

学位番号乙第 2667 号

学位申請者 : おぎ の あき ひろ
荻 野 晶 弘

主 論 文 : Vascular waveform analysis of flap-feeding vessels
using color doppler ultrasonography

(超音波カラードプラを用いた皮弁栄養血管波形解析)

著 者 : Akihiro Ogino, Kiyoshi Onishi

公 表 誌 : Plastic Surgery International, Volume2014, Article ID 249670,
8 pages

論文内容の要旨 :

形成外科領域における皮弁栄養血管の血流評価法としては、血管造影やMRA、MDCTなどさまざまな方法が利用され、安定した検査成績が得られている。しかし、これらの検査では血管の存在や走行は確認できるが、血流速度や血流量、血管抵抗など、真の意味での血流評価は行えない。これに対し近年、超音波カラードプラは、無侵襲、簡便、比較的 low コストで 1mm 以内の微細な血管の描出が可能なることから皮弁栄養血管、特に穿通枝の同定に用いられ、その有用性が報告されている。われわれは、皮弁移植に際して超音波カラードプラによる栄養血管の血管波形解析を行い、術前評価に応用している。本稿では検査法の概要を紹介し、その有用性について報告する。

有茎皮弁による再建手術を施行した症例 19 例を対象とした。使用した皮弁は広背筋皮弁 8 例、腹直筋皮弁 6 例、大胸筋皮弁 3 例、大腿筋膜張筋皮弁 2 例であった。使用した超音波診断装置は TOSHIBA 社製 XARIO SSA-660A・770A[®]で、7.5~10MHz 表在用高周波リニアプローブを用いた。血管波形から解析した項目は、血管径、血流量(F-V)、最高血流速度 (Vmax)、最低血流速度 (Vmin)、平均血流速度 (Vmean)、Resistance Index (RI)、Pulsatility Index (PI)、Acceleration Time (AT) を計測した。F-V は平均流速の時間積分値と血管を正円と仮定した断面積の積として算出し、RI は $(V_{max}-V_{min})/V_{max}$ 、PI は $(V_{max}-V_{min})/V_{mean}$ で算出した。血管波形の計測部位は、皮弁栄養血管分岐後約 3cm 以内の部位で計測した。血管波形計測時の超音波の入射角度は原則 60 度以内とし、3 心拍以上安定して描出できた波形を採用した。動脈波形は Hirai らの血流波形分類を一部改変して 5 型に分類

した。また、D-1a、D-1b、D-2 波形を正常波形、D-3、D-4 波形を異常波形とした。

術前に超音波カラー Doppler を施行した 19 例のうち、皮弁栄養血管の血管波形に異常を認めたのは 4 例 (D-4 型 1 例、D-3 型 1 例、血管描出不良例 2 例) であった。D-4 型を呈した 1 例は縦隔炎に対し、左腹直筋皮弁による再建を予定し、上腹壁動脈の血管波形解析を行ったが、 $V_{max}:15.6\text{cm/sec}$ 、 $RI:0.34$ 、 $PI:0.50$ と明らかに低値であった。内胸動脈中極側の波形は D-2 型と正常波形であったため、内胸動脈の損傷、血管狭窄を生じている可能性が疑われた。そのため、広背筋皮弁による再建へと術式を変更した。D-3 型を呈した 1 例は縦隔炎に対し、右腹直筋皮弁による再建を予定し、右上腹壁動脈の血管波形解析を行ったが、 $V_{max}:15.0\text{cm/sec}$ と低値であり、術後筋弁末梢部に壊死を生じた。血管描出不良例の 2 例はともに縦隔炎に対し、腹直筋皮弁による再建を予定し、上腹壁動脈の血管波形解析を行ったが、内胸動脈から上腹壁動脈の血管描出が不良であった。1 例ではその外側方向に腹直筋に流入する血管を確認したので血流評価を行った。血管径は 1mm 程度とやや細いものの、 $FV:4\text{ml/min}$ 、 $V_{max}:19.1\text{cm/sec}$ 、血管波形は D-2 型と正常であり、皮弁移行は可能であると判断した。術後、皮弁遠位部の部分壊死を生じたが、原因としては胸部上方の欠損を被覆するために皮弁遠位部の緊張が強かったためと推察された。もう 1 例は、内胸動脈の閉塞と判断し、大網と大胸筋弁による再建に変更した。ほかの 15 例は、血流量や血流速度は十分な値で、血管波形も正常波形であり、皮弁は全生着した。

