— 原 著 —

振動音刺激に対する胎児応答に関する研究

笠原 孝之

日本医科大学産婦人科学教室

Study of fetal responses to external vibratory acoustic stimulation

Takayuki Kasahara

Department of Obstetrics and Gynecology, Nippon Medical School

Effects of a 5-second external vibratory acoustic stimulation (VAS, 500 Hz, 75 db) were studied in 155 healthy pregnant women from 34 to 41 weeks' gestational age on the fetal heart rate and gross fetal body movement. Fetal behavioral states were also studied in 88 out of the 155 patients.

The following results and conclusions were obtained.

1) VAS induced significant increases in the fetal heart rate baseline, the mean amplitude, the mean duration, and the mean time spent % of fetal heart rate accelerations and gross fetal body movements.

2) VSA induced significant changes in fetal behavioral states at states 1F and 3F, but no changes in states 2F and 4F.

3) Reaction to VAS was recognized also in the low birth weight (<2,500 g) group, but the duration of the reaction was shorter than that in the normal ($\geq 2,500$ g) group.

4) By lowering the incidence of false non reactive NST with VAS test, it was possible to predict the fetal prognosis better than NST alone.

5) Inasmuch as VAS changed the fetal behavioral state from resting phase to active phase, the use of VAS in addition to NST was very helpful in more accurate understanding of fetal heart rate monitoring.

Key words: vibratory acoustic stimulation, fetal heart rate, gross fetal body movement, fetal behavioral states

緒 言

近年、妊娠中の胎児情報がかなりの信頼度をもって把握できるようになった。その情報源のひとつである nonstress test (以下 NST と略す) は、胎児が子宮内において well-being, すなわち健康な状態で発育を遂げているかの判定に特に優れており、広く臨床に応用されている。NST の判定は、胎動あるいは子宮収縮に伴う胎児心拍数の一過性頻脈 (acceleration, 以下 ACC と略す) の有無と胎児心拍数基線細変動 (variability) の有無により、胎児が well-being であると考えられる所見、すなわち reactive と well-being ではない non-reactive に分けられている。しかしながら、non-

reactive と判定されている中には休息期 (resting phase) の胎児がかなりの頻度で含まれていると考えられる。

一方、Trudinger ら¹⁾が振動音刺激によって胎児心拍数が一過性に増加することを示して以来、振動音刺激に対する胎児の反応を指標として胎児の状態を調べるという方法が検討されてきた。室岡²⁾は、振動音刺激により胎児心拍数が上昇することを、越野³⁾は、振動音刺激に対する胎児の応答が胎児成熟に関係していることを、亀山⁴⁾は、NST non-reactive の症例に振動音刺激を与えて誘発された胎児心拍数の ACC が胎児の well-being を示すことを報告してきた。Read ら⁵⁾、Serafini ら⁶⁾、Jensen⁷⁾も振動音刺激試験が胎児の well-being か well-being でないかの評価に有用であると述べている。しかし、振動音刺激前後の胎児心拍数の変化と胎動の変化および胎児の行動状態 (behavioral states) の変化を詳細に検討した報告は少な

Correspondence to Takayuki Kasahara, Department of Obstetrics Gynecology, Nippon Medical School First Hospital, 3-5-5, Iidabashi, Chiyoda-ka, Tokyo, 102 Japan

い、そこで、著者は振動音刺激前後の胎児の behavioral states の変化を振動音刺激前後の胎児心拍数、胎動とともに観察することによって、振動音刺激試験による胎児 well-being の判定精度を高め得るのか否か検討を試みた。

研究対象および方法

(1) 対象
昭和 62 年 4 月から平成 2 年 3 月までの間に、日本医科大学付属第一病院産婦人科に通院し、入院分娩となった、妊娠 34 週より 41 週までの妊婦 155 例を対象とした。後に正常産で、2,500 g 以上の児を娩出した成熟児群 130 例と、2,500 g 未満の低出生体重児を娩出した低出生体重児群 25 例である。対象は基礎体温表からの排卵日または妊娠初期に超音波断層法にて CRL (crown rump length ; 頭臀長) を測定し妊娠週数を確定した。対象の分娩週数、出生体重、Apgar score を Table 1 に示した。なお、胎児奇形などの異常例は除外した。

