

超音波計測による胎児発育の評価についての研究

東北大学医学部産科学婦人科学教室 (主任：鈴木雅洲教授)

劉 雪 美 佐 藤 章

Ultrasound Measurement of Fetal Head and Body Sizes
in the Assessment of Fetal Growth

Sheue Mei LIOU and Akira SATOH

Department of Obstetrics and Gynecology, Tohoku University School of Medicine, Sendai

(Director : Prof. Masakuni Suzuki)

概要 超音波を用いた胎児児頭大横径の計測は、胎児の maturity の指標としてよく行われている。しかし、胎児発育遅延の場合、児頭・児軀幹の釣合にアンバランスのある場合、児頭が骨盤腔内に嵌入している場合などでは、児頭大横径のみの胎児発育判定法は不十分であり、できるだけ多くの胎児部位の計測値を併用し、総合的な胎児発育判定法が望まれている。今回、生体映像法である超音波断層法を用いて、胎児を直接的に観察し、超音波装置内に内装したデジタルキャリパーで胎児の児頭大横径、頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長を求め、胎児発育判定への応用を試みた。1) 児頭大横径、頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長はほぼ直線的に増加し、それぞれの正常発育曲線を作成した。妊娠週数との相関はそれぞれ0.901, 0.972, 0.990, 0.988であった。2) 頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長の三つの計測値の関係は、妊娠満35週まで頭部周囲長>腹部周囲長>胸部周囲長であったが、妊娠満35週以後は腹部周囲長>頭部周囲長>胸部周囲長となった。3) LFD の発育は AFD に比して速やかであった。妊娠30週以前に LFD を診断するのは困難である。4) SFD の腹部の発育は頭部に比して悪い。HC/AC Ratio は常に1より大きかった。

Synopsis The growth of the ultrasound biparietal diameter (BPD), head circumference (HC), chest circumference (CC) and abdominal circumference (AC) during normal pregnancy is presented. A total of 799 measurements of 619 pregnant women from 20 to 42 weeks gestation were taken. 1) The correlation coefficient between gestational weeks and BPD, HC, CC, AC was 0.901, 0.972, 0.990, 0.988 respectively. 2) The correlation of HC, CC and AC was HC>AC>CC before 35 weeks, but after 35 weeks it was AC>HC>CC. 3) The growth of large-for-date fetuses (LFD) was more rapid than that of appropriate-for-date fetuses (AFD). It was difficult to detect LFD before 30 weeks. 4) In the group of small-for-date fetuses, the HC/AC ratio was always greater than one. It was suggested that the growth of the fetal body was slower than that of the head.

Key words: Ultrasonic measurement • Biparietal diameter • Head circumference • Chest circumference • Abdominal circumference

緒 言

胎児の発育は妊娠期間と密接な関係をもっている。胎児の大きさ、臓器の機能などは妊娠日数の増加に伴って変化するものである。従って、胎児の発育とその大きさを予知することは重要である。胎児発育を把握し、妊婦の管理を確実にし、胎児の大きさを正確に予知すれば、適切な時期に処置し、あるいは治療を行うことは可能である。

胎児の発育について、妊娠期間算出、計測法、ホルモン測定、骨端計測などが行われてきたが、近年超音波断層法の急速な進歩によつて、子宮内

胎児情報を把握することができるようになり、胎児発育異常の早期診断も一層確実となった。胎児発育障害を分娩前に診断すれば、出生時に児に対する対策が十分に立てられ、仮死や分娩による障害を避けることができる。今は、超音波断層法による胎児発育異常のスクリーニングは臨床上不可欠な検査法となつている。

超音波を用いて、児頭大横径を測定しようとする試みは1961年 Donald et al.⁶⁾により始められ、現在も胎児の maturity を示す指標としてよく行われている。しかし、胎児発育遅延の場合、児頭・

児躯幹の釣合にアンバランスのある場合や、児頭が骨盤腔内に嵌入している場合などでは、児頭大横径のみの胎児発育判定法は不充分であり、できるだけ多くの胎児部位の計測値を併用し、総合的な胎児発育判定法が望まれている。今回、生体映像法である超音波断層法を用いて、胎児を直接的に観察し、胎児の児頭大横径、頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長を計測した。かつそれぞれの正常発育曲線を作成し、胎児発育判定への応用を試みた。

研究対象

①：正常発育曲線作成に用いられた対象は東北大学医学部附属病院産婦人科妊婦再来を受診し、超音波計測を施行した妊娠満20週から妊娠満42週の妊婦619例、計799回計測である。症例はいずれも月経周期が26～33日までの順調な症例でかつ合併症を伴わない症例であった。

②：連続計測し得た症例で、出生後船川曲線に準じた appropriate for dates baby (AFD) 25例、small for dates baby (SFD) 15例、large for dates baby (LFD) 8 例の発育パターンを検討した。

研究方法

① 使用した機種：市販の電子スキャン装置 U-SONIC RT-100, U-SONIC RT-2000, SONOVIS-

TA-P を用いて、計測を行つた。U-SONIC の超音波周波数は3.5MHz、探触子は85mmと130mmで、音速は1,540m/sec、ダイナミックレンジは3段切換(36, 54, 72dB)または AUTO 設定できる装置である。SONOVISTA-P の超音波周波数は3.5MHz、探触子は14cm、音速は1,500m/sec、ダイナミックレンジは固定で、出力レベルは8段階切換(0～-16dB)ができる装置である。

