

シンポジウム 妊孕現象と子宮頸部

妊娠子宮頸部の生体力学的研究

順天堂大学医学部産科婦人科学教室 (主任: 古谷 博教授)

橋本 武次

共同研究者

藤田 克, 横川 智之, 国保健太郎, 田中 温, 中陳 欣也, 木野 秀郷
(国立習志野病院) 鈴木 三郎, 渡辺 正臣, 渡辺 忠興, 長岡 貞雄

緒言

妊娠・分娩・産褥という一連の過程において、子宮頸部が営む生理的機序に関しては、これまで多くの研究が報告されているが、これに対していわゆる生体力学 (Biodynamics) をも含めて検討した業績は未だ少ない。

われわれは特に陣痛が子宮頸管に作用する力の定量的測定法の開発および子宮口開大に及ぼす効果の客観的評価法並びに軟産道抵抗の数量的表示法などを設定し、分娩時における子宮口開大の生理を解明し、その臨床的観察法を確立することを研究の目的とした。

測定方法

1) 妊娠初期の人工妊娠中絶術および非妊婦の子宮内膜搔爬術を行う症例に、子宮頸管拡張を行う際、ヘガール頸管拡張器を押す力とそれによつて頸管内壁が受ける圧力を、ストレンゲージによる荷重センサーと圧力センサーによつて記録し測定した。

2) 分娩時に羊水圧、および胎児下降部が子宮下部ならびに子宮頸管の内壁に作用する頸管圧を測定した。羊水圧測定は破水後経腔的に細いカテーテルを子宮腔内に挿入して点滴注射用の生理的食塩水で満たし、ストレンゲージ圧力トランスジューサーに連結した。頸管圧測定は細長いプラスチック板上に 2.5cm の間隔で直線上に 3 個 (先端より①, ②, ③) の極小圧力センサー (図 1) をとりつけ、その全体を防水用ゴムでカバーしてガス消毒した後に、胎児下降部と子宮下部及び子宮頸管内壁の間に、しかも、①が最も深部に入るように挿入し、子宮口唇の 3 時または 9 時の方向に粘膜鉗子で軽く固定した (図 2)。これらの羊水圧と頸管圧は 6 素子の記録器にて同時記録した。圧力センサーは外子宮口から① 9.5cm, ②7.0cm, ③4.5cm の位置に固定してある。このように

図 1 圧力センサー

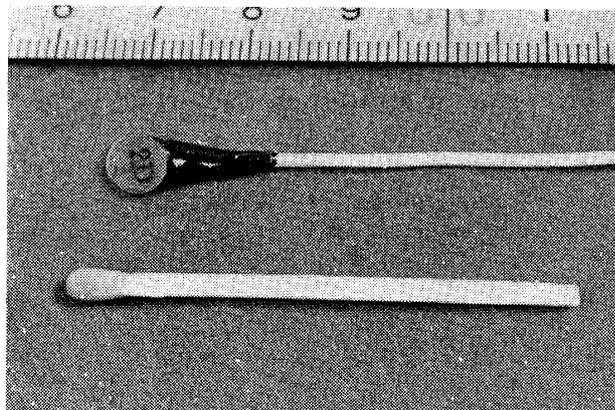
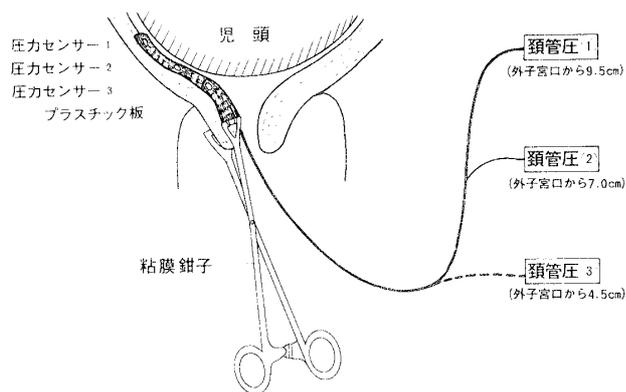
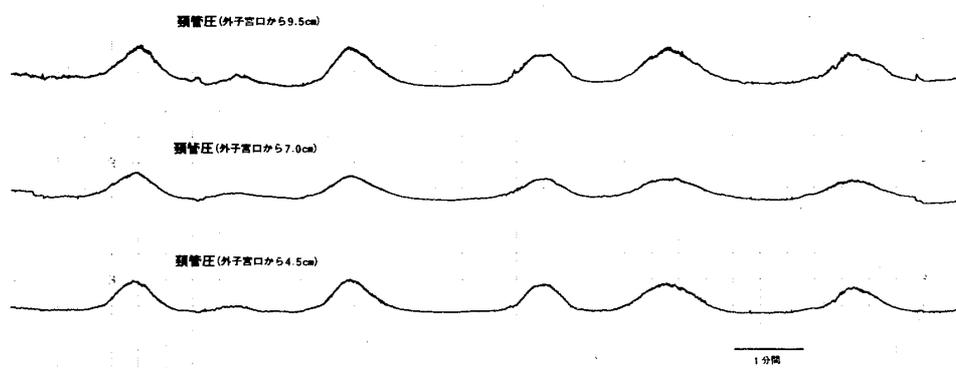


