ใบความรู้เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊สในร่างกายของคน
รายวิชาชีววิทยา ว 32243 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สอนโดย นางสฐาปณีย์ โสภณอดิศัย

การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊สในร่างกายของคน

การแลกเปลี่ยนแก๊สในร่างกายของคนเกิดขึ้น 2 แห่งคือที่ปอดและที่เนื้อเยื่อ โดยมีเซลล์เม็ดเลือดแดง และพลาสมาในเส้นเลือดฝอยเป็นตัวกลางในการลาเลียงก๊าซไปยังปอดและเนื้อเยื่อ

ก๊าซที่ถูกลาเลียงโดยเลือด มี 2 ชนิด คือ

1. O_2 ลำเลียงเข้าสู่ร่างกาย จากปอด เข้าสู่เลือด แล้วกระจายไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ
2. CO_2 ลาเลียงออกจากร่างกาย จากเนื้อเยื่อต่างๆเขาสู่เลือด แล้วลาเลียง ไปขับออกนอกร่างกายที่ปอด

1. การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญ คือ ถูกนาไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน หรือกระบวนการหายใจระดับเซลล์ **กลไกการล้าเลียงออกซิเจน** มี 2 วิธี คือ * จับกับ Hemoglobin เป็นหลัก (97%) * ละลายใน Plasma (3%) หมายเหตุ ออกซิเจนสามารถจับกับฮีโมโกลบินได้มากกว่าละลายใน Plasma 30 – 100

Hemoglobin (Hb) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งทาหน้าที่โดยการจับ และปล่อย O2 แล้วลาเลียงไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆทโดยอยู่ภายใน Cytoplasm ของเซลล์เม็ดเลือดแดง

$Hb + O2 \rightleftharpoons Hb(O2)4$

เรียก Hb ที่ไม่มี O2 ว่า Deoxyhemoglobin

เรียก Hb ที่มี O2 ว่า Oxyhemoglobin

จะเห็นว่าสมการไปข้างหน้านั้นเป็นสมการในการจับออกซิเจน ซึ่งสมการนี้จะเกิดขึ้นที่ปอด ส่วนในสมการย้อนกลับนั้น จะเป็นสมการปล่อยออกซิเจน ซึ่งจะเกิดที่เนื้อเยื่อต่างๆ

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนที่สูง

1. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนพื้นที่สูง เช่น ชาวเขา ชาวธิเบต แพะภูเขา จามรี

2. ที่สูงมี O2 ปริมาณต่ากว่าบนพื้นราบ ดังนั้นคนบนที่สูงจาเป็นต้องสร้าง Hemoglobin ปริมาณเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยจับออกซิเจนที่น้อยกว่าบนพื้นราบ

3. ฮอร์โมน Erythropoietin เป็นตัวกระตุ้นการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงให้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ผู้ที่อยู่บนที่สูงจึงมีออร์โมนชนิดนี้มากกว่าคนบนพื้นราบ (สาหรับคนที่อยู่บนที่สูงเป็นระยะเวลา 1 เดือนขึ้นไป) 4. อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจของคนที่อาศัยบนที่สูงและพื้นราบมีอัตราเท่าๆกัน **แต่หากผู้ที่อยู่บนพื้นราบ ไปอยู่บนยอดเขาทันที จะมีผลให้อัตราการหายใจและการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น ท้าให้มีอาการหอบ และอาจหมดสติได้**

ความเป็นพิษของคาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbonmonoxide toxicity)

1. ก๊าซบางชนิดสามารถแย่งจับกับฮีโมโกลบินได้ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) โดยจะจับกันแน่นไม่ปล่อยเหมือนกับออกซิเจน และจับในตาแหน่งเดียวกับออกซิเจน

