

## 自転車エルゴメータによる運動負荷の 母児におよぼす影響について

愛知医科大学産婦人科

\*愛知医科大学運動療育センター

浅井 光興 山田 晃夫\* 正橋 鉄夫 鈴木 正利  
野口 昌良 中西 正美 丹羽 滋郎\*

### Effects of Maternal Exercise Using Bicycle Ergometer on Maternal Heart Rate, Blood Pressure, Oxygen Consumption and Fetal Heart Rate

Mitsuoki ASAI, Akio YAMADA\*, Tetsuo MASAHASHI,  
Masatoshi SUZUKI, Masayoshi NOGUCHI, Masami NAKANISHI  
and Shigeo NIWA\*

*Department of Obstetrics and Gynecology,*

*\*Institute of Physical Fitness, Sports Medicine and Rehabilitation,  
Aichi Medical University, Aichi*

**概要** 運動負荷の母児におよぼす影響について検討するため、自転車エルゴメータによる運動負荷を行い、母体心拍数、血圧、酸素消費量、胎児心拍数の変化を記録した。

妊娠16週から39週の正常妊婦48例を対象に、最高心拍数(220-年齢)の85%以上を目標に運動負荷を行った。母体心拍数、血圧は運動とともに上昇し、最大運動負荷時にはそれぞれ、 $166.1 \pm 12.2$ /分(mean  $\pm$  S.D., n=48),  $161.1 \pm 20.1/82.7 \pm 15.2$ mmHg となった。運動終了後約5分でほぼ前値に復していた。妊娠週数と母体心拍数や血圧の変化の間には相関を認めなかった。酸素消費量は安静時の $0.232 \pm 0.037$  l/min から運動負荷に伴って上昇し最大運動負荷時には $1.271 \pm 0.201$  l/min となった。妊娠週数が進むにつれ増加する傾向が安静時、運動負荷時ともに認められたが、体重1kg当りの酸素消費量について検討するとほぼ一定となっており、また母体体重と酸素消費量の間には安静時、最大運動負荷時ともに正の有意な相関( $p < 0.001$ )を認め、体重増加がその原因であると思われた。

母体運動負荷により胎児心拍数基線は、妊娠中期では約4bpm、後期で約9bpm増加した。胎児異常心拍パターンは8例(16.7%)に認められ、軽度頻脈が6例、一過性徐脈が2例であった。最大運動負荷時の母体心拍数と胎児異常心拍パターン出現率について検討したところ、母体心拍数160未満では0/11(0%)、160~169では2/15(13%)、170以上では6/22(27%)となっており、母体心拍数が多くなるほど、異常出現率は高くなっていた。

以上の結果より、妊婦に運動負荷をする時には十分な母児管理が必要であることが示された。また運動負荷量の目安として母体心拍数を用いた場合、今回の検討では160/分未満なら胎児異常心拍パターンは出現しないことが示された。

**Synopsis** The effects of maternal exercise on pregnant women and fetal well-being are largely unknown. Forty-eight pregnant women between 16 and 39 weeks' gestation were exercised on a bicycle ergometer. We studied the oxygen consumption, blood pressure, maternal and fetal heart rate (FHR) at rest, during and after the exercise.

The mean maternal heart rate and blood pressure were increased to  $166.1 \pm 12.2$ /min (mean  $\pm$  S.D., n=48) and  $161.1 \pm 20.1/82.7 \pm 15.2$ mmHg, respectively, at maximal exercise. The absolute oxygen consumption (l/min) was increased with advancing pregnancy at rest and maximal exercise, but the functional oxygen consumption (ml/kg/min) was not changed during pregnancy.

The mean FHR was increased about 4 and 9 bpm in the 2nd and 3rd trimesters, respectively. Abnormal

FHR patterns after the exercise were observed in 8 cases (16.7%), mild tachycardia : 6 cases, deceleration : 2 cases. Increasing the maternal heart rate at maximal exercise, increased the frequency of the abnormal FHR pattern. When the maternal heart rate was below 160/min, there was no abnormal FHR pattern.

These results suggest that several medical checks should be done not only for the mother but also for her fetus during exercise and the maternal heart rate should not exceed 160/min.