図 2 圧力センサーによる頸管圧の測定法



して記録された頸管圧曲線が図 3 である。Montevideo グループの羊水圧分析の方法に準じて、頸管圧の波形分析を次の如く設定した。子宮収縮のない間歇時の頸管圧を Tonus (mmHg)、子宮収縮によつて変動した頸管圧差を Intensity (mmHg)、10 分間に出現した子宮収縮の回数を Frequency とした。この頸管圧の Intensity と

図3 頸管圧の記録曲線



Frequency の積を Expulsive Activity とし、その単位に橋本単位を使用した。

3) 子宮口開大の張力は、試作した鉗子 (図4) の両先端を子宮口唇の3時と9時の方向にはさみ、子宮口が横に開大しようとする張力を頸管圧と同時記録して測定した (図5)。

4) メトロイリーゼ中の頸管圧、メトロイリンテルの内圧、子宮口開大の張力等も、分娩時の頸管圧や羊水圧と全く同様にして記録測定した。

成 績

1. 妊娠初期のヘガール頸管拡張

頸管拡張術を行う場合に、ヘガール頸管拡張器を頸管

図4 子宮口開大の張力を測定する鉗子

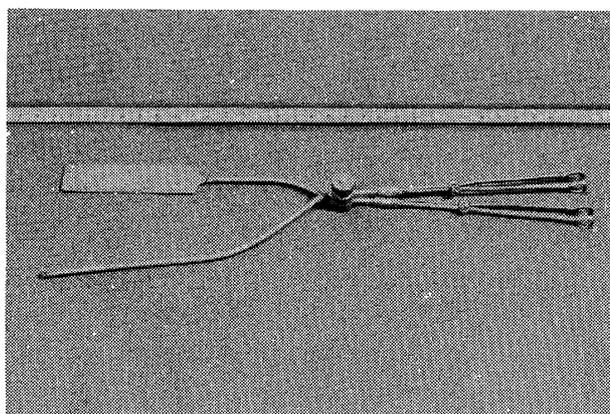


図5 頸管圧、羊水圧並びに子宮口開大の張力等の記録曲線

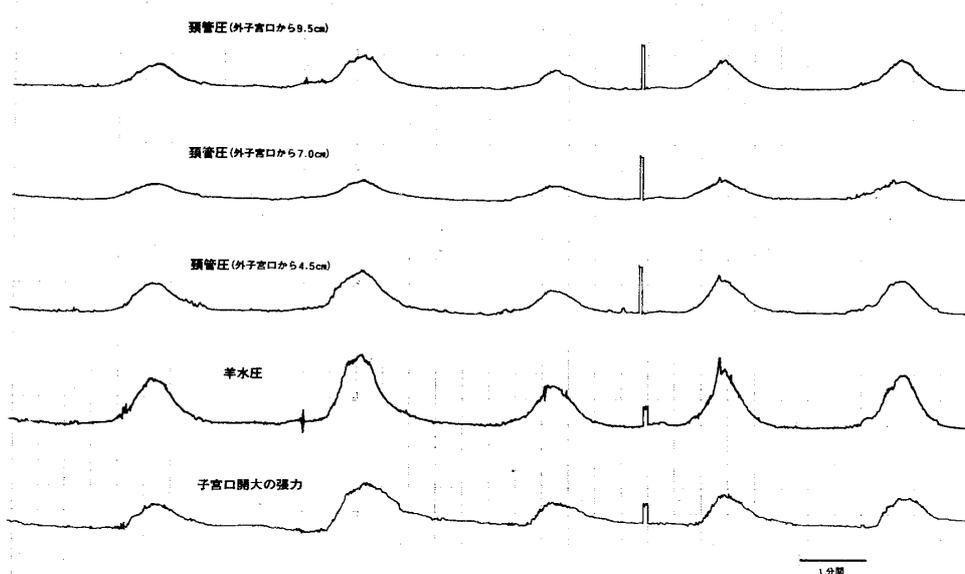
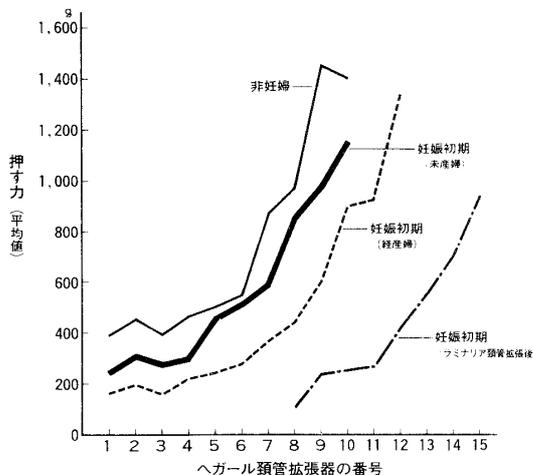


