



## 目的

筋収縮に関する「閾値」「単収縮」「不完全強縮」「完全強縮」を、生徒が簡便に実験できるようにする。

## 概要

筋収縮を観察する材料として、カエルのふくらはぎを用いた座骨神経筋標本が一般的であるが、脊髓を破壊してカエルを殺さなければならない上、カエルを解剖して標本を作るのに時間がかかる。そこで、準備が比較的短時間にでき、生物を殺さなくとも良いことから、アメリカザリガニのはさみを材料として使用した。また、筋肉に刺激パルスを与える器具として低周波治療器を利用し、簡易センサを使ってはさみの開閉運動をコンピュータで記録した。簡易センサは、水中の針金の長さの違いで電圧が変化するようにし、ザリガニのはさみの先に取り付けて使用した。その結果、筋収縮に関する「閾値」「単収縮」「不完全強縮」「完全強縮」を簡便に観察することができた。

## 教材・教具の製作方法

### I. 刺激パルスに関する回路

低周波治療器は、刺激の強さと刺激の間隔がダイヤルで調節できるもの（オムロン社のエレパルスHV-F04等）が、本実験に適している。刺激パルスをコンピュータで記録するため、低周波治療器の電極に約1mのシールド線をつなぐ（図1の左、実験直前に低周波治療器の電極と針を接続する）。コンピュータ

はNECのPC9801を用い、コンピュータにデータを取り込むA/D変換ボードはNADV（新潟県理化学協会コンピュータ研究グループが開発したもので、データ入力チャンネルが4つある）を使用した。

### II. センサに関する回路

センサは、水中を上下する針金の長さの違いで電圧が変化するようにしたもので、約10cmのステンレス製の針金（太さ0.9mm）を2本用意し、一本は鉛筆などを利用してらせん状に巻き（水中を上下する針金の長さの差を大きくするため）、他の一本は直径約3cmの輪を作り、100キロオームの可変抵抗と単3電池4本をつなぐ。さらに、電圧の変化をコンピュータに伝えるため、100キロオームの可変抵抗に約1mのシールド線をつなぐ（図1の右）。

## 学習指導方法

生徒を少人数のグループに分け、グループごとに実験する。

### I. 実験の準備

1. ザリガニのはさみの基部の細い部分を解剖ばさみで切断し、ブドウ糖を少量加えたハルベルト氏液（ザリガニ用の塩類溶液で、NaCl 12.0 g, KCl 0.4 g, CaCl<sub>2</sub> 1.5 g, MgCl<sub>2</sub> 0.2 g, NaHCO<sub>3</sub> 0.02 gに蒸留水を加えて1ℓとした液。ブドウ糖は0.1 g加えた。）に入れ、切断による刺激を緩和するため約15分間静置する。
2. 静置している間に、コンピュータの拡張スロットにNADVを装着し、NADVのチャンネル1にはセ

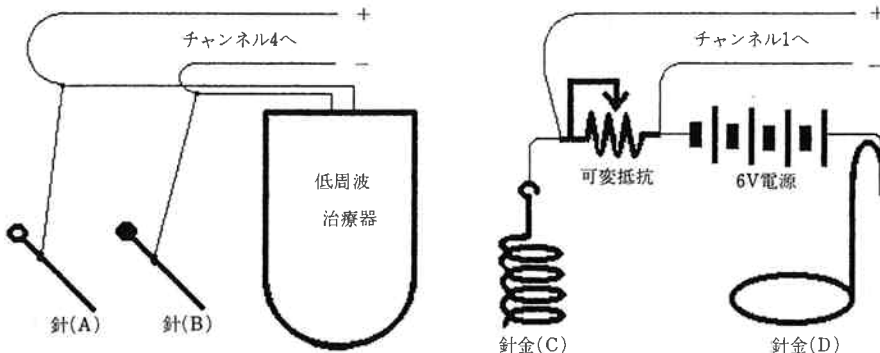


図1 刺激パルスとセンサに関する回路

\* ほんま いわお 新潟県立教育センター 指導主事 〒950-21 新潟県新潟市曾和100-1 TEL(025)263-1094

- ンサにつないだシールド線を接続する。
3. チャンネル4には低周波治療器につないだシールド線を接続する。
  4. コンピュータの電源をONにし、刺激パルスの間隔と筋収縮のようすとを記録するためのソフトウェア（新潟県西蒲地区理科教育センターの平沢靖専任所員の製作）を起動する。
  5. 15分間の静置が済んだら、動く爪の方を下にして、ザリガニのはさみをスタンドに固定し、はさみの2つの関節部にそれぞれ針（手芸用のまち針）を刺し低周波治療器の電極をつなぐ（写真1）。

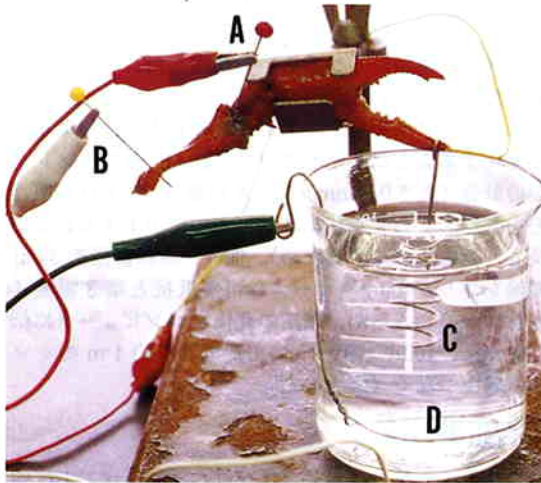


写真1 はさみと電極：ザリガニのはさみをスタンドに固定し、図1のA～Dを取り付ける

6. 小型ビーカー（容積200ml等）に水を入れ、輪を作った針金を入れる。
7. らせん状にした針金はザリガニのはさみの動く方の爪に掛け、コンピュータソフトの画面を見ながら可変抵抗のつまみを回して出力値を約100に調整する。

