

超音波検査法(Tissue Strain Imaging)を用いた 下肢動脈硬化性病変の早期発見

清水 将之¹ 児玉 篤彦² 井上 恭子² 田口 孝典² 五十嵐 勉²

要 旨：超音波検査において，下肢動脈壁拍動下の動態をカラー断層像として観察可能なtissue strain imaging(TSI)を応用開発した。動脈硬化のリスクを有する例の下肢動脈壁では，TSIにより有意にstrain値の低下などが観察された。末梢動脈における本法は，国内外で初めての試みであり，デバイスの改良により，将来，脳，心血管系の硬化性病変の病態進行や治療指針の評価として応用可能と思われた。(J Jpn Coll Angiol, 2006, 46: 531-535)

Key words: arteriosclerosis, ultrasound, tissue strain imaging

はじめに

末梢血管領域における超音波検査の進歩は著しく，血管の形態はもちろん，血流波形，流速などを瞬時に，かつ無侵襲に測定することが可能である。今回，最新の超音波検査機能の一つとしてtissue strain imaging(TSI, Fig. 1)を応用開発し，健常者と動脈硬化症例の総大腿動脈における“血管壁のイメージング”を比較し，その研究成果を報告する。

対象および方法

2004年9月から2005年10月までに下肢の冷感やしびれ感を主訴として当院外来を受診し，form PWV/ABI®(コーリンメディカルテクノロジー社製)を施行した症例は482例である。うち高血圧，糖尿病，高脂血症の動脈硬化危険因子を合併し，form PWV/ABI®にてPWV(pulse wave velocity)高値(1600cm/s以上)，UT(upstroke time)延長(160ms以上)，ABPI(ankle brachial pressure index)が0.9から1.1である閉塞性動脈硬化症(arteriosclerosis obliterans: ASO)の前予備群(pre-ASO群)231例を対象とし，健常者(control群)11例と比較した。またpre-ASO群のうち，動脈硬化危険因子として高血圧，糖尿病，高脂血症のいずれか一つを有するものを単独群

(124例)，2つ以上を有するものを複合群(107例)とした。

使用機種はTOSHIBA社製超音波診断装置(Aplio 80™)，探触子は5MHzセクタプローブを用いた。測定部位は総大腿動脈の短軸，長軸面で，壁局所のstrain(ひずみ, Fig. 2)，time to peak index(TPI, Fig. 3)を測定した。TPIは，心電図上のR波から血管壁のvelocityがピークに達するまでの時間(Fig. 3における黄色の矢印)をR-R時間で除した値である。

結 果

control群と比較し，pre-ASO群では有意にstrain値の減少(Fig. 4)とTPIの低下を認めた(Fig. 5)。さらにpre-ASO群における危険因子複合群は単独群と比較し，有意にTPIの低下を認めた(Fig. 6)。

考 察

“動脈硬化”の硬化性病変に対する検査法は，CT，MRI，超音波検査，血管造影などがあり，各検査法の進歩は著しい勢いである。有効な検査法の組み合わせにより，大血管の形状，石灰化の有無などはもちろん，径数mmの血管の描出も可能となり，血行再建術やIVRなどの治療選択的確に，かつ短時間に行われるようになった。

末梢血管領域における無侵襲検査法において，頸動

¹清水クリニック

²東芝メディカルシステムズ株式会社

2006年7月31日受理

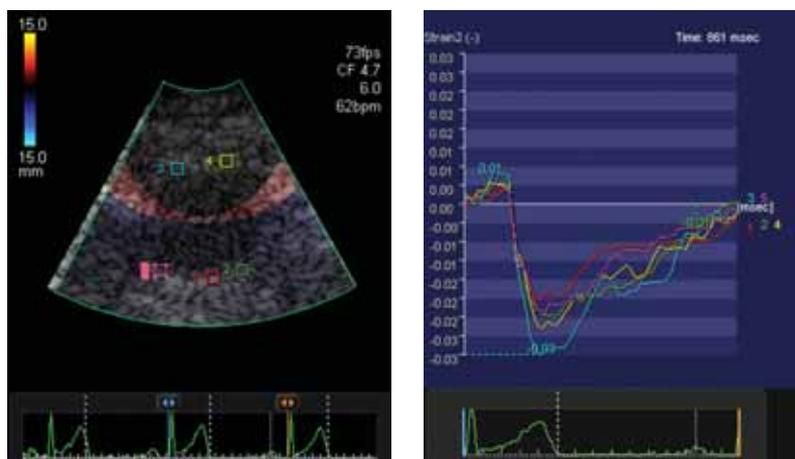


Figure 1 TSI.
A: Right common femoral artery (transverse).
B: TSI (showed in five points).

