บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การขับถ่ายเป็นกระบวนการที่ร่างกายขจัดของเสียของตัวเองออกไป ซึ่งของเสียดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (กนกนาถ ชูปัญญา, ทัศนีย์ เล็บนาค, บังอร ตันเกยูร, พรศรี ตันตินิติ, รัตนา ฤทธิมัต, วัฒนา ฤทธินัต,2525)

1. สิ่งที่ร่างกายไม่สามารถที่จะย่อยและดูดซึมได้

2. สิ่งที่แม้ว่าร่างกายจะดูดซึมเข้าไปได้แต่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้เช่น น้ำตาลหวานเทียม (Artificial sweetener saccharine)

3. สิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นมาจนมีปริมาณมากเกินกว่าความต้องการของร่างกาย ทำให้ร่างกายไม่สามารถที่จะใช้ให้หมดหรือเก็บไว้ได้

4. สิ่งท้ายสุดที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิสมอาหาร เช่น ยูเรีย และสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ รวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์

ระบบขับถ่ายปัสสาวะนับว่าเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยมีหน้าที่เกี่ยวกับการขับทิ้ง (Excretory function) โดยมีไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่สำคัญในการขับถ่ายสารในเลือดด้วยวิธีการสร้างปัสสาวะโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. ช่วยขับถ่ายและรักษาดุลของน้ำ

2. ช่วยขับถ่าย และรักษาดุลอีเล็คโทรลัยท์ที่สำคัญ เช่น โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซี่ยม แมกเนเซียม

3. ช่วยขับถ่ายและรักษาดุลกรดและด่าง (H^+, HCO_3^-, NH_3)

4. ขับถ่ายของเสีย และสารซึ่งอาจเป็นพิษต่อร่างกาย สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ยูเรีย ครีอาตินิน กรดยูริค โปรตีน เซลล์เม็ดเลือดเป็นต้น

ระบบขับถ่ายปัสสาวะ

ระบบขับถ่ายปัสสาวะประกอบด้วยอวัยวะสำคัญ คือ ไตซึ่งมีรูปร่างคล้ายเม็ดถั่วมี 2 ข้าง ซ้าย-ขวา ซึ่งเป็นที่กรองน้ำและของเสียออกจากโลหิตเป็นน้ำปัสสาวะและจะมีหลอดไตทั้ง 2 ข้าง จะทำหน้าที่นำน้ำปัสสาวะจากไตลงสู่กระเพาะปัสสาวะ ซึ่งเป็นที่เก็บปัสสาวะไว้ชั่วคราว และเมื่อปัสสาวะเต็มเมื่อไร กระเพาะปัสสาวะก็จะหดตัวบีบขับถ่ายปัสสาวะออกมาทางหลอดปัสสาวะเพื่อเป็นกการนำน้ำปัสสาวะออกนอกร่างกาย

ลักษณะทางกายวิภาคของไต (Anatomy of the kidney)

ไตประกอบไปด้วยหน่วยทำงานที่เรียกว่า เนฟฟรอน (Nephron) โดยไตแต่ละข้างจะมีหน่วยทำงานนี้อยู่ข้างละ 1 ล้าน เนฟฟรอน (Nephron)

ส่วนประกอบของ เนฟฟรอน แต่ละ เนฟฟรอน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (สุดารัตน์ มโนเชี่ยวพินิจ, กุลนารี สิริสาลี, รัตนา ฤทธิมัต, กนกนาถ ชูปัญญา, 2527)

1. โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สำคัญในการกรอง

2. หลอดไต (Tubule) เป็นส่วนที่ให้ของเหลวที่กรองแล้วไหลผ่าน ในขณะที่ของเหลวไหลผ่านหลอดฝอยไตจะมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้น กล่าวคือ ส่วนประกอบในของเหลวบางส่วนถูกขับถ่ายออกมาใน ลูเมน (Lumen) เพื่อที่จะขับออกมาทางปัสสาวะ น้ำที่ผ่านโกลเมอรูลัส (Glomerulus) เข้ามาส่วนใหญ่ เมื่อมาถึงหลอดฝอยไตจะถูกดูดซึมกลับโดยเหลือให้ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ ประมาณ 1 ลิตร

แต่ละโกลเมอรูลัส (Glomerulus) ประกอบด้วยร่างแหของเส้นเลือดฝอยซึ่งล้อมอยู่ด้วยเยื่อพังผืด (Membrane) ที่เรียกว่าโบวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) ซึ่งส่วนที่ต่อจากเยื่อพังผืดนี้จะ เป็นหลอดฝอยไต เส้นเลือดฝอยอัฟเฟอเรนอาเทอริโอล (Afferent arteriole) จะนำเลือดจากเส้นเลือดแดง (Renal artery) เข้าไปยังโกลเมอรูลัส (Glomerulus) โดยแตกแขนงเป็นร่างแหของเส้นเลือดฝอย ต่อจากนั้นเส้นเลือดฝอยเหล่านี้จะมารวมกันเป็น อัฟเฟอเรนอาเทอริโอล (Efferent arteriole) เพื่อที่จะนำเลือดออกจากโกลเมอรูลัส เส้นเลือดนี้จะไปตามหลอดฝอยของไต โดยเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห ส่วนหลอดฝอยไตของแต่ละเนฟฟรอน (Nephron) จะมีรูปร่างและ

หน้าตาที่แตกต่างกันไปเป็นตอน ๆ ส่วนต้นสุดที่อยู่ติดกับ โกลเมอรูลัส (Glomerulus) เรียกว่า หลอดฝอยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) ซึ่งจะไปต่อกับส่วนที่มีผนังบาง และส่วนที่เรียกว่า หลอดฝอยไตส่วนปลาย (Distal convoluted tubule) ตามลำดับ โดยส่วน เดสเซนดิ้ง ลิมบ์ (Descending limb) ของหลอดฝอยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tuble) ส่วนที่มีผนังบางและบางส่วนของ ดิสทอล ทิวบูลส์ (Distal tubule) จะต่อกันเป็น ลูป (Loop) เรียกว่า ลูป ออฟ เฮนเล ดิสทอล คอนโวลูท ทิวบูลส์ (Loop of Henle distal convoluted tubule) จากหลาย เนฟฟรอน (Nephron) จะมารวมกันเป็น คอลเลคติ่ง ทิวบูลส์ (Collecting tubule) ซึ่งจะมารวมกันเป็นคอลเลคติ่ง ดัก (Collecting duct) และคอลเลคติ่งดัก (Collecting duct) หลาย ๆ อันรวมกันเป็น พาพิลลารี ดัก (Papillary duct) ส่วนปลายของพาพิลลารี ดัก (Papillary duct) จะต่อไปเปิดในส่วนที่เรียกว่า แคลีส์ (Calyces) ต่อจากนั้นไหลต่อไปในส่วนที่เรียกว่า เพลวิส (Pelvis) จากนั้นปัสสาวะจะผ่านออกจากเพลวิส (Pelvis) ไปตามท่อไต (Ureter) เข้าไปพักในกระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) เพื่อรอเวลาขับถ่ายออกต่อไป

ไตอยู่หลังเพอริโตเนียมของผนังหลังของช่องท้องมีอยู่ 2 ข้าง ใกล้กับกระดูกสันหลังระหว่างขอบบนของกระดูกสันหลังช่วงอกชิ้นที่ 12 จนถึงกระดูกสันหลังช่วงเอวชิ้นที่ 3 ไตขวาอยู่ต่ำกว่าไตซ้ายเล็กน้อย เนื่องจากมีกลีบขวาของตับซ้อนอยู่เหนือขึ้นไป

ไตมีลักษณะรูปเม็ดถั่ว ยาว 12 ซม. กว้าง 7 ซม. และหนา 4 ซม. มีสีน้ำตาลแกมแดง ผิวนอกเรียบ ริมนอกโค้งออกจากปลายบนลงมาล่าง ริมในโค้งเฉพาะส่วนบนและล่าง ส่วนตรงกลางเว้าเป็นโพรงที่เรียกว่า รีนัล ไซนัส (Renal sinus) เป็นทางผ่านสำหรับหลอดแดงรีนัลและประสาทหอดเข้าไต และเป็นทางผ่านของหลอดเลือดดำรีนัลและหลอดไตออกจากริมใน ส่วนเว้านี้หันเข้าหากระดูกสันหลัง

ไตแต่ละข้างฝังอยู่ในเนื้อไขมัน (Renal fat) ทั้งไตและไขมันบริเวณไตจะถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อไฟบรัสอีกชั้นหนึ่งที่เรียกว่า แผ่นพังผืดรีนัล ฟาสเซีย (Renal fascia) ซึ่งแผ่นพังผืดนี้จะไปยึดติดกับแผ่นพังผืดของกล้ามเนื้อหลังของท้องและของกระบังลมจึงทำให้ไตเคลื่อนไหวได้เล็กน้อยตามการหายใจเข้าออก

ไตมีแคปซูลบาง ๆ หุ้ม ลอกออกได้ง่าย คล้ายลอกเยื่อเม็ดถั่วลิสงต้มเมื่อเอาแคปซูลออกแล้ว เห็นด้านนอกของไตมีสีน้ำตาลแกมแดง เมื่อผ่านออกดูตามยาวจะเห็นบริเวณที่มีสีจางกว่าเนื้อ มีลักษณะเป็นจุด ๆ เรียกว่า คอร์เทกซ์(Cortex) ของไต ส่วนในเรียกว่า เมดูลลา (Medulla) ซึ่งมีสีคล้ำกว่าเนื้อบริเวณคอร์เทกซ์ และมักเป็นบริเวณรูปกรวยมีลักษณะเป็นเส้น ๆ เรียงขนานกัน (ประกอบด้วยหลอดฝอยทอดเรียงขนานกัน) บริเวณดังกล่าวนี้เรียกว่า รีนัล พีรามิด (Renal pyramid) ซึ่งมีด้านฐานอยู่ทางคอร์เทกซ์ ส่วนยอดแหลมยื่นเข้าไปใน คาแลก (Calax) ของกรวยไตให้น้ำปัสสาวะไหลออกจากไตเข้ากรวยไต จำนวน พีรามิด (Pyramid) ของไตแต่ละข้างมีประมาณ 6 - 21 อัน ทั้งคอร์เทกซ์ และเมดูลาแยกกันไม่ได้เด็ดขาดเพราะมีบางส่วนของคอร์เทกซ์ที่เรียก รีนัล คอลัมน์ (Renal column) ยื่นแทรกเข้าไประหว่างรีนัล พีรามิด (Renal pyramid) การที่เห็นคอร์เทกซ์มีลักษณะเป็นจุด ๆ กระจายอยู่ทั่วไปเพราะ ส่วนประกอบภายในเป็น โกลเมอรูลัส (Glomerulus) นอกจากนี้ก็มี คอนโวลูท ทิวบูลส์ (Convoluted tubule) และหลอดเลือด

