

無侵襲診断法の到達点 - 外科医の立場から -

平井 正文

要 旨： アンケートによると、動脈疾患においては最近の15年間にCTおよびMR angiographyの発達が著しく、臨床にも高頻度に応用されている。血行動態的機能診断法としては、足関節血圧測定が現在も幅広く用いられている。静脈疾患では最近の12年間で超音波検査の目覚ましい発達が見られているが、機能診断では新しい発展が得られていない。今後は動脈・静脈疾患ともに画像診断のさらなる精度向上と、機能診断の新しい工夫・開発が望まれる。

(J Jpn Coll Angiol, 2006, 46: 203-209)

Key words: arterial occlusive diseases, venous diseases, noninvasive diagnostic techniques

昭和56年(1981年)に始まった血管無侵襲診断法研究会も、平成17年(2005年)の第25回研究会を最後に、その目的を達したとされ終了するに至った。これを機会に、研究会創設の趣旨、その後の推移そして無侵襲診断法の今後について述べてみたい。

研究会の創設¹⁻³⁾

(1) 創設の目的

昭和40～50年代にかけては、無侵襲かつ機能的診断法が非常な勢いで開発され、臨床応用された時代であった。すなわち、血管造影では判定できない客観的な血行動態の評価(再管疎通や側副血行の発達の程度など)の重要性が認識され、画像診断と同様に機能診断も大切という認識が生まれ、現在も応用されている足関節血圧測定はもちろん、足趾血圧や皮膚灌流圧の測定、経皮的酸素分圧測定、レーザードプラ法、種々の脈波法などがすでにこの頃までには報告されていた。

このような非常に多くの無侵襲診断法が報告される中で、routine検査としての標準的検査法とは何か、またどのような検査法をroutine検査に積み重ねれば一層高度な診療が可能になるか、という検討を主目的としてこの研究会が発足した。すなわち診断法の開発、改良、臨床応用を通して、個々の臨床家が治療を含めた高い診療能力をもつ専門家となること、“ 高いレベルで

の診療 ”を可能にすること、を目標にこの研究会が創設されたものである。このためには、正しい測定値を得、その値のもつ意義を知らねばならない。

(2) 正しい測定値を得るために

閉塞性動脈疾患の診断においては、現在も足関節血圧測定が第一選択である。しかし、足関節血圧値には、測定前の安静時間、測定時の体位、カフの幅・長さ・巻き方、測定技術(カフ圧の上昇、下降の速度など)、選択したセンサの感度、測定時の環境(室温、騒音など)が影響する⁴⁾。このような安静時間、体位、室温という測定環境因子および測定の基本技術は、足関節血圧測定時ばかりではなく、血流量や流速測定など他の血行動態的診断法においても常に考慮しなくてはならない因子である。すなわち、治療法の選択、治療効果の判定、経過観察に応用される情報は、統一された環境、手技により施行された結果でなければならない。このためには、整備された検査体制、熟練した診断技術が必要であり、研究会創設当時よりvascular lab. (血管検査室)の必要性が指摘されていた。また正しい診断を行うためには、その診断法の長所、短所(限界)を熟知し、得られた情報を鵜呑みにしないこと、絶えず診断法の開発、改良を行うことが大切であり、この認識のもとに本研究会がスタートした。このような正

Table 1 Comparison of diagnostic techniques for arterial occlusive diseases between 1990–1991 and 2005 surveys (%)

	1990–1991 (n = 76)	2005 (n = 78)	Significance
Blood pressure measurement	97	99	
Analysis of digital pulse wave	59	32	p < 0.01
Analysis of Doppler flow velocity	38	35	
Ultrasonography (B-mode)	30	39	
Duplex scanning		34	
Color Doppler flow imaging		43	
Thermography	19	9	
Flow assessment with RI	5	1	
Laser Doppler flowmetry	18	8	
IVDSA	40	18	p < 0.01
Direct arteriography (IADSA included)	89	56	p < 0.01
Measurement of skin perfusion pressure		5	
Determination of transcutaneous oxygen tension		12	
Near-infrared spectroscopy		6	
CT angiography		57	
MR angiography		47	
Physical examinations		89	

RI: radioisotope, IVDSA: intravenous digital subtraction angiography,
IADSA: intraarterial digital subtraction angiography, CT: computed tomography, MR: magnetic resonance

