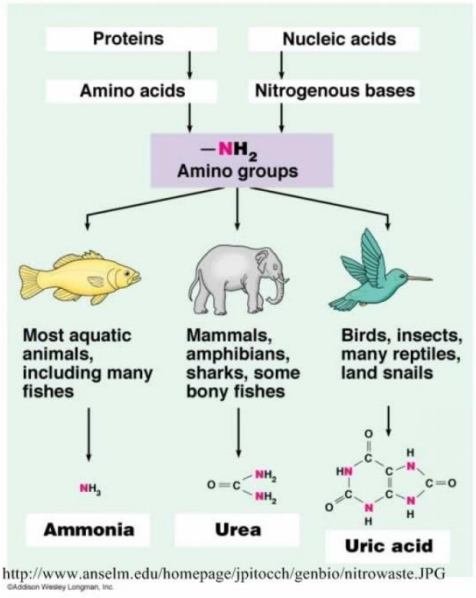
ชื่อ
ชั้น

# การขับถ่าย (Excretion)

การขับถ่าย (Excretion) คือ การกำจัดของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึม (Metabolic waste) โดยการกำจัดออกจากร่างกายหรือเปลี่ยนเป็นสารที่มีอันตรายน้อยกว่าแล้วกำจัดออกนอกร่างกายภายหลัง ของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึม ได้แก่

1. ของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Nitrogenous wastes) เกิดจากการสลายสารโปรตีนและกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วย



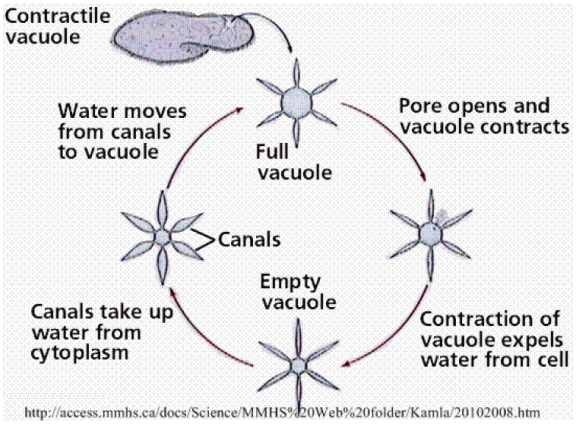

- แอมโมเนีย (Ammonia; $NH_3$) ซึ่งมีความเป็นพิษสูง มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จะกำจัดออกในรูปของแอมโมเนียมไอออน ($NH^{+4}$) การกำจัดต้องใช้น้ำปริมาณมาก พบในสัตว์น้ำทั้งหมดและปลาส่วนใหญ่ สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้อยู่ในสภาพที่เป็นพิษน้อยลง เช่น ยูเรีย (Urea) หรือกรดยูริก (Uric acid)

- ยูเรีย (Urea) มีความเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย ละลายน้ำได้ กำจัดออกในรูปของสารละลาย เป็นของเสียที่ถูกขับออกมาจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ฉลาม และปลากระดูกแข็งบางชนิด

- กรดยูริก (Uric acid) การกำจัดออกนอกร่างกายมีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากกรดยูริกเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยและก่อนการกำจัดออกร่างกายสามารถดูดน้ำกลับคืนได้เกือบหมด โดยขับถ่ายออกมาปนกับอุจจาระในลักษณะครึ่งแข็งครึ่งเหลว (Semisolid) พบในสัตว์พวก แมลง นก สัตว์เลื้อยคลาน และหอยที่อาศัยอยู่บนบก

2. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$)

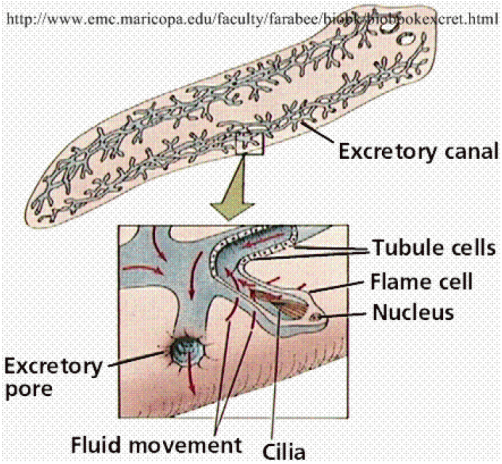
3. ไฮโดรเจน (Hydrogen) เกลือแร่ (Mineral) และ น้ำ ($H_2O$) ที่มากเกินความต้องการของร่างกาย



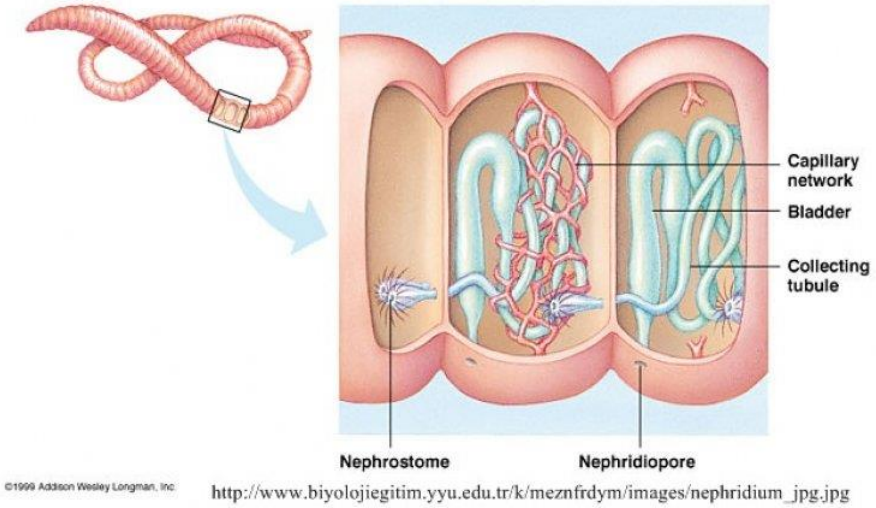

โพรทิสต์เซลล์เดียว เช่น พารามีเซียม อะมีบา ยูกลีนา ของเสียที่เกิดขึ้นได้แก่ แพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่สิ่งแวดล้อม โพรทิสต์บางชนิดที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมีออร์แกเนลล์คอนแทร็กไทล์แวคิวโอล(Contractile vacuole)เพื่อทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำ

