

妊娠における循環動態：非  
侵襲的検査法による検討

Non-invasive estimates  
of hemodynamics in nor-  
mal pregnancy

平田二紀代  
西田 法孝  
金丸 修三  
津谷 恒夫  
平田 俊吉  
石川 正道  
金光 弘  
石川 恭三  
稲垣 忠子

Fukiyo HIRATA  
Noritaka NISHIDA  
Shuzo KANAMARU  
Tsuneo TSUYA  
Shunkichi HIRATA  
Masamichi ISHIKAWA  
Hiroshi KANEMITSU  
Kyozo ISHIKAWA  
Tadako INAGAKI

**Summary**

Pregnancy provides excellent opportunities for observing the hemodynamic alterations in cardiac function occurring during the physiologic stress imposed on the normal myocardium. Hemodynamically, the most important change in the maternal circulation during pregnancy is an increase in the circulating blood volume and cardiac output. In the average woman, the cardiac output at rest rises 30-50% above the normal non-gestational resting value.

Echocardiography was performed for 25 normal pregnant women, ranging in age from 21 to 36 years (mean age of 28.7 years). Echocardiography was performed periodically through out pregnancy, at the gestational ages of the 10th, 24th, 32nd, 36th, and the 3rd postpartal weeks. Tracings were obtained in the left lateral and supine positions. All pregnancies were uncomplicated, and there was no twin pregnancy.

The heart rate increased throughout gestation. However, the systolic and diastolic blood pressures did not change significantly throughout pregnancy. End-diastolic left ventricular dimension (LVDD) increased throughout gestation, with the peak at the 36th week of gestation. Left atrial dimension (LAD) and  $mV_{CF}$  increased at the 36th week of gestation. Throughout gestation, the ejection fraction (EF) showed no significant change. There were no measureable differences in the cardiac size and function in the left lateral and supine positions. Increased LVDD and LAD throughout gestation were thought the reflexion of the increased blood volume and venous return which had its peak in the 36th week of gestation. The slightly larger cardiac size and end-diastolic volume seemed to induce the increased myocardial fiber stretch and, in turn, the increased  $mV_{CF}$ .

Our results indicated that chronic volume overload with increased circulating blood volume occurs in normal pregnancy, resulting in the large cardiac size and increased contractility of myocardial fiber.

杏林大学医学部 第二内科  
三鷹市新川 6-20-2 (〒181)

The Second Department of Internal Medicine,  
Kyorin University School of Medicine, Shinkawa  
6-20-2, Mitaka, Tokyo 181

Received for publication January 12, 1983 (Ref. No. 25-66)

## Key words

Normal pregnancy

Echocardiography

Cardiovascular hemodynamics

## 目 的

妊娠, 分娩は生理的現象であるが, それらが循環器系に与える影響は多大なものがある. そのため, 心疾患を有する妊婦を管理する場合, 妊娠中, 分娩時, さらに分娩後の循環動態を正確に把握しなければならない.

心臓超音波検査法は, 母体及び胎児に悪影響を与えることなく, 頻回に検査することが可能であり, 妊娠中の循環動態を経時的に観察するためには最も適した方法と思われる. 今回, 我々は心臓超音波検査法を用い, 正常妊婦について, 妊娠初期から分娩後にわたって経時的に観察し, 正常妊婦の循環動態の変化を検討した.

## 対象と方法

対象は聖ヨハネ会桜町病院産婦人科外来を受診した正常妊婦 25 名(年齢: 21 から 36 歳, 平均年齢 28.8 歳)である. 心循環器系及びその他の疾患を有する例は除外した. いずれの妊婦も, 正常分娩にて正常新生児を出産した. 正常妊婦 25 名のうち, 初産婦は 21 名(年齢: 21 から 36 歳, 平均年齢 28.3 歳), 経産婦は 4 名(年齢: 28 から 33 歳, 平均年齢 29.8 歳)であった.

心臓超音波検査法(心エコー図法)は, M モード法と断層法を併用し, 妊娠 10 週, 24 週, 32 週, 36 週, 分娩後 3 週に, 仰臥位と左側臥位にて記録した. 各妊婦ともに, 妊娠中は横隔膜の位置により心臓の位置が変化するため, 各時期の M モード法の記録には断層法を利用し, 心内構造物を目安にして, 可及的に等しい部位での記録を行った. そのため, 胸壁上の探触子の位置は特定部位に固定しなかった. 使用機種は東芝製超音波心断層装置 SSH-11A, 探触子には 2.4 MHz のものを用いた. M モード法の記録には Honeywell 製ストリップチャートレコーダーを用い, 紙送り速度は

毎秒 50 mm である. 断層法の記録にはビデオテープを用いた.

## 結 果

### 1. 血圧, 心拍数, 体表面積の変化

Fig. 1 は各時期の血圧の平均値±標準偏差値を示したものであるが, 経過中, 収縮期, 拡張期ともに, 各時期の間に有意な変化はなかった.