② 計測部位：

a) 児頭大横径計測：児頭大横径 (biparietal diameter 以下 BPD と略す) は図 1-a のように midline, 第3脳室, 視床, 透明中隔が明瞭に観察される断面の外側から内側までの距離を超音波装置に内蔵したデジタルキャリパーによつて計測した。

b) 頭部周囲長計測：BPD を計測した断面の前後径(外側から外側法)を求め、これと BPD との平均値に円周率 π をかけ、その値を頭部周囲長 (head circumference 以下 HC と略す) とする。すなわち、この頭部断面を楕円形とし、楕円形の周囲長の求め方 ($\frac{\text{短径} + \text{長径}}{2} \times \pi$) に従つて、断面の周囲長を求めた。

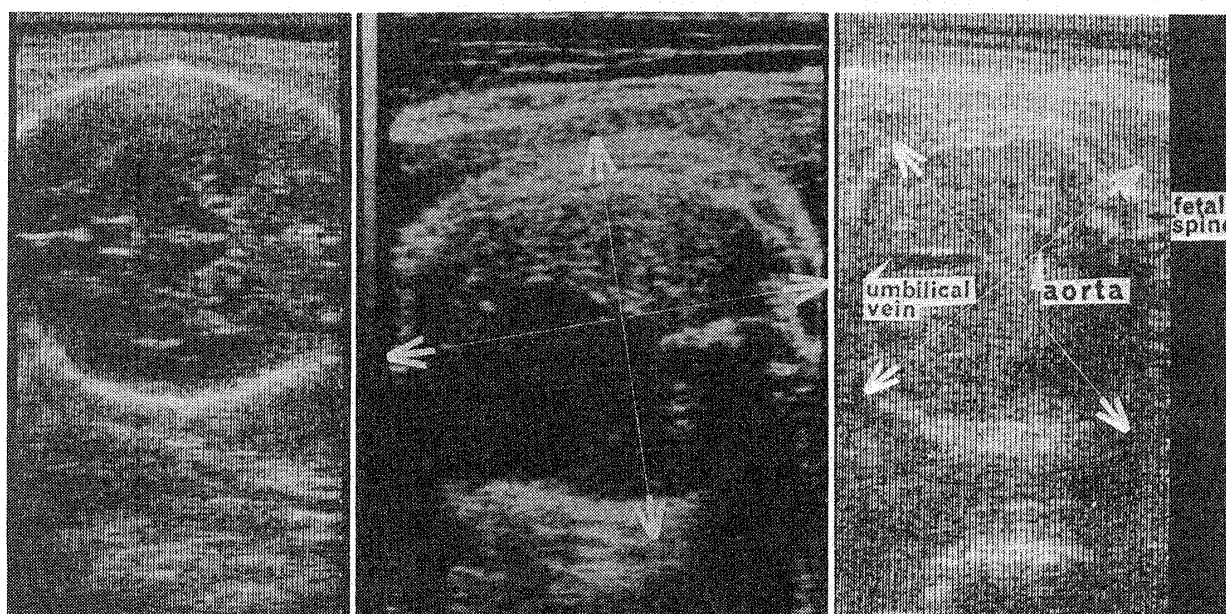
c) 胸部周囲長計測：プローブを胎児軸に平行

図 1

(a) 胎児頭部

(b) 胎児胸部

(c) 胎児腹部



に妊婦腹部にあてて、胎児躯幹縦断像を画面に出し、胎児心臓の位置を確認した上で、胎児軸と直交する断面（図1-b）を胸廓横断面とし、断面には胎児心臓、胸椎が認められる。プローブを胎児軸に対して、頭部または殿部の方向に移動し、胸椎の大きさが変化せず、胎児心臓が最大に描写される断面を固定し、胸廓横断面の前後径と横径をデジタルキャリパーによつて計測し、その平均値に π をかけて胸部周囲長（chest circumference 以下CCと略す）とする。

d) 腹部周囲長計測：プローブを胎児胸部から胎児腹部に移動し、胎児腹部最大横断面（図1-c）を画面に出す。横断像には臍静脈、下大動脈と腰椎が認められる。場合によつて、胃泡が観察されるときもある。HC, CCと同様に腹部横断面の前後径と横径を求め、その平均値に π を乗じて、腹部周囲長（abdominal circumference 以下をACと略す）とする。

上記の3つの周囲長の計算値の検討として、3つの断面像をボラロイドフィルムに撮影し、周囲長をキルビメーター（図2）で計測した。断面像の縮尺率に従つて、HC, CC, ACを算出した。キャリパー計測値（前後径+横径） $\times \frac{\pi}{2}$ とキルビメーター計測値との相関は図3の如く、 $Y=1.0067X+0.2119$, $R=0.997$ とよく相関していた。すなわち、キャリパー計測値 $\times \frac{\pi}{2}$ が信頼できる方法であることを確認した。

研究成績

1：児頭大横径、頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長の正常発育曲線：

a) 799回計測から得られた胎児の4つの部位の週数毎の平均値と標準偏差（SD）は表1の如く各週の平均値、SDと週数との関係は図4の如くであり、相関係数はそれぞれ0.981, 0.972, 0.990, 0.988であつた。妊娠週数をX, BPD, HC, CCとACをYとすると、それぞれ $Y=1.207+0.211 \times X$, $Y=5.806+0.648 \times X$, $Y=0.801 \times X-1.556$, $Y=0.047+0.803 \times X$ の一次回帰式が得られた。BPDとHCの発育曲線は類似している。30週を

