胎児水頭症の出生前診断と治療の諸問題

大井 静雄・山田 洋司・佐々木浩治・松本 悟*

Diagnosis and Treatment of Fetal Hydrocephalus

Problems in Evaluation of the Hydrocephalic State and Selection for Intrauterine Shunt Procedure

Shizuo OI, Hiroshi YAMADA, Koji SASAKI and Satoshi MATSUMOTO*

*Department of Neurosurgery, National Kagawa Children's Hospital, Zentsuji, Kagawa; *Department of Neurosurgery, Kobe University, Kobe*

Abstract

Since the development of diagnostic procedures for fetal congenital anomalies, active trials of surgical approaches during fetal life have been carried out. However, evaluation of the fetal hydrocephalic state, apart from assessing the size of enlarged ventricles, is limited at present. Determining the surgical indication for shunt during fetal life is probably the most difficult problem in the management of fetal hydrocephalus.

Familial cases of fetal hydrocephalus diagnosed in the fetal stage are presented and the surgical indications for in utero treatment are discussed. In these cases, whole body computerized tomography (CT) in the third trimester was found to be more useful than ultrasound for evaluation of the hydrocephalic state. They received ventriculo-peritoneal shunt operation immediately after birth and did fairly well, showing normal development and rapid cerebral reconstitution in follow-up CT. Congenital hydrocephalus children are analyzed in light of the relationship between the period of increased intracranial pressure before the shunt operation and the mental outcome.

Analysis of 24 cases showed that all with intelligence quotient (IQ) of more than 80 had their initial shunt operation within 60 days after noting the first sign of increased intracranial pressure, whereas of the patients with an IQ of below 20, only five dysraphic patients received the shunt operation within 40 days. These five patients had a poor outcome in their IQ scale despite early treatment. Thus, only 5 out of the 24 patients (20.8%) had the possibility of an irreversible change of their hydrocephalic state during the fetal stage.

It was suggested that fetal hydrocephalus cases actually requiring early treatment, *i.e.*, intrauterine shunt procedure, were relatively few, the majority doing well with the regular management of infantile hydrocephalus. Early treatment is the ideal in the management of congenital hydrocephalus, but there are unsolved problems, including the selection of cases and the necessity for technical improvements in the present shunt procedure for fetal hydrocephalus.

Key words: fetal hydrocephalus, diagnosis, ultrasound, computerized tomography, cerebrospinal shunt

I はじめに

先天性水頭症の予後に影響する諸因子としてはさまざま

なものが論じられてきた。そして、高圧性水頭症による頭蓋内圧亢進の存続期間、あるいは先天性水頭症の治療開始時期もその一つの論点となってきた。一方では、産科領域

国立療養所香川小児病院脳神経外科 *神戸大学脳神経外科

Address reprint requests to: S. Oi, M.D., Department of Neurosurgery, National Kagawa Children's Hospital, 2,603 Zentsuji-cho, Zentsuji, Kagawa 765.

受稿 1984年3月12日 受理 1984年8月3日

における超音波診断法の導入により胎内水頭症の診断が注目され、一部では出生前に胎児に短絡術を施行する試みもなされている。しかしながら、先天性水頭症の高度進行例においても、出生後に施行した短絡術により脳実質の厚さが完全に回復し、精神・運動発達ともに正常化してゆく例は日常まれならず経験されるところであり、胎児水頭症の出生前診断がなされたとしても、出生前治療の適応となる症例の選択に関しては確固たる見解が得られていないのが現状であろう。また、その診断法においても超音波診断法のみ情報にはおのずと限界がある。

我々は、胎児水頭症の診断に whole body CT を導入し、水頭症病態に関する多くの情報収集を試みた。遺伝性もしくは家族性に発生した先天性水頭症の胎児期における診断自験例を呈示するとともに、その治療法につき当小児病院において経験された先天性水頭症41例の予後分析を参考に検討する。

II 対象および方法

1983年3月までの過去9年間に当小児病院で経験された1才未満の乳児水頭症76例（非手術例を含む）のうち、先天性・奇形性水頭症41例の治療成績を、特に頭蓋内圧亢進の存続期間と対比させ検討した。また、著者が渡米中に経験した症例、および我々の経験した胎児水頭症の出生前のCT所見からその診断について、さらに出生後の治療経過からその治療法の選択について検討した。

