

TCD 法による椎骨脳底動脈循環障害のめまい患者の研究

町立大淀病院耳鼻咽喉科

小 島 あかね

ASSESSMENT OF BASILAR ARTERY HEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH VERTEBRO-BASILAR INSUFFICIENCY BY TRANSCRANIAL DOPPLER ULTRASONOGRAPHY

AKANE KOBATA

Department of Otorhinolaryngology, Ohyodo General Hospital

Received October 24, 1997

Abstract: Vertigo or dizziness in aged persons is sometimes induced by vertebro-basilar insufficiency (VBI). Assessment of basilar artery (BA) hemodynamics is crucial to predict this state. For this purpose, we have examined the mean blood flow velocity (FV), Fourier pulsatility index (FPI) and CO₂ reactivity of BA by transcranial Doppler ultrasonography (TCD) in 48 patients suffering from vertigo with VBI. Twenty-four patients with peripheral vertigo and 19 normal subjects were also subjected to this study as control groups.

As a result, FPI proportionally related to the age of patients with VBI, while FV and CO₂ reactivity did not show such a relationship. FV in VBI patients was significantly lower than that in normal subjects. In addition, FPI and CO₂ reactivity in VBI were significantly distinguishable from those in normal subjects and the patients with peripheral vertigo.

These findings demonstrate that TCD is a convenient and useful tool to evaluate the insufficiency of cerebral circulation in vertigo patients.

Index Terms

transcranial Doppler ultrasonography, vertebro-basilar insufficiency, mean blood flow velocity, Fourier pulsatility index, CO₂ reactivity

高齢者のめまい患者の取り扱いにおいては常に脳循環不全の病態を予測しておかなければならないと考えている。しかし脳循環の測定には設備が限定される上、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。筆者の施設では、経頭蓋的超音波ドプラ法 Transcranial Doppler ultra-sonography (以下 TCD と略す)¹⁾を用いて脳底動脈(basilar artery: BA)の平均血流速度 mean blood flow velocity (FV), 血流速度波形の Fourier 変換による Fourier pulsatility index (FPI)²⁾および FV の変化率から炭酸ガス反応性の測定を行っている³⁾。

今回、椎骨脳底動脈循環不全(VBI)によるめまいと診

断された患者の脳循環動態を TCD 法を用いて検討し、脳循環動態は正常と考えられる健常人および末梢性めまい患者と比較したので若干の文献的考察を加えて報告する。

対 象 (Table 1)

1. VBI 群

平成 6 年 4 月から平成 9 年 3 月までの 3 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日本平衡神経科学会の診断指針⁴⁾で VBI と診断された患者 48 例(男性 26 例, 女性 22 例, 年齢は 53~83 歳, 平均 67.6 歳)である。これらの患者は CT や MRI では梗塞は認め

られなかったが、ラクナは認められるものもあった。このうち神経症状を伴う患者 vascular VBI(仮称, 以下 V-VBI と略す 17 例)と, 神経症状を伴わない hemodynamic VBI(仮称⁵⁾, 以下 H-VBI と略す 31 例)とに分類した。

2. 末梢性めまい群(Group P)

Table 1. Subjects

group	disease	N	male	female	age (mean±SD)
V	VBI	48	26	22	67.6±6.8
	V-VBI	17	8	9	67.6±6.9
	H-VBI	31	18	13	67.6±7.7
P	peripheral v.	24	10	14	64.3±7.9
	MD, SD	12	3	9	65.3±8.1
	BPPV	12	7	5	63.4±7.9
N1	normal	19	11	8	64.6±8.1

VBI; vertebro-basilar insufficiency, V-VBI; vascular VBI, H-VBI; hemodynamic VBI, MD; meniere's disease, SD: sudden deafness with vertigo, BPPV; benign paroxysmal positional vertigo.

