องค์ประกอบของร่างกายมนุษย์

ธาตุ

หากพิจารณาองค์ประกอบที่สำคัญของร่างกายมนุษย์จะพบว่าร่างกายประกอบด้วยธาตุที่เป็นเกลือแร่ น้ำและ สารชีวโมเลกุล ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญร่างกายมนุษย์โดยน้ำหนักตัวประกอบด้วยธาตุที่เป็นเกลือแร่ร้อย ละ 5 น้ำร้อยละ 60 และสารชีวโมเลกุลร้อยละ 35 ร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยธาตุทางเคมีหลายชนิด ปัจจุบันนัก วิทยาศาสตร์ค้นพบว่า ในโลกนี้มีธาตุอยู่ทั้งหมด 115 ธาตุ เป็นธาตุที่นักวิทยาศาสตร์สังเคราะห์ขึ้นประมาณ 20 ธาตุ ธาตุเหล่านี้มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ธาตุที่มีปริมาณมาก (Macroelement) มี 4 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน ออกซิเจน คาร์บอน และไนโตรเจน ธาตุที่มีปริมาณน้อย (Microelement) มี 7 ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ (กำมะถัน) โซเดียม คลอรีน และแมกนีเซียม และธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก (Trace Element) มี 13 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก ไอโอดีน ทองแดง สังกะสี แมงกานีส โคบอลต์ โครเมียม ซิลีเนียม โมลิบดีนัม ฟลูออรีน ดีบุก ซิลิกอน และวานาเดียม

ธาตุที่มีปริมาณมากจัดเป็นโครงสร้างหลักของร่างกาย เนื่องจากร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยน้ำเป็นส่วน มาก น้ำที่เป็นองค์ประกอบของเลือด น้ำเหลือง น้ำย่อย และปัสสาวะ โดยเซลล์ในร่างกายมีน้ำประมาณร้อยละ 65-9C ในประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 ส่วนและธาตุออกซิเจน 1 ส่วนธาตุออกซิเจนเป็นธาตุที่มีปริมาณมากที่สุดในร่างกาย คือ ร้อยละ 65 ของน้ำหนักร่างกายและธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารอินทรีย์ ประเภทโปรตีนและไขมัน ที่เป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย มีมากเป็นอันดับสองในร่างกายคือ ร้อยละ 18 ส่วนธาตุไฮโดรเจน และ ไนโตรเจน มีปริมาณร้อยละ 10 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของกระดูกในร่างกาย ในปริมาณร้อยละ 1.5 และมีธาตุฟอสฟอรัส ร้อยละ 1.0 อาจกล่าวได้ว่า เกือบร้อยละ 99 ของน้ำหนักร่างกายประกอบ มาณมาก ซึ่งมี 6 ชนิด ที่เหลืออีก ร้อยละ 1 เป็นธาตุที่มีปริมาณน้อย

ธาตุที่อยู่ในกลุ่มสารอาหารที่ร่างกายต้องการนั้น ร่างกายต้องการเพื่อให้ร่างกายมนุษย์เจริญเติบโตเต็มที่ อาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไปทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน จะให้พลังงานแก่มนุษย์ ทำให้มนุษย์สามารถเคลื่อนไหว ออกแรงทำกิจกรรมต่างๆ ได้ในชีวิตประจำวัน และใช้ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอในร่างกาย ธาตุที่อยู่ในกลุ่มสารอาหารที่ ร่างกายต้องการอาจมาจากอาหารที่มนุษย์รับประทาน หรืออยู่ในรูปอาหารเสริมวิตามินต่างๆ และเกลือแร่ ธาตุเหล่านี้จะซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอในร่างกาย ช่วยการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น โคบอลต์เป็นองค์ประกอบของวิตามินบี 12 ช่วยในการสร้างเม็ดเลือดแดง เหล็กเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ช่วยในการขนส่งแก๊สออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้ามาทางปอดส่งต่อไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ทองแดงช่วยในการสังเคราะห์ฮีโมโกลบินและช่วยในการหายใจของเซลล์ สังกะสีช่วยในการย่อยโปรตีน โครเมียมช่วยให้ร่างกายใช้น้ำตาลกลูโคสได้ ดังนั้นการขาดสารอาหารเหล่านี้ จะมีอาการแสดงมาจากระบบการทำงานที่ธาตุนั้นๆ เกี่ยวข้อง เช่น ขาดโคบอลต์และเหล็กจะทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ขาดโครเมียมจะทำให้สมรรถภาพการทำงานของอินซูลินลดลงเมื่ออายุมากขึ้น ขาดซีลีเนียมทำให้เป็นโรคหัวใจ เป็นต้น

อาหารต่างๆ ที่รับประทานในแต่ละวัน อาจมาจากผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น แมกนีเซียมพบได้ใน อาหารทะเล ธัญพืช ถั่ว ผัก โกโก้ โพแทสเซียมพบได้ในส้ม กล้วย ผลไม้แห้ง มันฝรั่ง โซเดียมพบได้ในเนื้อสัตว์ เกลือแก สังกะสีพบได้ในตับสัตว์ทะเลมีเปลือก เนื้อสัตว์ ธัญพืช ทองแดงพบได้ในตับ ไต ไข่แดง ธัญพืช โครเมียมพบได้ในตับ ใยอาหารจากพืชและสัตว์ ธาตุในกลุ่มธาตุที่มีปริมาณน้อยมากเกือบทุกตัว เป็นธาตุที่ทางเคมีจัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า โลหะหนัก และสามารถพบได้ในตับ ดังนั้น การรับประทานตับเป็นบางครั้งบางคราวจะทำให้ได้ธาตุเหล่านี้ ธาตุทุกธาตุที่พบในร่างกายล้วนมีความสำคัญต่อร่างกาย ธาตุในกลุ่มที่เป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการประมาณ 22 ธาตุ นั้น สามารถพบได้ในอาหารต่างๆ ดังได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้น การพิจารณาว่าควรจะรับประทานวิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ในอาหารเสริมเพื่อให้มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงนั้นอาจกล่าวได้ว่า เป็นการสิ้นเปลืองเงินทองโดยใช่เหตุ และอาจทำให้ร่างกายได้รับสารเคมีปนเปื้อนที่มาจากกระบวนการผลิตวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ นั้นสะสมอยู่ในร่างกาย ในกรณีของผู้มีร่างกายปกติ ไม่ได้มีอาการป่วยไข้ การรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ จัดว่า เป็นการเพียงพอแล้ว โดยควรรับประทานอาหารให้หลากหลาย ไม่ซ้ำเมนูเดิม ๆ จะช่วยให้ได้สารอาหารครบถ้วนยิ่งขึ้น นอกจากสารอาหารแล้ว การออกกำลังกายจัดเป็นปัจจัยสำคัญอีกอันหนึ่งที่จะทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ

ธาตุที่มีปริมาณมากและธาตุที่มีปริมาณน้อยเป็นองค์ประกอบโครงสร้าง และมีบทบาทในกระบวนการต่างๆ ของร่างกาย ส่วนธาตุที่มีปริมาณน้อยมากนี้แม้จะมีอยู่ปริมาณน้อยแต่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการทำหน้าที่ ตามปกติของร่างกาย หากขาดจะทำให้เกิดอาการผิดปกติได้ นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่ทำหน้าที่ร่วมกับสารอื่นเพื่อทำหน้าที่ของเอนไซม์ที่เรียกว่า โคแฟกเตอร์ (Co-Factor) ตัวอย่างธาตุที่ทำหน้าที่ในร่างกาย เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัสรวมตัวเป็นกระดูกที่เป็นโครงของร่างกายได้ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนรวมกันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารชีวโมเลกุลประเภทโปรตีนเหล็กเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินที่ใช้ในการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายช่วยในการทำหน้าที่ของระบบไหลเวียนโลหิต ใช้ในกระบวนการเปลี่ยนสารอาหารในร่างกาย โซเดียมและโพแทสเซียมช่วยการ ทำงานของระบบประสาท แคลเซียมช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อและการแข็งตัวของเลือด เป็นต้น

น้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบที่มากที่สุดในร่างกายมนุษย์ ซึ่งมีปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกาย (Total Body Water TBW) ประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักตัวในเพศชาย และร้อยละ 55 ของน้ำหนักตัวในเพศหญิงการที่ผู้หญิงมีปริมาณ น้ำน้อยกว่าในผู้ชายเนื่องจากผู้หญิงมีปริมาณไขมันมากกว่าในผู้ชาย ในคนอ้วนมีปริมาณน้ำในร่างกายน้อยกว่าคน ผอม เพราะในไขมันมีปริมาณน้ำอยู่เพียงร้อยละ 10 เท่านั้น

บทบาทของน้ำ ในร่างกายมนุษย์

1. น้ำเป็นตัวกลางนำพาสารอาหารไปให้เซลล์ และขับของเสียออกจากร่างกาย มีความสำคัญต่อร่างกาย มนุษย์เพราะเป็นส่วนที่มีสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ละลายอยู่ สารอาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไป จะสามารถทำ ละลายได้เมื่อมีน้ำเป็นตัวกลางและลำเลียงเข้าสู่ร่างกายโดยการดูดซึม เพื่อนำไปสร้างพลังงานให้กับเซลล์ภายในส่วนต่างๆ ของร่างกาย และยังทำหน้าที่ลำเลียงของเสียออกจากร่างกาย

2. น้ำมีผลต่อภูมิต้านทาน หากไม่มีการเติมน้ำให้ร่างกายอย่างเหมาะสมของเสียจะยิ่งตกค้างในร่างกาย การ สะสมของเสียในร่างกายอย่างต่อเนื่อง เป็นการเร่งให้เกิดกระบวนการแก่ชราเร็วขึ้น น้ำช่วยเพิ่มการขับถ่าย และมีผลการวิจัยพบว่า กระเพาะอาหารอักเสบ ลำไส้อักเสบ และอาการท้องอืด ท้องเฟ้อจะทุเลาลง ถ้าได้ดื่มน้ำมากขึ้น น้ำจะช่วยละลายสารพิษที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ออกมาพร้อมกับอุจจาระ ทำให้ริดสีดวงทวารทุเลาลง เนื่องจากเลือดมีองค์ประกอบเป็นน้ำถึง ร้อยละ 92 ดังนั้น จึงช่วยนำพาแอนติบอดี (Antibodies) หรือภูมิต้านทาน และสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ไปยังอวัยวะต่างๆ เพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอม แต่ถ้ามีการปนเปื้อน หรือมีคุณสมบัติเป็นกรดแอนติบอดีจะไม่สามารถต่อสู้กับเชื้อโรค สารพิษ หรือสิ่งแปลกปลอมได้ อาจทำให้เกิดโรค รวมทั้งความแก่ชรา จะเริ่มปรากฏให้เห็นก่อนวัยอันควรได้

