

血管

血流ベクトル	93-血-001－005
血管・血流 新技術	93-血-006－010
血管弾性	93-血-011－015
血管壁・プラーク	93-血-016－020
光音響	93-血-021－025
血管機能・血流	93-血-026－031
血管治療	93-血-032－037
頸動脈・大血管・腹部血管・血流イメージング	93-血P-001－007
上肢血管・四肢静脈	93-血P-008－012

93-血-001

新たな血流イメージングへのアプローチ～血管領域の Vector Flow Mapping ～

西山 知秀

日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット 第一製品開発本部 第一設計部

【背景および目的】

動脈硬化は生活習慣病、糖尿病、高血圧、高脂血症などの様々な疾患に関連していることで知られている。

超音波による初期の動脈硬化診断においては、% FMD, Stiffness Parameter β , IMT値などの指標を用いている。これらは血管の径変化や厚さなどの形態変化と血圧から算出している。近年の研究では、血管内皮機能を維持するために、血流による適度なWall Shear Stress(WSS)が必要であるという報告もあり、血流は血管性状を知る上で重要な要素であると考えている。

我々は、心臓領域で培ってきたVector Flow Mapping(VFM)の技術を血管領域に応用することで、血管内血流ベクトル表示という課題にアプローチしている。

本発表では、血管領域における新たな血流イメージング手法として取り組んだVFMの技術と今後期待される展望について紹介する。

【血流ベクトル推定原理】

VFMは、カラードプラから得られる速度情報と壁面のトラッキング情報から求める壁速度を境界条件として流体力学の質量保存則（連続の方程式）により、通常のドプラでは得ることが出来ない超音波ビームに垂直方向の速度を推定し、血流ベクトルを求める技術である。

しかし、血管への応用においては、対象が円筒形状であるため、心臓のように血管壁だけでは境界条件が不十分である。そこで、2方向ドプラ法を加えることにより、血管内腔においても血流ベクトルを推定できることを実現した。

【Wall Shear Stress推定原理】

推定した血流ベクトルから壁面に平行な速度成分を求め、その速度成分から速度勾配を推定し、壁面に掛かるWSSを算出する。しかし、超音波による血流計測は、壁近傍の速度低下、計測値のばらつき、壁面位置の不確定性などの誤差要因を含む。WSSの課題は、これらの誤差要因に対しロバスト性を有する計測法の確立であった。

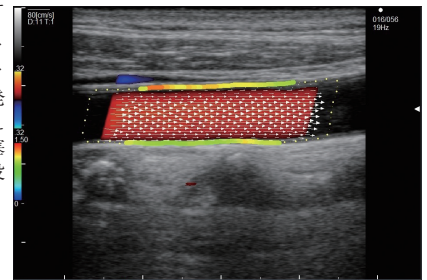
我々は、WSS計測で重要となる壁近傍の血流を平行流モデルで置き換えてWSSを推定するアルゴリズムを考案し、この課題を解決した。

【妥当性検証】

血流ベクトルおよびWSSの妥当性の検証は、流体力学の分野で確立された実験系であるParticle Image Velocimetry(PIV)により行った。

【将来の展望】

動脈硬化に用いられる診断指標に、血流ベクトルから分かる血流動態の変化やWSSという新たな情報が加わることで、動脈硬化の進行リスクやプラーク破綻リスクが高い血管を早期に発見できる可能性が考えられ、将来的に脳梗塞や心筋梗塞の予防に役立つと期待している。



The new approach to blood flow imaging ~Vector Flow Mapping for vascular imaging~

Tomohide NISHIYAMA

System Design Department 1, Products R&D Division 1, Healthcare Business Unit, Hitachi,Ltd.

93-血-002

血管 Vector Flow Mapping 機能による血管 Wall Shear Stress 測定の基礎的検討

高井 洋次¹, 刑部 恵介², 杉本 恵子², 鈴木 康司², 市野 直浩²¹藤田医科大学病院 放射線部, ²藤田医科大学 医療科学部

【はじめに】

血管剪断応力(Wall Shear Stress : WSS)は血流が血管壁をこする力で、血管の内皮細胞の状態・機能に影響を与えることが知られている。動脈硬化の第一段階は血管内皮細胞の障害であることから、WSSを評価することにより動脈硬化の予測や予防に寄与できる可能性があり、WSSを簡便に評価する手法の開発が期待されていた。

【目的】

日立製作所が新たに開発した血管Vector Flow Mapping機能を応用した血管WSS測定について、基礎的検討を行ったので報告する。

【方法】

1)対象：対象は、2019年8月に某地域の住民検診にてWSSを測定し得た160名のうち、研究不同意者および測定時に心電図波形が明瞭に記録できなかった者を除いた136名（男性48名、女性88名、平均年齢 63.5 ± 9.9 歳）である。2)検討項目：1.最適測定条件の検討：右総頸動脈far wallにおけるWSSを7心拍間記録し、3心拍、5心拍および7心拍のそれぞれのWSSの解析を行い、最適測定条件を検討した。2.WSSと各項目との関係：年齢、性別、身長、体重、BMI、血圧（最高・最低）、心拍数との関係をそれぞれ検討した。3.WSSとIMTの関係：WSSを測定した部位と同様の部位にてAuto trace法を用いてmean IMTを測定し、WSSとの関係を検討した。3)使用機器：使用した超音波診断装置は、日立製作所LISENDO 880LEであり、探触子はL441 Linearであった。なお、WSS解析には解析用ソフトDAS-RS1を使用した。

【結果】

1.最適測定条件の検討：1心拍でおよそ10から20フレーム分のWSSデー

タが収集される。各フレームにおけるWSSの最大値を抽出し、全フレームの平均値を1心拍分のWSS値として7心拍の平均値を算出した。同様に、3心拍と5心拍の平均値も算出し7心拍の平均値との関係を検討したところ、5心拍とは相関係数0.997727、3心拍では0.99372であり、またWSS値は正規分布を示したので、測定条件としては5心拍分記録し、その平均値を用いることとした。2. WSSと各項目との関係：WSSは年齢と有意な負の相関関係($r = -0.47$)が認められ、男性の方が女性よりも有意に低値であった。また、体重($r = -0.33$)、BMI($r = -0.33$)、最高血圧($r = -0.36$)、最低血圧($r = -0.29$)とも有意な負の相関関係を示し、心拍数とは有意な正の相関関係($r = 0.17$)が認められた。身長や体脂肪率とは明らかな関係は認められなかった。3. WSSとIMTの関係：1心拍中の各フレームにおけるWSSの最大値、最小値および平均値を抽出・算出し、それぞれの全フレーム平均値をWSS max, WSS min, WSS aveとして5心拍分のデータを算出した。WSS max, WSS min($r = -0.44$)、WSS aveの全てにおいてmean IMTとの間に有意な負の相関関係が認められたが、IMTも年齢の影響を強く受けることから、年齢を調整因子として検討したところ、mean IMTと明らかな関連が認められたのはWSS min($p = 0.0197$)のみであった。

【考察】

日立製作所が開発したWSS測定は、新たな手法であり測定法も確立されていない。今回の我々の検討で、5心拍分のWSSを測定し、その平均値をWSS値とすることが妥当であることが確認された。また、WSS minのみがmean IMTと関連があったことは非常に興味深い。今後は検査データやプラークとの関連も検討し、WSSの有用について研究を進めていく予定である。

Basic Examination of Vascular Wall Shear Stress Measurement Using Vector Flow Mapping

Hiroji TAKAI¹, Keisuke OSAKABE², Keiko SUGIMOTO², Kouji SUZUKI², Naohiro ICHINO²¹Department of Radiology, Fujita Health University Hospital, ²School of Medical Sciences, Fujita Health University

成田 心, 船水 康陽, 今野 なお, 内藤 敬紀, 工藤 由美子, 三木 未佳, 三木 俊
東北大学病院 生理検査センター

【目的】

日本人における糖尿病患者の約95%を占める2型糖尿病は生活習慣病の一つとされ、動脈硬化の危険因子である。動脈硬化の初期段階では血管内皮機能が低下し、進行すると心筋梗塞や脳梗塞といった動脈硬化性疾患の発症につながると考えられている。2型糖尿病は血管内皮機能障害をきたしやすい代表的な疾患であり、動脈硬化の早期発見や進行を抑制することが重要となる。血管病変を早期に捉える指標の一つとして、血流が血管壁をこする力を表す壁面せん断応力 (Wall Shear Stress: WSS) が注目されている。近年、血管内における血流速度ベクトル表示 (Vector Flow Mapping: VFM) によりWSSの測定が可能となったが、その臨床的有用性については未だ不明な点が多い。そこで今回、2型糖尿病患者を対象とし、超音波検査および生化学検査所見の各種パラメータと総頸動脈のWSSとの関係を検討したので報告する。

【対象と方法】

2019年7月から12月に当院にて頸動脈超音波検査を実施した2型糖尿病患者40人 (男性25人, 女性15人, 平均年齢 59.1 ± 15.2 歳; 27-86歳) を対象とし、総頸動脈のプラークのない箇所でのWSS (3心拍) を測定した。WSS測定の超音波診断装置にはALOKA LISENDO 880を用いた。解析には測定値の安定した収縮中後期におけるWSSを採用し、3心拍の平均値を算出した。総頸動脈のWSSと各種パラメータ (超音波検査所見, 生化学検査所見) の関連を検討し、統計学的解析にはSpearmanの順位相関係数および重回帰分析を用いた。なお、有意水準は $P < 0.01$ とした。

【結果と考察】

解析の結果、超音波検査所見では総頸動脈の外膜間距離とWSSに中等度の負の相関を認め ($r = -0.592, P < 0.001$)、収縮期最大血流速度とWSSに弱い正の相関を認めた ($r = 0.480, P = 0.002$)。また、生化学検査所見ではHbA1CとWSSに中等度の負の相関を認めた ($r = -0.509, P = 0.001$)。さらに、有意な相関を認めたパラメータに対して重回帰分析を行ったところ、HbA1C ($\beta = -0.355, P = 0.008$)、収縮期最大血流速度 ($\beta = 0.308, P = 0.030$)、外膜間距離 ($\beta = -0.289, P = 0.033$) の順でWSSへの影響度が大きいことが推測された。血管径や血流速度といった血行力学に関わる要素がWSSに直接的な影響を与えることは我々が予測した通りだったが、糖尿病の長期血糖コントロール指標であるHbA1CがWSSとの相関を示したことは興味深いと思われる。2型糖尿病患者における血糖コントロールは動脈硬化の進行を防ぐために重要であり、高血糖状態やインスリン抵抗性に伴う高インスリン血症、低血糖が血管内皮機能障害を引き起こす要因と考えられている。今回の検討において、HbA1CとWSSに負の相関を認めたことから、WSSが血管内皮機能のサロゲートマーカーとして有用であることが示唆された。

【結論】

本検討において、総頸動脈のWSSが血管内皮機能障害に関与していることが示唆された。今後さらに症例数を増やし、血管内皮機能検査との関係など詳細な解析を進めていく予定である。

The validation of Wall Shear Stress in patients with type 2 diabetes mellitus

Shin NARITA, Yasuharu FUNAMIZU, Nao KONNO, Takanori NAITO, Yumiko KUDO, Mika MIKI, Takashi MIKI
Clinical Physiology Center, Tohoku University Hospital

炭 親良, 中川 遼, 上野 幹太
上智大学 理工学部情報理工学科

【目的・対象】

我々は、超音波エコーや光超音波を用いたヒト組織変位のベクトル計測法を開発している。観測対象は軟組織変位や血流である。変位を偏微分して求まる歪や歪率(のテンソル)もイメージングしている。昨年度の本会では、血管の内縁にて発生する光超音波が高強度である特徴を応用して血流領域とその周囲の軟組織を分離し、各々のダイナミクスをイメージングすることを報告した[1]。クラッターリジクションと異なり、血流が低速である場合でも実施可能である。本会では、血液とその周囲組織を同時に観測することを本格的に提案し、ヒトin vivo手首の浅在組織の観測結果を報告する。エコーに比べて光超音波を用いたそれらの観測精度が低かったため、変位にメディアンフィルタを施して観測エラーを除去する効果も確認した。最終的な目的は、再構成法を用いて、(粘)ずり弾性率や粘性や密度、内圧や応力(テンソル)を同時に観測することであり、最新の結果を併せて報告する。

【方法・結果】

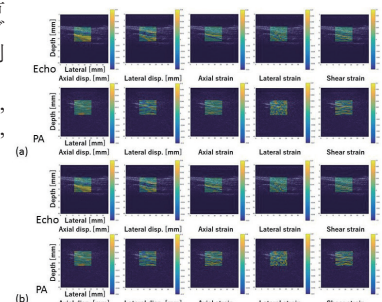
観測対象は本学外の健康なボランティア(男性, 54歳)の手首である。[1]と同様にAcousticX(Cyberdyne社)を用いた、LED光源型(850nm)であり、超音波エコー画像と光音響画像の重ね合わせを実時間イメージングできる。リニア型探触子を用いた(超音波周波数: 送信10MHz, 受信7MHz; フレームレート: 15.4Hz)。エコー時の送信ビームは開口正面方向とし、エコーと光超音波の受信ダイナミックフォーカシングは開口正面1方向(スペクトル周波数分割)又は±10度の2方向(横方向変調法)として著者らの開発したフーリエビー

ムフォーミングを行った。組織変位の観測には、著者らの開発した2次元自己相関法を用いた。実際に生成された超音波や光超音波のビーム方向をpointwiseにて推定して変位ベクトルを観測する方法であり、極めて高精度である。また、メディアンフィルタは歪や歪率を観測する場合を含めて有効であった(図1. メディアンフィルタ(a)有り(b)無し)。

【考察・結論】

昨年度も報告した通り血管内とその外縁と内縁におけるずり現象を観測することは診断上有用であり、それらを同時に観測することはさらに有用であると考えられた。本会では、多方向ビームフォーミングや周波数分割によるover-determinedシステムを用いてさらに高精度化した結果も報告する。血流と軟組織のダイナミクスの色付けを別

にすることも試みる。
[1] 超音波医学, vol. 46, Suppl. S567, 92-基-035, 2019.



Mechanical imaging based on simultaneous vectorial observations of soft tissue motion and blood flow using ultrasonic echo method or photoacoustics

Chikayoshi SUMI, Ryo NAKAGAWA, Kanta UENO
Info & Commun Sci, Sophia University

93-血-005

心臓模擬ファントムを用いた2次元血流ベクトルイメージング

安齋 快人, 菅野 尚哉, 西條 芳文
東北大学大学院医工学研究科 医工学専攻

【目的】

世界の死因第1位である心疾患が引き起こす状態として心不全が挙げられる。心不全とは、心臓が身体が必要とする量の血液を送り出せない状態であり、血流動態を診断することが予後の改善に必要な。血流計測手法の1つであるカラー Doppler 法は、非侵襲的、低コスト、高時間分解能な方法であるが、超音波ビーム方向の1次元速度成分のみしか検出できないという短所が存在する。そこで、単一のセクタプローブから異なる2方向に拡散波を照射し、取得した2つの1次元速度の幾何学的関係を用いて2次元血流速度を導出して、ベクトルイメージングを行った。

【方法】

血流計測では、組織やノイズなどの成分を取り除き、血流信号を取り出す必要がある。先行研究では、血流とその他の組織の速度の違いを利用して血流信号を検出するウォールフィルタを用いていた[1]。しかし、実際の心臓で考えると、心臓自体も速く動いており、低速の血流も存在するため、正確に血流信号を検出できない可能性がある。そこで今回は、血流と組織の反射信号の信号強度の違いも利用した特異値分解フィルタを用いてフィルタリングを行った。心臓を模擬した動くファントムを用いて計測を行い、2次元血流速度を導出した。

【結果】

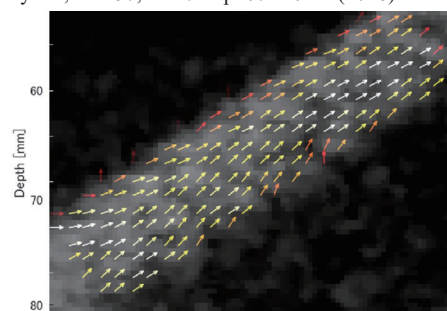
心臓模擬ファントムを用いた計測では、特異値分解を用いたウォールフィルタの方が先行研究のものより有用であることが確認できた。しかし、正確な2次元血流ベクトルはイメージングできなかったため、今後改善していく必要があると考えられる。

【結論】

ウォールフィルタを変更したことによって、より正確に2次元血流速度をベクトルイメージングできることが分かった。

【参考文献】

1) M. Maeda, R. Nagaoka, H. Ikeda, S. Yaegashi, and Y. Saijo, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 57, No. 7S1 p. 07LF02-1 (2018).



Two-dimensional blood flow vector imaging using a heart simulated phantom

Kaito ANZAI, Naoya KANNO, Yoshifumi SAIJO

Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

93-血-006

3次元超音波計測融合血流解析システムの開発（フローファントム内の非定常流動解析）

宮内 優¹, 工藤 弘瀬^{1,2}, 早瀬 敏幸¹, 井上 浩介¹

¹東北大学 流体科学研究所, ²東北大学大学院 工学研究科

【目的】

血行力学の情報は循環器疾患のメカニズムの解明や新しい診断法の開発にとって重要である。先行研究において、正確な血行力学の情報を取得するために超音波診断装置で得られる Doppler 速度を流体解析にフィードバックする2次元超音波計測融合 (2D-UMI) 血流解析システムと小動物用の3次元UMI(3D-UMI)血流解析システムが開発され、それらの有効性を検討した。本研究では、臨床用の3D-UMI血流解析システムの開発を目的とし、フローファントムを用いた拍動流実験によって3D-UMI血流解析システムの評価を行った。

【方法】

頸動脈内の血流速度を参考に、直径6mmの疑似血管を含むフローファントム(Model524, ATS Laboratories)に疑似血液 (Model 046, CIRS)を満たし、拍動ポンプのピストンによって拍動流を生成した。リニア型超音波プローブ(ML6-15-D, GE Healthcare Japan)と超音波診断装置(LOGIQ S8, GE Healthcare Japan)により管軸に垂直な面に対して20°傾けた状態で5mmの間隔で11箇所、2s間のカラー Doppler 計測を実施した。6自由度磁気センサ(Patriot System(TX-4L), Polhemus)によって得られた超音波プローブの位置データとカラー Doppler 画像データを基に疑似血管形状を再構築した。3D-UMI解析には熱流体解析ソフト(FLUENT, ANSYS)を利用した。計測の Doppler 速度に対する誤差によって3D-UMI解析システムの有効性を評価

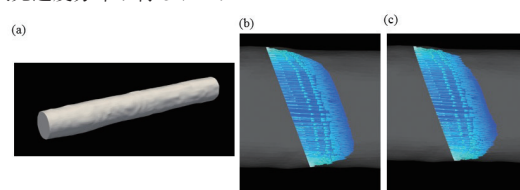
した。

【結果】

再構築した疑似血管形状(図(a))の平均誤差は、管軸断面内の深さ方向が0.80%、それに直交する方向が2.18%であり、良好な結果が得られた。フィードバック力のゲイン $K = 100$ の3D-UMI血流解析の Doppler 速度誤差は $K = 0$ とした通常の血流解析の誤差に比べ、41%減少した。通常の血流解析 (図(b))と3D-UMI血流解析 (図(c))の速度分布に違いが確認できる。

【結論】

フローファントムを用いた拍動流実験によって、3D-UMI血流解析システムの評価を行った。再構築された疑似血管は実際の疑似血管と近い形状となった。3D-UMI血流解析では、フィードバック力を与えることによって Doppler 速度誤差が減少し、通常の血流解析とは異なる3次元速度分布が得られた。



Development of Three-Dimensional Ultrasonic-Measurement-Integrated Blood Flow Analysis System : Analysis of Unsteady Flow in Flow Phantom

Suguru MIYAUCHI¹, Hirose KUDO^{1,2}, Toshiyuki HAYASE¹, Kosuke INOUE¹

¹Institute of Fluid Science, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University

Shiddiq HASHURO^{1,2}, Simon TUPIN¹, 井上 浩介¹, 早瀬 敏幸¹, 太田 信¹¹東北大学 流体科学研究所, ²東北大学 工学研究科

Background

Poly-Vinyl Alcohol Hydrogel (PVA-H) based vascular models have been widely used for blood flow and medical devices related tests. Its transparent character can be useful for the observing the flow using optically available modalities such as Particle Image Velocimetry (PIV). Furthermore, the hydrogel can be useful for ultrasound capable devices from the viewpoint of medical methods.

Ultrasound imaging devices are useful for diagnosis of the possibility of stenosis condition prediction based on the measured flow dynamics and their derivatives. However, the accuracy of devices that utilize ultrasound for such purposes is not yet known. Therefore, the use of PVA-H model to develop such investigation is rather necessary.

