ON THE RELATIONSHIP BETWEEN VERTEBRAL BLOOD FLOW AND VERTIGO

TORU MATSUNAGA, M. D., TAKASHI MATSUNAGA, M. D.,
HIROSHI FURUKAWA, M. D., MITSUHIITO SANO, M. D.,
ETSUKO TAGAMI, M. D., HIROYASU KAWAMOTO, M. D.,
SHINICHI OKUMURA, M. D., AND TOSHI NAITO, M. D.

Department of Otolaryngology Osaka University Medical School Osaka, Japan

(Director: T. Naito, M. D.)

The total blood flow of all the four cervical vessels and the so-called cardiac output were measured by means of impedance cardiography. In the cases of both acute Ménière's disease and brain circulation disturbance, the total cervical blood flow and cardiac output decreased in comparison with those of normal subjects. However, it was impossible to estimate the blood flow of each cervical vessel by this method. Therefore, the blood flow velocity of the vertebral and common carotid arteries was then measured by means of the ultrasonic Doppler's method. In the vertebral arteries of vertiginous patients, low blood flow velocity and asymmetry in blood flow velocity were found more often than in normal subjects. The result suggested that the asymmetry in blood flow velocity in the vertebral arteries enhanced susceptibility to circulatory disturbance in the vestibular area and inner ear. It was considered that the above mentioned method was useful for estimating the risk factor of induced vertigo and/or dizziness.

A 80—0139—10526

椎骨動脈血流とめまい・平衡障害についての考察

大阪大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：内藤 儒教授）

松永 亨，松永 喬，古川 裕，佐野光仁，田上悦子，川本浩康，奥村新一，内藤 儒

はじめに

めまい患者において椎骨動脈系の血流が問題となることは従来よりよく知られた事実である。とくに椎骨脳底動脈不全症として総括される一過性脳虚血発作のさい、めまいはほとんど必発の症状として訴えられている。昭和50年の1年間大阪大学耳鼻科外来を受診した18名の椎骨脳底動脈不全症と診断されたものをみると、いずれもめまい以外に下肢脱力感、複視、言語障害、意識消失、半身麻痺、四肢しびれ感、後頭部痛のようないずれかの脳神経症状を合併して訴えている。しかし平衡機能検査、聴力検査などで椎骨脳底動脈不全症と診断し得る特異的な所見は認められなかった。

一方、阪大耳鼻咽喉科を受診するめまい患者には原因不明のめまいのみ訴える患者の増加しつつあることが認

められている¹⁾。アメリカの一過性脳虚血発作の診断基準²⁾でもめまい、複視、嚥下困難、構音障害などの症状が単独で存在するとき、椎骨脳底動脈不全症とは診断されていない。そこで椎骨脳底動脈不全症と診断し得る非観血的な椎骨動脈系の血流動態の検査所見を探し出すこと、さらにめまいを単独に訴える患者において、椎骨動脈系の血流動態がどのような臨床的意義をもっているかを検討することは興味のある問題である。

そこでこの問題をインピーダンスカージオグラフィー、ドップラー法による超音波血流計を用いて臨床的に検討し、その結果のめまい・平衡障害発現に対する意義を実験的根拠から考察したのでここに報告する次第である。（頭蓋内・外注入動脈血流量について）。

被検者の胸部、頸部に合計5本の電極テープを巻きつ

け、あらかじめ設定した電極テープに電流を流し、胸部、頸部での電極テープ間のインピーダンスの変化をそれぞれ測定し、実験式にあてはめて胸部拍出量（心拍出量に相当する）および頸部拍出量（頭蓋内外への注入血液量に相当する）を計算する³⁾。装置はミネソタインピーダンスカルジオグラフ MDL-304A（三栄測器製）である。第1表に示すごとく18人の健康成人（平均30歳）において、胸部拍出量は平均7.5 l/分、その約12%（87 ml/分）が頸部拍出量として頭蓋内外へ注入する動脈血液量になると考えられる。これらの値は、Stewart-Hamiltonの指示薬稀釈法、さらにFickの原理による心拍出量の測定で5.5 l/分、そしてその約15%が脳に送られているという事実⁴⁾とおおよそ類似した値である。