Fig. 2 は各時期の心拍数の平均値±標準偏差値を示したものであり, 妊娠 32 週までは妊娠経過につれ有意に増加した. しかし, 妊娠 32 週から 36 週にかけては前値と有意差を認めなかった. 分娩後 3 週と妊娠 10 週の間にも有意差を認めなかった. 体表面積は, Fig. 3 に示すように, 妊娠経過につれ有意に増加しており, 分娩後 3 週にはほぼ妊娠 10 週の数値に戻っていた.

### 2. M モード心エコー図所見の変化

#### 1) 左室拡張終末期内径(LVDd)(Fig. 4)

LVDd は妊娠経過につれ増大し, 特に妊娠 32 週から 36 週にかけては有意に増大していた. また分娩後 3 週の LVDd は, 妊娠 36 週と比較し, 有意に減少し, 妊娠 10 週の LVDd とは有意差を認めなかった.

#### 2) 左室収縮終末期内径(LVDs)(Fig. 5)

LVDs は, 妊娠 32 週までは有意な変化を認めなかった. また分娩後も変化を認めなかった.

#### 3) 左房径(LAD)(Fig. 6)

LAD は妊娠 32 週までは有意な変化を認めなかったが, 妊娠 32 週から 36 週にかけては有意に拡大していた. 分娩後 3 週の LAD は, 妊娠 36 週と比較して有意に減少していた. また, 分娩後 3 週と妊娠 10 週の LAD には有意差を認めなかった.

4) LVDd, LVDs, LAD における左側臥位と仰臥位の比較(Fig. 7)

妊娠 32 週の LAD は, 仰臥位よりも左側臥位

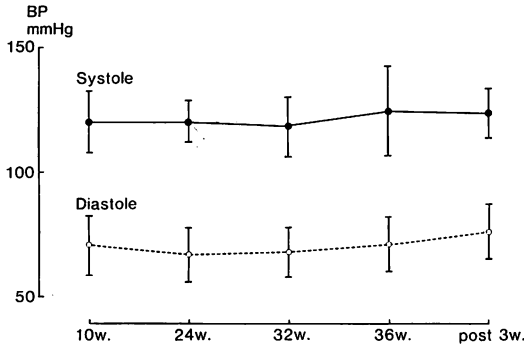


Fig. 1. Changes in blood pressure (BP) during pregnancy and at the third week after delivery.

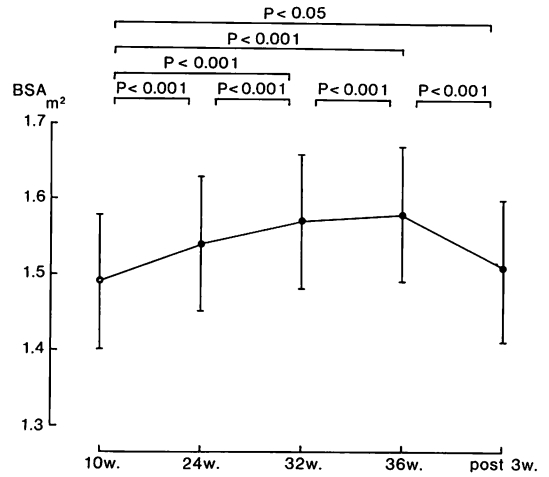


Fig. 3. Effects of gestational age on body surface area (BSA).

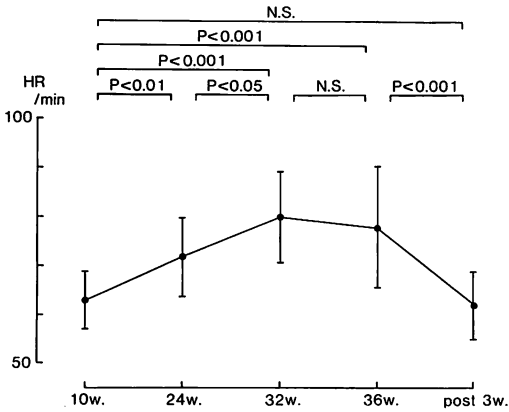


Fig. 2. Effects of gestational age on heart rate (HR) based on the serial studies in 25 normal women.

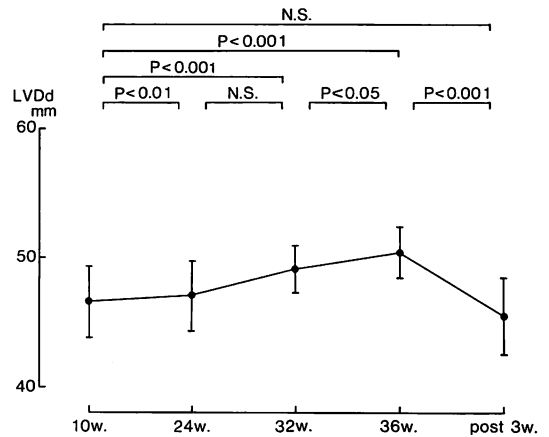


Fig. 4. Effects of gestational age on left ventricular end-diastolic dimension (LVDd) measured by M-mode echocardiograms.

