

การขับถ่าย

เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ผลของเมแทบอลิซึมทำให้เกิดผลิตภัณฑ์หลายชนิด ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีมากเกินไปจนจำเป็นหรือบางชนิดเป็นอันตรายต่อเซลล์ซึ่งเรียกว่า **ของเสีย** สิ่งมีชีวิตจึงมีกระบวนการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย เรียกว่า **การขับถ่าย (excretion)** นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีวิตและดำเนินกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตได้อย่างปกติ จะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดเวลา เรียกว่า **การรักษาสมดุลของร่างกาย** เช่น การรักษาระดับของน้ำ น้ำตาล แร่ธาตุ ความเป็นกรด-เบส และอุณหภูมิ เป็นต้น

การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (nitrogenous waste) ได้แก่ แอมโมเนีย (ammonia) หรือ (NH_3) ยูเรีย (uric acid) และกรดยูริก (uric acid) การถ่ายอุจจาระไม่ถือว่าเป็นการขับถ่าย เพราะการถ่ายอุจจาระเป็นการกำจัดกากอาหารที่เหลือจากกระบวนการย่อยอาหาร ออกจากทางเดินอาหารทางช่องทวารหนัก ไม่ได้เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม แต่ในอุจจาระมีของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมออกมาด้วย เช่น น้ำ

ประโยชน์ของการขับถ่าย การขับถ่ายช่วยในการรักษาคุณภาพต่าง ๆ เช่น

- รักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย
- รักษาระดับของอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่
- รักษาสมดุลของกรด-เบสในร่างกาย
- รักษาสมดุลของแร่ธาตุ
- ขับถ่ายสารพิษและยาต่าง ๆ ที่อยู่ในกระแสเลือด

ประเภทของเสียในร่างกาย

1. น้ำและเกลือต่าง ๆ
2. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
3. ของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก

3.1 แอมโมเนีย (NH_3) เป็นผลผลิตจากเมแทบอลิซึมที่เกิดจากการสลายสารโปรตีน

หรือกรดนิวคลีอิก หรือเกิดจากการแปรสภาพของสารดังกล่าวเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน แอมโมเนียมีสมบัติเป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้ดีมาก การกำจัดแอมโมเนียต้องใช้น้ำปริมาณมาก ถ้าแอมโมเนียมีความเข้มข้นถึงระดับหนึ่งจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ จึงถูกกำจัดออกในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกและพวกปลาสามารถกำจัดแอมโมเนียออกมาได้

3.2 ยูเรีย (uric acid) สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นยูเรียหรือกรดยูริก แล้วจึงกำจัดออกจากร่างกาย ยูเรียเป็นสารพิษน้อยกว่าแอมโมเนียและมีสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงมีการกำจัดยูเรียในรูปของสารละลายออกมาพร้อมกับปัสสาวะ ในสัตว์พวกกระดูกอ่อน สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะขับถ่ายของเสียในรูปของยูเรีย

3.3 กรดยูริก (uric acid) เป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยและก่อนการกำจัดกรดยูริก ร่างกายสามารถดูดน้ำที่ปะปนกับกรดยูริกกลับคืนได้เกือบหมด โดยที่เมื่อเกิดการกรองปัสสาวะ กรดยูริกจะตกตะกอนเป็นผลึกและน้ำก็จะถูกดูดซึมกลับสู่เส้นเลือด ดังนั้นการกำจัดกรดยูริกออกจากร่างกายจึงเป็นกระบวนการที่สูญเสียน้ำน้อยที่สุด พบในสัตว์จำพวก นก แมลง สัตว์เลื้อยคลาน

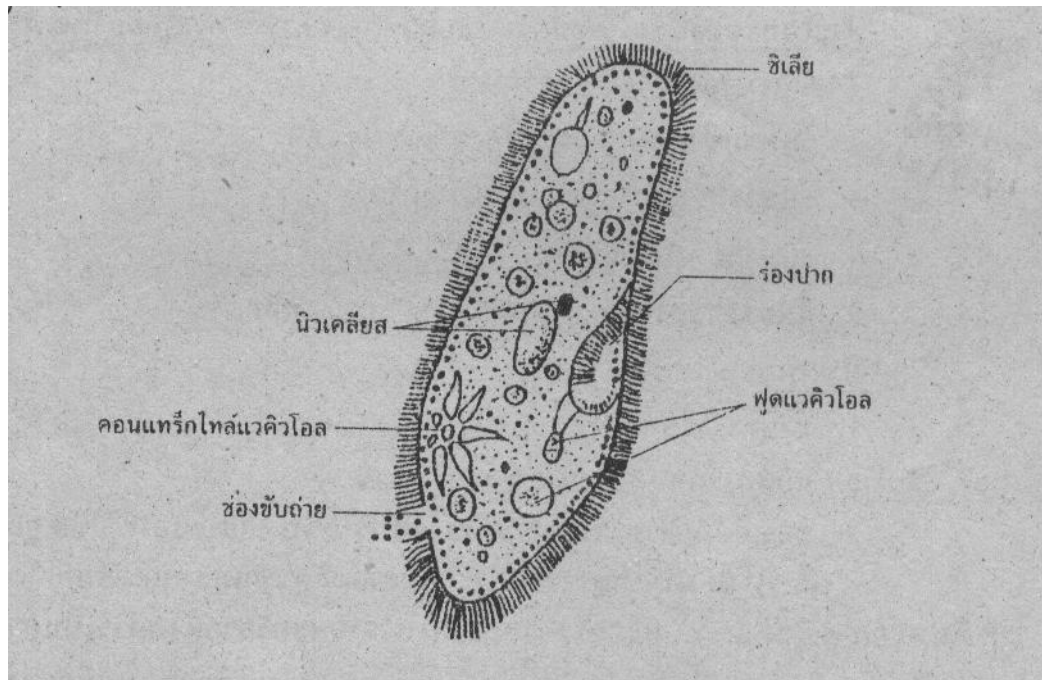
4.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิด

4.1.1 การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ได้แก่ พวกโพรทิสต์ เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยูกลีนา เป็นต้น โพรทิสต์ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นน้ำ ไม่มีออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่ขับถ่าย โดยเฉพาะของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึมที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนียจะถูกขับถ่ายออกจากเซลล์โดยวิธีการดังนี้

- วิธีการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ โดยของเสียถูกกำจัดด้วยวิธีการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม พวกโพรทิสต์ที่มีการขับถ่ายของเสียด้วยวิธีนี้ จะไม่มีออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่ขับถ่ายโดยเฉพาะ

- โดยใช้คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (contractile vacuole) ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์พิเศษที่ทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำ พบในพวกโพรทิสต์บางชนิดที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เช่น โพรโทซัว สภาพของน้ำจากสิ่งแวดล้อมพบว่ามีความเข้มข้นที่คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล เมื่อมีน้ำรวมอยู่มากๆ คอนแทร็กไทล์แวคิวโอลจะบีบตัวดันให้น้ำออกไปนอกเซลล์ เมื่อน้ำออกไปหมดแล้วคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลจะแฟบลงพร้อมที่จะรับน้ำเข้ามาได้ใหม่ ของเสียส่วนใหญ่จะถูกขับถ่ายปนมากับน้ำทางคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลด้วย



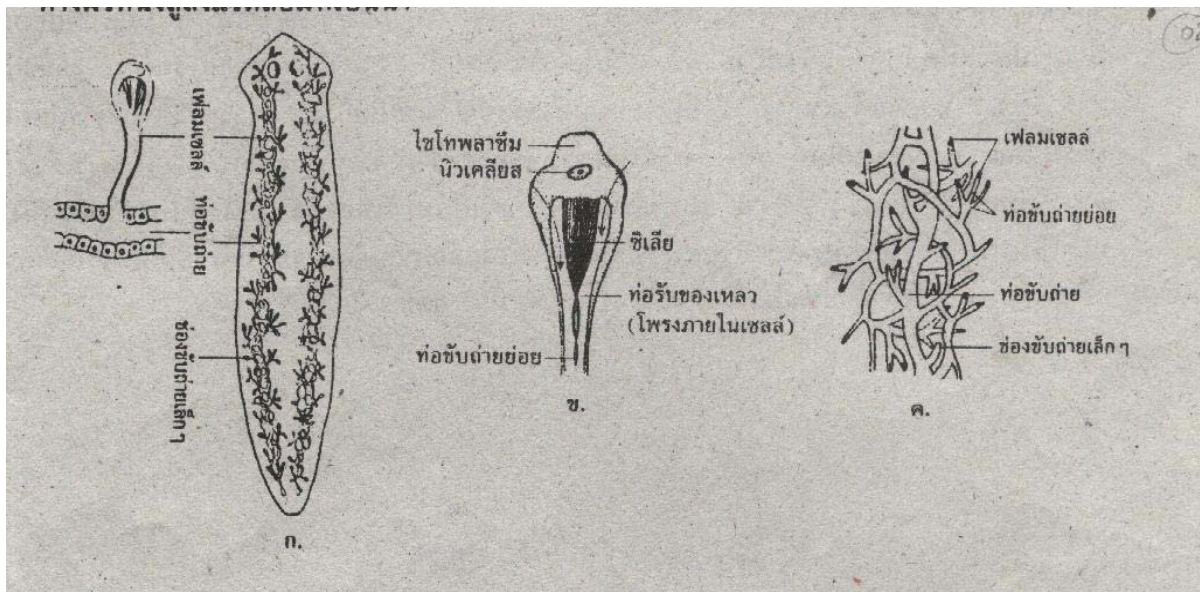
รูปที่ 4.1 ลักษณะเซลล์พารามีเซียมแสดงคอนแทร็กไทล์แควโอไลภายในเซลล์

4.1.2 การขับถ่ายของหนอนตัวแบน

สิ่งมีชีวิตพวกหนอนตัวแบน ได้แก่ สัตว์ในไฟลัมแพลทิเฮลมินธิส (platyhelminthes) เช่น พยาธิใบไม้ พยาธิตัวตืด พลาณาเรีย เป็นต้น สัตว์เหล่านี้มีโครงการที่ทำหน้าที่กำจัดของเสีย คือ เฟลมเซลล์ (flame cell) ซึ่งกระจายอยู่ทั้งสองข้างตลอดความยาวของลำตัว

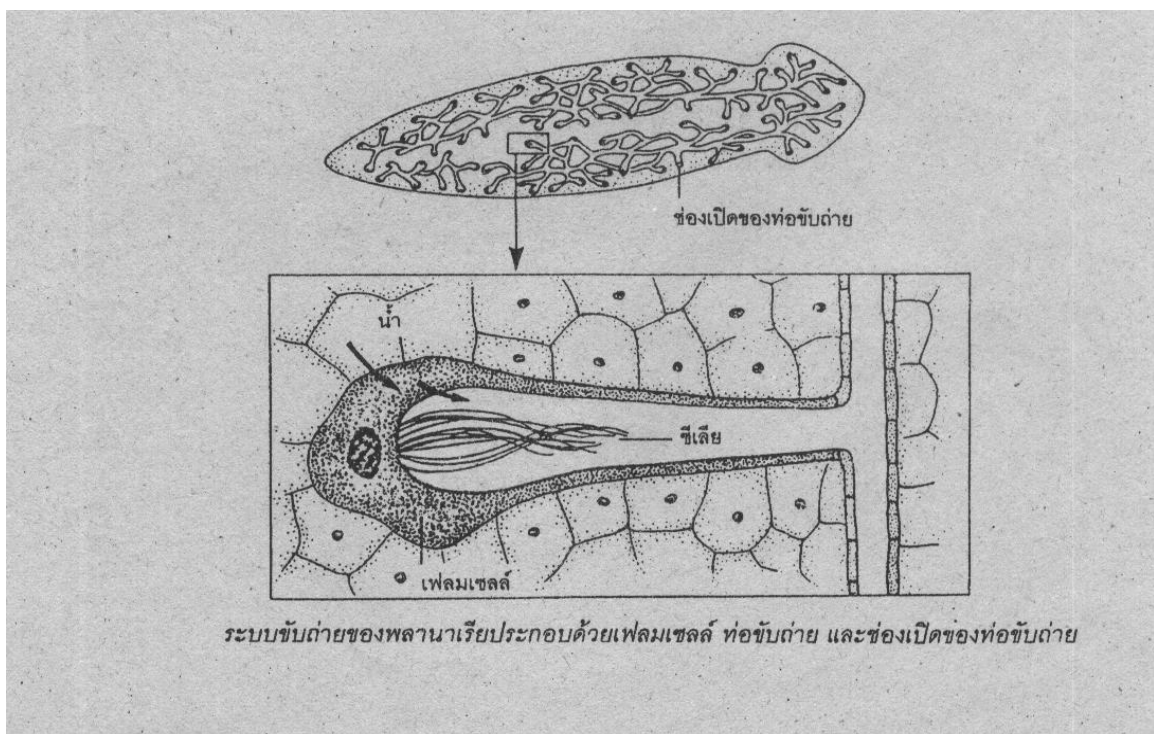
ตัวอย่างพลาณาเรีย

พลาณาเรียเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีระบบขับถ่ายที่ประกอบด้วยท่อขับถ่าย (excretory duct) แต่ละท่อจะแตกแขนงเป็นท่อย่อย (excretory tubule) แทรกไปตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย และตรงปลายท่อย่อยเป็นที่อยู่ของเฟลมเซลล์ (flame cell) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่กำจัดของเสีย เฟลมเซลล์จะกระจายอยู่ทั้งสองข้างตลอดความยาวของลำตัว เฟลมเซลล์มีลักษณะเป็นเบ้าเล็กๆ ภายในเป็นโพรง มีขนเล็กๆ ที่เรียกว่า ซิเลีย (cilia) ทำหน้าที่โบกพัดน้ำและของเสียจากเฟลมเซลล์ให้ออกมาสู่ท่อรับของเหลว (โพรงภายในเซลล์) และออกนอกร่างกายทางช่องขับถ่ายเล็กๆ (excretory pore) ที่ผนังลำตัว นอกจากนี้ของเสียพวกแอมโมเนียยังกำจัดออกโดยการแพร่ทางผิวหนังสู่สิ่งแวดล้อมที่เป็นน้ำ



