

「胎児を見守る技術」は確立されているのか？



医療と技術

富松拓治*, 木村正**

Are we able to evaluate health status of fetus in utero ?

Key Words : electric fetal heart rate monitoring, parturition, fetus, cerebral palsy

1. はじめに

あたらしい命の誕生はこの世の中でもっとも「おめでたい」出来事の一つである。産婦人科を専門としていて、無事に出産を終え、赤ちゃんの無垢な微笑みと向かい合いながら授乳をしている母と子の姿を見るときほど安らぐ時はない。私事であるが我々

もそれぞれが子供に恵まれ、妻が彼ら、彼女らを無事に産んでくれたときのうれしさは他の何物にも代え難いものであった。この気持ちは古来世界中で共通の感情であろう。

しかし、古来男は戦場で、女はお産で命を落とすことが当たり前であり、また赤ちゃんが生まれても泣かない、死んでしまうことも日常茶飯事であった。野生動物でも同じであり、出産時期の母親、新生児の死亡は日常茶飯事である。ヒトだけは2足歩行、相対的に大きな胎児の頭、産道の形などから、児は母の背中を向いて生まれる(前方後頭位)ことが通常なため、自分で自分の胎児を取り上げることができず(自分で引っ張り上げると首が後ろに伸びきって頸椎損傷を起こす)必ず他人の介助を必要とする。ここから助産が生まれ、産科学が生まれ、母と子の安全を向上させる技術が発展した。医療資源の乏しい国では今でも赤ちゃんは生まれる前後に死亡する割合(周産期死亡率という)は100-300/1000分娩もの高率である(1999年の調査によると、アフリカのシエラレオネで出生1000人につき316人)。日本では、1950年ごろには50/1000ぐらいであったものが現在では4/1000程度まで低下した。また、現代は妊娠中は超音波断層法で、分娩中は分娩監視装置で四六時中胎児を見守っているはずである。このような中で児が産まれて泣かない、後で脳性麻痺などの障害が起こる、死んでしまう、などのトラブルが起こると、分娩を担当した産科医はこれだけ機械をつけて何でもわかっているはずだから医師の判断ミスによってこうなった、という謗りを受けがちである。果たして分娩監視装置は胎児の状態を正確に伝えているのであろうか?本稿では分娩中の胎児心拍モニタリング、すなわち分娩監視装置について述べ、真の胎児モニタリングについて考えてみたい。



* Takuji TOMIMATSU

平成 6年 3月 香川医科大学卒業
平成 6年 5月 社会保険紀南総合病院医員 産婦人科
平成 9年 6月 大阪大学医学部研究生(産科学婦人科学教室)
平成14年 4月 同助手
平成15年 2月 市立豊中病院医員産婦人科
平成16年 7月 米国Loma Linda大学Center for perinatal biology 研究員
平成19年 1月 大阪大学大学院医学系研究科助教(産科学婦人科学教室)

TEL : 06-6879-3355
FAX : 06-6879-3355



** Tadashi KIMURA

昭和60年 3月 大阪大学医学部医学科卒業
昭和60年 7月 医員(研修医) 大阪大学医学部附属病院)
昭和61年 7月 大阪労災病院産婦人科医員
昭和63年 7月 大阪大学医学部産科婦人科学教室研究生
平成 3年 6月 大阪大学医学部附属病院産婦人科医員
平成 3年 8月 大阪大学助手医学部(産科学婦人科学教室)
平成 7年10月 Alexander von Humboldt奨学生、独・ハンブルグ大学内分泌・生殖研究所客員研究員
平成 9年11月 大阪大学助手医学部(産科学婦人科学教室)
平成13年 1月 大阪府立成人病センター婦人科医長
平成14年10月 大阪大学助手大学院医学系研究科(産科学婦人科学教室)
平成17年10月 大阪大学講師大学院医学系研究科(産科学婦人科学教室)
平成18年 9月 大阪大学教授大学院医学系研究科(産科学婦人科学教室)

