

การหายใจ (Respiration) ของสิ่งมีชีวิต

การหายใจ (Respiration) หมายถึง กระบวนการสลายโมเลกุลสารอาหารภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้ได้พลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์

การหายใจแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

1. การหายใจภายนอก (External respiration)

เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างโครงสร้างแลกเปลี่ยนก๊าซกับ สิ่งแวดล้อมภายนอก (เซลล์ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์) โดย..

- สูดลมหายใจเข้าออก (Breathing)
- แพร่โดยตรง (Protozoa)
- ผ่านผิวหนัง → เลือดฝอย (ได้แก่พวก Annelida)
- ผ่านเหงือก → (ปลา ลูกอ๊อด สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และ ตัวอ่อนของแมลง)
- แลกเปลี่ยนออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างอวัยวะในปอดกับเซลล์เม็ดเลือดแดงในเส้นเลือดฝอย (Capillary) ที่อยู่รอบ ๆ อวัยวะรวมทั้งลำเลียงออกซิเจนโดยเม็ดเลือดแดง ไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย

2. การหายใจภายใน (Internal respiration)

- การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายกับน้ำเหลืองโดยออกซิเจนจะถูกใช้ไปและคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมา
- สลายโมเลกุลของสารอาหารภายในเซลล์ โดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จึงมักเรียกว่า “การหายใจระดับเซลล์” (Cellular respiration) การหายใจในขั้นตอนนี้จะได้พลังงานในรูปแบบที่เป็นประโยชน์แก่สิ่งมีชีวิต คือ ATP (พลังงานสำหรับการทำงานในกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต)

ถาม : พลังงาน ATP ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตอะไรบ้าง

ตอบ : พลังงาน ATP ใช้สำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น

1. การหดตัวของกล้ามเนื้อ
2. การผลิตความร้อน
3. การลำเลียงสารแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต
4. การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน

ก๊าซที่สำคัญในกระบวนการหายใจ

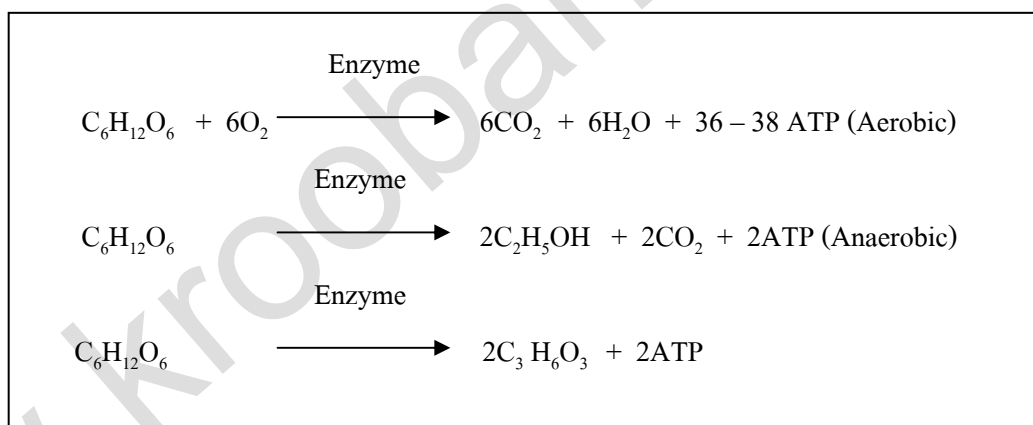
ชนิดของก๊าซ	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
อากาศที่สูดเข้าปอด (ลมหายใจเข้า)	20.96	0.03	79.00
อากาศที่คายออกมาจากปอด (ลมหายใจออก)	16.40	4.00	79.50

จากตาราง

1. สัดส่วนของก๊าซ O₂, CO₂ และ N₂ ในลมหายใจเข้า-ออก พบว่า N₂ > O₂ > CO₂
2. ลมหายใจออกมี O₂ ลดลง CO₂ เพิ่มมากขึ้น

สรุป

การหายใจภายในเซลล์คือการแลกเปลี่ยนก๊าซ O₂ และ CO₂ ที่เกิดขึ้นภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตระหว่างเซลล์ กับ เลือด น้ำเหลือง หรือ น้ำ โดยเซลล์รับ O₂ เข้าไปเผาผลาญอาหารต่าง ๆ ผลที่ได้คือ CO₂, H₂O และพลังงานดังสมการ



ถาม : โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซจะต้องมีลักษณะอย่างไร ?

ตอบ : โครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซควรมีลักษณะดังนี้

1. จะต้องเปียกชื้นอยู่ตลอดเวลา
2. ผنบาง เพื่อให้โมเลกุลของก๊าซแพร่ผ่านได้
3. มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เพื่อจะได้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซในปริมาณมากพอ

อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต

อัตราการหายใจขึ้นอยู่กับอัตราการสร้างพลังงาน ดังนั้น อัตราการหายใจจึงเป็นส่วนโดยตรงกับการทำงานของร่างกาย นั่นคือ เมื่อทำงานหนัก จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าขณะพักผ่อน

เครื่องมือวัดอัตราการหายใจแบบง่าย ๆ สามารถใช้ได้กับสัตว์ขนาดเล็ก เช่น หนู ลูกไก่ ประกอบด้วยขวดปิดฝาสนิท มีท่อติดกับฝาขวด มีหลอดแก้วบรรจุน้ำสีกับท่อภายในขวด ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อดูด O_2 ที่สัตว์หายใจออกมา เมื่อสัตว์ที่ปล่อยในขวดทดลองระยะหนึ่งแล้ว แก๊ส O_2 ที่ถูกใช้ไปจะทำให้สีเคลื่อนเข้ามาเป็นระยะหนึ่ง

อัตราการหายใจของสัตว์ คือ แก๊สที่ลดลงในหนึ่งหน่วยน้ำหนักตัว ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการหายใจ} = \frac{\pi r^2 d}{wt}$$

กำหนดให้ w = น้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

t = เวลา

r = รัศมีของรูหลอดแก้ว

d = ระยะทางเฉลี่ยที่หยดน้ำสีเคลื่อนที่ไป

ตัวอย่าง ในการวัดอัตราการหายใจ (การใช้ออกซิเจน) ของหนูตัวหนึ่ง มีข้อมูลดังนี้

- น้ำหนักตัวหนูทดลอง 200 กรัม
- ปริมาตรอากาศที่หนูหายใจเข้า – ออก 1 ครั้ง 75 มิลลิลิตร
- อัตราการหายใจของหนู 25 ครั้ง / นาที
- อัตราการเต้นของหัวใจ 120 ครั้ง / นาที
- ออกซิเจนในอากาศที่หายใจเข้า 20.9 %
- ออกซิเจนในอากาศที่หายใจเข้า 16.7 %

อยากทราบว่าหนูตัวนี้มีอัตราการใช้ออกซิเจนกี่ลิตรต่อน้ำหนักตัว 100 กรัมใน 1 ชั่วโมง

(คิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

ปริมาตรของอากาศที่หนูหายใจเข้าออก 1 ครั้ง 75 มิลลิลิตร

ปริมาตรของอากาศที่หนูหายใจเข้าออก 1 นาที $75 \times 25 = 1875$ มิลลิลิตร

ปริมาตรอากาศ 100 มิลลิลิตร มีออกซิเจน $\frac{4.2 \times 1875}{100} = 78.75$ มิลลิลิตร

น้ำหนักหนู 200 กรัม ใช้ออกซิเจน 78.75 มิลลิลิตร

น้ำหนักหนู 100 กรัม ใช้ออกซิเจน $\frac{78.75 \times 100}{200} = 39.37$ มิลลิลิตร

0.03 มิลลิลิตร

เวลา 1 นาที ใช้ออกซิเจน 0.03 ลิตร

เวลา 60 นาที ใช้ออกซิเจน $\frac{60 \times 0.03}{1} = 2.36$ ลิตร

อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. กิจกรรมและการทำงานของสิ่งมีชีวิต

2. อายุ และเพศ

- เด็ก สูงกว่าผู้ใหญ่

- เพศชาย สูงกว่าเพศหญิง

3. ชนิดของสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ สูงกว่าพืช

- สัตว์ต่างชนิดกัน อัตราการหายใจต่างกัน

- สัตว์ที่มีเมตาโบลิซึมสูงจะมีอัตราการหายใจสูง เช่น พวคนก (นกฮัมมิง) > หนู >

ปลาหมึก > คน > กบ > ปลาไหล > ปลาหมึกยักษ์ > ซีแอนิโมนี เป็นต้น

ถาม : อัตราการหายใจขึ้นอยู่กับอะไร

ตอบ : อัตราการหายใจขึ้นอยู่กับระดับความว่องไวในการดำรงชีวิต ของสิ่งมีชีวิต

การหายใจกับ Metabolism

Metabolism เป็นกระบวนการชีวเคมีของสารต่าง ๆ ภายในสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่ง แบ่งได้คือ

Catabolism → การสลายสารเพื่อให้ได้พลังงาน เช่น กระบวนการหายใจ

Anabolism → การสังเคราะห์สารเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งต้องอาศัยพลังงานเซลล์ เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การสังเคราะห์ด้วยแสง สังเคราะห์ฮอร์โมน ฯลฯ

จะเห็นว่า Metabolism มีความสำคัญอย่างใกล้ชิดกับพลังงานที่ได้จากการหายใจ และอัตราเมตาโบลิซึมซึ่งวัดทางอ้อมโดยวัดอัตราการหายใจ ดังนั้น เมื่ออัตราเมตาโบลิซึมสูงอัตราการหายใจจะสูงด้วย ถ้าอัตราเมตาโบลิซึมต่ำ อัตราการหายใจก็ต่ำด้วย

ถาม : นักวิทยาศาสตร์กล่าวว่า “อัตราการหายใจเป็นเครื่องบ่งอัตราเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิต

อธิบาย.

ตอบ : กระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจะเกิดได้ต้องอาศัยพลังงานจากการหายใจ ดังนั้นการหายใจจึงควบคุมเมตาโบลิซึมทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหายใจ ย่อมมีอิทธิพลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึม ของสิ่งมีชีวิตด้วย

สรุป การหายใจมีความสัมพันธ์กับเมตาโบลิซึม ดังนี้

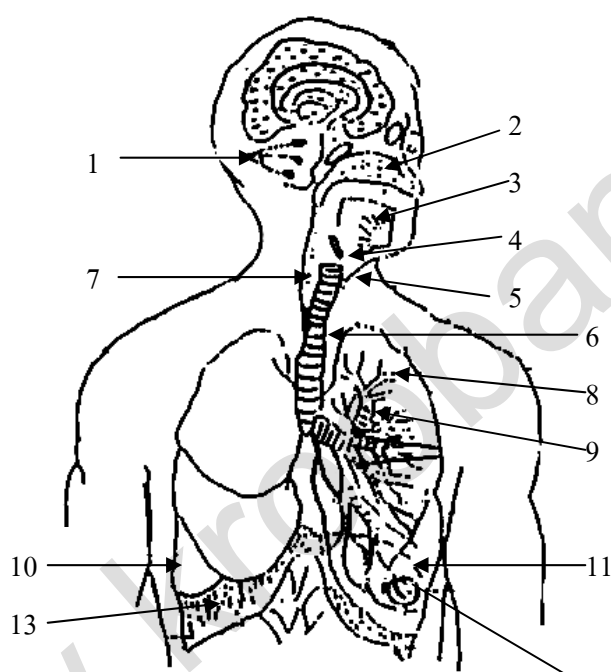
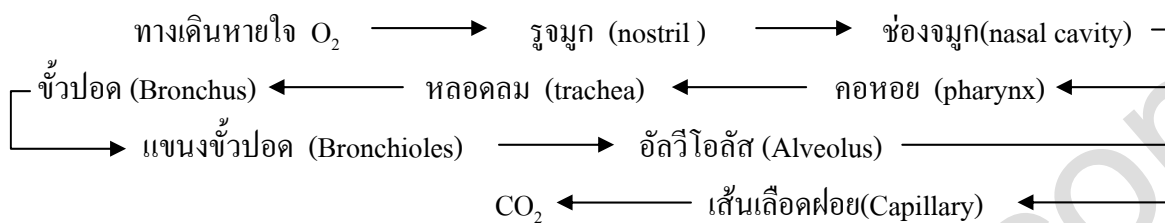
1. การหายใจเป็นกระบวนการ Catabolism เพื่อผลิตพลังงานในรูป ATP
2. พลังงานที่เกิดจากกระบวนการหายใจ จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของร่างกาย
3. การหายใจเป็นกลไกสำคัญในการควบคุม Metabolism ทุกชนิด ที่จำเป็นต้องใช้พลังงาน เช่น การสังเคราะห์ การเคลื่อนไหว กระบวนการแอคทีฟทรานสปอร์ต (Active transport)

