

運動生理学を魅力的にするための工夫

金尾洋治*

1 はじめに

これまで6年間運動生理学を担当してきた。対象になる学生は2年生で、現役のアスリートやスポーツを経験してきた学生である。これまでの経験をもとに、できるだけ具体例を出し分かりやすい授業を目指して、十分準備をして今年度の授業を行った。最後の定期試験の結果や、毎回提出させていた質問・感想に記入していた文章を読むと、良くなったと思える点や、課題として残されたままの問題点が明らかになっている。今回、研究紀要としてまとめる事によって、来年度の授業の改善に役立てるように本文を記すことにした。

2 シラバスおよび教科書

シラバスは、前任者が作成して申請し、認可を受けたものである。運動生理学に関して主要な事柄を網羅しており、開講順序も適切なものである。そのシラバスの内容に関して、2015年4月に刊行された「運動生理学 20 講」¹⁾の各章を詳細に説明することによって、学生が運動生理学の知識を獲得できるように授業を行った。

実際にアスリートとして頑張っている学生の実体験や、私自身がバイオプシーの被験者になった体験、リオオリンピック代表者の鈴木亜由子選手の最大酸素摂取量を測定した時の映像なども織り交ぜるなど、学生の興味を引くことの重要性を第一にして授業を行った。

3 今年度工夫した点

毎回の授業の最初に、日付と学籍番号、氏名記入欄の入った A5 の用紙を、1 人に 1 枚手渡しした。授業の終わりに、疑問に思ったことや、私に対してもっと聞きたいこと、反論、感想など自由に記入させて、授業終了時に提出させた。その内容をすべて読んで、ワープロに打ち込んで、それぞれの質問に対して短い回答を記し、A4 用紙 1 枚の表裏に入るように縮小印刷した。そして次回の講義の冒頭で学生に配布した。1 コマの授業の学生数は 90 人程度で、すべての質問に回答を書くのにほぼ 2 時間かかった。かなりの苦勞を伴うが、学生の理解はどこまで進んだのか、私のパワーポイントによる説明で、どこが分かりにくかったなど、学生の本音が聞けてとても役立った。私からの回答があったことに関して好評であった。他のクラスの質問内容や回答も聞きたいという要望もあった。

今回の授業で、「筋線維に性差があるのですか？」というドキッとするような質問で、大学院時代の同僚や、分子生物学の先生に「性差は細胞自体にはないはず」という確認を取らなければならないほど素晴らしい質問もあり、素直に嬉しく思った。

今年度新たに取り組んだものに、図-1に示したような「確認テスト」を作成して、5分程度の時間をかけて回答させた。図-1は、筋の肥大と委縮の内容を取り扱った2回目の授業内容に対する確認テストで、

* 東海学園大学スポーツ健康科学部

3回目の授業の冒頭で行ったものである。今年度は合計9回の授業に対してそれぞれ確認テストを作成して実施した。学生の名前を覚える事が最後までできなかったために、名簿を利用し、ランダムに名前を呼んでその質問の回答を尋ねた。この「確認テスト」に対する評価も、「確認テストがあったので理解に役立った」という感想が聞かれたので、有効な方法であり、今後も改善しながら続けて行く予定である。

運動生理学 確認テスト

学籍番号 () 氏名 ()

- 1 ヒトは産まれた時、筋の面積は大人と比べて (0.1 0.2 0.5 1) 倍である
- 2 ヒトの筋線維の面積は、発育に伴い (直線的 曲線的) に大きくなる
- 3 下の図はヒトの発育に伴う筋線維の肥大について、筋原線維の直径と数の変化の点から調べたものである

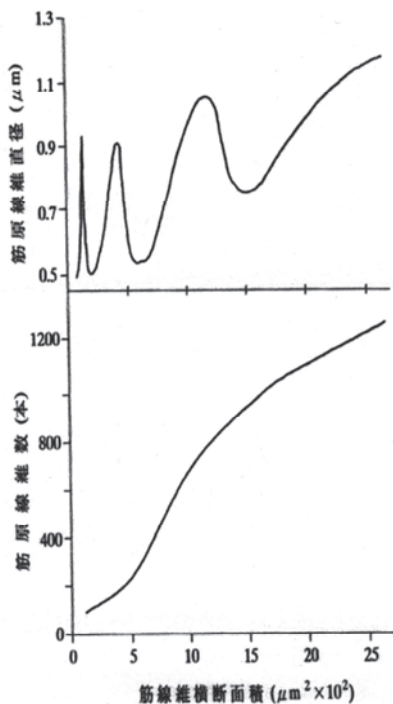


図7.3 発育に伴う筋原線維数および筋原線維直径の変化⁹⁾

- 4 ヒトの生誕時に1本の筋線維の中に含まれる筋原線維数は約 (0 50 75 1000) 本である
- 5 下のグラフは (筋線維数 筋原線維数) を示しており、
- 6 筋線維の横断面積が広くなるにつれ (筋線維数 筋原線維数) も多くなっていることが分かる。
- 7 筋線維の横断面積が $25 \mu\text{m}^2 \times 10^3$ になった時にはその1本の筋線維に含まれる筋原線維数は (1 75 100 1200) 本になっていることが分かる。
- 8 上のグラフは (筋線維 筋原線維) の直径 (太さ) を示したものである (サルコメア サルコペニア) の厚さが増大して、
- 9 直径が (0.5 1 2) μm になった時、縦に二つに分裂し、直径が半分になり数の増加が認められる。
- 10 この分裂を繰り返すことによって筋線維は太くなっていく