第1表

Impedance Cardiographyの測定結果

平均値	健康成人 n=18	脳循環障害 n=8 めまい+	脳循環障害 n=8 めまい-	メニエール病 n=13 めまい+	メニエール病 n=20 めまい-
胸部 拍出量	7.5 l/min	5.2 l/min	6.2 l/min	5.9 l/min	7.1 l/min
臥位	5.7	4.8	4.4	4.2	4.6
立位	5.4	4.3	3.9	3.8	4.3
立位10分	5.4	4.3	3.9	3.8	4.3
臥位	7.4	5.2	5.9	6.1	5.2
頸部 拍出量	87 ml/min	46 ml/min	53 ml/min	44 ml/min	78 ml/min
臥位	106	54	68	71	83
立位	83	43	61	50	70
立位10分	83	43	61	50	70
臥位	97	52	74	72	93

説明は本文参照のこと。✱印はメニエール病でめまいを訴えるものは体位変換で著名な頸部拍出量の増加を示す。

阪大耳鼻科を受診した椎骨脳底動脈不全症、高脂血症、脳動脈硬化症、小脳循環障害などの脳循環障害の患者16人では、拍出量測定時めまいの有無に関せず、胸部および頸部拍出量はともに健康成人の値より低下している。一方メニエール病33人では測定時めまいを訴えている13人は健康成人群より明らかに低い胸部、頸部拍出量を示すが、測定時めまいのない間歇期の20人では健康成人群とほぼ同じ値を示した。シェロング氏検査に準じた体位変換検査により胸部拍出量は立位直後、立位10分ともに低下し、再び臥位に戻ると増加する。この変化のパターンおよびその程度は脳循環障害群、メニエール病群いずれもめまいの有無に関係せず健康成人群とほぼ同様であった。一方頸部拍出量は立位直後、その量を増加し、胸部拍出量の減少を過補償する。この作用は大動脈弓頸動脈洞に存在する圧受容器の反射によるものと考えられる。しかし興味あることはメニエール病で測定時めまいを訴えている群にのみ、頸部拍出量の著明な体位変換による

増加を認めたことである。

この事実は器質的障害の要素の強い脳循環障害群ではめまいを訴えるときも訴えないときも常に頭蓋内への循環血液量は減少していることを示す。一方機能的障害の要素の強いメニエール病ではめまいを訴えているときのみ頭蓋内への循環血液量は減少し、そして体位変換のようなストレスに対し過剰に反応することを示している。これは大動脈弓、頸動脈洞の圧受容器の亢奮が自律神経系に強く支配されていることから考え⁵⁾、メニエール病の血流行動態にneurogenic controlが重大な影響をおよぼす間接的な証明であろう。