Table 1 Summary of patient data and fetal outcomes

Group	≥2,500 g	<2,500 g
Number	130	25
Gestational age at test (wk)	34~41	34~40
Gestational age at delivery (wk)	39.7±1.4	37.4±3.1
Birth weight (gm)	3,195±257	2,028±250
Apgar score	8.8±0.7	8.0±0.5

(2) 方法

1) 胎児心拍数の記録と胎動の観察

食事後 2 時間経過したことを確認した妊婦を外部から雑音の入らない静かな部屋でセミファロー体位をとらせ、胎児胎動心拍数計(トーイツ社製 MT-320)を用いて NST を約 30 分間施行した。同時に、胎動、胎児呼吸様運動、胎児の眼球運動を超音波断層装置 (HITACHI EUB 26 および EUB 410) を用いて観察した。ついで振動音刺激を胎児に与え、刺激後の胎児心拍数、胎動、胎児 behavioral states の変化を、さらに 30 分間観察した。

2) 振動音刺激の与え方

30 分間の NST 後に妊婦腹壁上で児頭を触知できる位置から 5 秒間振動音刺激を与えた。

振動音刺激は直径 58 mm のポリエステルフィルム

Fig. 1 The method of external vibratory acoustic stimulation

Table 2 Classification of the fetal behavioral states

Nijhuis et al. (1982)				
	1 F	2 F	3 F	4 F
FHR pattern	variability <10 bpm stable isolated accelerations associated with movements	variability 10~20 bpm frequent 10 to 20 accelerations during movements	no accelerations stable wider oscillates than FHR pattern 1 F	variability up to 25 bpm, unstable accelerations of 25~30 bpm : occasional sustained tachycardia
Body movements	incidental brief gross body movement, mostly startles	periodic gross body movements-mainly stretches and retroflexions and movements of the extremities	gross body movements absent	various, continual activity including many trunk rotations
Eye movements	absent	continuously present	continually present	continually present (when observable)
Breathing movements	regular (if present)	irregular (if present)	regular (if present)	irregular (if present)

にアルミ蒸着した振動膜をつけた加振器(北斗音響製)を振動音刺激装置に連結して妊婦腹壁上から与えた。この振動音刺激装置は周波数 500 Hz の音を加振器から発生し、その強さは、電子測器株式会社 Sound Level Meter (TYPE 1006) にて空气中 30 cm で 75 db である (Fig. 1)。

同一被検者に 2 回以上の検査を行った場合は、前検査から 1 週間以上間隔をあけた。

3) 胎児の behavioral states の判定

子宮内における胎児の行動状態は behavioral states と呼ばれ、周期的に変化していることが知られている。妊娠 36 週以降の妊婦については Nijhuis ら⁸⁾ の分類にしたがい、胎児心拍数パターンおよび胎動、胎児呼吸様運動、胎児の眼球運動の出現パターンから胎児の behavioral states を Table 2 に示すように state 1 F から 4 F に分類した。すなわち、胎児心拍数が安定し胎児が極めておとなしい時期を state 1 F、胎児が活動的で大きな胎動のある state 2 F、state 1 F より胎児心拍数はやや不安定で胎動がない state 3 F、state 2 F よりさらに活動的な state 4 F とした。それぞれの state が少なくとも 5 分間持続することを確認してから振動音刺激を与えた。

