

8 เมตาบอลิซึม และการเจริญเติบโต (Metabolism and Growth)

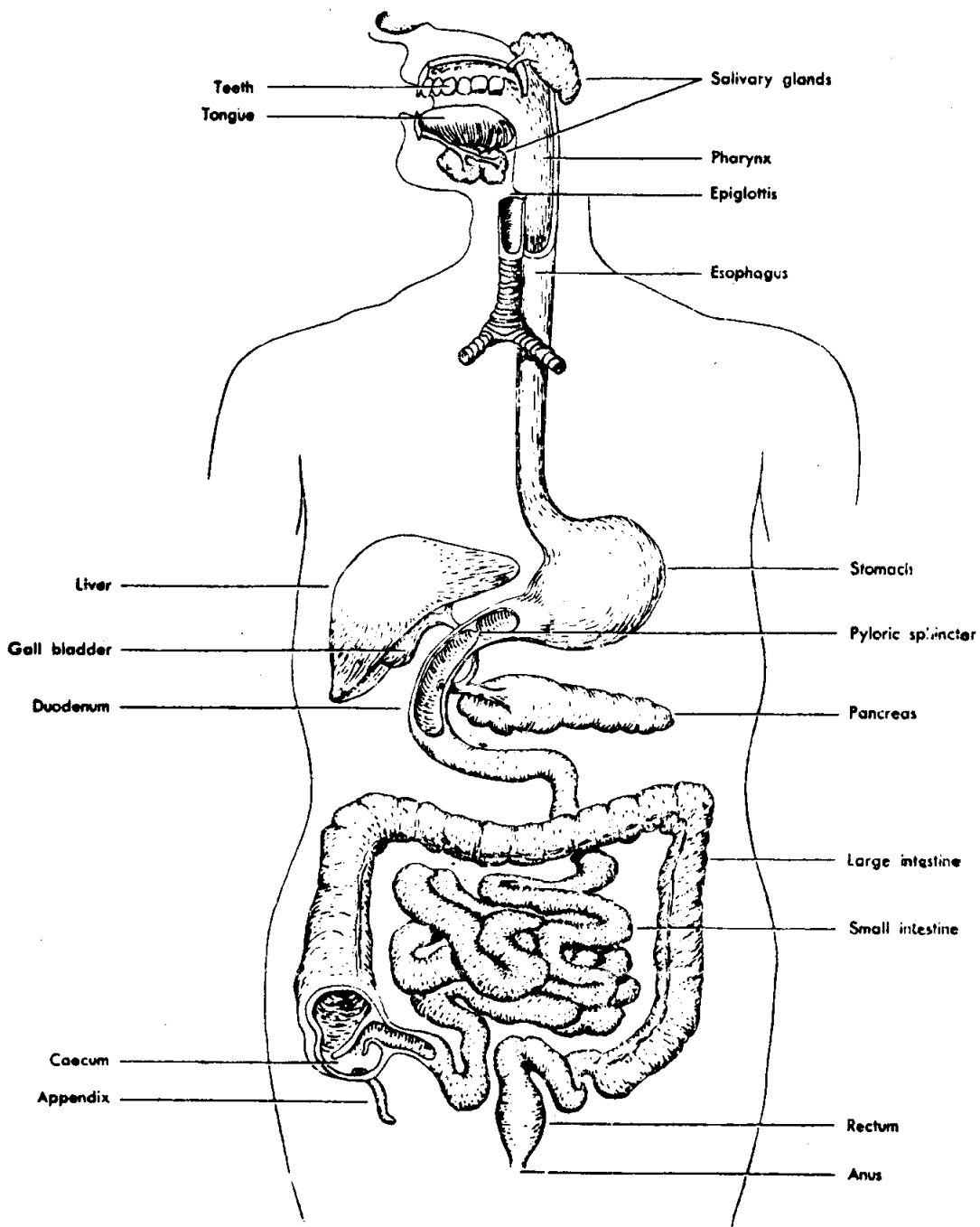
เมตาบอลิซึม (Metabolism)

ดังได้ทราบมาแล้วว่า ในขบวนการดำรงชีวิตนั้นจะมีปรากฏการณ์ที่สำคัญยิ่งอยู่ประการหนึ่ง ปรากฏการณ์นั้นเรียกว่า ขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) โดยความหมายกว้าง ๆ แล้วขบวนการเมตาบอลิซึม หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของปรากฏการณ์ทางเคมีทุกชนิดที่เกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิต องค์ประกอบของขบวนการเมตาบอลิซึม ที่นับว่าสำคัญมีอยู่ 3 ส่วนคือ อาหาร (nutrition) ขบวนการสังเคราะห์ (synthesis หรือ anabolism) และขบวนการหายใจ (respiration หรือ catabolism) อาหารจัดเป็นวัตถุดิบที่จะทำให้เกิดขบวนการสังเคราะห์ และขบวนการหายใจ ขบวนการสังเคราะห์เป็นขบวนการสร้างโปรโตพลาสซึมขึ้นมาใหม่โดยใช้สารต่าง ๆ ที่ได้จากวัตถุดิบหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ขบวนการสังเคราะห์เป็นขบวนการที่นำเอาพลังงานจากอาหารไปสร้างเป็นสารชนิดใหม่ขึ้นมา ขบวนการหายใจเป็นขบวนการที่ทำให้โมเลกุลของอาหารแยกสลายและทำให้เกิดพลังงานขึ้นจากการแยกสลายนั้น องค์ประกอบทั้งสามส่วนนี้จะมีความต่อเนื่องสัมพันธ์ต่อกันอยู่ตลอดเวลา และจะมีสัดส่วนที่สมดุลกันอยู่เสมอ เราอาจเปรียบเทียบขบวนการเมตาบอลิซึมได้กับเรื่องของเครื่องยนต์ กล่าวคือ น้ำมันเชื้อเพลิงเปรียบได้กับอาหารหรือวัตถุดิบ การเผาไหม้เชื้อเพลิงเปรียบได้กับขบวนการหายใจ อุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เปรียบได้กับขบวนการสังเคราะห์ การทำงานของส่วนทั้งสามนี้จะต้องได้สัดส่วนที่เหมาะสมพอดีกัน จึงจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดี ผลการทำงานของเครื่องยนต์เปรียบได้กับขบวนการเมตาบอลิซึม

8.1 เมตาบอลิซึมในมนุษย์ (Metabolism of the human body)

Nutrition

มนุษย์เป็นสัตว์ที่มีท่อทางเดินอาหาร เริ่มต้นจากปากและไปสิ้นสุดที่ทวารหนัก ท่อทางเดินอาหารในคนที่เจริญเติบโตเต็มที่ จะยาวประมาณ 30 ฟุต นอกจากจะมีท่อทางเดินอาหารโดยตรงแล้ว ยังมีอวัยวะอื่นที่ช่วยในการย่อยอาหารอีก ได้แก่ ต่อม้ำลาย 3 คู่ ตับ ถุงน้ำดี และตับ



ภาพ 8-1 แสดงระบบทางเดินอาหารในมนุษย์

อ่อน ส่วนอวัยวะที่เป็นท่อทางเดินอาหารโดยตรงนั้นยังแบ่งออกเป็นส่วน ๆ คือ ปากและช่องปาก หลอดคอ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และไปสิ้นสุดที่ทวารหนัก

เมื่ออาหารผ่านเข้าสู่ปาก ฟันจะทำหน้าที่บดเคี้ยวเพื่อให้อาหารมีก้อนเล็กลงสะดวกในการเคลื่อนที่และการย่อยต่อไป ฟันของคนมีอยู่ 2 ชุด ชุดแรกเป็นฟันน้ำนม มี 20 ซี่ เมื่อโตขึ้นจะมีฟันแท้เกิดขึ้นมาแทน มีจำนวน 32 ซี่ นอกจากฟันจะทำหน้าที่บดเคี้ยวอาหารแล้วยังมีลิ้นช่วยทำหน้าที่นี้ด้วย โดยที่ลิ้นจะช่วยตะล่อมอาหารให้อยู่ในระหว่างฟันและช่วยในการรับรสอาหาร ตลอดจนกระตุ้นให้ต่อมน้ำลายขับน้ำลายออกมาป่นและย่อยอาหาร น้ำลายมีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน ประกอบด้วยน้ำประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ มีเกล็ดแร่และมีเอนไซม์ชนิดไทยาลิน (ptyalin หรือ salivary amylase) ทำหน้าที่ย่อยอาหารคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซ็กคาไรด์ให้เป็นไดแซ็กคาไรด์ประเภทมอลโตส นอกจากนั้นในน้ำลายยังมีน้ำเมือก ช่วยคลุกให้อาหารสั่นไหลลงคอได้สะดวกยิ่งขึ้น อาหารประเภทไขมันและโปรตีนจะยังไม่ถูกย่อยในช่องปากนี้

