

高校生物教育における機能的解剖模型の取り入れ (2)

里田 隆博 下江 宰司 藤本比登美 白神 聖也
井上 純一 横山 道昭

1. はじめに

高校理科(生物)教育においては、のどの構造については、非常に簡単に説明されているだけである(文献1)。また嚥下(飲み込み)の仕組みに関しては、ほとんど記載がない(文献1)。

今回、のどの奥(口峡部)の閉まる仕組みに関して、舌・軟口蓋機能模型(里田の製作)と嚥下機能模型(里田の製作)の2つを用いて、広島大学附属高等学校2年生に口峡部の構造と嚥下の仕組みの講義を行い、生徒の理解度を分析した。

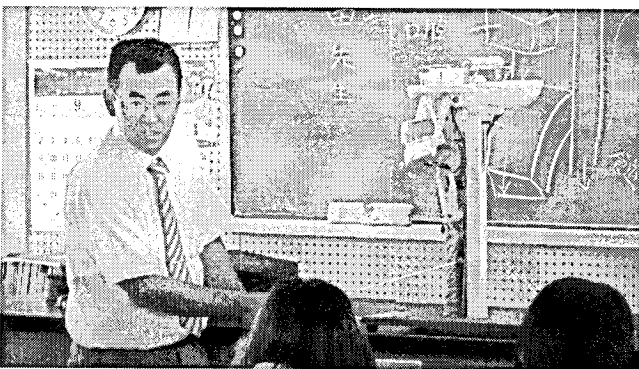


写真1 嚥下機能模型を使った授業風景

2. 舌軟口蓋機能模型を使った教育(2007年9月10日)

のど(口峡部)の構造は上方には軟口蓋があり、下方には舌がある。通常口で呼吸をしているときには、口峡部は開いているが(写真2 a)、歯科治療を受けている時などは、口峡部を閉めて鼻呼吸をする。その際、軟口蓋は下がり、舌は最後方に引かれた状態である(写真2 b)。軟口蓋には、左右に2本の弓があり、手前を口蓋舌弓、後ろを口蓋咽頭弓という。それぞれ、口蓋舌筋、口蓋咽頭筋がその中にある。この2つの弓の間に口蓋扁桃が存在する(文献2, 3)(写真2 a, 図1 a)。一方、口の中からは見えないが、軟口蓋を上げる筋には、口蓋帆挙筋、口蓋帆張筋がある(文献2, 3)。

舌筋には、舌の形を変える内舌筋(垂直舌筋、横舌筋、上縦舌筋、下縦舌筋)があり、舌の位置を変える筋には、外舌筋(茎突舌筋、オトガイ舌筋、舌骨舌筋)がある(図1 b)。口峡部を閉める際には、茎突舌筋が舌を最後方に引き、口蓋舌筋と口蓋咽頭筋が収縮して、軟口蓋を下げることにより、口峡部を閉める。

今回この口峡部の閉鎖を説明する目的で模型を作製した。模型は、軟口蓋、舌ともにEVA(エチレンビ

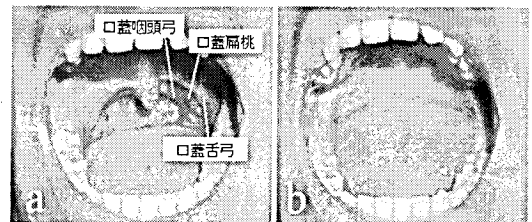


写真2 a, 口呼吸の状態; b, 鼻呼吸の状態

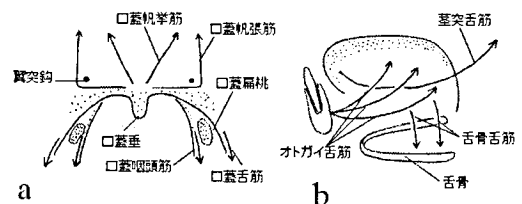


図1 a, 軟口蓋の筋; b, 外舌筋の走行



写真3 舌・軟口蓋機能模型

ニルアセテート) シート (歯科でマウスガードを作る際に使用する材料) を用いて作製した。舌本体を作製の後、茎突舌筋、オトガイ舌筋、舌骨舌筋をそれぞれワイヤーで作製した。また軟口蓋も同様にEVAシートで作製の後、口蓋帆張筋、口蓋帆挙筋をワイヤーで作製し、この2つの筋を同時に収縮させるようにした。また口蓋舌筋のワイヤーは口蓋咽頭筋のワイヤーにつなぎ、同時に収縮するようにした (写真3)。この模型により、口呼吸の状態から、鼻呼吸の状態になる過程を、口蓋舌筋、口蓋咽頭筋の収縮による軟口蓋の下降、茎突舌筋の収縮による舌の後退により起こることが、模型にて再現できた (写真4 a, b)。

