原 著

妊娠中の呼吸・代謝機能の変化について

Respiratory and Metabolic Changes Corresponding to Gestational Stages

佐々木 敦 子 (Atsuko SASAKI)* 武 井 とし子 (Toshiko TAKEI)*
三 輪 百合子 (Yuriko MIWA)*

要 約

妊婦体操や分娩時の呼吸法については、積極的な奨励により広く実施されている。

本研究は、妊娠の過程に伴う呼吸機能を測定し、分娩時に用いられる呼吸法の指導に関する基礎的資料を得ることを目的とした。

対象は正常経過の妊婦8人と非妊婦25人である。妊婦では、妊娠初期、中期、後期の3回測定した。内容は、①肺活量の測定、②呼気ガス分析(呼吸法実施時、運動負荷実施時)、③心拍数(運動負荷実施時)、④二酸化炭素分圧測定(呼吸法実施時)である。呼吸法は腹式深呼吸、胸式深呼吸、短促呼吸および努責の代わりに息止めを行い、各呼吸法の間に安静3分間をとって実施した。運動負荷は安静2分間を前後に4 METS 設定で10分間実施した。結果より腹式深呼吸、胸式深呼吸では呼吸効率は良いが、短促呼吸や息止めでは二酸化炭素の wash out 効率が悪いいため、十分な深呼吸が必要である。運動負荷による換気量や心拍数は、妊娠の経過とともに増加した。

Abstract

Pregnancy and delivery bring complexed influences to the metabolism of the respiratory system.

The purpose of this investigation is to make accurate measurements of the respiratory function corresponding each gestational stage and to analyze the efficiency of gas exchange in the lung tissue.

The fundamental data during a certain breathing pattern, like that used for Lamaze's method, were also studied for the educational guidance of the pregnant women. Eight normal pregnant women were examined, and the results were as follows:

The vital capacity did not change through the pregnancy process. Energy consumption in the second and third trimesters of pregnancy increased significantly as compared with the first trimester of pregnancy.

In the second and third trimesters of pregnancy, the ventilatory volume and the heart rate during physical exercises have much more significantly increased than the first trimester of pregnancy.

Oxygen uptake and carbon dioxide (CO₂) exhaustion were gradedly increased with the additional

*信州大学医療技術短期大学部専攻科助産学特別専攻 (Advanced Course in Midwifery, School of Allied Medical Sciences, Shinshu University)

breathing exercises.

Decreasing ratio of the tissue partial pressure of carbon dioxide (tcPCO₂) showed 3 to 5% during abdominal and thoracic deep breathing patterns, while 2 to 3% during tachypneic breathing. There were significant differences between above two conditions.

These results revealed that the tachypneic breathing pattern was less effective for wash out function of CO₂ from the tissue than the above mentioned deep breathing patterns.

In the breath holding operation, after more than one minute the tcPCO₂ has been its maximum level. Therefore, it is indispensable to guide the deep breathing exercise just after bear down period.

<Key words>

gestational stage, vital capacity, energy consumption, Lamaze's method, breathing exercises

I 緒 言

妊娠、分娩による母体の生理的变化は、呼吸・代謝機能にも複雑な変化を招来する。

本研究においては、妊娠の過程における呼吸機能の測定と、運動負荷による呼吸循環系の機能測定を実施し、妊娠の過程に伴う生理的变化を明らかにし、その経時的变化から、エネルギー代謝状況を検討した。

また、分娩時の呼吸法について、現在ラマーズ法、リード法、精神予防性無痛分娩法、ルーカス法等さまざまな呼吸法が紹介され、広く普及してきている。呼吸形式としては、胸式呼吸を基本としたもの、腹式呼吸を基本としたものがあり、呼吸のリズムとしては分娩の進行に合わせ、ゆっくりとした深い呼吸から、早めの浅い呼吸、あえぎの呼吸等バリエーションもさまざまである。そこで、これらの呼吸法による呼気ガス分析と組織内

二酸化炭素分圧の測定を実施し、呼吸効率の判定を行い、分娩時のより良い呼吸指導を行うための基礎的資料を得ることを目的とした。

II 対 象

対象は、信州大学病院産婦人科外来受診中の正常経過の妊婦で、昭和61年より昭和63年までの期間に継続して測定しえた8人である。測定時期は妊娠初期、中期、後期の3回について実施した。また、非妊婦25人をcontrolとして測定した。対象の背景は、表1に示すとおり、年齢は20歳代であり、身長、体重、肥満度は呼吸機能について比較検討できうる同程度の対象である。