ชื่อ
ชั้น

- ฟองน้ำ (sponges)ไม่มีอวัยวะในการขับถ่ายของเสีย แต่ละเซลล์สัมผัสกับน้ำโดยตรง ใช้วิธีการกำจัดของเสียด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)
- ไฮดรา (Hydra)ไม่มีอวัยวะในการขับถ่าย แต่กำจัดแก๊สและของเสียพวกแอมโมเนียโดยวิธีการแพร่ (Diffusion)ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)




- หนอนตัวแบน(Flat worms)เป็นสัตว์ไฟลัมแรกที่มีระบบขับถ่ายเรียกว่า โพรโทเนฟริเดีย (Protonephridia) ประกอบด้วยท่อตามยาวกระจายอยู่ข้างตลอดตามความยาวของลำตัว ที่ปลายท่อมีเฟลมเซลล์ (Flame cell = เซลล์เปลวไฟ) ซิเลียจะโบกพัดน้ำและของเสียจากเฟลมเซลล์ให้ไหลออกมาตามท่อรับของเหลวและออกภายนอกทางช่องขับถ่ายที่ผนังลำตัว
- แอนนิลิด (Annelid)เช่น ไส้เดือนดิน มีลำตัวแบ่งเป็นข้อปล้อง แต่ละปล้องจะมีอวัยวะขับถ่าย เรียกว่า เนฟริเดียม (Nephridium) ปล้องละ 1 คู่ เนฟริเดียมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่มีลักษณะเหมือนปากแตรภายในมีซิเลียล้อมรอบ ทำหน้าที่รับของเหลวจากช่องลำตัว เรียกว่าเนโฟรสโตม(Nephrostome)ส่วนที่เป็นท่อยาว(Nephridial tubule)ขดไปมามีเส้นเลือดพันรอบท่อนี้เพื่อดูดน้ำและของเหลวที่มีประโยชน์กลับนำไปใช้ประโยชน์อีกครั้ง ตอนปลายของท่อพองขยายออกเป็นถุง (Bladder)และเนฟริดิโอพอร์ (Nephridiopore)เป็นปลายของท่อเปิดออกสู่ภายนอกทางผิวหนัง

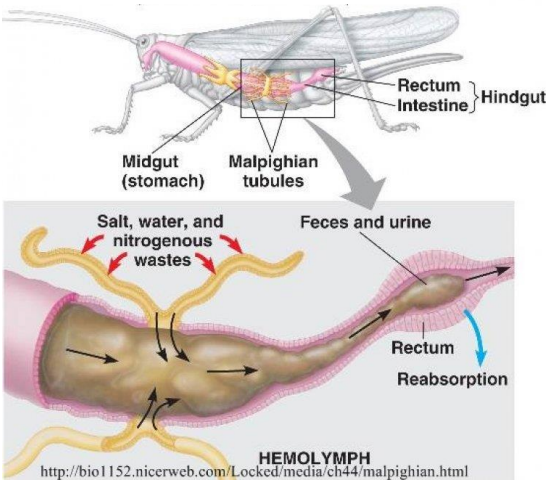


http://www.biyolojiegitim.yyu.edu.tr/k/meznfrdym/images/nephridium_jpg.jpg

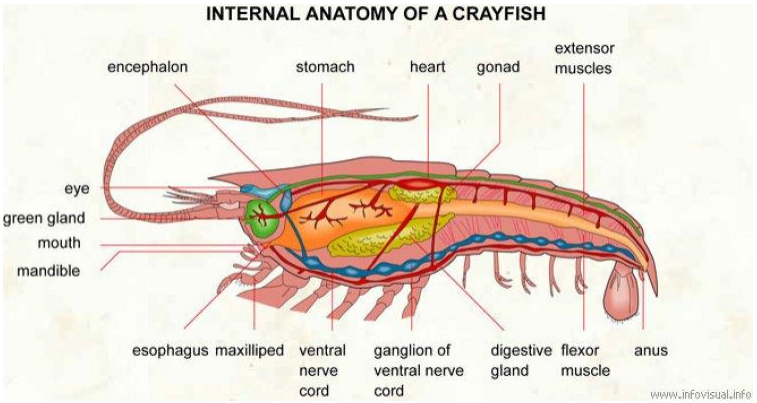
ชื่อ
ชั้น

- อาร์โทรพอด (Arthropod)พวกแมลง มีอวัยวะขับถ่ายเรียกว่าท่อมัลพิเกียน (Malpighian tubule)มีลักษณะคล้ายถุงยื่นออกมาจากทางเดินอาหารตรงบริเวณรอยต่อของทางเดินอาหารส่วนกลางและท้าย ปลายของ

ท่อมัลพิเกียนจะลอยอยู่ในช่องของลำตัว ของเสีย น้ำ และสารต่างจะถูกลำเลียงเข้าสู่ท่อมัลพิเกียน ผ่านไปตามทางเดินอาหารและมีกลุ่มเซลล์บริเวณไส้ตรงทำหน้าที่ดูดน้ำและสารที่มีประโยชน์กลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ส่วนของเสียพวกสารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนเป็นผลึกกรดยูริกเพื่อขับออกจากร่างกายพร้อมกับกากอาหาร

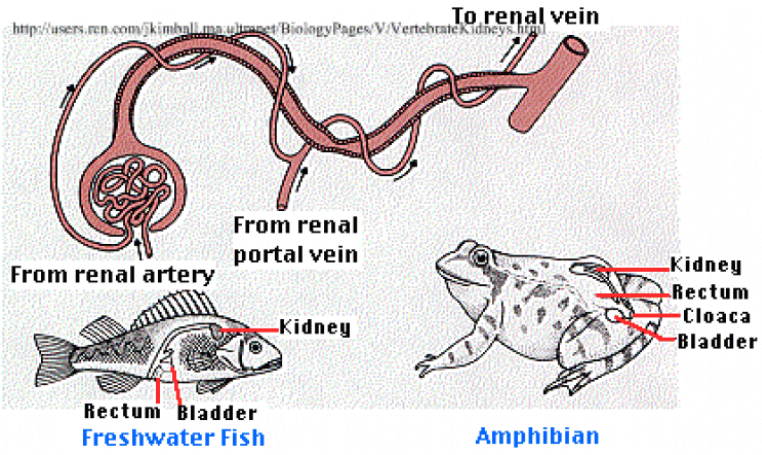



-กุ้งมีอวัยวะขับถ่าย เรียกว่า ต่อมเขียว (Green gland) หรือ ต่อมแอนเทนนัล (Antennal gland) จำนวน 1 คู่ ที่บริเวณฐานของหนวด โดยทำหน้าที่กรองของเสียสารประกอบพวกไนโตรเจน ของเสียผ่านไปตามท่อ และตอนปลายของท่อพองออกเป็นถุง (Bladder) ก่อนปล่อยออกนอกร่างกายทางรูขับถ่าย (Excretory pore)