3. น้ำควบคุมสมดุลของของเหลวในร่างกาย ร่างกายสูญเสียน้ำจะส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของของเหลว ในร่างกาย ความเครียดทางจิตใจ การรับประทานยามากเกินไป การรับประทานอาหารสำเร็จรูป การรับประทานอาหาร มากเกินไปยิ่งทำให้ร่างกายต้องการน้ำมากยิ่งขึ้น และน้ำรักษาอุณหภูมิของร่างกายเป็นตัวกลางสำหรับปฏิกิริยากรด เบสในร่างกาย มีความสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสารชีวโมเลกุลต่างๆ ในร่างกาย

4. น้ำช่วยการทำงานของระบบหายใจ ร่างกายต้องใช้น้ำเพื่อการหายใจ เมื่อมนุษย์หายใจเอาออกซิเจนเข้าไปในปอด และขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากปอด ต้องมีน้ำเพื่อช่วยให้ความชุ่มชื้น

5. น้ำช่วยการทำงานของไต ถ้ามีน้ำผ่านไตไม่พอเพียงของเสียซึ่งละลายได้ในน้ำ เช่น กรดยูริก (Uric Acid) ยูเรีย (Urea) กรดแลกติก (Lactic Acid) เป็นต้น จะไม่ถูกขับออกมา ทำให้ไตทำงานหนัก อาจเกิดไตวายได้ น้ำยังช่วยป้องกันการอักเสบของกระเพาะปัสสาวะได้อีกด้วย

6. น้ำช่วยการทำงานของข้อต่อต่างๆ ข้อต่อ เช่น ข้อต่อกระดูกไขสันหลัง เป็นต้น ถ้ามีน้ำไม่พอเพียงข้อต่อ จะขยับได้ยาก ถ้าน้ำหล่อเลี้ยงข้อต่อพอเพียง ข้อต่อจะเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวกทำให้การเสียดสีกันมีน้อยมากและ อันตรายจากการถลอก (Abrasive Damage) ตรงกระดูกอ่อนจะไม่เกิด จึงลดอาการปวดข้อ

7. น้ำช่วยการทำงานของระบบประสาท น้ำเป็นส่วนประกอบของสมองในปริมาณมากรองจากเลือด เนื้อสมองมีน้ำมากถึง ร้อยละ 85 การขาดน้ำจะทำให้ความสามารถทางสมองลดลง ความคิดอ่อนล้า และเกิดอาการ เครียดทางจิตใจตามมา

8. น้ำช่วยการทำงานของระบบย่อยอาหาร การย่อยอาหารต้องการน้ำ เพราะน้ำและเอนไซม์จะทำงานได้ดี ถ้าน้ำพอเพียง น้ำจะช่วยให้อาหารมีการคลุกเคล้าและถูกย่อยได้ดีขึ้นและสามารถซึมผ่านเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายอีกด้วย สารอาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไป จะละลายได้ เมื่อมีน้ำเป็นตัวกลาง และถูกลำเลียงด้วยน้ำโดยการดูดซึม เพื่อนำ ไปสร้างพลังงานให้กับเซลล์ภายในส่วนต่างๆ ของร่างกาย น้ำจึงทำหน้าที่ลำเลียงของเสียซึ่งถูกกำจัดออกจากร่างกาย

9. น้ำช่วยให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงสารในร่างกาย น้ำเป็นตัวกลางในทุกปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย และยังเป็นตัวทำละลายที่ดี จึงสามารถพาสารอาหาร ฮอร์โมน ออกซิเจน ฯลฯ ไปยังเซลล์ต่างๆ ผ่านทางเลือด และน้ำเหลือง ถ้าขาดน้ำ การเผาผลาญอาหารเพื่อเกิดพลังงานย่อมทำไม่ได้

10. น้ำช่วยสร้างสุขภาพที่ดี และชะลอความเหี่ยวย่นของผิวหนัง ร่างกายประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ ถ้าร่างกายขาดน้ำ จะมีอาการอ่อนเพลีย รู้สึกไม่สบาย เพราะปฏิกิริยาเคมีในร่างกายเสียสมดุล เกิดอาการผิดปกติ หากขาดเรื้อรัง จะทำให้ผิวหนังแห้งเหี่ยวย่น ความต้านทานโรคต่ำ แก่เร็ว

ส่วนประกอบของน้ำในร่างกาย

ปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายแบ่งออกเป็นน้ำที่เป็นของเหลวในเซลล์ (Intracellular Fluid, ICF) ประมาณ ร้อยละ 67 และน้ำที่เป็นของเหลวนอกเซลล์ (Extracellular Fluid; ECF) ประมาณร้อยละ 33

น้ำในเซลล์ หมายถึง น้ำที่อยู่ภายในเยื่อเซลล์ และน้ำที่ประกอบเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมในเซลล์ ส่วนน้ำนอกเซลล์ หมายถึง น้ำที่อยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ และน้ำที่ประกอบเป็นตัวกลางในการการเกิดปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมนอกเซลล์เช่นเดียวกัน น้ำในเซลล์และนอกเซลล์แยกจากกันโดยเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นเยื่อถึงซึมผ่าน (Semi-Permeable Membrane) ที่ยอมให้สารบางชนิดซึมผ่านได้เท่านั้น

น้ำนอกเซลล์แบ่งออกเป็นน้ำผ่านเซลล์ (Transcellular Water) น้ำในหลอดเลือด (Plasma Water) และน้ำในของเหลวระหว่างเซลล์ (Interstitial Fluid, ISP) น้ำผ่านเซลล์ หมายถึง น้ำที่อยู่นอกเซลล์ ซึ่งล้อมรอบเยื่อบุผิว (Epithelial Membrane) ซึ่งเป็นของเหลวในช่องลูกตา (Aqueous Humor) และของเหลวในสมองและไขสันหลัง (Cerebrospinal Fluid CSF) น้ำในต่อมเหงื่อ (Sweat Fluid) น้ำในระบบทางเดินอาหาร (Gastro-Intestinal Fluid) น้ำในระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Fluid) และน้ำในระบบสืบพันธุ์และปัสสาวะ (Genito-Urinary Fluid) น้ำในหลอดเลือด หมายถึง น้ำที่อยู่ในน้ำเลือดหรือที่เรียกว่า พลาสมา (Plasma) ที่ประกอบด้วย ไอออนของธาตุแต่ไม่ รวมสารชีวโมเลกุลใหญ่ที่อยู่ในพลาสมา น้ำในของเหลวระหว่างเซลล์ หมายถึง น้ำที่อยู่นอกหลอดเลือด ซึ่งประกอบ ด้วยไอออนหรือประจุและสารชีวโมเลกุลขนาดเล็กที่จะแพร่มาจากพลาสมา น้ำที่ทำหน้าที่เป็นของเหลวที่ปกคลุมเซลล์ของร่างกาย หรือเป็นน้ำหล่อเลี้ยงเซลล์ที่รวมน้ำที่เป็นของเหลวหล่อลื่นในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ ในช่องปอด ในช่องท้อง และในข้อต่อ

น้ำสามารถแพร่จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งได้น้ำในเซลล์และน้ำในของเหลวระหว่างเซลล์มีเยื่อหุ้มเซลล์กันอยู่จะเข้าและออกจากเซลล์จึงขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Osmolarity) ของสารละลายทั้งสองน้ำในของเหลว ระหว่างเซลล์และน้ำในหลอดเลือดสามารถติดต่อกันได้โดยผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย ดังนั้นความเข้มข้นของสารที่ถูกละลาย (Solute) น้ำในหลอดเลือด และน้ำในของเหลวระหว่างเซลล์จึงไม่แตกต่างกันยกเว้น พลาสมาที่มีความเข้มข้นของโปรตีนสูงแต่น้ำในของเหลวระหว่างเซลล์ที่เกือบไม่มีโปรตีนอยู่เลย น้ำในหลอดเลือดไม่สามารถติดต่อกับน้ำ ในเซลล์โดยตรงยกเว้น เซลล์ต่างๆ ของระบบไหลเวียนโลหิต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเม็ดเลือดแดง

โดยสรุป น้ำทั้งหมดในร่างกายประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักตัวประกอบด้วยน้ำนอกเซลล์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักตัว ซึ่งแบ่งเป็นน้ำในหลอดเลือดร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัว น้ำในของเหลวระหว่างเซลล์ประมาณร้อยยละ 12-14 ของน้ำหนักตัว น้ำผ่านเซลล์มีประมาณร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักตัว และส่วนน้ำในเซลล์มีประมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักตัวในเด็กและทารกมีปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายประมาณร้อยละ 75-80 ของน้ำหนักตัวโดยมีอัตราส่วนของปริมาตรของน้ำนอกเซลล์ต่อน้ำในเซลล์สูงกว่าในผู้ใหญ่ แต่อัตราส่วนของน้ำทั้งหมดของร่างกายในน้ำเลือดจะเหมือนกัน

สมดุลของน้ำในร่างกาย

น้ำในร่างกายส่วนใหญ่ได้รับมาจากการดื่มน้ำประมาณเกินครึ่งหนึ่งของน้ำที่ร่างกายได้รับในแต่ละวัน และส่วนที่เหลือมาจากน้ำในอาหาร ส่วนน้อยมาจากน้ำที่เกิดจากกระบวนการทางเมแทบอลิซึมของสารชีวโมเลกุลโดย เฉพาะไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนรวมน้ำที่ร่างกายได้รับทั้งสิ้นประมาณ 2,500 มิลลิลิตร ร่างกายขับน้ำออกจาก ร่างกายประมาณ 2,500 มิลลิลิตรเช่นเดียวกัน โดยส่วนใหญ่ขับออกทางปัสสาวะและทางลมหายใจเท่าๆ กันและส่วน น้อยขับออกทางเหงื่อและทางสำไส้ในอุจจาระ