図2 Curvimeter

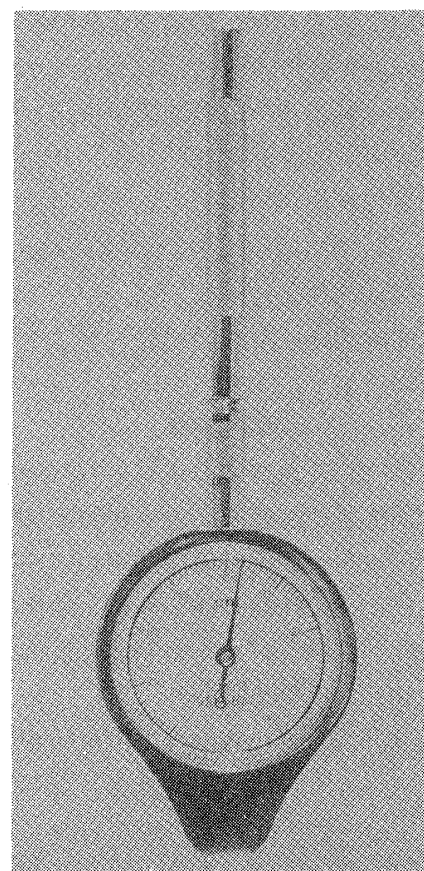


図3 Correlation between the measurements of Caliper and Curvimeter

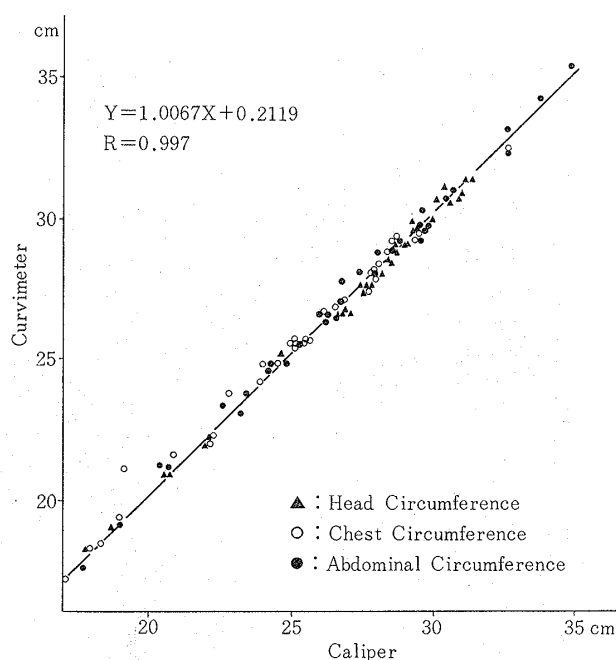


図4 The developmental curves of fetus at each gestational age

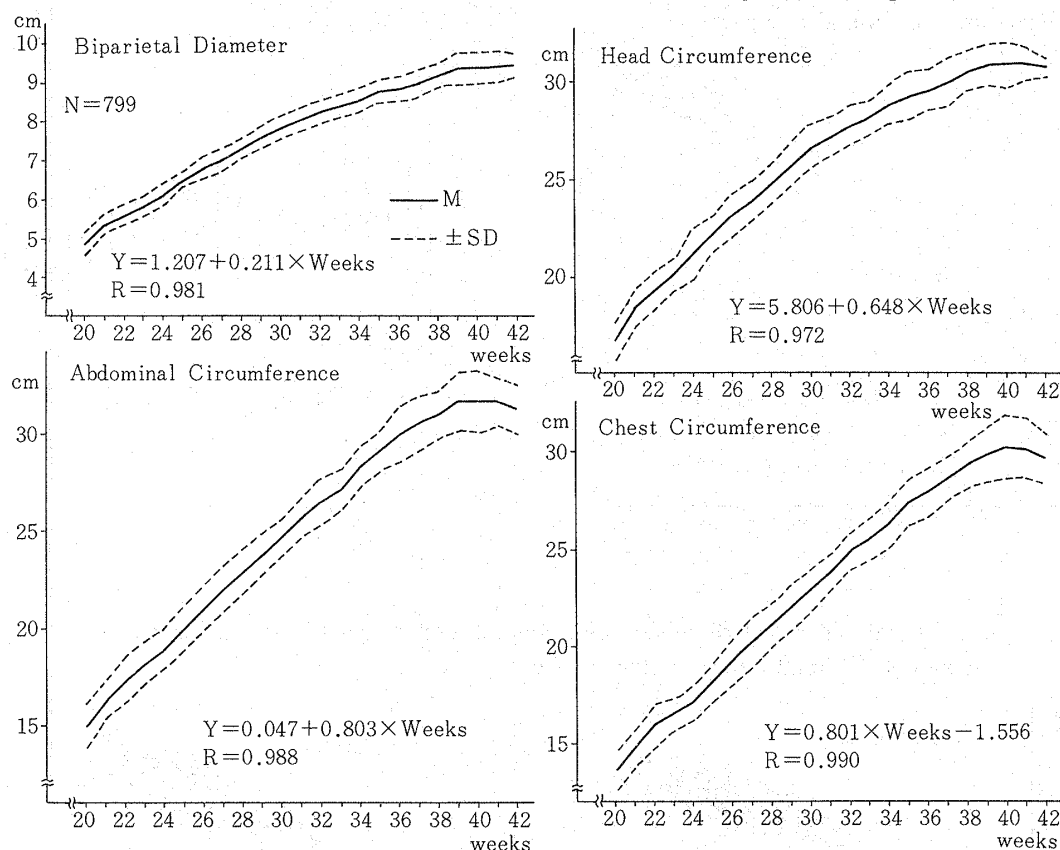


表1 諸計測の平均値並びに標準偏差

週数	計測回数	児頭大横径		頭部周囲長		胸部周囲長		腹部周囲長	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
20	24	4.85	0.37	16.57	1.16	13.55	1.02	14.93	1.19
21	23	5.39	0.27	18.46	1.00	14.77	0.88	16.35	0.90
22	22	5.65	0.33	19.22	1.06	15.93	1.14	17.29	1.21
23	21	5.84	0.24	20.01	0.78	16.52	0.82	18.19	1.14
24	23	6.20	0.38	21.23	1.32	17.08	0.96	18.81	0.72
25	23	6.48	0.21	22.10	0.87	18.25	1.09	20.03	1.18
26	34	6.80	0.36	23.11	1.17	19.19	1.11	20.96	1.15
27	30	7.02	0.35	23.78	0.97	20.18	1.30	21.99	1.21
28	51	7.31	0.26	24.66	1.08	21.09	1.13	22.86	1.23
29	39	7.63	0.35	25.67	1.16	21.99	1.24	23.84	1.13
30	43	7.86	0.28	26.63	1.10	22.95	1.14	24.71	0.81
31	36	8.06	0.27	27.11	0.98	23.81	0.92	25.73	1.07
32	42	8.27	0.29	27.72	1.06	24.98	1.04	26.46	1.26
33	37	8.42	0.29	28.11	0.79	25.44	1.06	27.07	0.98