ถาม : การหายใจ คืออะไร เกิดขึ้นที่ส่วนใดของร่างกาย

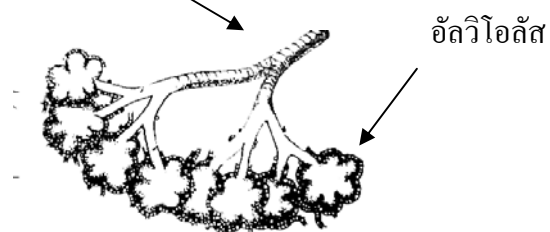
ตอบ : การหายใจ คือ กระบวนการที่ O_2 ทำปฏิกิริยากับ $C_6H_{12}O_6$ หรืออินทรีย์ สาร ได้พลังงาน CO_2 และ E

โครงสร้างและกลไกสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซของคน

การหายใจของคน



1. ศูนย์ควบคุมการหายใจ
2. โพรงจมูก
3. ลิ้น
4. ฝาปิดกล่องเสียง
5. กล่องเสียง
6. หลอดลมคอ
7. หลอดอาหาร
8. หลอดลมฝอย
9. หลอดลม
10. ปอดขวา
11. ปอดซ้าย
12. กระบังลม



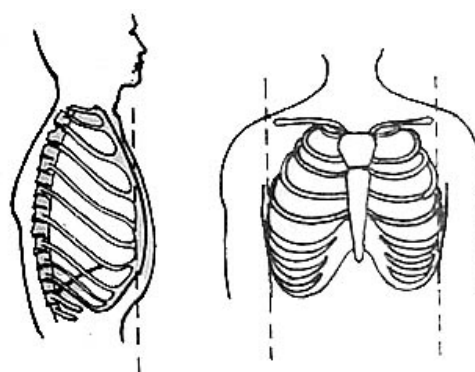
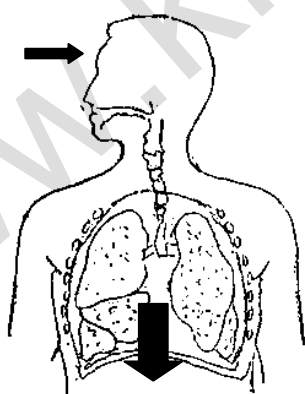
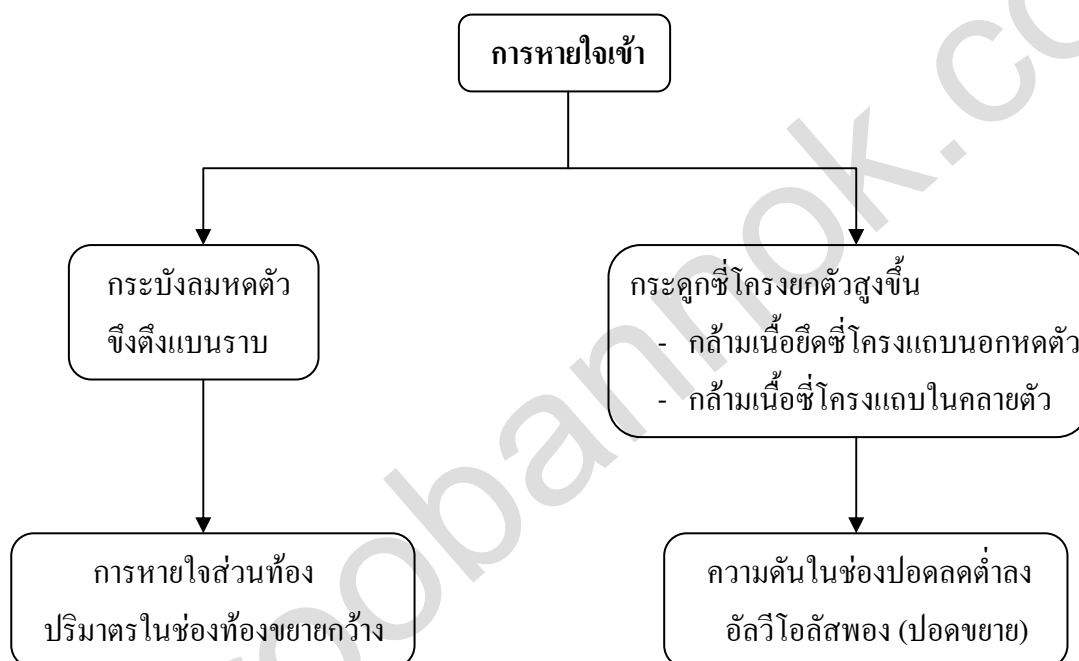
รูปที่ 10 ภาพแสดงส่วนต่างๆ ของทางเดินหายใจและถุงลมที่ปลายหลอดลมฝอย

(สสวท. ม.ป.ป. : 45)

กลไกการหายใจ

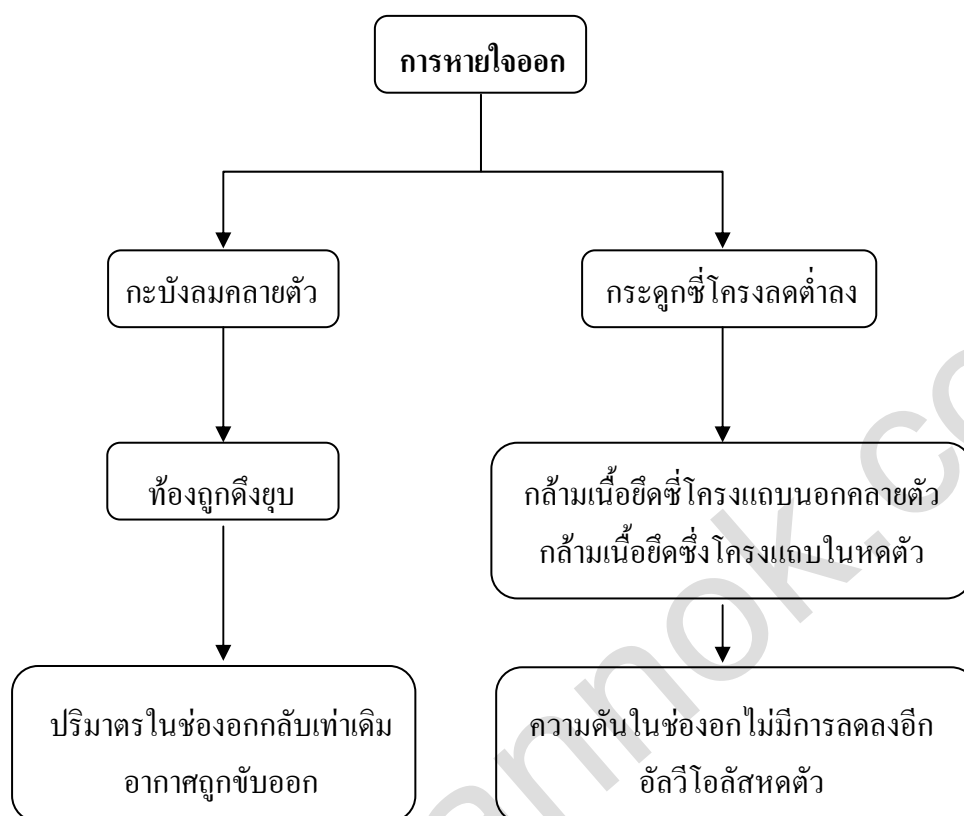
- อล์วิโอลัส จำนวน 700 ล้านถุงแต่ละถุงมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.25 มิลลิเมตร คิดเป็นพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซของถุงอล์วิโอลัสทั้ง 2 ข้างประมาณ 90 ตารางเมตร หรือประมาณ 40 เท่าของพื้นผิวหนังทั่วร่างกาย

- ศูนย์ควบคุมการหายใจคือ Medulla Oblongata ซึ่งไวต่อ CO_2 มากที่สุด

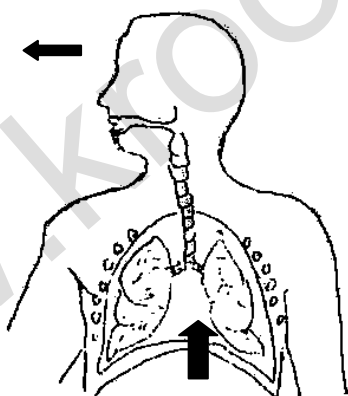


ซี่โครงยกตัวสูงขึ้น
ปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้น
ความดันในช่องอกน้อยลง

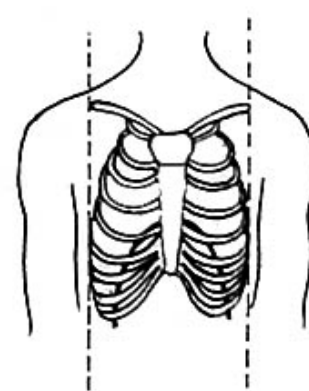
รูปที่ 11 ภาพการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมขณะหายใจเข้า



การสูดลมหายใจออก



กะบังลมคลายตัว
อยู่ในสภาพโค้ง



- กระดูกซี่โครงลดต่ำลง
- ปริมาตรในช่องอกน้อยลง
- ความดันในช่องอกมากขึ้น
- อากาศในปอดถูกดันออกมา

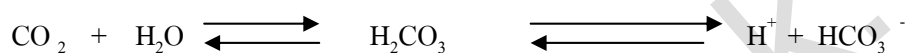
รูปที่ 12 ภาพการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมขณะหายใจออก

(สสวท. ม.ป.ป. : 47)

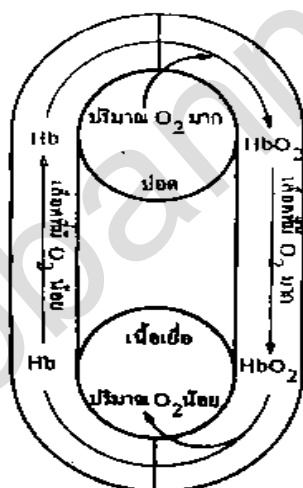
ถาม : ในการหายใจเข้า จะเกิดเหตุการณ์อย่างไร

ตอบ : กล้ามเนื้อกระตุกซี่โครงแถบนอกหดตัว ความดันภายในทรวงอกลดลง ปริมาตรช่องอกเพิ่มขึ้น

การแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกาย



การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน



รูปที่ 13 ภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน

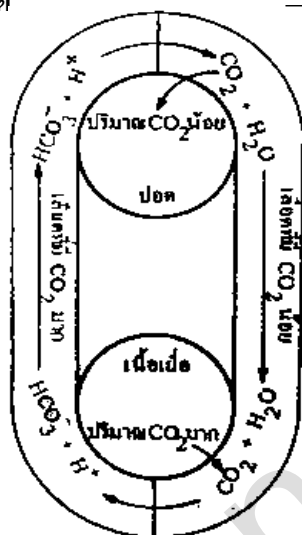
(สสวท. ม.ป.ป. : 49)

1. เม็ดเลือดแดงเข้าสู่เส้นเลือดฝอย
2. O_2 จาก Alveolus + Hb $\longrightarrow$ HbO_2
3. HbO_2 จากปอดสู่เนื้อเยื่อของร่างกาย
4. HbO_2 ปล่อย O_2 สู่เนื้อเยื่อ (ในพลาสมา) จากนั้นจะแพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ $\longrightarrow$ เซลล์
5. เม็ดเลือดแดงจากเส้นเลือดฝอยในเนื้อเยื่อไปตามระบบหมุนเวียนเลือด $\longrightarrow$ สู่ปอด

ถาม : จากสมการ $\text{Hb} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$ ผลของปฏิกิริยานี้ จะพบได้ที่ใด

