

電気回路による頭頸部の動脈系三要素モデル解析 — 頸部後屈の影響 —

岡村法宜*

* 愛媛県立医療技術大学 臨床検査学科 [〒791-2101 愛媛県伊予郡砥部町高尾田 543]

1. 緒言

現在、動脈硬化の生理的指標は、中枢から四肢の圧脈波の伝播時間を測定している。動脈系を簡単な電気回路モデルで仮定した場合、対象の動脈血流を電流、血圧を電圧としたとき、測定部位から末梢までの動脈系の物性を電気回路の素子として表すことができる。頭頸部の動脈系では、カフを使用した血圧測定ができないことから、電気回路モデルによる動脈系の物性推定が、脳動脈硬化の有効な評価法となる可能性がある。今回、通常仰臥位と、仰臥位で頸部を後屈させたときについて、総頸動脈を起始部とする動脈系の物性を三要素の電気回路モデルと仮定し、総頸動脈の粘性抵抗、コンプライアンスおよび総末梢抵抗を算出し、本法の有効性について検証した。

2. 実験方法

健常男女大学生 5 名について、通常仰臥位時と頸部を後屈させた状態で、パルスドプラ法で総頸動脈血流を、空気伝導型脈波センサで頸動脈波を同時に測定した。圧脈波波形に、聴診法で測定した最高血圧と最低血圧を当てはめた波形を総頸動脈血圧波形とした。図 1 の回路に、血流波形 (F) を電流波形、血圧波形を電圧波形 (P) とした時の総頸動脈粘性抵抗 (Rc)、総頸動脈コンプライアンス (Cc)、総末梢抵抗 (Rp) とするとインピーダンス (Z) は、①式で表される。

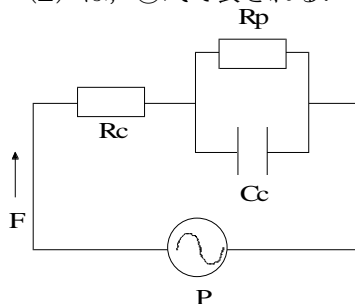


図 1. 総頸動脈系の三要素電気回路モデル

$$Z = R_c + \frac{R_p}{1 + j\omega C_c R_p} \quad ①$$

角速度 (ω) が十分大きい時と十分小さい時、①式はそれぞれ、②③式で表され、 R_c 、 R_p を近似的に求め

ることができる。また、電圧波形と電流波形の位相のずれを θ とすると C_c は④式で求めることができる。

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} Z = R_c \quad ②$$

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} Z = R_c + R_p \quad ③$$

$$C_c = \frac{\frac{1}{\tan \theta} \pm \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \theta} - \frac{4R_c(R_c + R_p)}{R_p^2}}}{2\omega R_c} \quad ④$$

$\omega \rightarrow \infty$ の電流、電圧成分として各波形の上行脚を、 $\omega \rightarrow 0$ の電流、電圧成分として実効値を採用した。さらに、電流・電圧波形の位相のずれを FFT 法で求めた。これらの値を②~③式に代入して、 R_c 、 C_c 、 R_p を算出した。

3. 実験結果

後屈時に総頸動脈粘性抵抗、総末梢抵抗は有意に上昇、総頸動脈コンプライアンスは有意に低下した (図 2, $p < 0.05$)。

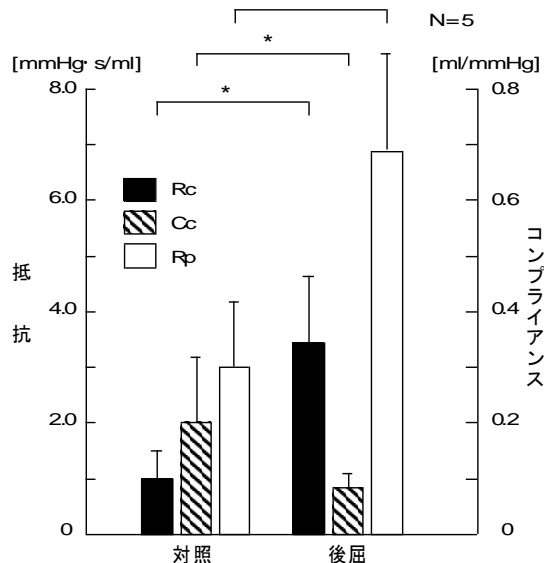


図 2. 頸部後屈が総頸動脈系物性に及ぼす影響

*: $p < 0.05$

4. 考察

頸部後屈によって前頸部の皮膚～筋に圧迫された総頸動脈の粘性抵抗は上昇、コンプライアンスは低下し、頭頸部からの静脈還流低下によって総頸動脈系総末梢抵抗が上昇したと考えられる。

5. 結言

総頸動脈系の三要素モデル解析は脳動脈の加齢性変化評価に有用である可能性が示唆された。