胃粘膜血流の画像化（レーザースペックル法）

対馬 健祐、樫村 博正、中原 朗、福富 久之、大菅 俊明
藤居 仁*

筑波大学臨床医学系 消化器内科

* 九州工業大学 情報工学部

Visualization of the blood flow in gastric mucosa (Laser Speckle Method)

Kensuke Thushima, Hiromasa Kashimura, Akira Nakahara, Hisayuki Fukutomi, Toshiaki Oosuga, Hitoshi Fujii*

Department of Internal Medicine, University of Tsukuba

* Kyūshū College of Technology

Abstract

The blood flow measurement with an apparatus utilizing the laser speckle method has enable us to image the blood flow in gastric mucosa. Therefore, a blood flow change with time can be observed easily by the comparison between image of blood flow. There is a correlation between the laser speckle method and the laser doppler method. This method of measuring blood flow is thought to be useful in the future studies of the blood flow in gastric mucosa.

はじめに

近年、胃粘膜病変と胃粘膜防御機構との関係が重要視されるようになり、特に胃粘膜血流への関心が高まってきている。胃粘膜血流の測定方法は現在いくつかの方法が普及しているが、それぞれに一長一短があり、また従来の測定法は胃粘膜のある一点の粘膜血流を示すに過ぎなかった。今回我々は、藤居らの開発したレーザースペックル法を胃粘膜血流測定に応用すべく、ラットおよびイヌを用いた基礎的検討を行い、興味ある知見を得たので報告する。

1. 測定装置

装置の原理をFig. 1に示す。He-Ne レーザ

を用い、レーザースポットを円筒レンズによって線状に拡げて粘膜面に照射する。粘膜内部で散乱した光は干渉して、センサー面にランダムな干渉模様を生じ、かつこの模様が赤血球などの散乱粒子の移動により変化する。このためイメージセンサーの各走査ごとに出力信号が変動する。この干渉模様の変化を計測するのが、レーザースペックル法による血流測定の原理である。これをさらに二次元に拡張したものが、今回試用したシステムである。これらの観測線を移動させながら解析を繰り返すことにより、ある面積の二次元マップのデータが得られる。これらのデータをカラーコードにより画像化して表示する。Fig. 2は装置の全容を示したものである。右上の装置がプローベに当たり、1.5 × 1 cmの走査範囲をもっている。左側はシステム本体とモニターを示したものである。

2. 胃粘膜血流の変化（イヌ、ラット）

上記の測定器を用いてラットおよびイヌの胃粘膜血流の変化を検討した。

ラットを麻酔下に開腹し、胃を大彎切開して粘膜面を露出させて固定する。この面にプローベを近接させて血流マップを得る。Fig. 3、4

ついでラットの大腸動脈を切断し脱血状態にした前後の胃粘膜血流の変化を測定した。同時にレーザードップラー法により測定した。脱血により胃粘膜血流は減少しそれを反映して胃粘膜は蒼白となるが、これと同様に血流マップでも赤色から青色へと変化していく。Fig. 5

同時にレーザードップラー法により計測したものをFig. 6に示すが、脱血により胃粘膜血流の減少していく過程が示されている。

同様に麻酔下に開腹し、展開したイヌの胃粘膜

Fig. 1

Arrangement of the Visualization of
2-Dimensional Flow Map with the CCD
Array Sensor

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

に血管収縮剤としてエピネフィリンを滴下したものをFig.7に示す。肉眼的には、変化は認められなかったが、血流マップでは、中央に抜き打ち状の青色を呈する部位、すなわち血流低下部位を認めた。

Fig. 7

ホスミン滴下

3. ラット胃潰瘍の血流分布

酢酸潰瘍ラットの胃粘膜血流を示す。開腹下に後胃前壁、漿膜下に10%酢酸を0.03 ml注入し閉腹、一、三週間後の胃粘膜像を示す。それぞれヒダ集中を伴うHおよびSステージの潰瘍を形成している。血流マップ上、潰瘍付近の血流は低下していることが示されている。Fig. 8、9

4. レーザードップラー法との比較

対象ラット10匹、計33回におけるレーザースペckル法とレーザードップラー法との比較を示します。種々の状態におけるラット胃粘膜血流画像のカラーコードを数値化し、同部位のレーザードップラー法での測定値と対応させたものであるが、相関係数 $R = 0.90$ となり高い相関を得た。Fig. 10

Fig. 8

酢酸潰瘍ラット

Fig. 9

ラット胃潰瘍瘢痕のスペckル画像

Fig. 10

5. 考 案

従来の胃粘膜血流測定法は、粘膜面のある一点での血流を示すにすぎなかった。また一回の測定に長時間かかるものもあり、短時間の血流変化を測定するには、困難な面もあった。新しく開発されたレーザースペックル法を応用した胃粘膜血流の測定器は、まず二次元マップとして画像化できるという点で、画期的である。また測定時間が一面あたり約10秒と短いため、短時間の変化にも対応しやすい。このため血流の変化を、視覚的に比較検討が可能になった。またレーザースペックル法とレーザードップラー法との比較にて、高い相関が得られた。今後、測定時間の短縮化、測定誤差の僅少化、内視鏡への応用を進めていくことで、さらに有用な測定法になるものと思われる。

終わりに

レーザースペックル法による胃粘膜血流測定法は、血流を、画像化できるという点で優れた特徴をもっている。今後内視鏡に応用することで胃粘膜血流の研究において新しい知見が期待できると思われる。

文 献

- 1) 藤居 仁他：レーザースペックル法による末梢循環系の画像化（Ⅰ）
日本レーザー医学会誌 8：37 1988
- 2) 藤居 仁他：レーザースペックル法による末梢循環系の画像化（Ⅱ）
日本レーザー医学会誌 8：169 1987
- 3) 対馬健祐他：レーザースペックル法による末梢循環系の画像化（Ⅳ）
日本レーザー医学会誌