

SỰ PHÁT TRIỂN ĐỘNG MẠCH PHỔI Ở BỆNH NHÂN TIM BẨM SINH SAU PHẪU THUẬT CẦU NỐI CHỦ PHỔI TẠI BỆNH VIỆN NHI TRUNG ƯƠNG

Võ Trọng Hoàng¹, Đặng Thị Hải Vân¹, Nguyễn Lý Thịnh Trường²

¹Bộ môn Nhi, Trường Đại học Y Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Tim mạch, Bệnh viện Nhi Trung ương, Hà Nội, Việt Nam

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Phẫu thuật cầu nối chủ-phổi được sử dụng phổ biến nhằm tăng lưu lượng máu lên phổi và phát triển kích thước động mạch phổi, và là phương pháp điều trị chủ yếu được áp dụng đối với các bệnh nhân có tình trạng giảm tưới máu phổi kèm theo động mạch phổi bị thiếu sản. Nghiên cứu này nhằm đánh giá mức độ phát triển của động mạch phổi sau phẫu thuật cầu nối chủ-phổi tại Bệnh viện Nhi Trung ương.

Đối tượng, phương pháp: Nghiên cứu hồi cứu mô tả được tiến hành trên 100 trẻ được phẫu thuật cầu nối chủ-phổi tại Bệnh viện Nhi Trung ương từ tháng 1 năm 2018 đến tháng 12 năm 2023.

Kết quả: Trong thời gian theo dõi trung bình là $11,23 \pm 8,42$ tháng, kích thước động mạch phổi tăng lên đáng kể sau phẫu thuật, với chỉ số Nakata tăng từ $116,1 \pm 45,5\text{mm/m}^2$ lên $247,9 \pm 110,2\text{mm/m}^2$ và chỉ số McGoon từ $1,25 \pm 0,25$ tăng lên $1,91 \pm 0,41$. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả của hai phương pháp phẫu thuật (cầu nối BT shunt và Melbourne shunt cải tiến) đối với sự phát triển động mạch phổi là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Phân tích đơn biến cho thấy nhóm tim bẩm sinh có dòng máu qua van động mạch phổi có ảnh hưởng khác biệt đến sự phát triển của động mạch phổi ($p < 0,05$).

Kết luận: Kích thước của động mạch phổi tăng lên đáng kể sau phẫu thuật cầu nối chủ - phổi. Nhóm tim bẩm sinh có dòng chảy qua van động mạch phổi là yếu tố tích cực ảnh hưởng đến sự phát triển của động mạch phổi sau phẫu thuật.

Từ khóa: Tim bẩm sinh giảm tưới máu phổi, phẫu thuật cầu nối chủ - phổi, động mạch phổi.

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS AND CERTAIN PROGNOSTIC ASPECTS OF THE SYSTEMIC-TO-PULMONARY SHUNT OPERATION ON THE DEVELOPMENT OF THE PULMONARY ARTERY AT VIETNAM NATIONAL CHILDREN'S HOSPITAL

Vo Trong Hoang¹, Dang Thi Hai Van¹, Nguyen Ly Thinh Truong²

Background: The systemic-to-pulmonary artery shunt has been widely used to promote pulmonary blood flow and support the development of the pulmonary artery, continued working as the main palliative treatment for patients with insufficiency pulmonary flow. This study aims to evaluate the potential for pulmonary artery growth after systemic-to-pulmonary shunt operation at Vietnam National Children's Hospital.

Methods: A retrospective study was conducted with 100 patients who underwent systemic-to-pulmonary shunt operation from January 2018 to December 2023 at Vietnam National Children's Hospital.

Results: Within a mean time of follow - up of 11.23 ± 8.42 months, the pulmonary artery size increased significantly, with the Nakata Index increased from $116.1 \pm 45.5\text{mm/m}^2$ to $247.9 \pm 110.2\text{mm/m}^2$ and the McGoon Index increased from

Ngày nhận bài: 30/9/2024. Ngày chỉnh sửa: 04/11/2024. Chấp thuận đăng: 14/11/2024

Tác giả liên hệ: Nguyễn Lý Thịnh Trường. Email: nltruong@gmail.com ĐT: +84 989999001

Sự phát triển động mạch phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh sau phẫu thuật...