34	44	8.64	0.31	28.79	0.97	26.32	1.27	28.20	1.07
35	41	8.81	0.32	29.23	1.27	27.47	1.20	29.11	1.04
36	45	8.84	0.31	29.44	1.02	27.93	1.35	29.92	1.40
37	36	9.07	0.36	29.99	1.22	28.67	1.11	30.54	1.56
38	42	9.27	0.31	30.58	0.92	29.31	1.27	30.94	1.18
39	51	9.38	0.41	30.83	1.10	29.85	1.44	31.69	1.51
40	39	9.38	0.41	30.84	1.16	30.16	1.65	31.41	1.69
41	33	9.41	0.39	30.92	0.83	30.10	1.51	31.56	1.33
42	6	9.48	0.27	30.72	0.43	29.63	1.22	31.22	1.29

境界にして、30週以後の発育速度が30週以前の発育速度に比してゆるやかであった。これに対して、CCとACの発育曲線は類似し、頭部よりおくれて35週を境界に、発育速度が緩慢になる。

BPDとHCの1週あたりの増加は、28週以前には0.3cm、0.95cmであったが、28週以後は0.16cm、0.46cmとなり、発育速度が妊娠28週以前の半分になった。CCとACの1週あたりの増加は35週以前に0.93cm、0.98cmであり、35週以後は0.7cm、0.75cmの増加であった。ACの増加はHC、CCの増加よりも大であった。

b) 妊娠経過に伴う頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長の推移：

HC、CCとACの週毎の平均値の推移は図5の如く、妊娠35週までHC>AC>CCであったが、妊娠35週以後はAC>HC>CCとなった。CCは始終ACと平行に増加し、HCと交叉せず、40週をピークにし、以後下降の傾向を示している。

c) 頭部周囲長/腹部周囲長比と週数との関係：図6の如く、週数の増加と共に、HC/AC ratio

図5 Comparison of head circumference, chest circumference and abdominal circumference