รูปที่ 4.2 แสดงระบบฟลอมเซลล์ของพาลานาเรีย

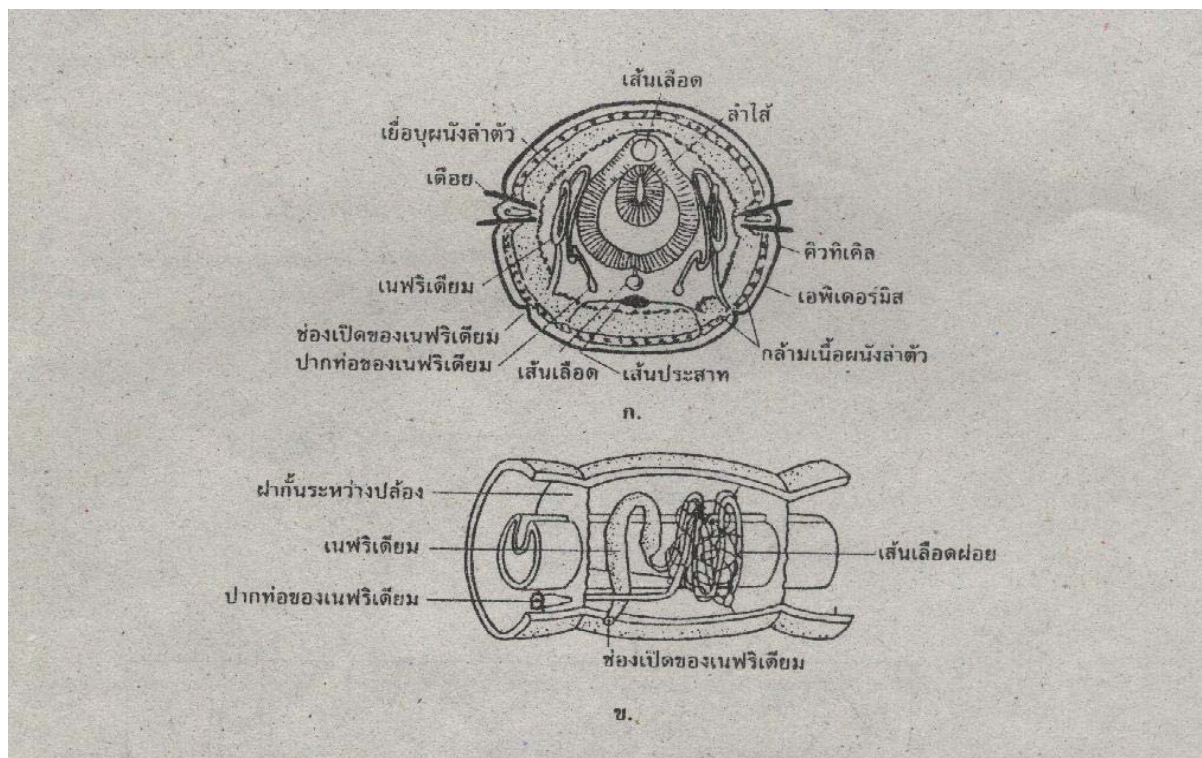
- ก. ระบบฟลอมเซลล์ของพาลานาเรียตลอดทั้งตัว
- ข. โครงสร้างของฟลอมเซลล์
- ค. ส่วนหนึ่งของระบบฟลอมเซลล์



4.1.3 การขับถ่ายของแอนเนลิด

สิ่งมีชีวิตพวกแอนเนลิด (annelid) เช่น ไส้เดือน เป็นสัตว์ที่มีลำตัวแบ่งเป็นปล้องๆ ในแต่ละปล้องจะมีอวัยวะขับถ่ายเรียกว่า **เนฟริเดียม (nephridium)** ซึ่งมีอยู่ 1 คู่ ในแต่ละปล้องและทำงานเป็นอิสระแก่กัน ของเสียได้แก่ แอมโมเนีย ยูเรีย

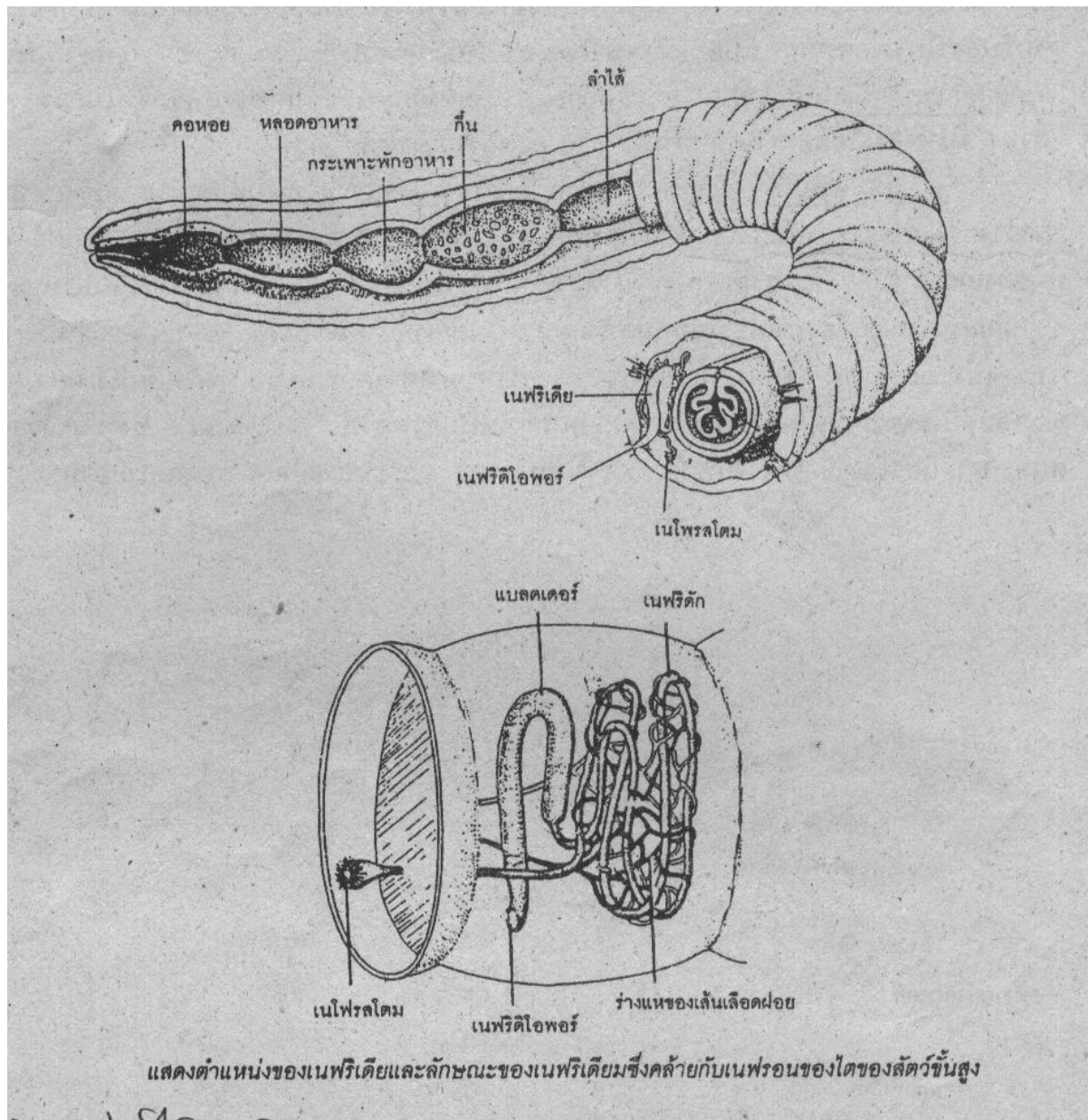
เนฟริเดียมมีลักษณะเป็นท่อ (nephriduct) ขดไปมามีปลายทั้งสองข้าง โดยปลายเปิดด้านหนึ่ง (nephrostome หรือปากท่อของเนฟริเดียม) อยู่ภายในช่องว่างภายในลำตัว ที่ปลายเปิดนี้มีลักษณะเหมือนปากแตร ภายในปากแตรและท่อจะมี **ซิเลีย (cilia)** อยู่รอบๆ ซิเลียจะโบกพัดเอาของเหลวภายในช่องว่างของลำตัว ซึ่งมีของเสียพวกแอมโมเนียและยูเรียปะปนอยู่ออกมาทางปลายเปิดอีกด้านหนึ่งสู่ภายนอก เรียกปลายเปิดนี้ว่า **ช่องเปิดของเนฟริเดียม (nephridiopore)** บริเวณด้านนอกของท่อเนฟริเดียมจะมีเส้นเลือดฝอย และภายในท่อจะมีการดูดกลับของน้ำและแร่ธาตุบางชนิดที่มีประโยชน์ผ่านผนังท่อของเนฟริเดียมสู่กระแสเลือด ในขณะที่เดียวกันของเสียที่อยู่ในเลือดสามารถลำเลียงเข้าสู่ท่อของเนฟริเดียมได้โดยตรง ดังนั้นเนฟริเดียมจึงทำหน้าที่ทั้งกรองและดูดสารกลับ และการขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายจะขึ้นอยู่กับการหดตัวของกล้ามเนื้อรอบผนังลำตัวขณะไส้เดือนเคลื่อนที่และการโบกพัดของซิเลีย



