

一般口演 | 心臓血管機能

2025年7月10日(木) 8:30 ~ 9:10 第6会場 (文化会館棟 B1F 第1リハーサル室)

一般口演3 (I-OR03)

心臓血管機能

座長：水野 雄太 (東京大学 小児科)

座長：早瀬 康信 (徳島大学病院 小児科・地域小児科診療部)

[I-OR03-01]

フォンタン循環が微小循環に与える影響：血管内皮グリコカリックスへの負荷

○白石 真大^{1,2}, 泉 岳^{1,2}, 山澤 弘洲¹, 武田 充人¹, 加藤 伸康³, 加藤 裕貴^{2,3}, 土岐 崇幸^{2,4}, 糸洲 佑介^{2,4}, 斉藤 仁志^{2,4}, 森本 裕二^{2,4} (1.北海道大学小児科, 2.北海道大学病院集中治療部, 3.北海道大学心臓血管外科, 4.北海道大学麻酔科)

[I-OR03-02]

先天性心疾患における循環血液量と中心静脈圧の関係~フォンタン循環への応用の可能性~

○齋木 宏文, 松尾 悠, 工藤 諒, 西村 和佳乃, 齋藤 寛治, 佐藤 啓, 滝沢 友里恵, 桑田 聖子, 中野 智 (岩手医科大学 小児科学講座 小児循環器分野)

[I-OR03-03]

複雑先天性心疾患の手術術式の決定を支援する心臓シミュレータ“ped UT-Heart”の開発 (第4報)：性能試験結果及び治験プロトコル

○白石 公¹, 黒崎 健一¹, 盤井 成光², 帆足 孝也³, 坂本 喜三郎⁴, 小田 晋一郎⁵, 笠原 真悟⁶, 新川 武史⁷, 平田 康隆⁸, 芳村 直樹⁹, 久田 俊明¹⁰ (1.国立循環器病研究センター 小児循環器内科, 2.国立循環器病研究センター 小児心臓外科, 3.埼玉医科大学国際医療センター 小児心臓血管外科, 4.静岡県立こども病院 心臓血管外科, 5.京都府立医科大学 心臓血管外科, 6.岡山大学病院 心臓血管外科, 7.東京女子医科大学 心臓血管外科, 8.国立成育医療研究センター 心臓血管外科, 9.富山大学医学部 心臓血管外科, 10.東京大学大学院 新領域創成科学研究科)

[I-OR03-04]

小児心疾患における前負荷動員一回仕事量と心血管カップリングの単一心拍推定法変法

○犬塚 亮¹, 増谷 聡², 岩本 洋一², 石戸 博隆², 先崎 秀明³ (1.東京大学小児科, 2.埼玉医科大学総合医療センター小児科, 3.日本医療科学大学総合小児地域医療学)

一般口演 | 心臓血管機能

2025年7月10日(木) 8:30 ~ 9:10 第6会場 (文化会館棟 B1F 第1リハーサル室)

一般口演3 (I-OR03)

心臓血管機能

座長：水野 雄太 (東京大学 小児科)

座長：早瀬 康信 (徳島大学病院 小児科・地域小児科診療部)

[I-OR03-01] フォンタン循環が微小循環に与える影響：血管内皮グリコカリックスへの負荷

○白石 真大^{1,2}, 泉 岳^{1,2}, 山澤 弘洲¹, 武田 充人¹, 加藤 伸康³, 加藤 裕貴^{2,3}, 土岐 崇幸^{2,4}, 糸洲 佑介^{2,4}, 齊藤 仁志^{2,4}, 森本 裕二^{2,4} (1.北海道大学小児科, 2.北海道大学病院集中治療部, 3.北海道大学心臓血管外科, 4.北海道大学麻酔科)