Problem

The current PVA-H has some limitations to use for ultrasound measurements; the nature of PVA-H makes it a low resistance material for ultrasounds waves. Firstly, the scattering effect of PVA-H model is very low compared to the human tissue. The introduction of some additives was used for making a scattering, but just any additives make the model turbid (not transparent).

Purpose

The purpose of this study is to develop a type of PVA-H that is both

transparent and has a high scattering ability.

Methods

The study is separated into two main parts: 1. Transparency optimization between PVA-H and the scatterer, and 2. A PIV test on a straight tube PVA-H model.

Results

It is found that with change of PVA (powder) concentration within its solvent its refractive index also changes with a positive correlation. This discovery allows us to test several sets of transparent additive substances that would result in a suitable scattering effects. The first measurement test on both modalities showed a promising result although some fundamental adjustments are still needed, especially on PIV measurement, to obtain optimal results.

Development of PVA-H Model for Ultrasound Devices

Shiddiq HASHURO^{1,2}, Simon TUPIN¹, Kosuke INOUE¹, Toshiyuki HAYASE¹, Makoto OHTA¹¹Institute of Fluid Science, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University

長岡 亮, 長谷川 英之

富山大学大学院 理工学研究部

【目的】

微小循環系血管と動脈圧との間には密接な関係があることが知られ、微小血管系の拡張・収縮によって動的にコントロールされている。また、エイジングの領域においても、微小血管系が皮膚の粘弾性に関連することが明らかになりつつある。しかしながら、微小血管を可視化する手法はまだ確立していない。そこで、本研究では、特異値分解を用いたフィルタ[1]と時間的分散に着目し、臨床の超音波診断装置で用いられる周波数領域において、微小血管系の可視化を目指した。

【原理】

本研究では、リニアプローブ(中心周波数: 7.5 MHz)およびマイクロソニック社製の超音波送受信装置(サンプリング周波数: 62.5 MHz)を用いて計測を行った。全超音波素子を一度に駆動することで平面波を送信し、1枚のBモード画像を作成した。取得したRF信号に対して特異値分解フィルタを適用し、クラッタ成分とノイズ成分を除去した。さらに、このフィルタ後の信号のフレーム方向に対して、分散を算出し、その値を時間方向に積算することで微小血管の可視化を行った。また、比較として、フィルタ後の信号を用いてパワードブラ画像を作成し、提案手法との比較を行った。測定対象は31歳健康常男性の指である。

【実験結果】

図(a)はフィルタ前の指の超音波断層像である。図(b)は提案手法によって得られた指の微小血管像、図(c)はパワードブラ法によって得られた指の微小血管像である。図(b)と図(c)において、血管系とク

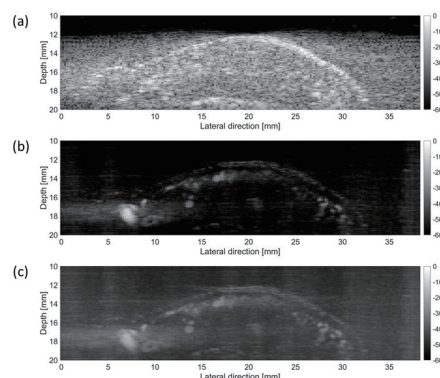
ラッタ部位にROIを設定し、信号対雑音比(S/N: signal-to-noise ratio)を算出した。提案手法、従来手法において、S/Nはそれぞれ36.2 dB, 23.2 dBであり、提案手法の方が優れていた。

【まとめ】

本報告では、特異値分解を用いたフィルタと時間的分散に着目し、臨床の超音波診断装置で用いられる周波数領域において、微小血管の可視化を行った。提案手法と従来手法であるパワードブラ法によって得られた微小血管像の比較を行い、S/Nにおいて、提案手法の方が優れていることが示された。

参考文献

[1] Deme   C, et al. IEEE Trans. Med. Img., vol. 34, 2015.



Basic study on visualization of micro vasculature using singular value decomposition and temporal variance

Ryo NAGAOKA, Hideyuki HASEGAWA

Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

深瀬 晶予¹, 永澤 幹太¹, 森 翔平², 荒川 元孝^{1,2}, 八代 諭³, 石垣 泰³, 金井 浩^{1,2}

¹東北大学大学院 医工学研究科, ²東北大学大学院 工学研究科, ³岩手医科大学 内科学講座

【目的】生体内の赤血球は互いに接着したり離れたりしながら循環している。このとき赤血球同士の可逆的な接着現象を赤血球集合という。炎症や血液粘度を反映する指標として注目されるが、通常その測定には採血が必要である。非侵襲的な血液性状の測定法の確立を目指すにあたり、超音波画像の輝度上昇が赤血球集合の程度を反映することを利用して、血糖値と赤血球集合度の関係を調べた。これまでに、血糖値と赤血球集合度、すなわち血管内の超音波画像輝度に相関があることを示した[1]。しかし、計測の精度が不十分であると考え、本報では計測の安定性を再検討した。

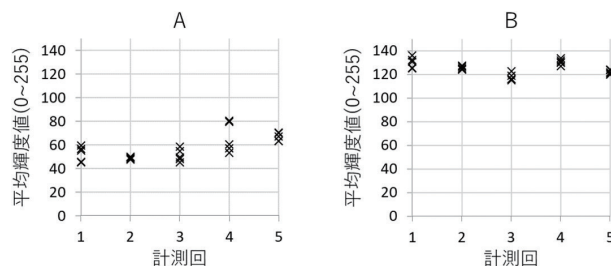
【方法】健康成人女性1名に対し、安静時の手背静脈を対象に超音波計測を行った。中心周波数40 MHz（波長38 μm ）を用い、1回の計測につき手背静脈内腔のBモード像を連続して5フレーム取得し、この計測を5回繰り返した。同様の実験を、駆血して75 sから87 sにおいても行った。各画像において血管内の平均輝度値（0-255）を求め、1回の計測で取得した5枚の画像間におけるばらつきを調べた。

【結果】安静時(図A)について、1回の計測で得られる5枚の画像で平均輝度値のばらつきは、2回目の計測ではほぼ同じ値が得られたが、4回目の計測ではばらつきが最大で、最大差は27であった。計測回数ごとに、平均輝度値の標準偏差を求めると、0.9から11.5となった。次に駆血時(図B)では、駆血により赤血球集合が生じやすくなり、高輝度となった。1回の計測における5枚の画像間のばらつきは、安静時より小さい傾向にあった。1回目の計測で平均輝度値のばらつきが最大となり、最大差は11であった。計測回数ごとの、平均輝度値の標準偏差は1.4から4.1となった。

【考察】安静時ではばらつきが小さい計測回もあったが、全体として一定時間駆血した場合の方が、1回の計測における輝度のばらつ

きがより小さかった。主な理由として、安静時の計測中に姿勢などに起因する意図しない駆血が起きたためと考える。また、赤血球集合と血糖値との関係では、輝度20程度のばらつきも無視できない。今後、赤血球集合度を超音波により計測する際に求められる精度や、最適な駆血時間、輝度値以外のパラメータ、また、血糖値以外の影響因子などを検討する。

[1] 深瀬, 永澤, 森, 荒川, 八代, 石垣, 金井, 第57回日超医東北地方会, p. 21 (2019.3).



Evaluation of stability in measurement of red blood cell aggregation using ultrasound

Akiyo FUKASE¹, Kanta NAGASAWA¹, Shohei MORI², Mototaka ARAKAWA^{1,2}, Satoshi YASHIRO³, Yasushi ISHIGAKI³, Hiroshi KANAI^{1,2}

¹Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ²Department of Electrical Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University, ³Department of Internal Medicine, Division of Diabetes and Metabolism, Iwate Medical University

東山 京平¹, 永澤 幹太², 深瀬 晶予², 森 翔平³, 荒川 元孝^{2,3}, 八代 諭⁴, 石垣 泰⁴, 金井 浩^{2,3}

¹東北大学 工学部, ²東北大学 大学院医工学研究科, ³東北大学 大学院工学研究科, ⁴岩手医科大学 内科学講座

【目的】血液性状の評価指標の1つに、赤血球集合度がある。従来の血液性状の評価法として、採血や超音波画像における血管内腔内のもやもやエコーの確認[1]があるが、これらは侵襲的または定性的である。本研究グループでは、超音波後方散乱特性解析による赤血球集合体サイズ推定法により、非侵襲的かつ定量的な血液性状の評価を検討してきた[2]。サイズ推定時の計測の様子を図(a), (b)に示す。図(a)のように血管内腔から取得したパワースペクトルを図(b)のように血管後壁から取得したパワースペクトルで規格化することにより散乱パワースペクトルを抽出する。従来では図(a)と図(b)の両計測で超音波伝播経路が異なることによる伝播減衰の考慮が十分でなく、サイズ推定結果に系統的な誤差が生じていた。本報告では、伝播減衰成分を除去するために必要となる減衰係数を算出する。

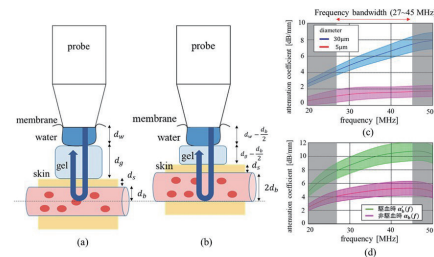
【方法】図(b)では、図(a)と比べて血管内の伝播長が2倍となり、その分、水とジェルの伝播長が短くなる。このため、伝播減衰成分を補正するためにジェルと血液の減衰係数を求める必要がある。ジェルの減衰係数は反射体とプローブ間の媒質を水にしたときとジェルにしたときの、反射体からのパワースペクトルの差より算出した。また、血液の減衰係数は、血管内腔において2つの深さからの散乱パワースペクトル差より算出した。その際、信号取得深さが異なることによる音圧特性の差を考慮する必要がある。そこで水を媒質とし、異なる深さにおいて取得した反射体からのパワースペクトル差より異なる深さでの音圧特性の差を算出した。また、提案した算出

法で減衰係数が適切に算出できることを示すため、粒子径が明らかなマイクロ粒子に対して、異なる深さにおけるスペクトル差からサイズごとの減衰係数を算出した。

【結果・考察】計測したジェルの減衰係数は水の減衰係数の2~3倍となった。マイクロ粒子に対する実験結果を図(c)に示す。マイクロ粒子のサイズが大きくなるにつれて減衰係数が大きくなった。また、手背静脈内腔に対して計測を行い、血液の減衰係数を算出した結果を図(d)に示す。駆血時では赤血球集合が起きたことで、散乱体サイズが大きくなり、非駆血時よりも減衰係数が大きくなった。今後、算出した減衰係数を補正したサイズ推定法を検討する。

【参考文献】

[1] X. Wang, et al., Am. Heart J. 124, 961 (1992) [2] Y. Kurokawa, et al., JJAP. 55, 07KF12 (2016)



Measurement of Attenuation Component by Analyzing Ultrasonic Backscatter for Evaluation of Red Blood Cell Aggregation

Kyohei HIGASHIYAMA¹, Kanta NAGASAWA², Akiyo FUKASE², Shohei MORI³, Mototaka ARAKAWA^{2,3}, Satoshi YASHIRO⁴, Yasushi ISHIGAKI⁴, Hiroshi KANAI^{1,3}

¹School of Engineering, Tohoku University, ²Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ³Graduate School of Engineering, Tohoku University, ⁴Department of Internal Medicine, Iwate Medical University

濱口 浩敏¹, 久保田 義則², 須藤 麻依子³, 宮本 順子³, 木戸脇 修学³¹北播磨総合医療センター 脳神経内科, ²松尾クリニック 臨床検査室, ³フィリップス・ジャパン 超音波診断装置ビジネスグループ

はじめに：血管超音波検査において、動脈硬化性病変の評価、動脈・静脈血栓の評価はどの領域においても重要なポイントである。しかし、潰瘍病変や石灰化病変、可動性成分などが存在した場合、観察が困難な場合も多い。また、描出した画像についても保存する段階では二次元画像であり、動画で観察したとしても、三次元で立体的に病変の性状や範囲を考えるには経験に基づいた推測が必要となる。立体的な評価に3D/4Dプローブを用いることがあるが、血管病変の評価には様々な制約があるため、汎用には至っていない。今回、我々は、3D/4Dに対応した新たなマトリックススリニア型プローブである、XL14-3 xMATRIX Transducerを用いることで、血管壁の評価に対する有用性を検討したので報告する。

対象・方法：血管病変のないボランティア10名（男性7名、女性3名）および当院入院中の脳梗塞患者10例（男性5名、女性5名）において、頸動脈超音波検査を行い、血管壁の性状を観察した。超音波装置はPhilips社製EPIQ Eliteを用い、プローブはeL18-4 TransducerおよびXL14-3 xMATRIX Transducerを用いた。

結果：ボランティアにおいては、全例で血管壁性状を明瞭に観察できた。脳梗塞例においては、石灰化や潰瘍、可動性プラークなどの評価のみならず、プラークの範囲、体積についても評価可能であった。狭窄例においても血管内腔の評価が可能であった。

考察：今回使用したXL14-3 xMATRIX Transducerは、従来の3D/4D

プローブに比して血管特有の拍動に対するずれが最小限となり、比較的なめらかな血管内腔の描出が可能となっている。これは、走査線の収束のみならず、短軸、長軸方向に同時に走査線を出すことができることにも起因する。一つの走査で短軸画像、長軸画像を同時に描出可能となっており、また、一度に比較的広範囲をカバーできるため、走査範囲自体も少なくできることが、上記のような拍動における誤差を最小限にできることにつながり、また、プラークの性状評価、可動性評価にもつながる。また、タッチパネル上の3D画像表示により直感的操作が可能のため、リアルタイムに速やかに必要な情報を抽出することもできることもメリットと考える。

結語：XL14-3 xMATRIX Transducerは、血管領域においても応用範囲が広く、血管壁性状の評価に十分有効性を発揮する。

Characterization of vessel wall using XL14-3 xMATRIX Transducer

Hirotoishi HAMAGUCHI¹, Yoshinori KUBOTA², Maiko SUDO³, Junko MIYAMOTO³, Syugaku KIDOWAKI³¹Department of Neurology, Kita-harima Medical Center, ²Clinical Laboratory, Matsuo Clinic, ³Ultrasound Business Group, Philips Japan, Ltd.山岸 俊夫¹, 金井 浩²¹東北公済病院 内科, ²東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻

【目的】

エサキセレンは、非ステロイド型の選択的ミネラルコルチコイド受容体（MR）拮抗薬で降圧作用、臓器保護作用が期待される新しい降圧剤である。今回、エサキセレンの頸動脈弾性特性、IMT、脈波伝播速度（baPWV）などに対する作用について検討した。

【方法】

本態性高血圧を有する外来患者31人（平均年齢67才）にエサキセレン2.5mgを1日1回内服してもらい、生化学データ、脈波伝播速度（baPWV）、中心血圧（cSBP）、内臓中膜肥厚（IMT）を12ヶ月間観察した。またうち6人でIMTおよび弾性特性（Eθ）の同時測定を行い、頸動脈エコーにて左右の総頸動脈の各2箇所、Bulbを含まない平坦部分について、合計4箇所を計測部位とした。Eθの計測には位相差トラッキング法（Kanai et al. 2003 Circulation）を用い、IMT計測領域にて測定した。

【成績】

エサキセレンの投与前の血圧、脈圧、baPWV、cSBP、IMT、Eθ、血清K、eGFR、尿蛋白は、146.6±18.7/81.0±12.2mmHg、59.6±13.3mmHg、1724.7±322.5cm/sec、146.1±27.7mmHg、1.12±0.54mm、720.8±34.0kPa、3.9±0.7mEq/L、68±19 ml/min/1.73²、尿蛋白324±449mg/g/Crであった。エサキセレン投与3ヶ月後には、血圧（-8%/-7%）、脈圧（-7%）、baPWV（-8%）、cSBP（-7%）は有意に減少し

ていた。一方、頸動脈エコーでのEθ（-40%）は有意に減少したが、IMT（-7%）は減少傾向であった。尿蛋白（-30%）は有意に低下し、血清K（+3%）とeGFR（-0.6%）は不変であった。安全性に関して問題なかった。

また血管弾性特性（Eθ）の成分の増分、減分をヒストグラムで解析したところ、薄い部分では、平滑筋の硬さに相当する成分が増えていたことから内皮機能の改善が考えられた。

【結論】

MR拮抗薬のエサキセレンは、高血圧患者において、降圧効果のみならず、体表からの超音波による血管弾性特性を有意に変化させ、baPWV、cSBPも改善した。内皮機能の改善を生じうる可能性が示唆された。また頸動脈弾性特性は、エサキセレンの作用をIMTの変化する前の早期に検出できる可能性が示唆された。

Effects of Esaxerenone on carotid arterial elastic modulus and baPWV in hypertensive patients

Toshio YAMAGISHI¹, Hiroshi KANAI²¹Department of Internal Medicine, Tohoku Kosai Hospital, ²Department of Electronic Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

93-血-013

頸動脈粥腫部位の不均一性を考慮した超音波計測による弾性率の経時変化の解析

土師 佑太¹, 秋山 星来², 森 翔平³, 荒川 元孝^{2,3}, 長谷川 英之⁴, 山岸 俊夫⁵, 金井 浩^{2,3}¹東北大学医学部 保健学科検査技術科学専攻, ²東北大学大学院 医工学研究科医工学専攻, ³東北大学大学院 工学研究科電子工学専攻,⁴富山大学大学院 理工学研究部, ⁵東北公済病院 内科

【目的】

心筋梗塞や脳梗塞などの主要因であるアテローム性動脈硬化症の早期診断のためには、血管壁の弾性率などの機能的な情報が有用と考えられる。本報告では、本研究グループで開発した血管壁の弾性率計測法[1]を用いた、脂質異常症患者の頸動脈粥腫部位における治療に伴う弾性率の経時変化観察を目的とする。粥腫は弾性率が不均一なため、同一領域で評価する必要がある[2]。そこで、本報告ではBモード像を目視で領域ごとに分類し、領域ごとの弾性率の経時的な変化やばらつきを定量的に評価した。

【方法】

脂質異常症患者1名(計測開始時49歳)を対象に12年間にわたり1~2週間に1回程度の頻度で右総頸動脈と右頸動脈洞の弾性率を計測した。弾性率計測では、計測領域を通常のBモード像の30 mm程度から7 mm程度に狭めて286 Hzの高フレームレートで計測した。弾性率計測の直前に通常の計測領域のBモード像を取得し、そのBモード像を用いて目視で弾性率の計測領域を分類した上で、領域ごとの弾性率の経時変化を観察した。

【結果・考察】

計測領域を9つに分類し、粥腫部位と健常部位の弾性率の経時変化を観察した結果の代表例を図に示す。各領域の経時変化に対し、近似直線に対する二乗平均誤差によりばらつきを定量的に評価したところ、分類しない場合の259 kPaと比べて平均して80 kPaばらつきが小さくなった。これより、計測領域の分類により弾性率の不均一

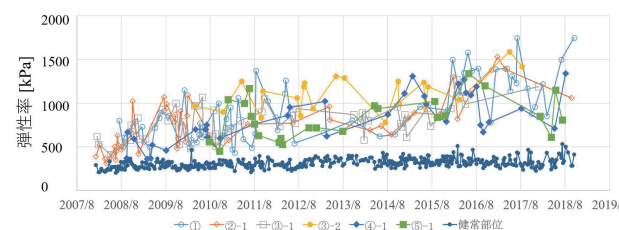
性の影響を抑制できたと考える。また、近似直線の傾きは、健常部位で+7 kPa/year、粥腫部位で平均+64 kPa/yearとなり、粥腫部位における弾性率の増加は健常部位と比べて顕著に大きいことが確認できた。健常部位はで加齢に伴う血管の硬化、粥腫部位では治療による粥腫の安定化が弾性率増加の主な原因であると考えられる。

【結論】

頸動脈粥腫部位においてBモード像を分類し計測領域を揃えて解析することにより、弾性率経時変化の詳細な観察が可能となった。健常部位と粥腫部位では弾性率の増加率が大きく異なり、投薬に伴う粥腫の安定化を評価できる可能性が示唆された。

【参考文献】

[1] H. Kanai, et al.: Circulation, Vol. 107, pp. 3018-3021(2003). [2] 岩森 他: 日本超音波医学会第92回学術集会, 基-032 (2019).



