



Title	先天性心疾患に対する小児心臓手術時の脳循環変化に関する研究
Author(s)	武田, 圭史
Description	配架番号 : 2959
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16649号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16649
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98259
Type	doctoral thesis
File Information	TAKEDA_Yoshifumi_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(医学) 氏名 武田圭史

学位論文題名

先天性心疾患に対する小児心臓手術時の脳循環変化に関する研究

(Studies of changes in cerebral hemodynamics during pediatric cardiac surgery for congenital heart disease)

【背景と目的】

先天性心疾患に対する手術によって生じる血行動態の変化は脳循環にも大きな影響を与えうる。さらに人工心肺 (cardiopulmonary bypass : CPB) の使用は脳循環、ひいては中枢神経系に大きな影響を与える可能性がある。そのため近年、小児心臓手術においても脳循環モニタリングの重要性が注目され、経頭蓋ドップラー超音波検査 (transcranial Doppler ultrasonography : TCD) や近赤外分光法を用いた脳の組織酸素飽和度 (regional saturation of oxygen : rSO₂) 測定の有用性が報告されるとともに、手術で生じる中枢神経障害の機序やリスク因子を明らかにすることでその発生を予防することが期待されている。しかし先天性心疾患に対する手術および CPB が脳循環動態に与える影響について調べた報告は極めて少ない。以上を踏まえ、本研究では以下の検討を行った。第1章では、先天性心疾患に対する代表的な姑息的手術である体肺動脈短絡術 (systemic pulmonary shunt : SPS) と肺動脈絞扼術 (pulmonary artery banding : PAB) が脳循環に与える影響について、TCD で得られる脳循環指標と近赤外分光法を用いた脳 rSO₂ を用いて評価し検討した。第2章では、先天性心疾患に対し CPB を用いた心臓手術が脳循環に与える影響について、患者をチアノーゼ性疾患と非チアノーゼ性疾患に分けて検討した。

【対象と方法】

第1章：先天性心疾患に対して SPS または PAB を施行した小児を対象とした。手術開始時と終了時に TCD を用いて脳循環指標を測定し、麻酔導入後より脳 rSO₂ を測定するとともに平均動脈圧 (mean arterial blood pressure : mBP)、中心静脈圧 (central venous pressure : CVP)、体温、動脈血酸素飽和度 (arterial oxygen saturation : SaO₂)、二酸化炭素分圧 (partial pressure of arterial carbon dioxide : PaCO₂)、ヘマトクリット (hematocrit : Hct) を測定した。主要アウトカムとして、SPS 群と PAB 群のそれぞれにおいて手術開始時と終了時の TCD の脳循環指標を比較した。副次アウトカムとして、SPS 群と PAB 群のそれぞれにおいて手術開始時と終了時の脳 rSO₂、mBP、CVP、体温、吸入酸素濃度 (fraction of inspiratory oxygen : FIO₂)、SaO₂、PaCO₂、Hct を比較した。

第2章：先天性心疾患に対して人工心肺を用いた手術を施行した6歳以下の小児を対象とした。これらの患者を手術前の状態からチアノーゼ型と非チアノーゼ型に分類した。手術開始時と終了時に TCD を用いて脳循環指標を測定し、麻酔導入後より脳 rSO₂ を測定するとともに mBP、CVP、体温、SaO₂、PaCO₂、Hct を測定した。主要アウトカムとして、チアノーゼ型と非チアノーゼ型のそれぞれにおいて手術開始時と終了時の TCD の脳循環指標を比較した。副次アウトカムとして、チアノーゼ型と非チアノーゼ型のそれぞれにおいて手術開始時と終了時の脳 rSO₂、mBP、CVP、体温、FIO₂、SaO₂、PaCO₂、Hct を比較した。また、脳 rSO₂ に関しては測定に用いた機種ごとに患者を分類し機種間での比較を行った。次いで、チアノーゼ型と非チアノーゼ型の間で脳循環指標と脳 rSO₂ がどのように異なるかを手術開始時と終了時のそれぞれで比較した。最後に、チアノーゼ型と非チアノーゼ型のそれぞれにおいて脳循環指標と脳 rSO₂ が患者の月齢とどのような関係を示すかを観察した。