เมื่ออาหารถูกกลืนลงสู่หลอดคอ (pharynx) และหลอดอาหาร (oesophagus) ซึ่งมีความยาวประมาณ 1 ฟุต กล้ามเนื้อเรียบซึ่งเป็นผนังของหลอดอาหารจะหดตัว ทำให้หลอดอาหารบีบตัวเป็นระลอกไล่กัน การบีบหดตัวนี้เรียกว่า peristalsis ในระหว่างนี้หลอดอาหารจะส่งน้ำเมือกออกมาป่นกับอาหารให้เลื่อนไหลลงสู่กระเพาะได้สะดวกยิ่งขึ้น

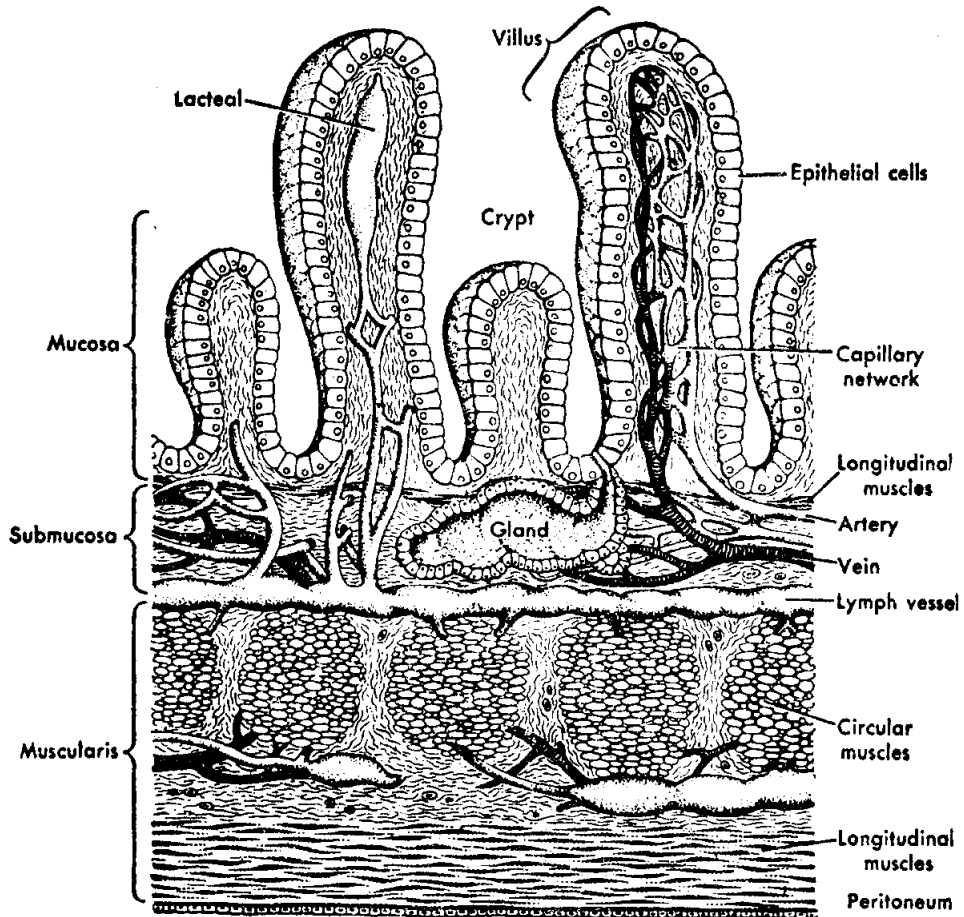
กระเพาะอาหารเป็นอวัยวะที่อยู่ตอนบนด้านซ้ายของช่องท้อง ผนังของกระเพาะประกอบด้วยกล้ามเนื้อสามชั้น การหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้กระเพาะอาหารบีบตัว ผนังด้านในของกระเพาะมีต่อมสร้างเอนไซม์หลายชนิดรวมเรียกว่า gastric juice เอนไซม์ภายในกระเพาะมีฤทธิ์เป็นกรดเพราะมีกรดเกลือเป็นองค์ประกอบรวมอยู่ กับเอนไซม์เปปซิน (pepsin) และเอนไซม์เรนนิน (rennin) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน

อาหารจะอยู่ในกระเพาะประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากนั้นจึงถูกบีบให้ผ่านไปยังลำไส้เล็กตอนต้น (duodenum) ลำไส้เล็กตอนกลาง (jejunum) และลำไส้เล็กตอนท้าย (ileum) ส่วนทั้งสามนี้จะทอดทาบไปมายาวประมาณ 23 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ½ นิ้ว ในระหว่างที่อาหารอยู่ในลำไส้เล็กนี้ จะถูกย่อยลงเรื่อย ๆ โดยจะมีน้ำย่อยจากตับอ่อน น้ำย่อยจากผนังลำไส้เล็กลงมาช่วยย่อยอาหาร และน้ำดีจากถุงน้ำดีที่ตับช่วยทำให้ไขมันแยกตัว

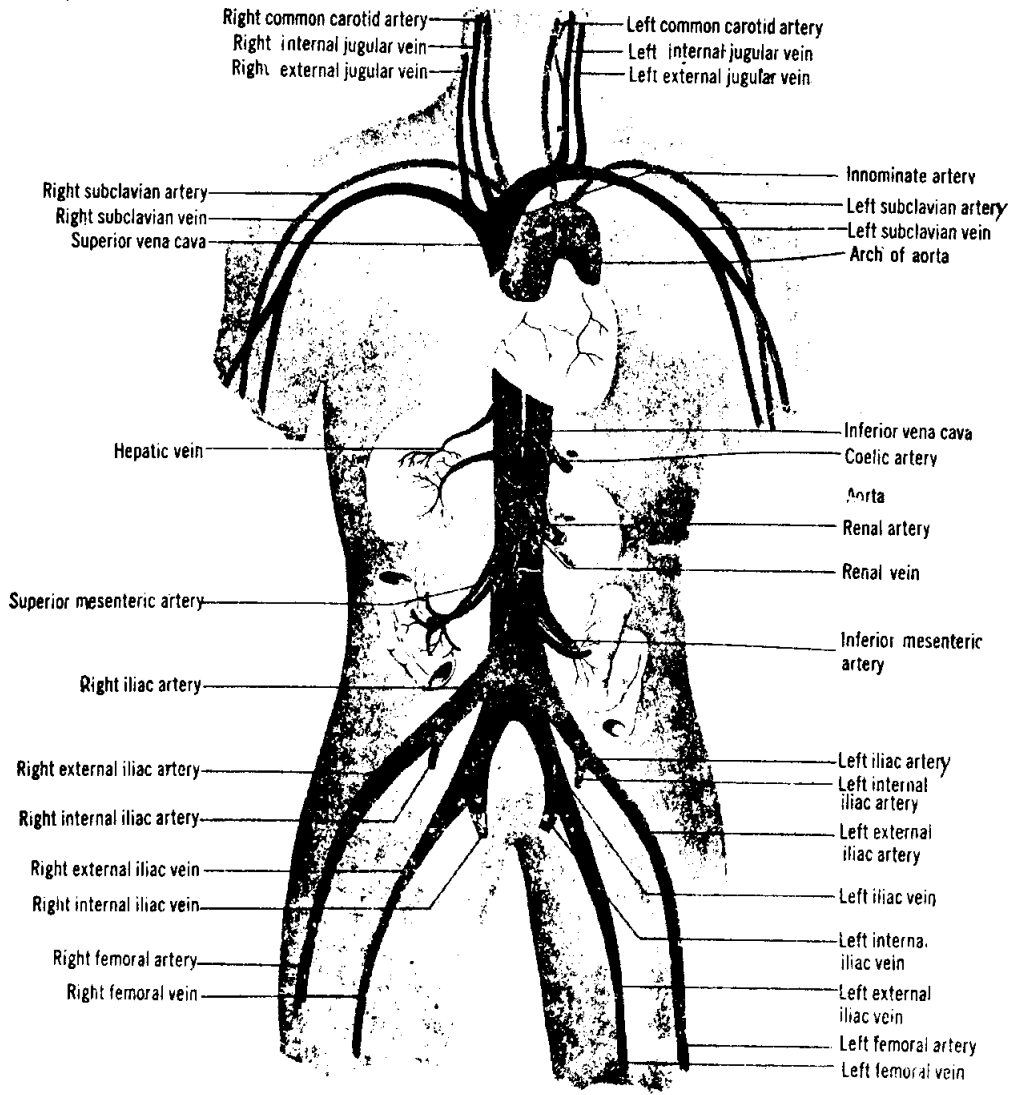
เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreas) ซึ่งทำหน้าที่ย่อยอาหารมีอยู่ 4 ชนิดคือ

- trypsin ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน
- rennin ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน

- lipase ทำหน้าที่ย่อยไขมัน
- amylase ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต
- ส่วนต่อมต่าง ๆ ในลำไส้เล็ก จะสร้างเอ็นไซม์ขึ้นมาอีก 4 ชนิด คือ
- erepsin ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน
- maltase ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต
- sucrase ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต
- lactase ทำหน้าที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต



ภาพ 8-2 แสดงรายละเอียดของลำไส้ แสดงให้เห็น วิลลัส ต่อมสร้างน้ำย่อย ท่อน้ำเหลือง เส้นโลหิต กล้ามเนื้อ และเยื่อผนังลำไส้