รูปที่ 4.3 แสดงเนฟริเดียมของไส้เดือนดิน

ก. ภาพตัดตามขวาง

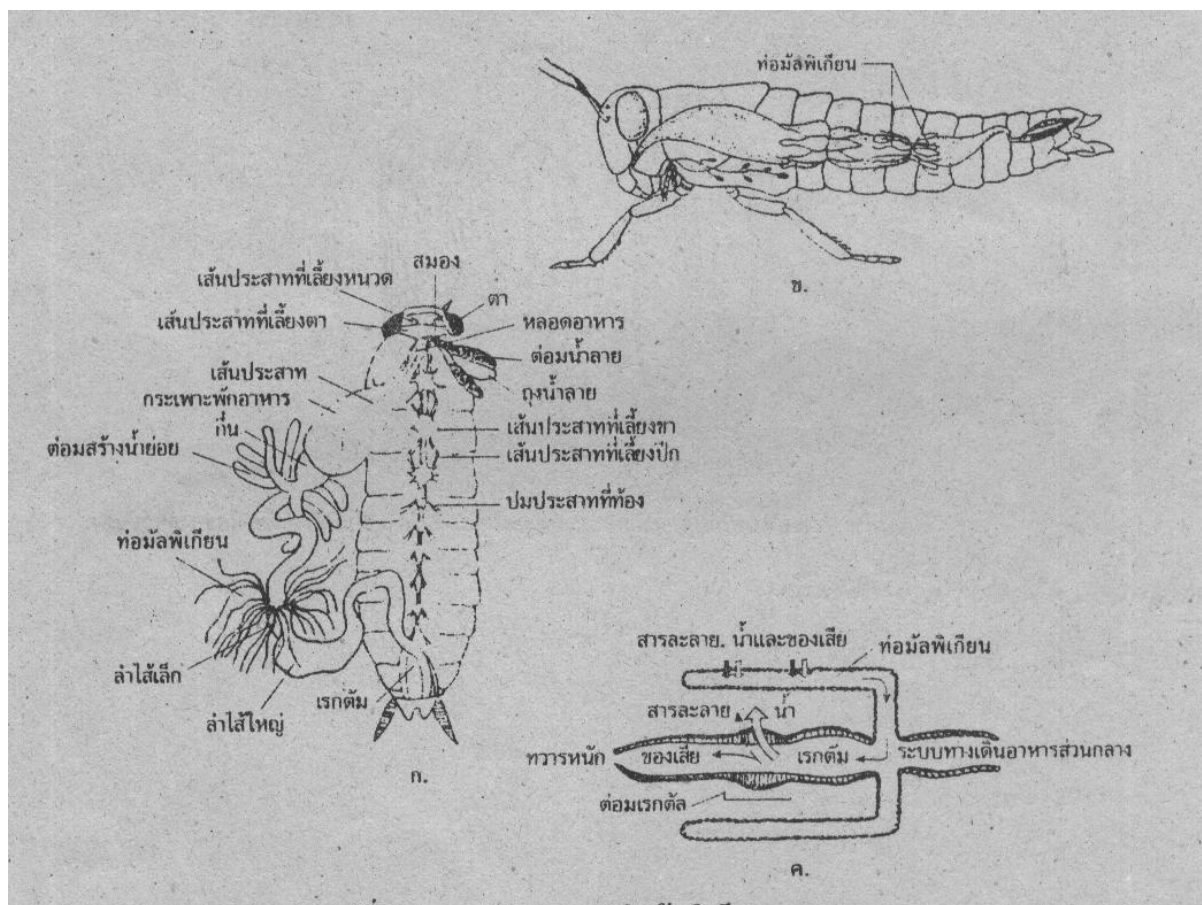
ข. ภาพตัดตามยาว



4.1.4 การขับถ่ายของอาร์โทรพอด

สิ่งมีชีวิตพวกอาร์โทรพอด เช่น แมลง ปู กุ้ง กิ้งกือ เป็นต้น เป็นสัตว์ที่มีเปลือกแข็ง ป้องกันการผ่านเข้าและออกของน้ำได้เป็นอย่างดี อาร์โทรพอดมีทั้งพวกที่อยู่บนบกและอยู่ในน้ำสำหรับ อาร์โทรพอดที่อยู่บนบก เช่น พวกแมลง มีอวัยวะขับถ่ายของเสียเรียกว่า **ท่อมัลปิเกียน (malpighian tuble)** เป็นอวัยวะขับถ่ายของเสียที่มีกลุ่มเซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการดูดกลับของน้ำ ทำให้ของเสียมีสภาพค่อนข้างแห้ง คือ กรดยูริก ซึ่งไม่ละลายน้ำ

ท่อมัลพิเกียน มีลักษณะเป็นท่อเล็ก ๆ ปลายตันจำนวนมากที่ขึ้นมาจากบริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้ ท่อมัลพิเกียนอยู่ในช่องของลำตัวซึ่งมีของเหลวบรรจุอยู่คือ เลือดที่มีของเสียปะปนอยู่และสารต่าง ๆ ถ้าเป็นสารที่เป็นประโยชน์จะถูกดูดซึมกลับทางเดินอาหาร ส่วนของเสียสามารถลำเลียงผ่านเข้าไปในท่อมัลพิเกียน ของเสียเหล่านั้นจะถูกกลุ่มเซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำและสิ่งต่าง ๆ ดูดกลับคืนสู่ร่างกาย ทำให้ของเสียมีสภาพเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดยูริก (uric acid) ซึ่งไม่ละลายน้ำจะตกตะกอน แล้วจึงเคลื่อนเข้าไปที่บริเวณทางเดินอาหาร และขับถ่ายออกมาพร้อมกากอาหาร



รูปที่ 4.4 ก. - ข. แสดงท่อมัลพิเกียนของแมลง

ค. แสดงการทำงานของท่อมัลพิเกียน

ส่วนอาร์โทรพอดที่อยู่น้ำ เช่น กุ้ง สัตว์พวกกุ้งมีอวัยวะขับถ่ายคือ **ต่อมเขียว (green gland)** ซึ่งมีลักษณะเป็นต่อมคู่สีเขียวอมดำ อยู่บริเวณส่วนหัวเหนือปากเล็กน้อย ทำหน้าที่แยกและกรองของเสียพวกแอมโมเนียออกจากเลือดของกุ้ง โดยขับถ่ายออกทางช่องเปิดที่อยู่บริเวณโคนหนวด

4.1.5 การขับถ่ายของนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนบกมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียน้ำได้หลายทาง เช่น น้ำบางส่วนระเหยออกไปทางอวัยวะหายใจ คือปอดหรือเหงือก บางส่วนสูญเสียไปทางผิวหนัง และบางส่วนก็ออกไปพร้อมกับกากอาหารหรือในรูปของปัสสาวะ โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ส่วนใหญ่ได้รับน้ำจากอาหารเท่านั้น ไม่ค่อยได้ดื่มน้ำ

สัตว์จำพวกนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนบกจึงประสบปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียน้ำเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะปัญหาในการสูญเสียน้ำทางผิวหนัง สัตว์เหล่านี้จึงมีกลไกหรือวิธีการที่จะสงวนรักษาน้ำไว้ในร่างกาย และยังมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างร่างกายบางส่วนไปเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำอีกด้วย เช่น

- มีไต (kidney) เป็นอวัยวะขับถ่ายที่สามารถเปลี่ยนของเสียประเภทแอมโมเนียให้กลายเป็นกรดยูริก ซึ่งเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ละลายน้ำได้น้อยเช่นเดียวกับพวกอาร์โทรพอด ทำให้ลดการสูญเสียน้ำ
- มีการปัสสาวะออกมาพร้อมกับกากอาหารซึ่งมีทั้งสีขาวและสีดำ โดยส่วนสีขาวคือส่วนของกรดยูริก ส่วนสีดำคือ กากอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้อีก
- ขณะที่เป็ดเป็นเอ็มบริโอที่อยู่ภายในไข่จะมีการขับของเสียในรูปของกรดยูริก และเก็บสะสมไว้ในถุงแอลแลนทอยส์ (allantois) จนกระทั่งเอ็มบริโอนั้นฟักออกมาจากไข่
- การมีผิวหนังหนาเป็นเกล็ดปกคลุมร่างกาย เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำได้อย่างดี
- มีขนปกคลุมร่างกาย เพื่อช่วยป้องกันการระเหยของน้ำ

4.2 การขับถ่ายของคน

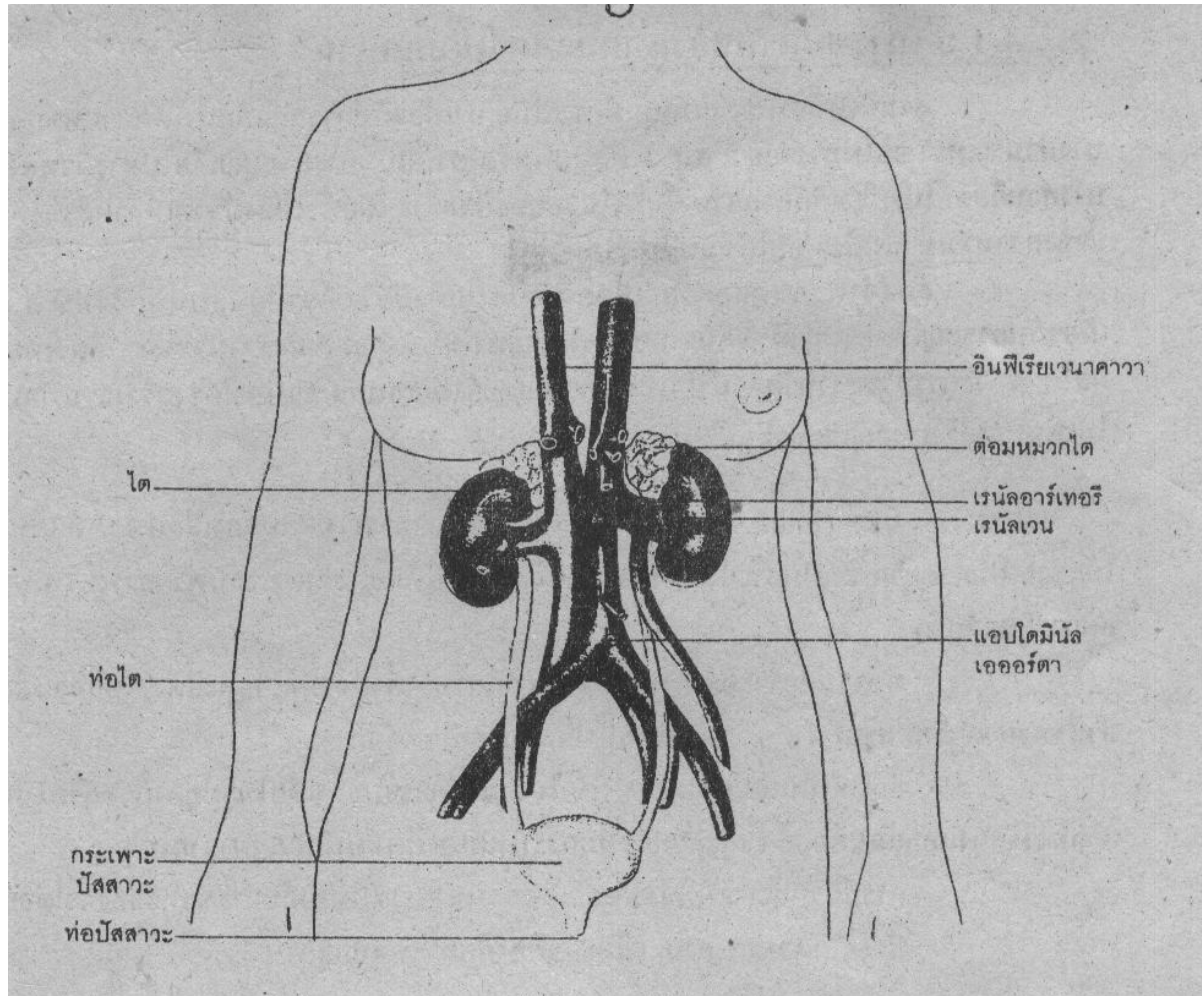
สัตว์มีกระดูกสันหลังและคนมีอวัยวะขับถ่ายของเสียคือ ไต (kidney)

