

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

Частота сердечных осложнений у детей, выявленных после радикальной коррекции тетрады Фалло с помощью компьютерной томографии

А.М. Кабдуллина¹, В.Е. Синицын², Р.И. Рахимжанова¹, Т.Б. Даутов³, А.Б. Садуакасова⁴, Б.Б. Калиев¹, Л.А. Бастарбекова¹, З.А. Молдаханова¹

¹ Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан;

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация;

³ Национальный научный кардиохирургический центр Республики Казахстан, Астана, Казахстан;

⁴ Больница Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан, Астана, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Частота возникновения тетрады Фалло составляет примерно 0,5/1000 живорождённых, что соответствует 7–10% всех случаев врождённых пороков сердца и является второй по частоте формой сложных врождённых пороков сердца. Достижения в области диагностики, хирургического и послеоперационного лечения тетрады Фалло привели к тому, что всё большее число пациентов этой категории достигает зрелого возраста, при этом наблюдается резкое увеличение выживаемости (почти до 90%) к 30 годам, что требует длительного мониторинга определённых анатомических параметров для своевременного выявления осложнений. Данное исследование направлено на изучение частоты осложнений, выявленных с помощью компьютерной томографии, после радикальной коррекции тетрады Фалло у пациентов детского возраста.

Цель — выявить с помощью компьютерной томографии маркеры наиболее часто встречающихся осложнений после коррекции тетрады Фалло у пациентов детского возраста.

Материалы и методы. Проведён ретроспективный анализ данных 613 пациентов с тетрадой Фалло за период с октября 2011 по июнь 2020 года. В исследование были включены 116 пациентов, из них 69 мужского и 47 женского пола, у которых после коррекции тетрады Фалло возникли осложнения, выявленные с помощью компьютерной томографии. На момент операции средний возраст пациентов составлял от 10 до 36 (в среднем 12) месяцев, средняя масса тела 21 кг, средний рост 105,4 см, средняя площадь поверхности тела 0,74 м². Средний возраст пациентов на момент проведения компьютерной томографии составил 17,5 (возрастной диапазон 7–36) лет.

Результаты. Среди 116 пациентов с осложнениями после коррекции тетрады Фалло у 49 был стеноз лёгочной артерии, у 92 — стеноз ветвей лёгочной артерии (из них у 56 — основной ветви левой лёгочной артерии, у 36 — основной ветви правой лёгочной артерии), у 8 — стеноз выходного тракта правого желудочка, у 32 — дефект межжелудочковой перегородки, у 1 — тромбоз шунта, у 12 — послеоперационная деформация лёгочной артерии, у 10 — выраженная дилатация правого желудочка, у 2 — аневризма выходного тракта правого желудочка, в 6 случаях — кальцификация и стеноз кондуита. У пациентов со стенозом ветви левой лёгочной артерии вероятность развития стеноза ветви правой лёгочной артерии была в 6,5 раз выше ($p < 0,001$).

Заключение. Наиболее частыми осложнениями, выявляемыми с помощью компьютерной томографии после коррекции тетрады Фалло, были стеноз лёгочной артерии и её ветвей. Пациенты со стенозом лёгочной артерии и её ветвей не имели существенных различий по возрасту, антропометрическим параметрам (рост, вес, площадь поверхности тела) и гендерному распределению при наличии или отсутствии различных типов стеноза (лёгочной артерии, правой или левой лёгочной артерии), однако стеноз правой лёгочной артерии повышает вероятность развития стеноза левой ветви.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография; тетрада Фалло; осложнения; врождённые пороки сердца; радикальная коррекция.