平成6年4月から平成9年3月までの3年間に, 当科を受診し, TCDを施行した末梢性めまい患者のうち VBI 群と年齢をマッチさせた24例(メニエール病6例, めまいを伴う突発性難聴6例および良性発作性頭位めまい12例, 男性10例, 女性14例, 55歳~80歳, 平均年齢64.3歳)である。これらの患者ではCTまたはMRIを施行し特に所見は認められなかった。

3. 健常群(表中に Group N と表す)

健常人の加齢による FV, FPI および炭酸ガス反応性の変化をみるために, 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ボランティアの健常人37例(男性25例, 女性12例, 16歳~78歳, 平均年齢49.8歳)に TCD を施行した。

このうち VBI 群との各パラメーターの比較のために, 年齢をマッチさせた健常人19例(男性11例, 女性8例, 55~80歳, 平均年齢64.6歳)を比較の対象とした(表中に Group N1 と表す)。

方 法

装置は3次元マッピングシステムを内蔵した2MHz

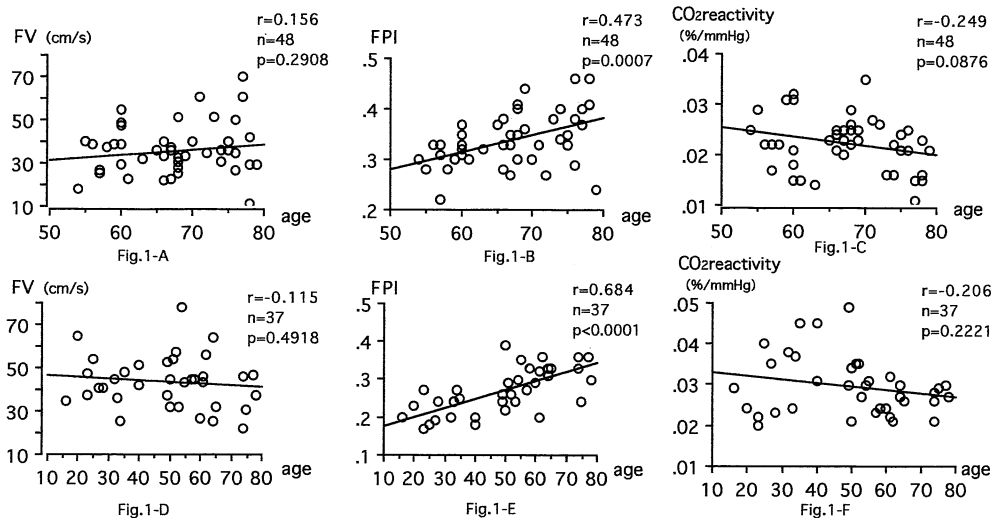


Fig. 1. A: Relationship between mean blood flow velocity (FV) of basilar artery (BA) and age in patients with VBI (group V).

B: Relationship between Fourier pulsatility index (FPI) of BA and age in group V.

FPI proportionally related to the age in group V.

C: Relationship between CO₂ reactivity of BA and age in group V.

D: Relationship between FV of BA and age in normal subjects (group N).

E: Relationship between FPI of BA and age in group N.

FPI proportionally related to the age in group N.

F: Relationship between CO₂ reactivity of BA and age in group N.

の TCD(EME 社製, Trans-Scan)を用い, 脳底動脈の FV, FPI および炭酸ガス反応性を測定した. 詳しい測定方法は文献参照^{2,3)}してほしい.

まず, VBI 群および健常群(N 群)の脳底動脈の FV, FPI および炭酸ガス反応性の加齢による変化を検討した.

また, VBI 群, 末梢性めまい群および健常群(N1 群)の FV, FPI および炭酸ガス反応性の各パラメーターをそれぞれ比較した. VBI 群については, 各パラメーター間の相関関係についても検討した.

また, VBI 群の中でめまい以外の神経症状を伴う V-

VBI 患者と神経症状をほとんど伴わない H-VBI 患者の比較検討も行った.

有意検定は加齢による検討では相関係数と回帰分析を用い, 3 群間の比較は ANOVA (post hoc テストは Fisher の PLSD), 2 群間の比較は対応のない T 検定を用いた. すべて有意水準は 5% で行った.