胎児水頭症のCT scanによる出生前診断につき、以下に代表的な2例を呈示する。

<症例1>

Gravida 1, para 1 の32才の母親の第2子。妊娠歴には異常は認められなかったが、第1子に中脳水道閉塞による水頭症の男児があるため超音波診断法を繰り返していたが、

妊娠35週で胎児の頭囲拡大を指摘された。36週に確認のため whole body CT を施行したところ、著明に拡大した両側脳室を認めた(Fig. 1)。その他の頭蓋内病巣の所見は得られず、胎児水頭症の診断で38週に帝王切開にて出生した。Apgar score 6 (1分), 8 (5分)、頭囲は44.5 cm、頭蓋縫合の離開著明、大泉門は緊張し緊満していた。Cracked-pot sign および頭皮下静脈の緊張が強く認められた。1979年5月18日、Evanston Hospital (Evanston, Illinois, USA) にて出生したが、出生直後 Chicago Children's Memorial Hospital へ転科し、即刻右脳室—腹腔短絡術が施行された。術後経過は順調であった。病態は先天性中脳水道閉塞で、X-linked の遺伝形態が疑われた。

<症例2> (Fig. 2, 3)

Gravida 1, para 1 の32才の母親の第3子で、二卵性双生児の1人。第1子(女児)は中脳水道閉塞による水頭症児であったため、超音波診断法で妊娠経過がfollowされたが、妊娠第9週の時点では双生児である以外に胎児の異常は認められなかった。36週で、超音波診断にて著明な頭囲の拡大が認められ、脳室の拡大が示唆された。37週に whole body CT を施行し、両側脳室体部・三角部・後角・側角の著明な拡大を確認した。双生児のもう1人の胎児には異常は認められず、38週で帝王切開が施行された。Apgar score 8 で、頭囲39 cm、大泉門は緊張し緊満状態で、頭蓋縫合の離開が認められたため当院へ転科し、生後1週目に常用CTによる検査後に右脳室—腹腔短絡術を施行した。その後の経過は順調で、頭囲の正常化、およびCT follow up にて脳実質の厚さの回復がみられ、生後40日目にはほぼ正常化した。生後2ヵ月目の developmental quotient (DQ, 津守・稲毛法)は161を示し、患児はまったく正常に過している。

Fig. 1 Case 1, fetal hydrocephalus. Whole body computerized tomography (CT) demonstrated marked ventriculomegaly at 36 weeks gestation.

Fig. 2 Case 2, fetal hydrocephalus. Ultrasound (A: at 9 weeks gestation, B: at 36 weeks gestation) and whole body CT (C, D) confirmed dilated ventricles. The ventriculomegaly was colpocephalic in appearance. The hydrocephalic child at birth (E) and CT findings before (F) and after (G) shunt operation. Note the excellent brain reconstitution after the shunt operation performed in the neonatal period.

Fig. 3 Case 2. Change in ventriculomegaly during the fetal period and after birth. Note the excellent process of cerebral reconstitution after shunt operation performed in the neonatal period (one week after birth). A: 36 weeks gestation, B: at birth, C: 17 days, D: 30 days, E: 40 days.

III 結 果

我々の経験した乳児水頭症のうち先天性水頭症は41例であり、そのうち34例(手術例30例)にDQもしくはintelligence quotient (IQ, 田中・ビネー法)による知能予後のfollow upが可能であった。原因病態別にみた分類にIQもしくはDQによる知能予後をまとめTable 1に示すが、34例の知能予後の分布において、予後良好例と予後不良例との両極端に二分される傾向がみられた。すなわち、IQ・DQが80以上を示した例は16例(47.1%)であったが、20~80未満の例は4例(11.8%)にすぎず、残り14例(41.2%)はすべて20以下の重症の精神・運動発達障害に陥った症例であった。これらより、先天性水頭症の知能予後をこの両極端の群、すなわちIQ・DQが80以上を示した群16例と20以下の群14例に分け、その予後に影響する因子について特に根底となる病態および頭蓋内圧亢進の存続期間の2点から比較検討した。