ภาพ 8-3 ระบบการหมุนเวียนของโลหิตในมนุษย์

การย่อยอาหารทุกประเภทจะเสร็จสิ้นที่ลำไส้เล็กนี้ ไขมันที่ย่อยเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลจะซึมเข้าไปในท่อน้ำเหลืองแล้วเข้าไปในเส้นเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ส่วนคาร์โบไฮเดรตซึ่งถูกย่อยเป็นกลูโคสและโปรตีนซึ่งถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนนั้น จะถูกดูดเข้าเส้นเลือดไปยังตับและจะถูกนำไปใช้งานต่อไป เส้นเลือดและเส้นน้ำเหลืองที่เป็นทางเข้าของอาหารเหล่านั้นจะแทรกซึมอยู่ในผนังของลำไส้เล็กซึ่งยื่นออกมาเป็นเส้นเล็ก ๆ เรียกว่า วิลลัส (villus) และการดูดซึมเข้าไปในเส้นเลือดและเส้นน้ำเหลืองนี้เป็นไปโดยวิธีออสโมซิส

เพื่อที่จะให้นักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับการขนส่งลำเลียงอาหาร ได้ดียิ่งขึ้น จึงใคร่ขอย้อนอธิบายถึงระบบการหมุนเวียนโลหิตในร่างกายของมนุษย์เสียก่อน ระบบหมุนเวียนโลหิตนี้ประกอบด้วยหัวใจ และเส้นโลหิต หัวใจของมนุษย์แบ่งออกเป็นสี่ห้อง สองห้องทางด้านบนเรียกว่า atrium ทำหน้าที่รับโลหิตจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย สองห้องทางด้านล่างเรียกว่า ventricle ทำหน้าที่สูบฉีดโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ที่หัวใจจะมีเส้นโลหิตสองประเภทมาติดต่อกันอยู่ เส้นโลหิตที่ทำหน้าที่นำโลหิตออกจากหัวใจเรียกว่า artery ส่วนเส้นโลหิตที่ทำหน้าที่นำโลหิตเข้าสู่หัวใจเรียกว่า vein เส้นโลหิตที่อยู่ใกล้หัวใจจะมีขนาดใหญ่เมื่อห่างออกไปจะมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ จนในที่สุดเมื่อแทรกเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อจะเป็นหลอดที่มีขนาดเล็กมากเรียกว่า capillary ผนังของ capillary นี้จะบางมาก ทำให้สะดวกแก่การดูดซึม

โลหิตที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีสีคล้ำ โลหิตเหล่านี้จะไหลจาก capillary vein ส่งต่อเข้ามายังเส้นโลหิตดำใหญ่เข้าสู่ atrium ข้างขวา จากนั้นโลหิตจะไหลลงสู่ ventricle ด้านขวาแล้วจะถูกสูบฉีดเข้าสู่เส้นโลหิต pulmonary artery เพื่อส่งไปยังปอดทำการฟอกโลหิตให้กลับบริสุทธิ์ เมื่อโลหิตบริสุทธิ์แล้วจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจโดยมาทางเส้น pulmonary vein เข้าสู่หัวใจห้อง atrium ข้างซ้ายแล้วไหลลงไปยัง ventricle ข้างซ้าย จากนั้นจะถูกสูบฉีดเข้าสู่เส้นโลหิตใหญ่ชื่อ aorta ซึ่งเป็น artery ที่ใหญ่ที่สุด แล้วไหลไปตาม artery ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย และไหลกลับเข้าสู่หัวใจโดยทางเส้น vein วนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป

นอกจากร่างกายของมนุษย์เราจะมีระบบการไหลเวียนของโลหิตแล้ว ยังมีระบบการไหลเวียนอีกระบบหนึ่ง คือระบบน้ำเหลืองหรือ lymphatic system ระบบน้ำเหลืองนี้จะมีท่อน้ำเหลืองแทรกเข้าไปรวมอยู่ในบริเวณเดียวกันกับ capillary แต่ปลายเส้นน้ำเหลืองจะแยกออกไปแทรกอยู่ตามเซลล์ของเนื้อเยื่อ ส่วนปลายของ capillary จะต่อเนื่องประสานกัน ท่อน้ำเหลืองนี้จะทำหน้าที่ดูดกรองน้ำเหลืองออกจากเนื้อเยื่อมารวมกัน แล้วนำเข้าสู่เส้น vein ในบริเวณที่อยู่ใกล้หัวใจ

อาหารที่ย่อยแล้ว จะถูกดูดเข้าสู่ capillary vein ของผนังลำไส้เล็ก แล้วจะถูกลำเลียงไปรวมกันและไหลเข้าสู่ hepatic portal vein ซึ่งเป็นเส้น vein ที่นำโลหิตไหลเข้าสู่ตับ อาหารที่จะถูกนำเข้าไปยังตับนี้ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ส่วนไขมันจะถูกท่อน้ำเหลืองดูดซึมลำเลียงไปต่างหาก

Synthesis

อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยแล้ว จะทำหน้าที่เป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยที่คาร์โบไฮเดรตทุกชนิดจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นน้ำตาลกลูโคส และไหลเวียนไปตามกระแสโลหิต ในกรณีที่ร่างกายได้รับกลูโคสไม่เพียงพอ อันอาจเกิดจากการขาดอาหารหรืออดอาหารก็ตาม ร่างกายจะดึงเอากลูโคสจากตับมาใช้ แต่ในภาวะการผิดปกติกลูโคสจะถูกนำเข้าไปเก็บสะสมไว้ในตับ และจะเปลี่ยนเป็นแป้งไกลโคเจน ถ้าร่างกายมีปริมาณของกลูโคสอยู่มากจนเกินความจำเป็นใช้ กลูโคสเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนโครงสร้างให้ไปเป็นไขมัน เก็บสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ส่วนทางด้านไขมัน ซึ่งถูกย่อยจนกลายเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล จะถูกดูดลำเลียงจากลำไส้ ไปเก็บสะสมไว้ในบริเวณใต้ผิวหนัง สารทั้งสองชนิดนี้จะกลับรวมตัวกันเป็นไขมันในร่างกายเมื่อร่างกายได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ไขมันเหล่านี้จะถูกลำเลียงมาย่อยสลายตัวที่ตับแล้วจึงไหลเข้าสู่กระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อาหารประเภทโปรตีน เมื่อถูกย่อยให้เป็นการดอะมิโนแล้วจะซึมเข้าไปสู่ผนังลำไส้นำไปประกอบเป็นอินซิมและโปรตีนรูปอื่น ทำการซ่อมแซมและเสริมสร้างโปรตีนที่มีอยู่ในร่างกายให้มีการเจริญเติบโต ในกรณีที่ร่างกายได้รับกรดอะมิโนไม่พอเพียง จะนำเอาโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อมาย่อยสลายเป็นการดอะมิโนเพื่อนำไปใช้งานที่ต้องการ ร่างกายนำเอากรดอะมิโนไปใช้ในขบวนการหายใจภายในเซลล์ ผลของการใช้งานจะถูกขับออกมาจากร่างกายในรูปของสารประกอบที่เรียกว่า ยูเรีย (urea) ซึ่งปะปนออกมากับปัสสาวะและอุจจาระ

ร่างกายไม่สามารถสร้างกรดอะมิโนจากสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต และไขมัน ทั้งนี้เพราะสารทั้งสองประเภทไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ แต่ถึงกระนั้นร่างกายก็ยังสามารถสร้างกรดอะมิโนบางชนิดได้ โดยใช้ธาตุไนโตรเจนที่ได้จากสารอาหารชนิดอื่น มีกรดอะมิโนอยู่ 8 ชนิดที่ร่างกายมีความต้องการมากจนขาดไม่ได้ แต่ร่างกายก็ไม่สามารถจะสร้าง

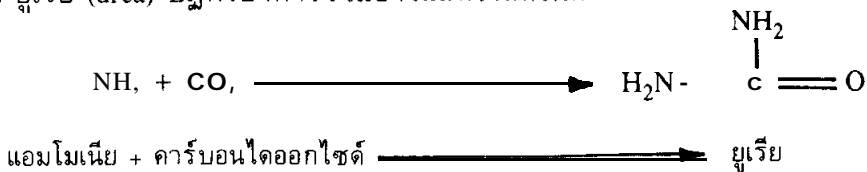
ขึ้นได้เอง กรดอะมิโนทั้ง 8 ชนิดนี้จึงเรียกว่า essential amino acid ร่างกายจะได้รับกรดอะมิโนเหล่านี้จากการใช้เนื้อสัตว์เป็นอาหาร ทั้งนี้เพราะในเนื้อสัตว์นั้นมีกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ อยู่อย่างครบถ้วนบริบูรณ์ ส่วนพืชนั้นมีไม่กี่ชนิดที่มีปริมาณของโปรตีนมากจนเป็นที่สังเกตได้