図6 子宮頸管拡張に要する力



内に挿入するために要する押す力を測定してみると、その押す力は細い方から太い方進むに従って強くなっている(図6)。それは非妊婦では最初から強い力を要するが、妊娠初期では未産婦、経産婦、ラミナリア頸管拡張後の順に弱い力で頸管を拡張することができる。普通、術者が頸管を拡張する際に強い抵抗を感じるのは、ヘガールを押す力が1,000g以上であり、これ以下で安全に行うには、非妊婦ではヘガールの8番まで、妊娠初期の未産婦では9番まで、妊娠初期の経産婦では11番まで、妊娠初期のラミナリア頸管拡張後の症例では15番までであることがわかる。

ヘガールを同じ強さの力で押ししても頸管圧の強さは異なり、非妊婦が最も強く、妊娠初期では未産婦、経産婦、ラミナリア頸管拡張後の順に弱い(図7)。

2. 分娩時の頸管圧

頸管圧は測定部位によつて異なり、一般には子宮口

図7 子宮頸管拡張時の頸管圧 (g/cm²) / 押す力(g) 比 (平均値 ± 標準誤差) —ヘガール頸管拡張器による—

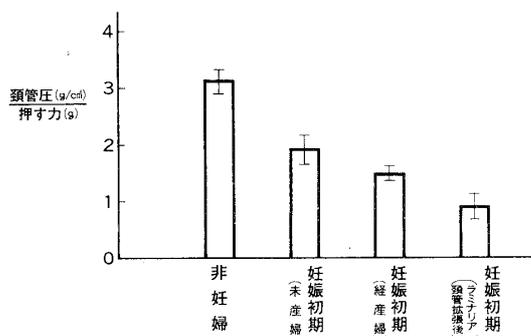


図8 子宮口開大にともなり頸管圧の変動(平均値)

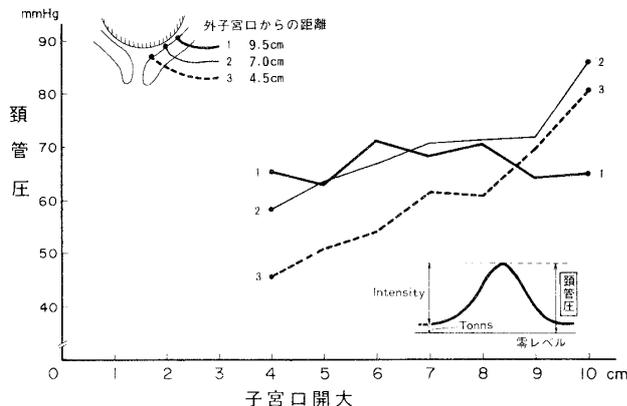
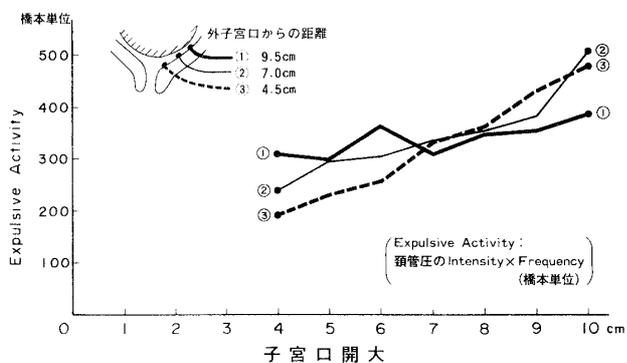


図9 子宮口開大にともなり Expulsive Activity の変動(平均値)



開大の初期には①が強く②③は弱く、その末期になると逆に②または③が強くなり、①は弱まる(図8)。Expulsive Activityについても、頸管圧と同様の変動がみられる(図9)。子宮口開大が7~8cmの間では、外子宮口からの距離にかかわらず均等に、胎児下降部からの圧力を受けていることがわかる。即ち、この時点にては、胎児下降部は子宮下部及び頸管と広い面積で接触していることが推測される。

Expulsive Activity の変動様式は、3部位で測定された値から次の3つの型に分けられる。I型の特徴は、外子宮口から一番奥の頸管圧が常に強いもの(図10)。II型は外子宮口から奥の方が弱く、外子宮口に近いところが常に強いもの(図11)。III型は子宮口開大の前半ではI型の特徴をもち、その後半ではII型の特徴をもつものである(図12)。これら3型の臨床的特徴は表1の如く、I型は頸管が柔軟で、子宮口が迅速に開大する。II型は分娩の初期から頸管がよく展退しており、子宮口開大が速い。III型は頸管が硬く、子宮口開大がおそい症例である。

