

Pulsatile Echoencephalography に関する 基礎的・臨床的研究

岐阜大学医学部第2外科学教室（指導：竹友隆雄教授）

桒 木 良 友

〔原稿受付：昭和44年10月7日〕

Fundamental and Clinical Studies on Pulsatile Echoencephalography

by

YOSHITOMO KASHIKI

2nd Surgical Division, Gifu University School of Medicine

(Chief : Prof. Dr. TAKAO TAKETOMO)

Pulsatile echoencephalography is a recently developed method of examining intracranial state dynamically using ultrasonic waves. This method is still on the way of development and its diagnostic value has not yet been established. The present investigations were undertaken for the purpose of 1) elucidating basic characters and mechanism of generation of pulsatile midline-echoencephalogram on the basis of clinical and model experiments, and 2) examining relationship between the level of intracranial pressure or the state of cerebral blood flow on one hand, and rise time of the pulsatile midline-echoencephalogram or time lags among 3 simultaneously recorded curves-----electrocardiogram, extracranial rheogram and pulsatile midline-echoencephalogram-----on the other hand, in clinical cases of various intracranial diseases.

Based on the results of these investigations, this method was applied for examining headache cases and its therapeutic usefulness was discussed.

The relationship between the level of intracranial pressure and time lags among the 3 curves, as observed in clinical cases, was verified by experiments in animals.

目 次

第一章 緒 論	第三節 拍動性正中線エコー曲線と外頸動脈脈波 (Rheogram)
第二章 研究対象及び研究方法	第四節 小 括
第一節 研究対象	第四章 臨床的研究結果
第二節 研究装置	第一節 正常例に於ける拍動性正中線エコー曲線
第三節 研究方法	第二節 頭蓋内疾患例に於ける拍動性正中線エコー 曲線
第三章 拍動性正中線エコーに関する基礎的事項	第三節 頭痛症例に於ける拍動性正中線エコー曲線
第一節 心周期及び脳拍動との関係	
第二節 拍動性正中線エコーに変化を与える諸因子	

第五章 実験的研究結果

第一節 拍動性エコーの発生機序に関する実験

第二節 実験的頭蓋内圧上昇及び脳循環障害時の頭蓋内、外 rheogram の変動

第一章 緒 論

脳神経外科領域に於ける超音波診断法のうち、頭蓋内の形態学的変化を捕捉する定性的診断法は現在既に有用な手段として広く普及し¹⁾²⁾、またその研究面に於いても一応重要事項は検討し尽された観がある。一方、近年に至り、多種の頭蓋内情報に対する定量的診断法確立への探究に関心が向けられつつあるが²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾、特に頭蓋内における機能面の諸現象（頭蓋内圧、脳循環など）に向けられた超音波の応用に関しては、未だ研究の歴史も浅く、今後に多くの重要な課題が残されている¹⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。以下ここに論述する pulsatile echoencephalography⁹⁾もその一つであり、超音波特性を利用した新しい頭蓋内の機能的検査法として開発の途上にあるものである。

一般に頭蓋内へ超音波を入射すると心拍と同調性に拍動する正中線エコーが観察されるが、この事実に関しては既に超音波の医学応用の当初より、Leksell¹⁰⁾、菊地、田中等¹¹⁾により指摘されていた。1959年 de Vlioger 等¹²⁾はこの拍動性正中線エコーの発生機序に関して検討し、脳容積の変動が音反射面である第3脳室壁の曲面に変化を及ぼし、その結果幾何学的音圧変化を生ずることに由来するものであらうと報告した。最近この脳拍動を表わす拍動性エコーの継時的連続記録法 (pulsatile echoencephalography) が開発され¹³⁾、これから得られる拍動性エコー曲線を分析することによつて何等かの頭蓋内情報を得ようとする試みがなされつつある^{14)~20)}。ところが今日では、未だ第一に頭蓋内より如何なる情報が得られ、第二にはたしてそれが臨床的に如何なる意味と価値を有するかと云う、極めて初歩的な課題の模索段階にあると思われる。

Jeppsson¹³⁾、de Vlioger 等¹⁴⁾は頭蓋内圧亢進例に於いては、拍動性エコー曲線のの上昇期時間 (Rise-time) に短縮が認められると報告し、かかる拍動性エコー曲線の pattern より逆に頭蓋内圧を定量的に測定し得る可能性を示唆した。一方堤、佐野等¹⁷⁾は拍動性エコー曲線の振巾より脳循環状態を相対的に推定し得ると述べ、この記録法に対して ultrasonic plethysmography と名付けている。またその他本法を利用して

第六章 総括並びに考察

第七章 結 語

文 献

高血圧²¹⁾、脳動静脈奇形¹⁴⁾²¹⁾、血管性頭痛¹⁵⁾²⁰⁾²²⁾²³⁾、脳動脈瘤等¹⁴⁾¹⁵⁾において、エコー曲線の振巾の増大或は波形の異常等が観察されたと報告されている。しかし一般的にはその臨床診断法としての価値を問われるまでには至っていない。

著者は本法を用いて頭蓋内圧及び脳循環面の変動と拍動性正中線エコーとの関連性に就いて、基礎的、臨床的検討を行ない、殊に未だ殆んど行なわれていない本法による脳循環の示現性につき検討し、これの臨床診断への導入を意図した。

第二章 研究対象及び研究方法

第一節 研究対象

昭和43年4月より昭和44年6月迄に当外科にて受診した頭蓋内疾患並びに頭痛症例57例及び神経学的に自他覚的異常を認めない症例16例、計73例を対象として臨床的実験研究を行なつた。また、雑種成犬8頭を用いても実験的研究を行なつた。これ等の詳細な内訳に就いては各項目にて述べる。

第二節 研究装置

装置は A-scope 方式超音波診断装置 (SSD-2C, 日本無線) にエコー選別装置-gate 装置-(SSZ-41B, 日本無線) を接続し、超音波診断装置の指示部に投影された頭蓋内エコーを任意に選別、gate を設け、この選別された拍動するエコーをフィジオグラフ (EB-102型、三栄測器) に接続記録した。

探触子は2.25MC 10mmφ、分離平板型探触子 (UST-217, 日本無線) を被検者の耳介直上部に当て脳波用ゴムバンドを用いて頭皮上に密着固定した。

また本装置の他に Dcpcplrhcegraph (Dr. Schuhfried 製) を用いて、両側前額部に3cmの間隔で電極糊により皮膚に固定せしめた2個の2.5×3cm大のアルミ箔電極から誘導される rheogram (impedance 脈波) 即ち外頸動脈域脈波 (以下外頸動脈波と称す) を心電図第1誘導とともに併記し、更に症例によつては脳室ドレーナージから圧力計を介して髄液波の同時記録を行なつた。以上のブロックダイアグラムは図1に示した。

なお、犬に於ける実験装置、方法に就いては後述する。

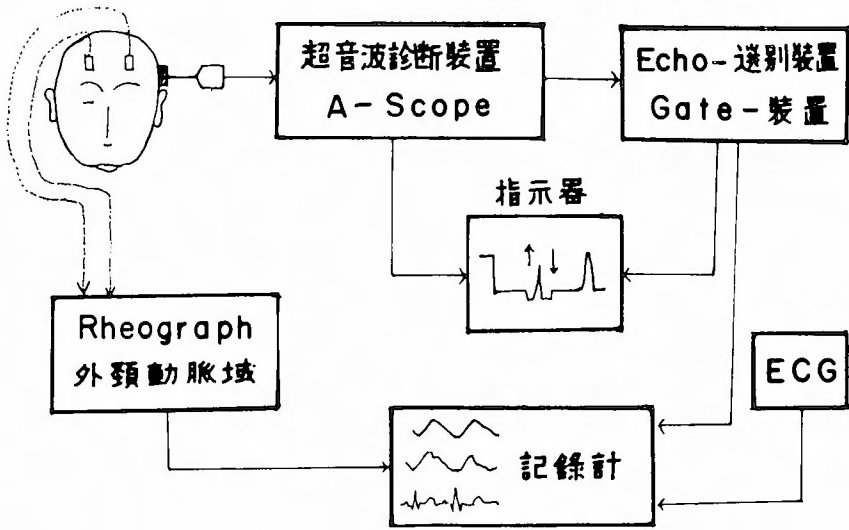


図1 装置構成図

第三節 研究方法

1. 記録条件

被検者は総て安静仰臥位をとらしめ、探触子を耳介直上部に固定した。本研究には安定性、再現性の利点を有する正中線エコーが主として用いられた。

記録に際しては、1)正中線エコーが一峰性に検出される場合は、反射波の両脚部が同時、同方向に拍動するように探触子を適当に調節し、2)二峰性に分離検出される場合は、探触子に対し近位側反射波を選別した。次いで、記録上適当な拍動性正中線エコー曲線を得るため、反射波振幅を最大スケールの1/3~1/2に調節した。正中線エコー以外の他の頭蓋内エコーを記録する場合も上記と同様な条件に従った。

記録装置の条件は時定数1.5とし、紙送り速度3~6 cm/secを主として用いた。

2. 曲線分析法

拍動性エコー曲線の分析は、図2に示す如く、エコー曲線の起始部をA、最頂部（又は最小極部）をB、外頸動脈波（rheogram）の起始部をEとし、これ等を計測点として波形の幾何学的分析により下記の如き計測を行った。

1) 拍動性エコー曲線の上昇期時間、AB（以下Rise-timeと称す）

2) 心電図のR-peakより拍動性エコー曲線の起始部Aに至る脈動伝達時間、RA（以下RA-timeと称す）

3) 心電図のR-peakより外頸動脈波（rheogram）の起始部Eに至る脈動伝達時間RE（以下RE-timeと

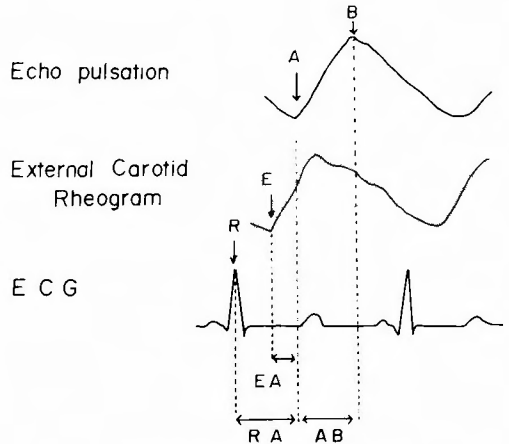


図2 拍動性エコー曲線計測法

称す)

1) 外頸動脈波（rheogram）の起始部Eより拍動性エコー曲線の起始部Aまでの時間EA（以下EA-timeと称す）

以上の4項目に就いて連続する5つのエコー曲線より平均値を求め夫々 msec 単位にて表わした。

第三章 拍動性正中線エコーに関する基礎的事項

第一節 心周期及び脳拍動との関係

一般に拍動性正中線エコーを連続的に記録すると、心周期に一致した一相の鋸歯状曲線が規則的に出現す

る。波形は心周期との関連に於いて図3(1)の如く比較的急速な上昇期と緩徐な下降期を示すタイプと、図3(2)の如く急速な下降期と緩徐な上昇期を示すタイプとが認められる。即ち相互に180度の位相差を示す正、逆二種のタイプに区別される。

正タイプに於いては、心電図と対比すると上昇期は心収縮期内に始まり、最頂部はほぼT波の前後にあり、下降期は心拡張期を経て次の心周期へ移行する。

逆タイプに於いては、この経過が180度逆転した状態である。

二種のタイプを夫々側脳室より誘導した髄液波(髄液漏出を極力防止して誘導)と対比すると、正タイプに於いては髄液波の波形と極めて類似性が認められ、逆タイプの pattern ではこれが180度逆転した波形であり、両者間には本質的な形態上の相異は認められない。従つていずれのタイプにせよエコー曲線の波形は