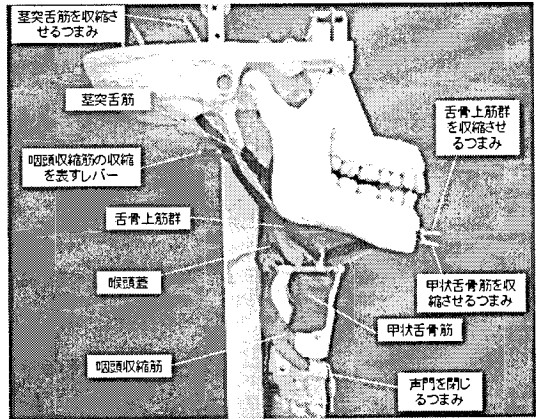


写真5 嚥下機能模型の各部の名称

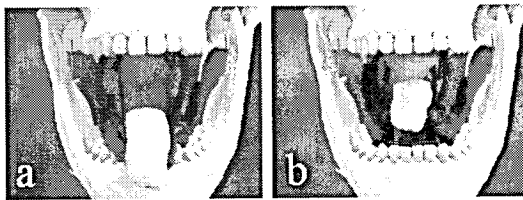


写真4 a, 口呼吸の状態; b, 口峡部を閉めた状態

3. 嚥下機能模型を使った教育 (2007年9月19日)

嚥下の仕組みは非常に複雑で、舌により食塊が奥舌に送られることにより嚥下反射が起こる。嚥下反射は鼻咽腔閉鎖、口腔閉鎖の後に声門が閉鎖し、咽頭収縮筋の収縮、舌骨上筋群、甲状舌骨筋の収縮が起こり舌骨および喉頭が持ち上げられる。そのため喉頭蓋は、舌根部に押しつけられ下方に傾き、同時に食道入口部が開かれるとともに、下咽頭および食道入口部に陰圧が生じる。そのため食塊は咽頭収縮筋に押し出され、梨状陥凹を通して食道の中に吸い込まれていくことになる (図2) (文献2, 3, 4, 5, 6)。

この仕組みを説明するために模型を作製した。模型は、舌および軟口蓋をEVAシートで作製し、舌は茎突舌筋をワイヤーで作製し、舌を奥に引くことが出来るようにした。また、舌骨上筋群 (顎二腹筋前腹、後腹) をワイヤーで作製し舌骨を持ち上げられるようにした。甲状舌骨筋もワイヤーにて作り、甲状軟骨と舌骨の間を狭くできるようにした。気管の中にバネを入れて伸

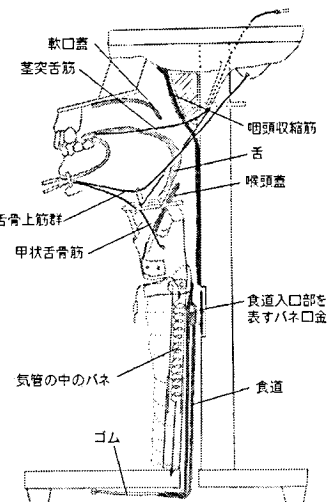


図3 嚥下機能模型の構造

縮にした。食道入口部はバネ口金 (財布などに使うもの) を用いて、喉頭が前方に引かれると開くようにした。甲状軟骨の下には輪状軟骨を作り、輪状軟骨の上に披裂軟骨を回転できるように作り、声門をゴムで作製し、声門が閉じることが出来るようにした。咽頭収縮筋の収縮は木片を下にずらすことにより表現した (図3, 写真5)。