เนื้อใน รีนัล พีรามิด (Renal pyramid) เห็นลักษณะเป็นเส้นขนานเป็นแถวพุ่งไปสู่พาพิลลา (Papilla) เพราะมี เดสเซนดิ่ง ทิวบูลส์ (Descending tubule, แอสเซนดิ่ง ทิวบูลส์ (Ascending tubule), ลูป ออฟ เฮนเล (Loop of Henle) และ คอลเลคติง ทิวบูลส์ (Collecting tubule) ทอดอยู่

เมื่อดูด้วยกล้องจุลทัศน์จะเห็นหลอดเล็ก ๆ เรียงตัวอยู่อย่างหนาแน่นพวกหนึ่งเป็นหลอดฝอยที่ทำหน้าที่กรอง และสร้างปัสสาวะ เรียกว่า เนฟรอน (Nephron) อีกพวกหนึ่งเรียกว่า คอลเลคติง ทิวบูล (Collecting tubule) ทำหน้าที่นำน้ำปัสสาวะออกจากไตไปสู่กรวยไต

ไตข้างหนึ่ง ๆ มีเนฟรอนประมาณ 1 ล้านอัน เนฟรอนนี้ถือว่าเป็นหน่วยสรีรการทำงาน (Physiological unit)

หลอดเลือดแดงรีนัลจะแตกแขนงเป็นหลอดเลือดเล็กลงจนถึงเป็นหลอดเลือดแดงฝอย (Artoriole) เข้าสู่ชั้นคอร์เทกซ์ ต่อไปหลอดเลือดแดงฝอยเหล่านี้ จะกลายเป็นกลุ่มหลอดเลือดฝอย เรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus) ซึ่งมีแคปซูลหุ้มอยู่ภายนอก

เรียกว่า โกลเมอรูลัส แคปซูล (Glomerulus capsule) หรือ โบวแมน แคปซูล (Bowman´s capsule) แคปซูลดังกล่าวมีลักษณะคล้ายถ้วยที่มีผนังสองชั้น ชั้นแต่ละชั้นเป็นเยื่อบุผิวชนิดเซลล์แบน ๆ ชั้นเดียว ผนังชั้นในของแคปซูลแนบอยู่กับเมอรูรัส ระหว่างผนังชั้นนอกกับชั้นในของแคปซูล เป็นช่องว่างสำหรับให้น้ำกรองไหลผ่าน ทั้งโกลเมอรูลัสและ โบวแมน แคปซูล (Bowman´s capsule) นี้ปรากฏอยู่ในเนื้อคอร์เทกซ์ และ รีนัล คอลัม (Renal column) หลอดเลือดที่เข้าโกลเมอรูลัส เรียกว่า อัฟเฟอเรน อาเทอริโอล (Afferent arteriole) ส่วนหลอดเลือดที่ออกจากโกลเมอรูลัส เรียกว่า เอฟเฟอเรน อาเทอริโอล (Efferent arteriole) ซึ่งขนาดเล็กกว่า จากนี้จะกลายเป็นข่ายหลอดเลือดฝอยไปเลี้ยงหลอดเลือดของไต แล้วเชื่อมต่อเป็นแขนงของหลอดเลือดดำรีนัลนำเลือดออกจากไต

ต่อจาก โกลเมอรูลัส แคปซูล (Glomerular capsule) ก็เป็นหลอดฝอยของไต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ก. หลอดฝอยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubule)

ข. ลูป ออฟ เฮนเล (Loop of Henle)

ค. หลอดฝอยไตส่วนปลาย (Distal convoluted tubule)

หลอดฝอยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) ขดอยู่ใกล้กับโบวแมน แคปซูล (Bowman"s capsule) เป็นหลอดมีผนังหนาเป็น ชิมเพิล คอลัมนา อีพิเทเลียม (Simple columnar epithelium) พบอยู่ในเนื้อคอร์เทกซ์และ รีนัล คอลัมน์ (Renal column)

ลูป ออฟ เฮนเล (Loop of Henle) เป็นหลอดฝอยที่มีผนังบางต่อจากหลอดฝอยไตส่วนต้น (Proximal convoluted tubule) ผนังเป็นเซลล์บุผิวชนิดแบน ๆ ชั้นเดียว แล้วย้อนขึ้นไปต่อกับ หลอดฝอยไตส่วนปลาย (Distal convoluted tubule)

ลูป ออฟ เฮนเล (Loop of Henle) นี้อยู่ในส่วน รีนัล พีรามิด (Renal pyramid)

หลอดฝอยไตส่วนปลาย (Distal convoluted tubule) เป็นหลอดฝอย

ขดไปมา ผนังหนามี คอลัมนาร์ อีพิเทเลียม เซลล์ (Columnar epithelial cell) บุชั้นเดียว พบได้ในเนื้อคอร์เทกซ์และ รีนัล คอลัมน์ (Renal column) ส่วนปลายของหลอดฝอยนี้ ติดต่อกับคอลเลคติง ทิวบูลส์ (Collecting tubule)

คอลเลคติง ทิวบูลส์ (Collecting tubule) เป็นหลอดฝอยที่ค่อนข้างหนา มี คอลัมนาร์ อีพิเทเลียม เซลล์ (Columnar epithelial cell) บุชั้นเดียว พบได้ใน เมดูลา เรย์ (Medullary ray) และ รีนัล พีรามิด (Renal pyramid) คอลเลคติง ทิวบูลส์ (Collecting tubule หลาย ๆ อันรวมกันเป็นหลอดใหญ่ขึ้น ตามลำดับเข้าสู่ คาแลก (Calax)

ไตกับการออกกำลังกาย

เมื่อมีการออกกำลังกาย โลหิตจะไปสู่ไตน้อยลง เอ ดี เอช (ADH) จะมีผลต่อการดูดซึมของของเหลวกลับคืนมาสู่ร่างกายมากขึ้นดังนั้นอัตราการกรองก็ลดลง 1 ใน 2 ของขณะพัก (1.5 ลิตรต่อวัน) ถ้าออกกำลังกายหนัก หรือหลังออกกำลังกายอย่างหนัก อัตราการกรองอาจลดลงครึ่งหนึ่งของขณะพัก และพบว่าลดลงไปจากขณะพัก 18 %

ถ้าสภาพความเป็นกรดของของเหลวในร่างกายมากขึ้นค่า กรด-ด่าง (pH) ถึง 6.8 ร่างกายจะทำงานต่อไปอีกไม่ได้ ไตจะควบคุมโดยกำจัด ยูเรีย (Urea) และ ครีเอทินีน (Creatinine) ซึ่งเป็นผลผลิตที่มีโปรตีนมาก (80 % ของไนโตรเจนทั้งหมดในร่างกาย)

อัตราการกรองและการไหลของโลหิตสู่ไตยังคงน้อยอยู่ จะเข้าสู่สภาวะปกติประมาณ 60 นาที หลังการออกกำลังกายการไหลของโลหิต (Blood Flow)ไปที่อวัยวะภายในโดยเฉพาะที่ท้อง (อนันต์ อัตชู, 2527)

หน้าที่การทำงานของไต

1. รักษาดุลน้ำ (Water balance) ของร่างกาย เมื่อสภาพอากาศร้อนเหงื่อออกมากจะมีปัสสาวะน้อย เมื่ออากาศหนาวเหงื่อออกน้อยปัสสาวะจะมากถ้าดื่มน้ำหรือของเหลวมากปัสสาวะก็จะออกมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าดื่มน้ำน้อยปัสสาวะก็จะน้อยและมีสีเข้ม การที่ปัสสาวะออกมามาก หรือน้อยนี้เพื่อรักษาดุลน้ำในร่างกายให้ปกติ

2. รักษาระดับ กรด-ด่าง (pH) ของเลือดให้อยู่ในสภาพเป็นด่างเล็กน้อย ตามปกติระดับ กรด-ด่าง (pH) ของเลือดประมาณ 7.4 ถ้าร่างกายมี กรด-ด่าง (pH) ลดลงเป็นกรดมากเกินไปซึ่งเกิดจากผลิตผลที่ร่างกายไม่ใช้จากเมตาบอลิสมของโปรตีนเช่น ยูเรีย กรดยูริค และครีอาตินีน ไตก็จะขับถ่ายสารเหล่านี้ออกไป ในทำนองเดียวกันถ้าร่างกายมีค่า กรด-ด่าง (pH) มากขึ้น คือเป็นด่างมากเกินไป เช่น ในภาวะมีการดูดซึมเกลือของโซเดียม, โปแตสเซียม, แคลเซี่ยม, แมกเนเซี่ยม, ฟอสฟอรัส มากไป ในกรณีเช่นนี้ไตก็จะขับถ่ายเกลือเหล่านี้ออกไปเพื่อรักษาระดับ กรด-ด่าง (pH) ของเลือดให้ปกติ

3. ขับถ่ายสารพิษและยาต่าง ๆ ที่อยู่ในกระแสโลหิต เช่น ยาซัลโฟนาไมด์ และวัสดุกัมมันตรังสี

การสร้างปัสสาวะ (Formation of urine)

ไตเป็นอวัยวะที่แตกต่างจากอวัยวะอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นอวัยวะที่สามารถรักษาสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ภายในไตไว้ โดยเลือกขับถ่ายหรือเก็บกักสารตามความต้องการของร่างกาย ในแต่ละนาทีจะมีเลือดไหลผ่านไตประมาณ 1200 มิลลิลิตร ซึ่งคิดเป็น 1 ใน 4 ส่วนของปริมาตรเลือดทั้งหมดภายในร่างกาย เลือดจะไหลเข้าทางอัฟเฟอเรนอาเทอริโอล (Afferent arteriole) เข้ามาใน โกลเมอรูลาร์ แคปพิลลารีส์ (Glomerular capillaries) ซึ่งผนังเส้นเลือดฝอยเหล่านี้จะยอมให้น้ำ และสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยในพลาสมา (Plasma) ซึมผ่านได้ สารเหล่านี้จะกรองผ่านผนังเส้นเลือดฝอยไปยังผนังของ โบวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) เข้าไปในช่องว่างที่เรียกว่า โบวแมน เสปช (Bowman's space) พลาสมา (Plasma) ที่กรองผ่านเข้าไปในหลอดฝอยไต ซึ่ง ณ ที่นี้จะมีการดูดซึมกลับของสารบางอย่างและขับถ่ายออกของสารบางอย่าง โดย

โดยการกรองผ่านธรรมดา เมื่อกระแสโลหิตผ่านโกลเมอรูลัส น้ำและสารที่ละลายได้จึงซึมผ่านผนังหลอดเลือดฝอย และผนังชั้นในของ โบวแมนแคปซูล (Bowman's capsule) เข้ามาอยู่ในช่องของ โบวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) ยกเว้นเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และโปรตีนในพลาสมาซึ่งมีโมเลกุลใหญ่จะผ่านออกไปไม่ได้ ส่วนโมเลกุลเล็ก ๆ จะถูกกรองออกมา ได้แก่ น้ำ เกลือ