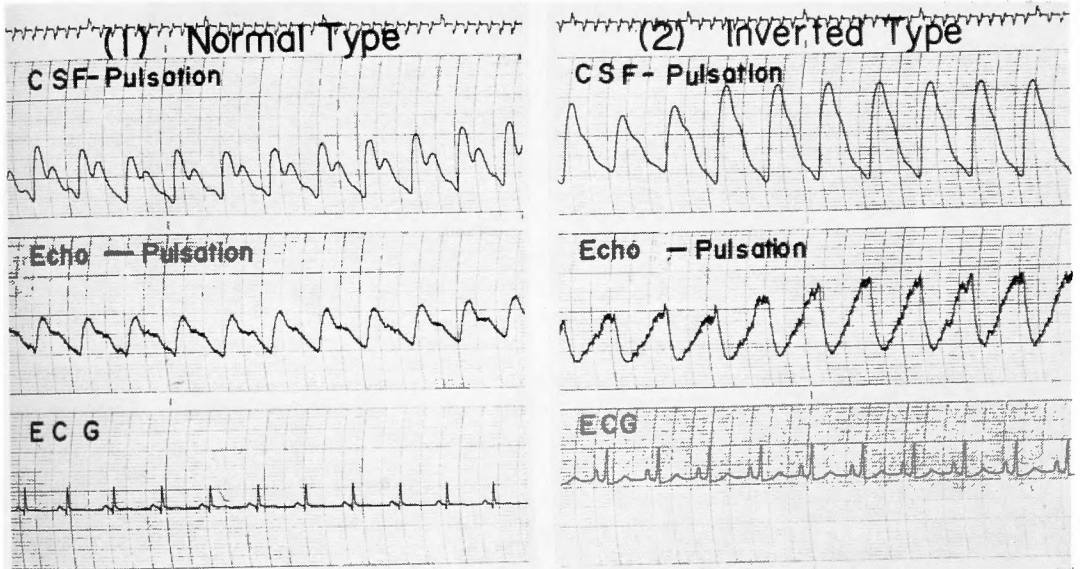


図3 拍動性正中線エコー曲線の Pattern

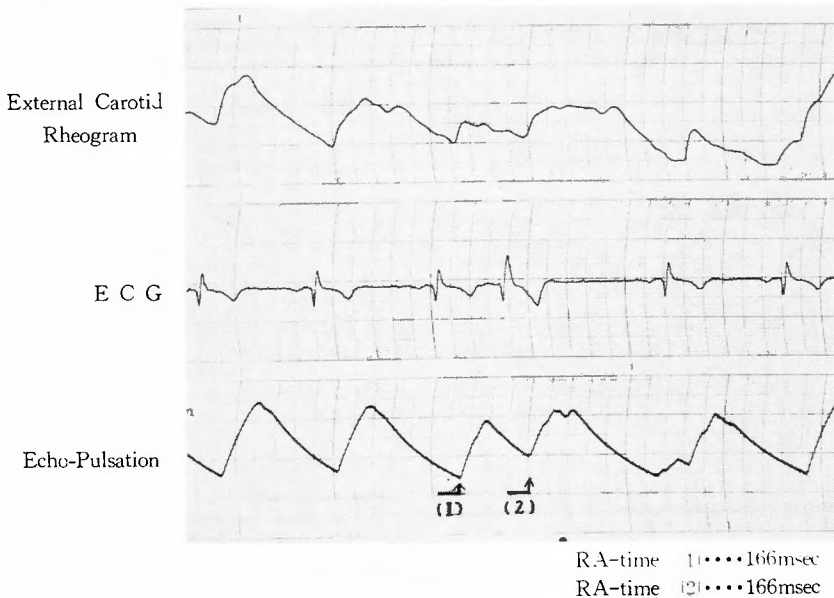


図4 心室性期外収縮時のエコー曲線

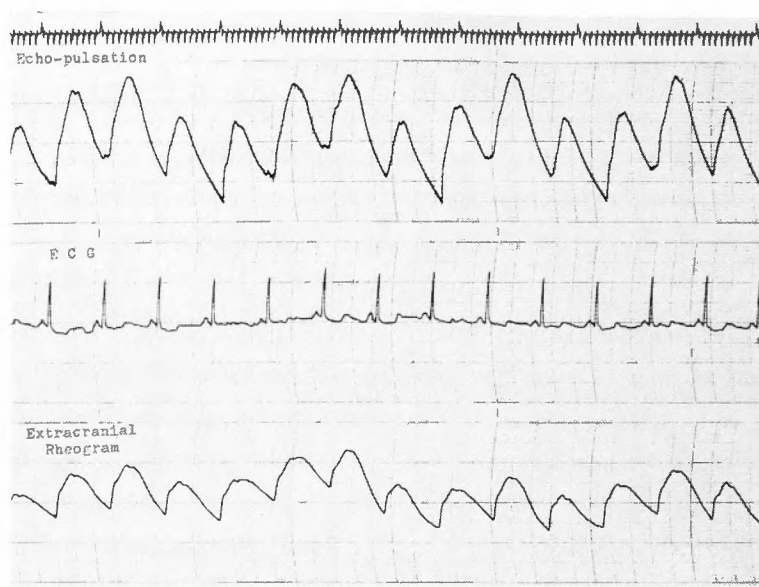
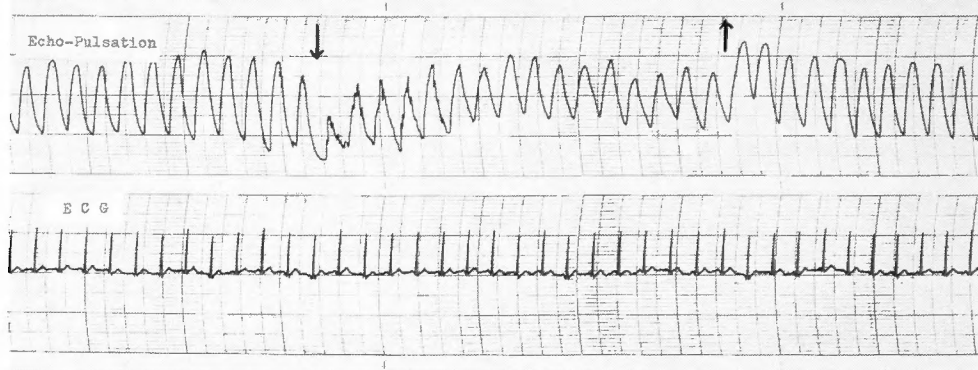


図5 呼吸によるエコー曲線の変動

(1) 正常波



(2) 逆転波

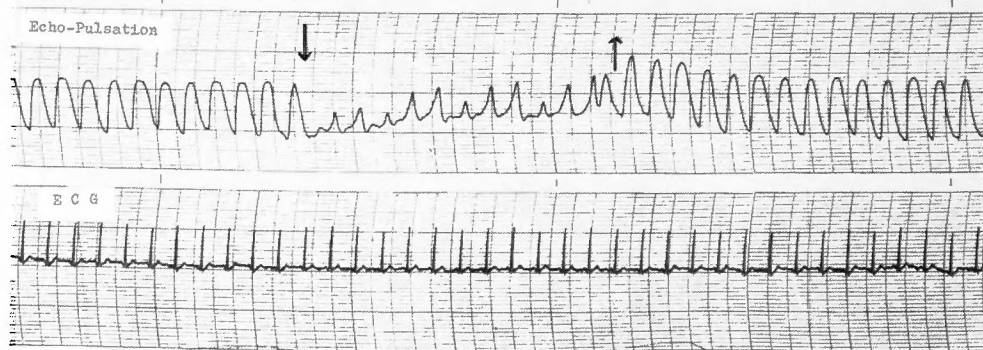
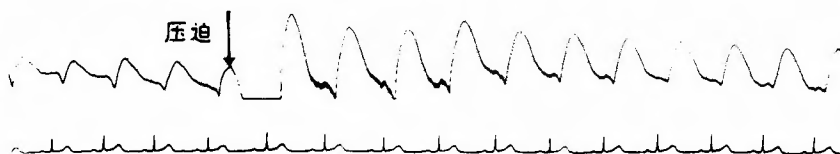
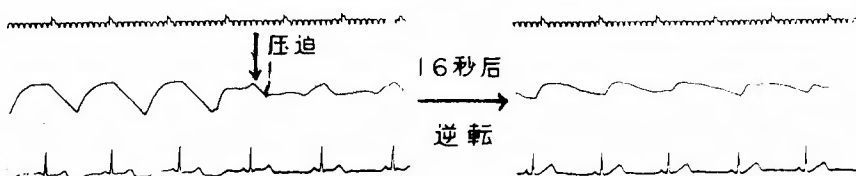


図6 頸動脈圧迫によるエコー曲線の変動

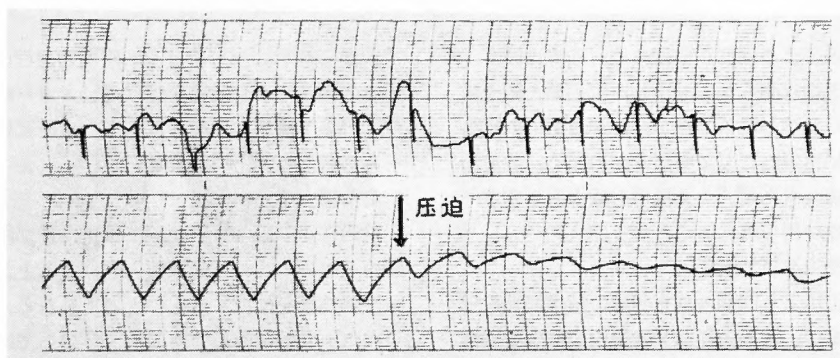
(1) 頸静脈圧迫時



(2) 頸静脈圧迫時



(3) 頸静脈圧迫時



(4) 加腹圧時

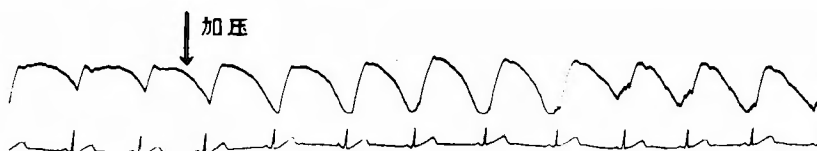


図7 頸静脈圧迫並びに加腹圧時のエコー曲線の変動

脳拍動を可成り忠実に表現し得るものと考えられる。

またエコー曲線は心室性期外収縮（P波の消失）時にも検出され、エコー曲線の RA-time, つまり心収縮から脳拍動を生ずるに至る脈動伝達時間が次に来る正常心収縮（P波の出現）時の RA-time と同一時間を示し、拍動性エコー曲線は arterial cerebral pulsation に由来するものであり静脈系の影響は殆んど受けないものと考えられる（図4）。

第二節 拍動性正中線エコーに変化を与える諸因子
拍動性エコーは下記の諸因子により影響を受け変化する。

1. 呼吸

呼吸により図5の如く連続的な変化が認められ、同時に個々のエコー曲線の波形にも影響の認められる場合がある。

2. 頸動脈圧迫

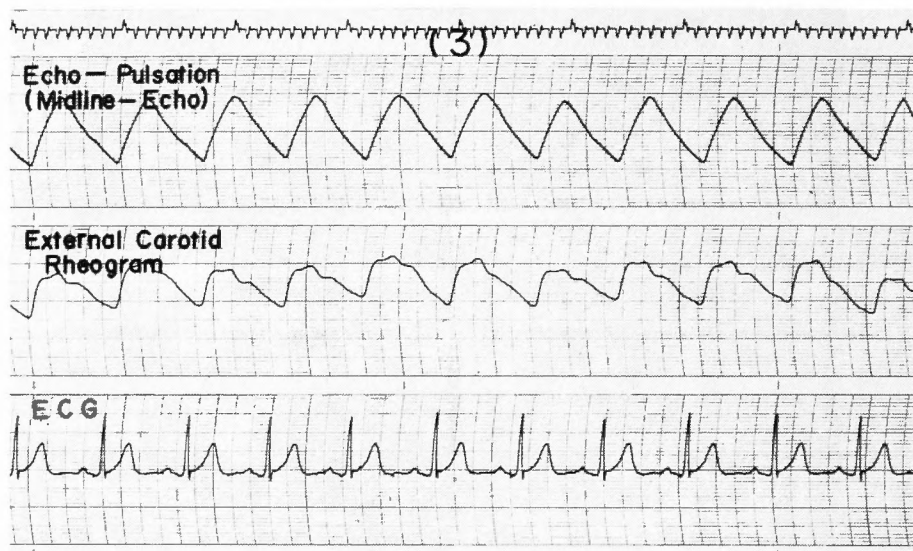


図8 拍動性正中線エコー曲線・外頸動脈 rheogram・心電図の同時記録

頸動脈の圧迫により同側正中線エコー曲線は図6(1)の如く、その振巾は明らかに減少し、脳拍動と脳血流との関連性がうかがわれる。然し、かかる振巾の減少は同一条件下に再度施行しても図6(2)の如く、波形の逆転を生ずる場合もあり、また振巾の減少も不安定で必ずしも再現性が得られないことが多い。

3. 頸静脈圧迫及び加腹圧

頸静脈の圧迫により同側エコー曲線の振巾増大を認める場合もあるが、波形の逆転又は振巾の減少を来すこともあり一定の変化として捕捉し難い(図7)。このことは腹圧を加えた場合のエコー曲線の変化に於いても同様である。

4. その他の因子

体動、探触子の固定状態、超音波装置に由来する分解能或は超音波減衰の著しい症例などによつては、エコー曲線の波形はしばしば複雑な pattern を呈し観察が不能となる。また、エコー選別域外の他の拍動性エコーより影響を受け、二つの拍動性エコーの合成曲線が記録され単一の適正な拍動性エコー曲線との鑑別が困難なことがある。

第三節 拍動性エコー曲線と外頸動脈脈波 (rheogram)

拍動性エコー曲線と両側前額部より誘導された外頸動脈脈波とは図8の如く、正常例では殆んど同期性を示し、両者の波形の起始部及び最頂部はほぼ一致し、時には波形全体の類似性すら認められることがある。

かかる両者の波形及びその時間的過程の類似性は、種々の因子により変化を受け易いエコー曲線の記録判読に極めて適切な示標となつて、本研究結果の確実性を高め得たものと思われる。

第四節 小 括

拍動性正中線エコー曲線には正、逆二種のタイプを認めるが、いずれも髄液波と酷似するところから、動脈性脳拍動を捕捉するものと考えられる。

エコー曲線の波形は心周期に一致してほぼ一定の形態を示すが、呼吸その他多くの因子により変化を受け易く、振巾は必ずしも一定の変化として捕捉し難く不安定である。一方、外頸動脈脈波の timing 及び波形はエコー曲線のそれとはほぼ一致が認められ、両者の同時記録はエコー曲線の同定上にも有効である。

第四章 臨床的研究結果

第一節 正常例に於ける拍動性正中線エコー曲線

1. 症 例

症例は臨床的に脳神経学的異常を認めない1才から55才迄の男9例、女6例計15例である(表1)。これ等症例の髄液圧は110~180mmH₂Oである。

2. エコー曲線計測値

先に述べた計測法に基づき、正常例の各エコー曲線計測値を示すと表1及び図9の如くである。即ち Rise-time は200 msec 以上で、内には500 msec に及ぶ症例も認められた。RA-time は116~150 msec, RE-time

表1 正常例における拍動性正中線エコー曲線計測値

症 例	年令	性別	Rise-time (msec)	RA-time (msec)	RE-time (msec)	EA-time (msec)	髄 液 圧 (mmH ₂ O)
1	55	男	443	116	116	0	170
2	40	男	260	150	133	17	160
3	46	男	306	133	130	3	150
4	28	女	283	150	133	17	150
5	47	男	370	116	100	16	140
6	35	男	250	116	116	0	140
7	21	男	506	150	133	17	140
8	31	男	526	130	133	17	130
9	19	男	270	133	133	0	130
10	3	女	210	120	100	20	130
11	32	女	270	116	116	0	120
12	1	男	243	140	123	17	120
13	6	女	210	123	110	13	120
14	54	女	433	133	116	17	110
15	3	女	266	116	100	16	110

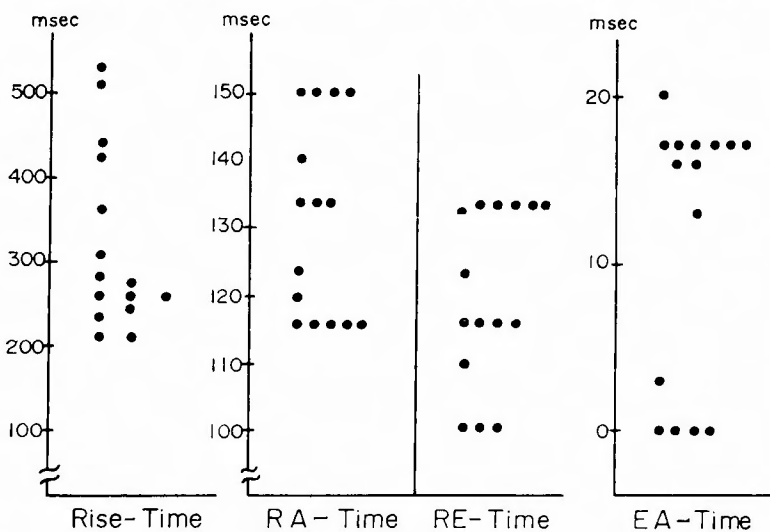


図9 正常例のエコー曲線計測値

は100~133 msec, EA-time は0~20 msec であつた。

第二節 頭蓋内疾患例に於ける拍動性正中線エコー曲線

1. 症 例

症例は3ヵ月から60才迄の男22例, 女12例, 計34例である。

疾患別内訳は表2に示した如く, 脳腫瘍15例, 脊髄腫瘍1例, 頭蓋内血腫6例, 水頭症3例, 脳血管障害5例, 計30例と, この他に術中実験的操作を加えた正常髄液圧水頭症1例, 甲状腺腫1例, 脳動脈瘤2例の

計4例を対象とした。

2. エコー曲線計測値

頭蓋内疾患例に於けるエコー曲線の各計測値は表2に示す如く, 全例に一侧又は両側性に Rise-time の短縮化 (200 msec以下) 又は RA-time の延長 (150 msec以上), EA-time の延長 (20 msec 以上) のいずれかが認められた。これに対しRE-time は計測不能であつた5例及び数症例を除けば多くの症例で正常例とほぼ同値を示した。