2. คาร์บอนมอนออกไซด์มีความสามารถในการจับฮีโมโกลบินดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200-300 เท่า 3. มักพบในผู้ที่อยู่ที่ที่มีการเผาไหม้และอากาศไม่ถ่ายเท เช่น รถยนต์ , นาเตาไฟไปไว้ในห้องปิด เช่น ในเตนท์ 4. หากได้รับ CO จะทาให้ Hemoglobin ถูกแย่งจับ จึงไม่เกิด Oxyhemoglobin (ซึ่งเป็นการลาเลียงก๊าซออกซิเจน) ซึ่งมีผลทาให้เกิดภ่สะร่างกายขาดออกซิเจน มีอาการ คือ วิงเวียน หน้ามืด และหากได้รับปริมาณมากเป็นเวลานาน จะเสียชีวิตได้ 5. ความรุนแรงขึ้นอยู่กับเวลา ได้รับ และความเข้มข้นของคาร์บอนมอนออกไซด์

2. การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญสารอาหารของร่างกาย ร่างกายจึงจาเป็นต้องลาเลียงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย กลไกการลาเลียงคาร์บอนไดออกไซด์ มี 3 วิธี คือ

1. ละลายใน plasma ของเซลล์เม็ดเลือดแดง (7%)
2. จับกับ Hemoglobin ในเซลล์เม็ดเลือดแดง (23%)
3. จับกับ H_2O ในเซลล์เม็ดเลือดแดง (70%)

คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะถูกล้าเลียงโดยละลายใน Cytoplasm ของเซลล์เม็ดเลือดแดง ดังสมการ

$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H+ + HCO_3-$

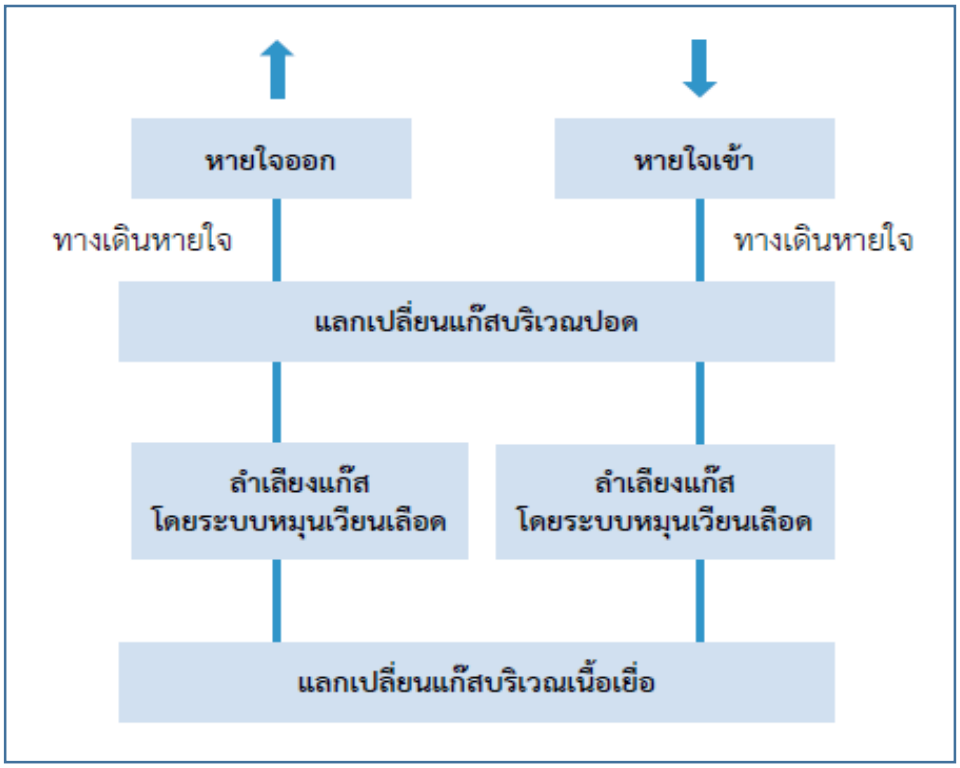
- คาร์บอนไดออกไซด์จะรวมกับน้า ได้เป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic acid)
- กรดคาร์บอนิกจะแตกตัวได้ Proton และ Bicarbonate ion (Bicarb)
- โดยสมการนี้สามารถผันกลับ เป็นสมดุลเคมี
- Enzyme ในปฏิกิริยาการละลายของ CO_2 คือ Carbonic anhydrase