Как цитировать:

Кабдуллина А.М., Синицын В.Е., Рахимжанова Р.И., Даутов Т.Б., Садуакасова А.Б., Калиев Б.Б., Бастарбекова Л.А., Молдаханова З.А. Частота сердечных осложнений у детей, выявленных после радикальной коррекции тетрады Фалло с помощью компьютерной томографии // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 3. С. 268–279. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

Рукопись получена: 02.05.2023

Рукопись одобрена: 09.06.2023

Опубликована: 04.09.2023



DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

Frequency of various cardiac complications in children with repaired tetralogy of Fallot identified by computer tomography

Azhar M. Kabdullina¹, Valentin E. Sinitsyn², Raushan I. Rakhimzhanova¹,
Tairkhan B. Dautov³, Aigul B. Saduakassova⁴, Bauyrzhan B. Kaliyev¹,
Lyazzat A. Bastarbekova¹, Zhanar A. Moldakhanova¹

¹ Astana Medical University, Astana, Kazakhstan;

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation;

³ Department of the Radiology of National Research Cardiac Surgery Center, Astana, Kazakhstan;

⁴ Medical Centre Hospital of President's Affairs Administration of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

ABSTRACT

BACKGROUND: Tetralogy of Fallot represents 7–10% of all cases of congenital heart disease, as it occurs in approximately 0.5 per 1,000 live births and is the second most common form of complex congenital heart disease. Advances in diagnosis, surgical techniques, and postoperative treatment have led to an increasing number of patients reaching adulthood, with a dramatic increase in the survival rate to almost 90% at 30 years, thereby creating a need for long-term monitoring of certain anatomic parameters to identify complications in a timely manner. This study aimed to investigate the frequency of computed tomography detected complications after radical correction of Tetralogy of Fallot in pediatric patients.

AIM: to identify markers between the most frequency computed tomography detected complications after repair of Tetralogy of Fallot in pediatric patients.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective analysis was conducted on 613 patients with Tetralogy of Fallot from October 2011 to June 2020. The study included a total of 116 patients (69 men and 47 women) who experienced complications after a repair of Tetralogy of Fallot, as identified by computed tomography. At the time of repair of Tetralogy of Fallot, the patient's average age ranged from 10 to 36 months (mean: 12 months), average body weight was 21 kg, average height was 105.4 cm, and average body surface area was 0.74 m². The patients' median age at the time of the computed tomography examination was 17.5 years (age range: 7–36 years).

RESULTS: Among the 116 patients who exhibited complications after an repair of Tetralogy of Fallot, 49 had a pulmonary artery stenosis, 92 had a pulmonary artery branch stenosis (56 of them of the left main pulmonary artery branch, and 36 of them of the right main pulmonary artery branch), 8 had a right ventricular outflow tract stenosis, 32 had a ventricular septal defect, 1 had a shunt thrombosis, 12 had a postoperative deformation of the pulmonary artery, 10 exhibited a marked right ventricular dilatation, 2 had an right ventricular outflow tract aneurysm, and 6 suffered from conduit calcification and stenosis. Moreover, patients with left main pulmonary artery branch stenosis had a 6.5 times greater chance of developing an right main pulmonary artery branch stenosis in ($p < 0.001$).

CONCLUSION: The most frequently computed tomography detected complications after a repair of Tetralogy of Fallot were pulmonary artery stenosis and pulmonary artery branch stenosis. Patients with pulmonary artery stenosis and pulmonary artery branch stenosis exhibit no significant differences in terms of age, anthropometric parameters (height, weight, and body surface area), and gender distribution in the presence or absence of different stenosis types (pulmonary artery, right main pulmonary artery branch, or left main pulmonary artery branch). However, an right main pulmonary artery branch stenosis increases the chances of developing an left main pulmonary artery branch stenosis.

Keywords: multidetector computed tomography; tetralogy of Fallot; complications; congenital heart disease; total repair.

