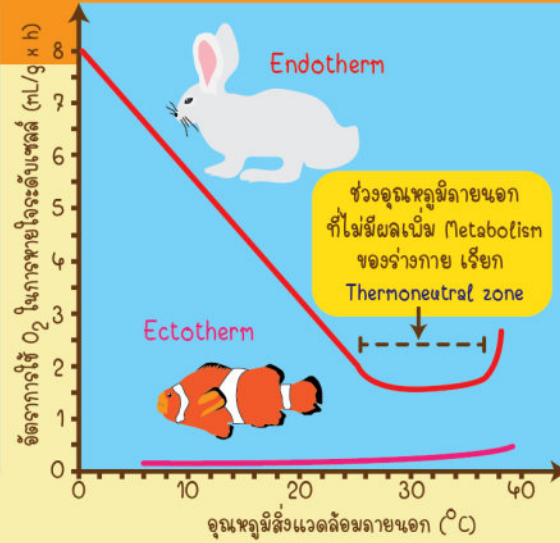
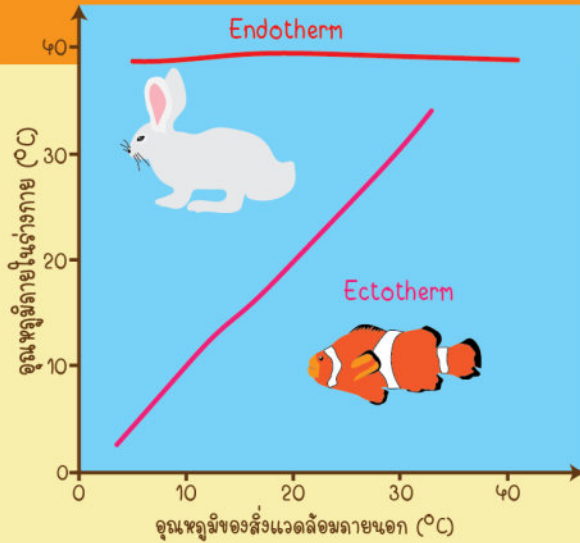
- เอนไซม์เสียสภาพ → ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ ลดลง
- เยื่อหุ้มเซลล์เหลวเกินไป → สมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่าน ลดลง

ช่วงอุณหภูมิที่เป็นอันตราย ช่วงอุณหภูมิที่สัตว์ทนได้ ช่วงอุณหภูมิที่เป็นอันตราย



ถึงแม้สัตว์บางชนิดจะสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกายไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ แต่เมื่อถึงค่าหนึ่งจะเป็นค่าอุณหภูมิที่สัตว์ไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้อีก

การรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย : การจำแนกชนิดสัตว์ที่ขึ้นกับอุณหภูมิร่างกาย



การเรียกแทน Endotherm ว่า สัตว์เลือดอุ่น และ เรียกแทน Ectotherm ว่า สัตว์เลือดเย็น นั้นเป็นความเข้าใจที่ผิด!! เนื่องจากพวก Ectotherm สามารถมีอุณหภูมิในร่างกายสูงกว่า พวก Endotherm ได้ เช่น เมื่ออาบแดด



อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอก (°C)

การจำแนกสัตว์ตามแหล่งที่ใช้สร้างความร้อนในร่างกาย

สามารถจำแนกสัตว์ได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Endotherm คือ สัตว์ที่ความร้อนภายในร่างกายได้มาจากกระบวนการ Metabolism เป็นหลัก ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมีผลน้อย เนื่องจากใช้การ Metabolism เป็นหลักจึงต้องบริโภคอาหารเข้าไปมาก หรือ บ่อยครั้ง พบใน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม, นก, ปลาบางชนิด, แมลงบางชนิด, และ สัตว์เลื้อยคลานบางชนิด

2) Ectotherm คือ สัตว์ที่ความร้อนภายในร่างกายได้จาก ความร้อนในสิ่งแวดล้อมภายนอก เป็นหลัก โดย Metabolism มีผลน้อย และจะเป็น/ลดตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมด้วย การบริโภคอาหารจึงไม่มาก หรือ นาน ๆ ครั้ง พบใน สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก, สัตว์เลื้อยคลานส่วนใหญ่, ปลาส่วนใหญ่ และ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่

การจำแนกสัตว์ตามความคงที่ของอุณหภูมิในร่างกาย

สามารถจำแนกสัตว์ได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) Homeotherm คือ สัตว์ที่อุณหภูมิภายในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงน้อย เมื่อสิ่งแวดล้อมภายนอกมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป พบใน Endotherm ส่วนมาก, Ectotherm บางชนิด เช่น ปลาทะเลส่วนมาก, สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล เนื่องจากน้ำทะเลจะมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่

