

〔よりよい妊娠管理を目指して（その1）〕 子宮、胎盤の血流速度波形による胎児評価

聖隷三方原病院産科科長
宇津 正二

子宮—胎盤—臍帯—胎児循環相互の関係

胎児の正常な発育ならびに Well being は、母体側の子宮—胎盤循環系と胎児側の胎盤—臍帯—胎児循環系での正常な血流に依存しているが、これらのうちのどの部位が病的に変化しても、胎児循環が障害されて IUGR や胎児仮死などの胎児異常を発症する。一般的には、母体側の全身的な循環の異常変動（血圧や血流量、血液粘度の変動など）が子宮から胎盤の循環に波及し、さらに胎児循環にまで障害を来すことが多い。妊娠中期以降の胎児 Well being の判定には NST や Biophysical profile による評価が有用であるが、妊娠子宮内における胎盤循環異常の病態は、超音波パルスドプラ法を用いた子宮動脈と臍帯動静脈における血流速度波形分析で評価できる。

子宮—胎盤血流

妊娠子宮への血流は、左右両側の子宮動脈と卵巣動脈、さらには腹膜からの側副血管などで供給されるが、主に左右の子宮動脈から供給されると考えてよい。

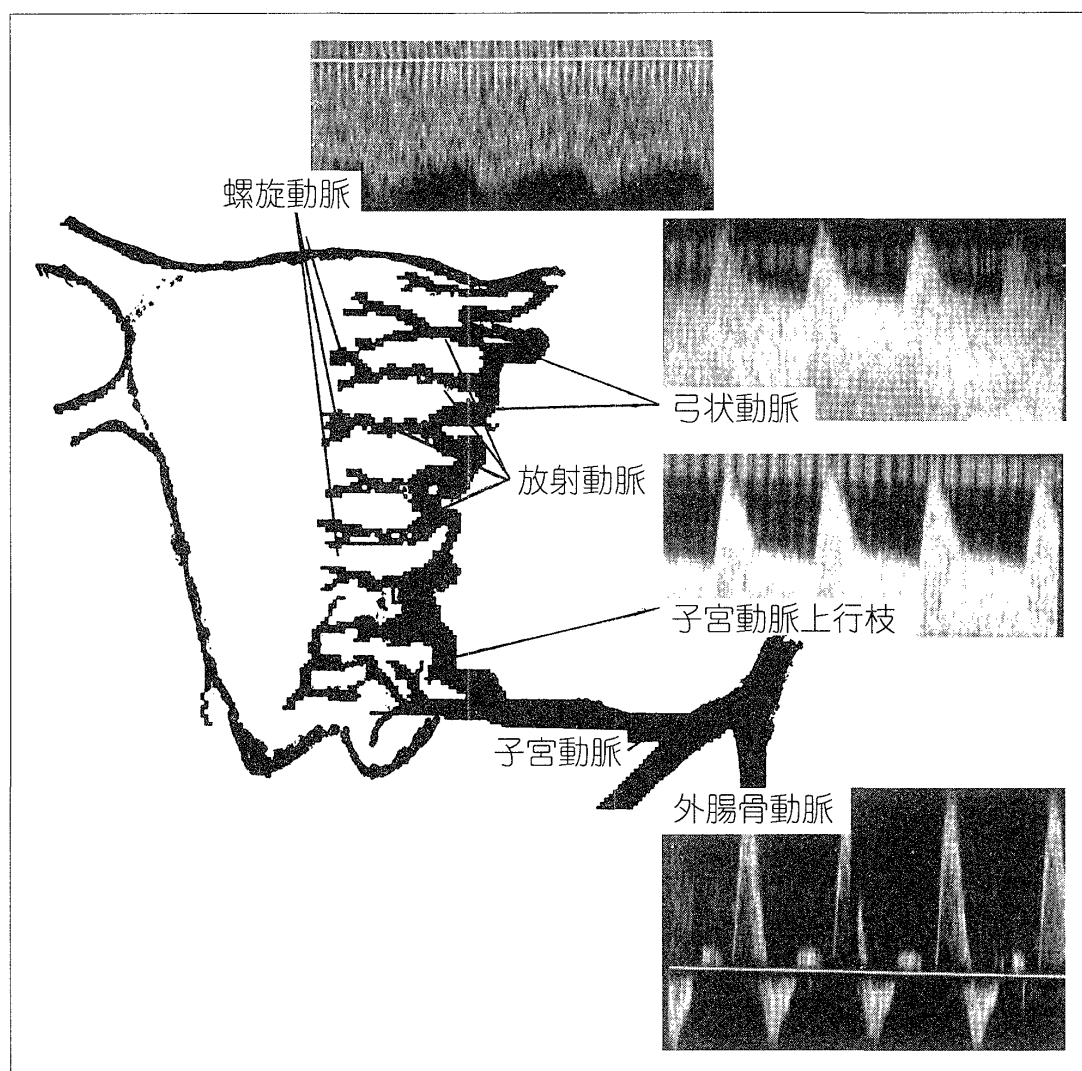
子宮頸部から進入した子宮動脈（uterine artery）の上行枝から弓状動脈（arcuate artery）、さらに放射動脈（radial artery）を経て基底動脈（basal artery）と螺旋動脈（spiral artery）に分枝し（図1）、この螺旋動脈が絨毛間腔に勢いよく流入し、胎児循環側の臍帯血管分枝末端の絨毛血管の壁1枚で胎児血流と接してガス交換、物質移動を行っている。

