



北海道公立大学法人  
**札幌医科大学**  
Sapporo Medical University

**札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor***

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

|                        |   |
|------------------------|---|
| Title                  | 青年の脈波伝播速度における性と BMI および血圧値との関係  |
| Author(s)              | 堀口, 雅美; 田中, 豪一; 松村, 健太; 加藤, 有一; 澤田, 幸展  |
| Citation               | 札幌医科大学保健医療学部紀要, 第 8 号: 13-18  |
| Issue Date             | 2005 年  |
| DOI                    | 10.15114/bshs.8.13  |
| Doc URL                | <a href="http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/4907">http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/4907</a> |
| Type                   | Journal Article   |
| Additional Information |   |
| File Information       | n13449192813.pdf  |

- ・コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等が有します。
- ・利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- ・著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

## 青年の脈波伝播速度における性とBMIおよび血圧値との関係

堀口雅美<sup>1)</sup>、田中豪一<sup>2)</sup>、松村健太<sup>3)</sup>、加藤有一<sup>2)</sup>、澤田幸展<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 札幌医科大学保健医療学部看護学科

<sup>2)</sup> 札幌医科大学医学部医学科心理学教室

<sup>3)</sup> 北海道大学大学院文学研究科

生活習慣病を予防するための基礎資料を得ることを目的に、心血管系の既往歴のない青年男子34名(22.6±3.4歳)と女子46名(20.0±2.1歳)を対象にBMI、baPWV、血圧を測定した。そしてbaPWVとBMI、およびbaPWVと血圧値との相関における性差を検討した。その結果、

1) BMIの平均値±標準偏差は男子群22.2±2.6、女子群20.7±2.4 ( $p<.01$ )、血圧値は男子群、女子群の順に収縮期血圧値は113.6±9.8mmHg、101.8±6.3mmHg ( $p<.01$ )、拡張期血圧値は61.1±8.7mmHg、56.0±6.1mmHg ( $p<.01$ )であった。baPWVは男子群1116.7±148.5cm/s、女子群989.0±101.9cm/s ( $p<.01$ )といずれも男子群が有意に高い値であった。

2) baPWVとBMIとの相関係数は男子群 $r=0.511$  ( $p<.01$ )、女子群 $r=0.036$ 、baPWVと収縮期血圧値との相関係数は男子群 $r=0.698$  ( $p<.01$ )、女子群 $r=0.242$ といずれも男子群にのみ有意な相関が認められた。

3) baPWVと拡張期血圧値との相関係数は男子群 $r=0.762$  ( $p<.01$ )、女子群 $r=0.452$  ( $p<.01$ )と両群とも有意な相関を示した。

以上より、今回の対象である青年におけるbaPWVの値、およびbaPWVと収縮期血圧値との相関には性差があり、女子の場合は血管の柔軟性が高いことが示唆された。

<キーワード> 上腕一足関節脈波伝播速度、BMI、血圧値、性差

### Analysis of gender differences in correlation of brachial-ankle pulse wave velocity with body mass index and blood pressure in healthy youths

Masami HORIGUCHI<sup>1)</sup>, Gohichi TANAKA<sup>2)</sup>, Kenta MATSUMURA<sup>3)</sup>, Yuichi KATOH<sup>2)</sup>, Yukihiro SAWADA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Nursing, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

<sup>2)</sup> Department of Psychology, School of Medicine, Sapporo Medical University

<sup>3)</sup> Department of Psychology, Graduate School of Letters, Hokkaido University

The present study examined brachial-ankle pulse wave velocity [baPWV], body mass index [BMI] and blood pressure as well as their intercorrelations in healthy young males (N=34) and females (N=46). BMI was 22.2±2.6 in males and 20.7±2.4 in females ( $p<.01$ ). BaPWV was 1116.7±148.5 cm/s in males and 989.0±101.9 cm/s in females ( $p<.01$ ). The significant correlation coefficient between baPWV and BMI was 0.511 ( $p<.01$ ) in males, and between baPWV and systolic blood pressure it was 0.698 ( $p<.01$ ) in males. In conclusion, there appear to be gender differences in baPWV, and the elasticity of arteries in females was higher than in males.