Analysis of elasticity change in carotid artery atheroma by ultrasonic measurement

Yuta HAJI¹, Seira AKIYAMA², Shohei MORI³, Mototaka ARAKAWA^{2,3}, Hideyuki HASEGAWA⁴, Toshio YAMAGISHI⁵, Hiroshi KANAI^{2,3}¹Department of Health Sciences, Tohoku University, ²Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ³Graduate School of ElectronicsEngineering, Tohoku University, ⁴Graduate School of Science and Engineering for Research, Toyama University, ⁵Department of Internal Medicine, Tohoku Kosai Hospital

93-血-014

動脈壁弾性率の超音波計測法の精度検証

秋山 星来¹, 森 翔平², 荒川 元孝^{1,2}, 金井 浩^{1,2}¹東北大学大学院 医工学研究科, ²東北大学大学院 工学研究科

【目的】動脈硬化症の初期段階では動脈壁の弾性率が変化する。この段階では病変は可逆的であるため、動脈壁の弾性特性の計測は有用である。我々は、超音波を用いて拍動に伴って生じる動脈壁厚の微小な変化を位相差トラッキング法で計測し、弾性率を推算してきた[1]。In vivo 計測において、拍動により血管壁が薄くなることを利用して弾性率を計測するにもかかわらず、厚さ変化が正の値で計測される場合がある。本報告では、この問題を解決するための基礎検討として、ファントム実験において、超音波とレーザセンサで弾性率を算出し、レーザ計測値を真値として超音波計測法の計測精度を検証した。

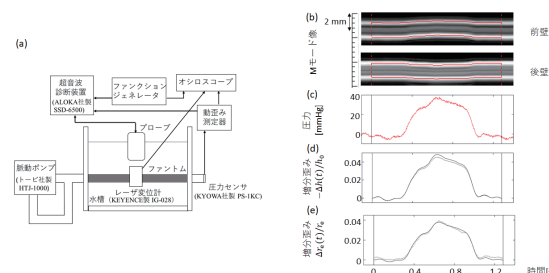
【方法】図(a)に示す実験系を用いた。ファントムは硬度10°、外径9.7 mm、壁厚1 mmのものをを使用した。弾性率を計測する際は、血管壁の中心軸上の厚さ変化を計測する必要がある。そこで、基礎検討として、血管模擬ファントムの短軸像のBモード像を取得し、ファントムの中心軸の受信波RF信号を解析した。レーザセンサは投光器と受光器で構成されており、レーザ光が遮られる直径(管外径)を計測できる。

【結果・考察】図(b)ファントムの中心軸のMモード像、(c)圧力波形、(d)超音波で計測した、ファントム前壁と後壁それぞれの厚さ変化から算出した増分歪み、(e)外半径変化から算出した増分歪みをそれぞれ示す。(b)から、超音波計測において正しく変位を追従できている。超音波で計測した厚さ変化から算出した増分歪み(図(d))を用いて推算した弾性率は380 kPaとなった。レーザセンサで計測した外半径変化から算出した増分歪み(図(e))を用いて推算した弾性率は

352 kPaとなった。超音波とレーザセンサで求めた弾性率は一致しなかったため、超音波で外半径を計測し、外半径の変化から算出した増分歪み(図(e))を用いて弾性率を推算した。その結果、弾性率は352 kPaとなりレーザセンサから推算した弾性率と一致した。このことから、超音波計測において、ファントムの変位を正しく計測できていると考えられる。超音波で厚さ変化と外半径の変化から推算した弾性率が一致しなかったため、両者の弾性率算出の式の検討を行う必要がある。また、短軸像の中心軸上のRF信号を用いて壁の変位を正しく計測できることが確認できたため、今後はファントム長軸やIn vivoでも計測を行い、超音波計測法の精度を検討する。

【参考文献】

[1] H. Kanai et al., Circulation 107, 3018 (2003).



Accuracy verification of ultrasonic measurement method of arterial wall elastic modulus

Seira AKIYAMA¹, Syouhei MORI², Mototaka ARAKAWA^{1,2}, Hiroshi KANAI^{1,2}¹Graduate School of Medical Engineering, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University

単一超音波プローブを用いた橈骨動脈壁粘弾性特性の経時的変化計測

庄司 悠人¹, 斎藤 拓海¹, 森 翔平², 荒川 元孝^{1,2}, 大庭 茂男³, 小林 和人⁴, 金井 浩^{1,2}

¹東北大学 大学院医工学研究科医工学専攻, ²東北大学 大学院工学研究科電子工学専攻, ³東北大学 大学院工学研究科,

⁴本多電子 研究開発部

【目的】動脈硬化症の超早期診断のためには、血管内皮機能の評価は非常に重要である。我々は血圧波形と血管径変位を仮想的に同位置で計測することにより、内皮依存性血管拡張反応(FMD)中の血管壁の粘弾性変化を評価した[1]。さらに、単一の超音波プローブを用いて、血圧と血管径を同位置で計測できることを示した[2]。この方法によって計測された血圧は電圧値で出力されるため、校正が必要である。先行研究[2]では粘弾性推定を行う心拍ごとに校正していた。しかし、この方法ではFMD計測における駆血解放後の血圧を測定できない。本報告ではこの問題の解決を目指し、予め血圧波形を校正しておくことで、血圧が経時的に計測できることを検討した。さらに、血圧と血管径変位の計測値より橈骨動脈の粘弾性特性を推定した。

【方法】20代前半健康男性の左手橈骨動脈を対象に、開発したリニアレイ超音波プローブを用いて血管径と血圧波形を計測した。また、右手において、トノメトリ式血圧計を用いて血圧の経時の変化を計測した。計測開始後の1心拍目の時刻におけるトノメトリ式血圧計の血圧値を用いて、プローブによる血圧波形を校正した。

【結果・考察】60秒間隔で計測した、連続する3心拍の血圧-血管径特性を図(a)に示す。血圧-血管径特性は心電図のR波からR波までの1心拍ごとに示した。図(b)にトノメトリ式血圧計と超音波プローブで計測した収縮期血圧と拡張期血圧の時間変化を示す。さらに、拍ごとに算出した粘弾性率の時間変化を図(c)に示した。図(a)より、安定して計測することができたといえる。図(b)より、180秒間での血圧変化も安定して計測することができた。図(c)より、弾性率の推定結果に比べ、粘性率については拍間でのばらつきが大きく、時間経過による推定値の増減も大きかった。これ

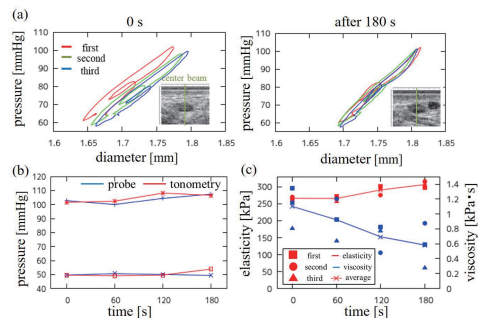
は、弾性率が歪みにかかる係数であるのに対し、粘性率は歪み速度にかかる係数であるため、生理的作用やわずかな体動による影響を受けやすいためと考える。

【まとめ】本報告では予め血圧波形の絶対値を校正することで、単一の超音波プローブを用いて動脈壁の粘弾性特性の経時の変化を測定できることを示した。今後は本手法をFMD計測に適用し、FMD反応中における血管壁の粘弾性特性変化の評価を目指す。

【参考文献】

[1] Y. Sakai, et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 55, 07KF11 (2016).

[2] M. Arakawa, et al., Sens. Actuators A: Phys. Vol. 297, 111487 (2019).



Temporal changes measurements of viscoelastic properties in radial artery wall using a single ultrasonic probe

Yuto SHOJI¹, Takumi SAITO¹, Shohei MORI², Mototaka ARAKAWA^{1,2}, Shigeo OHBA³, Kazuto KOBAYASHI¹, Hiroshi KANAI^{1,2}

¹Department of Biological Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University, ²Department of Electronics Engineering, Graduate School of Biological Engineering, Tohoku University, ³Graduate School of Engineering, Tohoku University, ⁴R&D Division, Honda Electronics Co. Ltd.

頸動脈プラーク内新生血管を示唆する B-Flow と造影超音波像の比較

山口 枝里子^{1,3}, 斎藤 こずえ², 入江 研一^{1,3}, 江藤 太^{1,3}, 吉村 壮平³, 古賀 政利³, 豊田 一則³, 猪原 匡史¹

¹国立循環器病研究センター 脳神経内科, ²奈良県立医科大学 神経内科・脳卒中センター, ³国立循環器病研究センター 脳血管内科

【はじめに】

頸動脈プラーク内新生血管(intraplaque neovascularization: IPN)はプラーク内出血や破綻と関連し、プラーク不安定さを示唆することが知られている。造影超音波(contrast-enhanced ultrasound: CEUS)を用いたマイクロバブルの軌跡を追うことでプラーク内の遅い血流も表示できるため新生血管を描出でき、その増生の程度を評価することも可能である。近年、低流速の微細な血流を評価できる新技術が開発され、CEUSに代わってIPNを評価しようとする報告がある。一方で、これらの技術で描出される画像が真に新生血管と考えられる血流であるかどうかの客観的検証は十分とはいえない。Volume Navigation system(V-Nav)は、超音波画像と同一断面のCTやMRIなどの他画像をリアルタイムに参照比較できる画像システムであり、超音波画像の各モード同士を比較することも可能である。今回我々はB-FlowでIPNが疑われた症例に、V-Navを用いてCEUS画像とfusionすることで両者の血流信号の比較を試みた。

【方法】

超音波機器はLogiqE10 (GE Healthcare)、超音波造影剤はペルフルタン(ソナゾイド®)を用いた。2019年10月から2か月間に頸動脈狭窄精査目的に入院した症例のうち、4例でMicro Vascular Imaging(MVI)およびB-FlowとCEUSを施行し、V-Navを用いてB-FlowとCEUS画像を比較できた。このうち2例でMVIおよびB-Flowでプラーク内にIPNを示唆する血流がみられ、同一部位に

CEUSで造影がみられることをV-Navを用いて確認した。

【症例1】

77歳男性。左中枢性顔面神経麻痺、左上肢麻痺で発症した右総頸動脈の症候性狭窄 (Area 67%, PSV 0.8m/s、潰瘍あり)。プラークは等輝度で、MVIおよびB-Flow長軸像でプラーク遠位側に外膜側からプラーク内に線状の血流信号を認めた。CEUSでもプラークの遠位に造影効果を認め、V-Navを用いた長軸像でB-Flowと同一部位に造影効果を確認した。

【症例2】

62歳女性。一過性の左上肢単麻痺、右眼の一過性黒内障で発症した症候性右内頸動脈起始部狭窄例 (Area 98%, max PSV 4.0 m/s)。プラークは低輝度で、MVIおよびB-flowでは短軸像で血管腔側からプラーク中心に向けて複数の血流信号を認めた。CEUSでは高度の造影を認めV-Navを用いた短軸像でB-Flowと同一部位に造影効果を確認した。

【考察】

V-Navを用いてIPNの評価における低流速の血管描出機能画像をCEUSと比較し、初めて報告する。

V-Navを用いた本手法は様々なmodalityの同一断面をリアルタイムに比較しながら検討できるため、より正確な評価ができ、新たな超音波技術を検証する際に有用である可能性がある。

Comparison between B-Flow and contrast-enhanced ultrasound images suggesting neovascularization in carotid plaques

Eriko YAMAGUCHI^{1,3}, Kozue SAITOU², Kenichi IRIE^{1,3}, Futoshi ETO^{1,3}, Souhei YOSHIMURA³, Masatoshi KOGA³, Kazunori TOYODA³, Masafumi IHARA¹

¹Department of Neurology, National Cerebral and Cardiovascular Center, ²Department of Neurology and Stroke Center, Nara Medical University, ³Department of Cerebrovascular Medicine, National Cerebral and Cardiovascular Center

緒方利安¹, 竹下 翔¹, 坪井 義夫¹, 井上 亨², 上杉 憲子³, 嶋田 裕史⁴, 藤原 美佳⁵, 山田 博胤⁶¹福岡大学病院 神経内科, ²福岡大学医学部 脳神経外科, ³福岡大学医学部 病理部, ⁴福岡大学病院 臨床検査科,⁵高松市立みんなの病院 循環器内科, ⁶徳島大学医歯薬研究部 地域循環器内科

【目的】頸部血管超音波検査において、エコー輝度はその不安定性を押し量るのに重要な所見であるが、その定量化が困難であり、客観的なスケールとなりえないことが問題であった。頸動脈プラークから反射してきた生の超音波信号を、直接時間積分して求められるIBS(Integrated Backscatter)解析で求めたプラーク輝度は、その組織学的性状と相関があることが知られている。近年、徳島大学循環器内科の山田らによって開発されたiPlaqueは、オフラインでプラークのIBSを評価することができるソフトウェアであるが、これを用いて測定した頸動脈プラークのIBSがプラークの組織性状と関連があることが報告された。本研究の目的は、その後に頸動脈内膜剥離術(carotid endoarterectomy: CEA)が施行された症例のうち、その術前にiPlaqueを用いて評価したプラークについてそのIBS所見とプラークの病理所見を比較したので報告する。

【対象】2016年から2018年3月までに、当院脳神経センターで入院精査を行った頸動脈狭窄症例で、その後CEAを行ったもののうち、術前にiPlaqueによるプラーク評価を行えた49症例(年齢71.6±7.8歳、男性39例、女性10例)である。高度の石灰化でプラークの輝度評価が困難であったものは除外した。

【方法】エコー機種はLOGIQ7を用いた。Acoustic Densitometry機能を用いた超音波短軸及び長軸像を記録し、iPlaqueのソフトウェアを用いてプラークのIBS値(平均値、標準偏差)を記録した。CEAを行うかどうかは、症候性の有無、患者の年齢や手術の希望、狭窄度などを鑑みて、脳卒中専門の脳神経内科医と脳神経外科医の合

議で決定した。病理所見はAmerican Heart Association (AHA)分類を用い、さらにVに分類されるものはアテローム主体のV1と石灰化主体のV2に分けた。そして、これらプラークの病理所見でV1、V2、VIの3群に分け、iPlaqueで評価したプラークのIBS値の平均値と標準偏差を、3群間で統計学的に比較した。またプラーク内のfibrous, lipidといった病理所見の、IBS値を用いてのカットオフ値が報告されており、それを用いてプラーク内のfibrous, lipidの割合を算出、その割合を統計学的に比較した。本研究は福岡大学病院倫理委員会の承認を得て行った。

【結果】対象となった49例のうち、AHA分類でV1、V2、VIに分類されたものはそれぞれ13例、4例、32例だった。プラークのIBSの平均値はV1で-32.3、V2で-20.4、VIで-34.1dBであり、3群間で有意差が見られた(P=0.001)。IBSの標準偏差も3群間で有意差が見られた(P=0.002)。プラーク内におけるLipidの割合はやはり3群間で差が見られた(中央値V1: 5.7%, V2: 4.3%, VI: 6.9%, P=0.01)。

(考察)頸動脈プラークのエコー輝度が、プラークの不安定性と関連があることは広く知られるところであるが、その客観的評価が問題であった。iPlaqueを用いてのIBS測定はそれを可能にする画期的技術となる可能性がある。本研究は症例数が少なく、今後多数例を用いての検討が必要である。

【結論】iPlaqueを用いて測定した頸動脈プラークのIBSは、その病理所見と関連する可能性がある。

The comparison of carotid plaque evaluated with the software of "iPlaque" with its pathological findings

Toshiyasu OGATA¹, Sho TAKESHITA¹, Yoshio TSUBOI¹, Tooru INOUE², Noriko UESUGI³, Hirofumi SHIMADA⁴, Mika FUJIWARA⁵, Hirotsugu YAMADA⁶
¹Department of Neurology, Fukuoka University, ²Department of Neurosurgery, Fukuoka University, ³Department of Pathology, Fukuoka University, ⁴Department of Laboratory Medicine, Fukuoka University Hospital, ⁵Department of Cardiology, Takamatsu Municipal Hospital, ⁶Department of Cardiology, Tokushima University

坪井 新¹, 犬塚 裕哉¹, 園田 華¹, 松山 哲也¹, 和田 健司¹, 岡本 晃一¹, 松中 敏行²¹大阪府立大学大学院 工学研究科電子数物系専攻, ²TU 技術研究所 研究部

【目的】

我々は、頸動脈プラークの非侵襲的な性状検査法として超音波速度変化法1(Ultrasonic Velocity Change Method, UVC法)の適用を検討してきた。UVC法は、検査対象に温度変化を与えたのち、時間差を設けて取得した超音波エコー画像間の差分情報から温度変化に基づく超音波速度変化量を算出し、生体内の脂肪領域を検出する方法である。UVC法を頸動脈プラークに適用する場合、拍動による動きの影響で正確な超音波速度変化量の算出が困難になる恐れがあること、血管内腔にあるプラークに効果的に温度変化を与えることが難しいことが課題として挙げられる。本研究では、検査対象の加温法と、動きの影響を避けるべく短い時間差で描出したUVC画像を利用する手法を組み合わせることで課題の解決方法を検討した。

【方法】

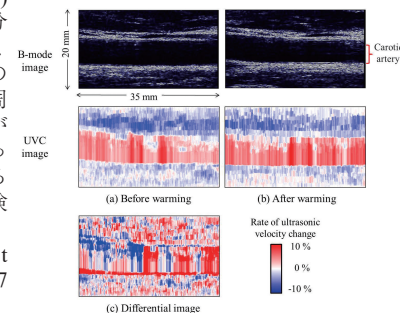
生体の加温用として、水温44℃の足湯の恒温槽を用意した。中心周波数7.5 MHzの超音波アレイトランスデューサを用いて足湯に入る前と後(7分後)のヒトの頸動脈に対する超音波エコー画像をそれぞれ10秒間で300枚ずつ連続取得した。次に、隣接する画像間に正規化相互相関(ZNCC)を施し、相関値が高い54組の画像の組み合わせをそれぞれ抽出した。各組み合わせ画像間でUVC画像を描出し、それらを積算してUVC画像の平均化を図った。足湯に入る前後で取得した2枚の積算UVC画像から差分情報を抽出した。

【結果】

Fig. 1に加温前(a)と後(b)のBモード画像と積算UVC画像を示す。

UVC画像は、いずれも血管内が赤色、その周りの組織領域が青色で表示されている。血管上部の組織領域では、血管収縮により血管壁が下へ移動するため超音波パルスの伝搬時間が長くなるため、UVC画像では青色で配色される。相関値が高い画像データは、ゆっくりと血管収縮する時間帯から抽出されたので(a)の結果は妥当である。これより、拍動による動きの影響が反映されていると言える。一方、足湯で加温した場合、血管上部の組織領域が水分を含む領域であると超音波の伝搬速度は速くなり、その効果だけを考慮するとUVC画像では赤色に配色されることになる。しかし、(b)では(a)と同じ配色傾向であるので、この場合も動きの影響を受けていると言える。(a)と(b)の積算UVC画像の差分画像をFig. 1(c)に示す。差分情報から、動きの影響を排除して血管周りの組織の性状情報が得られることがわかった。また、足湯による加温方法の有効性も検証された。

1) H. Horinaka, et al., JJAP, 42, 5B, 3287 (2003).



Ultrasonic velocity-change imaging for characterization of carotid plaque

Arata TSUBOI¹, Yuya INUZUKA¹, Hana SONODA¹, Tetsuya MATSUYAMA¹, Kenji WADA¹, Koichi OKAMOTO¹, Toshiyuki MATSUNAKA²

¹Dept. of Physics and Electronics, Osaka Prefecture University, ²Laboratory, TU Research Laboratory

北爪 聡一郎¹, 木村 元幸², 阿部 貴久³, 森 翔平⁴, 荒川 元孝^{3,4}, 金井 浩^{3,4}¹東北大学 工学部電気情報物理工学科, ²東北大学 工学部, ³東北大学 大学院医工学研究科医工学専攻,⁴東北大学 大学院工学研究科電子工学専攻

【目的】日本人の主な死因として、動脈硬化症を主因とする、循環器疾患が挙げられる。このため、その極早期診断は重要である。高血圧は動脈硬化症の要因の1つであり、その状態が続くと血管壁内腔表面が数十ミクロンオーダーの粗さを持つことが報告されている。皮膚と血管前壁の間には音速不均一領域が存在し、ビームを走査して計測した場合、この音速不均一領域の影響により粗さの推定精度が低下する。そこで我々は、頸動脈壁が拍動により長軸方向に1 mm ほど変位することを利用し、ビーム方向変位は位相差トラッキング法、ラテラル方向変位はブロックマッチング法により算出し、それらを組み合わせてミクロンオーダーの粗さを計測する手法を提案した[1]。本報告では拍動による径方向変位が長軸方向位置によって異なることに着目し表面粗さの推定精度を向上させた。

【方法】ビーム方向の推定変位は血管の径方向の拍動による成分と内腔表面粗さによる成分の和として表される。先行研究では拍動成分が計測範囲で一定であると仮定し、全ビームの推定変位を加算平均することで拍動成分を算出していた。しかし、実際には拍動成分は計測範囲内で空間的に分布していた。そこで、局所的に拍動成分を推定し除去することで、表面粗さを高精度に推定した。ファントム実験とブタ血管を用いたin vitro実験を行い本提案手法による推定精度向上を定量的に確認した後、20歳代健常男性に対して頸動脈内腔表面粗さのin vivo計測を行った。

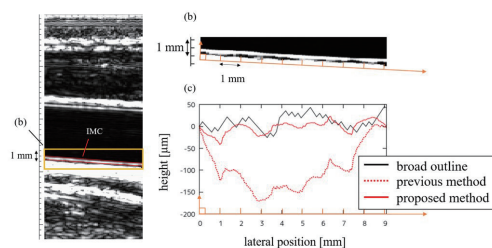
【結果】図(a)にBモード画像、図(b)に血管後壁の拡大図、図(c)に表面形状の推定結果を示す。ここで、図の黒線はRF信号の包絡線に

対する閾値処理により求めた、内腔表面形状の概形である。拍動成分を計測範囲で一定とする従来法(点線)と比較して、拍動成分を局所的に推定して除去した提案法(実線)では、包絡線から得られた概形に近い形状が得られた。これは提案法により拍動成分が正しく推定、除去されたためだと考えられる。in vivo計測では真値を知ることが困難なため定性的な比較ではあるが、この結果から本手法による推定精度向上が確認できた。

【結論】血管の拍動成分の空間分布を考慮することで表面粗さの推定精度を向上できた。今後は動脈硬化症患者に対してもin vivo計測を行うことで、本手法の有用性を示していく必要がある。

【参考文献】

[1] K. Kitamura, et al., JJAP, Vol. 51, 07GF08 (2012).