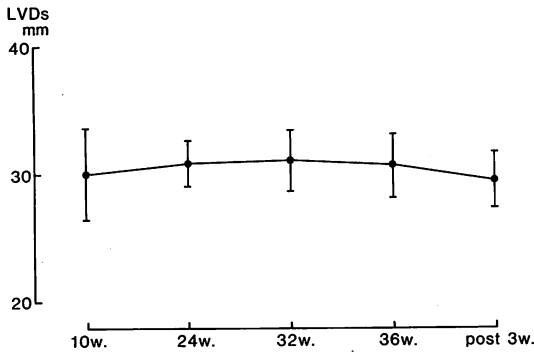
で有意に増加していた。しかし、その他の LVDd, LVDs では妊娠経過中及び分娩後のいずれの時期においても、体位の変換による有意差は認められなかった。なお Fig. 4~6 は仰臥位におけるデータである。

5) 一回心拍出量 (stroke volume : SV) (Fig. 8)

SV は妊娠経過につれて増加し、特に妊娠 32 週から 36 週にかけて有意に増加していた。分娩後 3 週の SV は、妊娠 36 週と比較して有意に減少していたが、妊娠 10 週との間には有意差を認めなかった。

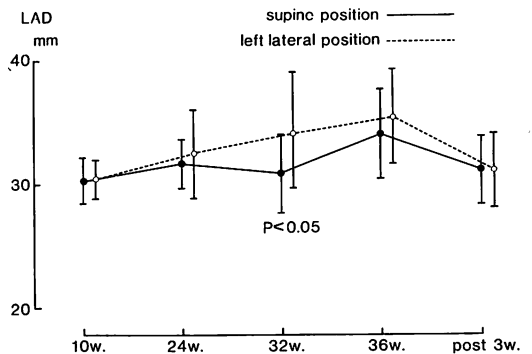
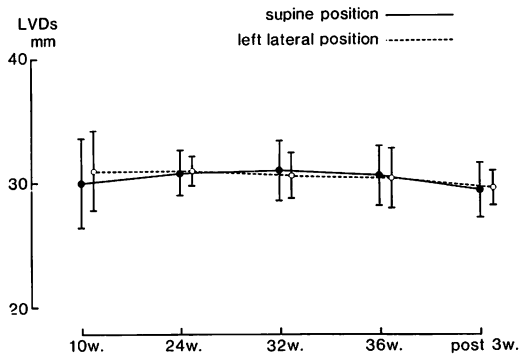
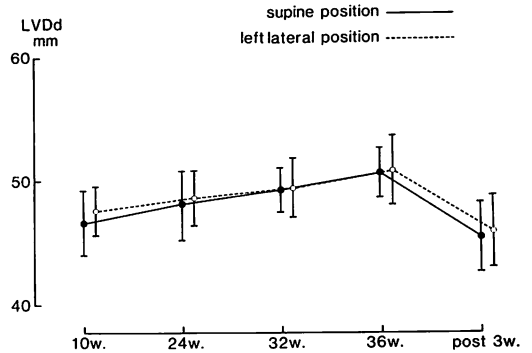
6) 心拍出量 (cardiac output : CO) (Fig. 9)

CO は妊娠 32 週までは有意に増加した。しかし、妊娠 32 週から 36 週にかけては増加傾向が認められたが、有意差は認められなかった。分娩後 3 週の CO は妊娠 36 週と比較すると有意に減少しており、妊娠 10 週との比較では有意差を認めなかった。



**Fig. 5. Effects of gestational age on left ventricular end-systolic dimension (LVDs) measured by M-mode echocardiograms.**

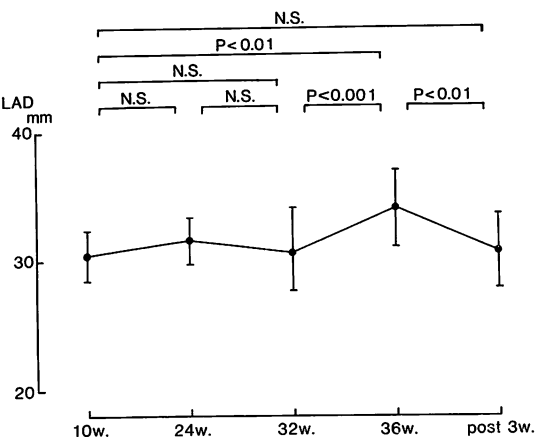
No remarkable change is observed during pregnancy and at the 3rd week after delivery.



**Fig. 7. Comparisons of values of LVDd, LVDs and LAD in left lateral and supine positions during pregnancy and at the 3rd postpartal week.**

No significant changes are observed in both positions.