ตอบ : เม็ดเลือดแดง

การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



(สสวท. ม.ป.ป. : 49)

รูปที่ 14 ภาพแสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1. CO_2 จากเซลล์เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ แล้วแพร่สู่เส้นเลือดฝอย
2. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
3. HCO_3^- จากเม็ดเลือดแดงสู่พลาสมา $\longrightarrow$ เม็ดเลือดแดง $\longrightarrow$ สู่ปอด และเข้าสู่เส้นเลือดฝอย
4. ในเม็ดเลือดแดง $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ อีกและ $\text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. CO_2 แพร่จากเส้นเลือดฝอยของปอดสู่ Alveolus

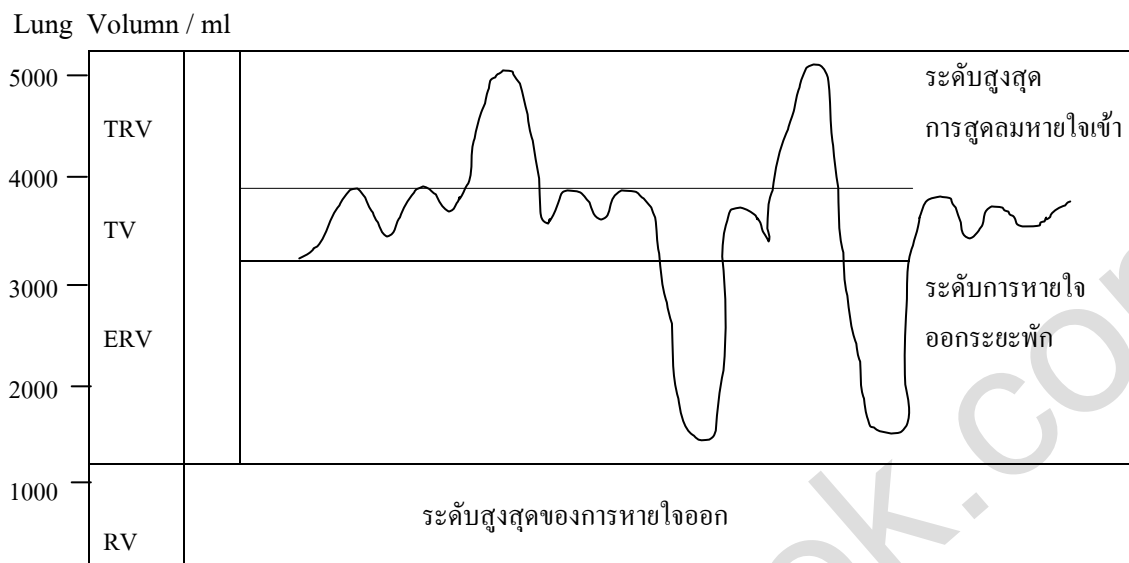
ถาม : ในสัตว์ชั้นสูง การลำเลียงก๊าซ CO_2 ในร่างกายส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นในรูปแบบใด

ตอบ : HCO_3^- ในน้ำเลือด

ความจุปอด

ตามปกติอากาศเข้า-ออกจากปอดแต่ละครั้งประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แท้จริงแล้วปอดมีค่ามากกว่านี้ แต่เราไม่สามารถวัดความจุที่แท้จริงของปอดได้เพราะปริมาตรอันจำกัดในช่องอกบังคับไว้

ดังนั้นค่าความจุปอดจึงเป็นค่าลมหายใจเข้าเต็มที่ หรือลมหายใจออกเต็มที่ ซึ่งเมื่อรวมกับปริมาตรที่ตกค้างปอด จึงได้ค่าความจุโดยประมาณของปอดขณะที่อยู่ในร่างกาย



รูปที่ 15 แสดงการหายใจและปริมาณต่าง ๆ ของอากาศเกี่ยวกับการหายใจ

(ปริชา-นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. ม.ป.ป. : 363)

TRV = ปริมาตรของอากาศที่สูดลมหายใจเข้าเต็มที่

TV = ปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้า - ออกตามปกติ

ERV = ปริมาตรของอากาศที่ปล่อยลมหายใจออกเต็มที่

RV = ปริมาตรของอากาศที่เหลืออยู่ในปอด

ถาม : คนที่ออกกำลังกายอยู่เสมอ เช่น นักกีฬา สามารถสูดลมหายใจเข้าเต็มที่ได้นานกว่าคนทั่วไปเพราะอะไร

ตอบ : เพราะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการสูดลมหายใจทำงานได้ดี ปริมาตรของลมหายใจจึงใกล้เคียงกับความจุของปอดมากขึ้น คนกลุ่มนี้จะทำกิจกรรมอยู่ได้นานและเหนื่อยยากกว่าคนทั่วไป

ปริมาตรของอากาศที่ผ่านเข้า – ออกจากปอดพอสรุปได้ดังนี้

1. **Tidal volumn (TV)** เป็นปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าออกตามปกติประมาณ 5,000 ลบ.ซม. อากาศจำนวนนี้จะเข้าสู่ถุงลม (alveolus) ประมาณ 3,500 ลบ.ซม. ส่วนอีก 1,500 ลบ.ซม. จะอยู่ตามทางเดินของลมหายใจ ไม่ได้ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซเลย และพบว่าชายไทยมีประมาณ 4,500 ลบ.ซม. ในหญิงไทยมี Tidal volumn ประมาณ 3,500 ลบ.ซม.

2. **Inspiratory reserve volumn (TRV)** เป็นปริมาตรของอากาศในลมหายใจเข้าเต็มที่ กล่าวคือ ภายหลังจากการสูดลมหายใจเข้าปกติแล้ว เราสามารถที่จะสูดลมหายใจเข้าไปได้อีกให้

เต็มที่จะเป็นปริมาตรของอากาศที่เพิ่มขึ้น จากการสูดลมหายใจปกติมีประมาณ $1,000 + 1,500$ ลบ. ซม.

ดังนั้น อากาศที่หายใจออกทั้งหมด

$$= IRV + TV = 1,500 + 500 = 2,000 \text{ ลบ. ซม.}$$

3. Expiratory reserve volumn (ERV) เป็นปริมาตรของอากาศในการหายใจออกเต็มที่ กล่าวคือ เมื่อมีการปล่อยลมหายใจออกมาตามปกติแล้ว สามารถหายใจออกอีกจนสุด มีประมาณ 1,500 ลบ. ซม.

ดังนั้น อากาศที่หายใจออกทั้งหมด (Expiratory capacity)

$$= ERV + TV + 1,500 + 500 = 2,000 \text{ ลบ. ซม.}$$

4. Residual volumn (RV) เป็นปริมาตรของอากาศที่เหลือหรือที่ตกค้างอยู่ในปอด มีประมาณ 1,000 - 1,500 ลบ. ซม. ซึ่งอากาศที่เหลือนี้มีไว้สำหรับอากาศดั้งเดิม เพราะทุกครั้งที่อากาศผ่านเข้าหรือออกจะมีการผสมกับอากาศเดิมตลอดเวลา

5. Vital capacity เป็นปริมาตรของอากาศทั้งหมดที่หายใจตามปกติและหายใจเข้าจนเต็มที่แล้วก็หายใจออกมาจนเต็มที่อีก ($TV + IRT + ERV$) ถือเป็นความจุปอดที่มีประมาณ 3,500 ลบ. ซม. อากาศจำนวนนี้อาจมากน้อยตามขนาดของร่างกาย ความสูง น้ำหนักตัว เพศ อาชีพ และท่าทางของร่างกาย เช่น

- ท่านั่งมี vital capacity ประมาณ 4,000 ลบ. ซม.
- ท่านอนมี vital capacity มากที่สุด ประมาณ 4,500 ลบ. ซม.
- ท่านอนมี vital capacity มากประมาณ 3,500 ลบ. ซม. เป็นต้น

6. Total lung capacity เป็นความจุทั้งหมดของปอด ซึ่งเป็นปริมาตรของอากาศที่ได้รับจาก Vital capacity รวมกับ Residual volumn (RV) มีค่าประมาณ 4,500 - 5,000 ลบ. ซม.

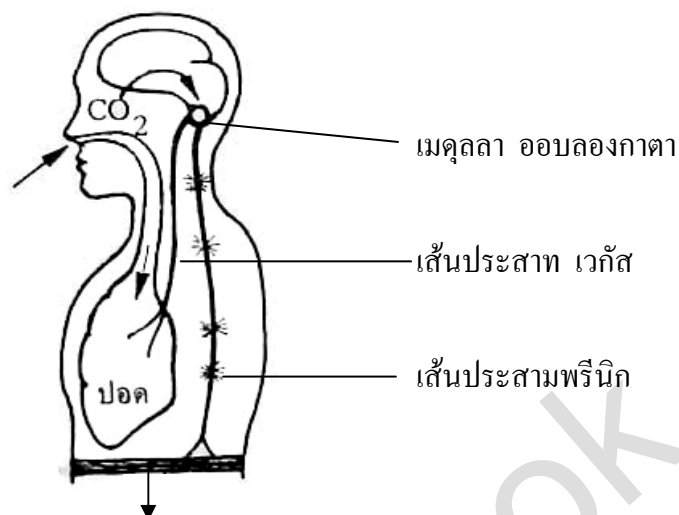
ถาม : เป็นไปได้หรือไม่ว่า อากาศที่ค้างอยู่ในปอดจำนวนหนึ่ง ไม่มีการถ่ายเทอากาศ เข้า-ออกจากปอดเลย

ตอบ : ถึงแม้ว่าจะมีอากาศจำนวนหนึ่งอยู่ในปอด ไม่ว่าเราพยายามหายใจออกให้มากที่สุด แล้วก็ตาม แต่อากาศภายนอกหรืออากาศที่เข้าไปใหม่จะปนกับอากาศเก่า เมื่อหายใจออกอากาศ ที่ปนกันนี้ก็จะถูกถ่ายเทออกมาได้เสมอ ถึงแม้จะมีบางส่วนยัง ค้างอยู่ แต่ก็ถูกถ่ายออกมาอีกในการหายใจครั้งต่อ ๆ ไปเรื่อย ๆ

ศูนย์ควบคุมการหายใจ (CONTROL OF BREATHING)

แหล่งที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการหายใจ (Respiratory Center) อยู่ที่ Medulla oblongata

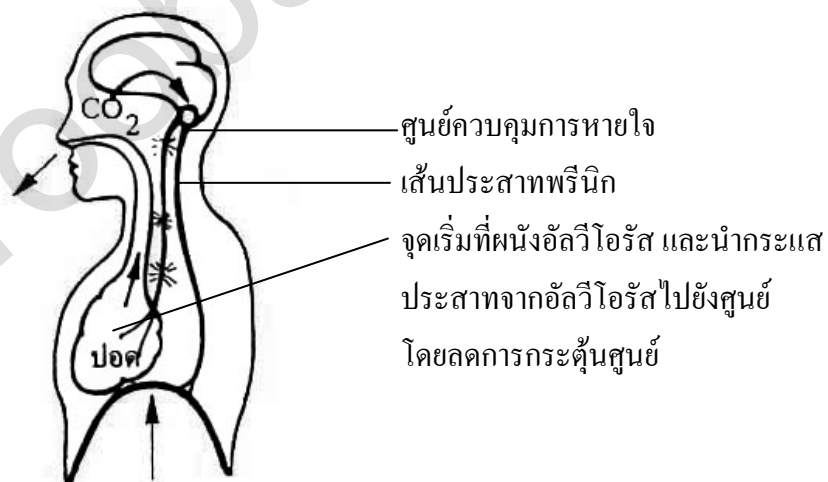
การหายใจเข้า



รูปที่ 16 ภาพแสดงการควบคุมการหายใจเข้า (ปริชา-นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, ม.ป.ป. : 370)

การหายใจเข้ามี CO_2 เป็นตัวกระตุ้น Respiratory Center โดยส่งกระแสประสาทผ่าน Phrenic nerve ยังกระตุ้นทำให้มีการหายใจเข้า Phrenic nerve ไปกระตุ้นกระบังลมให้เกิดการหดตัว ช่วงอกกว้างขึ้น ส่วน Alveolus ขยายใหญ่ขึ้น จึงเป็นช่วงหายใจเข้า

การหายใจออก



รูปที่ 17 ภาพแสดงการควบคุมการหายใจออก (ปริชา-นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, ม.ป.ป. : 370)