3. 病変部位とエコー曲線との関係

表 2 頭蓋内疾患例のエコー曲線計測値

症例	年齢	性	診 断	探 子 触 側	Rise-time (msec)	RA-time (msec)	RE-time (msec)	EA-time (msec)	髄 液 圧 (mmH ₂ O)
1	18	女	Glioblastoma (r-temporal)	L R *	116 216	193 190	— —	— —	600
2	38	男	Meningioma (l-parietal)	L * R	380 150	183 170	123 116	60 54	500
3	32	男	Glioblastoma (l-frontal)	L R *	143 646	150 260	150 150	0 110	450
4	32	男	Glioblastoma (l-temporal)	L * R	196 95	188 125	100 91	88 34	400
5	13	女	Ependymoma (l-temporal)	L * R	180 223	135 181	129 121	6 60	350
6	48	女	Meningioma (l-temporal)	L * R	266 166	133 116	100 100	33 16	350
7	58	男	Intracerebral hematoma (l-temporal)	L * R	166 233	116 166	116 125	0 41	250
8	50	男	Glioblastoma (l-temporal)	L * R	200 166	200 133	— —	— —	210
9	56	男	Glioblastoma (l-temporal)	L * R	160 240	160 140	— —	— —	170
10	40	男	A-V malformation (r-temporal)	L R *	466 500	100 100	100 100	0 0	125
11	51	女	Metastatic carcinoma (r-frontal)	L R *	100 200	116 133	116 100	0 33	110
12	4	男	Cerebellar tumor	L R	166 150	166 133	— —	— —	250
13	17	男	Ependymoma (3rd-ventricle)	L R	400 406	183 216	150 150	33 66	230
14	38	男	Cranicopharyngioma	L R	370 360	173 300	150 150	23 150	105
15	21	男	Cerebellar tumor	L R	151 145	165 148	140 133	25 15	450
16	37	男	Intramedullary tumor of spinal cord (cervical)	L R	100 116	133 150	133 150	0 0	—
17	19	男	Cranicopharyngioma	L R	116 116	119 119	— —	— —	250
18	60	男	Subdural hydroma (1)	L * R	370 143	230 143	103 120	127 17	400
19	14	男	Subdural hematoma (1)	L * R	186 163	236 183	150 133	86 50	370
20	1.5	男	Subdural hematoma (bilateral)	L * R *	191 80	158 158	108 108	50 50	390
21	58	男	Subdural hematoma (bilateral)	L * R *	186 280	216 140	110 116	66 24	190
22	50	男	Subdural hematoma (bilateral)	L * R *	233 203	161 193	110 110	51 83	100
23	1.4	女	Hydrocephalus	L R	150 150	166 166	116 116	50 50	560
24	6ヵ月	男	Hydrocephalus	L R	136 166	116 131	166 108	50 23	400
25	3ヵ月	男	Hydrocephalus	L R	150 150	133 133	100 116	33 17	230
26	38	女	Occlusion of l-middle cerebral artery	L * R	415 212	388 212	116 116	272 98	—
27	29	女	Stenosis of r-carotid artery	L R *	181 205	133 185	131 123	2 62	160
28	59	女	Occlusion of r-anterior cerebral artery	L R *	266 253	160 160	120 130	40 30	160
29	34	女	Cerebral vascular lesion (1)	L * R	360 116	180 136	100 101	80 35	140
30	42	女	Stenosis of vertebral arteries	L R	423 416	310 243	111 111	200 142	90

L…左 R…右 *…患側

一側大脳半球障害例17例（空間占拠病変13例，脳血管障害4例）では，2例（症例5及び7）が逆の現象を示した以外は Rise-time が患側に比べ健側が明らかに短縮し，特に占拠障害例では健側値が200 msec 以下を示した。また，RA-time は健側に比べ患側が著明な延長傾向を示し，就中脳血管障害例に特徴的で

ある（図10，11）。一方，両側性硬膜下血腫3例，水頭症3例，頭蓋咽頭腫2例，小脳腫瘍2例，頸部脊髄腫瘍1例，第3脳室腫瘍1例及び椎骨動脈狭窄1例等の両側性障害又は頭蓋内正中線上障害，更には天幕下腫瘍等により両側大脳半球がほぼ同等に影響を受けていると考えられる13症例では，仮令左右差が認められ

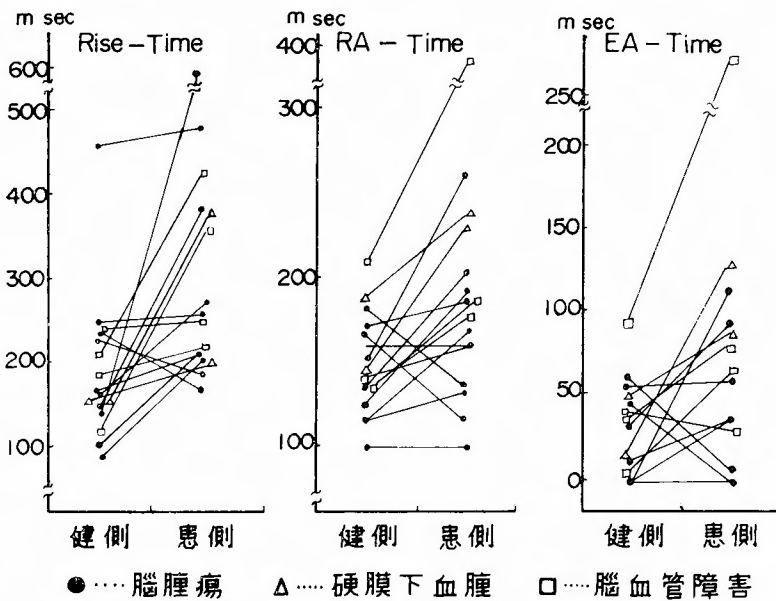


図10 一側大脳半球障害例の健・患側エコー曲線の比較

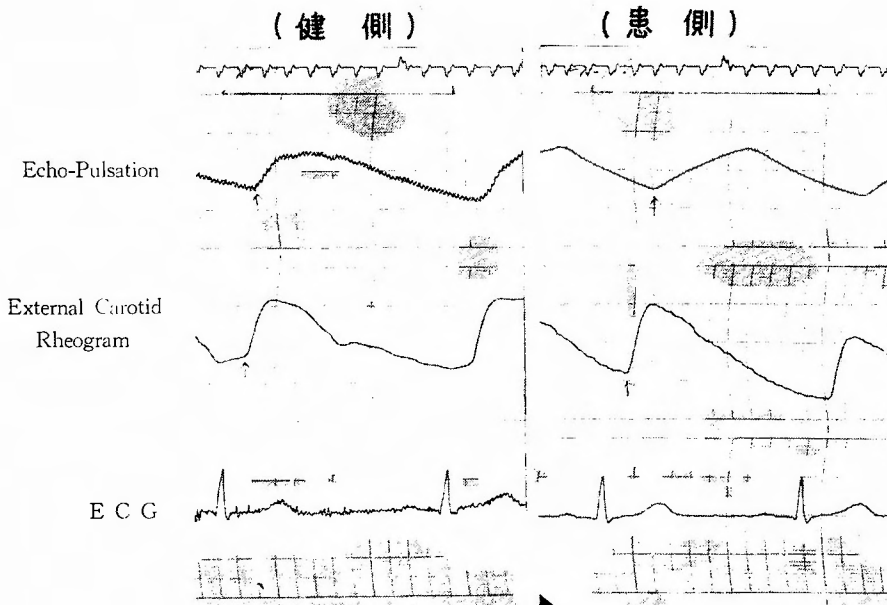


図11 一側大脳半球腫瘍例の健・患側エコー曲線

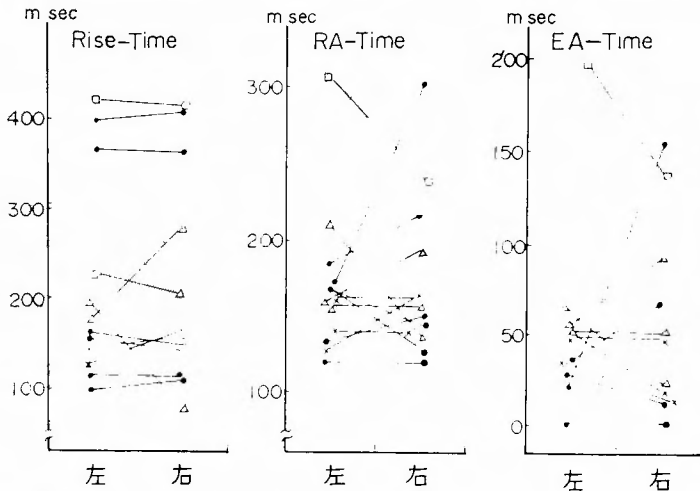
ても一側大脳半球障害例の如き特徴的な相異は認められない (図12). 但し、これ等13例の内、頭蓋内圧亢進を伴う水頭症 3 例、頭蓋咽頭腫 1 例、小脳腫瘍 2 例と、頭蓋内圧が不明な頸部脊髓腫瘍 1 例等の大脳円蓋部に直接占拠病変を伴なわない 7 症例では、両側共に Rise-time の短縮化が認められた。

これに対し、正常域頭蓋内圧を示した両側性硬膜下

血腫 2 例、頭蓋咽頭腫 1 例、椎骨動脈狭窄の 1 例では Rise-time の著明な短縮は認められなかったが、RA-EA-time の延長が認められた。

4. 頭蓋内圧と Rise-time との関係

頭蓋内圧の変動により拍動性正中線エコー曲線が如何なる影響を受けるかを知るために、正常髄液圧水頭症症例において、術中側脳室内に生理食塩水を注入し



● 脳腫瘍、Δ 両側性硬膜下血腫、X 水頭症、□ 脳血管障害。

図12 両側性・天膜下又は正中線障害例の左右エコー曲線の比較

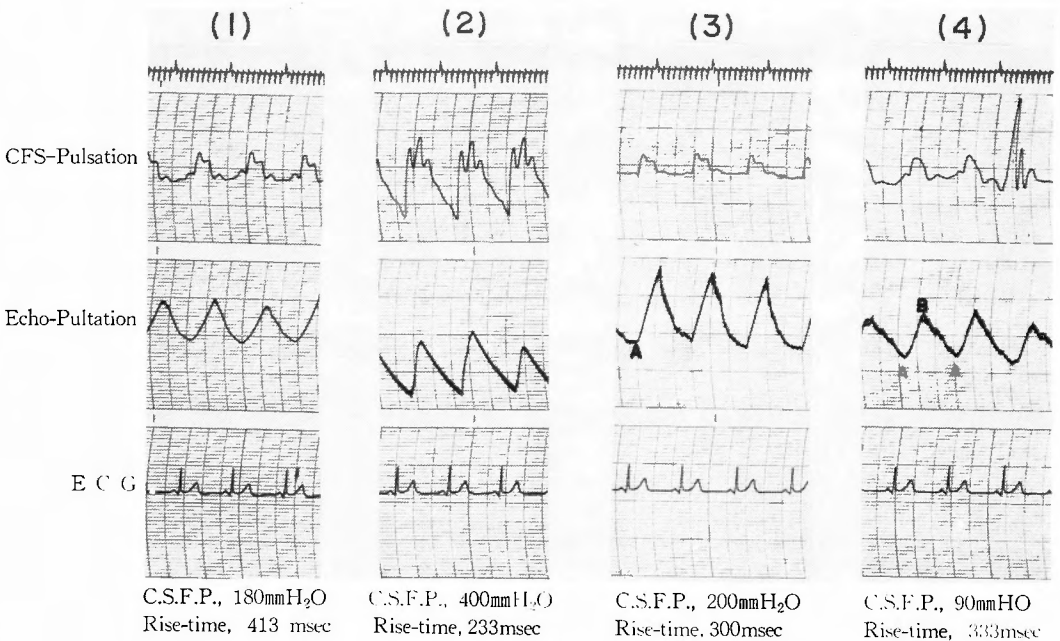


図13 頭蓋内圧上昇による Rise-Time の変動

て水圧を加えたところ、頭蓋内圧の上昇に伴いエコー曲線の Rise-time が短縮化する事実が認められた (図13)。また一方頭蓋内圧の高い水頭症 (表示症例23, 24, 25) では減圧に伴い Rise-time の延長する傾向が認められ、結局頭蓋内圧と Rise-time は関連性を以て変動する事実が認められた (表3)。

表3 頭蓋内圧減圧時の Rise-Time の変動

症 例	髄 液 圧 (mmH ₂ O)	Rise-time (msec)
23	560	150
	↓ 400	216
24	400	136
	↓ 350	156
	↓ 110	193
25	230	150
	↓ 180	200

この観察結果に基づき表2に示された全頭蓋内圧確認例の短縮 Rise-time と頭蓋内圧との関係を正常例との対比の下に示すと図14の如くて、特に頭蓋内占拠病変例及び水頭症例では頭蓋内圧と Rise-time との間には比較的逆相関関係が認められた。このような頭蓋内圧と Rise-time との関係は、脳腫瘍摘出前後の継時的 Rise-time の変動に於いても認められ、表示症例3及び8の2例の術前後の Rise-time を表4に示した。但し、Rise-time の短縮化は正常頭蓋内圧を示した右前頭葉癌転移の1例 (症例11) 及び脳血管障害例 (症例29) の1例にも認められているのであつて、頭蓋内圧上昇のみが唯一の原因とも考えられない。

5. 脳循環と RA-, EA-time との関係

表2に示した各症例のRA-, EA-timeの左右いずれか一方の最大異常値及び正常例における RA-, EA-timeと夫々の頭蓋内圧との関係を図示すると図15の如くである。RA-time では正常例と殆んど変わらない症例が認められ、又頭蓋内圧に異常を認めない症例に於いても著明な延長が認められた。特に脳血管障害例 (症例26, 30) では顕著な延長を示し、頭蓋内圧との明らかな関係は認められない。一方EA-timeではRA-timeと多少異なり、総て頭蓋内圧の正常異常を問わず延長を示し、またその延長度も特に頭蓋内圧の程度との相関を示していない。