しい測定値を得ることは、前記の「高いレベルでの診療」に不可欠な要因であり、研究会発足の会員の共通目標でもあった。

変化する診断法

診断法は、診断機器それ自体の改良や新しい開発により発展、進歩してきた。また、病態生理の解明や治療法の進歩に応じて応用法が多様化してきた。移り変わりの観察から、診断法の今後を考えることができると考えられ、今回この講演を機会に新たにアンケート調査を施行した。動脈疾患と静脈疾患とに分け、過去に行われた調査内容に準じた内容にて施行した。アンケートに協力いただいた施設は文末に掲載した血管外科医のいる78施設である。

(1) 閉塞性動脈疾患

1) 検査法の推移

拡張性動脈疾患(動脈瘤)は対象から除外し、閉塞性動脈疾患への診断法の調査である。

昭和59年(1984年)の第4回無侵襲診断法研究会(草場昭当番世話人)にて、標準的診断法を模索するべくパネ

ルディスカッション「動脈閉塞性疾患に対する無侵襲診断法の有用性と限界」が行われ、動脈閉塞や狭窄の診断、再建動脈の予後追跡、阻血性潰瘍の発生予知、肢切断部位の決定などが討議された⁵⁾。その結果では、聴診器型ドブラ流速計(足関節血圧測定)と流速波形の分析機器が血管疾患診療に是非必要であり、ストレーンゲージ脈波(脈波分析、血流量測定、足趾を含む四肢血圧測定)を加えることが望ましく、さらに予算が許せば経皮的酸素分圧測定器を設備するとよいと結論づけられている。これらの方法は、すべて現在においても応用されている検査法であるが、その使用頻度や重要性は変化してきていると思われる。

Table 1は、最近15年間の診断法の推移である。すなわち1990～1991年に第12回血管外科合同研究会が施行したアンケート調査⁶⁾と、今回施行した調査との比較である。それぞれの検査項目に対する「必ず行う」「比較的よく行う」「時に行う」「あまり行わない」原則として行わない」の回答の中で、「必ず行う」と「比較的よく行う」の両者の数の合計を比較したものであるが、四肢(足関節)血圧測定は15年前も現在もほとんどの施設において非常によく使用されている。しかし、15年前に比較し

今回は、指尖容積脈波、経静脈的動脈撮影 (IVDSA) および直接動脈撮影 (従来から行われている造影剤を用いた通常の動脈撮影) の使用頻度が有意に低下し、代わりに当時は調査の対象にならなかったCT angiography, MR angiographyの使用頻度が高く、また超音波検査機器の著しい発展が特徴的である。

今回は、これらの検査法の中で、「最も大切と思う検査は何か」という順位付けの調査も行い、1 位に 3 点、2 位に 2 点、3 位に 1 点の点数を付けたが、四肢の血圧 (足関節血圧) 測定が最多 (200 点) で、次いで理学的検査 (107 点)、直接動脈撮影 (69 点)、CT angiography (36 点) の順であった。

上記の結果は、最近画像診断としてのCT angiography やMR angiographyの応用が大幅に増加してきたものの、現在も直接動脈撮影のほうが優先順位が高く、実際の施行頻度も高いことを意味している。手術やカテーテル治療を前提としたときには解像度、設備の点から直接動脈撮影の応用が現在も多くなっているものと推察される。

機能的診断法としては、20年以上にわたり現在も四肢血圧 (足関節血圧) 測定がほとんどの施設でroutine検査として用いられており、他の検査法の使用頻度は非常に低いという結果であった。しかし、足関節血圧測定には下腿動脈が 1 本でも閉塞していると正常の血圧値となる、足部や足趾の病変を反映できない、動脈石灰化があると異常に高い血圧値となる、ABPIは0.2以上ないと有意の変化として評価できない、薬物療法で血流量や流速が改善しても血圧の改善はみられない、などの短所があり⁴⁾、目的に応じて種々の機能診断を単独あるいは組み合わせるべきと考えられる。実際critical limb ischemiaの判定には足関節血圧測定に加えて足趾血圧や経皮的酸素分圧測定が用いられている。

2) 小括

画像診断としては、現在も直接動脈撮影の優先順位が高い。しかし、近い将来、精度の向上とともにCTやMR angiographyの重要性がますます増加すると思われる。

機能診断では、現在も足関節血圧測定がroutine検査として幅広く応用されている。しかし足関節血圧測定のみでは十分ではなく、目的に応じて種々の診断法を組

み合わせ応用することになる。そして、今後はいっそう末梢部位での評価が可能で、微細な血行動態変化をも評価でき、さらに微小循環レベル (有効血流量) での観察も可能な機能的診断法が開発されるべきと考えられる。

