

超音波パルスドプラにおける健常者の 下肢動脈血流速波形の基礎的検討

清水 信幸¹ 佐々木久雄² 鈴木 健二¹ 川島 篤弘¹

要 旨：高齢者の下肢動脈における超音波パルスドプラ血流速度および血流速波形の基準値がこれまでになかったため、血管ドックを受けた健常者の測定値をもとに基準値の作成を試みた。下肢動脈の収縮期最大血流速度(peak systolic velocity: PSV)、拡張期最大逆流速度(peak reverse velocity: PRV)、収縮期立ち上がり時間(acceleration time: ACT)、血管径を計測したが、左右差、男女差、年齢差に大きな差はなかった。血流速波形パターンは総腸骨動脈から下腿動脈までは主に 3 相性の波形であった。(J Jpn Coll Angiol, 2008, 48: 307-311)

Key words: duplex ultrasonography, blood flow waveform, peak systolic velocity, lower extremity arteries, peak reverse velocity

はじめに

超音波パルスドプラによる下肢の閉塞性動脈硬化症の狭窄度および閉塞の診断あるいは血行再建後の経過観察において血流速波形の変化から病変の重篤度を推測し、局所の変化と病変部より中枢側ならびに末梢側の波形変化を正確に把握することが重要であると考えている¹⁻³⁾。そのためには基準となる健常者の下肢動脈における血流速度および血流速波形パターンを知る必要がある。海外では少数例の比較的若い成人のカラードプラ法による基準値を示した報告^{4,5)}はあるが、国内では狭窄性病変の有無を判定する血流速波形分類⁶⁾以外に、健常者の基準値を示した報告はまだない。特に閉塞性動脈硬化症を発症する高齢者では正常の自然経過においても若年者とは異なる可能性がある。

今回われわれは当センターの血管ドックを受診した健常者を対象に総腸骨動脈から脛骨動脈までの血流速度および血流速波形の変化について調査し、高齢者における基準値を作成することを目的とした。

対象と方法

当センターの血管ドックを平成17年12月から平成19年7月の間に受診した方の中から足関節上腕血圧比(ankle brachial pressure index: ABI)が1.0以上で心疾患のない100人を抽出した。男性46人、女性54人、38歳～85歳、平均年齢64歳であった。年代別では60歳以下(35人)、61歳～70歳(45人)、71歳以上(20人)の3群に分類した。

超音波診断装置は東芝製SSA-340A、探触子は8MHzのリニア型を使用した。検査は十分な経験を積んだ医師1名と臨床検査技師2名で行った。Bモードおよびパルスドプラ法を用いて計測した。なおパルスドプラ法においては血流方向が超音波ビームの方向に対し、入射角度を常に60°とした。

測定部位は総腸骨動脈(common iliac artery: CIA)、外腸骨動脈(external iliac artery: EIA)、浅大腿動脈近位部(superficial femoral artery 02: SFA02)、浅大腿動脈遠位部(superficial femoral artery 04: SFA04)、膝窩動脈下部(popliteal artery below knee: PAbk)、前脛骨動脈遠位部(anterior tibial artery: ATA)、後脛骨動脈遠位部(posterior tibial artery: PTA)の7区域、両下肢で14区域について測

¹独立行政法人国立病院機構金沢医療センター臨床検査科

²独立行政法人国立病院機構金沢医療センター臨床研究部

2008年3月11日受付 2008年8月13日受理

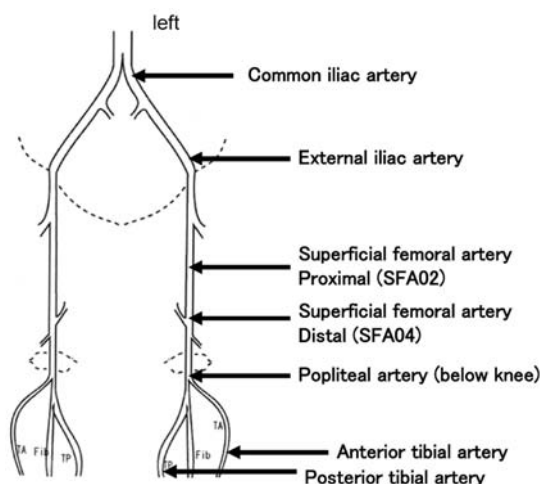


Figure 1 Blood flow waveforms, PSV, ACT, vessel diameter, and PRV were obtained from a total of 7 segments in each lower extremity.