根底となる病態として、dysplastic hydrocephalus, hydranencephaly, holoprosencephalyの症例では当然予後不良であり、またcraniosynostosisの1例は著明なtrigonocephalyで心臓奇形をも合併した水頭症合併例で予後不良であった。中脳水道閉塞症例の予後は比較的良好であったが、先天性交通性水頭症は予後不良例と良好例に二分された。髄膜瘤・脳瘤に伴う水頭症ではやはり予後良好例も多い反

Table 1 Mental outcome in infantile hydrocephalus

Type of hydrocephalus	IQ or DQ							Follow-up total
	0*	20	40	60	80	100	120	
	19	39	59	79	99	119	139	
communicating	2				1		1	4
aqueductal stenosis					1		1	2
with MMC	4(1)	1	1		5	1	2	15
with MEC	2	1			2	1		6
with hydranencephaly	1							1
with holoprosencephaly	(1)							1
with Dandy-Walker cyst				(1)			1	2
with craniosynostosis	1							1
dysplastic	1(1)							2
Congenital hydrocephalus	11(3)	1	1	1(1)	9	2	5	34

Numerals in parenthesis indicate treated cases without shunt.

*Undetermined severe retardation. IQ indicates intelligence quotient (Tanaka-Binet method); DQ, developmental quotient (Tsumori-Inage method); MMC, myelomeningocele; MEC, meningoencephalocele.

Fig. 4 Mental outcome and period of increased intracranial pressure (ICP) before shunt procedure in infantile hydrocephalus. ●: congenital or communicating, ○: myelomeningocele, ▲: meningoencephalocele, △: aqueductal stenosis, ■: hydranencephaly, □: trigonocephaly, ×: holoprosencephaly. Numerals in parenthesis are estimated days of the period of increased ICP either with bulging fontanel or increased head circumference.

面、予後不良例では極端なIQ・DQの低値を示した。次に、頭蓋内圧亢進の存続期間とIQ・DQによる治療のoutcomeとの対比をみた。34例中、短絡管設置により治療されたIQ・DQ 80以上の13例、20未満の11例において、頭蓋内圧亢進所見(大泉門の緊満、頭蓋縫合の離開など)の存続期間はretrospectiveな治療開始前の記録より推定可能であった。その結果はFig. 4に示すごとく、IQ・DQが80を超えた症例は全例遅くとも60日以内に治療された例であった。一方20以下の症例では頭蓋内圧亢進所見の存続期間はさまざまであり、3日以内に治療されたにもかかわらず重度の精神・運動発達遅延を残した例から、480日を経て合併する水頭症に対する治療が施され治療効果のみられなかった例まで(いずれも腰仙部髄膜瘤に合併した水頭症例)みられた。

これらの結果は、先天性水頭症に対する治療開始時期としては少なくとも頭蓋内圧亢進の存続期間として60日がtime limitであることを示唆した反面、水頭症の根底となる病態によっては短絡管設置の時期とは関係なくきわめて

予後不良の症例があり、その一部にはすでに胎生期に進行した水頭症病態が知能予後における不可逆的脳損傷を惹起した疑いのある症例が含まれている可能性を示唆している

ものと考えられる。IQ・DQが80を超えた群からみて60日をその limit とすると、胎児期の進行性水頭症による不可逆的脳損傷の可能性のある症例は、髄膜瘤もしくは脳瘤に