TEL : 06-6879-3358
FAX : 06-6879-3359

E-mail : tadashi@gyne.med.osaka-u.ac.jp

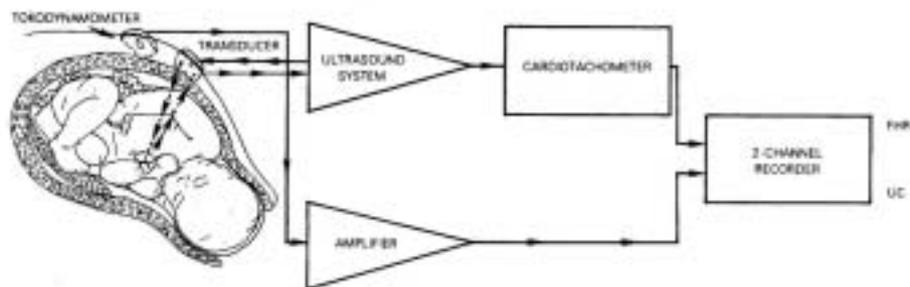
2. Sir William Little の呪い

脳性麻痺、という言葉は出生後早期から起こる運動中心の障害で痙性まひやアテトーゼといった不随意運動を示し、時には知能や精神発達の遅れを伴うものという。古くからこの病態は知られていたがその原因について1862年英国の当時高名な整形外科医 William Little が「出産が脳性麻痺の原因である」という主張をはじめた。もともと脳性麻痺の原因がわからない上に当時は分娩はほとんどが自宅分娩で医療の対象にはならず、胎児の状況も全くわからなかったので逆にこの説が浸透してしまった。その後の様々な研究で既に1985年版の産科教科書のバイブルである Williams Obstetrics 17版(木村が産婦人科を始めるにあたって購入した本)では「分娩の方法や手技が原因で起こる脳性麻痺は全脳性麻痺の10%以下である。多くの脳性麻痺の原因は妊娠中の感染や先天異常などによるものである。」と明記されている。皮肉なことに木村が産婦人科を始めるときには気にもしなかった脳性麻痺の責任を問う訴訟がこの後日本でも頻発し、出産が脳性麻痺の原因である、という判決が80%程度の事例に一時期出されて、産科医療崩壊の一因となったのである。19世紀の権威者の発言の呪いが今日の日本に及んだの

である。

3. 胎児をよりよい状態で出産させるために ～胎児心拍モニタリングの開発～

分娩中に胎児の状態を評価したい、という願いは胎児を早く生きたまま出す方法が確立することで成り立つ。20世紀にはいり、産科領域に関心をもつ医師が増え、また手術の安全性が向上すると胎児を守るための急遂分娩(鉗子・吸引分娩)や帝王切開が母体の安全をさほど脅かさずに行えるようになって来た。すでに、分娩の途中で胎児が死に行く過程で胎児心拍数(1分あたりの心拍を聴診器で間歇的に聞くことで記録できる)が減少することもわかっており、分娩中の胎児の状況を間歇的心音聴取で評価することは一部でなされていた。米国の Honらは1958年胎児の心拍を連続して記録することに成功し⁽¹⁾、その後1960年代からこの装置(胎児心拍モニタリング、あるいは日本では分娩監視装置と呼ばれることが多い)が普及し始めた。原理は現在に至るまで変わっておらず、胎児心臓の電気的活動を児頭につけた電極で記録、または超音波ドブラーを用い音響として記録し、その間隔の逆数を心拍数/分と記載する。また、子宮収縮を子宮内に入れたチ



Fetal heart rate monitoring. 3rd Ed. Freeman RK. et al 2003 Lippincott Williams & Wilkins.

