

赤血球集合度計測のための 糖尿病患者における超音波伝播減衰の計測*

○武山莉奈, 森 翔平, 荒川元孝 (東北大),
△八代 諭, △石垣 泰 (岩手医大), 金井 浩 (東北大)

1 はじめに

赤血球集合は、血流の低ずり速度状態で起こる赤血球同士の可逆的な接着現象であり、血液粘度と相関がある。この集合の程度(赤血球集合度)は、炎症や高ヘマトクリット、高血糖状態などで亢進し、血液性状の評価指標の1つである。本研究グループでは、超音波後方散乱特性の解析による赤血球集合体サイズ推定法を提案し、非侵襲的かつ定量的な血液性状の評価を目指してきた[1]。

これまでに、参照散乱パワースペクトルを導入し、血管内腔からの散乱波のパワースペクトルをそれと整合することで健常者の赤血球集合体サイズの推定を試みた。今後、本手法を糖尿病患者に適用し、健常者との差を検討する予定である。

本報告では、その前段階として、糖尿病患者に対して *in vivo* 計測を行い、血液の減衰係数を算出して、先行研究[1]にて算出した健常者の減衰係数と比較した。

2 原理・方法

2.1 血液の減衰係数 $\alpha_b(f)$ の算出

Fig. 1に示す計測系で得られたRF信号に対して、異なる深さ d_1, d_2 に解析窓を設置して算出したパワースペクトル $P_b(f, d_1), P_b(f, d_2)$ より、血液の減衰係数 $\alpha_b(f)$ を式(1)のように算出する。

$$\alpha_b(f) = -\frac{1}{2(d_2 - d_1)} \times 10 \log_{10} \frac{P_b(f, d_2)/|H(f, d_2)|^2}{P_b(f, d_1)/|H(f, d_1)|^2} \quad (1)$$

ここで、 $H(f, d)$ は深さ d でのプローブの音圧特性であり、事前に水中に設置した反射板からのパワースペクトルを計測することで2つの深さ d_1, d_2 での音圧特性差を算出できる[1]。

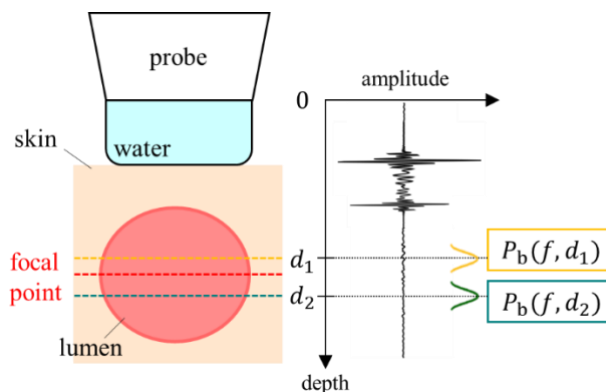


Fig. 1 血管内腔に対する計測の模式図

2.2 *in vivo*計測

Fig.1に示す計測系を用いて、糖尿病患者3名の手背静脈を対象に超音波計測を行った。計測は安静時および90秒以上の駆血時の条件下で行い、安静時および駆血時の血液の減衰係数をそれぞれ算出した。計測には、Tomey社製の超音波診断装置UD-8000(標本化周波数240 MHz)およびメカニカル・リニア超音波プローブ(中心周波数30 MHz, 波長51 μ m)を用いた。

3 結果・考察

Fig. 2に、(a)先行研究[2]における健常者A, B, Cと、(b)糖尿病患者D, E, Fに対する減衰係数を示す。安静時と駆血時にそれぞれ取得した35フレームの平均値と標準偏差を表す。Table 1に30 MHzにおける減衰係数を示す。安静時、駆血時ともに、健常者よりも糖尿病患者の方が、減衰係数の値とその周波数特性の傾きが大きい傾向がみられた。これは、健常者よりも糖尿病患者の方が高血糖状態にあり、血液粘度が高く、血液の減衰が大きい

* A measurement of ultrasound attenuation for estimation of red blood cell aggregation size of diabetic patients -, by TAKEYAMA, Rina¹, MORI, Shohei¹, ARAKAWA, Mototaka¹, YASHIRO, Satoshi², ISHIGAKI, Yasushi², and KANAI, Hiroshi¹ (¹Tohoku Univ., ²Iwate Medical Univ.)