การหายใจออก เนื่องจากเกิดการขยายตัวของ Alveolus อย่างมากนี้ทำให้เกิดกระแสอากาศ Vagus ซึ่งทำหน้าที่พิเศษ จะนำกระแสประสาทไปยังศูนย์หายใจ โดยลดการกระตุ้นศูนย์หายใจ ซึ่งเกิดจากปริมาณในเลือด ดังนั้นศูนย์หยุดส่งกระแสประสาทไปยังกระบังลมและกล้ามเนื้อซี่โครง

การควบคุมจังหวะการหายใจ (Variation in rhythm) เปลี่ยนแปลงไปตามอารมณ์ หรือการทำงานของกล้ามเนื้อและการออกกำลังกาย

คงเคยได้อ่านวรรณคดีบางเรื่อง ที่ตัวละครกลืนใจตาย กล่าวคือ ฆ่าตัวตายโดยไม่ยอมหายใจ ความจริงถ้าเราพยายามหยุดหายใจ เราก็จะทำได้เพียงชั่วขณะเท่านั้นเพราะเราจะทนหยุดหายใจต่อไปไม่ได้ ในที่สุดเราก็ต้องหายใจอยู่ อาจสงสัยว่าจะอะไรทำให้เราหยุดหายใจไม่ได้

เมื่อทดลองให้ออกซิเจนแก่ร่างกาย อัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเราเอาถุงพลาสติกครอบศีรษะประมาณสอง – สามนาทีก เราจะมีอาการหายใจเข้าออกถี่ขึ้น

จะอธิบายผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

การได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้นไม่ช่วยให้อัตราการหายใจเข้า – ออก เพิ่มขึ้น แต่เมื่อครอบด้วยถุงพลาสติกคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะเราหายใจออกมาและเมื่อเราสูดเอาอากาศในถุงเข้าไปก็จะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายเพิ่มขึ้นทำให้หายใจถี่ขึ้น ฉะนั้นสาเหตุที่เราไม่สามารถกลืนหายใจได้นาน เพราะมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในร่างกายได้

ในขณะที่เราออกกำลังกาย คาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะทำให้ศูนย์การหายใจถูกเราให้ส่งกระแสประสาทไปกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหายใจหดตัว และหายใจเอาอากาศเข้าปอดมาก เมื่อปอดพองตัวมากกระแสประสาทเวกส์ก็จะส่งกระแสประสาทไปยังการส่งกระแสประสาทของศูนย์การหายใจไปยังกล้ามเนื้อหายใจ เมื่อกล้ามเนื้อหายใจไม่ได้รับการกระตุ้นก็จะคลายตัว ด้วยเหตุนี้ถ้ายังออกกำลังกายมากเราก็จะหายใจถี่ขึ้นและหายใจลึก ๆ ซึ่งอาการเช่นนี้เรียกว่า “หอบ”

ในกรณีที่ปริมาณ CO_2 ในเลือดต่ำ ศูนย์ควบคุมการหายใจไม่ถูกกระตุ้นแรง ๆ การหายใจจะช้าลง เช่น ตอนนอนหลับ ถ้าทดลองหายใจลึก ๆ โดยจงใจจะให้ปริมาณ O_2 สูงและปริมาณ CO_2 ลดลงอย่างรวดเร็ว ไม่พอที่จะกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจทำให้สามารถหยุดหายใจได้ชั่วคราว แต่เป็นเพียงระยะสั้น ๆ เท่านั้น

ถาม : จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์กับศูนย์การทำงานของหัวใจ

ตอบ : เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้การหายใจส่งกระแสประสาทกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหายใจทำงาน ปอดขยายขึ้นเป็นผลให้เส้นประสาทเวกส์ส่งกระแสประสาทไปยังการส่งกระแสประสาทไปยังการส่งกระแสประสาทของศูนย์การหายใจ

ในขณะที่มีการสูดลมหายใจเข้า-ออก ออกซิเจนจากอากาศในปอดจะเคลื่อนเข้าสู่เลือดและคาร์บอนไดออกไซด์จะเคลื่อนออกจากเลือดเข้าสู่อากาศในปอด การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารอาจเป็นการแพร่หรือเป็นแอสดีฟฟรานสปอร์ต ก็ได้การเคลื่อนที่ของสารแบบ แอสดีฟฟรานสปอร์ต

ต้องอาศัยพลังงานจากเซลล์ เซลล์เหล่านี้มักจะมีไมโทคอนเดรีย เป็นจำนวนมากด้วย แต่เซลล์ที่บุผิว
 ถุงลมมีไมโทคอนเดรียน้อย นอกจากนี้ความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศในถุงลมมีมากกว่า
 ในเลือด และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดมีมากกว่าในอากาศในถุงลม

ถาม : จากเหตุผลดังที่กล่าว จะบอกได้หรือไม่ว่า การเคลื่อนที่ของคาร์บอนไดออกไซด์
 เข้าสู่เลือดเป็นแบบใด

ตอบ : น่าจะเป็นการเคลื่อนที่แบบการแพร่

ถ้าการเคลื่อนที่ของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านผนังของถุงลมเป็นการแพร่ ดังนั้นการเพิ่ม
 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงลมก็ย่อมจะมีผลต่ออัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของ
 คาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดสู่ถุงลม

เราอาจพิสูจน์สมมติฐานนี้โดยการทดลอง คือ เอาถุงลมพลาสติกคลุมศีรษะในไม่ช้าการหายใจ
 เข้า – ออก และอัตราการเต้นของหัวใจก็จะดีขึ้น

ถาม : จะอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ ว่าอย่างไร

ตอบ : การหายใจดีขึ้นแสดงว่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเพิ่มขึ้น การที่คาร์บอนไดออกไซด์
 ในเลือดเพิ่มขึ้นก็เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้น
 ของคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงพลาสติกเพิ่มขึ้น การแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์
 ในเลือดสูงขึ้น ดังนั้นการเคลื่อนที่ของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านถุงลมจึงเป็นการแพร่

เลือดมีหน้าที่หลายอย่าง นอกจากแข็งตัวได้ช่วยป้องกันมิให้เลือดออกมาในขณะที่เกิด
 บาดแผลแล้ว ยังมีหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ลำเลียงก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดร็อกไซด์

ออกซิเจนที่อยู่ในอากาศและออกซิเจนที่อยู่ในเลือดมีสถานะแตกต่างกัน ออกซิเจนที่อยู่ใน
 อากาศและปอดนั้นมีสถานะเป็นก๊าซ แต่เมื่อเข้าไปในเลือดได้ซึ่งเป็นของเหลว ออกซิเจนต้องอยู่
 ในสถานะที่เป็นตัวถูกละลาย ถ้าออกซิเจนละลายในเลือดได้ดีก็ย่อมเข้าสู่เลือดได้มาก จงเปรียบเทียบ
 ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในสารต่างๆ ต่อไปนี้

ชนิดของของเหลว	ปริมาณของ O_2 ที่ละลายในของเหลว 100 มิลลิลิตร
----------------	---

น้ำ	0.5 มิลลิลิตร
พลาสมา	0.3 มิลลิลิตร
เลือด (พลาสมา กับ เม็ดเลือดขาว)	20.0 มิลลิลิตร

ถาม : จงอธิบายปริมาณที่แตกต่างกันของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในของเหลวชนิดต่าง ๆ ว่าเป็นอย่างไร

ตอบ : ออกซิเจนละลายได้ดีที่สุดคือละลายในเลือด

สิ่งที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจและการแลกเปลี่ยนก๊าซ

สภาพมลภาวะของอากาศ

อากาศเป็นของผสมที่มีส่วนผสมของก๊าซต่างๆ และสารเจือปนในอากาศ สารเจือปนในอากาศที่มีอยู่หลายชนิดด้วยกันที่เป็นสารพิษ และมีอยู่ปริมาณมากจนเป็นอันตรายต่อร่างกาย ได้แก่

- คาร์บอนมอนนอกไซด์
- อนุภาคของโลหะหนัก เช่น สารปรอท สารตะกั่ว
- ไฮโดรคาร์บอน
- แอมโมเนีย
- ฟูลเลอเรียน
- ควีนหรือไอจากสารปรอท สารตะกั่ว
- เชื้อโรคต่างๆ

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO_2)

เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ควันบุหรี่ ควันและเขม่าจากท่อไอเสียรถยนต์ และเครื่องจักรเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เมื่อสูดดมหายใจเข้าสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่า และเร็วกว่าออกซิเจนถึง 200–250 เท่า กลายเป็น Carboxyhaemoglobin ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไป 4 % จะทำให้เกิดการเจ็บป่วย เช่น ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย ถ้ารับนาน ๆ จะความจำเสื่อม เบื่ออาหาร ถ้ารับจำนวนมากติดต่อกันอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

อนุภาคของโลหะหนัก เช่น สารปรอท สารตะกั่ว แคดเซียม แมงกานีส ซิลิกา เป็นต้น

แหล่งที่เกิดยานพาหนะที่ปล่อยควันและก๊าซที่เป็นพิษต่างๆ สู่บรรยากาศมากมาย จากการศึกษาของชมรมต่อต้านควันพิษ ยานพาหนะที่ปล่อยควันพิษ พบว่าตะกั่วที่สะสมในร่างกายคนไทยบางกลุ่มเกินกว่ามาตรฐาน เช่น ประชาชนที่อยู่ริมถนนที่มีการจราจรคับคั่ง ผู้โดยสารรถเมล์ คนขับรถแท็กซี่ ตำรวจจราจร มีค่าเฉลี่ยของสารตะกั่วอยู่ในเลือดเท่ากับ 54.4 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่ค่ามาตรฐานไม่เกิน 50 ไมโครกรัม / เดซิลิตร

ในระบบการหายใจเมื่อตะกั่วเข้าสู่ถุงลมจะถูกสะสมอยู่จนกว่าจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบเลือด มีผลทำให้เกิดการระคายเคืองกับปอด และสร้างเนื้อเยื่อพังผืดของปอดเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลงได้

ถาม : ควันจากท่อไอเสียรถยนต์เก่า ๆ ที่ขาดความเอาใจใส่จากเจ้าของเป็นอันตรายถึงชีวิตได้เพราะอะไร

ตอบ : มี CO_2 ไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินเป็นสารประกอบที่ถาวร

$(Hb + CO \longrightarrow HbCO)$ (Carboxyhaemoglobin) ทำให้ Hb จับกับ O_2 ไม่ได้อีก

พิษของสารตะกั่วมีผลต่อร่างกายดังนี้

ในเด็กถ้าในเลือดมีระดับสารตะกั่วมากกว่า 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีการเจริญเติบโตช้า สติปัญญาต่ำ บางคนจะมีความผิดปกติในการฟัง การพูด และระบบประสาทถูกทำลายอย่างรุนแรงระยะยาวมาก

หญิงมีครรภ์ ถ้ามีในเลือดเกิน 7 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป มักจะแท้งบุตรหรือคลอดก่อนกำหนดได้

ผู้ใหญ่ หากมีสารตะกั่วในเลือดสูงกว่า 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรจะมีภาวะสมองเสื่อมเร็วกว่าปกติ ความจำเสื่อม มีโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง และหากมีถึง 50 – 70 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรจะมีอาการโลหิตจาง ลมชัก ชาปลายมือปลายเท้า

อนุภาคของโลหะอีกชนิดหนึ่งคือสารปรอท ไอปรอทเข้าทางลมหายใจ ถ้ารับไปมากจะทำให้เกิดอาการหนาวสั่นเป็นไข้ แน่นหน้าอก และอาจถึงตายได้

โรคที่เกี่ยวข้องปอด

วัณโรคปอด (Tubercle) เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Mycobaeterium tuberc* จะเกิดที่เนื้อเยื่อปอดหลอดลม หลอดลมฝอย หรือเยื่อหุ้มปอด โดยจะทำให้ปอดอักเสบ และมีการทำลายเนื้อเยื่อปอดจนเกิดฝีพังผืดมาแทนที่เนื้อเยื่อทำให้เกิดอาการไอ และถ้าไอมาก ๆ จะทำให้เส้นเลือดในปอดแตกเลือดเข้าไปในถึงลมและจะทำให้ไอออกมาเป็นเลือดปนเสมหะ

โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดลดลงเนื่องจากสูดอากาศที่มีสารพิษ เช่น ควันบุหรี่ ควันจากโรงงาน ควันจากท่อไอเสียรถยนต์เป็นเวลานาน ทำให้ปอดเกิดการติดเชื้อ มีการทำลายผนังของถุงลมขาดความยืดหยุ่นและผนังทะลุถึงทั้งหมดนอกจากนั้นหวัปอดเกิดการหดตัว อากาศเคลื่อนเข้าสู่ปอดได้ยาก ดังนั้นอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นหัวใจทำงานหนักขึ้นจนอาจทำให้หัวใจวายในที่สุด ในคนที่สูบบุหรี่มาก ๆ อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งได้มาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการระคายเคืองของท่อทางเดินอากาศ จนเกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอากาศอักเสบเรื้อรังได้

โรคปอดบวม (Pneumonia) เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Diplococcus pneumoniae* เข้าไปในหลอดทำให้เกิดการอักเสบ มีน้ำเหลืองและเมือกเต็มถุงลมและหลอดลมฝอย ทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลงมีอาการไคแห้ง ๆ ต่อมาจะมีเสมหะ มูกเหนียว ๆ ออกมา ถ้าเป็นมาก ๆ เสมหะจะมีสีอิฐปนออกมา และมีไข้หวัด ตัวเขียวเนื่องจากการขาดออกซิเจน

ถาม : โรคถุงลมโป่งพอง ซึ่งทำให้ปอดทำงานไม่ได้ มีลักษณะอย่างไร

ตอบ : พื้นที่ของถุงลมปอดถูกทำลาย ทำให้พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนลดลง

สภาพความกดดันของอากาศ

สภาพความกดดันของอากาศต่ำ เมื่อขึ้นไปในที่สูงๆแล้วจะรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวกที่เป็นเช่นนี้เพราะ ในที่สูงขึ้นไปนั้นความดันอากาศยิ่งลดลงโดยเฉพาะความดันของออกซิเจน (PO_2) ในบรรยากาศลดลงอย่างมาก ทำให้ความดันของออกซิเจนระหว่างปอดกับเส้นเลือดไม่แตกต่างกันมากนัก เป็นผลให้ O_2 ไม่สามารถแพร่เข้าเลือดได้ตามปกติ จึงมีอาการเวียนศีรษะ สมองทำงานช้า คลื่นไส้ และหมดสติในที่สุด

สภาพความกดดันอากาศสูง สภาพความกดอากาศเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ลึกลงไป โดยเพิ่มขึ้น 1 บรรยากาศต่อความลึก 10 เมตร จากระดับน้ำทะเล ดังนั้นเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายแก่ปอด นักดำน้ำที่ดำลงไปลึกมาก ๆ เวลาขึ้นสู่ผิวน้ำได้จะต้องขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นจึงหยุดพักที่ระดับความลึกต่าง ๆ

เป็นระยะเพื่อให้ก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำเลือดค่อย ๆ ขับออกทางปอด แต่ถ้าหากขึ้นสู่ผิวตัวอย่างรวดเร็ว จะเกิดเป็นฟองอากาศจำนวนมากมาในร่างกาย ทำให้เกิดการเจ็บป่วย ปวดศีรษะ อัมพาต และหมดสติจนถึงแก่ชีวิตได้

ถาม : จงบอกรงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการหายใจ

ตอบ : O_2 และ CO_2 จะถูกลำเลียงไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกายโดยอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดซึ่งมีรงควัตถุเป็นสารที่สามารถรวมตัวกับก๊าซได้ดี รงควัตถุที่มีความจำเป็นดังกระบวนการหายใจได้แก่

- เฮโมโกลบิน (Haemoglobin)
- เฮโมไซยานิน (Haemocyanin)
- เฮโมอีริทริน (Haemoerythrin)
- คลอโรครูโอนิน (Chlorocruonin)

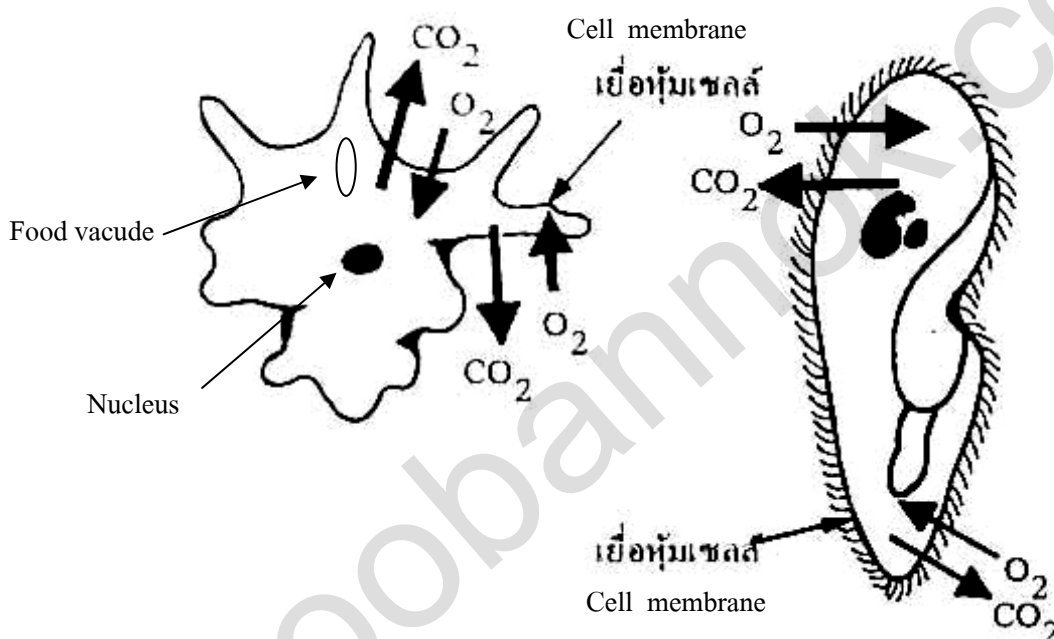
ถาม : จากการศึกษาคุณสมบัติของฮีโมโกลบิน บอกได้หรือไม่ว่าการเปลี่ยนสีของเลือดเกี่ยวข้องกับอะไร

ตอบ : เกี่ยวข้องกับการรวมกันระหว่างฮีโมโกลบิน กับออกซิเจน

โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

1. เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane)

- พบในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำขนาดเล็ก เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยูกลีนา ฯลฯ
- สัตว์ที่มีหลายเซลล์ แต่ยังมีส่วนของเนื้อเยื่อบาง ๆ บริเวณผิวภายนอกสัมผัสกับน้ำโดยตรง เช่น ไฮดรา แมงกะพรุน และฟองน้ำ



รูปที่ 18 ภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซของอะมีบาและพารามีเซียม (พัชรีย์ พัฒวรรณกุล. ม.ป.ป. : 60)

“อะมีบา และพารามีเซียม จะใช้เยื่อหุ้มเซลล์รอบตัวเป็นพื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซด้วยวิธีการแพร่ (diffusion)”

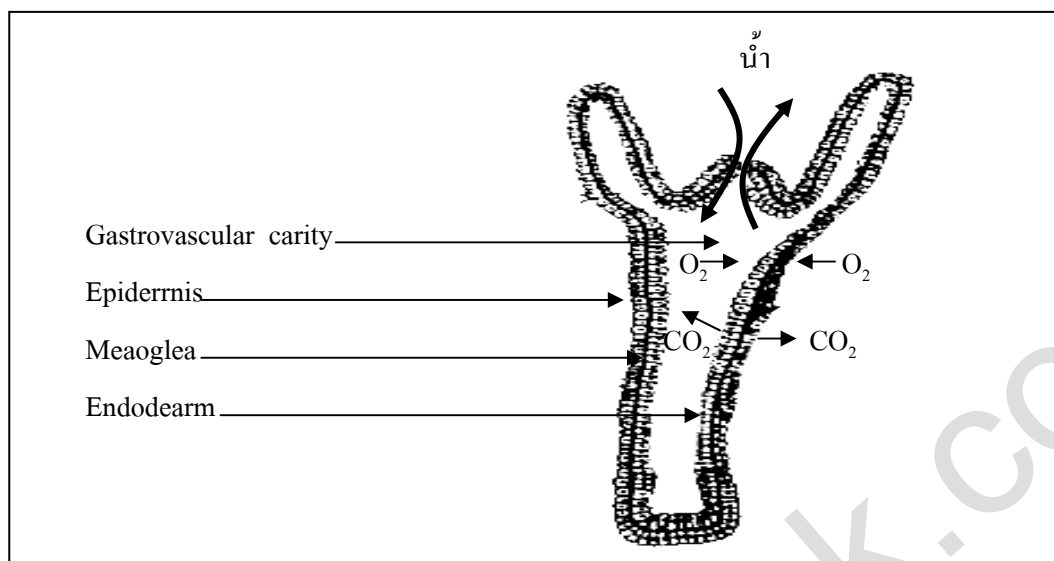
ถาม : ออกซิเจนในน้ำได้มาจากไหน

ตอบ : จากการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และจากการแพร่จากอากาศลงสู่น้ำ

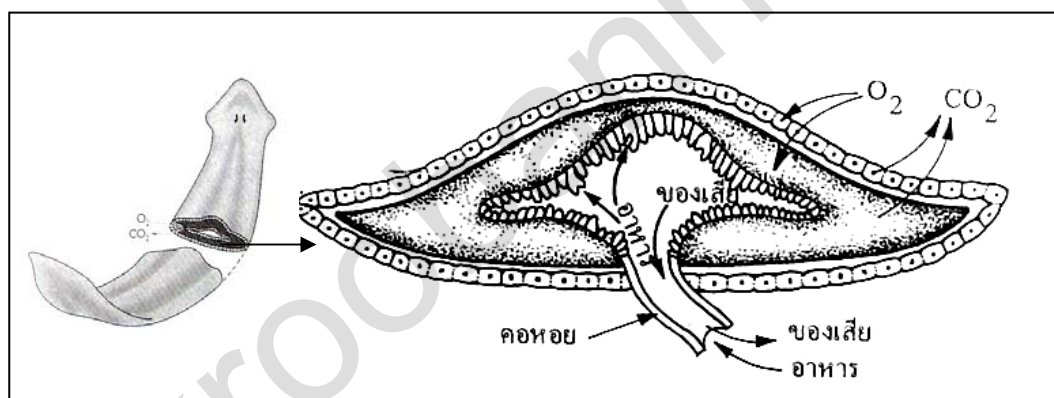
ไฮดรา (Hydra)

Hydra อยู่ในไฟลัม Coelenterata

การรับและจัดสารของไฮดราเกิดขึ้นโดยการแพร่(Diffusion) ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม และระหว่างเซลล์กับเซลล์โดยตรง



รูปที่ 19 ภาพแสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซของไฮดรา (พัชรี พัฒวรรณกุล. ม.ป.ป. : 61)
พลานาเรีย (Planaria)



รูปที่ 20 ภาพแสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซของพลานาเรีย (พัชรี พัฒวรรณกุล. ม.ป.ป. : 61)
พลานาเรียเป็นสัตว์หลายเซลล์ขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีร่างกายใหญ่กว่าอะมีบา ดังนั้นความต้องการออกซิเจนของไฮดราจึงมากตามไปด้วย