1.25 ± 0.25 to 1.91 ± 0.41 . There were no differences between two surgical strategies (BT shunt and modified Melbourne shunt) in the increased pulmonary artery size effect ($p > 0.05$). Univariate analysis revealed that the existent forward pulmonary blood flow significantly affects the growth of the pulmonary artery ($p < 0.05$).

Conclusions: Following systemic - to - pulmonary shunt surgery, the pulmonary artery size grows considerably. Forward flow via the pulmonary valve has a beneficial effect on the development of the pulmonary artery following a systemic - to - pulmonary shunt procedure in the congenital heart group.

Keywords: Diminutive pulmonary blood flow, the systemic - pulmonary artery shunt, pulmonary artery.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉ lệ trẻ mắc tim bẩm sinh chiếm khoảng 0,8% đến 1,2% trẻ sinh sống [1]. Tim bẩm sinh giảm tuần hoàn phổi là thuật ngữ chỉ tình trạng giảm tưới máu phổi bẩm sinh, có thể tồn tại đơn độc hoặc phối hợp với với những tổn thương khác trong tim, và là một trong những tổn thương chính của nhiều bệnh lý tim bẩm sinh phức tạp.

Phẫu thuật sửa chữa tạm thời và phẫu thuật sửa chữa hoàn toàn là hai phương pháp chính hiện đang được áp dụng cho các bệnh nhân mắc bệnh tim bẩm sinh [2]. Phẫu thuật tạm thời cầu nối chủ-phổi là phương pháp thường sử dụng trong các bệnh lý tim bẩm sinh phức tạp có giảm tuần hoàn phổi như: tứ chứng Fallot, teo tịt van động mạch phổi... nhằm giúp tăng tưới máu lên phổi, cải thiện tình trạng tím của bệnh nhân và làm tăng kích thước của động mạch phổi nhằm phục vụ cho phẫu thuật sửa chữa triệt để về sau [3-5]. Phẫu thuật cầu nối chủ-phổi gồm các loại phẫu thuật như: modified Blalock-Taussig shunt (BTS), Melbourne shunt, Potts shunt, Waterston shunt, Sano shunt [3].

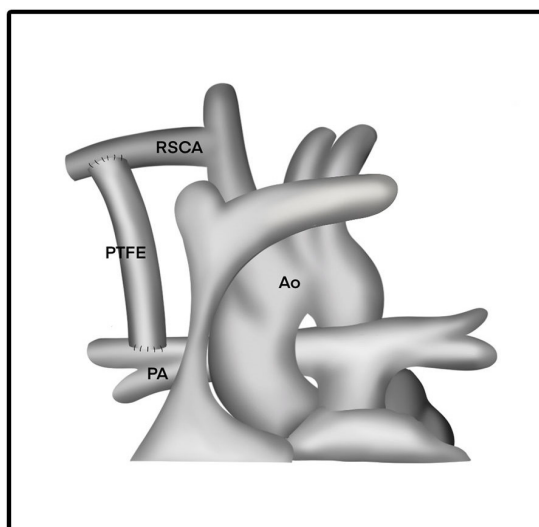
Tại Việt Nam, các nghiên cứu về phẫu thuật cầu nối chủ - phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh giảm tuần hoàn phổi còn ít và hạn chế. Chúng tôi tiến hành nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng phát triển của động mạch phổi sau phẫu thuật cầu nối chủ-phổi tại Bệnh viện Nhi Trung ương.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tất cả các bệnh nhân tim bẩm sinh có giảm tuần hoàn phổi được phẫu thuật cầu nối chủ-phổi, sử dụng hai phương pháp phẫu thuật là cầu nối Blalock - Taussig cải tiến và cầu nối Melbourne cải tiến, tại Bệnh viện Nhi Trung ương trong giai đoạn từ tháng 01/01/2018 đến tháng 31/12/2023 được tiến hành hồi cứu. Các bệnh nhân được phẫu thuật theo những phương pháp khác (Sano shunt, Potts shunt...) không thuộc đối tượng

bệnh nhân của nghiên cứu này. Những bệnh nhân có tuần hoàn bàng hệ chủ - phổi lớn được phẫu thuật hợp lưu kèm theo cầu nối chủ - phổi hoặc những bệnh nhân được làm phẫu thuật cầu nối chủ - phổi nhưng tử vong trước khi tiến hành phẫu thuật sửa chữa triệt để hoặc phẫu thuật Gleen sẽ được loại khỏi nghiên cứu.