Table 2 Fetal hydrocephalus diagnosed in prenatal period

Case No.	Authors (Year)	Diagnosis		Gestation at diagnosis	Treatment			No treatment	Abortion	Outcome
		Ultra-sound	CT		Pre-natal	Deli-very	Post-natal			
1	Leopold <i>et al.</i> (1974) ²¹⁾	+	—	?						?
2	Garrett <i>et al.</i> (1975) ¹³⁾	+	—	?						?
3	"	+	—	?						?
4	"	+	—	?						?
5	"	+	—	?						?
6	Campbell (1977) ⁴⁾	+	—	+(17 weeks)						?
7	"	+	—	+(17 weeks)						?
8	"	+	—	+(17 weeks)						?
9	"	+	—	+(17 weeks)						?
10	Freeman <i>et al.</i> (1977) ¹²⁾	+	—	+(18 weeks)					+	—
11	Borno <i>et al.</i> (1978) ¹¹⁾	+	+	+(30 weeks)		+(tap)				stillborn
12	Dunne <i>et al.</i> (1979) ⁸⁾	+	—	+(33 weeks)						?
13	Hobbins <i>et al.</i> (1979) ¹⁴⁾			2nd trimester ×3 cases				1 case	2 cases	one died (3-4 hours)
		+	—	3rd trimester ×5 cases			5 cases			?
20										
21	Robinson <i>et al.</i> (1980) ²⁷⁾	+	—	+(32 weeks)				+		died (3 hours)
22	Hyndman <i>et al.</i> (1980) ¹⁶⁾	+	—	+(26 weeks)		+(tap)				stillborn
23	Sabbagha (1980) ²⁹⁾	+	—	+(24 weeks)						?
24	"	+	—	+(25 weeks)						?
25	Clewell <i>et al.</i> (1982) ⁵⁾	+	—	+(21 weeks)	+(V-A)					?
26	"	+	—	?	+(V-A)					(delayed development)
27	"	+	—	?	+(V-A)					normal infant
28	Brown <i>et al.</i> (1982) ³⁾	+	—	+(32 weeks)	+(V-A)					neonatal unit
29	Cochrane <i>et al.</i> (1982) ⁶⁾	+	—	+(40 weeks)				+		meningitis
30	"	+	—	+(29 weeks)		+(tap)				died (5 weeks)
31	"	+	—	+(37 weeks)			+			stillborn
32	"	+	—	+(34 weeks)			+			hydrocephalus well controlled
33	"	+	—	+(34 weeks)			+			died (3 months)
34	"	+	—	+(36 weeks)			+			died (3 months)
35	"	+	—	+(31 weeks)				+		normal child
36	Kohno <i>et al.</i> (1983) ¹⁸⁾	+	—	?						stillborn
37	Kuwayama <i>et al.</i> (1983) ¹⁹⁾	+	—	+(33 weeks)			+			?
38	"	+	—	+(29 weeks)			+			?
39	Oka <i>et al.</i> (1983) ²⁵⁾	+	—	+(23 weeks)				+		?
40	Hoshida <i>et al.</i> (1983) ¹⁵⁾	+	—	+(38 weeks)			+			died (3 days)
41	Present case	+	+	+(35 weeks)			+			DQ: 68
42	"	+	+	+(36 weeks)			+			?
										normal infant DQ: 161

V-A indicates ventriculo-amniotic shunt.

伴った水頭症の5例(調査可能であった両者2群24例の20.8%)にすぎず、かつこれらにおいても水頭症だけが不可逆的脳損傷の責任病巣であったとは断言できない。

IV 考 察

1982年, Clewell ら⁵⁾の胎児水頭症の出生前 ventriculo-amniotic shunt による胎内治療の報告は多くの反響を呼んだ。歴史的にみて、1978年には母体内 shunt 手術以外に transabdominal encephalo-centesis により胎児水頭症のいわば脳室ドレナージが施行されており¹⁾、その後も何例かにこの方法が施行されている^{6,16)}。また ventriculo-amniotic shunt による胎児水頭症の治療も、その後何例か報告されている^{3,3)}(Table 2)。

これらの胎児水頭症の治療に関しては、多くの検討すべき問題がある。医学的見地から、まず第一にこの治療法の適応となる症例の選択が挙げられる。先天性あるいは続発性にせよ乳児水頭症に関して、脳のコンプライアンスや頭蓋構造、さらに生体そのものの immaturity などの特殊性から、頭蓋内圧亢進の存続期間と脳の不可逆的変化とのかねあいにおいて短絡術施行の時期が検討されてきた^{24,28,34)}。事実、先天性水頭症の高度進行例においても、〈症例2〉のごとく胎児期から高度に進行した水頭症病態は、生後間もなく施行された治療によって形態・機能ともに短期間に正常化する例があることは周知のごとくである。先天性水頭症の出生後治療群の予後調査で、脳室拡大による脳実質の厚さの程度と治療後の予後との間には相関性をみないとする意見^{22,26,34)}は、現時点では日常の臨床経験の裏付けにより一般に支持されるものと思われるが、この観点から述べると胎児水頭症の手術適応として、胎内における脳室拡大の程度そのものは胎児の機能予後のみに関して検討する限り参考にはならない。しかしながら、同一病態を根底とする先天性水頭症においても、短絡術を生後可及的速やかに施行したにもかかわらずその機能予後に極端な差が生ずることがあるのも事実である。今回検討した例では、髄膜瘤・脳瘤に伴う水頭症例15例のうち5例が頭蓋内圧亢進の存続期間が少なくとも生後においては40日以内で、比較的早期に治療されているにもかかわらず重症の精神発達障害を残した例であり、同様に治療され IQ・DQ が80以上に達している9例とは対照的である。もし、これらのなかで水頭症病態が胎児期にすでに進行し、生後の治療ですでに脳の不可逆的変化を是正しえない状態に陥っていたものがあるとすれば、真にこれらは胎児期の先天性水頭症の胎内での減圧術の適応であると言える。しかし、今回の症例のなかではこれらは全体の20%程度にすぎず、またたとえ胎児水頭症の診断がなされたにせよ、それ

