

B113 超音波法による頸動脈の弾性率と脈波速度との関連性について

On the relationship between elasticity of carotid artery using ultrasound
And pulse wave velocity using optical and piezoelectric sensors.

○正 上松広之 (松栄電子工業(株)), 正 野方文雄 (岐阜大)

Hiroyuki UEMATSU, Shohei Electronics and Industry Co.,Ltd

Fumio NOGATA, Dept. of Human and Information Systems, Gifu Univ.

Keyword : Ultrasound, Carotid artery, Optical sphygmograph, Piezoelectric sensor, Mechanical properties

1. 緒言

わが国の主な死因は、男女ともに悪性新生物、心疾患、脳血管などの循環器系疾患である。その中で循環器系疾患は全体の3割を占め、その数は年々増加する傾向にある。これらは主として動脈硬化に起因している。疾患として問題になるのは、脳動脈、冠動脈、腎動脈にみられる機械的性質の劣化による機能低下であり、脳では脳梗塞・脳出血、心臓では、狭心症・心筋梗塞、腎臓では、腎不全などをおこす。動脈硬化の治療は困難であり、進行を防ぐ事、また早期発見が重要である。渡邊ら²⁾によって、ウシ胸大動脈の引張試験および内圧負荷実験も行い超音波法による動脈硬化計測法の有効性を確認されている。また、左右の総頸動脈における差異についても計測している。

本研究では、超音波、光電式およびピエゾセンサによる脈波伝播速度PWV計測により血管の機械的性質を計測した。さらにより簡単な動脈硬化計測法の確立をめざした。

2. 実験方法

2-1. 血管弾性率の算出法

論文などで提案されている式を検討した結果、引張実験と等価な結果が得られた、血管弾性率を次式より算出した。

$$Eth = 2 \frac{Ro}{Ro^2 - Ri^2} \cdot \frac{\Delta Pi Ri^2}{\Delta Ro} \quad (1)$$

ここで、 Eth :弾性率、 ΔPi :血圧差、 Ro :血管外半径、 Ri :血管内半径、 ΔRo :血管外半径変化量である。

2-2. ヒト左右総頸動脈の弾性率の測定

超音波装置 (SA-600) を用い、血管縦断面画像 (Bモード画像) と Aモード信号、により血管径の変化を計測した。また、血圧計で手首を心臓の位置に合わせ、最高血圧、最低血圧を測定した。左右頸動脈計測した (Fig.1)。

血管収縮時、拡張時の二波の立ち上がり間距離 L に、総頸動脈の外膜の厚さ 0.3mm^3 を加えたものを最小及び最大外径とする。これらを用い各パラメータを求め、式(1)に入れ総頸動脈の弾性率を算出した。

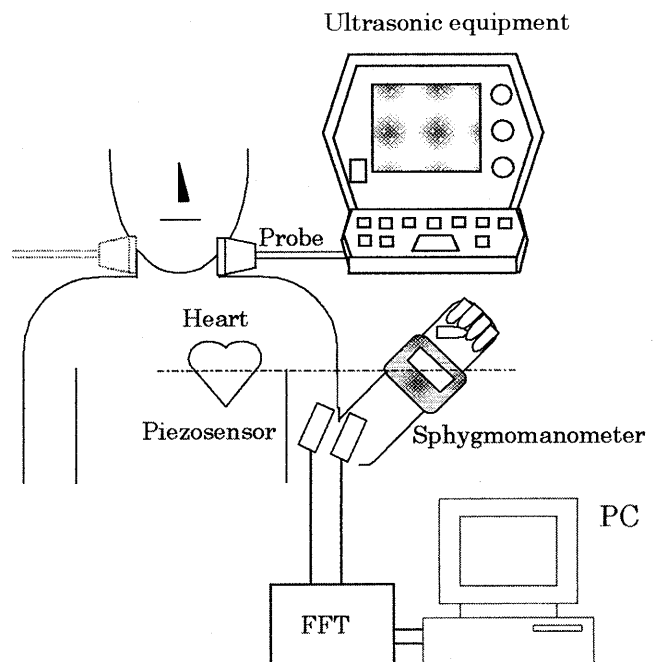


Fig.1 The experimental setup for measuring elastic modulus of common carotid arteries.

3. 結果および考察

3-1 ヒト総頸動脈の弾性率の年齢との関係

17歳~84歳までの20名の被験者について年齢と性別の弾性率との関係を Fig.2 に示す。年齢が増えるにつれて弾性率が増加しており、年齢とともに硬くなる傾向が確認できる。

男女間をみると、動脈硬化は男性の方に多くみられる。また、年齢との右上がりの傾向は男女ともに変わらないが、男性の方が全体的に女性より弾性率の増加が大きという結果が得られた。これは、女性では女性ホルモンが動脈硬化の進行を防ぐので比較的少ないという事例と一致している⁴⁾。

左右ともに弾性率が増加する傾向があることがわかる。また、弾性率の差は若年層でもみられ、一般には年齢の増加とともに大きくなっていくこともみてとれる。個人によって左右どちらの弾性率が高くなるかは異なるため、どちらか一方の測定のみでは動脈硬化の判断は難しい。

