

## 胎児の発育と M モード心エコー法による心機能の解析 —心室壁の発育と運動を中心として—

日本医科大学産婦人科教室 (主任, 指導: 荒木 勤教授)

鴨 井 青 龍

### Fetal Development and Fetal Heart Function Analyzed by M-mode Echocardiography

Seiryu KAMOI

Department of Obstetrics and Gynecology, Nippon Medical School, Tokyo

(Director : Prof. Tsutomu Araki)

**概要** 妊娠24週から41週までの妊娠週数の明確な正常妊婦の AFD 胎児215例について, 妊娠週数と心室壁の発育および運動について検討し, 以下のような結果を得た.

① 妊娠週数と右室前壁拡張終期壁厚 (RVAWTd), 心室中隔拡張終期壁厚 (IVSWTd), 左室後壁拡張終期壁厚 (LVPWTd) との関係は, それぞれ有意の正の相関がみられ, 妊娠週数がすすむにつれて, 壁厚は直線的に増加することがわかった.

② 各妊娠週数における右室前壁拡張終期壁厚 (RVAWTd), 心室中隔拡張終期壁厚 (IVSWTd), 左室後壁拡張終期壁厚 (LVPWTd) との間には有意差は認められず, 心室壁は, 1 : 1 : 1 の関係をもつて発育していることがわかった.

③ 右室前壁収縮期壁厚増加率 (% $\Delta$ Thaw), 心室中隔収縮期壁厚増加率 (% $\Delta$ Thivs), 左室後壁収縮期壁厚増加率 (% $\Delta$ Thpw) は妊娠24週から41週までの間にすべて変動があるものの, ほぼ一定の値を示した. また, それぞれの増加率の平均値はそれぞれ  $41 \pm 16\%$ ,  $39 \pm 24\%$ ,  $68 \pm 37\%$  であった.

④ 右室前壁振幅 (AWE), 左室後壁振幅 (PWE) と妊娠週数の間にはそれぞれ相関係数  $r=0.61$ ,  $0.67$  と有意の相関を示した.

⑤ 収縮期に左室後壁側に動く心室中隔の L 型運動は 62% であった. これは成人における L 型の動きが正常な心臓の全例にみられるのに対して低く, 胎児の心室中隔が成人ほど左室の収縮に関与していないことが示唆された.

⑥ 右室前壁/左室後壁振幅比 (AWE/PWE) と心室中隔振幅 (IVSE) との間には直線相関が認められ, 心室中隔運動と心室自由壁運動が密接に関係していることが推察された.

**Synopsis** Real-time-directed M-mode echocardiograms were obtained for 215 echographically evaluated AFD fetuses between 24 and 41 weeks of gestation to assess the cardiac function of normally growing human fetuses. The results are as follows.

① A significant linear correlation exists between gestational weeks and enddiastolic wall thickening of RV, IVS and LV, respectively (RVAWTd, IVSTd and LVPWTd).

② There is no significant difference among three (RVAWTd, IVSTd and LVPWTd) at any time from 24 to 41 weeks.

③ Percent systolic wall thickening for RV, IVS and LV are  $39 \pm 24$ ,  $68 \pm 37$  and  $41 \pm 16$  (%), respectively.

④ Motion of IVS towards left ventricular free wall during systole, no septal motion or paradoxical movement (systolic septal anterior motion) is seen in 62, 35 and 3% of cases, respectively.

⑤ Paradoxical movement of IVS is seen in the case in which the RV/LV wall excursion ratio is extremely low.

**Key words:** M-mode echocardiography • AFD • Interventricular septal motion • Paradoxical movement • Ventricular wall

## 緒言

心エコー法は新生児における先天性心疾患の形態的診断や、それに伴う心機能の評価を非観血的に行いうる手段として、その臨床的価値は高い。一方、最近までは胎児の循環器機能を客観的に評価する方法として、分娩監視装置による胎児心拍数図の解析が唯一のものであった。しかし、1970年に Garret et al.<sup>10)</sup>が断層法心エコー法を、また1972年に Winsberg<sup>20)</sup>がMモード法心エコー法を胎児に応用して以来、これらにより得られる心臓の諸計測値から胎児の心の発育過程について論じられるようになった。

