めまい患者への TCD (Transcranial Doppler) の臨床応用

小島あかね¹⁾・菊岡 政久¹⁾・松永 喬²⁾
藤田 信哉²⁾・乾 洋史²⁾

Clinical Application of TCD in Patients with Vertigo

Akane Kobata¹⁾, Masahisa Kikuoka¹⁾, Takashi Matsunaga²⁾
Nobuya Fujita²⁾, Hiroshi Inui²⁾

¹⁾ Department of Otorhinolaryngology, Ohyodo Hospital

²⁾ Department of Otorhinolaryngology, Nara Medical University

This study was performed to investigate the hemodynamics of the basilar artery (BA) of normal subjects and patients with vertigo by transcranial Doppler ultrasonography (TCD). There were 85 normal subjects, 50 males and 35 females, 23 to 83 years old (mean 50.0 years), and 74 patients with vertigo, 34 males and 40 females, 23 to 83 years old (mean 63.8 years).

The mean blood flow velocity (FV) and Fourier pulsatility index (FPI) of the BA were measured by a midline approach.

In normal subjects, FPI increased while FV did not change in the elderly. In patients with vertigo, FV decreased in 24 cases, FPI increased in 15 cases.

Transcranial Doppler ultrasonographic evaluation is a feasible, noninvasive, reproducible technique that can detect abnormal hemodynamics in the BA.

Key words: Transcranial Doppler, basilar artery, hemodynamics, vertigo

はじめに

めまいの発生機序の一つとして脳循環不全が関与する可能性は以前より指摘されている。しかし、脳循環の測定には施設が限定される上、めまいの責任病巣と推定される脳幹・小脳は解剖学的にその評価が困難な部位である。

我々の施設では、脳循環動態の評価方法として、Aaslid らにより開発された経頭蓋的超音波ドプラ法 transcranial Doppler sonography (以下 TCD と略す) を用いて脳底動脈の平均血流速度 flow velocity (FV) および血流速度波形の Fourier 変換による Fourier pulsatility index (FPI) の測

定を行っている¹⁾。そこで今回は、TCD の測定方法を紹介するとともに、健常成人の測定結果について報告し、それを対照として、めまい患者における TCD の有用性について若干の文献的考察を加えて報告する。

対 象

1. 健常成人

めまいの既往がなく神経学的検査に異常の認められない成人85例(男性50例, 女性35例, 23歳~83歳, 平均年齢50.0歳)である。

2. めまい患者

平成5年1月から12月までの1年間に、町立大淀病院耳鼻咽喉科を受診しためまい患者のうち神経耳科学的検査、神経放射線学的検査において末梢性、中枢性めまいに分類されない、いわゆる原

¹⁾ 大淀病院耳鼻咽喉科

²⁾ 奈良県立医科大学耳鼻咽喉科学教室

表1 対象

群	性	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代	計
健常成人	男性	7	11	8	4	11	5	3	50
	女性	0	2	6	8	8	8	3	35
	計	7	13	14	12	19	13	6	85
めまい患者	男性	1	0	9	7	10	5	2	34
	女性	2	4	4	7	11	9	3	40
	計	3	4	13	14	21	14	5	74

因不明の眩暈症74例(男性34例, 女性40例, 23~83歳, 平均年齢63.8歳)である。(表1)

方 法

装置は3次元マッピングシステムを内蔵した2MHzのTCD(EME社製, Trans-Scan)を用いた。この装置はパルスドプラ血流計であり, 測定用のプローベを連結したヘッドピースに被検者の頭部を固定することにより血流速度波形に加えて, X, Y, Zの3軸平面上での血管の走行をカラーで描出できる性能を有している。また, プローベに向かう血流は暖色系, プローベから離れる血流は寒色系で表示される。脳底動脈の検出はmidline approach²⁾で行った(図1)。左側臥位で軽く前屈の姿勢とし, ヘッドピースを被検者の頭部に固定し, ヘッドピースと連結した可動性のあるプローベを大後頭孔直上の正中項部に設置した。そして側頭部からの深さをX軸, 正中項部のプローベからの深さをY軸, 頭頂部からの深さをZ軸として脳底動脈血流をマッピングした。首の太さなどによって個人差があるものの, 深度(Y軸)

