

ระบบหายใจ ม.5

ระบบหายใจ คืออะไร ?

ระบบหายใจ (respiratory system) คือ ระบบที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายหลักคือการนำแก๊สออกซิเจน (O_2) เข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration) ซึ่งสร้างพลังงาน (ATP) ให้แก่ร่างกาย และกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นของเสียทิ้ง ทำให้ต้องมีการแลกเปลี่ยนแก๊ส (gas exchange) ที่ทำงานร่วมกันกับระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อลำเลียงแก๊สไปยังเซลล์ต่าง ๆ

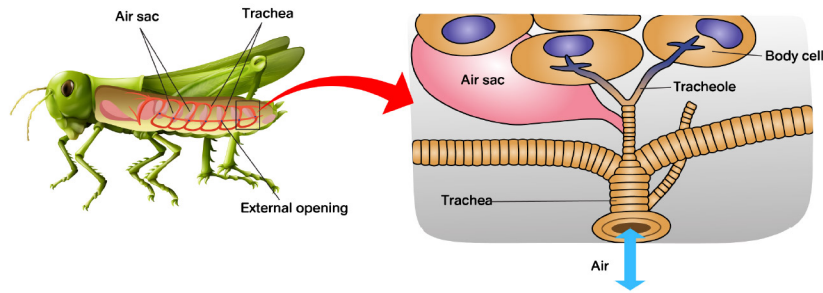
ระบบหายใจของสัตว์

สัตว์แต่ละกลุ่มมีโครงสร้างการแลกเปลี่ยนแก๊สที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของโครงสร้างร่างกาย สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย และปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ต้องการนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ

1. สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (เช่น อะมีบา พารามีเซียม) และสัตว์ขนาดเล็ก อาศัยในน้ำ และไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด (พองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย) : ใช้การแพร่ (diffusion) ของ O_2 ที่ละลายน้ำผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์หรือผิวลำตัวที่บางและเปียกชื้นโดยตรง แล้วขับ CO_2 ออกสู่สิ่งแวดล้อม ผิวลำตัวต้องมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง
2. ไส้เดือนดิน : ใช้ผิวหนังที่บางและเปียกชื้นแลกเปลี่ยนแก๊ส โดย O_2 จะละลายในเมือกที่เคลือบผิวหนัง แล้วแพร่เข้าสู่เส้นเลือดฝอยที่สานตัวอยู่ใต้ผิวหนังโดยตรงก่อนจะลำเลียงไปยังเซลล์ต่าง ๆ ผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ขณะที่ CO_2 จากเซลล์จะลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือดแล้วแพร่ออกผ่านผิวหนัง
3. แมลง : ใช้ระบบท่อลม (tracheal system) อากาศเข้าทางรูหายใจ (spiracle) ที่มีลิ้นเปิดปิดข้างลำตัว → ท่อลม (trachea) → ท่อลมฝอย (tracheole) ที่แตกแขนงสัมผัสกับเซลล์โดยตรง ไม่ต้องลำเลียงผ่านระบบหมุนเวียนเลือด โดยแมลงที่บินได้จะมีถุงลม (air sac) จำนวนมาก ซึ่งจะต่อกับช่องหายใจในส่วนท้อง ไว้สำหรับสำรองอากาศขณะบิน เนื่องจากจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

ระบบหายใจของแมลง

A tracheal system



SmartMathPro

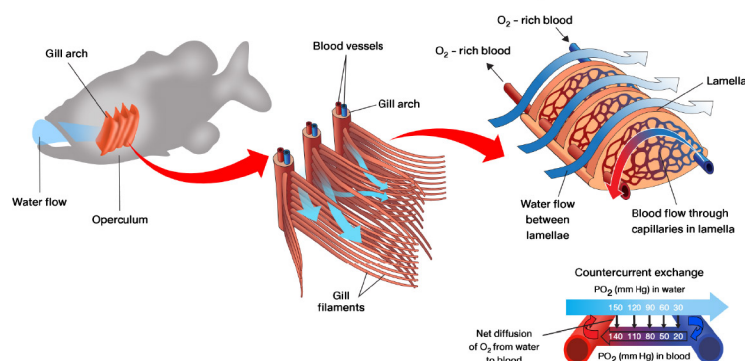
4. แมงมุม : ใช้ปอดแผง (book lung) ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ ซ้อนกันคล้ายหน้าหนังสือ อยู่ในช่องท้อง มีระบบหมุนเวียนเลือดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

