

# 授業実践

## 森式水血圧計の制作と血圧測定

名古屋経済大学高蔵高等学校  
鈴木 高廣

最近、BSE（いわゆる狂牛病）や血液・体液を通じての感染症の問題で、牛眼球を利用した実験や血液検査などの生物実験が制限されている中で、「血圧測定」という比較的安全性の高い実験を紹介したいと思う。日頃、一般には使うこともない聴診器で身体内部の不思議な音を聞くという体験を通して、自然科学への興味・関心を引き出そうとする試みである。

考案されたのは名古屋大学（現愛知工業大学客員教授）の森千鶴夫先生で中部原子力懇談会の出前実験授業の1つとして生まれた（以下に紹介する実験道具は中部原子力懇談会の事務局のものを使わせていただいた）。森先生はヒトの血圧が70～150mmHgであることに着目し、生徒実験として水を使うことを考えた。これには、①水銀のように特殊で取り扱いに注意が必要なものを使わない（安全である）。②ヒトの血圧測定が水銀よりダイナミックである。③原理がわかりやすく圧力や血液循環の理解が深まる。④4人一組の共同作業となり、1時間で全員がすべての役割を体験し、実験に参加しない生徒が出ない。など優れた特徴を持っている。

### 水血圧計の原理と実験

図1のように、腕にカフ（袋状のベルト）を巻き、手動ポンプで灰色部分に空気を注入し圧力を加える。パスカルの原理によって灰色部分には同じ圧力が加わるが、その圧力の大きさは図中の黒色で描かれた水柱の高さに現れる。

聴診器で動脈の血管の音を聞くと、血流を止めたときと、正常に流れているときは音がない。圧迫して血管が狭められているとトントンと聞こえ

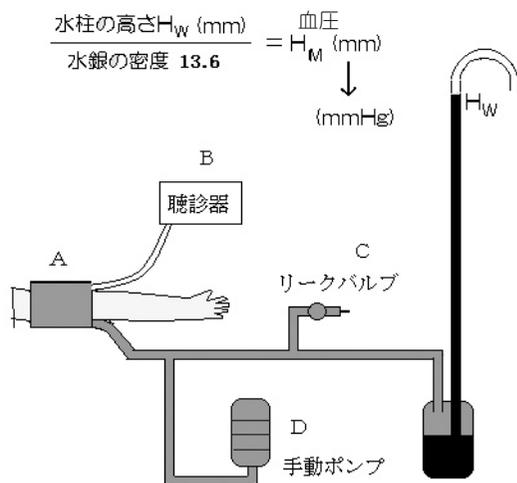


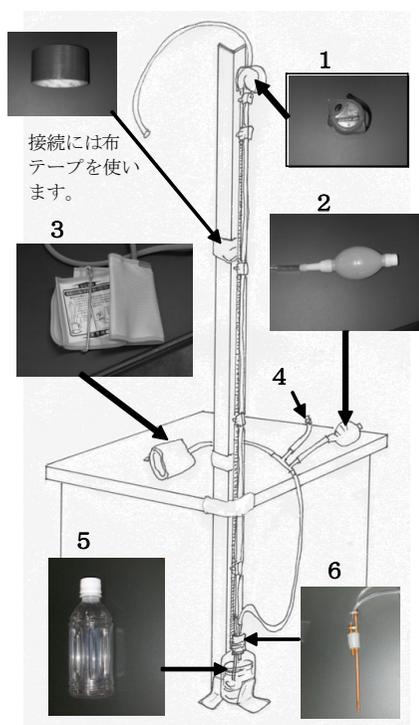
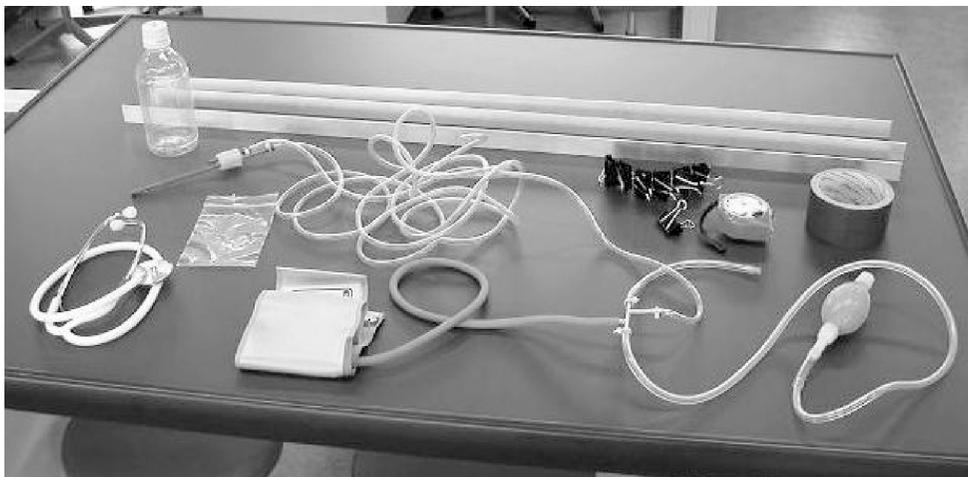
図1