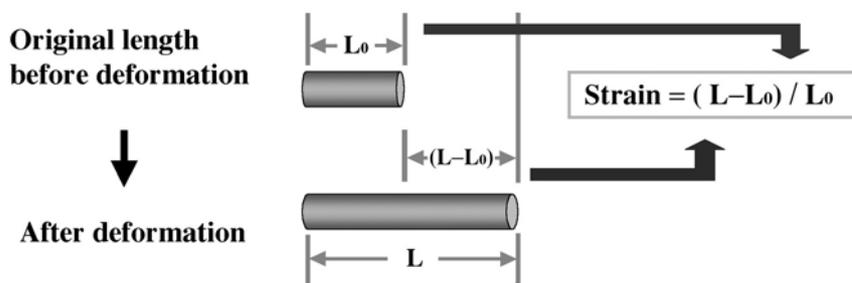


Figure 2 Strain.

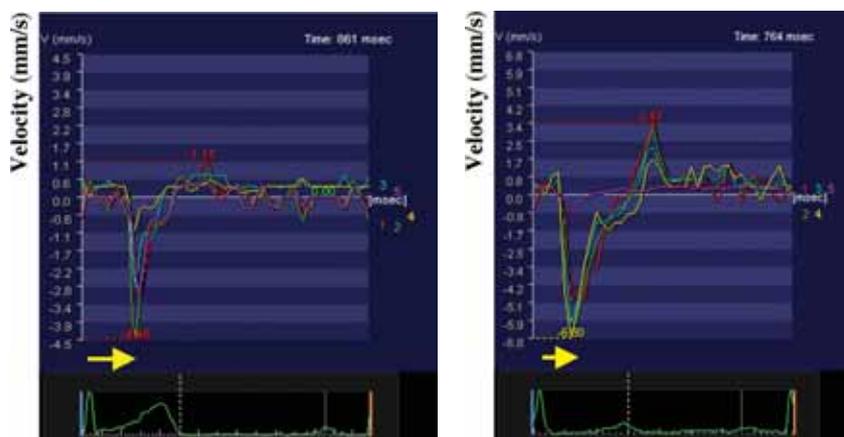


Figure 3 TPI.
A: Control (healthy male).
B: Diabetic patient.

脈の超音波検査ではプラークの検出，質的診断により脳血管疾患発症¹⁾や内中膜肥厚(intima-media thickness: IMT)の性状から，将来の心血管疾患発病の予測が可能^{2,3)}としている。また頸動脈病変と危険因子合併さらに臓器循環障害をもたらす，いわゆる“ carotid family ”の

重要性を説き⁴⁾，単に頸動脈局所の硬化性病変にかぎらず，動脈硬化が全身に及ぼす影響について言及する報告が相次いでいる。

下肢閉塞性動脈硬化症(ASO)などの無侵襲診断検査として，form PWV/ABI[®]によるASOと他の疾患との合

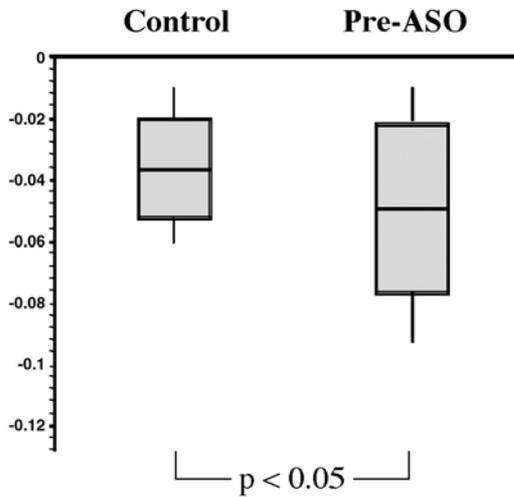


Figure 4 Strain.
Relationship between control group and pre-ASO.