**Key words:** Maternal exercise • Oxygen consumption • Fetal heart rate

## 緒 言

生活様式の変化、肥満傾向などから妊婦が積極的にスポーツを行うようになってきており、妊婦水泳をはじめとして、ジョギングやエアロビクスなどが行われてきている。妊婦に対する運動負荷の胎児への影響については以前よりとりあげられてきており<sup>9)</sup>、Pomerance et al.<sup>15)</sup>は、子宮胎盤機能不全のスクリーニングテストとして有用であると報告している。そこで妊婦にどの程度まで運動負荷をしても良いかが問題となつてきており<sup>10)</sup>、アメリカ産婦人科学会は1985年にガイドラインを示している。しかしこのガイドラインの妥当性について議論も多く、いまだ定着しているとはいえない<sup>7)</sup>。

そこでわれわれは、妊婦に対する運動負荷の妊婦および胎児に対する影響をみるために本研究を行つた。

## 研究方法

### 1. 対象

研究対象としたのは一般妊婦検診ではとくに異常を認めない妊娠16週から39週の妊婦48名である。なお、本研究は妊婦水泳教室の水泳前メディカルチェックの一つとして行い、運動負荷によつて起こりうる異常などを十分説明したうえで、informed consentを得た。

### 2. 方法

NST および安静心電図を記録した後、自転車エルゴメータによる運動負荷を行つた。運動負荷の方法は図1に示すような負荷漸増法によつて行い、220-年齢で表される最高心拍数の85%以上を目標とした。運動の継続時間は症例によつて異なつており、最短5分、最長14分であり平均は7.4±2.6分 (mean±S.D., n=48) であつた。安静時、運動負荷中、終了後約5分まで、母体心電図、血圧、分娩監視装置による胎児心拍数の測定を行つた。また運動終了まで酸素消費量などの呼気ガス

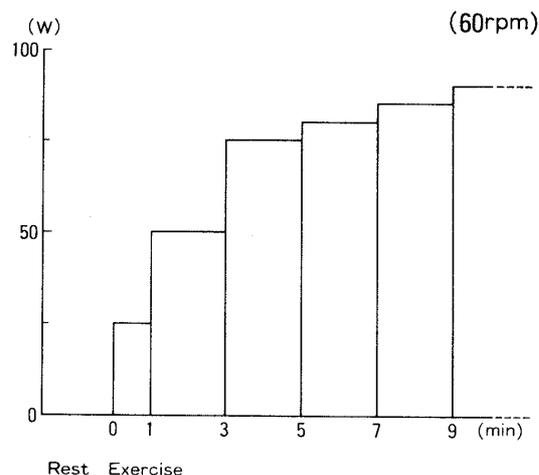


図1 自転車エルゴメータによる運動負荷の方法

分析も同時に施行した。胎児心拍数曲線の判定は日母ME委員会による基準を用いた。

使用した機器は、自転車エルゴメータはCombi社のAerobike、心電図と血圧はフクダ電子社のStress Test System ML-8000を使用し、酸素消費量などの測定は、Mijnhardt社のOxycon-4によつて行つた。

## 研究成績

### 1. 母体心拍数、血圧の変化

母体心拍数の変化は図2に示すように、安静時の87.9±12.0/分 (mean±S.D., n=48) より運動負荷に伴い上昇し、最大運動負荷時166.1±12.2/分となつた。48名の平均年齢が27.1±3.0であることより、目標とした心拍数は、最高心拍数の85%以上すなわち(220-27)×0.85=164/分以上でありほぼ達成されていた。運動終了後3分で108.4±13.2/分と減少し約5分でほぼ前値に復していた。またこの運動負荷により、心室性期外収縮が4例(8.3%)に認められたが、運動継続を中断しなければならぬ例はなかつた。

同時に測定した血圧の変化を図3に示す。安静時の112.4±10.6/68.7±8.2mmHgから161.1±20.1/82.7±15.2mmHgまで上昇し、運動終了3

分後には、収縮期圧 $127.4 \pm 13.0 \text{ mmHg}$ とまだ運動前より有意に ( $p < 0.001$ ) 高値であったが、拡張期圧は $63.8 \pm 6.9 \text{ mmHg}$ と有意に ( $p < 0.01$ ) 低値となっていた。