娠 36 週では妊娠 10 週に比較して有意に増加していた。また分娩後 3 週の  $mV_{CF}$  は、妊娠 36 週と比べ有意に低下しており、妊娠 10 週の  $mV_{CF}$



**Fig. 6. Effects of gestational age on left atrial dimension (LAD) measured by M-mode echocardiograms.**

7) 駆出率 (ejection fraction: EF) (Fig. 10)

EF は妊娠 32 週から 36 週にかけて増加傾向を示していたが、両者間に有意差は認められず、分娩後 3 週でも有意差を認めなかった。すなわち、妊娠中、分娩後の全経過を通じて有意差を認めなかった。

8)  $mV_{CF}$  (Fig. 11)

$mV_{CF}$  は妊娠経過につれ徐々に増加し、特に妊

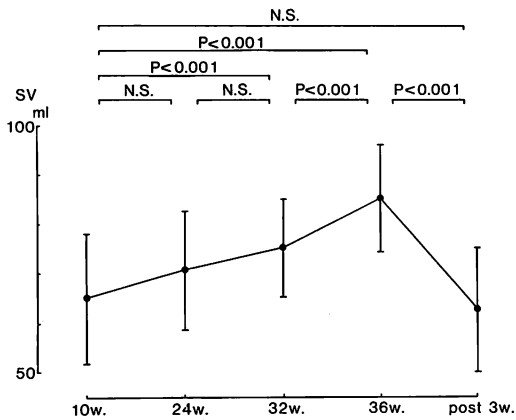


Fig. 8. Effects of gestational age on stroke volume (SV).

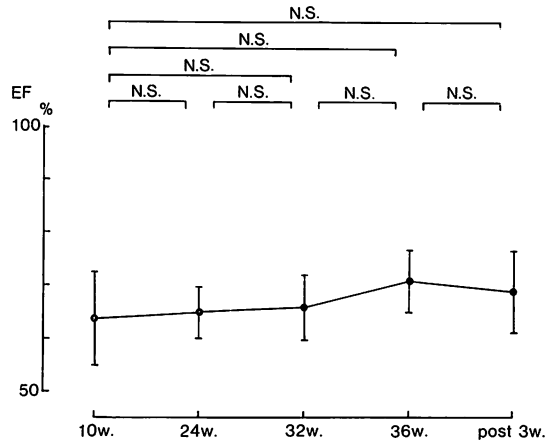


Fig. 10. Changes in ejection fractions (EF) during pregnancy and at the 3rd postpartal week.

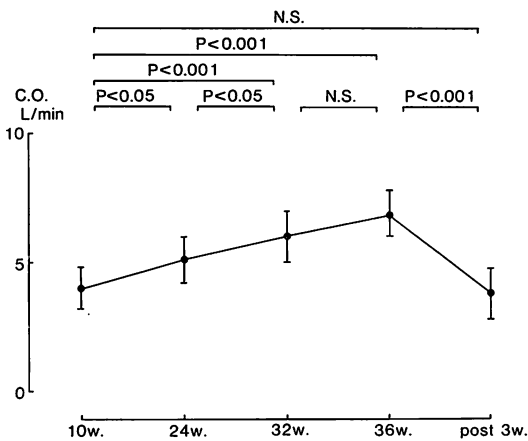


Fig. 9. Changes in cardiac output (C.O.) during pregnancy and at the 3rd postpartal week.

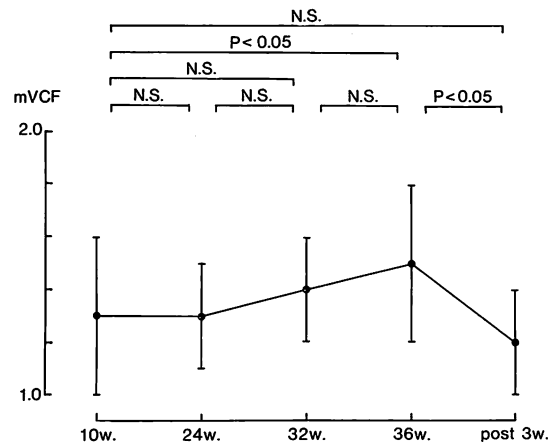


Fig. 11. Changes in mVCF during pregnancy and at the 3rd postpartal week.