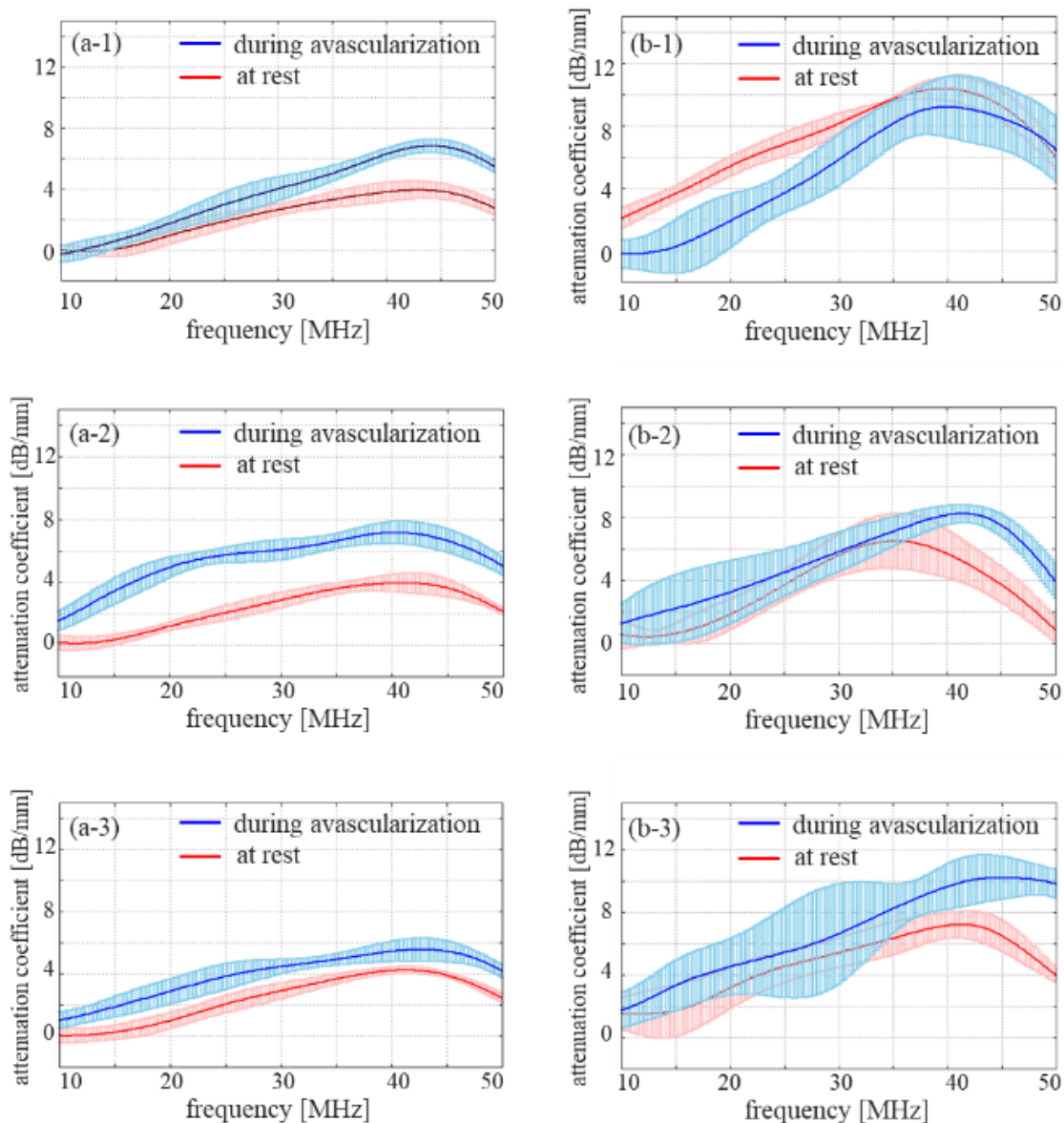


Fig. 2 算出された血液の減衰係数 $\alpha_b(f)$.
 (a-1)被験者 A, (a-2)被験者 B, (a-3)被験者 C,
 (b-1)被験者 D, (b-2)被験者 E, (b-3)被験者 F.