III 方 法

1. 内 容

- ①肺機能測定（立位安静時）
- ②呼気ガス分析（運動負荷実施時、呼吸法実施時）

表1 対象の背景

対象 背景	非妊婦 (N = 25)	妊 婦 (N = 8)			
		非妊時	初 期	中 期	後 期
年齢(歳)	22.2 (21~25)	25.5(23~29)			
身長(cm)	158.5±4.4	159.9±4.4			
体重(kg)	51.2±5.3	51.9±4.3	52.6±3.0	57.3±3.3	62.8±2.0
肥満度 (カウプ指数)	20.4±2.1	20.3±0.8	20.6±1.1	22.4±0.9	24.6±1.0

(Mean ± S.D.)

③心拍数測定（運動負荷実施時）

④二酸化炭素分圧測定（呼吸法実施時）

2. 運動負荷実施方法

運動負荷実施方法は、安静2分間を前後にとり、4 METS 設定で、最高速度毎時2マイル、角度5%の運動負荷を10分間実施した。

全対象について運動負荷による METS 値の変化をみると、図1のとおり平均して目標値の4 METS の負荷が行われている。METS とは安静時を基準にした運動、作業時のエネルギー消費を定めたもので、1METS は安静坐位で約3.5ml/kg/min の酸素消費量であり、4METS の運動量は家事労働に相当する。

3. 呼吸法実施方法

膝の下に枕を入れ仰臥位にて実施した。呼吸法実施方法は安静3分間を各呼吸法の間にとり、腹式深呼吸1分間、胸式深呼吸1分間、短促呼吸10秒実施10秒休みを3回反復、努責の代わりに実施

した息止めは30秒実施30秒休みで行った。各呼吸法による呼吸数は表2のとおり、安静時平均毎分15回、腹式深呼吸時、胸式深呼吸時毎分6~7回、短促呼吸時毎分40~50回である。

4. 使用機器

①呼気ガス指標至適運動負荷装置

- a. エアロビクス・プロセッサー391(日電三栄)
- b. 電動トレッドミル (タテベ青州堂)
- c. 電動トレッドミル プログラムコントローラー (タテベ青州堂)
- d. 電動トレッドミル メタボリックコントローラー (タテベ青州堂)
- e. テレメーター式ハートモニター(日電三栄)
- f. 4ch ペンレコーダー (日電三栄 8 K)

②経皮炭酸ガス測定装置 (オキシカプノモニター SMS365, ヘリゲ社)

③乾式オートスパイロメーター (チェスト マイクロスパイロ 298)

IV 結 果

1. 肺機能測定

肺機能測定の結果では表3のとおり、努力性肺活量の平均は非妊婦では3,173ml、妊婦では初期3,147ml、中期3,213ml、後期3,213mlである。妊婦では妊娠の初期においては低値であり、%肺活量、1秒量、1秒率においても同様の結果が得られた。非妊婦および妊婦間では、著しい差は認められなかった。

2. 運動負荷による換気量と心拍数

運動負荷による換気量についてみる

図1 運動負荷によるMETS値の変化

表2 呼吸法による呼吸数

呼吸法	対象 非妊婦 (N=25)	妊 婦 (N=8)			平均値 (N=33)
		初 期	中 期	後 期	
安静時呼吸	14.2±2.6	15.3±3.5	15.9±2.5	15.8±3.3	15.0±3.0
腹式深呼吸	7.7±1.8	7.1±2.4	8.0±1.3	7.8±1.8	7.7±1.9
胸式深呼吸	7.4±1.6	7.9±1.4	7.6±1.1	8.0±1.2	7.6±1.4
短促呼吸	45.7±8.5	50.0±10.3	53.1±8.6	47.0±9.0	47.9±9.4

(Mean ± S.D.)

表 3 肺機能の変化

項目	対象	妊 婦 (N=8)		
		初 期	中 期	後 期
努力性肺活量(ml)	非妊婦 (N=25)	3173.2±332.9	3147.5±570.5	3213.8±644.7
%肺活量(%)		102.6±10.0	102.5±17.5	104.5±19.6
1秒量(ml)		2670.8±335.3	2441.3±507.0	2633.8±552.2
1秒率(%)		84.2±6.9	77.0±12.0	81.8±4.4
				81.2±4.2

(Mean ± S.D.)