この模型により、食塊が舌により口峡部に送られ嚥下反射が起こり、舌骨上筋群と咽頭収縮筋の収縮により、舌根部に喉頭蓋が押し倒れる様子 (写真6) や、

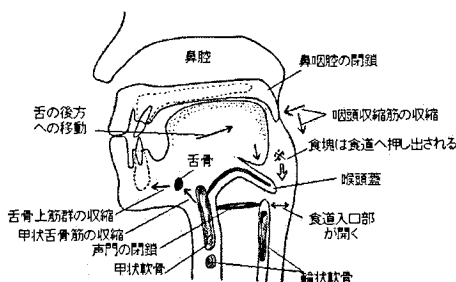


図2 嚥下の仕組み

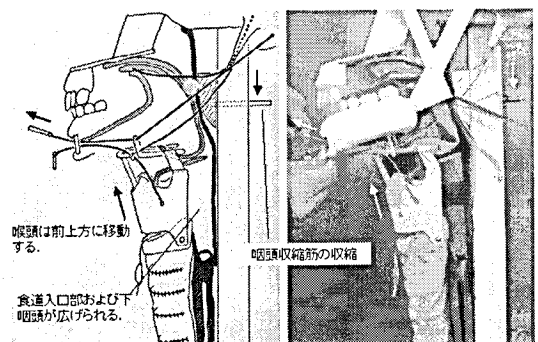


写真6 舌骨上筋群の収縮を表す

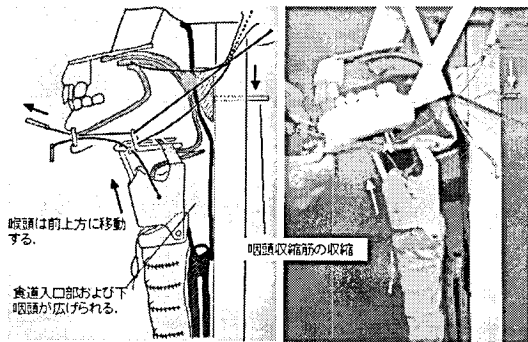


写真7 甲状舌骨筋の収縮を表す

更に甲状舌骨筋が収縮して、舌骨と甲状軟骨の間が狭くなり、喉頭蓋が倒れ、食道入口部が開き、食塊が食道に吸い込まれる様子(写真7)も再現できた。

[里田隆博, 下江宰司, 藤本比登美]

4. 舌・軟口蓋機能模型を使った授業での生徒の理解の分析

事後アンケートの結果を次に示す。

日時; 2007年9月10日 3限

対象; 広島大学附属高校II年生 生物イ組

出席者25名(回答数25名)

1. 今日の授業の内容に興味がもてましたか?

- | | |
|---------------|-----|
| ①とても興味もてた | 4名 |
| ②興味もてた | 16名 |
| ③どちらでもない | 2名 |
| ④あまり興味もてなかった | 3名 |
| ⑤まったく興味もてなかった | 0名 |

2. 今日の授業の内容が理解できましたか?

- | | |
|---------------|-----|
| ①とてもよく理解できた | 2名 |
| ②理解できた | 17名 |
| ③どちらでもない | 3名 |
| ④あまり理解できなかった | 3名 |
| ⑤まったく理解できなかった | 0名 |

3. 今日の授業で、印象に残ったことは何ですか?

(複数回答のみ)

- | | |
|--|-----|
| ・模型がよくできていたこと | 13名 |
| ・ものを飲み込むとき気管はふさがること
(息をするとき食道はふさがること) | 9名 |
| ・口の中の多くの筋肉の動き | 9名 |

4. 今日の授業の内容について質問・疑問があったら書いてください。

- | | |
|--------------------|----|
| ・舌が奥に引っ込むことの利点は何か? | 1名 |
|--------------------|----|

- | | |
|---------------------------|----|
| ・舌と咽頭が普通と逆の動きをすることはしないのか? | 1名 |
| ・模型の改善点は何か? | 1名 |
| ・唾液を意識して止めることはできるのか? | 1名 |
| ・舌をかんだらなぜ死ぬのか? | 1名 |
| ・おとがいの由来は何か? | 1名 |
| ・理学療法という仕事は何か? | 1名 |

5. 今日の授業の感想を書いてください。

(複数回答のみ)

- | | |
|----------------------|-----|
| ・面白く興味もてた | 13名 |
| ・口の中のしくみが複雑だと思った | 9名 |
| ・今まで知らなかったことがよく理解できた | 9名 |
| ・模型が良かった | 5名 |
| ・のどの奥が閉まるしくみがよくわかった | 3名 |
| ・歯に関わる仕事はすごいと思った | 2名 |
| ・難しかった | 2名 |

アンケートの結果を見ると興味もて、理解できたとする生徒が多かった。また、模型での説明が理解を助け、ものを飲み込むとき気管はふさがり、息をするときは食道がふさがること、および口の中で多くの筋肉が動いて咀嚼が起こっていることがわかったとする生徒が多かった。今まで日常的かつ無意識的に行っている咀嚼という行為に顎の動きと一連の筋肉の動きが連動していることについて驚きをもった生徒が多い。また、植食性動物と肉食性動物の咀嚼の違いや言語を話すということあるいは歯科医療に興味をもった生徒もいた。高校生物教科書の咽頭の項では、簡単な図と説明文だけであるが、大型模型により立体的、視覚的に口蓋・咽頭の構造を理解させることができるとともに、大型模型で口蓋と筋肉の動き方を示すことで、動的に理解させることができることが本授業の優れたところである。身近な現象を科学的、理論的に理解させることは大事なことであると思われる。高校生物においては耳や咽頭の内容での発展的な内容としての取り扱いが可能であり、この分野での解剖学や歯科医療についての進路希望を開拓することができる教材と思われる。一方で、専門用語が難しいと思った生徒がいた。