ドップラー法による超音波血流計からみた椎骨動脈血流

今まで述べてきたインピーダンスカルジオグラフィでは頸部の大血管である左右の頸動脈、左右の椎骨動脈の血流の変化を凡て一括して記録しているので、より詳細に観察するためには個々の血管の血流動態を検討することが望ましい。この目的で血管造影法がしばしば有用な手段として用いられているがめまいのみを訴える患者にときには生命の危険を伴うこの方法を用いることに難点を覚える。このような点からドップラー法による超音波血流計で左右の総頸動脈、椎骨動脈の血流速度を測定した。その方法の詳細はすでに報告してあるので参照されたい⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。検査対象は健康成人29人、関西労災病院を受診しためまい症75人、頭部外傷後遺症17人、耳鳴6人、突発性難聴5人、ベル麻痺2人、鎖骨下動脈盗血症候群1人、その他4人である。第2表に健康人29人の左右の総頸動脈、椎骨動脈の収縮期、拡張期の血流速度ならびにその左右差のそれぞれの平均値を示すが、総頸動脈の血流速度はOlson¹⁰⁾の報告した値とほぼ一致している。この健康成人群において血流速度と年齢との間の関係を検討したが一定の関係は得られなかった。しかし血流速度の平均値より標準偏差だけ低い値をかりに血流速度低下とし、40歳以上の年齢群と40歳以下の年齢群に分けると、椎骨動脈の血流速度低下のものは40歳以上群で26%、40歳以下の群でそれは7%となり、高齢化は血流速度を低下せしめる一つの要素となり得るようである。またザルコウスキイの変法で血清コレステロール値を測定し、便宜上200 mg/dl以上の値を異常高値とすると、やはり40歳以上の群で血流速度低下のものにはこの異常高値を示すものが多いという傾向を得た。健康成人群には高血圧、低血圧を示すものがなく血圧との関係は検討されなかった。

第2表 総頸動脈および椎骨動脈血流速度の15回加算波形と校正速度

	A. VERTEBRALIS	A. CAROTIS COMMUNIS
Systolic Velocity	R. 13.6±5.9 cm/sec L. 13.8±6.0 cm/sec	R. 60.9±15.5 cm/sec L. 58.9±12.8 cm/sec
Diastolic Velocity	R. 7.1±3.1 cm/sec L. 7.2±3.1 cm/sec	R. 14.4±5.9 cm/sec L. 13.1±4.3 cm/sec
Side Difference of Blood Flow	Sys. 2.3±2.7 cm/sec Dia. 1.6±1.6 cm/sec	Sys. 9.2±14.4 cm/sec Dia. 4.3±5.0 cm/sec

ECG：心電図の15回加算波形，S：収縮期血流速度，D：拡張期血流速度

第3表 健康成人群とめまい患者群における総頸動脈および椎骨動脈血流速度の低下と左右差の発現率

	Blood Velocity of ↓				Side difference			
	A. Vert		A. Carotis		A. Vert		A. Carotis	
	Systolic	Diastolic	Systolic	Diastolic	Systolic	Diastolic	Systolic	Diastolic
Control Group	5/29 17%	4/29 14%	5/19 26%	3/19 16%	3/29 10%	1/29 3%	1/17 6%	3/17 18%
Vertigo Group	19/75 25%	21/75 28%	11/73 15%	17/73 22%	20/75 27%	18/75 24%	7/73 10%	9/73 12%

血流速度の左右差の平均値に標準偏差の倍を加えた値以上の左右差を病的左右差とすると、第3表に示すごとく、めまい患者群では椎骨動脈の血流速度低下、明らかな左右差を示すものが多かった。一方総頸動脈の血流速度低下、左右差においてはめまい患者群と健康成人群との間に特別の差を認めなかった。このことから耳鼻科を受診するめまい患者では頸動脈系よりも椎骨動脈系により著明に血流動態の異常の存在することが判明した。

亀山¹¹⁾は自己の剖検例から椎骨動脈の管径の50%以上の左右差を示すものはおよそ1/3に存在したと述べている。しかし剖検例のおのおのにおいて、生前めまいがあったか否かに関しての記載がないので確言出来ないが、健康成人群で10%、めまい患者群で27%の椎骨動脈の血流速度の左右差は、血流速度に最も大きな影響をあたえる因子が血管径であることから考え充分考慮し得る発現率である。