4) NST および振動音刺激後の胎児心拍数図の判定法

NST および振動音刺激後の胎児心拍数図について、胎児心拍数基線 (fetal heart rate baseline 以下 FHR-baseline と略す)、long term variability (以下 LTV と略す)、胎児心拍数の ACC の出現頻度、amplitude、duration、time spent% を振動音刺激前と刺激後に分け、各々 5 分ごとを 1 くぎりとして計測した。ACC は日産婦 ME 委員会の基準にしたがい、FHR-baseline に対して amplitude が 15 bpm 以上の上昇、duration が 15 秒以上のものと定義した。ACC が多峰性の場合、最後の下降点までを duration とし、最高の頂上部までを amplitude とした。1 分間を 1 つのくぎりとし、ACC を除いた胎児心拍数曲線の平均をこの区間の FHR baseline とし、LTV は目測法にて計測した。

5) 胎動の判定法

超音波断層法の観察と胎動図から得られた胎動記録のうち、四肢の運動を伴った躯幹の回転運動を gross movement⁹⁾ として、その出現頻度と持続時間を計測した。初発胎動に引き続き 5 秒以内に出現した胎動は同一の胎動とした。

Fig. 2 Example of positive reaction and negative reaction after vibratory acoustic stimulation (VAS)

6) 振動音刺激による胎児反応の判定法

i) 反応陽性の定義

振動音刺激後 5 秒以内に、Fig. 2a に示すような胎動に伴う ACC が出現した場合を振動音刺激に対する反応陽性とし、Fig. 2b に示したように胎動は認めるが、上述の ACC の定義を満たさなかったものや、Fig. 2c に示したように刺激後に胎動も ACC も認めなかったものを振動音刺激に対する反応陰性と定義した。

ii) 反応持続時間の測定法

振動音刺激後 5 秒以内に胎動および ACC が出現した時を反応開始時点とし、ACC あるいは胎動が消失した時を反応終了時点とした。この反応に引き続き 5 秒以内に出現する胎動、あるいは ACC がある場合は同一の反応として取り扱った。

成 績

1. 振動音刺激に対する胎児心拍数および胎動の変化

(1) FHR baseline, LTV の変化

刺激前 5 分間に比べて刺激後の FHR baseline は上昇し ($p < 0.001$)、その有意の変化は刺激後 10 分間持続した (Fig. 3)。なお、刺激前後の LTV には、有意の変化を認めなかった。

Fig. 3 The mean baseline FHR ($\pm$ SEM) was plotted in 5 minute intervals at 34 to 41 weeks' before and after stimulus

2) ACC の変化

刺激前 5 分間に比べて刺激後の ACC の出現頻度, amplitude, duration, time spent% は増加し ($p < 0.001$), その有意の変化は刺激後 15~25 分間持続した (Fig. 4).

(3) 胎動の変化

刺激前 5 分間に比べて刺激後の胎動出現頻度, 持続時間, time spent% は増加し ($p < 0.001$), その有意の変化は刺激後 20 分間持続した (Fig. 5).

2. 振動音刺激と胎児 behavioral states の変化

胎児の behavioral states によって振動音刺激に対する反応が異なるか否か, また胎児 behavioral states が振動音刺激によって変化するか否かを検討するため, 刺激前に胎児 behavioral states が確認できた妊娠 36 週以降の正常妊婦に振動音刺激試験を行い, 以下の成績を得た.

(1) 各 state における FHR, 胎動の変化

1) FHR baseline の変化

FHR baseline はすべての state において, 刺激後は刺激前に比べて有意の上昇を認めた ($p < 0.05$, Fig. 6).

2) ACC の変化

各 state における ACC の出現頻度, amplitude, duration はいずれも state 2 F, 4 F の胎児では刺激による有意な変化を認めなかったが, state 1 F, 3 F の胎児では刺激後は刺激前に比べて有意の増加を認めた ($p < 0.01$, $p < 0.001$, $p < 0.001$). これらの変化を time spent% でみると state 1 F, 3 F の胎児では刺激後は刺激前に比べて有意の増加を認めた ($p < 0.001$, Fig. 6).