(2) 静脈疾患

静脈還流障害の発生は、動脈血行障害に比較し非常に複雑である。すなわち、動脈血行障害は導管としての主幹動脈が閉塞、狭窄をきたし生ずるが、静脈疾患では、導管としての深部静脈ばかりではなく、表在静脈や交通枝の不全によっても還流障害が発生する。しかも、静脈疾患においては、閉塞、狭窄病変ばかりではなく、弁不全による逆流もまた還流障害を引き起こす。さらに静脈還流障害を発生させる閉塞と逆流は、ときには両者が複合して一層複雑な病態を作りだす。このため、動脈疾患に比較し、静脈疾患への検査法は複雑で、開発も難しく、その進歩はかなり遅れている。

1) 検査法の推移

Table 2は、第15回血管外科合同研究会 (1993～1994年の調査)⁷⁾と今回との深部静脈血栓症への診断法の比較である。各検査項目に重要と思われる順に順位を付けた調査であるが、理学的検査の重要性には変化がなかった。しかし、下肢静脈造影の重要性が減少し、代わりに超音波断層法 (B-mode) などの種々の超音波検査法の重要性が著しく増している。脈波法などの機能的診断法の重要性は前回と同様に今回も著しく低いものであった。

Table 3は、同様の比較を下肢静脈瘤に対して行った結果である。深部静脈血栓症と同様に超音波検査法の重要性が増してはいるが、下肢静脈瘤における診断法としてはドプラ法 (連続波) がいまだある一定の支持を得ていた。脈波などの機能的診断法は今回もその重要性は高いものではなかった。

上記の結果をまとめると、静脈疾患においては動脈疾患への足関節血圧測定に匹敵する機能的診断法が存在しないのが現状である。この理由は、上記のごとく静脈疾患は病態が複雑であり、精度が高く、再現性のよい診断法が開発されにくいことによる。また、静脈疾患は動脈疾患に比較し重症例、血行再建術症例が少なく、医師・研究者の関心の低いことも検査法の発展を妨げている一要因と考えられる。

Table 2 Comparison of diagnostic techniques for deep vein thrombosis between 1993–1994 and 2005 surveys

	1993–1994 (n = 57)			2005 (n = 78)		
	Rank (%) 1	2	3	Rank (%) 1	2	3
Physical examinations	44	11	2	56	9	10
Phlebography	21	35	5	8	8	15
Continuous-wave Doppler examination	2	7	8	3	0	1
Ultrasonography (B-mode)	4	9	9	21	26	9
Duplex scanning	0	7	9	9	19	13
Color Doppler flow imaging	2	4	18	5	23	18
Venous pressure measurement				0	0	0
RI venography	2	0	2	0	1	3
Photoplethysmography	0	0	2	0	0	1
Strain gauge plethysmography				0	1	0
Air plethysmography				0	0	0
Thermography				0	0	0
Near-infrared spectroscopy				0	0	0
MR venography				0	6	13
CT	0	0	5	3	6	12

RI: radioisotope, MR: magnetic resonance, CT: computed tomography

しかし、静脈疾患においては、超音波断層法などの超音波検査法が大きく発展し、その重要性が増してきている。深部静脈、表在静脈、交通枝をそれぞれ別個に評価でき、しかも閉塞ばかりではなく、逆流もまた診断できるからである。とくに致死の合併症である肺血栓塞栓症予防の観点からも、無症状の深部静脈血栓症をも発見できる超音波検査法の応用価値が高まってきている。

すなわち、機能と形態の両者を診断・評価できる超音波検査法は、現在静脈疾患に最も適した無侵襲診断法と考えられる。しかし、超音波検査法には、局所のみで下肢全体の機能障害の程度を評価できないという大きな短所があり、また診断に熟練が必要であり、得られた画像が静脈造影のような鮮明さに欠け、また地図のような下肢全体像は把握できず、腸骨静脈や下腿静脈への診断率に限界がある、という短所もある。

2) 小括

静脈疾患においては、超音波断層法やDuplex法に代表される超音波検査法の重要性が著しく増してきている。その反面、下肢全体の静脈還流障害を評価する診断法への応用が少なかった。下肢全体の静脈還流障害の定量的な評価は、下肢のだるさや浮腫などの症状が真に静脈還流障害に起因するものか、また治療方針の決

定や治療効果の判定・経過観察に不可欠である。その診断法としては、種々の脈波、近赤外線分光法などがあるが、いずれも精度、再現性は十分とはいえないのが現状である。現在は種々の検査法を組み合わせることで応用されているが、さらに進歩、発達が望まれるところである。