以上の如く、RA-, EA-timeの延長現象は頭蓋内圧

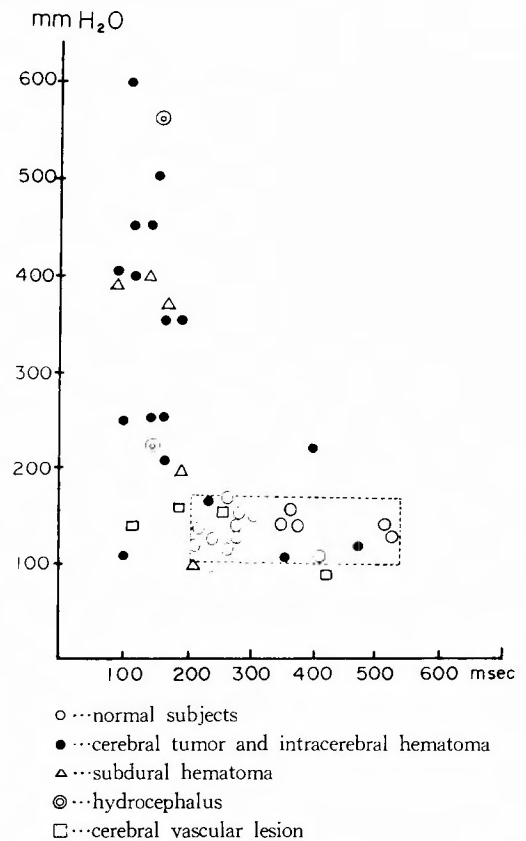


図14 頭蓋内圧と Rise-Time の関係

表4 脳腫瘍例における術前・術後の Rise-time

症例 (No.)	診 断 名	経 過	Rise-time (msec)		髄液圧 (mmH ₂ O)
			患側	健側	
症例 (3)	Glioblastoma (r-frontal)	術 前	646	143	450
		術後3日	—	200	—
		術後1週	250	383	—
		術後26日	250	333	200
症例 (8)	Glioblastoma (l-temporal)	術 前	200	166	210
		術後40日	200	216	160

に強く左右されるという明らかな証左が認められないので、それに影響する頭蓋内圧以外の因子として脳循環を想定した。かかる想定を実証するため、甲状腺手術症例1例及び脳動脈瘤手術症例2例の計3例にて、術中頸動脈を血管鉗子を用いて遮断、その前後の同側正中線エコー曲線の変化を観察した。

結果は表5、図16に示した如く、Rise-Time は一定の変化を示さなかつた。RA-time に関しては、症例

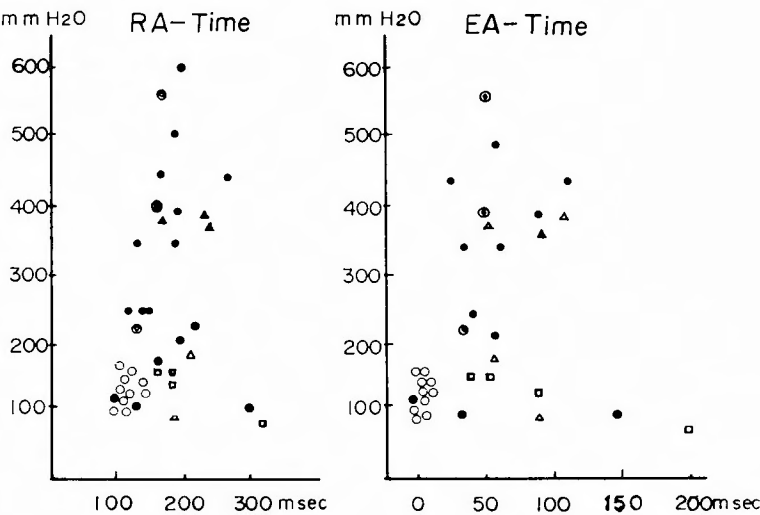


図15 頭蓋内圧と RA-, EA-Time との関係

- …Normal subjects
- …Cerebral tumor and intracerebral hematoma
- △…Subdural hematoma
- ◎…Hydrocephalus
- …Cerebral vascular lesion

表 5 頸動脈遮断前後のエコー曲線の変動

症 例	検 査 No.	遮断血管	操 作	Rise-time (msec)	RA-time (msec)	RE-time (msec)	EA-time (msec)
I (甲状腺腫)	1	内頸動脈	遮断前	265	201	183	18
			遮断時	241	305	176	129
			遮断解除後	237	267	176	91
	2	内頸動脈	遮断前	266	266	186	80
			遮断時	290	263	173	90
			遮断解除後	273	246	183	63
	3	内頸動脈	遮断前	296	250	190	60
			遮断時	283	316	190	126
			遮断解除後	306	266	190	76
II (脳動脈瘤)	1	総頸動脈	遮断前	300	150	116	34
			遮断時	313	183	160	23
			遮断解除後	293	143	106	34
III (脳動脈瘤)	1	総頸動脈	遮断前	338	106	83	23
			遮断時	276	126	91	35
			遮断解除後	336	108	85	23

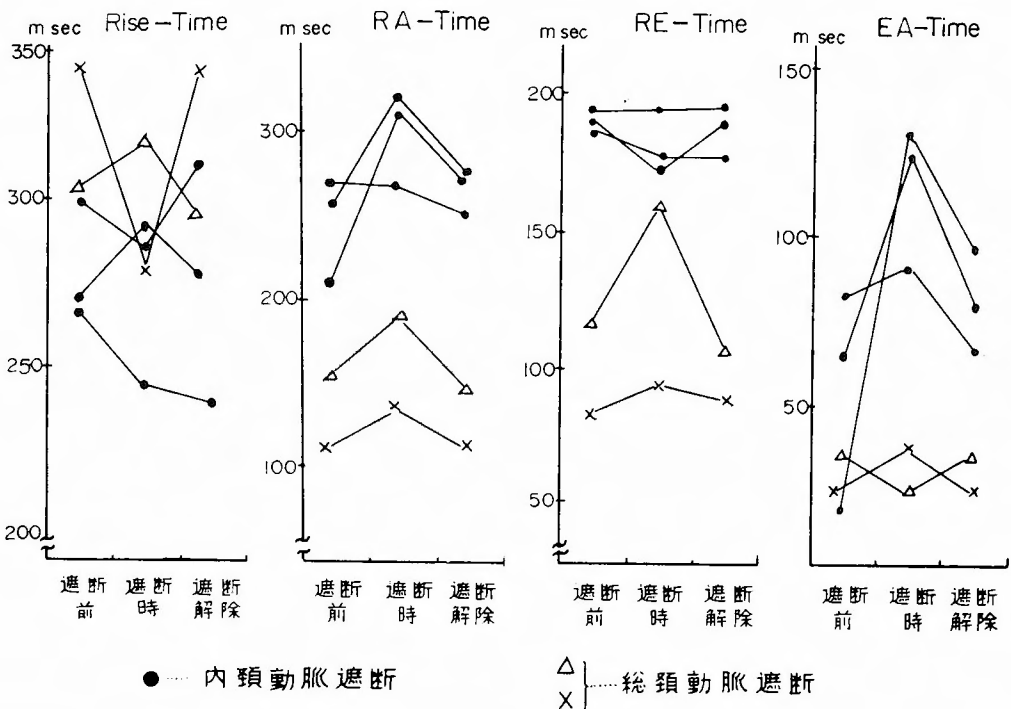


図16 頸動脈遮断実験におけるエコー曲線及び外頸動脈 rheogram の変動

1, 検査 No. 2 に於いて前回の内頸動脈遮断の影響が残っていたためか, 遮断前既に著明な延長を示し, 遮断後も遮断前値とほぼ同値を示した以外, 他は総ての遮断により RA-time の延長が認められた。一方, RE-, EA-time は, 内頸動脈遮断と総頸動脈遮断とで異なる pattern を示した。即ち, 内頸動脈遮断時には RE-time は遮断前値と同等乃至は軽度短縮を示し, EA-time は著しく延長し, 先に述べた症例1, 検査No. 2 に於いても明らかな延長が認められた。図17は症例1, 検査No. 1 の内頸動脈遮断前, 後の記録である。総頸動脈遮断時には, RE-time の延長が認められたが, EA-time は内頸動脈遮断時と異なり一定の変動は認められない。

斯様に頸動脈遮断時には, RA-time の延長が認められ, 内頸動脈を選択的に遮断した場合に EA-time の明らかな延長が認められたことは, 脳循環障害と RA-, EA-time の延長現象との密接な関連性を示唆するものと考えられた。このことは次の臨床例からもうかがわれる。即ち表6に左中大脳動脈閉塞例(表示症例26)の臨床経過とそのエコー曲線計測値の変動を示したが, これによつて分る如く, 患側 RA-, EA-time の著明な延長は臨床症状の改善とともに正常に復した。

(但し, 第三週目には一時健側 RA, EA-time は共に患側のそれらを凌駕するのが認められた)

表6 左中大脳動脈閉塞例の臨床経過とエコー曲線

探触子側	RA-time (msec)		EA-time (msec)		Rise-time (msec)		臨床経過
	右	左	右	左	右	左	
入院時	212	388	98	272	212	415	意識障害(+) 右半身完全麻痺 脳血管造影所見: 左中大脳動脈閉塞を認む
3週目	166	133	50	17	500	280	意識障害(±) 右半身不全麻痺(+) (入院2週目より星状神経節ブロック開始)
15週目	133	133	20	17	303	240	意識障害(-) 右半身不全麻痺(+) (歩行可能) 髄液圧: 90mmH ₂ O

6. 小括

正常例に於ける拍動性正中線エコー曲線計測値は, Rise-time 200 msec以上, RA-time 116~150 msec, RE-time 100~133 msec, EA-time 0~20 msecであった。

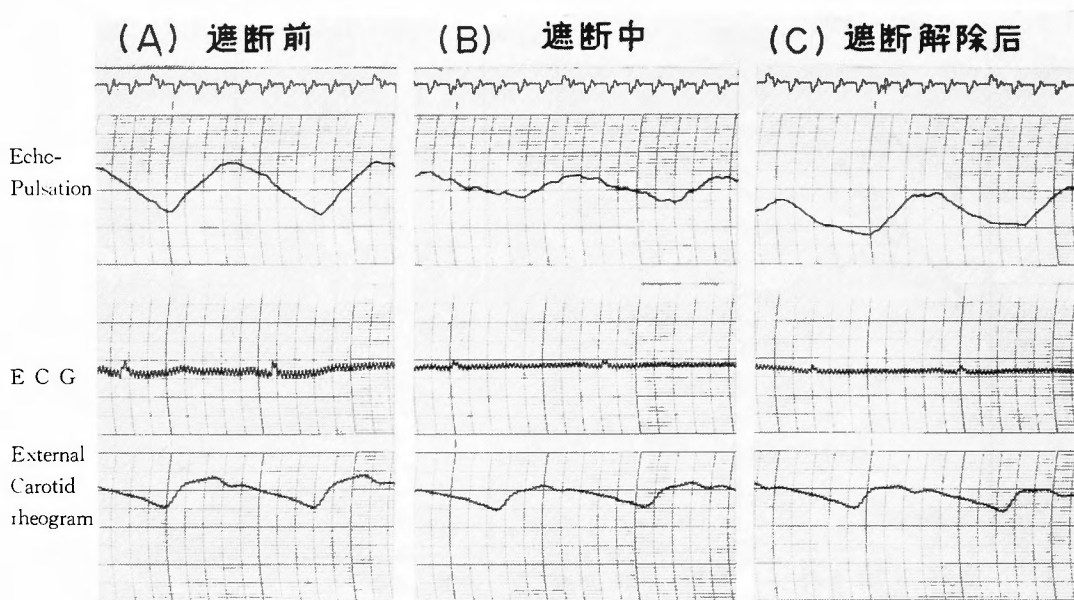


図17 内頸動脈遮断時の拍動性エコー曲線の記録

頭蓋内疾患例では一側又は両側性に Rise-time の短縮化 (200 msec以下), RA-time, EA-timeの延長 (RA-time 150 msec以上, EA-time 20 msec以上) のいずれか一つ或はそれ以上の組合せをもつて異常値を示した。特にEA-timeは正常例と頭蓋内疾患例との相異を明確に示した。一側大脳半球障害例に於いては一般に健側 Rise-time の短縮及び患側 RA-, EA-time の延長が認められたのが特徴的である。

頭蓋内圧亢進例に於いては、一側又は両側性にRise-time の短縮化が認められ、頭蓋内圧と Rise-time とには比較的逆相関係が認められた。RA-, EA-timeの延長現象と脳循環状態とは密接な関連性の存することが示唆され、頸動脈遮断実験により RA-time の延長を認めると共に、選択的内頸動脈遮断によつて特異的にEA-timeの著明な延長が認められた。然しこの遮断実験により Rise-time は一定の関連をもつた変動を示さなかつた。

第三節 頭痛症例に於ける拍動性正中線エコー曲線

1. 研究目的

教室の外來を訪れる外傷性又は非外傷性頭痛症例の内には、星状神経節遮断 (2% carbocain による) により頭痛の消失が得られ、臨床症状の改善される症例が認められる事実より、これらの頭痛と脳血管攣縮状態との関連性に就いて教室の坂田等²³⁾は報告してきた。

著者はこの観点より星状神経節遮断が有効な頭痛症例と、然らざる無効症例との拍動性正中線エコー曲線の比較検討を行なつた。

2. 症例

症例は外傷性頭痛症例19例 (頭部外傷後遺症11例, 外傷性頸部症候群8例) 及び非外傷性頭痛症例5例, 計24例を対象とした。

これ等症例のうち、表7に示した如く、星状神経節遮断により頭痛の消失せるもの13例 (以下有効例と称す)、頭痛の消失が得られなかつたもの11例 (以下無効例と称す) を選び両者の星状神経節遮断前の両側エコー曲線計測値を比較した。

3. エコー曲線計測値

星状神経節遮断有効例及び無効例の各エコー曲線計測値は表6に示した如くである。

Rise-time は全例を通じて、有効症例10に一側の短縮 (200 msec以下) が認められた以外は正常値を示した。RA-time は、有効例では133~220 msec にあり症例9が左右共正常値を示した以外は左右いずれかに延長 (150 msec以上) が認められた。無効例に於いては、116~166 msec で症例5の一側に延長 (150 msec以上) が認められた他は正常値を示した。RE-time に関しては、全例を通じ有効症例2に一側の短縮 (100 msec以下) が認められた他は正常値を示した。EA-time では、有効症例9が正常値を示した以外は、有効症例の

表 7 頭痛症例におけるエコー曲線計測値

		症例	年齢	性別	頭痛側	探触子側	Rise time (msec)	RA time (msec)	RE time (msec)	EA time (msec)
星状神経節遮断有効例	頭部外傷性	1	50	男	右	L R	— 412	— 220	— 124	— 96
		2	32	男	両	L R	316 250	133 145	83 83	50 52
		3	21	女	両	L R	275 216	141 150	108 100	33 50
		4	33	男	右	L R	506 266	150 170	133 116	17 54
		5	32	男	両	L R	243 226	166 173	116 120	50 53
	頸部外傷性	6	27	女	右	L R	266 283	166 133	100 108	66 25
		7	24	男	両	L R	350 220	176 176	116 116	60 60
		8	28	女	両	L R	273 283	200 200	133 116	67 84
		9	39	男	両	L R	250 250	133 133	116 133	16 0
		10	40	男	左	L R	173 206	163 173	126 133	34 40
	非外傷性	11	42	女	左	L R	300 336	283 200	116 100	167 100
		12	33	女	左	L R	218 218	150 188	133 116	17 72
		13	34	女	両	L R	266 216	166 150	100 108	60 42
星状神経節遮断無効例	頭部外傷性	1	28	女	両	L R	533 283	116 133	116 116	0 17
		2	63	男	両	L R	270 270	116 116	116 116	0 0
		3	53	女	両	L R	526 233	150 133	133 116	17 17
		4	47	男	両	L R	370 346	116 150	100 116	16 34
		5	55	男	両	L R	250 224	150 166	150 150	0 16
	頸部外傷性	6	39	男	両	L R	260 233	116 116	100 100	16 16
		7	19	男	左	L R	270 333	133 133	133 133	0 0
		8	42	男	両	L R	233 250	116 116	116 100	0 16
		9	45	男	左	L R	310 400	133 133	116 116	17 17
	非外傷性	10	54	女	右	L R	300 433	150 116	133 116	17 0
		11	35	男	両	L R	216 216	116 133	116 116	0 17