正常妊娠の胎盤では、妊娠15週頃までの妊娠初期には、胎盤床脱落膜に侵入してきた絨毛外トロホプラスト細胞によって螺旋動脈血管壁の筋弾性繊維層が剥離されるため、循環抵抗が低下し、絨毛間腔に流入する螺旋動脈は最大限に拡張する。また妊娠20週頃までには、子宮筋層内の放射動脈の末梢側1/3の部分にまで絨毛外トロホプラスト細胞が遊走して、同様に血管壁の筋弾性繊維層を破壊するため、妊娠中期以降は胎盤の末梢血管抵抗が減少し、螺旋動脈から絨毛間腔への流入血液量がさらに多くなるような合目的的な仕組を備えた特殊な機構になっている。

正常妊娠例における子宮—胎盤血流の観察と子宮動脈血流速度波形

妊娠中期（妊娠20週頃）以降は、経腹的に超音波カラードプラ法で下腹部の子宮外側部で容易に観察できる外腸骨動静脈の血流を目安にして、それに直交して走行する子宮動脈上行枝を描出する。ドプラ血流速度波形は、拡張期に逆流の認められる外腸骨動脈波形とは異なり、拡張期にも十分な血流速度を維持した波形である。子宮動脈から弓状動脈、放射動脈、螺旋動脈と末梢側に進むに従って収縮期に対する拡張期の血流速度比率が高くなり PI 値、RI 値は低下傾向を示す（図1）。