第4表 各種疾患群における総頸動脈および椎骨動脈血流速度の異常発現率

	LOW VELOCITY ↓				SIDE DIFFERENCE			
	A. VERTEBRALIS		A. CAROTIS		A. VERTEBRALIS		A. CAROTIS	
	S	D	S	D	S	D	S	D
VERTIGO	19/75 25%	21/75 28%	11/73 15%	17/73 22%	20/75 27%	18/75 24%	7/73 10%	9/73 12%
HEAD TRAUMA	2/17 11%	3/17 18%	3/17 18%	5/17 29%	2/17 11%	3/17 18%	0/11 0%	2/17 11%
TINNITUS	0/6 0%	1/6 17%	2/6 33%	2/6 33%	0/6 0%	0/6 0%	1/6 10%	0/6 0%
SUDDEN DEAFNESS	1/5 20%	2/5 40%	1/5 20%	2/5 40%	0/5 0%	0/5 0%	0/5 0%	0/5 0%
CONTROL GROUP	5/29 17%	4/29 14%	5/19 26%	3/19 16%	3/29 10%	1/29 3%	1/17 6%	3/17 18%

めまい患者以外の疾患にも程度の差はあるが血流速度の異常を認め得る。

ところが椎骨動脈系の血流速度の低下、左右差などの血流動態の異常はめまい患者以外に頭部外傷後遺症、突発性難聴、その他の疾患においても出現する（第4表）。興味ある点は耳鳴りの患者では椎骨動脈系よりも総頸動脈系に血流動態の異常を示すものが多いことである。現在めまい患者以外の症例が少ないので結論はさけるが、この椎骨動脈系の血流動態の異常は疾患発症にたいする素因的な要因として存在するように思われる。

75人のめまい患者をより詳細に検討するとき、40歳以上と40歳以下の年齢群を比較しても健康成人群にみられたような椎骨動脈血流動態の異常の発現率は認められなかった。またシェロング氏検査陽性のもの（20%）、低血圧のあるもの（13%）、高血圧のあるもの（8%）、血清

第5表 末梢および中枢前庭障害患者における総頸動脈および椎骨動脈血流速度の異常

	LOW VELOCITY				SIDE DIFFERENCE			
	A. VERTEBRALIS		A. CAROTIS		A. VERTEBRALIS		A. CAROTIS	
	S	D	S	D	S	D	S	D
PERIPHERAL DISTURBANCE	5/27	4/27	4/27	3/27	5/27	5/27	0/27	4/27
27/75 36%	19%	15%	15%	11%	19%	19%	0%	15%
CENTRAL DISTURBANCE	4/15	4/15	1/15	6/15	2/15	2/15	4/15	2/15
15/75 20%	27%	27%	6%	40%	13%	13%	27%	13%

コレステロール (55%), トリグリセライド (20%) の異常高値があるものとこれらの所見のないものとの間に椎骨動脈血流動態の異常発現に関し何等特別の関係を認めることが出来なかった。したがって血流速度の低下に関係する血流の粘稠度, 血圧, 解剖学的な血管径, 弾力性以外の要因がめまい患者ではより問題となり, しかもそれはすでに述べたように血流動態に対する神経性コントロールであると想像される。

さらにめまい患者をそのめまいの種類, 発現の仕方, 随伴する神経症状の有無, 温度眼振, 視運動性眼振の結果から, 末梢前庭障害と中枢前庭障害に分類し, 椎骨動脈血流動態の異常出現を検討した。第5表に示すごとく, 中枢, 末梢障害の区別なくその異常はほぼ同程度に現われた。表中, 中枢前庭障害を示すめまい患者に総頸動脈系の血流動態の異常がやや高頻度に出現しているのは, 脳卒中, 脳梗塞など内頸動脈血流障害の患者が比較的多く含まれていることによる。とにかくこの結果から, ドップラー法による超音波血流計でもって椎骨動脈血流動態を測定しても, 中枢性前庭障害としての椎骨脳底動脈不全症と診断し得る特徴的所見を得ることは困難である。金子, 稲岡¹²⁾はドップラー法による椎骨動脈の血流状態の計測と椎骨動脈血管写の間には一致した所見の得られることを報告した。したがって末梢前庭障害によるめまい患者もまた椎骨動脈血管写にて異常所見を呈するものがあると考えられる。