と図2のとおり、実線で示した非妊婦の運動負荷時の平均20l/minに比べ、妊婦では平均27l/minと有意に多く ($P < 0.01$)、また、妊娠初期に比べ妊娠中期、妊娠後期では有意に増加している ($P < 0.01$)。

心拍数の変化においても図3のとおり、非妊婦の運動負荷時の平均100~105回/minに比べ妊婦は平均110~120回/minと有意に多く ($P < 0.01$)、妊娠初期に比べ妊娠中期、妊娠後期では有意に多くなっている ($P < 0.01$)。

3. 呼吸法による呼気ガス分析と二酸化炭素分圧

呼吸法による呼気ガス分析の結果では図4、図5のとおり、妊婦では酸素摂取量の平均は、安静時190~210ml/min、腹式深呼吸時は220~230ml/min、胸式深呼吸時は235~295ml/min、短促呼吸時は260~300ml/minとなっている。二酸化炭素排出量の平均は、安静時170~190ml/min、腹式深呼吸時240~260ml/min、胸式深呼吸時240~300ml/min、短促呼吸時250~290ml/minであり、各呼吸法による有意な差はないが、各期とも安静時に比べ腹式深呼吸、胸式深呼吸、短促呼吸実施により酸素摂取量、二酸化炭素排出量は増加している。

呼吸法による METS 値の変化については、図6に示すとおり安静時は平均0.8~0.9METSであるのに対し、呼吸法実施により非妊婦では

図2 運動負荷による換気量の変化

図3 運動負荷による心拍数の変化

1.2~1.8METS、妊婦では1.0~1.4METSと安静時に比べ高値を示し、特に短促呼吸においては、安静時もしくは腹式深呼吸、胸式深呼吸に比べ有意に高値を示している ($P < 0.01$, $P < 0.05$)。

図4 呼吸法による酸素摂取量の変化

図5 呼吸法による二酸化炭素排出量の変化

図6 呼吸法によるMETS値の変化

呼吸法による換気量についてみると図7のとおり、妊婦では腹式深呼吸時の平均10~11l/minと、胸式深呼吸時の平均10~13l/minに比べ、短促呼吸時では平均15.5~17.5l/minと有意に増加しており、非妊婦でも同じ傾向の変加が認められる ($P < 0.01$, $P < 0.05$)。短促呼吸は呼吸1回当たりの換気量は少ないが、1分間の呼吸数が多いためである。

呼吸法開始より二酸化炭素分圧の変化をみると図8のとおりである。呼吸法開始前の二酸化炭素分圧の値を0として、低下したのものには(-)の変化率、上昇したのものには(+)の変化率で表示した。腹式深呼吸、胸式深呼吸、短促呼吸により二酸化炭素分圧は低下し、息止めでは上昇した。

二酸化炭素分圧の低下率は、腹式深呼吸、胸式深呼吸実施時が3~5%であるのに対し、特に換気量の多い短促呼吸実施時は2~3%であり、妊娠各期において有意に低値を示した ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。

腹式深呼吸と胸式深呼吸を比較すると、各期では有意な差はみられないが、妊娠初期では腹式深呼吸実施により二酸化炭素分圧の低下率が大きく、妊娠中期、妊娠後期では胸式深呼吸実施により二酸化炭素分圧低下率の大きい傾向がみられる。

息止めは、分娩時の努責にあたる反応をみたものであるが、息止めによる二酸化炭素分圧の上昇率は、妊娠初期の約1%に比べ妊娠後期では約2%と有意な差が認められ ($P < 0.05$)、妊娠経過とともに息止めによる二酸化炭素の蓄積が増大する。

呼吸法終了から二酸化炭素分圧最大変化までの時間は図9のとおり、腹式深呼吸、胸式深呼吸、短促呼吸の場合は平均40~50秒であるのに対し、息止めの場合は平均80秒であった。

図7 呼吸法による換気量の変化

図9 二酸化炭素分圧最大変化までの時間 (呼吸法終了から)