5. สัตว์น้ำ (เช่น ดาวทะเล ปลา กุ้ง หอย) : ใช้เหงือก (gill) ซึ่งมีเส้นเลือดฝอยจำนวนมาก ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ยกเว้นปลิงทะเลที่ใช้โครงสร้างพิเศษคล้ายต้นไม้แตกแขนงในการหายใจ เรียกว่า respiratory tree

โดยจุดเด่นของปลา คือ มีระบบหมุนเวียนเลือดสวนทางกับทิศทางน้ำเรียกว่า การแลกเปลี่ยนแบบสวนทางกัน (countercurrent exchange) โดยทิศทางการไหลของเลือดในซี่เหงือก (gill lamellae) ที่ประกอบด้วยเซลล์ชั้นบาง ๆ ที่ห่อหุ้มหลอดเลือดฝอย จะสวนทางกับทิศทางการไหลของน้ำที่ผ่านเหงือก ทำให้เลือดของปลาสามารถดึง O_2 จากน้ำได้มากกว่า 80% ซึ่งสามารถรักษาความแตกต่างของความเข้มข้นของ O_2 ระหว่างน้ำกับเลือดตลอดความยาวของซี่เหงือก

ระบบหายใจของปลา

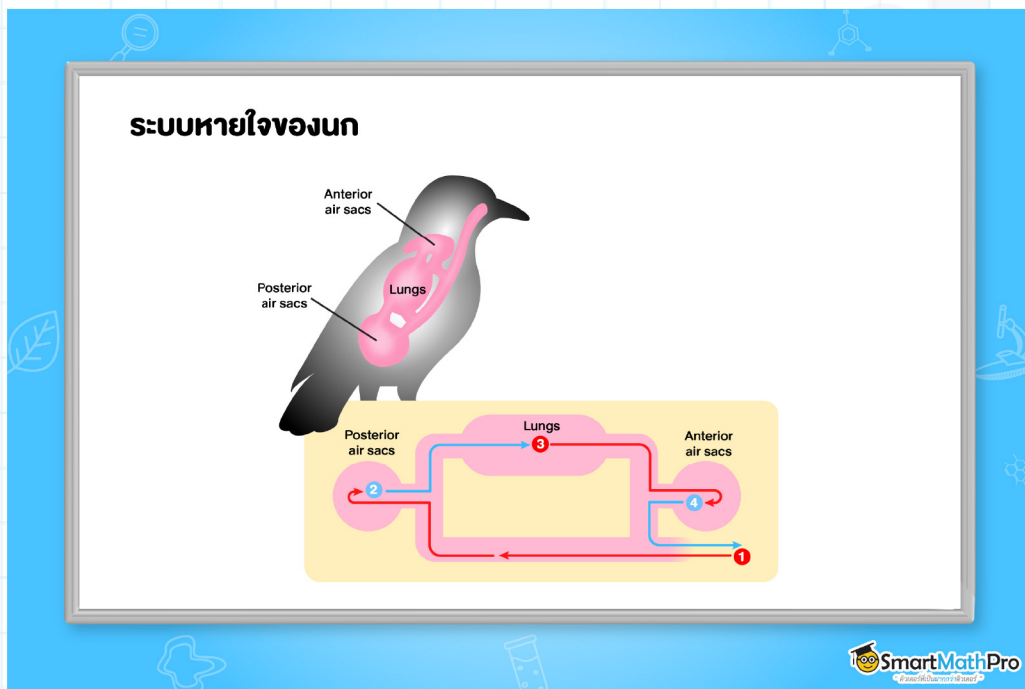
The structure and function of fish gills.



