

運動生理学をどのように教えたか

金尾洋治*

1 はじめに

スポーツ健康科学部2年生を対象にして、運動生理学が開講されている。必修科目であり基幹科目として位置づけられている。担当する教師として、その責任の重要性を十分理解している。今年度で7年目になるが、マンネリ化したとは思えない。毎回の講義に際して非常に緊張して臨んでいる。残念ながら満足できた講義内容とは程遠い結果で、肩を落として研究室に帰る状況であった。その内容や反省点、改善策などをこの研究紀要にまとめて記すことで、次年度の講義に活かしたいと考えた。

2 教科書

「運動生理学 20 講第 3 版」¹⁾ を 2015 年度から採用している。1993 年に初版²⁾ が出され、第 2 版³⁾ は 1999 年に出版された。さらに 2015 年に第 3 版として大幅に書き直され、その中で長距離競技種目におけるトップアスリートの特徴に関して執筆した。この運動生理学 20 講は、運動生理学の教科書として何度も重刷されており、好評を博している。運動生理学の分野で大学院進学を目指す人にとって、熟読しておかなければならない 1 冊であろう。

その内容はかなり難解で何度も読み込んだが、不明に思った点に関して執筆者にメールで説明を求めた。本の価格も 3,200 円と学生にとっては少し高価である。講義の内容は、教科書の各章に従って、図表の解説を中心として、丁寧な説明を心がけて、パワーポイントを作成し講義に臨んだ。

3 講義の展開

毎回の講義の冒頭で、日付と学籍番号、氏名記入欄の入った A5 の用紙を配布した。その用紙に、感想、質問、反論など自由に記入させて、授業終了時に提出させた。出席管理をするために、確実に 1 人に 1 枚が渡るように手渡しとした

その内容をすべて読んで、質問に対して短い回答を記し、Q & A の形で、A4 用紙 1 枚の表裏に入るように縮小印刷した⁴⁾。図-1 にその内容の 1 例を示した。次回の講義の最初に学生にその資料を配布した。あえて説明はせず、学生が読んでくれれば良いと考えていた。

すべての質問を読んでその回答を書くのに 1 コマの講義に対して約 2 時間かかった。運動生理学の講義は 3 コマあるので、毎週 6 時間以上その行為に費やした。学生の理解はどこまで進んだのか、私の説明で、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。先生の回答を読むのが楽しみでしたという発言もあり、素直にうれしく思い、次年度も続ける予定である。

次に配布したものは図-2 に示したような確認テストである。前回の講義において重要だと思えるものを A4 用紙 1 枚にまとめ 10 分程度の時間を割いて、各学生に考えさせた。その後、名簿をもとに指

* 東海学園大学スポーツ健康科学部

5月3日 運動生理学（木曜3限）

- Q. テストのときは、自分の12分間走で走れる距離などはなんとなくの数字でよいのでしょうか
A. もちろん、自分の頭で想像して、なんとなくでいい。結果が赤い筋か白い筋かが納得できる数値ならOK
- Q. イップスのメカニズム、また克服するほう方があれば知りたい
A. その運動するときに働く脳の中の近くの部位の部分まで発火するから、イップスになるのだらうということはおわっているが、どうすればいいのかまだ分かっていない
- Q. 50mでは満点なのに持久走やシャトルランで足引張る。つまり長距離がめちゃ苦手
A. 君の脚の筋は白筋がほとんど占めている証拠
- Q. 反応が速い人は速筋が多いのですか
A. おそらくそう。
- Q. イメージトレーニングしてから試合に臨むのとせずに試合に臨むとではパフォーマンスに影響の差は出ますか
A. 競技種目によると思うが、基本的にイメージトレーニングがマイナスになるケースは無い。イメージトレーニングで緊張が増す場合はダメだけど。
- Q. イメージトレーニングは前日がいいか試合の直前がいいか
A. わからないが、おそらく試合の直前の方が効果的だと思う
- Q. 今日の計算の12分間走のところは何mと設定されているものなんですか
A. 金尾の場合4000m
- Q. どのようにパワーができるのか知りたい
A. どの場合？
- Q. 自律神経が病んでいるといわれたことがある
A. ほとんどの人間は何らかのストレスがかかって生活しているから仕方がない
- Q. 動きに緩急をつけると肉離れを起こしやすくなるんですか
A. いや、意図した以上の負荷がかかると、拮抗筋に収縮の刺激が行って、肉離れしやすくなる
- Q. バレーの選手はみんなが手足が長いのはたまたま？いっぱい跳んでいるから脚の長さが伸びている
A. ジャンプを繰り返しても身長や手足は伸びない。最終的にオリンピック選手になったバレーボールの人の体型がそうなのです
- Q. %FT線維がまだよく分からなかった
A. 友人に聞くか私に直接聞きに来なさい。絶対試験に出す。
- Q. テストのときは四捨五入でいいですか
A. 小数点1位までだね。いい質問です

