บีบี (Bybee. 1991 ; อ้างถึงใน สมใจ วจีสิงห์. 2549 : 430) กล่าวว่า นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษา และการจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum Study) หรือที่รู้จักกันในนาม BSCS ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบของวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) ประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ ของการเรียนรู้รวม 5 ขั้น หรือที่เรียกว่าวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) และขั้นประเมินผล (Evaluate) ซึ่งได้รับความนิยมกันแพร่หลายในปัจจุบัน วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) มีขั้นตอน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2548ข : 91)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว จึงวางแผนกำหนดแนวทางตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอ ผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้

หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

กล่าวได้ว่า การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เหมาะที่จะใช้กับนักเรียนทุกระดับชั้น และเหมาะที่จะใช้กับการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพราะเน้นทักษะการคิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดแก้ปัญหา การคิดไตร่ตรอง การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนค้นพบหรือเรียนรู้ทักษะ และคำนิยามศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการออกแบบการสอน และพัฒนาหลักสูตร อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอดจนลำดับขั้นของการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

ยุทธศาสตร์การจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548ข : 121) ได้กำหนดยุทธศาสตร์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ดังตาราง

ตาราง 2.1 ยุทธศาสตร์การจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)

วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น	ยุทธศาสตร์
1. ขั้นสร้างความสนใจ	- ตั้งคำถามในเรื่องที่เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง - พิจารณาแนวทางที่เป็นไปได้ที่จะตอบปัญหานั้น ๆ - บันทึกสิ่งที่ไม่ได้คาดหวังจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	- สร้างความสนใจสิ่งที่จะศึกษา - ระดมความคิดในแนวทางที่จะเป็นไปได้ - สังเกตปรากฏการณ์ เฉพาะจุดที่สนใจอย่างละเอียด - ออกแบบวางแผนและดำเนินการทดลอง - รวบรวมและจัดกระทำข้อมูล - ใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา - เลือกแหล่งข้อมูล (วิธีการ) ที่เหมาะสม - แยกประเด็นเสี่ยงและผลที่เกิดขึ้นตามมา จากการสำรวจค้นหา - สื่อสารข้อมูลและแนวความคิดให้กับผู้อื่น
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- เรียบเรียงคำอธิบายใหม่ โดยใช้คำพูดเป็นของตนเอง - ทบทวนและวิเคราะห์ปัญหาที่ได้สำรวจตรวจสอบ - ใช้การประเมินเพื่อรวบรวมคำตอบและแนวทางแก้ปัญหา - ตรวจสอบคำอธิบายที่เหมาะสม - วิเคราะห์ข้อมูล - ลงข้อสรุปและการตัดสินใจ
4. ขั้นขยายความรู้	- ประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อศึกษาประเด็น - แลกเปลี่ยนความรู้และทักษะ - แลกเปลี่ยนข้อมูลและแนวคิดด้วยการพูดและเขียน - ตั้งคำถามใหม่ - พัฒนาผลการสำรวจและส่งเสริมแนวคิด - ใช้รูปแบบและแนวคิดเพื่อจะค้นหาความจริงในการอภิปราย และให้ผู้อื่นยอมรับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตาราง 2.1 (ต่อ)

วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น	ยุทธศาสตร์
5. ขั้นประเมินผล	- ทำการสำรวจตรวจสอบเพิ่มเติม - ทำกิจกรรมในประเด็นอื่น ๆ - จากรายงานบันทึก - จากแฟ้มสะสมงาน - จากการบันทึกข้อมูลนักเรียน - การประเมินตามสภาพจริง - ชิ้นงาน จากการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิค

ตาราง 2.2 บทบาทของครูในการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)

ขั้นตอนของรูปแบบการสอน	บทบาทครู	
	สิ่งที่ควรกระทำ	สิ่งที่ไม่ควรกระทำ
1. ขั้นสร้างความสนใจ	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถาม	- อธิบายมโนทัศน์ - ให้นิยามหรือคำตอบ - พูดสรุป
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	- ทบทวนมโนทัศน์หรือเรื่องที่นักเรียนมีความคิดมาก่อน - กระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกันโดยครูไม่สอนโดยตรง - ฟังและสังเกตปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน - ถามคำถามเท่าที่จำเป็นเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะอย่างมีทิศทางหรือเข้าร่องเข้ารอย - ให้เวลาแก่นักเรียนในการเข้าถึงปัญหา	- พูดตัดบท - บรรยาย - บอกคำตอบ - บอกหรืออธิบายวิธีดำเนินการแก้ปัญหา - บอกนักเรียนว่าปฏิบัติผิด - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้แก้ปัญหา - ชี้นำนักเรียนทีละขั้นเพื่อแก้ปัญหา

ตาราง 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอนของรูปแบบการสอน	บทบาทครู	
	สิ่งที่ควรกระทำ	สิ่งที่ไม่ควรกระทำ
	- ปฏิบัติตนเป็นเสมือนที่ปรึกษาแก่นักเรียน	
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์และให้คำนิยามด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ถามหาหลักฐานเพื่อให้นักเรียนชี้แจงมโนทัศน์	
4. ขั้นขยายความรู้	- เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์เดิมเป็นฐานของการอธิบายมโนทัศน์ที่ค้นพบ - ให้คำนิยามที่เป็นแบบแผนหรืออธิบายและแสดงแผนผังเพื่อให้นักเรียนชี้แจงมโนทัศน์นั้น ๆ - คาดหวังให้นักเรียนใช้นิยามศัพท์แผนผังและคำอธิบายในขั้นที่ 3 - กระตุ้นให้นักเรียนใช้หรือขยายมโนทัศน์และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ตั้งคำถามให้นักเรียนทบทวนความเข้าใจของตน (เปรียบเหมือนสำรวจอีกครั้ง) เช่น นักเรียนรู้อะไร ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ให้คำตอบเกี่ยวกับนิยาม - บอกว่านักเรียนผิด - ชี้นำนักเรียนทีละขั้นเพื่อแก้ปัญหา
5. ขั้นประเมินผล	- อนุญาตให้นักเรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนและกลุ่ม - ตั้งคำถามปลายเปิด เช่น - ทำไมนักเรียนจึงคิดว่า....	- ทดสอบคำศัพท์และข้อเท็จจริง - ชี้แนะความคิดหรือมโนทัศน์ใหม่ - สร้างความสับสนหรือวกวน

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี Dhonburi Rajabhat University

ตาราง 2.2 (ต่อ)

ขั้นตอนของรูปแบบการสอน	บทบาทครู	
	สิ่งที่ควรกระทำ	สิ่งที่ไม่ควรกระทำ
	- นักเรียนมีหลักฐานอะไรบ้าง - นักเรียนจะอธิบาย....ได้อย่างไร - ค้นหาหลักฐานที่นักเรียนเปลี่ยนความคิดและพฤติกรรม - สังเกตว่านักเรียนเกิดการประยุกต์ใช้มโนทัศน์และทักษะใหม่หรือไม่ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน	- ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่สัมพันธ์กับมโนทัศน์หรือทักษะนั้น ๆ

ตาราง 2.3 ขั้นตอนของรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน	ลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้นหรือยั่วยุหรือท้าทายให้นักเรียนสนใจสงสัยใคร่อยากรู้อยากเห็นหรือขัดแย้งเกิดปัญหาทำให้นักเรียนต้องการศึกษาค้นคว้าทดลอง	1. เชื่อมโยงกับความรู้เดิม 2. แปลกใหม่นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน 3. ยั่วยุ ท้าทาย น่าสนใจ ใคร่รู้ 4. เปิดโอกาสให้มีแนวทางตรวจสอบอย่างหลากหลาย	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้อยากเห็น 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด 4. ให้เวลานักเรียนคิดก่อนตอบคำถาม 5. ดึงเอาคำตอบหรือความคิดที่ยัง	1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดเห็น 4. กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่สำรวจ 5. แสดงความสนใจ

