

初学者が自学自習しやすい生理学教材

An Easy Self-Study Material on Physiology for Beginners

渋谷まさと

女子栄養大学短期大学部生理学研究室

Abstract: This novel self-study material presents basic knowledge and quizzes in physiology in a step-by-step manner using an original explanatory model and illustrations. Part of the teaching material was assigned to 1st year medical students. An evaluation exam from the presented quizzes was given and 96 (88%) out of 109 students passed with an average score of 90.2. In an anonymous questionnaire, only one out of 93 students thought that the material was difficult to study by themselves. Also, the system was used for co-medical students, and an “exam on all areas” was provided to allow opportunity for obtaining credit prior to the term exam, and results were immediately notified. In an anonymous questionnaire at the time of the term exam, 119 out of 154 students (77.3%) had passed the exam. Their understanding and knowledge of biology in high school was also asked. Out of the 98 students who answered that they had a “low” understanding of biology, 74 (75.5%) passed the exam and of the 56 students who had a “high” understanding, 45 (80.4%) passed the exam. These results indicate that this material is easy for beginners to learn basic physiology.

Keywords: e-Learning, physiology, beginners, education efficiency, self-study

1. 問題の所在

生理学の基礎知識を有する学生のための良質な教材は多く提供されているが、初学者が基礎知識を習得する自己学習のための教材は少ない。現在、授業による知識伝授が医療系専門教育の主体を担っているが、学習目標を達成するには自学自習が重要である。よって生理学の初学者にとって自学自習しやすい教材の開発が必用である。

また、高校生の生物に関する知識量には個人差が大きく、基礎知識がない状態で医療系の専門教育を受けることも多い。さらに、高校までは参考書などに練習問題が多く提示されているが、専門教育の練習問題が少ないなどの問題がある。

医療系教育の基礎の一つである生理学を理解するための教育を促進することは、医学・医療系教育全体の教育の成果に関わる重要な問題と言える。このような背景に基づき、著者らは学生が自己学習により生理学の基礎を学ぶことのできる「一步一步学ぶ医学生理学」を開発し実際の教育に用いている。「一步一步学ぶ医学生理学」の全内容は<http://physiology1.org>に公

開している。本研究では、この新しい教材により、生理学の初学者が基礎的知識を得ることができること明らかにした。

2. エビデンスに基づいた教育手法 (1) ステップ・バイ・ステップに提示

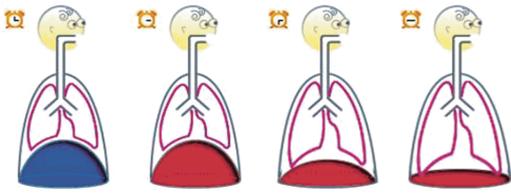
「一步一步学ぶ医学生理学」では、生理学を説明するモデル、章立てから新たに独自に開発した。章立てはステップ・バイ・ステップとし、例えば、「横隔膜は吸息筋である」ことを伝授するだけのために一つのステップを提示した。ステップごとにまず解説がある。文章を短く、カラー画像、アニメーションも入れて理解、自学自習しやすくした(図1)。

本教材は、教育心理学で「small stepの原則」と呼ぶ手法を応用している^[1]。我々は医学生理学教育領域における「small stepの原則」の有効性をすでに示した^[2]。すなわち心周期の基礎知識をステップ・バイ・ステップで提示する新教材の教育効率を従来の教材と比較検討したrandomized controlled studyで、生理学を履修していない医学部1年生26名を「新教材グループ」と「従来グループ」とに無作為に割り付け比較した。「従来グループ」には心周期に関する図表の数、文字数、説明方法が記載されている教科書を提示した。両教材とも、ワープロで

Masato Shibuya
Junior College of Kagawa Nutrition University
E-mail: shibuya@med.showa-u.ac.jp

9.8.1: 呼吸周期 / 横隔膜活動と肺気量1

横隔膜は吸息筋である。



赤線が肺でその外にある灰色の線が胸壁です。胸壁の内側の空間が胸腔です。横隔膜は胸腔の底にあります。赤は横隔膜が収縮していることを示します。赤線が肺でその外にある灰色の線が胸壁です。胸腔の内側の空間が胸腔です。横隔膜は胸腔の底にあります。赤は横隔膜が収縮していることを示します。

