

指定演題4

ICGパルス式色素希釈法による中心部血液量は熱希釈法による胸郭内血液量と同等か？

石原弘規、中村仁美、大川浩文*、坪 敏仁*、松木明知

弘前大学医学部麻酔科、同集中治療部*

はじめに

重症患者の心臓前負荷の指標として、従来の肺動脈楔入圧などに代わって transpulmonary thermodilution 法 (TPD) による胸郭内血液量 (ITBV) が注目されている^{1,2)}。一方、ICGパルス式色素希釈法 (PDD) でも同様の原理で中心部血液量すなわち、ITBV 算出が可能である³⁾。今回、ICUに入室し、TPDによるITBV (ITBV-TPD) 測定を行った患者で同時にPDDによるITBV (ITBV-PDD) も測定し、ITBV-PDDがITBV-TPDの代わりに使用できるか否か検討した。

方法

ICUに入室し、ITBVを測定した連続した24名の3領域郭清を施行した食道癌手術患者を対象とした(表1)。何れもうっ血性心不全、大動脈瘤の既往はなかった。輸液はICU入室時より3号液と乳酸加リンゲル液を使用し、総量で2.5ml/kg/hrを術後1日目の朝まで投与し、この間低血圧を生じた18名に対しては乳酸加リンゲル液、膠質液の追加投与を以前の報告と同様に行った⁴⁾。以後術後2日目まで3号液を主体とし、1.5-2.5 ml/kg/hrで投与

した。ドパミンなどの循環作動薬の持続投与は6名で必要としたが、ICU入室時に投与された患者はいなかった。各患者で手術当日ICU入室時、術後1, 2日目の計3時点で体液量を検討した。大腿動脈にPulsion社製のカテーテル (PV2015L13, Munich, Germany) を挿入し、PiCCO モニタリングシステム (Pulsion, Munich, Germany) を装着した。さらに日本光電社製 DDG アナライザー (DDG1101, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) と ICG 濃度検出用の鼻プローブを装着した。8℃以下に冷却した生理食塩水10mlを鎖骨下静脈に留置した TPN カテーテルより急速に静注し心拍出量 (CI-TPD) と ITBV-TPD を測定した。その直後に、ICG 25 mg を 50% ブドウ糖溶液 10ml (5g) に溶解し、急速に同じ TPN ラインより投与し PDD により心拍出量 (CI-PDD)、および ICG が初循環により鼻翼に置いたプローブまで達する平均到達時間 (MTT-PDD) を Stewart-Hamilton による方法 3 により求めた。ITBV-PDD は CI-PDD と MTT-PDD の積により求めた。

$$ITBV-PDD = CI-PDD \times MTT-PDD / 60$$

ICGの初循環による各希釈曲線は円滑な単峰性の曲線が記録されているか否か検討され、最初27名を対象としたが3名の患者でピークが不明瞭な不正確な曲線が得られ、不適当と判断されこの3名を除外し24名の患者が最終的に対象患者となった。このほかICG投与により血漿量とブドウ糖投与によるブドウ糖初期分布容量を既報に基づいて算出した5が本研究には使用しなかった。

PiCCOによる平均到達時間 (MTT-TPD) は

表1 対象患者

N	24
性別	22/2
年齢 (歳)	64 ± 7 (52-75)
術前体重 (kg)	56.1 ± 9.4 (39-74)
術前体表面積 (m ²)	1.58 ± 0.16 (1.23-1.88)
手術時間 (hours)	9.1 ± 2.0 (4.9-12.5)
術中出血量 (g)	910 ± 460 (110-2050)
術中輸液量 (mL)	5240 ± 1290 (2100-7100)
術中尿量 (mL)	720 ± 410 (230-2000)
平均 ± 標準偏差 (範囲)	

PiCCOシステムに出力されていないため、ITBV算出の基本原理に基づき6,7, ITBVとCI-TPDより以下の式により求めた。

$$MTT-TPD = ITBV \times 60 / CI-TPD$$

結果は平均±標準偏差 (SD) で示し、日々のデータは分散分析後Neuman Keuls testにより群間の差違を検討した。また回帰分析とBland and Altman分析も必要に応じて行った。P<0.05で有意差ありとした。