(ก) ลักษณะโครงสร้างภายนอกของไต สรุปได้ดังนี้

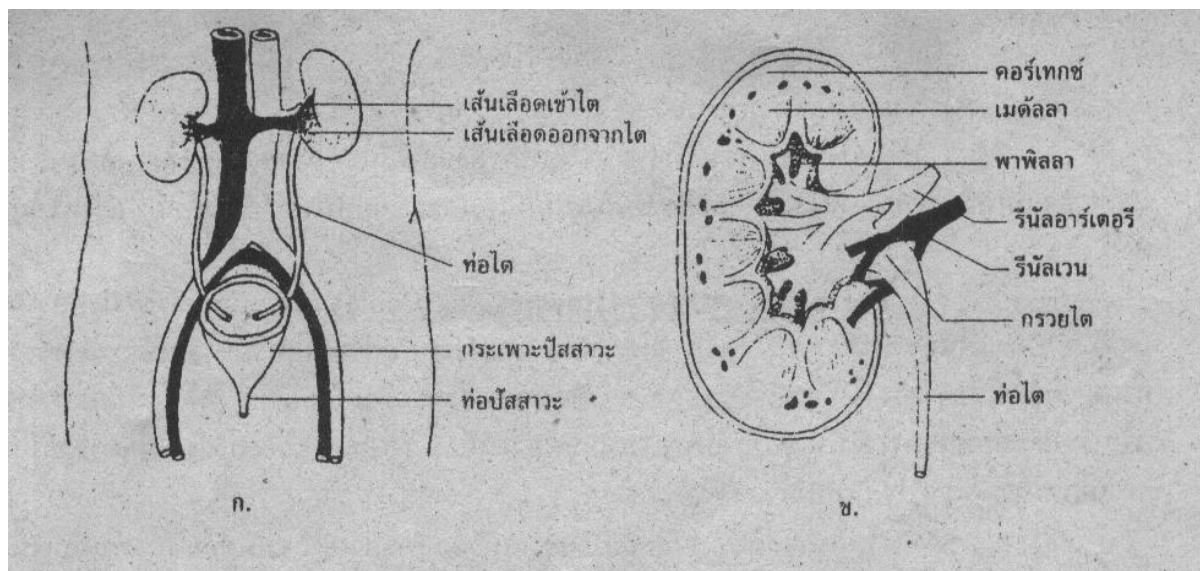
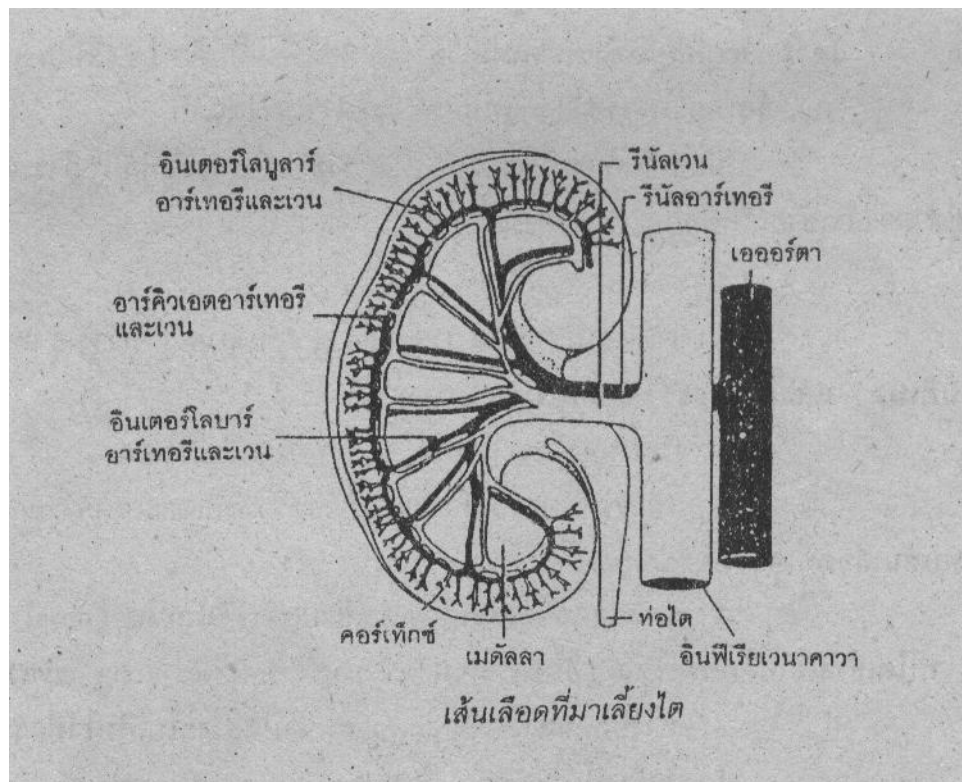
- มีอยู่ 1 คู่ อยู่ในช่องท้องทั้งสองข้างของกระดูกสันหลังระดับเอว ไตข้างขวาจะอยู่ต่ำกว่าข้างซ้ายเล็กน้อย
- มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว
- มีขนาดความยาวประมาณ 10 - 12 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร และหนา 3 เซนติเมตร และไตแต่ละข้างหนักประมาณ 150 กรัม
- ด้านหนึ่งของไตจะมีรอยเว้าเข้า ซึ่งจะเป็นส่วนของ
 - ทางเข้าของเส้นเลือดแดงที่เรียกว่า **รีนัลอาร์เตอรี (renal artery)** ซึ่งแยกมาจากเส้นเลือดเอออร์ตา (aorta)
 - ทางออกของเส้นเลือดดำที่เรียกว่า **รีนัลเวน (renal vein)** นำเลือดดำออกจากไตเข้าสู่เส้นเลือดดำใหญ่ (อินฟีเรียเวนาคาวา หรือ inferior vena cava) ต่อไป
 - ทางออกของท่อไต (ureter) นำปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ

- โครงสร้างที่ต่อจากไต (kidney) ประกอบด้วย

1. กรวยไต (pelvis)
2. ท่อไต (ureter)
3. กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder)
4. ท่อปัสสาวะ (urethra)



ระบบขับถ่ายของคนประกอบด้วยไต 1 คู่ ท่อไต 1 คู่ กระเพาะปัสสาวะและท่อปัสสาวะ



รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งของไตและโครงสร้างภายในของไต

(ข) ลักษณะโครงสร้างภายในของไต

เมื่อผ่าตัดไตตามยาวจะพบส่วนของเนื้อไตที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นและกรวยไต ซึ่งมีลักษณะสรุปได้ดังนี้

- เนื้อไตเป็นเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ถัดเข้าไปเป็นชั้นเมดัลลา (medulla) ส่วนของเมดัลลาที่เรียกว่า พาพิลลา (papilla) ยื่นเข้าไปจรดกับส่วนที่เป็นโพรง เรียกว่า กรวยไต (pelvis)

- เนื้อเยื่อ 2 ชั้น ของไต ได้แก่

1. ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) เป็นเนื้อไตที่อยู่ด้านนอกมีลักษณะเป็นจุดสีแดงกระจายอยู่มากมาย แต่ละจุดก็คือหน่วยไตที่ทำหน้าที่ในการกรอง ซึ่งประกอบด้วย

- 1.1 โบริวแมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) มีลักษณะเป็นกระเปาะ

- 1.2 โกลเมอรูลัส (glomerulus) เป็นกลุ่มเส้นเลือดฝอย

- 1.3 ท่อขดส่วนต้น (proximal convoluted tubule) เป็นท่อของหน่วยไตส่วนต้น

- 1.4 ท่อขดส่วนท้าย (distal convoluted tubule) เป็นท่อของหน่วยไตส่วนสุดท้าย

2. ชั้นเมดัลลา (medulla) เป็นเนื้อไตส่วนในมีสีจางกว่าเนื้อไตส่วนนอก มีลักษณะเป็นเส้นหรือท่อเรียงตัวเป็นเนื้อเยื่อรูปร่างคล้ายพีระมิด ซึ่งเป็นส่วนของหน่วยไตที่ประกอบด้วย

- 2.1 ห่วงเฮนเล (loop of Henle) เป็นส่วนของท่อของหน่วยไตที่ต่อจากท่อขดส่วนต้น

- 2.2 ท่อรวม (collecting tubule) เป็นส่วนปลายของท่อของหน่วยไตที่มาเปิดร่วมกันก่อนออกสู่กรวยไต

ส่วนของเมดัลลาที่ยื่นเข้าไปจรดกับโพรงที่ติดต่อกับไตเรียกว่า พาพิลลา (papilla) และเรียกโพรงนี้ว่า กรวยไต (pelvis)

- กรวยไตเป็นส่วนที่อยู่ตรงส่วนรอยเว้าของไตโดยเป็นที่รวมของน้ำปัสสาวะที่มาจากเคลิกซ์ (calyx) ซึ่งเป็นที่รองรับปัสสาวะที่ไหลออกจากท่อรวม

- เนื้อไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไต (nephron) จำนวนมากมายรวมกันอยู่เป็นกลุ่มในคนมีประมาณ 1 ล้านหน่วย แต่ละหน่วยทำงานเป็นอิสระไม่ขึ้นแก่กัน

(ค) หน่วยไต (nephron)

หน่วยไตเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดและดูดกลับสารที่มีประโยชน์คืนสู่ร่างกาย หน่วยไตจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและแต่ละหน่วยเป็นท่อโดยมีส่วนประกอบดังนี้

1. โบริวแมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) เป็นปลายข้างหนึ่งของหน่วยไตที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ ผนังของโบว์แมนส์แคปซูลประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ สองชั้น ระหว่างเยื่อทั้งสองชั้นจะมี

ช่องว่าง (intracapsular space) ติดต่อกับส่วนที่เป็นท่อของหน่วยไต (ท่อขดส่วนต้น) เพื่อนำของเสียที่กรองได้เข้าสู่ช่องว่างภายในท่อขดลวดต้น และภายในโบว์แมนส์แคปซูลมีกลุ่มเส้นเลือดฝอยที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส

2. โกลเมอรูลัส (glomerulus) เป็นกลุ่มของเส้นเลือดฝอยที่มาพันกันเป็นรูปทรงกลมภายในโบว์แมนส์แคปซูล กลุ่มเส้นเลือดฝอยนี้เป็นแขนงของเส้นเลือด (afferent arteriole) ซึ่งแตกแขนงมาจากเส้นเลือดรีนัลอาร์เตอรี (renal artery) เพื่อนำเลือดเข้าสู่โกลเมอรูลัสในโบว์แมนส์แคปซูลผนังของเส้นเลือดฝอยจะแนบชิดกับเยื่อชั้นในของโบว์แมนส์แคปซูล และทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือด และมีเส้นเลือดฝอย (efferent arteriole) ต่อกับโกลเมอรูลัสไปพันรอบท่อของหน่วยไต ซึ่งนำเลือดออกไปจากโบว์แมนส์แคปซูล นำอาหารและแก๊สออกซิเจนไปให้เซลล์ท่อของหน่วยไตและรับสารต่าง ๆ ที่ท่อของหน่วยไตดูดกลับเข้าสู่ร่างกาย และต่อมาเส้นเลือดฝอยเหล่านี้จะรวมกันเป็นเส้นเลือดดำ (renal vein) นำเลือดที่กรองแล้วออกจากไตสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

3. ท่อของหน่วยไต (convoluted tubule) เป็นท่อที่ต่อออกมาจากโบว์แมนส์แคปซูล แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

