

中学校理科「生命を維持するはたらき」における 呼吸モデル実験の改善に関する研究

～呼吸モデル装置の現状調査及びヒトの呼吸のしくみとの相違点について～

○西野 秀昭, 後藤 恵
○Nishino Hideaki, Gotoh Megumi
福岡教育大学教育学部

【キーワード】 呼吸, 肺, モデル装置, 横隔膜, 肋間筋, 胸膜, 水の粘着力

1. はじめに

福岡県のほとんどの中学校で採択されている中学校理科の教科書（以降、教科書）（有馬他, 2012）では、「生命を維持するはたらき（以降、2 章）」の前の 1 章では、細胞が生物の体をつくる基本単位であり、細胞が集まって器官ができ、それぞれの器官が生物の生命を維持する上で、さまざまな大切な役割を持っていることを生徒は学んでいる。このことを踏まえ 2 章では、体の中の器官が、生命の維持にどのように役立っているかを生徒は学ぶ。その最初に「呼吸」における肺のはたらきが採り上げられている。すなわち、酸素を細胞へ供給するため、あるいは細胞の呼吸でできた二酸化炭素を体外に運び出すために肺に空気が入り出すためのしくみの理解を目標にしている。

教科書 2 章の観察・実験「やってみよう 肺が空気を出し入れしているしくみを考えよう」を見てみると、「ヘーリングの模型」（高橋, 2007）を模したペットボトルを使ったモデル装置での実験が紹介されている（有馬他, 2012）。しかしこのモデル装置を、実際にヒトの呼吸に関わる体内の構造（例えば, Cohen, 2005）と大まかにでも比較すると、例えば横隔膜の動き方が実際とは逆になってしまっている等の違いに気がつく。このような横隔膜のはたらきの違い等を踏まえ、実際にできるだけ忠実に再現しようとしたモデル装置は、販売されているものも含めて見出すことが出来ない。また実生活ではヒトは横隔膜による腹式呼吸と肋間筋による胸式呼吸を使い分けたり共に使ったりしているが、そのような役割分担を呼吸のしくみと関連させて理解できるように教科書では構成

されていないのが現状でもある（有馬他, 2012）。

2. 研究の目的、内容、および方法

研究の目的と内容：本研究では、教科書で採用されている呼吸のモデル装置が「ヒトの肺はどのようなにはたらいっているのだろうか。」という疑問を解決することに、どれほど実際に近く貢献しているか再検討を行うとともに、改善策を提案し、さらに生活実感を伴って呼吸のしくみを理解できるよう実験の提案を行うことを目的とした。

研究の方法：呼吸のしくみを学ぶための現在のモデル装置の構造や種類・内容等を調査した。また、ヒトの呼吸のしくみを支える組織や器官の構造を、様々な解剖図等を参照し、医学関係者への問合せによっても確認した。その上で、現在のモデル装置や生物教材がどのように実際を反映できているか、またミスコンセプションを導く可能性はないか検討した。これらを、新しいモデル装置の概念と共に生徒が実感をもって理解できる新しい観察・実験を提案する基礎とした。

3. 結果と考察

まず、教科書の「やってみよう」には、「肺が空気を出し入れしているしくみ」とある。しかし、この表現は肺自身に空気を出し入れする能力が能動的にある印象を事前に生徒に与えてしまう、と考えられる。呼吸のしくみを学ぶ前段階では、まだ肺自身にそのようなはたらきがあるかどうか未確定なので、科学的客観性を保った表現としては「肺に空気を入りさせるしくみ」が適切と考えられる。しかし、本研究では今は、教科書通りの表現を用いておくこととする。

教科書の「やってみよう 肺が空気を出し入れし

ているしくみを考えよう」では、ペットボトルを使ったモデル装置での実験が紹介されている(図1)。しかしこのモデル装置を、実際にヒトの呼吸に関わる体内の構造(Cohen, 2005)と比較すると、幾つかの違いが見られる。まず、実際は横隔膜が縮むと肺に空気が入るが、モデルでは動き方が逆で、横隔膜が伸びることによる、となっている。

詳細に見ると、まず肺は自身の弾性によって縮もうとするのを逆に、肺を包む二重の胸膜の、相対的に低圧な漿液を含む胸膜腔側への吸引力と水による胸膜への粘着力で阻まれて少し膨らまされている。その胸膜下部が横隔膜と密着して(巖佐他, 2013)、横隔膜が収縮して下がると、モデル装置のような空間の気体の減圧ではなく、胸膜と肺の間に広がろうとする隙間、即ち閉じていた肋骨横隔洞や肋骨縦隔洞が開かされてできた隙間を埋めるように滑り込まされることで肺は更に膨らまされている(図2)(越智, 1990; 坂井・河原, 2011)。