Ultrasonic measurement of luminal surface roughness of carotid artery - Improvement of estimation accuracy of removal pulsation component -

Soichiro KITAZUME¹, Motoyuki KIMURA², Takahisa ABE³, Shohei MORI⁴, Mototaka ARAKAWA^{3,4}, Hiroshi KANAI^{3,4}¹School of Engineering, Tohoku University, ²Department of Electrical, Information and Physics Engineering, School of Engineering, Tohoku University, ³Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ⁴Department of Electrical Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University森 翔平¹, 荒川 元孝^{1,2}, 金井 浩^{1,2}¹東北大学 大学院工学研究科電子工学専攻, ²東北大学 大学院医工学研究科医工学専攻

【目的】動脈硬化症の極早期診断のため、頸動脈壁の弾性特性や内腔表面粗さの計測法について研究している[1, 2]。これらの計測法では、頸動脈壁の内膜中膜複合体(IMC)が拍動により径方向と長軸方向に変位することを利用している。IMCと外膜では長軸方向に異なる動きをすることが報告されているため[3]、長軸方向変位計測においてはIMCのみの動きを計測する必要がある。しかし、動脈硬化症の極早期段階ではIMCは長軸方向に均一な構造・音響特性を有し、IMCのみの長軸方向変位を高精度に計測するのは容易ではない。本報告では、ブロックマッチング法を用いてIMCの長軸方向変位を高精度に計測する方法について検討した。

【方法】20代健常男性の右総頸動脈から、送信周波数 7.5 MHz、フレームレート 286 Hzで受信波RF信号を取得し、IMCのみを含むように解析領域を設定した。健常者のIMCにおいて、Bモード像上では長軸方向にわずかな変化しか生じない。そこで、RF信号から包絡線を検波した上で、隣接するビーム間で包絡線信号の差分を取ることで長軸方向変化を強調し、包絡線の差分信号に対してブロックマッチング法を適用した。

【結果・考察】図(a)超音波Bモード像、(b) ECG波形、(c) 包絡線信号に対しブロックマッチング法を適用した結果、(d) 隣接したビーム間で差分した包絡線信号に対しブロックマッチング法を適用した結果をそれぞれ示す。図(c)にはIMC部の包絡線信号の最大輝度値の時間変化を、図(d)には最大輝度値を隣接するビーム間で差分した結果をそれぞれ軌跡画像としてグレースケールで示した。この軌跡画像はIMCの長軸方向の軌跡に対応する。図(c)ではブロックマッチング法で計測した長軸方向変位が軌跡画像と一致していない

が、図(d)では長軸方向変化を強調したことで正しく変位が計測でき、軌跡画像に対応した長軸方向変位を得ることができた。

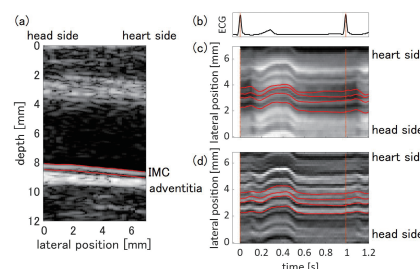
【結論】健常者のIMCは長軸方向に均一な構造・音響特性を有するため、IMCのみの長軸方向変位を高精度に推定するためには、長軸方向の輝度変化を強調した上でブロックマッチング法を適用する必要がある。

【参考文献】

[1] H. Kanai, H. Hasegawa, M. Ichiki, F. Tezuka, and Y. Koiwa, Circulation, 107, 3018, 2003.

[2] K. Kitamura, H. Hasegawa, and H. Kanai, Jpn. J. Appl. Phys., 51, 07GF08, 2012.

[3] J. Tat, J. S. Au, P. J. Keir, M. J. MacDonald, Clin. Physiol. Funct. Imaging, 37, 106, 2017.



Accurate estimation of longitudinal movement in carotid arterial wall

Shohei MORI¹, Mototaka ARAKAWA^{1,2}, Hiroshi KANAI^{1,2}¹Dept. of Electronic Engineering, Tohoku University, ²Dept. of Biomedical Engineering, Tohoku University

93-血-021

2 波長レーザとアニュアラレイトランスデューサを用いた超音響イメージング

西條 芳文¹, 伊田 泰一郎², 岩崎 秀明², 梅村 晋一郎¹¹ 東北大学大学院医工学研究科 医用イメージング研究分野, ² アドバンテス ト 新企画商品開発室

【目的】

高齢化社会の到来により皮膚のエイジングに大きな関心が注がれている。従来の皮膚のエイジング評価は色, しわ, 伸展性・柔軟性などの指標により行われてきた。最近, OCTを用いた検討により皮膚の微小血管の容積もエイジングに関与するというエビデンスが示されてきた。しかし, 微小血管の酸素飽和度に関する報告は乏しく, 新たな非侵襲的計測方法の開発が期待されている。

本研究の目的は皮膚の微小血管の酸素飽和度を計測することができる超音響イメージング装置を開発することである。60 MHz以上の高周波数超音波を用いて皮膚の構造を, 超音響イメージングで微小血管を可視化し, 両者の関係を明らかにすることで皮膚内の血管網の構築を明らかにする。特に, 2波長レーザを用いて血液の酸素飽和度を計測すること, アニュアラレイトランスデューサを用いて被写界深度 (DOF) の拡大を図ることを具体的な目的とする。

【方法】

超音響イメージングの光源として532 nmと556 nmの2つの波長のNd:YAGレーザを用いた。それぞれのパルス幅は1.2 nsおよび3.6 ns, パルスエネルギーは16 μJ/パルス, パルス繰り返し周波数は2 kHzである。2つの波長で得られた超音響信号と酸化/還元ヘモグロビンの吸収スペクトルから酸素飽和度を算出した。超音波の送受信と超音響信号の受信には同一のトランスデューサを用い, トランスデューサの中央には光ファイバを通すための穴を開けた。本研究では2つのトランスデューサを作製し画質やDOFを比較した。1つ

は中心周波数80 MHzのP(VDF-TrFE) 凹面振動子で, もう1つは中心周波数60 MHzのLNコンポジットの4chアニュアラレイトランスデューサである。1計測ポイントにおいて, 超音波の送受信, 532 nmおよび556 nmレーザによる超音響信号受信を行った。トランスデューサは15または30 μmステップで機械走査し, 6.0 x 6.0 mmの範囲で画像化を行った。対象は20 ~ 50歳女性で, 東北大学の倫理委員会の承認のもと計測を行った。

【結論】

はじめに動脈ファントムと静脈ファントムを作製し, 酸素飽和度の計測の妥当性について検証し, 十分な性能を有することが示された。生体計測において6.0 x 6.0 mmの範囲での超音波および超音響信号の3次元データセット取得には70 sを要した。高周波数超音波イメージングでは, 皮膚は表皮, 真皮, 皮下組織が明瞭に分離され, 毛包および皮脂腺が観察された。超音響イメージングは方位分解能μmで血管の画像化が可能であった。80 MHz単素子と60 MHzアニュアラレイトランスデューサの画質について, 両者の焦点領域である0.5 mmの深度ではほぼ同等の画質が得られた。焦点から外れた0.1 mmおよび0.9 mmの深度ではアニュアラレイトランスデューサの画質が勝っており, 特に0.1 mmでは表面の毛の解像度が大きく異なっていた。

高周波数超音波および超音響イメージングにより, 皮膚の構造と酸素飽和度の情報を有する微小血管網の観察が可能であった。本手法は皮膚のエイジング評価に貢献することが期待された。

Dual-Wavelength Photoacoustic Imaging with Annular Array Transducer

Yoshifumi SAJIO¹, Taiichiro IDA², Hideaki IWAZAKI², ShinIchiro UMEMURA¹¹Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ²R & D, Advantest Corporation

93-血-022

半球型アレイトランスデューサと4方向傾斜レーザ照射による3次元超音響イメージング

森野 太介¹, 新橋 諒¹, 林 瑛己¹, 長岡 亮², 吉澤 晋³, 梅村 晋一郎¹, 西條 芳文¹¹ 東北大学大学院 医工学研究科, ² 富山大学大学院 理工学研究部, ³ 東北大学大学院 工学研究科

【目的】

超音響イメージングは光と超音波を組合わせた非侵襲的イメージング手法であり, 高分解能・高深達度の性質を持つため医療応用が期待されている[1]。より正確な3次元イメージングには可視化領域に対して均一な光照射を行う必要があり, 最適な照射方法を考えなければならない。本研究では皮膚微小血管の3次元イメージングのために中心付近だけではなく全体として均一なエネルギー分布を形成することを目的とし4方向からのレーザの傾斜照射によるイメージングについて検証する。

【原理】

レーザを対象に垂直照射した場合と傾斜照射した場合では, 1方向垂直照射の場合はレーザのガウシアン分布のため, 中心付近で強いエネルギーとなり外側の超音響波強度と大きな差が発生する。一方傾斜照射では斜めから光が入ることによってエネルギーが横方向に均一に, 深さ方向でも浅部の光吸収体による光の独占防ぐことが可能と考えられる[2]。

【方法】

本研究ではシステムコントロール, 信号処理を行うVantage System (Vantage 256, Verasonics Inc.), 256 chの半球型アレイトランスデューサ (Japan Probe Co., Ltd., Kanagawa, Japan), 532 nm, 20 Hzのレーザ (Opolette, 410-2400 nm, 20 Hz, pulse width 7 ns, Opolette Inc.)でレーザ照射, 信号受信, 3次元再構成を行った。対象は微小血管に近い形状である葉脈のイメージングを従来法の1方向垂直照射[1]と提案法の4方向傾斜照射でそれぞれ行い, 提案法の評価をした。

【結果】

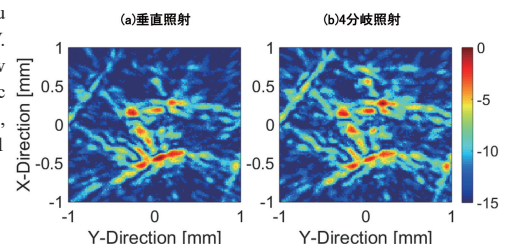
各手法のCモード結果を図に示した。垂直照射では中心付近の葉脈像が明確に確認できるが, 外側の像は強度が弱くうまく検出できていない。一方4方向傾斜照射では垂直照射に比べエネルギー低下により全体的に葉脈周辺のサイドロープが強まったが, 外側の葉脈がはっきりと再構成出来ていることが確認できた。

【結論・今後の展望】

4分岐傾斜照射による超音響イメージングを行い, 空間エネルギー均一性に関して一定の効果を示した。今後は照射光のコリメートにより可視化範囲だけに光を照射してより強い超音響波の発生を試みる。

【参考文献】

- 1) Ryo Nagaoka et al., IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Volume: 64, Issue: 8, pp. 1223-1233 (2017).
- 2) Minghua Xu and Lihong V. Wang, Review of Scientific Instruments, 77, 041101 (2006)



Three-dimensional photoacoustic imaging using a hemispherical array transducer and four way oblique laser irradiation

Taisuke MORINO¹, Ryo SHINTATE¹, Eiki HAYASHI¹, Ryo NAGAOKA², Shin YOSHIZAWA³, Shinichiro UMEMURA¹, Yoshifumi SAJIO¹¹Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, ²Graduate School of Science and Engineering, Toyama University, ³Graduate School of Engineering, Tohoku University

高橋 爽, 西條 芳文, 新橋 諒
東北大学 医工学研究科 医工学専攻

【目的】

関節リウマチは免疫異常などにより関節部が炎症を起こし、関節の機能が損なわれる病気である。早期診断には滑膜の微小血管のイメージングが有用であるため、指の内部の血管構造を高分解能に可視化する新たなイメージング手法が求められている。

高分解能で生体内部を可視化する手法として近年、“光音響イメージング”が注目されている。本手法では光を照射した際に発生する超音波（光音響波）を取得するため、光と超音波の双方の特性を合わせ持つイメージングが可能であり、臨床応用が期待されている。しかし一方で、光音響イメージングの臨床研究で主に用いられているリニアプローブは音響源を包囲できず信号受信領域が制限されてしまうため、音響源の形状を正確に再構成することが困難という欠点があった。また光照射に関しても、従来の一方照射では光の吸収・散乱の影響を受けやすく、生体の深部組織からの光音響信号が不鮮明になるという課題があった。

そこで本研究では上記の課題を解決するため、受信素子として音響源である指関節を囲むような形状のコンケーブアレイプローブを使用し、光を多方向から照射することで光音響信号を効率的に取得する手法の検討を行う。

【方法】

本実験系では光源として波長532 nmのグリーンパルスレーザ（繰り返し周波数20 Hz、パルス幅7 ns）を使用し、光源からの光をファイバで4方向に分岐させて測定対象に照射することで光音響波を発生させる。発生

した光音響波をコンケーブアレイプローブ（素子数256 ch、中心周波数7.5 MHz）で受信し、Vantage System（Vantage 256, Verasonics Inc.）で信号処理・再構成を行った。また、Vantage Systemによってレーザの照射タイミング、光音響波の受信タイミングといったシステム全体の制御を行った。

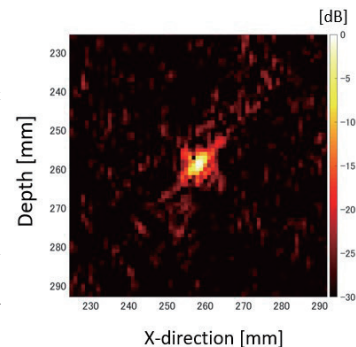
本報告では測定対象として、微小血管と同程度の太さの直径200 μm ワイヤーファントムを使用し、イメージングを行うことでB-mode画像（断層像）取得した。

【結論】

音響源の形状を正確に再構成することができたが、実際のワイヤー径よりも大きなサイズで画像化された。

【参考文献】

- 1) L. V. Wang, and J. Yao, Nat Methods; 13(8): pp. 627-638, (2016).
- 2) K. Daoudi, P. J. van den Berg, O. Rabot, A. Kohl, S. Tisserand, P. Brands, and W. Steenbergen, Opt. Express 22(21), 26365–26374 (2014).
- 3) Yao J., Wang L. V.: Laser Photonics Rev., 7 (2013) 758.



Photoacoustic imaging using concave array probe

Sou TAKAHASHI, Yoshifumi SAIJO, Ryo SHINTATE
Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

平塚 竜基, 高橋 爽, 菅野 尚哉, 新橋 諒, 梅村 晋一郎, 西條 芳文
東北大学大学院 医工学研究科

【背景と目的】

近年、肌のエイジングが注目されており、加齢のメカニズム解明と肌の老化防止は、現代医学の重要なテーマの一つである。その中で、皮膚は個体の老化を如実に反映する臓器であり、大変関心の高い臓器である。皮膚の老化には大きく二つあり、生理学的な老化と光老化である。細胞周期や新陳代謝が低下し、内分泌・免疫機能も衰えてくることにより生じる生理学的な老化に対して、光老化は直射日光に多くの時間、曝露されることにより皮膚組織中に酸化的プロセスが生じることが原因となる。光老化の反応は、紫外線に対する曝露の程度やスキントypesにも左右されるが、実に多くの美容的な問題に関わっており、シミ、シワ、および皮膚癌の発生にも大きく関与している。そのため、皮膚の定量的な評価方法の確立が現在必要とされている。皮膚の加齢変化や疾患などは、皮下組織の変化に関連している。そこで、皮下の微小血管を可視化し、変化を捉えることで、皮膚の性状が解明され、医学・美容領域に貢献することができるとされている。

本研究では、光音響顕微鏡を用いて皮下微小血管を可視化し、皮膚の性状について検討した。

【方法】

・原理

光音響イメージングとは、光音響効果を用いたイメージング方法である。レーザー光を試料に照射すると、光エネルギーの一部が試料に吸収され、試料内部で周期的な熱が生じる。光エネルギーが試料に吸収され熱エネルギーに変換され、試料が熱膨張を起こすために疎密波すなわち音波が生じる。これを光音響効果と呼ぶ。

この光音響効果を基本原理としたイメージング法が光音響イメージングである。光音響イメージングでは、イメージング対象にレーザー光を照射し、発生した超音波を超音波振動子で受信し、受信信号によって画像再構築を行う。

・測定機器

光音響顕微鏡（AR-PAM）

・2波長の光超音波画像と超音波画像が同時に取得可能である。

・高解像度の光超音波イメージング方式としては、集束型の超音波センサで走査する方式が採用されている。

レーザー

波長：532 nm, 556 nm

パルス幅：10 ns 以下

繰り返し周波数：1000 Hz

超音波センサの仕様（設計値）

中心周波数：80MHz

直径：3.2mm Φ

焦点距離：4mm

曲率（F値）：1.25

・測定手順

被験者（25～35歳女性20名・45～55歳女性20名）を対象に光音響顕微鏡を用いて皮膚の微小血管の測定を行った。

1. 被験者の左腕の内側にガイドリングを張り、測定箇所超音波ジェルを薄く塗る。

2. 測定箇所スパーサーをあて、レーザーを照射する。

深度2mm, 6mm $\times$ 6mmを15 μm のステップ幅の走査で約180秒、データセーブに120秒、計約5分ほどで測定が完了する。

【謝辞】

本研究はImPACT「イノベーション可視化技術による新成長産業の創出」により行われたものである。

Investigation of subcutaneous micro-vessels using photoacoustic microscopy

Tatsuki HIRATSUKA, So TAKAHASHI, Naoya KANNO, Ryo SHINTATE, Shin-ichiro UMEMURA, Yoshifumi SAIJO
Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

93-血-025

光音響イメージングによるアニサキス検出のための基礎的検討

吉田 奈央¹, 浪田 健¹, 近藤 健悟¹, 山川 誠¹, 椎名 毅²¹京都大学 大学院医学研究科人間健康科学系専攻, ²京都大学 人間健康科学系

【目的】

アニサキスとはサバなどの魚に寄生する線虫で、紫外線を照射すると蛍光を発するという特徴がある。アニサキスが寄生している生鮮魚介類を生で食べると、アニサキスが胃壁や腸壁に刺入しアニサキス症が引き起こされる。キャンドリング法などの従来の検出法では魚の切り身に紫外線を照射し、蛍光から表面に存在するアニサキスを検出して除去しているが、内部に潜むアニサキスの検出は困難である。そこで本研究では、到達深度が高くより深部までの検出が期待できる光音響イメージングの技術を用いることで、切り身の内部に潜むアニサキスまで検出することとした。光音響イメージングとは光吸収による超音波を計測して吸収体の分布を画像化する技術のことである。

今回、可視域および近赤外域においてアニサキスおよび生サバの光音響信号の波長依存性（光音響スペクトル）を計測することにより、アニサキスの検出に適する光の波長の検討を行った。

【方法】

パルス光(波長410–1300 nm(5 nm間隔, レーザーの仕様により700–720 nmは未計測), 繰り返し周波数20 Hz, 照射光量4.5 μJ–19 mJ, ビーム径7 mm φ)を測定試料を入れた石英ガラスセル(光路長2 mm, 幅10 mm)に照射し、発生した光音響信号をハイドロフォン(0.5–10 MHz, 9 mm φ)を用いて測定した。サンプリング周波数は500 MHz