3. 陣痛促進例の Expulsive Activity

図10 子宮口開大にともなう Expulsive Activity の変動 (平均値) - I 型

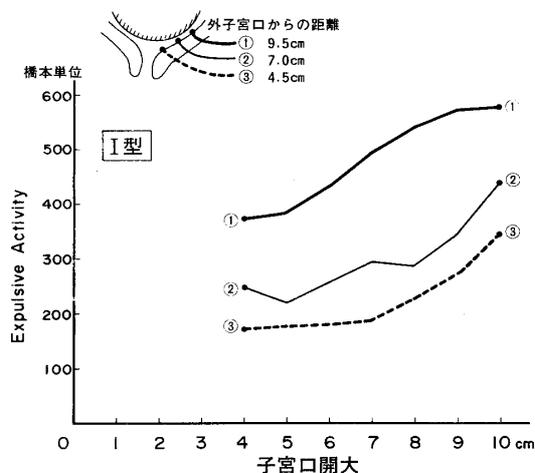


図12 子宮口開大にともなう Expulsive Activity の変動 (平均値) - III 型

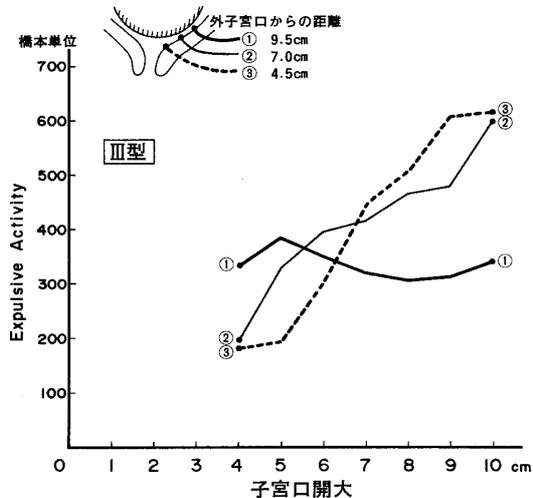
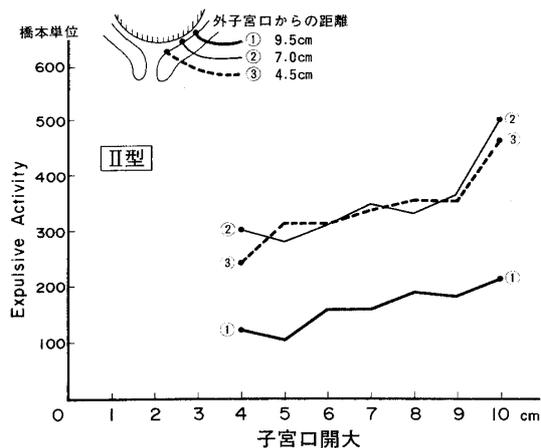


図11 子宮口開大にともなう Expulsive Activity の変動 (平均値) - II 型



8時間もの長い間100橋本単位で陣痛が弱く、分娩が遷延している症例にオキシトシン点滴注射を行うと、Expulsive Activity は急に500ないし600橋本単位と上昇し、子宮口は迅速に開大して児娩出となつた(図13). プロスタグランディン・F₂α の点滴注射 にも同様に、Expulsive Activity が上昇され、子宮口開大が促進された(図14). 高年初産の頸管が強靱な症例で、Expulsive Activity が400ないし500橋本単位で、陣痛が強いにもかかわらず、子宮口開大は6cmで分娩停止の状態になっている時、陣痛の発作に合わせてセルビレーターを使用して、機械的に子宮口を6cmから8cmに開大させたところ、Expulsive Activity の著明な増強が見られないのに、分娩は進行し児娩出となつた(図15). これらの症例

表1 頸管圧変動様式の3型の臨床的特徴

型	I	II	III
例数	9	15	10
初産・経産	初産・経産	初産・経産	初産
Bishop Score (分娩初期)	大 (10-12)	小一中 (3-11)	小 (4-8)
分娩第I期所要時間	短 (初産 4-12時間 経産 2-4時間)	短一中 (初産 12-18時間 経産 2-7時間)	中一長 初産 11-53時間
子宮口開大5→10cm 所要時間 (平均)	1時間53分	2時間33分	4時間16分
産科異常	Oxy. 点滴 (2例) シロッカー術後 (1例) V.E. (1例)	Oxy. 点滴 (4例) PG・E ₂ 内服 (2例) 双胎 (1例) V.E. (1例)	Oxy. 点滴 (4例) PG・F ₂ α 点滴 (1例) セルビレーター (1例) シロッカー術後 (2例) V.E. (3例)

図13 Oxytocin による陣痛促進例

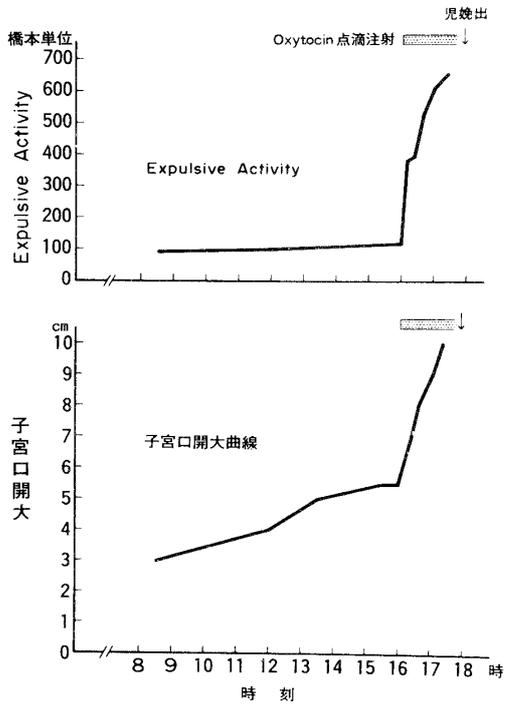
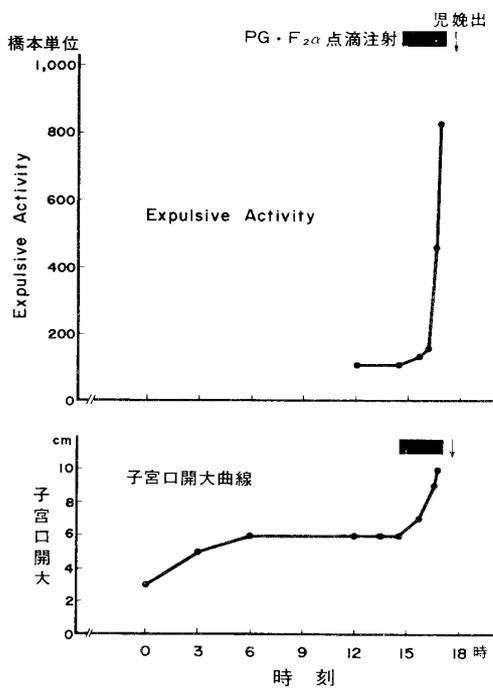