SmartMathPro

6. สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (เช่น กบ) : ระยะลูกออดใช้เหงือกภายนอก (external gill) ขณะที่ตัวเต็มวัยใช้ปอด (lung) และผิวหนังที่เปียกชื้นในการแลกเปลี่ยนแก๊ส แต่สัตว์บางชนิด เช่น ซาลาแมนเดอร์จะใช้เหงือกภายนอกตลอดชีวิต

7. นก : มีปอดขนาดเล็ก แต่มีถุงลมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ถุงลมไม่ได้ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส แต่ทำหน้าที่คล้ายปั๊มลม มีระบบไหลเวียนอากาศทางเดียว โดยอากาศบริสุทธิ์จะไหลผ่านแขนงหลอดลม (parabronchi) ตลอดเวลาทั้งตอนหายใจเข้าและหายใจออก ไม่มีอากาศที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแก๊สแล้วมาผสม ทำให้แลกเปลี่ยนแก๊สได้ดีเยี่ยม เหมาะกับการบินที่ใช้พลังงานสูง



8. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม : ใช้ปอดที่มีความซับซ้อนในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ภายในประกอบด้วยถุงลม (alveoli) จำนวนมหาศาล ทำให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สมาก และใช้ระบบหมุนเวียนเลือดในการลำเลียงแก๊ส

ระบบหายใจของมนุษย์

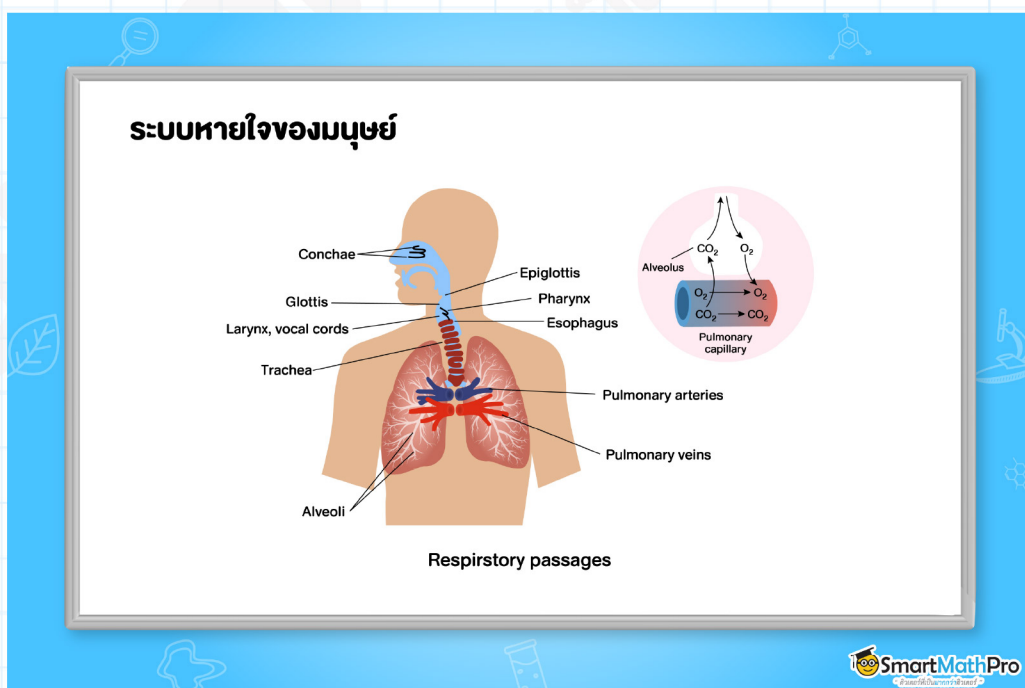
โครงสร้างของระบบหายใจของมนุษย์ แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนนำอากาศ (conducting zone) และส่วนแลกเปลี่ยนแก๊ส (respiratory zone)

1. โครงสร้างส่วนนำอากาศ : ทำหน้าที่กรอง ปรับอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้น โดยมีส่วนประกอบและทางผ่านของอากาศตามลำดับ ดังนี้