ในขบวนการสร้างไขมัน แบंग์ไกลโคเจน และน้ำตาลกลูโคส ขึ้นภายในร่างกายนั้น ร่างกายจะต้องใช้สารเพื่อมาทำหน้าที่ก่อเกิดพลังงาน สารดังกล่าวนี้ได้มาจากขบวนการหายใจ แลกเปลี่ยนก๊าซ ธาตุที่ทำให้ก่อเกิดพลังงานนี้ได้แก่ก๊าซออกซิเจน ซึ่งจะถูกนำไปยังเซลล์ต่าง ๆ โดยสารเคมีที่อยู่ในเม็ดโลหิตแดง สารเคมีชนิดนี้มีชื่อว่า ฮีโมโกลบิน (haemoglobin)

นอกจากร่างกายจะสร้างคาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีนแล้ว ยังทำการสร้างวิตามินอีก 2 ชนิด คือ วิตามิน D และวิตามิน K วิตามิน D สร้างโดยแสงแดดจะเปลี่ยนสาร ergosterol ซึ่งอยู่ใต้ผิวหนังให้กลายเป็นวิตามิน ส่วนวิตามิน K สร้างขึ้นโดยการทำงานของแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้

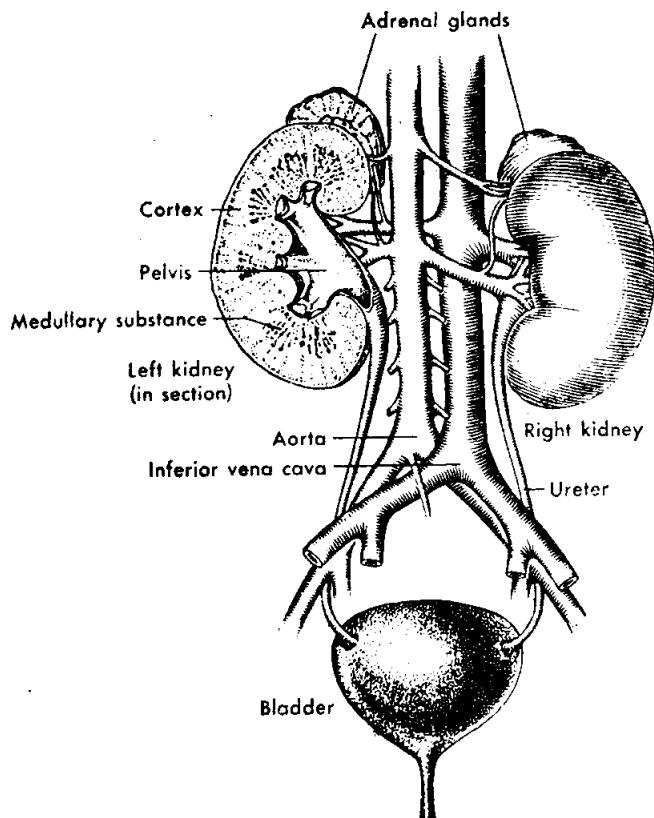
สารประกอบประเภทกรดนิวคลีอิค ไลปิดเชิงประกอบ และฮอร์โมน ก็ถูกสร้างขึ้นในขบวนการ synthesis นี้เช่นกัน สิ่งต่าง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นในร่างกายนี้ต่างก็มีส่วนทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะปรกติสุข (homeostasis) ทั้งสิ้น

ในการสร้างสารต่าง ๆ ขึ้นมานั้น ขณะที่ได้ผลผลิตตามต้องการแล้ว ขณะเดียวกันก็จะได้สารอันไม่พึงประสงค์ออกมาด้วย สารเหล่านี้ร่างกายจะต้องกำจัดออกไปเพื่อมิให้เกิดคั่งค้าง และเป็นพิษต่อร่างกาย ของเสียที่ร่างกายต้องกำจัดออกนั้น นอกจากกากอาหารซึ่งถูกกำจัดออกโดยระบบท่อทางเดินอาหารแล้ว ยังมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และของเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนปนอยู่ ในการกำจัดของเสียที่มีไนโตรเจนปนอยู่ด้วยนั้น จะมีอวัยวะที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย 2 อวัยวะคือ ตับ และไต ในกรณีของตับนั้นจะเก็บกักสารเหลือใช้ต่าง ๆ เข้าไปรวมเป็นน้ำดี (bile) และขับออกมานอกร่างกายโดยปนมากับอุจจาระ ส่วนไตทำหน้าที่กรองของเสียที่ได้จากการแยกสลายกรดอะมิโนออกจากกระแสโลหิต ของเสียที่สกัดออกมาได้นั้น เป็นสารประกอบพวกแอมโมเนีย (ammonia NH₃) แล้วนำไปรวมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้สารประกอบใหม่เรียก ยูเรีย (urea) ปฏิกริยาการรวมอาจแสดงได้ดังนี้คือ

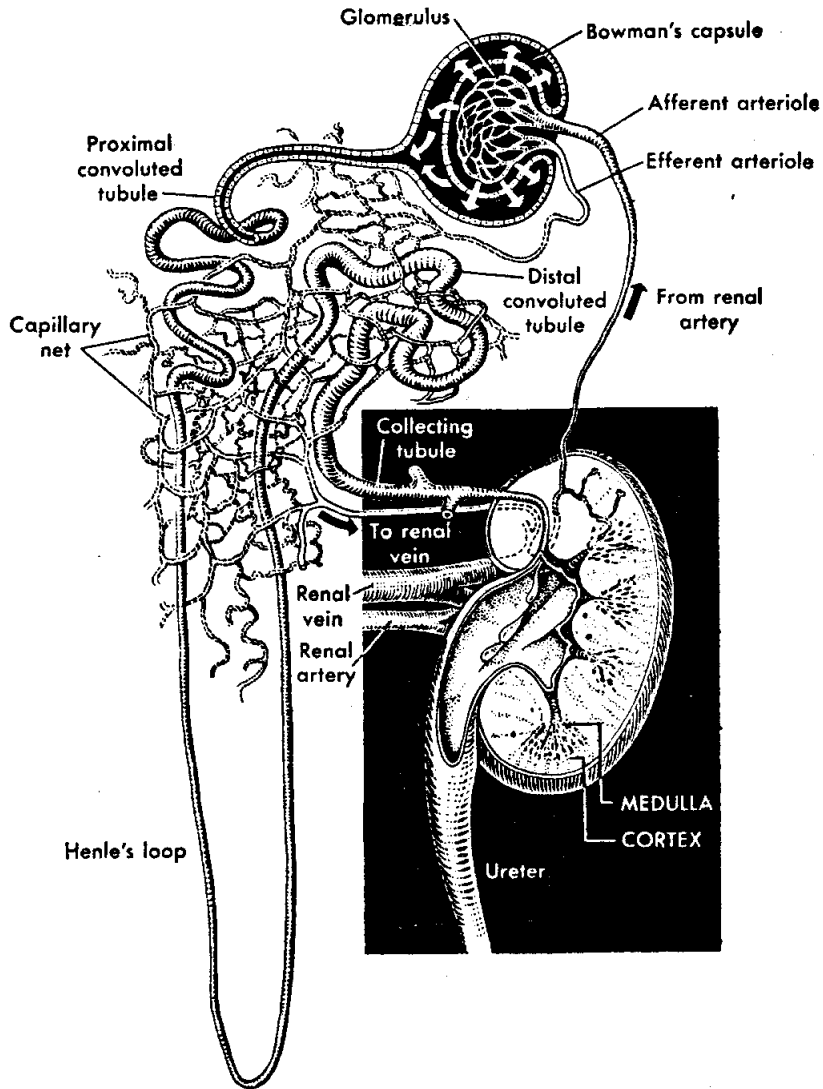


(ในความเป็นจริงปฏิกริยามิได้เกิดโดยตรงเช่นนี้ แต่มีขบวนการที่ยุ่ยากซับซ้อนมาก ในที่นี้จึงนำเฉพาะผลสรุปมาแสดง)

สารยูเรียจะถูกกำจัดออกนอกร่างกายโดยไต (kidney) ไตของคนเรามีรูปร่างคล้าย
 เมล็ดถั่วดำ หรือเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ อยู่แนบกับพื้นด้านหลังของช่องท้องขนาดอยู่ 2 ข้างของ
 ท่อนกระดูกสันหลังในระดับบั้นเอว ไตแต่ละข้างจะมีขนาดยาวประมาณ 4½ นิ้ว กว้าง 2 นิ้ว
 หนา 1 นิ้ว หนักประมาณ 130 กรัม ที่ด้านเว้าจะมีท่อติดต่อกับอยู่ 3 ท่อ คือท่อโลหิตแดง (renal
 artery) ท่อโลหิตดำ (renal vein) และท่อนำปัสสาวะ (ureter)



ภาพ 8-4 ไตและกระเพาะปัสสาวะ



ภาพ 8-5 หลอดไต

ไตมีหน้าที่กรองและสกัดเอาสารยูเรีย และสารประกอบที่มีไนโตรเจนออกจากกระแสโลหิต หน่วยกลั่นกรองนี้มีลักษณะเป็นหลอดยาวเรียกว่า หน่วยไต (nephron) ซึ่งไตแต่ละข้างจะประกอบด้วยหลอดไตนี้ประมาณ 1 ล้านหลอด หน่วยไตแต่ละหลอดประกอบด้วยส่วนที่เป็นแอ่งหุ้ม (capsule) และส่วนที่เป็นหลอดยาวขนาดเล็กมาก (tubule) หลอดเล็กนี้จะติดต่อกันกับ