เมื่อน้ำสำคัญต่อชีวิต ควรดื่มน้ำให้จำนวนพอเพียงและดีที่สุดแก่ร่างกาย เพื่อให้โอกาสกับเซลล์ของร่างกาย มีพลังต่อต้านความเจ็บป่วย ความชรา อย่างน้อยวันละ 8 แก้ว แก้วละ 240 มิลลิลิตร) ถ้าอยู่ในสภาพที่ต้องเสียน้ำ มาก เช่น ผู้ที่ต้องเสียเหงื่อมาก ผู้ที่ท้องร่วง เป็นต้น ต้องเพิ่มปริมาณน้ำให้แก่ร่างกายด้วย

สารชีวโมเลกุล

เมื่อธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายมนุษย์มีการรวมตัวกัน โดยอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมารวม กันกลายเป็นโมเลกุลของธาตุนั้น หรืออะตอมของธาตุหนึ่งไปรวมอะตอมของอีกธาตุหนึ่งกลายเป็นโมเลกุล ซึ่งการรวม ตัวของอะตอมนี้เกิดโดยแรงยึดเหนี่ยวที่เรียกว่า พันธะเคมี (Chemical Bond) ของสารประกอบ เกิดเป็นสารประกอบ ที่สำคัญในร่างกายมนุษย์คือ สารชีวโมเลกุล (Biomolecule) ซึ่งประกอบด้วย โปรตีนประมาณร้อยละ 17 ลิพิดร้อยละ 15 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2 และกรดนิวคลีอิกร้อยละ 1

1. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) คือ สารอินทรีย์ที่จัดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของมนุษย์ เป็นตัวกลางใน การติดต่อสื่อสารระดับโมเลกุลระหว่างเซลล์ (Intercellular Communication) เป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงรูป ของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ โดยมีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ (CHO) และหมู่ไฮดรอกซิล (OH) หรือหมู่คาร์บอนิล (-CO) และหมู่ไฮดรอกซิล (OH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน คาร์โบไฮเดรตสามารถแบ่งตามโครงสร้างออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 โมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharides) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งมี 2 ประเภท ดังนี้

- น้ำตาลอัลโดส (Aldoses) เป็นน้ำตาลที่มีโครงสร้างเป็นสารอัลดีไฮด์ เช่น กลูโคส กาแลกโทส และไรโบส เป็นต้น
- น้ำตาลคีโตส (Ketoses) เป็นน้ำตาลที่มีโครงสร้างเป็นสารคีโตน เช่น ฟรุกโทส เป็นต้น

1.2 ไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharides) หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น แลกโทส มอลโทส ซูโครส เป็นต้น ซึ่งเกิดจาก การรวมตัวของโมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล โดยกำจัดน้ำออกไป 1 โมเลกุล เช่น ซูโครส เกิดจากกลูโคสรวมตัวกับฟรุกโทส มอลโทสเกิดจากกลูโคสรวมตัวกับกลูโคส แลกโทสเกิดจากกลูโคสรวมตัวกับกาแลกโทส

1.3 โพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) เช่น แป้ง เซลลูโลส ไกลโคเจนเกิดจากโมโนแซ็กคาไรด์หลายๆ โมเลกุลจำนวนมากมายต่อรวมกันเป็นโพลิเมอร์ โพลีแซ็กคาไรด์แบ่งตามแหล่งที่พบได้ดังนี้

- จากพืช เช่น แป้ง (Starch) เซลลูโลส (Cellulose) และอะไมโลส (Amylose) เป็นต้น
- จากสัตว์ เช่น ไกลโคเจน (Glycogen) เป็นต้น

สมบัติของคาร์โบไฮเดรต

1) โมโนแซ็กคาไรด์ มีสถานะเป็นของแข็ง ละลายน้ำ มีรสหวาน ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์เกิดตะกอนสีแดงอิฐ (Cu,O)

2) ไดแซ็กคาไรด์ มีสถานะเป็นของแข็ง ละลายน้ำ มีรสหวาน สามารถเกิดการไฮโดรไลซิสได้โมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล และทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์เกิดตะกอนสีแดงอิฐ (Cu,O) ยกเว้นซูโครส

3) โพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) มีสถานะเป็นของแข็ง ไม่ละลายน้ำ ไม่มีรสหวาน เกิดการไฮโดรไลซิสได้โมโนแซ็กคาไรด์ที่เป็นกลูโคสจำนวนมากมาย

การทดสอบคาร์โบไฮเดรต

1) โมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นสารอัลดีไฮด์เมื่อต้มกับ สารละลายเบเนดิกต์ ซึ่งสารละลายเบเนดิกต์ (Benedict Solution) เป็นสารละลายผสมมีสีน้ำเงินระหว่างคอปเปอร์ ซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมซิเตรต

2) โพลีแซ็กคาไรด์

แป้ง : เติมสารละลายไอโอดีนจะได้ตะกอนสีน้ำเงิน แต่ไม่ให้ตะกอนสีแดงกับสารละลายเบเนดิกต์

น้ำตาลโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้ง และสำลี (เซลลูโลส) เมื่อนำมาเติมสารละลายเบเนดิกต์ จะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าเติมกรดแล้วนำมาต้มจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งสามารถเกิดตะกอนสีแดงอิฐกับสารละลายเบเนดิกต์ได้

2. ลิพิด

ลิพิต (Lipid) เป็นสารชีวโมเลกุลที่มีโครงสร้างหลากหลาย เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของมนุษย์และเป็นองค์ ประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ บางชนิดใช้เป็นสารตั้งต้นของสารประกอบหลายชนิด ลิพิดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ ได้จากเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ เป็นสารที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีโมเลกุลประกอบด้วยพันธะโควาเลนต์ซึ่งไม่มี ขั้ว เช่น เบนซีนซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ไขมัน น้ำมัน แว็กซ์ (Wax) สเตียรอยด์ เป็นต้น

กรดไขมัน (Fatty Acid) เป็นกรดที่เกิดในธรรมชาติจากการไฮโดรไลซิสไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันที่พบโดย ทั่วไปจะมีจำนวนของคาร์บอนเป็นเลขคู่ ที่พบมากคือ 16 หรือ 18 อะตอม และจะต่อกันเป็นสายยาว ไม่ค่อยพบแตก กิ่งก้านสาขา และขดเป็นวงปิด กรดไขมัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1) กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acids) หมู่อัลคิลจะมีแต่พันธะเดี่ยว เช่น กรดไมรสติก กรด ปาลมิติก กรดสเตียริก เป็นต้น 2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acids) หมู่อัลคิลจะมีแต่พันธะคู่อยู่ได้ด้วย เช่น กรดปาลมิโตเลอิก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก เป็นต้น

สมบัติของกรดไขมัน

กรดไขมันส่วนมากมีจำนวน C อะตอม C 12 - C 18 ชนิดที่มีจำนวน C อะตอมน้อยกว่า 12 ได้แก่ กรดบิวทา โนอิกที่พบในเนยกรดไขมันไม่ละลายน้ำกรดไขมันจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอม ที่เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

ไขมันและน้ำมัน (Fat and Oil) คือ สารอินทรีย์ประเภทลิพิดชนิดหนึ่ง มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนเอสเทอร์จึงจัด เป็นสารประเภทเอสเทอร์ชนิดหนึ่งที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ พบทั้งในพืชและสัตว์

ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เกิดจากกรดอินทรียที่เรียกว่า กรดไขมันรวมกับแอลกอฮอล์ที่มี OH 3 หมู่ที่เรียกว่า กลีเซอรอล จะได้สารที่เรียกว่า กลีเซอไรด์ (Glyceride) หรือกลีเซอริลเอสเทอร์ (Glyceryl Ester)

ไขมันเป็นของแข็งที่มักพบในสัตว์ประกอบด้วย กรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น ไขวัว ไขควาย เป็นต้น ส่วนน้ำมันเป็นของเหลวที่มักพบในพืชประกอบด้วยกรด ไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมัน

อิ่มตัว เช่น น้ำมันมะกอก เป็นต้น ซึ่งไขมันมีจุดเดือดสูงกว่าน้ำมัน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่ละลาย น้ำ เช่น เบนซีน เป็นต้น ไขมันและน้ำมันเสียจะเกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งเกิดจากพันธะคู่ในกรดไขมัน ไขมันหรือน้ำมันที่ ไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ หรืออาจเกิดจากการไฮโดรไลซิสกับน้ำ โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้กรดไขมันโมเลกุลเล็กที่ระเหยง่าย มีกลิ่นเหม็นหืน การป้องกันทำโดยการเติมสารกันหืน (Antioxidant) เช่น วิตามินอี วิตามินซี สารบีเอชที (BHT) เป็นต้น

ปฏิกิริยาซาปอนนิฟเคชัน (Sponification) เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเบส เป็นปฏิกิริยา ที่เกิดจากไขมันและน้ำมันกับด่าง เกิดเกลือของกรดไขมัน (RCOO-Na+) ซึ่งคือ สบู่ กับกลีเซอรอล ดังนี้ การตรวจหาปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (C = C) ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Br, หรือ I, ได้เกิด ปฏิกิริยาการเติมตรงบริเวณ C กับ C ที่จับกันด้วยพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันและน้ำมันนั้นถ้าไขมันและ น้ำมันชนิดใดสามารถฟอกจางสีของสารละลาย มาก แสดงว่า ไขมันและน้ำมันนั้น ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก

3. โปรตีน

โปรตีน (Protien) มีบทบาทมากมาย และมีความสำคัญต่อการทำงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ของมนุษย์ซึ่งต้องใช้เอนไซม์ที่มีโครงสร้างหลักเป็นโปรตีน โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทสารอินทรีย์ที่ประกอบ ด้วยธาตุ CHON เป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนั้นยังมีธาตุอื่นๆ เช่น SP Fe Zn ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน โปรตีน เป็นสารพวกโพลิเมอร์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากมาย

กรดอะมิโน (Amino Acid) คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Group) และหมู่อะมิโน (Amino Group) เป็นหมู่ฟังก์ชันสูตรทั่วไป

ชนิดกรดอะมิโน

กรดอะมิโนที่พบเป็นองค์ประกอบของโปรตีนมี 20 ชนิด จำแนกตามความจำเป็นแก่ร่างกาย ดังนี้

1) กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย (Essential Amino Acid) ได้แก่ กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ผู้ใหญ่ต้องการกรดอะมิโนที่ จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลิวซีน (Leucine) ไลซีน (Lysine) เมไทโอนีน (Methionine) เฟนิลอะลานีน (Phenylalanine) ทรีโอนีน (Threonine) ทริปโทเฟน (Tryptophan) และวาลีน (Valine) ยกเว้น อาร์จินีน และฮีสทิดีน เด็กต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายเพิ่มอีก 2 ชนิด คือ อาร์จินีน (Arginine) และ ฮีสทิดีน (Histidine)

2) กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นแก่ร่างกาย (Nonessential Amino Acid) ได้แก่ กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ ขึ้นได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร คือ อาจสังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบ พวกไนโตรเจน หรือจากกรดอะมิโน ที่จำเป็นแก่ร่างกาย หรือจากไขมันหรือจาก

คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนพวกนี้ เช่น กรดกลูตามิก ไกลซีน ซีสทีน ไทโรซีน เป็นต้น จากการวิเคราะห์พบว่าโปรตีนในเซลล์ และเนื้อเยื่อของร่างกายมี กรดอะมิโนพวกนี้อยู่ร้อยละ 40

สมบัติของกรดอะมิโน

1) สถานะ ของแข็ง ไม่มีสี

2) การละลายน้ำ ละลายน้ำ เกิดพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาลส์

3) จุดหลอมเหลว สูง อยู่ระหว่าง 150 - 300 องศาเซลเซียส เพราะเกิดพันธะไฮโดรเจน 4) ความเป็นกรด-เบสที่มี 2 ประจุ (Amphoteric Substance)

การเกิดพันธะเปปไทด์ พันธะเปปไทด์ คือ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างคาร์บอนอะตอมในหมู่คาร์บอกซิล ของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งยึดกับไนโตรเจนอะตอม ในหมู่อะมิโน ของกรดอะมิโนอีกโมเลกุล หนึ่ง

สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 โมเลกุล เรียกว่า ไดเปปไทด์

สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 โมเลกุล เรียกว่า ไตรเปปไทด์

สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนตั้งแต่ 100 โมเลกุลขึ้นไป เราเรียกโพลีเปปไทด์นี้ว่า โปรตีน

สารสังเคราะห์บางชนิดเกิดพันธะเปปไทด์เหมือนกัน

สมบัติของโปรตีน

1) การละลายน้ำ ไม่ละลายน้ำ บางชนิดละลายน้ำได้เล็กน้อย

2) ขนาดโมเลกุล และมวลโมเลกุล ขนาดใหญ่มีมวลโมเลกุลมาก

3) สถานะ ของแข็ง

4) การเผาไหม้ เผาไหม้มีกลิ่นไหม้

5) ไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยน้ำ

6) การทำลายธรรมชาติ โปรตีนบางชนิดเมื่อได้รับความร้อน หรือเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หรือเติมตัวทำลายอินทรีย์บางชนิด จะทำให้เปลี่ยนโครงสร้างจับเป็นก้อนตกตะกอน

7) การทดสอบโปรตีน ใช้ทดสอบกับสารละลายไบยูเรต (เป็นสารละลายมีสีฟ้า) ซึ่งได้สารเชิงซ้อน กับโปรตีน และให้ละลายที่มีสี

หน้าที่ของโปรตีน

1) สร้างเนื้อเยื่อต่างๆ และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอในอวัยวะต่างๆ

2) เป็นส่วนประกอบของน้ำย่อย และฮอร์โมน

3) เป็นส่วนประกอบของสารเคมีที่สามารถต้านทานโรค

4) ให้พลังงานคือ โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงานประมาณ 4 แคลอรี ร่างกายสามารถใช้โปรตีนแทนคาร์โบไฮเดรตได้

4. กรดนิวคลีอิก

กรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) เป็นสารอินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการในการดำรงชีวิตของมนุษย์ แม้ว่า จะพบน้อยกว่าสารอินทรีย์อื่น เนื่องจากกรดนิวคลีอิกเป็นหน่วยพื้นฐานของสารพันธุกรรมของมนุษย์ ที่มี บทบาทในการเก็บรักษาและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม ใช้ในการแสดงออกถึงสมบัติของเซลล์ โดยเป็นแม่แบบของ การสังเคราะห์โปรตีนทุกชนิด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการต่างๆ ของมนุษย์ เป็น องค์ประกอบสำคัญของโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางของการแลกเปลี่ยนพลังงาน เป็นโคแฟกเตอร์ (Cofactor) หรือปัจจัยร่วมที่สำคัญต่อกระบวนการทางชีวเคมีในร่างกายมนุษย์หลายชนิด กรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่มี ขนาดใหญ่ที่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไปให้แสดงลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต กรดนิวคลีอิกมี 2 ชนิดคือ กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic Acid, DNA) และกรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic Acid, RNA) โมเลกุลของกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ได้แก่ 1) หมู่ฟอสเฟต 2) น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และ 3) เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

นิวคลีโอไทด์มีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิดแตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เป็นเบส DNA และ RNA มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบต่างกันใน DNA เป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose Sugar) ส่วนใน RNA เป็นน้ำตาลไรโบส (Ribose Sugar) เบสที่พบใน DNA และ RNA มีบางชนิดที่เหมือนกัน และบางชนิดต่างกัน

นอกจากนี้นิวคลีโอไทด์ยังเป็นสารให้พลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) เช่น ATP (Adenosine Triphosphate) ADP (Adenosine Diphosphate) a AMP (Adenosine Monophosphate) จะแตกต่างกันตามจำนวนของหมู่ฟอสเฟต

นิวคลีโอไทด์จะเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า โพลีนิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide) โมเลกุล DNA ประกอบด้วยโพลีนิวคลีโอไทด์ 2 สายเรียงตัวสลับทิศทางกันและมีส่วนของเบสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลบิดเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน ส่วน RNA เป็นโพลีนิวคลีอิกเพียงสายเดียว

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า สารชีวโมเลกุลนับว่าเป็นโครงสร้างที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ มีสมบัติและหน้าที่ แตกต่างกัน แต่สามารถรวมตัวกันเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะและระบบของร่างกาย ทำให้คงเป็นรูปร่าง มีการรักษาสภาวะ สมดุล ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์อาศัยอยู่

เซลล์

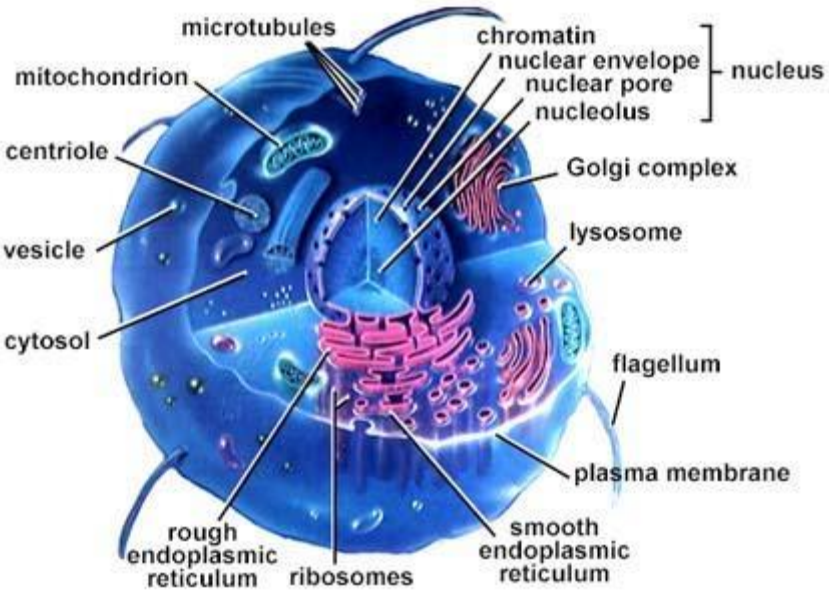
จากการศึกษาเซลล์ต่างๆ พบว่า เซลล์มี 2 ชนิดคือ เซลล์โปรคาริโอต (Prokaryotic Cell) และเซลล์ยูคาริโอต (Eukaryotic Cell) เซลล์โปรคาริโอตมีโครงสร้างแบบง่าย พบในเซลล์แบคทีเรีย รวมถึงสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียว ประกอบด้วยโมเลกุลของสารพันธุกรรมที่เรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) ขนาดใหญ่เป็นรูปวงกลม 1 เซลล์ของสิ่ง มีชีวิตอื่นๆ นอกจากนั้นจัดเป็นเซลล์ยูคาริโอตซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น ประกอบด้วยโครโมโซมมีรูปเป็นเส้นตรงหลาย อันรวมกับโปรตีนที่เรียกว่า ฮิสโตน (Histone) พบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เชื้อรา เซลล์พืช เซลล์สัตว์ และมนุษย์

1. โครงสร้างของเซลล์

เซลล์พืช สัตว์ และมนุษย์มีขนาด รูปร่าง และหน้าที่ต่างกัน แต่มีส่วนประกอบพื้นฐานภายในเซลล์ที่ทำให้ เซลล์ดำรงชีวิตอยู่เหมือนกัน จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่างๆ โดยเฉพาะกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า เซลล์มีส่วนประกอบสรุปได้ดังนี้ (ภาพที่ 12)

1.1 เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma Membrane) เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อบางๆ ที่มีความหนา 7-9 นาโมเมตร (Nanometer ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (ภาพที่ 1.3) แต่ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะพบว่า มี nm) ลักษณะเป็นเส้นบางๆ 2 เส้นอยู่ข้างเคียงกัน ส่วนประกอบพื้นฐานของเยื่อหุ้มเซลล์เป็นไขมันชนิดฟอสโฟลิพิด 2 ชั้น (Phospholipid Bilayer) โดยมีโปรตีนแทรกอยู่ทั่วไปในระหว่างชั้นของฟอสโฟลิพิดทั้งสอง ฟอสโฟลิพิดจะเรียงตัว โดยเอาด้านไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) หรือด้านที่ไม่ชอบน้ำ หรือด้านที่ไม่มีขั้วของกรดไขมันหันเข้าด้านใน และ เอาด้านไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) หรือด้านที่ชอบน้ำ หรือด้านที่มีขั้วของกรดไขมันหันออกด้านนอก ในเซลล์สัตว์มี โมเลกุลของคอเลสเตอรอลจำนวนมากฝังอยู่ในส่วนไฮโดรโฟบิกนี้ แต่ในเซลล์โปรคาริโอตของพืชและเชื้อราอาจไม่พบ คอเลสเตอรอลเลย