心機能は究極的には全身へどのくらいの血液量を拍出できるかというポンプ機能に集約される。したがって、その原動力となる心室壁の形態的発育、収縮機能、運動機能などについて観察することは重要である。しかし、胎児の発育に伴う心機能の変化を心室壁の収縮や運動機能から検討した報告は少ない。

そこで今回著者は妊娠に伴う胎児の心機能の評価する目的で妊娠24週から41週までの正常妊娠の胎児心エコーによる胎児心室壁厚を計測した。また局所収縮機能を表す心室壁厚増加率や収縮機能と運動機能を加味した心室壁内膜の振幅について計測し、さらに心室中隔の動きについて観察した。以上により、胎児の生理的発育と胎児心の局所機能との関係について検討した。

### 対象および方法

#### 1. 対象

対象は昭和57年より昭和60年までに日本医科大学付属病院産婦人科外来を受診した妊娠24週から41週までの合併症の認められない正常妊婦を対象とした。なお、測定が完了できた胎児のうち青木ら<sup>1)</sup>の推定児体重算出式より求めたappropriate-for-dates(AFD)のもの215例だけを評価の対象とした。

#### 2. 方法

1) 胎児の発育や心機能の評価は超音波診断装置、日立EUB-26(3.5MHz, リニアスキャン)を用いた。

2) 超音波断層法による胎児発育の評価

胎児発育の指標として児頭大横径 (biparietal

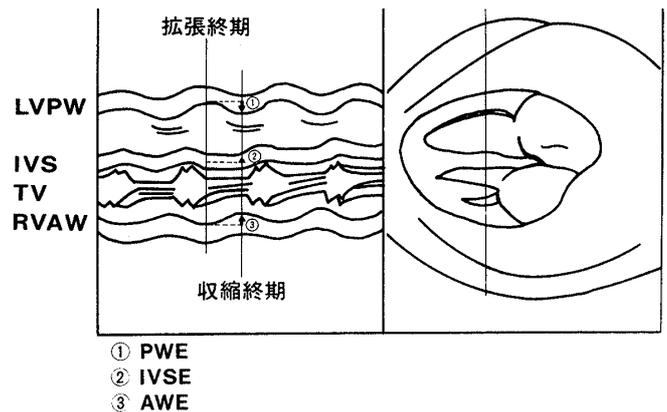
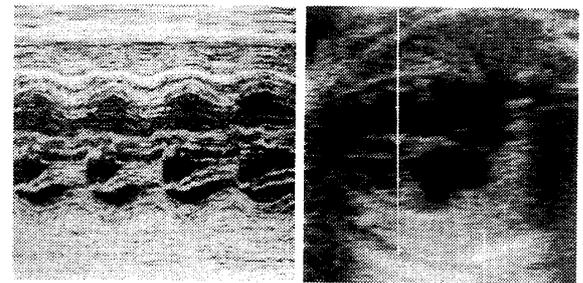


図1 M-mode echocardiogram とシェーマ (four-chamber view)

diameter, BPD), 胎児躯幹面積 (fetal trunk area, FTA), 胎児大腿骨長 (femur length, FL) を計測し、次式①により推定児体重 (estimated fetal body weight, EFBW) を求めた。

①...

$EFBW = (BPD)^3 \times 1.26 + FTA \times FL \times 3.51 + 6.3$   
さらに青木ら<sup>1)</sup>による推定体重標準値の表より  $mean - 1.5\sigma < EFBW < mean + 1.5\sigma$  の条件を満たすものを AFD と分類した。

3) Mモード法胎児心エコー図による検討

基準化した4chamber view 平面におけるMモード法胎児心エコー図を得(図1), これにより左室後壁拡張終期壁厚 (LVPWTd), 心室中隔拡張終期壁厚 (IVSWTd), 右室前壁拡張終期壁厚 (RVAWTd), 左室後壁収縮終期壁厚 (LVPWTs), 心室中隔収縮終期壁厚 (IVSWTs), 右室前壁収縮終期壁厚 (RVAWTs), および左室後壁振幅(PWE), 心室中隔振幅(IVSE), 右室前壁振幅(AWE)について計測した。またIVSEは、心室中隔壁の中央部で測定し、心室中隔の運動について、収縮期に左室後壁側に移動するもの (IVSE $\geq$ 1mm)をL型, 拡張期, 収縮期の両期に

