



Title	表在性軟部腫瘤におけるB-flowの有用性について
Author(s)	成尾, 孝一郎; 宮本, 幸夫; 入江, 健夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2005, 65(4), p. 393-398
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19866
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

表在性軟部腫瘍におけるB-flowの有用性について

成尾孝一郎 宮本 幸夫 入江 健夫 佐久間 亨
武内 弘明 白川 崇子 中田 典生 福田 国彦

東京慈恵会医科大学放射線医学講座

Clinical Usefulness of B-flow Imaging in the Diagnosis of Superficial Soft Tissue Tumors

Kouichirou Naruo, Yukio Miyamoto,
Takeo Irie, Tohru Sakuma,
Hiroaki Takeuchi, Takako Sirakawa,
Norio Nakata, and Kunihiro Fukuda

B-flow imaging is a recently developed ultrasound technique that extends the B-mode imaging quality of blood flow, including high-frame-rate and high-spatial-resolution imaging. The purpose of the present study was to clarify the usefulness of B-flow for evaluation of the hemodynamics of superficial soft tissue tumors. All 33 cases of superficial soft tissue tumors were examined by both B-flow and Color/Power Doppler methods on the same plane. The B-flow images that were obtained were evaluated by comparison with corresponding Color/Power Doppler images. The following four items were compared and evaluated: (1) sensitivity to the detection of tumor vessels; (2) quality of background B-mode imaging; (3) frame rate; and (4) spatial resolution of tumor vessels. B-flow was somewhat inferior to Color/Power Doppler imaging in sensitivity to the detection of tumor vessels. B-flow was clearly inferior in the quality of background B-mode imaging. B-flow provided high-frame-rate imaging. The diameter of tumor vessels on B-flow imaging was clearly thinner than that on Color/Power Doppler images and appeared to indicate the true diameter of tumor vessels. By providing high-frame-rate imaging and high spatial resolution, B-flow makes it possible to clarify the precise vascular structure.

Research Code No.: 501.2

Key words: B-flow, Superficial soft tissue tumor,
Color Doppler method, Power Doppler method

Received May 9, 2005; revision accepted Sep. 8, 2005
Department of Radiology, Jikei University School of Medicine

別刷請求先
〒105-8461 港区西新橋3-25-8
東京慈恵会医科大学放射線医学講座
成尾孝一郎

はじめに

B-flowは、所謂coded excitationを基礎に、Bモード上で血流表示を可能とする方法であり、従来のカラーフローマッピング法に比して、空間および時間分解能に優れていることが特徴である。文献上、B-flowは空間分解能に優れるため、頸動脈狭窄部の形態と狭窄の程度の評価においてPower Doppler法より有用であったとの報告がある^{1), 2)}。また、肝臓では、Color Doppler法と比較して、血管外へのはみ出しの無い空間分解能に優れた像が得られ、門脈と肝動脈とを分離して描出し得たとの報告もある³⁾。しかし、われわれが検索し得た範囲では、表在性軟部腫瘍において、Color Doppler法やPower Doppler法と比較してB-flowの有用性を検討した報告はみられない。本研究の目的は、表在性軟部腫瘍を対象にB-flowによる血流表示を試み、同法とColor Doppler法やPower Doppler法との比較における有用性について検討することである。

対象および方法

対象は、2002年10月から2004年2月までの間にPower Doppler法およびB-flowによる血流表示が施行された表在性軟部腫瘍33例である。内訳は乳腺腫瘍11例(乳癌6例、線維腺腫3例、病理診断未確定2例)、甲状腺腫瘍8例(乳頭癌3例、細胞診にてclass IまたはIIのもの5例)、二次性副甲状腺機能亢進症2例、頸部リンパ節転移6例、結核性頸部リンパ節炎1例、鼠径部リンパ節(猫ひっかき病)1例、転移性肋骨腫瘍(腎細胞癌)1例、神経鞘腫1例、隆起性皮膚線維肉腫1例である。腫瘍径は、最小1.1cm、最大4.2cm、平均2.6cmであった。いずれも腫瘍は、皮膚表層から4.0cm以内に存在した。

33症例について、できる限り同一の断面において、Power Doppler法とB-flowを用いて病変部の血流表示を試み、両者の画像を比較検討した。全33症例のうち、Power Doppler法とB-flowによる血流表示をビデオにより動画として記録し、比較検討し得た症例は28例である。4例ではColor Doppler法も施行された。同様に、できる限り同一断面のColor