- โพรงจมูก (nasal cavity) : มีซิเลีย (cilia) และเมือกช่วยดักจับฝุ่น มีเส้นเลือดฝอยจำนวนมากช่วยอุ่นอากาศ
- คอหอย (pharynx) : บริเวณที่ทางเดินอาหารและทางเดินอากาศตัดกัน
- กล่องเสียง (larynx) : มีฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) ป้องกันอาหารหลุดลงหลอดลม ภายในมีสายเสียง (vocal cord)
- หลอดลม (trachea) : เป็นท่อที่มีกระดูกอ่อนรูปตัว C เรียงต่อกัน ป้องกันการแฟบแบน เยื่อบุผิวด้านในมีซิเลีย (cilia) คอยพัดโบกเมือกและฝุ่นละอองกลับขึ้นไปทางคอหอย
- หลอดลม (bronchus) : แยกเข้าปอดซ้าย 2 พู ปอดขวา 3 พู
- หลอดลมฝอย (bronchiole) : ขนาดเล็กลง ไม่มีกระดูกอ่อนค้ำจุนแล้ว ผนังเป็นกล้ามเนื้อเรียบ (หด / คลายตัวได้เมื่อเป็นหอบหืด)

2. โครงสร้างส่วนแลกเปลี่ยนแก๊ส (respiratory zone) :

- ถุงลมปอด (alveolus) : เป็นถุงลมย่อย ๆ ผนังบางเพียง 1 ชั้นเซลล์ ล้อมรอบด้วยร่างแหหลอดเลือดฝอย บริเวณนี้มีเซลล์สร้างสารลดแรงตึงผิวเป็นสารพวกฟอสโฟลิพิด ช่วยป้องกันไม่ให้ถุงลมแฟบติดกันเวลาหายใจออก มีเม็ดเลือดขาว (macrophage) คอยดักจับเชื้อโรคที่หลุดรอดเข้ามา

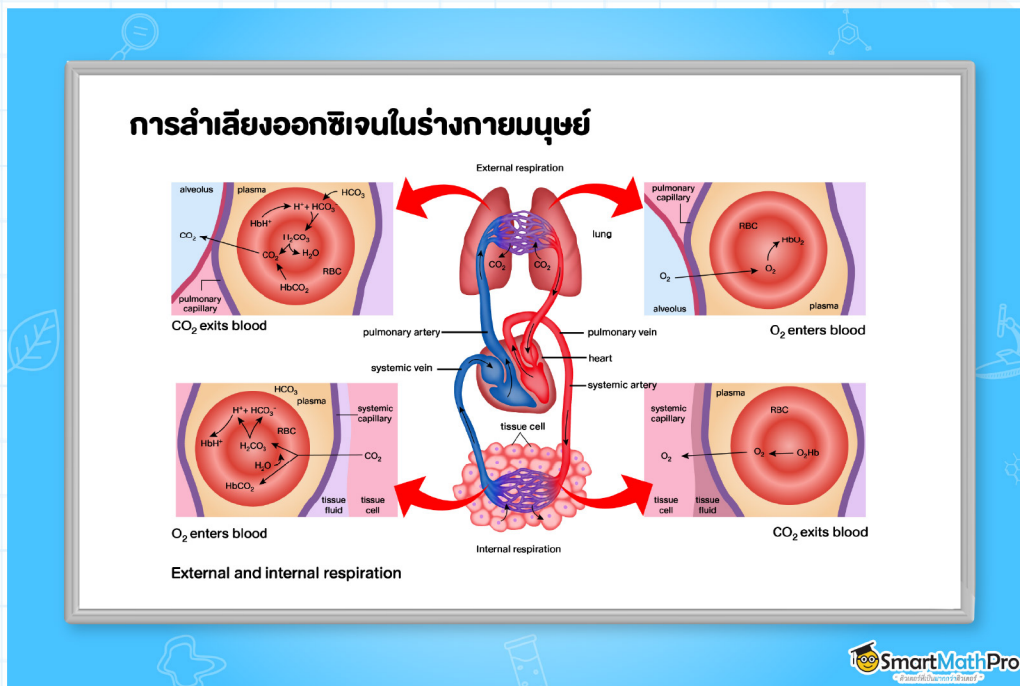


การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส

การแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้น 2 จุด คือ ที่ปอด (ระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย) และที่เนื้อเยื่อ (ระหว่างเซลล์กับหลอดเลือดฝอย) แก๊สจะแพร่จากบริเวณที่มีความดันย่อยสูงไปต่ำเสมอ