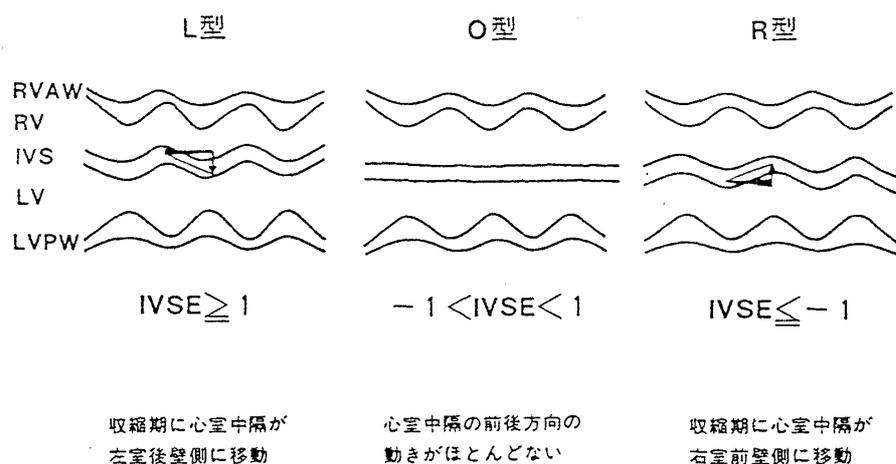


図2 心室中隔の動きの分類

わたつてほとんど動かないもの ( $-1 < IVSE < 1$ ) をO型, 収縮期に右室前壁側に移動するもの ( $IVSE \leq -1\text{mm}$ ) をR型と分類した (図1, 図2). また計測は胎児の呼吸様運動や吃逆様運動をはじめ様々な胎動が児の循環系に与える影響を考へて, 胎児の安静時に行い, 計測は3心周期の平均値とした. また基準化した4chamber viewとは2心房2心室が明瞭に描出でき, 同時に左右の房室弁の開閉運動および卵円口開存の状態が識別できる面とした. さらに, Mモードは心室中隔に垂直で三尖弁の弁尖がかかる部分で計測した. また三尖弁が閉鎖する時点を拡張終期とし, 収縮終期の決定は右室壁の壁振幅が最大となる時点とした. なお, 左右の心室の同定は房室弁の付着部位の関係, 心房中隔と心室中隔の連続性および卵円口開存の状態に着目して決定し, 体軸との関係が異常な例はすべて除外した. そこで上記の指標をはじめ, 収縮期壁厚増加率 ( $\% \Delta Th = [(収縮期壁厚 - 拡張期壁厚) / 拡張期壁厚] \times 100$ ), 心室壁の運動について, 妊娠週数との関係や, 各妊娠週数における左右差の検討を試みた.

#### 4) 統計処理

今回用いた統計処理は, 主に最小二乗法による線形回帰分析を用い, 直線の有意性はF検定で確認した. また2群間の平均値の差の検定は等分散の場合 Student's t検定を, 異分散の場合 Welchのt検定を用い, 3群間の平均値の差については一元配置分散分析を用いた.

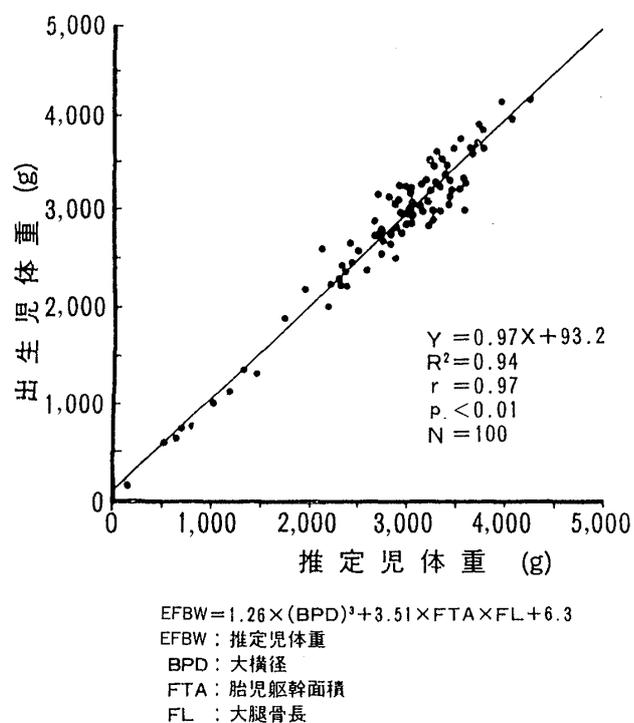


図3 超音波断層法による推定児体重と出生児体重

#### 成績

1. まずはじめに胎児の推定児体重の算出において, 今回著者らが用いた青木ら<sup>1)</sup>による推定児体重式が, 胎児の実測体重をどの程度正確に計測できるか検討した. その結果として図3に示すように, 当科で出産した100例の検討では出生児体重と出生前1週間以内の推定児体重との間に, 高い相関 ( $r=0.97, p<0.01$ ) があり, その高い信頼性が確認された.