図1

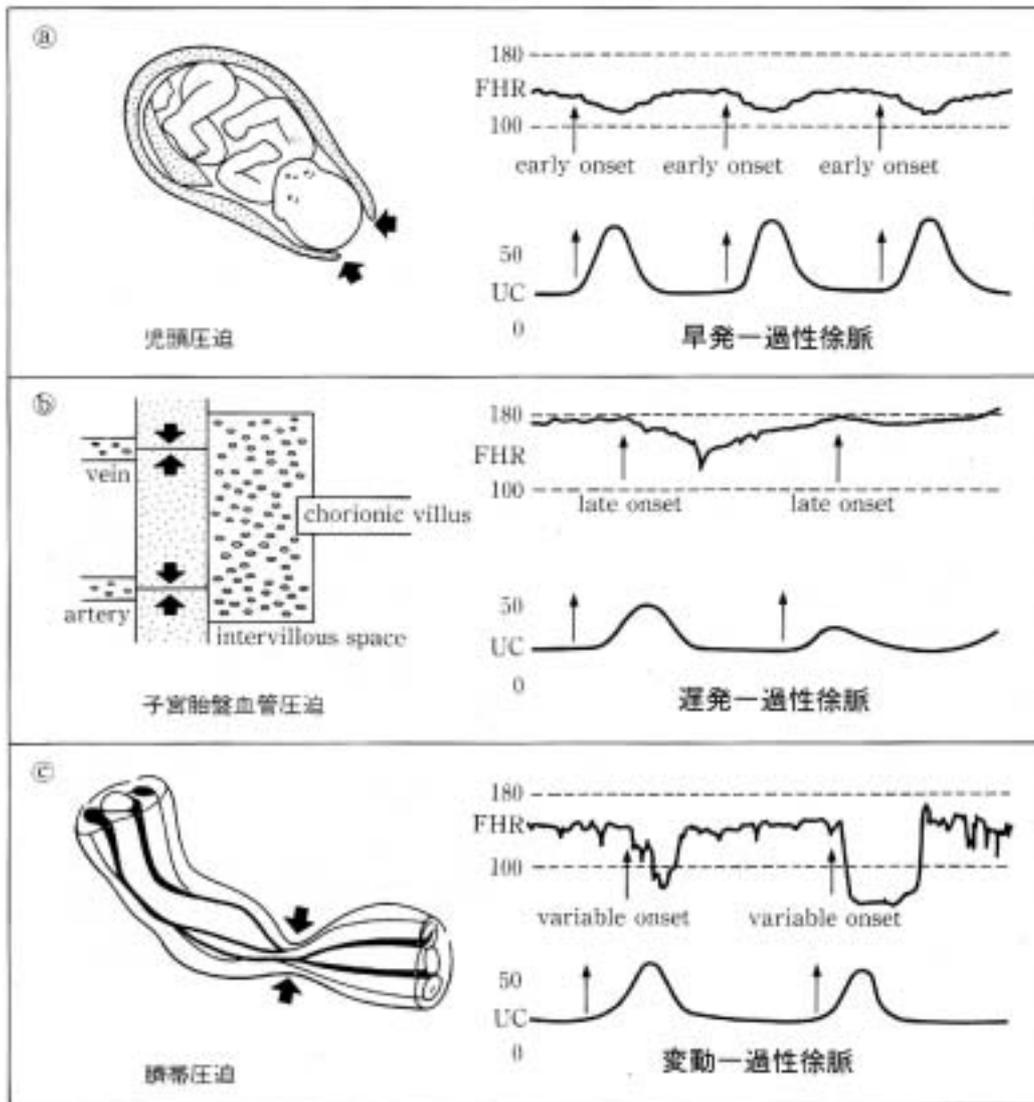
ューブに液体を満たしてマンメーターで記録する、または圧トランスデューサーで腹壁のゆがみを記録する、同時にこれらをグラフとして提示する、というシステムである(図1)。この方法で

- ・ 胎児のより正確な情報を提供し
- ・ 胎児の仮死状態の診断が可能で
- ・ 胎児が仮死状態に陥ればすぐさま介入(急遂分娩または帝王切開で)して分娩中の胎児死亡や脳性麻痺をはじめとする新生児の疾患を防ぐ

ことが期待された。胎児心拍数の連続的な変化と子宮収縮の相関とその生理学的原理の解明がヒトの臨床像の解析やヤギなど大型実験動物を用いた実験で積極的に行われた。子宮収縮と同時に起こる早発一過性徐脈は産道で胎児の頭が圧迫されて起こる生理

的な変化で心配がないこと、子宮収縮から遅れておこる遅発一過性徐脈は胎児が低酸素状態におかれて脳幹が刺激され、末梢血管を収縮させて血圧を上げ、その結果反射的に脈拍数が下がることで起こること、変動一過性徐脈は臍帯が何らかの原因で圧迫され循環が悪くなり急激に血圧が上がることにより反射的に脈拍数が下がること、さらに基線細変動(脈拍数の揺らぎ)の消失は、胎児の血液が酸性に傾き、自律神経系の正常な活動ができなくなって交感神経(脈拍数を上げる)・副交感神経(脈拍数を下げる)のせめぎ合いによる揺らぎがなくなった状態であること、などが1960年代から現在までに相次いで解明された(図2)。