とは有意差を認めなかった。

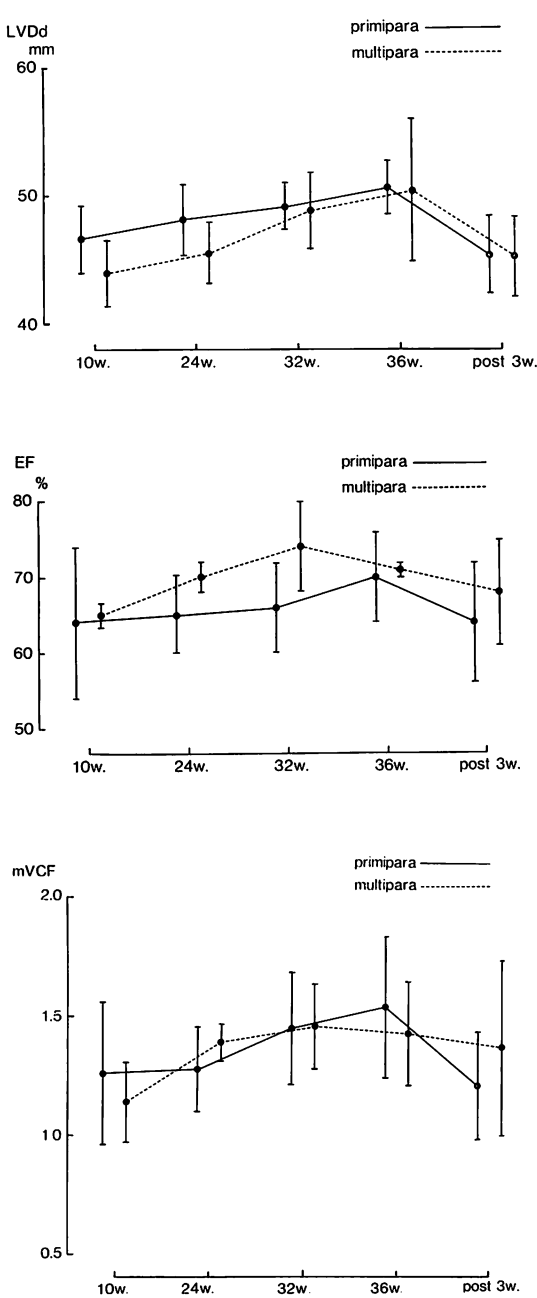
9) 初産婦と経産婦の妊娠、分娩後各時期における LVDd, EF, mV<sub>CF</sub> の比較 (Fig. 12)

初産婦 21 例と経産婦 4 例について、各時期における LVDd, EF, mV<sub>CF</sub> を比較検討した。妊娠 32 週における EF が初産婦よりも経産婦で有意に増加していた。しかし、それ以外には、各パラメーターともに、初産婦と経産婦の間で有意差は認められなかった。

10) 年齢差による妊娠、分娩後各時期における LVDd, EF, mV<sub>CF</sub> の比較 (Fig. 13)

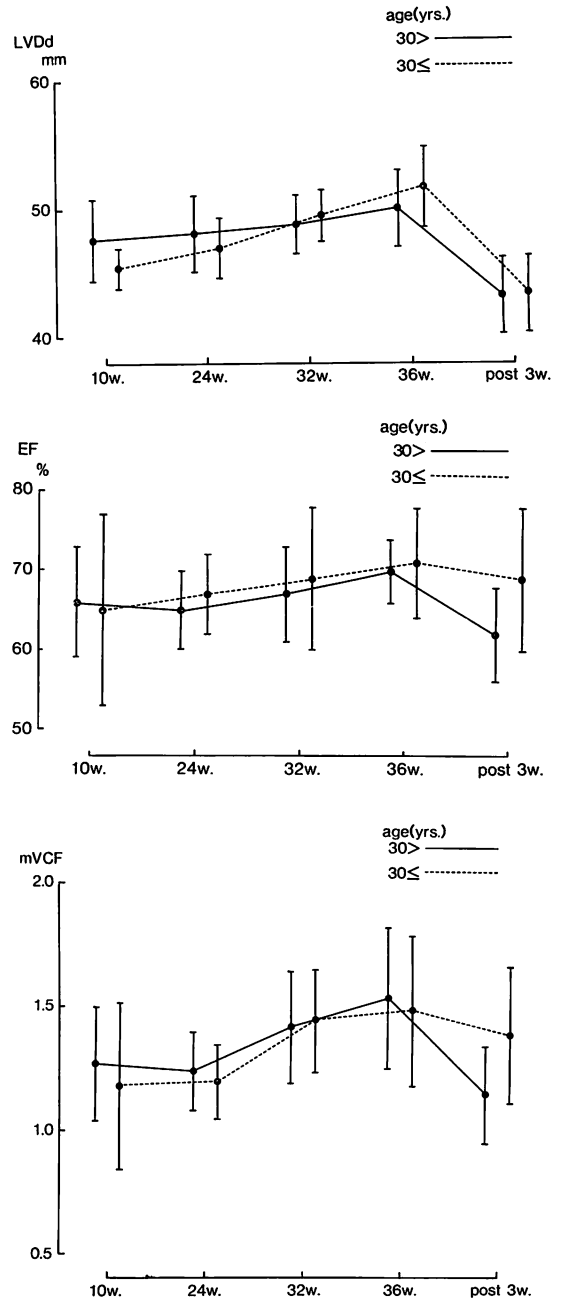
31 歳以上の妊婦 4 例(平均年齢 32.3 歳)と 30 歳以下の妊婦 21 例(平均年齢 26.7 歳)について検討したが、各時期の各パラメーターともに、両者間に有意差を認めなかった。

11) Fig. 14 に 28 歳、初産婦の症例を示す。



**Fig. 12. Comparisons of values of LVDD, EF and mVCF in primipara and multipara.**

There are no significant changes in primipara and multipara.