横隔膜が収縮すると、胸腔と胸が伸展します。この過程が吸息です。肺の中の気体の量を肺気量といます。横隔膜が収縮すると肺気量が増大するのです。

横隔膜	収縮	収縮	収縮
肺気量(安静呼吸の1周期の間で)	最小	最小→最大	最大

知識確認問題

- 横隔膜は 吸息筋 呼息筋 である。
- 横隔膜などの 呼息筋 吸息筋 が収縮すると、胸腔と肺とは 伸展 縮小 する。
- 胸腔と肺とは 吸息時に縮小、呼息時に伸展 吸息時に伸展、呼息時に縮小 する。

図1 典型的な1ステップ

出力することで、学生には、教材の出典を盲検化した。自習した後に同一のテスト(基礎知識に関する二者択一式問題30題)を施行し、採点者には、学生ごとの割り付けを盲検化した。正解数は、「従来グループ」では25.7 ± 3.7 (mean ± SD)であったが、「新教材グループ」では29.4 ± 1.1であった(p<0.01)。

(2) 知識確認問題

「一歩一歩学ぶ医学生理学」では「知識確認問題」を提示し、能動的に学習できるようにした。多くは「横隔膜は[吸息筋/呼息筋]である」のように二者択一で一つの知識があれば正解できるものにした。パソコン画面上で解答すると、正解か否かがすぐに表示されるようにした。

このような能動的な学習の機会が学習の効率を上げるかどうか、医学部の学生にアンケート調査した^[3]。その結果、94%が肯定的な回答(84名中55名が「学習の効率を大変上げた」、23名が「学習の効率を多少上げた」と答えた)であった。

(3) IT技術の応用

全教材をデータベース化し、無作為出題した模擬テストを自動的に採点し、誤ったステップの解説を提示するなどの機能は実装済みである。

3. 改善内容

今回、約1,000のステップと約5,000の知識確認問題とで生理学全体の基礎知識を学習するシステムを完成させた。解説は、「ステップ・バイ・ステップな提示」に加え、下記の二つの特長を持たせた。

(1) 国際的にオリジナルの説明モデル

「一歩一歩学ぶ医学生理学」は今までの国内外における生理学の説明モデルを単にデジタル化したプロジェクトではない。例えば、体温、血圧、ホルモン分泌、血漿浸透圧などの調節システムに共通する要因が何であるかをオリジナルに抽出し、それに基づいて負のフィードバックの説明モデルとイラストとを構築した。体温調節では、ふるえや立毛が「原因」であり、体温上昇が「結果」であるとした。寒冷暴露でふるえや立毛が見られるのは、自動車が坂を上るとき、エンジンの回転を多くすることと同様である、と説明している(エンジンの回転が「原因」であり、スピードが「結果」である)。ホルモン分泌についてもアルドステロン分泌が「原因」、血圧上昇が「結果」などのように、基礎知識を一つ一つモデル化した。

呼吸周期の説明は、14のステップで基礎知識を説明した。呼吸周期は英訳して公開している。Google.comで欧米のあらゆる教育機関の公開教材と同列に「respiratory cycle」で検索される831万件のうち、「一歩一歩学ぶ医学生理学」は4位にランクされている。

(2) 遊び心を活かした教材作り

初学者は、勉強が楽しいほどスムーズにその分野の基礎知識を身に付けることができる。そのため、「一歩一歩学ぶ医学生理学」では、遊び心を大切にし、学生の参加により、できるだけ敷居の低い教材作りに努めた。例えば図2は、1次免疫応答と2次免疫応答とを示すイラストである。2次応答では、多くの抗体が生成されることを示すグラフはしばしば目にするが、その基礎知識を、「一歩一歩学ぶ医学生理学」の図は、イラストとして初学者に楽しく提示している。