キーワード：フォンタン循環、微小循環、グリコカリックス

目的：フォンタン循環は必然的に中心静脈圧(CVP)が上昇する血行動態であるが、フォンタン循環が微小循環動態に及ぼす影響について検討された報告は少ない。本研究の目的はフォンタン循環が血管内皮グリコカリックスに与える影響を検討することである。方法：対象は当院で周術期に血管内皮グリコカリックスを評価した先天性心疾患症例44人(8.5±13.6歳)。グリコカリックス層の損傷で上昇するとされるPerfused Boundary Region(PBR)をフィンガルリンク社製のGlycoCheckを用いて耳介で計測した。得られたPBRについて、Glenn循環の症例も含むフォンタン循環群(F群)と二心室循環群(NF群)で比較した。本研究は当院の倫理審査委員会の承認を得ている。結果：F群はBDG循環患者3名を含む14名で、NF群は30名だった。年齢、体重、BMI、心肺バイパス時間に有意差は認めなかったが、大動脈遮断時間はF群で有意に短かった($p < 0.001$)。F群のCVPはNF群より有意に高く(13.0 ± 2.2 mmHg vs. 7.1 ± 2.8 mmHg, $p < 0.0001$)、PBRも有意に高かった(2.07 ± 0.15 μ m vs. 1.72 ± 0.17 μ m, $p < 0.0001$)。PBRは年齢や心肺バイパス時間と有意な相関は認めなかったが、CVPとは正の相関を示した($r = 0.58$, $p < 0.0001$)。結論：NF群と比較してF群の手術侵襲は大きくなかったがF群のPBRは高値だった。本研究の結果からFontan循環は微小循環動態にも影響し、血管内皮障害を引き起こしている可能性が示唆された。

一般口演 | 心臓血管機能

2025年7月10日(木) 8:30 ~ 9:10 第6会場 (文化会館棟 B1F 第1リハーサル室)

一般口演3 (I-OR03)

心臓血管機能

座長：水野 雄太 (東京大学 小児科)

座長：早瀬 康信 (徳島大学病院 小児科・地域小児科診療部)

[I-OR03-02] 先天性心疾患における循環血液量と中心静脈圧の関係~フォンタン循環への応用の可能性~

○齋木 宏文, 松尾 悠, 工藤 諒, 西村 和佳乃, 齋藤 寛治, 佐藤 啓, 滝沢 友里恵, 桑田 聖子, 中野 智 (岩手医科大学 小児科学講座 小児循環器分野)

キーワード：フォンタン、循環血液量、血管機能

背景：高い中心静脈圧は心不全における末梢臓器障害の原因と考えられ、Fontan症例では重要な予後規定因子である。一方、中心静脈圧はダイナミックに変化し、個々の循環特性の違いや条件により一律の評価が難しい。中心静脈圧と循環血漿量(CVP-PV)の関係は先天性心疾患の循環特性を反映するという仮説を検証した。方法：心臓カテーテル検査中に循環血液量を測定した非Fontan症例94例とFontan症例85例を対象とし、CVP-PV関係と循環指標の関連を解析した。結果：Fontan症例は非Fontan症例よりもCVPが高い(9.5 ± 1.7 , 6.1 ± 1.6 mmHg, $p < 0.001$)が循環血漿量は少なく(68.5 ± 20.2 , 79.0 ± 24.6 ml/kg, $p = 0.0036$)、硬い脈管系特性が示唆された(PV/CVP比 5.7 ± 1.9 , 12.6 ± 7.0 ml/kg/mmHg)。非Fontan循環においてFontan循環の95%tileよりもPV/CVPが高い症例(柔らかい)と低い症例(硬い)で比較すると、PV/CVP比が高い症例は心拍出量(3.4 ± 0.9 , 2.9 ± 0.8 mmHg, $p = 0.038$)が高く、肺動脈圧(16.8 ± 7.6 , 22.4 ± 8.5 mmHg, $p = 0.026$)、心室拡張末期圧(RV 7.4 ± 2.1 , 11.2 ± 3.6 mmHg, LV 9.2 ± 2.0 , 11.9 ± 2.3 mmHg, 共に $p < 0.001$)が低かった。また血清アルドステロン値(111 ± 95 , 167 ± 232 mmHg, $p = 0.08$)が低い傾向を認めたが、血漿BNP値には差が無かった。以上から非Fontan循環においてPV/CVPが高い症例は循環予備能が高い症例であると考えられた。更にFontan症例においてPV、CVPをそれぞれ中央値で4群に分けFontan関連合併症の頻度を解析すると、肝硬変、蛋白漏出性胃腸症、臨床的心不全はPV/CVPが低い症例に最も頻度が高く、PV/CVPが高い症例では認めなかった。結論：PV/CVPは循環不全の代償としての硬い静脈系との関連が示唆され、Fontan循環の予後推定に有用な可能性がある。

一般口演 | 心臓血管機能

■ 2025年7月10日(木) 8:30 ~ 9:10 ■ 第6会場 (文化会館棟 B1F 第1リハーサル室)

一般口演3 (I-OR03)

