

原 著

指尖速度脈波波形と末梢動脈血流動態との関係

宮地元彦 米谷正造 木村一彦 小野寺昇

川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(平成4年3月26日受理)

The Relationship between the Finger Plethysmogram and the Profile
of Peripheral Arterial Blood Flow

**Motohiko MIYACHI, Shozo YONETANI, Kazuhiko KIMURA
and Sho ONODERA**

Department of Health and Sports Sciences

Faculty of Medical Professions

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-01, Japan

(Accepted Mar. 26, 1992)

Key words : velocity plethysmogram, radial arterial tachogram, peripheral circulation

Abstract

The purpose of the present study was to investigate whether the finger plethysmogram (pulse wave) reflects the profile of peripheral arterial blood flow. Six healthy male subjects volunteered to participate in the present study. The velocity plethysmogram and radial arterial tachogram at rest were measured by the photoelectric plethysmography and the Bi-directional Doppler method, respectively. We analyzed quantitatively their characteristics of frequency and amplitude, and compared the velocity plethysmogram to the radial arterial tachogram. The velocity plethysmograms of all subjects corresponded to the radial arterial tachograms in both frequency and amplitude. The result suggests that the finger plethysmogram (pulse wave) reflects the profile of peripheral arterial blood flow. We consider that the finger plethysmography should be an effective method to assess the peripheral circulation.

要 約

本研究の目的は、指尖脈波が末梢動脈血流動態を反映しているかどうかを調べることであ

った。6名の健康な男子被検者が本研究に参加した。速度脈波波形を光電式脈波法で、橈骨動脈血流速度波形を双方向超音波ドップラー法で測定した。それらの周波数特性と振幅特性を定量的に解析し、速度脈波と骨動脈血流速度波形とを比較した。全ての被検者の速度脈波波形は、周波数、振幅特性ともに、橈骨動脈速度波形とよく一致した。この結果は指尖脈波が末梢動脈血流動態を反映していることを示唆している。指尖脈波の測定が末梢循環を評価する指標として有効であると我々は推測する。

緒 言

プレチスモグラフィによる容積脈波波形は末梢部位の細動脈に流入する血液量の変化に伴う血管容積の変化を捕えたものなので、末梢の血液量あるいは血管の伸縮性といった末梢循環動態を反映すると推測されている^{1,2)}。このような推測をもとに、容積脈波波形を用いて末梢循環の状態を知ろうという試みが多く行われてきた。容積脈波波形はその個人差や特徴を定性的あるいは定量的に捕えることが困難であるという理由から、容積脈波波形を微分あるいは2回微分することによって速度脈波波形や加速度脈波波形として観察し、脈波波形を定性化、定量化したという報告が多い^{1,3~9)}。特に加速度脈波は多くの研究者らによって末梢循環機能の評価に用いられており、血圧や疾病あるいは年齢との関係がかなり明らかにされている。また、身体運動やトレーニングに伴う脈波形の変化もすでに検討されている^{1,10)}。高血圧の中年被検者に一過性の持久的運動を行なわせた前後に加速度脈波を測定した結果、運動前には中高年者特有の脈波形を示したが、運動後には20歳代に多く見られる脈波形を示し、さらに長期間の持久的身体トレーニングの結果、脈波形が改善されたと報告されている。これらの結果から、持久的運動が抹消血流状態の変化、改善をもたらすことが推測された。

しかし、実際に脈波波形が末梢の血液量あるいは血管の伸縮性といった末梢血循環動態を反映しているか否かについては、十分な生理学的、基礎的な研究がなされていない。上述の先行研究^{1~10)}に加えて、脈波波形が末梢血流動態を反映していることの生理学的な裏付けがなされれば、脈波を健康の度合いや運動処方の効果を知るための末梢循環の指標として用いることができる

と考えられる。

そこで本研究では、脈波と同時に末梢動脈の血流動態を測定し、それらを比較することにより、脈波から得られる情報が末梢循環を評価する生理学的指標として妥当であるか否かを明らかにすることを目的とした。