定した(Fig. 1)。なお浅大腿動脈は、大腿の頭側よりの長さ2/5が近位部(SFA02)に、長さ4/5が遠位部(SFA04)にそれぞれ相当するとみなした。

測定項目はPSV, PRV, ACT, 血管径, および血流速波形パターンとした。

PSV, PRV, ACT, 血管径の左右差, 男女差, 年齢差について統計学的解析を行った。実測値の群間差異をその平均値に対する百分率にて求め差異変化率とした。血流速波形パターンについては各測定部位における血流速波形の出現頻度を調べた。解析方法はStatView windows Ver. 5.0を用いてStudent-t検定(対応なし)を行い, p値5%未満を有意差ありと判定した。

下肢動脈の基準値は平均 ± 2 SDを超える値を除外し, 再度平均 ± 2 SDを算出し, その範囲を基準値と定めた。血管径については男女別に基準値を作成した。

結 果

(1) 測定項目

1) 測定項目の左右差

PSV, PRV, ACT, 血管径の各項目はすべての測定部位において有意な左右差を認めなかった。

2) 測定項目の年齢差(Fig. 2)

60歳以下, 61歳~70歳, 71歳以上の3群間において, PSV, PRV, ACT, 血管径は一部の局所的部位を除いて

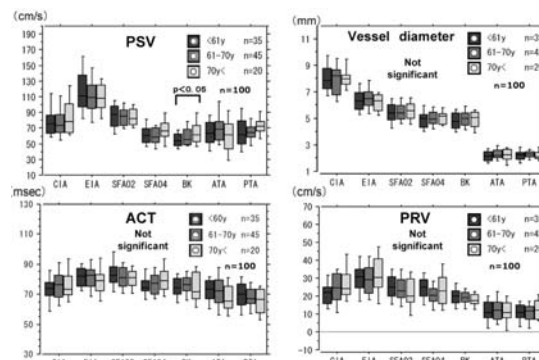


Figure 2 A significant difference was recognized between those less than 60 years old and more than 71 years old in Pabk of PSV. There was no significant difference in vessel diameter, ACT, or PRV.

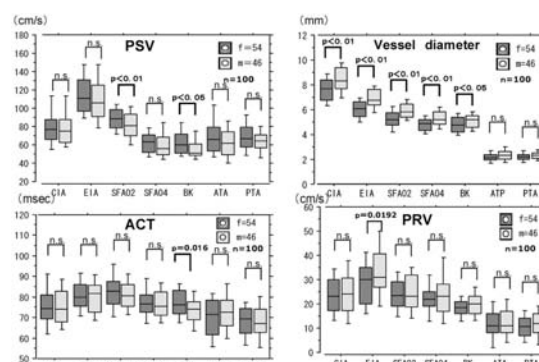


Figure 3 Vessel diameter showed a significant difference between men and women in CIA, EIA, SFA02, SFA04, and Pabk. PSV showed a significant difference between men and women in SFA02 and Pabk. ACT showed a significant difference between men and women in Pabk.

有意差を認めなかった。一部の局所的部位とはPabkにおいて60歳以下の群でPSVが 56 ± 13 cm/secに対し71歳以上の群では 65 ± 18 cm/secで統計学的に有意差が認められた。その差異変化率は15%であった。

3) 測定項目の男女差(Fig. 3)

血管径はCIAからPabkまでは女性に比して男性の方が有意に大きかった。一方, PSV, PRV, ACTでは一部の局所的部位を除いて, 男女間に差を認めなかった。一部の局所的部位とはSFA02とPabkにおいてPSVが女性 89 ± 14 , 63 ± 16 cm/sec, 男性 81 ± 15 , 56 ± 12 cm/secと女性の方が有意に速く(各差異変化率: 9%, 12%), Pabkにおいて

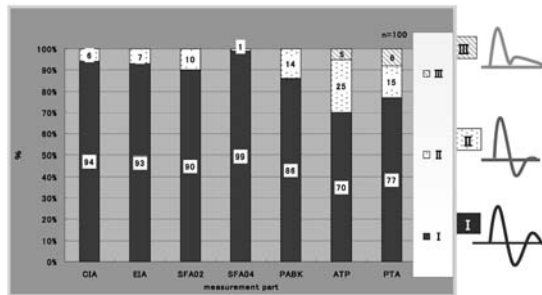


Figure 4 The proportion of the blood flow velocity wave form pattern of each measurement part was mainly triphasic waveform.