ตาราง 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน	ลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทของนักเรียน
	(สำรวจตรวจสอบ) ด้วยตัวของนักเรียนเอง	5. นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยตัวของนักเรียนเอง	ไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ 6. เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความกระจ่างในปัญหาที่สำรวจตรวจสอบ 7. เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกหรือกำหนดปัญหาที่สำรวจตรวจสอบ	
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่นักเรียนสนใจใคร่รู้	1. นักเรียนได้เรียนรู้แสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง 2. นักเรียนตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย 3. พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏ แล้วกำหนดสมมติฐานที่เป็นไปได้ 4. นักเรียน	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ 2. ถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 3. ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง 4. ให้เวลานักเรียนในการ	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐาน 3. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย 4. ระดมความคิดในการแก้ปัญหาการตรวจสอบ 5. ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี Dhonburi Rajabhat University

ตาราง 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน	ลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทของนักเรียน
		วางแผนแนวทาง 5. นักเรียนวิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับการตรวจสอบ 6. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ	คิดไตร่ตรองปัญหา 5. สังเกตการณ์ทำงานของนักเรียน 6. ฟังการโต้ตอบของนักเรียน 7. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 8. อำนวยความสะดวก	ขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกผลการสังเกตหรือผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบละเอียดรอบคอบ 7. กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนวิเคราะห์อธิบายความรู้หรืออภิปรายซักถามและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	1. นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมา 1.1 วิเคราะห์แปลผล 1.2 สรุปผลสอดคล้องกับข้อมูลถูกต้องเชื่อถือได้ 1.3 อภิปรายผลอย่างสมเหตุสมผล 2. มีการพิสูจน์ตรวจสอบให้	1. ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายผลการตรวจสอบและแนวคิดด้วยคำพูดของนักเรียนเอง 2. ให้นักเรียนโดยมีเหตุผลหลักฐานประกอบ 3. ให้ความสนใจกับคำอธิบายของนักเรียน	1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจตรวจสอบ 2. อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบสอดคล้องกับข้อมูล 3. อธิบายโดยมีเหตุผลหรือหลักฐานประกอบ 4. ฟังการอธิบายของผู้อื่นแล้วคิดวิเคราะห์

ตาราง 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน	ลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทของนักเรียน
		แน่ใจ (ทำซ้ำหรือเอกสารอ้างอิงหรือหลักฐานชัดเจน)		5. อธิบายซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนอธิบาย
4. ขั้นขยายความรู้	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวาง กระจ่างสมบูรณ์และลึกซึ้งยิ่งขึ้น	1. ให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้นหรือขยายกรอบแนวคิดให้กว้างขวางขึ้น 2. ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ 3. ให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ไปสู่การศึกษาค้นคว้าทดลองเพิ่มขึ้น 4. ให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ	1. ส่งเสริมให้นักเรียนขยายแนวคิดและทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ	1. ใช้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไปอธิบายหรือทักษะจากการสำรวจตรวจสอบไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 2. นำความรู้จากการสังเกตตรวจสอบไปสร้างความรู้ใหม่ 3. นำความรู้เดิมความรู้ใหม่ไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ขั้นประเมินผล	ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์	1. มีการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้และกระบวนการ	1. ถามคำถามเพื่อไปสู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้นักเรียนประเมิน	1. วิเคราะห์กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตาราง 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน	ลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทของนักเรียน
	วิจารณ์หรืออธิบายซักถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ซึ่งกันและกันเปรียบเทียบประเมินปรับปรุงเพิ่มเติมหรือทบทวนใหม่	ที่ได้โดย 1.1 วิเคราะห์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 1.2 อภิปรายประเมินปรับปรุงหรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ 1.3 เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่สำรวจไว้	กระบวนการและองค์ความรู้ด้วยตนเอง 3. ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจตรวจสอบ	2. ถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับการสังเกตหลักฐานและคำอธิบายซึ่งไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ 3. ประเมินความก้าวหน้าและความรู้ตนเอง

จุดเด่นจุดด้อยของรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

เยาวลักษณ์ ชื่นอารมณ์ (2549 : 11) กล่าวถึงจุดเด่นจุดด้อยของรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ดังนี้

จุดเด่นของรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยดำเนินกิจกรรม ดังนี้

1. นักเรียนสร้างความสัมพันธ์จากการสังเกตส่วนต่าง ๆ เพื่อจะตอบปัญหา ตรงนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดจากข้อมูลที่มีและนักเรียนได้แสวงหาข้อมูลเอง อีกทั้งได้ประสบการณ์ตรง รวมถึงได้พัฒนาการคิดหรือกระตุ้นความคิดจากกิจกรรมการเรียนตลอดเวลา

2. การอธิบายเป็นผลมาจากการสำรวจ ทำให้นักเรียนทำการสำรวจอย่างมีความหมาย ตื่นตัวที่จะทำการสำรวจอย่างจริงจัง และฝึกทักษะการสื่อสาร นักเรียนได้กล้าแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจและมีความเชื่อมั่นในตัวเองสูง

3. นักเรียนมีความชัดเจนในมโนทัศน์มากขึ้น ครอบคลุมมากขึ้น ก็โดยการให้โอกาสนักเรียนได้เกี่ยวข้องกับปัญหาใหม่ สถานการณ์ใหม่เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ได้จากการสำรวจ นักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อคิด ข้อมูลกับเพื่อน เพื่อปรับขยายถ่ายโยงความคิด จนได้เห็นความคิดที่ชัดเจน ครอบคลุมและมีความเป็นไปได้สูง

4. คำตอบของปัญหาแต่ละปัญหาต้องได้มาจากการกระทำกิจกรรมหรือการปฏิบัติการทดลองซึ่งทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการทดลอง ได้คำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง อาจจะเป็นคำตอบที่ได้จากประสบการณ์ตรง จากการสังเกตธรรมชาติ หรือได้จากการทดสอบสมมติฐาน

5. ให้โอกาสนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมิน ทำให้ภาพของการประเมินชัดเจน มีความถูกต้องสูง และเป็นการฝึกการประเมินให้กับนักเรียน นอกจากนั้นนักเรียนยังเกิดความรู้สึกที่ดีของการมีส่วนร่วม โดยฝึกให้นักเรียนได้ประเมินผลด้วยตนเองและฝึกการตัดสินใจ อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุมีผลในการรับข้อมูล หรือมีเหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือกสิ่งต่าง ๆ ได้

จุดด้อยของรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

1. ต้องใช้เวลามากอาจทำให้เรียนไม่ทันตามขอบข่ายของเนื้อหาที่กำหนด

2. เน้นบทบาทของนักเรียนเกือบทั้งหมดในการสรุปจนได้มโนทัศน์ บทบาทครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกเท่านั้น ทำให้นักเรียนอาจมีความคลาดเคลื่อนในข้อสรุป เพราะการสื่อสารของเพื่อนนักเรียนและประสบการณ์ของนักเรียนแตกต่างกัน

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้ได้รับประสบการณ์ตรง ได้พัฒนาการคิดหรือกระตุ้นความคิดจากกิจกรรมการเรียนตลอดเวลา

ระบบในร่างกายมนุษย์

ระบบย่อยอาหาร

มีผู้กล่าวถึงระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 4) ได้กล่าวถึงความหมายของระบบย่อยอาหารและการย่อยอาหารไว้ดังนี้

ระบบย่อยอาหาร (Digestive System) เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ได้แก่ ทางเดินอาหารตั้งแต่ปากตลอดไปจนถึงทวารหนัก