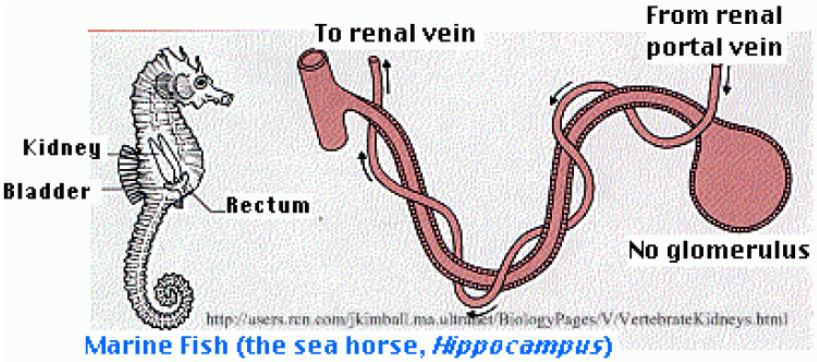



- ปลามีไต 1 คู่ อยู่ภายในช่องท้องติดกับกระดูกสันหลัง ทำหน้าที่กำจัด ของเสียยูเรียและของเสียอื่นๆ ออกจากเลือด ของเสียจะผ่านท่อไต (Ureter) ไปยังกระเพาะปัสสาวะ (Uninary bladder) และเปิดออกทาง Urogenital opening

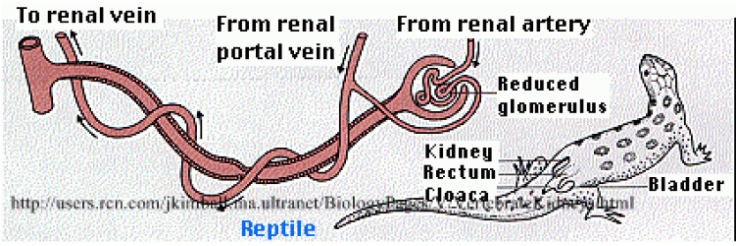
- สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก(Amphibian)มีไต 1 คู่ นำน้ำปัสสาวะผ่านท่อไต (Urinary duct หรือ Ureter) ไปเปิดและกำจัดออกทางโคลเอกา (Cloaca)



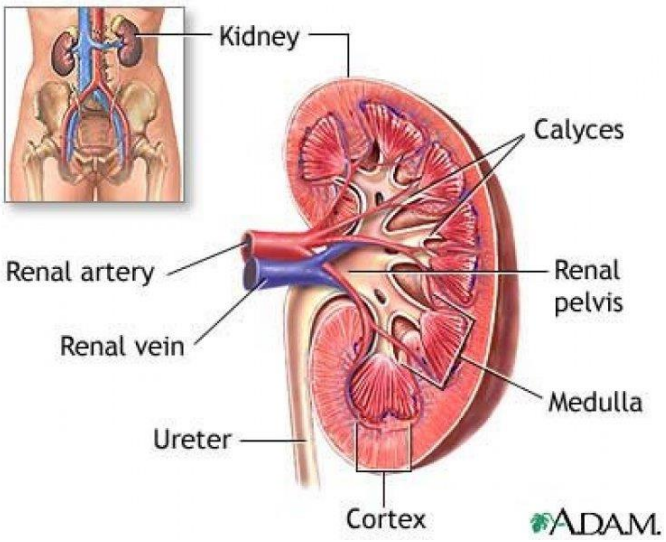
ชื่อ
ชั้น




- สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์ปีก (Reptile and Aves)มีไต (Kidney) เป็นอวัยวะขับถ่าย สุดท้ายจะขับถ่ายออกทางช่องเปิดของโคลเอกา (Cloaca opening) อวัยวะขับถ่ายสามารถเปลี่ยนของเสียประเภทแอมโมเนียให้กลายเป็นกรดยูริก (Uric acid) ซึ่งไม่เป็นพิษ ดังนั้นน้ำปัสสาวะของสัตว์พวกนี้จะอยู่ในลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Semisolid) กรดยูริกที่มายังโคลเอกาจะตกตะกอนเป็นผลึกสีขาวรวมตัวกับอุจจาระ ช่วงที่เป็นเอ็มบริโอกรดยูริกจะเก็บสะสมไว้ในถุงแอลแลนทอยด์ (Allantosis)




-สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม(Mammal)อวัยวะขับถ่ายประกอบด้วย ไต 1 คู่ โครงสร้างของไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นนอก คือ คอร์เทกซ์ (Cortex) และเยื่อชั้นใน คือ เมดัลลา (Medulla) ในเนื้อเยื่อของไตมีหน่วยไต (Nephron) เป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่สร้างน้ำปัสสาวะและลำเลียงไปตามท่อไต (Ureter) และเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) ก่อนจะขับถ่ายออกนอกร่างกายทางท่อปัสสาวะ (Urethra)สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะขับถ่ายของเสียซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนเป็นยูเรีย



6 เซนติเมตร และหนา 3 เซนติเมตร ไตแต่ละข้างหนักประมาณ 150 กรัม ต่อจากไตทั้งสองข้างมีท่อไต (ureter) ทำหน้าที่ ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) ก่อนที่จะขับถ่ายออกนอกร่างกายทางท่อ ปัสสาวะ (urethra)

โครงสร้างภายในของไต

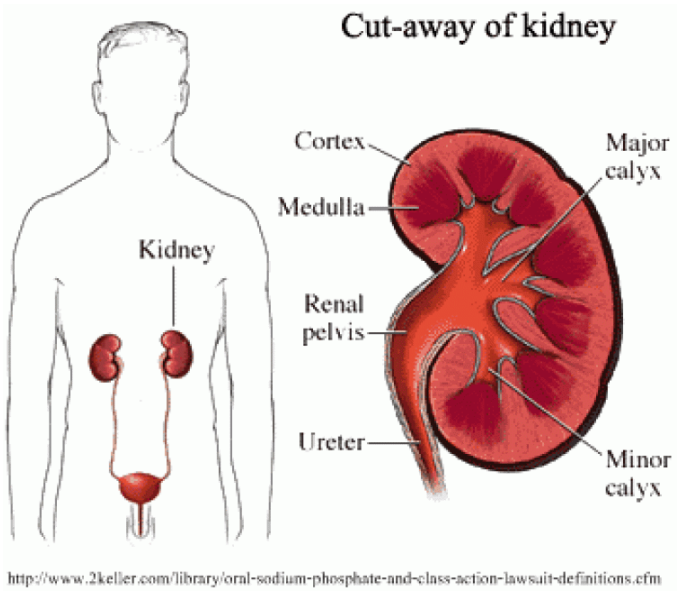
1.รีนัลแคปซูล (Renal capsule) เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดหุ้มรอบไต

