



Title 論文題目	Improvement of predicted hematocrit values after the initiation of cardiopulmonary bypass in cardiovascular surgery  (心臓血管手術における体外循環開始後のヘマトクリット予測値の改善)
Author(s) 著者	長谷川, 武生
Degree number 学位記番号	甲第3152号
Degree name 学位の種別	博士(医学)
Issue Date 学位取得年月日	2022-03-31
Original Article 原著論文	J Artif Organs. 2021 Oct 23
Doc URL	
DOI	10.1007/s10047-021-01295-z
Resource Version	Author Edition

## 学位論文の内容の要旨

報告番号	甲第 1516 号	氏名	長谷川 武生
論文題名 Improvement of predicted hematocrit values after the initiation of cardiopulmonary bypass in cardiovascular surgery. (心臓血管手術における体外循環開始後の予測ヘマトクリット値の改善)			
研究目的 体外循環(CPB)開始後のヘマトクリット(Hct)値は、周術期の合併症を避けるために適切に維持されなければならない。そのためには、正確な予測が必要である。しかし、標準的な予測式(1)では、実測値が予測値と大きく異なることも少なくない。本研究では、予測式的一致限界(LOA)とバイアスを明らかにし、より優れた予測式を構築することを目的とした。			
$\text{予測 Hct 値} = \frac{\text{総血液量} \times \text{患者 Hct 値}}{\text{総血液量} + \text{CPB 回路充填量} + \text{輸液量} - \text{尿量}} \quad (1)$			
予測 Hct 値(%); 総血液量(mL); 患者 Hct 値(%); CPB 回路充填量(mL); 輸液量(mL); 尿量(mL)			
研究方法 2015 年 4 月から 2020 年 12 月までの期間に、CPB を使用し心臓血管外科手術を受けた成人患者を対象とし、レトロスペクティブに 2 つの研究を行った。研究 1 では 158 名の患者、研究 2 では 55 名の患者を対象とした。主要評価項目は、CPB 開始後 Hct 値の予測値と実測値間の LOA、およびバイアス、副次評価項目は推定総血液量および血液量係数とした。研究 1 では、式(2)より CPB 開始後の Hct 値より総血液量を推定した。さらに式(3)を使用し、推定した総血液量を体重で除した新たな血液量係数を算出した。全体の値と性差を評価するため、患者背景を性別で比較した。			
$\text{総血液量} = \frac{(\text{CPB 回路充填量} + \text{輸液量} - \text{尿量}) \times \text{術前患者 Hct 値}}{(\text{術前患者 Hct 値} - \text{CPB 開始後 Hct 値})} \quad (2)$			
$\text{血液量係数} = \frac{\text{総血液量}}{\text{体重}} \quad (3)$			
総血液量(mL); CPB 回路充填量(mL); 輸液量(mL); 尿量(mL); 術前患者 Hct 値(%); CPB 開始後 Hct 値(%); 血液量係数(mL/kg); 体重(kg)			
研究 2 では、CPB 開始後の Hct 値の測定値と予測値間の LOA とバイアスを比較し			

た. Hct 値を予測するための式(1)中で使用する総血液量の算出方法が異なる 3 つの式を評価した. 式 1 では, 従来の総血液量算出式(4)を用いた. 血液量係数は従来値の 70 とし, 体重から総血液量を算出し, CPB 開始後の Hct 値を予測した. 式 2 では, 研究 1 で得られた血液量係数を使用した総血液量算出式(5)を使用し, CPB 開始後 Hct 値の予測値を算出した. 更に, 式 3 では, 生理的要因の影響を補正した式(6)を使用し総血液量を算出, CPB 開始後の Hct 値を予測した.

$$\text{総血液量} = \text{体重} \times 70 \quad (4)$$

$$\text{総血液量} = \text{体重} \times \text{血液量係数} \quad (5)$$

$$\text{総血液量} = \text{体重} \times \frac{\text{血液量係数}}{\sqrt{\frac{\text{BMI}}{22}}} \quad (6)$$

総血液量(mL); 体重(kg); 血液量係数(mL/kg); BMI, body mass index (kg/m<sup>2</sup>).

#### 研究成績及び考察

研究 1 では, 推定総血液量は有意な性差を認め, 男性 3652(2896-4306) mL, 女性 2955(2596-3597) mL, 推定総血液量より算出した血液量係数は性差を認めず 53(44-67) mL/kg でした. 研究 2 で, バイアス ± LOA は, 式 1 では -2.5 ± 6.8%, 式 2 では 0.1 ± 6.6%, 式 3 では 0.4 ± 6.2% であった. 予測値と実測値差では式 1-2 間, 式 1-3 間で  $p < 0.01$  と有意差を認めた.

CPB 開始後の Hct 値を予測することは, 過度な血液希釈を回避し安全な体外循環を実施するために一般的に行われている. しかし, その精度に関する報告はほとんどない. 本研究では, 心臓血管外科手術を受ける患者の場合, Hct 値を予測するために推測する総血液量は, 従来の体重を基にした推定値よりも少ないこと, また血液量係数に性差を認めないことが明らかになった. そして, 現状使用している予測式のバイアスおよび LOA が明らかとなった. 従来の予測式に比べ, 血液量係数を修正した予測式(式 2 および 3)で実測値との一致度が高かった. 更に, LOA は式 3 で小さい傾向にあり, 体格による影響もありうるかもしれない.

#### 結論

新しい式による CPB 開始後 Hct の予測値は, 従来の式に比べて LOA とバイアスの改善が期待される. 従来の予測式では過度な血液希釈, 低い Hct 値となる場合があり, CPB 開始時には注意が必要である.

---

(注) 1 学位論文の内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究成績・考察・結論等とし、

簡潔に要約すること。

2 報告番号は記入しないこと。

3 2頁目からも外枠だけは必ず付けること。

## 論文審査の要旨及び担当者

(2022年3月31日授与)

報告番号	甲第 1516 号	氏 名	長谷川 武生
論文審査 担 当 者	主査 川原田 修義 教授	副査 土橋 和文 教授	
	副査 山蔭 道明 教授	委員 渡辺 敦 教授	

論文題名	Improvement of predicted hematocrit values after the initiation of cardiopulmonary bypass in cardiovascular surgery. (心臓血管手術における体外循環開始後ヘマトクリット予測値の改善)
<p>心臓血管外科手術では、人工心肺装置に装着された血液回路によって体外循環が実施される。高度な血液希釈を伴う体外循環実施中のヘマトクリット値の低下は、周術期の有害事象発生率と関連することが明らかである。一方で、ヘマトクリット値を維持するための輸血についても、周術期の有害事象発生率と関連があることが明らかである。これらから、体外循環中は適切なヘマトクリット値を維持する必要がある。そのため、体外循環開始後のヘマトクリット値を正確に予測することが重要である。</p> <p>本研究は心臓血管外科手術における体外循環開始後ヘマトクリットの予測方法において、総血液量の算出方法を修正することで、その予測精度が向上する可能性を示唆した。予測精度の向上による臨床的メリットは未だ明らかではないが、総血液量係数の修正や、体格因子を加味した総血液量の算出により、体外循環開始後ヘマトクリット予測値と実測値の一致度、およびバイアスが向上することが明らかであり、本研究は体外循環を使用した心臓血管外科手術の安全性の向上、合併症の回避に貢献するものと考えられる。</p> <p>以上の研究内容に対して審査委員による審査が行われ、医学博士の学位授与に値すると審査委員全員に認められた。</p>	