

# 動脈脈波速度の運動負荷応答を利用した 血管内皮機能評価法の開発

独立行政法人 菅原 順  
産業技術総合研究所

## Evaluation of Endothelial Function with Exercise-related Change in Pulse Wave Velocity

by

Jun Sugawara

*Institute for Human Science and Biomedical Engineering,  
the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)*

### ABSTRACT

There is an increasing recognition that pulse wave velocity (PWV), an index of arterial stiffness, changes transiently via alteration of vascular smooth muscular tone. The aim of this study was to determine whether acute change in leg PWV after a low-intensity exercise bout reflects endothelial function. Apparent healthy 6 young ( $21 \pm 1$  years) and 10 older ( $69 \pm 3$  years) adults male subjects were studied. Each subject was measured both leg PWV before and after a low-intensity single-leg pedaling exercise (20 watt, 5 min). Young subjects demonstrated a significant reduction in the exercised leg PWV ( $-8.0\%$ ), whereas the non-exercised leg PWV did not change significantly ( $+2.2\%$ ). These results suggest that the decrease in PWV in the exercised leg was induced mainly by exercise-related regional factors (e.g., endothelium-derived vasoactive substance). In older subjects, on the other hand, no significant changes in PWV were observed either in the exercised leg or the non-exercised leg. These results might indicate the aging-related impairment of endothelial function. Together, response of leg PWV to the single-leg pedaling might be a screening tool of endothelial dysfunction. In young subjects, however, responses of leg PWV to the single-leg pedaling did not change significantly after 8 weeks

of endurance exercise training intervention. Further study to determine the sensitivity of this index is warranted.

## 要 旨

動脈脈波速度 (Pulse wave velocity: PWV) は臨床領域で普及している動脈スティフネスの指標であるが、血管平滑筋の制御を受けダイナミックに変化することが明らかにされている。本研究では、低強度運動に対する PWV の応答が血管内皮機能の指標になり得るかどうかを検討した。明らかな心血管径疾患を有さない若年男性6名 (21 ± 1歳) および中高年男性10名 (69 ± 3歳) を対象に、両下肢 PWV を低強度片脚ペダリング運動 (20 watt, 5分間) の前後で測定した。若年者では、運動後、運動脚 PWV が有意に低下し (-8.0%), 非運動脚 PWV に有意な変化は認められなかった (+2.2%)。それゆえ、血流変化に伴う血管内皮細胞由来の血管拡張物質の産生増大が関与していると考えられる。一方、中高年者では運動脚、非運動脚とも PWV に有意な変化は認められなかった。これらの結果は、下肢動脈における血管内皮機能の低下を反映しているのかもしれない。以上の結果を踏まえると、運動に伴う下肢 PWV の応答を評価する事で血管内皮機能低下の有無を判別することが出来るかもしれない。ただし、若年者のこの応答は持久性運動トレーニング前後で変化しなかったことから、今後、本法の測定精度についての更なる検討が必要と思われる。

## 緒 言

血管内皮機能は、血管作動性物質を放出して血管平滑筋の緊張性を調整し、血流調節に寄与するとともに、血管平滑筋細胞の分化抑制、炎症抑制、血栓生成抑制などに寄与する<sup>1-3)</sup>。しかし、この機能は加齢とともに低下し<sup>4, 5)</sup>、アテローム性動

脈硬化症を引き起こし、ひいては心筋梗塞、脳卒中、末梢動脈疾患 (peripheral arterial disease) へとつながる<sup>1-3)</sup>。それゆえ、心血管系疾患の一次予防として、近年、血管内皮機能低下の早期発見が重要視されている。

現在、血管内皮機能の有用な評価法として認知されているのが、血流依存性血管拡張応答 (Flow-mediated vasodilation: FMD) である<sup>3, 6)</sup>。通常、FMD法では、安静時 (ベースライン) の上腕動脈内径を測定した後、5分間、血圧測定用カフを用いて前腕の血流を遮断する。5分後に駆血を開放し、その後に見られる最大血管拡張応答から血管内皮機能を評価する。この方法では、血流が再冠流することでシェアストレスが増し、一酸化窒素<sup>7)</sup>、プロスタサイクリン<sup>8)</sup>、血管内皮由来過分極因子 (endothelium-derived hyperpolarizing factor EDHF)<sup>9)</sup> などの血管拡張物質が産生される事で、血管径が拡張すると考えられている。通常、血管径は超音波エコー装置を用いて測定するが、適切な評価には測定者の熟練した超音波画像の測定技術が不可欠である。被験者のわずかな動きによって画像に乱れが生じる場合も少なくない。加えて、画像解析にもかなりの時間を要するという問題点を抱えている。このような現状を考えると、超音波エコー法による FMD 測定に代わる簡便かつ高精度な血管内皮機能評価法の開発が必要といえる。

動脈脈波速度 (Pulse wave velocity: PWV) は、動脈上の離れた2点間における中枢側から末梢側への脈波の伝播時間とその間の距離から計算される指標で、動脈壁硬化度 (スティフネス) が高いほどその速度は速くなる<sup>10, 11)</sup>。測定が非常に簡便であり、臨床領域で最も普及している動脈ステ

イフネスの指標である。近年ではPWVが急性のメンタルストレス<sup>12)</sup>、カフェイン摂取<sup>13, 14)</sup>、喫煙<sup>14)</sup>、一過性運動<sup>15, 16)</sup>などによって短時間で変化する事から、動脈壁の硬化度のみならず、血管平滑筋の緊張性（トーンズ）も反映していると考えられるようになっている。

そこで本研究では、まず通常行われている5分間の前腕血流遮断および血流開放に伴う血管拡張応答をPWVによって評価し得るかどうかを検証した。次いで、血流遮断—開放による充血を運動性充血に置き換え、低強度運動に対するPWVの応答が血管内皮機能の指標になり得るかどうかを検討した。前者では上肢PWVを、後者では下肢PWVを対象として、検証を進める事とした。