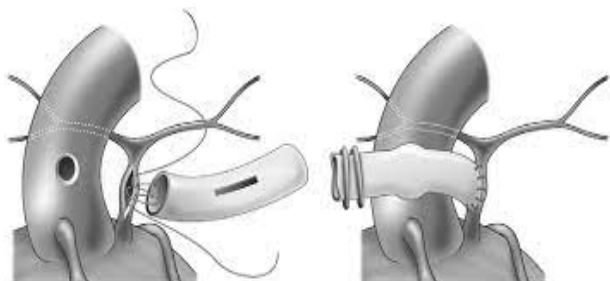
Phẫu thuật cầu nối Blalock - Taussig cải tiến: Phẫu thuật thường được tiến hành qua đường ngực bên trái, hoặc qua đường giữa xương ức tùy theo từng trường hợp cụ thể. Nếu tiến hành qua đường ngực trái, chúng tôi thường tiếp cận qua khoang liên sườn 3 đường nách sau - bên. Động mạch dưới đòn trái và động mạch phổi trái được bộc lộ. Cầu nối chủ-phổi sử dụng ống vật liệu PTFE, có kích thước từ 3mm hoặc lớn hơn, được nối giữa động mạch dưới đòn trái với động mạch phổi trái sử dụng chỉ polypropylene 8,0 hoặc 7,0. Những bệnh nhân được phẫu thuật cầu nối chủ - phổi qua đường giữa xương ức được mở xương ức, và mở tối thiểu nửa trên của màng tim đủ bộc lộ cho động mạch chủ và động mạch phổi. Cầu nối được kết nối giữa động mạch thân cánh tay đầu với động mạch phổi cùng bên với kỹ thuật tương tự như phẫu thuật qua đường ngực trái (Hình 1).



Hình 1: Phẫu thuật Blalock-Taussig cải tiến

Sự phát triển động mạch phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh sau phẫu thuật...

Phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến: Phẫu thuật được tiến hành qua đường giữa xương ức. Sau khi bộc lộ động mạch chủ và động mạch phổi, ống mạch PTFE được sử dụng nhằm tạo kết nối trực tiếp giữa động mạch chủ lên với thân động mạch phổi (Hình 2).



Hình 2: Phẫu thuật Melbourne shunt cải tiến

Phân tích và xử lý số liệu: Các bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu được thu thập dữ liệu bệnh nhân theo mẫu bệnh án nghiên cứu, bao gồm các chỉ số nhân trắc như giới tính, tuổi, cân nặng, chiều cao... thời điểm phẫu thuật cầu nối chủ-phổi. Dựa trên kết quả siêu âm tim, MSCT, thông tim hoặc biên bản phẫu thuật để xác định kích thước động mạch phổi tại thời điểm trước phẫu thuật cầu nối chủ-phổi, cũng như thời điểm đánh giá cuối cùng được xác định tại lần khám lại cuối cùng hoặc ngay trước thời điểm phẫu thuật sửa toàn bộ/Glenn shunt. Lấy một

kết quả duy nhất, ưu tiên theo thứ tự: trong phẫu thuật, thông tim, MSCT, siêu âm tim, đồng thời tính chỉ số Z-score, Nakata và McGoon ở các thời điểm trên dựa theo công thức tính chuẩn. Cân nặng, chiều cao tại thời điểm tái khám cuối cùng hoặc phẫu thuật sửa toàn bộ/Glenn shunt cũng được thu thập. Thương tổn tim bẩm sinh cũng như phương pháp phẫu thuật triệt để hoặc phẫu thuật lần 2 được thống kê. Số liệu được phân tích và xử lý bằng phần mềm SPSS 20.0.

III. KẾT QUẢ

Trong thời gian từ tháng 1 năm 2018 đến tháng 12 năm 2023, có 100 bệnh nhi được phẫu thuật cầu nối chủ - phổi tại Trung tâm Tim mạch Bệnh viện Nhi Trung ương đủ tiêu chuẩn được tiến hành nghiên cứu.

