

小児開心周術期における生体インピーダンス測定

芦田ひろみ¹、志馬伸朗^{2,3}、智原栄一⁴、

影山京子²、田中義文²

1, 国立滋賀病院麻酔科; 2, 京都府立医科大学麻酔学教室・集中治療部; 3, 同・小児疾患研究施設集中治療室; 4, 明治鍼灸大学麻酔科学教室

キーワード：インピーダンス、小児、心臓手術、重症度

【はじめに】

小児開心術の周術期には、体外循環の適用をはじめとする様々な手術関連侵襲の影響で、水分貯留に代表される体構成成分の急激な変化が生じる。その正確な把握は重要と考えられているにもかかわらず、確立された評価法は存在しない。成人等で適用となる体重測定による評価は、小児・新生児ではその測定値にバイアスを与える因子が大きすぎ、正確な適用は現実的には困難である。我々は、体脂肪計を用いた生体インピーダンスの測定が、体重測定に代わりうる術後の体構成成分変化の評価指標である事に着目し、その有用性について検討した。インピーダンスは、体の2点に装着した電極間の resistance と reactance から構成されている⁽¹⁾。この低下は電気伝導性の高い水分の体内貯留や、細胞膜の integrity の障害を意味する⁽²⁾。今回は、小児開心術症例の周術期のインピーダンスの変化と、体外循環及び患者重症度との関係について検討した。

【方法】

1998年7月から1999年6月までに当小児ICUに入室した新生児から10才までの開心術症例66例(男児42名、女児24名、体重2.4-27kg)を対象とした。市販の体脂肪測定器(TS-M-202・高木産業)を用いて両下肢外踝皮膚間における50kHzの単一電流によるインピーダンスを術前、術直後、術後1日目(16時間後)、術後2日目(40時間後)に測定した。測

定値は術前値を基準値(=1)としてこれに対する割合(BI比)で評価した。患者群を体外循環の適用により適用無し群(I)、体外循環時間60分以下の群(II)、体外循環時間60分以上120分未満の群(III)、体外循環時間120分以上の群(IV)の4群に分類した。一方、これとは別に重症度の指標としての術後入室期間から、術後28日以内におけるPICU free daysにより20日以上群(A)、10-19日群(B)、1-9日群(C)、及び0日群(D)に分類した。おのおのの群で、BI比の変化を比較検討した。群間有意差を、ANOVA後Bonferroni/Dunnテストで検定し、 $P<0.05$ にて有意とした。

【結果】

1. 体外循環の影響

I群の術後のBI比は1.0付近で経過し、術前値に比して明らかな低下を認めなかった。これに対しII, III, IV群では術直後においてI群に比べ有意に低下し、その低下度は体外循環の長さ按比例した。術翌日以降ではBI比は全ての群で回復に向かい、群間有意差を認めなかった。体外循環の侵襲程度は術直後の時点でのBI比にのみ影響することが示された(図1)。

2. 重症度の影響

C及びD群では、術後において全般的なBI比の低値と術前値への回復遅延が認められた。とくに術翌日においては、C及びD群では平均値が0.8以下であったのに対しA群では1.0を越え、有意差を認めた。以上より、重症度を反映するのは術翌日値であり、BI比で0.8が危険域であることが示唆された(図2)。

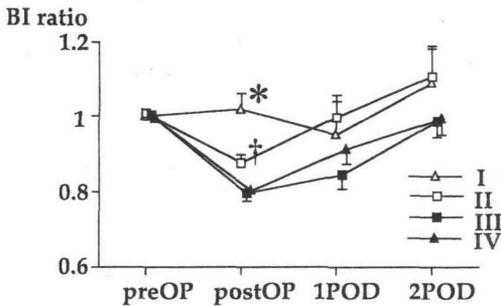


図1 体外循環時間とBI比の関係

体外循環侵襲の大きさは術直後の時点での有意な低下に影響する。平均値±標準誤差; *, III,IV群に対し $p < 0.01$; , IV群に対し $p < 0.01$; I, 体外循環非適用; II, 体外循環時間60分未満; III, 体外循環時間60分以上120分未満; IV, 体外循環時間120分以上。