とした。また、入射光の一部をビームサンプラで反射させてその強度を計測し、光音響信号強度の正規化を行った。

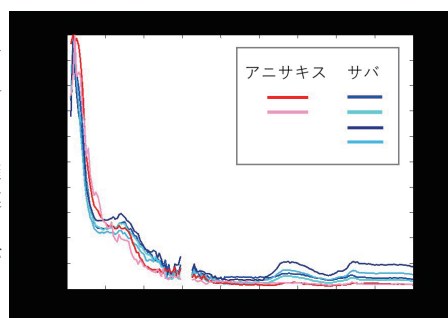
【結果】

最大信号強度の波長において規格化したアニサキスおよびサバの光音響スペクトルの一例をFig. 1に示す。500–540 nm付近でアニサキスのスペクトルは単調減少しているのに対して、サバのスペクトルは緩やかに上昇していることがわかる。

【結論】

これらの解析をとおり、波長500 nm 付近の光音響像を多波長解析することにより、サバ中のアニサキスを検出できる可能性が確かめられた。

今後は、アニサキスの検出方法を確立するとともに実用的なアニサキス検出装置の開発が必要であると考え



Fundamental study for detection of anisakis by photoacoustic imaging

Nao YOSHIDA¹, Takeshi NAMITA¹, Kengo KONDO¹, Makoto YAMAKAWA¹, Tsuyoshi SHIINA²¹Graduate School of Medicine, Kyoto University, ²Faculty Consort of Human Health Sciences, Kyoto University

93-血-026

総頸動脈血流の座位変換による血流波形変動に関する検討

久保田 義則¹, 松尾 汎²¹松尾クリニック 検査室, ²松尾クリニック

【はじめに】

体位変換により総頸動脈血流波形に変動が生じることが知られている。我々のこれまでの検討により、座位変換により脳梗塞患者や腎不全患者では総頸動脈血流速度波形が大きく変化する症例があることを報告した。

【目的】

座位変換による総頸動脈血流速度変動の関与因子を検討すること。

【検討対象】

2019年4月～12月の間に松尾クリニックで頸動脈超音波検査を実施した患者および職員の中で、座位変換に協力が得られた117名（男38名、女79名、24歳～97歳：平均71歳）、234血管とした。除外症例は、座位計測の困難例と心房細動例、高度大動脈弁逆流例とした。

【検討方法】

仰臥位で通常検査を実施し、両総頸動脈の血流波形取得を行った後に、座位にて両総頸動脈の血流波形を取得した。検討には血流波形から算出されたPI (pulsatility index) 値を用いてPI上昇率（（座位PI–仰臥位PI）／仰臥位PI）×100とした。年齢との関係および下肢動脈血管のコンプライアンスを反映するCAVI (Cardio Ankle Vascular Index) との関連を検討した。

【総頸動脈血流波形取得時の条件設定】

①頸の角度は正中位とする。②角度補正を50度とする。③右に続き左を間断なく測定する。④サンプルボリュームは血管中央の3mm幅とする。⑤座位変換後は2分以内に仰臥位時と同一の条件で計測する。

【結果】

平均のPI上昇率は+10% (-32～+64%)であった。PI上昇率が40%以上の症例は9例（全例中の8%）であり、病歴の内訳は脳梗塞1例、めまい2例、糖尿病2例、詳細不明4例であった。PIの上昇率は①加齢により増大傾向がみられ、②CAVIの高値例で増大傾向がみられた。PIの上昇率は年齢との相関が低く、CAVIとの相関関係がみられた。年齢とCAVIの相関は高かった。

【考察】

今回の検討により座位変換による総頸動脈の血流波形変化にはCAVIとの関連性がみられたことから、座位変換による総頸動脈の血流波形変化には、脳血管のコンプライアンスが関与している可能性が示唆された。

Study on fluctuation of blood flow waveform by sitting change of common carotid artery blood flow

Yoshinori KUBOTA¹, Hiroshi MATSUO²¹Department of Ultrasonography, Matsuo Clinic, ²Matsuo Clinic

谷川 俊一郎, 見山 広二, 野口 幸代, 神山 直久
GE ヘルスケア・ジャパン 超音波製品開発部

【目的】

B-Flowは、パルス圧縮送受信を用い、Bモードの持つ高空間分解能、高時間分解能という特徴を踏襲した血流表示技術である^[1]。しかし、特に低流速血流を描出するためにPRI (パルス繰り返し周期)を長くすると、Bモードと同等のフレームレートを確保することが困難な場合があり、最適な送受信法、画像構成法において、更なる検討の余地があると考えられていた。今回我々は、低流速血流感度を保ったまま、より高いフレームレートを実現可能なB-Flow送受信および表示手法を検討した。

【方法】

従来のB-Flowでは、1音線の画像形成に繰り返し複数回の送受信を行う必要があった為、PRIを長くすると、次の音線を送受信するまでの時間が増大していたが、心臓用の組織ドプラーメーキングやストレーンエラストグラフィの開発の基盤となった送受信パルスシーケンス技術^{[2][3]}と多音線同時受信のビームフォーミングを組み合わせることで、1音線に一度の送受信に相当する高時間分解能にて、血流画像が表示可能となった。合わせて、特に低流速血流描出の際に顕著に発生するmotion artifactをリアルタイムに抑制するアルゴリズムも新たに検討した。使用装置はLOGIQ E10試作機(GEヘルスケア)、プローブは、リニア型L2-9とML6-15を用いた。

【結果】

同一のPRI設定にて比較した場合、検討手法では、従来法と比較して、5倍程度速いフレームレートが達成でき、特に下肢血管や頸動脈の描出において、流れの持続的な観察が可能であった。また、1フ

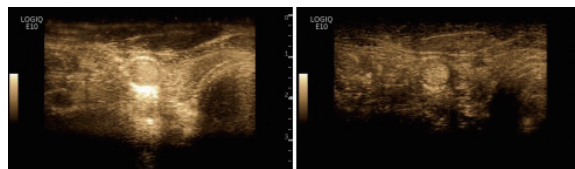
レームを取得する時間が短いため、信号変化に対する時間応答遅延によって生じるブロック状のアーチファクトが減少し、血流画像の空間的な連続性向上が確認できた。GPUの高速化も含めると、結果的に壁信号除去後の過去数十フレーム分の輝度値を画素単位で解析し、現フレームの出力を決定することでmotion artifactを低減可能なアルゴリズムをリアルタイムに実現できた。(図)

【まとめ】

B-Flowにおける送受信条件や画像構成手法の最適化により、特有のアーチファクトを抑制しつつ、フレームレートと低流速血流感度が向上できる可能性が確認された。

【参考文献】

- [1] 谷川俊一郎, Jpn J Med Ultrasonics Vol. 38 Suppl., 2011
- [2] 小川 真広, 谷川 俊一郎 ほか, Jpn J Med Ultrasonics Vol.42 Suppl., 2015
- [3] 小川 真広, 谷川 俊一郎 ほか, Jpn J Med Ultrasonics Vol.45 Suppl., 2018



Visualization of slow flow by a new pulse sequence of B-Flow imaging technology

Shunichiro TANIGAWA, Koji MIYAMA, Sachiyo NOGUCHI, Naohisa KAMIYAMA
Ultrasound General Imaging, GE Healthcare Japan

濱口 浩敏¹, 須藤 麻依子², 宮本 順子², 木戸 脇 修学²

¹北播磨総合医療センター 脳神経内科, ²フィリップス・ジャパン 超音波診断装置ビジネスグループ

はじめに：脳卒中診療において、脳神経超音波検査は簡便性、非侵襲性の点から有用であるが、主に用いられているのは頸動脈エコーによる頸動脈病変の評価である。経頭蓋エコー (transcranial color flow imaging: 以下TC-CFI) においては、頭蓋内血管の閉塞・狭窄確認、側副血行路の評価など有用性が認められている反面、頭蓋骨の透過性、描出感度の問題から、専門病院以外ではそれほど汎用されているとはいえない。近年、超音波装置の性能向上により、特に肝臓や乳腺領域においてCTなどとのフュージョン画像が脚光を浴びている。今回、MRAとのフュージョン画像を用いることで、TC-CFIの描出感度が向上するかどうかを検討する。

対象・方法：頭蓋内病変のないボランティア7名 (男性5名、女性2名) において、頭部MRI、MRAとTC-CFIを同一日に施行した。超音波装置はPhilips社製EPIQ Eliteを用いた。描出方法としては、MRA元画像を超音波装置に取り込み、2画面上で操作を行った。まず、側頭骨窓アプローチで中大脳動脈、前大脳動脈、後大脳動脈を描出。それぞれの分岐部および明瞭に走行を描出している部位に合わせてMRA上で同じ部位にマーキングを行い (Internal LandMark)、フュージョン画像を構築した。

結果：ボランティア例においては、全例で中大脳動脈、前大脳動脈、後大脳動脈が同定できた。さらに、中大脳動脈M2以遠の分枝状態、内頸動脈遠位部、脳底動脈など、本来であれば描出が難しい

位置も描出され、走行が確認できた。少しずれている場合や一部不明瞭な血管を認めた場合は、point to pointモードを併用することで、位置情報の修正が可能であった。

考察・結語：MRAフュージョン画像を用いることで、頭蓋内動脈の走行を視認しつつTC-CFIで血流を描出できた。このことは、狭窄例においても狭窄範囲、狭窄の程度をMRAで視認し、TC-CFIを用いて狭窄部位の血流情報を抽出することに応用できると考える。たとえ明瞭に描出することが困難と思われる症例でも、一部の血管が描出できれば、フュージョン画像を用いて全容を把握することが期待できる。

Improvement of transcranial ultrasonography rendering sensitivity using MRI fusion images

Hirotochi HAMAGUCHI¹, Maiko SUDO², Junko MIYAMOTO², Syugaku KIDOWAKI²

¹Department of Neurology, Kita-harima Medical Center, ²Ultrasound Business Group, Philips Japan, Ltd.

93-血-029

血管機能改善効果に関与する因子の検討：脂質異常症での解析

竹本 恭彦¹, 則岡 直樹², 岩田 真一²¹大阪市立大学大学院医学研究科 総合医学教育学 / 総合診療センター, ²大阪市立大学大学院医学研究科 循環器内科学

【目的】

血管機能障害、なかでも血管内皮機能障害は、将来の心血管イベントにつながる動脈硬化進展の最も初期の段階で生じる。エイコサペンタエン酸は、血管内皮機能を改善し、心血管イベントを抑制することが報告されている。しかしながら、そのような好ましい効果に関与する因子や機序は明らかではない。とくに高トリグリセライド血症を有し、かつ冠動脈疾患を有していない例において、エイコサペンタエン酸の血管内皮機能改善に関連する因子については、充分に明らかにされていない。

【対象】

高トリグリセライド血症を有し、かつ冠動脈疾患を有しておらず、エイコサペンタエン酸（EPA）を投与した連続47例（平均年齢59±13歳）（EPA群）を対象とした。また、EPAを投与していない年齢、性別をマッチさせた48例を、コントロール群（コントロール群）とし、比較検討した。

【方法】

高トリグリセライド血症を有し、かつ冠動脈疾患を有しておらず、EPAを投与したEPA群においては、EPA投与前に、血管内皮依存性血管拡張反応検査（flow-mediated dilatation: FMD）と血液検査を実施した。EPA投与後約6か月後にも、FMD検査と血液検査を実施した。EPA以外の薬剤投与は実施しなかった。コントロール群においては、FMD検査、血液検査を実施し、EPAは投与せず、その

他の薬剤投与も実施せず、6か月後にFMD検査と血液検査を実施した。FMD検査は、高解像度超音波装置を用い、同装置の超音波探触子で上腕動脈を描出した。前腕動脈駆血前に上腕動脈血管径を計測し、その後前腕動脈を5分間駆血し、駆血開放後少なくとも5分以上連続的に上腕動脈血管径の変化を計測した。駆血前の上腕動脈径と駆血開放後の血流増加に伴い拡張した上腕動脈血管径計測値のうちの最大上腕動脈径を用いて、血管径の変化率を算出し、FMD値とした。診療録より、各臨床因子を抽出した。EPA投与前後のFMD検査結果、各臨床因子データを用い、単変量回帰または多変量回帰分析を実施し、FMD変化と関連する因子を解析した。

【結果】

FMDは、EPA投与群において、 $4.21 \pm 1.91\%$ から $6.21 \pm 2.30\%$ ($p < 0.001$)へと、有意な増加を認めた。多変量回帰分析の結果では、EPA投与前後のFMD変化には、EPA投与前のHDL-コレステロール値とEPA投与前後のEPA/AA比の変化が、有意に関連していた。

【結論】

高トリグリセライド血症を有し、かつ冠動脈疾患を有しておらず、EPAを投与した群においては、FMDは有意に増加し、血管内皮機能が改善していることが示唆された。FMD増加には、EPA投与前のHDL-コレステロール値とEPA投与前後のEPA/AA比の変化が関与しており、EPAによる血管内皮機能改善には、EPAのHDLと血管内皮に対する直接作用が寄与している可能性が示唆された。

Examination of predictors of endothelial function improvement in patients with hypertriglyceridemia

Yasuhiko TAKEMOTO¹, Naoki NORIOKA², Shinichi IWATA²¹Department of Medical Education and General Practice, Osaka City University Graduate School of Medicine, ²Department of Cardiovascular Medicine, Osaka City University Graduate School of Medicine

93-血-030

2次元超音波計測融合血流解析システムによる橈骨動脈内の血流解析

木村 清一¹, 早瀬 敏幸², 宮内 優², 井上 浩介²¹東北大学工学研究科 ファインメカニクス専攻, ²東北大学流体科学研究所

【目的】

透析治療の際に起こる問題として脱血不良がある。脱血不良の評価は浄化のために体内から抜き出す血流量で行う方法が用いられているが、脱血不良時の詳細な血流動態は分かっていない。船本らが提案した超音波計測融合(Ultrasonic-measurement-integrated, UMI)シミュレーションをもとに、臨床応用を目指し簡便に血流動態の情報を取得する2次元UMI (2D-UMI) 血流解析システムが開発され、その汎用性が示された。本研究の目的は本システムにより橈骨動脈内の血流動態を明らかにすることである。超音波カラードブラデータを用いて血管形状を抽出するとともに血流量の推定と2D-UMI血流解析を行う。得られた2D-UMIシミュレーション結果を通常シミュレーション結果と比較する。

【方法】

解析対象は20歳代健常男性ボランティアの左手関節部を走行する橈骨動脈とした。超音波診断装置（GE Healthcare Japan, LOGIQ S8）とリニア型超音波プローブ（GE Healthcare Japan, ML6-15-D）を用いてカラードブラ計測を行い、計測データをもとに血管形状を抽出した。基礎式として非圧縮性ナビエ・ストークス方程式と連続の式を用いた。上記の基礎方程式を有限要素法により離散化し、自作のプログラムにより数値解析した。フィードバック力は超音波カラードブラデータと数値計算により得られるドブラ速度の差に比例

した外力とし、ゲインは無次元化して種々の値に設定した。入口平均流速推定は従来の黄金分割法から不動点反復法に変更した。

【結果】

カラードブラ計測結果とフィードバックゲイン44.9における血流場の2D-UMIシミュレーションによる解析結果をFig. 1に示す。ドブラ速度分布、速度ベクトル分布ともに2D-UMIシミュレーションは通常シミュレーションに比べて複雑な血流動態を示した。

【結論】

超音波計測データと2D-UMIシミュレーションおよび通常シミュレーションの解析結果を比較した結果、2D-UMIシミュレーションは計測されたドブラ速度分布に近い計算結果が得られることが分かった。本解析が血流場を用いた新たな脱血不良の診断法の開発に繋がることが期待される。

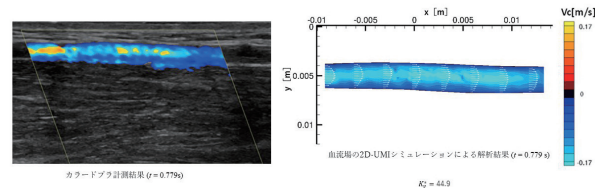


Fig. 1 計測結果と解析結果

Two-dimensional-ultrasonic-measurement-integrated blood flow analysis for the radial artery

Seiichi KIMURA¹, Toshiyuki HAYASE², Suguru MIYAUCHI², Kosuke INOUE²¹Fine Mechanics, Tohoku University, ²Institute of Fluid Science, Tohoku University

菅野 尚哉, 安齋 快人, 西條 芳文
東北大学 大学院医工学研究科医工学専攻

【背景・目的】

超音波を用いた診断は、侵襲性が低いことと時間分解能が高くリアルタイム診断が可能であることから、広く用いられている診断モダリティである。しかしながらドプラ効果を用いて血流速度を推定するカラードプラ法は、計測可能な速度方向に制限があり、超音波ビーム方向に垂直な速度成分の計測を行うことは不可能である。超音波送信を2方向に行うことにより送信角度の幾何学的関係から2次元速度ベクトルの推定が可能である。また、素子がマトリクス状に配置されている2Dマトリックスアレイトランスデューサは、任意の方向にフォーカシングおよびステアリングを行うことが可能であることから、一度の超音波送受信で3次元空間の超音波イメージの取得を行うことが可能である。本発表の目的は、2Dマトリックスアレイトランスデューサを用いた3次元空間の血流速度ベクトル推定を行うことである。

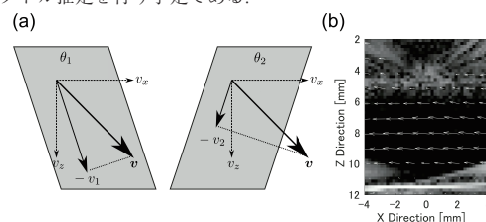
【方法】

直線流ファントムを用いて血流ベクトル推定を行った。計測には、中心周波数7.5 MHzの1024ch 2Dマトリックスアレイトランスデューサ (Vernon社製) を用いた。超音波データの取得には、プログラマブル超音波送受信装置 (Vantage 256 system, Verasonics) を用い、パルス繰り返し周波数4 kHzで超音波を送信した。B-mode画像作成用に256素子ずつ平面波送信を行い、合計16回超音波を送受信してイメージを作成した。また、 $\pm 10^\circ$ の2方向の平面波を16回ずつ送信して1次元血流速度を計測し、図 (a) の幾何学的関係を用いて2次元ベクトルを推定した。使用した模擬血流ファントムは、外径7.5 mmの直線流路を持つ15 wt%ポリビニルアルコール (PVA) ファントムを作成し、10 wt%グリセリン水溶液を模擬血液として定常流ポンプを用いて模擬血流を作成した。

【結果・考察】
計測された結果を図 (b) に示す。流路の中心部分が高速で壁に近い部分が低速である最大流速が約7 cm/sの流れが推定された。計測結果の評価のため、Particle Image Velocimetry (PIV) 法を用いた流速分布をもとに精度検証を行ったところ、中心部分の流速の速い領域で10%程度、壁付近の低速な部分では数十%程度の誤差であった。推定精度の向上には、送受信シーケンスの改善が必要であると考えられる。

【結論】

3次元空間の2次元速度ベクトルの可視化が可能であったが、推定精度向上が課題である。今後は、流体力学的手法を組み合わせることにより、3次元血流速度ベクトル推定を行う予定である。



Visualization of blood flow by dual angle transmission with 2D matrix array transducer

Naoya KANNO, Kaito ANZAI, Yoshifumi SAIJO

Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

古屋 敦宏, 内田 大貴, 菊地 信介, 桒窪 藍, 東 信良
旭川医科大学 外科学 血管外科学分野

下肢バイパス手術を必要とする下肢閉塞性動脈硬化症の患者背景として、従来からの加齢性の動脈硬化進行に加え、近年は生活習慣の変化に伴い、糖尿病や慢性透析治療患者がその多くを占めるようになってきている。このような背景変化に伴い、冠動脈疾患や頭頸部血管疾患の合併 (poly vascular disease と呼ばれる) が以前より増えてきており、周術期および遠隔期の治療成績や生命予後を左右する要因となっている。

下肢閉塞性動脈硬化症に対する下肢バイパス手術の目標は、下肢虚血領域に対する確実かつ長期的に安定した血行再建を達成することにある。特に、重度の下肢虚血により足部の潰瘍・壊死病変を伴う症例では、足部創傷が完治するまでの長期的な血流維持が不可欠で、バイパスグラフト不全による血流不全は、足部創傷治療の完遂を妨げる重大な要因となる。

このような条件の中で超音波診断の果たす役割は、下肢バイパス手術の周術期における機能評価と、下肢バイパス実施後の遠隔期における機能評価に分類することが出来る。

周術期における超音波診断の役割は多彩で、術前にはpoly vascular diseaseの背景から、心臓機能評価や頸動脈評価を標準的に実施している。またバイパス手術に用いる自家静脈グラフトの採用部位の決定のため、下肢の伏在静脈や上肢の皮静脈血管に対し、血管口径や壁異常部位の有無、double systemなどの走行異常について評価している。さらに宿主動脈のバイパス吻合動脈の病変の有無についても評価することで、最終的にバイパス手術領域の術前予測が可能となる。術中にも