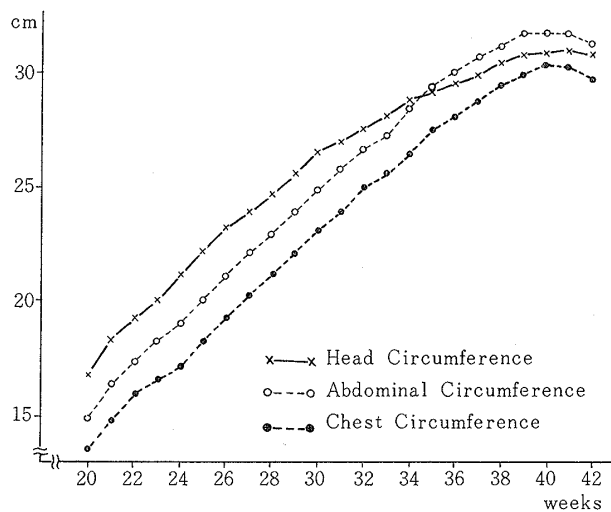


図6 Correlation between gestational age and HC/AC ratio

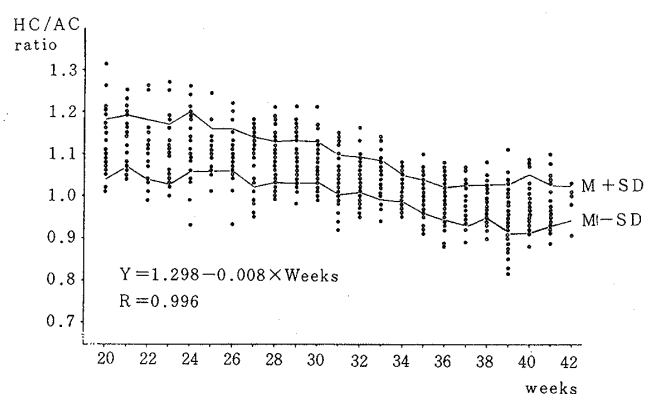
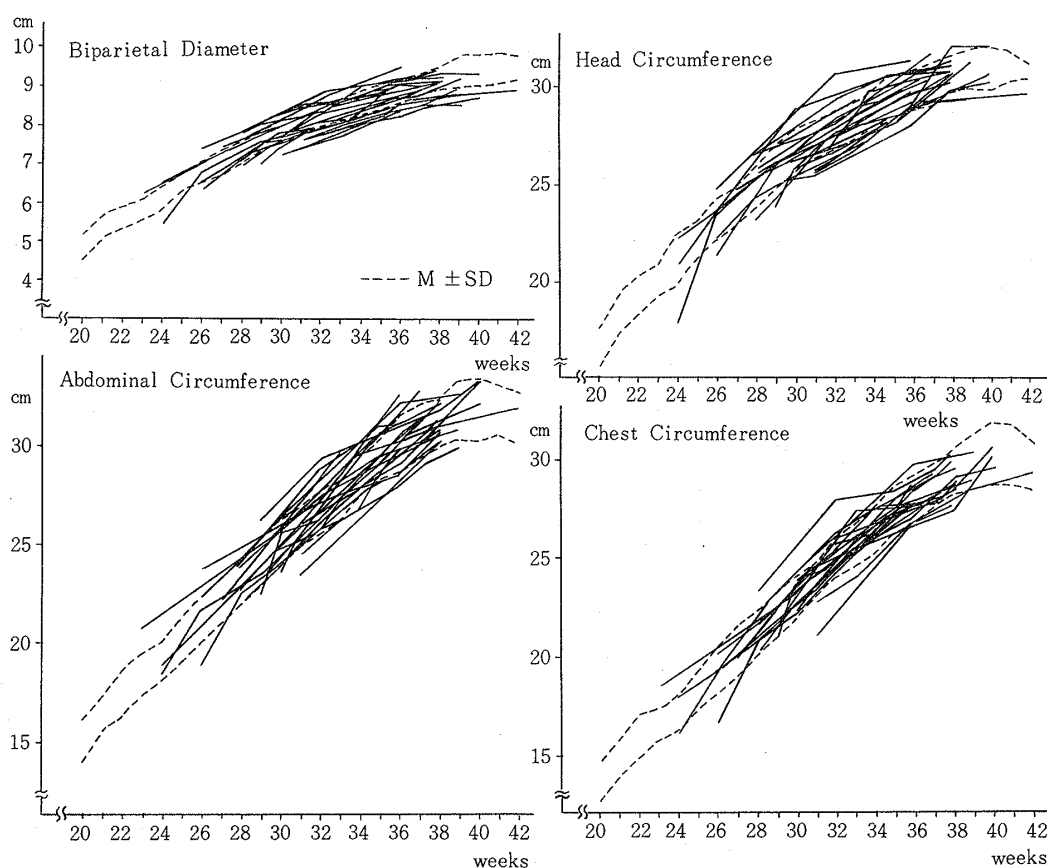


図7 Fetal biparietal diameter, head circumference, chest circumference and abdominal circumference values in AFD

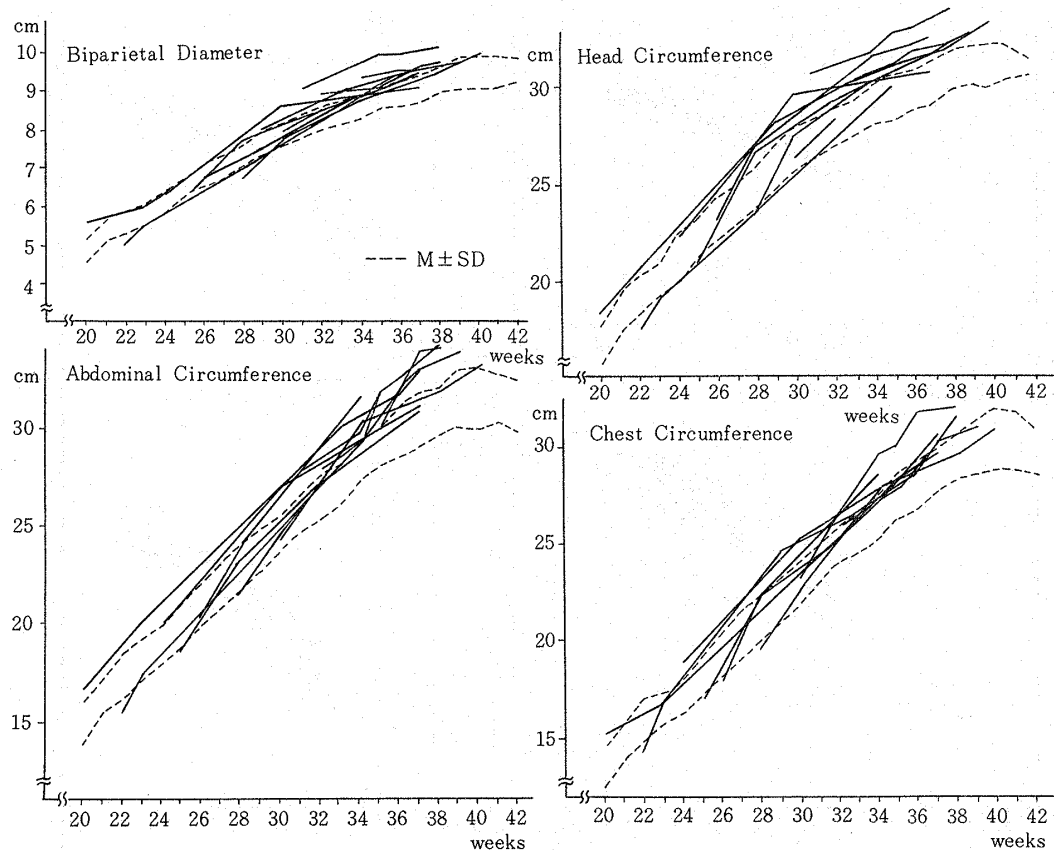


が1に近づき、下降の傾向が認められる。HC/AC ratioをX、週数をYとすると、 $Y = 1.298 - 0.008 \times \text{weeks}$ の一次回帰式が得られ、 $R = 0.996$ とよい相関を示していた。