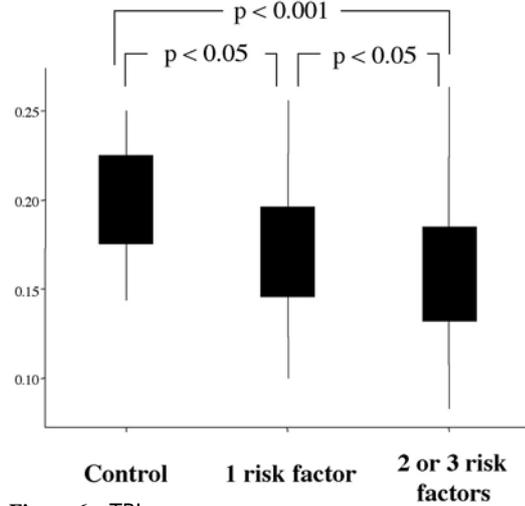


Figure 6 TPI.
Relationship between pre-ASO with one risk factor and pre-ASO with 2 or 3 risk factors.

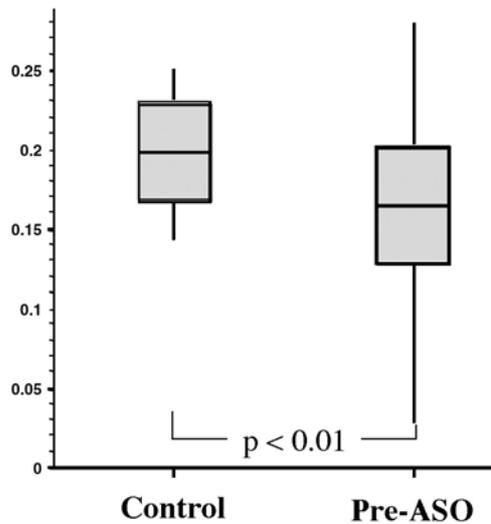


Figure 5 TPI.
Relationship between control group and pre-ASO.

併率評価⁵⁾を、また超音波検査の有用性については、血管外科領域では自家静脈バイパス術⁶⁾やIVR術前後はもちろん、術中評価にも超音波検査が応用^{7,8)}されている。さらにASOにおける脳、心血管疾患の合併率や生命予後も詳細に報告されている^{9,10)}。

今回のわれわれの研究は、動脈硬化 = 炎症・修復という病理学的見地からみた動脈硬化薬による“血管壁の質”¹¹⁾を超音波検査により観察したものである。すなわ

ち血管壁の性状を超音波検査で“イメージ”し、大腿動脈壁から見た全身の動脈硬化の評価に、また将来的に動脈硬化の早期診断に寄与しうるかを検討した。

超音波検査による心臓領域での心機能評価、とくに壁局所の組織ドプラーイメージング (tissue Doppler imaging: TDI) の研究については多くの報告があり¹²⁻¹⁴⁾、虚血性心疾患の診断や最近では心筋ストレインの定量評価などが可能となってきた。このTDIのデータをもとに、局所壁などのひずみ (strain) を定量化し、また画像化したものがTSIである。特に、本研究で使用した超音波診断装置のTSIには、仮想収縮中心への角度補正により短軸断面層像での評価に優れているという特長がある。今回の研究は、このTSIの技術をさらに末梢血管領域 (大腿動脈) に応用開発したもので、国内外初の試みである。

今回の研究では、健常者 (control群) と早期の閉塞性動脈硬化症 (pre-ASO群) 症例の血管壁厚が数mmの総大腿動脈を観察した。control群に比べ、pre-ASO群では、strain値は小さくなる (Fig. 4)。すなわち硬化性病変により、血管壁の弾力性が低下することが、数値で、かつ映像による“イメージ”で観察された。また、TP (Fig. 5) すなわち局所壁速度の最大速度までの到達時間 / R-R時間は、リスクの増加に比例して低下した (Fig. 6)。すなわち血圧という圧力が血管壁に加わる際、収縮期血圧時における大腿動脈壁拡張時の反応性

の低下により、結果的に最大速度に至るまでの時間が短くなる、と推察された。

今後は、測定対象部位を大腿動脈と頸動脈の両部位で行うことで、より全身の硬化性病変の情報を得ることが可能であろう。また測定機器の面では、対象となる血管壁の厚さが数mmであることから、さらに詳細な動脈壁の形態学的変化を知るための高精度プローブ、データサンプルの解析能の向上、ソフトの開発が急務である。