2. 妊娠週数とLVPWTd, LVPWTs, RVAWTd, RVAWTs, IVSWTd, IVSWTsとの間の相関係数はそれぞれR=0.59, 0.72, 0.63, 0.75, 0.73, 0.72と有意の正の相関を示した(表1). また各妊娠週数においてLVPWTd,

RVAWTd, IVSWTdの間には有意差が認められなかった( $p \geq 0.05$ ).

3. 妊娠週数とPWE, AWEとの間の相関係数はそれぞれ $r=0.67, 0.61$ であり, 有意の正の相関を示した. また, IVSEと妊娠週数との間には, 有意な相関関係は認められなかった(表1). しかし, AWE/PWEとIVSEとの間には正の相関が認められた( $r=0.65$ )(図4). また, 心室中隔がR型の動きを示した6例(IVSE<0の症例)はいずれもAWE/PWE比が0.7以下であった.

4.  $\% \Delta Thpw, \% \Delta Thaw, \% \Delta Thivs$ の値は妊娠24週から41週までの間にすべて変動があるものの, ほぼ一定の値をとり, その平均値はそれぞれ,  $68 \pm 37, 41 \pm 16, 39 \pm 24$ (%)であった(表2). また各妊娠週数において, それぞれの平均値を比較すると,  $\% \Delta Thpw$ はすべての妊娠週数で $\% \Delta Thaw$ よりも有意に大きく,  $\% \Delta Thpw$ は妊娠27週から30週の間を除く妊娠週数で $\% \Delta Thivs$ よりも有意に大きかった( $p < 0.05$ ). また,  $\% \Delta Thaw$ と $\% \Delta Thivs$ の間には妊娠25, 26, 40週を除くすべての妊娠週数で有意差は認められなかった( $p < 0.05$ ).

表1 妊娠週数(X)と各計測値(Y)との相関および線形回帰分析(AFD群, n=215)

(Y)	相 関 分 析			線形回帰分析			
	R	R <sup>2</sup>	P-value	m	b	F-test	
心室 壁厚						1	
LVPWTd	0.59	0.35	0.01	0.11	-0.07	114	
LVPWTs	0.72	0.52	0.01	0.19	-0.59	232	
IVSWTd	0.73	0.53	0.01	0.13	-0.87	236	
IVSWTs	0.72	0.52	0.01	0.15	-0.49	229	
RVAWTd	0.63	0.40	0.01	0.11	-0.10	142	
RVAWTs	0.75	0.57	0.01	0.18	-0.91	277	
心室壁振幅							
PWE	0.67	0.44	0.01	0.15	-1.11	170	
IVSE	non-significant			non-significant			2
AWE	0.61	0.37	0.01	0.12	-0.02	126	

LVPWT=左室後壁厚, RVAWT=右室前壁厚, IVSWT=心室中隔壁厚, PWE=左室後壁振幅, IVSE=心室中隔振幅, AWE=右室前壁振幅, s=収縮終期, d=拡張終期, Y, X:  $Y=mX+b$

表2 各妊娠週数における拡張終期心室壁厚および収縮期心室壁厚増加率(AFD群, n=215)