2. เนื้อไต ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

-เนื้อไตชั้นนอก--> คอร์เทกซ์ (Cortex)ประกอบด้วยกลุ่มเส้นเลือดฝอยเรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus) และถุงโบว์แมนส์แคบซูล (Bowman's Capsule) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกรองของเสียออกจากเลือด และเป็นที่อยู่ของท่อหน่วยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) และท่อหน่วยไตส่วนปลาย (Distal convoluted tubule) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหน่วยไต (Nephron)

-เนื้อไตชั้นใน--> เมดัลลา (medulla)มีสีจางกว่าเนื้อไตชั้นนอก มีลักษณะเป็นเส้น ๆ หรือหลอดเล็ก ๆ รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ น้ำปัสสาวะจะส่งเข้าสู่กรวยไต

3. กรวยไต (Renal pelvis) ซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำปัสสาวะและส่งต่อไปสู่ท่อไต (Ureter) นำเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะและส่งต่อไปยังท่อปัสสาวะ



http://www.2keller.com/library/oral-sodium-phosphate-and-class-action-lawsuit-definitions.cfm

ไตแต่ละข้างจะประกอบด้วยหน่วยไต หรือเนฟรอน (Nephron)ประมาณ 1 ล้านหน่วย เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่สร้างน้ำปัสสาวะ (Functional unit) โดยหน่วยไต (Nephron) แต่ละอันประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

ชื่อ
ชั้น

1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการกรอง(Filtering unit)ซึ่งประกอบด้วย

- โกลเมอรูลัส (Glomerulus) --> กลุ่มหลอดเลือดฝอย (Glomerulus capillaries) ที่ขดรวมกันอยู่ในโบว์แมนส์แคบซูล (Bowman's capsule) ทำหน้าที่กรองสารออกจากพลาสมาให้เข้ามาในท่อหน่วยไต

- โบว์แมนส์แคบซูล (Bowman's capsule) --> ส่วนต้นของท่อหน่วยไต มีลักษณะคล้ายถ้วย ของเหลวที่กรองได้จะผ่านเข้ามายังบริเวณนี้

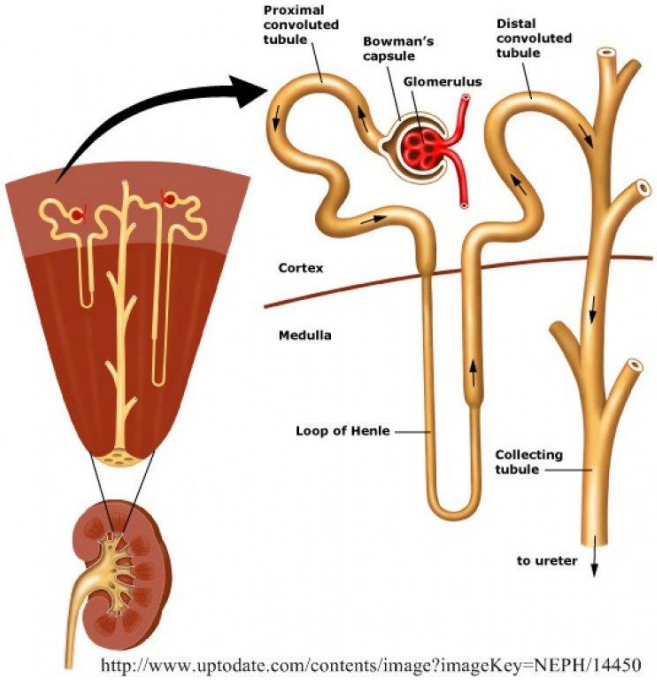
2. ส่วนท่อของหน่วยไต (Renal tubule)ประกอบด้วยท่อส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- ท่อขดส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) เป็นส่วนถัดจากโบว์แมนส์แคบซูล (Bowman's capsule)ขดไปมาอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นบริเวณที่มีการดูดกลับสารต่างๆ เข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดมากที่สุด

- ห่วงเฮนเล (Henle's loop) หลอดโค้งรูปตัวยู ยื่นเข้าไปในชั้นเมดัลลา (Medulla) ประกอบด้วยท่อขาลง ( Discending) และท่อขาขึ้น (Ascending)

- ท่อขดส่วนปลาย (Distal convoluted tubule) ถัดจาก Henle's loop เป็นท่อขดไปมาในชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) และเปิดรวมกันที่ท่อรวม (Cellecting tubule)

- ท่อรวม (Collecting duct) ต่อกับท่อขดส่วนปลาย ทำหน้าที่นำน้ำปัสสาวะส่งต่อไปยังกรวยไต (Pelvis) ท่อไต (Ureter) กระเพาะปัสสาวะ (Urenary bladder) และท่อปัสสาวะ (Urethra) ตามลำดับ



http://www.uptodate.com/contents/image?imageKey=NEPH/14450

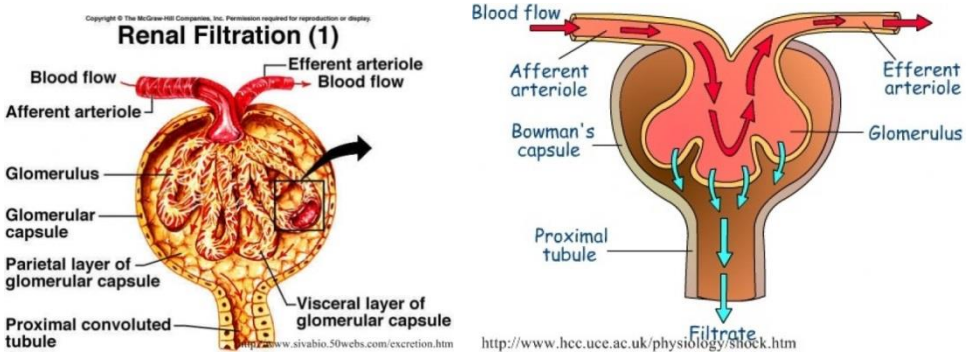
หน่วยไตทำหน้าที่ในการสร้างน้ำปัสสาวะ (Urine formation) ประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกรองสารที่โกลเมอรูลัส (Glomerular filtration) การดูดสารกลับที่ท่อหน่วยไต (Tubular reabsorption) และการหลั่งสารโดยท่อหน่วยไต (Tubular Secretion)