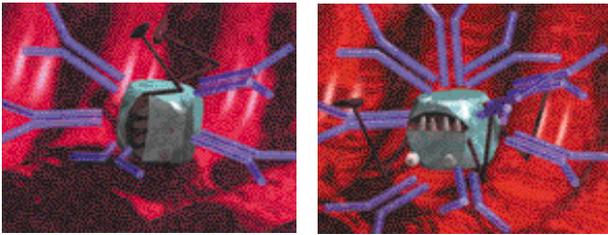


図2 1次(左)と2次(右)免疫応答の遊び心あふれるイラスト

図3は赤血球の酸素飽和曲線を説明するステップのイラストの一部である。酸素飽和曲線に関する記載は多いが、酸素飽和度の内容(赤血球内のヘモグロビンのうち、酸素と結合している割合)をも明確に提示したイラストを目にすることは少ない。Googleで「酸素飽和曲線」で検索される43,000件中「一歩一歩学ぶ医学生理学」は4位である。

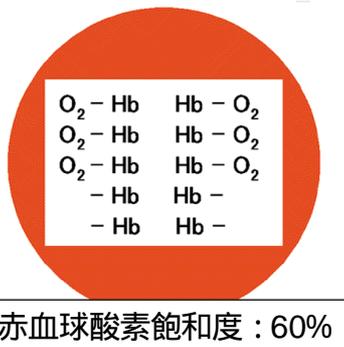


図3 酸素飽和度を明確にしたイラスト

4. 実践による改善効果

(1) 国内の医学部学生の学習効果と評価

国内の医学部学生への「一歩一歩学ぶ医学生理学」による学習効果を以下のように検討した。A大学医学部1年生(教養課程)に、生理学の主要なテーマのうちの15(心周期と心雑音, 体液分画と腹水, エネルギー代謝とケトン体, 左室肥大の心電図, 体温調節とうつ熱・発熱, 呼吸周期と気胸, 腎機能とタンパク尿, 代謝性アシドーシスのデータ判読, 凝固系と血友病, 負のフィードバックとホルモン分泌調節, 下垂体腫瘍と視覚伝導路, 脊髄伝導路とブラウン・セカール症候群, 神経総論, 免疫総論とRh式血液型不適合妊娠, 遺伝と第 因子遺伝子)を「医学部専門教育へ向けた症例検討」と称して「一歩一歩学ぶ医学生理

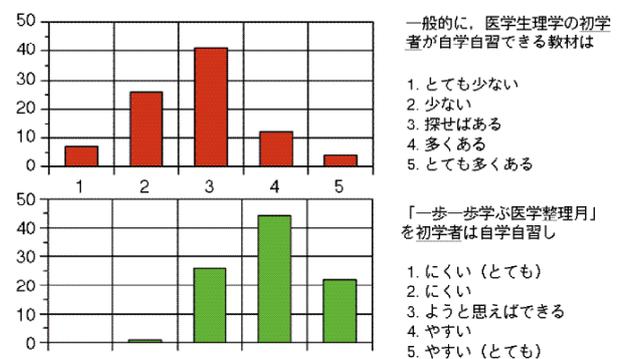
学」の一部を自学自習するよう課した。指定した範囲に含まれる知識確認問題は合計1,436題であり, その中から, 2年次(専門課程)4月の最初の授業で, 評価テストを施行するとアナウンスした。このアナウンスメントは, 1年次の10月にし, オフィスアワー, 電子メールによる質疑応答などで自学自習を補助した。100題出題した評価テストを4月に施行した。

表1 「一歩一歩学ぶ医学生理学」で生理学の基礎知識を自学自習した医学生の評価テスト成績

	正解率(平均±SD)	n
合格者	90.2 ± 11.0	96
不合格者	63.6 ± 5.8	13

前記のテーマは, 生物を受験科目としなかった過半数の学生にとっては, 新しい知識であったと思われる。すなわち, 表1は, 生理学の初学者の大部分が生理学の基礎知識を自学自習することに成功したことを示唆する。

2年次2月(年度末)において, 「一歩一歩学ぶ医学生理学」の分かりやすさを匿名アンケートで, 他の教材と比較した。「一般的に, 医学生理学の初学者が自学自習できる教材は(5:とても多くある, 4:多くある, 3:探せばある, 2:少ない, 1:とても少ない)」に対する回答は平均2.78(n=90)であった。同じ学生は「『一歩一歩学ぶ医学生理学』を初学者は自学自習し(5:やすい[とても], 4:やすい, 3:ようと思えばできる, 2:にくい, 1:にくい[とても])」に対して平均3.94(n=93)と回答した。回答の分布は図4のようであった。