図14 PG-F_{2α} による陣痛促進例



からも明らかなように、Expulsive Activity はいわゆる陣痛の強さを良く反映していることがわかる。

4. 破水による Expulsive Activity の変動

図15 セルビレーター使用例

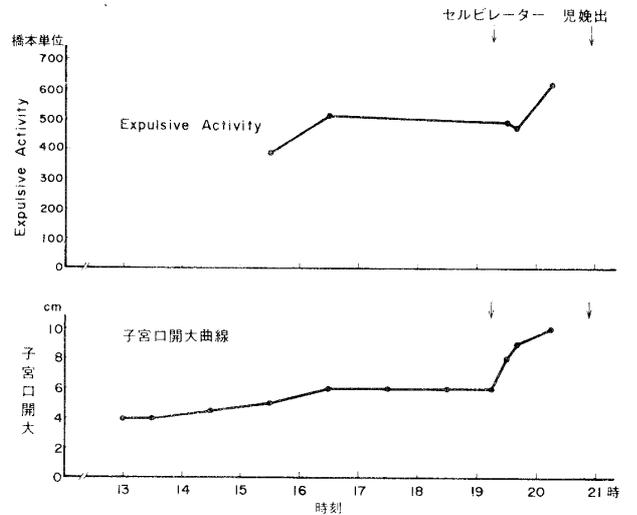
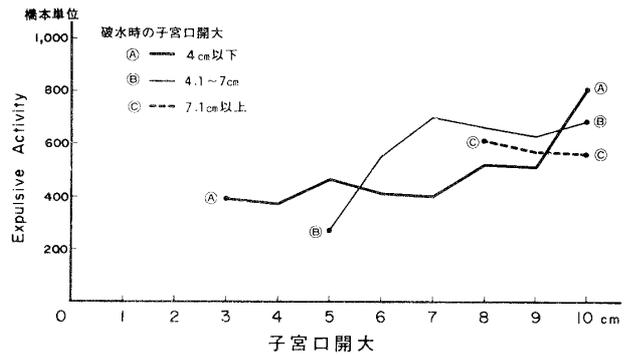


図16 破水時の子宮口開大度別にみた Expulsive Activity の変動 (平均値)



子宮口が小さい時でも、またこれが進行している時でも、破水によつて Expulsive Activity は常に上昇している。破水時の子宮口開大度別にみると、子宮口が4cm以下の早期に破水した例では、Expulsive Activity は仲々上昇しないが、子宮口が4.1cmから7cmの分娩中期に破水した症例では Expulsive Activity が顕著に上昇していた(図16)。

5. Expulsive Effort

これは娩出力のいわゆる作用量を示す1つの方法として考えたもので、ある時間の間に Expulsive Activity がどの位作用したかで表わされ、 $\int_{t_1}^{t_2} \text{Expulsive Activity} dt$ (t_1 と t_2 はある2つの時刻) で計算される。子宮口を1cm開大させるのに必要な Expulsive Effort を Expulsive Activity の3型分類でみると、I型はII型とIII型に比べて常に小さい(図17)。子宮口が開大しはじめてから、10cmに達するまでに要した Expulsive Effort

図17 子宮口を1cm 開大するのに要するExpulsive Effort の子宮口開大にともなう変動(平均値)