70 mm から 80 mm 付近で最も血流信号が強いことから, その部位での FV, FPI 値を測定値とした。図2右上段は矢状断, 下段は軸位断でのマッピング画像である。各深度での脳底動脈血流がプローベから離れる血流として青色で表示されている。図2左上段は右図の丸印で示した深度70 mmでの脳底動脈のドプラソノグラム, 下段はそのアウトラインカーブである。なお, 血流速度波形は心拍を周期として繰り返される周期関数であり, 時刻 t の関数 $F(t)$ として表すことができることから,

$$F(t) = F_m + \sum_{n=1}^{\infty} F_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

のように Fourier 展開される。ここで F_m は平均血流速度, F_n は第 n 高調波の振幅, θ_n はその位相角, ω は基本角速度である。今回用いたFPIは³⁾

$$FPI = F_1 / F_m$$

すなわち, 第1高調波の振幅を平均血流速度で除することで得られる。

以上の方法を用いて, 健常成人について脳底動脈のFV, FPIを測定し, 検出率, 加齢による変化を検討した。さらに, めまい患者については脳底動脈のFV, FPIを測定し, 健常成人との比較検討を行った。

結 果

1. 健常成人

脳底動脈の検出率は100%で, 比較的容易にマッピングが可能であった。図3および図4に脳底動脈FV, FPIのmean±SDを各年代別に示した。脳底動脈FV(図3)は年齢別に比較したところ明らかな変化を示さなかった。脳底動脈FPI(図4)は加齢とともに有意な上昇が認められた

図1 脳底動脈検出時のプローベと位置検出アームのシェーマ

図2 脳底動脈の血流速度波形(左)とマッピング画像(右)

右上段は sagittal view, 右下段は axial view

左上段は深度 70 mm での血流速度波形, 左下段はそのアウトラインカーブを示す。

図3 健康人の脳底動脈 FV

縦線は mean±SD を示す。加齢による有意差を認めず。

図4 健康人の脳底動脈 FPI

縦線は mean±SD を示す。加齢により有意な上昇を認めた。

($p < 0.001$)。

2. めまい患者

めまい患者についても脳底動脈の検出率は100%であった。加齢による変化は健康成人と同じく、FV は加齢による明らかな変化は認められず、FPI は加齢とともに有意に上昇した ($p < 0.001$)。図5および図6はめまい患者の脳底動脈 FV, FPI をプロットし、健康成人の mean±SD を越えるものを異常(黒丸)とした。FV は正常44例(59.6%), 低下24例(32.4%), 上昇6例(8.1%), FPI は正常55例(74.3%), 上昇15例(20.3%),

低下4例(5.4%)となった。次に、FV, FPI の組み合わせを見ると(表2), FV, FPI とも正常36例(48.6%)と一番多かったが、FV 低下 FPI 正常14例(18.9%)が次に多く、FV 低下 FPI 上昇8例(10.8%), FV 正常 FPI 上昇7例(9.5%), FV 上昇 FPI 正常5例(6.8%), FV, FPI とも低下2例(2.7%), FV 正常 FPI 低下1例(1.4%), FV 上昇 FPI 低下1例(1.4%)と続き、FV, FPI とも上昇した例は認められなかった。

考 察

椎骨脳底動脈系の TCD に関する報告は内頸動

図5 眩暈症患者の脳底動脈 FV
健常人の mean±SD と比較。
○ normal ● abnormal

図6 眩暈症患者の脳底動脈 FPI
健常人の mean±SD と比較。
○ normal ● abnormal

表2 FV, PI の分類

FPI \ FV	正常	上昇	低下	計
正常	36(48.6%)	5(6.8%)	14(18.9%)	55(74.3%)
低下	1(1.4%)	1(1.4%)	2(2.7%)	4(5.4%)
上昇	7(9.5%)	0(0%)	8(10.8%)	15(20.3%)
計	44(59.5%)	6(8.1%)	24(32.4%)	74(100%)