妊娠週数と母体心拍数および血圧の変化との間

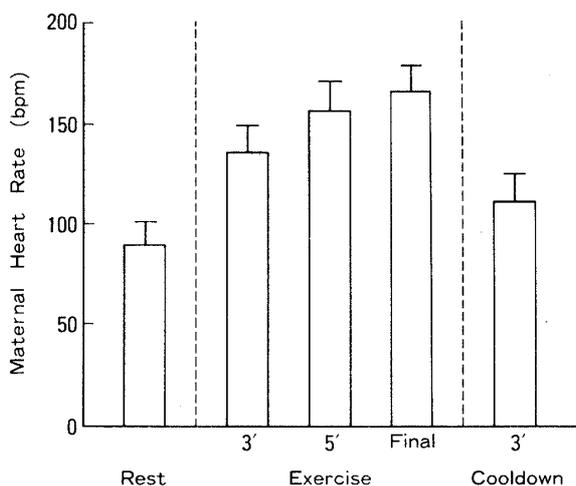


図2 母体心拍数の変化

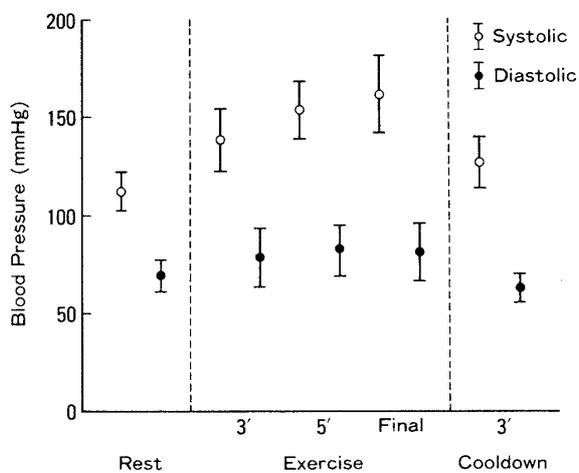


図3 母体血圧の変化

には相関を認めなかつた。

## 2. 酸素消費量の変化 (表1)

母体酸素消費量は表1に示すように、運動負荷により有意に上昇し、各々運動時間ごとにも有意に上昇していた。呼吸商 (RQ: Respiratory quotient) も同様に有意に上昇していた。

妊娠週数に伴う絶対的酸素消費量 (l/min) の変化についてみてみると、個人差が大きいが安静時、最大運動負荷時ともに、妊娠週数が進むにつれて酸素消費量が増加する傾向が得られた(図4)。次に体重1kg当りの酸素消費量 (ml/kg/min) について検討したところ妊娠週数に伴う変化は全く認めず(図5)、妊娠週数に伴う体重増加が、絶対的酸素消費量増加の原因であることが示唆された。次に絶対的酸素消費量と、母体体重の相関について検討したところ図6に示すように、安静時、最大運動負荷時ともに有意な ( $p < 0.001$ ) 正の相関を認め、やはり体重増加が絶対的酸素消費量増加の主因であると思われた。RQの妊娠週数に伴う変化は図7に示すように、運動負荷量がほぼ一定であるにもかかわらず安静時、最大運動負荷時ともに妊娠中期より後期の方が不変ないしやや低下する傾向が得られた。

## 3. 胎児心拍数の変化

妊婦運動負荷の胎児への影響をみるために、胎児心拍モニタリングを運動負荷20分前より運動負荷10分後まで施行した。運動負荷前3分間の心拍数基線と、運動終了1分後から3分間の心拍数基線を比較して検討した。運動負荷後徐脈を呈した2症例を除外し計46例について心拍数基線の変化を図8に示した。

表1 酸素消費量, 呼吸商の変化

	At Rest	On Exercise		
		3min	5min	Final
Oxygen Consumption (l/min)	$0.232 \pm 0.037$	$0.882 \pm 0.128^a)$	$1.118 \pm 0.176^{a)b)}$	$1.271 \pm 0.201^{a)b)c)}$
(ml/kg/min)	$4.13 \pm 0.07$	$15.72 \pm 2.39^a)$	$19.93 \pm 3.44^{a)b)}$	$22.61 \pm 3.19^{a)b)c)}$
RQ	$0.793 \pm 0.071$	$0.939 \pm 0.101^a)$	$1.007 \pm 0.103^{a)d)}$	$1.116 \pm 0.099^{a)b)c)}$

(mean  $\pm$  S.D., n=48)

<sup>a)</sup>  $p < 0.001$  VS resting level    <sup>b)</sup>  $p < 0.001$  VS 3min exercise

