

質疑応答

(質問) 未熟児及び新生児における術中の循環管理についてご教示下さい。

(回答) 北村 征治*, 高田 幸治*

未熟児・新生児の循環系の特徴

心機能と末梢血管抵抗について

新生児は代謝率が高く体重当たりの心拍出量は成人の2～3倍である。しかし、心筋のコンプライアンスは低いために拡張期容積は変化が少なく、需要が増加したときにも一回拍出量の増加には限度があり、心拍数を上昇させることにより心拍出量を増加させている。心臓の自律神経支配は未熟で、特に交感神経線維が少ない¹⁾。このため低酸素の際にも心拍数の増加が見られずに、突然除脈から心停止に至る。

血管の豊富な内臓への血流の割合が大きいため体血管抵抗は低く、容量血管の収縮も悪いので血圧は低い。したがって循環血液量の低下は血圧の低下となって反映される。循環血液量の25%の出血で血圧は50%低下する。動脈圧は成熟児で60/35 mmHg, 未熟児で45/25 mmHgであるが、娩出時に臍帯結紮が遅れると母体血の送り込みが増加し、血圧は10～15 mmHg上昇する。低酸素状態では末梢血管は収縮する(成人では拡張)。

肺循環について

肺血管は出生後も低酸素, アシドーシス, 低体温などに暴露されると容易に収縮する。血管収縮による肺血管抵抗の増加により新生児肺高血圧症(PPHN)となると、右心系の負荷が高まり卵円孔の再開, 動脈管の再開により静脈血が全身を循環する, いわゆる胎児循環遺残症(PFC)発症の危険性がある。特に生後48時間はこの危険性が高い。また出生時に動脈管開存や心内シャントがあ

ると、出生後肺血管抵抗の低下にしたがって左右シャントが増加し、成熟児で生後7～14日で、未熟児では動脈管や肺血管の筋成分が少ないので、一週間以内(3～5日)に顕性化する²⁾。結果として鬱血性心不全・肺水腫となり、肺コンプライアンスが低下して呼吸器症状も出現する。

脳出血について

脳室周囲の細胞性胚基質では、毛細血管に対する支持組織が少ないために血圧の変動で出血を起こしやすい。低酸素, 血圧の上下変動, 高炭酸血症, 低体温などによって発生する血流・血圧の変化は、自動調節能(auto-regulation)の欠如した未熟児や早産児では、直接この血管脆弱部に伝搬されるため、脳内あるいは脳室内出血の原因となる。その他、高浸透圧液(重曹水・糖液)の負荷, 乱暴な挿管手技なども出血の原因となる。

麻酔管理

新生児室からの搬送に当たってはそれまでの呼吸管理法のまま条件を変えずに移動することが望ましい(特にHFO管理中の児など)が、血圧低下, PFCの発生などに特に注意し、麻酔科医が付き添ってパルスオキシメータで監視しながら搬送する。この間、保温に十分注意を払うことは言うまでもない。なお、静脈路や動脈ラインの確保は、できるだけ新生児室にて事前に済ませておき、手術室では手際よい導入が奨められる。

導入時には浅麻酔も深麻酔も血圧を変動させ、頭蓋内出血や心停止の原因となるので、血圧の変動の少ない導入を行う。確保された静脈路からチドアミラルール3～4 mg/kgまたはフェンタニール(初回量2～5 μg/kg)とパンクロニウムまた

*大阪府立母子保健総合医療センター麻酔科

はベクロニウム0.1 mg/kgで急速導入する。頭蓋内圧上昇を避けるためリドカイン1 mg/kgを静注する場合は、アトロピン(0.05 mg)を前処置して除脈を防ぐ。導入時の相対的な循環血液量不足による血圧低下に備えて、5%アルブミンを10 ml シリンジに数本準備、10 ml/kgを分割投与する。また同様の目的で、グルコン酸カルシウム0.5~1.0 mlずつの分割投与も有効である。

麻酔維持はフェンタニール(総量20 μ g/kgまで)とパンクロニウムまたはベクロニウム(0.05 mg/kg追加)で行う。吸入麻酔薬として、低濃度のセボフルラン(1.5%以下)またはイソフルラン(1%以下)の併用も可能であるが³⁾、血圧低下と心拍数の低下には注意する。笑気は未熟児では、心機能や圧受容体反射を抑制するといわれ使用しない⁴⁾。