Doppler法とB-flowを用いた病変部の血流表示を試み、得られた画像を比較検討した。なお、これらの4症例はColor Doppler法とB-flowを共に動画として記録した。

以下の4項目を比較検討した。

1. 病変部の血流表示感度
2. 背景のBモード像の画質
3. 血流表示のリアルタイム性(動画として記録された28例)
4. 表示された血管の空間分解能

項目1~4とも以下の5段階で評価した。B-flowがPower Doppler (PD)法よりはるかに優れる($PD \ll B\text{-flow}$)、B-flowがPower Doppler法により優れる($PD < B\text{-flow}$)、B-flowとPower Doppler法がほぼ同等($PD = B\text{-flow}$)、Power Doppler法がB-flowより優れる($PD > B\text{-flow}$)、Power Doppler法がB-flowよりはるかに優れる($PD \gg B\text{-flow}$)。上記の評価の指標として、項目1. 病変部の血流表示感度については、視覚的にPower Doppler法で描出された腫瘍の血管量がB-flowの80%未満と思われる場合、B-flowがPower Doppler法よりはるかに優れると評価するものとした。Power Doppler法により描出された腫瘍の血管量がB-flowより少ないが、視覚的にB-flowの80%以上と思われる場合、B-flowがPower Doppler法より優れていると評価するものとした。同様にB-flowにより描出された腫瘍の血管量がPower Doppler法より少ないが、視覚的にPower Doppler法の80%以上描出されていると思われる場合、Power Doppler法がB-flowより優れると評価するものとした。項目2. 背景のBモード像の画質については、血管以外の背景組織の境界エコー、スペックル像の明瞭さを評価の指標とした。B-flowでは背景組織の境界エコー、スペックル像が明瞭に描出されるが、Power Doppler法ではそれらが全くあるいはほとんど同定できない場合、B-flowがPower Doppler法よりはるかに優れると評価するものとした。B-flow、Power Doppler法が共に境界エコー、スペックル像が描出されるが、B-flowの方がより明瞭な場合、B-flowがPower Doppler法より優れると評価するものとし、反対にPower Doppler法がより明瞭な場合、Power Doppler法がB-flowより優れると評価するものとした。Power Doppler法では背景組織の境界エコー、スペックル像が明瞭に認められるが、B-flowではそれらが全くあるいはほとんど同定できない場合、Power Doppler法がB-flowよりはるかに優れると評価するものとした。項目3. 血流表示のリアルタイム性については、B-flowのリアルタイム性は良好であるが、Power Doppler法のフレームレートが極端に悪くリアルタイム観察に支障をきたす場合、B-flowがPower Doppler法よりはるかに優れると評価するものとした。B-flow、Power Doppler法共にリアルタイム観察に支障はないが、B-flowの方がよりリアルタイム性に優れる場合、B-flowがPower Doppler法より優れると評価するものとし、反対にPower Dop-

pler法のほうがよりリアルタイム性に優れる場合、Power Doppler法がB-flowより優れると評価するものとした。Power Doppler法のリアルタイム性は良好であるがB-flowのフレームレートが極端に悪く、リアルタイム観察に支障をきたす場合、Power Doppler法がB-flowよりはるかに優れると評価するものとした。項目4. 表示された血管の空間分解能については、①血流表示の血管からのみ出し(blooming)の有無、②隣接して走行する血管どうしの分離、同定が可能かどうかの2点を評価の対象とした。B-flowが①、②の2点ともPower Doppler法より優れている場合、B-flowがPower Doppler法よりはるかに優れると評価するものとした。B-flowが①、②のうち1点でPower Doppler法より優れている場合、B-flowがPower Doppler法より優れると評価するものとした。Power Doppler法が①、②のうち1点でB-flowより優れている場合、Power Doppler法がB-flowより優れると評価するものとした。Power Doppler法が①、②の2点共B-flowより優れている場合、Power Doppler法がB-flowよりはるかに優れると評価するものとした。Color Doppler法とB-flowとの比較においても同様に5段階で評価した。なお、評価は2名の放射線科医で行い、評価が異なる場合は合議により決定した。Color Doppler法やPower Doppler法による血流像の撮像に際しては、クラッターノイズの出ない範囲で、高感度に血流が表示されるように各種パラメーターを適宜調整した。また、B-flow撮像でも、血流が高感度に描出されるようにゲイン等のパラメーターを適宜調整した。また、いずれの撮像法においても、機械的圧迫による影響が出ないように、できる限り探触子を軽く皮膚にあてるように努めた。使用した機種は、GE横河メディカルシステム社製LOGIQ7(探触子は中心周波数7.5MHzの電子リニア型)である。