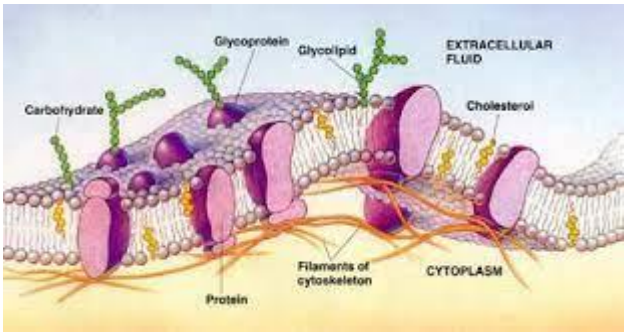
โมเลกุลของโปรตีนหลายชนิดที่แทรกอยู่ในชั้นของฟอสโฟลิพิดเรียกว่า อินทิกรัลเมนเบรนโปรตีน (Integral Membrane Protein) ซึ่งโดยทั่วไปมักอยู่ในชั้นไขมันแต่มีส่วนโผล่ออกมาทางด้านใดด้านหนึ่งของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วนของโปรตีนที่อยู่ในชั้นไขมันจะมีผิวที่ไม่มีความเป็นขั้ว ในขณะที่โปรตีนส่วนที่อยู่นอกไขมันจะเป็นส่วนที่มีความเป็นขั้ว ในส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ติดกับไซโทพลาซึมยังมีโมเลกุลของโปรตีนที่เรียกว่า เพอริเฟอรัลเมมเบรนโปรตีน (Peripheral Membrane Protein) โปรตีนเกาะกับอินทิกรัลเมมเบรนโปรตีนตรงส่วนที่ยื่นออกมาจากชั้นไขมัน



ภาพที่ 1.2 องค์ประกอบในเซลล์มนุษย์

ส่วนของอินทิกรัลโปรตีนที่ติดกับเพอริเฟอรัลโปรตีน หรือส่วนของโปรตีนภายในไซโทพลาซึมพบมากในเยื่อ หุ้มเซลล์ โครงสร้างของชั้นไขมัน 2 ชั้นนี้จะค่อนข้างอ่อนตัวเป็นของเหลว เพราะโมเลกุลของไขมันและโปรตีนสามารถ เคลื่อนที่ไปมาในเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ทำให้มีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็งที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Fluid-Mosaic Model) ผนังของเยื่อหุ้มเซลล์ทั้งด้านในเซลล์และด้านนอกเซลล์มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกันมากทั้ง 2 ชั้น เพราะมีความ เข้มข้นของโมเลกุลไขมันชนิดจำเพาะต่างๆ กัน

ด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์มีสารคาร์โบไฮเดรตอย่างสั้นรวมกับลิพิด เรียกว่า ไกลโคลิพิด (Glycolipid) และ เชื่อมติดกับอินทิกรัลเมมเบรนโปรตีนที่ยื่นออกมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลที่เรียกว่า ไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) คาร์โบไฮเดรต มีบทบาทในการเกาะติดของเซลล์ซึ่งกันและกัน เป็นบริเวณที่จับกับโมเลกุล ฮอร์โมน แอนติบอดี และ ไวรัส



ภาพที่ 1.3 องค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์มีช่อง (Channel) เล็กๆ มากมายที่ให้อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 - 2 นาโนเมตรแพร่ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่ห่อหุ้มส่วนประกอบต่างๆ ให้คงในเซลล์และมีสมบัติเป็น

เยื่อที่ยอมให้สารบาง ชนิดผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ซึ่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก รวมทั้งทำให้เกิดการกระจายประจุไฟฟ้า ซึ่งทำให้ภายในและภายนอกเซลล์มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น

1.2 ผนังเซลล์ (Cell Wall) เป็นเยื่อหนาห่อหุ้มเยื่อหุ้มเซลล์อีกชั้นหนึ่ง พบในเซลล์พืช ผนังเซลล์นี้สร้างขึ้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ขณะที่เซลล์พืชกำลังแบ่งตัวจะเกิดชั้นบางของสารซึ่งมีลักษณะคล้ายกาวเชื่อมระหว่างเยื่อหุ้ม เซลล์ของเซลล์ใหม่ทั้ง 2 ชั้น ผนังเซลล์ของพืชโดยทั่วไปมักหนาและแข็งแรงและมีช่องทางติดต่อของไซโทพลาซึม ระหว่างเซลล์ได้ที่เรียกว่า พลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata)

นอกจากนี้ เซลล์พืชและเซลล์สัตว์ยังมีสารที่สร้างโดยไซโทพลาซึมเพื่อเคลือบเยื่อหุ้มเซลล์ด้านนอกอีกชั้น หนึ่ง สารเหล่านี้ทำหน้าที่ให้เซลล์รวมกลุ่มเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของอวัยวะ ถ้าสารเคลือบเซลล์ผิดปกติอาจ มีผลทำให้เซลล์แบ่งตัวรวดเร็วเกินไปจนเกิดเป็นเซลล์มะเร็งได้

1.3 นิวเคลียส (Nucleus) เป็นส่วนประกอบของเซลล์ที่มีขนาดใหญ่พบในเซลล์ยูคาริโอต รูปร่างกลมเป็น โครงสร้างที่เด่นที่สุด ภายในมีส่วนประกอบที่เรียกว่า นิวคลีโอลัส (Nucleolus) นิวคลีโอลัสมีลักษณะเป็นเม็ดกรานูล (Granule) หนา มีขนาดใหญ่รูปร่างกลม อยู่ติดกับเยื่อหุ้มนิวเคลียส โดยจำนวนและขนาดที่แตกต่างกันในแต่ละเซลล์ ประกอบด้วยสารพันธุกรรมที่เรียกว่า อาร์เอ็นเอ (RNA) และโปรตีนที่สร้างมาจากไรโบโซม โดยทำหน้าที่นำโปรตีน ที่สังเคราะห์ขึ้นภายในไซโทพลาซึมมารวมกับ RNA เกิดเป็นไรโบนิวคลีโอโปรตีน นิวเคลียสมีเยื่อหุ้มนิวเคลียสอยู่ ล้อมรอบ 2 ชั้น ซึ่งเป็นชั้นของฟอสโฟลิพิด โดยมีช่องเล็กๆ เรียกว่า แอนนูลัส (Annulus) ทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนสารระหว่างนิวเคลียสและไซโทพลาซึม ชั้นนอกของนิวเคลียสมีทางติดต่อกับส่วนประกอบเล็กๆ ของเซลล์ที่ เรียกว่า ออร์แกเนลล์ประเภทร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม กอลไจแอพพาราตัสและไมโทคอนเดรีย นิวคลีโอพลาซึม (Nucleoplasm) หรือคาริโอลิมพ์ (Karyolymph) มีลักษณะเป็นของเหลวคล้ายไซโทพลาซึมอยู่ระหว่าง เยื่อหุ้ม นิวเคลียสและนิวคลีโอลัส (Nucleolus)

โครมาติน (Chromatin) ประกอบด้วยสารพันธุกรรมที่เรียกว่า ดีเอ็นเอ (DNA) ในสภาวะปกติมีลักษณะเป็น เส้นใยเล็กๆ ขดกันอยู่ เมื่อเซลล์แบ่งตัวจะเห็นโครมาตินได้ชัดเจนเพราะมีลักษณะขดหนาเป็นเส้นหรือแถบเรียกว่า โครโมโซม (Chromosome)

เมื่อนิวเคลียสเริ่มแบ่งตัว DNA ในโครมาตินจะเพิ่มปริมาณเป็น 2 เท่าซึ่งเห็นเป็นโครโมโซมขดหนาชัดเจนใน แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยเส้น 2 เส้น เรียกว่า โครมาติด (Chromatid) ซึ่งยึดติดกันด้วยเซนโทรเมียร์ (Centromere) หรือไคเนโตคอร์ (Kinetochore) เห็นได้ชัดเจนในระยะการแบ่งเซลล์ที่เรียกว่า ระยะเมตาเฟส

นิวเคลียสมีหน้าที่ควบคุมการทำงานที่เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ และการสืบพันธุ์ของเซลล์โดยใช้โครโมโซม ควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น การสร้างโปรตีน การสร้าง RNA รวมทั้งการบอกความแตกต่างของเซลล์ (Cell Differentiation) ด้วย เป็นต้น

1.4 ไซโทพลาซึม (Cytoplasm) เป็นของเหลวที่มีเอนไซม์ และโมเลกุลอื่นที่ละลายน้ำได้ มองเห็นได้ด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ของเหลวของไซโทพลาซึมนี้เรียกว่า ไซโทซอล (Cytosol) เป็นสารละลายของไอออนหรือ ประจุที่เข้มข้นและโมเลกุลเล็กๆ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล พลังงาน (ATP) โปรตีน เป็นต้น ซึ่งภายในไซโทซอลของทั้ง เซลล์โปรคาริโอตและยูคาริโอตมีส่วนประกอบที่เรียกว่า ออร์แกเนลล์มากมาย มีรายละเอียด ดังนี้

1.4.1 เอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม (Endophasmic Reticulum, ER) เป็นออร์แกเนลล์ที่มีผนังบาง 2 ชั้น คล้ายเยื่อหุ้มเซลล์ทั่วไป แต่มีความหนาน้อยกว่า ภายในมีของเหลว เรียกว่า ไฮยาโลพลาซึม (Hyaloplasm) เอนโดพลาสมิกเรติคิวลมที่เป็นร่างแหพบมากในเซลล์ที่สังเคราะห์โปรตีน (ภาพที่ 14) และพบเฉพาะในเซลล์ยูคาริโอต เท่านั้น