2) Poikilotherm คือ สัตว์ที่อุณหภูมิภายในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงมาก เมื่อสิ่งแวดล้อมภายนอกมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป พบใน Ectotherm ส่วนมาก, Endotherm บางชนิด เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีการจำศีล

การรักษาสสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย : การแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม

ทิศทางการแพร่ของความร้อน

บริเวณอุณหภูมิสูง



บริเวณอุณหภูมิต่ำกว่า



สัตว์ทั้ง Endotherm และ Ectotherm จะต้องรักษาสสมดุลระหว่างความร้อนที่สร้างภายในกับความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียกับภายนอก

การนำความร้อน

การนำความร้อน (Convection) คือ การเคลื่อนย้ายของความร้อนที่ปะปนผิวน้ำหรือของไหลเข้าไปกับอากาศ หรือ ของเหลวที่ไหลผ่าน

การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ การปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0°K เช่น กิ่งไม้ที่รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แล้วร่างกายของกิ่งไม้เองก็มีความร้อนก็จะแผ่รังสีสู่อากาศ

การระเหย

การระเหย (Evaporation) คือ การนำความร้อนออกจากพื้นผิวของของเหลว โดยของเหลวจะสูญเสียโมเลกุลบางส่วนไปในรูปของแก๊ส กระบวนการนี้เป็นกระบวนการหลักที่สัตว์ใช้เพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย

การนำความร้อน

การนำความร้อน (Conduction) คือ การเคลื่อนย้ายของความร้อนระหว่างวัตถุของแข็งที่ติดกันจากภายในอุณหภูมิสูงกว่าตัวกึ่งกลาง ความร้อนจึงไหลเข้าตัวกึ่งกลาง แต่หากพื้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าความร้อนจากตัวกึ่งกลางก็จะไหลสู่พื้นได้

ฉนวนความร้อน

คือ วัสดุ หรือ วัสดุที่มีความสามารถป้องกันการแพร่ผ่านของความร้อนได้ ในสัตว์จะใช้เพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ขน (Feather) ของนก, ขน (Hair) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม, และชั้นไขมันใต้ผิวหนังของสัตว์ นอกจากนี้ในสัตว์บางชนิดจะมีการหลั่งไขมันออกมาเคลือบผิว หรือ ขน เพื่อลดการสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของน้ำ



วามและวอลรัสรักษาความร้อนที่ขั้วโลกได้อย่างไร

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่อยู่อาศัยในทะเลแถบขั้วโลก เช่น วาฬ และ วอลรัส จะสูญเสียความร้อนได้ง่ายกว่าสัตว์บกเนื่องจาก ความร้อนสามารถแพร่ผ่านน้ำได้ไววกว่าอากาศ 50-100 เท่า เพื่อให้สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายไว้ได้ สัตว์พวกนี้จึงมีชั้นไขมันใต้ผิวหนังที่หนาเป็นพิเศษ เรียก Blubber ทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อน การมี Blubber ทำให้สัตว์พวกนี้ไม่จำเป็นต้องกินอาหารเพื่อสร้าง Metabolism มากเท่าสัตว์ที่มีขนาดตัวใกล้เคียงกันที่อยู่บนบก

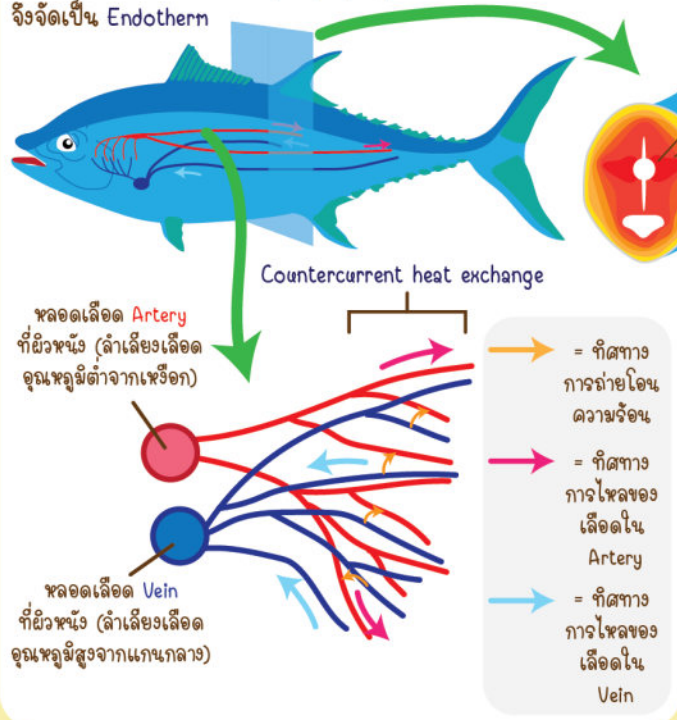


รูปแบบการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม

การรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย : การปรับตัวด้านระบบหมุนเวียน