การย่อยอาหาร (Digestion) หมายถึง กระบวนการสลายอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การย่อยเชิงกล (Mechanical Digestion) เป็นการสลายอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กลง โดยการบดเคี้ยวของฟัน การหดตัวและการคลายตัวของทางเดินอาหาร การทำงานของน้ำดี

2. การย่อยเชิงเคมี (Chemical Digestion) เป็นการสลายอาหารให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงโดยเอนไซม์หรือน้ำย่อยในทางเดินอาหาร

ยุพา วรยศ และคณะ (2554 : 22) ได้อธิบายความหมายของเอนไซม์ไว้ว่า เอนไซม์เป็นสารประกอบประเภทโปรตีนที่ร่างกายสร้างขึ้น เพื่อทำหน้าที่เร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีในร่างกาย เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสารอาหารเรียกว่า “น้ำย่อย” เอนไซม์มีสมบัติที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นสารประเภทโปรตีนที่สร้างขึ้นจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

2. ช่วยเร่งปฏิกิริยาในการย่อยอาหารให้เกิดเร็วขึ้นและเมื่อเร่งปฏิกิริยาแล้วยังคงมีสภาพเดิมสามารถใช้เร่งปฏิกิริยาโมเลกุลอื่นได้อีก

3. มีความจำเพาะต่อสารที่เกิดปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง ๆ

4. เอนไซม์จะทำงานได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ (2554 : 8-10) กล่าวว่า ระบบย่อยอาหารของมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปาก (Mouth) เมื่ออาหารเข้าสู่ปากจะเกิดการย่อยเชิงกลโดยการบดเคี้ยว และมีการย่อยทางเคมีโดนเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) จากต่อมน้ำลาย เอนไซม์นี้จะย่อยคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลง แต่ร่างกายยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากยังมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เพราะอาหารอยู่ในปากไม่นานพอที่จะย่อยจนได้น้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่ร่างกายจะนำไปใช้ได้ จากนั้นอาหารในปากจะถูกส่งลงสู่หลอดอาหารโดยการทำของลิ้น เรียกว่า การกลืนอาหาร (Swallow) เพื่อส่งต่อไปย่อยต่อในอวัยวะส่วนอื่น ๆ

2. หลอดอาหาร (Esophagus) มีลักษณะเป็นท่อตรงต่อจากคอหอยไปยังกระเพาะอาหาร ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร กล้ามเนื้อของหลอดอาหารจะไม่มีการสร้างน้ำย่อย อาหารจะเคลื่อนที่ผ่านหลอดอาหารโดยการหดตัวและคลายตัวของชั้นกล้ามเนื้อ ซึ่งบีบตัวในลักษณะลูกคลื่นเป็นระยะ ๆ เรียกว่า เพอริส ทัลซีส (Peris Talsis) จนอาหารเคลื่อนที่ลงสู่กระเพาะอาหารจนหมด

3. กระเพาะอาหาร (Stomach) เป็นส่วนทางเดินอาหารที่ใหญ่ที่สุด มีความจุประมาณ 2-3 ลิตร มีกล้ามเนื้อหนาและแข็งแรงมาก รวมทั้งมีความยืดหยุ่นดี เมื่ออาหารมาถึงประเพาะอาหาร กระเพาะอาหารจะสร้างของเหลวออกมา 3 ชนิด คือ น้ำเมือก กรดไฮโดรคลอริก และเอนไซม์สำหรับย่อยสลายโปรตีนให้ได้เป็นโปรตีนสายสั้น ๆ ส่วนคาร์โบไฮเดรตและไขมันจะไม่ถูกย่อยที่กระเพาะอาหาร อาหารทุกชนิดจะคลุกเคล้ากับสารต่าง ๆ ด้วยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหาร

4. ลำไส้เล็ก (Small Intestine) เป็นทางเดินอาหารที่ยาวที่สุด ซึ่งยาวประมาณ 7-8 เมตร ผนังด้านในมีตุ่มเล็ก ๆ ยื่นออกมามากมาย เรียกว่า วิลลัส (Villus) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมอาหาร เมื่ออาหารผ่านจากกระเพาะอาหารลงสู่ลำไส้เล็กตอนบน ผนังลำไส้เล็กจะสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้อวัยวะอื่น ๆ เช่น ตับ ตับอ่อน สามารถผลิตเอนไซม์และสารประกอบต่าง ๆ ส่งไปยังลำไส้เล็ก เพื่อช่วยในกระบวนการย่อยอาหาร ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้จะถูกส่งต่อไปยังลำไส้ใหญ่

สารอาหารที่มีโมเลกุลเล็กรวมทั้งวิตามิน แร่ธาตุ และน้ำ จะถูกดูดซึมผ่านหนังลำไส้เล็กเข้าสู่หลอดเลือดฝอยและหลอดน้ำเหลือง แล้วลำเลียงต่อไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

5. ตับ (Liver) เป็นอวัยวะซึ่งนับว่าเป็นต่อมที่ใหญ่ที่สุดของร่างกายอยู่บริเวณช่องท้องใต้กะบังลม ทำหน้าที่สร้างน้ำดี (Bile) ส่งไปเก็บไว้ในถุงน้ำดี (Gall Bladder) น้ำดีมีหน้าที่ทำให้ไขมันแตกตัวออกเป็นเม็ดเล็ก ๆ เพื่อช่วยให้เอนไซม์จากตับอ่อนย่อยสลายไขมันได้ดีขึ้น

6. ตับอ่อน (Pancreas) อยู่ระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้เล็กตอนบน ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยหลายชนิด สร้างเอนไซม์และสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ซึ่งมีสมบัติเป็นเบส เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของอาหารที่ส่งมาจากกระเพาะอาหารให้มีสมบัติเป็นกลางเหมาะสำหรับการทำงานของเอนไซม์

7. ลำไส้ใหญ่ (Large Intestine) มีความยาวประมาณ 1.5 เมตร กว้าง 6 เซนติเมตร อาหารที่เหลือจากการย่อยและอาหารที่ย่อยไม่ได้ เช่น ใยอาหารจะถูกส่งลงสู่ลำไส้ใหญ่ โดยลำไส้ใหญ่จะทำหน้าที่ดูดน้ำและแร่ธาตุกลับคืนสู่ร่างกาย ส่วนที่เป็นกากอาหารจะเคลื่อนที่ไปรวมกันที่ปลายของลำไส้ใหญ่รอขับถ่ายออกทางทวารหนักต่อไป

สรุปได้ว่า ระบบย่อยอาหารเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารของมนุษย์ โดยมีอวัยวะในระบบย่อยอาหารตั้งแต่ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก ส่วนการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นที่ปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก

ระบบไหลเวียนเลือด

มีผู้กล่าวถึงระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 14) ได้กล่าวถึงความหมายและประเภทของระบบหมุนเวียนเลือดไว้ดังนี้

ระบบหมุนเวียนเลือด (Circulatory System) เป็นระบบที่เลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารต่าง ๆ ที่เซลล์ต้องการไปให้เซลล์ และกำจัดสารต่าง ๆ ที่เซลล์ไม่ต้องการออกจากร่างกาย

ประเภทของระบบหมุนเวียนเลือด มี 2 แบบ ดังนี้

1. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรปิด (Close Circulatory System) ระบบนี้เลือดจะไหลเวียนอยู่ภายในหลอดเลือดและหัวใจตลอดเวลา โดยเลือดจะมีทิศทางการไหลออกจากหัวใจไปตามหลอดเลือดชนิดต่าง ๆ แล้วไหลกลับเข้าสู่หัวใจใหม่เช่นนี้เรื่อยไป

2. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรเปิด (Open Circulatory System) ระบบนี้เลือดที่ไหลออกจากหัวใจจะไม่อยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลาเหมือนแบบวงจรปิด โดยจะมีเลือดไหลเข้าไปในช่องว่างลำตัวและที่ว่างระหว่างอวัยวะต่าง ๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2554 : 13-16) กล่าวว่า ระบบการหมุนเวียนเลือดในร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยหัวใจเป็นอวัยวะสำคัญ ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยมีหลอดเลือดเป็นท่อลำเลียงเลือด ซึ่งจัดเป็นการหมุนเวียนเลือดแบบปิด ดังนั้น ระบบหมุนเวียนเลือดของคนเราจึงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ หัวใจ หลอดเลือด และเลือด

1. หัวใจ (Heart) หัวใจของมนุษย์อยู่ระหว่างปอดทั้ง 2 ข้าง ค่อนมาทางซ้ายเล็กน้อย ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หัวใจคนแบ่งเป็น 4 ห้อง ห้องบน 2 ห้อง ซึ่งเรียกว่า เอเทรียม (Atrium) มีผนังบาง ส่วนห้องล่างมีผนังหนา เรียกว่า เวนทริเคิล (Ventricle) ระหว่างห้องบนและห้องล่างจะมีลิ้นหัวใจ (Value) คอยปิด-เปิดเพื่อป้องกันเลือดไหลย้อนกลับ

หัวใจจะรับเลือดที่มีออกซิเจนสูงจากปอดเข้าทางหัวใจห้องบนซ้ายผ่านต่อมายังหัวใจห้องล่างซ้าย เพื่อส่งออกไปยังอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายและจะรับเลือดที่มีออกซิเจนต่ำจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายกลับเข้าสู่หัวใจทางหัวใจห้องบนขวา และผ่านต่อไปยังหัวใจห้องล่างขวาส่งไปยังปอด เพื่อแลกเปลี่ยนแก๊สและกลับเข้าสู่หัวใจอีกครั้ง หมุนเวียนอย่างเป็นระบบเช่นนี้ตลอดเวลา

2. หลอดเลือด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

2.1 หลอดเลือดอาร์เทอรี (Artery) คือ หลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ ผนังของหลอดเลือดมีชั้นกล้ามเนื้อเรียบที่หนามากและยืดหยุ่นตัวได้ดี ทำให้สามารถรักษาแรงดันเลือดให้คงที่ได้ เมื่อหัวใจบีบตัว ส่งเลือดไปตามหลอดเลือดอาร์เทอรีทำให้เส้นเลือดขยายตัวและพองออก

เมื่อเลือดผ่านไปแล้วเส้นเลือดจะหดตัวคืนสู่รูปเดิม ถ้าหลอดเลือดอาร์เทอรีอยู่ใกล้ผิวหนังเราจะเห็นการโป่งและยุบตัวของผิวหนัง ถ้าใช้นิ้วมือแตะดู จะรู้สึกถึงการพองตัวและหดตัวของหลอดเลือดอาร์เทอรีที่เรียกว่า ชีพจร (Pulse)

2.2 หลอดเลือดเวน (Vien) คือ หลอดเลือดที่นำเลือดกลับสู่หัวใจ มีผนังบางกว่าจึงบรรจุเลือดได้มากกว่าหลอดเลือดอาร์เทอรี เนื่องจากมีความดันเลือดภายในต่ำ จึงมีลิ้นคอยกั้นไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

2.3 หลอดเลือดฝอย (Capillary) คือ หลอดเลือดที่อยู่ระหว่างปลายหลอดเลือดอาร์เทอรีกับปลายหลอดเลือดเวน หลอดเลือดฝอยมีขนาดเล็กมาก ผนังประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว จึงมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สและสารต่าง ๆ ได้ดี

3. เลือด (Blood) ในร่างกายของคนเรามีเลือดอยู่ประมาณ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (6 ลิตร) หรือประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีสมบัติเป็นเบสอ่อน (pH ประมาณ 7.3-7.4) แต่ละคนจะมีเลือดไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเพศ อายุ น้ำหนัก และสุขภาพร่างกาย เลือดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ที่เป็นของเหลว และส่วนที่เป็นของแข็ง

3.1 ส่วนที่เป็นของเหลว คือ น้ำเลือดหรือพลาสมา (Plasma) ประกอบด้วยน้ำและสารต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ สารอาหารที่ถูกย่อยแล้วรวมทั้ง วิตามิน เกลือแร่ ฮอร์โมน และสารอื่น ๆ ที่ละลายน้ำได้ สารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเลือดมีประมาณ 50 เปอร์เซนต์ของเลือดทั้งหมด ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กไปสู่ส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย รวมทั้งลำเลียงของเสียที่เป็นของเหลวจากเซลล์ เช่น ยูเรีย มาสู่ไต ซึ่งไตจะแยกสกัดเอายูเรียออกจากเลือดแล้วขับถ่ายออกมาในรูปของปัสสาวะ

3.2 ส่วนที่เป็นของแข็งหรือส่วนของเม็ดเลือด มีอยู่ประมาณ 50 เปอร์เซนต์ของเลือดทั้งหมด ประกอบด้วย

3.2.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocyte) มีรูปร่างกลมแบนตรงกลางบุ๋มไม่มีนิวเคลียส สร้างโดยไขกระดูก มีอายุประมาณ 120 วัน หลังจากนั้นจะถูกทำลายที่ตับและม้าม ขณะเกิดใหม่ ๆ มีนิวเคลียส แต่จะสลายไปเมื่อโตเต็มที่ ภายในเซลล์มีสารโปรตีนที่ เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ทำหน้าที่จับกับออกซิเจนเพื่อลำเลียงไปสู่เซลล์ทั่วร่างกาย

3.2.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocyte) สร้างโดยม้ามและไขกระดูก มีนิวเคลียสและมีขนาดใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดง มีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะทำหน้าที่แตกต่างกัน บางชนิดจับและทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย โดยยื่นผนังเซลล์มาล้อมเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมและย่อยทำลาย บางชนิดสร้างแอนติบอดี ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย

3.3 เกล็ดเลือด (Platelets) เป็นชิ้นส่วนของเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นเล็ก ๆ ปนอยู่ในน้ำเลือด ไม่มีนิวเคลียส มีอายุประมาณ 10 วัน มีหน้าที่ช่วยให้เลือดแข็งตัวเมื่อเกิดบาดแผลเล็ก ๆ เกล็ดเลือดจะทำให้เกิดเส้นใย (Fibrin) ปกคลุมบาดแผล ทำให้เลือดหยุดไหล ป้องกันไม่ให้ร่างกายเสียเลือดมากเกินไป

ยุพา วรยศ และคณะ (2554 : 19) ได้อธิบายการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ ไว้ดังนี้

การไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ เริ่มจากเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายซึ่งเป็นเลือดดำหรือเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไหลกลับเข้าสู่หัวใจทางห้องบนขวา (Right Atrium) เมื่อหัวใจบีบตัว เลือดจะไหลจากห้องบนขวาผ่านลิ้นหัวใจลงสู่ห้องล่างขวา (Right Ventricle) และเมื่อห้องล่างขวาบีบตัว เลือดจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดไปยังปอด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สจากเลือดดำหรือเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ให้เป็นเลือดแดงหรือเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูง แล้วไหลกลับสู่หัวใจทางห้องบนซ้าย (Left Atrium) เมื่อห้องบนซ้ายบีบตัว เลือดจะไหลผ่านลิ้นหัวใจลงสู่ห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) เมื่อห้องล่างซ้ายบีบตัวเลือดจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดแดงไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เปลี่ยนเป็นเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไหลกลับสู่หัวใจเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะ (2554 : 31) กล่าวถึงความดันเลือดว่า ขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวเพื่อสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดความดันเลือดภายในหลอดเลือดแดง ดังนี้ ความดันของหลอดเลือดแดงที่อยู่ใกล้หัวใจจะมีความดันสูงกว่าหลอดเลือดแดงที่อยู่ไกลหัวใจ ส่วนในหลอดเลือดดำจะมีความดันต่ำกว่าหลอดเลือดแดงเสมอ ความดันเลือดมีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHg) เป็นค่าตัวเลข 2 ค่า คือ ค่าความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวและค่าความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัว เช่น 110/70 มิลลิเมตรของปรอท ตัวเลขค่าแรก 110 คือค่าของความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว เรียกว่า ความดันซิสโทลิก ตัวเลขหลัง 70 คือค่าของความดันเลือดต่ำสุดที่หัวใจคลายตัว เรียกว่า ความดันไดแอสโทลิก

ปกติความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวให้เลือดออกจากหัวใจมีค่า 100 + อายุ และความดันเลือดขณะที่หัวใจรับเลือดไม่ควรเกิน 90 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเกินจะเป็นโรคความดันเลือดสูง ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น หลอดเลือดตีบตัน คอเลสเตอรอลในเลือดสูง โกรธง่ายหรือเครียดอยู่เป็นประจำ พบมากในผู้สูงอายุหรือผู้มีจิตใจอยู่ในสภาวะเครียด นอกจากนี้ยังเกิดจากอารมณ์โกรธ ทำให้ร่างกายผลิตสารชนิดหนึ่งออกมา ซึ่งสารนี้จะมีผลต่อการบีบตัวของหัวใจโดยตรง

ชีพจร หมายถึง การหดตัวและการคลายตัวของหลอดเลือดแดง ซึ่งตรงกับจังหวะการเต้นของหัวใจคนปกติหัวใจเต้นเฉลี่ยประมาณ 72 ครั้งต่อนาที การเต้นของชีพจรแต่ละคนจะแตกต่าง

กัน ปกติอัตราการเต้นของชีพจรในเพศชายจะสูงกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอายุและกิจกรรมที่ทำอีกด้วย

สรุปได้ว่า ระบบหมุนเวียนเลือดเป็นระบบที่เลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารไปยังเซลล์ และกำจัดสารที่เซลล์ไม่ต้องการออกจากร่างกาย ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรเปิด โดยระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ หัวใจ หลอดเลือด และเลือด

ระบบหายใจ

มีผู้กล่าวถึงระบบหายใจของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 33) กล่าวว่า การหายใจ (Respiration) เป็นการนำอากาศเข้าและออกจากร่างกาย ส่งผลให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารอาหารได้พลังงาน น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการหายใจเกิดขึ้นกับทุกเซลล์ตลอดเวลา การหายใจจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้าง 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อกะบังลม และกระดูกซี่โครง

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 37) ได้กล่าวถึงอาการที่เกี่ยวข้องกับการหายใจมีดังนี้

1. การจาม เกิดจากการหายใจเอาอากาศที่ไม่สะอาดเข้าไปในร่างกาย ร่างกายจึงพยายามขับสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้นออกมานอกร่างกาย โดยการหายใจเข้าลึกแล้วหายใจออกทันที
2. การหาว เกิดจากการที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ในเลือดมากเกินไป จึงต้องขับออกจากร่างกาย โดยการหายใจเข้ายาวและลึก เพื่อรับแก๊สออกซิเจนเข้าปอดและแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเลือด
3. การสะอึก เกิดจากกะบังลมหดตัวเป็นจังหวะ ๆ ขณะหดตัวอากาศจะถูกดันผ่านลงสู่ปอดทันที ทำให้สายเสียงสั่น เกิดเสียงขึ้น
4. การไอ เป็นการหายใจอย่างรุนแรงเพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปในกล่องเสียงและหลอดลม ร่างกายจะส่งให้มีการหายใจเข้ายาวและหายใจออกอย่างแรง

ยุพา วรยศ และคณะ (2554 : 19-20) กล่าวว่า ระบบหายใจของมนุษย์มีสิ่งที่ควรศึกษามีดังนี้

1. อวัยวะที่ช่วยใจการหายใจ อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจของคน เริ่มต้นที่ปากและจมูกไปสู่หลอดลม ซึ่งเป็นท่อกลวงมีกระดูกอ่อนเป็นวงแหวนแทรกอยู่ ช่วยให้หลอดลมไม่ยุบหรือแฟบ เป็นการป้องกันอันตรายให้แก่หลอดลม ปลายของหลอดลมแตกเป็น 2 แขนง เรียกว่า แขนงปอด เมื่อเข้าไปภายในปอดจะแตกแขนงเล็ก ๆ มากมายเรียกว่า หลอดลมฝอย ปลายหลอดลมฝอยจะมีถุงเล็ก ๆ เรียกว่า ถุงลม ซึ่งจะมีหลอดเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยง

2. การผ่านเข้าออกของอากาศโดยการหายใจ เป็นการรับอากาศจากภายนอกผ่านปอดหรือจมูกลงสู่ปอด และปล่อยอากาศจากปอดกลับออกสู่ภายนอกร่างกาย เป็นการทำงานร่วมกันของกระดูกซี่โครงและกะบังลม ดังนี้

2.1 การหายใจเข้า กระดูกซี่โครงเลื่อนสูงขึ้น กะบังลมเลื่อนต่ำลง ทำให้ปริมาตรของช่องอกมีมากขึ้น (ช่องอกขยายตัว) ความดันอากาศลดต่ำลง อากาศภายนอกผ่านเข้าสู่ปอดเป็นจังหวะการหายใจเข้า

2.2 การหายใจออก กระดูกซี่โครงเลื่อนต่ำลง กะบังลมเลื่อนสูงขึ้น ทำให้ปริมาตรของช่องอกน้อยลง (ช่องอกหดตัว) ความดันอากาศในช่องอกสูงขึ้น ทำให้อากาศออกจากปอดสู่ภายนอกเป็นจังหวะการหายใจออก

3. การหายใจระดับเซลล์ การหายใจระดับเซลล์ คือ กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สสู่เซลล์ เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารอาหารและออกซิเจนพร้อมทั้งปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานออกมา

3.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สที่ถุงลม เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดจะไปอยู่ในถุงลม ซึ่งปอดแต่ละข้างจะมีถุงลมประมาณ 150 ล้านถุง แต่ละถุงมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร โดยถุงลมแต่ละอันจะมีหลอดเลือดฝอยมาห่อหุ้ม และเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไนโตรเจน และไอน้ำ ผ่านเข้าและออกจากถุงลมโดยผ่านเยื่อบาง ๆ ของถุงลม

เลือดจากหัวใจมาสู่ปอด เป็นเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ คาร์บอนไปออกไซด์สูง เมื่อมาสู่ถุงลมจะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยออกซิเจนในถุงลมจะแพร่เข้าสู่เลือด ขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดจะแพร่เข้าสู่ถุงลม แล้วขับออกทางลมหายใจออก

3.2 การแลกเปลี่ยนแก๊สที่เซลล์ เลือดจะพาแก๊สออกซิเจนและสารอาหารไปสู่เซลล์ทั่วร่างกาย เมื่อแก๊สออกซิเจนและสารอาหารเข้าสู่เซลล์จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างแก๊สออกซิเจนและสารอาหาร ซึ่งได้พลังงานออกมา กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการหายใจ ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ นอกจากนี้แล้วยังได้น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียที่แพร่เข้าสู่เลือด เลือดจะพาของเสียเหล่านี้ไปสู่ถุงลมในปอด เพื่อขับถ่ายออกมาทางลมหายใจออกต่อไป