【結果】

第1章：SPS群として22人、PAB群として20人が対象となった。手術前後の比較で、PAB群において脳循環指標のうち脳血管抵抗指標が有意に上昇したが、脳血流速度指標では両群ともに有意な変化を認めなかった。また、両群で手術後に脳rSO₂が低下、Hctと体温が有意に上昇した。

第2章：チアノーゼ型として47人、非チアノーゼ型として49人が対象となった。両群で手術後に脳血流速度指標が有意に低下し、脳血管抵抗指標が上昇した。脳rSO₂は有意な変化を示さなかった。チアノーゼ型と非チアノーゼ型の間での比較では、チアノーゼ型で手術前の脳血管抵抗指標が有意に高かったが、手術後にはその差は無くなった。脳循環と月齢との関係性では、両群で生後20か月あたりまで脳血流速度指標が上昇、脳血管抵抗指標は低下し、その後は平衡となった。成長に伴う脳血管抵抗指標の低下はチアノーゼ型でより顕著であった。

【考察】

第1章：先天性心疾患に対してSPSを施行した小児患者において、手術前後のTCD測定で得られた脳循環指標には有意な変化は見られなかった。SPSでは手術後に体血流量が減少することで脳血流量も減少することが予想されたが、積極的な循環作動薬の使用による体血圧の上昇が脳血流量の維持に寄与した可能性が考えられた。PABを施行した小児患者においては、手術前後で脳血管抵抗指標が上昇したにも関わらず脳血流速度指標には差が示されなかった。PABでは手術後に体血流量が増加するが、術後の脳血管抵抗指標の上昇は脳血流量の急激な増加に拮抗するための生体反応であると考えられた。脳rSO₂は両群で手術後に低下する傾向が示された。術後の体温上昇による脳酸素消費量の増大による影響が考えられ、術中の体温管理の重要性が示唆された。

第2章：CPBを用いた先天性心疾患に対する手術では、チアノーゼ型と非チアノーゼ型の両方で手術後に脳血流速度指標が低下し、脳血管抵抗指標は上昇した。これらの変化に関わる要因として、CPBで生じる全身性炎症反応による血管麻痺、Hctの上昇による血液粘性の増大、手術による血行動態の変化が考えられた。手術開始時のチアノーゼ型と非チアノーゼ型の間の脳循環指標の比較では、チアノーゼ型の脳血管抵抗指標が高かったにも関わらず脳血流速度指標に差が見られず、チアノーゼ型で右心系奇形による肺循環障害に起因する体血流量過剰によって脳血流量が過多となることを抑制するための自動調節能が作用していると考えられた。手術終了時の比較では脳血管抵抗指標の差も無くなったが、これは手術によってチアノーゼ型と非チアノーゼ型の間の体血流量の差が小さくなったことによる影響が考えられた。脳循環指標と月齢の関係性では、生後20か月あたりまで脳血流速度指標は上昇、脳血管抵抗指標は低下し、その後は平衡になることが示された。これは健常児に見られる成長過程と同様の変化であったと推測された。しかし、チアノーゼ型では成長に伴う脳血管抵抗指標の低下がより顕著であった。チアノーゼ型は胎児期からの右心系障害によって生下時より脳血管抵抗が上昇しており、成長に伴って正常に近づいていく可能性が示唆された。

【結論】

SPS、PABでは手術によって肺体血流比と酸素化の急激な変化が生じるにも関わらず、手術開始時と終了時の脳血流速度指標の比較では有意な差は認められなかった。一方でPABでは術後に脳血管抵抗が上昇した。これは体血流量増加に伴う脳血流量の増加を制限するための生体反応であると考えられた。SPS、PABともに脳rSO₂は術後に有意に低下し、体温上昇の影響および術中体温管理の重要性が示唆された。

CPBを用いた小児心臓手術では、手術後に脳血流速度指標が低下し、脳血管抵抗指標は手術後に上昇を示した。これはCPBが惹起する全身性炎症反応で生じた血管麻痺、Hctの上昇による血液粘性の増大、手術による血行動態の変化が影響したと考えられた。脳循環指標はチアノーゼの有無に関わらず20か月あたりで平衡に達した。