心臓血管機能

座長：水野 雄太 (東京大学 小児科)

座長：早淵 康信 (徳島大学病院 小児科・地域小児科診療部)

[I-OR03-03] 複雑先天性心疾患の手術術式の決定を支援する心臓シミュレータ
“ped UT-Heart” の開発 (第4報) : 性能試験結果及び治験プロトコル

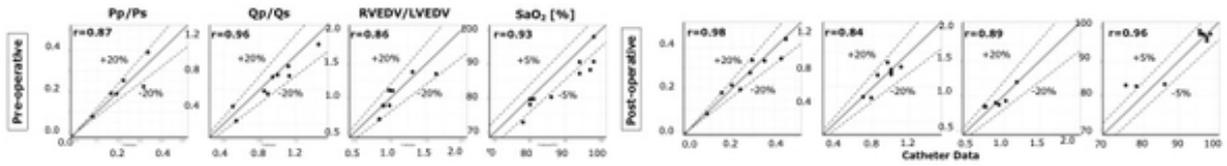
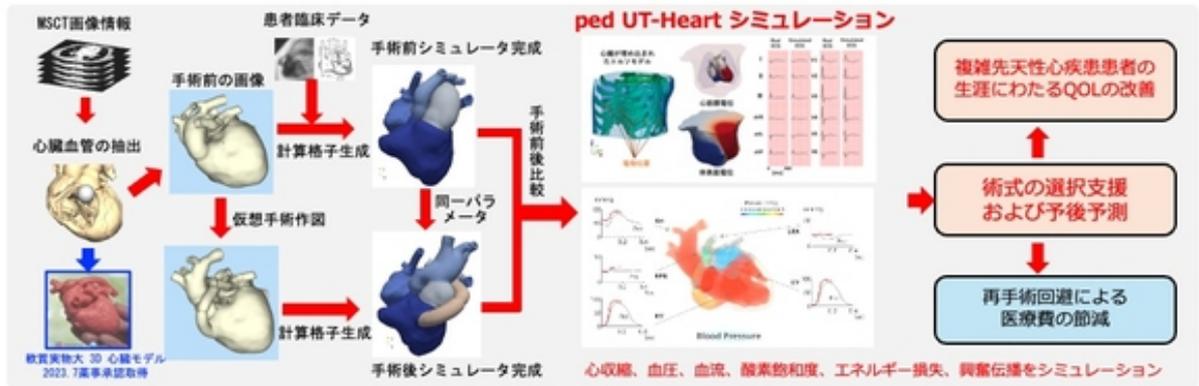
○白石 公¹, 黒寄 健一¹, 盤井 成光², 帆足 孝也³, 坂本 喜三郎⁴, 小田 晋一郎⁵, 笠原 真悟⁶, 新川 武史⁷, 平田 康隆⁸, 芳村 直樹⁹, 久田 俊明¹⁰ (1.国立循環器病研究センター 小児循環器内科, 2.国立循環器病研究センター 小児心臓外科, 3.埼玉医科大学国際医療センター 小児心臓血管外科, 4.静岡県立こども病院 心臓血管外科, 5.京都府立医科大学 心臓血管外科, 6.岡山大学病院 心臓血管外科, 7.東京女子医科大学 心臓血管外科, 8.国立成育医療研究センター 心臓血管外科, 9.富山大学医学部 心臓血管外科, 10.東京大学大学院 新領域創成科学研究科)