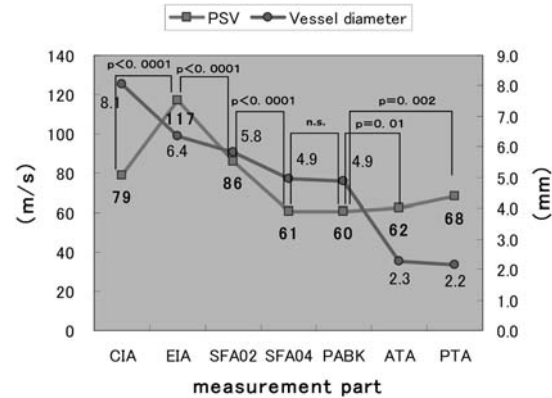


Figure 5 Relation of PSV and vessel diameter in each measurement part.

ACTが女性 77 ± 8 msec, 男性 73 ± 8 msec と女性が高値(差異変化率: 5%)であった。またPRVはEIAにおいて女性 28 ± 10 cm/sec, 男性 34 ± 12 cm/secと男性が高値(差異変化率: 19%)であった。

(2) 各測定部位における血流速波形パターンの出現頻度 (Fig. 4)

各測定部位の血流速波形の割合は収縮期血流成分と拡張期逆流成分および順行性血流成分からなる3相性波(I型), 収縮期血流成分と拡張期逆流成分のみからなる2相性波(II型), 拡張期逆流成分がなく収縮期血流成分と拡張期順行成分のみからなる波形(III型)の3パターンが観察された。CIAからPABkまではI型が85~99%, II型が1~14%に認められたがIII型は出現しなかった。ATAとPTAにおいてはI型が70~75%, II型が15~25%認められCIAからPABkに比べ有意に頻度が増し, III型が5~8%出現した。

(3) 各測定部位における変化

1) 各測定部位におけるPSVと血管径の変化 (Fig. 5)

PSVは測定部位によって有意差をもって変化した。CIAからEIAではCIAの147%に上昇し, EIAからSFA02ではEIAの72%, SFA02からSFA04ではさらにSFA02の70%に減少していた。PABkからATAとPTAまでは僅かに上昇していた。一方, 血管径は中枢側から末梢側に一方的に細くなっていた。CIAからEIAではCIAの79%, EIAからPABkではEIAの76%に細くなった後, PABkからATAならびにPTAではPABk45%に細くなっていた。

2) 各測定部位におけるACTとPRVの変化

ACTはEIAからSFA02の部位でピークを示し, 次第に低下した。その範囲は69msecから82msecであり, 100msec以下であった。PRVはSFA02とSFA04の間では有意な差はみられなかったが, 大腿動脈から下腿動脈にいくに従いPRVも減少する傾向がみられた。

(4) 各測定部位における下肢動脈の基準値 (Table 1)

各測定部位における下肢動脈の基準値を作成した。血管径はCIAからPABkまで有意な男女差を認めた。

考 察

健常な高齢者における超音波duplexの各測定項目の基準値を知るにあたり下肢の左右, 年齢, 性別について差異があるか否かは重要な要素である。特に, 動脈硬化症が好発する年齢層においては差異の有無について検討しておく必要がある。本研究からPSV, PRV, ACTは左右差を認めず, 年齢, 性別においても局所的な例外を除いて差を認めなかった。このことは高齢者の基準値を作成するにあたって年齢を含めて, 左右差, 性別を考慮する必要がないことを示している。

若年者との関係については欧米で正常値の基礎とされている10名の22歳から46歳の若い健康人を対象としたHatsukamiら⁵⁾の報告とPSVについて比較すると本研究データより値が小さい傾向がある。人種間の差, 若年者と高齢者との差によるのかもしれない。

また, 局所的例外として年齢差においてはPABkに

Table 1 Standard value (mean $\pm$ 2SD) of PSV, ACT, PRV and vessel diameter in lower extremity arteries

