

高校生物および保健教育における発生学的解剖模型の取り入れ

里田 隆博 下江 宰司 藤本比登美 白神 聖也
井上 純一 新堀 稔文 大辻 明 井藤 幹治
世羅 晶子 橋本 直子 山下 勝也

1 はじめに

今までの高校理科(生物)教育においては腹部内臓の記述は、腹腔内の原位置での説明のみであり、消化管が、発生学的理由により左右非対称になることなどは一切説明されていない(文献1)。実際の腹腔内は、胃は左に、肝臓は右に、虫垂は右に、S状結腸は左にあり、脾臓は左に1個しかない。これは左右対称的にできた消化管が、その伸長と捻転により、左右非対称になった結果である。また消化管は腹膜に包まれており、小腸などの消化管は腸間膜により後腹壁よりつり下げられた構造をしていることも触れられていない。

また保健教育(性教育)においては男女の生殖器は、全く別のものというふうにかかれて(文献2)。男女の生殖器系は、発生初期の未分化期においては同じであり、男性生殖管になる中腎管と女性生殖管になる中腎傍管が存在する。これが遺伝子の影響により、それぞれ男性生殖器、女性生殖器に分化するわけである。

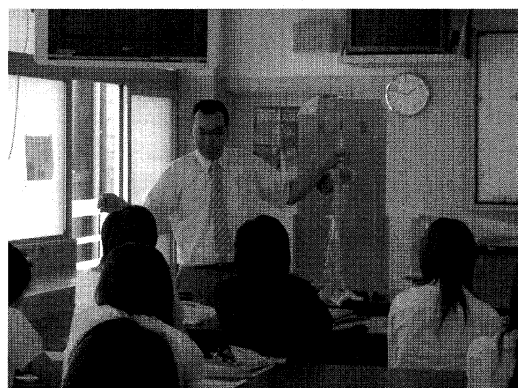
今回、消化管の発生過程および生殖器の発生過程を

学医学部教授熊木克治先生が製作監修して考古堂書店より発売(文献3,4)と、骨盤内臓発生模型(里田の製作)の2つを使用して、広島大学附属高等学校2年生に講義を行い、生徒の理解度を分析した。

2. 消化管発生模型を使った教育(平成17年9月15日)

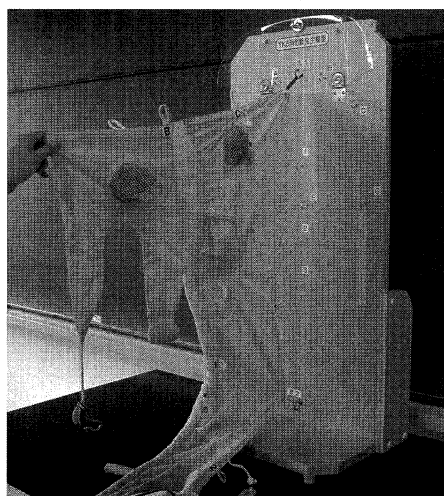
消化管は、発生初期においては、左右対称であるが、その消化管の伸長にともない捻転して、左右非対称になる(文献5,6,7)。本模型では、左の腹膜をピンク、右の腹膜をブルーで表した。肝臓と腹側膵は、前胃間膜の中に発生し、脾臓と背側膵は、後胃間膜の中に発生する。小腸、結腸においては、腹側腸間膜は消失し、背側腸間膜のみになる(写真2)。

発生の過程で、肝臓は大きくなり右に移動する。それに伴い、胃は左、脾臓も左に移動する(写真3)。



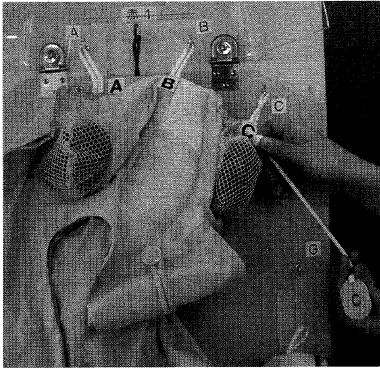
[写真1 消化管の発生過程の授業]

説明するために、YKS 消化管発生模型(里田と新潟大

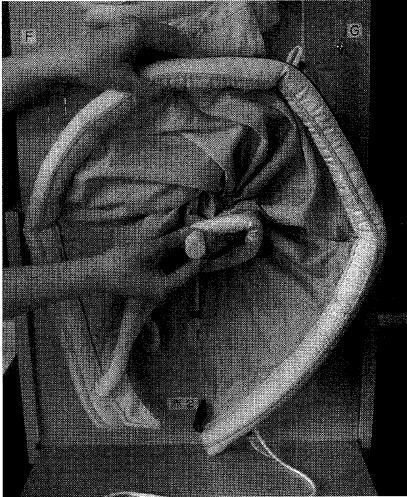


[写真2 発生初期の消化管を示す]