กรดอมิโน กรดไขมัน กลูโคส ยูเรีย กรดยูริค ครีอตินีน ฮอร์โมน สารพิษ และเกลือแร่อื่น ๆ น้ำกรองนี้ยังไม่ใช่น้ำปัสสาวะ การกรองเกิดได้โดยอาศัยความดันจากความเร็วของกระแสเลือดที่ผ่านโกลเมอรูลัส และโดยส่วนประกอบของ คอลลอยดัล พลาสมา โปรตีน (Colloidal plasma protein) ถ้าแรงดันเลือดเพิ่มมากขึ้น การกรองก็จะมากขึ้น ถ้าแรงดันเลือดต่ำลง การกรองก็จะลดน้อยลง

โดยการเลือกดูดซึมกลับ ซีเลคทิฟ รีแอบซอบชั่น (Selective reabsorption) น้ำกรองเหล่านี้จะไหลไปในหลอดฝอยของไต หลังจากที่ได้กรองและคัดเลือกดูดจากสารจากน้ำกรองกลับไปแล้ว น้ำกรองขณะนี้จะเข้มข้นขึ้นเรื่อย ๆ จนเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำปัสสาวะ โดยที่หลอดฝอยของไตสามารถดูดซึมเอาน้ำและสารบางอย่างที่ร่างกายต้องการกลับไปสู่กระแสโลหิต สารหลายอย่างที่ร่างกายไม่ต้องการก็ถูกขับออก เช่น ยูเรีย กรดยูริค ครีอตินีนและเกลือแร่ สำหรับกลูโคส กรดอะมิโน โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซี่ยม และคลอไรด์จะถูกดูดซึมกลับเข้าหลอดเลือดฝอยที่อยู่รอบ ๆ หลอดฝอยของไต นอกเสียจากจะมีจำนวนสูงเกินระดับพิกัดที่ไต (Renal threshold) ในเลือด ซึ่งในช่วงนี้เรียกว่าน้ำปัสสาวะจะไหลเข้า คาแลก (Calax) ที่กรวยไตแล้วผ่านเข้าสู่หลอดไตเข้ากระเพาะปัสสาวะ แล้วถูกขับออกมาในปัสสาวะ

สารที่มีพิกัดไตสูง (High renal threshold) หมายถึงสารในน้ำกรองจากโกลเมอรูลัส ที่ร่างกายดูดซึมกลับหมดจากน้ำกรองใน โบวแมน แคปซูล (Bowman's capsule) เช่น กลูโคส ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกาย แต่สารบางจำพวก เช่น ครีอะตินีนจะไม่ถูกดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสโลหิตเลย และจะต้องมีออกมาในปัสสาวะเสมอ สารประเภทนี้เป็นสารที่ไม่ถูกกักกั้นโดยไต หรือเป็นสารที่ไม่มีพิกัดที่ไต (Nonthreshold substance)

การถ่ายปัสสาวะ (Micturition)

ไตจะขับปัสสาวะออกมาเรื่อย ๆ ด้วยปริมาณ 1 มล. ต่อ 1 นาที ผ่านหลอดไตลงสู่กระเพาะปัสสาวะจนมีปัสสาวะปริมาณ 210 - 300 มล. ก็จะกระตุ้นปลายประสาทที่ผนังกระเพาะปัสสาวะ ทำให้รู้สึกอยากถ่ายปัสสาวะ กระเพาะปัสสาวะจะหดบีบตัวเอาปัสสาวะออกมาทางหลอดปัสสาวะเป็นครั้งคราว

ในเด็กไม่สามารถกลั้นปัสสาวะได้ เพราะระบบประสาทยังไม่สมบูรณ์พอที่จะควบคุมกล้ามเนื้อของกระเพาะปัสสาวะ

สรุปได้ว่าระบบขับถ่ายปัสสาวะ มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ขับถ่ายสารพิษจากการเมตาบอลิสม โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจน
2. รักษาดุลน้ำในร่างกาย
3. รักษาความเข้มข้นของเกลือและสารอื่นในเลือด
4. รักษาดุลกรด - ด่างของของเหลวในร่างกาย

ส่วนประกอบของปัสสาวะ

1. เป็นน้ำร้อยละ 96
2. ยูเรียร้อยละ 2
3. กรดยูริค ครีอะตินีน ฟอสเฟต ซัลเฟต ออกซาเลต คลอไรด์ ร้อยละ 2

ปัสสาวะปกติของคนที่ขับออกใน 24 ชั่วโมง เมื่อได้รับอาหารปกติ จะมีส่วนประกอบดังนี้

สารอินทรีย์	ปริมาณขับออก/วัน
สารประกอบพวกที่มีไนโตรเจนทั้งหมด	25 - 35 กรัม
ยูเรีย	25 - 30 กรัม
ครีอาตินีน	1.4 (1-1.8) กรัม
แอมโมเนีย	0.7 (0.3-1) กรัม
กกรดยูริค	0.7 (0.5-0.8) กรัม
โปรตีน	0 -0.2 กรัม
ครีอาตีน	60 - 150 มิลลิกรัม
สารอินทรีย์พวกอื่น	
กรดฮิปปิวริค	0.1-1 กรัม
ฟีนอล (ทั้งหมด)	0.2-0.5 กรัม
กรดออกซาลิค	15 - 20 มิลลิกรัม
อินดิแคน	4 - 20 มิลลิกรัม
อัลแลนโทอิน	30 มิลลิกรัม
คีโตนบอดี้ส์	3-15 มิลลิกรัม
โคโปรพอร์ไฟริน	60-280 ไมโครกรัม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารอนินทรีย์	ปริมาณขับออกต่อวัน
คลอไรด์ (ในรูปของ NaCI)	10 (9-16) กรัม
โซเดียม	4 กรัม
ฟอสฟอรัส	2.2 (2-2.5) กรัม
โปแตสเซี่ยม	2 กรัม
กำมะถันทั้งหมด (ในรูปของ SO_3)	2 (0.7-3.5) กรัม
แคลเซี่ยม	0.2 (0.1-0.2) กรัม
แมกนีเซี่ยม	0.15 (0.05-0.2) กรัม
ไอโอดีน	50-250 ไมโครกรัม
สารหนู	50 หรือน้อยกว่า ไมโครกรัม
ตะกั่ว	50 หรือน้อยกว่า ไมโครกรัม

ยูเรีย (Urea)

ยูเรียเป็นผลิตผลขั้นสุดท้ายของเมตาบอลิสมของโปรตีน ยูเรียขับออกมาจากไต ในภาวะปกติยูเรียในโกลเมอรูล่า ฟิลเทรด ถูกดูดกลับประมาณ 40 % การดูดยูเรียกลับเข้าร่างกาย ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ดูดกลับด้วย ปัสสาวะน้อยแสดงว่ามีการดูดกลับของน้ำมาก ทำให้ยูเรียถูกดูดกลับมากขึ้นและขับออกน้อยลง ปัสสาวะมากแสดงว่าน้ำดูดกลับน้อยทำให้ยูเรียขับออกมากขึ้น ยูเรียถูกดูดกลับได้มากที่สุด 70 % เมื่อมีปัสสาวะ 0.35 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่านั้น ต่อนาที ในกรณีที่ปัสสาวะมากกว่าปกติ เช่นการให้กูลโคสทางเส้นเลือดดำยูเรียถูกดูดกลับน้อยกว่า 40 % และค่าของยูเรียเคลียแร้นซ์ (Urea clearance) จะใกล้เคียงกับ อินูลิน เคลียแร้นซ์ (Inulin clearance)

โปรตีน (Protein)

โปรตีน เป็นสารที่มีมากในร่างกายเป็นที่สองรองลงมาจากน้ำมีอยู่ในร่างกาย ประมาณ ร้อยละ 15-25 ประมาณ 1 ใน 3 ของจำนวนนี้อยู่ในกล้ามเนื้อและอาจพบในเลือด ซอฟท์ ทิสชู (Soft tissues) กระดูกและฟัน โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเซลล์ และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกายดังจะพบได้ในเซลล์ของระบบประสาท ระบบหายใจหรือระบบหมุนเวียนของโลหิต (สุพิศ จินดาวนิค, 2524)

ปัสสาวะของคนปกติมีโปรตีนน้อยมาก ดังนั้นเมื่อตรวจโปรตีนด้วยวิธีการทดสอบคุณสมบัติจะไม่พบ เมื่อตรวจด้วยวิธีวิเคราะห์ปริมาณได้ค่าปกติในคน 17.0 - 48.1 มิลลิกรัมต่อปัสสาวะ 24 ชั่วโมง ในเวลากลางวันร่างกายขับโปรตีนออก 8.9-36.9 มิลลิกรัม ในเวลากลางคืนขับโปรตีนออกทางปัสสาวะ 3.9 - 17.5 มิลลิกรัม โปรตีนออกมาในปัสสาวะมากขึ้นเมื่อการซึมผ่านเปอร์มิอบิลิตี้ (Permeability) ที่ไตเพิ่มขึ้นหรือความสามารถในการดูดกลับที่หลอดไตลดลง โปรตีนในปัสสาวะเพิ่มมากกว่าปกติเรียกว่าโปรตีนนูเรีย (Proteinuria) โดยมากจะเป็นโปรตีนชนิดอัลบูมิน เพราะมีขนาดเล็กกว่าโกลบูมิน เฮโมโกลบิน ปกติไม่พบในปัสสาวะ จะพบเมื่อมีเม็ดโลหิตแตกในหลอดโลหิตเท่านั้น

กรดและด่าง (pH)

กรด-ด่างในปัสสาวะของคนปกติโดยเฉลี่ยประมาณ 6.0 ต่ำกว่า กรด-ด่างของพลาสมาซึ่งเท่ากับ 7.4 ทั้งนี้เนื่องจากมีกรดจากพลาสมา ผ่านการกรองที่โกลเมอรูไลเข้ามาในท่อไต ไตเข้าควบคุมจำนวนของกรดหรือด่างที่เกินมาก ทำให้ปัสสาวะแตกต่างไปได้มากจาก กรด-ด่าง 4.5 - 8.2

ค่าของกรด-ด่างของปัสสาวะสะท้อนถึงความสามารถของไต ในการรักษาความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในพลาสมาและในของเหลวนอกเซลล์ กรดในปัสสาวะส่วนหนึ่งเป็นกรดไม่ระเหย ซึ่งขับออกทางปอดไม่ได้ เป็นผลิตผลจากเมตาบอลิสมในร่างกาย กรดเหล่านี้ได้แก่ กรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก กรดเกลือและมีกรดไพรูวิค กรดแลคติค กรดซิทริคจำนวนเล็กน้อย ไต และปอด เป็นอวัยวะที่สำคัญในการควบคุมความสมดุลของ