3) 胎動の変化

各 state における刺激前後の胎動の変化を time

Fig. 4 The mean number, mean amplitude, mean duration and time spent % of FHR accelerations ($\pm$ SEM) were plotted in 5 minute intervals at 34 to 41 weeks before and after stimulus

Fig. 5 The mean number, mean duration, and mean time spent % of fetal gross movements ($\pm$ SEM) were plotted in 5 minute intervals at 34 to 41 weeks' before and after stimulus

Table 3 The changes in fetal behavioral states after vibratory acoustic stimulation

Before stimulus	After stimulus				
	1 F	2 F	3 F	4 F	Total
1 F	6 (9.5%)	21 (33.4%)	6 (9.5%)	30 (47.6%)	63
2 F	0 (0%)	9 (47.4%)	1 (5.2%)	9 (47.4%)	19
3 F	0 (0%)	7 (29.2%)	10 (41.6%)	7 (29.2%)	24
4 F	0 (0%)	1 (6.25%)	1 (6.25%)	14 (87.5%)	16

spent%でみると state 2 F, 4 F の胎児では刺激前後に有意な変化を認めなかったが, state 1 F, 3 F の胎児では刺激後は刺激前に比べて有意の増加を認めた ($p < 0.001$, Fig. 6).

(2) 振動音刺激前後の胎児 behavioral state の変化

振動音刺激前 5 分間の胎児 behavioral state の割合は Fig. 7a に示すごとくであった。振動音刺激後 5 分間の胎児 behavioral state は Fig. 7b に示すように、刺激前に比べて明らかに変化を示し, state 2 F および 4 F の占める割合が増加した。

また, Table 3 に示すごとく, 刺激前に state 1 F, 3 F であったものは, ほとんどが刺激後には state 2 F, 4 F に変化した。刺激前に state 2 F であったものは, 約半数が 4 F に変化した。刺激前 state 4 F であったものはほとんど変化しなかった。

3. 低出生体重児 (2,500 g 未満) 群における振動音刺激に対する胎児心拍数と胎動の変化

(1) FHR baseline の変化

出生体重が 2,500 g 未満の群でも 2,500 g 以上の群と同様に, 刺激前に比べて刺激後 5 分間に FHR baseline は有意に上昇し ($p < 0.05$), その有意な増加は 10 分後まで持続した (Fig. 8)。

(2) ACC の変化

刺激前 5 分間の ACC の出現頻度, amplitude, duration の変化を time spent% でみると 2,500 g 以上の群

Table 4 Comparison of birth weight $\geq 2,500$ g group and $< 2,500$ g group

Birth weight	Positive reaction ratio	Duration time of reaction(sec)
$\geq 2,500$ g	76.22%	140.97 $\pm$ 13.2(SE)
$< 2,500$ g	78.95%	49.88 $\pm$ 7.0(SE)

Table 5 Comparison of NST and response to VAS test

NST	F.D.(+)	F.D.(−)	Total
Non-reactive	9	17	26
Reactive	10	52	62
Total	19	69	88

$$\chi^2 = 3.95 \quad p < 0.05$$

VAS test	F.D.(+)	F.D.(−)	Total
Positive	4	63	67
Negative	15	6	21
Total	19	69	88

$$\chi^2 = 36.69 \quad p < 0.001$$

NST: non stress test, VAS: vibratory acoustic stimulation, F.D.: fetal distress

Fig. 6 The mean FHR baseline, mean time spent % of FHR accelerations ($\pm$ SEM) and mean time spent % of fetal gross movements were plotted for each state of fetuses, state 1 F, 2 F, 3 F and 4 F, in 5 minute intervals at 36 to 41 weeks' gestation before and after stimulus

と同様に、刺激後に有意の増加を認めたが、その有意な増加の持続は2,500 g以上の群に比べて2,500 g未満の群では短かった (Fig. 8)。

(3) 胎動の変化

刺激前後の胎動の変化をtime spent%でみると2,500 g以上の群と同様に、刺激後に有意の増加を認めたが、その有無な増加の持続は2,500 g以上の群に比べて2,500 g未満の群では短かった (Fig. 8)。