**Fig. 13. Comparisons of values of LVDD, EF and mVCF in 2 age groups (over 31 years and under 30 years).**

No significant changes are observed in both age groups.

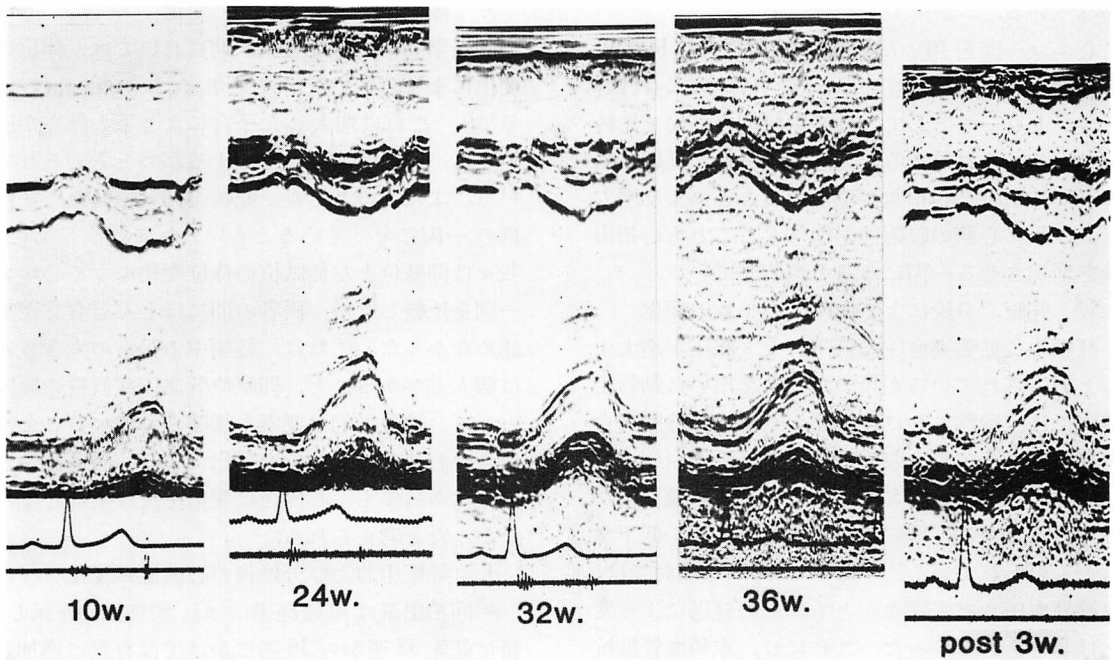


Fig. 14. M-mode echocardiograms of a case in various gestational and postpartal stages (M.H., 28 yrs., primipara).

考 察

心臓カテーテル検査<sup>1-5)</sup>や動物実験による諸家の報告では、妊娠、分娩を通じ、妊婦の循環器系には、内分泌機能の変化や増大する子宮による機械的な圧迫により、多大な負荷がかかるといわれている。

一般に、妊娠中は全循環血液量、循環血漿量が妊娠月数の進行とともに増加することが知られている。Metcalf & Ueland<sup>10)</sup>によると、妊娠中の循環血液量は非妊娠時の140%以上になるが、その値にはかなりの個人差があると報告されている。

心拍出量は妊娠の進行とともに増加するが、そのピークの時期については諸説がある。Metcalf & Ueland<sup>10)</sup>は、心拍出量は循環血液量の増加に先立って妊娠早期から増加、妊娠28週から32週にかけて最高値を示し、その後は分娩時まで漸減

していると報告している。また心拍数は妊娠14週より増加し、妊娠20週から24週にかけて著明に増加すると報告し、さらに、一回拍出量は妊娠早期から増加するが、妊娠24週から減少しはじめると述べている<sup>10)</sup>。

妊娠時の循環動態について非侵襲的検査を用いた報告は数少なく、1972年と1973年に心機図による systolic time intervals を用いた報告<sup>11,12)</sup>がある。しかし、いずれも妊娠経過に伴って同一の妊婦を観察したものではなく、各時期の妊婦の群について比較検討したものである。それによると、妊娠後期には左室駆出時間(LVET)が延長するが、これは循環血液量の増加を反映していると報告している。また、この報告では、仰臥位と左側臥位あるいは坐位でLVETを比較検討しており、左側臥位あるいは坐位にてLVETが延長すると報告している。彼らはその原因として、体位変化により静脈還流量が変化するためであると