## II. 実験

1. 低周波治療器の刺激パルスの強さ目盛りを「1」にして、刺激を与えてもはさみは動かず、刺激の間隔を変えてもはさみは動かない。このことから刺激パルスの間隔を変えても電圧が一定以下（閾値以下）だと筋肉が収縮しない事（全か無かの法則）が実験できる。
2. 刺激パルスの強さ目盛りを「2」、刺激の間隔を目盛りの「1」（約1Hz）にして実験すると、はさみは一回の刺激に応答して一回だけ収縮・弛緩する「単収縮」が観察される。
3. はさみへの過剰な電気刺激は、はさみの筋肉が早く疲労するため、以下の実験では刺激パルスの強さは、目盛り「2」で行う。
4. 低周波治療器の刺激の間隔を目盛り「2」（約1.3Hz）、または「3」（約3.5Hz）にして実験すると、それぞれ刺激パルスの速さに合わせて「単収縮」が観察される（図2のAとB、グラフの横軸は0～5.5秒の記録時間、それぞれのグラフの上が筋収縮、下が刺激パルスを示す）。
5. 刺激の間隔を目盛りの「4」（約13.3Hz）にすると「不完全強縮」が見られる（図2のC）。
6. 刺激の間隔を目盛りの「4と5の間」（約22Hz）にすると「完全強縮」が観察される（図2のD）。

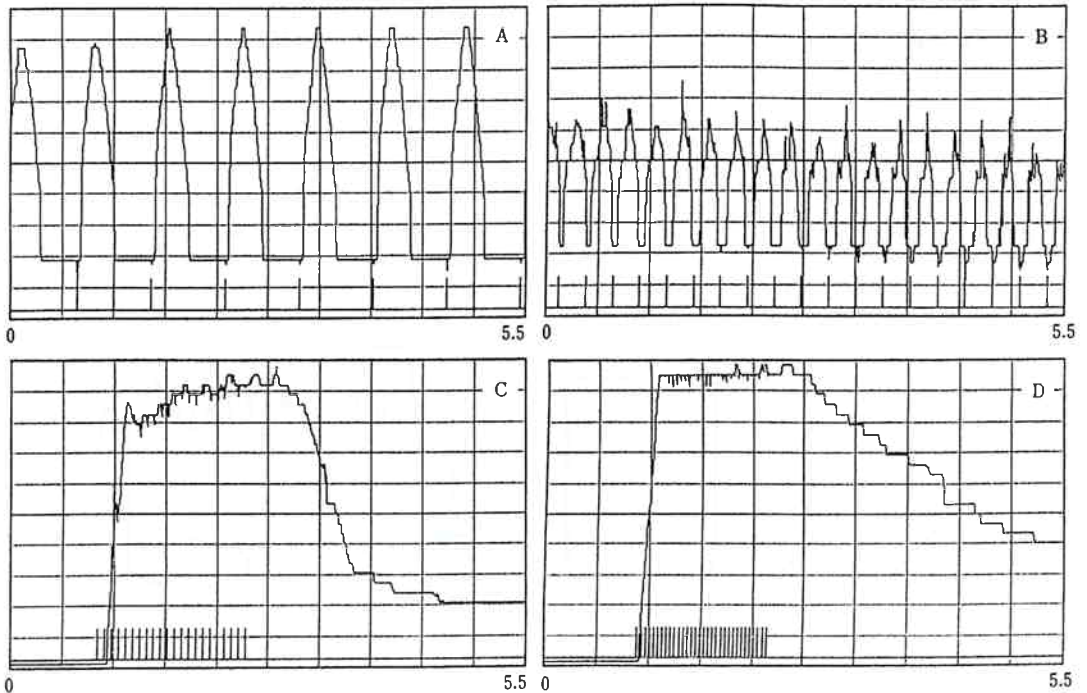


図2 コンピュータによる筋収縮のグラフ：AとBは単収縮、Cは不完全強縮、Dは完全強縮

7. ザリガニのはさみは長時間動かし続けられないため、約2分間実験したら約3分間ブドウ糖を加えたハルペルト氏液に入れ、再び実験に使用するとよい。このように約3分間の休みを入れて使用すると、はさみは切断した後、約20分間は実験に使用できる。

## 実践効果

- I. 筋収縮における閾値について理解が深まる。
- II. 電気刺激により筋収縮がおこることを実感できる。
- III. 刺激パルスの間隔と筋収縮との関係について、自己啓発的に実験することにより、科学的な探求心を育てることができる。
- IV. 実験器具の一つとしてコンピュータを使うことにより、コンピュータがより身近なものになる。

## その他補遺事項

図1の6V電源を必要に応じて換えれば、A/D変換ボードはNADVでなくともよい。また、刺激パルスの間隔と筋収縮のようすを別々に記録するなら、A/D変換ボードの入力チャンネルは1つでよい。