กรด-ด่างภายในร่างกาย (Acid - base balance) ปอดจะทำหน้าที่ขับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย ในขณะที่ไตจะควบคุมการขับออกของ กรดระเหย (Volatile acid) ที่สร้างขึ้นมาจากขบวนการเผาผลาญ (Metabolism)ของร่างกาย ความเป็นกรดของปัสสาวะเป็นผลมาจาก กรดฟอสเฟต (Acid phosphate) เป็นส่วนใหญ่ และมีบางส่วน มาจากกรดพายรูวิค (Pyruvic acid) กรดแลคติค (Lactic acid) และกรดไนไตรท์ กรดเหล่านี้ขับออกมาทางปัสสาวะ ในรูปเกลือของโซเดียม (Sodium) โปแตสเซียม (Potassium) แคลเซียม (Calcium) และ แอมโมเนีย (Ammonium) ไตจะทำหน้าที่การเลือกขับ เคชั่น (Cation) ต่าง ๆ เพื่อเป็นการรักษาความสมดุลของ กรด-ด่าง โดยจะมีการดูดซึมโซเดียม อิออน (Sodium ion) กลับเข้าสู่หลอดฝอยไต (Tubule)ในปริมาณต่าง ๆ และในขณะเดียวกันจะมีการขับไฮโดรเจนอิออน (Hydrogen ion) และ แอมโมเนียมอิออน (Ammonium ion) ออกมาเป็นการแลกเปลี่ยน ดังนั้นปัสสาวะจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ถ้าหากโซเดียมอิออน (Sodium ion) ถูกดูดซึมกลับเก็บไว้ในร่างกายเพิ่มขึ้น

เซลล์เม็ดเลือด (Occult blood)

ฮีมาทูเรีย (Hematuria) เป็นภาวะที่เม็ดเลือดแดงอยู่ในปัสสาวะตรวจพบได้โดยกล้องจุลทรรศน์ เลือดที่พบในปัสสาวะมักเป็นเซลล์เม็ดเลือดซึ่งถูกทำลายและสลายตัวของฮีโมโกลบิน หรือเซลล์เม็ดเลือดแดงภาวะเช่นนี้เรียกว่า ฮีโมโกลบินูเรีย (Hemoglobinuria)

เมื่อตรวจพบเลือดในปัสสาวะ แต่ไม่พบเซลล์เม็ดเลือดแดง ให้สงสัยว่าเป็นไมโอโกลบินูเรีย (Myoglobinuria) ซึ่งถูกขับออกมาจากไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนจากกล้ามเนื้อ เนื่องจากมีการได้รับการบาดเจ็บ หรือจากการอุดตันของเส้นเลือดแดงทำให้กล้ามเนื้อมีเลือดไปเลี้ยงไม่พอ ปกติจะไม่พบเซลล์เม็ดเลือดในปัสสาวะ

ไบคาร์บอเนท (Bicarbonate)

เมื่อปัสสาวะมีความเป็นกรดปกติจะไม่มีไบคาร์บอเนทในปัสสาวะ ไบคาร์บอเนทส่วนใหญ่ที่มีในโกลเมอรูล่าร์ฟิลเตรท (ประมาณ 27 มิลลิโมลต่อลิตร)ถูกขจัดที่หลอดไตฝอย

ส่วนต้น วิธีการแลกเปลี่ยนโซเดียมอิออน (Na^+) กับไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่บริเวณนี้ทำให้ ไฮโดรเจนอิออน (H^+) เข้ามาในหลอดไตเข้ารวมกับไบคาร์บอเนท (HCO_3) เป็นกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) และเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กับ น้ำ (H_2O) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึมผ่านเยื่อเซลล์บุสู่กระแสโลหิต ไบคาร์บอเนท (HCO_3) ที่ไหลเข้าสู่หลอดไตฝอยส่วนปลายถูกทำให้เป็นกลางด้วย ไฮโดรเจนอิออน (H^+)

กลูโคส (Glucose)

กลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียวที่มีมากที่สุดในเลือดและเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรต กลูโคสได้จากน้ำตาลตามธรรมชาติในอาหาร หรือจากการผลิตในร่างกาย อันเป็นผลมาจากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรต กลูโคส สามารถนำมาใช้โดยตรง คือ เป็นแหล่งพลังงานของเซลล์และเนื้อเยื่อทั่วร่างกายเก็บสะสมไว้ในรูปของกลัยโคเจน หรือเปลี่ยนเป็นไขมันเพื่อเก็บเป็นพลังงานสะสมไว้ในการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักของงานสูง และการเผาผลาญออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการกลัยโคเจนที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อและน้ำตาลในเลือดเป็นตัวพลังงานที่สำคัญที่สุด

กลูโคสในโกลเมอรูลาฟิลเทรต ถูกดูดกลับหมดที่หลอดไตฝอยส่วนต้น หลอดไตฝอยปกติสามารถดูดกลูโคสได้ 370 $\pm$ 80 มิลลิกรัมต่อนาที ในชายและ 305 $\pm$ 55 มิลลิกรัมต่อนาทีในหญิง จะไม่มีกลูโคสขับออกมาในปัสสาวะ ถ้าจำนวนกลูโคสในโลหิตไม่เพิ่มสูงกว่าปกติจนเกินไป ในกรณีที่เป็นเบาหวาน ระดับกลูโคสในพลาสมาสูง ทำให้กลูโคสในโกลเมอรูลาในฟิลเทรตสูงด้วย จึงปรากฏกลูโคสในปัสสาวะ

โซเดียม (Sodium)

โซเดียมในร่างกายมีความสำคัญเกี่ยวกับการควบคุมจำนวนน้ำ และสมดุลของกรด - ด่าง น้ำนอกเซลล์มีโซเดียมอิออนอยู่มากที่สุด สมดุลของโซเดียมซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาตรของน้ำนอกเซลล์สามารถนำมาใช้ในการรักษาที่ต้องให้น้ำเกลือ (Fluid Therapy) (Conrad and Mcdowell, 1976)

โซเดียมขับออกจากร่างกายทางไตเป็นส่วนใหญ่ และจำนวนเล็กน้อยขับออกทางผิวหนัง ทางเดินอาหารและต่อมน้ำลาย การขับโซเดียมออกทางผิวหนังนี้เป็นผลที่เกิดจากร่างกายต้องขับความร้อนโดยน้ำเป็นตัวนำความร้อนออก เพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้

ปกติ การที่โซเดียมถูกขับออกมากับเหงื่อ ไม่ได้เป็นวิธีการควบคุมจำนวนโซเดียมในร่างกาย

ความเข้มข้นของโซเดียมในเหงื่อปกติประมาณ 27 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร อาจเพิ่มได้สูงถึง 100 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร

จำนวนโซเดียมที่ขับออกทางผิวหนังสามารถปรับตัวเองได้ คนที่อาศัยอยู่ในประเทศที่มีอากาศร้อน ความเข้มข้นของโซเดียมในเหงื่อลดลง

ประมาณหนึ่งในสามของโซเดียมทั้งหมดในร่างกายเป็นสารอนินทรีย์อยู่ในกระดูก ที่เหลือเป็นอิออนอยู่ในของเหลวนอกเซลล์และในเซลล์ในของเหลวนอกเซลล์ โซเดียมเป็นแคทอิออนที่มีอยู่มากที่สุดประมาณ 93 % ของด่างทั้งหมด ส่วนของเหลวในเซลล์มีโซเดียมอยู่บ้าง การเคลื่อนที่ของโซเดียมอิออนออกจากเซลล์เป็นวิธีการที่ต้องใช้พลังงาน จำนวนโซเดียมเฉลี่ยในผู้ชายมี 65 กรัม อยู่นอกเซลล์ 38 กรัม ในกระดูก 21 กรัมและในเซลล์ประมาณ 6 กรัม

ปริมาณโซเดียมที่มีอยู่ในของเหลวในร่างกายคนเรา

ในเลือดทั้งหมดความเข้มข้นของโซเดียมเท่ากับ 94.0 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร

ในเหงื่อ ความเข้มข้นของโซเดียมเท่ากับ 58.4 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร

ในปัสสาวะ ความเข้มข้นของโซเดียมเท่ากับ 120 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อวัน

ในอุจจาระ ความเข้มข้นของโซเดียมเท่ากับ 25 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร ปริมาณของโซเดียมในอุจจาระขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ขับออก ขณะท้องเดินมีโซเดียมถูกขับออกมาก

หน้าที่ของโซเดียมที่มีต่อร่างกาย

1. โซเดียมในของเหลวนอกเซลล์ร่วมกับคลอไรด์ และไบคาร์บอเนทมีหน้าที่ควบคุมดุลกรด-ด่าง

2. รักษาความดันออสโมติคและปริมาณของเหลวในร่างกาย ป้องกันไม่ให้ร่างกายเสียน้ำมาก โซเดียมและคลอไรด์ เป็นธาตุหลักที่รักษาความดันออสโมติคของน้ำนอกเซลล์ไว้ เกลือโซเดียมเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะรวมไปกับจำนวนน้ำที่เพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ เพื่อให้เกิดไอโซออสโมติค ดังนั้นจำนวนโซเดียมทั้งหมดจึงกำหนดปริมาตรของ

ของเหลวนอกเซลล์

3. เกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อ โซเดียมทำให้กล้ามเนื้อมีการตื่นตัว (Irritability) ที่พอเหมาะ

4. เกี่ยวกับการซึมผ่านเยื่อเซลล์ของสารบางอย่าง เช่น การซึมผ่านของกลูโคส

ค่าปกติของพลาสมาโซเดียมในคนเท่ากับ 136-142 มิลลิอีควิวาเลนท์ ต่อลิตร โซเดียมในซีรั่มสูงมีสาเหตุจากร่างกายเสียน้ำ ได้รับน้ำในจำนวนจำกัด มีการคั่งของโซเดียมจากการที่ไตไม่ทำงานตามปกติ เนโฟรติค ซินดรอม (Nephrotic syndrome) การผิดปกติของฮอร์โมนที่ควบคุมการขับน้ำและโซเดียมที่ไต เช่น อัลโดสเตอโรน ขับออกมากกว่าปกติในระยะแรก (Primary aldosteronism) ทำให้มีการดูดกลับของโซเดียมที่ไตเพิ่มมากขึ้น ทำให้โซเดียมในโลหิตเพิ่มขึ้นปานกลาง เป็นผลให้ปริมาตรของพลาสมาและน้ำนอกเซลล์ขยายตัวมากกว่าปกติไตขับโซเดียมส่วนเกินนี้ออกทางปัสสาวะถ้าอัตราการกรองที่โกลเมอรูไลเสื่อมไปไม่สามารถลดปริมาตรของน้ำนอกเซลล์นี้ได้ ทำให้มีการคั่งของโซเดียม และมีอาการบวม

โปแตสเซียม (Potassium)