皮膚切開部位を決めるために、下肢や上肢の自家静脈採取予定部位の血管走行や合流枝などを超音波を用いてマッピングし、さらに末梢動脈吻合部予測部位のマッピングを行うことで、確実かつ円滑な下肢バイパス手術の実施が可能となる。

下肢バイパス手術実施後は、約一週間後に超音波によるバイパスグラフトの形態的、機能的評価を実施し、グラフト狭窄や静脈弁破壊不全、合流枝遺残による動静脈瘻形成、動脈吻合部形態、グラフト血流を評価し、何らかの異常所見があれば追加のグラフト修復治療を実施する。その後も3～6か月間隔での評価を継続し、バイパスグラフトの機能評価に加えバイパスグラフト機能に影響を及ぼす宿主動脈の病変進行の有無についても評価している。

2019年中に113例131肢の下肢バイパスグラフトに対し、超音波診断でのバイパスグラフト機能評価を総計255回実施している。同期間中にグラフト失調または不全の診断で25例に対し総計46回のグラフト修復または追加再建術を実施し、このうち34回 (73.9%) の診断が超音波によるものであった。

下肢バイパス手術を受けた患者の長期的な社会復帰を担保するうえで、バイパスグラフト機能の保持は欠かせない条件である。超音波診断により、早期にグラフト失調を発見することで、グラフト不全となる前に修復治療介入を実施することができるため、超音波診断はバイパスグラフト機能の長期維持に欠かすことの出来ない重要な評価診断方法であると考えている。

The roles of ultrasonography for the patient who required revascularization of peripheral artery disease during perioperative and follow up period

Atsuhiko KOYA, Daiki UCHIDA, Shinsuke KIKUCHI, Ai TOCHIKUBO, Nobuyoshi AZUMA

Department of Vascular Surgery, Asahikawa Medical University

93-血-033

補正角度の違いによる PSV,PSVR への影響についての検討

林 愛子¹, 山岡 輝年², 榎 美奈¹, 青木 駿¹, 宮内 隆光¹, 高橋 志津¹, 谷本 理香¹, 松田 大介², 本間 健一², 高野 英樹¹

¹松山赤十字病院 検査部, ²松山赤十字病院 血管外科

【目的】

末梢動脈疾患の診断において下肢動脈超音波検査は重要な役割を果たしている。特に狭窄部の評価に用いられている PSV(peak systolic velocity), PSVR(peak systolic velocity ratio)は日常臨床の現場のみならず、特に大腿-膝窩動脈の血管内治療で用いられるステントやバルーンなどのデバイスの有効性評価の定量的な指標として用いられている。しかし、この指標はドプラ機能を用いて血流速度を得ており、多くの症例において入射角度が生じるため角度補正機能を用いる必要がある。そのため角度補正機能による血流速度値への影響は避けられない。今回は補正角度の違いによる PSV, PSVR 値への影響について検討したので報告する。

【方法】

対象症例は2018年6月から2019年9月まで当院において、下肢動脈超音波検査で評価した大腿膝窩動脈の31病変(内訳はde novo病変/ステント内再狭窄病変=27/4, 単一病変/複数病変=11/20)を対象とした。超音波診断装置はHITACHI社製AviusもしくはNoblusを用い、リニア型プローブを使用した。検査は下肢動脈超音波検査の経験豊富な検者7人により行われた。ドプラ計測は病変部と同部位から中樞側の非病変部について補正角度を45度と60度に設定しそれぞれ計測を行い、同じ補正角度同士でPSVRを算出した。加えてそれぞれの補正角度での血流波形より平均血流速度値(mV)を求め、mVから

の血流比(mVR)も算出し、補正角度別にt検定により比較検討した。ドプラ波形が不明瞭、不鮮明なものについては評価から除外した。

【結果】

病変部PSV(45: 60度 [226±70: 302±105cm/sec, p<0.0001]), 非病変部PSV(45: 60度 [71±26: 89±37cm/sec, p<0.0001]), PSVR(45: 60度 [3.7±2.0: 4.2±2.7, p=0.018])で補正角度60度による計測が有意に高値であった。病変部mV(45: 60度 [92±54: 115±72cm/sec, p<0.0001]), 非病変部mV(45: 60度 [25±14: 31±19cm/sec, p<0.0001])でも補正角度60度が有意に高値であったが、mVRは(45: 60度 [4.2±2.4: 4.4±2.8, p=0.416])有意差を認めなかった。

【考察】

ドプラ計測での補正角度は60度以内に設定することは広く推奨されているが、具体的な設定角度を明示しているものは少ない。検討結果より PSV は日常臨床の検査の際に設定されることが多い60度と45度の比較で有意に60度が大きく、PSVRにも有意差を生じていた。これらの結果から計測値の精度・再現性を向上させるためには、同じ補正角度で計測することが必須であり、病変の重症度評価にも影響することが示唆された。また複数施設による検討の際にはドプラ計測の詳細な条件統一が重要であると考えた。角度補正機能は他の血管超音波検査でも使用されており、それぞれの領域の重症度評価への影響の有無を検討する必要があると考えられた。

Effect of angle collection on PSV and PSVR

Aiko HAYASHI¹, Terutoshi YAMAOKA², Mina ENOKI¹, Syun AOKI¹, Takamitsu MIYAUCHI¹, Shizu TAKAHASHI¹, Rika TANIMOTO¹, Daisuke MATSUDA², Kenichi HONMA², Hideki TAKANO¹

¹Ultrasound Laboratory, Japanese Red Cross Society Matsuyama Hospital, ²Department of Vascular Surgery, Japanese Red Cross Society Matsuyama Hospital

93-血-034

エコーによる腹部大動脈瘤径の計測法についての検討

船水 康陽¹, 三木 俊¹, 佐々木 絵理奈¹, 遠藤 洋一¹, 真部 美穂¹, 藤村 聖子¹, 藤原 淳子¹, 工藤 由美子¹, 三木 未佳¹, 後藤 均²

¹東北大学病院 生理検査センター, ²東北大学病院 総合外科

【目的】

腹部大動脈瘤 (Abdominal Aortic Aneurysm: AAA) の瘤径は手術適応を決める重要な因子でありCTによる評価が行われている。しかし経過観察を行う場合、CTは造影剤の使用や被曝の影響を受けるなど侵襲的な検査法であり、また医療費の観点からもエコーでの代用が望まれる。

エコーによるAAAの瘤径を計測する際の課題として、CTでは瘤壁の外側から外側までの距離を計測するが、エコーでは一般的に瘤壁の内側から内側までの距離で計測するためCTより小さく計測される。

そこで、エコーで計測する際にも瘤壁の外側から外側の距離を計測することでCTの瘤径に近い値となりエコーがCTの代用と成り得るのか検討した。

【対象と方法】

当センターで大動脈エコーの依頼があった未手術のAAAの経過観察中の患者およびEVAR (Endovascular aneurysm repair) 術後の経過観察中の患者でエコーとCTを同日に施行した47例を対象とし、エコーにてAAAの瘤径を心収縮期 (血管拡張期) の時相で瘤壁の外側から外側と内側から内側をそれぞれ計測し同日行ったCTと瘤径の比較および瘤径の差の比較を行った。また、AAAの開腹術中の患者3例を対象としAAAに直接プローブをあて瘤壁の比較的薄い部分と比較的厚い部分の2か所の壁厚を計測した。また、1例のみではあるが手術により摘出したAAAの瘤壁の一部を2か所 (瘤壁の比較的薄い部分、瘤壁の比較的厚い部分) を病理に提出し瘤壁の厚さや組織学的診断を行った。

【結果】

瘤径の平均値はCTでは45.3mm (±16.1mm) であったが、エコーでは瘤壁の外側から外側の計測で45.4mm (±16.7mm)、内側から内側の計測で42.5

mm (±16.4mm) であり、CTを基準とした瘤径の差の平均値は瘤壁の外側から外側の計測で0.1mm (±3.3mm)、内側から内側の計測で-2.8mm (±3.5mm) と瘤壁の外側から外側で計測した場合の方がCTの瘤径に近いことが示された。また、AAAの開腹術中に施行した瘤壁厚の平均は比較的薄い部分で1.1mm (±0.3mm)、比較的厚い部分で1.9mm (±0.4mm) であった。手術により摘出したAAAの瘤壁は膨化するため参考値であるが病理組織診断では瘤壁の比較的薄い部分の瘤壁厚は全層で6mm (中膜がほとんど消失しており計測できず)、瘤壁の比較的厚い部分の瘤壁厚 (最大) が8mm (内膜: 1.2mm, 中膜: 0.6mm, 外膜: 2.0mm周囲脂肪組織も含む) という報告だった。以上より瘤壁の外側から外側で計測した場合より内側から内側で計測した場合では数mm程度CTより小さく計測されることが示された。

【考察】

日本超音波医学会より公示されている「超音波による大動脈・末梢動脈病変の標準的評価法」の動脈径の計測の項では計測ポイントが内膜間距離または外膜間距離と記載されており、外膜間距離の解釈の相違により瘤壁の外側から外側で計測している施設と瘤壁の内側から内側で計測している施設があり計測ポイントが統一されていない課題がある。現在、新たに超音波による大動脈病変の標準的評価法2020 (案) が作成中であるが今回の検討によりエコーによるAAA瘤径の計測法を検討する一助になれば幸いである。

【結論】

エコーによるAAA瘤径の計測法は、心収縮末期の時相、且つ瘤壁の外側から外側の部位で行う事でよりCTに近い値で計測可能となりCTの代用として役立つと思われる。

Study on measurement method of abdominal aortic aneurysm diameter by ultrasonography

YASUHARU FUNAMIZU¹, TAKASHI MIKI¹, ERINA SASAKI¹, YOICHI ENDO¹, MIHO MANABE¹, SYOKO FUJIMURA¹, JYUNKO FUJIWARA¹, YUMIKO KUDO¹, mMIKA MIKI¹, HITOSHI GOTO²

¹Clinical Physiological Laboratory, Tohoku University hospital, ²General surgery, Tohoku University hospital

村田 桃子¹, 田尻 和子², 内藤 博之¹, 飯田 典子¹, 中島 英樹¹, 南木 融¹, 呉 龍梅³, 石津 智子⁴, 川上 康⁴, 家田 真樹²

¹ 筑波大学附属病院 検査部, ² 筑波大学 医学医療系循環器内科, ³ 筑波大学附属病院 循環器内科, ⁴ 筑波大学 医学医療系臨床検査医学

【はじめに】

末梢型深部静脈血栓症 (deep vein thrombosis [DVT]) に対する抗凝固療法の必要性は議論が分かれているが, 肺血栓塞栓症 (pulmonary thromboembolism [PTE]) に対しては無症候性であっても抗凝固療法が推奨される。そのため末梢型DVTと診断した際に, PTEの有無を診断することは治療方針に大きく影響する。

【目的・対象】

末梢型DVTにPTEを合併する要因および特徴について検討すること。対象は2014年1月から2018年12月の期間に当院で超音波検査を受け, 末梢型DVTと診断された患者のうち, PTE既往症例を除外した患者179名 (平均年齢68.8±13.1歳, 女性118名[65.9%], がん患者90名[50.3%])。

【結果】

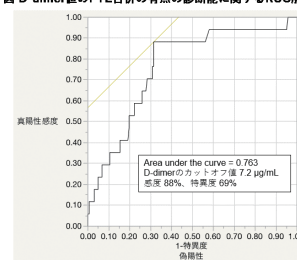
23名 (12.8%) が末梢型DVT診断後1週間以内にPTEも診断された。ロジスティック回帰分析を行ったところ, 女性 (OR 3.93 [1.05-14.76], P=0.043) とがん患者 (OR 3.15 [1.06-14.76], P=0.040) はPTEを合併しやすいことが明らかになった。また, 両下腿にDVTを認める場合, 左のみ (OR 6.11 [1.38-27.03], P=0.017) あるいは右のみ (OR 3.59 [1.01-12.83], P=0.049) よりPTEを合併しやすく, 超音波検査で血栓周囲に血流を認めない症例でよりPTEを合併していた (OR 2.83 [1.01-7.91], P=0.047)。また, 17名(9.5%)は無症候性の

PTE合併であったが, 非合併群に比べてD-dimer (DD)は高値を示していた(17.7±19.6 vs 7.2±7.3, P<0.001)。DD値のPE合併の診断能についてROC解析ではarea under the curve 0.763 (DDのカットオフ7.2: 感度88%, 特異度69%)と高い診断能が示され(図), 両下腿DVTの有無と組み合わせることによってより高い特異度を示した(表)。

【結論】

女性, がん患者, 両側DVT症例, 血栓周囲血流を認めない症例では末梢型DVTにPTEを合併する可能性がある。また, PTE合併の鑑別にはD-dimerと両側DVT症例か否かが有用である。

図 D-dimer値のPTE合併の有無の診断能に関するROC解析



表

	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
D-dimer ≥ 7.2 µg/mL	88%	69%	23%	98%
両側DVT	71%	69%	16%	95%
D-dimer ≥ 7.2 µg/mLかつ両側DVT	59%	83%	27%	95%

A study of factors complicating pulmonary thromboembolism with isolated distal deep vein thrombosis

Momoko MURATA¹, Kazuko TAJIRI², Hiroyuki NAITO¹, Noriko IIDA¹, Hideki NAKAJIMA¹, Toru NANMOKU¹, Longmei WU³, Tomoko ISHIZU⁴, Yasushi KAWAKAMI¹, Masaki IEDA²

¹Department of Clinical Laboratory, Tsukuba University Hospital, ²Department of Cardiology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba, ³Department of Cardiology, Tsukuba University Hospital, ⁴Department of Clinical Laboratory Medicine, University of Tsukuba

田中 信悟^{1,2,3}, 阿部 記代士², 安井 謙司², 大場 騰², 大久保 亜友美², 小林 千紘², 齋藤 和², 柳原 希美^{1,2}, 高橋 聡^{1,2}, 加藤 淳二³

¹ 札幌医科大学医学部 感染制御・臨床検査医学講座, ² 札幌医科大学附属病院 検査部, ³ 札幌医科大学医学部 腫瘍内科学講座

【背景】致死性の疾患とされる肺血栓塞栓症(PTE)の塞栓源の約90%は深部静脈血栓症(DVT)であり, DVT発症リスクの高いがん患者に対するDVTスクリーニング検査は医療安全の面からも重要とされている。がん患者において画像診断以外に確立されたDVTスクリーニング検査は存在せず, 多くの施設で下肢静脈エコー検査数が増加している。しかし, すべてのがん患者に対して下肢静脈エコー検査を行うことは非現実的であり, 症例の選別が必要となる。【目的】当院検査部におけるがん患者に対する下肢静脈エコー検査の実施状況を解析し, がん患者におけるDVT発症のリスク因子について検討する。【対象と方法】2018年10月1日から2019年9月30日までに, 当院検査部で下肢静脈エコー検査が施行されたがん患者179症例を対象とした。下肢静脈エコー検査方法およびDVTの診断は日本超音波医学会の標準的超音波診断法に従った。Dダイマー値はLPIAジェネシス Dダイマー (LSIメディエンス, cut off値: 1.00 µg/ml)を用いて測定した。【結果】がん患者179例の年齢中央値は69歳(12-89), 女性が95症例(53%)であった。下肢静脈エコー検査で39症例 (22%) にDVTを認めた。DVTの発生部位は中枢型4症例, 末梢型35症例で, 両下腿18症例, 右下腿のみ12症例, 左下腿のみ9症例であった。がんの原発部位別DVT発症率は食道がん(3/20, 15%), 胃がん(4/26, 15%), 大腸がん(1/21, 5%), 肝細胞がん(0/11, 0%), 膵臓がん(1/6, 17%), 子宮体がん(5/22, 23%), 子宮頸がん(3/5, 60%), 卵巣がん(4/13, 31%), 脳腫瘍(4/10, 40%), 悪性リンパ腫(6/10, 60%)であった。DVTを発症した39症例のうち3症例(8%)においてはDダイマーがcut off値未満であった。DVT発症リスクについて年齢, 性別, BMI, Performance Status(PS), 病期, 組織型(腺癌), 治療経過(診

断時/治療中・後), 喫煙歴, 脳血管障害の既往, 輸血歴, カテーテル留置, Wells score, Khorana score(原発部位, 血小板数, ヘモグロビン濃度, 白血球数, BMI), CRP値, Dダイマー値について解析したところ, 単変量解析では70歳以上(オッズ比OR 2.31, p=0.03), 女性(OR 2.06, p=0.06), PS2以上(OR 3.98, p<0.01), Dダイマー 3.5 µg/ml以上(OR 3.30, p<0.01)がDVT発症のリスク因子となった。これらの因子を用いた多変量解析の結果, 女性(OR 2.86, p=0.01)とDダイマー 3.5 µg/ml以上(OR 2.72, p=0.03)が独立したDVTリスク因子として抽出された。【考察】当院での下肢静脈エコー検査の現状として, 原発部位からは消化器がんと婦人科がんが全体の約70%を占め, 診療科によりDVTについての意識差があるものと思われた。DVT発生部位について中枢型が4症例のみであり, PTE疑い症例や有症状例においては造影CT検査が優先して行われている可能性が考えられた。本検討においてがん患者におけるDVTのリスク因子と想定されていた病期, 治療経過 (術後を含む), Khorana scoreにおいて結果が示されず, がん患者に特異的なDVTリスク因子の抽出には至らなかった。一般的なDVTにおいて年齢はリスク因子の1つとされるが, 加齢によって複数の因子が増強されるためと考えられている。多変量解析で高齢がリスク因子として除外された本研究の結果は, その仮説と一致するものと考えられる。性別については女性がリスク因子とする報告が多いが, コンセンサスは得られていない。がん患者を対象とした本検討においても女性が独立したDVT危険因子として抽出されたが, 理由についてはさらなる検討が必要と考える。【結語】女性でDダイマー高値を呈するがん患者に対しては積極的に下肢静脈エコー検査を施行すべきである。

Current status of lower limb venous ultrasonography and risk factors of DVT for cancer patients

Shingo TANAKA^{1,2,3}, Kiyoshi ABE², Kenji YASUI², Noboru OHBA², Ayumi OKUBO², Chihiro KOBAYASHI², Nagomi SAITO², Nozomi YANAGIHARA^{1,2}, Satoshi TAKAHASHI^{1,2}, Junji KATO³

¹Department of Infection Control and Laboratory Medicine, Sapporo Medical University School of Medicine, ²Division of Laboratory Medicine, Sapporo Medical University Hospital, ³Department of Medical Oncology, Sapporo Medical University School of Medicine

93-血-037

超音波ガイド下静脈路確保による悪性腫瘍補助薬物療法の安全性・有用性の検討

柏倉 由実

済生会松阪総合病院 乳腺外科

【目的】

大腸癌術後補助療法などで用いられるオキサリプラチンは、薬物投与時の血管痛や末梢神経痛の出現頻度が比較的高く、その発現機序は明らかではないものの、pHや浸透圧、薬剤自体による刺激などの影響が考えられている。血流量の多い血管に投与することで、薬剤が流れやすくなると考えられるため、前腕のできるだけ太い血管を選択して投与するよう推奨されているが、それでも血管痛の扱いに苦慮することがある。

悪性腫瘍術期化学療法中の患者に対する、超音波ガイド下静脈路確保の安全性・有用性について検討する。

【対象と方法】

①健常ボランティア5人（男性1人・女性4人）で、20Gルート留置を行う前提で医師・看護師3人が合議のもとに選択した前腕皮静脈と、尺側皮静脈の血管径を短軸および長軸像の超音波画像上で計測し比較した。

②大腸癌術後補助療法としてオキサリプラチンの投与を受けている、目視下の静脈路確保が困難である、または強い血管痛がある患者6人を対象に、尺側皮静脈に対し長軸法の超音波ガイド下に51mm長20Gサーフロで静脈路確保を行い、計9回薬物投与を施行した。目視下および超音波ガイド下に穿刺した血管の位置および血管径・穿刺回数・合併症の有無・疼痛の変化について調査した。

【結果】

①前腕皮静脈の血管径：短軸/長軸3.4-5.2/3.1-4.8mm（平均4.2/3.8mm・中央値4/3.6mm）、尺側皮静脈の血管径：短軸/長軸5.1-7.5/4.5-6.6mm（平均6.3/5.9mm・中央値6.4/6.2mm）尺側皮静脈は皮下3.2-7.4mm（平均4.4mm・中央値4.1mm）の位置で確認できた。