Tuổi trung bình khi phẫu thuật là $2,57 \pm 2,78$ tháng, trong đó nhóm trẻ dưới 6 tháng tuổi là chủ yếu, chiếm 88%, tỉ lệ nam: nữ là 1,78:1. Tỷ lệ trẻ được phẫu thuật cầu nối Blalock - Taussig cải tiến chiếm 90%, phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến chiếm 10% các bệnh nhân trong nghiên cứu. Thời gian từ khi phẫu thuật cầu nối chủ - phổi được tiến hành đến thời điểm kết thúc nghiên cứu trung bình là $11,23 \pm 8,42$ tháng. Đặc điểm tổn thương giải phẫu của bệnh nhân được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1: Phân loại bệnh tim bẩm sinh được phẫu thuật cầu nối chủ-phổi

Đặc điểm bệnh nhân phẫu thuật cầu nối chủ - phổi	n (%)
<i>Tổn thương giải phẫu trong tim</i>	
Tứ chứng Fallot	30
Teo phổi - thông liên thất	18
Teo phổi - lành vách liên thất	12
Chuyển gốc đại động mạch có sửa chữa, thông liên thất	17
Chuyển gốc đại động mạch, thông liên thất	13
Teo tịt/thiếu sản van ba lá, sinh lý 1 thất	9
Bất thường Ebstein	1
<i>Tổn thương động mạch phổi</i>	
Teo tịt van động mạch phổi	51
Hẹp van động mạch phổi - hẹp đường ra tâm thất	49

Sự phát triển động mạch phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh sau phẫu thuật...

Chỉ số của thân và các nhánh động mạch phổi tăng trưởng rõ ràng theo thời gian sau phẫu thuật và sự tăng kích thước này có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$. Kích thước cuối cùng của các nhánh động mạch phổi đạt kích thước gần như bình thường với Z-score lần lượt là $0,89 \pm 1,73$ và $0,66 \pm 1,35$. Chỉ số Nakata và McGoon trung bình tại thời điểm đánh giá cuối cùng lần lượt là $247,9 \pm 110,2$ và $1,91 \pm 0,41$, đạt tiêu chuẩn của phẫu thuật sửa chữa toàn bộ hoặc phẫu thuật Gleen. Sự khác biệt về kích thước động mạch phổi tại thời điểm trước phẫu thuật và tại thời điểm đánh giá cuối cùng sau phẫu thuật là có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến chủ yếu được sử dụng ở những bệnh nhân có chỉ số Nakata và McGoon thấp, và chỉ số Nakata và McGoon ở những bệnh nhân cầu nối Blalock - Taussig cải tiến cao hơn. Tuy nhiên, mức tăng trưởng của động mạch phổi ở hai phương pháp phẫu thuật không có ý nghĩa thống kê với $p = 0,313$ (theo chỉ số Nakata) và $p = 0,168$ (theo chỉ số McGoon) đều có chỉ số $p > 0,05$.

Các bệnh nhân thuộc nhóm có tổn thương hẹp phổi (bao gồm hẹp dưới van, tại van, và trên van động mạch phổi) có sự phát triển kích thước động mạch phổi lớn hơn so với nhóm bệnh nhân teo phổi, sự phát triển này có ý nghĩa thống kê với $p = 0,049$. Sự thay đổi của kích thước động mạch phổi trước và sau phẫu thuật được mô tả trong Bảng 2.

Bảng 2: Kích thước của động mạch phổi trước phẫu thuật và thời điểm cuối cùng

Kích thước động mạch phổi	Trước phẫu thuật	Thời điểm cuối cùng
Vòng van động mạch phổi	$5,40 \pm 1,44$	$8,03 \pm 2,49$
Z-score vòng van ĐMP	$-4,89 \pm 2,18$	$-3,18 \pm 2,48$
Thân động mạch phổi	$5,83 \pm 2,05$	$9,82 \pm 3,51$
Z-score thân động mạch	$-5,15 \pm 2,93$	$-2,34 \pm 3,09$
Động mạch phổi phải	$4,33 \pm 1,29$	$7,70 \pm 2,19$
Z-score động mạch phổi phải	$-1,43 \pm 1,64$	$0,89 \pm 1,73$
Động mạch phổi trái	$3,99 \pm 1,16$	$7,23 \pm 1,74$
Z-score động mạch trái	$-1,64 \pm 1,56$	$0,66 \pm 1,35$
Chỉ số McGoon	$1,25 \pm 0,25$	$1,91 \pm 0,41$
Chỉ số Nakata (mm/m^2)	$116,1 \pm 45,5$	$247,9 \pm 110,2$
Chỉ số McGoon ở nhóm Melbourne shunt	$1,10 \pm 0,21$	$1,92 \pm 0,31$
Chỉ số Nakata ở nhóm Melbourne shunt (mm/m^2)	$89,2 \pm 31,68$	$252,6 \pm 84,28$
Chỉ số McGoon ở nhóm BT shunt	$1,27 \pm 0,25$	$1,91 \pm 0,42$
Chỉ số Nakata ở nhóm BT shunt (mm/m^2)	$119,1 \pm 46,0$	$247,4 \pm 113,05$
Chỉ số Nakata nhóm bệnh nhân teo phổi (mm/m^2)	$110,04 \pm 43,76$	$221,71 \pm 89,39$
Chỉ số Nakata nhóm bệnh nhân hẹp phổi (mm/m^2)	$122,45 \pm 46,93$	$275,16 \pm 123,39$

IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu này bao gồm 100 bệnh nhân trong đó phần lớn là nhóm trẻ dưới 06 tháng, chiếm 88% và số lượng trẻ trai cao hơn trẻ gái với tỉ lệ nam/nữ là 1,78 (64/36). Trong các bệnh nhân nghiên cứu, nhóm bệnh tứ chứng Fallot chiếm tỉ lệ cao nhất (30%). Các nhóm bệnh khác như teo phổi - thông

liên thất (18%), chuyển gốc động mạch có sửa chữa (17%), teo phổi - vách liên thất nguyên vẹn (12%) đều là những bệnh tim bẩm sinh phức tạp mà phẫu thuật sửa chữa 1 thì chưa thể tiến hành khi trẻ nhỏ hoặc cân nặng thấp. Mặc dù tại Bệnh viện Nhi Trung ương, chúng tôi chủ trương phẫu thuật sửa toàn bộ từ thời kỳ sơ sinh hoặc trẻ nhỏ

Sự phát triển động mạch phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh sau phẫu thuật...

cho những tổn thương tim phức tạp như chuyển gốc động mạch-thông liên thất - hẹp phổi, teo phổi - thông liên thất... nhưng vẫn dựa trên cơ sở là chỉ số Nakata tối thiểu $> 130 \text{ mm/m}^2$ thì cân nhắc phẫu thuật sửa toàn bộ. Chỉ số Nakata và McGoon trước mổ của các bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu đều nằm ở giới hạn thấp, phản ánh tình trạng thiếu sản trung bình cho tới nặng của hai nhánh động mạch phổi. Một số rất ít trường hợp có chỉ số Nakata nằm ở giới hạn thấp có thể cân nhắc phẫu thuật sửa toàn bộ nhưng do sự chênh lệch quá lớn về kích thước giữa hai nhánh động mạch phổi, nên phẫu thuật BT shunt vẫn được chỉ định nhằm giúp phát triển động mạch phổi bị thiếu sản và giúp bệnh nhân có thể tăng thêm cân nặng cũng như cải thiện tình trạng tím trong khi chờ đợi phẫu thuật điều trị triệt để.

Phần lớn các bệnh nhân (90%) trong nhóm nghiên cứu được phẫu thuật cầu nối Blalock - Taussig cải tiến, chỉ có 10% số trẻ được phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến, với bệnh nhân có kích thước hai nhánh động mạch phổi bé nhất trong nghiên cứu này là 1,5mm. Có thể thấy sau thời gian trung bình là 11 tháng sau phẫu thuật cầu nối chủ - phổi, hầu hết các bệnh nhân đã có chỉ số Z-Score của hai nhánh động mạch phổi trở về gần như bình thường. Chỉ số Nakata trung bình trước phẫu thuật từ $116,1 \pm 45,5 \text{ mm/m}^2$ tăng lên $247,9 \pm 110,2 \text{ mm/m}^2$ ở thời điểm đánh giá cuối cùng. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy chỉ số McGoon trung bình từ $1,25 \pm 0,25$ tăng lên $1,91 \pm 0,41$. Sự phát triển và thay đổi kích thước động mạch phổi trước và sau phẫu thuật khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$. Kết quả này của chúng tôi tương tự như nghiên cứu của Muhammad A Mumtaz và Han Zang cùng cộng sự [6,7].