To cite this article:

Kabdullina AM, Sinitsyn VE, Rakhimzhanova RI, Dautov TB, Saduakassova AB, Kaliyev BB, Bastarbekova LA, Moldakhanova ZA. Frequency of various cardiac complications in children with repaired Tetralogy of Fallot identified by computer tomography. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):268–279. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

Received: 02.05.2023

Accepted: 09.06.2023

Published: 04.09.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

电子计算机断层扫描确定的法洛四联症修复患儿各种心脏并发症的发生率

Azhar M. Kabdullina¹, Valentin E. Sinitsyn², Raushan I. Rakhimzhanova¹,
Tairkhan B. Dautov³, Aigul B. Saduakassova⁴, Bauyrzhan B. Kaliyev¹,
Lyazzat A. Bastarbekova¹, Zhanar A. Moldakhanova¹

¹ Astana Medical University, Astana, Kazakhstan;

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation;

³ Department of the Radiology of National Research Cardiac Surgery Center, Astana, Kazakhstan;

⁴ Medical Centre Hospital of President's Affairs Administration of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

简评

论证。法洛四联症 (Tetralogy of Fallot, ToF) 占有先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 病例的7-10%，每1000例活产中约有0.5例发生，是第二种最常见的复杂先天性心脏病。随着诊断、手术技术和术后治疗的进步，越来越多的患者长大成人，30岁时的存活率急剧上升到近90%，因此需要对某些解剖参数进行长期监测，以便及时发现并发症。本研究旨在调查儿童患者患儿根治性矫正ToF后计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 发现并发症的发生率。

该研究的目的是确定小儿ToF修复术 (repair of ToF, rToF) 后CT检测到的最常见并发症之间的标记。

材料和方法。我们对2011年10月至2020年6月期间的613例ToF患者进行了回顾性分析。116名患者 (69名男性和47名女性) 被纳入该研究，这些患者在接受rToF后出现了通过CT发现的并发症。患者接受rToF时的平均年龄为10至36个月 (平均值为12个月)，平均体重为21kg，平均身高为105.4cm，平均体表面积 (body surface area, BSA) 为0.74m²。患者接受CT检查时的中位年龄为17.5岁 (年龄范围：7至36岁)。

结果。在116例rToF后出现并发症的患者中，49例有肺动脉 (pulmonary artery, PA) 狭窄，92例有PA分支狭窄 (其中56例有PA左主分支 (left main PA branch, LPA)，36例有PA右主分支 (right main PA branch, RPA))，8例有右室流出道 (right ventricular outflow tract, RVOT) 狭窄、32例有室间隔缺损，1例有分流道血栓形成，12例有术后PA变形，10例有明显的右心室扩张，2例有RVOT动脉瘤，6例有导管钙化和狭窄。此外，对于LPA狭窄患者来说，发生RPA狭窄的几率比正常人高出6.5倍 ($p < 0.001$)。

结论。rToF后最常在CT上发现的并发症是PA狭窄和PA分支狭窄。PA狭窄和PA分支狭窄患者在年龄、人体测量数 (身高、体重和BSA) 和性别分布方面与是否存在不同狭窄类型 (PA、RPA或LPA) 无明显差异。然而，RPA狭窄会增加发生LPA狭窄的几率。

关键词：多排计算机断层扫描；法洛四联症；并发症；先天性心脏病；根治性矫正术。

引用本文：

Kabdullina AM, Sinitsyn VE, Rakhimzhanova RI, Dautov TB, Saduakassova AB, Kaliyev BB, Bastarbekova LA, Moldakhanova ZA. 电子计算机断层扫描确定的法洛四联症修复患儿各种心脏并发症的发生率. *Digital Diagnostics*. 2023;4(3):268–279. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD375285>

收到: 02.05.2023

接受: 09.06.2023

发布日期: 04.09.2023

字母缩写词表

CT——电子计算机断层扫描
MRI——磁共振成像

MSCT——多层螺旋计算机断层扫描
TOF——法洛四联症

论证

法洛四联症 (Tetralogy of Fallot, TOF) 占所有先天性心脏病病例的7-10%，发生率为0.5/1000例活产，是复杂性先天性心脏病的第二大常见类型[1]。随着TOF诊断、手术和术后治疗方面的进步，越来越多的TOF患者长大成人，到30岁时存活率大幅提高（几乎达到90%）[2]。这就要求对某些解剖参数进行长期监测，以便及时发现并发症。