หลอดเลือดเพื่อระบายของเสียเข้าสู่ท่อรวม ในแง่หนึ่งนั้นจะมีกลุ่มของเส้นเลือดฝอยมารวมอยู่เป็นจำนวนมาก ผืนของเส้นเลือดฝอยนี้บาง ทำให้สารที่เป็นของเสียในกระแสโลหิตซึมผ่านเข้าไปสู่ผืนของแ่งหุ้มได้โดยสะดวก จากนั้นของเสียนี้จะซึมออกสู่หลอดเลือดเล็ก ๆ ไปเก็บรวมไว้ในหน่วยไตและไปกระเพาะปัสสาวะในที่สุด

ในวันหนึ่ง ๆ คนเราจะถ่ายปัสสาวะออกมาประมาณ 1,200 - 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำปัสสาวะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.018 น้ำปัสสาวะประกอบด้วยน้ำประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ กลีโอะเร่ ยูเรีย และสารอื่น ๆ ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ปัสสาวะของผู้มีร่างกายปรกติมักจะเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ และใส ตั้งทิ้งไว้จะขุ่นทั้งนี้เพราะโปรตีนตกตะกอน ปัสสาวะของผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน (diabestes mellitus) จะมีปริมาณของน้ำตาลกลูโคสอยู่มาก

นอกจากร่างกายจะขับถ่ายของเสียออกทางน้ำดีและปัสสาวะแล้วยังมีการขับถ่ายได้อีกทางหนึ่งคือทางผิวหนัง โดยการทำงานของต่อมเหงื่อซึ่งอยู่ใต้ผิวหนัง

Respiration

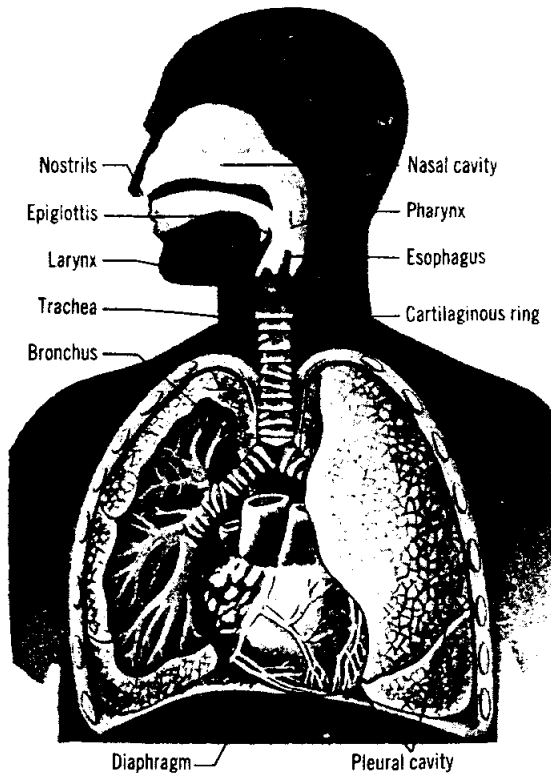
Respiration เป็นขบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม respiration ในคนและสัตว์ชั้นสูงอื่น ๆ นั้นได้แก่การหายใจ ซึ่งหมายถึงการนำเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปและขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาโดยอวัยวะต่าง ๆ ของระบบหายใจ

ระบบหายใจของมนุษย์ประกอบด้วยปอดสองข้างอยู่ภายในช่องอก (thoracic cavity) ปอดแต่ละข้างจะมีขั้วปอด (bronchus) ยึดอยู่ แล้วขั้วปอดนี้จะไปรวมกันเป็นท่อ หลอดลม (trachea) ซึ่งจะเปิดบรรจบกับหลอดคอ (pharynx) ของระบบทางเดินอาหาร ภายในปอดจะมี bronchiole แดกสาขาออกมาจาก bronchus และจะแตกไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายสุดจะเป็นถุงลมเล็ก ๆ (alveolus หรือ air sac) ซึ่งจะมีเส้นโลหิตฝอยล้อมรอบ เป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ปอดมีความจุ 3,500-4,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ลมหายใจแต่ละครั้งจะมีประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการหายใจครั้งหนึ่งปอดจะดูดก๊าซออกซิเจนไว้ 4.94 เปอร์เซ็นต์ และคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 4.35 เปอร์เซ็นต์ของอากาศ

เมื่อมีการหายใจ ปอดจะพองและแฟบโดยการทำงานของกระบังลม (diaphragm) และกล้ามเนื้อกระดูกซี่โครง (intercostal muscle) ทำให้ช่องอกยืดขยายและหดตัว

เมื่อก๊าซออกซิเจนซึมเข้าไปสู่กระแสโลหิตแล้ว จะเข้าไปรวมกับสารฮีโมโกลบินในเม็ดโลหิตแดง กลายเป็นสารออกซีฮีโมโกลบิน (oxyhaemoglobin) ไหลไปกับกระแสโลหิตวนเวียนไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างออกซิเจนกับฮีโมโกลบินนั้นมีน้อย



ภาพ 8-6 ระบบหายใจของมนุษย์

มาก ดังนั้นเมื่อเม็ดโลหิตแดงผ่านไปถึงเซลล์ที่กำลังทำงานและต้องการใช้ออกซิเจนในปฏิกิริยาออกซิเจนก็จะแตกตัวจากออกซีเฮโมโกลบินเข้าไปทำปฏิกิริยา พร้อมกันนั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะละลายปนกับโลหิตมาสู่ปอดเพื่อเตรียมถูกขับออกนอกร่างกายต่อไป

จะเห็นได้ว่า เมตาบอลิซึมในมนุษย์นั้น ตัวจักรที่สำคัญที่จะทำให้ร่างกายเกิดปฏิกิริยาได้ทั้งในขบวนการ nutrition ขบวนการ synthesis และขบวนการ respiration นั้นได้แก่ระบบหมุนเวียนของโลหิตนั่นเอง

8.2 เมตาบอลิซึมในพืชชั้นสูง (Metabolism of the complex plant)

Nutrition

ในการศึกษาเมตาบอลิซึมของพืชชั้นสูงนั้น ใครที่จะเริ่มตั้งแต่เมล็ด เมล็ดเป็นหน่วยในการขยายพันธุ์ของพืช ประกอบด้วย ดันอ่อน (embryo) และเนื้อเยื่อบางชนิดทำหน้าที่สะสมอาหารเมื่อภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และก๊าซออกซิเจน อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ก็จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายในเซลล์ของเมล็ดนั้น ในขณะที่เมล็ดเริ่มงอกนั้นยังไม่สามารถสร้าง

อาหารได้เอง ต้องอาศัยอาหารซึ่งเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อของเมล็ดมาเป็นเชื้อเพลิงที่จะทำให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ ขึ้นภายในเซลล์ การใช้อาหารในระยะนี้เกิดขึ้นโดยเอ็นไซม์ภายในเซลล์จะย่อยอาหารให้แตกตัวและให้พลังงานขึ้นมา

เมื่อต้นไม้เริ่มงอกและเจริญเติบโตจนมีรากเกิดขึ้น รากจะทำหน้าที่หยั่งยึดลำต้นและดูดหาน้ำตลอดจนแร่ธาตุจากดิน ขึ้นสู่ลำต้นและใบซึ่งขณะนี้จะมีสารคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นแล้วในช่วงระยะนี้ต้นพืชสามารถสร้างอาหารได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาแหล่งอาหารจากที่อื่น

แร่ธาตุที่พืชต้องการเพื่อนำไปสร้างเป็นอาหารนั้น ได้แก่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ออกซิเจน และแร่ธาตุอื่น ๆ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนจะซึมแพร่เข้าสู่ต้นพืชโดยทางใบ น้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ เข้าทางราก การซึมแพร่ของก๊าซเข้าทางใบนั้นเป็นขบวนการแพร่กระจายแบบธรรมดา โดยก๊าซจะซึมแพร่เข้าทางปากใบ (stoma) ซึ่งจะมีอยู่ทั่วแผ่นใบทั้งด้านบนและด้านล่างแต่ด้านล่างจะมีปริมาณมากกว่า เมื่อเกิดการทํางานต่าง ๆ ภายในเซลล์ของใบแล้ว จะได้ไอน้ำและก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้น สารทั้งสองนี้จะระเหยออกจากใบทางปากใบเช่นกัน

Synthesis

ดังได้ทราบแล้วว่า แหล่งสร้างอาหารของต้นพืช ได้แก่บริเวณที่มีสีเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใบซึ่งเป็นแหล่งสร้างอาหารแหล่งสำคัญ ผลของการสร้างอาหารของใบจะทำให้ได้สารประกอบชนิดหนึ่งชื่อ ฟอสโฟกลีเซอรอลดีไฮด์ (phosphoglyceraldehyde) หรือ PGAL กับก๊าซออกซิเจน ออกซิเจนส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการทํางานของเซลล์ อีกส่วนหนึ่งจะระเหยออกทางปากใบ PGAL จะถูกนำมารวมกันแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลหรือแป้ง หรืออาจถูกนำไปรวมกับแร่ธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบใหม่ขึ้นมาก็ได้ อาหารที่ถูกสร้างขึ้นมามักจะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ที่พบเห็นกันโดยทั่วไปได้แก่ ราก เช่น หัวผักกาด ผือก มัน ลำต้น เช่น อ้อย นอกจากนี้ยังอาจพบที่ใบ ผล และเมล็ด