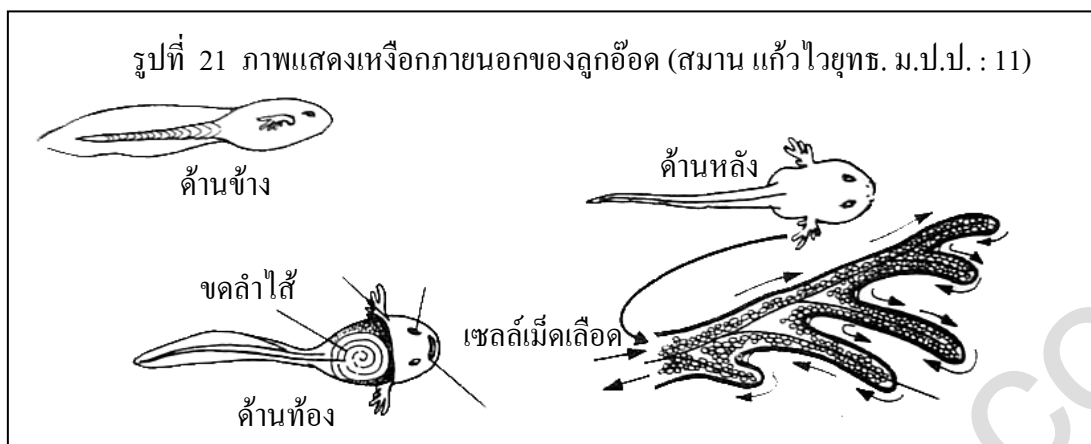
แต่พลานาเรียก็ยังใช้วิธีการแลกเปลี่ยนก๊าซทางเยื่อหุ้มเซลล์เหมือนอะมีบา แต่มีการปรับโครงสร้างที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซคือ ลำตัวแบน

2. เหงือก (Gill)

เหงือกของสัตว์น้ำ แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1. เหงือกภายนอก (External gill) พบในไส้เดือนทะเล และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำตอนเป็นลูกอ๊อด
2. เหงือกภายใน (Internal gill) เช่นพวก ปลา กุ้ง ปู หอย ดาวทะเล เป็นต้น

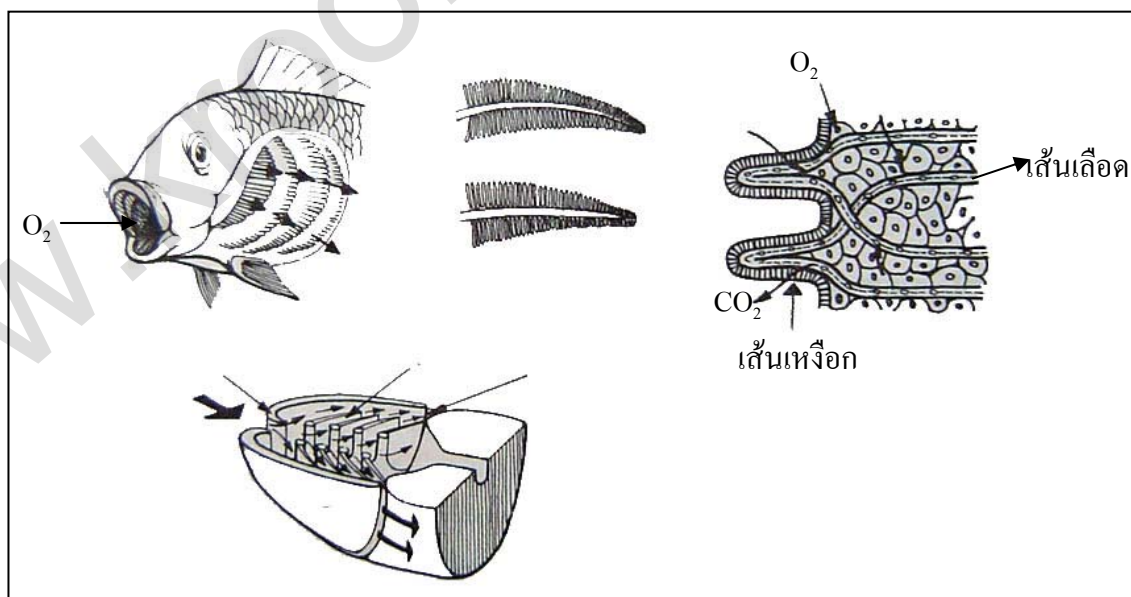
รูปที่ 21 ภาพแสดงเหงือกภายนอกของลูกอ๊อด (สมาน แก้วไวยุทธ. ม.ป.ป. : 11)



ถาม : สัตว์น้ำมีกรรมวิธีอย่างไรเพื่อที่จะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ

ตอบ : สัตว์น้ำมีวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำให้น้ำเคลื่อนที่ผ่านเหงือกตลอดเวลา เช่น

1. ใช้การหุบน้ำเข้าไปในปากให้ผ่านริ้วเหงือกแล้วไปออกทางด้านหลังของกระดูกแผ่นปิดเหงือก (Operculum)
2. การทำให้น้ำผ่านริ้วเหงือกมากขึ้น โดยการว่ายน้ำอย่างรวดเร็วอยู่เสมอ



รูปที่ 22 ภาพแสดงเหงือกภายในของปลา (สมาน แก้วไวยุทธ. ม.ป.ป. : 11)

ถาม : โครงสร้างที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซของเหงือกปลาคืออะไร

ตอบ : การที่เหงือกปลามีเส้นเล็ก ๆ สะเอียดมากมาย จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับออกซิเจนในน้ำและเนื่องจากเหงือกเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและอาจเป็นอันตรายได้ง่าย ในปลากระดูกแข็งจึงมีแผ่นปิดเหงือก (*Operculum*) ปิดเหงือกเอาไว้

ปูและกุ้ง มีเหงือกอยู่ในโครงร่างแข็งแรง และมีการหมุนเวียนเลือดช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซด้วย

หอยและหมึกทะเล ที่เหงือกจะมีน้ำไหลผ่านอยู่เสมอ ในหมึกกล้วยมีหลอด 1 คู่ จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซกับน้ำที่ไหลผ่านเข้าสู่ลำตัว และจะดันออกทางช่อง ไชฟอน (Siphon)

ปลากระดูกอ่อน เช่น ฉลาม กระเบน มีเหงือกอยู่ในร่างกาย ไม่มีกระดูกปิดเหงือก แต่มีเพียงช่องเหงือก (Gill slit)

ดาวทะเล มีเหงือกที่มีลักษณะเป็นเพียงส่วนของผิวหนังที่ยื่นออกมาเป็นเส้นเล็ก ๆ เรียกว่า Dermal gill

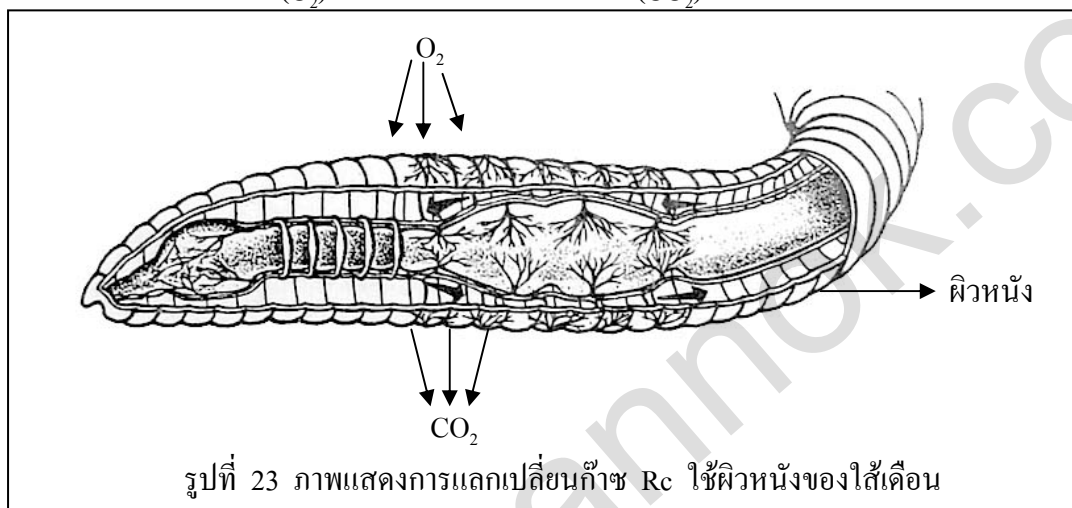
ซาลาแมนเดอร์ และลูกอ๊อดของสัตว์จำพวกกบ คางคก มีเหงือกที่มีลักษณะเป็นแขนงยื่นออกมาภายนอกร่างกาย

แม่อะไร มีเหงือกเป็นส่วนที่ยื่นออกมาทางด้านข้างของลำตัวเรียกว่า Parapodia

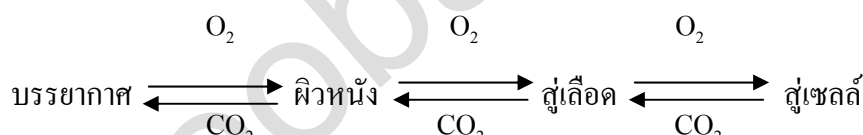
โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซของสิ่งมีชีวิตบนบก

1. ผิวหนัง (Skin)

ไส้เดือนดิน มีลักษณะลำตัวกลม ไม่มีโครงสร้างเฉพาะในการแลกเปลี่ยนก๊าซ แต่จะใช้ผิวหนังในการแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยมีความชื้นในดิน มีเมือกปกคลุม ทำให้ผิวเปียกชื้นตลอด ถ้าผิวหนังแห้ง ออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะแพร่ผ่านผิวหนังได้ยาก



(ผศ.ประสงค์-ดร.จิตเกษม หล้าสะอาด. ม.ป.ป. : 136)



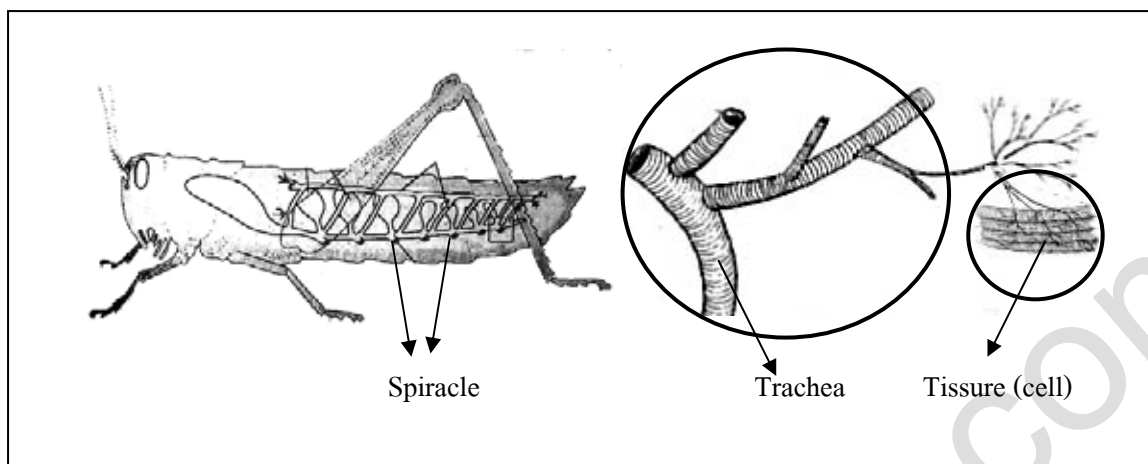
ถาม : ไส้เดือนดินมีโครงสร้างอะไรที่ช่วยเร่งอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซกับสิ่งแวดล้อม

ตอบ : เนื่องจากไส้เดือนดินมีลำตัวกลม ทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซน้อยกว่า เมื่อเทียบกับพลาณาเรียวขนาดเท่า ๆ กัน ดังนั้นไส้เดือนดินจึงมีวิธีการปรับปรุงโครงสร้างที่จะทำให้ได้รับออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการ โดยมีระบบเลือด

2. ระบบท่อลม (Trachea)

เป็นโครงสร้างที่ยื่นเข้าไปในร่างกาย ทำหน้าที่ลำเลียงก๊าซกับเซลล์ต่างๆ โดยตรง
แมลง (Insect)

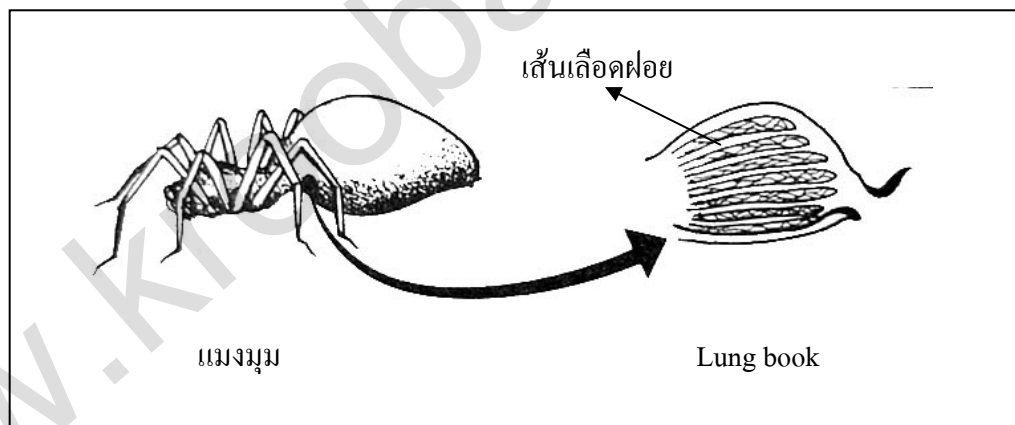




รูปที่ 24 แสดงระบบท่อลมที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซของแมลง (พัชรวิ พัฒวรรณกุล. ม.ป.ป. : 66)