ペットボトルによるモデル装置(図1)は、肺に穴が開く事によって引き起こされる「気胸」の状態に近い。「気胸」では肺と胸膜の間に空気が入り込んで相互の密着が無くなり、肺が自身の弾性で縮んでしまう状態で、呼吸困難と胸痛を伴う(越智, 1990)。

このように現在のモデル装置と実際の呼吸のはたらきを支える体の組織や器官の動きの違いがいくつか見出されるが、このような観点で注目して改善を行った例は、文献でもインターネット上でも見つけることができなかった。また実生活では、横隔膜による腹式呼吸と肋間筋による胸式呼吸を使い分けたり共に用いたりしているが、そのような役割分担も、呼吸のしくみと関連させて理解できるようなモデル装置にはなっていなかった。

このような現状を踏まえ、現在、より実態に近いモデル装置を開発中である。そのコンセプトは学校での利用しやすさを視野に、できるだけ簡易で安価にできる事を心掛けている。

4. 結論

現在の肺モデルは、体のしくみの反映が不十分などところがあり、横隔膜(ゴム膜)が伸びて空気が肺に入るなど、しくみ理解を誤ってしまう可能性が考えられた。呼吸のしくみを実際的に理解で

きる簡易で安価な新しいモデル装置が必要である。

5. おわりに

実際のヒトの体の構造は見る事が出来ないの、動物解剖によって呼吸に関わる構造をまず確認することが、この単位では有効かもしれない。

引用・参考文献

- ・有馬朗人他 57 名:理科の世界 2 年, 91, 2012, 大日本図書
- ・Cohen, B.J.:Memmler's The Human Body in Health and Disease, 10th ed., 65, 2005, Lippincott Williams & Wilkins
- ・巖佐唐他 3 名:岩波生物学辞典第 5 版, 159, 2013, 岩波書店
- ・越智淳三:分冊解剖学アトラス 内臓Ⅱ, 143, 1990, 文光堂
- ・坂井健雄・河原克雄:カラー図解人体の正常構造と機能, 62, 2011, 日本医事新報社
- ・高橋長雄:からだの地図帳, 38, 2007, 講談社

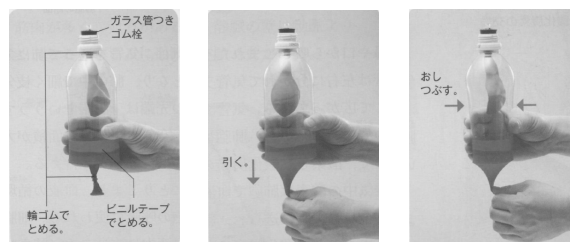


図1. 教科書における呼吸のしくみのモデル装置

(有馬他, 2012 より引用) 写真左:ペットボトルのモデル装置の肺にあたる風船は「気胸」という病気の状態に近い;写真中:肺に空気が入る際には横隔膜が伸びた状態から縮むこととは逆の操作をしている;写真右:押しつぶすは、外肋間筋が縮むことによって胸郭が膨らむことと逆の操作になっている。

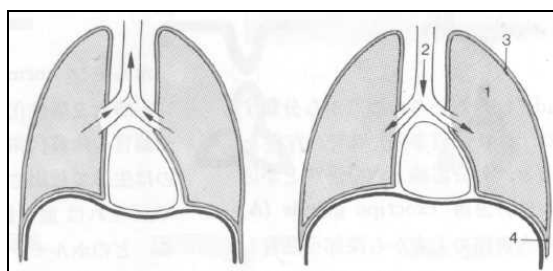


図2. 肋骨横隔洞と肋骨縦隔洞が開かされると吸息

(越智, 1990 より引用) 気道(2)の矢印で示すように、左図:呼吸時;右図:吸息時。二重の膜で肺(1)を取り囲んでいるのが胸膜。胸膜の横隔膜(太実線)側は柔軟な性質で横隔膜が下降しても密着して共に下降する。肋骨横隔洞(4)は呼吸時には閉じているが、吸息時には開いている。各図中央の心臓側の胸膜が、横隔膜と接して折れ曲がっているように見えるところが肋骨縦隔洞。胸膜腔(3, 胸膜の二重膜で囲まれた内腔)は数mlの漿液を含み、陰圧に保たれて、肺を吸着している。