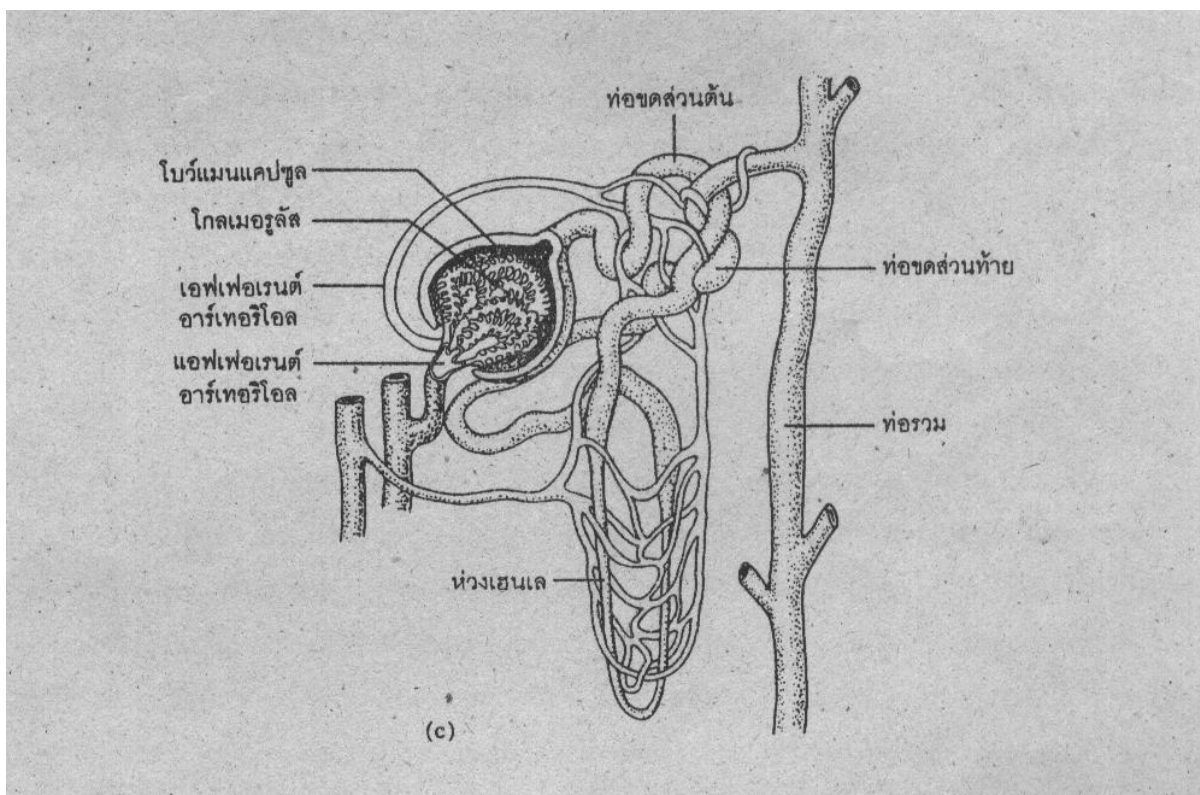
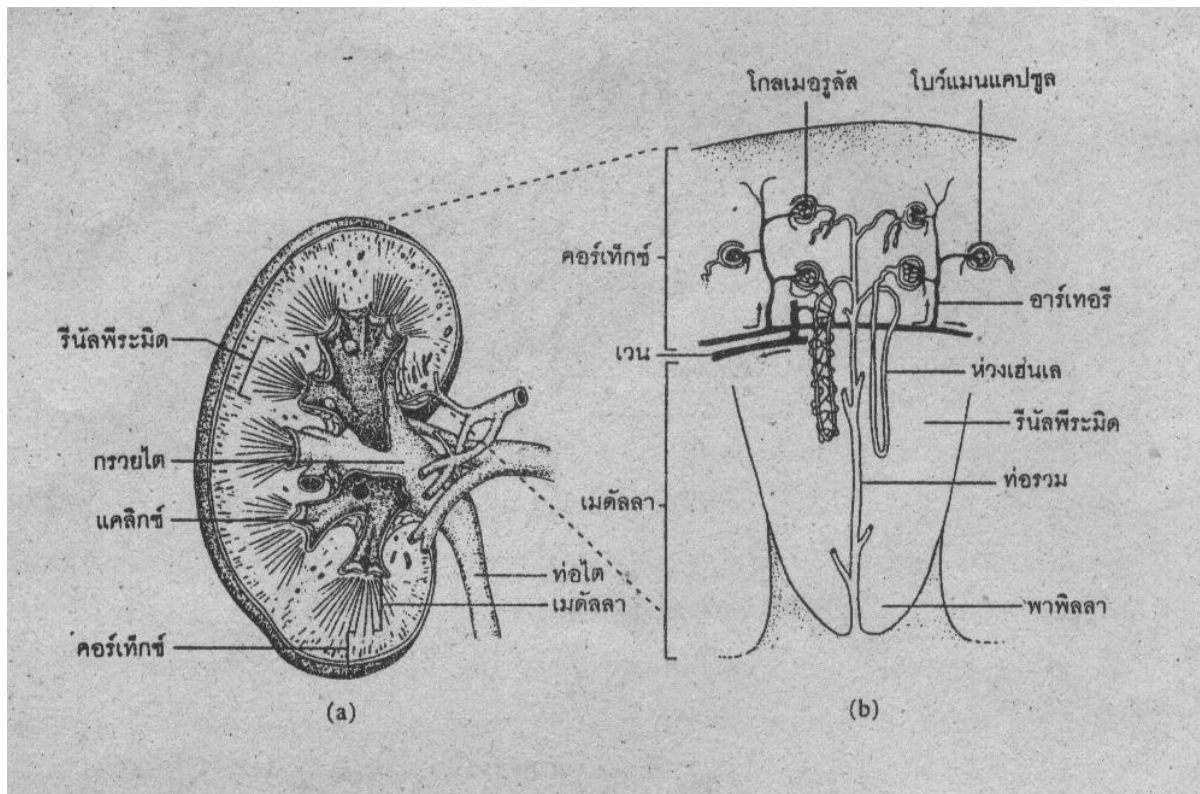
3.1 ท่อขดส่วนต้น (proximal convoluted tubule) เป็นท่อของหน่วยไตส่วนต้นมีลักษณะเป็นท่อขดไปมาอยู่ในส่วนของคอร์เทกซ์และอยู่ติดกับโบว์แมนส์แคปซูล ท่อส่วนนี้ทำหน้าที่ดูดกลับสารที่ยังเป็นประโยชน์กลับคืนสู่ร่างกาย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำ กลูโคส โซเดียม คลอไรด์

3.2 ท่อขดส่วนท้าย (loop of Henle) เป็นท่อที่มีลักษณะเป็นรูปตัวยูอยู่ต่อจากท่อขดส่วนต้นขึ้นไปในชั้นเมดัลลา แล้ววกย้อนกลับมาต่อกับท่อขดส่วนท้ายในชั้นคอร์เทกซ์ ห่วง Henle เป็นท่อของหน่วยไตที่มีผนังบางที่สุด และมีการดูดกลับของเหลวได้ดีที่สุดจึงเป็นส่วนที่ทำให้ปัสสาวะมีความเข้มข้น

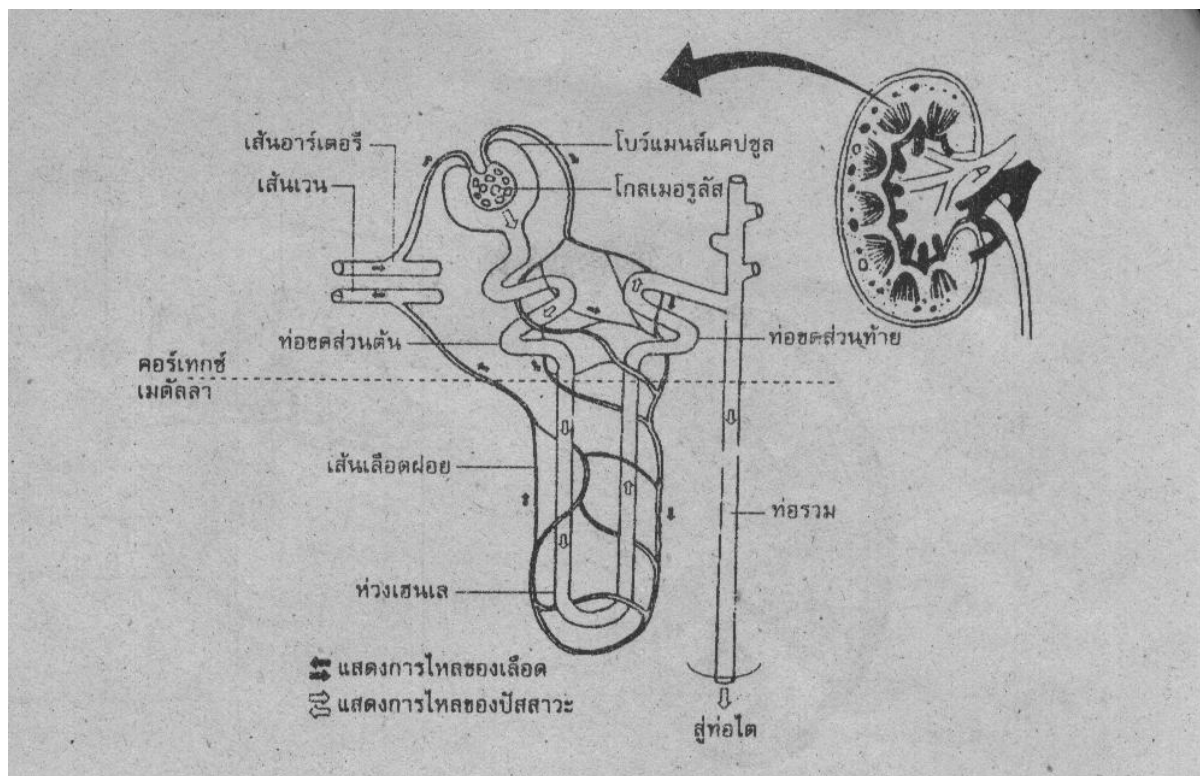
3.3 ท่อขดส่วนท้าย (distal convoluted tubule) เป็นท่อของหน่วยไตส่วนสุดท้าย มีลักษณะขดไปมาอยู่บริเวณชั้นคอร์เทกซ์ และเป็นส่วนที่อยู่ต่อจากห่วง Henle ท่อส่วนนี้ทำหน้าที่ดูดน้ำและ Na^+ กลับโดยได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมน ADH (antidiuretic hormone) ที่มาจากต่อมใต้สมองส่วนหลังและฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (aldosterone) จากต่อมหมวกไตส่วนนอกปลายของท่อนี้จะเปิดร่วมกันกับปลายของท่อขดส่วนท้ายจากหน่วยไตอื่นที่ท่อรวม (collecting tubule) แล้วออกสู่กรวยไต (renal pelvis) และไปสู่ท่อไต (ureter)

ท่อรวม (collecting tubule) เป็นท่อขนาดใหญ่ขึ้นและเป็นท่อที่เชื่อมต่อจากท่อขดส่วนท้าย ท่อขดส่วนท้ายหลาย ๆ อันจะเปิดร่วมกันที่ท่อรวมอันเดียว และท่อรวมหลาย ๆ อันจะเปิดรวมกัน เพื่อนำปัสสาวะที่กรองแล้วเข้าสู่กรวยไตและท่อไต

ท่อขดส่วนต้นและท่อขดส่วนท้ายส่วนใหญ่จะอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ ส่วนห่วง Henle และท่อรวมนั้นจะอยู่ในชั้นเมดัลลา



ไต (a) ไตผ่าซีก (b) รีนัลคอร์เทกซ์ และรีนัลเมดัลลา (c) เนฟรอน



รูปที่ 4.6 แสดงหนึ่งหน่วยไต

(ง) หน้าที่และการทำงานของไต

หน้าที่ของไต

ไตทำหน้าที่ในการกรองของเสียออกจากเลือด ควบคุมปริมาณของน้ำ เกลือแร่และสารต่าง ๆ ของร่างกาย และยังช่วยควบคุมความดันเลือดอีกด้วย

ขั้นตอนการทำงานของไต มี 3 ขั้นตอน คือ

1. การกรองที่โกลเมอรูลัส (glomerular filtration)
2. การดูดกลับที่ท่อของหน่วยไต (tubular reabsorption)
3. การหลั่งสารโดยท่อของหน่วยไต (tubular secretion)

1) การกรองที่โกลเมอรูลัส (glomerular filtration)

เลือดจากเซลล์ทั่วร่างกายมีสารที่เป็นของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึม จะเข้าสู่ไต โดยเส้นเลือดรีนัลอาร์เตอร์ (renal artery) เส้นเลือดนี้จะแตกแขนงนำเลือดเข้าสู่โกลเมอรูลัสที่อยู่ในโบว์แมนส์แคปซูล ผนังของโกลเมอรูลัสจะทำหน้าที่เป็นเยื่อกรองโดยยอมให้สารที่มีโมเลกุลเล็ก ๆ ผ่านไปได้พร้อมกับน้ำ เช่น กลูโคส เกลือแร่ ยูเรีย และโปรตีนโมเลกุลเล็ก ๆ ส่วนสารที่มีโมเลกุล

ใหญ่จะผ่านไม่ได้ เช่น โปรตีนโมเลกุลใหญ่ ไขมันและเซลล์เม็ดเลือด ดังนั้น ของเหลวที่กรองได้ (glomerular filtrate) จึงมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกับเลือด ซึ่งจะผ่านจากโกลเมอรูลัสเข้าสู่โบว์แมนส์แคปซูลและผ่านเข้าสู่ท่อของหน่วยไตตามลำดับ การกรองที่โกลเมอรูลัสนั้นจะอาศัยแรงดันเลือดในเส้นเลือดฝอยโกลเมอรูลัส โดยที่แรงดันเลือดจะต้องมีค่ามากกว่าแรงต่อต้านต่าง ๆ จึงจะสามารถดันของเหลวผ่านผนังเข้าไปในโบว์แมนส์แคปซูลได้ ปกติแรงดันเลือดในโกลเมอรูลัสมีค่าประมาณ 70 มม.ปรอท ส่วนแรงต่อต้านต่าง ๆ รวมถึงแรงดันออสโมซิสอันเกิดจากสารละลายโปรตีนในพลาสมา ซึ่งมีค่าประมาณ 14 + 32 เท่ากับ 46 มม.ปรอท ดังนั้น แรงดันในการกรองจึงมีค่าประมาณ 24 มม.ปรอท