結 果

1. 病変部の血流表示感度

全33症例で、比較可能なほぼ同一断面でPower Doppler法とB-flowによる血流表示が得られた。27例において血流表示感度はほぼ同等であった(Figs. 1-3, 5)。残り6例ではPower Doppler法がB-flowより優れていた(Fig. 4)(Table 1)。Color Doppler法の施行された4例では、全てColor Doppler法とB-flowとで血流表示感度はほぼ同等であった(Figs. 2, 3)(Table 2)。以上よりB-flowはColor Doppler法やPower Doppler法と比べて、血流表示感度においてほぼ同等かやや劣る傾向がみられた。

2. 背景のBモード像の画質

背景のBモード像の画質は、33症例中26例でPower Doppler法はB-flowよりはるかに優れていた(Figs. 1-4)。残り7例ではPower Doppler法はB-flowより優れていた(Fig. 5)(Table 1)。Color Doppler法の施行された4例では、4例全例において、Color Doppler法はB-flowよりはるかに優れて

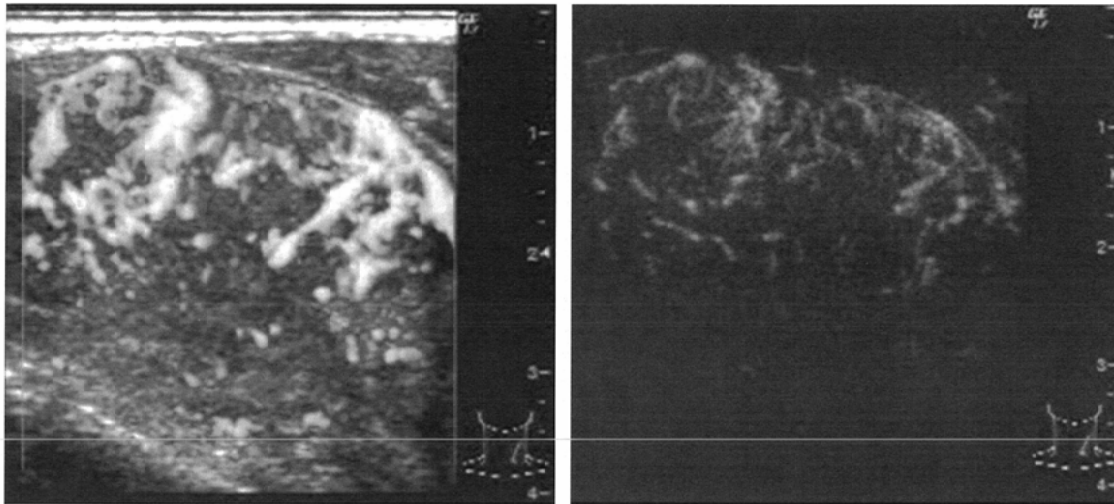


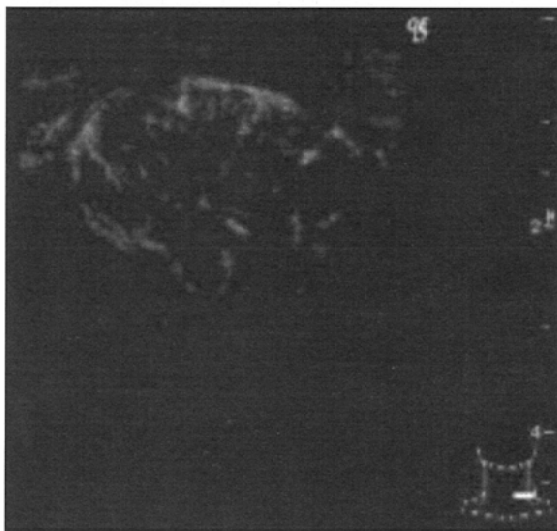
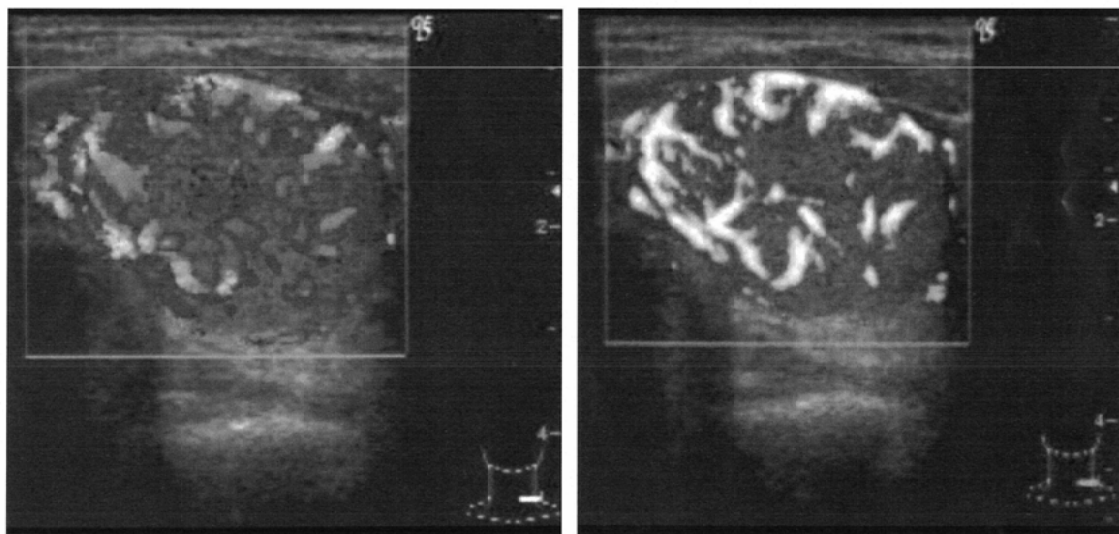
Fig. 1 Thyroid carcinoma (papillary carcinoma).

A: Power Doppler imaging.

B: B-flow imaging corresponding to the plane of A.

Oblique sagittal scan shows a huge inhomogeneous mass in the thyroid. Power Doppler imaging (A) and B-flow imaging (B) show markedly increased blood flow within the tumor. B-flow imaging (B) is similar to Power Doppler imaging (A) in its sensitivity to the detection of tumor vessels. Power Doppler imaging (A) is much superior to B-flow imaging (B) in terms of the quality of background B-mode imaging. Diameters of tumor vessels on B-flow imaging (B) are clearly thinner than those on Power Doppler imaging (A). Furthermore, in the absence of blooming artifact, B-flow imaging (B) distinctly separates several vessels nearby. Therefore, B-flow imaging (B) is much superior to Power Doppler imaging (A) in showing the spatial resolution of detected tumor vessels.

A | B



A	B
C	

Fig. 2 Thyroid tumor (ABC: class II).

A: Color Doppler imaging.

B: Power Doppler imaging.

C: B-flow imaging corresponding to the plane of A and B.

Transverse scan shows a well-circumscribed isoechoic mass in the thyroid gland. Color Doppler imaging (A), Power Doppler imaging (B), and B-flow imaging (C) show capsular and centripetal blood flow. B-flow imaging (C) is as prominent as Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) in its sensitivity to detection of tumor vessels. Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) are much superior to B-flow imaging in the quality of background B-mode imaging. Diameters of tumor vessels on B-flow imaging (C) are clearly thinner than those on Color Doppler (A) and Power Doppler imaging (B). Therefore, B-flow imaging (C) is superior to Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) in demonstrating the spatial resolution of detected tumor vessels.