- 11 また筋の長さの増加 (長くなる) のは (サルコメア サルコペニア) の数が増加することによって生じる。これは筋肉の (中央部 腱に近い部分) で生じる。
- 12 またベッドレスト実験を14日行うだけで大腿の筋の委縮が生じる。それは速筋も遅筋も同じ程度委縮している。その委縮率は (5 25 50 75) % になっている。

図-1 今回新しく取り入れた確認テストの一例。筋肉の肥大と委縮の項

4 図を用いた授業展開

授業は、A3用紙1枚に、教科書から抜粋した重要な図や表を、8~10個転記して、その図や表は何を表しているのか、パワーポイントを用いて丁寧に説明することを中心に展開した。配布した資料は定期試験の時にすべて持ち込み可とすることを宣言していたので、多くの学生は配布資料の図や表に私の説明を書き込んでいた。

例えば図-2は、胎児及び新生児におけるタイプ別に見た骨格筋線維の分布変化を示したものである。胎児期には複数の運動神経から支配されており、未分化の状態であるが、体内で成長するにつれて、単一の運動神経からの支配へと変わり、赤筋あるいは白筋に分化していくことを分かりやすく示したものである²⁾。1980年に発表されたものであるが、そのデータは胎児期から1歳までの年齢でのものであり、今の倫理規定では測定できなかったのではないかとこのようなことまで学生には考えさせた。

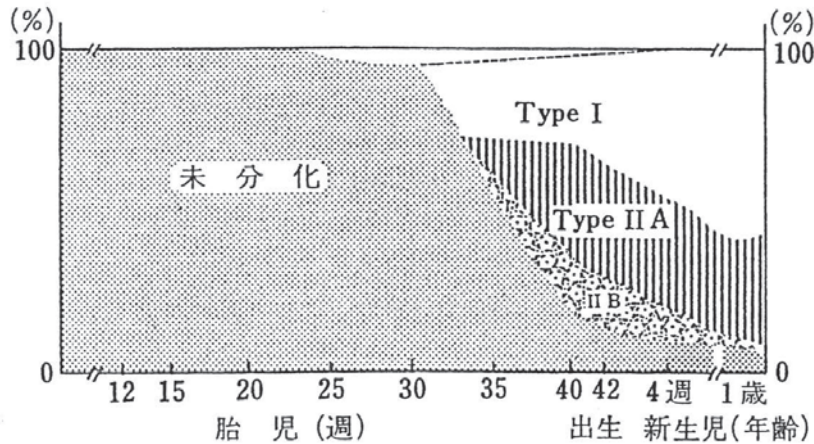


図-2 胎児及び新生児におけるタイプ別に見た骨格筋線維の分布変化

図-3は、運動前の骨格筋グリコーゲン量と運動持続時間との関係を示したものである。この図で分かることは、高炭水化物食を摂取することにより、筋グリコーゲン量が高まり、疲労困憊になるまでの運動時間が長くなるのが分かる。しかし、この図が載っている1967年に発表された論文は、その実験の苛酷さが常識を超えるものであることが分かる。1人の被験者にそれぞれ3種類の食事をさせた後、毎回バイオプシーをして筋の一部を取り出して、筋グリコーゲン量を測定する。その一方で傷口を縫合し、直後から疲労困憊になるまで運動させるという実験の成果である。現在なら絶対に倫理的に行うことができない実験であろう。

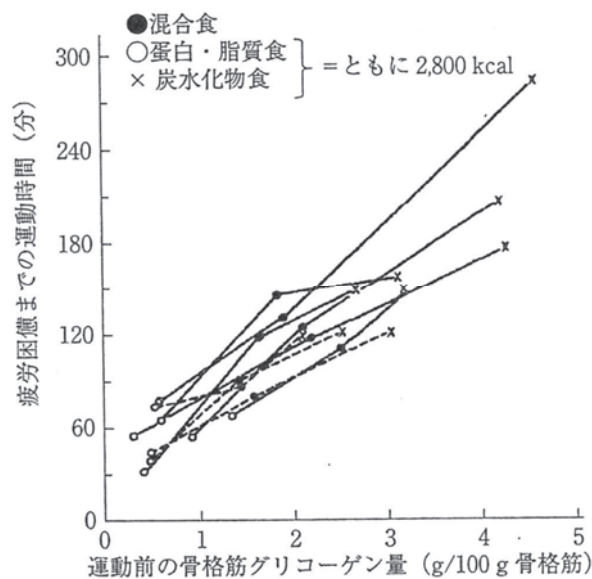


図-3 運動前の骨格筋グリコーゲン量と運動持続時間との関係

また、運動と筋 ATP 代謝を説明する際に、ヒト骨格筋に含まれる安静時の PCr、ATP、ADP などの量を「mmol/kg」で説明した。ATP の化学式は $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ でモル重量が 507 であること、ADP は $C_{10}H_{15}N_5O_{10}P_2$ になりモル重量が 427 になることを実際に計算させて理解させようとした。なぜ質量パーセント濃度でなく、モル濃度で表す方が便利なのかも解説した。学生の反応は高校時代を思い出して懐かしかったとかと好意的な反応もあったが、全く分からなかったという意見も多く、今後の課題としてとらえたい。