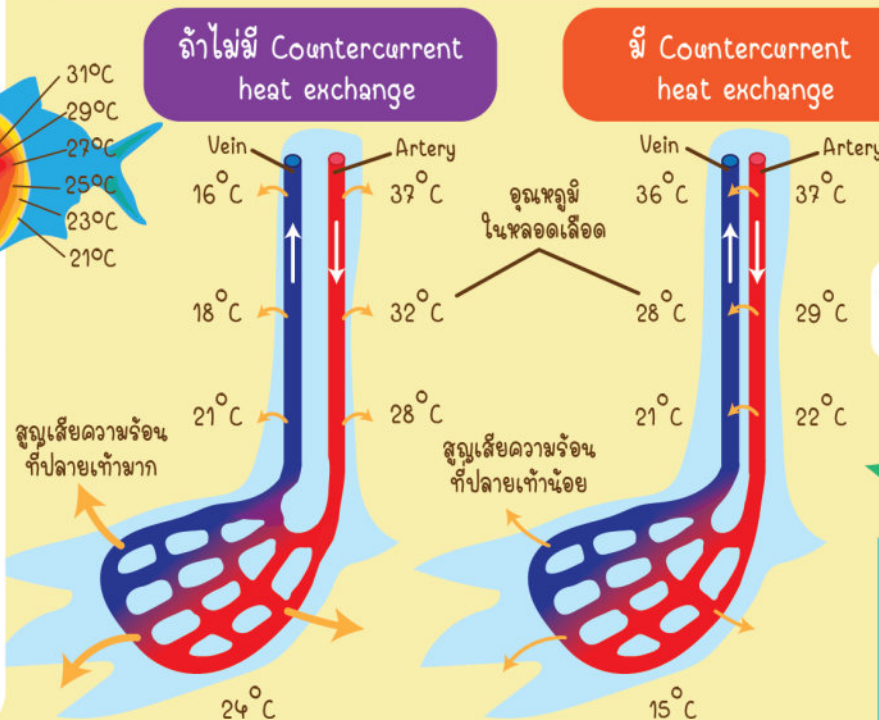
Endothermic fish

ปลากระดูกแข็ง และ ปลาฉลาม โดยทั่วไปจะเป็น Ectotherm ซึ่งความร้อนจะสูญเสียออกทางเหงือก จะอุณหภูมิในร่างกายใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำโดยรอบ แต่ในปลาที่มีการเคลื่อนไหวมาก ๆ เช่น ทูน่าดำรับสิน้ำเงิน, ปลาฉลามขาว, และ ปลากระโทงดาบ จะมี **Countercurrent heat exchange** เพื่อให้กล้ามเนื้อที่ใช้ว่ายน้ำมีอุณหภูมิอุ่นอยู่ตลอดเวลา ปลาเหล่านี้จึงจัดเป็น **Endotherm**



Countercurrent heat exchange

คือ การแลกเปลี่ยนความร้อนที่ถูกพาไปกับเลือด ระหว่างเส้นเลือด 2 เส้นที่อยู่ชิดกัน และการไหลของเลือดสวนทางกัน โดยเลือดในหลอดเลือด Artery จะนำความร้อนจากแกนกลางของร่างกาย ขณะที่ลำเลียงใกล้ผิวหนัง ความร้อนจะสูญเสียสู่สิ่งแวดล้อม การวางหลอดเลือด Vein ที่เลือดมีความร้อนต่ำให้อยู่ชิดและไหลสวนทางกับหลอดเลือด Artery ความร้อนส่วนมากจะถ่ายโอนเข้าหลอดเลือด Vein กลับไปยังแกนกลางร่างกาย ทำให้ช่วยรักษาความร้อนในร่างกายไว้ได้



ทฤษฎีหนึ่งเชื่อว่า การที่นกเป็ดน้ำมีไขมันใต้ผิวหนังเนื่องจากนกเป็ดน้ำโกตต้องยืนแช่ในน้ำเพื่อหาอาหารเป็นเวลานานทำให้สูญเสียความร้อนจากร่างกายได้ง่าย นกเป็ดน้ำจึงมีไขมันใต้อวัยวะและ มี Countercurrent heat exchange ทำให้ร่างกายรักษาอุณหภูมิภายในไว้ได้

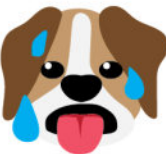
การรักษาสสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย : การรักษาอุณหภูมิแบบอื่น ๆ

การถ่ายโอนความร้อนผ่านการระเหยของน้ำ

สัตว์หลายชนิดใช้การพาความร้อนไปกับการระเหยของน้ำ (Evaporation) เพื่อระบายความร้อนภายในร่างกายที่มากเกินไป แต่ก็เสี่ยงสูญเสียน้ำได้เช่นกัน โดยการระเหยของน้ำ ทำได้ 2 วิธีหลักคือ