おわりに

急速な進歩がみられる血管超音波検査法のうち、血管の「量」のみならず「質」を診断するTSIは、動脈硬化の研究分野で、今後、強力な画像診断法となりうる。さらなるデバイスの改良により、将来、動脈硬化の早期診断、治療指針に一役を担えるものと期待できる。

文 献

- 1) Mathiesen EB, Bonaa KH, Joakimsen O: Echolucent plaques are associated with high risk of ischemic cerebrovascular events in carotid stenosis: the tromso study. *Circulation*, 2001, **103**: 2171–2175.
- 2) O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA et al: Carotid-artery intima and media thickness as a risk factor for myocardial infarction and stroke in older adults. Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. *N Engl J Med*, 1999, **340**: 14–22.
- 3) Belcaro G, Nicolaidis AN, Laurora G et al: Ultrasound morphology classification of the arterial wall and cardiovascular events in a 6-year follow-up study. *Arterioscler Tromb Vasc Biol*, 1996, **16**: 851–856.
- 4) 岩本俊彦：頸動脈疾患の無侵襲診断 - いわゆるcarotid familyとその頸動脈超音波所見 - . *脈管学*, 2003, **43** : 293–296 .
- 5) 八杉 巧, 武田南美子, 宮崎真紀 他：各種疾患における閉塞性動脈硬化症の合併率 - form PWV/ABI®による評価 - . *脈管学*, 2005, **45** : 23–27 .
- 6) Jacot JG, Abdullah I, Belkin M et al: Early adaptation of human lower extremity vein grafts: wall stiffness changes accompany geometric remodeling. *J Vasc Surg*, 2004, **39**: 547–555.
- 7) 清水将之, 高橋誠司, 伊東和雄 他：in situ vein を用いたfemoro - distal bypass - 術中color Doppler ultrasonographyの有用性 - . *脈管学*, 1997, **37** : 835–838 .
- 8) 平井都始子, 東浦 涉, 阪口昇二 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 .
- 9) Aronow WS, Ahn C: Prevalence of coexistence of coronary artery disease, peripheral arterial disease, and atherothrombotic brain infarction in men and women > or = 62 years of age. *Am J Cardiol*, 1994, **74**: 64–65.
- 10) Criqui MH, Langer RD, Fonek A et al: Mortality over a period of 10 years in patients with peripheral arterial disease. *N Engl J Med*, 1992, **326**: 381–386.
- 11) 米満吉和, 中野敏昭, 馬場博充 他：動脈硬化の発生・進展機序 - 「炎症・修復説」の観点から - . *脈管学*, 2005, **45** : 415–421 .
- 12) Gorcsan J 3rd, Gulati VK, Mandario WA et al: Color-coded measures of myocardial velocity throughout the cardiac cycle by tissue Doppler imaging to quantify regional left ventricular function. *Am Heart J*, 1996, **131**: 1203–1213.
- 13) Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J et al: Assessment of nonuniformity of transmural myocardial velocities by color-coded tissue Doppler imaging: characterization of normal, ischemic, and stunned myocardium. *Circulation*, 2000, **101**: 1390–1395.
- 14) Sade LE, Severyn DA, Kanzaki H et al: Second-generation tissue Doppler with angle-corrected color-coded wall displacement for quantitative assessment of regional left ventricular function. *Am J Cardiol*, 2003, **92**: 554–560.

Early Detection by Tissue Strain Imaging—Ultrasound Examination of Arteriosclerotic Lesions in the Lower Extremity Arteries

Masayuki Shimizu,¹ Atsuhiko Kodama,² Kyouko Inoue,² Takanori Taguchi,² and Tsutomu Igarashi²

¹Shimizu Clinic, Aomori, Japan

²Toshiba Medical Systems Corporation, Tokyo, Japan

Key words: arteriosclerosis, ultrasound, tissue strain imaging

Tissue strain imaging (TSI) is a newly developed ultrasound examination technique that permits a dynamic observation of walls in the lower extremity arteries. With TSI, it is possible to detect a significant reduction in the strain value in lower extremity arteries at risk of developing arteriosclerosis. To our knowledge, this is the first study to evaluate the usefulness of this technique in examining peripheral arteries. With further improvements in the equipment, it is anticipated that this technique will be proven useful in assessing the development and progression of arteriosclerotic lesions in the cerebral and coronary arteries and for planning treatment. (J Jpn Coll Angiol, 2006, **46**: 531–535)