左右いずれかの側で20msec以上の延長が認められた。一方無効例に於いては、無効症例4の一侧に延長が認められた以外は正常値を示した。

図18は有効例及び無効例のRA-, EA-timeを比較したものである。RA-timeでは両者間に差異のないものが可成り多数認められたが、EA-timeでは両者間に割然とした差違が示された。斯様な有効例のエコー曲線patternを先に述べた脳循環障害例のそれと比較すると

き、この両者は極めて類似することに気付くのである。

頭痛側とエコー曲線との関係を見ると、有効症例中一侧のみの頭痛を訴えた6例では、頭痛側とRA-, EA-timeの延長側とが必ずしも合致していなかった。

4. 星状神経節遮断効果とエコー曲線の変動

頭痛消失を指標とした星状神経節遮断奏効例に於ける遮断前、後のRA-, EA-timeを継時的に追求した。

表8及び図19に奏効例中4例(表6の表示症例1, 2,

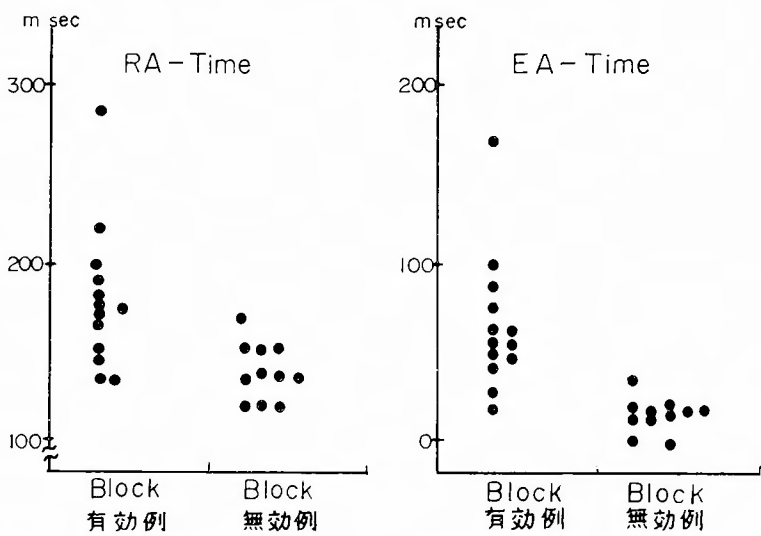


図18 頭痛例の RA-, EA-Time と星状神経節遮断効果
— 星状神経節遮断前値 —

表 8 星状神経節遮断が奏効した頭痛例における遮断によるエコー曲線の変動

症例	性	年齢 (才)	頭 痛 側	探触子	計測項目	遮 断 前 (msec)	遮 断 5 分後 (msec)	遮 断 10分後 (msec)	遮 断 15分後 (msec)	遮 断 20分後 (msec)	遮 断 30分後 (msec)
1	男	50	右 側 (頭 部 外傷性)	r→l	Rise-time	412	350	383		266	—
					RA-time	220	183	133		150	—
					RE-time	124	116	116	—	116	—
					EA-time	96	64	17		34	—
2	男	32	両 側 (頭 部 外傷性)	l→r	Rise-time	316	326	333	366	273	313
					RA-time	133	183	133	131	108	143
					RE-time	83	108	108	106	108	143
					EA-time	50	75	25	25	0	0
7	男	24	両 側 (頸 部 外傷性)	l→r	Rise-time	220	253	286	333	360	350
					RA-time	176	133	150	133	133	133
					RE-time	116	116	116	116	116	116
					EA-time	60	27	34	17	17	17
11	女	42	左 側 (非 傷 外 性)	l→r	Rise-time	300	333	250	250	593	—
					RA-time	283	200	150	133	150	—
					RE-time	116	116	116	116	116	—
					EA-time	167	84	34	17	34	—

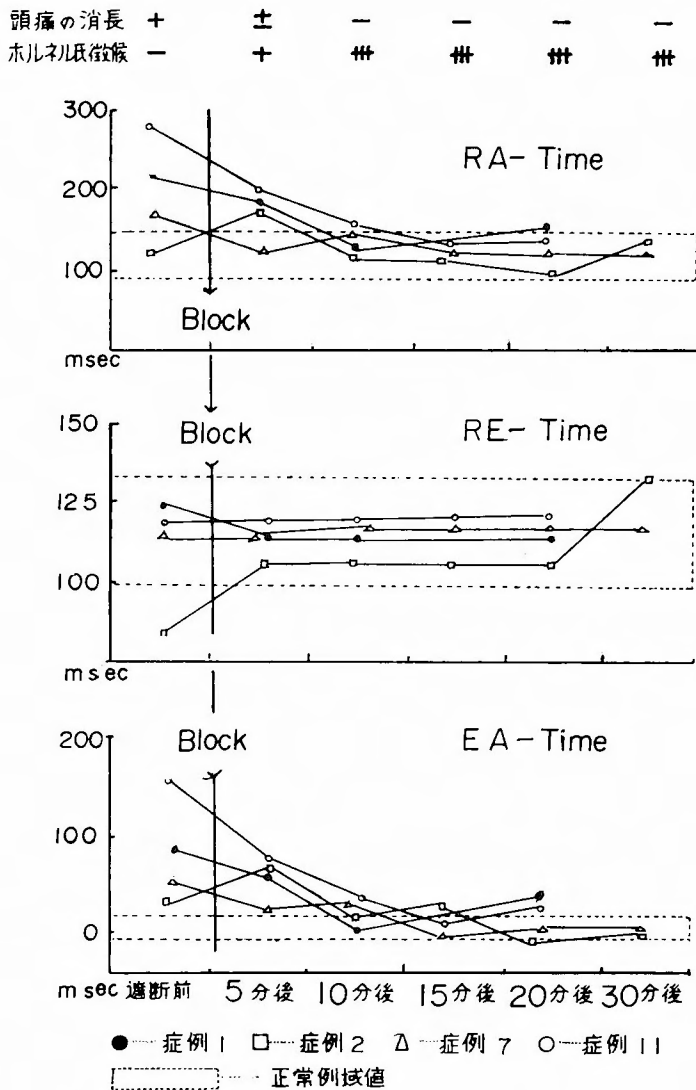


図19 頭痛の消失並びに星状神経節遮断効果とエコー曲線の変動

7, 11) に於ける遮断前、後のRA-, EA-timeの継時的変動と頭痛消失の有無及び星状神経節遮断効果 (Horner's sign) との関連を示した。遮断前に認められたRA-, EA-timeの延長は遮断後より漸次短縮し始め、10~20分後に正常値に近づき全例頭痛は消失し、臨床的にも遮断効果との平行関係が認められた。図20は症例2の遮断前、後のエコー曲線の継時的変動をとらえた記録である。

5. 小 括

外傷性及び非外傷性頭痛症例のうち、2% carbocainによる星状神経節遮断により頭痛の消失が得られる有

効例13例と、消失せざる無効例11例の拍動性正中線エコー曲線を比較し、2~3の例外を除き両者間に明らかな相異が認められた。

即ち、有効例では、RA-, EA-time特に後者の延長が認められ、無効例では正常値を示した。然し、Rise-timeは両者共に正常値を示した。有効例に於いては、星状神経節遮断前に延長せるRA-, EA-timeが遮断後は正常値に近づくとともに頭痛は消失し、臨床的にも遮断効果 (Horner's sign) と平行関係が認められた。

また有効例のかかるエコー曲線 pattern は脳循環障害例に認められるそれと極めて類似する結果が得られ

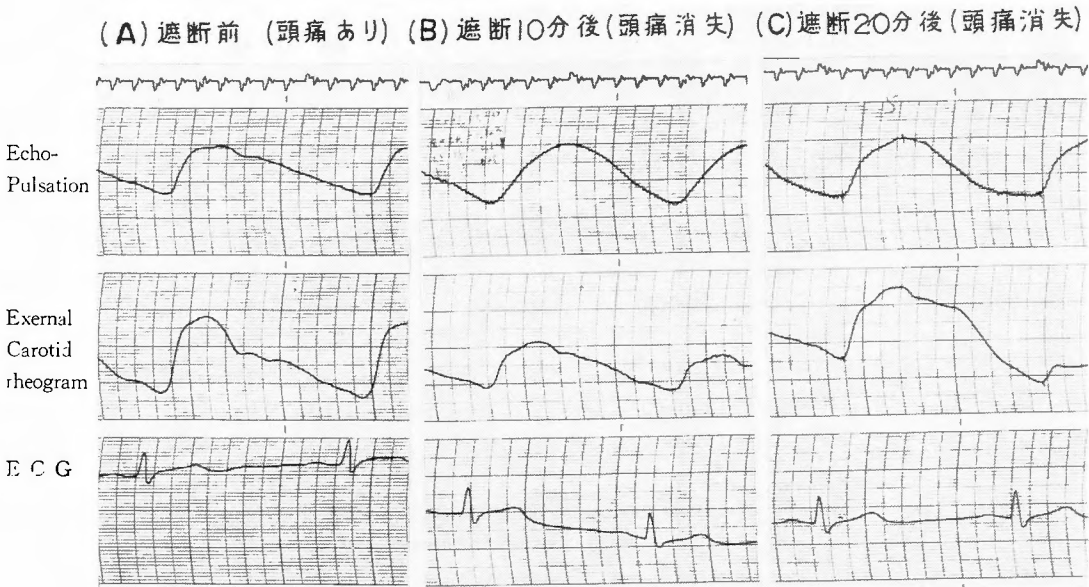


図20 星状神経節遮断前・後の頭痛とエコー曲線の継時的記録

た。

第五章 実験的研究結果

第一節 拍動性エコーの発生機序に関する実験

1. 実験方法

直径3 cm, 厚さ7 mmの円筒両端に薄いゴム膜を張り, 円筒壁の両対極に小孔を穿け, 夫々の小孔に内径1 mmの管を1本ずつ挿入して装着し, 第3脳室モデルを作成した。次いで脳室モデルのこの2本の管にビニールチューブを接続し, ヘパリン溶解生理食塩水を注入して管腔系内の空気を完全に排除した後, 両ビニールチューブ端をあらかじめ露出してある犬の頸動脈及び頸静脈にそれぞれ挿入し接続した。尚このモデルを固定枠を用いてゴム膜面を探触子と10cm離し, この面に垂直に超音波が入射し得るように対面せしめて, これを水槽内に設置した。

装置は先に述べたと同様に2.25 MC. A-scope方式超音波診断装置にエコー選別装置—gate装置—を接続し, 指示器上に投影される脳室モデル反射波音圧の変動を捕捉し, 同時に実験犬の四肢より心電図(第1誘導)をフィジオグラフにて描記した。

2. 実験結果

頸動静脈に夫々挿入されたビニールチューブを鉗子にて遮断しておき, 脳室モデル膜面を静的状態に保つと, 水槽内水圧との均衡によりモデル両膜面は外側に

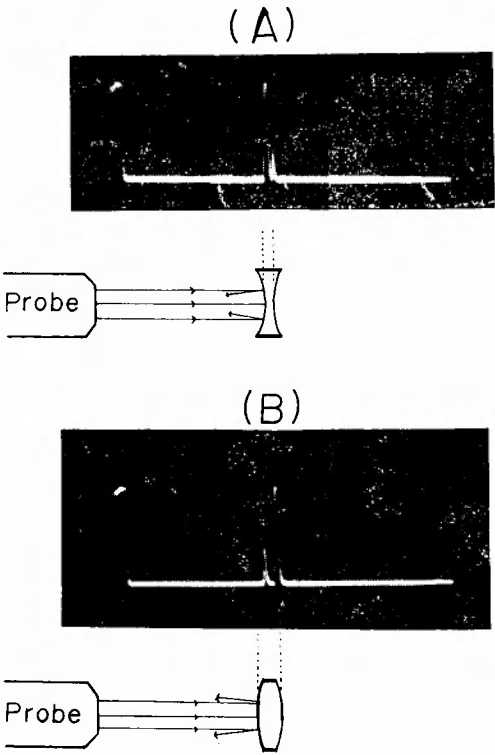


図21 脳室モデル膜面の変化と反射波振巾の変動

向い凹面をなす。この場合見られる二峰性ゴム膜エコーは図21(A)の如くで、探触子近位側ゴム膜（音反射面凹）エコーは、遠位側ゴム膜（音反射面凸）エコーに比べ反射波の振巾が大きい。

次いで、頸静脈側チューブを遮断したまま徐々に頸動脈チューブより動脈血を流入すると両ゴム膜面は外側に向い凸面をなす。この場合二峰性ゴム膜エコーは図22(B)の如く、探触子に対し近位側ゴム膜（音反射面凸）エコーが流入血の増すにつれその振巾を減じ、遠位側ゴム膜（音反射面凹）エコーは逆にその振巾が増大し、同時に両エコー間の距離も拡大する。

次いで、頸動、静脈チューブの遮断を総て解除すると、脳室モデルゴム膜は外側に凸状を呈するが、指示器上の二峰性エコーは心拍と同調性に交互に振巾の増

減を繰返す。この拍動を近位側エコー及び遠位側エコーとに選別し gate を設け、心電図と同時に記録を行なうと図22, 1, 2 の如く正・逆二種のタイプの拍動性エコー曲線が得られる。

以上の如く、脳室モデルゴム膜の拍動性変化を、第3脳室壁そのものの拍動性変化と同一視することは出来ないけれども、少なくとも脳室モデルより得られる反射波の振巾増減のメカニズムより、拍動性正中線エコーの発現機序として脳血流の増減により第3脳室壁の音反射曲面に周期的変化を与えて音圧の拡散、収斂を繰返すという単純な現象が基になることを示唆している。