述べている。

心エコー図を用いた検討は、1977年、Rublerら<sup>13)</sup>によって行われている。彼らは、成人女性群をコントロールとして、各妊娠時期の妊婦を比較している。それによると、心拍出量は、妊娠早期に一回拍出量と心拍数が増加することにより増大し、さらに心筋の収縮性が増加することも心拍出量を増加させる一因になると報告している。

#### 1. 妊娠、分娩による血圧、心拍数の変化

妊娠中は拡張期血圧の低下により脈圧が増大すると報告されているが<sup>10,15)</sup>、イヌを用いた動物実験<sup>15)</sup>では、胎盤における循環が一種の動静脈吻合を来すことにより収縮期血圧、拡張期血圧ともに上昇するとも報告されている。また胎盤循環が発生するために、妊娠中は末梢血管抵抗が低下するともいわれている<sup>15)</sup>。しかし我々の検討では、収縮期血圧、拡張期血圧ともに妊娠経過による変化は認められなかった。これには、末梢血管抵抗の低下に対して、後で述べる心拍出量増大が関与しているのではないかと考えられる。心拍数の変化については、ほぼ従来の報告とほぼ同様で、妊娠経過とともに増加を示した。

#### 2. 妊娠、分娩による心内径の変化

LVDd は、妊娠10週を過ぎてから徐々に拡大し、妊娠36週で最大に達していた。また、LAD は、妊娠32週にかけて有意に増加していた。すなわち、妊娠経過につれ、循環血液量の増加がおこるため、LVDd、LAD で示される心内径は徐々に拡大していると考えられる。さらにこのことから、妊婦の心臓には慢性的容量負荷が生じていると考えられる。一般に妊娠による循環動態の変化は、妊娠早期から起こるといわれている<sup>10)</sup>、また分娩後の循環動態は速やかに非妊娠時に戻るともいわれている<sup>16)</sup>。今回の検討では、妊娠10週のLVDd、LAD は、非妊娠時と考えられる分娩後3週の値と有意差が認められなかった。すなわち、心エコー図による妊娠時の循環動態の変化は、妊娠10週以降から出現してくると考えられる。

#### 3. 体位による循環動態の変化

妊娠期間中、特に妊娠末期においては、体位の変化により心拍出量が減少するといわれている<sup>8,17)</sup>。これは増大した子宮により下大静脈が圧迫され、静脈還流量が減少するためと考えられている。またこのことが、妊娠の仰臥位低血圧症候群の一因になっているともいわれている。今回、我々は仰臥位と左側臥位の体位変化による心エコー図を比較したが、両者の間にほとんど有意差を認めなかった。これは、妊娠中の子宮の大きさには個人差があること、仰臥位低血圧症候群の原因として、神経学的な要素も加味されていることを考え合わせると、体位の変化による静脈還流量の変化はあっても、心内径に変化を及ぼすほどではなかったと考えられる。

#### 4. 妊娠中および分娩後の心機能の変化

一回拍出量は妊娠経過につれ増加傾向を示し、特に妊娠32週から36週にかけては有意に増加していた。一方、心拍数は妊娠32週までは増加したが、妊娠32週から36週では大きな変化を認めなかった。心拍出量は妊娠32週までは有意に増加していたが、妊娠32週と36週の間では増加傾向が認められたものの、有意差は認められなかった。すなわち、妊娠経過に伴う心拍出量の増加は、一回拍出量と心拍数、両者の増加によると考えられるが、特に妊娠32週までは後者が大きく関与し、妊娠32週から36週にかけては後者よりも前者の増加が大きく関与すると考えられる。駆出率は妊娠後期に増加する傾向を認めたが、有意差を示す程ではなかった。mV<sub>CF</sub> は妊娠24週を過ぎてから増加傾向を示しており、特に妊娠36週では有意に増加していた。このことは、正常妊婦では、妊娠後期に心筋の収縮力が増加してくることを示唆していると考えられる。一回拍出量の増加、mV<sub>CF</sub> の増加は、妊娠経過に伴う循環血液量の増加により、慢性的容量負荷が出現し、心内径が拡大し、心収縮力が増加した結果によると考えられる。すなわち、正常妊婦では、妊娠経過中の循環血液量の増加に対し、心筋の収縮力を増加



させることによって、循環器系の容量負荷を補っていると考えられる。また、このことから、心疾患を有する妊婦が妊娠経過中に心不全を併発しやすいのは、循環血液量の増加による容量負荷に対して心臓が十分に対応できず、機能不全を起こすためと考えられる。