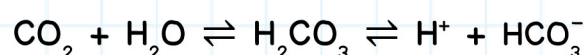
1. การลำเลียงออกซิเจน (O_2) :

ความดันย่อยของ O_2 (PO_2) ในถุงลม (104 mmHg) สูงกว่าในหลอดเลือดฝอย (40 mmHg) O_2 จึงแพร่เข้าเลือด โดย 98% จะจับกับสารโปรตีนฮีโมโกลบิน (Hemoglobin, Hb) ในเม็ดเลือดแดง เกิดเป็นสารสีแดงสดชื่อ ออกซิฮีโมโกลบิน (HbO_2) ไปหล่อเลี้ยงเนื้อเยื่อ



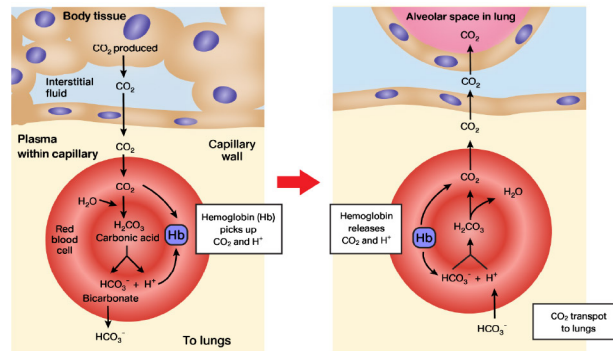
2. การลำเลียงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) :

เซลล์สร้าง CO_2 จากการเผาผลาญ ร่างกายจึงต้องขนส่งไปทิ้งที่ปอด โดยร้อยละ 70 ลำเลียงในรูปของ ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ในน้ำเลือด กระบวนการเริ่มจาก CO_2 เข้าสู่เม็ดเลือดแดง รวมกับน้ำ (H_2O) โดยมีเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) เร่งปฏิกิริยาได้ กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งจะแตกตัวให้ H^+ และ HCO_3^-



จากนั้น HCO_3^- จะแพร่ออกสู่พลาสมา โดยมีคลอไรด์ไอออน (Cl^-) แพร่สวนเข้าเม็ดเลือดแดง เพื่อรักษาสสมดุลประจุไฟฟ้า เมื่อเลือดไหลไปถึงปอดปฏิกิริยาจะเกิดย้อนกลับเพื่อคืนรูปเป็นแก๊ส CO_2 แล้วแพร่ออกสู่ถุงลม

การลำเลียงคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายมนุษย์



SmartMathPro

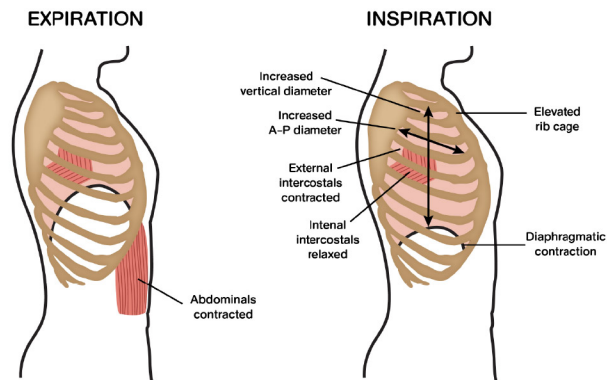
กลไกการหายใจของมนุษย์

1. กลไกการหายใจ

การหายใจเข้า-ออก อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรในช่องอก โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง

	หายใจเข้า	หายใจออก
ปริมาตรปอด	เพิ่ม	ลด
ความดันปอด	ลด	เพิ่ม
ซี่โครง	ยกสูง	ลดต่ำ
กล้ามเนื้อซี่โครงแถบอก	หดตัว	คลายตัว
กะบังลม	หดตัว	คลายตัว
หายใจเข้าออกเต็มที่		
กล้ามเนื้อหน้าท้อง	คลายตัว	หดตัว