3. แฝงปอด หรือ บักลัง (Book lung or Lung book)

เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซในอากาศ พบในแมงมุม แมงป่อง โครงสร้างนี้อาจถือได้ว่าเป็นระบบท่อลม ที่มีโครงสร้างพิเศษคล้ายเหงือก มีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ หรือแตกกิ่งก้านยื่นออกมาจากผิวของร่างกายบริเวณส่วนท้อง มีผนังบางและมีช่องเปิด-ปิด ให้อากาศเข้าไปสัมผัสกับแฝงปอดซึ่งมีเส้นเลือดเข้ามาแลกเปลี่ยนก๊าซ จึงทำให้แฝงปอดสูญเสียความชื้นได้ง่าย



รูปที่ 25 ภาพแสดง Lung book ของแมงมุม (พัชรวิ พัฒวรรณกุล. ม.ป.ป. : 67)

4. ปอด (Lung)

เป็นอวัยวะสำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซกับบรรยากาศบนบก สภาพของบรรยากาศบนบกมีความเข้มข้นสูงกว่าในน้ำมาก แต่มีความชื้นน้อยกว่า ดังนั้นโครงสร้างปอดจึงเข้าไปอยู่ในร่างกาย และมีการลำเลียงก๊าซโดยอาศัยระบบหมุนเวียนของเลือด ซึ่งภายในปอดมีรงควัตถุสำหรับจับออกซิเจนคือ Hemoglobin (Hb)

ถาม : Spiracle และ Trachea จะพบได้ในสัตว์กลุ่มใด

ตอบ : พวงแมลง เช่น แมลงหวี่ ผีเสื้อ ตั๊กแตน ฯลฯ

ปอดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง จำแนกออกเป็น 2 แบบคือ

1. ปอดที่มีความดันของอากาศที่อยู่ภายในปอดเท่ากับบรรยากาศ (Positive pressure type)

อากาศเข้าสู่ปอดได้โดยการกลืนอากาศ พบในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น พวงสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก

2. ปอดที่มีความดันอากาศที่อยู่ภายในปอดกับบรรยากาศภายนอกไม่เท่ากัน (Negative pressure type) พบในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

- ปลาที่มีปอด (Lung fish) เป็นพวกที่มีทั้งเหงือกและปอด ปกติจะแลกเปลี่ยนก๊าซทางเหงือก แต่ถ้าแหล่งน้ำที่อาศัยอยู่แห้งจะมาแลกเปลี่ยนก๊าซด้วยปอด ปอดของปลาที่มีปอดก็คือถุงลมซึ่งถูกจัดให้เป็นปอด เพราะไม่มีลักษณะเป็นถุงเรียบเหมือนปลาอื่น ๆ ทั่วไป แต่มีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยง จึงสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้

- สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibia) ส่วนใหญ่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซทางเหงือกเมื่อเป็นตัวอ่อน แต่เมื่อโตแล้ว จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซทางปอดและผิวหนังที่เรียบลื่น และชุ่มชื้น ดังนั้นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำจึงต้องอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความชุ่มชื้นสูง เช่น กบ

ถาม : ลักษณะของปอดกบเป็นอย่างไร ที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ

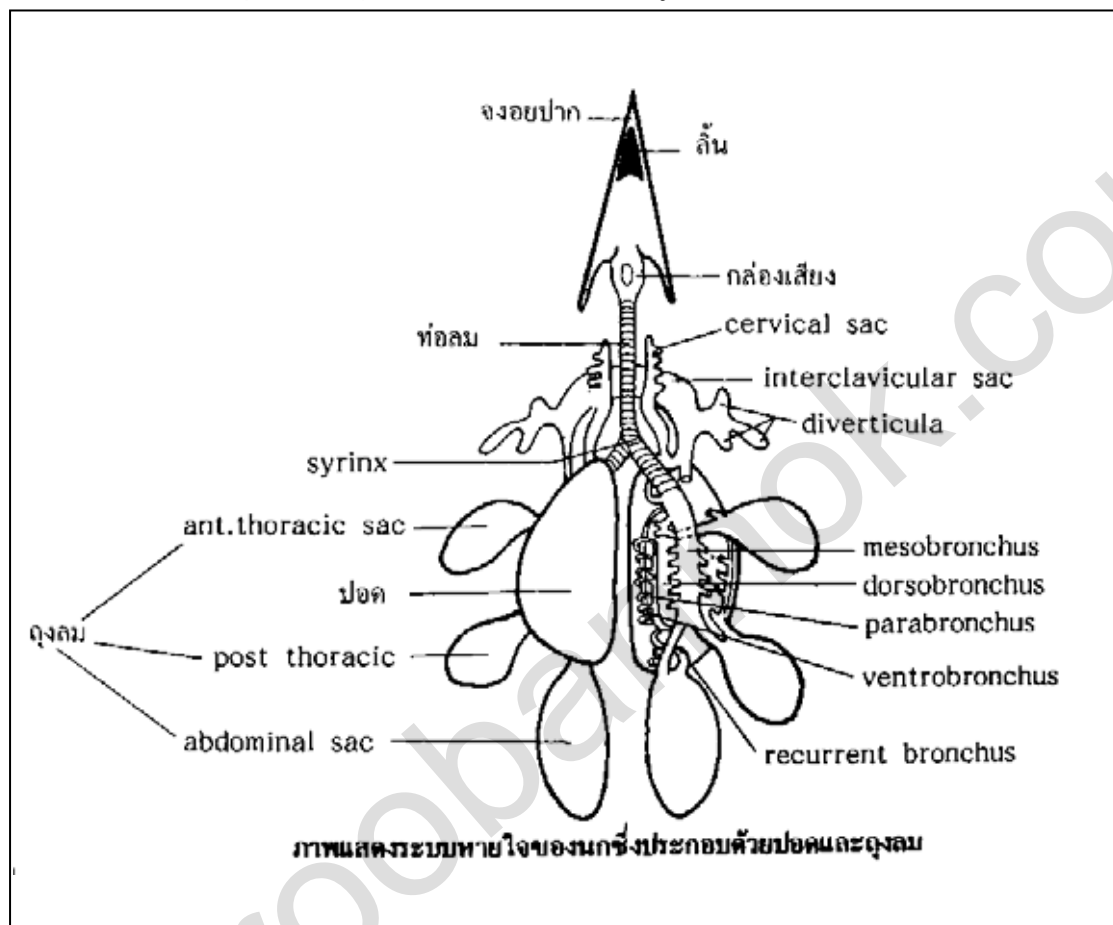
ตอบ : ผนังด้านในของปอดจะยื่น ทำให้เพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซและกบไม่มีกระดูกสันหลัง ดังนั้นอากาศจะเข้าสู่ปอดได้โดยอ้าปากกลืนอากาศเข้าไป

- สัตว์เลื้อยคลาน (Teptilia) มีอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซทางปอดเท่านั้น เนื่องจากผิวหนังหนา อาจมีเกล็ดหรือกระดูกปกคลุมอยู่ด้วย ปอดของสัตว์เลื้อยคลานมีขนาดใหญ่และกว้างมาก จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้อย่างเพียงพอต่อร่างกาย

- สัตว์พวกนก หรือสัตว์ปีก (Aves)

นกส่วนใหญ่จะมีกิจกรรมการบินจึงเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงานมากเพื่อสร้างแรงลอยตัว กล้ามเนื้อปีกเป็นส่วนที่จะต้องทำงานหนักที่สุด จึงต้องการออกซิเจนสูง

นกมีปอดที่เจริญดีมาก มีถุงลมพิเศษ (Air sac) ขึ้นออกมาจากปอดเป็นคู่ ถุงลมพิเศษเหล่านี้ไม่มีเส้นเลือดมาหล่อหุ้มเหมือนถุงลมในปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม



รูปที่ 26 ภาพแสดงระบบหายใจของนกซึ่งประกอบด้วยปอดและถุงลม

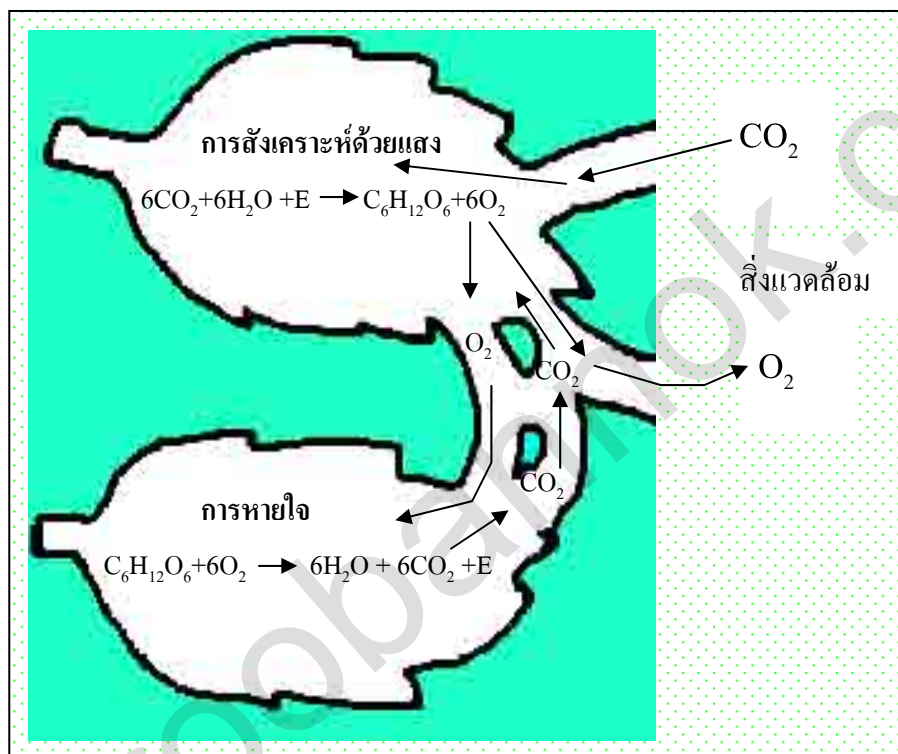
(สมาน แก้วไวยุทธ. ม.ป.ป. : 18)

ถาม : ถุงลมในปอดนกมีหน้าที่อย่างไร

ตอบ : ถุงลมในปอดนก มีหน้าที่สำรองอากาศไว้ให้นกใช้ขณะบิน ซึ่งถือว่าการเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซจะเห็นได้ว่านกมีการแลกเปลี่ยนก๊าซ 2 ครั้ง ที่ปอดในขณะหายใจเข้าและออก

- สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม(Mammalia) เป็นสัตว์เลือดอุ่นต้องใช้พลังงานจากเมตาบอลิซึมสูงมากเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่อยู่เสมอจึงต้องการออกซิเจนสูง จึงมีปอดขนาดใหญ่ ประกอบด้วยถุงลมเล็ก ๆ ที่เรียกว่า อัลวีโอลัส (Alveolus) มีกล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้อซี่โครงช่วยในการหายใจ

การแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช



รูปที่ 27 ภาพแสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช

เซลล์พืชจะใช้ออกซิเจนไปในการสลายอาหาร เพื่อให้ได้พลังงานออกมา และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากใบ โดยผ่าน ปากใบ (Stoma) และรอยแตกที่ผิวลำต้น (Lenticel) เมื่อในใบมี CO_2 สูงกว่าบรรยากาศ CO_2 ก็จะแพร่ออกจากเซลล์ผ่านรูใบออกไป ในขณะเดียวกัน O_2 ในบรรยากาศสูงกว่าในใบก็แพร่สู่ใบ