TOF修补后，应使用可视化工具来评估右心室容量和三尖瓣和肺动脉反流或狭窄导致的压力过载，扫描左右心室收缩和舒张功能障碍、右心室的术后瘢痕、动脉瘤和纤维化的存在，以及主动脉根部扩张和主动脉瓣关闭不全等相关异常的存在[1]。

无创可视化在TOF修补后的患者随访中发挥着重要作用。经胸超声心动图检查是进行解剖和功能评估的基本常规临床检查工具。在此类病例中，评估至关重要。但必须注意的是，评估结果在很大程度上取决于设备的操作者。为此，心脏计算机断层扫描（CT）和磁共振成像（MRI）通常被用作辅助工具[3, 4]。

多层螺旋计算机断层扫描（MSCT）在评估TOF患者修复前后的复杂解剖发现方面发挥着至关重要的作用；MSCT具有很高的空间和时间分辨率[2]。心脏CT可提供必要的功能和解剖信息，以便对复杂性先天性心脏病病例做出明智的决定。图像解读需要了解手术治疗的常见方法和残余血流动力学障碍[5]。如今，技术的进步使心脏CT能够获得高质量的图像，并大大降低了辐射剂量。在某些适应症中，与其他诊断方法相比，该技术能提供更完整的信息，风险更小，这可能对TOF的评估有用[1]。相比之下，幼儿心脏核磁共振成像有一些限制，特别是检查时间长，需要有意识的镇静或全身麻醉。另一个限制是空间分辨率相对较低。这些限制在一定程度上解释为什么文献中关于TOF幼儿的肝脏MRI数据很少。此外，CT不会干扰心脏起搏器和除颤器，即使是与MR断层扫描仪不兼容的老式心脏起搏器和除颤器。

该研究的目的是调查儿童患者在进行TOF根治修正术后CT检测到的并发症发生率。

材料和方法

研究设计

这项回顾性研究是在一家三级高度专业化医院进行的。2011年12月至2020年6月期间，作为标

准临床实践的一部分，对有TOF修正史的患者进行了心脏CT扫描。患者在心胸外科和心内科接受了治疗。

我们对613名TOF患者的数据进行了回顾性分析。在613例心脏CT检查中，138例是在手术治疗前进行的，25例是在姑息手术（搭桥手术、右室流出道支架置入术或右室流出道扩张术）后进行的、424例是在完全手术TOF修正（室间隔缺损关闭术和右室流出道阻塞除去术）后进行的，26例是在肺动脉瓣置换术（包括4个阶段的治疗）后进行的。

根据CT扫描结果，我们选取了116例（69名男人，47名女人）TOF根治修正术后并发症患者的数据。手术时，患者的平均年龄为10至36个月（平均为12个月），平均体重为21kg，平均身高为105.4cm，平均体表面积为0.74m²。CT扫描时，患者的平均年龄为17.5岁（7-36岁不等）（表1）。

纳排标准患有以下疾病的患者被排除在该研究之外：对碘过敏；肌酐水平过高；成年患者之前没接受TOF修正术（n=4）。研究还采用了以下纳入标准：知情同意；事先TOF修正术。

表1. 患者的一般特征 (n=116)

患者特征	发生率/平均值
性别, n (%)	
男性	69 (59)
女性	47 (41)
初次修复的年龄 (月)	12 (10-36)
曾接受过的分流手术, n (%)	25 (21.5)
初次修复, n (%)	
跨环补片, n (%)	67 (57.7)
肌切开术/瓣膜切开术, n (%)	40 (35.5)
Contegra带阀导管 (Contegra valved conduit), n (%)	9 (7.7)
体重, kg	21.08
身高, cm	105.4
体表面积, m ²	0.7