しかし、当初はハイリスク分娩にのみ用いられた



Hon E. より

図2

この装置が普及し、ほとんどの分娩に用いられるようになるにつれて大きな問題が明らかになって来た。胎児の状態が悪いことを示す徐脈パターンは最終的に健康な児を出産した分娩の80%以上に一度は認められていた。専門家と自他ともに認める医師たちのモニターの評価が「正常」では62%、「怪しい」では42%、「病的」では25%しか一致しない、あるいは17人の専門家に50枚のモニターの結果を1ヶ月以上あけて再度評価させたところ、20%は結果が前と違っており、25%はお互いの意見が食い違う、など「専門家」でも解釈が一致しないことが明らかになった。そしてさらに、低リスク妊婦に対して、この分娩監視装置をつけ連続モニターする群とつけずに古典的な間歇的心音聴取法によるモニターする群を無作為に選んでその結果をみると、(1)両者で胎児新生児死亡数に差がない、(2)脳性麻痺の発生頻度に差がない、(3)新生児のけいれんの発生頻度は連続モニター群で少ない、(4)帝王切開、急遂分娩の頻度は連続モニター群で高い、という、児の長期予後(脳性麻痺)は変わらず、医師の分娩への介入が増える、という皮肉な結果に終わってしまった⁽²⁾。これには、現在まで色々の原因が考えられている。その主な原因は、前にも述べたが、脳性麻痺の多くは分娩前に起こってしまっていること(つまり分娩時のモニターでは遅すぎる)早産が増加し児の未熟性による脳障害が増えたこと、また胎児心拍数モニターが脳で起っている現象を反映していないのではないかといったことが言われている。ともかく分娩監視装置は脳性麻痺を減少させることは出来なかったのである。

しかし、脳性麻痺の子を持つ親にとって、我が子が一生障害を持つことになってしまった悲嘆は計り知れず、誰かにその責任を負わせたいという心情は当然である。医療に対する訴訟が一般化した時、連続モニターの結果は医師側に不利な結果を突きつける。真に危機的な低酸素状態はもちろんモニターに反映されるが、先に述べたように結果的に正常な分娩であっても異常パターンは出現する。ここを司法の場で突かれるとなかなか反論ができずに多くの医師が敗訴し、米国ではその賠償金が巨額となり、医師が入る賠償保険の加入額が高騰、分娩を扱わない医師が急増してしまった。日本における昨今の産科医療

危機の一因として、このような風潮がある。

それでも分娩監視装置は現在ほとんどの分娩に使用されている。間歇的心拍モニタリングは非常に手間と人手がかかり、臨床の現場で使用することは難しい。我々はその解釈法をより厳密化し、胎児仮死という言葉捨てて、reassuring = モニター上自信をもって大丈夫と言える、non-reassuring = モニター上心配なところがある(この言葉は行為を始めよ、という意味を持たない。怪しいパターンがあるからと言って帝王切開をする義務はないのですよ、という司法向けの言葉)という診断をするようになった。

無過失補償制度(医師の過失の有無を問わずに医療がよくない結果に終わった際に一定の補償を行う)が日本ではじめて児の脳性麻痺に対して発足した理由がこれでご理解いただけるものと思う。われわれ産婦人科医は胎児のことを全く理解していないし、残念ながら工学は胎児の情報を得ることに對して全く無力のまま21世紀を迎えているのである。

4. 産婦人科医はどのような情報が欲しいか?

新しい息吹。

これまで我々は、胎児の脳障害減少という大きな目標に向かって、ただ胎児の心拍数をカウントするというある意味“原始的”な方法のみで立ち向かってきた。心拍数をカウントして全身の酸素化と循環、それに脳の状態を推定するというのは成人での医療では考えられないことである。成人では循環・呼吸などの評価は、血圧測定、血液ガス測定、心電図などさまざまな方法を用いる。また経皮的動脈血酸素飽和度の測定はベッドサイドで簡単に動脈血の酸素化をモニターすることを可能にした。脳の状態を見るためには、脳の機能(たとえば運動、聴覚、視覚など)を神経学的な所見をもちいて評価し、時には脳波で脳の神経活動を、また何らかの器質的な疾患が疑われたときには、CT、MRIなどで形態学的な評価を行うのが一般的であろう。

しかし、分娩中の胎児では上記の評価が全く出来ないのである。近年の超音波診断機器・技術の進歩は胎児をヒトとして認識させる大きな役割を果たした。また超音波によって胎児の形態学的な異常(奇形)の出生前診断例が増加の一途をたどっていることも良く知られている。しかし、この超音波検査診