2: AFD・LFD・SFDの発育パターン:

a) AFD25例の計測値を先述の正常発育曲線上にプロットした結果を図7に示した。妊娠30週以前の各計測値はバラツキが大きいが以後はほぼ

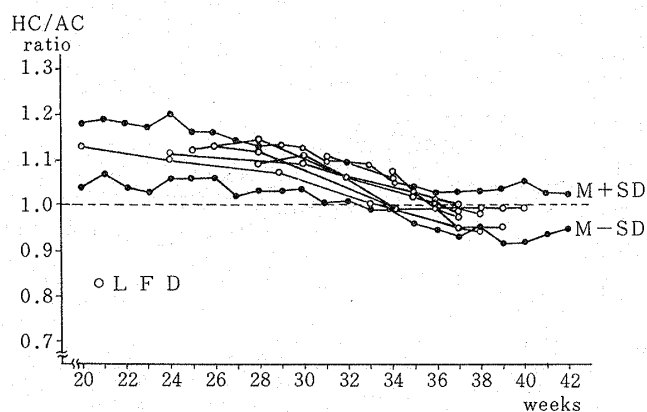
図8 Fetal biparietal diameter, head circumference, chest circumference and abdominal circumference values in LFD



M $\pm$ SD 内の計測値が得られた。25例中 5 例の BPD 計測値が M $-$ SD 以下にあつたにもかかわらず、出生体重が正常であつた。また、CC と AC の最終計測値が M $-$ SD 以下であつた 1 例の BPD と HC は M $\pm$ SD 内にあつた。

b) LFD 8 例の発育パターンは図 8 に示したとおり、症例によつて増加率が違うが AFD に比して速やかであつた。妊娠 30 週以前において、各症例のそれぞれの計測値は M $+$ SD 以上、M $\pm$ SD 内または M $-$ SD 以下の値であつたが、35 週以後の計測値は M $+$ SD 以上または M $\pm$ SD の上限にあつた。この発育パターンから、妊娠 30 週以前に、超音波計測値からは LFD の診断が困難であると思われる。LFD の HC/AC ratio は、図 9 の如く、各症例とも週数の増加と共に、下降の傾向を示していた。35 週以前に 8 例中 3 例が HC/AC ratio < 1 であり、37 週のときに全例が AC > HC となつた。LFD 症例において HC/AC ratio が AFD より早く 1 より小になることは認められなかつた。

図9 Correlation between gestational age and HC/AC ratio (LFD Cases)



c) 母体合併症を伴わない SFD 15 例の連続計測値を正常発育曲線にプロットした結果は図 10 の如く、BPD と HC は M $\pm$ SD 内または M $-$ SD 以下にあつたのに対して、CC と AC はほとんど M $-$ SD 以下にあつた。すなわち SFD の場合は、軀幹部の発育が頭部の発育に比して悪いことがわかつた。SFD の HC/AC ratio は AFD, LFD と異

図10 Fetal biparietal diameter, head circumference, chest circumference and abdominal circumference values in SFD

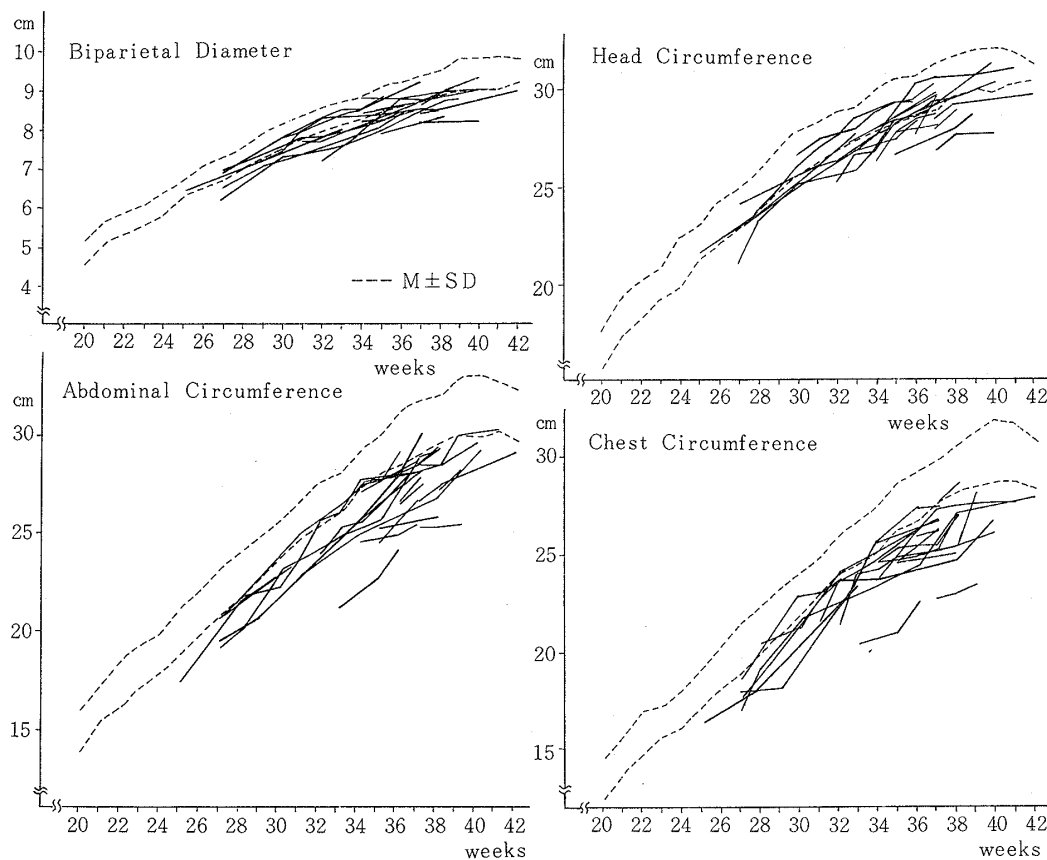


図11 Correlation between gestational age and HC/AC ratio (SFD Cases)