無侵襲診断法の今後

(1) 無侵襲診断法への要望

今回のアンケートでは、「無侵襲診断法への要望」を自由に記載していただいた。閉塞性動脈疾患への要望は、以下のような内容であったが、とくに現在の画像診断のさらなる精度向上を期待する意見が目についた。

- ・直接動脈造影と同じ精度の無侵襲画像診断
- ・CT angio, MR angioの精度向上
- ・石灰化に影響されないICTA
- ・エコーの精度向上、三次元エコーの開発
- ・患者が自分で施行できる足関節圧測定計
- ・分節圧、脈波の精度向上
- ・無侵襲・安価な動脈内腔形態の描出
- ・末梢動脈の開存状態を無侵襲に
- ・遺伝子治療の効果が判定できる測定法
- ・運動時の筋虚血の定量的評価
- ・石灰化の硬さの評価

Table 3 Comparison of diagnostic techniques for varicose veins between 1993–1994 and 2005 surveys

	1993–1994 (n = 57)			2005 (n = 78)		
	Rank (%) 1	2	3	Rank (%) 1	2	3
Physical examinations	70	5	9	68	8	4
Phlebography	11	40	25	3	9	13
Continuous Doppler examination	9	25	23	6	26	5
Ultrasonography (B-mode)	5	5	11	5	18	12
Duplex scanning	2	5	11	8	21	17
Color Doppler flow imaging	4	9	11	4	19	21
Venous pressure measurement	2	0	0	0	1	0
RI venography	0	2	0	0	0	3
Photoplethysmography	0	0	0	0	3	1
Strain gauge plethysmography				0	1	0
Air plethysmography				0	4	10
Thermography				0	0	1
Near-infrared spectroscopy				0	0	0
MR venography				0	3	3
CT				0	0	1

RI: radioisotope, MR: magnetic resonance, CT: computed tomography

・組織のviabilityの評価

静脈疾患の診断法への要望としては、血栓の評価や、エコーや優れた機能診断法への要望がみられている。

- ・全体像を客観的にとらえられるエコー検査
- ・三次元エコー，精度の高いエコー，エコーの小型化
- ・ペーストなしで施行可能なエコー
- ・骨盤内血栓の診断
- ・血栓の年齢
- ・D-dimer以上の感度の血液学的マーカー
- ・肺塞栓症の危険性を予知できる機器
- ・静脈血栓の後遺症の予測
- ・venous tone，venous resistanceの無侵襲評価
- ・逆流の指標になる確実なパラメーター
- ・微小循環の定量的評価
- ・体表面からの静脈弁がどのように不全であるかわかるもの
- ・皮膚灌流圧に近い静脈瘤の機能評価
- ・立位での静脈圧の簡単な測定法，非侵襲的静脈圧測定装置

(2) 無侵襲診断法の将来

筆者は、従来より画像診断と機能診断とは、超音波検査法では両者の一部評価が可能であり、また工夫に

より画像診断法で部分的な機能評価も可能であるが、大まかにはそれぞれ独立した診断法と考えてきた。そして、理学的検査に加えて機能診断がまず優先され、血行再建術やカテーテル治療を必要とするときには画像診断として血管造影を施行すると考えてきた。しかし、現在はCT angiography，MR angiographyの発達が著しく、無侵襲に比較的鮮明な画像が得られるようになってきた。初診時において無侵襲に良好な画像診断を施行できれば、その画像を用いることにより治療法選択の判断材料が増え、患者への説得力あるムンテラが可能となり、また周囲組織の観察、血管の形成異常、動脈瘤やvenous aneurysmなどの無症状病変の発見も容易となる。

それゆえ、今後1つの無侵襲検査で、血管の形態学的な全体・局所像が三次元で観察でき(CT angio，MR angio)，また閉塞・狭窄・逆流などの機能異常を局所的(超音波検査法)にも下肢全体(脈波法)としても評価しうる検査法が開発されると非常に有用と考えている。すなわち渋滞の程度・部位と迂回路を同定でき、そして目的地への到着時間がわかるカーナビのごとき診断法である。もちろん、高い診断能力、良好な再現性、安価、簡便性、ポータブル性が望まれることはいうまでもない。

さらに治療前に治療後の血行動態が予測できたり、ホルター心電図のごとき24時間連続計測可能な診断法、室温などの外的因子の変動を補正できる装置、さらに些細な血行動態の変化や微小循環レベルでの血行動態の評価、有効血流量のみの評価も極めて有用と考えている。血行動態の評価以外にも、血管壁の性状、血栓の早期診断、代謝効率の評価なども要望される診断技術である。