注: cm——厘米; kg——公斤; m² ——平方米

心脏计算机断层扫描

放射科使用SOMATOM Definition AS 64计算机断层扫描仪（德国）对接受姑息手术和TOF修正术的儿童进行了扫描。扫描是采用前瞻性心脏同步和重建技术进行的，切片厚度为0.6mm。

所有患者都采取仰卧位，头朝下，通过Ohiotandem自动注射器以1–2ml/s的输注速度静脉注射药物。

口服水合氯醛（75 mg / kg）和氯胺酮（1mg/kg）被用于4岁以下婴幼儿的镇静。年长儿童和成人不口服镇静剂。

为了优化本院CT期间的辐射剂量，我们采用了与体型相适应的标准协议。这些协议基于体重与方位图像上心影大小的比率；这使我们能够确定电流强度与导管旋转时间的最佳乘积[6]。

伦理审查该研究获得了国家心脏外科研究中心伦理委员会的批准（2021年4月22日第01–92/2021号许可）。未发现参与者会面临的任何风险。在数据收集过程中，所有个人数据都经过编码和匿名处理，以保护患者的权利，防止个人信息泄露。研究人员可以访问电子数据库。该数据库仅包含患者的人口统计学和临床特征信息。研究人员对这些信息进行了分析和总结。通过这种方式，确保了信息的保密性。该研究是按照《赫尔辛基宣言》的原则进行的。研究人员在进行研究前获得了所有患者或其法定代理人的知情同意。

统计分析

描述性数据以百分比表示（对分类变量来说），必要时以均数±标准差或中位数（四分位数间距）表示。组群分为两组：存活患者和死亡患者。对分类变量的比较是采用卡方检验进行的，对连续变量的比较是采用t检验或曼-惠特尼U检验进行的。

三组之间的比较是采用正态分布变量的双变量分析法进行的。同样的分析法也被用于评估肺动脉狭窄与其他变量之间的关系。我们在3个不同组中对功能参数之间的关系进行了评估。皮尔逊相关系数或斯皮尔曼等级相关系数被用于评估功能参数之间的关系。在所有分析中，p值都为双侧，当p值小于0.005时，则具有统计意义。

数据的统计处理是使用SPSS软件（24.0版，IBM Corp.）进行的。

结果

研究对象（参与者）

2011年10月至2020年6月期间进行的一项回顾性研究包括613名TOF患者。根据CT检查结果，116例患者在TOF根治修正术后出现并发症。49例患者在修正术后发现肺动脉狭窄（表2）。92名患者发现肺动脉分支狭窄，其中56人的狭窄影响到左肺动脉主支（表3），36人的狭窄影响到右肺动脉主支（表4）。此外，8名患者被诊断为右心室流出道狭窄，32名患者被诊断为室间隔缺损，1名患者被诊断为分流管血栓形成，12名患者被诊断为术后肺动脉变形，10名患者被诊断为右心室明显扩张，2名患者被诊断为右心室流出道动脉瘤，6名患者被诊断为导管钙化和狭窄（图1）。

图1是一名12岁男孩TOF修正术后的图像。该男孩（患者）被植入了Contegra No. 16含瓣导管和双侧Palmar Genesis XD 19–10支架。心脏CT扫描清楚地显示导管血栓形成。血管造影术证实了CT上所发现的并发症。确认后，患者接受了手术。