<sup>c)</sup>  $p < 0.001$  VS 5min exercise    <sup>d)</sup>  $p < 0.01$  VS 3min exercise

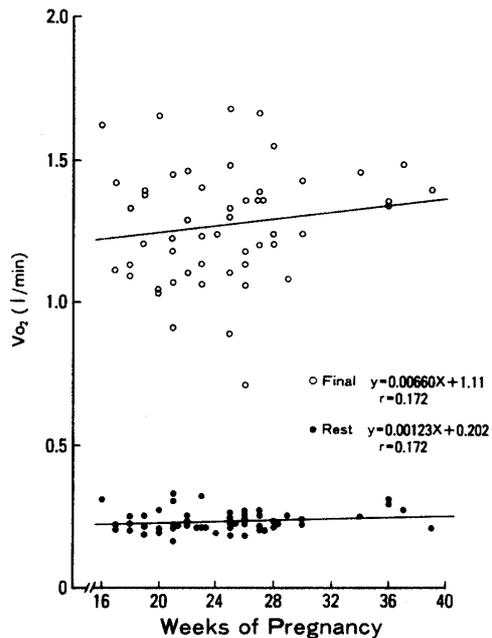


図4 酸素消費量 (l/min) と妊娠週数

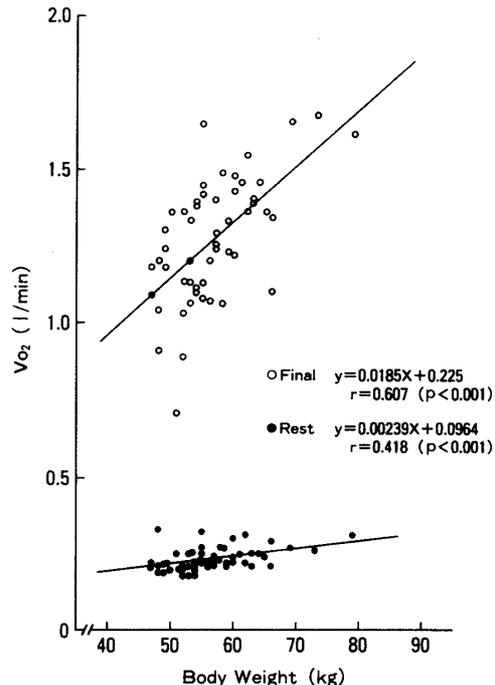


図6 酸素消費量 (l/min) と母体体重

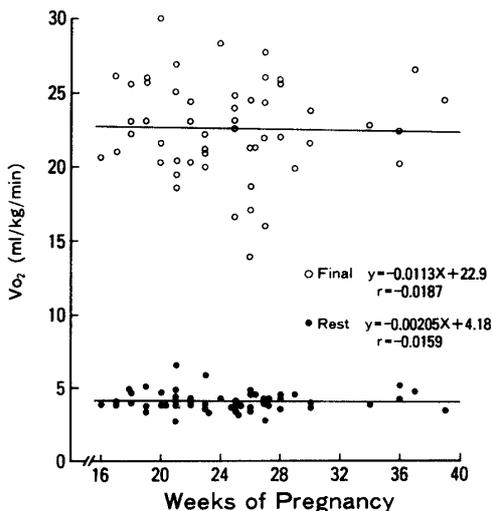


図5 酸素消費量 (ml/kg/min) と妊娠週数

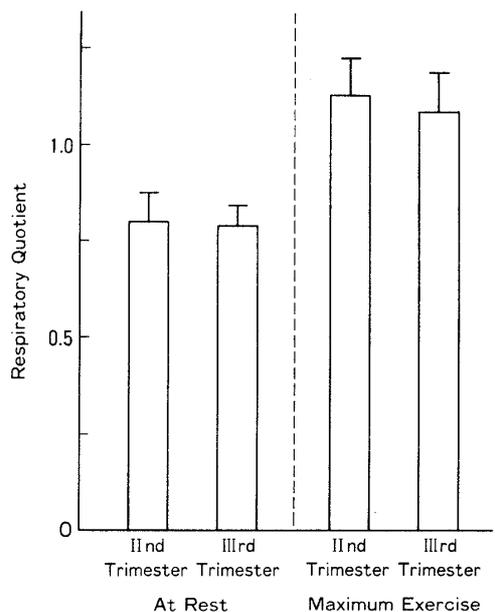


図7 呼吸商の変化

妊娠中期では運動負荷前の $150.2 \pm 6.0$  bpm より負荷後 $153.6 \pm 6.4$  bpm へ有意に ( $p < 0.05$ ) 上昇していた。妊娠後期では症例数が少ないため有意差は得られなかったが、 $144.0 \pm 8.3$  bpm から $152.8 \pm 13.9$  bpm と平均約9 bpm 増加していた。