羊胎仔脳循環測定モデル

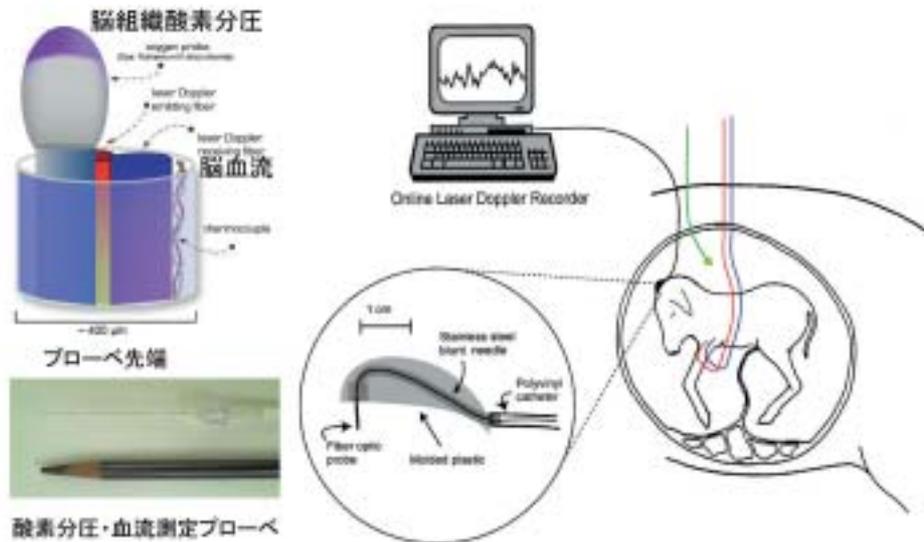


図3

断装置も分娩監視装置としては無力である。

富松は米国留学中に大型実験動物である羊を用いて、妊娠中の胎仔を帝王切開により露出して脳に酸素分圧モニターを、臍帯から血圧や血液中の酸素・炭酸ガスその他をモニターするためのモニター・採血用のチューブを挿入してその後再度子宮内に胎仔を戻した上で、どのような状況下で胎仔脳の酸素濃度を上昇させることができるかを検討した(図3)。母獣が吸入する酸素濃度を増やしてやると胎仔脳の酸素濃度は上昇した。これは臨床でも用いられている。しかし、母獣が吸入する炭酸ガス濃度を増やすとさらに胎仔脳の酸素濃度が上昇した。これは脳の循環が改善し血流量が増加したためであった。また、母獣に適量のカフェインを投与すると脳の酸素消費量が増加するため、それに反応して胎仔脳の酸素濃度は減少した。この一連の変化の間、胎仔心拍数に全く変化は見られなかった⁽³⁾。

また、無脳児(胎内で脳の実質がさまざまなレベルで欠損する疾患。出生後の生存は不可能。)の胎児心拍数図を検討した報告では、胎児の大脳皮質が欠損した状態の無脳児でも胎児心拍数図はほぼ正常の所見であった。つまり、高次脳機能にとってもっとも重要である大脳皮質の完全欠損でさえも胎児心拍数図では評価できないのである⁽⁴⁾。

これらの結果はやはり今の分娩監視装置による胎

児心拍数の評価は脳の状態を評価していない、という臨床的な現実を強く裏付けるものである。胎児の循環機能、胎盤機能(胎児の呼吸機能に当たる)、また脳機能の何からの評価が子宮内で出来ないか?そこに未来の分娩監視装置の方向性があるように思われる。そこで、現在までの胎児の脳障害を減少させるために、胎児心拍数のカウント(現在の分娩監視装置)以外になされている試みを紹介する。

・胎児経皮的動脈血酸素飽和度の測定

これは前述の成人に用いられている、経皮的動脈血酸素飽和度の測定の方法を応用して胎児の動脈血の酸素飽和度を測定する方法である。図4に示すように、分娩中に子宮頸管がある程度(4-5センチ)開いた後に羊膜を破り、経膈的にセンサーを挿入し胎児の頬と子宮壁の間に固定し測定する。この方法は子宮頸管が開いた状態になるまで使用できない点、また人工的に羊膜を破る必要がある点、またセンサーの装着に熟練を要する点などの問題はあっても、胎児の動脈血の酸素飽和度を直接測定できる点で画期的であり、欧米ではいくつかの前方視的な検討が報告された。しかし、2000年以後になされた4つの前方視的な報告では、胎児経皮的動脈血酸素飽和度の測定は胎児の予後を改善させることは出来ず、帝王切開率を減少させることも出来なかった。これ