結 果

1. 加齢による変化

1) VBI 群

Table 2. Comparison of FV, FPI and CO₂ reactivity

group	FV (cm/s)	FPI	CO ₂ reactivity (%/mmHg)
V (N=48)	35.9±11.5	0.34±0.05	0.022±0.005
P (N=24)	38.3±7.5	0.31±0.06	0.027±0.005
N1 (N=19)	43.7±14.5	0.31±0.05	0.027±0.004

Data are expressed mean±standard deviation.

FV; mean blood flow velocity, FPI; Fourier pulsatility index,

V; patients with vertebro-basilar insufficiency (VBI), P; patients with peripheral vertigo,

N1; normal subjects.

*: p<0.05, **: p<0.001, ***: p<0.0001, N.S.: not significant (p>0.05).

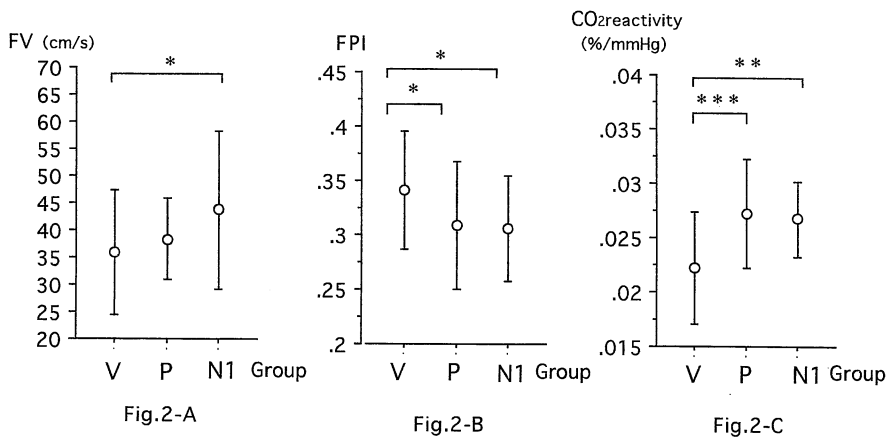


Fig. 2. A : Comparison of FV. FV in group V was lower than that in group N1. (p<0.05)

B : Comparison of FPI. FPI in group V was higher than that in group P (p<0.05) and in group N1 (p<0.05).

C : Comparison of CO₂ reactivity. CO₂ reactivity in group V was lower than that in group P (p<0.0001) and in group N1 (p<0.0001).

Values are expressed as means±standard deviation.

FV; mean blood flow velocity, FPI; Fourier pulsatility index,

V; patients with vertebro-basilar insufficiency (VBI), P; patients with peripheral vertigo, N1; normal subjects.

*: p<0.05, **: p<0.001, ***: p<0.0001

Fig. 1. A～Cは脳底動脈 FV, FPI および炭酸ガス反応性の年齢との相関係数および回帰直線を示す。FV は加齢による変化はなかった($r=0.156$, $p=0.2908$)。FPI は加齢により有意に上昇した($r=0.473$, $p=0.0007$)。炭酸ガス反応性は加齢により低下する傾向があった($r=-0.249$, $p=0.0876$)。

2) 健常群(N群)

Fig. 1. D～Fは脳底動脈 FV, FPI および炭酸ガス反応性の年齢との相関係数および回帰直線を示す。FV は加齢による変化はなかった($r=-0.115$, $p=0.4918$)。FPIは加齢により有意に上昇した($r=0.684$, $p<0.0001$)。炭酸ガス反応性は加齢により低下する傾向があった($r=-0.206$, $p=0.2221$)。

2. 各群におけるパラメーター(FV, FPI, 炭酸ガス反応性)の比較(Table 2)

1) 平均血流速度 mean blood flow velocity(FV) (Fig. 2-A)

VBI 群, 末梢性めまい群および N 1 群の FV は平均 35.9 ± 11.5 cm/sec, 38.3 ± 7.5 cm/sec, 43.7 ± 14.5 cm/sec で, VBI 群では N 1 群と比較して有意に低下して

いた($p<0.05$)。

2) Fourier pulsatility index(FPI)(Fig. 2-B)

VBI 群, 末梢性めまい群および N 1 群の FPI は平均 0.34 ± 0.05 , 0.31 ± 0.06 , 0.31 ± 0.05 で, VBI 群では末梢性めまい群および N 1 群と比較して有意に上昇していた($p<0.05$)。