การกรองสารที่โกลเมอรูลัส(Glomerular filtration / Ultrafiltration)

- เป็นกระบวนการแรกที่สร้างน้ำปัสสาวะ
- แต่ละนาทีจะมีเลือดเข้าสู่ไตจำนวน 1200 ml เลือดกรองผ่านโกลเมอรูลัส ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเยื่อกรอง ของเหลวที่ผ่านจากการกรอง เรียกว่า Glomerular Filtrate หรือ Ultrafiltrate ได้แก่ น้ำ ยูเรีย กลูโคส โซเดียมคลอไรด์ เกลือแร่ต่าง ๆ จะเข้าสู่โบว์แมนส์แคปซูล

ประมาณ 125 ml หลังจากนั้นเลือดจะออกจากโกลเมอรูลัสไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของท่อหน่วยไต และเปลี่ยนเป็นเลือดดำแล้วออกจากไตไปทางหลอดเลือดรีนัลเวน

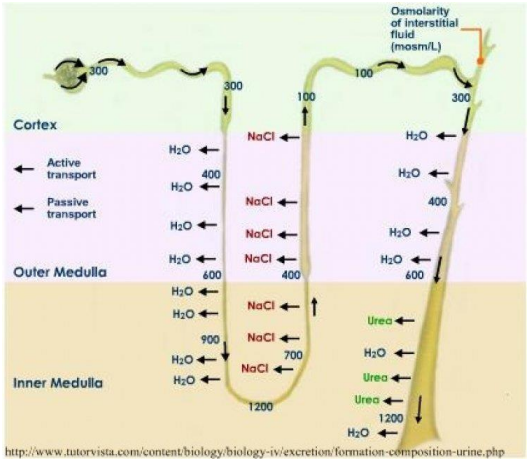
- การกรองอาศัยแรงดันของของเหลวในเส้นเลือดฝอยบริเวณโกลเมอรูลัส โดยเยื่อกรองจะยอมให้น้ำและสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่ารู เช่น ยูเรีย โซเดียม กลูโคส ผ่านออกมาได้ แต่จะไม่ยอมให้สารขนาดใหญ่ผ่าน เช่น เซลล์เม็ดเลือด โปรตีน ไขมัน
- ในคนปกติพบว่าพลาสมาจะถูกกรองประมาณวันละ 180 ลิตร แต่มีปัสสาวะออกมาเพียง 1.5-2 ลิตร ซึ่งเป็นเพียง 1% จะถูกขับออกมา อีก 99 % ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์จะถูกดูดกลับหมด

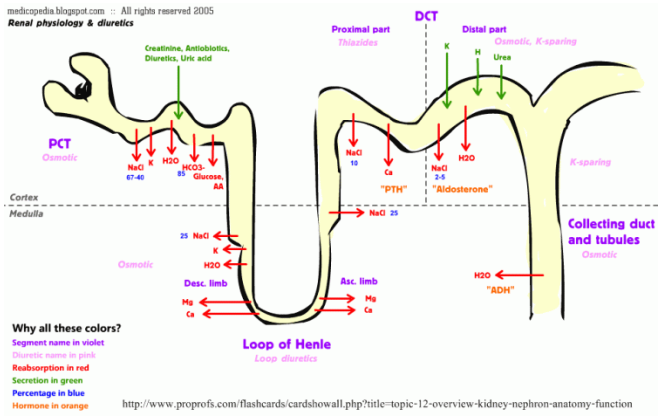



การดูดสารกลับที่ท่อหน่วยไต(Tubular reabsorption)

- ท่อขดส่วนต้น เกิดการดูดกลับมากที่สุด (ประมาณ 80%) มีการดูดกลับแบบใช้พลังงาน (Active transport) ได้แก่ กลูโคส โปรตีนโมเลกุลเล็ก กรดอะมิโน วิตามิน Na+K+และการดูดกลับแบบไม่ใช้พลังงาน (Passive transport) ได้แก่ ยูเรีย น้ำ Cl-$HCO^{-3}$
- ห่วงเฮนเล (Henle's loop)ท่อขาลงจะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากห่วงเฮนเลโดยกระบวนการออสโมซิส ท่อขาขึ้นจะมีการดูด NaCl กลับทั้งแบบไม่ใช้พลังงานและแบบใช้พลังงาน และผนังส่วนขาขึ้นนี้มีคุณสมบัติไม่ยอมให้น้ำผ่าน (Impermeable)
- ท่อขดส่วนปลาย มีการดูดน้ำกลับแบบไม่ใช้พลังงาน โดยการควบคุมของฮอร์โมน ADH (Antidiuretic hormone) ส่วน NaCl และ HCO-3จะถูกดูดกลับแบบใช้พลังงาน โดยการควบคุมของฮอร์โมน Aldosterone
- ท่อรวม (Collecting tubule) มีการดูดน้ำกลับแบบไม่ใช้พลังงาน ดูดกลับของ Na+แบบใช้พลังงาน และยอมให้ยูเรียแพร่ออก โดยการดูดกลับ อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมน ADH