Williams Obstetrics 23rd Ed. 2010 McGraw-Hill
より改変

図4

らの結果を得て、残念なことに2005年をもって米国での胎児経皮的動脈血酸素飽和度の測定機器の販売・製造は中止されている。

・胎児心電図測定

これも、成人に一般的に用いられている、心電図の測定を胎児に応用したものである。狭心症や心筋梗塞の際に現れる心筋虚血の所見を応用して、胎児の低酸素の際に起る胎児心臓の虚血のサインを測定しようというものである。胎児は低酸素に対し、脳と心臓に対する血流を増やして(そのほかの臓器への血流は減少させる)脳および心臓に対する虚血を最後まで防ごうとする性質(これを血流再分配という)を持っている。胎児の心筋に虚血のサインが出たときには脳も虚血に陥っている可能性が高いというわけである。この測定センサーも、分娩中に子宮頸管がある程度(4-5センチ)開いた後に羊膜を破り、経腔的にセンサーを挿入し胎児頭皮に装着する。2005年に米国では医療機器としての認可があり、その後いくつかの前方視的な使用報告がなされてきており、その結果が待たれるところである⁽⁵⁾。

上記の2つの胎児モニタリングの方法は、分娩中に子宮頸管が開大した後に羊膜を破り、直接胎児にセンサーを装着するという点で、腹壁上から連続モニターが可能な現在の分娩監視装置(胎児心拍数モニタリング)にくらべ簡便性や安全性の面で大きく不利である。子宮内に機器を挿入するという行為自

体が子宮内感染の危険性を高めることは良く知られており、そのことも上記の方法が広がらない一因であろう。

・胎児脳磁図(MagnetoEncephaloGraphy)

脳磁図(MagnetoEncephaloGraphy)と呼ばれる脳の電気的な活動によって生じる磁場の変化を非常に感度の高いデバイスを用いて非侵襲的に非接触の状態ですべて計測する技術が成人の脳機能検査としてすでに応用が始まっている。この技術を生きた子宮内の胎児の脳機能評価に用いる試みも少しずつではあるが始まっている。技術的な困難性もあるようであるが、この技術は現在のところ唯一の安全な胎児脳機能の測定方法であり、この分野の今後が非常に注目される⁽⁶⁾。

母の腹壁から胎児までの距離はわずか数センチである。しかしこの距離は、我々産婦人科医にとってときに果てしなく遠いものを感じることもある。胎児の循環、脳機能、脳組織の酸素化を非侵襲的に測定する方法(それが真の胎児モニタリング、つまり次世代の分娩監視装置であろう)が開発され、安全な分娩には不必要な介入を行わず、また介入が必要なときは速やかに介入する。また、分娩時以外に発症する脳障害を早期に発見し予防する。それが可能になれば、幸せにわが子を抱くことができる可能性をさらに上げることで、我々の社会に大きな福音をもたらすことは間違いないであろう。このような分野にも工学系の先生方が興味を持っていただき、その進歩に期待を寄せつつ、心拍数のみの情報で脳障害という大きな壁に立ち向かう日々がいつか終わりを告げることを望みたい。

5. 参考文献

- (1) The electronic evaluation of the fetal heart rate. Preliminary report. 1958. Hon EH. Am J Obstet Gynecol. 1996;175(3 Pt 1):747-748.
- (2) Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electric fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour. Aifirevic Z, Devane D, Gyte GM. Cochrane Database Syst Rev. 2006 Jul 19;3:CD006066
- (3) Maternal caffeine administration and cerebral

- oxygenation in near-term fetal sheep. Tomimatsu T, Lee SJ, Peña JP, Ross JM, Lang JA, Longo LD. *Reprod Sci.* 2007;14(6):588-94.
- (4) Neurological control of fetal heart rate in 20 cases of anencephalic fetuses. Terao T, Kawashima Y, Noto H, Inamoto Y, Lin TY, Sumimoto K, Maeda M. *Am J Obstet Gynecol.* 1984 15;149(2):201-8.
- (5) Reduced prevalence of metabolic acidosis at birth: an analysis of established STAN usage in the total population of deliveries in a Swedish district hospital. Norén H, Carlsson A. *Am J Obstet Gynecol.* 2010;202(6):546.e1-7.
- (6) Magnetoencephalography - Achievements and Challenges in the Study of Prenatal and Early Postnatal Brain Responses: A Review. Sheridan CJ, Matuz T, Draganova R, Eswaran H, Preissl H. *Fetal Infant Child Dev.* 2010;19(1):80-93.