3) 炭酸ガス反応性(Fig. 2-C)

VBI 群, 末梢性めまい群および N 1 群の炭酸ガス反応性は, 平均 0.022 ± 0.005 %/mmHg, 0.027 ± 0.005 %/mmHg, 0.027 ± 0.004 %/mmHg で, VBI 群では末梢性めまい群および N 1 群と比較して有意に低下していた($p<0.0001$, $p<0.001$)。

3. VBI 群の各パラメーター間の相関について(Fig. 3)

各パラメーター間には有意な相関は認められなかった。

4. V-VBI と H-VBI との脳循環動態の相違(Table 3)

V-VBI と H-VBI では FV はそれぞれ 37.8 ± 13.2 cm/sec と 34.9 ± 10.6 cm/sec, FPI は 0.35 ± 0.06 と 0.34 ± 0.05 , 炭酸ガス反応性は 0.021 ± 0.005 %/mmHg

Table 3. Comparison of FV, FPI and CO₂ reactivity in different type of VBI

type	FV (cm/s)	FPI	CO ₂ reactivity (%/mmHg)
V-VBI (N=48)	37.8 ± 13.2	0.35 ± 0.06	0.021 ± 0.005
H-VBI (N=31)	34.9 ± 10.6	0.34 ± 0.05	0.023 ± 0.005

Date are expressed mean \pm standard deviation.

FV ; mean blood flow velocity, FPI ; Fourier pulsatility index,

VBI ; vertebro-basilar insufficiency , V-VBI ; vascular VBI, H-VBI ; hemodynamic VBI.

N.S. : not significant ($p>0.05$).

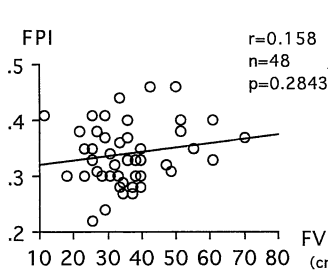


Fig.3-A

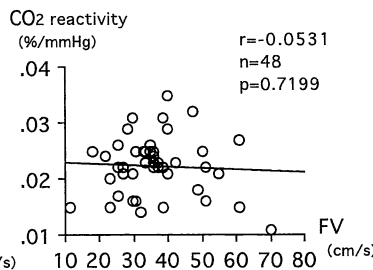


Fig.3-B

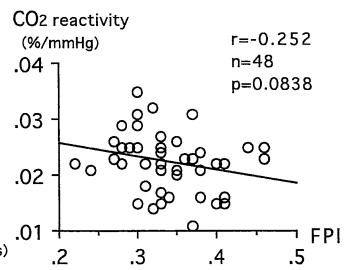


Fig.3-C

Fig. 3-A : Relationship between mean blood flow velocity (FV) and Fourier pulsatility index (FPI) in patients with VBI (group V).

B : Relationship between FV and CO₂ reactivity in group V.

C : Relationship between FPI and CO₂ reactivity in group V.

と $0.023 \pm 0.005 \%$ /mmHg で、各パラメーターに有意差は認めなかった。

考 察

椎骨脳底動脈系の循環動態の評価法としては脳血管撮影、MRI、MRA、SPECT 及び超音波ドプラー法(TCD および extracranial Doppler)があるが、その中でも頭蓋内の脳血流の測定には TCD はもっとも簡単に患者に苦痛を与えることなく脳循環を測定できる検査である。

平均血流速度 mean blood flow velocity(FV)はドプラー入射角によって影響を受けるため、その測定には熟練を要するが、血流速度波形の Fourier 変換による Fourier pulsatility index(FPI)は入射角の影響も受けず、主に末梢血管抵抗の指標となるとされている⁶⁻⁹⁾。また炭酸ガス吸入時の FV の変化から求める炭酸ガス反応性は脳循環予備能の指標となると報告されている¹⁰⁻¹³⁾。これらの3つのパラメーターについて以下のことを検討した。