妊娠初期には、末梢の血管抵抗の存在を意味する切れ込み（切痕、notch）が拡張期の



(図1) 妊娠子宮における血管分枝と血流速度波形

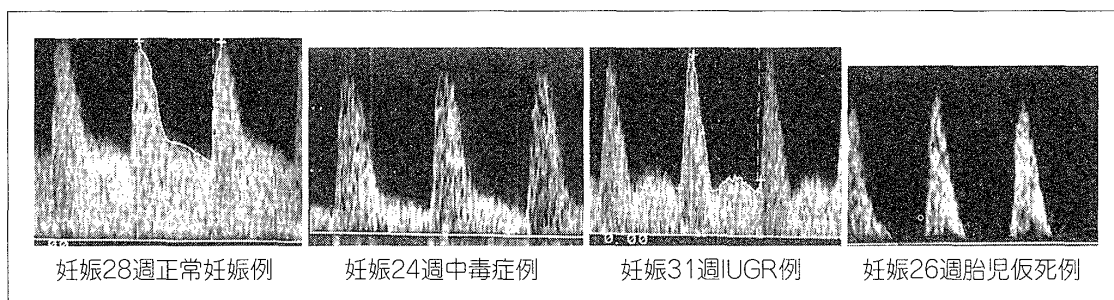
早期にみられるが、螺旋動脈から放射動脈末梢の血管抵抗が低下する妊娠後期には拡張早期切痕はみられなくなる。さらに、妊娠週数の経過に伴って胎盤への血液供給は漸次増加し、拡張期血流速度の速い血流量の豊富な波形となるため、PI 値、RI 値は妊娠末期に向かって若干低下する。

胎盤の付着部位によって左右の子宮動脈および末梢の血流は異なる。胎盤付着側の血流は対側の血流より多くの血流を供給しているので拡張期血流速度は高く PI 値、RI 値は胎盤付着側の方が対側より若干低い。

子宮収縮時や陣痛発作時には子宮血管の血流抵抗が高まって血流速度波形は、拡張末期に低下、消失し、逆流も出現する。一方、収縮の間欠時に子宮が弛緩すると元の血流速度波形に回復する。したがって子宮動脈の血流速度波形検討の際には子宮収縮の存在に注意する必要がある。

子宮動脈の血流速度波形の異常

まず、妊娠子宮の末梢循環抵抗の異常上昇によって、拡張期血流速度が低下し PI 値、



(図2) 妊娠中の子宮動脈血流速度波形の変化

正常妊娠例と妊娠中毒症、IUGR、胎児仮死例の子宮動脈異常血流速度波形。正常波形では拡張期血流速度の比率が高く、異常例では拡張期血流速度が低下し、さらに妊娠29週のIUGR例では妊娠初期にみられる拡張早期の切痕が残っている。拡張期の血流途絶や逆流がみられるようになると胎児仮死の存在が疑われる。

RI 値が異常高値となり、妊娠初期だけにみられる拡張早期の切痕が妊娠中期以降も存続することで始まる。さらに、この血流異常が持続すると、絨毛間腔への流入血流量は著しく減少し胎盤に虚血性変化を来すようになる。子宮動脈血流速度波形には拡張期の血流途絶や逆流現象まで出現する(図2)。その結果、胎児性胎盤の絨毛と絨毛血管の発育も障害され、胎児側の胎盤循環障害が進行し、胎児発育障害や胎児仮死を発症する。胎児自身の動脈と臍動脈の血流波形にも末梢循環抵抗の上昇を意味する同様の変化が現われる。妊娠中毒症、PIH (pregnancy induced hypertension) では全身の細小血管の攣縮に加えて、螺旋動脈から放射動脈へのトロホブラスト細胞の侵入が不十分になるため、絨毛間腔への流入部血管壁の抵抗性が緩和されないという病態からこのような異常血流波形となる。SLE や抗磷脂質抗体症候群などの場合にも、子宮の細小血管内腔での変化や絨毛間腔内のフィブリンの沈着、血栓形成などによって同じような異常血流波形が発生する。また、母体の出血性ショックやアレルギー性ショック、心不全などの急性の全身性循環障害が発生した時にも、母体生命維持には関与しない末梢臓器である子宮の循環は真先に障害されて子宮動脈が攣縮するため異常血流波形が発生する。