Respiration

ด้วยเหตุที่พืชมีการสังเคราะห์อาหารเป็นกิจกรรมเด่น จนทำให้เกิดความเข้าใจผิด ๆ ว่า การหายใจนั้นมีเฉพาะในสัตว์ หรือสัตว์หายใจเอาก๊าซออกซิเจน ส่วนพืชหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในความเป็นจริงแล้ว พืชก็ต้องใช้ก๊าซออกซิเจนไปใช้ในการทํางานเพื่อทำให้เกิดพลังงานเช่นกัน เรื่องนี้มีการพิสูจน์โดยนำเอาเมล็ดพืชที่กำลังเริ่มงอกใส่ลงในภาชนะที่ควบคุมปริมาตรของอากาศได้ พบว่าเมล็ดเหล่านั้นจะใช้ก๊าซออกซิเจนในภาชนะนั้น และเมื่อออกซิเจนหมด การเจริญเติบโตจะหยุดชะงักจนกว่าจะได้ออกซิเจนเพิ่มเข้าไปอีก นอกจากนั้นยังได้ทํางาน

พืชจะนำเอาต้นไม้ไปไว้ในที่มีด พบว่าพืชจะใช้ออกซิเจนและคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การหายใจของพืชเกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ในเวลากลางวันขณะที่พืชทำการสร้างอาหาร จะรับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป และคายออกซิเจนออกมา และจะหายใจโดยรับเอาออกซิเจนเข้าไปและคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา แต่เนื่องจากอัตราความเร็วของกระบวนการสร้างอาหารมีมากกว่าอัตราความเร็วของการหายใจจึงทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนมากเกินไปที่พืชจะนำไปใช้ได้หมดในทันที จึงดูเหมือนว่าในเวลากลางวันพืชมีแต่กระบวนการสร้างอาหาร ไม่มีกระบวนการหายใจ

ในพืชที่มีอายุหลายปีหรือพืชที่มีเปลือกหุ้มลำต้น การหายใจจะเกิดขึ้นที่บริเวณปลายยอดและปลายราก (ส่วนที่ไม่มีเปลือกหุ้มอยู่) ด้วยเหตุนี้ต้นไม้ที่ได้รับการพรุนดินบริเวณรากจึงเจริญเติบโตเร็วกว่าต้นไม้ที่ไม่ได้รับการพรุนดิน ซึ่งทำให้ออกซิเจนซึมเข้าสู่รากได้ยาก

จากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเมตาบอลิซึม ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์นั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนการเมตาบอลิซึมเป็นกระบวนการที่นำเอาระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมาทำงานสัมพันธ์กัน ถ้าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มาประกอบกันเป็นกระบวนการเมตาบอลิซึมมีความสมดุลย์แก่กันแล้ว จะทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นดำรงชีพอยู่ได้อย่างเป็นปกติสุข และมีความเจริญงอกงามสืบไป

8.3 การเจริญเติบโต (Growth)

ความหมายในทางชีววิทยาของคำว่า การเจริญเติบโต (The biological meaning of growth)

โดยนัยแห่งความหมายแล้ว คำว่า การเจริญเติบโตหมายถึง การเพิ่มขนาดของมวลสารหรือน้ำหนัก ไม่ว่าสิ่งที่จะเพิ่มขึ้นมานั้นจะได้มาจากการสร้างสรรค์ของโปรโตพลาสต์ภายในเซลล์หรือจากการเพิ่มของสารที่เซลล์สร้างขึ้นมาก็ได้ตาม มีเงื่อนไขแต่เพียงประการเดียวว่ามวลที่เพิ่มขึ้นนั้นจะต้องได้มาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิต

แม้ว่าทางชีววิทยาจะบ่งระบุว่า การเจริญเติบโตเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิต แต่ก็มิได้หมายความว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะเพิ่มปริมาตรหรือน้ำหนักอยู่ตลอดเวลาโดยไม่มีขีดจำกัด แม้เราจะพบว่าพืชบางชนิดจะมีการเจริญเติบโตอยู่ตลอดเวลาที่มีชีวิต แต่ในสัตว์นั้นการเจริญเติบโตจะมีขีดสิ้นสุดของการเจริญเติบโตทางรูปร่าง ต่อจากนั้นการเจริญเติบโตจะดำเนินอยู่ภายในร่างกายโดยกระบวนการ anabolism และ catabolism จะยังดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ โดยนัยนี้การเจริญเติบโตจึงหมายถึงการแสดงออกทางศักยภาพ (potentiality) ของกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ นั่นคือเซลล์จะมีการซ่อมเสริมหรือทดแทนส่วนที่สึกหรอหรือทรุดโทรมให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ดังเดิม

8.3.1 การเจริญเติบโตและความเปลี่ยนแปลงในพืช (Growth and differentiation in plant)

ในเรื่องของการเจริญเติบโตและความเปลี่ยนแปลงในพืชนั้น ส่วนใหญ่มักมุ่งไปศึกษาที่พืชชั้นสูง ทั้งนี้เพราะในพืชชั้นต่ำซึ่งยังไม่มีท่อลำเลียงนั้นมีสภาพของโครงสร้างและการดำรงชีวิตอย่างง่าย ๆ นอกจากนั้นพืชชั้นต่ำยังมีขนาดไม่ใหญ่โตและไม่สู้มีความสำคัญต่อมนุษย์เรามากนัก ส่วนพืชชั้นสูงเมื่อพิจารณาในแง่ต่าง ๆ แล้วพบว่า นอกจากเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากแล้วเซลล์เหล่านั้นยังมีการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับขนาดและลักษณะของถิ่นที่อยู่อาศัย

การเจริญเติบโตของพืชชั้นสูงเริ่มต้นจากการที่ไซโกต (zygote - เซลล์ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของเซลล์เพศผู้กับไข่) จะแบ่งตัวอยู่ภายในต้นพืชที่เป็นผู้ให้กำเนิด แม้ว่าในระยะนี้เนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงหรือมีความแตกต่างกัน แต่เนื้อเยื่อก็เริ่มแบ่งตัวเป็นอวัยวะ 2 ชนิดคือ ราก (root) และยอด (shoot) เนื้อเยื่อส่วนที่จะเป็นรากนั้นจะมีการสนองตอบต่อแรงดึงดูดของโลก และจะเริ่มแผ่ขยายระบบรากให้กว้างออกไป ส่วนเนื้อเยื่อที่จะเป็นยอดนั้น จะมีการเจริญเติบโตในทิศทางตรงกันข้ามกับราก และจะแผ่ขยายเป็นลำต้น กิ่งก้านและใบต่อไป ในพืชชั้นสูงนั้น เมื่อไซโกตเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนภายในแมลลิตแล้ว จะหยุดการเจริญเติบโตอยู่ชั่วคราวหนึ่ง ทั้งนี้เป็นการปรับตัวให้เข้ากับสภาพของสิ่งแวดล้อม ต่อเมื่อสภาพแวดล้อมเกิดความเหมาะสมทั้งในด้านความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณของก๊าซออกซิเจน ต้นอ่อนนั้นจึงจะเจริญเติบโตต่อไป

เมื่อต้นอ่อนงอกออกจากแมลลิตแล้ว เซลล์ต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นต้นพืชที่แท้จริง ถ้าเราพิจารณาด้านพืชจากส่วนปลายลึกเข้ามาเรื่อย ๆ จะพบส่วนปลายสุดทั้งทางยอดและทางรากนั้น จะเป็นเนื้อเยื่อพวก meristem ต่อจากนั้นจึงเป็นเนื้อเยื่อประเภทต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเนื้อเยื่อป้องกัน เนื้อเยื่อสามัญ และเนื้อเยื่อลำเลียง ตามที่ได้อธิบายมาแล้วในตอนที่กำลังถึงเนื้อเยื่อของพืช

ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงเป็นอวัยวะต่าง ๆ ของพืชนั้น โดยทั่ว ๆ ไปมักจำแนกอวัยวะของพืชออกเป็น 2 พวกตามลักษณะการทำงานคือ

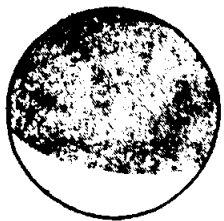
1. อวัยวะเพื่อการสืบพันธุ์ (reproductive organ) ได้แก่ ดอกซึ่งต่อไปจะกลายเป็นผลและมีเมล็ดอยู่ภายใน ทำหน้าที่สืบต่อพันธุ์มิให้สูญไป
2. อวัยวะเพื่อการดำรงชีพ (vegetative organ) ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ทำหน้าที่จัดหาอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อนำไปบำรุงเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืช

8.8.2 การเจริญเติบโตและความเปลี่ยนแปลงในสัตว์ (Growth and differentiation in animal)