妊娠週数	例数	LVPWTd (mm)	$\% \Delta Thpw$ (%)	IVSWTd (mm)	$\% \Delta Thivs$ (%)	RVAWTd (mm)	$\% \Delta Thaw$ (%)	FHR (beats/min)
24	12	2.33±0.47	75±46	2.33±0.47	33±20	2.25±0.43	47±21	137±6
25	10	2.40±0.66	87±57	2.40±0.48	46±32	2.50±0.50	42±8	140±3
26	11	2.45±0.49	55±38	2.48±0.38	37±18	2.72±0.62	39±9	136±5
27	11	2.81±0.83	59±28	2.54±0.49	44±43	3.10±0.90	31±22	140±5
28	15	3.13±0.61	60±34	2.67±0.47	50±22	3.00±0.63	39±18	138±6
29	11	2.91±0.67	61±46	2.91±0.51	50±33	3.10±0.51	36±11	137±5
30	10	3.30±0.64	63±20	3.10±0.70	53±35	3.30±0.64	42±18	139±6
31	15	3.20±0.74	69±31	3.27±0.67	39±35	3.53±0.50	32±8	136±5
32	13	3.23±0.89	69±41	3.00±0.39	42±19	3.54±0.50	42±21	140±7
33	11	3.27±0.86	73±39	3.55±0.67	30±15	3.82±0.72	38±8	137±8
34	13	3.69±0.72	63±34	3.46±0.63	34±13	3.85±0.86	41±18	139±7
35	10	3.80±0.42	63±23	3.80±0.60	28±19	4.00±0.63	33±11	138±6
36	12	3.80±0.68	73±31	3.75±0.83	30±19	3.92±0.76	42±13	135±8
37	13	3.77±0.80	66±36	3.84±0.66	35±22	4.00±0.68	48±17	136±7
38	14	3.71±0.80	77±58	3.86±0.54	47±12	4.00±0.75	44±13	136±4
39	14	4.00±0.38	64±23	4.40±0.82	29±20	4.00±0.65	46±18	139±7
40	10	4.21±0.87	69±22	4.21±0.67	30±14	4.70±0.64	44±16	139±4
41	10	4.10±0.94	74±22	4.20±0.60	39±20	4.00±0.77	59±25	136±8

LVPWTd=左室後壁拡張終期壁厚,  $\% \Delta Thpw$ =左室後壁収縮期壁厚増加率, IVSWTd=心室中隔拡張終期壁厚,  $\% \Delta Thivs$ =心室中隔収縮期壁厚増加率, RVAWTd=右室前壁拡張終期壁厚,  $\% \Delta Thaw$ =右室前壁収縮期壁厚増加率

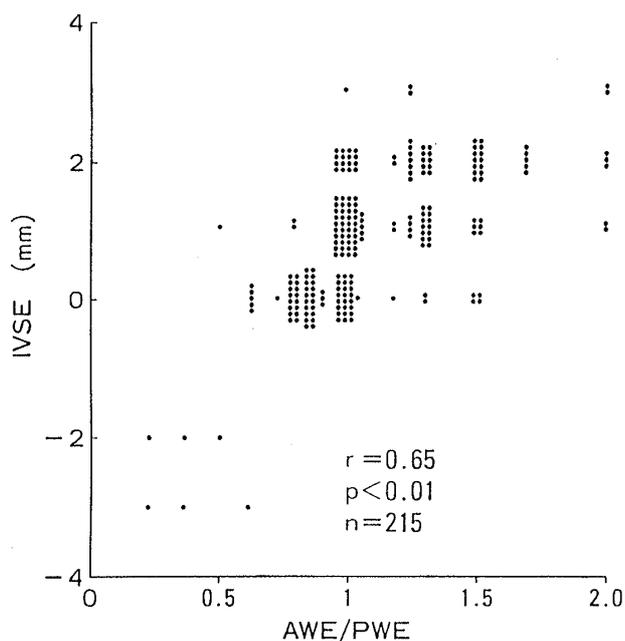


図4 前壁振幅/後壁振幅と心室中隔振幅の関係

表3 各妊娠週数における心室中隔運動

妊娠週数	例数	L型	O型	R型
24	12	7	5	0
25	10	8	2	0
26	11	8	3	0
27	11	9	2	0
28	15	13	2	0
29	11	6	5	0
30	10	7	3	0
31	15	12	3	0
32	13	10	2	1
33	11	9	1	1
34	13	6	7	0
35	10	6	3	1
36	12	5	7	0
37	13	6	6	1
38	14	5	7	1
39	14	8	6	0
40	10	4	6	1
41	10	5	5	0
	215	134(62%)	75(35%)	6(3%)

5. 心室中隔の動きは、L型が62%、O型が35%、R型が3%であった(表3)。

#### 考 案

胎児の発育を評価する指標として、妊娠週数や、BPD, FTA, FLなどの大きさの測定が挙げられる。Devore et al.<sup>6)</sup>は心計測値と胎児の発育を評