図8 呼吸法による二酸化炭素分圧の変化率

V 考 察

1. 呼吸機能

呼吸運動は、肺胞内の空気を更新させるために、胸郭の拡大と横隔膜の収縮によって他動的に行われる。

妊娠による胎児の成長は、漸次子宮底を上昇させて肺への圧迫も増強すると考えられることから、経時的に呼吸機能の測定を実施した。

妊婦は、肺活量、%肺活量、1秒量、1秒率について、非妊婦に比してやや低値を示すものの、有意な差は認められず、いずれも正常範囲にある。

妊娠の時期による変化が認められないことから、子宮増大に伴う横隔膜挙上は、肺活量には大きな影響はないといえる。

2. 運動負荷による身体への影響

運動時には、筋活動の増大による酸素需要量を満たすため、酸素摂取の増加が要求されて分時換気量は変動する。

運動開始して2分間ぐらいで定常状態に入り、終了後速やかに回復している。今回は、定常負荷として4 METS、10分間の運動であり、これは日常動作に相当するが、非妊婦に比し妊婦の換気量の増大、心拍数の増加は著しい。また、妊娠の過程に伴いその傾向は大きくなる。このような結果より、妊娠により身体への負荷が増大し、特に妊娠中期、妊娠後期は日常生活動作、家事労働においてもエネルギー消費の高いことがうかがえる。しかしこれは、むやみに安静を強いる必要性を示すものではない。近年、妊婦体操、妊婦水泳、エアロビクス等妊婦の運動療法が広く行われている。妊婦の運動療法実施により呼吸循環系の機能に対する好影響についての勧めもあり、日常的に身体的訓練を取り入れていくことは必要である。そのため妊婦には不必要なエネルギーの消費を避け、疲れを防ぎ、効率的に筋肉やエネルギーの使用を考えさせることが必要である。

3. 呼吸方法による検討

自然分娩における呼吸法は、ゆっくりとした深

い呼吸に始まり、やがて努責や短促呼吸が効果的に実施されている。胸式呼吸は胸郭運動を中心とし、腹式呼吸では横隔膜の収縮弛緩による。短促呼吸では呼吸による気管支運動が作用する。

腹式深呼吸、胸式深呼吸はいずれも呼吸数を1分間7～8回で実施したが、妊娠中期、後期では腹式深呼吸に比べ、胸式深呼吸は換気量、酸素摂取量、二酸化炭素排出量がやや多く、二酸化炭素 wash out の効率も比較的良好なことが認められた。このことは、妊娠子宮の増大が、当然ながら腹式深呼吸を困難にしていると考えられる。妊婦の呼吸効率を向上させるためには妊娠初期から呼吸法の訓練を行うことが大切であり、妊娠中期からはおもに胸式深呼吸の訓練を行い、分娩時には酸素供給を目的として、胸式深呼吸または腹式深呼吸を第一選択とし、過換気症候群にも注意しながら、ゆっくりとした呼吸を行うことが望ましいと考えられる。

肺胞内で酸素が血中に取り込まれ、血液中の二酸化炭素が肺胞内に排出される。ガス交換の効率を二酸化炭素分圧の低下率または上昇率でみると、呼吸方法によって、また、妊娠の時期によってもその効率に違いがみられた。短促呼吸は酸素摂取量、二酸化炭素排出量、換気量が多いにもかかわらず二酸化炭素分圧の低下率が低く、二酸化炭素 wash out の効率の悪いことが示される。この結果より短促呼吸は、呼気と吸気の大部分が気道内の dead space を往復しているのみで、肺胞換気にはつながっていないことを証明している。腹式深呼吸、胸式深呼吸は二酸化炭素分圧の低下率が高く、呼吸効率は良い。したがって分娩時の呼吸法指導には、酸素供給の目的としては腹式深呼吸、胸式深呼吸を第一選択として実施し、短促呼吸はリラクゼーションを目的としてのみ実施し、短期間にとどめるべきであると考えられる。

息止めは分娩時の努責に相当する反応をみたものである。二酸化炭素分圧の上昇率は妊娠後期ほど高くなること、息止めを終了後1分以上経過して二酸化炭素分圧が最高値になっているのは、息止めによって蓄積された二酸化炭素の排出に要する時間が長いと考えられる。したがって、努責後は二酸化炭素の wash out を速やかに、効率的に行うため、十分な深呼吸を実施させる必要性

が考えられる。

VI 結 語

1. 肺活量については、妊娠子宮増大による影響は認められない。
2. 運動負荷により、換気量や心拍数は妊娠の初期に比べ、中期・後期には有意に増加し、エネルギー消費は高くなる。
3. 呼吸法によって酸素摂取量、二酸化炭素排出量は多くなる。
4. 胸式深呼吸、腹式深呼吸では二酸化炭素分圧の低下率が大きく、呼吸効率は良い。
5. 短促呼吸では換気量が多いが、二酸化炭素 wash out の効率は悪い。
6. 息止めによる二酸化炭素の蓄積は大きく、排出に要する時間も長い。