Key Words : Brachial-ankle pulse wave velocity, BMI, Blood pressure, Gender differences

Bull. Sch. Hlth. Sci. Sapporo Med. Univ. 8:13-18 (2005)



## はじめに

加齢により動脈壁は硬化するが、中年期以降だけでなく青年期にも見られる場合があることが報告されている<sup>1)</sup>。高血圧症、高脂血症、糖尿病といった生活習慣病を発症すると動脈硬化を促進し、やがては虚血性心疾患や脳血管障害の誘因となる。加齢現象を止めることはできないが、生活習慣病を予防し血管の健康度を良好に保つことは生活の質の維持、向上に貢献するものと考えられる。

動脈硬化の伸展度を評価するには画像から評価する方法と機能から評価する方法があり、動脈硬化の早期の徴候を捉えるのには後者が適している。その代表的な指標に脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity: PWV) があり、動脈硬化度を非侵襲的に計測する生理学的検査方法の一つである。管腔のなかを脈波が伝播するとき、その管のいずれか2点で脈波を記録し、2点間の距離 (L) を2点の脈波の時間差 (pulse transmission time: PTT) で除すれば脈波伝播速度が算出される ( $PWV=L/PTT$ )。脈波はその管が硬ければ硬いほど、内腔が狭ければ狭いほど、その管の壁厚が厚ければ厚いほど速く伝播する、すなわちPWV値は高値となる。近年、自動的に脈波伝播速度を計測する機器が開発されているが、その一つのform PWV/ABI<sup>®</sup>では上腕と足関節部の脈波の立ち上がり時間の差 (PTT) から脈波伝播速度を測定している。これは上腕動脈一足関節動脈間 (brachial-ankle PWV: baPWV) 法と呼ばれ、カテーテル法大動脈PWVとbaPWVとの相関、baPWVの観察者間信頼性および同一観察者間信頼性の相関はいずれも良好である<sup>2)</sup>。baPWVは大動脈の動脈硬化度 (もしくは伸展性) を反映する指標であり、baPWVにもっとも影響する因子として年齢、性、血圧が報告されている<sup>3)</sup>。

心臓から出た大動脈は身体各部に血液を供給するため中動脈に分歧し、さらに細動脈、そして毛細血管へと移行する。加齢による動脈の変化として最も特徴的なことは弾性動脈である大動脈の硬化であるが、これは動脈の中膜の変化によるものである。病理学的変化としての動脈硬化症は、粥状 (アテローム) 動脈硬化、細小動脈硬化、およびメンケルベルグ型中膜硬化の3つに分類される。粥状動脈硬化は動脈内膜に生じる病変であり、大動脈や冠動脈といった比較的太い動脈に起こりやすい、老化した動脈でも動脈硬化を呈していない場合もあれば、老化していない動脈にも動脈硬化はしばしば形成されるが、老化した動脈に動脈硬化症が伴いやすいことが考えられている<sup>4)</sup>。

動脈硬化症に関する性差について、閉経前の女性では動脈硬化性疾患の発症頻度は男性に比べて低いが、閉経後は次第に増加し70歳代後半では発症頻度の性差はほぼ消失する。これはエストロゲンの抗動脈硬化作用によるものと考えられている。その作用機序は血管壁に対する直接作用と、動脈硬化危険因子に対する作用の2つに大別され、さらに

前者の直接作用は血管内皮細胞に対する作用と血管平滑筋細胞に対する作用に分けられる。エストロゲンは血管内皮細胞からNOなどの産生を増加させて血管拡張反応を増強する (内皮依存性)。またエストロゲンには血管平滑筋弛緩作用があるが、これは内皮の有無にかかわらず生じることから内皮非依存性で、エストロゲンが血管平滑筋に直接作用した結果と考えられている<sup>5)</sup>。