方 法

呼吸循環器系に疾患がなく、定期的に身体活動を行なっている健康男子6名を被検者とした(年齢18歳~48歳、身長162cm~173cm、体重56kg~78kg)。被検者は実験の目的や方法について説明を受け、任意で実験に参加した。

速度脈波は、測定部位の動脈に流入する血液容積の変化を光電透過式容積脈波計(松下産業機器、試作品)を用いて測定し、得られた容積脈波を10msecの時定数で1回微分して測定した。上腕動脈血流速度は超音波ドップラー血流計(林電気、HD-2200)で測定した。心臓の高さに挙上した右手第2指指尖部に脈波計のプロープを取付け速度脈波を測定し、同様に心臓の高さに挙上した右上腕の橈骨動脈上に超音波ドップラー血流計のプロープを血管に対し約60度の角度であてて上腕動脈血流速度を測定した。超音波ドップラー法による血流速度あるいは血流量測定の妥当性はすでにいくつかの先行研究によって証明されており、臨床での応用も進んでいる^{11,12)}。

被検者を座位にて5分間の安静を保った後、速度脈波波形と動脈血流速度波形をそれぞれ3脈拍分ずつ記録した。両波形を同時にペンシロスコープ(日本電気三栄、8K-21-L8)で記録し、比較した。測定中は被検者の体動をできるだけ抑えた。

指尖速度脈波波形、上腕動脈血流速度波形の定量方法を図1に示した。両波形の特徴を波の

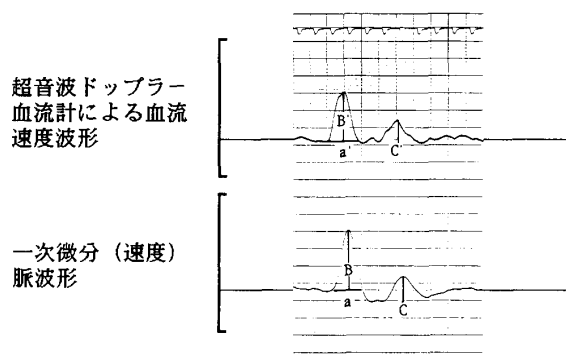


図1 速度脈波，血流速度波形の定量方法
 指尖速度脈波波形，上腕動脈血流速度波形には主に2つの波（第一波，重複波）が観察される。波形定量のために，第一波の始まりから終わりまでの時間（第一波収束時間：aとa'）と，重複波高と第一波高の比（波高比：C/BとC'/B'）を測定した。

周波数因子と振幅因子からそれぞれ定量した。指尖速度脈波波形，上腕動脈血流速度波形には主に2つの波（第一波，重複波）が観察される。本研究では波形の定量をするために，周波数因子の指標として第一波の始まりから終わりまでの時間（第一波収束時間：図1のa）と，振幅因子の指標として重複波高と第一波高の比（波高比：図1のC/B）を測定した。以上2つの指標を指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形とで比較し，指尖で観察される脈波が末梢血流の動態を反映しているか否かを検討した。

結果と考察

図2に18歳と48歳の被検者の指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形を示した。18歳と48歳の被検者の波形は全く異なるが，指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形は類似していることが視覚的に認められる。

図3は指尖速度脈波波形の第一波収束時間と上腕動脈血流速度波形の第一波収束時間の関係を示したものである。2者間には有意で密接な相関が観察された（ $r=0.92$ ， $p<0.001$ ）。この結果は，波の周波数成分で定量した場合，指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形がよく類似していることを示している。図3中の全ての点がIDラインの右下方に位置した。すなわち測定した全ての波形で，指尖速度脈波波形の