脈系に比して少なく、また、めまい患者の脳循環動態を検討した報告は我々が渉猟し得た限りでは認められなかった。

今回、TCD による脳底動脈 FV, FPI の測定を行ったが、検出率、再現性に優れ測定時間も10分程度と短時間であった。椎骨動脈も測定を試みているが、ヘッドピースに連結したプローベの可動性が小さく、左右の椎骨動脈をマッピングするには可動性が不十分であり、今後測定方向、部位など工夫し検討すべきと考えている。

健常成人の脳底動脈 FV については、加齢にともない上昇²⁾、低下⁴⁾の報告があり一定していない。今回の結果では、加齢に伴う有意な変化は認められなかった。一方、総頸動脈、中大脳動脈 FV は加齢に伴い明らかに低下すると報告⁵⁾⁶⁾されている。組織学的には、乾ら⁷⁾が内頸動脈と椎骨動脈の血管径を検討し、内頸動脈では加齢とともに内径が細くなるが椎骨動脈では内径にはほとんど変化がないかむしろ太くなると報告してい

る。また、内頸動脈の血管壁の動脈硬化が部分的にみられるのに対して、椎骨動脈のそれが全周性にみられるなどの加齢による組織学的変化が異なるとされているが、その理由は不明である。

健常成人の脳底動脈 FPI については、従来の報告と同じく加齢による上昇が明らかであった。杉森⁵⁾は中大脳動脈において FPI は加齢により上昇し、糖尿病、高血圧例ではそれが顕著であったと報告している。また、Komatsu ら⁸⁾は脳血管造影における動脈硬化所見が進むにつれ FPI は上昇すると報告している。脳底動脈 FV と FPI の加齢変化に関しては、加齢に伴い脳動脈硬化が進行するものの、脳血流量を維持するための代償機構が脳末梢血管に存在し、FV の加齢変化を抑制しているのではないかと考えられた。

めまいと脳血流速度との関係はこれまでも頭蓋外超音波ドプラ法により検討されてきた。総頸、椎骨動脈領域では FV 値の左右差、低下などから頭蓋内の循環不全が予測されている^{9)~11)}。

今回、TCD を用いて眩暈症患者の脳底動脈 FV および FPI を測定した結果、表 2 の如く 8 群に分類された。末梢血管抵抗の増加、血液粘稠度の上昇や心拍出量の低下などの影響で FV は低下し、測定部位の血管の中等度狭窄で上昇、閉塞や狭窄部の前後では低下すると報告されている²⁾¹²⁾¹³⁾。一方、FPI は生理的に心拍出量の増大とともに上昇し、非生理的には脳動静脈奇形 AVM 等により低下、vasospasm や高血圧、糖尿病等、病的な脳動脈硬化により上昇すると報告されている⁴⁾⁵⁾¹²⁾。今回の眩暈症患者では、FV と FPI がともに正常な症例は 36 例で約半数を占めた。また、FPI が正常であった 55 例のうち FV 低下 14 例、FV 上昇 5 例であった。FPI が正常であり、脳末梢血管抵抗に異常がないと考えられる場合の FV の異常については、椎骨脳底動脈の局所的な血管病変の検索の他、心機能、血液粘度、血中脂質濃度等も検討すべきと考えられた。一方、FPI 上昇を示した 15 例のうち、FV 低下 8 例、FV 正常 7 例であり、FV 上昇例は認められなかった。FPI の上昇を脳末梢血管抵抗の増大と考えると、FV の変化を代償する脳血管予備能が十分であれば正常に維持され、予備能が破綻した状態であれば FV は正常に維持されず低下をきたすのではないかと考えられた。また、今回はめまいの急性期、間欠期での FV、FPI の変化については検討していないが、測定時期によっても脳循環動態に変化があると考えられ、今後検討を要すると考えられた。