女性の月経周期を月経期、卵胞期、黄体期と分けた場合、エストロゲンの分泌量は月経周期によって違いはあるものの、その違いは男性と女性との間で血中エストロゲン濃度を比較した場合ほどの大きなものではない。月経期では血中エストロゲン濃度は低下しているが、その後の卵胞期で徐々にエストロゲン濃度は上昇し、排卵の直前にピークを迎える。排卵後、すなわち黄体期ではプロゲステロン濃度が上昇、そして下降すると同時に、エストロゲン濃度は低下しているものの分泌はある<sup>6)</sup>。血中エストロゲン濃度に違いはあるものの、月経期、卵胞期、黄体期いずれの期においても女性の場合、動脈はエストロゲンの抗動脈硬化作用を受ける状態にあり、この点は男性と大きく異なる。

動脈の伸展性はコンプライアンス (Compliance)、すなわち動脈内圧の変動 ( $\Delta P$ ) に対する容積変化 ( $\Delta V$ ) の比 ( $C=\Delta V/\Delta P$ ) でも示されるが、血圧の変動に伴い血管壁の張力が変化し、管としての弾性率に変化を生じることから同一被験者においても血圧の変動によりPWV値が変動する<sup>7)</sup>。ただし、血管壁の性状によって血圧変動に伴うPWV値の変動が異なることや、血圧の増加は動脈硬化の結果でもあることから、単純に血圧によってPWV値を補正することはできないともいえる。

以上のように、baPWVは年齢、性差、血圧、体格などの因子が複合的に関与する、血管壁の総合的な指標として解釈する必要がある。しかし、その測定方法は無侵襲かつ極めて簡便なため動脈硬化の早期の評価に適しており、その意味で血管健康度のアセスメントに有用である。またこれまで、動脈硬化がまだ明確ではない最早期の段階において、それらの因子がどのように関連しながら動脈硬化の進展に関与しているのかは十分に知られておらず、この点について健康な青年群を対象にそのbaPWVを検討する意義がある。そして将来の生活習慣病の発症を予防し、健康の保持増進に応用する面でも重要である。

そこで本研究では、心血管系の既往歴のない青年を対象に動脈硬化を機能面から評価するbaPWV、性差、BMI、血圧の相互の関係についての基礎資料を得ることを目的に実験を行った。

## 方 法

### 1. 被験者

心血管系の既往歴および現病歴のない男子34名 (男子群とする) と女子46名 (女子群とする) を被験者とした。年



年齢の平均と標準偏差は男子群 $22.6 \pm 3.4$ 歳、女子群 $20.0 \pm 2.1$ 歳であった。

## 2. 手続き

被験者に実験方法の説明と苦痛のないこと、いつでも実験の参加を拒否できることを伝えた後、身長と体重を測定した。次に安静仰臥位でbaPWV (form PWV/ABI®BP-203PRE、日本コーリン、東京) を測定した。左右の上腕と足関節上部に血圧測定用のカフを、左右の手首に心電図用の電極を装着した。大動脈弁口から上腕までの距離を $L_a$  (cm)、大動脈弁口から足関節上部までの距離を $L_b$  (cm) とすると、baPWVは距離 $(L_a - L_b)$ を上腕と足関節上部における脈波の立ち上がりの時間差で除して求められる $(baPWV = (L_a - L_b) / PTT)$ 。左右それぞれにbaPWVが測定されるので、ここでは左右両側の平均値を求めてbaPWVとした。またbaPWV測定時には左右の上腕および下腿の4カ所の血圧が測定されるが、そのうちの右上腕の血圧値(収縮期血圧値、平均血圧値、拡張期血圧値、脈圧)を分析に用いた。