らの症例の胎内での水頭症病態を脳室拡大以外にどのように捉えるかが治療適応の問題として大きく残される。Cochrane and Myles⁶⁾はこの time factor を考慮し、胎児水頭症の診断後は pulmonary maturity が完成しだ elective に帝王切開により出生させ、出生後早期に短絡管設置を行うべきであるとしている。ただし、超音波診断などにより中枢神経系の他の奇形や不对称の脳室拡大がある場合はこの限りでなく、流産もしくは胎児頭蓋内圧の減圧後に通常の分娩を行うというプロトコールには、前述した胎児水頭症の病態の把握と機能予後の予測の問題が残されており、今後さらに細分化され確立されてゆくものと思われる。もっとも最近に報告された Edwards ら⁹⁾の胎児水頭症の実験では、妊娠中の水頭症発生時期と治療後の脳の可逆性との関連が示唆されている。Venes³³⁾の言うごとく、さらに多くの症例からまず胎児水頭症の natural history を特に出生後の治療の outcome と対比させ検討することが必要であると思われる。

胎児水頭症の治療に関して次に挙げられる問題は、治療法の手技上のもとその morbidity, mortality であろう。前述した Borno ら¹⁾の transabdominal encephalocentesis では、16 gauge 針を用い胎児の大泉門より1,000 ml もの髄液が排除されているが、その治療中に髄液は血性となり心停止をきたし胎児は死産という経過をとっており、剖検で両側性の硬膜外血腫が認められている。その後、同様の transabdominal encephalocentesis による治療が施行されたにもかかわらず、死産の経過をとった症例の報告も散見される^{6,16)}。Clewell ら⁵⁾により報告された ventriculo-amniotic shunt では、silicone rubber が用いられ長さ10.5 cm のチューブのほぼ中央に one-way valve が設けられており、transabdominal に超音波画像(real-time ultrasound)のもとに13 gauge 針を用い短絡術を施行している。この例では、胎生期24週期から32週まで短絡管が作動し胎児の頭囲の成長は正常化したと報告されている。また彼らは、同様の成功例2例を追加報告している⁵⁾。さらに Brown³⁾は、胎生期32週に同様の ventriculo-amniotic shunt を施行し成果を上げている。今後、一部に実験研究が行われているごとく、この種の短絡管の改善・開発が進み²³⁾、手技の向上により morbidity, mortality の問題は、手術適応となる症例の選択、水頭症病態の出生前胎内における検索の問題より比較的早期に解決される可能性がある。

胎児期の水頭症の診断に関する技術の向上は著しく、前述した real-time ultrasonography^{7,17)}はその代表であろう。今回我々の呈示した whole body CT の応用は、さらにこの診断を確実なものとし、水頭症の病態把握の手助けとなるものである。CT による胎児水頭症の診断は、1978年

Borno ら¹⁾によりすでに試みられているが、広く普及していないのが現状である。CT scan の改良によりその X-ray dosage は微量なものとなり、我々の〈症例 2〉では 1 スライス 2 レントゲンの線量(機種 TCT 60A 35)である。今後、NMR の発達はこの分野の診断において大きな進歩をもたらすものとする。現時点では、CT scan の施行も胎生期末期には未熟児の CT 検査の安全性から大きな躊躇はないと思われるが、妊婦に対する X 線診断は可能な限り避けるほうがよいとする考えに変わりはなく、今後の画像診断法の発展による胎児水頭症の病態把握の進歩に期待するものである。画像診断以外には、唯一の遺伝形態を示す X-linked hydrocephalus^{10,20,31,32)}における次回妊娠での検索、羊水 α -fetoprotein^{2,26,30)}などが重要である。Table 2 に検索しえた胎児水頭症の診断と治療につきまとめた。水頭症の診断と治療に関する研究の進歩は著しく、胎児水頭症の治療も現在に至り母体側の mortality, morbidity の観点から論じられた時代¹¹⁾からさらに進歩した感がある。胎児水頭症の病態把握に関する研究がさらに進められ、その治療方針の確立がなされることを期待するものである。