	PSV (cm/s)	ACT (msec)	PRV (cm/s)	Diameter (M) (mm)	Diameter (F) (mm)
Common iliac artery	78 $\pm$ 38	76 $\pm$ 20	23 $\pm$ 16	8.4 $\pm$ 2.2	7.6 $\pm$ 2.2
External iliac artery	115 $\pm$ 51	81 $\pm$ 17	30 $\pm$ 19	6.9 $\pm$ 1.7	6.0 $\pm$ 1.6
Superficial femoral artery Proximal (SFA02)	85 $\pm$ 31	82 $\pm$ 18	23 $\pm$ 15	5.9 $\pm$ 1.5	5.2 $\pm$ 1.5
Superficial femoral artery Distal (SFA04)	60 $\pm$ 27	77 $\pm$ 19	22 $\pm$ 13	5.3 $\pm$ 1.5	4.8 $\pm$ 1.3
Popliteal artery (below knee)	59 $\pm$ 26	76 $\pm$ 17	19 $\pm$ 10	5.1 $\pm$ 1.4	4.8 $\pm$ 1.4
Anterior tibial artery	65 $\pm$ 37	72 $\pm$ 21	12 $\pm$ 13	2.4 $\pm$ 1.3	2.2 $\pm$ 0.8
Posterior tibial artery	66 $\pm$ 33	69 $\pm$ 20	11 $\pm$ 10	2.3 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 0.7

PSVが、性別においては測定部位EIA, SFA02, PAbkにPSV及びACTが有意差を認めた。これらの差異は5%から19%であり、臨床的には大きな意味がないと考えているものの、場合によっては考慮されるべき相違であるかもしれない。

臨床における狭窄の診断など多くの研究^{1, 2)}ではPSVと血流速波形が重要視されている。Zierlerら⁴⁾は、狭窄病変が軽度から高度になるに従い血流速波形は3相性の波形のPSVが高値となり、reverse flowすなわちPRVは次第に減少し、狭窄部位の末梢側はPRVが消失しPSVが減弱した単相性の波形となるとしている。

測定部位区間におけるPSV, PRV, ACTを比較すると、PSVが最も大きな影響を受けCIAからEIAの間では上昇し、EIAとSFA02の間、SFA02とSFA04間では低下していた。隣り合った区間とは28%から47%の相違がみられた。これは欧米での研究^{4, 5)}とほぼ同じであり、臨床的な異常病変の診断には測定部位が血流速波形に及ぼす大きな要因として考慮されるべきである。

またACTについては、Shaanら¹⁾は単相性の波形の場合はACTの延長を認めるとしている。本研究においてACTは測定部位によってほとんど変化しなかった。狭窄病変のない健常者の下肢動脈では測定部位に影響を受けない一定の標準値があることを示している。健常者の場合、ACTは一般的に120msec⁷⁾以下との報告もあるが本研究ではどの測定部位でも100msec以下であった。

健常な下肢動脈における血流速波形パターンは3相性とされてきた⁴⁻⁶⁾。特に逆流相(PRV)の存在が正常波形と異常波形との区別に重要であるとされている。Hatsukamiら⁵⁾は健常者においてCIAよりATAおよびPTA

まで逆流相がみられなかったのは下腿動脈末梢のみであり、30区域中の4区域のみ(13%)であった。本研究で逆流相がみられなかったのは下腿動脈末梢の5~8%であり、ほぼ同じ結果であった。

下肢動脈血流速波形は血管径と主幹動脈からの分枝動脈血流に大きく影響されているとの考えから、血管径が変化するCIAから足関節部脛骨動脈までのうち、内腸骨動脈、深大腿動脈、内転筋管付近で分岐する下行膝動脈などの動脈分枝、膝下動脈より分岐する腓脛筋動脈などの分枝動脈を考慮して14区域を設定した。そのうえでPSVと血管径の推移を比較すると、PSVはCIAからEIAにかけて血管径が小さくなるに従い、血流速度の上昇がみられたが、EIAからSFA, PAbkまでは血管径が減少するにもかかわらずPSVは低下していた。CIAからEIAまでは内腸骨動脈の血流量よりも血管径の変化により大きな影響を受け、CFAからSFAにかけては血管径の狭小化によるよりも深大腿動脈、内転筋管付近の多数の分枝の血流量の影響を受けていると考えられる。