## 3. データ処理と分析

身長と体重よりBMIを算出した。BMI、血圧値およびbaPWVはそれぞれ平均値と標準偏差を求めた。男子群と女子群における平均値の差の検定を行い、有意水準を1%とした。さらにbaPWVとBMIおよび血圧値との相関係数を算出した。いずれもSPSS統計パッケージ(Release 12.0J: SPSS Inc, Chicago, IL, USA)を使用した。

## 結 果

### 1. 男女別のBMIと血圧値およびbaPWV

BMIの平均値±標準偏差は男子群 $22.2 \pm 2.6$ 、女子群 $20.7 \pm 2.4$ で男子群が有意に高い値であった( $t(78) = 2.724$ ,  $p < 0.01$ )。右上腕の血圧値を男子群、女子群の順に述べると、収縮期血圧値は $113.6 \pm 9.8$ mmHg、 $101.8 \pm 6.3$ mmHg ( $t(78) = 6.164$ ,  $p < 0.01$ )、平均血圧値は $82.9 \pm 8.5$ mmHg、 $74.9 \pm 6.0$ mmHg ( $t(78) = 4.946$ ,  $p < 0.01$ )、拡張期血圧値は $61.1 \pm 8.7$ mmHg、 $56.0 \pm 6.1$ mmHg ( $t(78) = 3.135$ ,  $p < 0.01$ )、脈圧は $52.5 \pm 5.4$ mmHg、 $45.8 \pm 5.3$ mmHg ( $t(78) = 5.491$ ,  $p < 0.01$ )といずれも男子群が有意に高い値であった(図1)。

baPWVは男子群 $1116.7 \pm 148.5$ cm/s、女子群 $989.0 \pm$

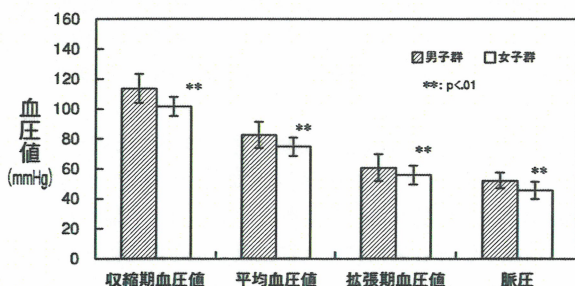


図1 男女別右上腕血圧値

$101.9$ cm/sと男子群が有意に高い値であった( $t(78) = 4.562$ ,  $p < 0.01$ )。

### 2. baPWVとBMIおよび血圧値の相関

baPWVとBMIとの相関係数は男子群 $r = 0.511$  ( $p < 0.01$ )、女子群 $r = 0.036$ で男子群に有意な相関が認められた。baPWVと血圧値では右上腕収縮期血圧値との相関で男子群 $r = 0.698$  ( $p < 0.01$ )、女子群 $r = 0.242$ と男子群に有意な相関が認められた。baPWVと右上腕の平均血圧値については男子群 $r = 0.654$  ( $p < 0.01$ )、女子群 $r = 0.392$  ( $p < 0.01$ )、拡張期血圧値との相関では男子群 $r = 0.762$  ( $p < 0.01$ )、女子群 $r = 0.452$  ( $p < 0.01$ )と男女いずれの群においても有意な相関が認められた。脈圧に関しては男女いずれの群においても有意ではなかった(表1)。

表1 baPWV<sup>a)</sup>とBMIおよび血圧値との相関係数

|           | 全体 (N=80) | 男子群 (N=34) | 女子群 (N=46) |
|-----------|-----------|------------|------------|
| BMI       | 0.377**   | 0.511**    | 0.036n.s.  |
| 右上腕収縮期血圧値 | 0.649**   | 0.698**    | 0.242n.s.  |
| 右上腕平均血圧値  | 0.650**   | 0.654**    | 0.392**    |
| 右上腕拡張期血圧値 | 0.689**   | 0.762**    | 0.452**    |
| 右上腕脈圧     | 0.175n.s. | 0.039n.s.  | -0.229n.s. |

a) : baPWV—brachial-ankle Pulse Wave Velocity (上腕—足関節脈波伝播速度)

a) : baPWVの平均値±標準偏差—男子群  $1116.7 \pm 148.5$ cm/s、女子群  $989.0 \pm 101.9$ cm/s  
\*\* $p < 0.01$