価する指標(大横径, 頭囲, 腹囲, 大腿骨長)との関係を多変量解析した結果, BPDとの相関が最も高かったと報告している。しかし, 妊婦になんら大きな合併症がなくても, 胎児発育遅延は存在することもある。したがって正常の生理的胎児の発育その循環機能を考えるとき, 子宮内胎児発育遅延症などの胎児発育異常の因子を除外したほうがよいと考えられる。そこで著者らはまず正常妊婦AFD群の胎児につき胎児の心室壁厚についての検討からはじめた。

胎児の心室壁厚に関して石田<sup>3)</sup>は剖検で得られた心室壁厚の計測により, 左室壁厚:右室壁厚が100:93.2と報告している。また胎児剖検心による検討で, Recavarren et al.<sup>16)</sup>は心室中隔を3:7の比で, それぞれ右室壁と左室壁に分け, 右室重量と左室重量を比べたところ, 右室壁のほうが重かつたとしている。Emery et al.<sup>9)</sup>は胎児剖検心の心室中隔を左右の自然の境界線で分け, 左室/右室の重量比をみたところ, 妊娠31週頃までは約1.2, さらに妊娠39週頃には0.8と下降しさらに妊娠40週以降では0.86とやや上昇すると報告している。一方Romero et al.<sup>17)</sup>はヒツジ胎仔による検討で, 圧-容積関係, 壁張力-心室径関係において出生時まで両心室に左右差がなく, さらに心室壁厚および心室重量が同じであることから, 左右の心室は相同であると報告している。

心エコーによる検討では, Allan et al.<sup>5)</sup>が左右心室の自由壁および心室中隔の壁厚がほぼ同様に週数とともに増大し, 妊娠16週の1mm(平均)から妊娠40週の4mm(平均)まで, 3~4倍になるとしている。またこれは左右の心室内圧が同じで, 同量の血液を拍出しているためだとしている。

一方, 今回著者が得た結果からもAllan et al.<sup>5)</sup>や小野田<sup>4)</sup>の報告とほぼ同様であった。すなわち, 左室後壁, 心室中隔, 右室前壁の壁厚は拡張終期において, 各妊娠週数における3群の有意差はなく( $p<0.05$ ), 胎内においては1:1:1の比をもつて発育すると考えられた。

つぎに, 収縮期壁厚増加率に関する検討では, St. John Sutton et al.<sup>18)</sup>の報告がある。妊娠20週においては右室壁, 心室中隔, 左室壁の順にそれ

ぞれ $49 \pm 16\%$ ,  $39 \pm 9\%$ ,  $66 \pm 22\%$ から妊娠40週の $52 \pm 20\%$ ,  $43 \pm 12\%$ ,  $46 \pm 15\%$ まで全期間中かなりの幅をもつて変動すると言っている。一方著者の結果も右室壁, 心室中隔, 左室壁の3群ともに全期間中かなりの幅をもつて変動することが明らかにされた。すなわち, 右室壁, 心室中隔, 左室壁の収縮期壁厚増加率の全期間中における平均値は, それぞれ $39 \pm 24\%$ ,  $41 \pm 16\%$ ,  $68 \pm 37\%$ とほぼ一定であつた。また左室後壁の収縮期壁厚増加率は右室前壁および心室中隔の壁厚増加率に比べて小さく, また心室中隔および右室前壁の収縮期壁厚増加率はほぼ等しい結果が得られた。心室壁の形態的発育は右室壁, 心室中隔, 左室壁と差がないにもかかわらず, 壁の収縮機能については左室が優位であるというこれらの事実は心筋自体は出生後の左室優位状態の前段階として機能していることによるのかもしれない。一方, Vosters et al.<sup>19)</sup>は心室中隔の収縮期壁厚増加率が著しく低いことから心室中隔が心室の駆出にはあまり関与していないと結論づけている。