[白神聖也]

5. 嚥下機能模型を使った授業の生徒の理解の分析

事後アンケートの結果を次に示す。

日時; 2007年9月19日 3限

対象; 広島大学附属高校II年生 生物イ組

出席者25名(回答数25名)

1. 今日の授業の内容に興味がありましたか？
- ①とても興味をもてた 2名
 - ②興味をもてた 17名
 - ③どちらでもない 2名
 - ④あまり興味をもてなかった 4名
 - ⑤全く興味をもてなかった 0名

2. 今日の授業の内容が理解できましたか？
- ①とてもよく理解できた 0名
 - ②理解できた 15名
 - ③どちらでもない 6名
 - ④あまり理解できなかった 4名
 - ⑤全く理解できなかった 0名

3. 今日の授業で、印象に残ったことは何ですか？
(複数回答のみ)

- ・上を向いたらものが飲み込めないこと
(息をしながらものが飲み込めないこと) 10名
- ・ものを飲み込むときの複雑な動き 3名
- ・食道はつぶれたチューブであること 3名
- ・模型とCDの映像がよくできていたこと 3名
- ・気管と食道の違い 2名

4. 今日の授業の内容について質問や疑問があったら書いてください。

- ・気管にもものが入るとどうしてむせるのか？ 2名
- ・自分は上を向いても飲めたのはなぜか？ 1名
- ・口のしくみがヒトと同じならイヌも話ができるのか？ 1名
- ・いびきがなぜ出るのか？ 1名

5. 今日の授業の感想を書いてください。
(複数回答のみ)

- ・ふだん気にしていない口の中の動きの巧みさ 6名
- ・ものを飲み込んだときの複雑な動きがわかった 3名
- ・息をしながらものを飲み込めない理由がわかった 3名
- ・難しかったが理解できた 3名
- ・模型やCDの動画がよかった 3名
- ・面白かったし興味をもてた 3名
- ・のどがつまると息ができない理由がわかった 2名

アンケートの結果を見ると興味をもて、理解ができたとする生徒が多かった。解剖模型の精密さは同じであるが、今回はビデオ映像(動画)があることがより

理解を助けていると考えられる。特に嚥下の際ののどの筋肉と骨の動きを初めて知ったとする生徒が多い。食道と気管は違うものであり、食べる行為と息をする行為が同時にできないことを改めて認識できたようである。また、食道はふだんはつぶれたチューブであることが模型の説明で理解できている。さらに、上を向いたらものが飲み込めないこと、息をしながらものが飲み込めないことを実演することが印象に残ったようである。日常何気なく行っていることにこのような巧みで複雑な機構があることに驚きをもった生徒も多い。餅がのどにつまると窒息する、という現象や気管に水や食べ物が入るとせきこむといった現象と関連づけて考えた生徒もいた。今回の内容は日常的な現象であり、現在あるいは将来役に立つことも多いと考えられる。難しい内容ではあるが、模型や動画を使えば高校でも扱えないことはなく、用語について整理をすれば高校生でも理解ができると考えられる。[白神聖也]

6. まとめ

今回、舌・軟口蓋機能模型および嚥下機能模型を用いて、高校生に実際に教育を行った結果、のどの奥の閉まる仕組みや嚥下(飲み込み)の仕組みを生徒に理解させることが出来た。嚥下の仕組みは大変複雑であるが、実際に自分の身体で、上を向いて唾液を飲み込むことが出来ない、また口を開けた状態で飲み込むことが出来ないなど、意外に嚥下というものは、条件が揃わないと行えないと言うことが生徒自身よくわかったように思う。今回使用した模型は、大学で解剖学教育に実際に使っているものであるが、この模型を高校生の教育、また一般市民を対象とした教育にも応用したり、さらには摂食嚥下障害の高齢者介護の分野にも取り入れることが出来るのではないだろうかと思われる。
[里田隆博, 下江宰司, 藤本比登美]

参考文献

- 1) 高等学校改訂生物 I, 田中隆荘ほか著, 第一学習社, p184, 2007.
- 2) 日本人体解剖学 改訂19版(下巻) 金子丑之助原著, 南山堂, pp302-316, 2000.
- 3) 人体解剖学(改訂4 2版), 藤田恒太郎著, 南江堂, pp182-197, pp203-206, 2005.
- 4) よくわかる摂食・嚥下のメカニズム, 山田好秋著, 医歯薬出版, pp81-100, 1999.
- 5) 摂食嚥下リハビリテーション(第1版), 金子芳洋, 千野直一監修, 医歯薬出版, pp19-36, 2003.
- 6) 摂食・嚥下のメカニズム 解剖生理編, 井出吉信, 山田好秋監修, 医歯薬出版 CD-ROM, 2005