運動負荷後、胎児異常心拍パターンを示した症例は軽度頻脈(心拍数基線が160 bpm 以上180 bpm 未満のもの)が10例(20.8%)、一過性徐脈が2例(4.2%)であった。軽度頻脈を示した10症例中8例は、妊娠中期の胎児心拍数の多い時期であり、

しかもそのうちの4例は、運動負荷後の心拍数基線が160 bpm であった。この4例については上述の理由により病的意義はあまりないと考えられるため除外し残りの6例を軽度頻脈症例とした。運動負荷量の目安である母体心拍数と胎児心拍パターンの関連について検討したところ、表2に示すように母体心拍数160 bpm 未満では異常心拍パ

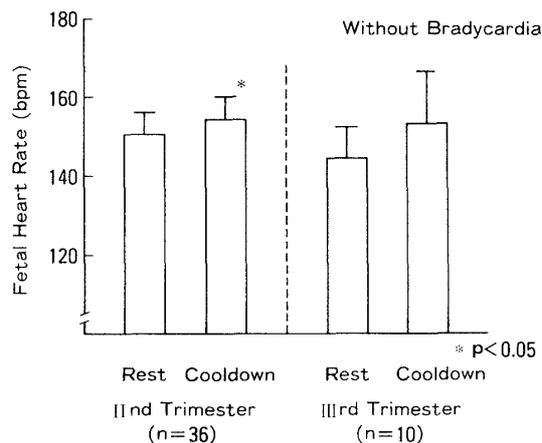


図8 胎児心拍数基線の変化

表2 最大運動負荷時の母体心拍数と胎児異常心拍パターンの関係 (n=48)

Maternal Heart Rate (n)	Fetal Heart Rate Pattern	
	Normal	Abnormal*
<160 (11)	11	0
160~169 (15)	13	2 (1)
170≤ (22)	16	6 (1)

\*Bradycardia case was in parenthesis, and other cases were mild tachycardia.

ターンを示した症例はなかつた。160bpm以上170bpm未満では15例中2例、170bpm以上では22例中6例に異常心拍パターンを認めた。しかしこれらの症例についてその後NSTを反復し経過観察したがとくに異常所見は認めなかつた。

軽度頻脈を示した妊娠28週の症例を図9上段に示した。母体心拍数を同時に示してある。運動中の胎児心拍数は記録できていないが、運動終了約2分後より175bpm前後となり約10分で回復した。一過性徐脈を示したのは2例で、1例は妊娠19週、もう1例は図9下段に示した妊娠37週の症例である。運動終了約1分半後よりモニターできているが70bpmから約4分かけ回復しており、その後variabilityは保たれている。この症例はとくに異常なく正常経膈分娩している。