子宮動脈の異常血流波形と胎児評価

妊娠中期のハイリスク妊娠例を対象として、子宮動脈や弓状動脈の血流波形で、妊娠中毒症発症を予測する試みは、1983年のCampbell et al.¹⁾の報告以来、多数報告されている。妊娠22週以降のIUGR、およびPIHの症例を対象に、両側の子宮動脈のドプラ血流波形上の二つの異常所見(異常RI値と拡張早期切痕)の存在を、左右別々にそれぞれ1点ずつのスコアとして加算し、子宮動脈異常波形をスコア化して検討したSekizuka et al.²⁾の方法や、螺旋動脈での異常血流速度波形出現群で検討したMurakoshi et al.³⁾の方法では、早産、低出生体重児、重症妊娠中毒症、胎児仮死、および帝王切開出産などの異常例が有為に多く、妊娠の転機が悪い症例に対する正診率は高い結果が得られている。

このように、子宮動脈における異常血流速度波形の検討は、妊娠中毒症やIUGRなどのハイリスク群に対する重症化の予測や、周産期異常発症の予知手段として有用である。

胎盤内血流と胎盤異常の血流波形

胎盤内部の循環については、母体側の絨毛間腔と胎児側の絨毛血管の血流速度波形は微細でかつ多方向性のため、従来の超音波パルスドプラ法では個別に観察することはできない。血流方向にかかわらず血流成分をすべて検出し表示できるパワーモード法を用いると胎盤内部の血流も検出することができるが、個別評価や定量的な検討ができないため臨床的な有用性は現在のところ不明である。Bモード画像上で、胎盤内の比較的大きな echo free space としてみえる絨毛膜下洞や小葉間洞、および胎盤の端に位置する辺縁洞は、placental pore 又は placental blood lake と呼ばれており、絨毛間腔から緩徐に流れ出る血流成分が観察できたり、またカラードプラ法で、流出している血流を確認できるが、定量的な検討対象とはなっていない。超音波ドプラ法で定量的な観察が可能な胎盤内血流速度波形は胎児側の臍動静脈から分枝した胎児血流である。胎盤血腫や胎盤梗塞などによる胎児側胎盤循環抵抗の上昇は、臍動脈の血流速度波形に拡張期血流速度の低下した異常血流波として現われ、大きなものは胎児発育障害を来す。逆に、胎盤血管腫のような動静脈吻合による循環抵抗の異常低下は、臍動脈の血流速度波形が循環血流量の多い拡張期の異常に速い血流波形となり、胎児の鬱血性心不全や胎児水腫にまで至ることがある。一方、静脈系の異常は、胎盤血管腫の場合の臍静脈の鬱血や1絨毛膜性の双胎妊娠で双胎間輸血症候群（TTTS）が進行した場合などに発現する胎盤鬱血の場合で、臍静脈に動脈拍動に同期した異常な血流波動が出現する。

おわりに

母体と胎児の接点である胎盤では、その役割上、少しでも胎児循環に有利になるような特殊な構造と機能を有しているが、実際のところ、直接胎盤の循環を評価することができないため子宮胎盤循環と胎児胎盤循環とに分けて、胎盤の両側からその循環状態を評価しているのが現状である。近い将来、胎児に悪影響を及ぼさない非侵襲的なメディウムで血管撮影ができたり、超音波やMRIでのアンギオグラフィーなどの手法が応用され、直接胎盤の循環状態が評価できるようになることが待たれる。

《参考文献》

- 1) Campbell S, Griffin DR, Pearce JM, Diaz-Recasens J, Cohen-Overbeek TE, Willson K, Teague MJ. New Doppler technique for assessing uteroplacental blood flow. *Lancet* 1983 ; i : 675—677
- 2) Sekizuka N, Hasegawa I, Takakuwa K, Tanaka K. Scoring of uterine artery flow velocity waveforms in the assessment of fetal growth restriction and/or pregnancy-induced hypertension. *J Maternal-Fetal Investigation* 1997 ; 7 : 197—200
- 3) Murakoshi T, Sekizuka N, Takakuwa K, Yoshizawa H, Tanaka K. Uterine and spiral artery flow velocity waveforms in pregnancy-induced hypertension and/or intrauterine growth retardation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996 ; 7 : 122—128