疾患に応じた循環管理上のポイントをあげると、横隔膜ヘルニアでは、PFCの発症と還納臓器による腹腔内圧上昇による循環障害がある。換気条件の微妙な変化でもPFCを発症する。PFC発症に備えてサーファクタントの投与や一酸化窒素吸入などの準備も必要である⁵⁾。腹壁破裂・臍帯ヘルニアも臓器還納後の循環管理が要点で、ドパミン3~5 μ g/kg/minで循環を補助する。この場合も上下肢のSpO₂が循環不全の指標となる。胃破裂や消化管穿孔は、大量の体液が3rd spaceへ喪失されるので、血漿製剤や大量輸液、ドパミンなどによる循環補助が必要となる。術前から同様の管理が開始され、利尿が得られていることが望ましい。

心疾患の合併例では疾患の病態、血行動態を理解し、特に吸入酸素濃度(FiO₂)に注意する。肺血流量の多寡と、肺循環および体循環に対する動脈管の役割を認識しておく。FiO₂を高くすればPaO₂は増加するが、肺血流量が増加することを忘れてはならない。

たとえばPDA、大きなVSD、TGAtype2、TAPVRなど肺高流量群では、高濃度酸素が肺血流をさらに増加させるために鬱血性心不全や末梢循環不全を呈する危険があり、SpO₂監視下のできる限りFiO₂を空気に近づける。通常未熟児で術中SpO₂は85~95%を目標とするが⁶⁾、チアノーゼ性心疾患児では80%以上あればよい。また大動脈縮窄、左心低形成などでは、体循環を

PDAに依存(この場合は右左シャント)しているので、肺血管抵抗を低下させると体循環が犠牲となるので、高濃度酸素の投与は逆効果となる⁷⁾。

循環モニターについて

モニタリングの基本は麻酔科医による聴診・触診であることを銘記すべきである。

パルスオキシメトリーは循環モニターとして不可欠で、2台の機器により右手掌(preductal)と足(postductal)で測定する。これによりFiO₂を調節したり、カテコラミン、血管収縮薬の使用の参考にする。心電図は、胎脂の影響を受けることなく皮膚への密着性の良いディスポ電極と、細いリード線を求める。非観血自動血圧計はオシロメトリック法によるもので、特に小児専用の加圧装置(成人用機種でカフのみ小児用を附属するものは不適)を備え体動にも強い機器が必要で、カフは体重が1000g以上あれば幅2.5~3.0cmで測定できる。動脈穿刺は24G血管内留置カニューレで体重が1000g以上あれば確保できる技術を要求される。動脈圧測定に際しては、フラッシュラインからの注入液の加圧フラッシュは避け、三方活栓を介してシリンジによる用手注入に心がける。中心静脈路は用途が広く、カテーテルは4Fr長さ5~8cmのシングルまたはダブルルーメンカテーテルを内頸静脈穿刺により挿入する。CVPが3cmH₂O以下であれば循環血液量不足の一つの指標である。尿量や大泉門の緊張は脱水の指標であるが、大泉門は中心静脈圧の異常な上昇に対する警報にもなるので、手術の内容によっては術中しばしば触れてみる必要がある。

また、大泉門からの頭部エコー図は術中の脳出血・虚血、脳血流の指標として有用である。特に前大脳動脈血流速度の計測により、脳血流の増減をリアルタイムに評価が可能である。

文 献

- 1) Steward DJ: Outline of pediatric anatomy and physiology in relation to anesthesia, Manual of pediatric anesthesia 3rd Ed. edited by Steward DJ, Churchill Livingstone, New York, 1990, pp22-28
- 2) Gregory GA: Anesthesia for premature infants, Pediatric Anesthesia 3rd Ed. edited by Gregory GA, Churchill Livingstone, New York, 1994, pp351-370
- 3) Duncan P, Gregory GA, Wade J: The effect of nitrous oxide on baroreceptor response of newborn and adult

- rabbits. *Can Anaesth Soc J* 28: 399-341, 1981
- 4) LeDez KM, Lerman J: The minimum alveolar concentration (MAC) of isoflurane in preterm neonates. *Anesthesiology* 67: 301-307, 1987
 - 5) 北村征治, 福光一夫, 竹内宗之ほか: 小児麻酔—最新の知識 麻酔 44 (Suppl): S93-S99, 1995
 - 6) Klaus MH, Fanaroff AA (竹内 徹訳): ハイリスク新生児の臨床 (Care of the high-risk neonate 4th Ed) HBJ 出版局, 東京, 1995, pp250-252
 - 7) 木内恵子, 太城力良, 岸本英文: 新生児・乳児期早期の開心術の麻酔管理. 循環制御 15: 195-198, 1994