1) การระเหยของน้ำที่ผิวหนัง

- โดยมากน้ำที่ระเหยมักอยู่ในรูปของเหงื่อ ซึ่งหลั่งออกมาจากต่อมเหงื่อที่ผิวหนัง บบได้เฉพาะในสัตว์เลื้อยคลานด้วยน้ำนมส่วนมาก (บวกรที่ใช้เวลาส่วนใหญ่ในน้ำ หรือโคลน จะไม่บดต่อมเหงื่อ เช่น หมี ฮิปโป วาฬ และ โลมา)
- สัตว์บางชนิดมีพฤติกรรมแช่ในโคลน หรือนำโคลนมาทาผิว เพื่อให้ในโคลน ช่วยระบายความร้อน บบได้ใน ควาช ข้าง กวาง แรด และ หมี



2) การระเหยของน้ำไปกับลมหายใจออก เช่น การหอบ

บบได้ในสัตว์มีกระดูกสันหลังหลายชนิด ยกเว้น บวกรที่อาศัยในน้ำ ในนกบางชนิด เช่น นกกระจ่าง จะสามารถสังเคราะห์กรดไขมันได้ปากเพื่อระบายความร้อนได้เนื่องจากมีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก



การตอบสนองทางพฤติกรรม

พฤติกรรมระดับสิ่งมีชีวิต

- เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงเกินไป
 - เคลื่อนที่เข้าร่ม
 - เปลี่ยนท่าทางเพื่อลดพื้นที่ผิวที่สัมผัสความร้อน
- เมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำเกินไป
 - เคลื่อนที่เข้าที่อุ่น



พฤติกรรมระดับสังคม

- เมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำเกินไป บวกร Endotherm จะมารวมกลุ่มอยู่ใกล้ชิดกันเพื่อถ่ายโอนความร้อนแก่กันและกันเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกาย



การปรับสภาพร่างกาย

ใน Endotherm เช่น สัตว์เลื้อยคลานด้วยนม หรือ นก

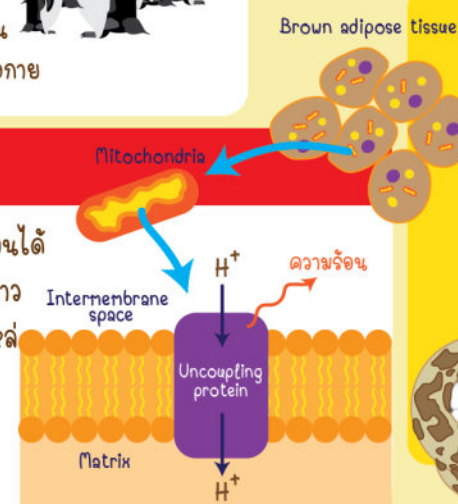
- จะมีการเปลี่ยนแปลงความหนาของขนลำตัว โดยจะหนาในช่วงฤดูหนาว

ใน Ectotherm

- จะสร้างเอนไซม์ชุดใหม่ที่ทำงาได้ดีตามช่วงอุณหภูมิใหม่
- ปรับสัดส่วนไขมันไม่อิ่มตัวที่เชื่อมเซลล์เป็นชั้น ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ
- ปลาบางชนิดที่อาศัยในน้ำเย็นจัดถึง -2°C ภายในเซลล์จะสร้าง Antifreeze protein ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์

การปรับ Metabolism เพื่อสร้างความร้อน

ใน Endotherm เช่น สัตว์เลื้อยคลานด้วยนม หรือ นก สามารถทำให้กล้ามเนื้อสั่นเพื่อสร้างความร้อนได้ เรียก Shivering thermogenesis หรือ ในสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมบางชนิดเมื่ออยู่ในสภาพอากาศหนาว จะหลั่งฮอร์โมนกระตุ้นให้ Mitochondria ใน Brown adipose tissue บริเวณคอ และ ระหว่างไหล่ จะเปลี่ยนให้ H^+ ใน Intermembrane space แปรกลับเข้า Matrix ทาง Uncoupling protein ได้ความร้อนออกมาแทนที่ ATP กระบวนการนี้เรียก Nonshivering thermogenesis บบได้ในสถานปกติ และบบมากในสถานจำศีล



Ectotherm บางชนิด ในบางสถานการณ์ สามารถเป็น Endotherm ได้ เช่น งูหลามบวมเบดเมียร์ จะใช้การสั่นของกล้ามเนื้อเพื่อสร้างความร้อนขณะงอไข โดยอุณหภูมิภายในร่างกาย จะสูงกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอก ประมาณ 6°C