เอนโดพลาสมิกเรติคิวล้ม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) เอนโดพลาสมิกเรติคิวลัมชนิดหยาบ (Rough Endoplasmic Reticulum; RER) เป็นเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัมที่มีไรโบโซมมากมายเกาะด้านนอกทำให้มีลักษณะขรุขระ มีหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนและลำเลียงสารไปสู่ส่วนต่างๆ ของเซลล์ โดยผ่านกอลไจแอพพาราตัส

2) เอนโดพลาสมิกเรติคิวล้มชนิดเรียบ (Smooth Endoplasmic Reticulum, SER) เป็นเอนโดพลาสมิกเรติคิวลัมที่ไม่มีโรโบโซมมาเกาะ ผนังของออร์แกเนลล์นี้ยอมให้สารโมเลกุลใหญ่บางชนิดผ่านเข้าออก ได้ จึงเป็นทางให้สารและเกลือแร่แพร่กระจายไปทั่วเซลล์ นอกจากนี้ยังอาจสะสมสารต่างๆ ไว้ภายในด้วย ออร์แกเนลล์ นี้พบมากในเซลล์ที่มีหน้าที่กำจัดสารพิษและเซลล์ที่สร้างสารสเตียรอยด์

1.4.2 ไรโบโซม (Ribosome) เป็นออร์แกเนลล์ที่สำคัญพบในเซลล์ทุกชนิด มีลักษณะกลมและขนาดเล็กมากโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.015-0.025 ไมครอน สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาไรโบโซม ในไซโทพลาซึมมี 3 ชนิด ได้แก่

1) โพลีโซม (Polysome) หรือโพลีไรโบโซม (Polyribosome) เป็นไรโบโซมที่เรียงกันเป็นสาย ยึดติดกับอาร์เอ็นเอสื่อข่าว (mRNA) ทำหน้าที่สร้างโปรตีนของเซลล์

2) ไรโบโซมอิสระที่กระจายทั่วไปในเซลล์ ไม่ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน

3) ไรโบโซมที่พบบนเอนโดพลาสมิกเรติคิวลมจะสร้างโปรตีน เช่น เอนไซม์และฮอร์โมนต่างๆ ส่งออกไปนอกเซลล์ เป็นต้น

1.4.3 กอลไจแอพพาราตัส (Golgi Apparatus) เป็นออร์แกเนลล์มีหลายชื่อ เช่น กอลไจคอมเพล็กซ์ (Golgi Complex) กอลไจบอดี (Golgi Body) ดิกไทโอโซม (Dictyosome) เป็นต้น กอลไจแอพพาราตัสแต่ละอันประกอบด้วยถุงแบนคล้ายชาม (ภาพที่ 1.5) โดยกองซ้อนกันอย่างหลวม เรียงซ้อนกันประมาณ 5-10 ชั้น ตรง ปลายถุงมักโป่งออกและมีผนัง 2 ชั้น คล้ายคลึงกับเยื่อหุ้มนิวเคลียสและเยื่อหุ้มเซลล์ ภายในถุงกอลไจแอพพาราตัส มีของเหลวบรรจุอยู่ มีทางติดต่อกับเยื่อหุ้มนิวเคลียส เอนโดพลาสมิกเรติคิวลม และเยื่อหุ้มเซลล์

กอลไจแอพพาราตัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างสารหลายชนิด เช่น สร้างคาร์โบไฮเดรต ถ้าคาร์โบไฮเดรตนี้รวมกับโปรตีนที่ไรโบโซมสังเคราะห์มาจาก RER กลายเป็นไกลโคโปรตีน แต่ถ้ารวมกับไขมันจะกลายเป็นไกลโคลิพิด ทั้งไกลโคโปรตีนและไกลโคลิพิดนั้นเซลล์นำไปใช้สร้างเยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ได้ เป็นต้น กอลไจแอพพาราตัสทำหน้าที่ขับสารประกอบที่ส่วนต่างๆ ของเซลล์สร้างขึ้นออกทางเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น

ไขมัน ฮอร์โมน เอนไซม์ เป็นต้น ดัง นั้น กอลไจแอพพาราตัสจึงเป็นศูนย์กลางในการจัดการและกระจายผลิตภัณฑ์ภายในเซลล์ กอลไจแอพพาราตัสพบ ในเซลล์ยูคาริโอตทั้งหมดและพบอยู่ในเซลล์พืชประมาณ 100 อัน แต่พบอยู่ในเซลล์สัตว์ประมาณ 10-20 อัน

1.4.4 ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) เป็นออร์แกเนลล์ที่พบเฉพาะในเซลล์ยูคาริโอต รูปร่างของ ไมโทคอนเดรียเป็นก้อนกลมหรือรี (ภาพที่ 1.6) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-0.1 ไมครอน ความยาว 5-10 ไมครอน โดย มีเยื่อ 2 ชั้น เหมือนเยื่อหุ้มเซลล์ ภายในมีท่อหรือเยื่อพับไปพับมา เรียกว่า คริสตี (Cristae) ยื่นเข้าไปในของเหลวซึ่ง เป็นกลุ่มของสารหลายชนิด เรียกว่า แมทริกซ์ (Matrix)

ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างสารที่ให้พลังงานสูงคือ ATP บริเวณเนื้อเยื่อหุ้มด้านนอกของไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างฟอสโฟลิพิด เยื่อหุ้มด้านในของไมโทคอนเดรียมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP และภายใน แมทริกซ์มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์

นอกจากการสร้าง ATP แล้วไมโทคอนเดรียยังมี DNA RNA เอนไซม์และไรโบโซมซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนอีกด้วย

1.4.5 พลาสติด (Plastids) พลาสติดเป็นออร์แกเนลล์ที่พบเฉพาะในเซลล์พืชและสาหร่าย มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ มีรูปร่างและขนาดต่างๆ กัน พลาสติดมีเยื่อ 2 ชั้น คล้ายไมโทคอนเดรีย ภายในมี DNA พลาสติดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ โครโมพลาสต์ และลิวโคพลาสต์

โครโมพลาสต์ (Chromoplast) เป็นพลาสติดที่มีสี ถ้ามีสีส้มเพราะมีสารคาโรตินอยด์ (Carotenoid) พบในพืชหรือผลไม้สุก เช่น มะละกอ มะม่วงสุก มะเขือเทศ แครอต ดอกไม้ที่มีสี เป็นต้น ส่วนคลอโรพลาสต์เป็น โครโมพลาสต์ที่มีสีเขียวเพราะมีคลอโรฟิลล์อยู่ภายใน

ลิวโคพลาสต์ (Leucoplast) หรือพลาสติดที่ไม่มีสี ซึ่งสะสมเม็ดแป้งที่สร้างขึ้นมา พบในส่วนของพืชที่ไม่ถูกแสง เช่น ราก ลำต้นหรือใบเลี้ยงที่อยู่ใต้ดิน เป็นต้น

1.4.6 ไลโซโซม (Lysosome) เป็นออร์แกเนลล์ที่มีขนาดเล็กกว่าไมโทคอนเดรีย ไม่สามารถมองเห็นด้วย กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ไลโซโซมเป็นถุงเนื้อเยื่อที่มีเอนไซม์ประมาณ 50 ชนิดที่ใช้ในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเพื่อย่อย สลายโปรตีน โพลีแซ็กคาไรด์ และไขมันที่อยู่ภายในเซลล์ โมเลกุลเล็กที่ได้จากการไฮโดรไลส์จะถูกนำกลับไปใช้ใน ไซโทพลาซึม เอนไซม์ที่อยู่ในไลโซโซมเกิดจากไรโบโซมของ RER ส่งไปยังกอลไจแอพพาราตัสแล้วหลุดออกมาเป็นถุง ไลโซโซมมีเยื่อหุ้มชั้นเดียวที่ไม่ยอมให้เอนไซม์ผ่านออกไป เยื่อหุ้มนี้ทนทานต่อการย่อยของเอนไซม์ที่อยู่ภายใน เนื่องจากผนังภายในมีคาร์โบไฮเดรตฉาบอยู่ แต่ถ้าเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อหรือขณะที่มีการเจริญเติบโต เยื่อหุ้ม นี้อาจสลายตัวหรือรั่วได้ง่าย ไลโซโซมในเม็ดเลือดขาวมีหน้าที่กำจัดแบคทีเรียในร่างกายคน โดยแบคทีเรียจะถูกจับ เข้าไปในเซลล์ในรูปของแวคิวโอล โดยกระบวนการเอนโดไซโทซิส (Endocytosis) แล้วถูกทำลายโดยเอนไซม์ภาย ในไลโซโซม

1.4.7 เพอรอกซิโซม (Peroxisorne) เป็นถุงที่มีเอนไซม์ที่ทำลายสารประกอบของไนโตรเจนและสารอื่นที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะได้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (HO) ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ นอกจากนี้ เพอรอกซิโซมยังมีเอนไซม์ที่ทำลาย HO ให้กลายเป็นน้ำและออกซิเจนจึงไม่มี HD, ทำลายเซลล์

1.4.8 ไซโทสเกเลตัน (Cytoskeleton) เป็นเครือข่ายของโปรตีนเส้นใยอยู่ในไซโทพลาซึมในเซลล์ ยูคาริโอต ไซโทสเกเลตนมีหน้าที่รักษารูปร่างของเซลล์ และตรึงออร์แกเนลล์ต่างๆ ประกอบด้วยเส้นใย 3 ชนิด ได้แก่ ไมโครฟิลาเมนต์ (Microfilaments) อินเตอร์มีเดียตฟิลาเมนต์ (Intermediate Filament) และไมโครทิวบูล (Microtubule)

ไมโครฟิลาเมนท์ เป็นโปรตีนที่ขนาดเล็กที่สุดประมาณ 6 นาโนเมตรและมีมากที่สุดในเซลล์สัตว์และสามารถรวมกันเป็นเส้นสายอยู่ในเซลล์ ประกอบด้วยแอกตินฟิลาเมนต์ (Actin Filament) และแยกออกจากกันได้ เร็ว ทั้งนี้ขึ้นกับความต้องการของเซลล์ขณะนั้น แอกตินฟิลาเมนต์มักรวมกันเป็นมัดเส้นใยที่ยาวคล้ายโครงกระดูกอยู่ ภายในเซลล์ ทำหน้าที่ช่วยเยื่อหุ้มเซลล์ให้รักษารูปร่างของเซลล์และยังช่วยในการแบ่งเซลล์อีกด้วย