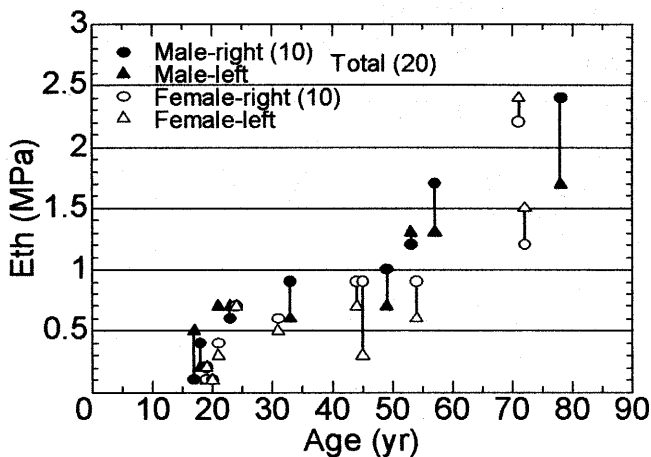


Fig.2 Dependence of young's modulus on age for left and right common carotid arteries.

3-2 光電式およびピエゾセンサによる脈波伝播速度測定

脈波とは、心臓の収縮により血液が大動脈に押し出された時に発生した血管内の圧力変化が動脈を末梢方向に伝わっていく波動のことである。この脈波の伝播速度(PWV, Pulse Wave Velocity) C_0 は、2点間測定における時間差 Δt と距離 L により求めることができる。

$$C_0 = \frac{L}{\Delta t} \quad (2)$$

動脈を縦波が伝播する円筒モデルとすると、血管壁の弾性率 E は血液の密度 ρ 、収縮時の血管半径 r 、脈波伝播速度 C_0 、収縮時の血管壁厚 h によって得ることができる。

$$E = \frac{2\rho r C_0^2}{h} \quad (3)$$

式(3)はメーンズ・コルテヴェーグの式として知られ⁽⁴⁾、弾性率 E と脈波伝播速度 C_0 の2乗は比例の関係より、脈波伝播速度 C_0 が大きいほど動脈硬化が進行していることがわかる。すなわち、 C_0 は動脈硬化の診断の指標として用いる事ができると考えられる。

光電式センサ測定原理は、赤外線における血中ヘモグロビンの反射・吸収であり、血管の容量変化から脈波を検出する。2点の測定箇所は光電式センサにより容易に測定できる指尖と手首(2点間距離は約200mm)を計測した。

ピエゾセンサ測定原理は、任意の血管上の近接した2点(5mm~10mm)における血管壁の変位を検出するものである。

Fig.3に男性15名、女性30名の計45名(光電式)、男性10名(ピエゾセンサ)の実験結果を示し、PWVと年齢、性別との関係を調べた(左右の頸動脈を超音波法により測定した被験者のデータ含)。脈波伝播速度測定の実験も超音波による実験と同じように年齢の増加に伴い、男性はPWVが大きくなる傾向が認められる。しかし、女性については更なる検討が必要

である。

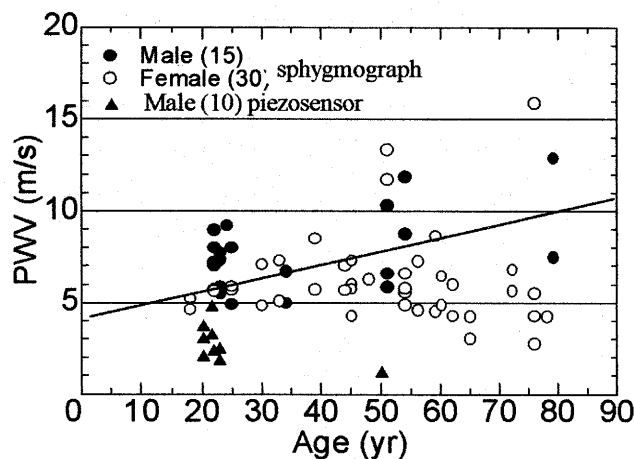


Fig.3 PWV as a function of test subjects' age obtained using sphygmograph and piezosensor

4. 結言

- (1) 血管の弾性率は、年齢の増加にともない男女ともに増加するが、男性の方が全体的に弾性率が高い。また、動脈の弾性率の左右での差は、若年層でも見られた。
- (2) 超音波による血管の弾性率と光電式およびピエゾセンサによる脈波伝播速度PWVとの関連性が認められ(男性の場合)、簡易な動脈硬化計測法としての可能性が示唆された。

参考文献

- 1)厚生労働省大臣官房統計情報部人口動態・保健統計課、「平成12年人口動態統計(確定数)の概要」
- 2)渡邊豊隆, 超音波による総頸動脈の弾性率測定について, 日本機械学会東海支部岐阜地区講演会講演論文集, 2001, 154-155
- 3)G. Gamble et al, B-mode ultrasound image of the carotid artery wall, correlation of ultrasound with histological measurement. *Atherosclerosis*, 1993, 102, 163-173.
- 4)岩井郁子, 成人看護学[3], 循環器疾患患者の看護, 血液・造血管疾患患者の看護, 1999, 145-146