สรุปได้ว่า กระบวนการหายใจเกิดขึ้นกับทุกเซลล์ตลอดเวลา เป็นการนำอากาศผ่านเข้าและออกจากร่างกาย การหายใจอาศัยโครงสร้าง 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อกะบังลม และกระดูกซี่โครง กระบวนการหายใจเกิดขึ้นเมื่อแก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารอาหารได้ พลังงาน น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจของมนุษย์ จะเริ่มต้นที่ ปาก และจมูกไปสู่หลอดลม

ระบบกำจัดของเสีย

มีผู้กล่าวถึงระบบกำจัดของเสียของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 37) กล่าวว่า

ของเสีย หมายถึง สารที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ยูเรีย นอกจากนี้สารที่มีประโยชน์แต่มีปริมาณมากเกินไปร่างกายก็จะกำจัดออก

เมแทบอลึซึม (Metabolism) หมายถึง กระบวนการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต

ยุพา วรยศ และคณะ (2554 : 24-25) กล่าวถึงระบบกำจัดของเสียของมนุษย์ไว้ดังนี้

1. การกำจัดของเสียทางไต

ไต เป็นอวัยวะหลักในการขับถ่ายของเสีย ลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วอยู่ค่อนไปทางด้านหลังของช่องท้องสองข้างของกระดูกสันหลัง ทำหน้าที่กรองของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการ และรักษาสมดุลของน้ำ แร่ธาตุ และสารบางชนิดอีกด้วย

การทำงานของไต ภายในไตประกอบด้วยหน่วยไต (Nephron) จำนวนมาก ทำหน้าที่กรองเลือด เลือดที่มีออกซิเจนสูงเข้าไตทางหลอดเลือดอาร์เทอรี (Renal Artery) สารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น น้ำ กลูโคส เป็นต้น จะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดฝอย ลำเลียงไปกับเลือดกลับเข้าสู่หัวใจทางหลอดเลือดเวน (Renal Vein) ส่วนของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการ จะสลายเป็นน้ำปัสสาวะ และลำเลียงไปยังกระเพาะปัสสาวะเพื่อรอขับออกนอกร่างกาย

ตามปกติกระเพาะปัสสาวะสามารถรองรับน้ำปัสสาวะได้ประมาณ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อกระเพาะปัสสาวะเต็มจะเริ่มรู้สึกปวดท้องน้อยแสดงให้ทราบว่าต้องการถ่ายปัสสาวะออก โดยเฉลี่ยใน 1 วัน เราสามารถถ่ายปัสสาวะได้ถึง 1,000-1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในร่างกาย แต่บางครั้งเราก็สามารถถ่ายปัสสาวะได้ก่อนที่จะรู้สึกปวดท้องน้อย

2. การกำจัดของเสียทางผิวหนัง

ของเสียที่ถูกขับออกทางผิวหนังจะอยู่ในรูปของเหลวที่เรียกว่า เหงื่อ (Sweat) ซึ่งเหงื่อจะถูกขับออกตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ใต้รักแร้ และแผ่นหลัง เป็นต้น แต่ละวันร่างกายจะสูญเสียน้ำในรูปของเหงื่อประมาณ 500-1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรและยิ่งในวันที่อากาศร้อนหรือออกกำลังกายใหม่ ๆ อาจมีเหงื่อออกได้มากถึง 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ถ้านักเรียนลองชิมเหงื่อจะรู้สึกเค็ม เพราะเหงื่อประกอบด้วยน้ำและเกลือแร่ เมื่อเหงื่อระเหยเอาน้ำออกไปจะเหลือเกลือเกาะตามผิวหนัง จึงทำให้เรารู้สึกเหนียวตัว

3. การกำจัดของเสียทางลำไส้ใหญ่

ลำไส้ใหญ่แบ่งออกเป็นลำไส้ใหญ่ส่วนขึ้น ลำไส้ใหญ่ส่วนขวาง ลำไส้ใหญ่ส่วนลง ลำไส้ใหญ่ส่วนตรง และทวารหนัก

อาหารแต่ละมื้อที่รับประทานเข้าไปจะผ่านกระบวนการย่อยที่กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก แล้วจึงถูกส่งต่อมาสะสมยังลำไส้ใหญ่ในรูปของกากอาหาร กระบวนการทั้งหมดนี้จะใช้เวลาประมาณ 22 - 23 ชั่วโมง ซึ่งตลอดระยะเวลาการเคลื่อนที่ผ่านของอาหารนั้น จะมีการดูดซึมน้ำและสารอาหารกลับคืนสู่ร่างกาย โดยการดูดซึมจะเกิดที่ลำไส้ใหญ่มากที่สุดส่วนกากที่เหลือ คือ อุจจาระ (Faces) จะถูกขับออกทางทวารหนักต่อไป

4. การกำจัดของเสียทางปอด

ของเสียที่ถูกกำจัดออกจากร่างกายทางปอด ได้แก่ น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย

ขั้นตอนในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายทางปอด มีดังนี้

4.1 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่เกิดขึ้นแพร่ออกจากเซลล์เข้าสู่หลอดเลือด โดยจะละลายปนอยู่ในเลือด

4.2 เลือดที่มีของเสียละลายปนอยู่จะถูกลำเลียงส่งไปยังปอด โดยการลำเลียงผ่านหัวใจเพื่อส่งต่อไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด

4.3 เลือดที่มีของเสียละลายปนอยู่เมื่อไปถึงปอด ของเสียต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในเลือดจะแพร่ผ่านผนังของหลอดเลือดเข้าสู่ถุงลมของปอด แล้วลำเลียงไปตามหลอดลม เพื่อกำจัดออกจากร่างกายทางจมูกพร้อมกับลมหายใจออก ซึ่งส่วนใหญ่ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ

สรุปได้ว่า ระบบกำจัดของเสียเป็นระบบที่ร่างกายขับถ่ายของเสียออกไป ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย อวัยวะที่ทำหน้าที่กำจัดของเสีย คือ ไต ผิวหนัง ลำไส้ใหญ่ และปอด โดยไตกำจัดของเสียในรูปของน้ำปัสสาวะ ผิวหนังกำจัดของเสียในรูปของเหงื่อ ลำไส้ใหญ่กำจัดของเสียในรูปของอุจจาระ และปอดกำจัดของเสียในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ระบบประสาท

มีผู้กล่าวถึงระบบประสาทของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 42-46) กล่าวถึงระบบประสาทไว้ดังนี้

ระบบประสาท (Nervous System) คือ ระบบการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสัตว์ ทำให้สัตว์สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ รอบตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยรวบรวมข้อมูลเพื่อให้สามารถตอบสนองได้ สัตว์ชั้นต่ำบางชนิด เช่น ฟองน้ำไม่มีระบบประสาท สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบาง

ชนิดเริ่มมีระบบประสาท สัตว์ชั้นสูงขึ้นมาจะมีโครงสร้างของระบบประสาทซับซ้อนยิ่งขึ้น ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก

1. ระบบประสาทส่วนกลาง

ระบบประสาทส่วนกลาง (The Central Nervous System หรือ Somatic Nervous System) เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของร่างกาย ซึ่งทำงานพร้อมกันทั้งในด้านกลไกและทางเคมีภายใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งประกอบด้วยสมองและไขสันหลังโดยเส้นประสาทหลายล้านเส้นจากทั่วร่างกายจะส่งข้อมูลในรูปกระแสประสาทออกจากบริเวณศูนย์กลาง มีอวัยวะที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 สมอง (Brain) เป็นส่วนที่ใหญ่กว่าส่วนอื่น ๆ ของระบบประสาทส่วนกลาง ทำหน้าที่ควบคุมการทำกิจกรรมทั้งหมดของร่างกาย เป็นอวัยวะชนิดเดียวที่แสดงความสามารถด้านสติปัญญา การทำกิจกรรมหรือการแสดงออกต่าง ๆ สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังที่สำคัญแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.1.1 เซรีบรัมเฮมิสเฟียร์ (Cerebrum Hemisphere) คือ สมองส่วนหน้า ทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมที่ซับซ้อนเกี่ยวกับความรู้สึกและอารมณ์ ควบคุมความคิด ความจำ และความเฉลียวฉลาด เชื่อมโยงความรู้สึกต่าง ๆ เช่น การได้ยิน การมองเห็น การรับกลิ่น การรับรส การรับสัมผัส