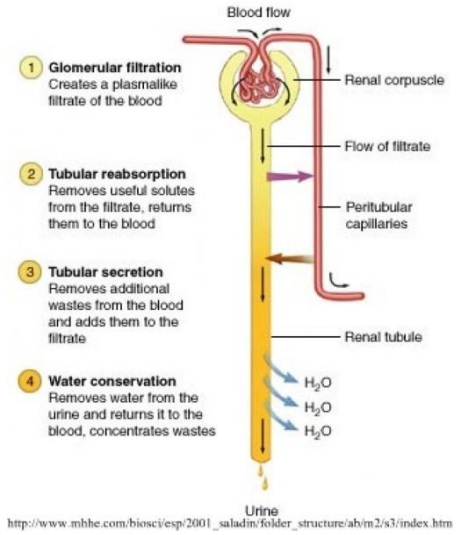
ชื่อ
ชั้น

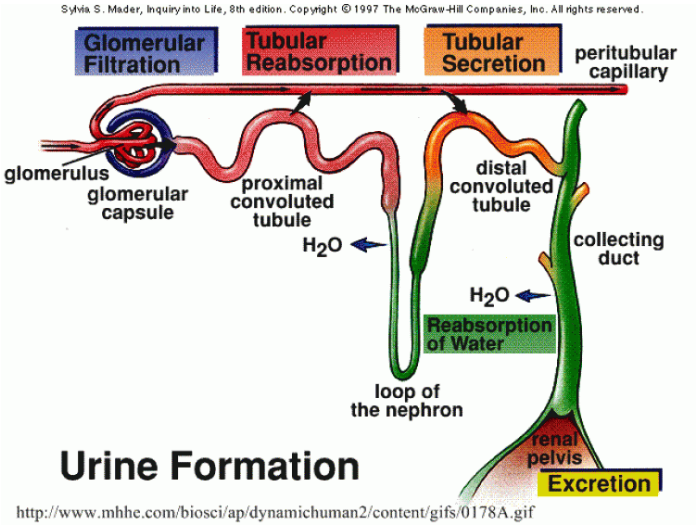



การหลั่งสารโดยท่อหน่วยไต(Tubular Secretion)

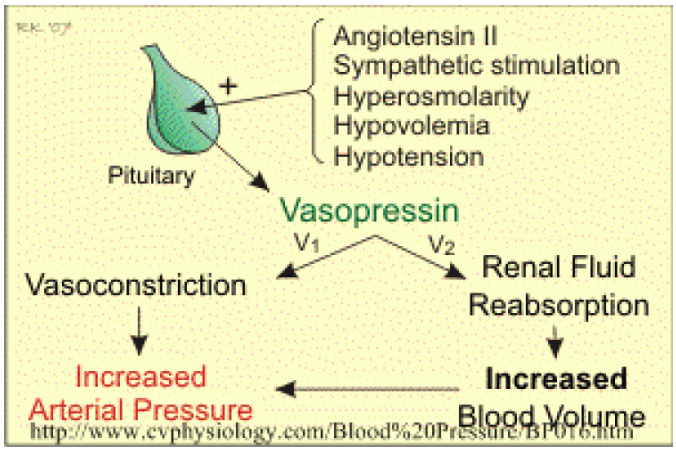
- เป็นการขนส่งสารจากเลือดเข้าไปยังท่อหน่วยไต ที่ท่อขดส่วนต้น มีการหลั่งสารหลายชนิด เช่น H+K+NH+3 และที่บริเวณท่อหน่วยไตส่วนปลายมีการหลั่ง H+K+ยาและสารพิษบางชนิด




- เมื่อน้ำในเลือดน้อยทำให้ความเข้มข้นของเลือดเพิ่มมากขึ้นทำให้แรงดันออสโมติกของเลือดสูงขึ้น ไปกระตุ้นตัวรับรู้ (Receptor) การเปลี่ยนแปลงแรงดันออสโมติกในสมองส่วนไฮโพทามัส และต่อมใต้สมองส่วนท้าย (Posterior lobe of piuitary gland) ปล่อยฮอร์โมนแอนติไดยูเรติก (Antidiuretic hormone; ADH หรือ Vasopressin) ส่งไปยังท่อหน่วยไตส่วนปลายและท่อรวม ทำให้เกิดการดูดน้ำกลับเข้าสู่เลือดมากขึ้น ปริมาตรของเลือดมากขึ้นพร้อมกับขับน้ำปัสสาวะออกน้อยลง นอกจากนี้ภาวะที่มีการขาดน้ำของร่างกายยังกระตุ้นศูนย์ควบคุมการกระหายน้ำในสมองส่วนไฮโพทาลามัสทำให้ เกิดการกระหายน้ำ เมื่อดื่มน้ำมากขึ้นแรงดันออสโมติกในเลือดจึงเข้าสู่สภาวะปกติ

ชื่อ
ชั้น

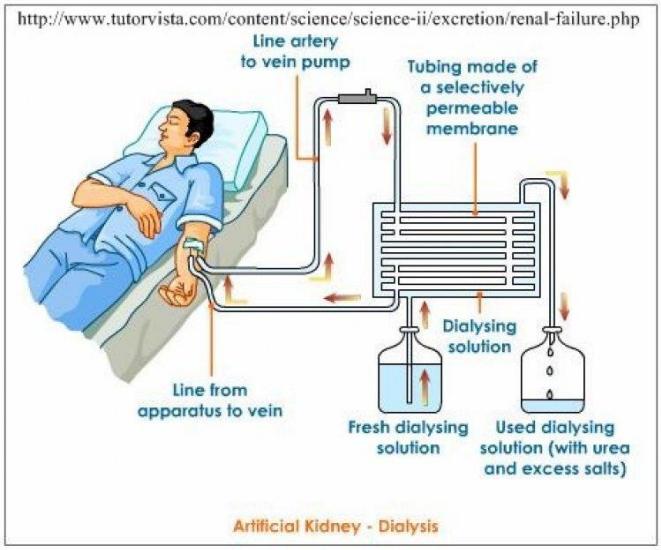



- แอลโดสเตอโรน (Aldosterone) จากต่อมหมวกไตกระตุ้นให้มีการดูดกลับ โซเดียม โพแทสเซียม และฟอสเฟต โดยสารดังกล่าวกลับเข้าสู่กระแสเลือด

- ไตช่วยรักษาสมดุลของกรด-เบสในร่างกายด้วยการขับไฮโดรเจนไอออนออก และดูดซึมไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนกลับจากท่อไตที่ท่อขดส่วนต้นและส่วนปลาย