ดังนั้น แรงดันที่ทำให้เกิดการกรอง = แรงดันเลือดที่โกลเมอรูลัส – (แรงดันจากโบว์แมนส์แคปซูล + แรงดันออสโมซิสที่เกิดจากสารละลายโปรตีนในพลาสมา)

ในคนปกติของเหลวจะถูกกรองผ่านโกลเมอรูลัสด้วยอัตราเร็ว 125 – 130 มิลลิเมตรต่อนาที ดังนั้นในวันหนึ่งจะมีการกรองผ่านโกลเมอรูลัสได้ประมาณ 180 ลิตร ซึ่งอยู่ที่ประสิทธิภาพของการกรอง ประสิทธิภาพของการกรองที่โกลเมอรูลัสเข้าสู่โบว์แมนส์แคปซูลขึ้นอยู่กับแรงดันเลือดและประสิทธิภาพของผนังเส้นเลือดฝอยของโกลเมอรูลัส ด้วยเหตุนี้คนที่เป็โรคความดันโลหิตต่ำ อัตราการกรองสารที่หน่วยไตจึงต่ำ หรือคนที่เป็โรคหัวใจในไต ปัสสาวะไม่สามารถออกจากท่อไตได้อย่างสะดวก ทำให้ความดันของเหลวในท่อไตเพิ่มขึ้น อัตราการกรองจะลดลงเช่นกัน

ตารางที่ 4-1 แสดงสารในของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส

สาร	ปริมาณ (g/100 cm ³)
น้ำ	90 – 93
โปรตีน	10 - 20
ยูเรีย	0.03
กรดยูริก	0.003
แอมโมเนีย	0.0001
กลูโคส	0.1
โซเดียม	0.32
คลอไรด์	0.37
ซัลเฟต	0.003

2) การดูดกลับที่ท่อของหน่วยไต (tubular reabsorption)

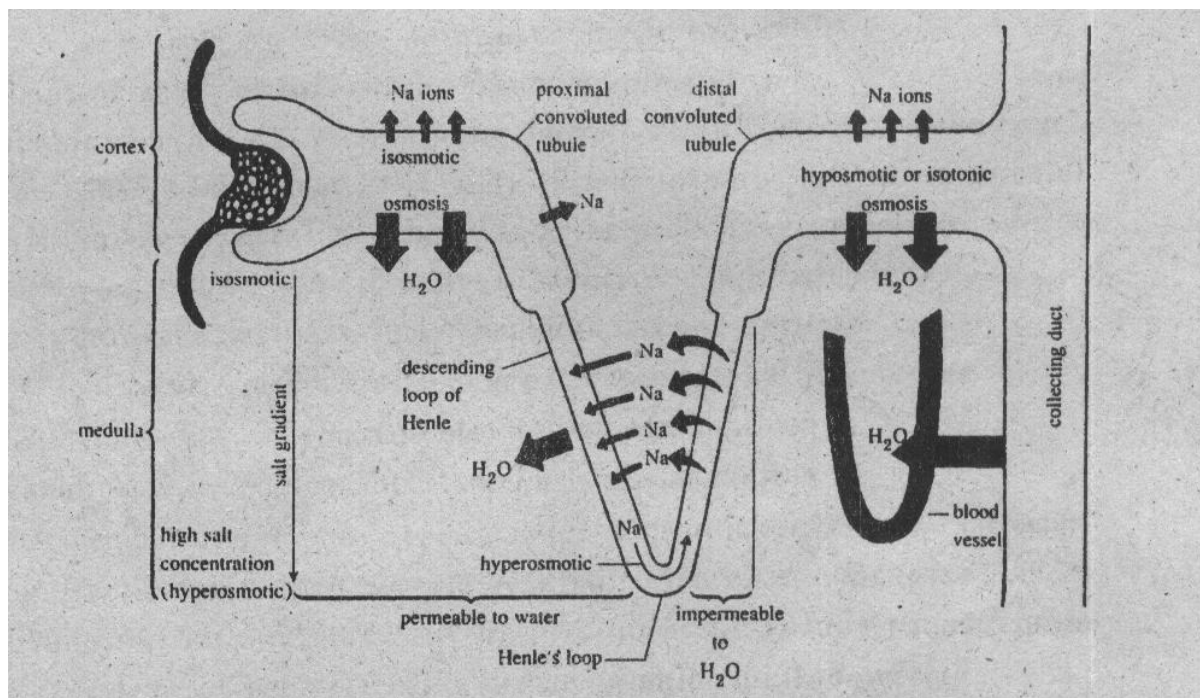
การกรองที่โกลเมอรูลัสทำให้สารละลายในเลือดบางส่วนผ่านออกจากโกลเมอรูลัส สารหลายชนิดยังเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อสารที่กรองจากโกลเมอรูลัสผ่านมาถึงท่อของหน่วยไต จะมีกระบวนการดูดสารกลับสู่กระแสเลือด การดูดสารกลับนี้ส่วนใหญ่จะดูดน้ำกลับ (ซึ่งจะเกิดที่ท่อของหน่วยไตทุกส่วน) และสารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กลูโคส กรดอะมิโน วิตามิน บางชนิด ไอออนต่าง ๆ เป็นต้น กระบวนการดูดกลับสู่กระแสเลือดของท่อหน่วยไตพบว่ามีทั้งที่ไม่ต้องใช้พลังงาน (passive transport) เช่น น้ำ กลูโคส กรดอะมิโน และจะต้องใช้พลังงาน เช่น แร่ธาตุ (ไอออน) ที่จำเป็นต่อร่างกายจะถูกดูดกลับเข้าสู่เลือดได้ โดยกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต (active transport) เป็นต้น

ของเหลวที่กรองได้จากโกลเมอรูลัส (glomerular filtrate) ไหลผ่านเข้าสู่ท่อของหน่วยไตจะเกิดกระบวนการดูดกลับสารที่ยังเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กลูโคส กรดอะมิโน วิตามิน บางชนิด และน้ำ เป็นต้น โดยเมื่อของเหลวที่กรองได้ไหลผ่านท่อขดส่วนต้น ท่อส่วนนี้จะทำหน้าที่ดูดกลับพวกกลูโคส โซเดียมคลอไรด์ และน้ำส่วนใหญ่ โดยที่โซเดียมจะถูกดูดซึมกลับออกจากท่อของหน่วยไตด้วยกระบวนการแอกทีฟทรานสปอร์ต ส่วนคลอไรด์ ยูเรีย และน้ำจะไหลตามออกไปด้วย เมื่อไหลเข้าสู่ส่วนต้นของห่วงเฮนเลน้ำยังคงถูกลำเลียงออกจากห่วงเฮนเลแต่โซเดียมและยูเรียกลับถูกลำเลียงเข้า ซึ่งทำให้ของเหลวมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดที่บริเวณส่วนกลางของห่วงเฮนเล (ก้นรูตัวของห่วงเฮนเล) เมื่อของเหลวไหลต่อไปโซเดียมจะถูกลำเลียงออกจากห่วงเฮนเลอีก โดยไม่มีน้ำตามออกไป ทำให้ของเหลวในส่วนนี้มีความเข้มข้นต่ำกว่าของเหลวระหว่างเซลล์ และเมื่อผ่านไปถึงท่อขดส่วนปลายและท่อรวมจะมีการดูดน้ำกลับอีก ทำให้ได้เป็นน้ำปัสสาวะที่มีปริมาณน้อย แต่มีความเข้มข้นสูง

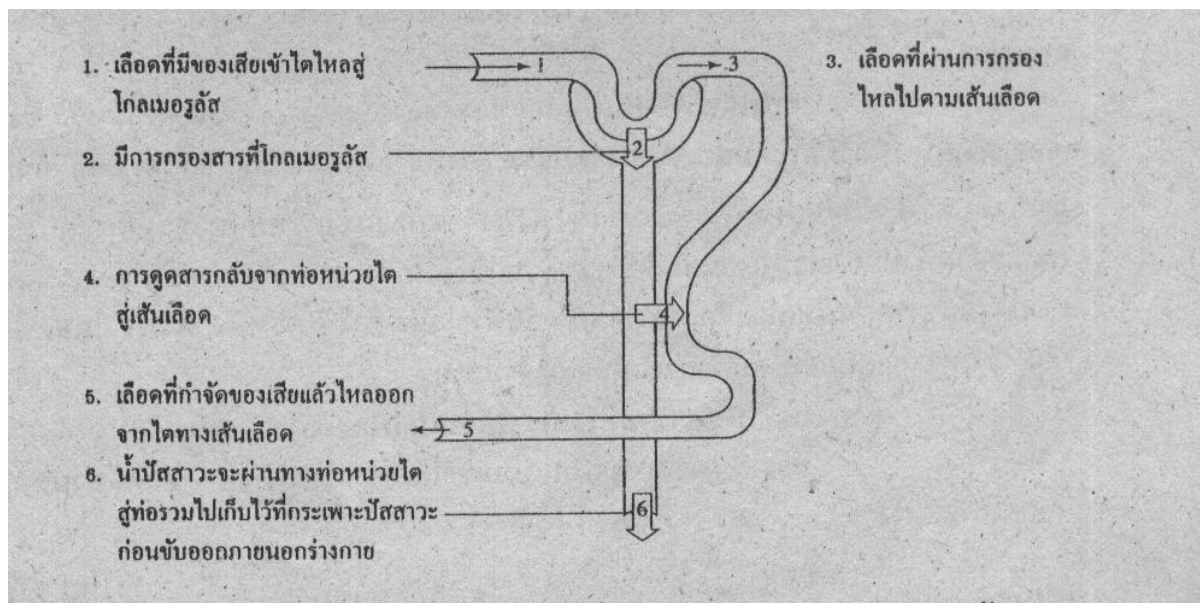
สำหรับของเสียคือ ยูเรีย และสารที่เหลือซึ่งได้แก่ สารที่มีการดูดกลับไม่หมด สารที่ดูดกลับได้น้อย และสารที่ไม่มีการดูดกลับจะปะปนอยู่ในน้ำปัสสาวะ (urine) และจะถูกขับออกจากท่อของหน่วยไตสู่ท่อรวมในชั้นเมดัลลา ท่อรวมหลาย ๆ อันจะรวมกันแล้วเปิดเข้าสู่กรวยไต (pelvis) ซึ่งจะนำปัสสาวะรวมกันเข้าสู่ท่อไต (ureter) จากท่อไตจะนำปัสสาวะเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) และขับปัสสาวะออกทางท่อปัสสาวะ (urethra)

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบสารในของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัสได้กับสารในน้ำปัสสาวะ

สาร	ของเหลวที่กรองผ่านโกลเมอรูลัส (g/100 cm ³)	ปริมาณ (g/100 cm ³)
น้ำ	90 – 93	95
โปรตีน	10 - 20	0
ยูเรีย	0.03	2
กรดยูริก	0.003	0.05
แอมโมเนีย	0.0001	0.05
กลูโคส	0.1	0
โซเดียม	0.32	0.6
คลอไรด์	0.37	0.6
ซัลเฟต	0.003	0.15



รูปที่ 4.7 แสดงการกรองที่เกิดขึ้นบริเวณโบท์แมนส์แคปซูลและกระบวนการดูดกลับของสารในท่อของหน่วยไตส่วนต่าง ๆ



แผนภาพสรุปการทำงานของหน่วยไต แสดงการกรองสารและการดูดสารกลับ

- สรุป**
- สารที่มีการดูดกลับเข้าไปหมด ได้แก่ กลูโคส วิตามินซี และโปรตีน (โมเลกุลเล็ก ๆ)
 - สารที่มีการดูดกลับเป็นส่วนน้อย จะพบว่าในปัสสาวะมีความเข้มข้นสูงกว่าในของเหลวที่กรองได้ เช่น ยูเรีย กรดยูริก แอมโมเนีย โซเดียม คลอไรด์ ซัลเฟต เป็นต้น
 - การดูดกลับของสารบางอย่างจะมีขีดจำกัด เช่น ถ้าระดับกลูโคสในเลือดที่กรองผ่านโกลเมอรูลัสไม่สูงเกินกว่า 100 มก./100 มล. จะถูกดูดซึมกลับได้หมด แต่ถ้าสูงเกินกว่าระดับนี้จะมีส่วนที่เหลือออกมาพร้อมกับปัสสาวะ
 - ยูเรียเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม พบว่ากระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนในเนื้อสัตว์จะได้ของเสียพวกยูเรียสูงกว่ากระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตจากพืช
 - เลือดในเส้นเลือดที่เข้าสู่ไตจะมีของเสียปนอยู่มากกว่าเลือดในเส้นเลือดที่ออกจากไต ทั้งนี้เป็นเพราะได้ผ่านการกรองจากหน่วยไตแล้ว
 - ในน้ำปัสสาวะของคนพบว่ายูเรียมีความเข้มข้นมากกว่าของเหลวที่กรองได้ถึง 60 เท่า