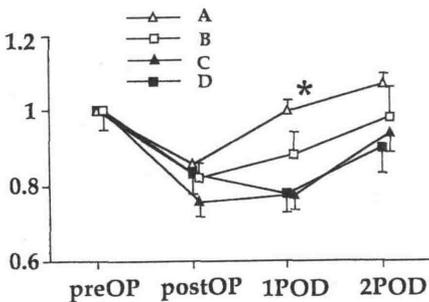


図2 術後入室期間とBI比の関係

術翌日の時点でのBI比が低いほど術後入室期間が長くなる。平均値±標準誤差; *, C及びD群に対し $p < 0.01$; A, 28日以内のICU free daysが20日以上; B, 28日以内のICU free daysが10日以上20日未満; C, 28日以内のICU free daysが10日未満; D, 28日以内のICU free daysが0日。

【考察】

小児開心周術期における体構成成分の変化を下肢領域での生体インピーダンスの変化を指標として評価した。体外循環侵襲の程度は、術直後におけるインピーダンス値の低下にのみ関与する。一方、術翌日値は術後の患者重症度と相関する。術当日の侵襲からの回復能が予後を評価する上での重要であり、術翌日値のBI比で0.8以下を危険値と設定することが可能と考えられた。

これまで、術後の水分貯留・浮腫形成に代表される体構成成分の異常は、経験的に悪いサインであると考えられてきた⁽³⁾。しかし、これを定量的に評価する臨床的指標には乏しかった。生体インピーダンスの測定は、短期間では脂肪成分量の変動が少ないとの仮定の下で、水分変動によるresistanceの変化と、細胞膜構成成分の変化によるreactanceの変化を反映する(1,2)。体外循環下に開心手術を受けた患者群では、血液希釈に伴う膠質浸透圧の低下や、急性期炎症反応の惹起に伴う毛細血管透過性の亢進、心機能の低下などの種々の因子が影響して、水分貯留及び細胞障害に代表される急激な体構成成分の変化を生じる可能性が高い。水分貯留はresistanceを低下させ、細胞障害はreactanceを低下させるため、インピーダンス値の低下が大きいほど体構成成分の変化度が大きいと評価できる。特に術直後のBI比は、体外循環侵襲が体構成成分の変化に与えるインパクトの大きさを表していた。なお、小児、新生児では生理的に細胞外液量の相対量が多く、水分代謝が盛んなことから、この変化を評価しやすいと考えられる。

術翌日のBI比は重症度評価の良い指標である。これらの患者群では通常、術後早期には利尿薬による強制利尿により除水が計られるが、これにもかかわらず回復しないBI比は、心及び腎機能障害の持続と、遷延する急性期反応・血管透過性の亢進状態を反映していると考えられる。これらはいずれも患者重症度へ影響する因子であり、BI比は間接的にこれらの因子を介して重症度を反映していると考えられる。回復過程の評価という観点では、今回は術翌日(16時間後)に測定し有意差を得たが、より正確な評価のタイミングについては今後検

討の余地があると考ええる。また、今回は下肢における部分的なインピーダンス測定を行ったが、下肢は心臓手術や治療介入による影響を受けにくいという、全身的な水分変化を反映しやすく⁽⁴⁾、適切と考えられる。

生体インピーダンスの測定は、完全に非侵襲的で、非常に簡便な方法であるため、小児・新生児患者においてはとりわけ好都合なモニターであり、今後の普及が望まれる。

【参考文献】

1. Lowell JA, Schifferdecker C, Driscoll DF, et al. Postoperative fluid overload: not a benign problem. *Crit Care Med.* 18:728-33, 1990.
2. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr.* 11:199-209, 1992.
3. Mattar JA. Application of total body bioimpedance to the critically ill patient. Brazilian Group for Bioimpedance Study. *New Horiz.* 4:493-503, 1996.
4. Foley K, Keegan M, Campbell I, et al. Use of single-frequency bioimpedance at 50 kHz to estimate total body water in patients with multiple organ failure and fluid overload. *Critical Care Med.* 27: 1477, 1999.