โปแตสเซียมมีมากเป็นที่สามในร่างกายถัดจากแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบอยู่ในเซลล์เป็นส่วนใหญ่ซึ่งต่างจากโซเดียมที่มีอยู่มากในของเหลวนอกเซลล์ การขาดโปแตสเซียมในเซลล์หรือการเสียดุลโปแตสเซียมเป็นอันตรายต่อร่างกายจำเป็นต้องได้รับการบำบัด

โปแตสเซียมเป็นแคทไอออนหลักที่อยู่ในเซลล์ ถ้าโปแตสเซียมในเซลล์สูญเสียไปเป็นจำนวนมากจะไม่มีแคทไอออนชนิดอื่นเข้าไปแทนที่ได้ แคทไอออนชนิดอื่นไม่ทำให้แอคทิวิตีของเซลล์ดีดังเดิมได้

โปแตสเซียมที่มากเกินความต้องการของร่างกาย ส่วนใหญ่ถูกขับออกทางปัสสาวะที่ขับออกทางเหงื่อและทางอุจจาระมีเพียงเล็กน้อย โปแตสเซียมไอออนที่ปรากฏในปัสสาวะเป็นโปแตสเซียมที่ถูกขับออกจากท่อไตฝอยส่วนปลาย โปแตสเซียมไอออน หรือไฮโดรเจนไอออนที่ขับออกจากเซลล์ของท่อไตส่วนนี้ เกิดจากการแลกเปลี่ยนกับโซเดียมไอออนในจำนวนเท่ากัน การจะขับโปแตสเซียม หรือไฮโดรเจนนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจน

ในเซลล์ ในภาวะด่างโปแตสเซียมขับออกทางปัสสาวะมากกว่าปกติ เนื่องจากเซลล์ขาดไฮโดรเจนอิออนและมีโซเดียมอยู่เป็นจำนวนมากในของเหลวที่กรองผ่านกรวยไต โปแตส-เซียมอิออนจึงขับออกมาแทนเพื่อสงวนไฮโดรเจนอิออนไว้ ไตเก็บกักโปแตสเซียมไว้ไม่ดีเท่าโซเดียม ถ้าร่างกายได้รับอาหารขาดโปแตสเซียม ไตกักเก็บโปแตสเซียมไว้ได้เพียงจำนวนเล็กน้อย แต่ถ้าร่างกายได้รับอาหารที่ขาดโซเดียมไตจะเก็บโซเดียมไว้ได้ดี

โปแตสเซียมถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต เช่นเดียวกับโซเดียมอัลโดส เตอโรนให้ผลในการขับโปแตสเซียมตรงข้ามกับโซเดียม คือ ฮอร์โมนนี้เร่งการขับโปแตส เซียมออกทางปัสสาวะแต่สงวนโซเดียมไว้โดยทำให้มีการดูดกลับของโซเดียมที่ท่อไต ความเข้าใจที่ว่าฮอร์โมนจากแอดรินอลคอร์เทกซ์มีผลโดยตรงต่อการขับโปแตสเซียม ได้เลิกล้มไป โปแตสเซียมที่ขับออกทางปัสสาวะ เป็นผลจากวิธีการแลกเปลี่ยนระหว่างโซเดียมกับโปแตสเซียมที่ไต ฮอร์โมนนี้จึงควบคุมการขับโปแตสเซียมโดยทางอ้อม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการกรองผ่านโกลเมอรูไล หรือมีการเปลี่ยนแปลงการดูดกลับของโซเดียมที่หลอดไต จะไปเปลี่ยนแปลงการขับถ่ายโปแตสเซียมด้วย

โปแตสเซียมส่วนใหญ่อยู่ภายในเซลล์ ซึ่งตรงข้ามกับโซเดียมที่เป็นอีเลคโตรไลท์อยู่นอกเซลล์ โปแตสเซียมมีอยู่ในเนื้อเยื่อประมาณ 90 % มีอยู่ในเซลล์ทุก ๆ เซลล์ อวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่มีเซลล์เป็นจำนวนมากจึงมีโปแตสเซียมอยู่มากด้วย ปริมาณของโปแตสเซียมในเซลล์ของเนื้อเยื่อชนิดต่างกันมีจำนวนไม่เท่ากัน ขึ้นกับเมตาบอลิสมที่เกิดในเซลล์ของเนื้อเยื่อนั้น

กินสเบอร์กและวิลด์ (Ginsberg and Wilde, 1954) ศึกษาการกระจายและปริมาณของโปแตสเซียมในอวัยวะต่าง ๆ พบว่าในกล้ามเนื้อมีโปแตสเซียมจำนวนสูงมาก ถึง 110.0 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัม หรือ 56 % ของโปแตสเซียมทั้งหมด

ในไตมีโปแตสเซียมจำนวน 77.6 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัม หรือ 0.9 % ของโปแตสเซียมทั้งหมด โปแตสเซียมในเม็ดโลหิตมีมากกว่าในพลาสมา 25 เท่า

ในดุลปกติ จำนวนโปแตสเซียมในเซลล์สูง (160 มิลลิโมลต่อลิตร) และนอกเซลล์ต่ำ (4 มิลลิโมลต่อลิตร) ส่วนโซเดียมนั้นเป็นไปในทางตรงข้ามกับโปแตสเซียม

ความสำคัญของการตรวจปัสสาวะ

การตรวจปัสสาวะนับว่ามีความสำคัญในด้านการแพทย์มาเป็นเวลานานแล้วเพราะรู้ว่าปัสสาวะนั้นมีความเกี่ยวข้องอยู่กับโรคต่าง ๆ ไม่เฉพาะแต่โรคทางเดินปัสสาวะเท่านั้น การตรวจจะช่วยในการวินิจฉัยการรักษาโรคและพยากรณ์โรคได้ แม้แต่สมัยก่อนคริสตกาลก็ยังมีหลักฐานของการตรวจปัสสาวะอยู่ เช่น แพทย์ชาวอินเดีย ซึ่งมีชื่อว่า ศัตรุต ได้ชิมปัสสาวะของผู้ป่วยบางรายและบอกว่าปัสสาวะนั้นมีรสหวานคล้ายน้ำผึ้ง ซึ่งอาจจะถือว่าเป็นการทดสอบอย่างแรกในการตรวจก็ได้ ถัดจากนั้นมาจนถึงของฮิปโปเครติสที่ได้มีการตั้งข้อสังเกตหลายประการเกี่ยวกับเรื่องนี้ เช่น กล่าวถึงความแตกต่างของปัสสาวะในผู้ป่วยและในคนธรรมดา การเปลี่ยนแปลง กลิ่น สี เป็นต้น ซึ่งในระยะต่อ ๆ มาจึงเกิดมีการตรวจปัสสาวะโดยการให้ผู้ป่วยถ่ายลงในแก้ว แล้วจึงสังเกตดูความขุ่น ใส สี และตะกอนภายในแก้วนั้น หลังจากคริสตศตวรรษที่ 18 แล้ว นักวิทยาศาสตร์และแพทย์มีความรู้ความสามารถในการทดสอบสารเคมีชนิดต่าง ๆ และได้นำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการทดสอบหาสารต่าง ๆ ในปัสสาวะมากขึ้นจึงทำให้มีการตรวจสอบหลายอย่างและเพิ่มความสำคัญมากขึ้นจนถึงทุกวันนี้

โดยทั่วไปแล้วถือกันว่าปัสสาวะเป็นสิ่งที่ร่างกายไม่ต้องการและขับถ่ายออกมาแต่ในด้านการแพทย์สิ่งที่ร่างกายขับออกมานี้เองมีประโยชน์อย่างมหาศาลในการช่วยวินิจฉัยและรักษาโรคได้ เพราะในปัสสาวะนี้มีสารเคมีมากมายหลายชนิดละลายอยู่ ถ้านำมาทดสอบหรือทราบจำนวน จะสามารถอธิบายถึงพยาธิสภาพซึ่งเกิดภายในร่างกายไม่เฉพาะแต่เพียงโรคไตเท่านั้น แต่กับโรคอื่น ๆ อีกด้วย

ปัจจุบันการตรวจปัสสาวะได้เจริญขึ้นอย่างมากมาย วิธีการตรวจได้ถูกดัดแปลงจนเห็นได้ว่าง่ายและสะดวกขึ้น สารบางอย่างแต่เดิมอาจใช้เวลาตรวจเป็นวัน ปัจจุบันสามารถตรวจและทราบผลได้ในเวลาไม่เกิน 2 นาที การตรวจปัสสาวะไม่มีความยุ่งยากเครื่องมือเครื่องใช้และค่าใช่จ่ายก็ถูก ดังนั้นในวงการแพทย์จึงยังเห็นความสำคัญที่ยังไม่สามารถจะเลิกทำการตรวจได้เพื่อ

1. ตรวจหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นในร่างกาย เช่น ความผิดปกติของต่อมไร้ท่อ หรือความผิดปกติของการเผาผลาญอาหารของร่างกาย (Metabolism)

2. เพื่อตรวจหาภาวะบางอย่างที่มีผลต่อไต หรือระบบทางเดินปัสสาวะ ถ้าหากมีความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่ไต ไตจะไม่สามารถทำหน้าที่ควบคุมปริมาตรและส่วนประกอบต่าง ๆ ของของเหลวในร่างกายให้คงที่ได้ และจะไม่สามารถรักษาสภาพคงที่ (Homeostasis) ไว้ได้ ดังนั้นสารที่ปกติแล้วไตจะต้องเก็บกลับคืน หรือขับออกมาเพียงเล็กน้อย จะถูกขับออกมาทำให้สามารถตรวจพบได้มากขึ้น ในปัสสาวะในขณะเดียวกันสารที่โดยปกติแล้วควรจะถูกขับออกมาก็ถูกเก็บไว้ นอกจากนั้นยังสามารถจะตรวจพบพวก สตักเจอรัลอิลีเมนส์ (Structural elements) ต่าง ๆ เช่น เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เซลล์จากทางเดินปัสสาวะ และแท่งโปรตีนที่เกิดขึ้นในหลอดไต (Cast) ต่าง ๆ ได้ในปัสสาวะของผู้ป่วยโรคไต

การนำปัสสาวะของผู้ป่วยมาทำการตรวจวิเคราะห์ พบว่ามีการทำโดยทั่วไปในสำนักงานแพทย์ตลอดจนในสถานบริการตรวจสุขภาพทั่ว ๆ ไปสำหรับการตรวจปัสสาวะเพื่อเป็นการตรวจสุขภาพ โดยทั่วไปจะทำการตรวจปีละครั้งหรือขึ้นอยู่กับความเห็นของแพทย์ การตรวจปัสสาวะมีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นเครื่องช่วยบ่งชี้ว่า มีความผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีความผิดปกติทาง เมตาบอลิสม (Metabolism) ของร่างกาย หรือในกรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคไต คนไข้ที่เข้ามารักษาในโรงพยาบาล มักจะได้รับการตรวจปัสสาวะเมื่อแรกรับ และจะทำการตรวจซ้ำเมื่อได้รับการรักษาแล้ว เพื่อจะได้ทราบถึงสภาวะของร่างกายในขณะนั้น ๆ