今回の確認テストにおいて、教科書の間違いを指摘した学生がいて、とても嬉しかった。

それは図-4 において、「教科書では年齢が 4～5 歳で約 $30\mu\text{m}$ という説明が記してあるが、図で見る限り $20\mu\text{m}$ に思えるのだが」と指摘であった。まさにその学生の指摘は正しく、教科書に記載した者のあいまいさがあったのである。真剣に私の授業を聞いていてくれることに喜びを感じた。

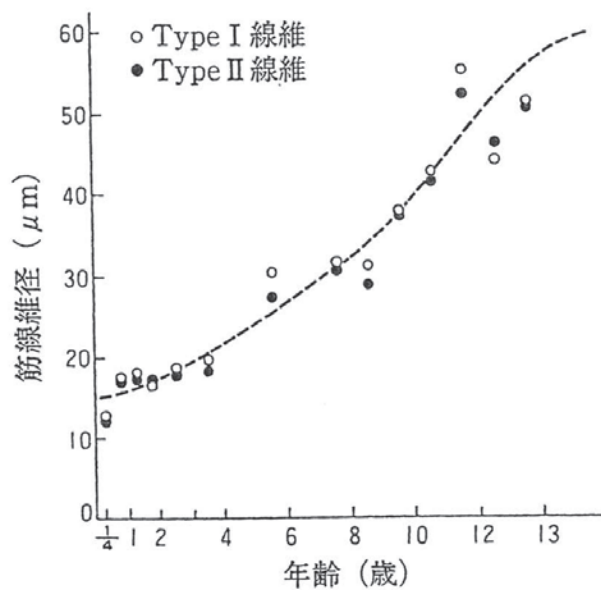


図-4 小児発達期の筋線維径

5 試験結果

3つのクラスともに、4つの図を提示して、その図の詳細な説明を求めた。今回に関しては、3つのクラスそれぞれ別の問題にして行った。配布物の持ち込みは可として行ったために採点基準は厳しいものにした。その試験の結果を表-1に示した。

今年度の成績は平均で GPA=2.02 になった。昨年度 (GPA=2.11)、一昨年の結果 (GPA=2.41) と比較して、厳しい結果になってしまった。しかしその中で、秀を取った学生数が初めて二桁の 10 人に達したのは嬉しいことだった。採点基準を厳しくしたなかで、本気で聞いていた学生が増えたことに感謝する。しかし、途中から難解な章になると、授業後に回収する質問用紙に、氏名と学籍番号の記入だけで、記入欄には、「特になし」あるいは白紙で提出するものも多くなってきた。私の話に興味がなくなり、聞いていないも学生が増えたのである。それで可の成績が増えてしまったのであろう。

表 - 1 2017 年度における運動生理学の成績

クラス	履修者数 (人)	秀 (%)	優 (%)	良 (%)	可 (%)	不可・ 失格 (%)
火曜 1 限	89	1 (1.1)	19 (21.3)	35 (39.3)	33 (37.0)	1 (1.1)
火曜 2 限	92	6 (6.5)	32 (34.8)	34 (37.0)	20 (21.7)	0 (0)
木曜 3 限	97	3 (3.1)	28 (28.9)	31 (32.0)	31 (32.0)	4 (4.1)
総計	278	10 (3.6)	79 (28.4)	100 (36.0)	84 (30.2)	5 (1.8)

6 今後の課題

昨年と比較して、講義自体は改善してきたという実感はある。「先生の授業は面白かったよ」という学生の声もあった。本当に運動生理学の教科書を深く読み込んだ。学生に購入してもらったのだから、役立たせたいという思いは強かった。実際に読んでみると、著作者の意図が理解できるが、私ならこのような図は描かないとか、明らかに教科書にあるミスも数点発見した。

いずれにしても、学生の注目を引き続けるためには、教材研究が一番重要なことで、最新と考えている教科書だけに満足せず、新しい論文に目を通し続ける教師の姿勢が最重要である。そうしなければないと自覚している。最終の授業では、金尾はこんな研究をしているのだという紹介をしている。自分自身の実験研究を並行して行い、投稿して私の研究をまとめる事も大事である。

さらに、「主体的・対話的で深い学びの実現」を取り入れる事ができるよう、秋学期の間に十分な準備をする決意を固めている

引用・参考文献

- 1) 勝田茂, 征矢英昭編. 運動生理学 20 講第 3 版. 朝倉書店. 2015
- 2) A.S. Colling-Saltin: Skeletal Muscle Development in the Human Fetus and during Childhood Children and Exercise IV .pp193-207. Academic Press. New York. 1980