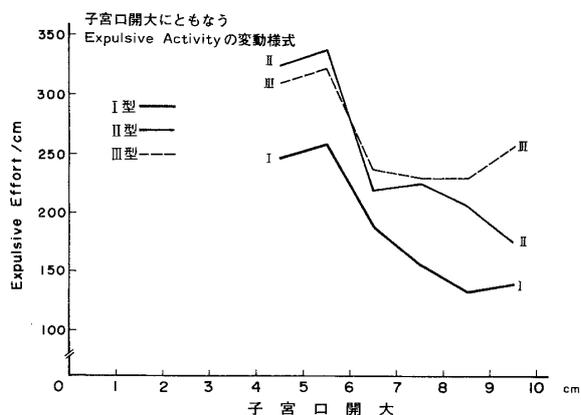
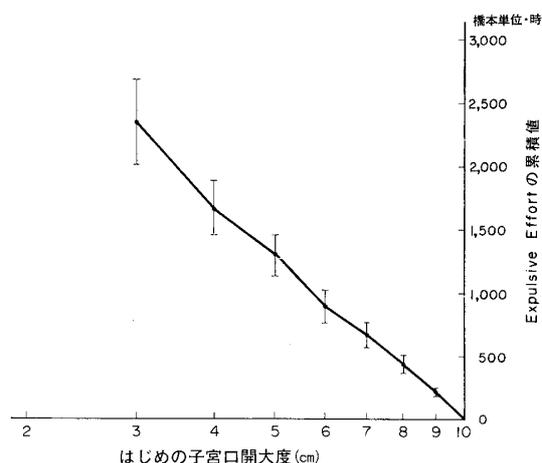


図18 子宮口がある開大度から10cm に達するまでに要する Expulsive Effort の累積値(平均値±標準誤差)



累積値は、子宮口直径の対数に直線関係がみられる(図18). 経産婦では初産婦に比べて常に小さい Expulsive Effort で分娩に至る。

6. Efficiency

これはある時間内に作用した Expulsive Effort によって、子宮口がどの程度開大するかを示しており、次の計算式を用いる。

$$\frac{\log \text{final C. D.} - \log \text{Initial C. D.}}{\Delta \text{Expulsive Effort}} \times 10^5$$

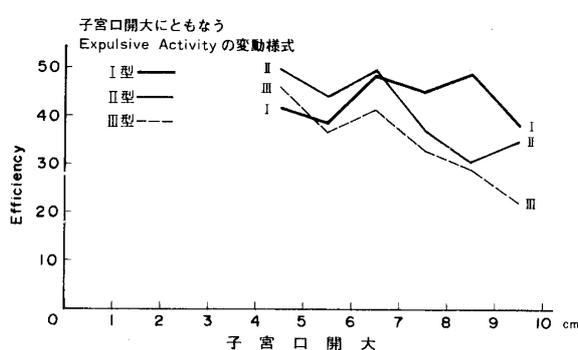
(C. D. は子宮口の直径)

この Efficiency はI型では子宮口開大にともなつて余り変化せず、II型とIII型は次第に低下することがわかる。(図19).

7. 子宮頸管抵抗の指数

これはある時間内に子宮口を1cm 開大させる Ex-

図19 子宮口開大にともなう Efficiencyの変動(平均値)



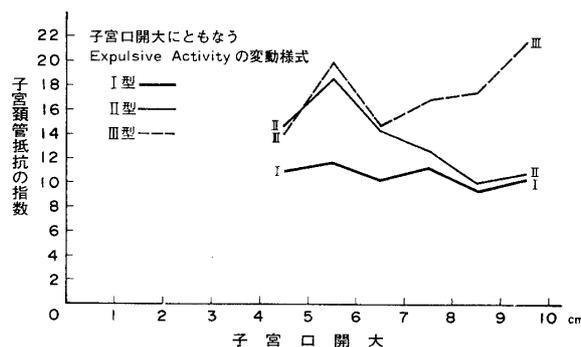
pulsive Effort が、子宮口の全円周に作用した数値に比例するもので、次の計算式を用いる。

$$\frac{\Delta \text{Expulsive Effort}}{\text{final C. D.} - \text{initial C. D.}} \times \frac{\text{initial C. D.} + \text{final C. D.}}{2} \times \frac{1}{100}$$

(C. D. は子宮口の直径)

子宮頸管抵抗の指数は Efficiency とは反対にI型では常に小さく、III型では子宮口開大の進行にともなつて大きくなっている(図20). Expulsive Activity から分類した3型は、ここに述べた Expulsive Effort, Efficiency, 頸管抵抗の指数などから検討しても、明らかに子宮頸管開大の生体力学を異にする3つの症例群であることがわかる。

図20 子宮口開大にともなう子宮頸管抵抗の指数の変動(平均値)



8. 子宮口開大の張力

この張力は子宮口開大が進むに従つて急速に強くなり、90g から180g と2倍にも強くなる(図21).

9. 羊水圧と頸管圧の相関

子宮口開大の如何にかかわらず、頸管圧は羊水圧より常に2-3倍も強く作用している。Uterine Activity と Expulsive Activity の回帰方程式は $Y=3.47 \times -52.70$

で相関係数は0.74であり、有意の相関がみられる(図22)。1回の子宮収縮について、羊水圧と頸管圧の変動をみると、羊水圧の上昇にともなつて頸管圧は上昇し、羊水圧の下降にともなつて頸管圧は下降する。圧力の上昇期と下降期共に直線的な関係がみられた(図23)。

10. メトロイリーゼ

メトロイリーゼ中にも子宮収縮がおり、陣痛時と全く同様なことが観察される。頸管圧の Intensity は常にメトロイリント内圧の Intensity より強く、頸管圧の

図21 子宮口開大にともなう子宮口開大の張力、頸管圧の Intensity ならびに羊水圧の Intensity の変動(自然分娩例)