局所的例外として年齢においてはPAbkにPSVが、性別においてはEIA, SFA02, PAbkにPSVやACTが有意差をもって相違していた。このことについて血管径は明らかに男性が女性に比して大きかったことと関連性があるものの、血管径のみではなく、分枝の血流量を考慮することが必須のことであり、今回の検討からはこれらの相違の原因を特定することができなかった。

以上の検討から血流速度および血流速波形は測定部位による血管径、分枝の数などに大きく影響されると思われる。しかし、実際の臨床で高齢者においても左右差、年齢、性別を考慮する必要がないことを示す一方、

測定する部位におけるPSVの増減に注意を払う必要があることを示している。下腿動脈末梢を除くCIAよりPAbkまでは健常な血流速度波形パターンは、3 相性あるいは2 相性の逆流波形(PRV)を形成していること、そしてACTが100msec以内であることを知っておくことが重要であると考えられた。

結 論

下肢動脈血流速度はEIAにおいて最大となりSFA, PAbkまで次第に低下し、PAbkからATAとPTAまではほぼ一定であることがわかった。また男女の血管径およびPSVにおいて差を認めたが、左右、年齢による大きな差はなく、今回作成した基準値を幅広く高齢者においても適用できると思われる。健常者の血流速度波形は主に3 相性波を形成し、一部に2 相性波もみられた。

文 献

1) Shaalan WE, French-Sherry E, Castilla M et al: Reliability

of common femoral artery hemodynamics in assessing the severity of aortoiliac inflow disease. *J Vasc Surg*, 2003, **37**: 960–969.

2) Johnson BL, Bandyk DF, Back MR et al: Intraoperative duplex monitoring of infrainguinal vein bypass procedures. *J Vasc Surg*, 2000, **31**: 678–690.

3) Hatsukami TS, Primozich JF, Zierler RE et al: Color Doppler imaging of infrainguinal arterial occlusive disease. *J Vasc Surg*, 1992, **16**: 527–533.

4) Zierler RE, Zierler BK: Duplex sonography of lower extremity arteries. *Semin Ultrasound CT MR*, 1997, **18**: 39–56.

5) Hatsukami TS, Primozich J, Zierler RE et al: Color Doppler characteristics in normal lower extremity arteries *Ultrasound Med Biol*, 1992, **18**: 167–171.

6) 平井都始子, 吉川公彦, 田仲三世子 他: 超音波検査による骨盤・下肢閉塞性動脈疾患の診断—特にPTA術前診断と効果判定. *脈管学*, 1993, **33**: 27–32.

7) 平井都始子, 東浦 渉, 坂口昇二 他: 下肢動脈疾患の超音波検査—最近の進歩と現状. *脈管学*, 2004, **44**: 727–734.

Basic Examination of Blood Flow Waveform of Duplex Ultrasonography in Normal Lower Extremity Arteries

Nobuyuki Shimizu,¹ Hisao Sasaki,² Kenji Suzuki,¹ and Atsuhiko Kawashima¹

¹Department of Clinical Laboratory, National Hospital Organization Kanazawa Medical Center, Ishikawa, Japan

²Department of Clinical Research Center, National Hospital Organization Kanazawa Medical Center, Ishikawa, Japan

Key words: duplex ultrasonography, blood flow waveform, peak systolic velocity, lower extremity arteries, peak reverse velocity

The purpose of this study was to determine the normal characteristics of the lower extremity arteries and create standard data sets for healthy, aging Japanese people. One hundred healthy persons (average age, 64 yr.) who did not have any history of peripheral arterial occlusive disease, or any cardiac disease were examined with color Doppler ultrasonography (SSA340A) (Toshiba, Tokyo, Japan) to measure peak systolic velocity (PSV), peak reverse velocity (PRV), acceleration time (ACT), and vessel diameter at the common iliac artery, external iliac artery, superficial femoral artery, popliteal artery, and tibial artery. The differences were evaluated between right and left arteries, male and female, and groups of different ages. Moreover, the blood flow velocity waveform pattern of each artery was investigated. There was no significant difference between right and left arteries, ages, or sex in PSV, PRV, and ACT. The blood flow velocity waveform pattern mainly showed a triphasic flow wave. The data of PSV, PRV, and ACT reached a peak at the external iliac artery, and gradually leveled down to the peripheral portion of the lower thigh artery. The vessel diameter of women was slightly narrower than that of men.

(*J Jpn Coll Angiol*, 2008, **48**: 307–311)

Online publication December 26, 2008