そこで表1で有意な相関関係が認められたもののうち、baPWVとBMI、右上腕収縮期血圧値および拡張期血圧値との散布図に示した。男子群にのみ有意な相関が見られたBMIとbaPWVとの散布図をみると、男子群ではBMIが18.5から29.2、女子群では15.9から25.6の範囲にあり、またbaPWVは男子群866.0~1453.5cm/s、女子群740.0~1184.5cm/sの範囲であった。BMIが25.0以上30.0未満の肥満I度の範囲には女子群に比べ男子群のほうが多く分布し、baPWVも高値を示した(図2)。右上腕収縮期血圧値とbaPWVにおいても男子群のみに有意な相関であったが、男子群の収縮期血圧値は98~141mmHg、女子群が92~120mmHgの範囲にあり、男子群では収縮期血圧値が高くなるほどbaPWVも高値を示した(図3)。右上腕拡張期血圧値は男子群が46~84mmHg、女子群が39~69mmHgで、相関係数は男子群

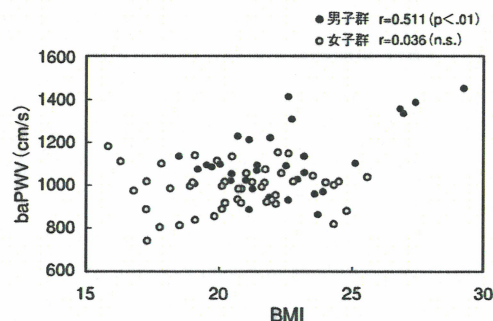


図2 BMIとbaPWV<sup>a)</sup>の散布図

a) : baPWV—brachial-ankle Pulse Wave Velocity (上腕—足関節脈波伝播速度)



$r=0.762$  ( $p<0.01$ )、女子群 $r=0.452$  ( $p<0.01$ ) と男子群のほうが高い相関を示したが、いずれにおいても血圧値が高くなるほどbaPWVは高くなっていた (図4)。

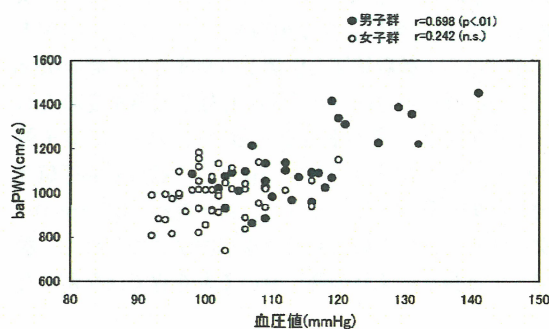


図3 右収縮期血圧値とbaPWV<sup>a)</sup>の散布図

a) : baPWV—brachial-ankle Pluse Wave Velocity (上腕—足関節脈波伝播速度)

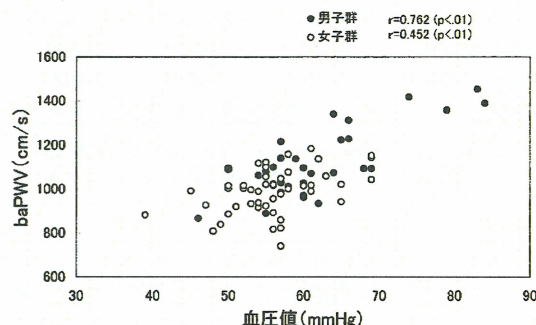


図4 右上腕拡張期血圧とbaPWV<sup>a)</sup>の散布図

a) : baPWV—brachial-ankle Pluse Wave Velocity (上腕—足関節脈波伝播速度)