การตรวจปัสสาวะที่สำคัญมีดังนี้

ลักษณะทางเคมีและฟิสิกส์

1. สี
2. ปริมาตร
3. ลักษณะที่ปรากฏ
4. ความถ่วงจำเพาะ

การตรวจทางเคมี

1. กรด-ด่าง (pH)
2. โปรตีน (Protein)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. กลูโคส (Glucose)

4. คีโตน (Ketone)

5. ยูโรบิลิโนเจน (Urobilinogen)

6. เซลล์เม็ดเลือด (Occult blood)

7. ไนไตรท์ (Nitrite)

8. วิตามินซี (Vitamin C)

การตรวจทางกล้องจุลทรรศน์

1. อีพิเทเลียล เซลล์ (Epithelial cells)

2. คาส์ท (Cast)

3. ผลึก (Crytal)

4. เม็ดเลือดขาว

5. บักเตรี (Bacteria)

6. ยีสต์ (Yeast)

7. เม็ดเลือดแดง

8. จุลชีพอื่น ๆ

การตรวจหาบักเตรี (Bacterial screen)

1. กรัม เสตน (Gram stain)

2. โคโลนี เคาท์ (Colony count)

สำหรับในปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาแผ่นเคลือบสารเคมี เช่น เอน-มัลติสติกเอสจี (N -Multistix-SG) ซึ่งสามารถจะวัดความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะได้โดยไม่ต้องใช้วิธีการแบบเก่า ในการตรวจปัสสาวะทั่วไปจะใช้ปัสสาวะที่ผู้ป่วยถ่ายออกมาโดยการถ่ายปัสสาวะลงในภาชนะที่สะอาด และแห้ง จากนั้นทำการตรวจปัสสาวะทันที หรือภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากการถ่ายปัสสาวะ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมคุณภาพของปัสสาวะแต่ถ้าไม่สามารถทำการตรวจปัสสาวะได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ควรเก็บปัสสาวะนั้นไว้ในตู้เย็น

สิ่งแรกที่ต้องกระทำในการตรวจปัสสาวะคือ การสังเกตและการจดบันทึกลักษณะของปัสสาวะไว้ต่อไปจึงทำการตรวจวัดความถ่วงจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง การตรวจ

ทางเคมี จากนั้นนำตะกอนปัสสาวะไปตรวจทางกล้องจุลทรรศน์ โดยการนำปัสสาวะที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 10 ถึง 20 มิลลิลิตร ไปปั่นแล้วนำตะกอนมาละลายด้วย 1 ต่อ 4-1 มิลลิลิตร ของปัสสาวะนั้น มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ส่วนปัสสาวะที่เหลือจากการตรวจจะต้องเก็บไว้จนกว่าการตรวจอื่น ๆ จะเสร็จสิ้นและไม่ต้องตรวจซ้ำอีกแล้วจึงจะทิ้งได้ ส่วนการตรวจทางเคมีในปัจจุบันนี้นิยมใช้แผ่นทดสอบที่เคลือบด้วย สารเคมี(Chemically impreg-nated reagent strip) เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว นอกจากแผ่นทดสอบนี้แล้วยังมีเม็ดยาเคมีทดสอบ ซีเลคทีฟ ทรีท สไลด์ และ ซิมพลิไฟด์คัลเจอร์ เทส (Selective treated slide and simplified culture test) ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจโปรตีน (Protein) กลูโคส (Glucose) คีโตน (Ketone),บิลิรูบิน (Bilirubin), ฮีโมโกลบิน(Hemoglobin),ไนไตรท์ (Nitrite) และ ยูโรบิลิโนเจน (Urobilinogen)

ลักษณะทั่วไปของปัสสาวะ

สิ่งแรกที่ต้องทำเมื่อทำการตรวจปัสสาวะคือ ดูลักษณะทั่วไปของปัสสาวะนั้น ๆ ทันทีที่ได้รับปัสสาวะมาโดยอาศัยการสังเกตและประสบการณ์จะช่วยบอกบางสิ่งบางอย่างได้ เช่น ปัสสาวะที่มีสีเข้มแสดงว่าเป็นปัสสาวะเข้มข้น ปัสสาวะที่มีสีอ่อนแสดงว่าเป็นปัสสาวะที่เจือจาง ปัสสาวะที่มีสีน้ำตาลอมแดง (Reddish-brown) แสดงว่ามีเลือดปน ถ้าปัสสาวะขุ่น แสดงว่าปัสสาวะนั้นอาจมีฤทธิ์เป็นด่าง ผู้ที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดีจะได้รับประโยชน์จากการสังเกตลักษณะของปัสสาวะเป็นอย่างมาก

สี (Color)

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีของปัสสาวะ เช่น ความเข้มข้น สีจากอาหารที่รับประทาน สีผสมอาหาร และเลือดเป็นต้น

สีของปัสสาวะปกติขึ้นอยู่กับความเข้มข้น สีเหลือง หรือสีเหลืองทอง (Yellow or amber color) ในปัสสาวะมาจากสารสีเหลือง เรียกว่า ยูโรโครม (Urochrome)

กลิ่น (Odor)

ปัสสาวะที่ถ่ายออกมาใหม่ ๆ จะมีกลิ่นหอม (Aromatic) เนื่องจากมีพวกกรดระเหย (Volatile acid)อยู่ด้วยแต่เมื่อตั้งปัสสาวะทิ้งไว้จะมีกลิ่นแอมโมเนีย(Ammonia)

เนื่องจากการสลายตัวของยูเรีย (Urea)

ปัสสาวะของผู้ป่วยโรคเบาหวานจะมีกลิ่นคล้ายผลไม้(Fruity-odor)เนื่องจากมีอะซีโตน (Acetone) อยู่ ปัสสาวะของผู้ป่วยที่เป็นโรคทางเดินปัสสาวะอักเสบจะมีกลิ่นเหม็น (Foul-smelling) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกไตอักเสบเนื่องจากเชื้อ คอลิฟอรน แบคซิลัส (Coliforn bacillus) อาหารบางอย่างมีกลิ่นเฉพาะตัว เช่น หน่อไม้ฝรั่งจะมีผลต่อกลิ่นของปัสสาวะ การมีกลิ่นของปัสสาวะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ดังนั้นกลิ่นของปัสสาวะเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการวินิจฉัยโรค

ความขุ่น (Turbidity)

ปัสสาวะที่ถ่ายออกมาใหม่ ๆ โดยปกติแล้วจะใส ปัสสาวะอาจจะขุ่นได้ถ้าอยู่ในสภาพที่เป็นด่างเนื่องจากมีสารพวกฟอสเฟต (Phosphate)และคาร์บอเนท (Carbonate) อยู่ ความขุ่นนี้จะหายไปถ้าทำให้ปัสสาวะนั้นมีสภาพเป็นกรด ปัสสาวะที่มีสารพวกยูเรท (Urate) จะมีสีชมพูขุ่น นอกจากนั้นสาเหตุที่ปัสสาวะขุ่นอาจจะเนื่องมาจากการอักเสบของทางเดินปัสสาวะ ทำให้ปัสสาวะขุ่นมากเนื่องมาจากบักเตรี (Bacteria) หรืออาจมีเม็ดเลือดขาวปนอยู่ด้วย

การเก็บปัสสาวะส่งตรวจ

การรู้จักเลือกเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจ นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการทดสอบและการแปลผล ฉะนั้นผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องทราบถึงเหตุผล และความจำเป็นในการเลือกใช้ตัวอย่างให้เหมาะกับการตรวจแต่ละอย่างเพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้เป็นที่เชื่อถือ แม่นยำ รวดเร็วและประหยัด ซึ่งมีวิธีการตรวจหลายอย่างด้วยกันคือ

1. ปัสสาวะที่เก็บเมื่อใดก็ได้(Random specimen or single specimen or Occasional specimen) เป็นปัสสาวะที่ให้ผู้ป่วยถ่ายทันทีที่ต้องการตรวจ ซึ่งวิธีที่ใช้อยู่บ่อย ๆ สำหรับผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลเป็นงานประจำและใช้เป็นการทดสอบเพื่อการตรวจ (Screening test) ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับผู้ป่วยอย่างง่าย ๆ คือ ควรทำความสะอาดบริเวณภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ก่อน ทิ้งปัสสาวะตอนแรกไป ให้เก็บเฉพาะปัสสาวะตอนกลางของการถ่ายและไม่เก็บปัสสาวะตอนจะสุดใช้ภาชนะที่สะอาดรองปัสสาวะประมาณ 20-30 มิลลิลิตร และรีบส่งตรวจทันที การเก็บแบบนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า

ปัสสาวะช่วงกลางของการถ่าย (Mid - steam urine)

สำหรับผู้ตรวจ ควรตรวจทันที ถ้าตั้งปัสสาวะทิ้งไว้แบคทีเรียจะเจริญได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ กรด-ด่าง (pH) ของปัสสาวะเป็นด่าง ถ้าไม่สามารถตรวจปัสสาวะได้ทันทีควรเก็บไว้ในตู้เย็น 0-4 องศาเซลล์เซียสและเพื่อกันการสลายของคาสท์ (Cast) ต่าง ๆ ควรทำปัสสาวะให้อยู่ในสภาพเป็นกรด โดยใช้กรดเกลือเจือจาง 2 - 3 หยด

2. ปัสสาวะ 24 ชั่วโมง (A timed specimen or 24 hours specimen) เป็นปัสสาวะที่เก็บตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีความจำเป็นในการตรวจบางอย่าง โดยมีข้อแนะนำสำหรับผู้ป่วยในการเก็บปัสสาวะดังนี้

- ถ่ายปัสสาวะทิ้ง ตอน 8.00 น.
- เก็บปัสสาวะที่ถ่ายทุกครั้งหลัง 8.00 น. รวมกันจนครบ 24 ชั่วโมง คือถึง 8.00 น. ของวันรุ่งขึ้นเป็นครั้งสุดท้าย โดยถ่ายเก็บในขวดที่สะอาดปากกว้าง
- ระหว่างที่เก็บปัสสาวะควรเก็บไว้ในตู้เย็นตลอดเวลา ถ้าไม่มีตู้เย็นต้องใส่สารเคมีบางอย่างลงไป เพื่อรักษาสภาพของปัสสาวะให้เหมาะสมสำหรับการตรวจแต่ละอย่าง

3. ปัสสาวะที่ได้จากการสวน (Catheterized specimen) มีความจำเป็นในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย และมักใช้สำหรับการตรวจเพาะเชื้อทางจุลชีววิทยาบางราย