第二節 実験的頭蓋内圧上昇及び脳循環障害時の頭蓋内・外 rheogram の変動

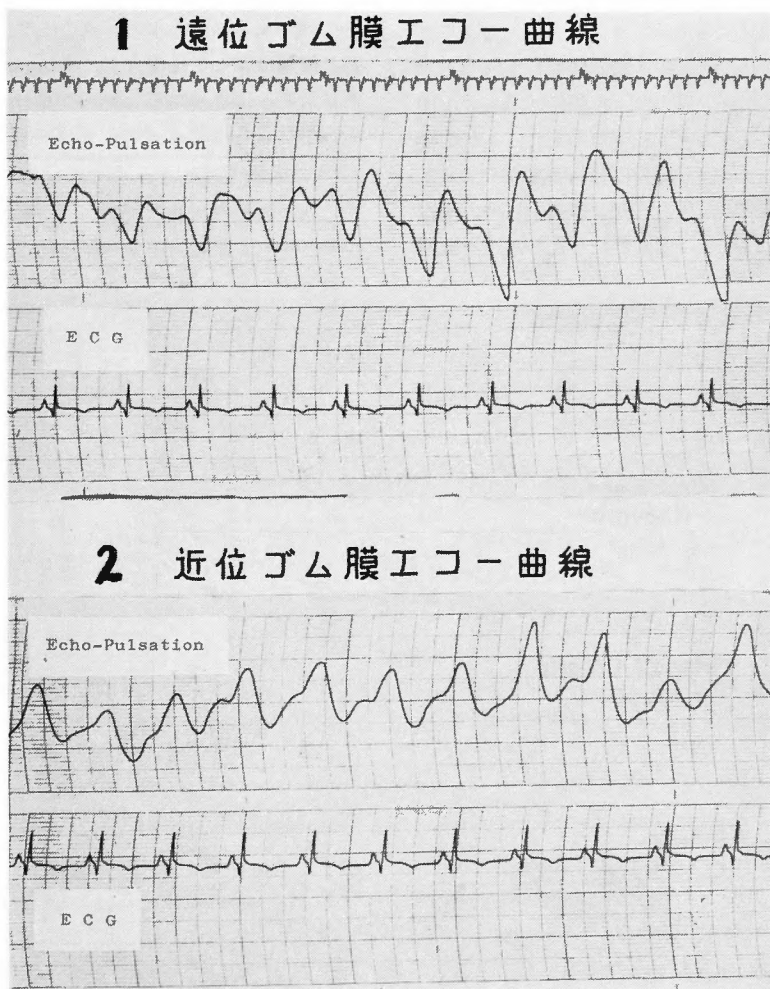


図22 脳室モデルより得られる正・逆タイプのエコー曲線

1. 実験目的

拍動性正中線エコー曲線の表わすところのものは、血液の脳への拍動的流出に伴う脳容積の変動によって生ずる反射音圧の変化であり、これは一種の脳脈波(cerebral pulse)と考えられる。さて前述の臨床例にて得られた検討結果に対して動物実験的な裏付けが望ましいのであるが、動物、例えば犬に於いて安定した正中線エコー曲線を記録することは技術的にみて相当困難である。そこで著者は脳拍動を正中線エコー曲線によつて記録する代りに、脳血流量の増減現象を脳内 rheogram (impedance 脈波) としてとらえ、頭蓋外 rheogram と同時記録を行ないながら頭蓋内圧上昇及び脳循環障害時の変化を犬を用いて観察し、臨床例で示された検討結果の裏づけを得んとした。

2. 実験方法

10~22kgの雑種成犬を用い、ネンプタル静麻下に次の如き手術操作を二群(各4頭)に対して行つた。

A. 実験的頭蓋内圧上昇犬群：小脳延髄槽内に生理食塩水を満したビニールチューブを刺入し、これを接着剤アロンアルファにより硬膜に接着固定した。ビニールチューブの他端は、圧力トランスデューサ、水柱計、加水圧装置に接続し、頭蓋内に一定の水圧を断続

的に加え得るように設置した。

B. 脳主幹動脈遮断犬群：両側椎骨動脈及び内頸動脈を露出し、それぞれ直ちに絹糸を以つて結紮遮断できるよう準備した。次いで両群共に広く頭蓋を露出し、一側冠状縫合を中心に矢状線側方にてその方向に2cm間隔に2個の小穿頭孔を設け、先端5mmを露出したエナメル絶縁電極を同孔より同側大腦半球内に2cm挿入して、dental resinにより電極を固定し穿頭孔を閉鎖した。また外頸動脈域 rheogram を捕捉するため、鼻背を中心に下眼瞼の高さで左右3cm間隔に電極針を皮下に刺入した。

上記各部電極を Doppelrheograph に接続し、同時に心電図及び小脳延髄槽より誘導した髄液液をフィジオグラフにて描記した。これ等各記録は図23に示した如くであるが、脳内 rheogram の計測は、第二章、第三節で述べたエコー曲線の計測法に準じておこなつた。尚、記録に際しては便宜上、rheogram の相をいずれも髄液波に一致させ総て positive phase として比較観察を容易ならしめた。

3. 実験結果

A. 頭蓋内圧上昇犬群

水圧を加え頭蓋内圧を上昇せしめると、表9の如き

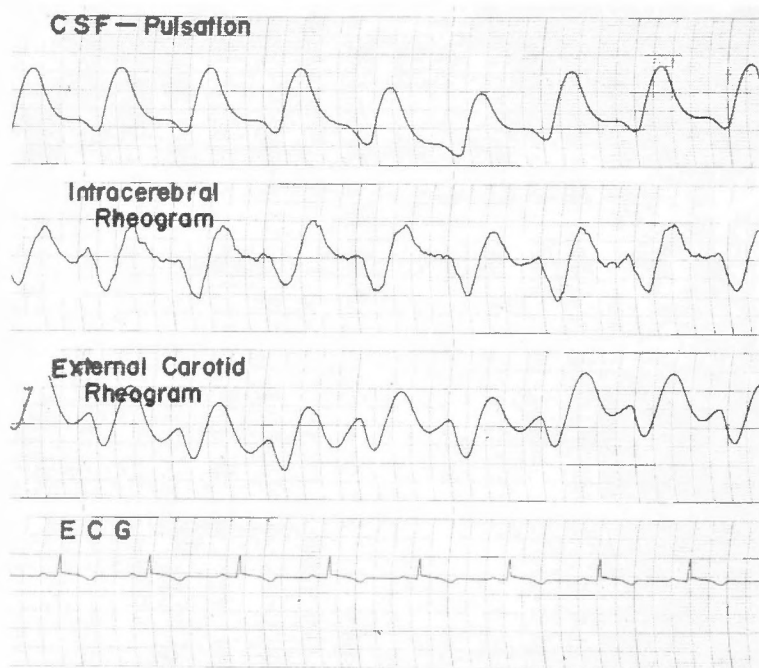


図23 正常犬に於ける脳内 rheogram その他の記録

脳内 impedance 脈波に関する各計測値に変化が認められた。

1) Rheogram-rise-time (以下 R-rise-time と称す) と頭蓋内圧との関係は、図24の如く大略 300~400 mm H₂O迄は R-rise-time の短縮化が認められたが、400~500 mmH₂O を境にそれ以上では一定の傾向は認められなくなった。

2) Rheogram-RA-time (以下 R-RA-time と称す) は、図24の如く 300~400 mmH₂O迄は著明な変化は認められなかったが、400~500 mmH₂O を境にそれ以上では延長化が認められた。

3) Rheogram-EA-time (以下 R-EA-time と称す) は、図24の如く実験犬Ⅲの他は頭蓋内圧の上昇と共に漸次延長する傾向が認められたが、500 mmH₂O 以上に至るとこの延長値は下降する傾向が認められた。

B. 脳主幹動脈遮断犬群

表9 頭蓋内圧亢進時の脳内 rheogram (Hydrostatic pressure による)

実験犬	髄液圧 (mmH ₂ O)	R-Rise-time (msec)	R-RA-time (msec)	R-RE-time (msec)	R-EA-time (msec)
(I) 10kg 犬	120	131	138	130	8
	250	125	130	111	19
	300	125	138	123	15
	400	125	138	123	15
	500	128	141	118	23
	600	118	140	100	40
	700	110	141	104	38
(II) 12kg 犬	110	125	130	126	4
	300	111	225	200	25
	400	105	215	205	20
	500	106	220	200	20
	600	125	213	195	18
(Ⅲ) 10kg 犬	110	108	106	105	1
	300	93	105	104	1
	400	93	105	104	1
	500	180	183	111	72
	800	151	173	111	62
(IV) 11kg 犬	90	166	100	91	9
	200	158	100	91	9
	300	150	108	91	17
	400	158	110	91	19
	500	156	116	91	25
	600	160	113	91	24

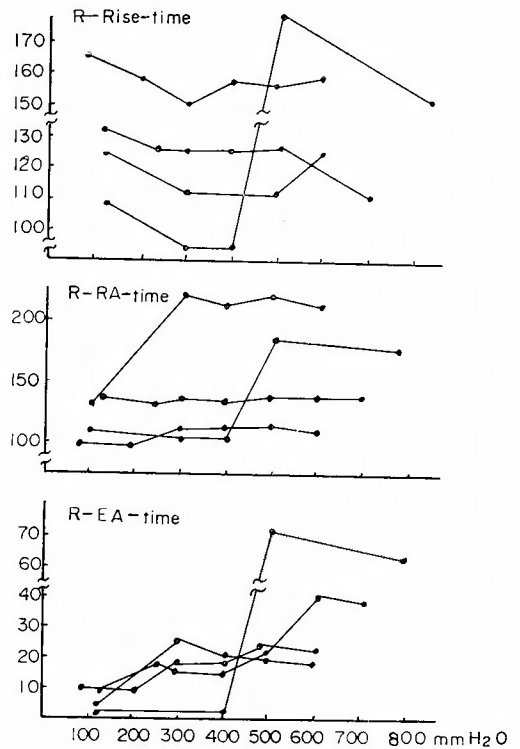


図24 頭蓋内圧と脳内 rheogram の時間的要素の変動

頭蓋内に入る脳主幹動脈の結紮遮断実験では、遮断前、遮断Ⅰ(脳内 rheogram 誘導側内頸、椎骨動脈遮断)、遮断Ⅱ(両内頸、椎骨動脈遮断)の段階的阻血による脳内 impedance 脈波の各計測値の変化は次の如くで、詳細は表10に示した。

1) R-rise-timeは各様の変化を示し、一定の傾向は認められなかった。

2) R-RA-time は阻血の程度が増すにつれ明らかな延長を示した。

3) R-EA-time は R-RA-time と同様な経過を示したが、特に R-EA-time の変化は殆ど直線的で極めて明確な反応を示した。

これ等の経過を図示したものが図25である。

4. 小 括

脳内 impedance 脈波(脳内 rheogram)は水圧による頭蓋内圧上昇に際して300~400 mmH₂O迄は圧上昇に伴い R-rise-time の短縮化を示し、R-RA-time はこの間はほぼ圧負荷前値と同等乃至は軽度延長を示したが、400~500 mmH₂O を境に R-rise-time には一定の傾向が認められなくなり、同時に R-RA-time は延長化

表10 実験的脳血流障害時の脳内 rheogram

実験犬	操 作	R-Rise-time (msec)	R-RA-time (msec)	R-RE-time (msec)	R-EA-time (msec)
(I) 15kg 犬	遮断前	78	136	125	10
	遮断 I	70	138	107	31
	遮断 II	62	143	88	55
(II) 22kg 犬	遮断前	118	120	101	19
	遮断 I	110	118	91	27
	遮断 II	128	125	73	52
(III) 10kg 犬	遮断前	138	93	85	8
	遮断 I	143	165	140	25
	遮断 II	176	171	141	30
(IV) 16kg 犬	遮断前	71	158	23	23
	遮断 I	68	146	91	55
	遮断 II	80	136	88	18

遮断 I……1 側内頸動脈及び同側椎骨動脈遮断
遮断 II……両側内頸動脈及び両側椎骨動脈遮断

を示した。一方 R-EA-time は 500mmH₂O 迄は圧の上昇と共に延長を示したが、500mmH₂O 以上ではこの延長値は少々下降を示した。

脳主幹動脈遮断時の 脳内 impedance 脈波では R-rise-time に一定の傾向は認められなかったが、R-RA-, R-EA-time は阻血の程度が増大するに従い著

明な延長化が認められ、特にこれは R-EA-time において特徴的であった。

第 6 章 総括並びに考察

緒論にて述べた如く、脳神経外科領域に於ける超音波診断法の一つとして最近注目されつつある pulsatile echoencephalography に関しては、未だ研究の歴史も浅く、未解決な問題が多い。即ち、拍動性エコーよりはたして頭蓋内の如何なる information が得られ、それが臨床診断学的に如何なる価値を有するものであるか等の第一歩の検討すら殆んど実を結んでいない現状である。

一般に、A-scope 方式頭蓋内超音波診断に於て、正中線エコーが心拍と同調性に拍動することは広く知られているが、正中線エコーの反射源に関しては従来松果体⁽²¹⁾⁽²⁶⁾、透明中隔⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾、第 3 脳室⁽²⁾⁽¹²⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾、大脳半球裂⁽¹²⁾⁽²⁶⁾及び大脳鎌⁽⁴⁶⁾等が想定されてきた。これ等はいずれも所謂正中線エコーを発現せしめ得るものであるが、今日、超音波入射部位を側頭部耳介直上に定め、矢状方向に直角に入射して得られる正中線エコーは第 3 脳室に由来することが広く承認されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾。

de Vlieger and Ridder⁽¹²⁾ (1959) 及び堤、佐野等⁽¹⁷⁾ (1963)は、拍動性正中線エコーの発生機序に関して検討し、周期的な反射音圧の変化は脳容積の膨縮に伴う

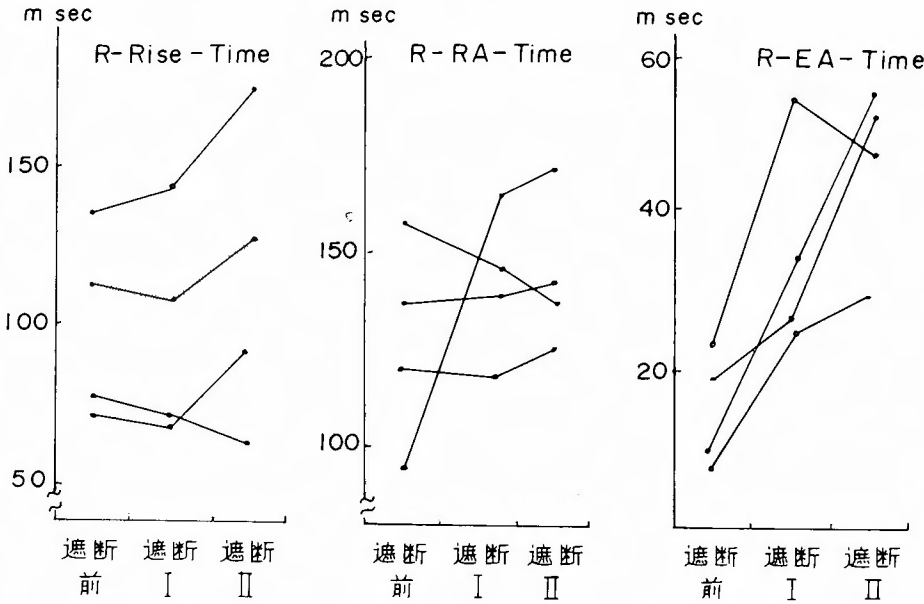


図25 実験的脳血流障害における脳内 rheogram の時間的要素の変動

第3脳室壁音反射面の曲面変化に由来するであろうことを報告している。しかしまた、かかる矢状面に垂直方向の拍動性変化に加え、同時に第3脳室壁が水平方向に拍動性移動を生じることも知られているのであつて⁹⁾¹⁴⁾²¹⁾、結局拍動性正中線エコーは直接間接周期的な脳容積の変動に起因するという考え方に一致しているようである。著者はモデル実験に於てかかる現象を再現せしめこの事実を確認した。またこのモデル実験で心収縮期にエコー曲線の起ち上がりを生じ、一相のpeakを経て心拡張期に至り起ち上がり点へ復帰する過程は、血流増減に伴う変化であり、エコー曲線が一種の脳脈波として捕捉されることが示されたので、ヒトの拍動性正中線エコー曲線も全く同一のメカニズムによる現象に由来するものと理解される。