จากสมการของ Anderson จะได้ว่า

- ที่เนื้อเยื่อต่างๆ เนื้อเยื่อต่างๆเผาผลาญสารอาหาร และให้ก๊าซ CO_2 ในระบบเพิ่มขึ้น จากหลักสมดุลเคมีของเลอชาเตอริเย เมื่อ CO_2 เพิ่มขึ้น สมดุลจะไปข้างหน้า
- ที่ถุงลมปอด ถุงลมปอดจะนา CO_2 ออกสู่อากาศภายนอก ทาให้ CO_2 ในระบบลดลง จากหลักสมดุลเคมีของเลอชาเตอริเย เมื่อ CO_2 ลดลง สมดุลย้อนกลับ

คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนหนึ่ง (23%) สามารถรวมตัวกับ Hemoglobin ได้เช่นเดียวกับ ก๊าซออกซิเจน โดยจะรวมตัวกับ Hemoglobin ในด้านปลาย amino ของ Hemoglobin ได้เป็น Carbamino hemoglobin (Hb CO_2)

Hemoglobin (Hb) + CO_2 Carbamino Hemoglobin (Hb CO_2)



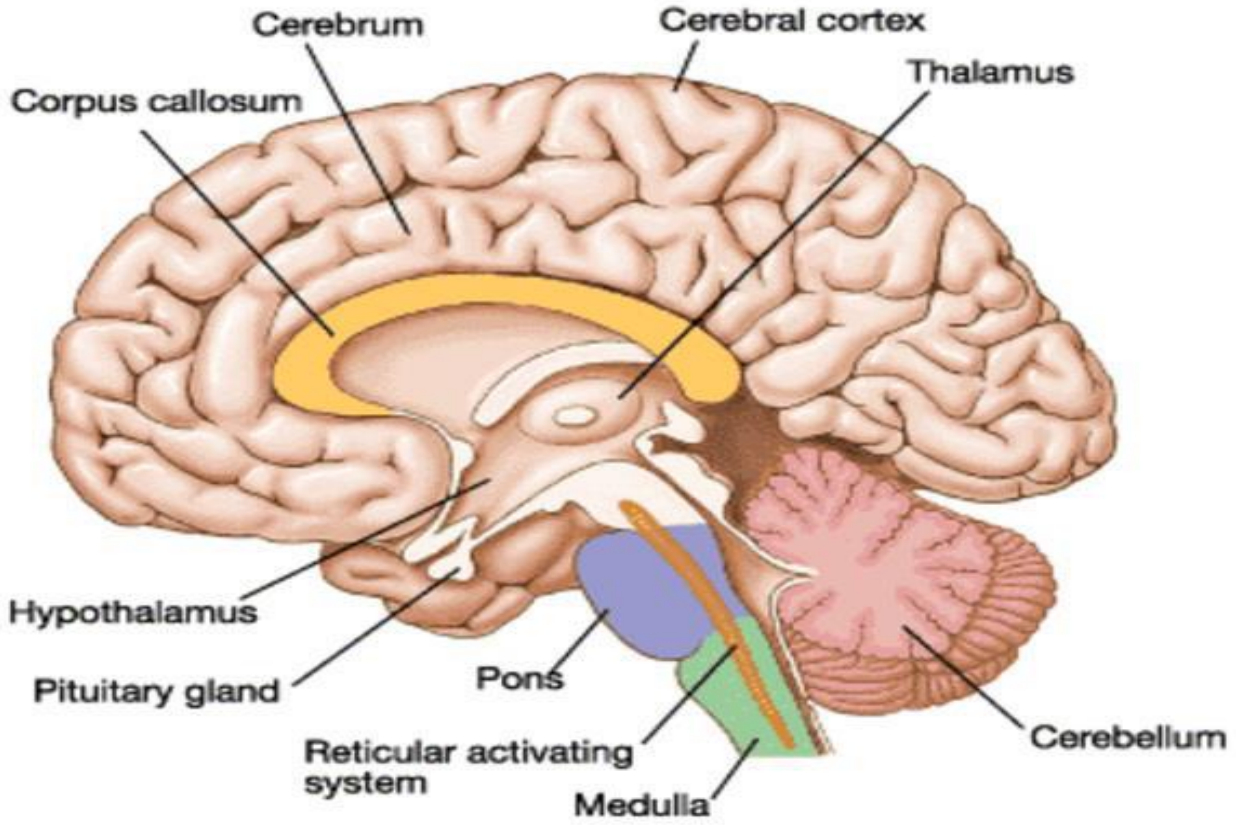
การควบคุมกระบวนการหายใจ

การควบคุมการหายใจแบ่งเป็น 2 แบบ คือ * การควบคุมแบบอัตโนวัติ (Involuntary regulation) * การควบคุมใต้อานาจจิตใจ (Voluntary regulation)

1. การควบคุมแบบอัตโนวัติ * Respiratory center : Pons and Medulla oblongata (Brain stem) - Pontine center ถ้าตัดส่วนนี้ออกจะทาให้หายใจช้าลง -Medullary center ถ้าตัดส่วนนี้ออกไปการหายใจจะหยุด

* Respiratory Center is Chemoreceptor - ไวต่อความเข้มข้นของ CO_2 มากที่สุด -สารอื่นๆ ที่มีผลรองลงมา เช่น H+ , O_2

2. การควบคุมใต้อานาจจิตใจ -เป็นการบังคับการหายใจได้ เช่น สามารถกลั้นหายใจได้ แต่จะไม่นานนัก เนื่องจากเมื่อกลั้นหายใจ จะทาให้ปริมาณของ CO_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลไปกระตุ้นการหายใจโดยผ่านระบบประสาทอัตโนวัติ -ศูนย์ควบคุมอยู่ที่บริเวณ Cerebral cortex และ Hypothalamus



ภาพแสดงศูนย์ควบคุมการหายใจ