図-1 学生からの質問に回答したプリントの一例

名して返答させた。しかしその正答率は思ったより低く、落胆して講義を始めるという辛い仕事となってしまった。しかしこの確認テストは、重要な箇所を簡潔に表すという意味で、学生に理解させる手助けになるものである。学生からも「ポイントが整理され頭の中がスッキリしてよかった」という意見が多かった。来年度に向けてさらに良い問題を作成して継続させたい。

授業の展開は、昨年度と同様にA3用紙1枚の中に、その時限で取り扱う重要な図や表を教科書から8～10個抜粋して転記し、パワーポイントを用いて丁寧な説明に心がけた。

例えば図-3は、運動と環境の講義の中で用いた図の1つである。標高0mの高さにおける酸素分圧と、富士山頂の酸素分圧の差を表したものである。数値はそれぞれ、大気、肺、動脈、組織（筋）、静脈における酸素分圧を示している。

運動生理学 確認テスト

学籍番号 () 氏名 ()

- 1 骨格筋線維細胞は直径 (0.1 1 10~100 1000) μm の太さである
- 2 骨格筋線維は、収縮速度の観点から
収縮速度の速い (Fast-Twitch Slow-twitch) 筋線維と
収縮速度の遅い (Fast-Twitch Slow-twitch) 筋線維に分けられる
- 3 遅筋線維は (白筋 赤筋) ともいわれ、収縮力は (大きい 小さい) また
持続力は (高く 低く) 酸化能力も高いので (SO 線維 FG 線維) と呼ばれる
また (Type I 線維 Type II 線維) とも呼ばれる
- 4 速筋線維は (白筋 赤筋) といわれ 収縮力は (大きい 小さい)
- 5 速筋線維には 持久力もある (FG 線維 FOG 線維) と
解糖能力のみが大きい (FG 線維 FOG 線維) に分けられる
- 6 また 速筋線維の FOG 線維は (Type II A Type II x) 線維といわれ
速筋線維の FG 線維は (Type II A Type II x) 線維といわれる
- 7 次の筋線維の断面で 速筋線維の割合 (%FT) と 遅筋線維の割合 (%ST) を求めなさい

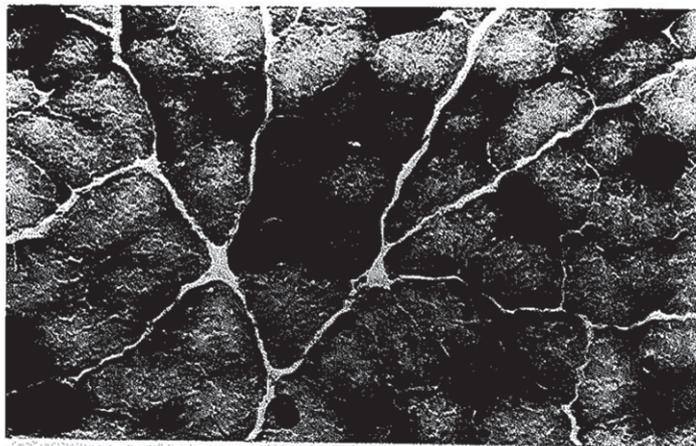


図-2 確認テストの1例。骨格筋の構造と機能の章に関する問題

最初に、大気中の酸素濃度は、平地でも富士山頂でも 20.94%で変わらないということとを説明した。富士山頂では酸素の量も少なくなるが、窒素の量も同じように少なくなるので、酸素濃度の変化は起きないのである。もちろんエベレスト山頂や高度 90km の高さまで酸素濃度は 20.94%のままである。

しかし、高地においては、酸素の量自体が少なくなるので、人の呼吸が苦しくなる。通常、酸素（気体）の量を表すものとして酸素分圧という指標で表す。標高 0m での酸素分圧は 159mmHG であるが、富士山頂では 100mmHG になり、平地における酸素の 2/3 以下に落ちてしまう。その結果、組織に運ばれる酸素の量も少なくなり、当然運動パフォーマンスは落ちてしまうことになる。