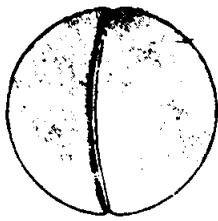
ในสัตว์ส่วนใหญ่ (ยกเว้นไฟลัมที่ 1 และที่ 2) นั้น เมื่อไข่ได้รับการผสม (fertilization) และกลายเป็นไซโกต (zygote) แล้ว ไซโกตนั้นจะมีการแบ่งเซลล์ต่อไปกลายเป็นตัวอ่อน (embryo) เซลล์ที่แบ่งตัวออกมาจะรวมกันเป็นเนื้อเยื่อและแบ่งออกเป็นชั้น ๆ ได้ 3 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm) เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) และเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) ในการศึกษากำเนิดของเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ นั้น มักนิยมศึกษาจากตัวอ่อนของสัตว์ทะเลชนิดหนึ่ง ชื่อแอมฟิออกซัส (Amphioxus) ซึ่งเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังขั้นต้น ความเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในสัตว์ชนิดนี้มีลักษณะร่วมของสัตว์มีกระดูกสันหลังกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

ไข่ของแอมฟิออกซัสมีขนาดเล็ก ภายในมีอาหารสะสมอยู่เพียงเล็กน้อย เมื่อเซลล์ได้รับการผสมเป็นไซโกตแล้วจะแบ่งตัวติดต่อกันจนกลายเป็นกลุ่มเซลล์ เรียงตัวเป็นก้อนกลมภายในกลวง ไซโกตระยะนี้เรียกว่า บลาสตูลา (blastula) ช่องกลวงภายในเรียกว่าบลาสโตซีล (blastocoel) เซลล์ของบลาสตูลาแบ่งเซลล์เรื่อย ๆ จนได้เซลล์จำนวนมากประมาณ 200 เซลล์ล้อมเป็นผนังชั้นเดียวรอบบลาสโตซีล เซลล์แต่ละเซลล์เรียกว่าบลาสโตเมอร์ (blastomere) ในระยะนี้จะสังเกตเห็นว่าเซลล์ด้านหนึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่าอีกด้านหนึ่ง เซลล์ทางด้านบนจะมีขนาดเล็กและจะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วลงมาด้านล่างจนดันให้กลุ่มเซลล์ใหญ่ทางด้านล่างม้วนตกลงกลับเข้าสู่ช่องบลาสโตซีล ทำให้ผนังของบลาสตูลามีลักษณะเป็นสองชั้นติดกัน เรียกกลุ่มเซลล์ในระยะนี้ว่า แกสตรูลา (gastrula) ระยะนี้บลาสโตซีลจะหายไป เกิดช่องใหม่เรียกว่าช่อง อาร์เคนเทอรอน (archenteron) ขึ้นมาแทน ช่องอาร์เคนเทอรอนนี้มีทางเปิดติดต่อกับภายนอกเรียกว่า บลาสโตพอร์ (blastopore) ตอนนี้จะพิจารณาเห็นได้ว่าตัวอ่อนมีเนื้อเยื่อสองชั้น คือเนื้อเยื่อชั้นนอกเรียกว่าชั้น ectoderm และเนื้อเยื่อชั้นในเรียกว่าชั้น endoderm

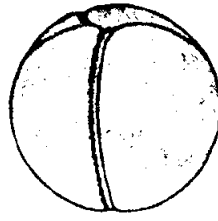
การเจริญเติบโตของตัวอ่อนในระยะนี้จะเป็นไปทางด้านเพิ่มความยาว พร้อมกันนั้นเนื้อเยื่อชั้นนอกจะเจริญล้ำเข้ามาในส่วนของบลาสโตพอร์ ผิวด้านบนของตัวอ่อนเริ่มแบนลง ต่อมาเนื้อเยื่อชั้นนอกของบริเวณตอนกลางที่แบนลงนี้จะยุบลงและดันเนื้อเยื่อชั้นในเข้าไปยังอาร์เคนเทอรอนแล้วเกาะตัวกันเข้าเป็นท่อประสาท (neural tube) เพื่อเป็นที่อยู่ของอวัยวะในระบบประสาทซึ่งจะเกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อชั้นนอกซึ่งยุบตัวตามลงมานั้น นอกจากจะรวมกลุ่มกันเป็นท่อประสาทแล้ว เนื้อเยื่อชั้นในส่วนที่ยุบตัวลงมานี้ยังเป็นตัวให้กำเนิดเนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) อีกด้วย โดยเซลล์จำนวนหนึ่งจะมารวมกันเกิดเป็นกลุ่มเซลล์เรียกว่า โซไมท์ (somite) อยู่ติดกับท่อประสาทข้างละกลุ่ม ต่อมากลุ่มของโซไมท์จะขยายตัวออกเป็นช่องตัว (coelom) และช่องอาร์เคน-



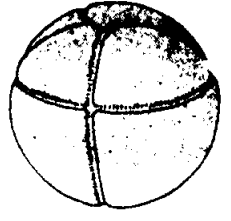
ZYGOTE



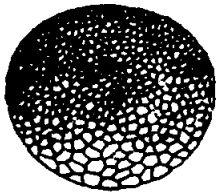
2-CELL STAGE



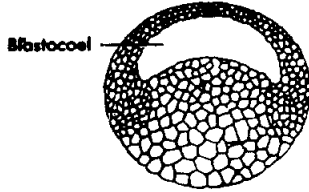
4-CELL STAGE



8-CELL STAGE

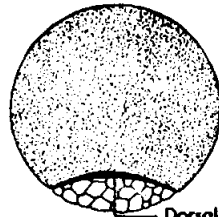


Exterior

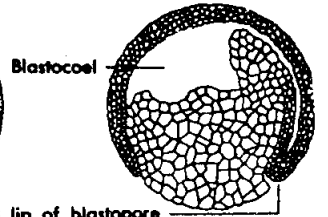


Section

BLASTULA

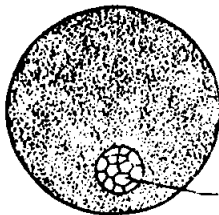


Exterior

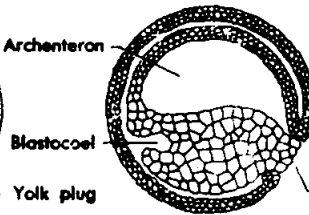


Section

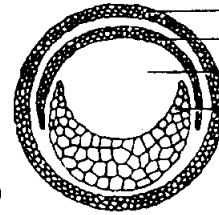
EARLY GASTRULA



Exterior

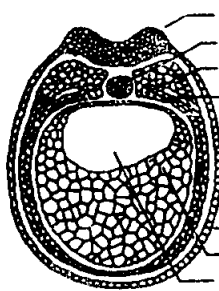


Longitudinal section

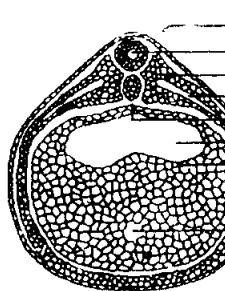
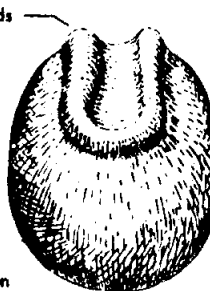


Cross section

YOLK PLUG STAGE



NEURAL FOLDS STAGE



NEURAL TUBE STAGE

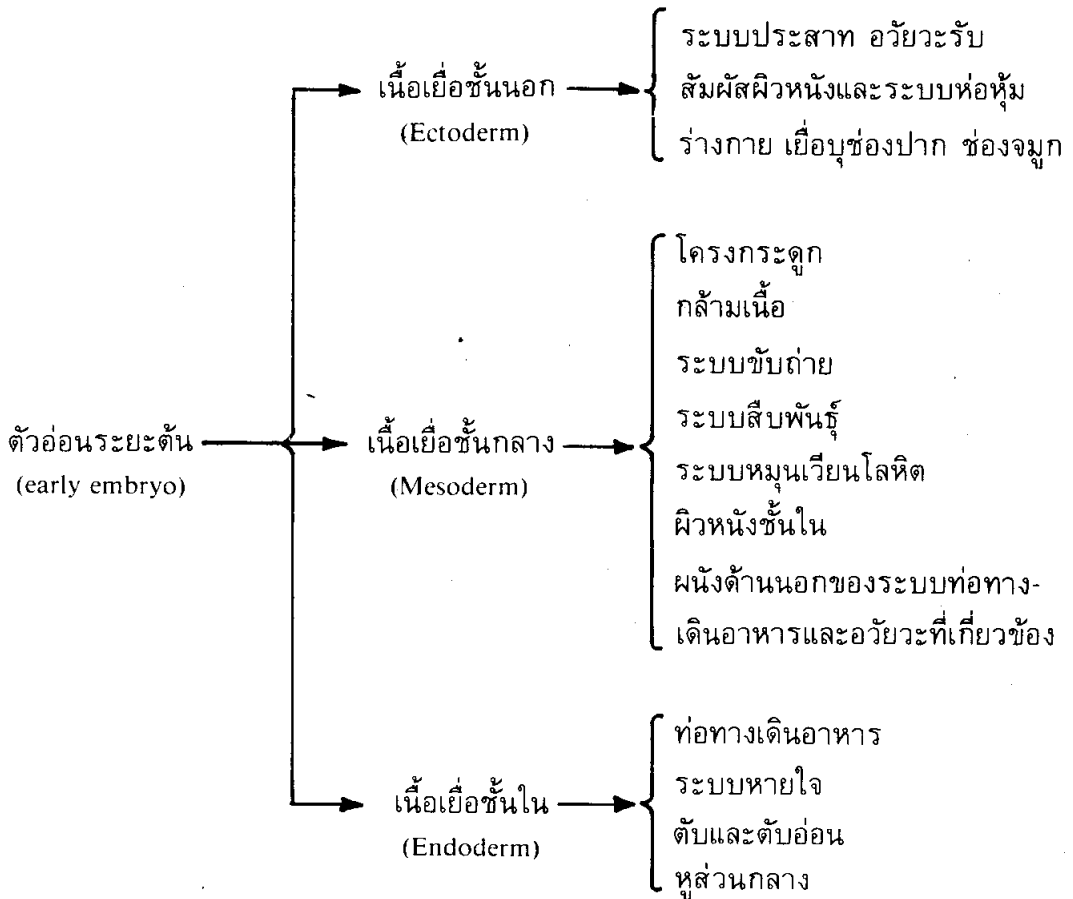
- Ectoderm
- Mesoderm
- Archenteron
- Endoderm