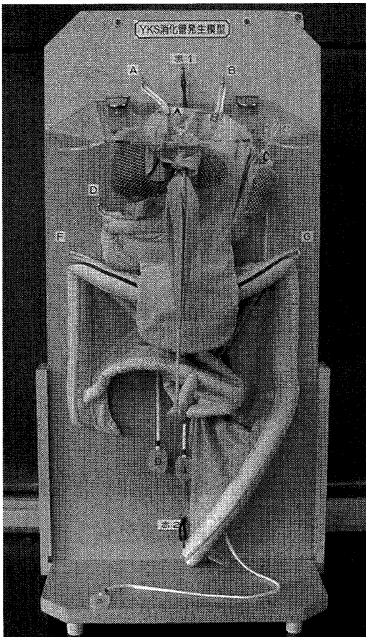
Takahiro Satoda, Saiji Shimoe, Hitomi Fujimoto, Masaya Shiraga, Junich Inoue, Toshifumi Shinbori, Kanji Ito, Akira Otsuji, Akiko Sera, Naoko Hashimoto, and Katsuya Yamashita: The introduction of embryological models for senior high school biology and health education.



「写真3 肝臓、胃、脾臓の移動」



「写真4 反時計方向に回転した消化管」



「写真5 完成した消化管発生模型」

十二指腸は、二次的に後腹壁に癒着し、腹膜後器官になる。腹側臍は、十二指腸の周りを回り、背側臍と癒合して、臍臓を作る。

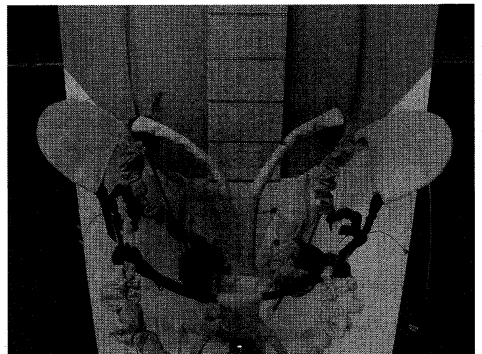
十二指腸空腸曲から下の消化管は、正常においては、卵黄腸管を中心として、反時計方向に約270度回転したのち、盲腸の下降が起こる（写真4）。しかしこの回転が起こらなかった場合、無回旋といわれる状態になり、小腸が右の腹腔にあり、結腸が左の腹腔にあるという状態になる。

後胃間膜に相当する部位より、大網が垂れ下がってくる。大網は、横行結腸および横行結腸間膜に癒着する。そのため生体では、大網は、横行結腸から起こっているように見える（写真5）。この大網の中および胃の後ろの空間は網嚢と呼ばれる。肝臓と胃の間は小網で、この小網の右端は、門脈などの血管が通っているので肥厚しており、肝十二指腸間膜と呼ばれる。この肝十二指腸間膜の後ろが網嚢孔（ウィンスロー孔）であり、これに続く空間が網嚢である。

3. 骨盤内臓発生模型を使った教育（平成18年1月17日）

発生初期に、腎系は前腎、中腎、後腎と3種類形成される。前腎、中腎の消失とともに、後腎が腎臓としての機能を持つようになり上昇する。中腎は、その機能は消失するものの、その導管である中腎管（ウォルフ管）およびその近傍にできた中腎傍管（ミューラー管）は男女の生殖管として利用される。中腎管は、精管、精嚢等の男性生殖管を形成し、中腎傍管は、卵管、子宮、膣などの女性生殖管になる（写真6）。

男性の精巣と女性の卵巣は相同であり、男性では精巣は下降して、陰嚢の中に入る。女性においては卵巣は腹腔内にとどまったままである。また外陰部は、基本形は女性であるが、男性においては、精巣の下降、左右の前庭球の癒合による尿道海綿体の形成、陰核海綿体の伸長による陰茎海綿体の形成がおこる。その結