(4) 反応陽性率および持続時間

Table 4 に示すごとく、2,500 g未満の群の反応持続時間は出生体重が2,500 g以上の群に比べて有意に短時間であったが($p < 0.001$)、反応陽性率には有意差はなかった。

4. NST、振動音刺激試験と児の予後との関係

NST と胎児 behavioural statesを確認しながら行う振動音刺激試験を分娩前1週間以内に施行した88例について、分娩時のcardiotocogramにて late deceleration,あるいは severe variable decelerationを認めたものを胎児仮死と判定して振動音刺激との関係を検討した。Table 5 に示したごとく、NSTに比べて振動音刺激試験の方が分娩時の胎児仮死をよりよく予知できた。また、Fig. 9 に示すごとく NSTで non reactiveで、胎児の behavioral stateが1 Fあるいは3 Fであった26例のうち、振動音刺激試験が陽性で、stateが2 Fあるいは4 Fに変化した15例中14例が胎児仮死を認めず、振動音刺激試験が陰性で、stateが変化しなかった11例全例が胎児仮死となった。

a before stimulus

b after stimulus

Fig. 7 Fetal behavioral states before (a) and after (b) vibratory acoustic stimulation at 36 to 41 weeks' gestation

考 察

振動音刺激によって胎児に心拍数の一過性増加や胎動などの反応が起こることは多くの研究者により確認されている^{10,11)}。

音に対する反応ということは、胎児の聴覚系の発育が関与するとされ、妊娠5～6ヵ月頃には胎児の聴覚が完成して反応を示すといわれている¹²⁾。妊娠24週頃から末梢深部知覚の終末である Meisner 小体、Pachini 小体が出現し、妊娠27～28週頃交感神経系の神経支配が心筋細胞に達するとされている¹³⁾。その心筋細胞の機能が開始するとともに、胎動に伴う胎児心拍の ACC が 15 bpm 以上、15 秒以上になる¹⁴⁾。ACC の出現頻度が 20 分間に 2 回以上となるのは妊娠29～30週頃であり¹⁵⁾、したがって、この ACC により NST の評価が可能になるのは妊娠30週以降である¹⁶⁾。一方、振動音刺激に対する胎児心拍数の増加反応は妊娠27週頃からみられる¹⁷⁾。さらに、越野³⁾は振動音刺激(500 Hz, 75 db)に対する胎児心拍数の増加反応は妊娠34週より80%以上の例で認められるようになり、それ以

Fig. 8 The mean baseline FHR ($\pm$ SEM), mean time spent % of FHR accelerations ($\pm$ SEM) and mean time spent % of fetal gross movements ($\pm$ SEM) were plotted for two groups of fetuses in birth weight $2,500g \geq$ group (—) and $2,500g \leq$ group (···) at 34 to 41 weeks' gestation, in 5 minute intervals before and after stimulation

降漸増する傾向にあり、これは、妊娠34週頃胎児が成熟することに関係するとしている。そこで今回の研究では、500 Hz, 75 dbの振動音刺激を使い、振動音刺激試験の適応は妊娠34週からとした。また、振動音刺激に対する反応陽性の定義を胎動および胎動に伴う15 bpm, 15秒以上のACCを認めたものとした。

NSTでnon-reactiveと判定されるものの中には、潜在胎児仮死のみでなく、実際にはwell-beingである

Fig. 9 Correlation between non reactive NST and VAS test
VAS: vibratory acoustic stimulation (500 Hz, 75 db), F.D.: fetal distress

が、睡眠中などにより活動性の低下した胎児も少なからず含まれており、このことが false non-reactive の原因となっている。したがって、睡眠中の胎児または母体に投与された薬物の作用を受けている胎児は、non-reactive と判定されてしまうことが多い^{2,18,19)}。これらの胎児ではこのように子宮内での胎児が睡眠中であるか覚醒しているかの行動状態が NST の判定に大きく影響する。また、振動音刺激試験の反応にも影響を与えると考えられる。そこで本研究では、胎児の行動状態を確認してから振動音刺激検査を行い、どのような行動状態のときに振動音刺激に対する胎児の反応が起り、行動状態はどの様に変化するかの検討を行った。