V 結 論

1. 胎児水頭症の出生前診断と治療の問題点につき、当小児病院例に著者の米国での経験例を加えて検討した。
2. 胎児水頭症の出生前診断には real-time ultrasound が有用であり、胎生期末期では whole body CT を施行することにより、より正確な水頭症の診断が得られると考える。
3. 自験の先天性水頭症の治療と頭蓋内圧亢進の存続期間との関連における予後分析において、胎生期に完成された脳の不可逆的変化が予想され retrospective に胎児水頭症の治療が胎生期に施行されるべきであったと考えられる症例は全体の 20% 程度にすぎなかった。また、自験の胎児水頭症例はいずれも出生後の短絡管設置術の治療方針がとられ、正常の発育をみた。
4. 胎児水頭症の出生前診断が可能となった現在、先天性水頭症の治療開始時期に関して胎生期を含めた広い考察が行われる必要がある。しかしながら胎児水頭症の病態把握は、現時点では脳室拡大の程度あるいはその根底となる一部の病態が画像診断できるとどまっている。しかるに、胎児水頭症を胎内で治療すべきか出生後に治療すべきかという問題に関しては、今後これらの症例の natural history を十分に検討し、治療適応を厳密に決定すべきであろう。

文 献

- 1) Borno RP, Bon Tempo NC, Kirkendall HL Jr, Wolfman HT, Marcus E, Davidson RI: Vaginal frank breech delivery of a hydrocephalic fetus after transabdominal encephalocentesis. *Am J Obstet Gynecol* 132: 336-338, 1978
- 2) Brock DJH: α -fetoprotein and the prenatal diagnosis of central nervous system disorders. A review. *Childs Brain* 2: 1-23, 1976
- 3) Brown JT: Intrauterine shunting for hydrocephalus presented at Alumni Day (Division of Neurological Surgery, Northwestern University, Medical School). Chicago, 1982, and personal communication.
- 4) Campbell S: Early prenatal diagnosis of neural tube defects by ultrasound. *Clin Obstet Gynecol* 20: 351-359, 1977
- 5) Clewell WH, Johnson ML, Meier PR, Newkirk JB, Zide SL, Hendee RW, Bowes WA, Hecht F, O'Keefe D, Henry GP, Shikes RH: A surgical approach to the treatment of fetal hydrocephalus. *N Engl J Med* 306: 1320-1325, 1982
- 6) Cochrane DD, Myles ST: Management of intrauterine hydrocephalus. *J Neurosurg* 57: 590-596, 1982
- 7) Denkhau H, Winsberg F: Ultrasonic measurement of the fetal ventricular system. *Radiology* 131: 781-787, 1979
- 8) Dunne MG, Johnson ML: The ultrasonic demonstration of fetal abnormalities in utero. *J Reprod Med* 23: 195-206, 1979
- 9) Edwards MSB, Harrison MR, Halks-Miller M, Nakayama DK, Berger MS, Glick PL, Chinn DH: Kaolin-induced congenital hydrocephalus in utero in fetal lambs and rhesus monkeys. *J Neurosurg* 60: 115-122, 1984
- 10) Faivre J, Lemarec B, Bretagne J, Recker J: X-linked hydrocephalus, with aqueductal stenosis, mental retardation, and adduction-flexion deformity of the thumbs. *Childs Brain* 2: 226-233, 1976
- 11) Feeney JK, Barry AP: Hydrocephalus as a cause of maternal mortality and morbidity. A clinical study of 304 cases. *J Obstet Gynaec Brit Comm* 61: 652-656, 1959
- 12) Freeman RK, McQuown FDS, Secrist LS, Larson EJ: The diagnosis of fetal hydrocephalus before viability. *Obstet Gynecol* 49: 109-112, 1977
- 13) Garrett WJ, Phil D, Fisher CC, Kossoff G: Hydrocephaly, microcephaly and anencephaly diagnosed in pregnancy by ultrasonic echography. *Med J Aust* 2: 587-589, 1975
- 14) Hobbins JC, Grannum PAT, Berkowitz RL, Silverman R, Mahoney MJ: Ultrasound in the diagnosis of congenital anomalies. *Am J Obstet Gynecol* 134: 331-345, 1979
- 15) 星田 徹, 今西正己, 竹村 潔, 谷掛龍夫, 京井喜久男, 内海庄三郎: 胎生期に診断された水頭症の follow up. 小児の脳神 8: 431, 1983
- 16) Hyndman J, Johri AM, MacLean N: Diagnosis of fetal hydrocephalus by ultrasound. *NZ Med J* 91: 385-386, 1980
- 17) Johnson ML, Mack LA, Frost M, Rashbaum C: B-mode echoencephalography in the normal and high risk infant. *AJR*