最後に、前記の新しい診断法が開発されたとしても、アンケートにもあるように問診などを含む理学的検査の重要性はいささかも変わらないことを強調しておきたい。

文 献

- 1)井口 潔：血管外科における無侵襲診断法に関する基調講演．第1回血管無侵襲診断法研究会誌，1982，1-

- 2．
- 2)塩野谷恵彦：血管無侵襲診断法黎明期の頃ー動脈編．第21血管無侵襲診断法研究会誌，2001，1-2．
- 3)阪口周吉：血管無侵襲診断法黎明期の頃ー静脈編．第21血管無侵襲診断法研究会誌，2001，3．
- 4)塩野谷恵彦，大原 到，阪口周吉：末梢血管疾患の無侵襲診断法．永井書店，大阪，1983．
- 5)草場 昭，塩野谷恵彦 他：動脈閉塞性疾患に対する無侵襲診断法の有用性と限界．第4血管無侵襲診断法研究会誌，1984，1-5．
- 6)寺本 滋：アンケート調査結果．四肢動脈疾患のすべて(寺本 滋，古元嘉昭 監修)，へるす出版，東京，1994，80-90．
- 7)今脇節朗：第15回血管外科合同研究会(関東・東海・中国四国)アンケート調査報告．静脈およびリンパ管疾患と外科(前田 肇 監修)，日本アクセル・シュプリング出版，東京，1997，279-289．

アンケート協力施設

愛知医科大学
愛知県立循環器呼吸器病センター
旭川医科大学第一外科
旭中央病院
綾部市立病院
安城更生病院
NTT東日本札幌病院
愛媛大学第一外科
遠州総合病院
大阪大学心臓血管外科
岡崎市民病院
岡山労災病院
鹿児島県立大島病院
春日井市民病院
金沢医科大学心臓血管外科
国立病院機構金沢医療センター
金沢循環器病院
かみいち総合病院
刈谷総合病院
川崎医科大学胸部心臓血管外科
北里大学病院
岐阜市民病院
国立病院機構京都医療センター
共立湖西総合病院
杏林大学心臓血管外科
九段坂病院

黒部市民病院
慶應義塾大学外科
公立芽室病院
国立循環器病センター
国立病院機構豊橋医療センター
済生会福岡総合病院
埼玉医科大学総合医療センター
榊原記念病院
静岡医療センター
静岡赤十字病院
自治医科大学大宮医療センター
社会保険中京病院
社会保険浜松病院
昭和大学第一外科
市立根室病院
市立四日市病院
新日鉄八幡記念病院
住友病院
高岡市民病院
千葉県循環器病センター
帝京大学
東海病院
東京医科歯科大学外科・血管外科
東京医科大学第二外科
東京女子医科大学形成外科
東京大学血管外科

徳島大学循環機能制御外科
鳥取大学器官再生外科学
富山大学第一外科
都立府中病院
名古屋市立大学心臓血管外科
名古屋第一赤十字病院
名古屋大学大学院血管外科
名古屋第二日赤病院
日本大学心臓血管外科
浜松医科大学第二外科血管外科
浜松医療センター
東宝塚さとう病院
兵庫県立淡路病院
兵庫県立姫路循環器病センター
広島大学第一外科
広島通信病院
福井大学第二外科
福岡記念病院
福島県立医科大学心臓血管外科
福島第一病院
防衛医科大学校外科学第二講座
八木厚生会八木病院
山口県立総合医療センター
山梨厚生病院
横浜南共済病院
琉球大学第二外科

The Goal of Noninvasive Diagnostic Techniques in Peripheral Vascular Diseases — Surgeons' Standpoint —

Masafumi Hirai

Department of Surgery, Aichi Prefectural Nursing College, Aichi, Japan

Key words: arterial occlusive diseases, venous diseases, noninvasive diagnostic techniques

Changes in noninvasive diagnostic techniques for vascular diseases were studied using a questionnaire. In arterial occlusive diseases, CT angiography and MR angiography have been proved a reliable technique for anatomic evaluations of the vascular system in the last 15 years. As a routine examination for evaluating hemodynamics of the limb circulation, ankle blood pressure is widely used today. In venous diseases, the last 12 years have seen the development of ultrasonography, while no advances in techniques for evaluating hemodynamics have been yielded. New techniques with increased clarity of the vessel imaging and enhanced accuracy in hemodynamic information are anticipated in managing and treating venous diseases as well as in arterial occlusive diseases. (J Jpn Coll Angiol, 2006, **46**: 203–209)