その講義の終了時に、ある学生が教壇に来て「この組織における数字についている不等号はどういう

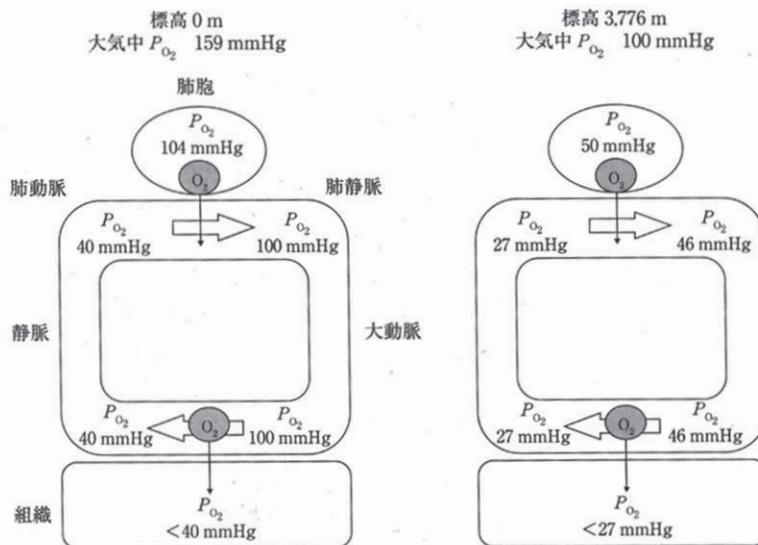


図-3 低地環境と高地環境における肺と組織、血液中の酸素分圧

意味なのですか」と尋ねた。一瞬戸惑った。組織における酸素分圧を正確に測定することは難しく、動脈血の酸素分圧と、静脈血の酸素分圧を測定して、静脈血の酸素分圧から推測してみれば、組織（筋）の中の酸素分圧は40mmHG、あるいは27mmHGより低いはず。そういう意味で不等号を用いていると説明した。そこまで見ていてくれていることに非常に感激した。

また、運動単位と神経支配比の説明が毎年上手くできなくて苦労していた。外眼筋の運動単位が2000個で神経支配比が13である。その一方腓腹筋では運動単位数は580個と少ないが、神経支配比は1732にもなる。つまり外眼筋では、微細な調節が必要となるため1本の神経が支配する筋線維数が13本程度である。逆に大きな力を発揮しなければならない腓腹筋の場合には、1本の神経が受け持つ筋線維数が1720本にもなる。それぞれ赤筋タイプと白筋タイプがある。外眼筋の場合ほとんどが白筋タイプの運動単位であり、腓腹筋の場合には赤筋、白筋タイプの運動単位が混在している。そのことの解説に苦労をしていた。

その講義終了後、ある学生から、上記の解説方法について「教室の規模と、入っている学生数や指導する先生の例えで教えればいいのではないですか」という助言をもらった。腓腹筋などの大きな筋の場合には、大講義室での講義と考える。生徒が数百人いて各ゼミ担当の先生が複数いる。ある先生が私のゼミ生は立ちなさいという指令を出すとその先生のゼミ生は必ず起立しなければならない。すべての先生が起立しなさいという命令を出したときがその筋の最大筋力ということになる。

さらに普通教室の場合や、ゼミ室のように分けて考え、1つの神経とそれが支配している筋線維の数を、1人の教員が持っている学生の数に例えれば理解しやすいのではないかという事である。もう少し洗練して例示すれば理解する手助けとなる方法であろう。秋学期のうちに深く考案してみたい。

また、確認テストに出した問題の解答に関して、一桁単位が違うことを指摘してくれる学生もいた。確かに私の間違いであった。その後も、私が書き落とした事項を見つけ、得意げに注意してくれる学生もいた。大きな問題ではないところで、故意に間違ったことを入れておくことも、学生の興味を引く上では面白い手法かもしれない。間違った箇所の訂正は最終的に確実にに行わなければならないのは当然のことではあるが、今後取り入れることも検討したい。

ATPは、アデノシンに3個のリン酸が並列に結合した化学物であり、リン酸がひとつ外れるときに出るエネルギーをすべての生物の生命活動に利用している。ATPのTはギリシャ語で3を表す「トリ」からきている。ちなみにADPのDは2を表す「ジ」で、AMPのMは1を表す「モノ」であ

る。ATPは $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$ で分子量は507、ADPは $C_{10}H_{15}N_5O_{10}P_2$ で分子量は427になる。AMPは $C_{10}H_{14}N_5O_7P$ で分子量は347になり、リン酸がひとつ外れるごとに分子量が80ずつ少なくなることで計算させ理解させた。学生の反応は「ATP、ADP、AMP、って丸暗記していたけどこれなら覚えやすい」と好評であった。