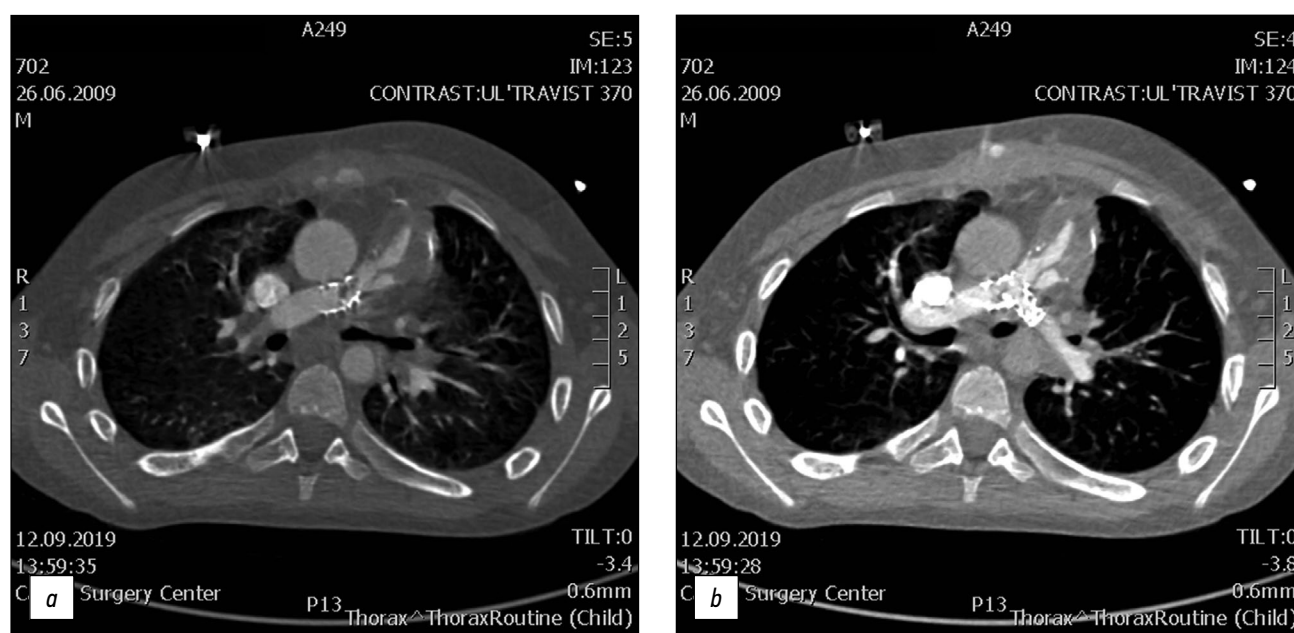


图1. Contegra No. 16含瓣导管（a）和双侧Palmar Genesis XD 19–10支架（b）的计算机断层扫描图。

表2。有肺动脉狭窄和无肺动脉狭窄患者的医学特征比较（n=116）

变量	没有（n=67）	有（n=49）	p值
年龄，月	28.5（29.5）	24.6（27）	0.48
身高，cm	107.1（29.4）	103.1（29.8）	0.47
体重，kg	22.6（17.4）	19（12.9）	0.23
体表面积，m ²	0.75（0.29）	0.72（0.34）	0.5
性别			0.14
男性	36（52.2%）	33（47.8%）	
女性	31（66%）	16（34%）	
姑息手术			0.8
没有	52（57.1%）	39（42.9%）	
有	15（60%）	10（40%）	
TOF类型			0.08
肺动脉狭窄	56（55%）	46（45%）	
肺动脉闭锁	11（79%）	3（21%）	
手术类型			0.69
跨环补片根治术	38（56.7%）	29（43.3%）	
没有跨环补片根治术	23（56.1%）	18（43.9%）	
导管	6（75%）	2（25%）	
分流管血栓形成			0.58
没有	66（57.4%）	49（42.6%）	
有	1（100%）	0	
室间隔缺损			0.84
没有	49（58.3%）	35（41.7%）	
有	18（56.3%）	14（43.7%）	
右心室流出道狭窄			0.26
没有	61（56.5%）	47（43.5%）	
有	6（75%）	2（25%）	
右心室流出道动脉瘤			0.33
没有	65（57%）	49（43%）	
有	2（100%）	0	
肺动脉变形			0.61
没有	60（58%）	44（42.3%）	
有	7（58.3%）	5（41.7%）	
右肺动脉狭窄			0.93
没有	46（57.5%）	34（42.5%）	
有	21（58.3%）	15（41.7%）	
左肺动脉狭窄			0.03*
没有	29（48.3%）	31（51.7%）	
有	38（67.9%）	18（32.1%）	
右心室扩张			0.58
没有	61（57.6%）	45（42.4%）	
有	6（60%）	4（40%）	
导管钙化和狭窄			0.19
没有	62（56.4%）	48（43.6%）	
有	5（83.3%）	1（16.7%）	