กลไกการหายใจ

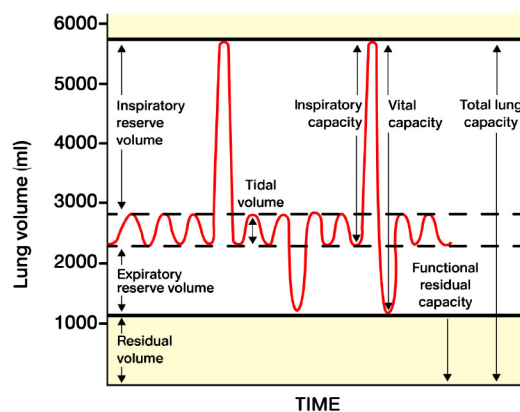


SmartMathPro

ปริมาตรของปอดที่ควรรู้ (lung volumes) :

- Tidal volume : ปริมาตรอากาศเมื่อหายใจเข้าและออกปกติ
- Vital capacity : ความจุปอดเมื่อหายใจเข้าและออกสุด
- Residual volume : ปริมาตรอากาศที่คงเหลือค้างอยู่ในปอด
- Total lung capacity : ความจุปอดทั้งหมดเมื่อรวมปริมาตรอากาศที่ค้างอยู่ในปอด

ปริมาตรของอากาศในปอดขณะหายใจเข้า - ออก



SmartMathPro

2. การควบคุมการหายใจ

ร่างกายเรานั้นมีการรักษาอุณหภูมิของกรด-เบสในเลือดผ่านการหายใจ

- การควบคุมแบบอัตโนมัติ (involuntary) : ศูนย์ควบคุมอยู่ที่ก้านสมองส่วนเมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) และพอนส์ (pons) ตัวกระตุ้นหลักไม่ใช่การขาด O_2 แต่เป็น ระดับ CO_2 และ H^+ ในเลือดที่สูงขึ้น (เลือดเป็นกรด) เมื่อเลือดเป็นกรด ศูนย์ควบคุมจะสั่งให้เราหายใจเร็วและลึกขึ้นเพื่อระบาย CO_2 ที่สูง
- การควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary) : ควบคุมโดยสมองส่วนหน้าคือเซรีบรัลคอร์เทกซ์ (cerebral cortex) และไฮโปทาลามัส (hypothalamus) ทำให้เราสามารถสั่งการกลั้นหายใจ ดำน้ำ ร้องเพลง หรือเป่าลูกโป่งได้ แต่กลั้นได้ชั่วคราวเท่านั้น หาก CO_2 พุ่งสูงถึงจุดก้านสมอง จะเข้าควบคุมแบบอัตโนมัติทันที

โรคที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ

- โรคถุงลมโป่งพอง (emphysema) : สารพิษจากบุหรี่ทำลายสารยึดหยุ่นของปอด ถุงลมทะลุรวมกัน ทำให้พื้นที่ผิวลดลง และอากาศค้างในปอด ผู้ป่วยจะเหนื่อยหอบ หายใจออกลำบาก
- โรคปอดบวม (pneumonia) : ติดเชื้อ (แบคทีเรียหรือไวรัส เช่น เชื้อ COVID-19) ทำให้มีหนองของเหลว หรือเม็ดเลือดขาวสะสมในถุงลม ขัดขวางการแลกเปลี่ยนแก๊ส
- โรคหอบหืด (asthma) : หลอดลมไวต่อสิ่งกระตุ้น (ภูมิแพ้) กล้ามเนื้อเรียบของหลอดลมหดตัวเกร็ง หลั่งเมือกมาก ทางเดินอากาศแคบลง ทำให้หายใจมีเสียงวี๊ด
- โรควัณโรค (tuberculosis) : เกิดจากแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* เนื้อเยื่อปอดถูกทำลายและสร้างเนื้อเยื่อพังผืด (tubercle) ห่อหุ้มเชื้อไว้ มักมีอาการไอเรื้อรัง ไอเป็นเลือด สามารถติดต่อสู่ผู้อื่นผ่านละอองเสมหะจากการไอ จาม
- โรคหลอดลมอักเสบ (bronchitis) : เกิดจากการอักเสบของเยื่อบุหลอดลม มีเสมหะในหลอดลม ทำให้ไอ มีเสมหะ หายใจไม่สะดวก

“แม้เหลือเวลาเพียงเสี้ยววินาที

ก็ถือว่า ยังมีโอกาส ”

- พี่หนุ่ม -

สนใจติววิชาชีววิทยาเพิ่มเติม online.smartmathpro.com