さて斯様な脳拍動の一表現とも考えられるエコー曲線の観察目標としては、1) 曲線の時間的要素、2) 曲線の振巾の二点が挙げられる。第一の曲線の時間的要素に就いては、拍動性正中線エコー曲線は同時記録を行なつた髄液波と波形及びその時間関係にほぼ一致が認められ、正中線エコー曲線は動脈性脳拍動を比較的忠実に捕捉し得るものなることを推知することが出来た。元来、脳拍動の動態生理に関しては、未だに議論のあるところであり^{30)~33)}、また、拍動性正中線エコー曲線が脳拍動そのものを表現し得るとの速断は許されないが、著者の実験結果からはエコー曲線の Rise-timeは動脈血の脳内流入開始より脳容積が最大となる迄に要する時間であり、RA-timeは心収縮から拍出された動脈血が脳拍動を惹起しはじめるに至る時間と解釈してよからうと思われる。

第2のエコー曲線の振巾に関しては、脳拍動との前述関連から当然呼吸⁹⁾、頸動・静脈圧¹⁷⁾¹⁴⁾、腹圧等により変化を受けることが考えられ、事実著者はこれを臨床実験的に確認したが、佐野、堤等¹⁷⁾は頸動脈圧迫によりエコー曲線の振巾に減少を認め、この振巾の変化から脳循環動態を推定し得る可能性を述べている。しかし著者の結果では、頸動脈遮断により確かにエコー曲線の振巾に減少を認めたが、これは極めて再現性に乏しく不安定であり、一定の変化として捕捉し難いものと思われる。その原因としては、観測毎に音波のbeamにshiftを生じ音反射面の位置、広さなどが変化すること、その他種々の因子が関与すると考えられ、探触子の固定法²¹⁾その他につき今後検討を必要と考えるが、今日の技術的段階に於ては、エコー曲線の振巾を観察することは信頼性に乏しく、仮令或る程

度捕捉し得ても Calibrationが不能なため継時的観察には不適當である。

これに対し、第一のエコー曲線の時間的要素の変化を観察することは、その振巾の如何に関わらず、脳容積の縮小、増大の過程をかなり適確に表現し得るものであり、また比較的安定性を有することが分り、最も観察に適した手段と考えられる。著者はかかる観点より拍動性正中線エコー曲線の時間的要素の変動に就いて臨床例を用いて検討したのである。

臨床例に於ける拍動性正中線エコー曲線の patternに就いて言えば、先ず頭蓋内圧亢進例に Rise-timeの短縮化の見られることが特徴的であつた。この現象は頭蓋内圧亢進に伴う脳拍動の dumping capacityの減少に由来するものと解される¹³⁾³⁴⁾。即ち頭蓋内圧を上昇せしめると Rise-timeが短縮し、逆に頭蓋内圧亢進に伴う水頭症症例で認められた如く、既に短縮した Rise-timeが頭蓋内圧を減圧するにつれ延長するという臨床実験に於て見られた如き過程は、頭蓋内の dumping effectに由来する単純な現象であろうことを示唆している。

これを臨床例の病態より考察すると、両側大脳半球が組織学的に差違なく、又同じく高頭蓋内圧環境下にあると考えられる水頭症、小脳腫瘍、頸部脊髄腫瘍(完全閉塞型)等の症例に於ては、両側の Rise-timeに短縮が認められ、両側の大脳半球が同じ様に dumping capacityの減少を生じていることを示している。これに対し、同じく頭蓋内圧上昇下でも一側大脳半球占拠障害例に於ては通常 Rise-timeの短縮化は健側に認められ、組織学的に変化を有するか或は大脳円蓋部を占拠圧迫する血腫等が存在する患側では、RA-、EA-timeの延長は著明であるが Rise-timeの短縮は認められない。斯様な健、患側エコー曲線の相異は両側大脳半球の拍動が時間的にズレを生じていることを示すものと思われ、これは両側脳組織弾性の相異に由来するのではないかと推察される。しかし、病変の組織学的性状や病変部の解剖学的位置が Rise-timeにどの様に影響するかは不明であつて、今後多数例についての検討を待たねばならぬと考える。

頭蓋内圧亢進時に Rise-timeが短縮化する事実に就いては既に Jeppsson¹³⁾、ter Braak and de Vlieger¹⁴⁾等の報告があるが、一側大脳半球障害例に於ける健・患側の Rise-timeの相異に就いては触れておらず、彼等の述べる Rise-timeの短縮化がいずれの側で認められたものか記載がない。しかし Jeppsson¹³⁾は頭蓋内圧亢

進を伴う脳腫瘍例の短縮した Rise-time が腫瘍剔除術後には延長すると述べ、また ter Braak and de Vlieger¹⁴⁾は Rise-time の短縮値から頭蓋内圧を定量的に推定し得ると述べている。著者の場合、統計的意味付けをおこなうに十分な症例数には至らなかったが、Jopps-son¹³⁾、ter Braak and de Vlieger¹⁴⁾の報告に一致する結果が得られたから、本法の臨床応用への可能性を認めてよいと考える。

エコー曲線の RA-, EA-time については、これらは脳循環動態を反映するものと推定される。即ち、頸動脈遮断時、就中内頸動脈遮断により RA-, EA-time の著明な延長が認められ、また、臨床例では脳血管障害例の RA-, EA-time は特徴的に延長し、しかも健側に比べ患側 RA-, EA-time に明らかな延長が認められ、特に一側中大脳動脈閉塞例の患側 RA-, EA-time の延長は印象的であつた。

斯様な臨床的検討結果に関連した文献として、Youmaus³⁵⁾は、一側頸動脈遮断直後の同側内頸動脈血流は遮断前の 8~30% に低下し、脈圧は約 1/3 に減少すると述べている。また最近の radioactive clearance 法による脳循環動態に関する研究によると、一側大脳半球の脳血管障害例に於ては、健側に比べ患側の脳血流量の著明な減少が認められており³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾、特に中大脳動脈閉塞例に著しいことが知られている³⁶⁾³⁸⁾³⁹⁾。したがつて著者の臨床例及び頸動脈遮断実験に於て、エコー曲線の RA-, EA-time の延長が脳血流量の減少に由来するとした推定は妥当なものと考える。

この脳循環動態を反映すると考えられる RA-, EA-time の延長現象は頭蓋内圧亢進例に於ても認められた所見であるが、頭蓋内圧が或る程度以上に上昇すると脳血流量の減少及び脳循環時間の遅延が知られている^{40)~44)}。Ferris⁴⁵⁾、工藤等⁴⁶⁾は 350mmH₂O、Kety⁴⁷⁾は 450mmH₂O を臨界値として、それ以上の圧上昇に伴い脳血流量の減少を来すと報告した。しかし Greenfield 等⁴⁸⁾は original pressure の 1.8 倍の髄液圧上昇時に明らかな脳血流量の減少が認められたと述べている。著者の場合殆ど頭蓋内圧亢進例に RA-time 或は EA-time の延長が認められているが、これは脳循環障害例の RA-, EA-time の延長現象と同様、頭蓋内圧上昇に伴う脳血流量の減少を反映しているものと考えられる。しかし、一側大脳半球占拠障害例で見られた患側 RA-, EA-time の延長は上記頭蓋内圧因子の他に脳の組織学的変化に由来する脳循環動態の変化が主因をなしているように思われた。

以上の検討より一応 Rise-time は頭蓋内圧を、RA-, EA-time は脳循環動態を表現するものであらうと考えられる。次に、特に興味ある RE-time 及び EA-time に就いて触れようと思う。従来頭皮上より誘導する rheogram の意義に関しては、頭蓋内脈波を示すとする意見もあつたが⁴⁹⁾、教室の坂田等⁵⁰⁾はこれが頭蓋内血流状態とは殆ど関係なく頭蓋外脈波を表現するものであることを立証した。著者はこの観点より両側前額部より誘導せる rheogram を外頸動脈波として捕捉し、頭蓋内で動脈性に拍動するエコー曲線と対比せしめることは、心臓よりの距離がほぼ等しいと考えられる頭蓋内、外両部の循環動態を比較する上に有意義であらうと考えた。即ち RA-time が頭蓋内の因子により直接影響を受ける可能性を有するのに対し、RE-time は頭蓋内の種々の影響を直接受けることが少ないと考えられるからである。事実、正常人に於ては両者は殆んど一致し、また頭蓋内疾患例に於ては RA-time の延長が認められても RE-time は殆んど正常値を示した。また RA-, RE-time の時間差である EA-time は RA-time に比べ頭蓋内異常を更に適確に表わし、特に脳循環状態を表現するには、より客観性を有していることは、先に述べた RA-, RE-time の生理学的意義からして自明の理と考えられる。斯様にエコー曲線の RA-, EA-time に注目すれば、これは脳循環動態を測知する上にかなり有効な手段と思われる。そこでこの計測法を応用して、今日迄脳循環動態を簡便かつ継続的に測定する適確な方法が乏しかつたために充分明らかなでなかつた頭痛と脳循環との関係を調べた。その結果先ず著者の頭痛例(外傷後頭痛及び非外傷性頭痛例を含む)中、RA-, EA-time の延長が認められた症例は、2% carbocain による星状神経節遮断が有効であつた。RA-, EA-time の延長が脳循環障害を反映していることを考慮に入れると、これ等星状神経節遮断が有効な頭痛例には、恐らくは交感神経刺激状態に基因する脳血管攣縮が存在し、脳循環動態に異常(脳血流不全)を生じていたものと推察された。

元来頭痛の発現機構⁵¹⁾⁵²⁾は複雑多岐に亘るため一定の診断を下すことは極めて困難であり、特に外傷後頭痛に対する種々の議論が絶えない理由となつている⁵³⁾。しかし此等の中に、古く Barré 等にはじまつて、頸部交感神経刺激による血管攣縮に起因する頭痛の存在を認めるものが甚だ多く、これ等に対して星状神経節遮断、血管拡張剤投与などを行なつて一応或る程度の治療効果を挙げていることは事実であるが^{51)~54)}、

果してこの交感神経刺激状態がどの部分にあつて、血管攣縮が何処に起こるのか、血管攣縮そのものによる求心衝撃が頭痛の原因なのか、攣縮に伴う脳血行障害も頭痛発現に関与しているのか、また星状神経節遮断、血管拡張剤などの奏効機序などに就いても従来殆んど不明であつたと言える。所謂外傷性頸性頭痛に関しては、攣縮は一応主として椎骨脳底動脈系に発現する如く推定されているか、一般に頭部外傷後の脳動脈攣縮についてはあまりよく知られていない。しかし外傷後に脳動脈攣縮と脳循環時間遅延を来した症例の報告が若干あり^{59)~61)}、Taylor and Bell⁶¹⁾も振盪型頭部外傷後の頭痛、耳鳴を主訴とする症例では正常例に比べ15%以上の脳循環時間の遅延が認められるとし、これは arteriolar level の vasomotor tone の増強に由来するであろうと述べている。また山岡⁵³⁾は頭部外傷後頭痛例に対し脳循環動態を反映する超音波減衰測定法を用い、交感神経刺激による脳血管攣縮型頭痛の存在を示し、この様な頭痛例では脳血管拡張剤 (cyclandelate) が有効なことを述べている。

従来、脳動脈系における神経支配の証明は乏しいものであつたが、近年頸部交感神経節刺激により同側内頸動脈が収縮することが立証されている⁶²⁾⁶³⁾。しかし星状神経節遮断による脳循環に及ぼす効果に関しては、未だ議論の存するところであるが^{40)64)~67)}、Leriche⁶⁸⁾は交感神経系の病的刺激状態のある時のみ有効であると述べ、更に Shenkin⁶⁹⁾及び近藤等⁶⁷⁾は星状神経節遮断により脳血流の増大が認められたと報告している。

以上要するに著者の研究からは、頭痛症例の中には RA-、EA-time の延長即ち脳血行障害の存在が推量される症例があつて、これに星状神経節遮断を行なえば頭痛が消失すると共に RA-、EA-time も短縮して正常に復する事実を確認し得たのであるが、これによつて頭痛の原因を脳血行障害なりとも、また血管攣縮自体なりとも断定は出来ない。況してや前述の如き諸問題の解明も不可能である。ただししかし機能的脳血行障害に対する星状神経節遮断の有効無効の論争に、これを有効とする従来からの臨床経験や検査結果を肯定する一拠を与えるものと信ずる。更にまた重要なことは本法の操作は簡単にして無害であるから、その応用は数多い頭痛患者の治療適応決定上にも甚だ有益な方法と考える。

さて、拍動性正中線エコー曲線は脳血流の拍動性増減によつて生ずる脳容積の変動を捕捉し、一種の脳脈

波と考えられるものであるが、脳内 rheogram もその別の表現に外ならないと考えられているところから、犬における実験的頭蓋内圧上昇及び脳循環障害時の脳内 rheogram を、臨床的に一連の頭蓋内疾患例で示されたエコー曲線の基本的な pattern と比較観察した。その結果実験的脳循環障害時の脳内 rheogram の態度は、脳循環障害症例及び頸動脈遮断実験で得られたエコー曲線の pattern とほぼ一致する結果が得られた。即ち前者の RA- EA-time 特に EA-time は明らかに延長を示し、これは後者でも見られた所見である。また脳内 rheogram の Rise-time に関しても臨床例と同様に、一定の傾向は認められなかつた。

一方、実験的頭蓋内圧上昇による脳内 rheogram は、頭蓋内圧が300~400mmH₂O迄は臨床的頭蓋内圧亢進時のエコー曲線 pattern と相似する結果が認められたが、400~500mmH₂O以上に上昇せしめると脳内 rheogram の態度は一変した。この結果に関連して吉野、相沢等⁴⁰⁾は、犬を用いて頭蓋内圧と脳循環との関係を検討し、頭蓋内圧の300~400mmH₂Oを臨界値として、それ以上では脳血流は減少すると述べている。著者の結果では、頭蓋内圧の400~500 mmH₂Oを境にそれ以上では rheogram の RA-time は延長を示す一方、既に圧の上昇と共に延長を示して来た rheogram の EA-time は稍々下降値を示し、更に圧の上昇と共に短縮を示して来た Rise-time も一定の傾向が認められなくなつた。従つてエコー曲線の変動のうち Rise-time の短縮化は、一定範囲の頭蓋内圧では、単に内圧による脳拍動の dumping capacity の変化により規定されるが、その範囲を越えると内圧による脳循環の変動が個別に影響を与え、必ずしも頭蓋内圧の上昇に伴い Rise-time の短縮化を示さない場合もあり得る事を示唆している。

