

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：32612  
研究種目：若手研究  
研究期間：2019～2020  
課題番号：19K18191  
研究課題名（和文）超音響イメージングによる、リンパ管-細静脈吻合術後における脈管変化の3次元解析  
  
研究課題名（英文）Three-dimensional analysis of vascular changes after lymphangio-venular anastomosis by photoacoustic imaging  
  
研究代表者  
河野 暉（Kono, Hikaru）  
  
慶應義塾大学・医学部（信濃町）・助教  
  
研究者番号：00815897  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：超音響イメージングによって、リンパ浮腫の外科的治療であるリンパ管細静脈吻合術（LVA）における術後の開存評価や、リンパ管や静脈系に生じる変化について評価した。LVA吻合部に注目すると、リンパ管と静脈の両者が同定できるもの、リンパ管が静脈のいずれかが消失したように見えるもの、両者が消失したように見えるもの、の4パターンを認めた。これらのうち、両者が同定できるものが吻合部の開存を示す所見であるものと思われた。一部の症例では、吻合部においてリンパ管から静脈に向かってリンパ流が生じる様子を動画で記録することが可能であった。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の画像検査では、リンパ浮腫患者で頻繁に生じる画像所見「dermal backflow」によって皮下のリンパ管を観察できず、LVAの吻合部が開存しているかどうかを評価することは困難であった。超音響イメージングでは3次元的な画像が得られるため、dermal backflowに覆われた皮下の脈管の情報を得ることができ、LVAの吻合部も可視化できた。LVAの吻合部をリンパ管と静脈が接合する画像として可視化したのは世界で我々が初めてであり、本技術が広まることで、より正確なLVAの術後評価、ひいてはより優れたLVAの手技が普及することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Photoacoustic imaging was used to evaluate postoperative patency in lymphangio-venular anastomosis (LVA), a surgical treatment for lymphatic edema, and to evaluate changes in the lymphatic vessels and venous system. Focusing on the LVA, four patterns were observed: those in which both lymphatic vessels and veins could be identified, those in which either lymphatic vessels or veins appeared to have disappeared, and those in which both appeared to have disappeared. Of these, those that could be identified by both were thought to be findings indicating the patency of the anastomotic site. In some cases, it was possible to observe the dynamic lymphatic flow from the lymphatic vessels to the veins at the anastomotic site.

研究分野：形成外科学

キーワード：リンパ管吻合術

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

#### 1. 研究開始当初の背景

超音響イメージングとは非侵襲的に微細な血管の3次元画像が得られる、新たな画像診断技術である。申請者らは、本技術をリンパ管の撮影に応用し、ヒトのリンパ管を高解像度の3次元画像で細静脈と同時に記録した。さらにリンパ管が周期的にリンパ液を送り出す動画を、リアルタイムで3次元的に記録した。現在、リンパ浮腫の外科的治療として広まりつつあるリンパ管細静脈吻合術(LVA)には、術後の評価が難しいという課題がある。LVAが患肢のリンパ管と静脈に与える影響が明らかとなれば、より有効な手術法が開発されるなど、リンパ浮腫の診療のレベルがより向上することが期待される。

#### 2. 研究の目的

本研究では、LVAの前後に超音響イメージングを行い、リンパ管と細静脈に生じる変化を明らかにすることを目的とした。

#### 3. 研究の方法

超音響イメージングによって、リンパ浮腫の外科的治療であるリンパ管細静脈吻合術(LVA)における術後の開存評価や、リンパ管や静脈系に生じる変化について評価するために、LVA術前・術後の静止画および動画の解析を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 静止画の解析: これまでのデータも含め、LVAの前後で超音響イメージングの画像が得られたのは4症例であった。撮影範囲において、術後にはリンパ管は明瞭化し、静脈の径は縮小する傾向が示唆された。LVA吻合部に注目すると、リンパ管と静脈の両者が同定できるもの、リンパ管か静脈のいずれかが消失したように見えるもの、両者が消失したように見えるもの、の4パターンを認めた。これらのうち、両者が同定できるものが吻合部の開存を示す所見であるものと思われるが、引き続き症例を重ねて検討する必要があると考える。なお超音響イメージングでは術後1週間においても明瞭なリンパ管画像が得られたが、吻合部においては画像にノイズが生じ、観察は困難であった。この信号は、術後1-2か月以降は消失することが判明した。いずれにせよ、従来の画像検査ではdermal backflowによって覆われた吻合部の観察は困難であったが、超音響イメージングでは3次元的なデータが得られるため、表在のdermal backflowを非表示とすることで、吻合部の観察が可能であった。例えば、蛍光リンパ造影ではdermal backflowが吻合部を覆っていた症例について(図1)、超音響イメージングでも同様な所見が得られた場合に(図2)、超音響画像では皮下の吻合部を表示できた(図3)。体表に垂直な断面で観察すると、dermal backflowの下の吻合部でリンパ管と静脈が接合している様子を明瞭に表示できた(図4)(引用文献①)。