つぎに著者は壁の収縮と運動の要素をあわせもつ自由壁振幅と心室中隔の動きとの関係について検討するため, まず心室中隔の動きについて観察を始めた。その結果, 胎児の心室中隔の動きは, ①収縮期に左室後壁に向かうもの, ②ほとんど動きのない平坦なもの, ③収縮期に右室前壁に向かうものの3型が観察できた。著者はそれぞれL型, O型, R型と分類した(図2)。心室中隔の動きに関して, Diamond et al.<sup>7)</sup>がはじめて報告して以来数多くの報告がみられるが, 胎児に関する知見はほとんどなされていない。すなわち Diamond et al.<sup>7)</sup>は成人においてはL型が正常であり, 奇異性運動で知られるR型やO型が右室の圧負荷ではなく, 心房中隔欠損症等の右室容量負荷のときにみられると報告し, さらに Meyer et al.<sup>13)</sup>は右室容量負荷時にみられる心室中隔の収縮期前方運動(R型運動)の出現機序として, 拡張した右心室のために, 心室中隔の正常な収縮期後方運動がおきても, 収縮期の心臓全体の前方運動が大きいために, 結果として心室中隔が前方に移動するようにみえると説明している。また Kerber et al.<sup>11)</sup>

はイヌを用いて, 実験的に右室容量負荷のモデル作り, 心室中隔のR型運動がその特徴であることを証明している。さらに Pearlman et al.<sup>14)</sup>は心室中隔は収縮期に心室全体の中心に向かうように動くという仮説をたてて臨床的検討を行い, 心室中隔の収縮期前方運動は右室容量負荷の所見というよりは, 単に拡張期における右室拡大の所見であると結論づけている。以上をまとめると, 正常な成人の心では心室中隔のL型運動がみられ, R型やO型運動は, 右室容量負荷がかかり, 拡張期に右室が拡大したときにみられるとするものが多い。

そこで Kleinman et al.<sup>12)</sup>はハイリスク妊娠における胎児の多くにO型, R型がみられることから, 胎児は相対的に右室容量負荷と推察している。また秦ら<sup>2)</sup>は右室径/左室径 $\geq 1$ となる胎児のなかにO型やR型が高率であることから, 胎児期が右室優位であると主張している。一方胎児期にみられる心室中隔の動きは全例L型だと主張する Winsberg<sup>20)</sup>をはじめ Egeblatt et al.<sup>8)</sup>や Allan et al.<sup>5)</sup>の報告があり, Kleinman et al.<sup>12)</sup>とほぼ同様の結果を得たという Vosters et al.<sup>19)</sup>は胎児の心室中隔の動きが左右の心室の容量負荷によつて決定されるとは必ずしも考えられないと言っているなど心室中隔運動の様式の出現頻度や機序について必ずしも意見の一致をみない。著者の観察した胎児において, 心室中隔の左室側の壁運動はほぼ全例が収縮期に左室後壁に向かうように観察された。しかし心室中隔の中心部の動きを定量的に検討したところ, R型が3%と少ないにもかかわらず, O型は35%と高率で(表3), Vosters et al.<sup>19)</sup>の報告する55.5%や Kleinman et al.<sup>12)</sup>の報告する42%に近い成績と言える。この相違はO型自体が, ほとんど動きの認められないものとした文献が多いが, 完全に動きのないものは少なく, 定義および, その基準のありかたにより変動するものと考えられた。いずれにせよ妊娠週数とL型, O型, R型の出現率には一定の関係はなかつた。しかし右室前壁振幅/左室後壁振幅(AWE/PWE)と心室中隔振幅(IVSE)の間の相関をみたところ, 両者には有意な正の相関( $r=0.65$ )が存在し

た。このことは心室中隔の運動が左右の心室自由壁の運動と密接な関係があることが示唆される。また心室中隔がR型の動きを示した6例のすべてにおいて、AWE/PWE比はいずれも0.7以下と低く、換言すれば、心室中隔にR型の動きがみられるときは、右室壁の動き(振幅)が左室壁の動きにくらべて悪いとも説明できる。このことは、右室壁の動きが左室壁の動きにくらべて著しく悪いときに右室の拍出を助けるために代償的に心室中隔が右室よりに動くものとも考えられた。これはイヌの実験で右室壁をほとんどパッチにより置換した場合、心室中隔のR型運動がみられること<sup>15)</sup>に類似している。いずれにせよ、心室中隔の動き自体は左右心室の心拍出量の分配、さらに心臓全体としての拍出に重要な役割を果たしていることが考えられる。もちろん、胎児の心は左右が並列関係にあり、出生後の状態とは全く別のものであり、成人の心をもつて、胎児について論じることはできない。今後より詳細な検討が必要になると考えられた。