## 考 察

本研究は青年を対象にbaPWV、性差、BMI、血圧の相互の関係を検討した。まずPWVについてであるが検査法としての歴史は古く、最初の報告は1922年である<sup>8)</sup>。その後、精神生理学の分野においては心血管系の機能の経時的変化を分析するため、1970年代にはいってからPWVが着目されるようになってきた<sup>9)</sup>。従来は脈波計を頸動脈と大腿動脈といった表在動脈にあてて計測する頸動脈—大腿動脈法による測定が行われていた。近年、血圧測定用カフを四肢に装着し、上腕と足関節部の動脈の脈波からPTTを算出するbaPWV法が開発された。この方法は簡便、かつ非侵襲的で、糖尿病や高血圧症、虚血性心疾患、閉塞性脈硬化症などのさまざまな動脈硬化に関連する疾患の臨床検査として広く適用されてきている<sup>10)~14)</sup>。

baPWVは大動脈口から上腕動脈、大動脈口から足関節の動脈という2点間での距離からPTTを算出していることから、身長が異なればそれぞれの距離も異なり、形態学的な違いがbaPWVの性差につながる事が考えられる。今回測定に使用したform PWV/ABI<sup>®</sup>では身長から求める計

算式を利用しており、形態学的な違いによる性差は考慮しなくてよい。

一方、内分泌的要因については男性と女性とで大きく異なる。動脈硬化危険因子を有しない対象においてもbaPWVは加齢に伴い亢進している。特に女性の場合50歳代後半からその変化は急峻となり、60歳以降で男女差がなくなっている。閉経の時期が確認されている対象では、明らかに閉経後baPWVの亢進が増大していることが確認されている<sup>15)</sup>。青年男子と女子を対象にbaPWVを比較した我々の結果でも、男子群のほうが女子群に比べbaPWVが速いという性差が認められた。

今回対象とした女子群では月経周期別の分析<sup>16)</sup>を行っていないが、女子では月経期、卵胞期、黄体期のいずれの時期にあってもエストロゲンによる、血管内皮依存性・非依存性の抗動脈硬化作用を受けていることが予測される。エストロゲンは副腎皮質や精巣からも若干は分泌される<sup>17)</sup>ので男性にもその抗動脈硬化作用を期待できないわけではないが、卵巣から分泌される量に比して非常にわずかである。したがって女子群の場合、エストロゲンの抗動脈硬化作用を受ける内分泌的要因が強いことにより、動脈は男子群の場合よりも柔軟性に富むものと考えられる。

次にbaPWVとBMIとの相関については男子群にのみ有意な相関が認められた。女子群を見るとBMIが18.5以上25.0未満の「ふつう」に分布が集中しているのに対して、男子群ではBMIが25.0以上30.0未満の肥満I度の範囲にも分布が見られ、ばらつきの大きいことが有意な相関につながったのではないかと考えられる。高血圧症を伴う成人を対象にbaPWVとBMIとの関連を検討した報告によると、男女とも非肥満群に比べ肥満群のほうがbaPWVは高値であった<sup>18)</sup>。女性でも高血圧かつ肥満の場合はbaPWVが速くなる、すなわち動脈の伸展性が低下することが予測される。

血圧とPWVとの間には密接な関係がある。1点目は測定時の血圧が直接的にPWV値に影響しうること、2点目は慢性の高血圧症により動脈壁の性状が変化することでPWV値が高値となること、3点目は動脈壁硬化が進みPWV値が高くなるとそのことがまた血圧値に影響を及ぼすという双方向の関係である<sup>19)</sup>。収縮期血圧は心拍出量、拍出速度、大動脈などの弾性動脈の伸展性により影響を受ける。拡張期血圧は心収縮期に大動脈に蓄えられた血液が心臓の大動脈弁の閉鎖、大動脈の収縮によって末梢動脈に送られることによって生ずる圧力である。拡張期血圧は動脈壁の弾性、末梢血管の抵抗、心臓の次の収縮までの時間による影響を受ける。