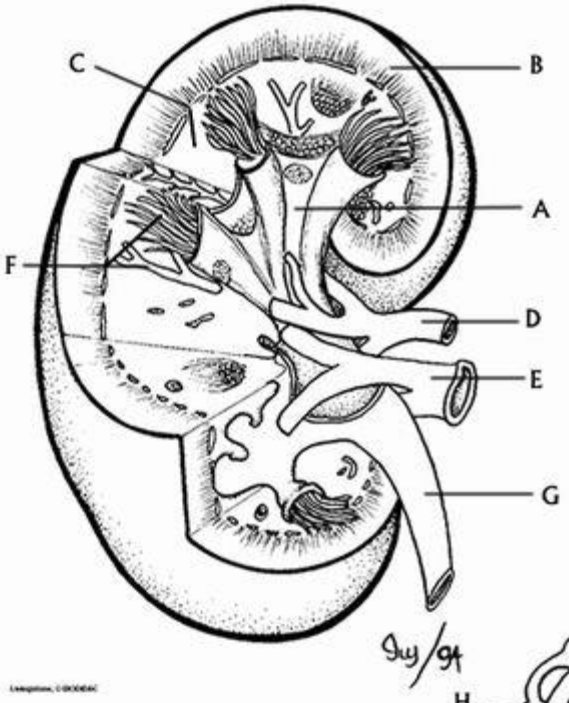
โรคนิ่ว (Calculus) --> เกิดจากตะกอนของแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำปัสสาวะรวมตัวเป็นก้อนอุดตันในท่อปัสสาวะ อาจจะเกิดการอักเสบติดเชื้อ หรือ การบริโภคผักบางชนิด เช่น ใบชะพลู ผักโขม เป็นต้น ซึ่งมีสารออกซาเลตสูงทำให้มีโอกาสเป็นนิ่วได้ง่าย รักษาโดยการใช้ยา ผ่าตัด หรือสลายนิ่วโดยใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูง (Ultra sound) ป้องกันได้โดยการรับประทานอาหารประเภทโปรตีน ซึ่งฟอสฟอรัสช่วยไม่ให้สารพวกออกซาเลตจับตัวเป็นก้อนนิ่ว และควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีออกซาเลตสูง นอกจากนี้การดื่มน้ำสะอาดวันละมาก ๆ อาจทำให้ก้อนนิ่วขนาดเล็กออกมาพร้อมกับน้ำปัสสาวะได้

โรคไตวาย (Renal failure) --> ไตสูญเสียการทำงาน ทำให้ของเสียจะถูกสะสมอยู่ในร่างกายไม่สามารถขับถ่ายออกทางน้ำปัสสาวะ ส่งผลให้เกิดความผิดปกติในการรักษาสมดุลน้ำ แร่ธาตุ และความเป็นกรด-เบส ของสารในร่างกาย หรืออาจมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อที่รุนแรง การสูญเสียเลือดจำนวนมาก หรืออาจเกิดจากการเป็นโรคเบาหวานเป็นเวลานาน รักษาโดยการควบคุมชนิดและปริมาณของอาหาร ใช้ยา หรือการฟอกเลือดโดยใช้ไตเทียม (Artificial kidney)