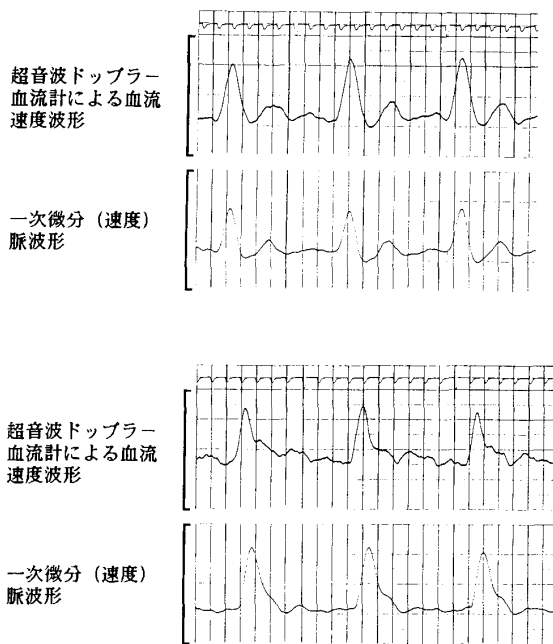


図2 2名の被検者の指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形
 上段は18歳の被検者の結果，下段は48歳の被検者の結果を示す。横軸は一目盛りが0.1秒。18歳と48歳の被検者の波形は全く異なるが，指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形は類似していることが視覚的に認められる。

収束時間の方が上腕動脈血流速度波形の収束時間よりも短かった。これは脈波計の微分装置での時定数などの測定機器上の問題が関係していると推測される¹³⁾。図4は指尖速度脈波波形の波高比と上腕動脈血流速度波形の波高比との関係を示したものである。2者間には相関係数0.84で有意な相関が観察された。この結果は，波の振幅成分で比較した場合も，指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形が類似していることを示している。これらの結果から指尖速度脈波波形は指尖に流入する動脈血流速度の速度をよく反映していることが定量的に明らかにされた。

本実験の結果から，速度脈波波形から得られた指標は末梢循環の状態を反映した指標である可能性が高いといえる。しかし，脈波波形を用いて末梢血流状態を評価する指標を作成する際には，脈波波形のどの部分が生理的に何を意味し，何を反映しているのかを明らかにする必要がある。本実験で用いた速度脈波波形と動脈血流速度波形は大きく2つの波からできている。

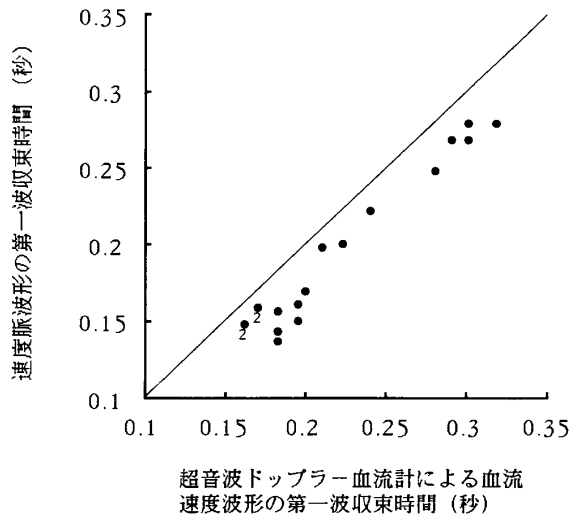


図3 指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形の第一波収束時間の関係
 図中の斜線はIDライン ($Y = X$)。指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形の第一波収束時間の間には有意で密接な相関が観察された ($r = 0.92$, $p < 0.001$)。この結果は、波の周波数成分で定量した場合、指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形がよく類似していることを示している。図中の全ての点がIDラインに右下方に位置した。すなわち測定した全ての波形で指尖速度脈波波形の収束時間の方が上腕動脈血流速度波形の収束時間よりも短かった。

1つ目の波(第一波)は心室の収縮によって直接駆出された血流によるもので、2つ目の波(重複波)は大動脈弁が閉じた後にも大動脈壁等の弾性反動によって末梢に送られる血流によって起こるものである¹⁴⁾ことはすでに知られている。しかし、脈波計では血流計のように血流速度や血流量が定量できるわけではないので、脈波の形を定量するしか方法はないようである。したがって、脈波波形から末梢血流状態を評価する指標を得るには、波形の分析方法を含めて、さ