#### 5. 正常妊婦の年齢別、初産婦、経産婦別の心エコー図所見

正常妊婦においても、妊娠時の年齢、分娩回数が増加するにつれて、妊娠、分娩に伴う各種の合併症が起こり易くなる。したがって、心疾患を有するが、妊娠可能な女性では、できる限り若い年代に、数少ない出産をすることが望まれている<sup>14,15)</sup>。我々は、妊婦の年齢、分娩回数が、心機能に対してどのように影響するかを検討した。年齢に関しては、日本産婦人科学会産科諸定義委員会によると、30歳以上を高年初産婦としているため、それ以上とそれ以下の妊婦とで比較検討した。症例数が少ないため今後の検討が必要と思われるが、今回の結果では、30歳以上と29歳以下の妊婦、また初産婦と経産婦の間には、心エコー図での各パラメーターには有意差を認めなかった。

#### 要 約

我々は25例の正常妊婦（年齢21～36歳、平均年齢28.7歳）を対象とし、妊娠10週、24週、32週、36週および分娩後3週に、左側臥位と仰臥位にて心エコー図を記録した。妊婦はすべて正常妊娠で、双生児例は含んでいない。

その結果、心拍数は妊娠中増加した。しかし、収縮期、拡張期血圧ともに有意な変化を示さなかった。妊娠時の左室拡張終末期内径（LVDd）は増大し、妊娠36週に最大となった。左房径（LAD）と $mV_{CF}$ は妊娠36週で増加していた。妊娠中、駆出率は変化しなかった。また、妊娠中の仰臥位と左側臥位における心内径と心機能は、ともに変化を示さなかった。

LVDdとLADの妊娠中の変化は、妊娠中の循環血液量と静脈還流量の増加から妊娠36週に

最大となる慢性の容量負荷が起こっていることを示している。心内径と拡張終末期容量の軽度の増加は心筋線維の収縮力を増大させ、 $mV_{CF}$ の増加を起こしていると考えられる。

今回の結果から、正常妊婦の妊娠期間中には、循環血流量の増加により慢性の容量負荷が生じ、その結果、心内径が拡大し、心筋線維の収縮力が増大しているものと考えられる。

#### 文 献

- 1) Bader RA, Bader ME, Rose DJ: Hemodynamics at rest and during exercise in normal pregnancy as studied by cardiac catheterization. *J Clin Invest* **34**: 1524-1536, 1955
- 2) Hamilton HFH: Cardiac output in normal pregnancy as determined by right heart catheterization techniques. *J Obstet & Gynecol Br Emp* **56**: 548-552, 1949
- 3) Rovinsky JJ, Jaffin H: Cardiovascular hemodynamics in pregnancy. *Am J Obstet & Gynecol* **95**: 781-786, 1966
- 4) Palmer AJ, Walker AHC: Maternal circulation in normal pregnancy. *J Obstet & Gynecol Br Emp* **56**: 537-547, 1949
- 5) Lagerlof H, Werco L: Studies on the circulation in man. II. Normal values for cardiac output and pressure in the right atrium, right ventricle and pulmonary artery. *Acta Physiol Scand* **16**: 75-82, 1948
- 6) Metcalfe J, Parer JT: Cardiovascular changes during pregnancy in ewes. *Am J Physiol* **210**: 821-825, 1966
- 7) Ueland K, Parer JT: Effects of estrogens on the cardiovascular system of the ewe. *Am J Obstet & Gynecol* **96**: 400-406, 1966
- 8) Lees MM, Taylar SH, Scott DB: A study of cardiac output at rest through pregnancy. *J Obstet & Gynecol Br Comm* **74**: 319-328, 1967
- 9) Roy SB, Malkani PK, Viric R: Circulatory effects of pregnancy. *Am J Obstet & Gynecol* **96**: 221-225, 1966
- 10) Metcalfe J, Ueland K: Maternal cardiovascular adjustment to pregnancy. *Prog Cardiovasc Dis* **16**: 368-374, 1974
- 11) Burg JR, Dodec A, Kloster FE: Systolic time intervals during third trimester of pregnancy. *Clin Res* **20**: 170, 1972 (abstr)
- 12) Rubler S, Hammer N, Schneebaum R: Systolic

平田, 西田, 金丸, ほか

- time intervals in pregnancy and the post partum period. *Am Heart J* **86**: 182-188, 1973
- 13) Rubler S, Damani PM, Pinto RD: Cardiac size and performance during pregnancy estimated with echocardiography. *Am J Cardiol* **40**: 534-540, 1977
- 14) 大内広子: 内科疾患を合併した妊婦の管理. *内科* **48**: 256-261, 1981
- 15) 大内広子: 妊娠合併症(3) 産婦人科シリーズ心疾患のすべて. 大内広子編, 南江堂, 東京, 1977
- 16) 友松達弥, 猪尾 力: 妊娠時の循環呼吸変化. *呼吸と循環* **16**: 863-868, 1968
- 17) Kerr MG: The mechanical effect of the gravid uterus in late pregnancy. *J Obstet & Gynecol Br Comm* **70**: 513, 1965