結果

日々の体液量の推移は表2に示した。ITBV-PDDはITBV-TPDに比し0.28±0.31 (SD) L/m²の過小評価であり、両者間には相関関係はなかった (r=0.02, n=72) (図1)。MTT-PDDはMTT-TPDに比し、3.6±2.8秒短く、両者間には正の相関関係が見られた (r=0.79, n=72, p<0.001) (図2)。CI-PDDはCI-TPDに比し0.35±0.85 L/min/m²の過小評価であり、両者間には正の相関関係が見られた (r=0.59, n=72, p<0.001) (図3)。ITBV-TPDとCI-TPD間には術当日正の相関関係は見られなかった (r=0.12, n=24) が、3日間を通しては低い正の相関関係が見られた (r=0.32, n=72, p=0.005)。

考案

今回の結果よりDDGアナライザーを用い

たITBV-PDDはITBV-TPDと一致せず、ITBV測定に関してはPDDがTPDの代わりにならないことが判明した。Sakkaら6はこの両者間には、循環動態が安定しているARDSや敗血症で中等度の正の相関関係があ

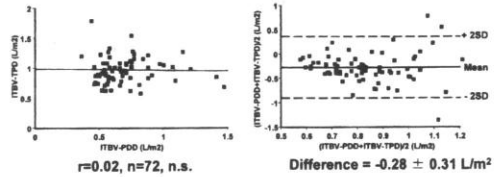


図1 ITBV-PDDとITBV-TPDの関係

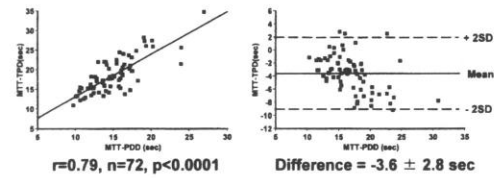


図2 MTT-PDDとMTT-TPDの関係

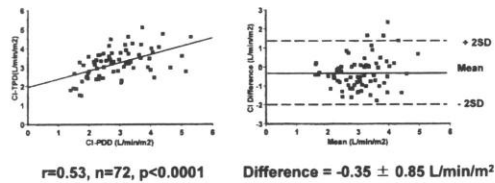


図3 CI-PDDとCI-TPDの関係

表2 胸部内血流量 (ITBV) と心係数 (CI) の推移

	術当日	術後1日	術後2日
体重 (kg)	60.4 ± 10.8 (45 - 81.5)	61.9 ± 11 (45 - 83.3) **	62.5 ± 11.3 (44.5 - 82.9) **
ヘマトクリット (%)	32.5 ± 4.6 (24.7 - 40.1)	29.7 ± 5.3 (20.4 - 38.5)**	27.9 ± 4.6 (18.5 - 37)**
ITBV-TPD (l m ²)	1.02 ± 0.26 (0.63 - 1.79)	0.88 ± 0.18 (0.58 - 1.27)*	1.02 ± 0.19 (0.63 - 1.54)
ITBV-PDD (l m ²)	0.63 ± 0.19 (0.36 - 1.21)	0.72 ± 0.26 (0.46 - 1.47)	0.74 ± 0.17 (0.53 - 1.15)
MTT-TPD (secs)	21.7 ± 5.1 (13.4 - 34.7)	17.7 ± 3.7 (12.2 - 26.0) *	16.3 ± 2.7 (10.9 - 22.0) *
MTT-PDD (secs)	17.2 ± 3.8 (12.1 - 26.9)	14.6 ± 2.3 (10.6 - 19.3)*	13.2 ± 2.3 (9.7 - 17.4)**
CI-TPD (l min ⁻¹ m ⁻²)	2.8 ± 0.7 (1.5 - 4.2)	3.1 ± 0.6 (2.2 - 4.1)	3.8 ± 0.6 (2.8 - 5.1)**
CI-PDD (l min ⁻¹ m ⁻²)	2.2 ± 0.7 (1.4 - 3.9)	3.0 ± 1.0 (1.8 - 5.1)*	3.4 ± 0.7 (2.3 - 5.3)*

平均±標準偏差 (範囲)

*p<0.05 vs 術当日; ** p<0.001vs 術当日;

TPD = transpulmonary dilution technique; PDD = pulse dye densitometry;

MTT=mean transit time;