4. ปัสสาวะครั้งแรกในตอนเช้า (First morning specimen) ซึ่งถือว่าเป็นปัสสาวะที่มีความเข้มข้นของสารละลายมากที่สุด และเหมาะที่จะใช้ในการตรวจมากที่สุด โดยเฉพาะการตรวจการมีครรภ์ หรือเบาหวาน

นอกจากนี้ในบางรายที่แพทย์ต้องการทราบความแตกต่างของปริมาตรหรือผลการตรวจระหว่างปัสสาวะในเวลากลางวัน กับปัสสาวะในเวลากลางคืนก็อาจมีการสั่งให้เก็บแยกเฉพาะปัสสาวะช่วงกลางวัน หรือปัสสาวะช่วงกลางคืน โดยมีข้อแนะนำคือ

การเก็บปัสสาวะช่วงกลางวัน แนะนำให้ผู้ป่วยถ่ายทิ้งเมื่อ 8.00 น.แล้วเก็บทุกครั้งหลังจากนั้นจนถึง 20.00 น. ให้ถ่ายเป็นครั้งสุดท้าย

สำหรับปัสสาวะช่วงกลางคืนก็มักนิยมเก็บภายหลังอาหารเย็นแล้ว 3 ชั่วโมง คือให้ผู้ป่วยถ่ายทิ้งเมื่อ 20.00 น. แล้วเก็บทุกครั้งหลังจากนั้นจนถึง 8.00 น. ของวันรุ่งขึ้น

การเก็บปัสสาวะช่วงกลางวัน และช่วงกลางคืน ควรทำแบบเก็บปัสสาว. 24 ชั่วโมง ทุกประการ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะจะบ่งถึงสัดส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในปริมาตรของปัสสาวะทั้งหมด ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าปัสสาวะเข้มข้นหรือเจือจาง ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะมีความสำคัญมากในการแปลผลการตรวจปัสสาวะ ภายใต้สภาวะที่ร่างกายได้รับของเหลวในปริมาณจำกัด หรือได้รับปริมาณมาก ความถ่วงจำเพาะจะช่วยบอกถึงความสามารถของไต ในการทำให้ปัสสาวะเข้มข้นหรือเจือจาง

ความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ เป็นการวัดความหนาแน่นของปัสสาวะซึ่งเป็นตัวเลขที่มาจากอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักของน้ำปัสสาวะภายใต้ปริมาตรที่กำหนด ต่อน้ำหนักของน้ำในปริมาตรเดียวกันภายใต้สภาวะมาตรฐานที่กำหนดซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของปัสสาวะ}}{\text{น้ำหนักของน้ำ}}$$

$$\text{น้ำมีความถ่วงจำเพาะ} = 1.000$$

เนื่องจากปัสสาวะเป็นสารละลายของแร่ธาตุและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำดังนั้น ปัสสาวะจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.000

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

รัตนา ฤทธิมัต และคณะ (2531) ได้ศึกษาผลของการตรวจปัสสาวะในผู้ออกกำลังกายว่ายน้ำ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารและตะกอนต่างๆในปัสสาวะของอาสาสมัครเด็กไทย 100 คน ที่ออกกำลังกายว่ายน้ำเป็นระยะทาง 1200 ถึง 1500 เมตร โดยการตรวจปัสสาวะเมื่อเปรียบเทียบการตรวจตะกอนปัสสาวะในขณะว่ายน้ำและก่อนว่ายน้ำ พบว่า ในขณะว่ายน้ำตรวจพบ คาสท์ (Cast)และเม็ดโลหิตขาวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้งเพศหญิงและเพศชาย และตรวจพบเม็ดเลือดแดงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในเพศหญิง ($p<0.01$) แต่ตะกอนชนิดอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทั้งก่อนว่ายน้ำและหลังว่ายน้ำ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจส่วนน้ำใสของปัสสาวะในขณะว่ายน้ำและก่อนว่ายน้ำ พบว่าปัสสาวะในขณะว่ายน้ำมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า และมีความเข้มของโปรตีนสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทั้งเพศหญิงและเพศชาย และตรวจพบ เซลล์เม็ดเลือด (Occult blood) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เฉพาะในเพศหญิง ($p<0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจตะกอน และส่วนน้ำใสในปัสสาวะระหว่างก่อนว่ายน้ำและหลังจากว่ายน้ำแล้ว 24 ชั่วโมง พบว่า ผลการตรวจทุกชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

พรกมล ทวยเจริญ (2534) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในเลือดและชีวเคมีในพลาสมาของนักวิ่งมินิมาราธอน โดยศึกษาผลของการวิ่งมินิมาราธอนต่อการเปลี่ยนแปลงในเลือด และชีวเคมีในพลาสมา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ชั้นปีที่ 1 อายุระหว่าง 18-21 ปี น้ำหนัก 40.5-56.5 กิโลกรัม จำนวน 15 คน ก่อนการวิ่ง ได้รับการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อเปรียบเทียบกับภายหลังการวิ่ง 7 วัน การวิเคราะห์ผลจากตัวอย่างเลือดได้กระทำก่อนการวิ่ง ทันทีที่กลุ่มตัวอย่างวิ่งเข้าเส้นชัย ภายหลังการวิ่งแล้ว 1 วันและ 7 วัน ตัวอย่างของเลือดได้นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริต จำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวและองค์ประกอบทางชีวเคมีบางอย่างในวันแข่งขัน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 28.2+/-0.17 องศา

เซลล์เซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 62.2+/-1.73 % ภายหลังการวิ่ง น้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างลดลง 1.40+/-0.09 กิโลกรัม วิ่งด้วยอัตราเร็ว 7.4-11.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เลือดเปรียบเทียบกับก่อนวิ่ง พบว่าจำนวนเม็ดเลือดแดงปริมาตรเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดง เอม ซี เอช ซี (MCHC) ระดับโซเดียม โปแตสเซียมคลอไรด์ และแคลเซี่ยมในเลือดไม่เปลี่ยนแปลง ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต และจำนวนเม็ดเลือดขาวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (8.4 %, p<.01; 6.4 %, p<.01 และ 61%, p<.001 ตามลำดับ) และพบว่า เม็ดโลหิตขาวชนิดนิวโตรฟิล โมโนซัยต์และลิมโฟซัยต์สูงขึ้น 92 % และ 28 % ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กลูโคส (p<.001) ยูเรียไนโตรเจน (p<.001) พลาสมาโปรตีน (p<.05) และค่าไดเร็คท์บิลิรูบิน (p<.01) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อยู่ในขอบเขตของค่าปกติ ช่วงภายหลังการวิ่ง 1 วันและ 7 วัน พบว่า ค่าเหล่านี้กลับคืนสู่ค่าปกติใกล้เคียงกับก่อนการวิ่ง การลดลงของระดับพลาสมาในเลือดขณะวิ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในเลือดที่นำมาวิเคราะห์ครั้งนี้

จากผลทั้งหมดที่ได้รับอาจสรุปได้ว่า การวิ่งมาราธอน 15 กิโลเมตร ไม่มีผลกระทบกระเทือนที่เลวร้ายต่อลักษณะทางโลหิตวิทยา และชีวเคมีในพลาสมาของนักวิ่งเพศหญิง ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงในปัสสาวะของนักวิ่งมาราธอนด้วย

วรเบญญา พิทักษ์อรรณพ (2534) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักแตกต่างกันที่มีต่อสารเคมีชีวะในเลือดของหญิงวัยกลางคน กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคคลากรหญิงของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอายุระหว่าง 31-50 ปี จำนวน 27 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 9 คน แต่ละกลุ่มออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ แอโรบิคดานซ์ เดิน-วิ่ง และชี่จักรยานอยู่กับที่โดยให้แต่ละกลุ่มใช้ความหนักของการออกกำลังกายต่อเปอร์เซนต์ของพิสัยอัตราการเต้นของหัวใจ คือ กลุ่มที่ 1 75 เปอร์เซนต์ กลุ่มที่ 2 65 เปอร์เซนต์ และกลุ่มที่ 3 55 เปอร์เซนต์ ใช้เวลาในการฝึก 10 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 1 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า ทั้งสามกลุ่ม มีค่าโคเลสเตอรอลหลังฝึกลดลงแตกต่างจากก่อนฝึก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเอสดีแอล-โคเลสเตอรอล หลังฝึกเพิ่มขึ้นและมีค่าแอลดีแอล - โคเลสเตอรอลหลังฝึกลดลงแตกต่างจากก่อนฝึกก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีค่ากลูโคสหลังการฝึกลดลงแตกต่างจากก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การเปรียบเทียบค่าชีวะสารเคมีในเลือดทุกตัวหลังการฝึกของทั้งสามกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

มีรายงานจากการศึกษาหลายกรณีที่เกี่ยวข้องกับ เรื่องผลของการออกกำลังกายและการเปลี่ยนของสารในร่างกาย เช่น

โฮป และคนอื่น ๆ (1991) กล่าวว่า มีหลักฐานที่มั่นคงว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นข้อจำกัดในตัว ไม่ร้ายแรงเกิดขึ้นในปัสสาวะหลังจากการออกกำลังกาย การศึกษาในครั้งนี้ ต้องการที่จะประเมินการเปลี่ยนแปลงอย่างมีศักยภาพในปัสสาวะของ นักมวยสมัครเล่น ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลส่วนตัวของนักมวย ประวัติการชกมวย ประวัติที่สมบูรณ์จากการตรวจสุขภาพจากแพทย์ และการตรวจร่างกายของนักมวยแต่ละคน เก็บตัวอย่างปัสสาวะ ก่อน และ หลัง จากการทำการแข่งขันชกมวยมาทำการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลง ข้อค้นพบแสดงให้เห็นว่า ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิคต่อตัวแปรเกี่ยวกับปัสสาวะนอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายในความหนักที่พอเปรียบเทียบกันได้กับกีฬาชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาถึงผลระยะยาวต่อการทำหน้าทีของไตที่นักมวยสมัครเล่นจะได้รับ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะว่า นักมวยทุกคนควรจะได้รับการตรวจปัสสาวะควบคู่กับการตรวจร่างกายทางการแพทย์เป็นการประจำจากแพทย์

บาร์คเลย์ และคณะ (1947) ได้ศึกษาผลของการสูญเสียน้ำทางปัสสาวะและการออกกำลังกายที่มีต่อปริมาตรและส่วนประกอบของปัสสาวะโดยได้ทำการวัด อี อาร์ พี เอฟ (ERPF) ไดโอดัน เคลียเรนซ์ (Diodone Clearance) ก่อน ภายหลังทันทีและหลังจาก 1 ชั่วโมงผ่านไปของการออกกำลังกายอย่างหนักในนักเรียนอายุระหว่าง 17-20