ためと考えられる。また、健常者はすべての被験者において、駆血時の減衰係数の方が安静時のそれよりも大きく算出されたが、糖尿病患者では、被験者によりその関係性は異なった。特に被験者 D は、駆血時の 30 MHz における減衰係数は他の被験者と近い値であるが、安静時の減衰係数は大きいことが分かる。Fig. 3 に示す被験者 D と E の超音波 B モード像を見ると、被験者 D は安静時にも深さ d_1 付近の輝度が高い。したがって、被験者 D は安静時においても血液の一部に赤血球集合が生じていたことが考えられる。今後、健常者、糖尿病患者ともに被験者数を増やして、このような違いが他の被験者でもみられるのかを

Table 1. 30 MHz の減衰係数 [dB/mm]

	at rest	during avascularization
(A)	2.45	3.82
(B)	2.86	6.07
(C)	2.89	4.46
(D)	8.13	5.83
(E)	5.58	5.80
(F)	5.41	6.62

調べるとともに、超音波計測に合わせて血液検査も実施することで、安静時の減衰係数と血液性状の違いとの相関の有無を調べる予定である。

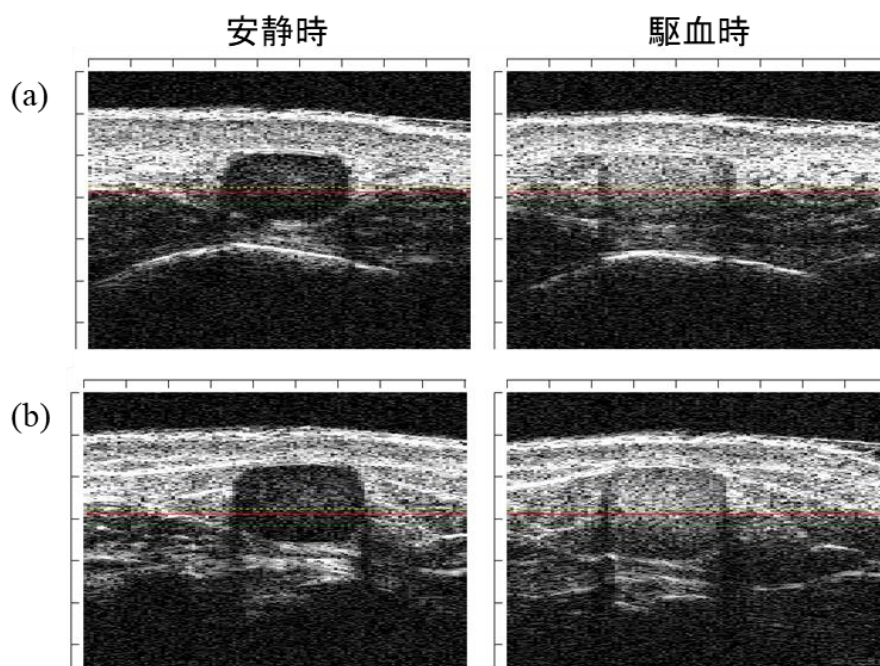


Fig. 3 安静時と駆血時における手背静脈の超音波 B モード像.
(a)被験者 D, (b)被験者 E
(赤線:焦点深さ, 黄破線:深さ d_1 , 緑破線:深さ d_2)

4 結論

本報告では、糖尿病患者に対して超音波計測を行い、赤血球集合体サイズ推定のための血液の減衰係数を算出した。健常者と比較し、糖尿病患者の方が減衰係数の値とその周波数特性の傾きが大きい傾向にあった。糖尿病患者の血液粘度が健常者よりも高いためと考えられる。今後は、被験者を増やすとともに、超音波計測で算出した減衰係数と血液検査項目の値を比較し、その関連を調べる。また、糖尿病患者に対しても赤血球集合体サイズ推定を行い、健常者との比較を行う予定である。

参考文献

- [1] K. Higashiyama, et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 61, SG1046 (2022).
- [2] 東山 京平, 東北大学大学院医工学研究科 修士学位論文 (2022).