キーワード：シミュレーション、複雑先天性心疾患、外科手術

複雑先天性心疾患(CHD)の手術には、患者の心臓の解剖学的構造を正確に理解するとともに、考えられる複数の手術術式において、各々の手術後の心機能の的確な予測と比較が重要である。我々は東京大学で開発された心臓シミュレータ“UT-Heart”を基盤とし、患者の有限要素心臓モデルを用いて、複雑CHDの血行動態、壁運動、弁の動き、酸素飽和度、電気生理学をシミュレートすることにより複数の術式の術後の血行動態を比較検討できる“ped UT-Heart”システムを開発した。これまでに複雑CHD16例を対象とした前向き臨床試験 (jRCTs052210139) を実施し、12例で実際に外科手術が実施され、術者の術後における有用性評価では主要評価項目を満たした (昨年報告)。2024年にはPMDAプロトコル相談 (性能および治験) を各々終了し、2024年8月にPMDAに治験届を提出し、30日調査期間も終えてプロトコル固定の段階に至っている。治験は複雑先天性心疾患20症例 (15歳未満) に対して、単群、前向き、介入、非盲検、多施設 (全国5施設)、で実施する。主要評価項目は、前述の臨床試験と同様に、術者の術後における5段階有用性評価のessentialとvery usefulの割合において、95%信頼区間の最小値が30%以上と設定する。これまでに実施した手術前および手術後(術前パラメータを入力)のシミュレーション値の評価に対する後ろ向き研究では、シミュレーション結果 (Pp/Ps, Qp/Qs, RVEDV/LVEDV, SaO₂) は、術前術後ともに臨床所見 (心臓カテテル所見) と良好に近似 ($0.84 \leq r \leq 0.95$, $\pm 20\%$ 以内) した。今後は治験を迅速に進めて、管理医療機器の承認を目指す予定である。(“ped UT-Heart”は、東京大学大学院新領域創成科学研究科、ジャパンメディカルデバイス社、Q’sfix社、UT-Heart研究所、クロスメディカル社との共同開発による。)

複雑先天性心疾患の手術支援：心臓シミュレータ“ped UT-Heart”の開発

- 東京大学が開発した、心臓シミュレータ“UT-Heart”を基盤に、小児先天性心疾患に特化した“ped UT-Heart”を開発。
- コンピュータ上に再現した患者の心臓モデルに様々な治療オプションを*in silico*で試し、外科医に提案する（**Digital Twin技術**）。



一般口演 | 心臓血管機能

2025年7月10日(木) 8:30 ~ 9:10 第6会場 (文化会館棟 B1F 第1リハーサル室)

一般口演3 (I-OR03)

心臓血管機能

座長：水野 雄太 (東京大学 小児科)

座長：早瀬 康信 (徳島大学病院 小児科・地域小児科診療部)

[I-OR03-04] 小児心疾患における前負荷動員一回仕事量と心血管カップリングの単一心拍推定法変法

○犬塚 亮¹, 増谷 聡², 岩本 洋一², 石戸 博隆², 先崎 秀明³ (1.東京大学小児科, 2.埼玉医科大学総合医療センター小児科, 3.日本医療科学大学総合小児地域医療学)

キーワード：心収縮能、カップリング、単一心拍推定法

【背景】前負荷動員一回仕事量 (PRSW)は、収縮末期エラストランスよりさらに負荷依存性が低く、再現性も高い心収縮能の指標だが、負荷を変えながらの複数心拍での計測が必要なことにより臨床応用が限られている。我々はPRSWとその血管とのカップリングを単一心拍から推定する新たな方法を考案し小児心疾患患者での有用性を報告した。今回、大動脈の血流波形と圧波形からこれらを求める変法を考案したので報告する。【方法】2012年から2014年に心臓カテーテル検査を行った23名 (女性11名) の小児患者において体心室の圧断面積同時計測を行った。下大静脈閉塞中のPRSW関係の傾き (M_{SW}) とX軸との交点 (A_{SW}) を実測した。単一心拍法では、まずベースライン心拍の拡張期・収縮期心室断面積、及び大動脈の血流・圧波形から収縮期の圧断面積曲線を再現し (変法部分)、その圧断面積曲線から収縮末期圧断面積曲線を推定し、収縮末期断面積が A_{SW} の時の収縮末期圧として M_{SW} を求めた。後負荷とのカップリングは M_{SW} を平均駆出圧で除して求めた。【結果】患者は 6.8 ± 4.5 歳、先天性心疾患18名 (未修復1名、二心室修復術後5名、グレン術後3名、フォンタン術後9名)、肺動脈性肺高血圧症1名、川崎病後4名であった。下大静脈閉塞で求めた M_{SW} は中央値61 (IQR: 57-68) mmHg、ドブタミン投与後中央値84 (IQR: 76-101) mmHgと増加した ($n=14, p=0.015$)。新たに考案した単一心拍法で求めた M_{SW} は実測の M_{SW} と強く相関し ($r=0.95, p<0.0001$)、ドブタミン投与前後の変化を有意に検出できた ($n=14, p=0.03$)。心室血管カップリングの推定値も実測値と有意な相関を認めた ($r=0.75, p<0.0001$)。【結論】我々の単一心拍法では、大動脈の血流波形と圧波形からも高精度にPRSWを推定できた。大動脈の圧波形や血流波形は心室の圧容積の同時計測より簡便に計測できる可能性があり、今後の臨床応用に有用である可能性がある。