### 考 案

妊婦の運動については本邦でも古くより妊婦体

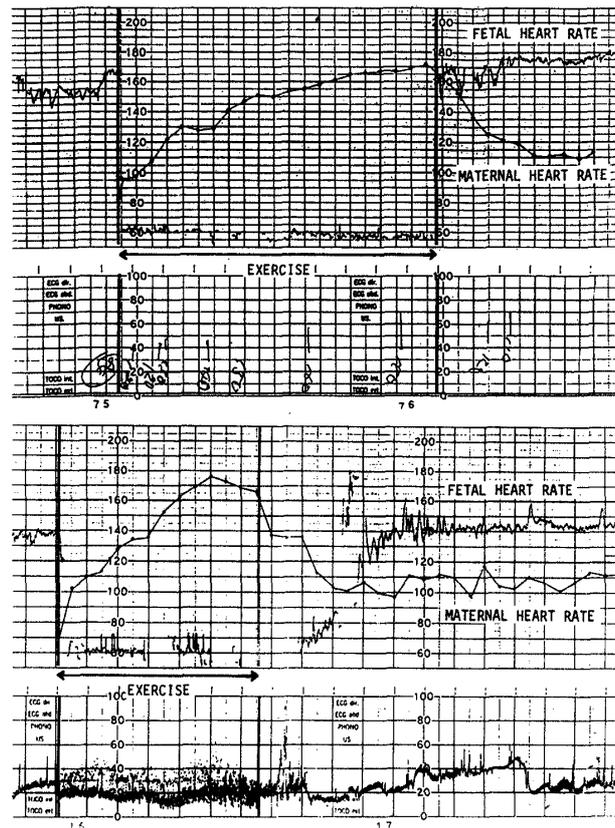


図9 軽度頻脈(上段)、一過性徐脈(下段)を示した症例

操という形で行われてきていた。近年スポーツが広く積極的に行われるようになり、妊婦においても水泳などのスポーツが盛んに行われるようになってきている。また、妊婦運動の効果について運動を続けた群としなかつた群では、運動を続けた群の方が酸素消費量などの運動能力がすぐれていることが報告<sup>3)6)</sup>されている。しかし、妊婦がスポーツを行う際、どの程度の強度の運動まで許可できるのかについては十分検討されているとはいえない<sup>10)</sup>。1985年にACOGは妊娠中の運動についてのガイドラインを発表しているが、反論も多く統一された見解とはいえず<sup>7)</sup>、今後も運動負荷が妊婦および胎児におよぼす影響についての検討が必要である。

妊婦が運動をする際に問題になるのは胎児への影響であり、その母体因子としてあげられるのは運動に伴う子宮動脈血流量の変化および子宮収縮である。子宮動脈血流量に関しては、運動により筋肉に血流が分配されるために正常妊婦でも約

25%減少するが、運動終了後にはただちに回復し運動前よりも血流は多くなると報告<sup>14)</sup>されている。妊娠羊による実験では<sup>12)</sup>10分間の最大運動負荷で子宮動脈血流量は約20%減少するが、同時に血液濃縮が起こり胎児への酸素供給は維持されていたとしている。軽度の運動負荷でも血中のノルエピネフリンなどのカテコールアミンはただちに上昇するために子宮収縮を誘発することが考えられるが<sup>1)</sup>、実際に運動負荷前後に外側陣痛計で測定したところ全く変化がなかつたと報告<sup>16)</sup>されている。

酸素消費量は妊娠週数に伴い増加すると報告されており<sup>13)</sup>、今回の検討でも同様であった。しかしこれは妊娠経過に伴う体重増加がその主因であると思われた(図5, 6)。またRQについては、妊娠中はcarbohydrateの利用が高まるため、高くなることが報告<sup>11)</sup>されているが、妊娠に伴う変化では、図7に示すように妊娠後期の方が理由は不明であるが減少してくる傾向が得られ今後検討を要する。

母体運動負荷が胎児におよぼす影響をみるためには、胎児心拍数の記録が最も良い方法であろう。われわれは48例中8例(16.7%)に異常心拍パターンを認めたが、Hon et al.<sup>9)</sup>は26例中6例(23.1%)に異常心拍パターンを認め、そのうち3例は徐脈を示し、いずれも胎児仮死のため帝王切開となつたと報告している。またPomerance et al.<sup>15)</sup>は、妊娠35週から37週に運動負荷をすれば子宮胎盤機能のスクリーニングになると報告している。一般には運動負荷により胎児心拍数が、今回のわれわれの検討と同様に妊娠後期では10bpm前後増加するとの報告<sup>2)3)5)</sup>が多いが、1.5マイルのジョギングで50bpmも増加したとの報告<sup>8)</sup>もある。母体運動に伴う胎児心拍数増加の原因としては、カテコールアミンの上昇<sup>1)</sup>、体温上昇、運動により胎児が覚醒状態になるため、また子宮血流減少による軽度低酸素症などが考えられている<sup>3)</sup>。逆に運動により徐脈になる原因としては、迷走神経反射、臍帯圧迫、とくに胎盤機能不全のような予備能の小さい状態では低酸素症などが考えられる<sup>2)</sup>。

運動中の胎児心拍モニタリングは非常に難し

く、あまり報告されていないが、Dale et al.<sup>4)</sup>は4例中3例に運動負荷2~3分で一過性の徐脈を呈し、その後運動継続にもかかわらずすぐ回復したと報告している。したがってモニタリング装置の工夫、運動負荷時の体位の工夫などによつて運動中の胎児心拍モニタリングをすることも今後の重要な課題と考えられる。