อินเตอร์มีเดียตฟิลาเมนต์มีขนาดอยู่ระหว่างไมโครฟิลาเมนต์ และไมโครทิวบูล ประมาณ 7-11 นาโนเมตร ประกอบด้วย โปรตีนเส้นใย (Fibrous Protein) อยู่ภายในเซลล์ แต่อยู่นอกนิวเคลียส พบมากในเซลล์ที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ผิวหนัง เป็นต้น ทำให้เซลล์แข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ ทำให้ออร์แกเนลล์ต่างๆ อยู่คงที่

ไมโครทิวบูลเป็นโครงสร้างใหญ่ที่สุดของไซโตสเกเลตัน ประมาณ 25 นาโนเมตร โดยอยู่กระจายจากจุดศูนย์กลางใกล้นิวเคลียสไปถึงขอบในผนังเซลล์ สร้างจากโปรตีนรูปกลมที่เรียกว่า ทิวบูลิน (Tubulin) มีบทบาท สำคัญทั้งในการแบ่งเซลล์ โดยการสร้างสปินเดิลแอพพาราตัส (Spindle Apparatus) และกระบวนการการเคลื่อนไหว ของเซลล์ โดยร่วมกับแอกตินซึ่งเป็นโปรตีนที่หดตัวได้ ทำให้เซลล์แข็งแรง เป็นโครงสร้างของเซนตริโอลและซิเลีย

1.4.9 ซิเลีย (Cilia) และแฟกเจลลา (Flagella) ออร์แกเนลล์สองชนิดนี้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว โดยมีโครงสร้างยาวบางยื่นออกจากผนังของเซลล์ยูคาริโอต แต่มีความยาวต่างกัน ถ้าขนาดสั้นและมีจำนวน มากเรียกว่า ซิเลีย ถ้ามีขนาดยาวกว่าและจำนวนน้อยกว่า เรียกว่า แฟกเจลลา ซีเลียมีการจัดเรียงตัวคล้ายเซนตริโอล ประกอบด้วยไมโครทิวบูล 9 คู่ ล้อมรอบด้วยคู่กลาง (Central Pair) ที่เรียกโครงสร้างนี้ว่า 9+2 ไมโครทิวบูลฝังติด แน่นกับเบซิลบอดี (Basal Body) ที่อยู่ใต้พื้นผิวเซลล์

1.4.10 เซนตริโอล (Centriole) เซลล์ยูคาริโอตส่วนใหญ่ยังประกอบด้วยเซนตริโอลที่มีโครงสร้าง รูปทรงกระบอก ไม่มีเยื่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150-200 มิลลิไมครอน ยาว 300-2,000 มิลลิไมครอน ในเซลล์พืชไม่มีเซนตริโอล แต่พบอยู่ในเซลล์สัตว์ โดยเซนตริโอลช่วยในการจัดเรียงตัวของไมโครทิวบูล และควบคุม การเคลื่อนที่ของโครโมโซมในขณะที่เซลล์แบ่งตัว

1.4.11 แวคิวโอล (Vacuole) และเวสเคิล (Vesicle) เซลล์มากมายโดยเฉพาะเซลล์พืชมีแวคิวโอลซึ่งมีลักษณะเป็นช่องในไซโทพลาซึมซึ่งล้อมรอบด้วยเยื่อเดี่ยว น้ำ และตัวทำละลาย ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของสาร ระหว่างไซโทพลาซึมกับแวคิวโอล ในเซลล์พืชที่อ่อนมักมีแวคิวโอลขนาดเล็กมากมาย แต่เซลล์พืชที่โตแล้วแวคิวโอล หลายๆ อันจะรวมกันเป็นแวคิวโอลขนาดใหญ่อยู่ตรงกลาง และมีของเหลวอยู่ภายใน

ระบบอวัยวะภายในร่างกาย

ร่างกายมนุษย์ประกอบขึ้นด้วยอวัยวะต่างๆ โดยที่อวัยวะประกอบด้วยเนื้อเยื่อทั้ง 4 ชนิดดังที่กล่าวมาแล้ว โดยมีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อในสัดส่วนและรูปแบบแตกต่างกันไป อวัยวะสามารถเจริญเติบโตโดยการเพิ่มจำนวน เซลล์และทำงานร่วมกัน อวัยวะในร่างกายมนุษย์มีมากมายหลายชนิด มีบทบาทในการทำหน้าที่ร่วมกันเป็นระบบ ทำให้ ร่างกายเราสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 4 ธาตุ ได้แก่ ไฮโดรเจน (ร้อยละ 62) ออกซิเจน (ร้อยละ 26) คาร์บอน (ร้อยละ 10) และธาตุอื่นๆ ได้แก่ แคลเซียม (ร้อยละ 0.2) ฟอสฟอรัส (ร้อยละ 0.2) โพแทสเซียม (ร้อยละ 0.06) โซเดียม (ร้อยละ 0.06) ซัลเฟอร์ (ร้อยละ 0.05) คลอรีน (ร้อยละ 0.04) แมกนีเซียม (ร้อยละ 0.03) เหล็ก (ร้อยละ 0.0005) ไอโอดีน (ร้อยละ 0.0000003) หากพิจารณาสัดส่วนระดับโมเลกุลของร่างกายมนุษย์พบว่า ประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 67 โปรตีน ร้อยละ 20 ลิพิด ร้อยละ 10 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 3

จากการที่ร่างกายประกอบด้วยเซลล์หลากหลายประมาณ 200 ชนิดพบว่า ประกอบด้วย เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ร้อยละ 50 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ร้อยละ 45 เนื้อเยื่อบุผิวที่รวมต่อมร้อยละ 3 และเนื้อเยื่อประสาท ร้อยละ 2 ระบบอวัยวะ (Organ Systems) ในร่างกายมนุษย์อาจสรุปได้ดังนี้

1. ระบบห่อหุ้มร่างกาย (The Integumentary System) ทำหน้าที่ปกป้องร่างกายจากอันตรายในสิ่งแวดล้อมช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
เนื้อเยื่อผิว (Cutaneous Membrane) หนังกำพร้า (Epidermis) หนังแท้ (Dermis)	ปกคลุมผิวของร่างกาย ป้องกันเนื้อเยื่อที่อยู่ภายในหล่อเลี้ยงหนังกำพร้า ให้ความแข็งแรง ประกอบด้วยต่อมมีท่อ (Exocrine Glands)
รากขนและผม (Hair Follicles) รากขนและเส้นผม (Hairs) ต่อมไขมัน (Sebaceous Glands)	ปกป้องศีรษะและปกคลุมผิวหนัง หลั่งไขมันมาปกคลุมและหล่อลื่นรากขนและผมและหนังกำพร้า
ต่อมเหงื่อ (Sweat Glands)	สร้างเหงื่อเพื่อทำให้เกิดการระเหยและร่างกายเย็นลง
เล็บ (Nails)	ปกป้องและทำให้ส่วนปลายนิ้วแข็งแรง
ตัวรับสัมผัส (Sensory Receptors)	รับสัมผัสความรู้สึก ความดัน อุณหภูมิ และความเจ็บปวด
ชั้นใต้ผิวหนัง (Subcutaneous Layer)	เก็บสะสมไขมัน ทำให้ผิวหนังเชื่อมติดกับโครงสร้างที่อยู่ลึกในผิวหนัง เนื้อเยื่อภายในที่ทำหน้าที่เหมือนนวม

2. ระบบกระดูก (The Skeletal System) ทำหน้าที่พยุง ปกป้องเนื้อเยื่อ รักษาเกลือแร่ สร้างเลือด

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
กระดูก (Bones) และข้อต่อ (Joints)	พยุง ปกป้องเนื้อเยื่ออ่อน เป็นที่สะสมแร่ธาตุ
กระดูกแกนกลาง (Axial Skeleton) กะโหลกศีรษะ (Skull) กระดูกสันหลัง (Vertebrae) กระดูกซี่โครง (Ribs) กระดูกหน้าอก (Sternum) กระดูกก้น (Sacrum) กระดูกอ่อน (Cartilages) และเอ็น (Ligaments)	ปกป้องสมอง (Brain) ไขสันหลัง (Spinal Cord) อวัยวะ สัมผัส (Sense Organs) และเนื้อเยื่ออ่อนของช่องอก (Soft Tissues of Thoracic Cavity) พยุงน้ำหนักของ ร่างกายส่วนล่าง
กระดูกรยางค์ (Appendicular Skeleton) กระดูกพยุง (Supporting Bones) กระดูกอ่อน (Cartilages) และเอ็น (Ligaments) ของส่วนรยางค์	สนับสนุนการเคลื่อนไหวของกระดูกแกนกลาง
ไขกระดูก (Bone Marrow)	เป็นบริเวณหลักของการสร้างเซลล์เม็ดเลือด (เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว) เป็นแหล่งสะสมไขมัน

3. ระบบกล้ามเนื้อ (The Muscular System) ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ให้การพยุงร่างกายสร้างความร้อน

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
กล้ามเนื้อกระดูก (Skeletal Muscles)	ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ควบคุมการทำงานของระบบย่อยอาหาร เป็นองค์ประกอบของหัวใจ พยุงกระดูก ปกป้องเนื้อเยื่ออ่อน
กล้ามเนื้อแกนกลาง (Axial Muscles)	พยุงและเป็นที่ตั้งของตำแหน่งกระดูกแกนกลาง
กล้ามเนื้อรยางค์ (Appendicular Muscles)	พยุง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว และเชื่อมต่อกับแขนขา
เอ็น (Tendons) และผังผืด (Aponeuroses)	ทำให้เกิดแรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ

4. ระบบประสาท (The Nervous System) ทำหน้าที่ตอบสนองทันทีโดยตรงต่อสิ่งกระตุ้น โดยการประสานงานกับระบบอวัยวะอื่นๆ

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System; CNS)	เป็นศูนย์กลางควบคุมของระบบประสาท ควบคุมการทำงานของ ระบบอื่นในระยะสั้น
สมอง (Brain)	ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซับซ้อนทั้งภายใต้อำนาจจิตใจ และ อัตโนมัติ
ไขสันหลัง (Spinal Cord)	นำข้อมูลเข้าและออกสมอง ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซับซ้อน น้อยที่ไม่อยู่ในอำนาจจิตใจ