「写真6 中腎管と中腎傍管のある未分化の状態」

果、男性では尿道の延長が起こる。また女性の外尿道口近傍にある尿道傍腺（スケネ腺）が、男性の前立腺（カウパー腺）に相当する（文献5，6，7）。

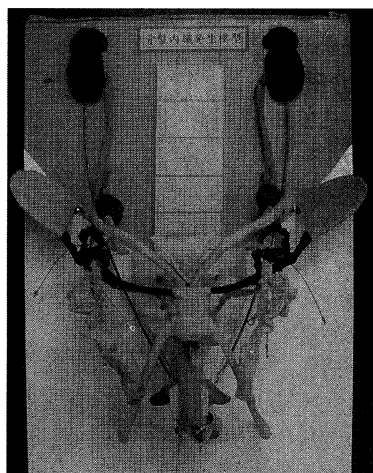
（女性生殖器系）

女性においては男性生殖管になる中腎管が消失する。そのために中腎管を取り外す（写真7）。



【写真7 中腎管の消失を示す】

中腎傍管は左右で癒合し、大きくなり、子宮および卵管と膈の一部を作る。生殖腺である卵巣は少し下降するものの、腹腔内にとどまる（写真8）。



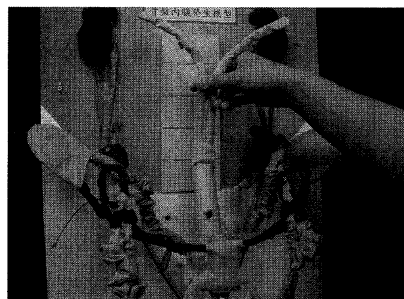
【写真8 完成した女性生殖器系】

（男性生殖器系）

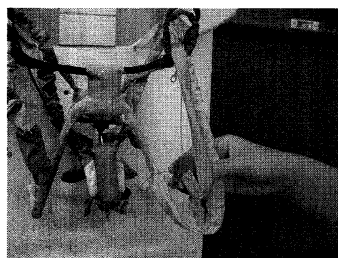
一方、男性においては女性とは異なり、中腎傍管が消失する（写真9）。そして生殖腺である精巣は精巣導帯に引っ張られて、鼠径管を通して陰囊の中にはいる（写真10）。

男性においてはさらに、尿道の延長が起こる。すなわち女性の陰核海綿体が、陰茎海綿体となり、前庭球が、正中部で癒合が起こり尿道海綿体となる（写真11）。

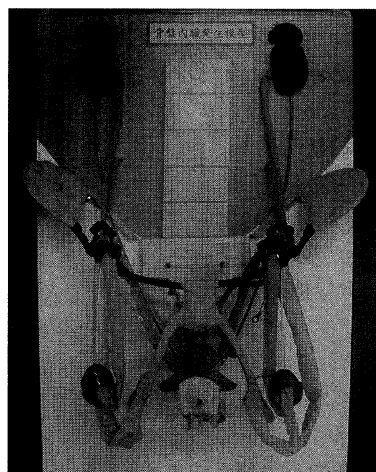
【里田隆博，下江宰司，藤本比登美】



【写真9 中腎傍管の消失】



【写真10 精巣の下降を示す】



【写真11 完成した男性生殖器系】

4. 消化管発生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。

対象；広島大学附属高校Ⅱ年生 生物ア組 出席者34名（回答数33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 | 7名 |
| ② 興味もてた | 19名 |
| ③ どちらでもない | 3名 |
| ④ あまり興味もてなかった | 4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 4名
 - ② 理解できた 15名
 - ③ どちらでもない 7名
 - ④ あまり理解できなかった 7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？
- ・ 消化器が回転して今の位置に収まること 15名
 - ・ 模型がよくできていてわかりやすかったこと 14名
 - ・ 複雑な消化器の位置も元は単純（対称）であること 3名
 - ・ 体内の構造（消化器の位置）についてわかったこと 2名
 - ・ 大綱というものについてわかったこと 1名
 - ・ 腹膜に消化器がおおわれていること 1名
 - ・ 小腸が固定されていること 1名
 - ・ 大腸が「の」の字であること 1名
 - ・ へその緒の話 1名
 - ・ 消化器の左右の位置が通常と反対の人がいること 1名
 - ・ 消化器の解剖写真 1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。
- ・ 消化器が回転するわけは何か？ 2名
 - ・ どのようにして消化器の位置が回転するという事実がわかったのか？ 1名
 - ・ どうして右に位置するものは右に動くか決まっているのか？ 1名
 - ・ 模型の特許はとれたのか？ 1名
5. 今日の授業の感想を書いてください。
- ・ 模型がわかりやすかった 13名
 - ・ おもしろかった（興味深かった） 7名
 - ・ 難しい用語が多かった 5名
 - ・ 消化器の位置関係がわかった 3名
 - ・ 人体の不思議さを感じた 2名
 - ・ いい勉強になった 1名
 - ・ 腹膜の存在の理由がわかった 1名
 - ・ 大綱の存在についてわかった 1名
 - ・ 体内の脂肪についてわかった 1名
 - ・ 消化器の解剖写真はショックだった 1名

アンケートの結果を見ると興味ももて、理解できた

とする生徒が多かった。また、模型および回転運動による消化器の配置について印象に残ったことがわかる。非対称な消化器も元は単純で対称であり、回転運動により配置されることについて理解はできたと思われる。高校生物教科書の発生項では、各胚葉の分化とそれぞれから形成される器官の説明はあるが、本時のような発生後期の消化器の内容は少なくとも教科書にはない。腹膜や腸間膜などの用語についても内容が深まり、消化器の発生について興味を喚起することができる授業になった。さらにいうならば、器官の分化について高校生物教科書では平面（断面）でしか表されていないのに対し、この解剖模型を使った授業では立体的かつ動的に示すことができ、この授業が果たす役割は大きかったといえる。