今回のわれわれの検討では運動負荷量の目安として心拍数を用い、最高心拍数の85%以上を目標に運動負荷を行つた。この時の最大酸素消費量は1.27l/minであり、Knuttgen et al.<sup>11)</sup>とほぼ同様の値であった。ACOGのガイドラインでは、母体心拍数が140bpmをこえないようにすべきであるとしているが、運動量としては少なすぎるように思われる。Dressendorfer et al.<sup>5)</sup>は、最高心拍数の80%程度の運動強度なら胎児異常心拍パターンは出現していないと報告しており、われわれの検討でも表2に示すように160bpmをこえなければ異常心拍パターンは出現していない。母体心拍数が増加するのに伴い、胎児異常心拍パターンの出現率が明らかに増加しているが、200bpmでも胎児に全く影響のない症例も認められた。したがってより強度の運動を許可するためには、各症例ごとに母体心拍モニタリングを施行し判断しなければならない。

以上のように母体運動負荷の胎児に対する影響についていまだ解明されていない事項も多く、水泳など各種スポーツを施行している時の胎児心拍モニタリングなども含め今後さらに検討していくことが必要である。

## 文 献

1. Artal, R., Platt, D.L., Sperling, M., Kammula, R.K., Jilek, J. and Nakamura, R.: Exercise in pregnancy I. Maternal cardiovascular and metabolic responses in normal pregnancy. Am. J. Obstet. Gynecol., 140: 123, 1981.
2. Artal, R., Rutherford, S., Romem, Y., Kammula, R.K., Dorey, F.J. and Wiswell, R.A.: Fetal heart rate responses to maternal exercise. Am. J. Obstet. Gynecol., 155: 729, 1986.
3. Collings, C.A., Curet, L.B. and Mullin, J.P.: Maternal and fetal responses to a maternal aerobic exercise program. Am. J. Obstet.

- Gynecol., 145: 702, 1983.
4. Dale, E., Mullinax, K.M. and Bryan, D.H.: Exercise during pregnancy: Effects on the fetus. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, 7: 98, 1982.
  5. Dressendorfer, R.H. and Goodlin, R.C.: Fetal heart rate response to maternal exercise testing. *Phys. Sportsmed.*, 8: 91, 1980.
  6. Erkkola, R.: The influence of physical training during pregnancy on physical work capacity and circulatory parameters. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 36: 747, 1976.
  7. Gauthier, M.M.: Guidelines for exercise during pregnancy: Too little or too much? *Phys. Sportsmed.*, 14: 162, 1986.
  8. Hauth, H.C., Gilstrap, L.C. and Widmer, K.: Fetal heart rate reactivity before and after maternal jogging during the third trimester. *Obstet. Gynecol.*, 142: 545, 1982.
  9. Hon, E.H. and Wohlgemuth, R.: The electronic evaluation of fetal heart rate. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 81: 361, 1961.
  10. Jopke, T.: Pregnancy: A time to exercise judgment. *Phys. Sportsmed.*, 11: 138, 1983.
  11. Knuttgen, H.G. and Emerson, K.: Physiological response to pregnancy at rest and during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 36: 549, 1974.
  12. Lotgering, F.K., Gilbert, R.D. and Longo, L.D.: Exercise responses in pregnant sheep: Oxygen consumption, uterine blood flow, and blood volume. *J. Appl. Physiol.*, 55: 834, 1983.
  13. McMurray, R.G., Katz, V.L., Berry, M.J. and Cefalo, R.C.: The effect of pregnancy on metabolic responses during rest, immersion, and aerobic exercise in the water. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 158: 481, 1988.
  14. Morris, N., Osborn, S.B., Wright, H.P. and Hart, A.: Effective uterine blood-flow during exercise in normal and pre-eclamptic pregnancies. *Lancet*, ii: 481, 1956.
  15. Pomerance, J.J., Gluck, L. and Lynch, V.A.: Maternal exercise as a screening test for uteroplacental insufficiency. *Obstet. Gynecol.*, 44: 383, 1974.
  16. Veille, J.C., Hohimer, A.R., Burry, K. and Speroff, L.: The effect of exercise on uterine activity in the last eight weeks of pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 151: 727, 1985.

(No. 6716 平1・11・7受付)