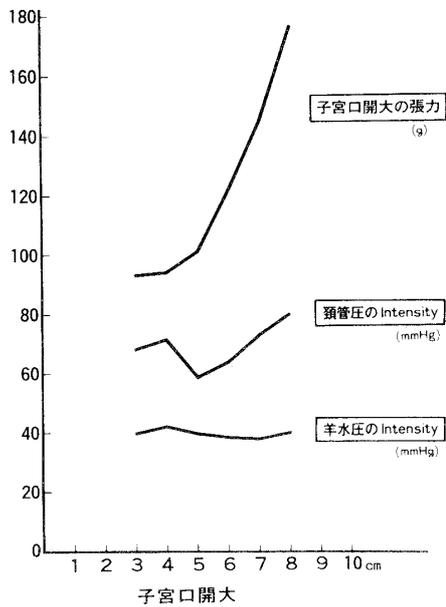
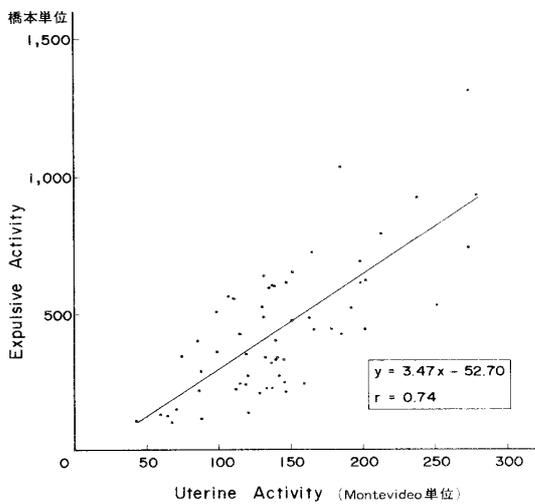


図22 Uterine Activity と Expulsive Activity の相関



Intensity と子宮口開大の張力は子宮口開大が進むにつれて急激に増強する。1回の子宮収縮についてメトロイリント内圧と頸管圧との間には子宮収縮の上昇期と下降期共に直線的な関係がみられる。

11. Expulsive Activity の計測による分娩の管理

Expulsive Activity の臨床的応用としては、臨床的に便利なバルン法(図24)を用いて頸管圧をトーイツの臨床型分娩監視装置にて記録した(図25)。子宮口が4cm以下で Expulsive Activity が150橋本単位以下の陣痛の弱い症例を選び、これにオキシトシンまたはプロスタグランジン・F₂α の点滴注射を行うと、陣痛は促進され、Expulsive Activity は上昇した(図26)。この Expulsive Activity を常に自然分娩例の平均値に近づけるように努

図23 羊水圧と頸管圧の相関

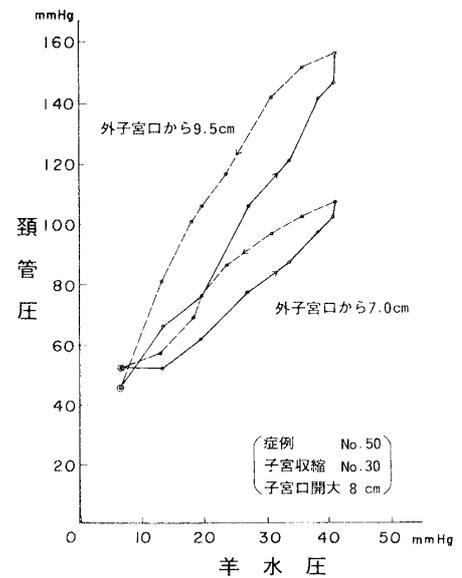


図24 バルン法による頸管圧の測定法

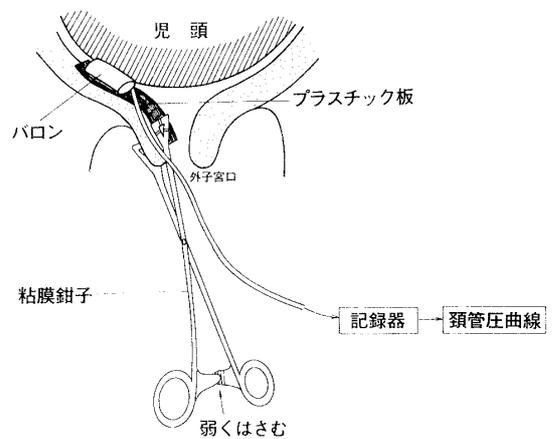
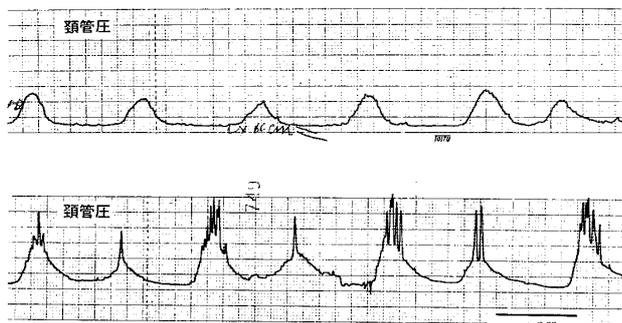