②目視下で穿刺していた皮静脈の血管径：短軸/長軸1.4-5.3/1.4-3.3mm（平均3.1/2.3mm・中央値3.0/2.3mm）、穿刺した尺側皮静脈の血管径（長軸像で計測）：2.4-6.2mm（平均4.6mm・中央値5.1mm）。ルート刺入部は長軸像計測で皮膚から3.7-9.8mm（平均6.5mm・中央値6.4mm）の皮下であった。穿刺回数は1-2回（平均1.4回）。穿刺時の神経損傷や薬剤漏出による血管炎・血管痛は認められなかった。6人中5人が目視下の静脈路確保での薬物投与時に血管痛を訴えていたが、尺側皮静脈での投与時には血管痛を訴えた患者は1人もいなかった。

【考察】

尺側皮静脈は前腕皮静脈と比べると、健常人・悪性腫瘍加療中の患者ともに、約2mm太く、また中枢側にあることから血流は豊富と想像できる。皮下5-10mm程度と比較的浅い位置を走行している血管で、目視での確認は難しい一方、超音波下では容易に確認でき、手技も比較的容易である。小数例ではあるが全例で血管痛の改善が得られており、悪性腫瘍薬物療法時の血管痛対策として有用と考える。

Usefulness of ultrasound-guided intravenous line placement for patients undergoing chemotherapy

Yumi KASHIKURA

Breast Surgery, Saiseikai Matsusaka General Hospital

93-血P-001

東北メディカル・メガバンク計画（宮城）における頸動脈エコーについて

寶澤 篤，土屋 菜歩，中村 智洋，宇留野 晃，栗山 進一，菅原 準一，呉 繁夫，布施 昇男，山本 雅之

東北大学 東北メディカル・メガバンク機構

【背景・目的】

東日本大震災後に開始された東北メディカル・メガバンク（TMM）計画地域住民コホート（宮城）のベースライン（2013-2016年）データにおいて約18,000件の頸動脈エコーの測定が実施されている。2017年6月より開始された詳細二次調査においても頸動脈エコー測定が実施されており、情報の蓄積中である。今回は、上記調査の進捗とこれまでの成果について紹介する。

【方法】

TMM計画地域住民コホート（宮城担当分）は、2013年から2016年のベースライン調査において、宮城県内に住民票のある20歳以上の者を対象としてリクルートを実施した。頸動脈エコーを測定したのは、県内7箇所に設置した当機構の地域支援センターにて頸動脈エコーをはじめとした各種検査に参画した者である。調査参加者は、特定健診会場でTMMコホート調査に参加したのちに地域支援センターに改めて訪れて詳細検査を受けた者（約3,000人）と、地域支援センターに直接訪問して調査を受けた者（約14,000人）に大別される。頸動脈エコーはGM-72P00A（パナソニック社）を用いて測定した。頸動脈内膜・中膜厚（IMT）については、自動計測され精度が比較的担保される一方、測定エラーも発生するため、外れ値については担当者が再確認を行っている。頸動脈エコーのほかには、体組成、随時血圧、中心血圧、眼底、呼吸機能、握力、口腔内診査のデータも揃えている。これらのデータは2019年度末までに分譲を開始する予定である。また、2017年6月からは地域住民

コホート全員に対し、地域支援センターにおける詳細型検査受診の声がけを進めている。ところで、2019年11月までにベースラインにおいて詳細検査を受けた者の約8割が頸動脈エコーを含む詳細検査を受けている。さらに、ベースライン調査では詳細な検査を受けていなかった者も10,000人以上が詳細な検査を受けており、総計約25,000人の頸動脈エコーの情報が収集されている。今回は地域支援センターにおいて頸動脈エコー並びに採血を実施した14,324人分の分析結果を紹介する。IMTと年齢・性・血圧・血糖・総コレステロール・HDLコレステロール・喫煙・BMIとの関連について分析を行った。解析は共分散分析を用いた。

【結果】

IMTは年齢が高いこと、男性であること、Body Mass Indexが高いこと、収縮期血圧が高いこと、総コレステロールが高いこと、HDLコレステロールが低いこと、喫煙歴があること、血糖値が高いこととそれぞれ独立に有意に関連していた。男女別の解析を実施しても傾向に変化はなかった。

【結論】

東北メディカル・メガバンク計画地域住民コホート（宮城）において頸動脈エコーの縦断的データの収集を進めている。断面調査の結果において既知の危険因子との明瞭な関連が得られており、極めて上質なデータベースが構築されたと考えている。なお、当機構のベースラインデータについては、2019年度末までに分譲を開始する予定であり、広く活用していただければと思っている。

Carotid Echography meaured in Tohoku Medical Megabank Project

Atsushi HOZAWA, Naho TSUCHIYA, Tomohiro NAKAMURA, Akira URUNO, Shinichi KURIYAMA, Junichi SUGAWARA, Shigeo KURE, Nobuo FUSE, Masayuki YAMAMOTO

Tohoku Medical Megabank Organization, Tohoku University

93-血P-002

OCT で診断した急性心筋梗塞の発生機序と頸動脈プラークとの関連性

山田 雅大, 西崎 史恵, 遠藤 知秀, 花田 賢二, 横山 公章, 横田 貴志, 富田 泰史
弘前大学 循環器内科

【背景】

近年、冠動脈のイメージングモダリティの発展により実臨床においても急性心筋梗塞 (AMI) の発症機序が plaque rupture (PR), plaque erosion (PE), calcified nodule に分類可能となった。また、AMI 発症機序と全身性動脈硬化との関連性は明らかでない。

【目的】

AMI の発症機序によって頸動脈プラークの形態や分布に違いがあるかを検討する。

【方法】

2013年2月から2014年12月までの期間で発症12時間以内に経皮的冠動脈形成術を光干渉断層法 (OCT: Optical coherence tomography) ガイド下に施行し、冠動脈閉塞の成因診断が可能であったAMI症例を対象とした。OCTによりPRによるAMIと診断した50症例 (PR群) とPEによるAMIと診断した40症例 (PE群) の臨床的背景と入院時頸動脈エコー所見を比較検討した。

【結果】

両群間において年齢、性、BMI、高血圧症、脂質異常症、糖尿病等の基礎疾患に有意差はなく、eGFRや高感度CRPにも差を認めなかった。PR群ではpeak CPKとBNPが高値であり、心エコーでのLVEFは低値であった。頸動脈エコー所見では9割以上の症例で頸動脈プラークを認めた。プラークの輝度や内部の不均一性、表面不整の

有無などプラークの性状には両群間に差を認めなかったが、PR群ではPE群に比べ両側複数のプラーク保有率が有意に高く、最大プラーク厚 (2.3mm vs 1.7mm) とプラークスコア (6.6 vs 4.7) が高値であった ($p < 0.05$)。ロジスティック回帰分析では両側複数プラーク保有 (odds ratio 3.0, 95%CI 1.1-8.3) と最大プラーク厚 (odds ratio 1.9/mm, 95%CI 1.1-3.5) は共に独立したPRの規定因子であった。

【結語】

PRによるAMI症例はPEによる症例と比べ頸動脈プラークの不安定性が強いとは言えないが、より進行したプラークを有していた。

Relationship between the mechanism of acute myocardial infarction diagnosed by optical coherence tomography and carotid plaque morphology

Masahiro YAMADA, Fumie NISHIZAKI, Tomohide ENDO, Kenji HANADA, Hiroaki YOKOYAMA, Takasi YOKOTA, Hirofumi TOMITA
Department of Cardiology, Hirosaki University

93-血P-003

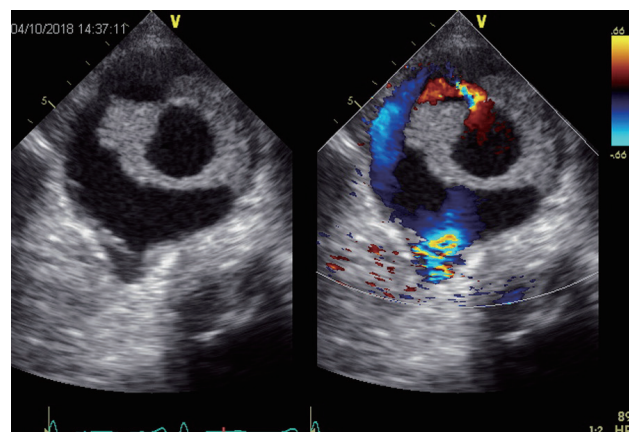
心不全症状にて発見された下大静脈へ穿破した右総腸骨動脈瘤の1例

齊藤 江里香¹, 赤坂 和美², 長多 真美², 中森 理江², 河端 奈穂子², 佐渡 正敏², 藤井 聡¹

¹旭川医科大学病院 臨床検査医学, ²旭川医科大学病院 臨床検査・輸血部

症例は60歳代男性。糖尿病と肺気腫のため近医にて加療を受けていた。2年前に前医で施行したCTにて腹部大動脈瘤を認めたが、手術適応はないと判断され、経過観察されていた。半月前に喘鳴が出現し、近医にて内服加療を受けたが改善せず、前医を受診した。腹部大動脈瘤と一部解離を伴う両総腸骨動脈瘤、肺高血圧とBNP上昇を認め、腎機能障害と肝機能障害の進行もあり、当院血管外科へ転院搬送された。胸部X線写真では心拡大と右胸水を認めた。心臓超音波検査では、左室は過収縮傾向を呈しており、下大静脈、肝静脈と右心系の拡大、中等度～高度の三尖弁逆流と肺高血圧所見を認めた。右総腸骨動脈瘤はentryを伴って解離しており、偽腔から静脈へのシャント血流を確認できた。CTでは右総腸骨動脈瘤の径は78mmであり、瘤内に血栓と解離を認め、下大静脈の拡張と3D-CTAでの早期描出から下大静脈へ穿破していると考えられた。腹部大動脈瘤の径は68mm、左総腸骨動脈瘤の径は34mmであった。動静脈シャントによる右心系の血流増加に伴う心不全を合併した。巨大腸骨動脈瘤と考えられた。同日、経皮的ステントグラフト内挿術が施行された。術前のトランスアミナーゼ値は約1100 IU/L、eGFR 32 ml/min/1.73m²であったが、術後はともに正常化した。術後の心臓超音波検査では下大静脈と右心系の拡大は認めず、右室圧も正常化した。術前に偽正常化していた左室流入血流速波形は弛緩障害型となった。動脈瘤の下大静脈穿破は稀であるが、超音波検査による評

価ができた症例を経験したため、文献的考察を含めて報告する。



A case of right common iliac artery aneurysm perforated into the inferior vena cava discovered with heart failure

Erika SAITO¹, Kazumi AKASAKA², Mami OSADA², Rie NAKAMORI², Naoko KAWABATA², Masatoshi SADO², Satoshi FUJII¹

¹Department of Laboratory Medicine, Asahikawa Medical University, ²Medical Laboratory and Blood Center, Asahikawa Medical University Hospital

93-血P-004

腎動脈エコー検査による腎動脈血流評価と年齢・腎機能・血圧との関連について

阿部 倫明¹, 赤石 哲也¹, 石沢 興太¹, 三木 俊², 三木 未佳², 船水 康陽², 新谷 香織², 高山 真¹, 石井 正¹¹東北大学病院 総合地域医療教育支援部門, ²東北大学病院 生理検査センター

【目的】

腎動脈エコー検査は腎動脈狭窄症の診断に有用であるだけでなく、最近では腎機能の評価にも有用である可能性が示唆されるようになった。その腎内血流の有用性を検証するため単施設の後ろ向き観察研究を行った。

【対象】

2007年に東北大学病院を受診し腎動脈エコー検査を施行された慢性腎臓病（CKD）患者204人。

【方法】

腎動脈エコー検査による評価項目（腎サイズ・最大収縮期血流速度・拡張末期血流速度・血管抵抗）、および年齢・腎機能（Cr eGFR）・血圧とのdemographic解析を行った。

【結論】

年齢は腎機能や腎サイズ、大動脈血流速度と負の相関が認められ、腎内動脈血管抵抗と正の相関が認められた。CKD Stageが悪化するとともに年齢、大動脈血流速度は低下傾向が認められたが、Stage G5ではJ型効果が生じた。この理由として、Stage 5Gには年齢に依存しない腎疾患による末期腎不全患者が含まれたことが考えられた。また腎機能と腎内動脈の血管抵抗と負の相関が認められ、拡張末期血流と正の相関が認められた[PLoS One. 2019]。

次に詳細に腎内血管抵抗と血圧指標との関係を検討した結果、拡張

張期血圧・脈圧差・収縮期血圧と拡張期血圧との比(D/S比)が有意に相関したが、そのうちD/S比がもっとも強く相関した[J Hum Hypertens. 2019]。

以上の検討により腎動脈エコー検査はリアルタイムの腎機能の評価するのに有用であると考えられた。末期腎不全の予後因子になるかどうかについては今後さらなる検証が必要である。

The relevance based between renal doppler ultrasonography and age, renal function and blood pressure

Michiaki ABE¹, Tetsuya AKAISHI¹, Kota ISHIZAWA¹, Takashi MIKI², Mika MIKI², Yasuhiro FUNAMIZU², Kaori ARAYA², Shin TAKAYAMA¹, Tadashi ISHII¹
¹Department of Education and Support for Regional Medicine, Tohoku University Hospital, ²Clinical Physiology Center, Tohoku University Hospital

93-血P-005

心臓超音波検査施行時の大動脈スキャンが有用であった動脈瘤3症例

小林 朋佳¹, 武田 貞徳¹, 渋谷 ゆう紀¹, 高橋 健¹, 宇沼 香奈¹, 大阪 孝子¹, 熊谷 富美子¹, 藤原 理佐子², 渡邊 博之³

¹秋田県立循環器・脳脊髄センター 臨床検査部, ²秋田県立循環器・脳脊髄センター 脳心血管病診療部, ³秋田大学大学院医学系研究科 医学専攻、機能展開医学系 循環器内科学

【はじめに】

大動脈瘤の形成に動脈硬化性因子が関与することは広く知られている。脳血管・循環器疾患を有する患者は動脈硬化性因子を持つことが多いため、当院では心臓超音波検査(TTE)施行時に大動脈スキャンを実施している。スキャンが大動脈瘤の発見に有用であった症例を経験したので報告する。

【症例1】

75歳男性、一過性脳虚血発作の経過観察で精査入院。既往歴は脂質異常症、ラクナ梗塞、飲酒あり、喫煙歴あり。主訴は特になし。TTE施行時、腹部大動脈に35mmの嚢状瘤を認めた。CT検査も同様の所見であり、後日ステントグラフト内挿術を施行予定である。

【症例2】

58歳男性、陳旧性脳梗塞の経過観察で精査入院。既往歴は脂質異常症、高血圧、飲酒あり、喫煙歴あり。主訴は特になし。TTE施行時、腎動脈分岐下腹部大動脈に壁に血栓を有する61mmの紡錘瘤を認めた。CT検査では同部位で65mm、右総腸骨動脈にも38mmの紡錘瘤を認めた。後日大動脈瘤切除、人工血管置換術を施行。経過は良好である。

【症例3】

72歳男性、椎間板ヘルニアの術前検査で来院。既往歴は高血圧、脂質異常症、飲酒あり、喫煙あり。主訴は特になし。TTE施行時、

描出不良ながらも上行大動脈41mm、大動脈弓部31mmと拡大あり、CT検査では、大動脈弓部に41mmの嚢状瘤が発見された。瘤径から手術適応ではないため血圧管理をしつつ経過観察となった。

【考察】

3症例とも動脈瘤に伴う自覚症状がなく、TTE施行時の大動脈スキャンで動脈瘤を発見出来た。可能な範囲内で大動脈拡張が発見できれば、他の画像検査で大動脈瘤を確認できる可能性がある。また動脈硬化性因子が比較的少ない症例や治療中であっても大動脈瘤が形成される場合もあり、TTE施行時の大動脈スキャンは有用且つ必要な手段であると考えられる。



3 Case reports: Aortic Aneurysm Detected by Ultrasonography at the Time of Echocardiography

Tomoka KOBAYASHI¹, Sadanori TAKEDA¹, Yuki SHIBUYA¹, Ken TAKAHASHI¹, Kana UNUMA¹, Koko OSAKA¹, Fumiko KUMAGAI¹, Risako FUJIWARA², Hiroyuki WATANABE³

¹Department of Medical Technologist, Akita Cerebrospinal and Cardiovascular Center, ²Treatment Team for Cerebro- and Cardio-vascular Disease, Akita Cerebrospinal and Cardiovascular Center, ³Department of Cardiovascular Medicine, Akita University Graduate School of Medicine

加藤 雅也^{1,2}, 原田 和歌子¹, 山根 彩^{1,2}, 大下 真代³, 橘 仁志³, 荒川 三和³, 片山 暁³, 土手 慶五²

¹広島市立安佐市民病院 内科・総合診療科, ²広島市立安佐市民病院 循環器内科, ³広島市立安佐市民病院 心臓血管外科

腹部大動脈瘤に対するステントグラフト内挿術（EVAR）は低侵襲で開腹術のリスクが高い高齢者に有用で、外科的開腹術に対する優位性も示されているが、術後のエンドリークの残存が大きな問題であり、エンドリーク残存による瘤拡大から破裂例も認められる。われわれはEVAR前後で積極的に超音波検査を行い、側枝である下腸間膜動脈（IMA）、腰動脈（LA）を確認し、時間的、手技的に可能な範囲で血管径が大きい側枝から一期的に塞栓術を行っている。

【目的】

EVAR術前および術後に施行した超音波検査所見から、Type2エンドリーク予防のために塞栓術を行うべき側枝について検討した。

【対象】

2017年3月から2019年10月までに当院でEVARを施行した44例のうち、術前に超音波検査を施行した42例を対象とした。

【方法】

EVAR術直前の側枝塞栓術の有無で2群に分類し、患者背景、使用したデバイス、術前超音波検査にて計測したIMAおよびLAの血管径、術後超音波検査における瘤の血栓化の有無、エンドリークの有無について検討した。また1年後のCT検査にて瘤の最大短径を計測し、5%以上の瘤径拡大、5%以下の瘤径縮小の有無を検討した。

【結果】

両群間で患者背景、デバイス、IMAおよびLAの最大血管径は有意

差がなかった。術前エコーで計測した血管径が2.5mm以上の側枝をすべて塞栓した患者群（N=20）では術後のType2エンドリークが有意に少なく（22% vs. 63%, $p<0.01$ ）。術直後から瘤内が完全に血栓化している患者が多かった（78% vs. 37%, $p<0.01$ ）。また1年後の動脈瘤縮小率が大きい傾向で（18.0% vs. 6.6%, $p=0.09$ ）。5%以下の瘤径縮小患者が多い傾向だった（79% vs. 50%, $p=0.11$ ）。また5%以上の瘤径拡大した患者はいなかった。

【結論】

EVARは開腹困難な症例でも解剖学的適応があれば安全に行うことが可能であるが、術後のType2エンドリークによる瘤拡大の予防が課題である。超音波検査はCT検査よりも低侵襲で詳細な評価が可能で、特に術前に塞栓しておくべき側枝の評価には有用であり、血管径2.5mm以上の側枝は積極的に塞栓処理を行うべきである。

Prevention of Type 2 Endoleak in Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair: Prior Ultrasonographic Assessment for Need of Branch Embolization

Masaya KATO^{1,2}, Wakako HARADA¹, Aya YAMANE^{1,2}, Mayo OSHITA³, Hitoshi TACHIBANA³, Miwa ARAKAWA³, Akira KATAYAMA³, Keigo DOTE²

¹Internal and General Medicine, Hiroshima City Asa Hospital, ²Cardiology, Hiroshima City Asa Hospital, ³Cardiovascular Surgery, Hiroshima City Asa Hospital

清水 一力¹, 田中 智彦¹, 岡田 孝²

¹日立製作所 研究開発グループ, ²日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット

【目的】

平面波送信による高速撮像を用いた様々な高速血流イメージング法が検討されている。しかし、それらの多くは計算コストが高く、リアルタイム計測に適さないことが課題である。そこで本報告では、計算コストの低い高速血流イメージング法の実現を目的として、ブロックマッチング法よりも低コストなKanade-Lucas-Tomasi法（以下、KLT法）に基づくスペckル追跡法を提案する。ただし、KLT法で推定可能な移動量は基本的にピクセルサイズ以下に限られ、追跡範囲を拡大したPyramidal-KLT法を用いても大移動量の推定には適さない。そのため、KLT法に合わせた送受信シーケンスが必要となる。

【提案法】

提案法では、流速が1 m/s程度の血流におけるスペckル移動量をPyramidal-KLT法で追跡可能な数ピクセルに収めるため、局所的な高速撮像シーケンスを採用する。具体的には、撮像範囲をいくつかの領域に分割し、各領域をパルス繰り返し周波数で撮像する。その際、領域内を10本程度にパラレル受信整相することにより、1送信ごとに十分な画素数の画像（以下、局所高速画像）を得る。同一箇所における局所高速画像間の経過時間はパルス繰り返し周波数で規定されるため、5～10 kHzで送受信する場合、スペckル移動量は0.1～0.2 mm程度である。提案法では、この移動量が数ピクセルに該当する間隔でパラレル受信整相を行う。

【検証方法】

提案法の実現可能性を検討するため、音波伝搬シミュレーションと誤差伝搬解析に基づき提案法の速度推定精度を見積もる。KLT法が広く用いられる光学画像では均一光源が仮定されるのに対し、超音波送受信には音圧分布が存在する。特に、提案法のように1回の送信で画像を得ようとする場合にはこの音圧不均一が無視できず、速度推定結果に誤差を生じることが

予想される。そこで、まず音圧分布がKLT法の速度推定にどのような影響を与えるかを定式化した。次に、超音波シミュレータ（Field II）を用いて取得した超音波スペckル像について提案法に基づく速度推定を行い、真の移動速度に対する速度推定誤差を算出した。

【結果・考察】

提案法における誤差発生経路は大きく2種類に分けられた。一つは送受信の中心が一致しないことによる受信整相範囲の歪み、もう一つは散乱体の受ける送信音圧が散乱体の移動とともに変化することによるスペckルの変形である。前者については、例えば計測対象の深さに焦点を合わせた場合、受信整相範囲やピクセル幅が最大で設計値の半分に縮小することを確認した。縮小した画像でスペckル追跡を行うときも移動量は元のスケールのままであるから、見かけ上、スペckルの移動量が画像縮小倍率の逆数に拡大して計算され、速度推定における定常誤差となる。後者については、簡単のためスペckルを1点の散乱体を作る超音波像で置き換えて誤差伝搬解析を行った結果、移動前後の超音波像の変形は、送信音圧プロファイル上の散乱体の位置における音圧勾配に比例した0～数十%の誤差を生じることを確認した。音圧勾配の値は散乱体の移動に伴い増減するため、この誤差は非定常誤差となる。以上を踏まえ、Field IIで得た超音波スペckル像の追跡を行った結果、上記のモデルと定性的、定量的に一致する速度推定誤差が確認された。また、受信整相範囲の音圧勾配をゼロに近づけることにより、この誤差が15%程度まで抑制されることを確認した。

【結論】

局所高速撮像とKLT法を用いたスペckル追跡では、送受信中心の不一致と送信音圧勾配が主要な誤差要因となることを確認した。

Blood-flow speckle tracking using local high-frame-rate imaging and Kanade-Lucas-Tomasi method

Motochika SHIMIZU¹, Tomohiko TANAKA¹, Takashi OKADA²

¹Research & Development Group, Hitachi, Ltd., ²Healthcare Business Unit, Hitachi, Ltd.