ศูนย์ควบคุมการสูดลมหายใจ

ศูนย์ควบคุมการหายใจ(the respiratory centers) อยู่ที่สมองส่วนเมดัลดาออบลองกาตา(medulla oblongata) โดยเป็นเซลล์ประสาทกระจายอยู่ทางด้านข้างทั้งสองข้าง ศูนย์นี้จะมีความไวต่อปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนและไฮโดรเจนไอออน ซึ่งสารต่างๆเหล่านี้จะกระตุ้นทาให้เกิดการหายใจเข้าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ถ้าหากมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเพิ่มขึ้นก็จะทาให้เกิดการการกระตุ้นเพิ่มขึ้นด้วย ศูนย์ควบคุมการหายใจยังแบ่งออกเป็น 2 ศูนย์คือ

1. ศูนย์หายใจเข้า(inspiratory area)พบอยู่ส่วนบนของเมดัลลาออบลองกาตาเป็นศูนย์ที่มีความสาคัญต่อการหายใจมากที่สุด ขณะหายใจออกกลุ่มเซลล์บริเวณนี้จะอยู่ภาวะพัก คือไม่สร้างสัญญาณประสาท แต่หลังจากหายใจออก 2-3 วินาที ศูนย์นี้จะสร้างและส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อกระบังลมและกล้ามเนื้อมัดอื่นๆที่ทาให้เกิดการหายใจเข้าหดตัวและเริ่มการหายใจเข้า ต่อจากนั้นจะหยุดทางานชั่วคราวและจะเริ่มทางานโดยสร้างและส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อหายใจเข้าต่อไป

2. ศูนย์หายใจออก(expiratory area) เป็นกลุ่มเซลล์ประสาทที่อยู่ทางด้านล่างของเมดัลลาออบลองกาตา การหายใจปกติเมื่อมีการหายใจเข้า ศูนย์หายใจเข้าจะทางานแต่เมื่อหายใจออกตามปกติศูนย์หายใจออกจะไม่ทางานเนื่องจากการหายใจออกจะเกิดขึ้นเองจากการหดกลับของปอดและทรวงอก แต่เมื่อมีการหายใจแรงขึ้นมากกว่าปกติ ศูนย์หายใจออกจะถูกกระตุ้นจากศูนย์หายใจเข้าให้ส่งสัญญาณไปยังกล้ามเนื้อหายใจออกทาให้หายใจออกแรงกว่าปกติ