血圧に対する抵抗は大きな動脈と細動脈とに大別され、前者は心駆出時の衝撃を緩衝する弾性動脈でありwindkessel (大動脈のふいご) 機能、すなわち心臓の拡張時に大動脈が収縮し末梢に徐々に血液を送るため拡張期血圧は0ではなく一定の値を示し、心臓の収縮期・拡張期を通して全身に血液を送ることができる。なお、200μ以下



の細動脈は自律神経系とレニン・アンジオテンシン系の2つの機構が血管収縮に大きく関与している。

収縮期血圧は前述したように心拍出量、拍出速度、大動脈の伸展性に影響を受けることから、男子と女子では心臓の大きさや心筋などの形態学的な特徴の違いにより心拍出量や拍出速度が異なることで、一般に収縮期血圧は男性が女性より高くなるという性差が生じる。収縮期血圧とbaPWVとの相関で男子群では有意な相関が認められたのに対し、女子群では相関がなかったことは女子群の収縮期血圧の分布が男子群より小さいことによるものであろう。

一方、拡張期血圧は動脈壁の弾性、末梢血管の抵抗、心臓の次の収縮までの時間による影響を受け、心臓からの脈波が動脈に伝わり始めるときの圧力が拡張期血圧であることからbaPWVとの関連が深いことは予測される。今回の結果においても男子群、女子群いずれも拡張期血圧とbaPWVとの有意な相関が認められ、相関係数の違いはあるもののこの点についての性差はないものと考えてよい。男子群と女子群のいずれにおいても有意な相関が見られた平均血圧とbaPWVについても同様であると考えられる。脈圧は男子群女子群いずれにおいてもその分布が小さいことから相関が見られなかったものと考えられる。

以上より、今回対象とした青年においてbaPWVは男子群が有意に高い値を示したこと、baPWVとBMIとの相関、およびbaPWVと収縮期血圧値との相関は男子群にのみ有意な相関を示したことからこの点については性差が認められた。このことから女子の場合は血管の柔軟性が高いことにより、青年における動脈硬化の進展状況には性差のあることが示唆された。生活習慣病の誘因の一つとしてストレスがあり、ストレスに対する反応性に関しても性差の存在が指摘されている<sup>20) 21)</sup>ことから、その点について検討することが今後の課題である。

## 結 論

生活習慣病の発症を予防するための基礎資料を得ることを目的に、心血管系の既往歴のない青年を対象に動脈硬化を機能面から評価するbaPWV、性差、BMI、血圧の相互の関係について検討した。その結果、

- 1) BMIの平均値±標準偏差は男子群 $22.2 \pm 2.6$ 、女子群 $20.7 \pm 2.4$ 、baPWVは男子群 $1116.7 \pm 148.5 \text{ cm/s}$ 、女子群 $989.0 \pm 101.9 \text{ cm/s}$ といずれも男子群が有意に高い値であった。
- 2) baPWVとBMIとの相関係数は男子群 $r=0.511$  ( $p<.01$ )、女子群 $r=0.036$ で男子群に有意な相関が認められた。baPWVと収縮期血圧値との相関で男子群 $r=0.698$  ( $p<.01$ )、女子群 $r=0.242$ と男子群に有意な相関が認められた。baPWVと平均血圧値、および拡張期血圧値については男子群と女子群のいずれにおいても有意な相関が認められた。

以上より青年のbaPWV、およびbaPWVと収縮期血圧値との相関は男子群のみが有意であったという性差が認められ、女子の血管のほうが柔軟性の高いことが示唆された。

本研究は平成16～17年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究C（課題番号16500448）の助成を受けた研究の一部である。