[白神聖也]

5. 骨盤内臓発生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。

対象；広島大学附属高校Ⅱ年生3組 出席者43名（回答数43名）

1. 今日の授業の内容に興味もてましたか？
- ① とても興味もてた 2名
 - ② 興味もてた 17名
 - ③ どちらでもない 21名
 - ④ あまり興味もてなかった 3名
 - ⑤ 全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 とても理解できた 6名
 - ② 理解できた 25名
 - ③ どちらでもない 9名
 - ④ あまり理解できなかった 2名
 - ⑤ 全く理解できなかった 1名
3. 今日の授業で、印象に残ったことは何ですか？
- ・ 男女の生殖器のものは一緒 24名
 - ・ 諸器官がそれぞれの場所に移動する理由 5名
 - ・ 腎臓の移動 4名
 - ・ ウォルフ管 4名
 - ・ 詳細な模型 6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。
- ・ 性によってある器官がなくなるとは、自然に消滅することなのか？

- ・他の生物でも同じことが起こるのか？
- ・もし男性器がきちんと融合しない時、させる方法はあるのか？
- ・子宮ガンと前立腺ガンの発生は同じなのか？
- ・馬蹄腎による問題とは？
- ・どのような過程で男性と女性に分けられるのか？
- ・模型作成にかかった時間と費用は？

5. 今日の授業の感想を書いてください。

- ・模型を使って説明して下さったので、わかりやすかった。
- ・生殖器の発生のしくみがよくわかった。
- ・生物の進化の過程と関係しているように思えた。
- ・男女の性は最初のつくりから異なっていると思っていたが、その考え方が間違っていたことが理解できた。
- ・だいたい理解できたが、細かい動きについてはよくわからなかった。
- ・初めて聞いたことがたくさんあり、知らないことばかりで漢字も難しい。
- ・専門用語が同じようなものばかりで、混乱した。
- ・あんな模型を作った先生はすごいなと思った。

このクラスの保健の授業では、運動を科学的に学習する基礎として、骨格および骨格筋を解剖学的に学ぶ場を構成している。1学期は人体の骨格について、それぞれの名称や関節による繋がりを学習し、2学期は人体を支えたり動かしたりする骨格筋について、それぞれの名称や役割について理解する学習を進めている。この学習は様々な骨格筋が供給しながら骨格を巧みに動かすことが「運動」であり、そのために進化してきた人体があることを理解することにつながると思う。こうした学習の一環として、人体を発生学的に学ぶ場面は、「運動の巧み」を理解する上で重要なヒントとなる可能性を持つと考えられる。ただ、今回の教材は生徒40名以上の授業

現場ではやや小さめであり、見せる工夫が必要となる。

[大辻 明, 新堀稔文]

6 まとめ

今回、消化管発生模型および骨盤内臓発生模型を使い、高校生に実際に教育を行った結果、この模型による説明でよくわかったという意見が多数を占めた。高校教育においても、発生学的見地から、人体の構造を教えるということが大切であることがあらためてわかった。しかしながら、今回の検証授業で、次のような課題も残されたのではないと思われる。

今回用いた模型は実際に大学の授業で使っているもので、少し複雑すぎる箇所もある。いきなり、この模型を高校生に応用したわけであるが、少し難しい専門用語を用いなければ説明できないところもあった。しかしながら、この模型を使って、大まかに、「消化管は、その伸長と捻転により、現在の位置に納まる」「男女の生殖器系はもともと同じものなのである」という2つのことがわかってもらえれば十分と考えられる。

[里田隆博, 下江宰司, 藤本比登美]

<参考文献>

- 1) 高等学校生物 I, 田中隆荘ほか, 第一学習社, 2005, pp82-99.
- 2) 現代保健体育, 大修館書店, 2004, 口絵③, pp68-69.
- 3) YKS 消化管発生模型 考古堂書店(新潟)製作監修 里田隆博, 熊木克治.
- 4) 消化管発生模型の製作, 里田隆博, 解剖誌, 71(2): pp126-132 (1996).
- 5) Moore 人体発生学第4版, K. L. Moore 著, 星野一正訳 医歯薬出版, pp224-252, pp253-293.
- 6) 人体解剖学 改訂第41版, 藤田恒太郎著, 南江堂 255-276, pp277-284.
- 7) 人体発生学第4版, J. Langman 著, 澤野十蔵訳, 医歯薬出版, pp131-141, pp211-239.