93-血P-008

上腕動脈に留置した冠動脈用ステントの変形進行を体表面エコーで観察し得た1例

松井 吟^{1,2}, 玉 直人¹, 福岡 良友¹, 宇隨 弘泰¹, 夢田 浩¹¹福井大学医学部附属病院 循環器内科, ²福井厚生病院 循環器内科

【症例】

64歳女性、労作性狭心症の診断で過去に2回のカテーテル治療歴がある。労作時胸痛症状の再燃を認めたため201X年8月にカテーテル検査を施行したところ左冠動脈主幹部の入口部に有意狭窄を認めた。翌月に同部位に対してカテーテル治療を施行した際に、冠動脈に留置した薬剤溶出性ステント(3.5mm×8mm)が大動脈に脱落したため回収して右上腕動脈に留置した。手技終了時に血管内超音波を用いて上腕動脈を観察したところ、上腕動脈は血管内腔5.5mm大でありステントは血管壁に圧着して正円型の拡張が得られていることが確認できた。201X+1年4月(ステント留置から7ヶ月)に冠動脈の追跡造影を行った際に上腕動脈の造影を行うとステント留置部位に25%程度の狭窄を認めた。血管内超音波を用いて観察したところ、ステントは5.8mm×4.2mm大の楕円形となっており、狭窄の原因はステントの変形と判明した。造影剤アレルギーを有する症例であったため以降の経過については体表面エコーにて確認する方針とし、追跡造影を行った翌日に体表面エコーでも上腕動脈の観察を行った。体表面から上腕動脈は良好に観察可能であり、血管内からの観察同様にステントは5.5mm×4.3mmに変形を認めた。流速波形は三相波を示しPSVはステント近位部で89.5cm/sec、ステント遠位部で131.0cm/secでありPSVR1.46であった。狭窄は軽度と判断し、右上肢に症状は認めなかったため血行再建は行わず経過観察とした。201X+1年10月(ステント留置から13ヶ月)に再度体表面エコー検査を施行した。流速波形は三相波を示していたが、ステントは5.7mm×3.8mmに変形の進行を認め、PSVはステント近位部で50.8cm/sec、ステント遠位部で116.0cm/secでありPSVR2.28であった。狭窄の進行を認めた

が、右上肢の虚血症状は認めず引き続き血行再建は行わず経過観察を継続とした。今後も体表面エコーを用いて定期的な追跡検査を予定している。

【考察】

本症例は冠動脈治療の際のトラブルシューティングとして上腕動脈に留置した冠動脈ステントが経時的に変形した経過を体表面エコーを用いて観察できた症例である。造影剤アレルギーのリスクやカテーテル検査による侵襲を伴わずに評価し得たという点で体表面エコーを用いた観察が有用であったと考えられる。ステント前後のPSV測定も可能であり狭窄度を推測し得た。上肢の虚血症状を来す疾患としては鎖骨下動脈閉塞症や胸郭出口症候群など上流に血流障害の原因を有する疾患や大動脈炎症候群や膠原病など血管炎症を原因とする疾患が挙げられるが、上腕動脈に狭窄や閉塞を来すケースは稀である。従って上腕動脈におけるエコー上の狭窄の重症度評価基準や血行再建の適応基準などはこれまでの報告に無い。本例では右上肢に虚血症状を認めないため経過観察を継続しているが、虚血症状が出現した場合には血管内治療もしくは手術によって血行再建を検討する方針である。症状の観察と併せて体表面エコーでの定期的な評価が今後の治療方針決定に重要であると考えられる。医原性の上腕動脈に血流障害を生じ、自己拡張型ステントを留置した報告は散見されるが、バルーン拡張型のステントが留置された報告は無い。自己拡張能を持たないステントであるため、周囲の組織による圧迫により経時的に変形を来していると推測される。上腕動脈に冠動脈ステントが留置された状態を経時的に観察した報告はこれまでに無いため今回報告する。

A Case of Coronary Stent Deformation Implanted in Brachial Artery Followed-up by Ultrasonography

Akira MATSUI^{1,2}, Naoto TAMA¹, Yoshitomo FUKUOKA¹, Hiroyasu UZUI¹, Hiroshi TADA¹¹Department of Cardiovascular Medicine, University of Fukui Hospital, ²Department of Cardiology, Fukui Kosei Hospital

93-血P-009

シャントエコーによる形態評価を治療に繋げるために～治療戦略の検討～

乙藤 徳人, 下池 英明, 長嶺 裕介, 松村 圭子, 花田 真一, 平山 遼一, 藤田 晃弘, 真崎 優樹, 下池 朋子, 高橋 尚
高橋内科クリニック 内科・循環器内科・人工透析

【背景】

近年バスキュラーアクセス(VA)管理におけるエコーの有用性が報告されている。VAIVTにおいて従来透視下で行われる事が多かったが、最近ではエコーガイド下でVAIVTを行う施設も増えてきている。エコーガイド下でVAIVTを行う場合は術前評価(主にエコーによる機能評価や形態評価)が重要である。今回、当院で行っている形態評価を用いた治療戦略の検討を症例をまじえて報告する。

【目的】

治療に繋がる形態評価を行う。

【対象】

2019年4月以降でシャントエコーを施行した症例

【方法】

エコーで形態評価を行った際に以下の項目を検討・レポート記載し、医師へ提案を行った。

①治療適応、治療法(VAIVT、手術)

→臨床症状、理学的所見と形態評価による結果を照らし合わせ治療適応を判断

→血管走行や狭窄機序から治療法を判断

②VAIVTの際のアプローチ部(シース挿入部)

→狭窄部に対してどちらの方向からアプローチすれば容易かを判断し、シース挿入部を判断

③デバイスの選択(シース、ワイヤー、バルーン、透視の必要性等)

→狭窄部径やその前後径から使用するバルーンのサイズを判断

→吻合部形態や血管走行から使用するバルーンの種類を判断

→狭窄機序から透視の必要性を判断

【結果】

治療適応に関しては臨床症状等で決定される事が多かったが、治療法を決定する上では形態評価による血管走行等の評価が有用であった。

狭窄形態や機序を確認する事で適した方向からアプローチを行う事ができ、狭窄部とその前後の血管径を計測し使用するバルーンサイズを決めておく事で事前準備をスムーズに行う事ができた。

あらかじめ患者に穿刺部位や治療の流れ、おおよその治療時間を伝える事ができた。

【考察】

形態評価を行い治療戦略を検討することは有用であった。医師と治療に関するコミュニケーションをとる事、記載したコメントと治療手順(デバイス選択が適切だったか等)・結果を照らし合わせる事、可能であれば実際に介助につき治療に携わる事も重要と思われた。

【結論】

エコーによる治療戦略の提案は治療を行う上で有用である。

Linking up Morphological Assessment through Shunt Echography with Treatment ~ A Evaluation of Strategic Medical Treatment ~

Norihiro OTOFUJI, Eimei SHIMOIKE, Yusuke NAGAMINE, Keiko MATSUMURA, Shinichi HANADA, Ryouichi HIRAYAMA, Akihiro FUJITA, Yuki MASAKI, Tomoko SHIMOIKE, Hisashi TAKAHASHI
TAKAHASHI CLINIC

93-血P-010

バスキュラーアクセストラブルにおけるエコー下VAIVTの有用性-透視下VAIVTとの比較-

下池 英明, 花田 真一, 長嶺 裕介, 乙藤 徳人, 平山 遼一, 筋田 剛, 藤田 晃弘, 真崎 優樹
高橋内科クリニック 内科・循環器内科・人工透析

【目的】

最近バスキュラーアクセス（以下、VAと略す）におけるエコーの有用性が報告されるようになってきた。当院においては、VA管理・VA穿刺・バスキュラーアクセスインターベンション治療（以下、VAIVTと略す）においてエコーを活用している。当院でのエコー下VAIVTの成績を調べ、透視下VAIVTとの比較を行った。

【対象と方法】

対象：

エコー下VAIVT（エコーを用いたVAIVTを第一に行い、必要時に透視を用いる）：2017年5月～2019年10月、219名、597回のVAIVT（狭窄510回、閉塞87回）。

透視下VAIVT（透視・造影を用いたVAIVTを第一に行う。症例によっては必要時にエコーを用いる）：2004年7月～2009年10月、114名、395回のVAIVT（狭窄350回、閉塞45回）。

検討項目：成功率、手技時間（穿刺～血管拡張確認）、合併症等を比較。

【結果】

両者大きな合併症なし。エコー下VAIVTにおいて透視・造影を用いなかったことによると思われる合併症なし。

【考察】

一般的にVAIVTは造影剤を使用した透視下で行われるが、最近ではエコーを用いたVAIVTが報告されている。エコーは透視と異なり、血管内腔の状態がよく分かるという特徴がある。そのため、エコー下VAIVTで

は術前に詳細な血管評価が可能である。血管走行・狭窄部位・狭窄径・狭窄機序・血管石灰化などを評価することにより、VAIVTでの使用材料決定・手技計画をたてることが可能である。また、狭窄の機序や形態が分かるため、アプローチ方向・治療後の予後などの評価も可能であり、患者説明にも役立つ。術中には、血管やワイヤー等を直接観察しながらの手技が可能、血管の拡張機序が分かる、バルーン拡張中にもその他の部位の血管評価が可能、血種等の合併症の確認がすぐに可能などの特徴がある。このため、透視下VAIVTと比較し、より短時間でより確実な手技が可能であり、手技成功率も高くなるものと思われる。特に閉塞症例においても血栓の処理が確実になるため、100%の成功率となるものと思われる。

一方、エコーはプローブの範囲のみしか描出されないため、術前のマーキング・触診所見やカラードブラ等での血管全体の把握も重要となってくる。

【結論】

エコー下VAIVTは透視下VAIVTと比較し、より短時間でより確実な手技が可能である。

	手技成功率		平均手技時間	
	狭窄	閉塞	狭窄	閉塞
エコー下VAIVT	100% (510/510例)	100% (87/87例)	29.7分 (510例)	75.3分 (87例)
透視下VAIVT	99.1% (347/350例)	91.1% (41/45例)	※34.9分 (193例)	※95.1分 (32例)

※透視下VAIVTは記録があるもので平均手技時間を算出

Usefulness of US guided vascular access intervention therapy in vascular access trouble

Eimei SHIMOIKE, Shinichi HANADA, Yusuke NAGAMINE, Norihito OTOFUJI, Ryoichi HIRAYAMA, Tsuyoshi SUJITA, Akihiro FUJITA, Yuki MASAKI
Internal Medicine, Cardiovascular Medicine, Dialysis, Takahashi Internal Medicine Clinic

93-血P-011

当院で実施した上肢静脈エコー図検査の血栓の頻度と傾向

武岡 真由美¹, 山野 倫代², 秋山 恵子¹, 江後 京子¹, 坂口 智子¹, 小西 英子¹, 西川 昌伸¹, 酒井 千恵子², 川崎 達也²

¹松下記念病院 臨床検査科, ²松下記念病院 循環器内科

【背景】

上肢静脈血栓症 (UEVT) は下肢静脈血栓上と比較して発症頻度は少なく、検討も十分にされていない。

【目的】

当院の静脈エコー図検査で診断されたUEVTの頻度と傾向を検討すること。

【対象】

当院で、上肢腫脹の精査目的のために上肢静脈エコー図を施行した連続27症例（年齢63歳±12歳、女性26名）。

【方法】全例、座位で上肢静脈エコー図検査を行った。検査範囲は患側の内頸静脈、鎖骨下静脈、上腕静脈、尺骨静脈、橈骨静脈とし、PICC抜去後の症例では皮静脈の評価を追加した。上肢静脈エコー図検査とはほぼ同時期に測定されたDダイマー値もしくはFDP（フィブリン分解産物）値を検討した。

【結果】

エコー施行症例は、乳癌21例（リンパ節郭清19例、手術未施行2例）、化学療法のため末梢挿入型中心静脈カテーテル（PICC）を挿入しその後静脈炎が疑われ抜去された5例、肺癌1例であった。

乳癌患者21症例のうち、UEVTを認めたものは1例で上腕静脈に認めた。UEVTは認めないものの下肢静脈血栓が存在したものは2例であった。Dダイマー値は、血栓を認めない症例（18例）のうち他部位の感染を除いた16例で中央値[四分位]は0.44μg/mL [0.17-0.85]であり、

UEVT症例では1.39μg/mL、下肢静脈症例では8.11μg/mL [4.91-11.3]であった（ $p=0.013$ ）。PICC抜去後症例では4例にUEVTを認めた。撓側皮静脈3例、尺側皮静脈1例であった。これら皮静脈血栓はいずれも、PICC抜去後でPICC挿入痕より中枢側に血栓を認めた。PICC抜去後症例ではFDPが測定されており、UEVT症例で6.00μg/mL [3.50-6.47]、血栓を認めなかった例は3.23μg/mLであった（ $p=ns$ ）。

【考察】

原発性UEVTは胸郭出口症候群による圧迫や激しい上肢の活動によるものなどが、二次性UEVTは静脈カテーテル留置や悪性腫瘍などが誘因となることが報告されている。表在のUEVTは点滴や注射などの医原性によるものが多くを占めるが、深部静脈血栓症ほど検討はされていない。今回、我々の施設ではPICC挿入後抜去に至った症例でUEVTを認めたものは全て皮静脈に病変を認めた。PICCは上肢の運動により血管壁が障害を受けやすく、また末梢静脈は血管径に比しカテーテル径が相対的に太いことから血栓リスクが高くなるという報告がある。撓側皮静脈は尺側皮静脈に比べ血管径が細く撓側皮静脈挿入例で血栓形成が多くなった一因となった可能性が考えられた。

【結語】

当院で上肢静脈エコー図検査を施行した症例では、カテーテル関連血栓症が多い傾向にあった。

The frequency and tendency of thrombus in upper limb vein echocardiography performed in our hospital

Mayumi TAKEOKA¹, Michiyo YAMANO², Keiko AKIYAMA¹, Kyoko EGO¹, Tomoko SAKAGUCHI¹, Eiko KONISHI¹, Masanobu NISHIKAWA¹, Chieko SAKAI², Tatsuya KAWASAKI²

¹Clinical Laboratory, Matsushita Memorial Hospital, ²Department of Cardiology, Matsushita Memorial Hospital

93-血P-012

末梢型深部静脈血栓症に対する治療戦略と臨床転帰にがんの有無で違いがあるか

内藤 博之¹, 田尻 和子², 村田 桃子¹, 飯田 典子¹, 中島 英樹¹, 南木 融¹, 呉 龍梅³, 石津 智子⁴, 川上 康⁴, 家田 真樹²

¹ 筑波大学附属病院 検査部, ² 筑波大学 医学医療系循環器内科, ³ 筑波大学附属病院 循環器内科, ⁴ 筑波大学 医学医療系臨床検査医学

【はじめに】

がんと静脈血栓塞栓症 (venous thromboembolism [VTE]) は密接に関係している。がん患者のVTE発症リスクは高く、VTEによる死亡はがんの進行による死亡に次いで多いとされており、がん患者の生命予後に及ぼすVTEの影響は大きい。下肢の深部静脈血栓症 (deep vein thrombosis [DVT]) は膝窩静脈を含む中枢側にあるものを中枢型 (近位型)、膝窩静脈より末梢にあるものを末梢型 (遠位型) と分類され、がんに合併した中枢型DVTは非がん患者に比べて再発が多いことが報告されている。一方、がん患者の末梢型DVTに関する報告は乏しく、治療の実態や臨床転帰における非がん患者との差異は明らかになっていない。

【目的・対象】

末梢型DVTの治療戦略と結果を調査し、がんの有無によって遠隔期の臨床転帰が異なるかどうかを検討すること。対象は2014年1月から2018年12月の期間に当院で超音波検査を受け、末梢型DVTと診断された患者のうち、DVT診断前および診断後1週間以内にPTEの合併が確認された症例を除外した162名 (平均年齢 69.2 ± 12.8 歳、女性103名[64%]、担当がん患者79名[49%])。

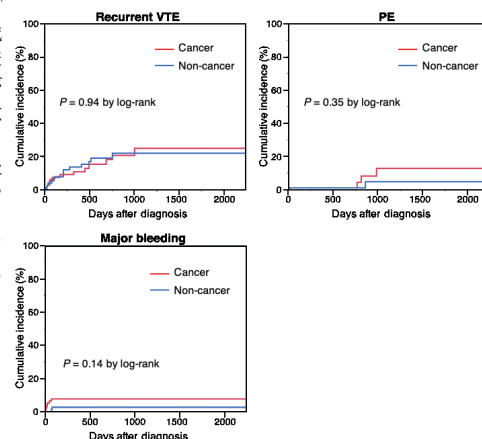
【結果】

担当がん患者および非がん患者のほとんどが末梢型DVT診断後に抗凝固療法を受けており、治療介入の有無に差は認めなかった (87% vs 89%, $p = 0.72$)。また、平均 576 ± 442 日間の追跡期間中、29名

の患者がVTE再発、6名の患者がPEを発症し、7名の患者で出血性イベントを認めたが、VTE再発、PE、および出血性イベントの累積発生率は、担当がん患者と非がん患者の間で有意差は認めなかった (図)。

【考察】

末梢型DVT患者の治療戦略および臨床転帰にがんが関連した有意な差は認めなかった。今後症例数を増やし、さらなる検討を行っていく必要があると考える。



Differences in Patient Management Strategies and Clinical Outcomes in Isolated Distal Deep-Vein Thrombosis Between Cancer and Non-Cancer Patients

Hiroyuki NAITO¹, Kazuko TAJIRI², Momoko MURATA¹, Noriko IIDA¹, Hideki NAKAJIMA¹, Toru NANMOKU¹, Longmei WU³, Tomoko ISHIZU⁴, Yasushi KAWAKAMI⁴, Masaki IEDA²

¹Department of Clinical Laboratory, Tsukuba University Hospital, ²Department of Cardiology, Faculty of Medicine, University of Tsukuba, ³Department of Cardiology, Tsukuba University Hospital, ⁴Department of Clinical Laboratory Medicine, University of Tsukuba