- 133: 375-381, 1979
- 18) 河野輝昭, 森 和夫, 今道節夫, 山辺 徹: 超音波断層撮影法による中枢神経系奇形の診断と患者管理. 小児の脳神 8: 429, 1983
 - 19) 桑山直也, 園部 真, 池田秀敏, 杉田京一, 高橋慎一郎: Intrauterine hydrocephalus の 2 例. 小児の脳神 8: 430, 1983
 - 20) Landrieu P, Ninane J, Ferriere G, Lyon G: Aqueductal stenosis in X-linked hydrocephalus: A secondary phenomenon? *Dev Med Child Neurol* 21: 637-652, 1979
 - 21) Leopold GR, Asher WM: Ultrasound in obstetrics and gynecology. *Radiol Clin North Am* 12: 127-146, 1974
 - 22) Lonton AP: The relationship between intellectual skill and the computerized axial tomogram of children with spina bifida and hydrocephalus. *Z Kinderchir* 28: 368-374, 1979
 - 23) Michejda M, Hodgen GD: In utero diagnosis and treatment of non-human primate fetal skeletal anomalies. I. Hydrocephalus. *JAMA* 246: 1093-1097, 1981
 - 24) 大井静雄, 松本 悟: 乳児水頭症 —その特殊性と治療上の諸問題—. 小児の脳神 (投稿中)
 - 25) 岡 伸夫, 遠藤俊郎, 高久 晃, 山岸雅司: 胎内水頭症の一例. 小児の脳神 8: 431, 1983
 - 26) Raimondi AJ, Soare P: Intellectual development in shunt hydrocephalic children. *Am J Dis Child* 127: 664-671, 1974
 - 27) Robinson MJ, Cameron MD, Smith MF, Ayers AB: Fetal subdural haemorrhages presenting as hydrocephalus. *Br Med J* 281: 35, 1980
 - 28) Rubin RC, Hockwald G, Tiell M, Liwnicz B, Epstein F: Reconstitution of the cerebral cortical mantle in shunt corrected hydrocephalus. *Dev Med Child Neurol [Suppl]* 17: 151-156, 1975
 - 29) Sabbagha RE: Ultrasonic evaluation of fetal congenital anomalies. *Clin Obstet Gynecol* 7: 103-119, 1980
 - 30) 佐藤 潔, 下地武義: 水頭症, 髄膜瘤の診断, 先天性脳脊髄疾患の補助診断 —主として先天性水頭症の脳血管写所見について—. 小児外科 10: 771-782, 1978
 - 31) Shannon MW, Nadler HL: X-linked hydrocephalus. *J Med Genet* 5: 326-328, 1968
 - 32) Sovik O, Birger C, Loken AC: X-linked aqueductal stenosis. *Clin Genet* 11: 416-420, 1977
 - 33) Venes JL: Management of intrauterine hydrocephalus. Neurosurgical forum. *J Neurosurg* 58: 793-794, 1983
 - 34) Weller RO, Shulman K: Infantile hydrocephalus: Clinical, histological, and ultrastructural study of brain damage. *J Neurosurg* 36: 255-265, 1972
- [別刷請求先: 〒765 香川県善通寺市善通寺町2,603, 国立療養所香川小児病院脳神経外科, 大井静雄]