1.1.2 เมดัลลา ออบลองกาตา (Medulla Oblongata) คือ ส่วนที่อยู่ติดกับไขสันหลัง ควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การหายใจ การเต้นของหัวใจ การไอ การจาม การกะพริบตา ความดันเลือด

1.1.3 เซรีเบลลัม (Cerebellum) คือ สมองส่วนท้าย เป็นส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและการทรงตัว ช่วยให้เคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ เช่น การเดิน การวิ่ง การขี่จักรยาน

1.2 ไขสันหลัง (Spinal Cord) เป็นเนื้อเยื่อประสาทที่ทอดยาวจากสมองไปภายในโพรงกระดูกสันหลัง กระแสประสาทจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะผ่านไขสันหลัง มีทั้งกระแสประสาทเข้าและกระแสประสาทออกจากสมอง และกระแสประสาทที่ติดต่อกับไขสันหลังโดยตรง

1.3 เซลล์ประสาท (Neuron) เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของระบบประสาท เซลล์ประสาทมีเยื่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึมและนิวเคลียสเหมือนเซลล์อื่น ๆ แต่มีรูปร่างและลักษณะแตกต่างออกไป เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์และเส้นใยประสาทที่มี 2 แบบ คือ เดนไดรต์ (Dendrite) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์และแอกซอน (Axon) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ไปยังเซลล์ประสาทอื่น ๆ เซลล์ประสาทจำแนกตามหน้าที่การทำงานได้ 3 ชนิด คือ

1.3.1 เซลล์ประสาทรับความรู้สึก รับความรู้สึกจากอวัยวะรับสัมผัส เช่น จมูก ตา หู ผิวหนัง ส่งกระแสประสาทผ่านเซลล์ประสาทประสานงาน

1.3.2 เซลล์ประสาทประสานงาน เป็นตัวเชื่อมโยงกระแสประสาทระหว่างเซลล์รับความรู้สึกกับสมอง ไขสันหลัง และเซลล์ประสาทสั่งการ พบในสมองและไขสันหลังเท่านั้น

1.3.3 เซลล์ประสาทสั่งการ รับคำสั่งจากสมองหรือไขสันหลัง เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ

การทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง

สิ่งเร้าหรือการกระตุ้นจัดเป็นข้อมูลที่เส้นประสาทนำไปยังประสาทส่วนกลางเรียกว่ากระแสประสาท เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่นำไปสู่เซลล์ประสาททางด้านเดนไดรต์ และเดินทางออกอย่างรวดเร็วทางด้านแอกซอน แอกซอนส่วนใหญ่มีแผ่นไขมันหุ้มไว้เป็นช่วง ๆ แผ่นไขมันนี้ทำหน้าที่เป็นฉนวนและทำให้กระแสประสาทเดินทางได้เร็วขึ้น ถ้าแผ่นไขมันนี้ฉีกขาดอาจทำให้กระแสประสาทช้าลง ทำให้สูญเสียความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อ เนื่องจากรับคำสั่งจากระบบประสาทส่วนกลางได้ไม่ดี

2. ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous System) ทำหน้าที่รับและนำความรู้สึกเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมอง และไขสันหลัง จากนั้นนำกระแสประสาทสั่งการจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกและอวัยวะรับสัมผัส รวมทั้งเซลล์ประสาทที่อยู่นอกระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทรอบนอกจำแนกตามลักษณะการทำงานได้ 2 แบบ ดังนี้

2.1 ระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ เป็นระบบควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่บังคับได้รวมทั้งการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก

2.2 ระบบประสาทนอกอำนาจจิตใจ เป็นระบบประสาทที่ทำงานโดยอัตโนมัติ มีศูนย์กลางควบคุมอยู่ในสมองและไขสันหลัง ได้แก่ การเกิดรีเฟล็กซ์แอกชัน (Reflex Action) และเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นที่อวัยวะรับสัมผัส เช่น ผิวหนัง กระแสประสาทจะส่งไปยังไขสันหลัง และไขสันหลังจะสั่งการตอบสนองไปยังกล้ามเนื้อโดยไม่ผ่านไปที่สมอง

สรุปได้ว่า ระบบประสาทเป็นการทำงานของระบบในร่างกายเพื่อตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ระบบประสาทรอบนอกจำแนกได้เป็นระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ และระบบประสาทนอกอำนาจจิตใจ

ระบบสืบพันธุ์

มีผู้กล่าวถึงระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์ ไว้ดังนี้

ประดับ นาคแก้ว และดาวัลย์ เสริมบุญสุข (2554 : 50-52) กล่าวว่า มนุษย์มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และมีการปฏิสนธิภายในร่างกาย โดยที่เพศผู้จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ เรียกว่า เซลล์อสุจิ (Sperm Cell) ส่วนเพศเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย เรียกว่า เซลล์ไข่ (Egg Cell) เมื่อเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เข้าไปผสมกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในร่างกายจะเกิดการปฏิสนธิได้เป็นไซโกต (Zygote) เกิดการแบ่งเซลล์เป็นตัวอ่อน (Embryo) และเจริญเติบโตเป็นทารก วัยเด็ก และผู้ใหญ่ต่อไป

ระบบสืบพันธุ์เพศชาย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

1. อัณฑะ (Testis) เป็นอวัยวะที่สำคัญ มี 1 คู่ อยู่ภายในถุงอัณฑะ (Scrotum) ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเพศชายและเซลล์สืบพันธุ์

2. หลอดเก็บอสุจิ (Epididymis) อยู่ด้านหลังอัณฑะ ทำหน้าที่เก็บเซลล์อสุจิ

3. หลอดนำอสุจิ (Vas Deferens) มีลักษณะเป็นท่อ ซึ่งนำอสุจิผ่านออกภายนอกร่างกายในขณะมีการร่วมเพศ

4. ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal Vesicle) จะสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิที่มีสภาพเป็นเบสอ่อน ๆ ประกอบด้วยสารโปรตีนพวกโกลบูลินและน้ำตาลฟรักโตส

5. ต่อมลูกหมาก (Prostate Gland) ทำหน้าที่สร้างสารที่มีสภาพเป็นเบสเพื่อทำหน้าที่ทำลายฤทธิ์กรดในท่อปัสสาวะ

6. ต่อมคาวเปอร์ (Cowper's Gland) ทำหน้าที่สร้างสารเป็นเมือกหล่อลื่น ช่วยให้ตัวอสุจิเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

7. องคชาต (Penis) เป็นอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอกร่างกายเป็นทางผ่านของปัสสาวะและอสุจิ เนื้อเยื่อสามารถแข็งตัวได้เมื่อมีเลือดมาคั่งอยู่