1) 加齢による脳循環動態の変化について

VBI 群および N 群では FV の加齢による変化は認められなかった。総頸動脈や中大脳動脈では加齢により FV は低下すると報告されている^{7,15)}。一方、脳底動脈の FV については加齢とともに上昇¹⁴⁾と低下⁶⁾の報告があるが、筆者の成績では変化がなかった。その理由は脳底動脈が脳幹部を栄養する生命維持のための血管であり、加齢による変化が他の血管と比較して少なく、加齢によっても血流速度が維持され、筆者のような結果が得られたと考えられた。

FPI はいずれの群でも加齢とともに有意に上昇したが、これは加齢による細動脈の硬化による末梢血管抵抗の増大が主な原因と考えられた。

炭酸ガス反応性はいずれの群でも有意差は認めなかったが、加齢によりやや低下する傾向があった。加齢にともない脳循環予備能は低下すると予測されたが、症例数が少ないためばらつきがあり有意差がでなかったと考えられた。

2) 各群における脳循環動態の相違について

N 1 群と比較して VBI 群では FV、FPI と炭酸ガス反応性に有意差があり、末梢性めまい群と比較して、FPI と炭酸ガス反応性に有意差があった。FPI を脳末梢血管抵抗の指標と考え、炭酸ガス反応性を脳循環予備能の指標とすると、VBI 群では N 1 群や末梢性めまい群と比較して脳末梢血管の動脈硬化が強く脳循環予備能が低下している病態が推測された。実験的にも、一側椎骨動脈閉塞ラットでは対照例と比較して脳幹部の炭酸ガス反応性の

有意の低下を認め、同時に自動調節能の低下も認めたと報告されている¹⁶⁾。このことから VBI 群では脳循環予備能の低下に加えて、自動調節能も低下している可能性があり、このことが VBI の発症と関連していると推測された。また、VBI 群では N 1 群と比較して FV も低下していたが、これは前述の脳末梢血管抵抗の増大によるものと考えられた。末梢性めまい群と比較して FV に差がなかったのは、脳末梢血管抵抗の増大が認められるものの FV に影響を及ぼすほどではないためではないかと考えられた。以上のことから、高齢者のめまいで TCD を施行し、これらのパラメーターの異常を示すものはめまいの治療として脳循環改善が必要と考えられた。

3) VBI 群の各パラメーター間の相関について

FV、FPI および炭酸ガス反応性の間に有意な相関関係は認められなかった。しかし、FPI が上昇すると炭酸ガス反応性は低下傾向を示し($r = -0.252$, $p = 0.0838$)、VBI では脳末梢血管抵抗の増大が脳循環予備能の低下に影響することが推測された。

4) V-VBI と H-VBI の脳循環動態の相違について

今回めまい症状のみを示し他の神経症状を伴わないものを H-VBI と仮称し VBI 群に含めた。これは松永が⁵⁾報告したもので椎骨脳底動脈領域の循環障害に体位変換などの血行力学的要因が加わりめまいが発症するとされている。この H-VBI と神経症状を伴ういわゆる V-VBI とでは各パラメーターには有意差はなく、TCD の結果からは2つの脳循環動態は同様であると考えられた。しかし FPI は V-VBI では 0.35、H-VBI では 0.34 で V-VBI が上昇の傾向があり、炭酸ガス反応性は V-VBI では 0.021% /mmHg、H-VBI では 0.023% /mmHg でやや V-VBI が低下しており、脳末梢血管抵抗の増大や脳循環予備能の低下が他の神経症状を伴うことと関与することが推測された。

ま と め

TCD を用いて測定した各パラメーター(FV、FPI および炭酸ガス反応性)から、VBI 群、末梢性めまい群および健常群の脳循環動態を検討し以下の結果を得た。

1. VBI 群および N 群では加齢により、FPI が有意に上昇した。
2. VBI 群では N 1 群と比較して有意に FV が低下、FPI が上昇、炭酸ガス反応性が低下していた。
3. VBI 群では末梢性めまい群と比較して、FPI が上昇、炭酸ガス反応性が低下していた。
4. V-VBI と H-VBI では脳循環動態はほぼ同じと考えられた。