ในรอบหนึ่งๆ พืชยังใช้ CO_2 สำหรับสังเคราะห์แสง มากกว่า CO_2 ที่เกิดจากการหายใจ และมี O_2 ที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่า O_2 ที่ใช้ในการหายใจ ฉะนั้นจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่ต้องการใช้ออกซิเจน

ถาม : การหายใจของพืชเกิดที่ส่วนใดมากที่สุด

ตอบ : เกิดที่ปากใบ

แบบทดสอบ	
เรื่อง การหายใจของสิ่งมีชีวิต รายวิชา ชีววิทยา	เวลา 30 นาที ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง ให้เลือกกากบาท (x) ทับตัวอักษร ก ข ค ง ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

- ข้อใดเป็นความหมายของคำว่า “การหายใจ” ได้ถูกต้องที่สุด
 - การสลายผลผลิตเข้าสู่ปอด
 - การนำเอาก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย
 - การเผาผลาญอาหารในสิ่งมีชีวิตให้ได้พลังงาน
 - การนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายแล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกนอกร่างกาย

คำชี้แจง จากตารางแสดงอัตราการหายใจของสัตว์บางชนิด ขณะพัก ใช้ตอบคำถามข้อ 2–3

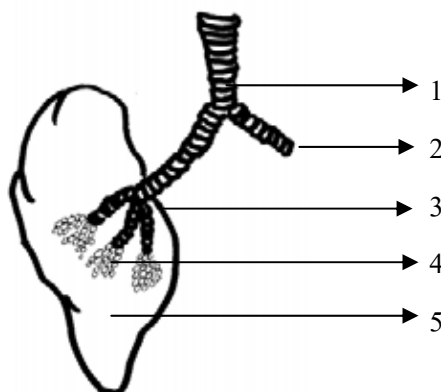
ชนิดของสัตว์	อัตราการหายใจ
ซีแอนนีโมนี	13
ปลาหมึกยักษ์	80
ปลาไหล	128
กบ	150
คน	200
นกฮัมมิงเบิร์ด	3,500

อัตราการหายใจ (mm^3 ของ O_2 ต่อ 1 กรัม น้ำหนักของสัตว์ต่อชั่วโมง)

- จากตารางสัตว์ประเภทใดที่ต้องการพลังงานในการดำรงชีพในอัตราสูงที่สุด
 - ปลาหมึกยักษ์
 - นกฮัมมิงเบิร์ด
 - คน
 - ซีแอนนีโมนี
- สัตว์ประเภทใดที่ต้องการพลังงานในการดำรงชีพในอัตราต่ำสุด
 - ซีแอนนีโมนี
 - นกฮัมมิงเบิร์ด
 - คน
 - ปลาหมึกยักษ์

4. ข้อใดเป็นตัวอย่างกระบวนการ Metabolism ชนิด Anabolism
 - ก. การหายใจ
 - ข. การย่อยอาหาร
 - ค. การขับถ่ายของเสีย
 - ง. การสังเคราะห์โปรตีน
5. กิจกรรมอะไรต่อไปนี้มีอัตราเมตาบอลิซึมสูงที่สุด
 - ก. นักเรียนอ่านหนังสือหน้าในห้องเรียน
 - ข. นักเรียนขับมอเตอร์ไซด์มาโรงเรียน
 - ค. นักเรียนเล่นฟุตบอลกลางสนาม
 - ง. นักเรียนหิ้วกระเป๋าเดินกลับบ้าน
6. สิ่งมีชีวิตต่อไปนี้ชนิดไหนที่มีโครงสร้างแลกเปลี่ยนก๊าซแตกต่างจากเพื่อน
 - ก. ปลาฉลาม
 - ข. ปลิงทะเล
 - ค. ปลาหมึก
 - ง. ลูกอ๊อด
7. ไส้เดือนและปลานาเรียมีโครงสร้างแลกเปลี่ยนก๊าซแตกต่างกันในข้อใด
 - ก. ไส้เดือนไม่ได้แลกเปลี่ยนก๊าซทางผิวหนัง
 - ข. ปลานาเรียมีระบบเลือด
 - ค. ไส้เดือนมีระบบเลือด
 - ง. การแพร่ก๊าซของปลานาเรียซับซ้อนกว่า
8. อวัยวะในการแลกเปลี่ยนก๊าซของปลาคือบริเวณใด
 - ก. Gill
 - ข. Gill arch
 - ค. Gill Filament
 - ง. Gill Lamella
9. ทางเดินหายใจของแมลงอากาศจะผ่านเข้าอวัยวะใดเป็นด่านแรก
 - ก. Air Sax
 - ข. Trachea
 - ค. Spiracle
 - ง. Trachiole

คำชี้แจง จากภาพ ใช้ตอบคำถามข้อ 10–12



10. หมายเลขใดที่มีชื่อว่า Bronchiole

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

11. Bronchus Bronchiole Alveolus Trachae ข้อใดเรียงลำดับตัวเลขถูกต้องกับชื่อข้างบน

ก. 1 2 3 4

ข. 4 3 2 1

ค. 3 4 2 1

ง. 2 3 4 1

12. อวัยวะใดที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ

ก. Bronchus

ข. Alveolus

ค. Bronchiole

ง. Trachae

13. อวัยวะใดบ้างไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของการส่งออก

ก. กระบังลม

ข. กระดูกอก

ค. กระดูกสันหลัง

ง. กระดูกซี่โครง

14. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับการบวนการหายใจออก

ก. กล้ามเนื้อแบรินออกยิดซี่โครงหด

ข. กล้ามเนื้อแบรินในยิดซี่โครง คลาย

ค. กระบังลมหดตัว ลดต่ำลง

ง. กระดูกอกต่ำลง

15. โครงสร้างแลกเปลี่ยนก๊าซของพืชคือข้อใด

ก. ใบ

ข. ปากใบ

ค. เลนติเซล

ง. ถูกทั้ง ข และ ค

16. $\text{Hb} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$

จากสมการเป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซที่บริเวณใด

ก. ปอด

ข. เนื้อเยื่อ

ค. บนเส้นเลือดอาร์เทอร์รี่

ง. เส้นเลือดฝอยรอบ ๆ อัลวีโอลัส

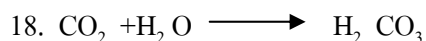
17. ข้อใดเป็นสมการการหายใจของพืช

ก. $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{E} \longrightarrow 6\text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

ข. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{E}$

ค. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2 + \text{E}$

ง. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + \text{E}$



จากสมการเป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณใด

- ก. ปอด
ข. เนื้อเยื่อ
ค. บนเส้นเลือดเวน
ง. เส้นเลือดฝอยรอบ ๆ อัลวีโอลัส

19. อากาศบริสุทธิ์จะต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ ในข้อใด

- ก. $\text{O}_2 > \text{N}_2 > \text{CO}_2$
ข. $\text{O}_2 > \text{CO}_2 > \text{N}_2$
ค. $\text{N}_2 > \text{O}_2 > \text{CO}_2$
ง. $\text{N}_2 > \text{CO}_2 > \text{O}_2$

20. อวัยวะที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้โดยตรงคือ

- ก. จมูก
ข. ผิวหนัง
ค. เหงือกปลา
ง. ถุงเล็ก ๆ ภายในปอด

21. Lactic acid จะไม่มีการสะสมในกล้ามเนื้อที่อยู่ในสภาวะเช่นใด

- ก. ขาดก๊าซออกซิเจน
ข. มีก๊าซออกซิเจนอย่างเพียงพอ
ค. มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากในเลือด
ง. ในภาวะเมื่อยล้า

22. ถ้ากล้ามเนื้อหัวใจโครงและกระบังลมของคนหยุดทำงานจะเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้น

- ก. หัวใจหยุดทำงาน
ข. ถุงลมหยุดทำงาน
ค. หยุดการหายใจเข้า - ออก
ง. การหายใจเข้ายังปกติ

23. Yeast สามารถสร้างสิ่งใดต่อไปนี้ได้

- ก. Glucose
ข. Lactose
ค. Alcohol
ง. Lactic acid

24. สิ่งมีชีวิตต่อไปนี้มีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

- ก. อะมีบา
ข. สาหร่าย
ค. เมล็ดพืช
ง. ไส้เดือนดิน

25. ปฏิกิริยาใดที่พบในกล้ามเนื้อลาย

- ก. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + \text{E}$
ข. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2 + \text{E}$
ค. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{E}$
ง. ทั้ง ก และ ค ถูก

26. ต่อกำหนดข้อใดผิด

- ก. อัตราการหายใจขึ้นอยู่กับระดับความว่องไวในการดำรงชีวิตของสัตว์
- ข. การหายใจจะควบคุม Metabolism ทั้งโดยตรงและโดยทางอ้อม
- ค. Catabolism หมายถึงขบวนการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน
- ง. Carbohydrate เป็นเชื้อเพลิงเฉพาะยามขาดแคลน

27. CO_2 มีผลต่ออัตราการหายใจอย่างไร

- ก. ความเข้มข้นของ CO_2 ในเลือดมาก อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น
- ข. ความเข้มข้นของ CO_2 ในเลือดน้อย มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น
- ค. ความเข้มข้นของ CO_2 ในเลือดมาก มีผลต่ออัตราการหายใจต่ำลง
- ง. ความเข้มข้นของ CO_2 ในเลือดมาก จะทำให้การหายใจช้าลง

28. Respiratory center อยู่ที่ไหน

- ก. Hypothalamus
- ข. Diencephalon
- ค. Medulla oblongata
- ง. Rhomben cephalon

29. อวัยวะที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซควรมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ

- ก. ต้องชุ่มชื้นตลอดเวลา
- ข. ต้องมีการขยายตัวให้มาก
- ค. ต้องมีอวัยวะอื่นหุ้มห่ออยู่
- ง. ต้องมีพื้นที่มากพอที่จะแลกเปลี่ยนได้ตามต้องการ

30. ผลไม้ ที่มีอายุหลังเก็บเกี่ยวแล้ว จะมีอัตราการหายใจเป็นอย่างไร

- ก. อัตราการหายใจต่ำ
- ข. อัตราการหายใจสูง
- ค. อัตราการหายใจจะสูงและต่ำ
- ง. อัตราการหายใจจะไม่สูงและไม่ต่ำเกินไป

เฉลยแบบทดสอบ

เรื่อง การหายใจระดับเซลล์
รายวิชา ชีววิทยา

เวลา 10 นาที
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

- | | |
|-------|-------|
| 1. ข | 16. ก |
| 2. ข | 17. ง |
| 3. ง | 18. ข |
| 4. ค | 19. ข |
| 5. ง | 20. ค |
| 6. ข | 21. ค |
| 7. ค | 22. ง |
| 8. ข | 23. ค |
| 9. ข | 24. ก |
| 10. ง | 25. ก |
| 11. ข | 26. ข |
| 12. ข | 27. ค |
| 13. ก | 28. ข |
| 14. ก | 29. ข |
| 15. ข | 30. ค |

ถ้านักเรียนทำได้ 25 ข้อขึ้นไป ดีมาก

20 – 25 ข้อ พอใช้ได้

15 – 20 ข้อ อ่อน

ต่ำกว่า 15 ข้อ ศึกษาใหม่

เฉลยแบบทดสอบ

เรื่อง การหายใจของสิ่งมีชีวิต
รายวิชา ชีววิทยา

เวลา 10 นาที
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

- | | |
|-------|-------|
| 1. ก | 16. ก |
| 2. ข | 17. ข |
| 3. ก | 18. ข |
| 4. ง | 19. ค |
| 5. ค | 20. ก |
| 6. ข | 21. ข |
| 7. ค | 22. ค |
| 8. ง | 23. ค |
| 9. ค | 24. ค |
| 10. ค | 25. ง |
| 11. ง | 26. ง |
| 12. ข | 27. ก |
| 13. ค | 28. ค |
| 14. ค | 29. ก |
| 15. ง | 30. ข |

ถ้านักเรียนทำได้ 25 ข้อขึ้นไป ดีมาก

20 – 25 ข้อ พอใช้ได้

15 – 20 ข้อ อ่อน

ต่ำกว่า 15 ข้อ ศึกษาใหม่