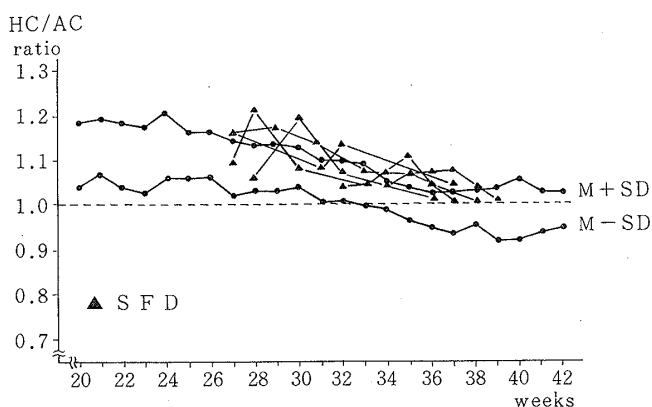
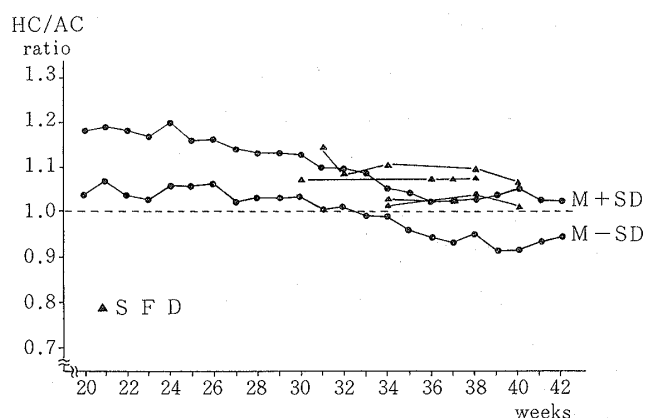


図12 Correlation between gestational age and HC/AC ratio (SFD Cases)



なつて、常に1より大であつた。その推移は2つのタイプを示した。1つはHC/AC ratioが週数の増加と共に下降を示すが、ratio値が変動し、常に1より大きいタイプである(図11)。もう1つは図12に示しているタイプでHC/AC ratioが変動せず、flattである。

考 案

胎児発育を予知する方法は古来、母体外測法(子宮底長、腹囲)、X線撮影法(骨格長、骨核端)等が行われていた。しかし、超音波断層法ほど正確な検査法はないと考えられる。超音波断層法は簡易に行える方法であり、妊婦に苦痛を与えず、反

復検査が可能で、かつ胎児に無害であることがほぼ確認されて、より一層胎児診断に利用されてきた。著者も超音波断層法を用いて胎児の児頭大横径、頭部周囲長、胸部周囲長、腹部周囲長を計測し LFD, AFD, SED の発育について検討した。

超音波における胎児発育判定に最初に使われている parameter は Donald et al.⁶⁾が報告した BPD である、以後 Thompson et al.¹⁴⁾, Hansman⁷⁾, Lunt et al.¹⁰⁾, Wladimiroff et al.¹⁶⁾, Iseel et al.⁸⁾が胎児胸部を用い、Campbell et al.⁴⁾, Warsof et al.¹⁷⁾は胎児腹部を用いて、胎児体重予測式を作成し、胎児体重を推定した。Picker et al.¹¹⁾, Queenan et al.¹²⁾は胎児四肢を計測して、胎児発育を評価した。胎児臓器を用いての胎児発育評価の報告もあるが、いずれも計測が困難で、胎児頭部、躯幹部ほど使われていない。

BPD 計測は測定技術の難しさがなく、計測目標となる頭蓋骨の画像が鮮明で、容易に計測できるが、児頭が骨盤腔内に嵌入しているとき、胎児がうつ伏せのときは計測困難である。これに対して、少数例（骨盤位症例）を除いて、胎児胸部、腹部は骨盤腔内に嵌入することがなく、容易に横断面を画面に描写することができる。このため、胎児胸部、腹部が胎児発育の診断指標になったものと考えられる。

BPD は妊娠週数とはよく相関するが、体重との相関は良くなかった。Campbell et al.³⁾は1971年に BPD が胎児発育によく相関すると発表した。1975⁴⁾年に径長よりも周囲長が胎児発育の指標となると報告し、AC を使つて、胎児体重予測式を作成した。また、1回の計測では胎児発育の良さを判定するのは困難であるとも述べた。著者も胎児発育パターンの検討の中で、30週以前の計測値はバラツキが大きく、AFD, LFD, または SFD であるかを診断するのは困難という結果が得られた。胎児を経時的に観察しながら計測することは、胎児発育の分析にとって重要である。また、胎児計測の意義が生じてくるのである。

竹村²⁾は BPD による胎児発育、すなわち LFD, AFD, SFD の診断が正診率61%と報告した。また、胎児頭部の計測は出生前において、胎児発育

不全症を診断することは可能と言い切れないが、他の直線性の良い発育 parameter を利用すれば、経時的な発育速度から胎児発育を確実に評価できるのではないかと述べた。著者の胎児各部位の連続計測から見た LFD, AFD, SFD の発育パターンがこれに裏付けできると思われる。