図1 右膝内側でLVAを実施した患者の蛍光リンパ造影画像

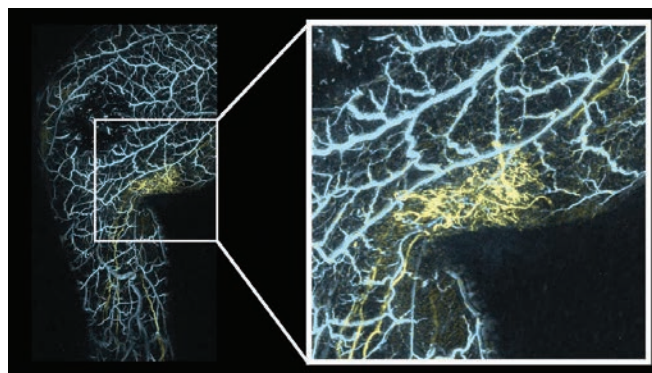


図2 図1と同一部位の超音響画像

(2) 動画の解析: 一部の症例では、吻合部においてリンパ管から静脈に向かってリンパ流が生じる様子を動画で記録することが可能であった。このとき、リンパ流が発生しない限り吻合部のリンパ管は描出されづらく、静止画においてすべての吻合部の開存を評価することは困難であることが示唆された。

現在、リンパ管や静脈の径を算出する際、画像ビューアの輝度やコントラストの設定によって、求める値がばらついてしまうという課題に直面している。今後は画像工学的な手法を取り入れ、再現性に優れた画像表示設定の手法を定め、改めてLVAがリンパ管や静脈の径に与える影響に関する検討を深めていきたい。

<引用文献>

① Suzuki Yushi, Kajita Hiroki, Kono Hikaru, Okabe Keisuke, Sakuma Hisashi, Imanishi

Nobuaki, Aiso Sadakazu, Kishi Kazuo, The Direct Observation of Lymphaticovenular Anastomosis Patency with Photoacoustic Lymphangiography, Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open, 9 卷、2021、e3348

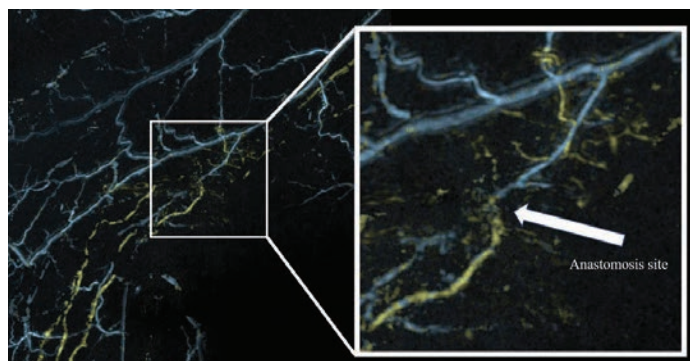


図3 図1と同一部位の光音響画像

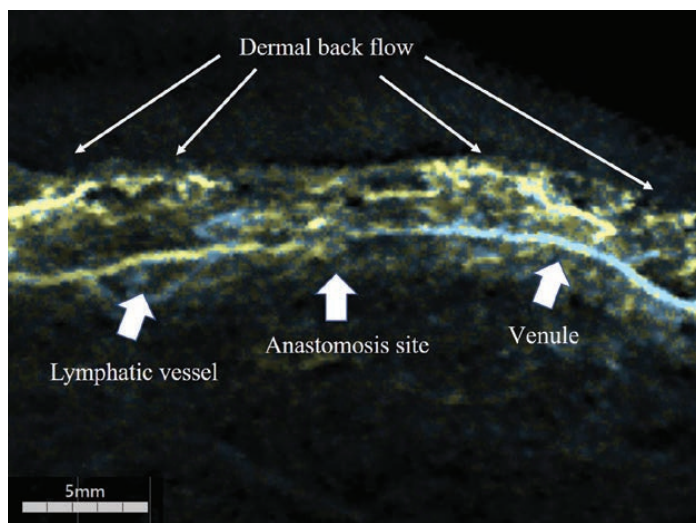


図4 図3の吻合部を含む断面

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Suzuki Yushi, Kajita Hiroki, Kono Hikaru, Okabe Keisuke, Sakuma Hisashi, Imanishi Nobuaki, Aiso Sadakazu, Kishi Kazuo	4. 巻 9
2. 論文標題 The Direct Observation of Lymphaticovenular Anastomosis Patency with Photoacoustic Lymphangiography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open	6. 最初と最後の頁 e3348 ~ e3348
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/gox.0000000000003348	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 梶田 大樹, 吳 アンナ, 今西 宣晶, 高詰 佳史, 浦野 萌美, 鈴木 悠史, 渡部 紫秀, 河野 暉, 岡部 圭介, 佐久間 恒, 小西 信子, 辻 哲也, 矢澤 真樹, 関口 博之, 浅尾 恭史, 八木 隆行, 陣崎 雅弘, 相磯 貞和, 貴志 和生	4. 巻 8
2. 論文標題 新しい画像診断技術 光超音波イメージングで見えるもの	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 リンパ学	6. 最初と最後の頁 6~8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木悠史, 梶田大樹, 河野暉, 岡部圭介, 今西宣晶, 高詰佳史, 佐久間恒, 関口博之, 浅尾恭史, 八木隆行, 相磯貞和, 貴志和生
2. 発表標題 光超音波イメージングを用いたリンパ管細静脈吻合術の新たな術後開存評価
3. 学会等名 第47回日本マイクロサージャリー学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	梶田 大樹  (Kajita Hiroki)		
研究協力者	呉 アンナ  (Oh Anna)		
研究協力者	鈴木 悠史  (Suzuki Yushi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関