(上段) 一般の教材に対する評価
(下段) 「一歩一歩学ぶ医学生理学」に対する評価

図4 医学部2年生へのアンケート

(2) 米国の医学部学生による評価

心電図 (ECG) を初学者に教授する上で、基礎知識が何であるかを抽出し、10のステップで構成した「心電図：はじめの一步」も「一步一步学ぶ医学生理学」の一部である。英語versionを用意し、Mayo医科大学の循環系コースの一環として医学生全員に対してレクチャーした。匿名のポストアンケートで 'Would you recommend ECG: the first step to a student learning ECG for the very first time?' と質問した。'very much' (n=12)/ 'fairly' (n=7)/ 'somewhat' (n=4)/ 'not very much' (n=0)/ 'not at all' (n=2) と評価された^[4]。

(3) co-medica学生における基礎知識量と「一步一步学ぶ医学生理学」による学習到達度との相関

医療系1年生向けの半年の授業で「一步一步学ぶ医学生理学」の一部を教材として使用した。全教材、知識確認問題のデータベース化による無作為出題、自動採点などの機能により期末試験と同じ範囲、難易度の試験を何度でも施行できるため、期末試験以前に「全範囲試験」で単位取得の機会を提供し、結果をすぐに知らせた。期末試験受験後、匿名アンケートにより、A:「一步一步学ぶ医学生理学」による学習到達度とB:基礎知識量との相関を検討した。個人情報保護のため、両要因とも自己申告とし、個人を同定しての実際の成績は今回の解析に使用しなかった。

アンケートは、A「あなたの成績は、5:期末試験期間の前に『全範囲試験』を85点以上で合格した、4:期末試験期間の前に『全範囲試験』を75-84点で合格した、3:期末試験を受けて、合格したと思われる、2:期末試験を受けて、合格はわからない、1:期末試験を受けて、合格しなかったと思われる」ならびに、B「あなたは、入学時、中学・高校の生物を5:とても良く理解・記憶していた、4:良く理解・記憶していた、3:普通に理解・記憶していた、2:あまり理解・記憶していなかった、1:ほとんど理解・記憶していなかった」であった。154名から得た回答の集計を表2に示す。Aに対して、3か4か5と回答した場合を学習到達度が「高い」とし (n=119)、1か2と回答した場合を「低い」とした (n=35)。また、Bに対して3か

4か5と回答した場合を基礎知識量が「多い」とし (n=56)、1か2と回答した場合を「少ない」とした (n=98)。基礎知識量により、学習到達度を分類した。

表2 医療系の学生における「一步一步学ぶ医学生理学」を使った生理学授業の学習到達度と基礎知識量との5段階匿名アンケートの結果

学習到達度	全体	基礎知識量	
		少ない	多い
高い	119	74 (75.5%)	45 (80.4%)
低い	35	24 (24.5%)	11 (19.6%)

自己申告された学習到達度と基礎知識量との間の相関係数は0.14であり、相関はなかった。また、基礎知識量が少なかった98名のうち、74名 (75.5%) は学習到達度が高く、基礎知識量が多かった56名のうち、45名 (80.4%) は学習到達度が高かった。すなわち、基礎知識量が多い学生の方が、学習到達度が高い割合 (80.4%) が、基礎知識量が少ない学生の割合 (75.5%) より高く、基礎知識量の重要性が示唆される。しかし、基礎知識量が少ない学生が高い学習到達度を達成できる可能性 (75.5%) も極端に低いわけではなく、「一步一步学ぶ医学生理学」により生理学の基礎知識を学習し得ることが示唆される。

5. 考察

初学者が生理学を学びやすくする多くの特長を、「一步一步学ぶ医学生理学」は備えている。

本システムは、「一步一步」の名の通り、ステップごとの情報を最低単位にし、従来よりも理解しやすい新しい説明モデルを構築した。これにより、「『一步一步学ぶ医学生理学』を初学者は自学自習しにくい(とても)」と回答した学生は93名中1名 (図4) であり、「一般的に、医学生理学の初学者が自学自習できる教材は(とても)少ない」と回答した学生の数、90名中33名、と明確な差を認めた。さらに、生理学の基礎知識に関するテストを88%の学生が90点で合格し、初学者が本プロジェクトにより、生理学を学びやすくなったことが示唆される。