Kết quả nghiên cứu cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về sự phát triển động mạch phổi khi so sánh giữa hai phương pháp phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến và cầu nối Blalock - Taussig cải tiến, với $p = 0,313$. Mặc dù vậy trên lâm sàng, chúng tôi sẽ ưu tiên lựa chọn phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến cho các trường hợp thiếu sản đáng kể động mạch phổi. Trẻ được phẫu thuật cầu nối Melbourne cải tiến đều là các trẻ có chỉ số McGoon và Nakata rất thấp và hoàn toàn không có máu xuôi dòng từ thất phải lên động mạch phổi kèm theo teo tịt hoàn toàn van động mạch phổi. Sau thời gian

theo dõi trung bình là 11 tháng thì kích thước của hai nhánh động mạch phổi cải thiện trở về gần như bình thường, thậm chí nhỉnh hơn so với các bệnh nhân phẫu thuật cầu nối Blalock - Taussig cải tiến. Chúng tôi tin rằng nếu thời gian theo dõi trung bình kéo dài hơn, chắc chắn trên kết quả phân tích thống kê sẽ có sự khác biệt về khả năng phát triển kích thước của nhánh động mạch phổi giữa hai phương pháp phẫu thuật này.

Các bệnh nhân thuộc nhóm tim bẩm sinh có tổn thương hẹp phổi (là nhóm có dòng máu xuôi dòng qua van động mạch phổi) có thời gian theo dõi ngắn hơn và sự phát triển kích thước động mạch phổi lớn hơn có ý nghĩa so với nhóm có tổn thương teo phổi với $p = 0,049$. Về mặt logic, sự có mặt của một lượng máu xuôi dòng qua van và thân động mạch phổi có đóng góp đáng kể và lưu lượng máu lên phổi bên cạnh nguồn cấp máu từ cầu nối chủ - phổi. Do kích thước của động mạch phổi trước phẫu thuật của nhóm bệnh nhân hẹp phổi cũng có khác biệt so với nhóm teo tịt van phổi nên sự khác biệt về kích thước của động mạch phổi sau phẫu thuật cầu nối chủ-phổi giữa hai nhóm là có thể dự đoán được. Kết quả này của chúng tôi cũng phù hợp với nghiên cứu của Han Zang và cộng sự [6].

V. KẾT LUẬN

Kích thước của động mạch phổi tăng lên đáng kể sau phẫu thuật cầu nối chủ - phổi, mặc dù chưa có sự khác biệt giữa hai nhóm kỹ thuật. Các bệnh nhân thuộc nhóm tim bẩm sinh có dòng chảy xuôi dòng qua van động mạch phổi là yếu tố tích cực ảnh hưởng đến sự phát triển của động mạch phổi sau phẫu thuật cầu nối chủ - phổi.

Vấn đề y đức

Nghiên cứu được chấp thuận của Hội đồng Đạo đức Y học Bệnh viện Nhi Trung ương.

Xung đột lợi ích

Các tác giả khẳng định không có xung đột lợi ích đối với các nghiên cứu, tác giả, và xuất bản bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wu W, He J, Shao X. Incidence and mortality trend of congenital heart disease at the global, regional, and national level, 1990-2017. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(23):e20593.

Sự phát triển động mạch phổi ở bệnh nhân tim bẩm sinh sau phẫu thuật...

2. Dorobantu DM, Pandey R, Sharabiani MT, Mahani AS, Angelini GD, Martin RP, et al. Indications and results of systemic to pulmonary shunts: results from a national database. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;49(6):1553-63.
3. Alkhulaifi AM, Lacour-Gayet F, Serraf A, Belli E, Planché C. Systemic pulmonary shunts in neonates: early clinical outcome and choice of surgical approach. *Ann Thorac Surg.* 2000;69(5):1499-504.
4. Zhang H, Fan X, Su J, Liu Y, Zhao L, Li G. The efficiency of systemic-to-pulmonary shunts in older children with hypoplastic pulmonary arteries. *J Card Surg.* 2019;34(6):463-467.
5. Borowski A, Reinhardt H, Schickendantz S, Korb H. Pulmonary Artery Growth after Systemic-to-pulmonary Shunt in Children with a Univentricular Heart and a Hypoplastic Pulmonary Artery Bed. Implications for Fontan Surgery.: Implications for Fontan Surgery. *Jpn Heart J.* 1998;39(5):671-80.
6. Zhang H, Fan X, Su J, Liu Y, Zhao L, Li G. The efficiency of systemic-to-pulmonary shunts in older children with hypoplastic pulmonary arteries. *J Card Surg.* 2019;34(6):463-467.
7. Mumtaz MA, Rosenthal G, Qureshi A, et al. Melbourne shunt promotes growth of diminutive central pulmonary arteries in patients with pulmonary atresia, ventricular septal defect, and systemic-to-pulmonary collateral arteries. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(6):2079-2083.