おわりに

我々はめまい患者において, 頭蓋内・外注入血液量が健康成人より減少していることをインピーダンスカルジオグラフィーで知り, さらにドップラー法による超音波血流計で椎骨動脈系の血流動態の異常がより深く関係することを知った。この血流動態の異常は血流速度の低下あ

るいは病的左右差でもってあらわされる。血流速度の低下は究極は椎骨動脈を流れる血液量が減少し, あるいは酸素の供給が不十分となり灌流領域の乏血, 酸素欠乏を生じる。これがめまい・平衡障害の発現機序となるであろうことはよく知られている¹³⁾。しかし血流動態の左右差は一体どのような意義をもっているのであろうか。解剖学的な椎骨動脈管径の左右差をのぞき, 血圧, 血清脂質の異常, 血液の性状の変化, 体位変換による血圧変化などはそれのみで左右差を引きおこすことはない。メニエール病で交感神経系の反応に左右差があることはよく知られている¹⁴⁾。椎骨動脈系は頸部交感神経系によって支配され, とくに最近ふたび血管に対する神経性コントロールの役割が重視される状態にある¹⁵⁾¹⁶⁾。したがってこの左右差の発現にはあらかじめ存在する血管系の解剖学的左右差以外に交感神経系による機能的な左右差の形成も考慮しなければならない。超音波血流計によって, めまい患者にはじめ存在していた椎骨動脈血流速度の左右差が治療により消失する臨床的事実も存在する¹⁷⁾からである。

左右差があれば何故めまい・平衡障害が起り易いのか, 我々はあらかじめ頭振後眼振の全く認められない家兎で一側椎骨動脈の結紮ならびに Goldblatt の方法に準じて一側椎骨動脈の狭窄を作製した¹⁸⁾。術後頭振後眼振の発現を検討すると, 結紮したものでは1羽/6羽(17%), 狭窄群では6羽/10羽(60%)に頭振後眼振の発現を認めた¹⁹⁾。このことは結紮のような完全な左右差の形成は副血行路の形成で血流は代償され, 首の捻転, 頭の回転, 体動などは特別強い影響を前庭系に及ぼさないと考えられる。しかし狭窄のごとき中途半端な左右差(動的な左右差と略す)は首の捻転, 頭の回転, 体動などにより血流の左右差を強め, 左右前庭系の血流のアンバランスを

生じ、眼振、めまいの発現に導びくのであろう。さらに7羽の家兎において、一側椎骨動脈に墨汁を注入し栓塞実験を行ったところ、6羽/7羽に墨汁注入直後自発眼振を認めることが出来た。ところがあらかじめ一側椎骨動脈を切断あるいは結紮した後、しばらく日をおいて他側に墨汁を注入した家兎3羽では全く自発眼振を認めなかった。

両側椎骨動脈が健全な家兎で墨汁を注入するさい、注入側の椎骨動脈は手術操作を受け、多少とも動的な左右差が形成されていると考えられる。このように椎骨動脈の血流動態に左右差のあるとき、頭振り、栓塞のような操作は両側の前庭系の不均衡を生じ易い。それに反し、ただ一側の椎骨動脈血流によって、その灌流領域に充分血液が送られているとき、頭振、栓塞のような操作で両側の前庭系の不均衡を惹起することは少ないと考えられる。

以上述べてきた椎骨動脈血流速度の低下、それに伴う左右差の発現などの異常血流動態はめまい発症に関係する素因的要因とも考えられ、これを見出すのにインピーダンスカルジオグラフィー、ドップラー法による超音波血流測定は有用な方法であると考えられる。

ま と め

1. インピーダンスカルジオグラフィーにより、脳循環障害患者、メニエール病で検査時めまいを訴えるものは、健康成人より頭蓋内・外注入血液量が低下していた。またメニエール病で測定時めまいを訴えるものは、体位変換による頭蓋内・外注入血液量の増加が著名であった。