Prechtl²⁰⁾は健康な新生児の行動状態を behavioral states として state 1～state 5 に分類し、この behavioral states の出現は児の中樞神経系の成熟を反映すると述べている。胎児も一定の周期性をもって静止と活動をくり返しており、これは新生児の behavioral states に相当すると考えられている^{21,22)}。Nijhuis ら⁸⁾は、胎児心拍数のパターンおよび超音波断層法による胎動と眼球運動の 3 つのパラメーターを用いて、妊娠 36 週以降の胎児では胎児心拍数のパターン、胎動と眼球運動の 3 者がそろって変化し、4 つの state に明瞭に区別できるとして、胎児の behavioral states を state 1 F から state 4 F に分類した。これらの新生児あるいは胎児の behavioral states と振動音刺激については、Hutt ら²³⁾は、振動音刺激により新生児の behavioral states が変化することを、また Gagnon ら²⁴⁾は、振動音刺激により胎児の behavioral states が変化し、この変化は新生児にみられる自発的な behavioral states の変化パターンに類似していると述べている。そこで、本研究でも妊娠 36 週以降の胎児について、Nijhuis らの state 1 F～4 F における振動

音刺激に対する胎児の反応につき検討し、active phase である state 2 F と 4 F では振動音刺激後に state の変化は認めないが、resting phase である state 1 F と 3 F では state 2 F あるいは 4 F に変化するという成績を得た。すなわち、振動音刺激に対する反応は胎児の睡眠期であると思われる resting phase で顕著に認められ、胎児を覚醒状態と思われる active phase に変化させることから、従来の NST の false non-reactive の症例に対して本刺激試験を行うことによって、その診断精度が高まるものと考えられる。

Gagnon ら²⁵⁾は、妊娠 33～40 週の IUGR 胎児に振動音刺激試験を施行し、成熟胎児に比べて IUGR 胎児では ACC 数や胎動数は少ないが、刺激後の FHR、胎動の変化は成熟児と同様であると述べている。今回の妊娠 34～40 週の低出生体重児 (2,500 g 未満) 群では、振動音刺激に対する反応は出生体重 2,500 g 以上の群と同様に認められたが、その変化の持続は出生体重 2,500 g 以上の群に比べて短時間であった。このことから、反応持続時間は胎児の成熟や胎内環境と関係していることが示唆された。

振動音刺激を用いて胎児の健康状態を予測できることも多くの研究者によって報告されている。Read と Miller⁵⁾は、振動音刺激検査は子宮収縮を起こさせて胎児の健康状態を調べる Contraction stress test (以下 CST と略す) より安全かつ簡便で、しかも CST と同等に胎児の健康状態を把握できると述べ、Serafini ら⁶⁾は、胎児の well-being の評価法として NST と同様に有用であると述べている。Smith ら²⁶⁾は振動音刺激試験を NST と比較し、分娩時の胎児仮死率には有意の差がないものの、NST の non-reactive pattern の頻度を 50% 減少させ、かつ検査時間を短縮させることができると報告している。今回の成績では、NST が non-reactive で胎児の behavioral state が 1 F あるいは 3 F であった 26 例のうち半数以上が振動音刺激に対して陽性を示し、state 2 F あるいは 4 F に変化し、胎児仮死を認めなかったが、残りの振動音刺激に対して陰性で、state が変化しなかった例のすべてに胎児仮死を認めた。このことから、胎児の behavioral state を確認して行う振動音刺激試験は NST よりも胎児仮死をよりよく予知できることが示された。胎児の behavioral state は、生理的には state 1 F から 2 F へ変化するとされている²⁰⁾。しかしながら、今回の成績では振動音刺激により state 1 F から 4 F へ変化する例も認めた。このことは生理的な変化とはいえないが、振