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral Nervous Systems; PNS)	เชื่อมระบบประสาทส่วนกลางกับระบบอื่น และอวัยวะรับความ รู้สึก

5. ระบบต่อมไร้ท่อ (The Endocrine System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวโดยตรงต่อระบบอวัยวะอื่นๆ อวัยวะหลายอวัยวะทำหน้าที่เป็นต่อมไร้ท่อหลั่งฮอร์โมนด้วย

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ต่อมไพเนียล (Pineal Gland)	ควบคุมเวลาของการสืบพันธุ์ และกำหนดจังหวะชีวิตเช้า-กลางคืน (Day-Night Rhythms)
ต่อมใต้สมอง (Pituitary Gland)	ควบคุมต่อมไร้ท่อ ควบคุมการเจริญเติบโต และสมดุลของเหลวใน ร่างกาย
ต่อมไทรอยด์ (Thyroid Gland)	ควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อ ควบคุมระดับแคลเซียมในร่างกาย
ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Glands)	ควบคุมระดับแคลเซียมร่วมกับต่อมไทรอยด์
ต่อมไทมัส (Thymus Gland)	ควบคุมการเจริญของเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์
ต่อมหมวกไต (Suprarenal Glands)	ควบคุมสมดุลของน้ำในร่างกาย เมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อ หมุนเวียนโลหิต และระบบหายใจ
ไต (Kidneys)	ควบคุมการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง และช่วยควบคุมแคลเซียมในร่างกาย
ตับอ่อน (Pancreas)	ควบคุมระดับกลูโคสในเลือด
อวัยวะเพศ (Gonads)	
อัณฑะ (Testes)	แสดงลักษณะทางเพศชายและการสืบพันธุ์
รังไข่ (Ovaries)	แสดงลักษณะทางเพศหญิงและการสืบพันธุ์

6. ระบบไหลเวียนโลหิต (The Cardiovascular System) ทำหน้าที่ขนส่งเซลล์และสารที่ละลายน้ำที่ประกอบด้วยสารอาหาร นำและแก๊ส

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
หัวใจ (Heart)	สูบฉีดโลหิต รักษาระดับความดันโลหิต
หลอดเลือด (Blood Vessels)	กระจายเลือดไปทั่วร่างกาย
หลอดเลือดแดง (Arteries)	นำเลือดแดงจากหัวใจไปยังหลอดเลือดฝอย
หลอดเลือดฝอย (Capillaries)	ทำให้เกิดการแพร่ระหว่างเลือดและของเหลวระหว่างเซลล์ (Interstitial Fluids)
หลอดเลือดดำ (Veins)	ทำให้เลือดจากหลอดเลือดฝอยกลับสู่หัวใจ

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
เลือด (Blood)	ขนส่งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเซลล์เม็ดเลือด นำสารอาหารและฮอร์โมน กำจัดของเสีย ช่วยควบคุมอุณหภูมิ และปกป้องร่างกายจากโรค

7. ระบบน้ำเหลือง (The Lymphoid System) ทำหน้าที่ปกป้องร่างกายจากการติดเชื้อและโรค นำของเหลว ของเนื้อเยื่อกลับสู่กระแสเลือด

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
หลอดน้ำเหลือง (Lymphatic Vessels)	นำน้ำเหลือง (น้ำ และโปรตีน) และเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์จากเนื้อเยื่อ รอบนอกไปยังหลอดเลือดดาของระบบหมุนเวียนโลหิต
ต่อมน้ำเหลือง (Lymph Nodes)	ควบคุมส่วนประกอบของน้ำเหลือง แมกโครฟาจ (Macrophages) และ กำจัดเชื้อโรค กระตุ้นการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน
ม้าม (Spleen)	ควบคุมการหมุนเวียนของเลือด แมกโครฟาจ (Macrophages) และกำจัดเชื้อโรค กระตุ้นการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน
ไทมัส (Thymus)	ควบคุมการพัฒนาการและรักษาเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดทีเซลล์ (T Cells)

8. ระบบหายใจ (The Respiratory System) ทำหน้าที่นำอากาศไปยังบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศและกระแสเลือด

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
โพรงจมูก (Nasal Cavities)	
ไซนัสที่จมูก (Paranasal Sinuses)	กรอง ทำให้อากาศอบอุ่น ชุมชน นำกลิ่น
คอหอย (Pharynx)	นำอากาศไปยังกล่องสียง (Larynx) เป็นทางเชื่อมต่อกับระบบย่อยอาหาร
กล่องเสียง (Larynx)	ป้องกันการเปิดของหลอดลม (Trachea) และประกอบด้วยเส้นเสียง (Vocal Cords)
หลอดลม (Trachea) หลอดลมใหญ่ (Bronchi)	กรองอากาศ ดักจับอนุภาคด้วยเชือก (Mucus) ส่วนที่เป็นกระดูกอ่อนทำ ให้ทางเดินอากาศเปิด

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ปอด (Lungs)	ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ระหว่างการเคลื่อนไหวของกระดูกซี่โครง และกะบังลม (Diaphragm) รวมทั้งทางเดินอากาศและถุงลม (Alveoli)
ถุงลม (Alveoli)	เป็นบริเวณแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศและเลือด

9. ระบบย่อยอาหาร (The Digestive System) ทำหน้าที่ในกระบวนการย่อยอาหาร ดูดซึมสารอาหาร ขับของเสียออกจากร่างกาย

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ต่อมน้ำลาย (Salivary Glands)	หล่อลื่น และสร้างเอนไซม์ที่เริ่มต้นการย่อย
ปากและคอหอย (Mouth and Pharynx)	นำอาหารแข็งและเหลวไปยังหลอดอาหาร (Oesophagus) ปากที่มีฟัน คอหอยเป็นกล่องที่ร่วมกับทางเดินหายใจ
หลอดอาหาร (Oesophagus)	นำอาหารไปยังกระเพาะอาหาร (Stomach)
กระเพาะอาหาร (Stomach)	หลังกรดและเอนไซม์
ลำไส้เล็ก (Small Intestine)	หลังเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร รักษาความเป็นกรด-ด่าง และฮอร์โมนดูดซึมสารอาหาร
ตับ (Liver)	หลั่งน้ำดี (Biles) ควบคุมส่วนประกอบของสารอาหารในเลือด
ถุงน้ำดี (Gallbladder)	สร้างน้ำดีเพื่อหลั่งเข้าไปในลำไส้เล็ก
ตับอ่อน (Pancreas)	หลั่งเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหาร รักษาความเป็นกรด-ด่าง ควบคุมเซลล์ที่ทำหน้าที่หลั่งฮอร์โมน
ลำไส้ใหญ่ (Large Intestine)	ดูดซึมน้ำออกจากอุจจาระ เป็นที่สะสมของเสียเพื่อขับออกจากร่างกาย

10. ระบบปัสสาวะ (The Urinary System) ทำหน้าที่กำจัดน้ำส่วนเกิน เกลือ และของเสีย

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ไต (kidneys)	สร้างและทำให้ปัสสาวะเข้มข้น ควบคุมความเป็นกรด-ด่างในเลือด และความเข้มข้นของประจุ (Ions) ทำหน้าที่เหมือนต่อมไร้ท่อ
ท่อไต (Ureters)	นำปัสสาวะจากไตมายังกระเพาะปัสสาวะ (Urinary Bladder)
กระเพาะปัสสาวะ (Urinary Bladder)	เก็บปัสสาวะสำหรับการขับออก

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
ท่อปัสสาวะ (Urethra)	นำปัสสาวะออกสู่ภายนอก

11. ระบบสืบพันธุ์

11.1 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย (The Male Reproductive System) ทำหน้าที่สร้างเซลล์และฮอร์โมนเพศ

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
อัณฑะ (Testes)	ผลิตอสุจิ และฮอร์โมน
อวัยวะประกอบ (Accessary Organs)	
ท่อสร้างอสุจิ (Epididymis)	เป็นบริเวณที่อสุจิเจริญเติบโตในแต่ละอัณฑะ
ท่อนำอสุจิ (Ductus deferens; Sperm Duct)	นำอสุจิเคลื่อนที่ระหว่างก่อสร้างอสุจิและต่อมลูกหมาก (Prostate Gland)
ต่อมสร้างน้ำอสุจิ (Seminal Glands)	หลั่งของเหลวที่เพิ่มปริมาตรของ อสุจิ (Semen)
ต่อมลูกหมาก (Prostate Gland)	หลั่งของเหลวและเอนไซม์
ท่อปัสสาวะ (Urethra)	นำนำอสุจิออกสู่ภายนอก
อวัยวะเพศภายนอก (External Genitalia)	
องคชาติ (Penis)	ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ตั้งตรง เยื่อที่ตั้งตรง (Erectile Tissue) เป็นที่เก็บอสุจิใน ช่องคลอด (Vagina) ของผู้หญิง สร้างอารมณ์เพศระหว่างการมีเพศสัมพันธ์
ถุงอัณฑะ (Scrotum)	หุ้มอัณฑะ และควบคุมอุณหภูมิของอัณฑะ

11.2 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง (The Female Reproductive System) ทำหน้าที่สร้างเซลล์และฮอร์โมนเพศ

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
รังไข่ (Ovaries)	สร้างไข่ (Oocytes) และฮอร์โมน
ท่อมดลูก (Uterine Tubes)	นำไข่ (Oocytes) และตัวอ่อน (Embryo) ไปยังมดลูก (Uterus) เป็นบริเวณที่มีการปฏิสนธิ
มดลูก (Uterus)	เป็นบริเวณที่มีการพัฒนาการของตัวอ่อน และแลกเปลี่ยนระหว่าง กระแสเลือดของแม่และลูก
ช่องคลอด (Vagina)	เป็นบริเวณที่รับอสุจิ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคลอดลูก เป็นทางของ ของเหลวต่างๆ ระหว่างการมีประจำเดือน

อวัยวะ	หน้าที่หลัก
อวัยวะเพศภายนอก (External Genitalia)	
คลิตอริส (Clitoris)	ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ตั้งตรง (Erectile Tissue) สร้างอารมณ์เพศ ระหว่างการมีเพศสัมพันธ์
แคม (Labia)	ประกอบด้วยต่อมที่หล่อลื่นทางเข้าสู่ช่องคลอด
ต่อมน้ำนม (Mammary Glands)	สร้างน้ำนมที่สามารถเลี้ยงทารกได้