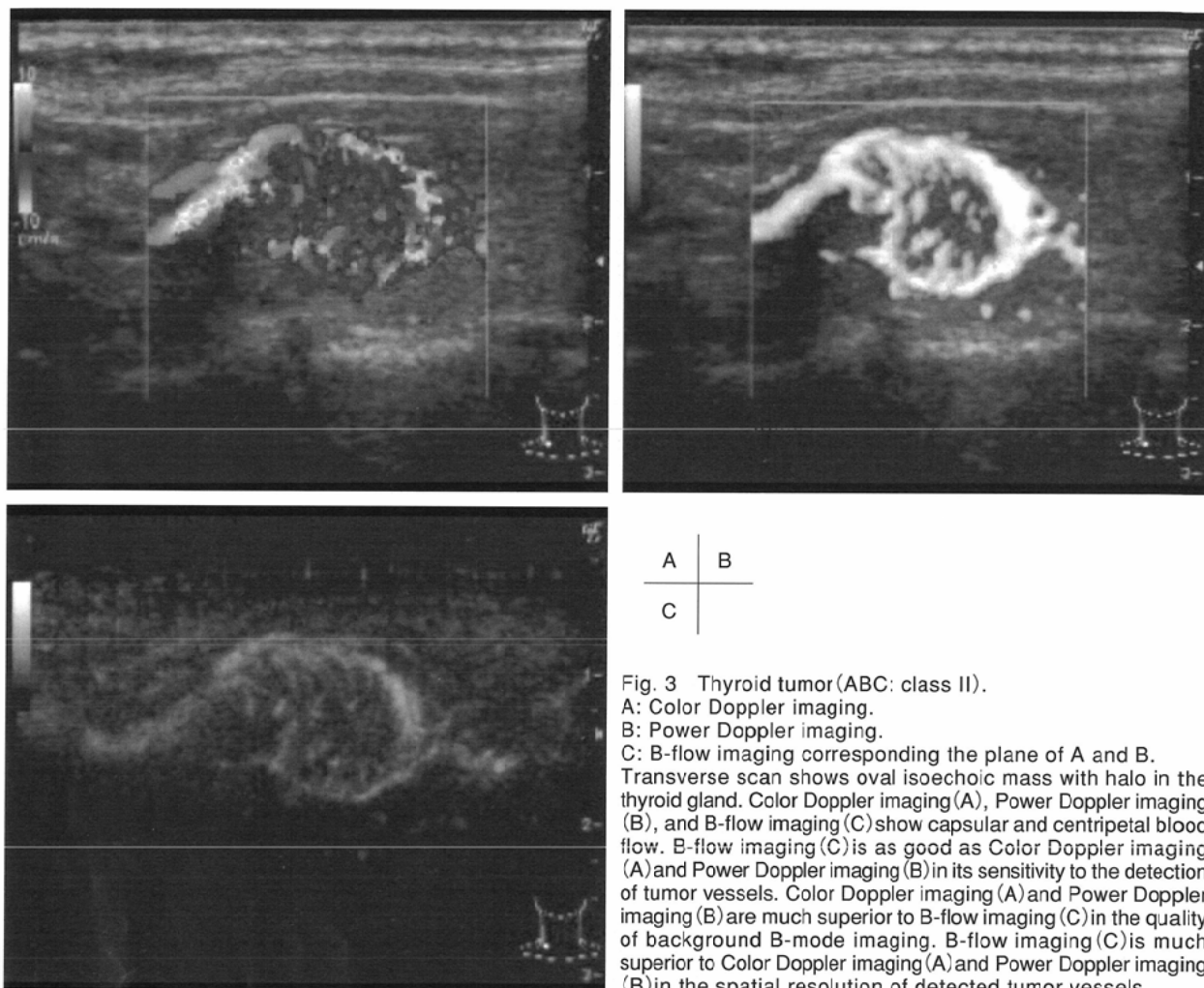


Fig. 3 Thyroid tumor (ABC: class II).

A: Color Doppler imaging.

B: Power Doppler imaging.

C: B-flow imaging corresponding the plane of A and B.

Transverse scan shows oval isoechoic mass with halo in the thyroid gland. Color Doppler imaging (A), Power Doppler imaging (B), and B-flow imaging (C) show capsular and centripetal blood flow. B-flow imaging (C) is as good as Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) in its sensitivity to the detection of tumor vessels. Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) are much superior to B-flow imaging (C) in the quality of background B-mode imaging. B-flow imaging (C) is much superior to Color Doppler imaging (A) and Power Doppler imaging (B) in the spatial resolution of detected tumor vessels.