## 文 献

- 1) 森重美奈子, 田中由紀子, 齊藤郁夫: 血圧高値大学生に対する四肢血圧の測定. 慶應保健研究20 (1): 85-87, 2002
- 2) 山科章: 脈波速度測定法. 小澤利男, 増田善昭編. 脈波速度. 東京, メジカルビュー社, 2002, p26-34
- 3) 山科章: 脈波測定の理論と臨床. 小澤利男, 増田善昭, 山科章監修. 脈をどう診るか—新しい脈波の臨床応用—. 東京, メディカルレビュー社, 2003, p64-77
- 4) 森聖二郎: 老化は動脈硬化にどう影響するか. 寺本民生, 桑島巖監修. わかりやすい動脈硬化—診断と治療の手引き—. 東京, ライフサイエンス出版, 2002, p26-28
- 5) 大内尉義: 循環器病における性差—エストロゲンと動脈硬化—. 日本循環器病予防学会誌37 (1): 31-41, 2002
- 6) ジェラルド J. トートラ・サンドラ レイノルズ グラボスキー: トートラ人体解剖生理学—からだの構造と機能—. 佐伯由香, 黒澤美枝子, 細谷安彦編訳. 東京, 丸善, 2002, p561-564
- 7) 都島基夫: 動脈硬化度の評価と危険因子—非侵襲的動脈硬化診断法を中心に—. 小澤利男, 増田善昭監修. 脈波速度. 東京, メディカルレビュー社, 2002, p110-119
- 8) Bramwell JC, Hill AV: Velocity of transmission of the Pulse Wave. *Lancet*: 891-892, 1922
- 9) 澤田幸展: 精神生理学的測定としての末梢脈波伝播時間—動脈血圧との相関の問題を中心として—. 心理学評論22 (4): 408-428, 1979
- 10) 小澤利男, 増田善昭, 山科章: 脈をどう診るか—新しい脈波の臨床応用—. 東京, メディカルレビュー社, 2003
- 11) 小澤利男, 増田善昭: 脈波速度. 東京, メディカルレビュー社, 2002
- 12) 寺本民生, 桑島巖監修: わかりやすい動脈硬化—診断と治療の手引き—. ライフサイエンス出版, 2002
- 13) 西沢良記監修: Arterial stiffnessの臨床 動脈硬化とPWV. 東京, メディカルレビュー社, 2002
- 14) 増田善昭, 金井寛: 動脈脈波の基礎と臨床. 東京, 共立出版, 2000



- 15) 富山博史, 小路裕, 山科章: 上腕・足関節脈波速度  
baPWVにおける年齢, 性, その他の因子の影響.  
Arterial stiffness動脈壁の硬化と老化5: 7-13, 2004
- 16) Hashimoto M, Akishita M, Eto M, Ishikawa M, et al:  
Modulation of endothelium-dependent flow-mediated  
dilatation of the brachial artery by sex and menstrual  
cycle. *Circulation* 92 (12) : 3431-3435, 1995
- 17) 高田明和: 内分泌. 小幡邦彦, 外山敬介, 高田明和ほか編.  
新生理学. 第3版. 東京, 文光堂, 2000,  
p538-550
- 18) 今井康雄, 河津捷二: 高脂血症・肥満. 小澤利男, 増  
田善昭編. 脈波速度. 東京, メジカルビュー社, 2002,  
p56-63
- 19) 庄司哲雄, 木本栄司, 篠原加代ほか: 脈波速度に関係  
する因子. 小澤利男, 増田善昭編. 脈波速度. 東京,  
メジカルビュー社, 2002, p36-42
- 20) Catherine M.. Stoney : The role of reproductive  
hormones in cardiovascular and neuroendocrine  
function during behavioral stress. In J. Rick Turner,  
Andrew Sherwood, & Katherine C. Light (Eds.)  
*Individual differences in cardiovascular response to  
stress*. Chapter 8. Plenum Press, New York, NY, US,  
1992, p147-163
- 21) Patrice G. Saab : Cardiovascular and neuroendocrine  
responses to challenge in males and females. In Neil  
Schneiderman, Stephan M. Weiss and Peter Kaufmann  
(Eds.) *Handbook of research methods in cardiovascular  
behavioral medicine*. Chapter 29. Plenum Press, New  
York, NY, US, 1989, p453-481