ることを報告しているが、今回のような体液量の分布変動が大きく循環動態が比較的不安定な手術侵襲の極めて大きな病態に関しては報告されていない。

今回のMTT-PDDはMTT-TPDに比し、平均3.6秒短く、中等度の正の相関関係($r=0.79$)も認められた。鼻翼に置いたICG検出位置は、大腿動脈に置いた温度検出位置より中枢側に位置することが示唆され、図1から判断するとMTTが長くなるほど両者間の差が増大する傾向が見られた。報告されているMTT-TPDの正常値11.6-16.6秒7.8であり、MTTが正常上限に近い17秒程度までは過小評価の度合いは小さくMTT-PDDがMTT-TPDの代わり使用可能になることが示唆された。しかし今回見られたようなMTTが20秒以上と著しく延長している場合には、MTT-PDDはMTT-TPDの代わりにならないと考えられた。

今回の結果ではICU入室時のITBVI-TPDはバラツキが大きく平均値は比較的高値を示した。一方、この時のCI-TPDは比較的低かった。ICU入室時のMTT-TPDは平均21.7秒と上述のMTT-TPDの正常値7.8より延長しており、その後のMTTは低下していた。MTT-PDDも同様の傾向を見ており、今回の患者群では手術直後何れの方法を用いてもMTTが延長していると考えられた。一方、著者らの未発表のデータでは肝移植術直後のMTT-TPDは 11.1 ± 0.6 (SD) 秒と今回の結果より著明に短かった。このことは今回のMTT延長、ITBVの比較的大きい場合には、測定法自体の問題よりも3領域リンパ節郭清を伴う食道癌手術による侵襲自体が大きな影響を与えたと考えられた。さらに一般に見られるITBVと心拍出量(CO)間の相関関係1.2も低く、ITBVが比較的大きい場合にもその後低血圧の発生を見ており、食道癌手術直後のITBVの臨床的意義に関しては今後の検討を要する。

CI-PDDは開心術後にSwan Ganzカテーテルを使用した連続COとは必ずしも一致しな

いことが報告されている⁹⁾。今回、記録されたICG投与後の初循環の希釈曲線が不適当と判断された場合には除外したにもかかわらず、上述の報告同様にCI-PDDはCI-TPDと一致しなかった。よって初循環の希釈曲線描出が適当と判断されても、この時のPDDで算出されたICG濃度が必ずしも正確でない可能性がある。一方、MTT-PDDは初循環の希釈曲線描出が適切であれば、MTTは正確に記録されていると考えられる。

以上の結果より現在の状態ではITBV-PDDとITBV-TPDは一致しないが、信頼性の高いCO測定ができれば、MTTが著明に延長している場合以外では、PDDを併用することでITBVを評価できることが示唆された。

参考文献

1. Sakka SG, R_hi CC, Pfeiffer UI, et al. Assessment of cardiac preload and extravascular lung water by single transpulmonary thermodilution. *Intensive Care Med* 2000; 26:180-187
2. Della Rocca G, Costa GM, Coccia C, et al. Preload index: pulmonary artery occlusion pressure versus intrathoracic blood volume monitoring during lung transplantation. *Anesth Analg* 2002; 95: 835-843
3. Kazama T, Ikeda K, Morita K, et al. Relation between initial blood distribution volume and propofol induction dose requirement. *Anesthesiology* 2001; 94:205-210
4. Suzuki A, Ishihara H, Okawa H, et al. Can initial distribution volume of glucose predict hypovolemic hypotension after radical surgery for esophageal cancer? *Anesth Analg* 2000; 92:1146-1151
5. Ishihara H, Suzuki A, Okawa H, et al. The initial distribution volume of glucose rather than indocyanine green derived plasma volume correlates with cardiac output following major surgery. *Intensive Care Med*

2000; 26: 1441-1448

6. Sakka SG, Reinhart K, Wegscheider K, et al. Comparison of cardiac output and circulatory blood volumes by transpulmonary thermo-dye dilution and transcutaneous indocyanine green measurement in critically ill patients. *Chest* 2002; 121: 559-565

7. Lichtwarck-Aschoff M, Zeravik J, Pfeiffer UJ. Intrathoracic blood volume accurately reflects circulatory volume status in critically ill patients with mechanical ventilation.

Intensive Care Med 1992; 18: 142-147

8. Mundigler G, Heinze G, Zehetgruber M, et al. Limitations of the transpulmonary indicator dilution method for assessment of preload changes in critically ill patients with reduced left ventricular function. *Crit Care Med* 2000; 28: 2231-2237

9. Ishihara H, Okawa H, Iwakawa T, et al. Does indocyanine green accurately measure plasma volume early after cardiac surgery? *Anesth Analg* 2002; 94: 781-786