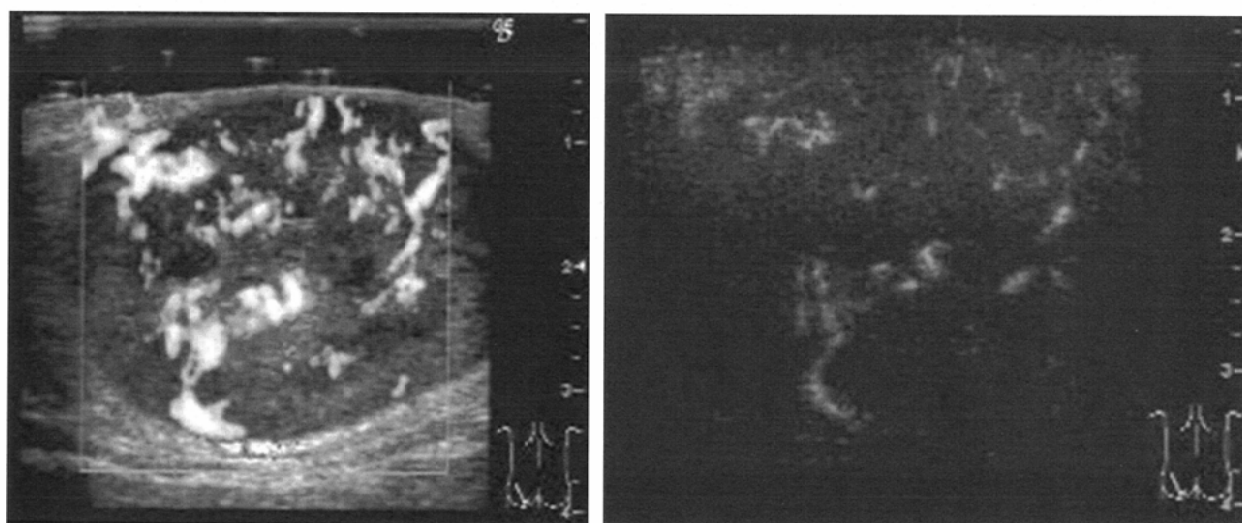


Fig. 4 Subcutaneous schwannoma of the gluteal region.

A: Power Doppler imaging.

B: B-flow imaging corresponding the plane of A.

Oblique sagittal scan shows a well-circumscribed inhomogeneous mass in the subcutis of the gluteal region. Power Doppler imaging (A) and B-flow imaging (B) show neovascularity within the tumor. Power Doppler imaging (A) is superior to B-flow imaging (B) in its sensitivity to the detection of tumor vessels. Power Doppler imaging (A) is much superior to B-flow imaging (B) in terms of the quality of background B-mode imaging. B-flow imaging (B) is superior to Power Doppler imaging (A) in the spatial resolution of detected tumor vessels.

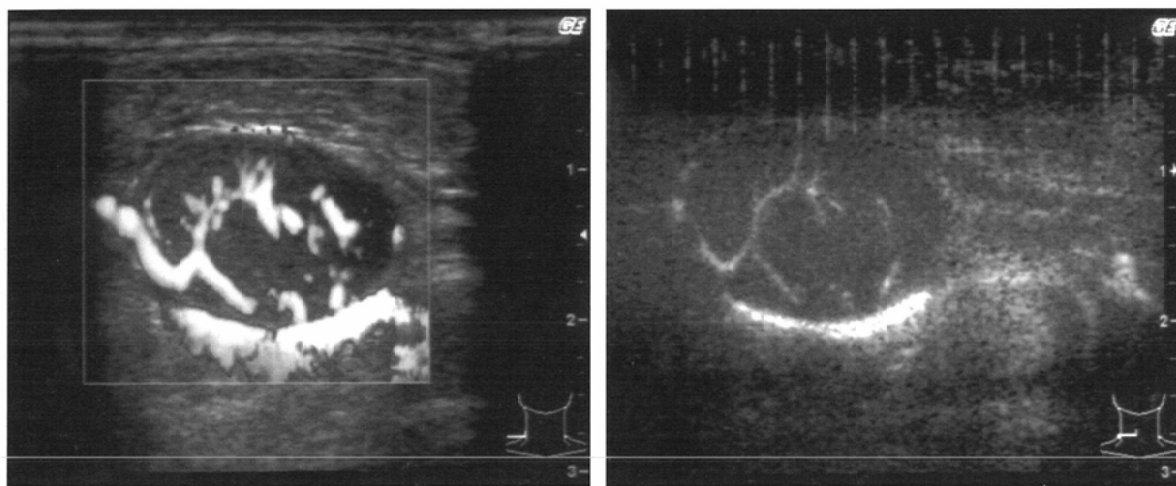


Fig. 5 Metastatic cervical lymphadenopathy.