以上著者は拍動性正中線エコー曲線の種々の pattern に就いて、臨床的、実験的検討を行ない、独自の試案による臨床応用への可能性を述べてきたが、本法の応用に関しては現在未だ開発途上にあるため悲観的な意見もないわけではない⁶⁹⁾。しかし、Pulsatile Echoencephalography の最大の利点は頭蓋内の機能的情報を頭蓋外より全く無害に捕捉し得る点にあり、これが可能となれば臨床に裨益するところ甚だ大なることは明らかであり、このためには今後更に多数の症例について種々の角度から検討を加えると共に、一方では超音波装置に関連した種々の技術的改良の発展が望まれる次第である。

第7章 結 語

超音波特性を利用した拍動性正中線エコーの連続記録法 (pulsatile echoencephalography) により得られる曲線の基礎的吟味を行うと共に、この曲線と頭蓋内圧及び脳循環の変動との関係を臨床及び動物実験的に検討した。結果を要約すると、

1) 拍動性正中線エコー曲線には正逆二種のタイプがあり、髄液波との対比からこの曲線は動脈性脳拍動に由来すること、モデル実験から脳容積の拍動性膨縮による第3脳室壁の曲面変化に由来することが推察された。

2) 頭蓋内圧上昇を示す臨床例では曲線の Rise-time が短縮する。但しこのうち一側大脳半球占拠障害のある場合は健側のみ短縮して患側では短縮しない。

3) 脳循環障害症例では患側 RA-time 及び特に EA-time が延長する。

4) 曲線の Rise-time, RA-time, EA-time の計測は夫々2)及び3)の意味で臨床診断に有望である。

5) 頭痛症例中星状神経節遮断によつて頭痛の消失するものでは RA-, EA-time の延長が認められ、これは遮断によつて正常まで短縮する。したがつてこれを頭痛治療の適応決定に利用し得る。

6) 動物実験より頭蓋内圧上昇による Rise-time の短縮も、圧が400~500mmH₂O以上になると圧上昇による脳循環変化の影響が加わるため種々変化することが示唆された。

稿を終るに臨み、御指導と御校閲を賜りました恩師竹友隆雄教授、坂田一記助教授に深甚なる感謝の意を表します。

本論文の要旨は第27回日本脳神経外科学会及び第4, 5回中部外科学会において発表した。

文 献

- 1) 日本超音波医学会編：超音波医学。東京、医学書院、1966。
- 2) 田中憲二：脳の超音波診断、東京、診断と治療社、1968。
- 3) Uematsu, S. and Walker, A. E. : Ultrasonic determination of the size of cerebral ventricular system. *J. Neurology*, 17 : 81, 1967.
- 4) Pia, H. W. and Geletneky, C. L. : Echoencephalographie. Stuttgart. Georg Thieme Verlag, 1968.
- 5) Maroon, J. C., Pieroni, D. W. and Campbell, R. L. : Ophthalmoscopy. an ultrasonic method for assessing carotid blood flow. *J. Neurosurg.*, 30 : 238, 1969.
- 6) Freund, H. T., Kapp, H. and Kendel, K. : Recording arterial pulse curve with ultrasound experimental investigation and diagnostic possibilities. *Proceedings in Echo-Encephalography*. 192, Berlin, Springer-Verlag, 1968.
- 7) 江原 也, 渡辺 博, 雪下国雄, 石川 茂, 内田六郎, 山崎良雄：頭蓋内諸現象に於ける定量的観察への試み (第二報)。日本超音波医学会講演文集：91, 1967。
- 8) 永井 肇, 嘉陽宗吉, 杉浦満男, 前田 敏, 星川 信：超音波減衰と脳循環動態及び頭蓋内圧との関係—Polygraph による検討— (第一報)。日本超音波医学会講演文集：93, 1967。
- 9) Avant, W. S., Jr. : Pulsatile Echoencephalography, a review and the importance of the respiratory factor. *Neurology*, 16 : 1033, 1966.
- 10) Leksell, L. : Echo-Encephalography. 1. Detection of intracranial complications following head injury. *Acta. Chir. Scand.*, 110 : 301, 1955/56.
- 11) 菊池喜充, 田中憲二, 内田六郎：超音波による頭蓋内解剖学的異常検出について (第一報)。日本音響学会誌 8 : 111, 1952。
- 12) de Vlieger, M. and Ridder, H. Jr. : Use of Echoencephalography. *Neurology*, 9 : 216, 1959.
- 13) Jeppsson, S. : Echoencephalography V. a method for recording the intracranial pressure with the aid of the echoencephalographic technique. A preliminary report. *Acta. Chir. Scand.*, 128 : 218, 1964.
- 14) ter Braak, J. W. G. and de Vlieger, M. : Cerebral pulsation in Echo-Encephalography. *Acta. Neurochir.*, 12 : 678, 1965.
- 15) Dreese, M. J., Hayes, G. J. and Kempe, L. G. : The Value of A-Mode Echo EG display. *Neurology*, 15 : 276, 1965.
- 16) Wallence, W. K., Avant, W. S. Jr., McKinney, W. M. and Thurstone, F. L. : Ultrasonic technique for measuring intracranial pulsation. Research and clinical. *Neurology*, 15 : 277, 1965.
- 17) 堤 裕, 佐野圭司, 桑原武夫, アン・チョウ, 片沼光夫：Ultrasonic plethysmoencephalography の試みについて。日本超音波医学会講演文集：63, 1963。
- 18) 光野孝雄, 広本秀治, 白方誠男, 高雄清人, 内橋裕：第三脳室搏動性エコー曲線。日本医事新報 2311 13, 1968。
- 19) 板原克哉, 佐藤 元, 高橋郁朗, 入野田侑宏：頭蓋内搏動エコーに関する研究。日本超音波医学会講演文集：87, 1968。
- 20) 榎木良友, 坂田一記, 竹友隆雄：Pulsatile echoencephalography の基礎的実験。脳と神経 21 : 100, 1969。
- 21) Wallence, W. K., Avant, W. S., Jr., McKinney, W. M. and Thurstone, F. L. : Ultrasonic technique for measuring intracranial pulsation. Research and clinical. *Neurology*, 16 :

- 380, 1966.
- 22) アン・チョウ, 佐野圭司, 桑原武夫, 堤 裕: Ultrasonic plethysmoencephalography (第二報), 臨床データーを主体として, 日本超音波医学会講演文集: 47, 1966.
 - 23) 坂田 記, 国枝篤郎, 田中千朗, 鈴木晴雄, 榎木良友, 三尾六蔵, 名和 正, 坂井 昇, 竹友隆雄: 外傷後頭痛に関する臨床的・実験的検討, 第69回日本外科学会総会にて発表.
 - 24) Leksell, L.: Echoencephalography. II. Midline Echo from the pineal body as an index of pineal displacement. Acta. Chir. Scandinav., **115**: 255, 1958.
 - 25) Gordon, D.: Echoencephalography. Ultrasonic rays in diagnostic radiology. Brit. Med., **J**, **1**: 1500, 1959.
 - 26) Lithander, B.: Origin of echoes in the echoencephalogram. J. Neurol. Neurosurg Psychiat., **24**: 22, 1961.
 - 27) 田中恵二, 伊藤和文, 石川 滋: 超音波による頭蓋内疾患の診断. 総合医学 **18**: 297, 1961.
 - 28) Brown, R. E.: Analysis of echoencephalograms. Neurology. **18**: 237, 1968.
 - 29) Kazuer, E., Kunze, S. and Schiefer, W.: Echoencephalography as an aid to the diagnosis of space-occupying lesions in the posterior fossa by measuring the size of third and lateral ventricles. J. Neurosurgery, **26**: 511, 1967.
 - 30) Bering, E. A. and Ingraham, F. D.: The arterial pulsation of the cerebrospinal fluid, its origin, configuration and possible clinical importance. Tr. Am. Neurol. A., **49**, 1953.
 - 31) Bering, E. A.: Choroid plexus arterial pulsation of cerebrospinal fluid pump. Arch. Neurol. Psychiat., **73**: 165, 1955.
 - 32) Hamit, H. F., Beall, A. C. Jr., and De Bakey, M. E.: Hemodynamic influence upon brain and cerebrospinal fluid pulsation and pressure. J. Trauma, **5**: 174, 1965.
 - 33) Grote, W.: Gehirnpulsationen und Liquordynamik. Acta. Neurochir. suppl., **12**: 1, 1964.
 - 34) Jeppsson, S.: A method for recordings the intracranial pressure with the aid of the echoencephalographic technique. Proceedings in Echo-encephalography. 186, Berlin, Springer-Verlag, 1968.
 - 35) Youmans, J. R., Kindt, G. W. and Mitchell, O. C.: Extended studies of direction of flow and pressure in the internal carotid artery following common carotid artery ligation. J. Neurosurg., **27**: 250, 1968.
 - 36) Fieschi, C., Agnoli, A., Battistini, N. and Bozzao, L.: Regional cerebral blood flow in patients with brain infarcts - A study with the Kr^{85} clearance-. Arch. Neurol., **15**: 653, 1966.
 - 37) Geraud J., Delpla, A. B., Marc-Vergnes, J-P., Guirand, B.: Measurement of regional cerebral blood flow by intra-carotid injection of Xenon¹³³ in cerebral vascular accidents. Acta. Neurol. Scand. suppl., **14**: 169, 1965.
 - 38) 戸田稲三: 脳血管障害の脳循環動態に関する研究 - ^{85}Kr clearance法による検討-. 脳と神経 **20**: 909, 1968.
 - 39) Ekberg, R., Cronqvist, S. and Ingvar, D. H.: Regional cerebral blood flow in cerebrovascular disease. Acta. Neurol. Scand. suppl., **14**: 164, 1965.
 - 40) 相沢豊三: 脳循環とその臨床. 東京, 中外医学社, 1966.
 - 41) Hedges, T. R. and Weinstein, T. D.: Cerebrovascular responses to increased intracranial pressure. J. Neurosurg., **21**: 292, 1964.
 - 42) Gotham, J. E., Girloy, J. and Meyer, J. S.: Studies of cerebral vascular disease and tumor in arm-retina circulation times. J. Neurosurg. & Psychiat., **25**: 292, 1962.
 - 43) 北野正躬, Oldendorf, W. H.: 脳・神経疾患における Brain transit time の変化 - アイソトープの利用による脳血流動態の測定-. 脳と神経 **19**: 765, 1967.
 - 44) Kuhn, R. A.: The speed of cerebral circulation. New Engl. J. Med., **267**: 689, 1962.
 - 45) Ferris, E. B. Jr.: Objective measurement of relative intracranial blood flow in man. Arch. Neurol. & Psychiat., **46**: 377, 1941.
 - 46) 工藤市雄: 脳腫瘍と脳循環. 日本外科学会雑誌 **57**: 1252, 1956.
 - 47) Kety, S. S., Shenkin, H. A. and Schmidt, C. F.: The effects of increased intracranial pressure on cerebral circulatory functions in man. J. Clin. Invest., **27**: 493, 1948.
 - 48) Greenfield, J. C. and Tindall, G. T.: Effect of acute increase in intracranial pressure on blood flow in the internal carotid artery of man. J. Clin. Invest., **44**: 1343, 1965.
 - 49) Jenkner, F. L.: Rheoencephalography Springfield, c.c Thomas, 1962.
 - 50) 坂田 記, 佐藤 収, 鈴木晴雄, 竹友隆雄: 頭部 Rheography の批判的検討. 脳と神経 **17**: 681, 1965.
 - 51) Wolff, H. G.: Headache and other head pain. New York, Oxford Univ. Press, 1963.
 - 52) Ad Hoc committee on classification of headache: classification of headache. J.A.M.A., **179**: 717, 1962.
 - 53) Jacobson, S. A.: The posttraumatic syndrome following head injury. (Mechanisms and treatment). Springfield, c.c. Thomas, 1963.
 - 54) Stewart, D. Y.: Current concept of the "Barré syndrome" or posterior cervical sympathetic syndrome. Clin. Orthop., **24**: 40, 1962.
 - 55) Barré, J. A.: Syndrome sympathique cervical postérieur et sa cause fréquente l'arthrite cervicale, Rev. Neurol., **33**: 1246, 1926, cited

- by Stewart, D. Y. Clin. Orthop., **24** : 40, 1962.
- 56) 近藤駿四郎, 青山一夫: 外傷性頸性頭痛症候群—とくにいわゆる whiplashinjury といわれているものを中心に—. 外科 **29** : 244, 1967.
- 57) 近藤駿四郎: 頸性頭痛症候群の病態生理学. 外科治療 **17** : 287, 1967.
- 58) 山岡郁雄: 頭部外傷後の頭痛に関する研究. 主として脳超音波減衰測定による. 脳と神経 **20** : 1259, 1968.
- 59) Columella, F., Delzanno, G. B., Gaiet, G. and Piazza, G. : Angiography in traumatic cerebral lacerations with special regard to some less common aspects. Acta Radiol. (diagnosis), **1** : 239, 1963.
- 60) Freidenfelt, H. and Sundström, R. : Local and general spasm in the internal carotid system following trauma. Acta Radiol. (diagnosis) **1** : 278, 1963.
- 61) Taylor, A. R. and Bell, T. K. : Slowing of cerebral circulation after concussion head injury. a controlled trial. Lancet, **11** : 178, 1966.
- 62) Mchedlishvili, G. I., Garbulinski, T. and Gook, A. Bull. Exper. Biol. Med. (USSR), **2** : 17, 1963. cited by Mchedlishvili, G. I. : Circulation, **30** : 597, 1964.
- 63) Mchedlishvili, G. I. : Vascular mechanisms pertaining to the intrinsic regulation of the cerebral circulation. Circulation. **30** : 597, 1964.
- 64) Harmel, M. H., Hafkenschiel, J. H., Austin, G. M., Crumpton, C. W. and Kety, S. S. : The effect of bilateral stellate ganglion block on the cerebral circulation in normotensive and hypertensive patients. J. Clin. Invest., **28** : 415, 1949.
- 65) Meyer, J. S., Yoshida, K. and Sakamoto, K. : Autonomic control of cerebral blood flow measured by electromagnetic flowmeters. Neurology, **17** : 638, 1967.
- 66) Shenkin, H. A., Cabieses, F. and Van den Noordt, G. The effect of bilateral stellectomy upon the cerebral circulation of man. J. Clin. Invest., **30** : 90, 1951.
- 67) 近藤駿四郎, 杉浦和朗, 大脇 潔, 矢部薫憲: 外傷性頸性頭痛症候群—星状神経節遮断法について—. 脳と神経 **21** : 580, 1969.
- 68) Leriche, R. : Treatment of embolism and thrombosis of the cerebral vessels. Brit. Med. J., **4752** : 231, 1952.
- 69) Planiol, T. and Pottier, J. M. Registration of cerebral echopulsations and comparison with rheoencephalographic oscillations. Proceedings in Echo-Encephalography, **189**, Berlin, Springer-Verlag, 1968.