動音刺激試験で作られた state 4 F の状態でも胎児の well-being を反映していることが、今回の検討で確認された。振動音刺激により胎児の behavioral state が変化し、NST の false non-reactive を明らかに減少させることから、胎児の behavioral state を確認しながら振動音刺激試験を NST に併用することによって、その診断精度を高められると思われる。

振動音刺激試験施行による胎児への安全性については、西島¹⁷⁾は妊娠時に振動音刺激試験を施行した新生児に聴覚誘発反応を施行したが、とくに異常は認めなかったと述べている。母体の腹壁から与えられた刺激は腹壁と子宮を伝わる間に約 45 db 吸収される²⁷⁾ことを考慮すると、本研究で使用した振動音刺激の高圧レベルは母親の血管ノイズと腹鳴よりも弱い音²⁸⁾と言えることから音圧レベルについても問題ないと思われる。また、本試験施行後、切迫早産、早産に至った症例もなく、その他の副作用と思われる合併症も認めていない。しかし、今後はさらに長期予後に対する検討も必要であろうと考えている。

結 論

胎児に 500 Hz, 75 db の振動音刺激を母体腹壁上から 5 秒間与え、刺激前後の胎児心拍数、胎動、胎児 behavioral states の変化を胎児胎動心拍数計および超音波断層法を用いて観察し、以下の結論を得た。

1) 振動音刺激により、FHR baseline は一過性に上昇し、ACC と胎動の発現頻度が増加した。5 分間に占める time spent% も増加した。

2) 振動音刺激を与えると、state 2 F と 4 F の胎児では、振動音刺激により胎児 behavioral state に変化を認めなかった。しかし、state 1 F および 3 F の胎児では振動音刺激により胎児の behavioral state に有意の変化を認めた。

3) 低出生体重児 (2,500 g 未満) の群でも振動音刺激に対する反応は認められたが、その変化は出生時体重 2,500 g 以上の群に比べて短時間であった。

4) 胎児 behavioral state を確認しながら振動音刺激試験を行うことにより、NST の false non-reactive を減少させることができた。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました日本医科大学産婦人科学教室荒木 勲主任教授、小児科学教室平山恒夫教授、生理学第 1 教室品川嘉也教授および直接御指導を賜りました越野立夫助教授に深く感謝いたします。また、御指導、御協力を頂きました教室員各位に感謝いたします。

なお、本論文の要旨は、第 25 回日本新生児学会総会 (1989 年 7 月)、第 78 回日本産婦人科学会関東連合地方部会 (1989 年 10 月) および第 12 回アジアオセアニア産婦人科学会 (1989 年 12 月) において発表した。