る（コロトコフ音）。これを利用して血圧を測定する。

はじめに、図1中Aの人に巻かれたカフにDの人が空気を送り込んで圧力をかけ、血流を止める。その後、Cの人がリークバルブを少し開け、空気を逃がしていくと、あるところでBには音が聞こえ始める。このときBが合図する。Cはその合図で水柱の高さを（最高血圧）を読み上げ、Dが記録する。さらに空気を逃がしていくと、血管が正常の形になり、音は聞こえなくなる。その瞬間にBが合図をし、Cは水柱の高さ（最低血圧）を読む。水柱の高さは単位をmmにして、水銀の密度13.6で割れば血圧値（単位はPaやN/m<sup>2</sup>でなくmmHg）となる。役割を交代して同様に全員測定する。



## 水血圧計の制作と設置



1. メジャー：水柱計の本体は、3本のアルミ製アングルを布テープでつなぎあわせ、目盛りになるメジャーをクリップで取り付ける。
2. ポンプ：おもちゃの空気入れを利用した。
3. カフと聴診器：市販のもの。聴診器と合わせて2000円ぐらいである。カフのゴム管の部分で四方向に分かれた中空の金属部品の1箇所へ接続する。

4. リークバルブ：ポンプに空気を抜く装置が一緒にあるものを使うなら必要ない。ここでは、先端を切り取った注射針で徐々に空気が抜けていくリークバルブとしている。

5. 6. 水を貯める部分：長さの違う真鍮のパイプにビニールチューブを付け、ゴム栓などに通し、接着剤で隙間を密封する。短いパイプのチューブ（1m程度）はポンプ部分へつなぎ、長いほう（4mぐらい）は水柱計になる。水をためる容器は500ml ペットボトルである。水があふれることが多いので、水に色を付けることは避けたほうが良い。

### 実験結果

実際の測定結果と、市販の電子式血圧計（オムロン製）で測定したデータを次ページに並べて示しておく。実験結果は、市販のものと比較しても遜色がないと思われる。また、水血圧計と電子式血圧計を使って同一人物（15歳女）について30分以内に3回ずつ測定してみたが、結果からわかるように、どちらも血圧の数値は常に変動している。従って血圧測定はたった1回だけの数値で一喜一憂できないことがわかる。自分の血圧の状態を、より正確に知りたいなら、こまめに測定してそれらの平均で判断する必要があることがわかる。

### 考察

この実験での水柱の高さは水面との差であるか

実際の測定結果と電子式血圧計の測定データ

	15歳	15歳女			16歳	20代
	男	1回目	2回目	3回目	男	女
水面の高さ(cm)	7	7	7	7	7	7
音が聞こえたときの高さ	185	150	143	164	162	148
音が消えたときの高さ	124	116	87	95	108	98
最高血圧(mmHg)	131	105	100	115	114	104
最低血圧	86	80	59	65	74	67
電子式血圧計(最高)	124	122	100	93	123	99
電子式血圧計(最低)	88	64	59	62	74	73