Kurjak et al.⁹⁾, Campbell et al.⁵⁾ は HC/AC ratio が胎児発育判定に有効と報告した。Kurjak et al.⁹⁾の成績によると、妊娠35週以前は HC/AC > 1, 36週以後は HC/AC ≤ 1 と、著者の成績と同じであつた。Campbell et al.⁵⁾の成績は35週ないし36週のとき、HC/AC ratio = 1.02, 40週のとき 0.96であつた。また、SFD 症例31例中22例の HC/AC ratio が95th percentile 以上にあると報告した。著者は HC/AC ratio の正常範囲を M ± SD 内に設定したところ、SFD 症例15例中10例が M + SD 以上に認められ、また、全例の HC/AC ratio が1より大きい。この結果は Campbell et al.⁵⁾の報告と同じであつた。

SFD 症例の腹部発育が AFD 症例に比して不良であることは、SFD の皮下脂肪と肝臓の発育に関係している。Rosso et al.¹³⁾は発育遅延児が発育上において、もつとも影響される臓器は肝臓であると主張している。斉藤¹⁾は、新生児早期死亡例の剖検所見から、AFD 児の脳と肝臓の重量比はほぼ 3 : 1 で、頭部一躯幹部不均衡の SFD 児の脳は大で、肝臓が著しく小さく、不釣合なパターンを示すと報告した。Wladimiroff et al.¹⁸⁾も同様に、BPD だけで発育異常をスクリーニングすることには限界があり、Campbell と同じく、HC/AC を用いて胎児発育を検討した。最近、Timor-Tritsch et al.¹⁵⁾は real-time ultrasonograph を用いて、AC の計測を行い、胎児体重の予測を検討した。平均誤差は228g、平均体重の8.3%を示し、また 1,500g 以下、4,000g 以上の症例においては、予測体重の誤差がそれぞれ6.8%、6.5%であり、≤ 2,499g 群と2,500~3,999g 群より低いと、AC が良い胎児発育指標であると報告している。

以上から、胎児発育パターンの分析には BPD の他に胎児躯幹部横断面の要素を加えることが必要である。すなわち、胎児の頭部発育と躯幹部の

発育は、胎児発育障害が生じたときに、両者のアンバランスをきたすので、頭部のみの発育評価は適切ではないと言える。胎児は妊娠経過とともに発育するものであり、経時的な計測値を用いての胎児発育の評価が望まれる。また、胎児計測を行うことは、胎児奇形の有無の早期発見にも有効である。

文 献

1. 斉藤 脩：新生児期早期死亡例の病理所見からみた子宮内胎児発育遅延。周産期医学，3：85，1973。
2. 竹村 晃：超音波による胎児発育診断。日児誌，8：279，1972。
3. Campbell, S. and Newman, G.B. : Growth of the fetal biparietal diameter during normal pregnancy. J. Obstet. Gynaecol. Brit. Commonwealth, 78: 513, 1971
4. Campbell, S. and Wilkin, D. : Ultrasonic measurement of fetal abdominal circumference in estimation of fetal weight. Brit. J. Obstet. Gynaecol., 82: 689, 1975.
5. Campbell, S. and Thoms, A. : Ultrasound measurement of the fetal head to abdomen circumference ratio in the assessment of growth retardation. Brit. J. Obstet. Gynaecol., 84: 165, 1977.
6. Donald, I. and Brown, T.G. : Demonstration of tissue interfaces within the body by ultrasonic echosounding. Brit. J. Radiol., 34: 539, 1961.
7. Hansman, M. : Ultraschallbiometrie in II und III Trimester der Schwangerschaft. Gynaekologe., 9: 133, 1976.
8. Issel, E.P. and Prenzlau, P. : Eine neue Methode zur Berechnung des fetalen Gewichtes mittels ultraschall-B-Bild-Technik. Zl. Gynäk., 96: 417, 1974.
9. Kurjak, A. and Breyer, B. : Estimation of fetal weight by ultrasonic abdominometry. Am. J. Obstet. Gynecol., 125: 962, 1976.
10. Lunt, R. and Chard, T. : A new method for estimation of fetal weight in late pregnancy by ultrasonic scanning. Brit. J. Obstet. Gynaecol., 83: 1, 1976.
11. Picker, R. and Saunderson, D. : A simple geometric method for determining fetal weight in utero with compound gray scale ultrasound scan. Am. J. Obstet. Gynecol., 124: 493, 1976.
12. Queenan, J.T., Kubarych, S.F., Cook, L.N., Anderson, G.D. and Griffin, L.P. : Diagnostic ultrasound for detection of intrauterine growth retardation. Am. J. Obstet. Gynecol., 124: 865, 1976.
13. Rosso, P. and Winick, M. : Intrauterine growth retardation. A new systematic approach based on the clinical and biochemical characteristics of this condition. J. Perinat. Med., 2: 147, 1974.
14. Thompson, H.E. and Makowski, E.L. : Birth weight and gestational age. Obstet. Gynecol., 37: 44, 1971.
15. Timor-Tritsch, I.E., Itskovitz, J. and Brandes, J. M. : Estimation of fetal weight by real-time sonography. Obstet. Gynecol., 57: 653, 1981.
16. Waldimiroff, J.W., Bloemsma, C.A. and Wallenberg, H.C.S. : Ultrasonic assessment of fetal growth. Acta Obstet. Gynecol. Scand., 56: 37, 1977.
17. Warsof, S.L., Gohari, R., Berkowitz, R.L. and Hobbins, J.C. : The estimation of fetal weight by computer-assisted analysis. Am. J. Obstet. Gynecol., 128: 881, 1977.
18. Waldimiroff, J.W., Bloemsma, C.A. and Wallenberg, H.C.S. : Ultrasonic assessment of fetal head and baby sizes in relation to normal and retarded fetal growth. Am. J. Obstet. Gynecol., 131: 857, 1978.

(No. 5399 昭58・10・21受付)