ปี จำนวน 9 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะดื่มน้ำเข้าไปในร่างกายเพื่อเพิ่มน้ำปัสสาวะและให้นอนเอกเขนกระหว่างก่อนออกกำลังกาย 2 ครั้ง ห่างกันประมาณ 15 ถึง 20 นาที และ 3-4 ครั้ง หลังการออกกำลังกาย การออกกำลังกายประกอบด้วยการวิ่งเร็วระยะทาง 1 ใน 4 ไมล์ อี อาร์ พี เอฟ (ERPF) ไดโอดัน เคลียเรนซ์ (Diodoneclearance) เฉลี่ยก่อน 736 หลังการออกกำลังกายทันที 477 และหลังจาก 1 หรือ 2 ครั้งสุดท้ายของระยะเคลียเรนซ์ (Clearance periods) เท่ากับ 579 มล. ต่อ นาที

แฮนเซนและคณะ (Hanzen et al.,1982) ได้ศึกษาการรั่วของเซลล์กล้ามเนื้อ (Muscle cell leakage) อันเป็นผลมาจากการฝึกวิ่งระยะทางไกล ซึ่งผลการวิจัยไม่พบทั้งโปรตีนในปัสสาวะและคาสท์ ในปัสสาวะของนักวิ่ง 16 คน และผู้ที่ไม่ใช่นักวิ่ง 9 คน ทันทีที่การวิ่งระยะทางไกลเสร็จสิ้นลง รวมทั้งไม่สามารถสังเกตเห็น มัยโอโกลบิเนเมีย (Myoglobinemia) และ ฮีโมโกลบิเนเมีย (Hemoglobinemia) อันเป็นผลมาจากการสูญเสียธาตุเหล็ก อย่างมีนัยสำคัญในปัสสาวะด้วย

จากการที่ คอสติลและคณะ (Costill et al., 1976) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ น้ำ และสารประจุ (Electrolytes) โซเดียมอิออน (Na^+), โปแตสเซียมอิออน (K^+) คลอไลด์อิออน (Cl^-)และ แมกเนเซียมอิออน (Mg^{2+}) ที่อยู่ภายในเซลล์และเส้นใยกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่เป็นชาย 8 คน ที่ให้ออกกำลังกายในที่ที่มีความร้อน 39.5°C ความชื้น 25 % แล้วเก็บตัวอย่างเลือด ปัสสาวะและเส้นใยกล้ามเนื้อไปทำการตรวจ ไบโอฟี (Biopsy) โดยเก็บตัวอย่างเลือด ปัสสาวะและเส้นใยกล้ามเนื้อก่อนที่กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกาย และหลังที่กลุ่มตัวอย่างทำการลดน้ำหนักลง 2.2,4.1 และ 5.8 % ตามลำดับ พบว่าโดยทั่ว ๆ ไป พลาสมาและน้ำในกล้ามเนื้อลดลง 2.4 % และ 1.2 % ต่อการลดลงของน้ำหนักตัวทุก 1 % ในขณะที่ร่างกายขาดน้ำโซเดียมในกล้ามเนื้อ (Na^+_m) และ คลอไลด์ในกล้ามเนื้อ (Cl^-_m) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ร่างกายขาดน้ำ 5.8 % แมกเนเซียมในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 12 % และเมื่อร่างกายขาดน้ำที่ระดับ 2.2 % และ 4.1 % ความเข้มข้นของสารภายในเซลล์ (Intracellular concentration)โปแตสเซียมเพิ่มขึ้น 2.7 และ 10.6 % ผลของการคำนวนค่าศักยไฟฟ้าขณะพัก (Resting membrane potential) พบว่า การที่สูญเสียน้ำและสารประจุ (Elec-

I17242712.

trolytes) ในการศึกษาครั้งนี้ แปรผันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล้ามเนื้อยังคงมีลักษณะกระฉับกระเฉง

จากการศึกษาของสตรอม กัลเลสทัด มีน เรฟซัม และครอจ (Stromme, Gullestad, Meen, Refsum and Krog, 1976)

จากพื้นฐานของทฤษฎีที่กล่าวว่าระดับอุณหภูมิของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปตามอัตราส่วนของ โซเดียมอิออน (Na^+)และแคลเซียมอิออน (Ca^+) ในไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) และจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของโซเดียมอิออนและแคลเซี่ยมอิออนดังกล่าว จะเกิดขึ้นในระหว่างการออกกำลังกาย เป็นระยะเวลานาน การเสนอผลที่ได้จากการศึกษาที่ได้มาจากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ โซเดียมและแคลเซี่ยมในของเหลวในร่างกาย ต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ลำไส้ (Rectal temperature) ในระหว่างการออกกำลังกาย จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักสกีชาย จำนวน 41 คน ที่เข้าร่วมการแข่งขันสกีข้ามประเทศ ระยะทาง 90 กม. และกลุ่มตัวอย่างชาย 4 คน ที่วิ่งบนลู่กลด้วยความหนักของงานประมาณ 30, 50, และ 70 % ของ แอโรบิคเพาเวอร์ (Aerobic power) ของเขา อัตราส่วนของ โซเดียม (Na) ต่อผลรวมและแคลเซียม (Ca) ที่ถูกปล่อยออกมาระหว่างการออกกำลังกาย มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่เป็นระบบและไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโซเดียมและแคลเซี่ยมต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในลำไส้ตรง ดังนั้นภายใต้ข้อสันนิฐานที่ว่าการเปลี่ยนแปลงของเลือดในเส้นเลือดดำที่ส่วนนอก เพอริเพอรอลวีนัสบลัด (Peripheral venous blood) ซึ่ง มีผลเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของเลือดที่ไปที่ ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ดังนั้นผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จึงไม่สนับสนุนสมมติฐานที่ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในขณะออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของโซเดียม และ แคลเซี่ยม ในของเหลวในร่างกาย เซรั่ม (Serum)

จากการศึกษาของ แซมบราสกี, ฟอสเตอร์, กรอสส์และทิพตัน (Zambraski, Foster, Gross and Tipton. 1976) ได้ทำการศึกษาระยะยาวเกี่ยวกับการปฏิบัติการของทีมมวยปล้ำของมหาวิทยาลัยของรัฐไอโอวา (University of Iowa NCAA championship team) ในปี ค.ศ. 1975 ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกจำนวนมาก เพื่อ

ศึกษาว่าถ้าลดน้ำหนักสุดขีดแล้วติดตามอาการของการขาดน้ำ ดีฮายเดรชั่น (Dehydration) ที่เกิดขึ้นในการแข่งขัน ในระดับวิทยาลัย น้ำหนักตัวเริ่มเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เดือนกันยายน-ธันวาคม โดยเฉลี่ยน้ำหนักลดไป 6 % ในขณะที่ไขมันใต้ผิวหนัง (จาก 6 ตำแหน่ง) มีค่าเฉลี่ยเปลี่ยนจาก 58 ม.ม. เป็น 38 ม.ม. ในช่วงเวลา 4 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยลดลง 10.2, 9.5, 8.0, 7.5 และ 7.00 ปอนด์ ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่แยกเป็น 12, 4, 3, 2, และ 1 วัน การวิเคราะห์พื้นฐานของปัสสาวะตลอดฤดูกาลจำนวน 2-3 ครั้ง โปรแตสเซี่ยม (K) ถูกขับออกมาก่อนที่จะเริ่มฤดูการ การวิเคราะห์ปัสสาวะในช่วงเวลาต่าง ๆ กันระหว่าง 2 วันก่อนฝึกแสดงให้เห็นว่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น .003 ความเข้มข้น (Osmolarity) เพิ่มขึ้น 160 mosm/L ค่ากรด-ด่าง (pH) ลดลง .10 ความเข้มข้นของโซเดียมอิออน (Na^+) ลดลง 45.3 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร และความเข้มข้นของโปแตสเซียมอิออน (K^+) เพิ่มขึ้น 71.3 มิลลิอีควิวาเลนท์ต่อลิตร จากข้อค้นพบที่น่าสนใจ คือนักมวยปล้ำขาดน้ำก่อนที่จะทำการแข่งขันสูญเสียสารประจุ อีเล็คโทรลัยท์ (Electrolytes) ในปัสสาวะในช่วงเวลา 2 วัน จำนวนประมาณ 3.7 % ของโซเดียมอิออน (Na^+) ที่สะสมในร่างกาย และ 3.0 % ของโปแตสเซี่ยมอิออน (K^+) ที่เก็บสะสมในร่างกาย ข้อมูลเหล่านี้เหมือนกับที่ได้รายงานไว้ในรางานการวิจัยการแข่งขันมวยปล้ำชิงชนะเลิศในระดับไฮสคูลของรัฐไอโอวา (Iowa high school finalists) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักมวยปล้ำในระดับมหาวิทยาลัยทำการแข่งขันในขณะที่ร่างกายอยู่ในสถานการณ์ที่ขาดน้ำ

สรุปได้ว่า จากงานวิจัยในประเทศได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคาสท์และเม็ดเลือดในปัสสาวะของนักกีฬาว่ายน้ำพบว่า หลังการออกกำลังกายมีปริมาณคาสท์และเม็ดเลือดสูงขึ้น และจากการศึกษาสารเคมีในเลือด หลังการวิ่งมาราธอนของนักวิ่งหญิงพบว่า น้ำหนักตัวลดลง มีจำนวนเม็ดเลือดขาวสูงขึ้นมีสารเคมีในเลือดเพิ่มขึ้นแต่อยู่ในเกณฑ์ปกติ และจากกการศึกษาผลของการออกกำลังกายในหญิงวัยกลางคนที่มีความหนักแตกต่างกันพบว่า หลังการออกกำลังกายมีปริมาณของโคเลสเตอรอลแตกต่างกันแต่สารเคมีในเลือดก่อนและหลังการออกกำลังกายไม่ต่างกัน

ส่วนงานวิจัยของต่างประเทศ ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในปัสสาวะของนักกีฬามวยปล้ำพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสารเคมีในปัสสาวะเพียงเล็กน้อย และพบว่าในขณะที่ทำการแข่งขันนักมวยปล้ำอยู่ในสภาวะที่ขาดน้ำและสูญเสียสารประจุอีเล็คโทร-ลัยท์ จากการศึกษาปัสสาวะของนักวิ่งระยะไกลปรากฏว่าไม่พบโปรตีนและคาสท์ในปัสสาวะ และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในกล้ามเนื้อ เลือดและปัสสาวะของกลุ่มตัวอย่างที่ให้ทำการออกกำลังกายในที่อุณหภูมิ 39 °C พบว่า การสูญเสียน้ำและสารประจุผันแปรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีในเลือดของนักสกีและนักวิ่งพบว่า อัตราส่วนของโซเดียมต่อผลรวมและแคลเซี่ยมที่ถูกปล่อยออกมาระหว่างการออกกำลังกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่เป็นระบบ และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโซเดียมและแคลเซี่ยมต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในลำไส้ตรง