\* 血圧の計算値は小数点第1位を四捨五入している。

ら、チューブの直径が5mm、水をためるペットボトルの直径が7cm程度とすると、最高血圧になるころの水面は最初の位置よりおよそ1cm下がっていることになる。また、合図を聞いて目盛りを読むときのずれを大目にみて、±1cmとし、両方あわせて±2cm程度の誤差が生じるものと考え、血圧値としては±1.5mmHg程度の誤差を含むことになる。ゆっくり水を落としていけばこの誤差はもっと小さくなる筈であるから、かなり正確な測定が可能である。ところで、コロトコフ音には5種類の音質(5相)があることが報告されている。慣れないと、流れ始めを聞き逃して、最高血圧は実際より低い血圧値となることが多いようである。コロトコフ音が聞こえなくなった時点が最低血圧であるが、血液が流れているときは血管の雑音が聞こえることもあり、これをコロトコフ音と間違い、最低血圧を聞き落とすことがある。聴診器で聞くのは個人差があり、全く聞こえないという場合も出てくる。また、聞き入ってしまった合図を忘れる人もいる。事前に少し時間をとって耳を慣らせ、これがこの実験のキーポイントであることを理解させる必要がある。生徒には実験前に心臓や、呼吸音、血流音など身体の音を自由に聞かせて聴診器に慣れさせておくとうい。

### 補足

血圧の測定には主にコロトコフ法(聴診法)とオシロメトリック法がある。コロトコフ法は、ここで示した実験のように、袋状のベルトを上腕に巻きつけ、肘関節屈側中央(動脈部分)に聴診器

を当て、コロトコフ音を聴取することで血圧測定する方法である。コロトコフとはNikolai Sergeevich Korotokov(ロシア人)のことで、聴診法による血圧測定るとき聞こえる血管音(血管に血液がぶつかる音)について研究・報告(1905年)した人物である。

一方、オシロメトリック法は血液が流れ始めるときの動脈壁の振動をセンサーで捉える方法で、電子式の血圧計はほとんどがこの方法である。

血圧に関する歴史をみると、1773年にStephen Hales(英:1677-1761:生理学者)が、馬の頸動脈にガラス管を差し込んで血圧の計測に成功したのが最初である。彼の目的は、「血液は身体中を循環している」と提唱したWilliam Harvey(英:1578-1657:医師)の『血液循環説』を裏付けるためであった。これによって、心臓が血液を押し出していることも分かった。

ヒトの血圧測定は1828年になって、Poiseille(仏)により、中空の柔らかな管カテーテルを通して水銀柱に圧力を導く方法で成功した。1896年にはScipione Riva Rocci(伊:1863-1937)が、上腕カフを用いた、安全で手軽な水銀圧力計を考案した。これが現在の水銀血圧計の原型である。一般には圧力の単位として国際単位系(SI)のPaやN/m<sup>2</sup>を使うが、血圧に関しては、この歴史的経緯からmmHgで表すのが普通である。

なお、20世紀はじめに、アメリカの生命保険会社によって高血圧と死亡率の相関関係が明らかにされたことや、その後の研究で、高血圧と心筋梗塞や脳卒中との関連も疑われ始めたので、血圧測定は健康のバロメーターとして盛んに行われるようになった。また、1926年になると放射性物質を使って血液の循環を直接調べる取り組みが行われた。Blumgart(米)はラジウムC(<sup>214</sup>Bi、半減期19.9分)を右肘静脈から注入して左腕の検出器で肺循環時間を測定した。その時の測定では、正常者で14~24秒、心不全患者では71秒と、明らかな違いがあった。現在では、最高血圧や最低血圧だけでなく、その差の『脈圧』も注目され、重要な数値として考えられている。