ระบบสืบพันธุ์เพศชายจะมีอัณฑะ (Testis) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนเพศชายและสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งได้แก่ อสุจิ อสุจิที่ร่างกายผลิตขึ้นมาจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่หลอดเก็บอสุจิ ซึ่งอยู่ตอนบนของอัณฑะเพื่อให้เซลล์เจริญเติบโตเต็มที่ จากนั้นอสุจิจะถูกลำเลียงไปตามหลอดนำอสุจิในขณะที่ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิจะผลิตน้ำเลี้ยงอสุจิ มีลักษณะเป็นของเหลวและมีอาหารของเซลล์อสุจิ ต่อมลูกหมากจะหลั่งสารที่มีสภาพเป็นเบส เพื่อลดความเป็นกรดในทางเดินปัสสาวะและช่องคลอดของเพศหญิง ส่วนต่อมคาวเปอร์จะหลั่งสารที่เป็นเมือกหล่อลื่น เพื่อให้เซลล์อสุจิเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นเมื่อมีเพศสัมพันธ์อสุจิจะถูกขับออกมาทางท่อปัสสาวะและออกจากร่างกายบริเวณปลายองคชาต เคลื่อนที่เข้าสู่ร่างกายเพศหญิงทางช่องคลอด

โดยทั่วไปเพศชายจะเริ่มสร้างอสุจิเมื่ออายุประมาณ 12-13 ปี และจะสร้างไปตลอดชีวิต ซึ่งเซลล์อสุจิประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนหาง

ส่วนหัว เป็นส่วนที่มีนิวเคลียสอยู่ปลายสุด ด้านหน้าของส่วนนี้มีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ไข่ เพื่อเจาะเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ ส่วนหางมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาว ส่วนแรกของหางจะมีไมโทคอนเดรียจำนวนมาก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานแก่อสุจิ ซึ่งส่วนหางเป็นโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของอสุจิ

ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

1. รังไข่ (Ovary) มี 2 ข้าง อยู่คนละข้างของมดลูก มีขนาดเท่ากับหัวแม่มือ ลักษณะคล้ายเม็ดมะม่วงหิมพานต์ มีน้ำหนักประมาณ 2-3 กรัม รังไข่มีหน้าที่ ดังนี้

1.1 สร้างไข่ (Ovule) ไข่ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจะสุกและตกออกมาประมาณกึ่งกลางของรอบเดือน เรียกว่า การตกไข่ การตกไข่เกิดขึ้นได้ทุกเดือน เดือนละ 1 เซลล์ โดยสลับกันระหว่างรังไข่ด้านขวากับรังไข่ด้านซ้าย ไข่ที่ตกออกมาจากรังไข่จะมีชีวิตอยู่ประมาณ 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง ไข่จะมีจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่ง (23 เส้น) ของเซลล์ร่างกาย

1.2 สร้างฮอร์โมนเพศหญิง ได้แก่

1.2.1 อีสโทรเจน (Estrogen) เป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการพัฒนาของมดลูก ช่องคลอด ต่อมน้ำนม และลักษณะของเพศหญิงอื่น ๆ เช่น เสียงแหลมเล็ก ตะโพกผาย

1.2.2 โพรเจสเทอโรน (Progesterone) เป็นฮอร์โมนที่ทำงานร่วมกับเอสโทรเจนเกี่ยวกับการเจริญของมดลูก และการเปลี่ยนแปลงของเยื่อบุมดลูกเพื่อเตรียมรับไข่ที่ผสมแล้ว

2. ปีกมดลูกหรือท่อนำไข่ (Oviduct) เป็นทางเดินของไข่มายังมดลูก ท่อนำไข่มีขนาดปกติเท่ากับเข็มถักไหมพรม ยาวประมาณ 6-7 เซนติเมตร

3. มดลูก (Uterus) เป็นที่ฝังตัวของไข่หลังการปฏิสนธิแล้วเรียกว่า เอ็มบริโอ และเจริญเติบโตเป็นทารกต่อไป มดลูกมีรูปร่างคล้ายผลชมพู่ ยาวประมาณ 6-8 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4 เซนติเมตร และมีผนังหนาประมาณ 2 เซนติเมตร

4. ช่องคลอด เป็นทางเดินให้ตัวอสุจิเข้าสู่มดลูกและปีกมดลูก หรือให้ทารกคลอดออกมา และเป็นช่องที่ประจำเดือนออกสู่ภายนอกร่างกาย

ประจำเดือน คือ เนื้อเยื่อผนังมดลูกด้านใน และหลอดเลือดที่สลายตัวไหลออกมาทางช่องคลอดประจำเดือนจะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ไข่ไม่ได้รับการผสมกับเซลล์อสุจิ เพศหญิงจะมีประจำเดือนตั้งแต่อายุประมาณ 12 ปีขึ้นไป ซึ่งจะมีรอบของการมีประจำเดือนทุก 21-35 วัน เฉลี่ยประมาณ 28 วัน จนอายุประมาณ 50 ปี จึงจะหมดประจำเดือน

ผู้หญิงจะมีช่วยระยะเวลาการมีประจำเดือนประมาณ 3-6 วัน ซึ่งจะเสียเลือดทางประจำเดือนแต่ละเดือนประมาณ 60-90 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้น ผู้หญิงจึงควรรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กและโปรตีน เพื่อสร้างเลือดชดเชยส่วนที่เสียไป

การตั้งครรภ์

ยุพา วรยศ และคณะ (2554 : 33) กล่าวถึงการตั้งครรภ์ว่า เมื่อมีการหลั่งน้ำอสุจิเข้าไปในช่องคลอดของเพศหญิง จะมีอสุจิเพียง 1 ตัวเท่านั้น (จากจำนวนหลายล้านตัว) ที่มีโอกาสเข้าผสมกับเซลล์ไข่ เซลล์อสุจิจะปล่อยนิวเคลียสเข้าไปผสมกับนิวเคลียสของเซลล์ไข่ เรียกว่า การปฏิสนธิ (Fertilization) ซึ่งเซลล์ไข่ที่ถูกผสมแล้ว เรียกว่า ไซโกต (Zygote)

ภายหลังการปฏิสนธิประมาณ 30-37 ชั่วโมง ไซโกตจะเริ่มแบ่งตัวจาก 1 เซลล์ เป็น 2 เซลล์ จาก 2 เซลล์ เป็น 4 เซลล์ และแบ่งตัวต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้กลุ่มเซลล์ จากนั้นจะเคลื่อนตัวมาตามท่อนำไข่ไปฝังตัวที่ผนังมดลูก เรียกว่า เอ็มบริโอ (Embryo)

หลังจากตัวอ่อนฝังตัวที่ผนังมดลูก ร่างกายของแม่จะสร้างเยื่อบาง ๆ ขึ้น เรียกว่า ถุงน้ำคร่ำ ห่อหุ้มทารกไว้ ซึ่งภายในมีของเหลวไว้ป้องกันการกระทบกระเทือน ตัวอ่อนจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดที่โตขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีอายุประมาณ 38 สัปดาห์ จึงจะคลอดออกมาเป็นทารก

สรุปได้ว่า การสืบพันธุ์ของมนุษย์เกิดจากการปฏิสนธิ โดยเซลล์สืบพันธุ์เพศชาย คือ เซลล์อสุจิ ส่วนเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิง คือ เซลล์ไข่ ซึ่งหลังจากปฏิสนธิแล้วจะได้ไซโกต

กล่าวโดยสรุป ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ที่ทำงานประสานกันเป็นระบบอวัยวะ หากจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์แล้ว จะเห็นได้ว่าทุกระบบมีความสัมพันธ์กัน ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ตั้งแต่ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบกำจัดของเสีย ระบบประสาท และระบบสืบพันธุ์ ซึ่งในแต่ละระบบจะมีอวัยวะที่เป็นองค์ประกอบทำงานสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง

ประสิทธิภาพ

ความหมายของประสิทธิภาพ

มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของประสิทธิภาพไว้ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545 : 494) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน หนังสือส่งเสริมรักการอ่าน หรือแบบฝึกทักษะอยู่หลายประการ ดังนี้คือ