- Epidermis
- Neural canal
- Mesoderm
- Coelom
- Notochord
- Archenteron
- Endoderm
- Liver

ภาพ 8-7 แสดงลำดับขั้นการเจริญเติบโตและความเปลี่ยนแปลงของไข่ไก่

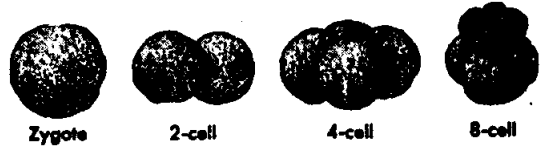
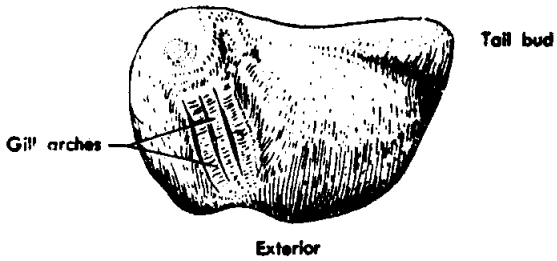
เทอรอนจะขยายตัวมาบรรจบกันกลายเป็นท่อทางเดินอาหาร (gut) ในขณะเดียวกันเนื้อเยื่อชั้นกลางกลุ่มหนึ่งจะรวมตัวกันเป็นแท่งกระดูกสันหลัง (notochord) ต่อจากนั้นเนื้อเยื่อแต่ละชั้นจะเจริญไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ ต่อไป

การเจริญและความเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ในสัตว์นั้น อาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

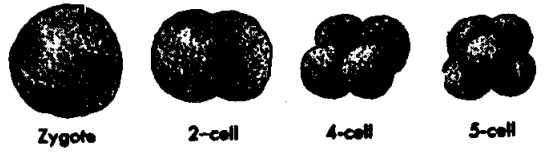


8.3.3 การสร้างเสริมส่วนที่เสียหายของร่างกาย (The Phenomenon of regeneration)

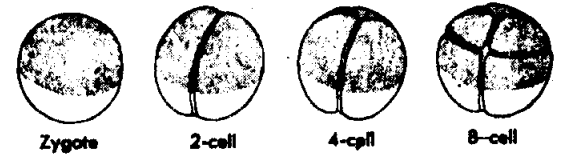
สิ่งมีชีวิตบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีความสามารถที่จะสร้างอวัยวะหรือส่วนของร่างกายขึ้นมาใหม่ เพื่อทดแทนอวัยวะเก่าที่เสื่อมโทรม สูญหายหรือถูกทำลายไป ความสามารถในการสร้างส่วนของร่างกายขึ้นมาได้ใหม่นี้เรียกว่า Regeneration



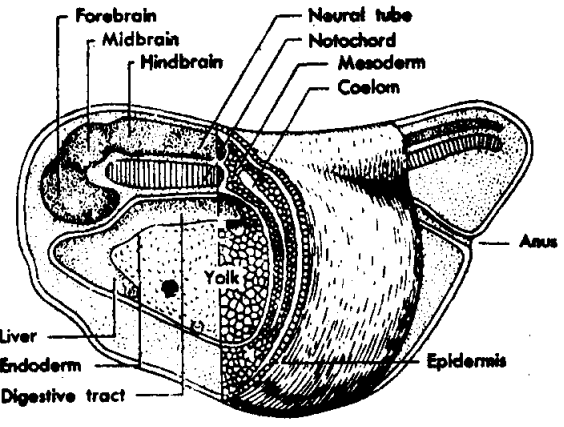
AMPHIOXUS



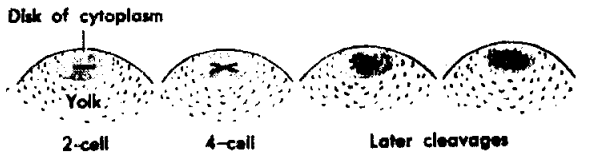
MAMMAL



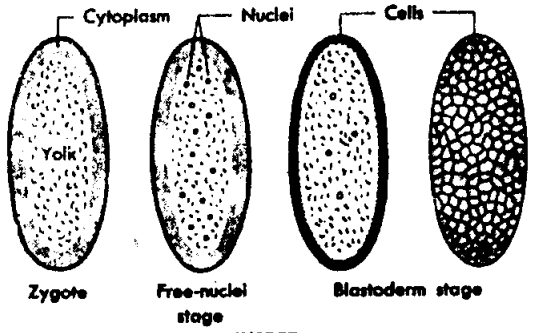
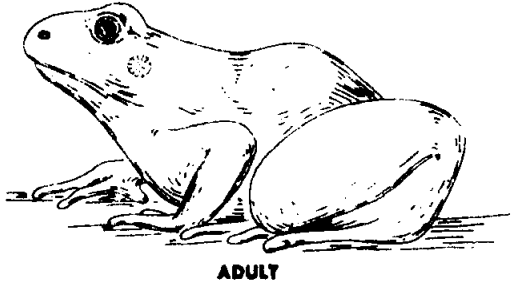
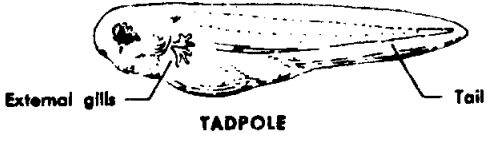
FROG



Cutaway view
TAIL BUD STAGE



BIRD



INSECT

ภาพ 8-8 แสดงลำดับขั้นการเจริญเติบโตของไข่ออกของกบ

ในทางพฤกษศาสตร์เรียกว่าความสามารถนี้ว่า Vegetative growth ซึ่งมีความแตกต่างจากกันเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ การเกิดอวัยวะใหม่เพื่อทดแทนของเก่าในพืชนั้น มิได้เกิดขึ้นในตำแหน่งเดิมและอวัยวะที่เกิดใหม่อาจมีรูปร่างลักษณะผิดแปลกไปจากอวัยวะเดิม ส่วนในสัตว์นั้นอวัยวะที่เกิดขึ้นมาใหม่จะต้องเกิดในที่เดิมและมีลักษณะเช่นเดียวกับอวัยวะเดิม

ในสัตว์นั้น ยิ่งเป็นสัตว์ที่ร่างกายมีความเจริญซับซ้อนมาก อำนาจหรือความสามารถของ regeneration ก็จะมีน้อยลง ในสัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายไม่ซับซ้อน เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ปลา ดาว ฯลฯ เมื่อได้รับอันตรายทำให้ร่างกายแยกจากกันเป็นส่วน ๆ แล้ว แต่ละส่วนสามารถที่จะสร้างอวัยวะขึ้นมาใหม่จนครบถ้วนเหมือนเดิม ทำให้จำนวนของสัตว์ชนิดนั้นเพิ่มขึ้นมาด้วย ส่วนในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เช่น จิ้งจก ตุ๊กแก หนู เมื่ออวัยวะบางส่วนซึ่งไม่สำคัญนัก เช่น หางขาดไป ส่วนที่ขาดนั้นก็จะเน่าเสียสูญเสียสภาพไปไม่เกิดเป็นตัวใหม่ ตัวเดิมเท่านั้น (ซึ่งยังมีอวัยวะต่าง ๆ อยู่ในร่างกาย) ที่จะสร้างอวัยวะที่ขาดหายไปขึ้นมาใหม่ ยิ่งถ้าร่างกายมีความเจริญมากเช่นสัตว์เลือดอุ่น ความสามารถสร้างอวัยวะขึ้นมาใหม่จะลดลงมากเหลือเพียงความสามารถสร้างเนื้อเยื่อมาปิดบาดแผลเท่านั้น