3) การหลั่งสารโดยท่อของหน่วยไต (tubular secretion)

ท่อของหน่วยไตนอกจากจะทำหน้าที่ดูดกลับสารต่างๆ เข้าสู่กระแสเลือดแล้วยังมีการหลั่งสารบางชนิดเข้าไปในของเหลวที่กรองได้ (filtrate) เช่น โพแทสเซียมไอออน (K^+) ไฮโดรเจนไอออน (H^+) กรดยูริก ฮิสตามีน (histamine) และกวานิดีน (guanidine) เป็นต้น สารเหล่านี้จะมีผลต่อการดูดกลับของสารต่างๆ และปรับสมดุลของความเป็นกรด-เบสในร่างกาย

(จ) การควบคุมการทำงานของไต

กระบวนการดูดสารกลับที่ท่อของหน่วยไต พบว่าจะมีฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อเข้ามาควบคุม กระบวนการดูดกลับของสารต่าง ๆ ที่ท่อขดส่วนปลายและท่อรวม ดังนี้

1. ฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (aldosterone)

ฮอร์โมนแอลโดสเตอโรนเป็นฮอร์โมนที่จัดอยู่ในกลุ่มของมินิอราโลคอร์ติคอยด์ (mineralocorticoid) จากต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) ฮอร์โมนนี้จะมีผลไปควบคุมการดูดกลับของโซเดียม (Na^+) ถ้าร่างกายขาด Na^+ จะมีผลไปกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนแอลโดสเตอโรนออกมา แต่ในทางตรงข้ามถ้าร่างกายมี Na^+ มากจะมีผลไปทำให้การหลั่งฮอร์โมนนี้ได้น้อยลง ซึ่งการขาดฮอร์โมนแอลโดสเตอโรนจะมีผลทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำและโซเดียมไปพร้อมปัสสาวะเป็นจำนวนมาก และส่งผลทำให้ปริมาณเลือดในร่างกายลดลง จนอาจทำให้ตายได้เพราะความดันเลือดต่ำ

2. ฮอร์โมน ADH (antidiuretic hormone) หรือ (vasopressin)

ฮอร์โมน ADH เป็นฮอร์โมนที่หลั่งมาจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง ซึ่งสร้างจากเซลล์ของไฮโปทาลามัสในสมอง ADH จะหลั่งออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเลือด ถ้าเลือดมีความเข้มข้นสูงจะกระตุ้นให้หลั่ง ADH ออกมามากกว่าปกติ จะไปกระตุ้นให้รูระหว่างเซลล์ของผนังท่อขดส่วนท้ายและท่อรวมขยายกว้างขึ้นจึงสามารถดูดน้ำกลับได้มากขึ้น แต่ถ้าร่างกายมีน้ำมากเกินไปและเลือดมีความเข้มข้นต่ำจะมีผลทำให้การหลั่ง ADH ได้ลดน้อยลงกว่าปกติ ทำให้น้ำถูกดูดกลับได้น้อยลงน้ำปัสสาวะจึงมีมาก

3. ฮอร์โมนพาราไธรอน (parathormone)

ฮอร์โมนพาราไธรอนเป็นฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ที่ควบคุมการดูดกลับของฟอสเฟต

(ฉ) การถ่ายปัสสาวะ

น้ำปัสสาวะจากท่อของหน่วยไตจะเคลื่อนที่เข้าสู่กรวยไต (pelvis) ซึ่งจะนำปัสสาวะรวมกันเข้าสู่ท่อไต (ureter) ทั้ง 2 ข้าง และต่อไปยังกระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) โดยการหดตัวคลายตัวเป็นจังหวะ (แบบ peristalsis) ของกล้ามเนื้อเรียบที่เป็นผนังท่อไต เพื่อนำน้ำปัสสาวะเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะ สำหรับกระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเป็นถุงกลวง ยืดหยุ่นได้ ชั้นในเป็นกล้ามเนื้อเรียบส่วนชั้นนอกเป็นกล้ามเนื้อลาย ทำหน้าที่สะสมน้ำปัสสาวะที่ส่งมาจากไต เมื่อจำนวนน้ำปัสสาวะภายในกระเพาะปัสสาวะเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ $150 - 400 \text{ cm}^3$ จะทำให้ผนังของกระเพาะปัสสาวะตึงและกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังกระเพาะปัสสาวะบีบตัว ปัสสาวะจึงถูกขับออกมาสู่ท่อปัสสาวะ (urethra) ท่อปัสสาวะส่วนที่ต่อกับกระเพาะปัสสาวะจะมีกล้ามเนื้อหูรูดอยู่ เมื่อผนังของปัสสาวะบีบตัวหูรูดนี้จะคลายตัวออก และน้ำปัสสาวะจะถูกขับออกมาทางท่อปัสสาวะ (urethra) ท่อปัสสาวะมีความยาวประมาณ 8 นิ้ว และยังเป็นทางผ่านของอสุจิ ส่วนในผู้หญิงมีความยาวประมาณ 1.5 นิ้ว และจะเปิดสู่ภายนอกโดยตรง

ในแต่ละวันร่างกายจะขับถ่ายปัสสาวะออกมาประมาณ 1 – 1.5 ลิตร แต่บางครั้งปัสสาวะจะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุดังนี้

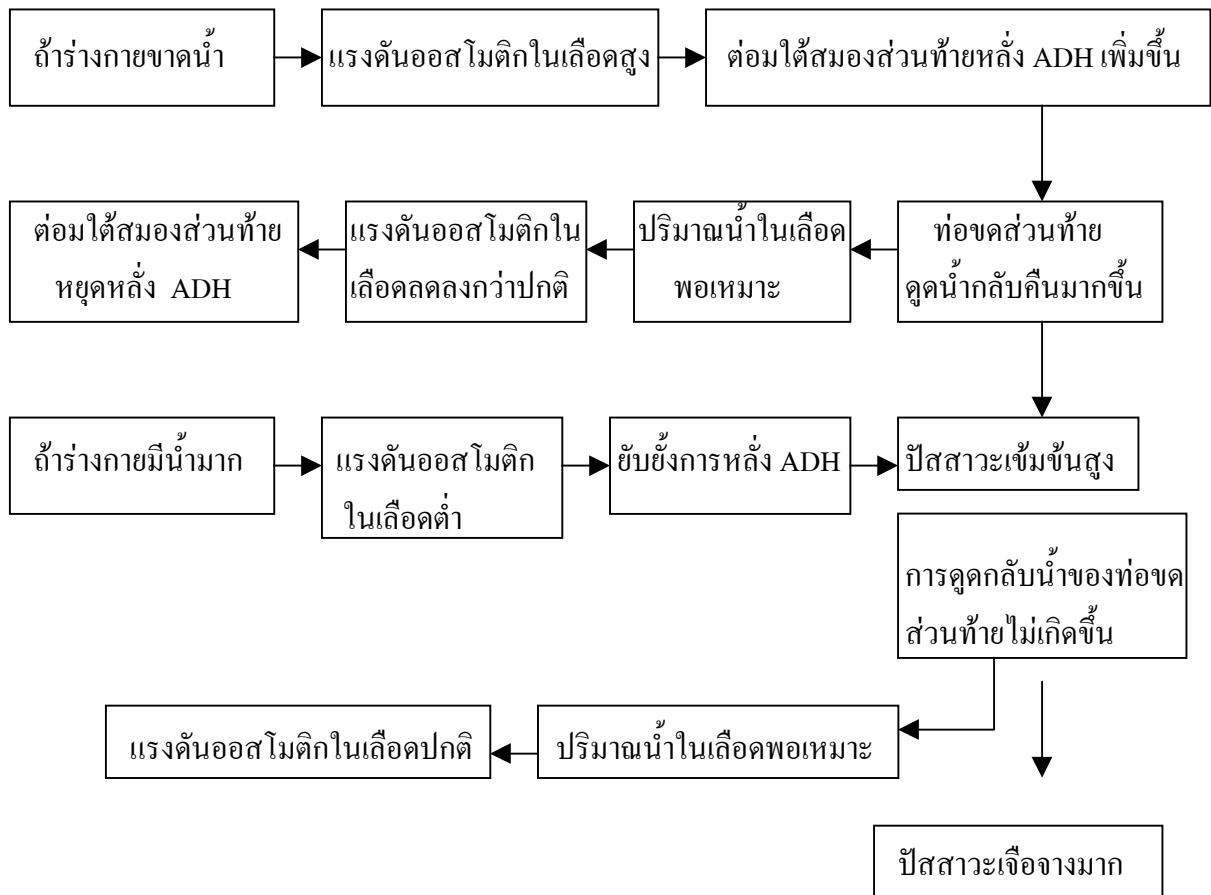
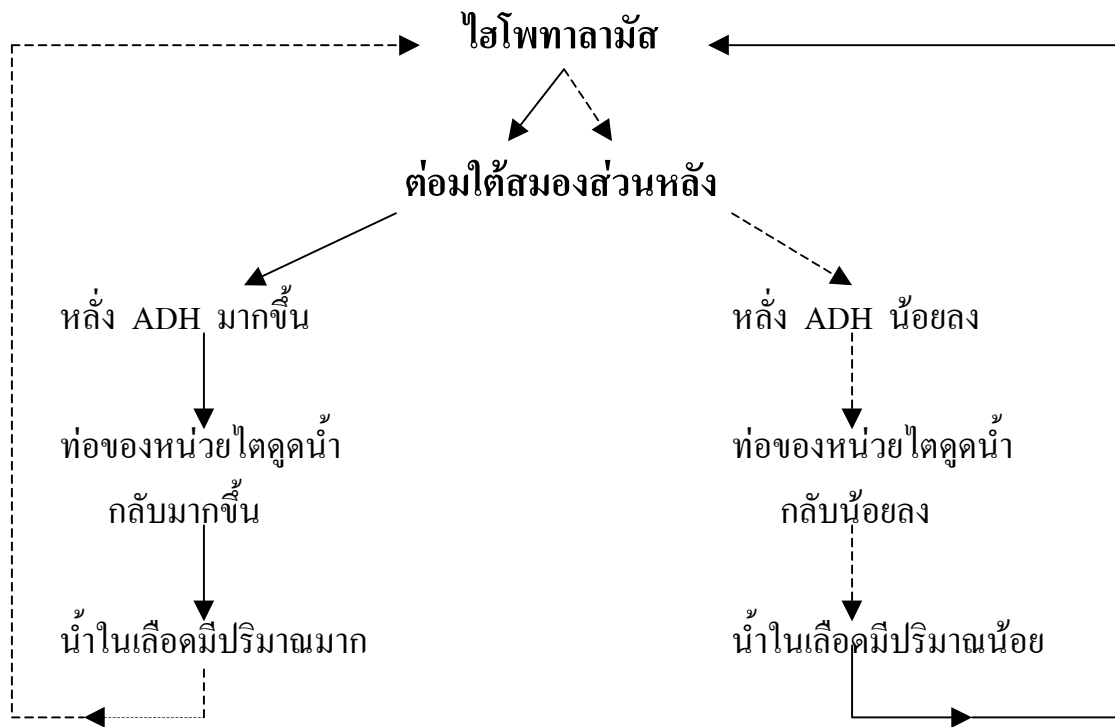
1. การกรองที่โกลเมอรูลัสเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงดันเลือดเพิ่มขึ้น
2. การดูดกลับของน้ำที่ท่อของหน่วยไตลดลง เพราะมีฮอร์โมน ADH น้อย
3. มีสารที่ทำให้ของเหลวในท่อของหน่วยไตมีแรงดันออสโมติกสูง เช่น กลูโคส เมื่อสารเหล่านี้ขับออกมาจะนำน้ำออกมาด้วย

น้ำปัสสาวะของคนจะมีลักษณะใสและมีสีเหลืองอ่อน ๆ ประกอบด้วยน้ำ 95% นอกนั้นเป็นยูเรียและสารอื่น ๆ ปัสสาวะของคนปกติโดยทั่วไปจะไม่มีสารพวกโปรตีน ไขมัน สารคอลลอยด์ และกลูโคส น้ำปัสสาวะมี pH ประมาณ 4.8 – 8.0 แต่ตามปกติจะมี pH ประมาณ 6 คือมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ แต่ถ้าตั้งทิ้งไว้นาน ๆ จะมีฤทธิ์เป็นด่างเพราะยูเรียจะถูกสลายโดยแบคทีเรียกลายเป็นแอมโมเนีย