稿を終るに際し御校閲を賜った日本医科大学小児科学教室上田穰一教授、第一生理学教室品川嘉也教授に深甚なる謝意を表すとともに、御指導頂いた集中治療室高野照夫助教授にお礼申し上げます。なお、本論文の要旨の一部は、第69回日本産科婦人科学会関東連合地方部会(昭和60年5月)、第21回新生児学会(昭和60年7月)、第38回日本産科婦人科学会学術講演会(昭和61年3月)、第10回AFOG(1985年9月)にて発表した。

#### 文 献

1. 青木嶺夫, 山田基博: 胎児の発育と診断. 産婦治療, 47: 5, 1983.
2. 秦 利之, 高宮 収, 山本和彦, 村尾文規, 北尾学: 胎児心エコー図による胎児心臓計測の試み(第3報). 日超医論文集, 11: 553, 1982.
3. 石田三郎: 日本人人体正常数値. 十全会誌, 44: 193, 1944.
4. 小野田嘉明: 心エコー法による胎児心発達とその機能, ならびに胎児剖検心との比較. 日本医大誌, 53: 73, 1986.
5. Allan, L.D., Joseph, M.C., Boyd, E.G.C.A., Campbell, S. and Tynan, M.: M-mode echocardiography in the developing human fetus. Br. Heart J., 47: 573, 1982.
6. DeVore, G.R., Siassi, B. and Platt, L.D.: Fetal echocardiography IV. M-mode assess-

ment of ventricular size and contractility during the second and third trimesters of pregnancy in normal fetus. Am. J. Obstet. Gynecol., 150: 981, 1984.

7. Diamond, M.A., Dillon, J.C., Haine, C.L., Chang, S. and Feigenbaum, H.: Echocardiographic features of atrial septal defect. Circulation, 43: 129, 1971.
8. Egeblatt, H., Bang, J. and Northeved, A.: Ultrasonic identification and Examination of fetal heart structures. J. Clin. Ultrasound, 3: 95, 1975.
9. Emery, J.L. and MacDonald, M.S.: The weight of the ventricles in the latter weeks of intra-uterine life. Br. Heart J., 22: 563, 1960.
10. Garret, W.J. and Robinson, D.E.: Fetal heart size measured in vivo by ultrasound. Pediatrics, 46: 25, 1970.
11. Kerber, R.E., Dipell, W.F. and Abboud, F.M.: Abnormal motion of the interventricular septum in right ventricular volume overload. Circulation, 50: 248, 1974.
12. Kleinman, C.S., Hobbins, J.C., Jaffe, C.C., Lynch, D. and Talner, N.S.: Echocardiographic studies of the human fetus; prenatal diagnosis of the congenital heart disease and cardiac dysrhythmias. Pediatrics, 65: 1059, 1980.
13. Meyer, R.A., Schwartz, J.C., Benzing, G. III and Kaplan, S.: Ventricular septum in right ventricular volume overload. Am. J. Cardiol., 30: 349, 1972.
14. Pearlman, A.S., Clark, C.E., Henry, W.E., Morganroth, S. and Epstein, S.E.: Determinants of ventricular septal motion. Circulation, 54: 83, 1976.
15. Peterson, R.J., Seward, J.B., Tajik, A.J., Ritman, E.L. and Kaye, M.P.: Evaluation of right ventricular free wall replacement in dogs. Circulation, 58: 11, 1978.
16. Recavarren, S. and Arias-Stella, J.: Growth and development of the ventricular myocardium from birth to adult life. Brit. Heart J., 26: 187, 1964.
17. Romero, T., Covell, J. and Mortenson, W.F.: A comparison of pressure-volume relations of the fetal, newborn and adult heart. Am. J. Physiol., 222: 1285, 1972.
18. St. John Sutton, M.G., Gewitz, M.H., Shah, B., Cohen, A., Reichek, N., Gabbe, S. and Huff, D. S.: Quantitative assessment of growth function of the cardiac chambers in the normal human fetuses. Circulation, 69: 645, 1984.
19. Vosters, R., Wladimiroff, J.W. and Versprille, A.: M-mode ultrasound recording of perinatal geometry and dynamics of the cardiac interventricular septum. Europ. J. Obstet. Gynec. Reprod. Biol., 16: 299, 1984.
20. Winsberg, F.: Echocardiography of the fetal and newborn heart. Invest. Rasiol., 7: 152, 1972. (No. 6561 平1・2・7受付)