A: Power Doppler imaging.

B: B-flow imaging corresponding to the plane of A.

Transverse scan of the neck shows an oval hypoechoic mass. Power Doppler imaging (A) and B-flow imaging (B) show blood flow within the tumor. B-flow imaging (B) is equal to Power Doppler imaging (A) in its sensitivity to the detection of tumor vessels. Power Doppler imaging (A) is superior to B-flow imaging (B) in terms of the quality of background B-mode imaging. B-flow imaging (B) is superior to Power Doppler imaging (A) in the spatial resolution of detected tumor vessels.

A B

Table 1 Comparison between Power Doppler and B-flow imaging for four items of evaluation

	PD>>BF	PD>BF	PD=BF	PD<BF	PD<<BF
1. Sensitivity to detection of tumor vessel (N=33)	0	6	27	0	0
2. Quality of background of tumor vessel (N=33)	26	7	0	0	0
3. Frame rate (N=28)	0	0	0	28	0
4. Spatial resolution of detected tumor vessel (N=33)	0	0	0	13	20

PD>>BF: Power Doppler imaging is much more prominent than B-flow imaging

PD>BF: Power Doppler imaging is more prominent than B-flow imaging

PD=BF: B-flow imaging is as prominent as Power Doppler imaging

PD<B-flow: B-flow imaging is more prominent than Power Doppler imaging

PD<<B-flow: B-flow imaging is much more prominent than Power Doppler imaging

Table 2 Comparison between Color Doppler and B-flow imaging for four items of evaluation

	CD>>BF	CD>BF	CD=BF	CD<BF	CD<<BF
1. Sensitivity to detection of tumor vessel (N=4)	0	0	4	0	0
2. Quality of background of tumor vessel (N=4)	4	0	0	0	0
3. Frame rate (N=4)	0	0	0	4	0
4. Spatial resolution of detected tumor vessel (N=4)	0	0	0	1	3

CD>>BF: Color Doppler imaging is much more prominent than B-flow imaging

CD>BF: Color Doppler imaging is more prominent than B-flow imaging

CD=BF: B-flow imaging is as prominent as Color Doppler imaging

CD<BF: B-flow imaging is more prominent than Color Doppler imaging

CD<<BF: B-flow imaging is much more prominent than Color Doppler imaging

いた(Figs. 2, 3)(Table 2)。したがって、背景のBモード像の画質はB-flowよりもColor Doppler法やPower Doppler法のほうが明らかに良好であった。

3. 血流表示のリアルタイム性

Power Doppler法およびB-flowによる血流表示がビデオにより動画として記録できた28症例について血流表示のリア

ルタイム性を比較検討した。B-flowでは血流があたかも流れているように高輝度かつリアルタイムに描出され、28例全例でB-flowがPower Doppler法より優れていた(Table 1)。Color Doppler法とB-flowによる血流表示がビデオにより動画として記録された4例では、全てB-flowがColor Doppler法より優れていた(Table 2)。

4. 表示された血管の空間分解能

血管の空間分解能については33症例中20例でB-flowがPower Doppler法よりはるかに優れていた(Figs. 1, 3). また, 残り13例でB-flowがPower Doppler法より優れていた(Figs. 2, 4, 5)(Table 1). Color Doppler法の施行された4例の内, 3例でB-flowがColor Doppler法よりはるかに優れていた(Fig. 3), 1例でB-flowがColor Doppler法より優れていた(Fig. 2).

Color Doppler法とPower Doppler法で表示される血管径は, はほぼ全例で血流表示の血管からはみ出し(blooming)により, 実際の血管径より明らかに太く描出されたが, B-flowでは全例でColor Doppler法やPower Doppler法より明らかに細く描出され, 実際の血管径をより忠実に反映していた. また, B-flowがColor Doppler法やPower Doppler法よりも表示された血管の空間分解能がはるかに優れていると評価した20例では, B-flowは隣接する血管の分離同定が可能であった.

考 察

超音波検査における非侵襲的血流表示法として従来よりColor Doppler法とPower Doppler法が施行されてきた. これらは, Bモード画像上に血流分布をリアルタイムに表示するものであり, 非侵襲的に血流情報が得られる利点を有するが, 空間分解能および時間分解能に劣ることが欠点である.