また、「一步一步学ぶ医学生理学」には複数

のステップを指定して保存する機能もある。すなわち、1,000以上あるフォルダーのうち、教員による指定フォルダー内の全解説、知識確認問題を学生はワンクリックで表示できる。これにより、しばしば教育の現場で聞かれる「何を勉強したら、覚えたらいいのかわからない」という事態を一掃し、授業の予習、復習が、よりやりやすくなっている。

「一步一步学ぶ医学生理学」のこれらの機能は、教育心理学で有効性が示されている、「small stepの原則」(教材の提示方法)、「強化因子の設定」(知識確認問題で正解か否かがすぐに表示)、「目標行動の具体化」(教員指定フォルダーの保存機能)、「個別ペースによる学習」(e-Learningの特性)、の多くを備えていると思われる。

しかし、ステップ・バイ・ステップな提示、知識確認問題、IT技術の応用だけにより、医学生の学習到達度を上げたり、国内外の医学生に高く評価されることはなかったと思われる。すなわち、今回の改善内容である、国際的にオリジナルの説明モデルを遊び心あふれる教材で提示したことが、一因であると思われる。

「一步一步学ぶ医学生理学」は生理学の基礎知識を初学者が自学自習しやすくすることに特化したプロジェクトである。正規(formal)ではない(informal/hidden)カリキュラムの重要性も強調されている^[5]。すなわち、医学界における用語の定義だけでなく、慣用句の使い方などを見直す必要性が強調されているのであり、本プロジェクトの初学者を主眼においたミッションと相容れると思われる。

6. 共通性・拡張性・汎用性

初学者として生理学を学ぶ学生は、医学生だけでなく、歯科医師、看護師、栄養士の学生など、数多くいる。co-medicalの学生への匿名アンケートの結果では、中学・高校の生物の理解・記憶レベルと「一步一步学ぶ医学生理学」を使っただけの学習到達度との間に相関はなかった。すなわち、中学、高校の生物を理解・記憶していない学習者でも、「一步一步学ぶ医学生理学」による学習では、ほとんど不利にならない。医療系学生以外の生理学初

学者も「一步一步学ぶ医学生理学」により、生理学の基礎知識を学習できると考える。

7. まとめ

「一步一步学ぶ医学生理学」は医学生にとって必要な生理学教育目標をすべて達成する目的に構築されたものではない。むしろ、専門教育を受ける下地を作ることにより、高等・専門教育機関の人的、財政的、時間的リソースのさらなる有効利用を促進することをミッションとしている。「一步一步学ぶ医学生理学」により、低学力者の知識量を効率よく底上げすることも可能と思われる。準備教育として「一步一步学ぶ医学生理学」が導入されれば、問題解決、課題検索、グループ学習、情報発信、実験実習など専門教育機関でしか成し得ない発展的教育の効率が、一層向上することが期待される。

謝辞

「一步一步学ぶ医学生理学」システムの開発、機能の実装は河村奨氏(CogniTom Academic Design/医学生理学教育シェアリンググループ)による。

参考文献

- [1]佐藤学: 教育方法学. 岩波書店, 1996.
- [2]阿部裕美子, Janet DOMAN, 林大吾, 上岡なぎさ, 小森学. 丸山直樹, 宮崎邦夫, 野口賢吾, 大矢敦, 岡部尚行, 大西弘高, 渋谷まさと, 和田一佐, 山本知裕: 「心周期: はじめの一步」において学習者と評価者とを盲検化したrandomized controlled trial. 医学教育 35, pp.17-23, 2004.
- [3]入江悠子, 上岡なぎさ, 小森学, 九鬼隆家, 岡部尚行, 渋谷まさと, 山本知裕: 「心周期: はじめの一步」の試作. 医学教育 33, pp.261-267, 2002.
- [4]Shibuya, M. and J. F. BRESNAHAN: A new digital teaching material on ECG for beginners: Annual Meeting of Association of American Medical Colleges/ Innovations in Medical Education exhibits, 2004.
- [5]Haffert, FW: Beyond curriculum reform: confronting medicine's hidden curriculum. Acad Med 73, pp.403-407, 1998.