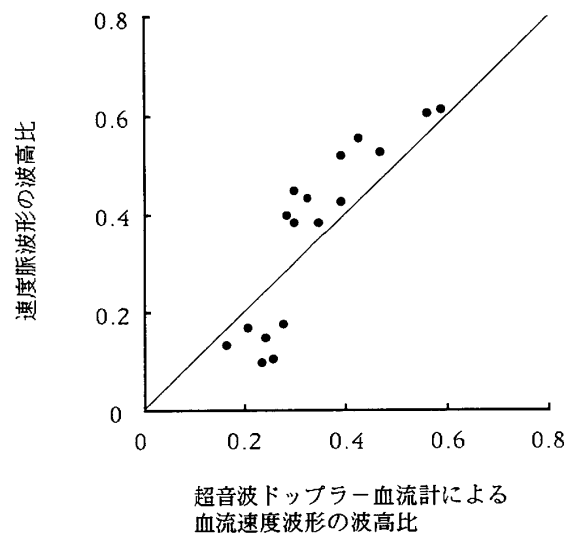


図4 指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形の波高比の関係
 図中の斜線はIDライン ($Y = X$)。指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形の波高比の間には相関係数0.84で有意な相関が観察された。この結果は、波の振幅成分で比較した場合、指尖速度脈波波形と上腕動脈血流速度波形が類似していることを示している。

らに多くの研究が必要であろう。

指尖脈波の波形は年齢によってその特徴が異なったり、身体トレーニングによって変化したりすることが先行研究で示されている。このことから、いくらかの研究者達によって、脈波が末梢の血液循環状態を評価する指標として有効であると考えられてきた。ただしそれを裏付ける生理学的な根拠は乏しかった。本研究の結果は速度脈波がその人の末梢動脈の血流速度プロフィールを良く反映していることを明らかにし、脈波から得られる情報が末梢循環を評価する生理的な指標として妥当である可能性を示した。

引用文献

- 1) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博 (1985) 加速度脈波による血液循環の評価とその応用, 労働科学, **61**, 129—143.
- 2) 吉村正治 (1977) 脈波判読の実際 (第5版), 中外医学社, 東京.
- 3) 小沢楨治 (1973) 波高比も指尖容積脈波のパターン認識における微分脈波の意義, 現代医療, **6**, 845—856.
- 4) 小沢楨治 (1976) 微分容積脈波の定量化と非観血的手法による心機能諸指標との相関, 現代医療, **8**, 1388—1396.

- 5) 小沢禎治 (1978) 指尖容積脈波の二次微分波 (加速度脈波) のパターンと非観血的心機能計測値 (STI) との相関ならびに Preloading の影響, 脈波, **8**, 22-35.
- 6) 佐野裕司, 片岡幸雄, 生山 匡, 和田光明, 今野廣隆, 川村協平, 渡辺 剛, 西田明子, 小山内博 (1988) 加速度脈波による血液循環の評側とその応用 (第2報) - 波形の定量化の試み -, 体力研究, **68**, 17-25.
- 7) 関 博人 (1987) 加速度脈波について - 第一報, 日本女子衛生短期大学紀要, **7**, 13-22.
- 8) 関 博人 (1988) 加速度脈波について - 第二報, 日本女子衛生短期大学紀要, **8**, 1-7.
- 9) 西尾 豊 (1973) 指尖容積脈波の微分波形について, 脈波, **3**, 127-130.
- 10) 宮地元彦, 米谷正造, 木村一彦, 小野寺昇 (1991) 運動負荷が指尖脈波波形に及ぼす影響, 川崎医療福祉学会誌, **1**, 101-105.
- 11) 中島真人, 渡辺 決 (1984) 臨床超音波シリーズ9, 新しい超音波診断技術, 南江堂, 86-116.
- 12) Bougner, D. R. (1982) Assesment of aortic insufficiency by trancutaneous Doppler Ultrasound. Circulation, **32**, 874-879.
- 13) 鈴木明裕, 山川和樹, 藤沼秀光, 須藤秀明, 小川研一 (1990) 弾性動脈の伸展度 (Distensivity) と, 加速度脈波との関係についての検討 - 完全房室ブロック患者の VVI ペーシング時の特徴的術環動態を用いて -, 日本臨床生理学会雑誌, **20**, 113-123.
- 14) 松田幸次郎, 市岡正道, 星 猛, 林 秀生, 菅野富夫, 中村嘉男, 佐藤昭夫 (1990) 医科生理学展望 (原書14版), 丸善株式会社, 東京, pp 529-549.