B-flowは, coded excitationを基礎に, Bモードによる血流表示を可能にする方法である. すなわち, 高周波で強い超音波パルスに符号化(encoding)し, 弱い超音波パルスに変換して照射し, 血球, その他の組織からの反射エコーを受信後, 解読(decoding)して高周波で強い超音波パルス画像に変換する. また, MTIフィルターにより, 血球の後方散乱以外の周囲組織からの信号を低下させる. B-flowはこれらの手法を用いて, 通常のBモードでは非常に微弱なため表示が不可能な血球からの散乱信号を直接画像化してBモードによる血流表示を可能とする手法である. 基本的にはBモード画像であり, その特徴である高空間分解能と高時間分解能を有している.

今回のわれわれの検討でも, B-flowは高輝度の血流がリアルタイムにあたかも流れているように描出され, 時間分解能に優れていた. また, B-flowにより描出された血管径はColor Doppler法やPower Doppler法よりも明らかに細く描出され, 実際の血管径をより忠実に反映していると思われる. さらに, B-flowではColor Doppler法やPower Doppler法でみられた血流表示の血管からはみ出し(blooming)もなく, 近接した個々の血管の分離, 同定も容易であり, 空間分解能にも優れていた.

したがって, 高空間分解能, 高時間分解能を有するB-flowは臨床上也様々な有用性が期待される. 例えば, 手術予定の表在性軟部腫瘍に関しては, 任意の断面でリアルタイムに観察することにより, 腫瘍内外の詳細な血管構築像を術前に把握するのに有用である. また表在性軟部腫瘍のエコー下生検のガイドとしても有用性が期待される. しかし, 血流表示感度がColor Doppler法やPower Doppler法と比較しやや劣る点や背景のBモードが明らかに劣る点などのB-flowの欠点については装置のさらなる改善が必要と思われる. これらの欠点が改善されれば空間分解能, リアルタイム性に優れるB-flowは, 特に多血性腫瘍のエコー下生検において, 腫瘍血管をさけて安全に腫瘍組織を採取するためのガイドとして有用と思われる.

またB-flowは表在性軟部腫瘍の詳細な血流形態情報を得ることができ, 質的診断に寄与する可能性が期待される. 例えば, 甲状腺腫瘍の特徴的な血管造影所見として, 乳頭癌や濾胞癌等の悪性腫瘍では, 腫瘍内血管の屈曲, 蛇行, 広狭不整, 途絶, 濾胞腺腫では細小血管の網状や密な増生, 腺腫様甲状腺腫では正常走行に近い血管の増生が挙げられる^{4), 5)}. また乳癌においても, 血管の拡張, 途絶, 螺旋状に蛇行した腫瘍血管が特徴的であると報告されている⁶⁾. 空間分解能に優れるB-flowは, リアルタイムに操作することにより, これらの血管造影上の腫瘍血管の特徴を非侵襲的に描出できる可能性が期待される.

今後, B-flow施行症例の蓄積とともに, Color Doppler法やPower Doppler法では得られない, あらたな腫瘍血管の詳細な形態学的知見が得られる可能性があり, さらなる検討が必要と思われる.

文 献

- 1) Umemura A, Yamada K: B-mode flow imaging of the carotid artery. *Stroke* 32: 2055-2057, 2001
- 2) Yதாகul M, Tola M, Cumhur T: B-flow imaging of internal carotid artery stenosis: Comparison with power Doppler imaging and digital subtraction angiography. *J Clin Ultrasound* 32: 243-248, 2004
- 3) Furuse J, Maru Y, Mera K, et al: Visualization of blood flow in hepatic vessels and hepatocellular carcinoma using B-flow sonography. *J Clin Ultrasound* 29: 1-6, 2001
- 4) 三橋重信, 平野 実, 市川昭則, 他: 甲状腺疾患に対するThyroid angiographyの応用. *日本耳鼻咽喉科学会雑誌* 76: 427-431, 1973
- 5) 森田 稔, 篠原正裕, 入江五郎, 他: 結節性甲状腺腫における血管造影診断. *臨床放射線* 20: 639-650, 1975
- 6) Sakki S: Angiography of the female breast. *Ann Clin Res* 6 Suppl 12: 1-47, 1974