以上のことからVBIにTCDによるFV, FPIおよび炭酸ガス反応性を測定することは, VBIの脳循環動態を評価できるとともに末梢性めまいとの鑑別診断にも利用しうると考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり, ご指導, ご校閲を賜りました松永 喬教授に深甚なる謝意を表しますとともに, ご校閲, ご助言を賜りました本学第1内科学教室土肥和紘教授ならびに第2外科学教室榊 寿右教授に深謝いたします。また直接, ご指導, ご教示いただきました菊岡政久博士に感謝いたします。また始終ご協力くださった町立大淀病院耳鼻咽喉科および内科の諸兄に感謝の意を表します。

本論文の内容の要旨は, 第53回日本平衡神経科学会(1994年11月25日, 松江)および第96回日本耳鼻咽喉科学会総会(1995年5月11日, 千葉)において発表した。

文 献

- 1) Aaslid, R, Markwalder, T. M. and Nornes, H. : Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J. Neurosurg.* **57** : 769, 1982.
- 2) 小島あかね, 菊岡政久, 藤田信哉, 乾 洋史, 松永 喬 : めまい患者へのTCD(Transcranial Doppler)の臨床応用. *Equilibrium Res* Vol. **54** : 338, 1995.
- 3) 小島あかね, 菊岡政久, 松永 喬 : めまい患者へのTCDの臨床応用-炭酸ガス反応性の検討-. *Equilibrium Res*(投稿中).
- 4) 日本平衡神経科学会 : めまい平衡障害の診断, 治療のための臨床指針資料. *Equilibrium Res Suppl.* : 51, 1995.
- 5) 松永 喬 : 椎骨脳底動脈循環動態とめまい(第96回日本耳鼻咽喉科学会総会 宿題報告, 千葉市). 奈良県立医科大学耳鼻咽喉科学教室, p99, 1995.
- 6) 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, 1994.
- 7) 杉森 宏, 井林雪郎, 大星博明, 長尾哲彦, 藤井健一郎, 佐渡島省三, 藤島正敏 : 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, 1993.
- 8) Komatsu, M., Yamano, S. and Morioka, Y. : Evaluation of the cerebral arteriosclerosis-comparison of transcranial Doppler arteriography with cerebral angiographic findings. *Neurosonol.* **4** : 116, 1991.
- 9) 富田泰彦, 塩貝敏之, 佐藤栄志 : 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, 日本医学社, 東京, p88, 1991.
- 10) Markwalder, T. M., Grolimund, P. and Aaslid, R. : Dependency of Blood Flow Velocity in the Middle Cerebral Artery on End-Tidal Carbon Dioxide Partial Pressure-A Transcranial Ultrasound Doppler Study. *J. Cerebral Blood Flow Metab.* **4** : 368, 1984.
- 11) 中川 翼 : 脳虚血とHypercapnia. 中川 翼著編. *脳虚血-基礎と臨床-*. にゅーろん社, 東京, p21, 1986.
- 12) Maeda, H., Matsumoto, M., Handa, N., Houga-ku, H., Ogawa, S., Itoh, T., Tukamoto, Y. and Kamada, T. : Reactivity of Cerebral Blood Flow to Carbon Dioxide in Various Types of Ischemic Cerebrovascular Disease : Evaluation by the Transcranial Doppler Method. *Stroke* **24** : 670, 1993.
- 13) Ogawa, S., Handa, N. and Matsumoto, M. : Carbon dioxide reactivity of blood flow in human basilar artery estimated by the Transcranial Doppler Method in normal men : A comparison with that of the middle cerebral artery. *Ultrasound Med. Biol.* **14** : 479, 1988.
- 14) 黒川 泰 : 椎骨脳底動脈系に対する経頭蓋骨的ドプラ法. *山口医学* **40** : 189, 1991.
- 15) 澤井冬樹 : 脳委縮と脳循環(第2報)加齢と総頸動脈血流動態. *奈医誌.* **38** : 980, 1987.
- 16) Ueda, T. and Matsunaga, T. : The Influence of Unilateral Vertebral Artery Occlusion on Brainstem and Inner Ear Blood Flow in Rat. *Acta Otolaryngol.* **115** : 742, 1995.