各皮弁の栄養血管別にみると、上腹壁動静脈茎の腹直筋皮弁 4 例中、D-1b 型 1 例、D-2 型 1 例で皮弁は全生着したが、D-2 型 1 例、D-3 型 1 例で皮弁の部分壊死を生じた。下腹壁動静脈茎の腹直筋皮弁 2 例の波形は D-1b 型、D-2 型各 1 例で皮弁は全生着した。胸背動静脈茎の広背筋皮弁 8 例の波形は D-1a 型、D-1b 型各 3 例、D-2 型 2 例で皮弁は全生着した。胸肩峰動静脈茎の大胸筋皮弁 3 例の波形は D-1b 型 3 例で皮弁は全生着した。外側大腿回旋動静脈茎の大腿筋膜張筋皮弁 2 例の波形は D-1b 型、D-2 型各 1 例で皮弁は全生着した。

われわれは以前、約 40 例の皮弁栄養血管の血管波形解析を行い、血管径、 FV 、 V_{max} 、 RI 、 PI など各計測値について基準値を設定した。現在、術前の皮弁血流評価の指標として適用しているが、安全に皮弁の挙上が可能と判断する基準値については、血管径:1mm 以上、 $FV:5\text{ml/min}$ 以上、 $V_{max}:15\text{cm/sec}$ 以上、 $RI:0.7$ 以上、 $AT \leq 100\text{msec}$ をおおよその目安としている。実際に皮弁移植を行った症例の血管波形解析結果とわれわれが設定した基準値とを比較検討したが、皮弁が全生着した症例の波形は D-1a か D-1b、D-2 型と正常波形であり、口径、 FV 、 V_{max} は設定値より高値で良好な血流を認め、 RI 、 PI 、 AT は基準値範囲内であった。

皮弁の血行動態の解析では血管走行や血管径、血流速度などの基本的な情報のみならず、血流量や血管抵抗、動脈波形についても評価することが重要である。血管描出など技術に熟練を要し、装置の取り扱いにも経験を要するため、血管解剖を熟知している術者本人が検査に同席し、超音波装置の操作や設定を検査技師と連携して行なうことが、皮弁栄養血管の走行や詳細な血行動態を把握し、安全な手術を行うために重要と思われた。

1. 論文審査の要旨および担当者

学位番号乙第 2667 号	氏 名	荻 野 晶 弘
論文審査担当者	主 査	林 明 照
	副 査	渡 邊 善 則
	副 査	中 村 正 人
	副 査	尾 崎 重 之
	副 査	島 田 英 昭
<p>論文審査の結果の要旨 :</p> <p>形成外科領域における皮弁栄養血管の血流評価法には血管造影や MRA、MDCT などが利用されているが、これらの検査では血流速度や血流量、血管抵抗など、真の意味での血流評価は行えない。著者らは、皮弁移植に際して無侵襲、簡便、比較的低コストで 1mm 以内の微細な血管の描出が可能な超音波カラードプラによる血管波形解析を行い、術前評価に応用した。有茎皮弁による再建手術症例 19 例（広背筋皮弁 8 例、腹直筋皮弁 6 例、大胸筋皮弁 3 例、大腿筋膜張筋皮弁 2 例）に超音波診断装置（TOSHIBA 社製 XARIO SSA-660A・770A®）、7.5～10MHz 表在用高周波リニアプローブを用い検査した。血管波形から血管径、血流量（F-V）、最高血流速度（Vmax）、最低血流速度（Vmin）、平均血流速度（Vmean）、Resistance Index（RI）、Pulsatility Index（PI）、Acceleration Time（AT）を計測し、動脈波形は既存の血流波形分類を改変して 5 型に分類し、D-1a、D-1b、D-2 波形を正常波形、D-3、D-4 波形を異常波形とした。術前に超音波カラードプラを施行した 19 例のうち、皮弁栄養血管の血管波形に異常を認めたのは 4 例であり、2 例で術式を変更した。ほかの 15 例は、血流量や血流速度は十分な値で、血管波形も正常波形であり、皮弁は全生着した。著者らは以前、約 40 例の皮弁栄養血管の血管波形解析を行い、血管径、FV、Vmax、RI、PI など各計測値について基準値を設定し、今回、それら基準値の正当性を確認することもでき、皮弁の血行動態の詳細な解析が安全な手術を行うために重要であることを明らかにした。</p> <p>学位審査は平成 26 年 5 月 26 日（月）19 時から、審査担当者 5 名全員の出席のもと開催された。申請者により論文内容説明が行われたのち、質疑応答が行われた。審査委員からは皮弁手術における超音波カラードプラによる血管解析の位置付け、波形分類を新たに 5 型に分類したことの意義および各波形の解釈、臨床における検査手技の実際や検査結果を踏まえた皮弁選択の判断基準、末梢静脈（皮弁還流静脈）への適用などの質疑がなされ、申請者はすべての質問に的確に回答し、また、今後の研究につながる討論がなされた。</p> <p>審議の結果、無侵襲な超音波カラードプラを用い皮弁栄養血管の走行や血行動態を解析し、皮弁外科で扱う末梢動脈に適した新たな血流波形分類およびそれらの基準値を明らかにした優れた論文であり、研究のオリジナリティも認められ学位に値すると判断した。</p>		