2. めまい患者はドップラー法による超音波血流計測で椎骨動脈系の血流速度の低下、それに伴う左右差を示すものが多かった。この所見は中枢前庭障害、末梢前庭障害のいずれにおいても同じ程度にみられた。

3. 血流速度の低下、とくにそれに伴う左右差の存在がめまい平衡障害の発現に対する意義を推論した。

4. 椎骨動脈血流動態の測定はめまい発症に関する要因を知るために有用な方法であることを述べた。

参 考 文 献

- 1) 松永喬ほか：阪大におけるめまい患者の受診動態。耳鼻臨床，68；10，1205-1213，1975（昭50）。
- 2) 海老原進一郎，田崎義昭監集：実地医家のための脳血管障害，60-69，サント薬品株式会社，1976（昭和51）。
- 3) 田上悦子ほか：めまい患者に行った Impedance Cardiography の成績。Equil. Res.，35；71-72，1976（昭和51）。
- 4) Björn Folkow, Eric Neil: 循環，79-82，入内島十郎訳，真興交易医書出版部，1974（昭和49）。
- 5) J. R. Adair & J. W. Manning: Hypothalamic modulation of baroreceptor afferent unit activity. Am. J. physiol.，229；1357-1364，1975。
- 6) Matsunaga, T., Kawamoto, H., Okumura, S., & Naito, T.: Ultrasonic blood rheography in vertebral artery of vertigo patients (Doppler method)—with the glass model experiments. Med. J. Osaka Univ.，25；43-56，1974。
- 7) Matsunaga, T., Sano, M. & Kubo, T.: A clinical investigation of vertigo & vertebral blood flow using the ultrasonic Doppler method. Proc. V Extraord. Meeting of the Barany Society, ed. M. Morimoto, 228-233，1975。
- 8) 松永喬ほか：めまい患者と超音波椎骨動脈血流検査法（Doppler 法）—モデル実験との対比—。耳鼻臨床，67；763-774，1974（昭49）。
- 9) 佐野光仁，松永 亨：総頸動脈および椎骨動脈血流速度の記録—Doppler 法による—。耳喉，48；143-148，1976（昭51）。
- 10) Olson, R. M.: Human carotid artery wall thickness, diameter and blood flow by a noninvasive technique. J. Appl. Physiol.，37；955-960，1974。
- 11) 亀山正邦：脳底動脈 Variation の臨床的意義。神経進歩，5；758-767，1961（昭36）。
- 12) 金子仁郎ほか：超音波 Doppler 血流検査法の臨床応用。最新医学，1290-1298，1974（昭49）。
- 13) 長島親男ほか：椎骨動脈循環不全によるめまい，第7回脳神経外科特別問題懇話会議演録；73-92，1975（昭50）。
- 14) 渡辺 勲：メニエール氏症候群における左右差の問題，日耳鼻，62；2629-2635，1959（昭34）。
- 15) W. I. Rosenblum: Neurogenic control of cerebral circulation. Stroke，2；429-439，1971。
- 16) L. Edvinson: Neurogenic mechanisms in the cerebrovascular bed. Acta physiol., Scand., suppl. 427，1975。
- 17) 松永喬ほか：Cephadol の臨床使用経験。耳鼻臨床，65；489-498，1972（昭47）。

- 18) 松永喬ほか：実験的高血圧動脈物（家兎）における
2, 3 の平衡機能検査成績. 日耳鼻, 72; 2127-2142,
1969 (昭45).
- 19) 古川 裕ほか：頭振後眼振（仮称）の実験的研究.
Equil. Res., 35; 67-68, 1976 (昭51).
- 20) 佐野光仁, 松永 亨：椎骨脳底動脈循環障害の実験

的研究. Equil. Res., 35; 68-69, 1976 (昭51).

（原稿受付 昭和51. 8. 30日）

原著者住所 〒553 大阪市福島区福島1-1-50 大阪大学
医学部耳鼻咽喉科学教室 松永 亨