4.2.1 กับการรักษาสสมดุลของน้ำ

ในสภาพที่ร่างกายสูญเสียน้ำมากเกินไปหรือร่างกายขาดน้ำ เช่น ท้องเสีย น้ำจะสูญเสียไปโดยปนมากับอุจจาระหรือร่างกายเสียเหงื่อมาก จะมีผลทำให้น้ำในเลือดน้อยหรือแรงดันออสโมติกของเลือดสูง (เลือดมีความเข้มข้นสูง) เลือดที่มีแรงดันออสโมติกสูงนี้เมื่อผ่านเข้าไปที่ไฮโปทาลามัสจะไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนท้ายให้หลั่งฮอร์โมน ADH หรือฮอร์โมนแอนติไดยูเรติก (antidiuretic hormone) เข้าสู่กระแสเลือด แล้วไปกระตุ้นท่อของหน่วยไตให้ดูดน้ำกลับคืนเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ปริมาณของน้ำในเลือดสูงขึ้น และร่างกายมีการขับถ่ายน้ำปัสสาวะลดลงและเข้มข้นขึ้น

ในทางตรงข้าม ถ้าเลือดมีปริมาณน้ำมากหรือแรงดันออสโมติกของเลือดต่ำ (เลือดมีความเข้มข้นต่ำ) จะไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมน ADH ออกมา ท่อของหน่วยไตและท่อรวมจะดูดน้ำกลับคืนน้อยลง ปริมาณน้ำปัสสาวะย่อมมีมากขึ้น ร่างกายจึงขับถ่ายน้ำปัสสาวะมากและเจือจาง



แผนภาพสรุปกลไกการดูดน้ำกลับ

นอกจากการสูญเสียน้ำที่ออกมาในรูปของน้ำปัสสาวะแล้วร่างกายยังมีการสูญเสียน้ำทางอื่น ๆ อีก เช่น การระเหยในรูปของเหงื่อที่ผ่านออกมาทางผิวหนัง ผ่านออกไปพร้อมกับลมหายใจออกในรูปของไอน้ำ และปะปนออกไปพร้อมกับอุจจาระ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ร่างกายจึงมีกลไกที่จะลดการสูญเสียน้ำด้วยกระบวนการดูดกลับที่ท่อของหน่วยไต และยังมีกลไกที่จะกระตุ้นให้ร่างกายเกิดความ ต้องการน้ำเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย โดยเมื่อร่างกายมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายมาก ๆ และภาวะขาดน้ำของร่างกายจะไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการกระหายน้ำที่ไฮโปทาลามัส ซึ่งทำให้เกิดความรู้สึกหรืออาการกระหายน้ำขึ้นมา ความรู้สึกกระหายน้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ร่างกายยังมีการสูญเสีย น้ำออกจากร่างกายเรื่อย ๆ

4.2.2 ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไต

ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือด และมีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลของสารในร่างกาย ถ้าไตไม่ทำงานหรือทำงานผิดปกติไป จะทำให้มีของเสียสะสมในเลือดหรือมีของเสียปะปนอยู่มาก เมื่อเลือดไหลไปหล่อเลี้ยงเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายจะทำให้เซลล์ทำงานผิดปกติ ในกรณีที่ไตมีการเสื่อมแบบค่อยเป็นค่อยไป เซลล์จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะการเสื่อมของไต หรือการทำงานที่น้อยลงของไตได้ แต่การปรับตัวนั้นจะทำได้ถึงขั้นหนึ่งเท่านั้น ถ้าไตทำงานน้อยลงไปมากก็จะไม่สามารถปรับตัวได้ เซลล์ของอวัยวะต่างๆ จะหยุดทำงานไปและผู้ป่วยอาจถึงแก่ชีวิตได้ แต่ในกรณีที่ไตหยุดทำงานไปอย่างเฉียบพลัน เซลล์ของอวัยวะต่างๆ อาจปรับตัวไม่ทัน ผู้ป่วยจะมีอาการปรากฏและเสียชีวิตได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้หากการทำงานของไตผิดปกติไปจะเกิดอันตรายต่อร่างกาย หรือทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับไตได้ เช่น

(ก) โรคนี้ว เกิดขึ้นที่บริเวณไต ท่อไต และกระเพาะปัสสาวะ

สาเหตุ

- เกิดจากการตกตะกอนของแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำปัสสาวะ เช่น เกลือแคลเซียม เกลือแคลเซียมคาร์บอเนต กรดยูริก แคลเซียม ออกซาเลต แมกนีเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น ซึ่งมีอยู่มากเกินปกติและไม่ละลายน้ำ แต่รวมตัวเป็นก้อนไปอุดตันตามทางเดินปัสสาวะ
- เกิดจากการอักเสบติดเชื้อ ทำให้มีการจับตัวของผลึกเป็นก้อนนี้วได้เร็ว
- เกิดจากการบริโภคผักใบเขียวบางชนิดที่มีสารออกซาเลตสูง ทำให้มีโอกาสมันนี้วได้ง่าย เช่น ผักโขม ใบชะพลู เป็นต้น

การรักษา การรักษาามีหลายวิธีขึ้นอยู่กับการวินิจฉัยของแพทย์ เช่น

- การใช้ยาละลายนี้ว
- การผ่าตัดนี้วออก
- การใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงสลายนี้ว

การป้องกัน

- รับประทานอาหารประเภทโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นม ไข่ และถั่วต่าง ๆ เพราะอาหารเหล่านี้มีธาตุฟอสฟอรัสซึ่งช่วยไม่ให้สารออกซาเลตจับตัวเป็นผลึก
- ดื่มน้ำสะอาดวันละมาก ๆ ซึ่งอาจทำให้ก้อนนิ่วเล็ก ๆ ออกมาพร้อมกับปัสสาวะและพวกแร่ธาตุก็ไม่มีโอกาสตกตะกอนเพราะมีการขับถ่ายเร็ว
- หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารออกซาเลตสูง เช่น ผักโขม ใบชะพลู

(ง) โรคไตวาย เป็นโรคที่ทำให้ไตสูญเสียการทำงาน และมีการสะสมของเสียในเลือด อันมีผลทำให้เกิดความผิดปกติในการรักษาสมดุลของน้ำ แร่ธาตุ และความเป็นกรด-เบส ของสารในร่างกาย

สาเหตุ

- เกิดจากการติดเชื้อที่รุนแรง
- การสูญเสียเลือดจำนวนมาก
- การเป็นโรคเบาหวานติดต่อกันเป็นเวลานาน

การรักษา

- ควบคุมชนิดและปริมาณของอาหาร
- ป้องกันการติดเชื้อ
- การใช้ยา
- การฟอกเลือดโดยใช้ไตเทียม (artificial kidney)
- การผ่าตัดเปลี่ยนไตหรือการปลูกถ่ายไต

(ค) โรคเบาหวาน

สาเหตุ

เกิดจากความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับอ่อนที่ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เป็นปกติ จึงมีผลทำให้ไตไม่สามารถดูดน้ำตาลกลับเข้าสู่กระแสเลือดได้หมด ปัสสาวะของคนเป็นโรคเบาหวานจึงมีน้ำตาลเจือปนอยู่

การรักษา

- ฉีดฮอร์โมนอินซูลิน
- ควบคุมอาหาร

(ง) เบาจืด คืออาการที่ปัสสาวะมีน้ำมากกว่าปกติ ทำให้ปัสสาวะเจือจางมาก อาการเช่นนี้จะมีผลทำให้น้ำในร่างกายลดลงและเกิดอาการกระหายน้ำ

สาเหตุ

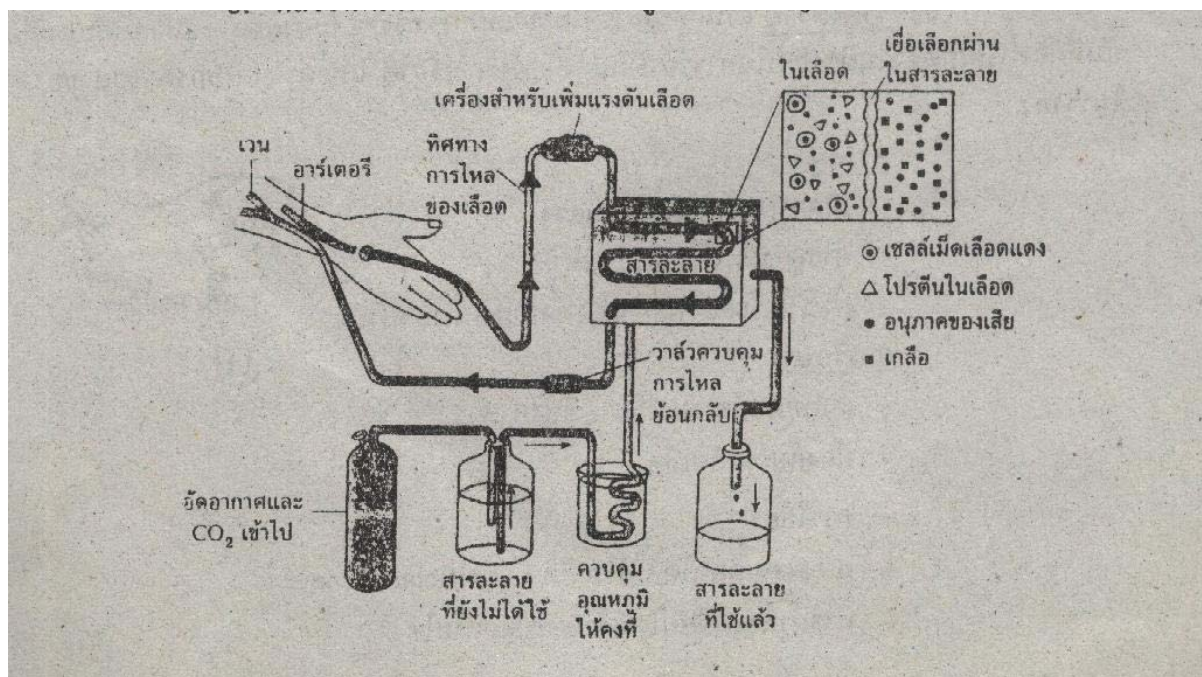
- เกิดจากการที่มีการหลั่งฮอร์โมน ADH ลดน้อยลงกว่าปกติ ทำให้การดูดน้ำกลับคืนน้อยกว่าปกติ

ไตเทียม (artificial kidney machine)

ไตเทียมเป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่แทนไต ซึ่งสามารถกรองของเสียออกจากเลือดและทำให้เลือดบริสุทธิ์ โดยไตเทียมสามารถกรองของเสียออกได้ประมาณ 60% ของระดับในเลือด ผู้ป่วยจะต้องทำการกรองของเสียออกจากเลือด (ฟอกเลือด) ประมาณสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ครั้งละ 3-6 ชั่วโมง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องไตเทียม สรุปได้ดังนี้

1. นำเลือดของผู้ป่วยจากเส้นอาร์เตอรีบริเวณแขนไหลเข้าไปในเครื่องไตเทียม
2. เลือดจะไหลผ่านเข้าไปในท่อที่มีเยื่อเซลล์โลเฟน ซึ่งเป็นเยื่อบาง ๆ ที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane) เยื่อนี้มีรูเล็ก ๆ ที่สารโมเลกุลขนาดเล็กผ่านเข้าออกได้
3. สารละลายภายใน (dialysis solution) ซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ คล้ายคลึงกับส่วนประกอบของเลือดคนปกติ และมีโมเลกุลขนาดเล็กจึงผ่านผนังท่อได้ตลอดเวลา
4. ระหว่างที่เครื่องไตเทียมทำงานนั้นของเสียในเลือดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าในสารละลาย จะแพร่ผ่านรูเล็ก ๆ ที่เยื่อเซลล์โลเฟนออกมาในสารละลาย จึงเป็นผลทำให้ของเสียในเลือดลดลงสู่ระดับปกติ
5. หลังจากนั้นเลือดจะผ่านกลับเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยทางเส้นเวนบริเวณแขน



รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของเครื่องไตเทียม