さらにクレアチンを含む食品がサプリメントとして売られているのに、どうして重要なATPを含んだ補助食品が販売されないのはなぜかなどについても考えさせた。

4 試験結果

期末テストでは3クラスともに、4題の図を提示して、その図の詳細な説明を求めた。今回の試験では、3クラスで1問は、図-4に示した50m走および12分間走の走速度から外側広筋の筋線維組成比（面積比）を求める問題を出題した。この図は、スプリンター、長距離ランナー、球技選手、非運動選手から合計100名程度の被験者からバイオプシーを行って、さらに50m走と12分間走を行った後に推定式を導いたもので、苦労して作られたものだと詳細に説明した。しかし50m走の記録は実感できるが12分間走の走速度がまったく分からないために、テストの成績は予想を下回るものであり落胆した。

例えば、骨格筋線維の太さが10～100 μ m。髪の毛の太さもほぼ50～100 μ mで、骨格筋線維と髪の毛はほぼ同じ太さになると説明すると、学生は自分の髪の毛を抜いて、これが筋線維の太さかとうなずいていた。何か具体例で実感させないと、腑に落ちないという良い例であろう。

今回の試験も、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 = 2.05になった。昨年度（GPA=2.02）、一昨年（GPA=2.11）と比較して、ほぼ同じような結果になった。今年度も満点に近い秀の評価を得た学生が10人いたことはうれしいが、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。

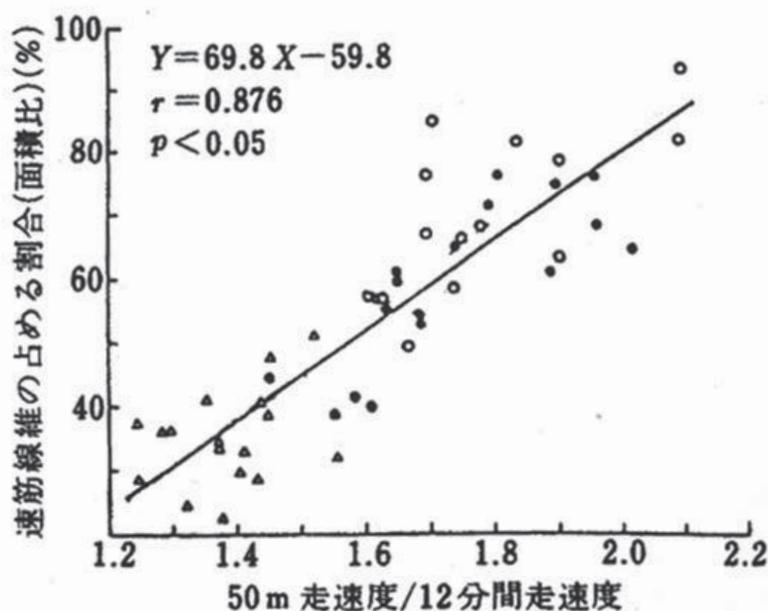


図-4 50m走および12分間走速度比と筋線維組成の関連。

○：スプリンター、△：長距離ランナー、□：球技選手、●：非運動選手

表-1 2018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	95	2 (2.1)	23 (24.2)	48 (50.5)	19 (20.0)	3 (3.2)
火曜2限	98	4 (4.1)	24 (24.5)	42 (42.9)	26 (26.5)	2 (2.0)
木曜3限	99	4 (4.0)	30 (30.3)	39 (39.4)	24 (24.2)	2 (2.0)
総計	292	10 (3.4)	77 (26.4)	129 (44.2)	69 (23.6)	7 (2.4)

5 今後の課題

「先生の授業は面白かったよ」という学生の声もあった。しかし、「必修でなければわざわざとらないよ、先生」と、面と向かって言われたときには辛かった。アスリートとして成績向上を目指してスポーツに関わってきている学生たちに、運動生理学は絶対に興味を引く学問分野である。最初の講義で15コマにおいて取り扱う内容を紹介したとき、学生の反応は「面白そう。本気で聞く」という声が多かった。また最後のコマでは、私が現在研究している内容を説明した時は、かなり真剣に聞いてくれた。

いずれにしても、学生の関心を引き、満足するような講義を行うためには、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。そうしなければならないと自覚している。さらに、「アクティブラーニング」の手法を取り入れ、常に学生の頭を動かすことが重要である。しっかり準備をして来年度に望む準備をしなければならないと心に誓っている。

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) 勝田茂編著. 運動生理学 20 講. 朝倉書店. 1993
- 3) 勝田茂編著. 運動生理学 20 講第 2 版. 朝倉書店. 1999
- 4) 森博嗣. 臨機応答・変問自在. 集英社新書 2001