文 献

- 1) Trudinger, B.J. and Boylan, P.: Antepartum fetal heart rate monitoring; Value of sound stimulation. *Obstet. Gynecol.*, 55, 265~268, 1980.
- 2) 室岡 一: 産婦人科領域におけるエレクトロニクスの臨床価値に関する研究。日産婦誌, 18, 835~844, 1966.
- 3) 越野立夫: 音・光刺激に対する胎児の応答と、それによる胎内発育遅延の診断的価値。日医大誌, 42, 371~378, 1975.
- 4) 亀山敏彦: 周産期における振動刺激による胎児機能検査に関する研究。日医大誌, 50, 468~479, 1983.
- 5) Read, J.A. and Miller, F.C.: Fetal heart rate acceleration in response to acoustic stimulation as a measure of fetal well being. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 129, 512~517, 1977.
- 6) Serafini, P., Lindsay, M.B.J., Nagey, D.A., Pupkin, M.J., Tseng, P. and Crenshaw, C., Jr.: Antepartum fetal heart rate response to sound stimulation; The acoustic stimulation test. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 41, 148~152, 1984.
- 7) Jensen, O.H.: Fetal heart rate response to a controlled sound stimulus as a measure of fetal well-being. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, 63, 97~101, 1984.
- 8) Nijhuis, J.G., Prechtl, H.F.R., Martin, C.B., Jr. and Bots, R.S.G.M.: Are there behavioral state in the human fetus? *Early Hum. Dev.*, 6, 177~195, 1982.
- 9) Patrick, J., Campbell, K., Carmichael, L., Natale, R. and Richardson, B.: Patterns of gross fetal body movements over 24-hour observation intervals during the last 10 weeks of pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 142, 363~371, 1982.
- 10) Sontag, L.W. and Wallace, R.F.: Changes in the rate of the human fetal heart response to vibratory stimulus. *Am. J. Dis. Child.*, 51, 583~587, 1936.
- 11) Grimwade, J.C., Walker, D.W., Bartlett, M., Godon, S. and Wood, C.: Human fetal heart rate change and movement in response to sound and vibration. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 109, 86~90, 1971.
- 12) 小川玄一: 人胎児脳、とくに胎児の視覚および聴覚に関する脳波的研究。北産婦誌, 6, 60~65, 1955.
- 13) Lebowitz, E.A., Novick, J.S. and Rudolph, A.M.: Development of myocardial sympathetic innervation in the fetal lamb. *Pediat. Res.*, 6, 887~893, 1972.
- 14) 辰村正人, 長田直樹, 皆川幸久, 井田尚志, 前田一雄: 胎動計による胎動検出とその臨床応用。産婦の世界, 34, 789~797, 1985.
- 15) 辰村正人, 加藤一雄, 竹内 薫, 伊東隆志, 前田一雄: 胎児心拍自動解析による NST の評価。日産婦誌, 38, 1503~1507, 1986.
- 16) Bishop, E.H.: Fetal acceleration test. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 141, 905~909, 1981.
- 17) 西島重信: 胎児心拍モニタリングにおける問題点と vibro acoustic stimulation test (VAS test) の臨床応用に関する研究。日新生児誌, 25, 408~417, 1988.
- 18) Brown, R. and Patrick, J.: The nonstress test; How long is enough? *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 141, 646~651,

- 1981.
- 19) Paul, R.H. and Miller, F.C.: Antepartum fetal heart rate monitoring. *Clin. Obstet. Gynecol.*, 21, 375~384, 1978.
- 20) Prechtl, H.F.R.: The behavioural states of newborn infant. *Brain Res.*, 76, 185~212, 1974.
- 21) Timor-tritsh, I.E., Dierker, L.J., Herts, R.H., Deagan, N.C. and Rosen, M.G.: Studies of antepartum behavioral states in the human fetus at term. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 132, 524~528, 1978.
- 22) Junge, H.D.: Behavioral states and state related heart rate and motor activity patterns in the newborn infant and the fetus antepartum-A comparative study. I. Technique, illustration of recordings, and general results. *J. Perinat. Med.*, 7, 85~107, 1979.
- 23) Hutt, S.J., Lenard, H.G. and Prechtl, H.F.R.: Psychophysiological studies in newborn infants. *Adv. Child. Dev. Behav.*, 4, 127~155, 1969.
- 24) Gagnon, R., Hunse, C. and Foreman, J.: Human fetal behavioral states after vibratory stimulation. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 161, 1470~1476, 1989.
- 25) Gagnon, R., Hunse, C., Fellows, F., Carmichael, L., Patrick, J.: Fetal heart rate and activity patterns in growthretarded fetuses; Changes after vibratory acoustic stimulation. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 158, 265~271, 1985.
- 26) Smith, C.V., Phelan, J.P., Platt, L.D., Broussard, P. and Paul, R.H.: Fetal acoustic stimulation testing II. A randomized clinical comarison with the non stress test. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 155, 131~134, 1986.
- 27) Walker, D., Grimwade, J. and Wood, C.: Intrauterine noise; A component of the fetal environment. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 109, 91~99, 1971.
- 28) Henshall, W.R.: Intrauterine sound levels. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 112, 576~578, 1972.

(受付: 1991年 3月26日)