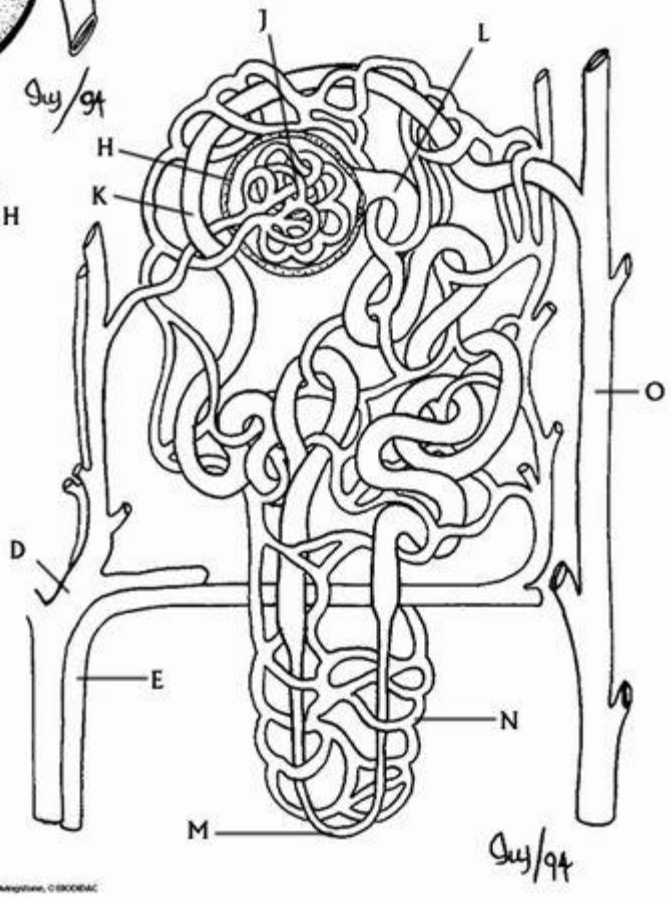


ชื่อ
ชั้น

# STRUCTURE OF THE NEPHRON

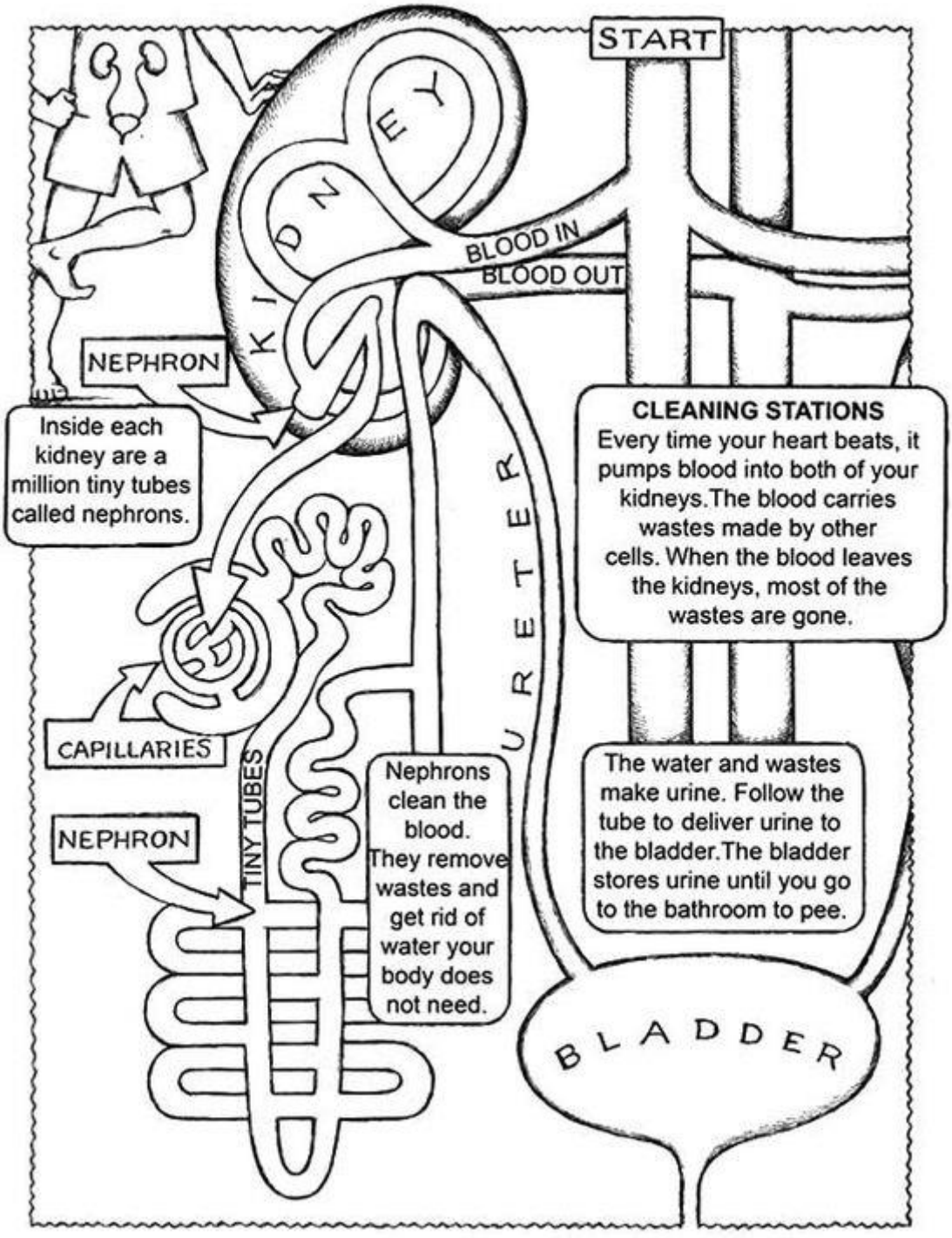



RENAL PELVIS$_A$
CORTEX$_B$
MEDULLA$_C$
RENAL ARTERY$_D$
RENAL VEIN$_E$
NEPHRON$_F$
URETER$_G$




BOWMAN'S CAPSULE$_H$
GLOMERULUS$_I$
DISTAL TUBULE$_K$
PROXIMAL TUBULE$_L$
LOOP OF HENLE$_M$
CAPILLARIES$_N$
COLLECTING DUCT$_O$

ชื่อ
ชั้น


START
KIDNEY
BLOOD IN
BLOOD OUT
NEPHRON
Inside each kidney are a million tiny tubes called nephrons.
CLEANING STATIONS
Every time your heart beats, it pumps blood into both of your kidneys.The blood carries wastes made by other cells. When the blood leaves the kidneys, most of the wastes are gone.
URETER
CAPILLARIES
NEPHRON
TINY TUBES
Nephrons clean the blood. They remove wastes and get rid of water your body does not need.
The water and wastes make urine. Follow the tube to deliver urine to the bladder.The bladder stores urine until you go to the bathroom to pee.
BLADDER

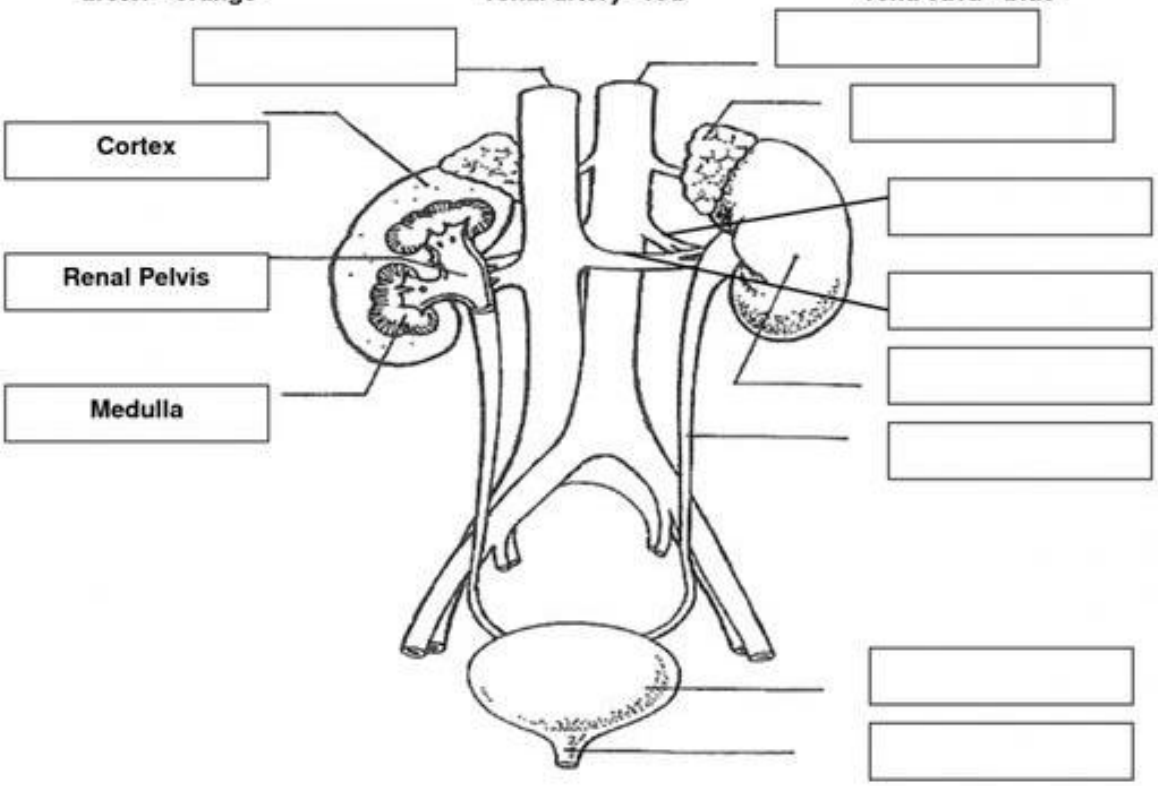
ชื่อ
ชั้น

## ACTIVITY – Label the Urinary System
### KIDNEYS and VESSELS

Name: _____ Date: _____ Block: _____

Label the diagram of the urinary system below with the following parts, then colour your diagram.

**kidneys - brown**
**adrenal glands – light brown**
**ureter - orange**
**urinary bladder - orange**
**urethra – orange**
**renal artery - red**
**aorta – red**
**renal vein – blue**
**vena cava - blue**



ชื่อ
ชั้น