種々の神経耳科学的検査や形態学的検査において異常が検出できないものの、脳梗塞の前駆症状としてめまいが単独に発生する事は周知の事実であり、厚生省研究班の診断基準にも、椎骨脳底動脈系の TIA の症候としてめまいのみの記載がある。今回、中枢性、末梢性めまい患者を除きたいわゆる眩暈症を対象として検討したが、FV 低下や FPI 上昇として検出される脳循環不全の関与¹⁴⁾が認められ、これまで原因不明と分類されてきた症例の中に、中枢性めまいとして治療、経過観察すべき疾患の存在が明らかとなった。そして、このような病態の検出に、TCD による脳底動脈の FV、FPI の測定は有用であると考えられた。今後は FV、FPI 値と血圧、脂質および血液粘度との関係や、CT、MRI および MRA などの

画像診断との比較や、血流速度波形解析だけでなく、acetazolamide (Diamox[®]) や炭酸ガス吸入負荷に対する脳血管反応性から、脳血管予備能に関しても検討を加える必要があると考えられた。

まとめ

TCD を用いて健常成人および眩暈症患者の脳底動脈 FV、FPI を測定した。健常成人の脳底動脈 FV は加齢による変化は認められなかったが、脳底動脈 FPI は加齢により有意な上昇が認められた。一方、眩暈症患者の中には FV 低下や FPI 上昇として検出される脳循環不全の関与する症例の存在が認められ、これらのめまい疾患の病態の検出に TCD が有用であった。

文 献

- 1) Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H: Noninvasive transcranial Doppler ultra-sound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 57: 769-774, 1982
- 2) 黒川 泰: 椎骨脳底動脈系に対する経頭蓋音的ドプラ法. *山口医学* 40: 189-198, 1991
- 3) Njemanze PC: Fourier Analysis of the Cerebrovascular System. *Stroke* 22: 721-726, 1991
- 4) 森岡泰子: 経頭蓋超音波ドプラ法による脳循環の評価—頭蓋内主幹動脈血流動態と動脈硬化関連因子—. *奈医誌* 45: 169-176, 1994
- 5) 杉森 宏, 井林雪郎, 大星博明, 他: 経頭蓋超音波ドプラ法による頭蓋内主幹動脈血流速度の加齢との関係. *日老医誌* 30: 610-615, 1993
- 6) 澤井冬樹: 脳萎縮と脳循環 (第 2 報) 加齢と総頸動脈血流動態. *奈医誌* 38: 980-989, 1987
- 7) 乾 洋史, 菊岡政久, 松永 喬, 他: ヒト内頸動脈, 椎骨動脈系の計測—加齢による変化について—. *耳鼻* 39 補 2: 806-810, 1993
- 8) Komatsu M, Yamano S, Morioka Y: Evaluation of the cerebral arterio-sclerosis—comparison of transcranial Doppler arteriography with cerebral angiographic findings. *Neurosonology* 4: 116, 1991
- 9) 松永 喬: 椎骨動脈血流動態異常とめまい. *耳鼻臨床* 85: 1531-1541, 1992
- 10) 松永 喬, 川本浩康, 奥村新一, 他: めまい患者と超音波椎骨動脈血流検査法 (Doppler

- 法). 耳鼻臨床 67: 763-774, 1974
- 11) 藤田信哉, 和田佳郎, 鈴木滋生, 他: 良性発作性頭暈眩暈症における DSA および Doppler 法の所見. 耳鼻臨床 補37: 84-91, 1990
 - 12) 富田泰彦, 塩貝敏之, 佐藤栄志, 他: Three dimensional transcranial doppler (3D-TCD: Trans-SCAN) 血流 mapping による脳血管障害の診断と病体解析. 神経放射線学の進歩 3. 88-93頁, 日本医学社, 東京, 1991
 - 13) Niederkorn K, Myers LG, Nunn CL: Three-Dimensional Transcranial Doppler Blood Flow Mapping in Patients with Cerebrovascular Disorders. Stroke 19: 1335-1344, 1988
 - 14) 平井俊策: 慢性脳循環不全症の考え方. 日獨医報 37: 457-466, 1992

(原稿到着: 平成 7 年 2 月 6 日
別刷請求先: 小島あかね
〒638 奈良県吉野郡大淀町下湊353-1
大淀病院耳鼻咽喉科)