上記の結果より、妊娠および分娩時には、目的に応じた呼吸法を正しく選択し、呼吸数や呼吸効率を考慮して、ゆっくりとした深呼吸の実施について指導しなければならない。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、ご指導ご協力をいただいた信州大学医療技術短期大学部理学療法学科藤原孝之助教授に深謝いたします。

参考文献

- 1) 雨宮良彦, 他: 病院でのラマーズ法, その問題点と実際のあり方, ベリネイタルケア1(1), 22-28, メディカ出版, 1982。
- 2) Catherine A. Collings, M. S., Luis B. Curet, M. D., John P. Mullin, Ph. D.: Maternal and fetal responses to a maternal aerobic exercise program, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 145, 702-707, 1983.
- 3) H. Bartels, K. Riegel, J. Wenner, H. Wulf 著, 榎泰義訳: 周産期の呼吸生理—その基礎と臨床的応用—, 真興交易医書出版部, 第1刷, 1975。
- 4) 入内島明美: 私の行う助産法—呼吸法を中心として, 母性衛生, 22(4), 28-35, 1981。
- 5) Joseph Seitchik, M. D.: Body composition and energy expenditure during rest and work in pregnancy, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 97, 701-713, 1967.
- 6) Kent Ueland, M. D., Miles J. Novy, M. D., Edward N. Peterson, M.D., James metcalfe, M.D.: Maternal cardiovascular dynamics, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 104, 856-864, 1969.
- 7) 笠則義: メタルオキシド pH 電極を用いた経皮的炭

- 酸ガス分圧測定装置の検討, 周産期医学, 16(1), 139-143, 1986。
- 8) 吉良枝郎: 妊娠出産と母体の呼吸機能—妊婦の換気量の増加を中心に—, 助産婦, 30(6), 18-23, 1976。
 - 9) 岸英子, 他: Read 法と Lamaze 法の呼吸法に関する比較研究—フローボリュームリータ使用による検討—, 母性衛生, 24(1), 76-81, 1983。
 - 10) 小林隆, 他: ラマーズ法の基礎と実際, 医学書院, 1981。
 - 11) L. Dibblee, T.E. Graham.: A longitudinal study of changes in aerobic fitness, body composition, and energy intake in primigravid patients, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 147, 908-914, 1983。
 - 12) 丸田和夫: エネルギー消費の計測, 理学療法, 4(1), 47-53, 1987。
 - 13) Mark J. Morton, M.D., Marilyn S. Paul. B.A., Gerry R. Campos, M. D., Mark V. Hart, M. S., and James Metcalfe, M.D.: Exercise dynamics in late gestation: Effects of physical training, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 152, 91-97, 1985。
 - 14) 目崎登, 他: 妊婦とスポーツ, 基本的な考え方と原則論, 周産期医学, 18(2), 187-190, 1988。
 - 15) 宮本昭子, 他: 妊婦の呼吸管理に関する一考察, 母性衛生, 24(2), 31-33, 1983。
 - 16) 妊産婦体操編集委員会編: 新版妊産婦体操の理論と実際, 47-84, 全国母子健康センター連合会, 1983。
 - 17) 尾島信夫: ラマーズ法の理念と術式の基準, ペリネイタルケア, 1(1), 9-21, メディカ出版, 1981。
 - 18) Pat J. Kulpa, M. D., Bridget M. White, M. A., and Robert Visscher, M. D.: Aerobic exercise in pregnancy, Am. J. Obstet. Gynecol., Vol. 156, 1395-1403, 1987。
 - 19) Sachio Ogita, Shigeki Matsuo, Tomoko Oka, Ryochi Kawabata, Masahiko Matsumoto, Yuji Fujino, Yuko Uramae, Koichi Iwanaga and Masanobu Fukuoka: Significance of Exercise and Bed Rest in Pregnancy—Pregnancy and walk(1)—, Ann. Physiol. Anthropol. 8(1), 13-19, 1983。
 - 20) 三野宮節子: 分娩時の産痛緩和—ラマーズ法は分娩時の産婦にどのような効果を与えるか—, 母性衛生, 24(2), 65-67, 1983。