図25 バロン法による頸管圧の記録曲線



めた。そして Friedman 曲線に準じて作製した子宮口開大の標準曲線(図27)から、分娩終了の時刻を推定した。陣痛促進群の方が自然陣痛群より、分娩終了の推定時刻の前後1時間以内及び2時間以内に児が娩出する頻度は高く、90%以上であった(表2)。このバロン法にても、Expulsive Activity の計測が陣痛監視の有力な指標となることが認められた。

結 語

ここに述べた頸管圧を測ることによつて、分娩時の子宮口開大の様式は3つの型に分けられ、これによつて分娩進行の予後を知ることができる。また分娩時に子宮頸管の軟化や開大を知るには、昔から内診による他はなかつた。ところが、今回私達が設定した Expulsive Effort, Efficiency, 頸管抵抗の指数などによれば、子宮口開大の因子を幾つかに分けて、客観的な数値として示すこと

図26 Oxytocin と PG-F_{2α} による陣痛促進の効果—Expulsive Activity よりみて—

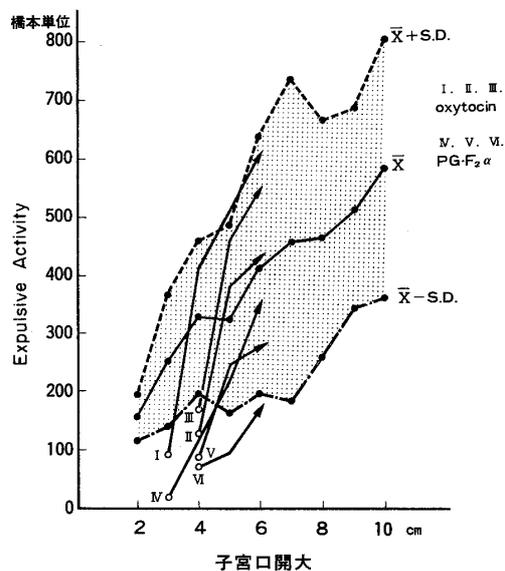
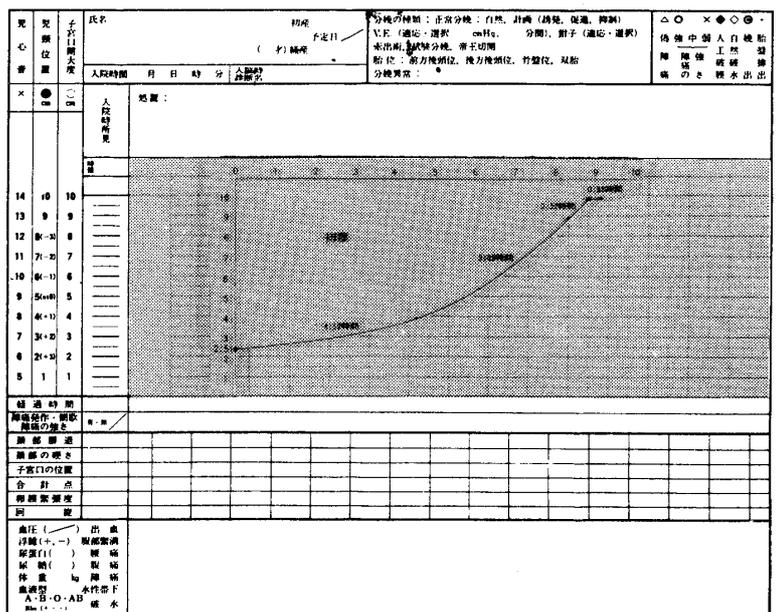


表2 分娩終了の推定時刻に児が娩出した頻度

分娩が終了した時期 (推定時刻の前後)	自然陣痛群 498例	陣痛促進群 112例
1時間以内	363例 (72.9%)	102例 (91.1%)
2時間以内	409例 (82.1%)	106例 (94.6%)

図27 子宮口開大の標準曲線を示す定規(初産婦用)



ができる。この頸管圧を測定する方法は、羊水圧の場合より簡単で安全であるため、今後普及型の測定器械を開発することにより、陣痛を監視する指標としての **Expulsive Activity** は益々大きな意義をもつことが期待される。

謝 辞

講演を終るに当たり、本研究をシンポジウムにおいて発表する機会を与えられた第30回日本産科婦人科学会会長滝 一郎教授及び学会会員の方々ならびに司会の労をとられた鈴木正勝教授に深甚なる謝意をささげます。

また本研究のため終始直接御指導いただいた順天堂大学古谷 博教授に感謝いたします。本研究の基礎となった分娩生理学的研究法について御教授いただいた恩師の

Montevideo 大学 Roberto Caldeyro-Barcia 教授に深謝します。

本研究を遂行するに当たり、多忙なる日常診療にもかかわらず、御協力いただいた順天堂大学医学部産科婦人科学教室の教室員各位ならびに順天堂医院、国立習志野病院、国立王子病院等の産科病棟勤務者各位に謝意をささげます。

器械や技術などに心よく協力していただいたトーツ、日本光電、共和電業などの担当者に感謝いたします。

尚本研究は国立病院治療研究、指定研究費及び文部省科学研究費 (No. 248304) により行なわれた。