注：*卡方检验；OR_{LPAstenosis yes}=0.44。
左肺动脉（LPA）狭窄患者发生肺动脉狭窄的优势比（OR）比没有左肺动脉狭窄的患者低0.44倍（56%）。

表3。有左肺动脉狭窄和无左肺动脉狭窄患者的医学特征比较（n=116）

变量	没有（n=60）	有（n=56）	p值
年龄，月	29.3（32.2）	24.3（24.1%）	0.35
身高，cm	108（28.3）	102（30.7）	0.3
体重，kg	20.3（12.4）	21.9（18.7）	0.6
体表面积，m ²	0.76（0.33）	0.72（0.29）	0.46
性别			0.1
男性	40（58%）	29（42%）	
女性	20（42.6%）	27（57.4%）	
姑息手术			0.35
没有	45（49.5%）	46（50.5%）	
有	15（60%）	10（40%）	
TOF类型			0.06
肺动脉狭窄	56（55%）	46（45%）	
肺动脉闭锁	4（28.6%）	10（71.4%）	
手术类型			0.96
跨环补片根治术	34（50.8%）	33（49.2%）	
没有跨环补片根治术	22（53.7%）	19（46.3%）	
导管	4（50%）	4（50%）	
分流管血栓形成			0.52
没有	59（51.3%）	56（48.7%）	
有	1（100%）	0	
室间隔缺损			0.024*
没有	38（45.2%）	46（54.8%）	
有	22（68.8%）	10（31.3）	
右心室流出道狭窄			0.6
没有	56（51.8%）	52（48.2%）	
有	4（50%）	4（50%）	
右心室流出道动脉瘤			0.23
没有	60（52.6%）	54（47.4%）	
有	0	2（100%）	
肺动脉变形			—
没有	56（53.8%）	48（46.2%）	0.15
有	4（33.3%）	8（66.7%）	
右心室扩张			0.42
没有	54（51%）	52（49%）	
有	6（60%）	4（40%）	
导管钙化和狭窄			0.63
没有	57（51.8%）	53（48.2%）	
有	3（50%）	3（50%）	

注：*卡方检验；OR_{VSD yes}=0.38。
与无室间隔缺损（VSD）的患者相比，有室间隔缺损的患者发生左肺动脉狭窄的优势比（OR）低0.32倍（62%）。

表4。有右肺动脉狭窄患者与无右肺动脉狭窄患者的医学特征比较 (n=116)

变量	没有 (n=80)	有 (n=36)	p值
年龄, 月	26 (29.5)	28.7 (26.8)	0.64
身高, cm	107.8 (28.2)	100 (31.9)	0.19
体重, kg	20 (12)	23.6 (22)	0.26
体表面积, m ²	0.75 (0.32)	0.72 (0.29)	0.61
性别			0.32
男性	50 (72.5%)	19 (27.5%)	
女性	30 (63.8%)	17 (36.2%)	
姑息手术			0.35
没有	64 (70.3%)	27 (29.7%)	
有	16 (64%)	9 (36%)	
TOF类型			0.45
肺动脉狭窄	71 (69.6%)	31 (30.4%)	
肺动脉闭锁	9 (64.3%)	5 (35.7%)	
手术类型			0.86
跨环补片根治术	47 (70.2%)	20 (29.8%)	
没有跨环补片根治术	28 (68.3%)	13 (31.7%)	
导管	5 (62.5%)	3 (37.5%)	
分流管血栓形成			0.69
没有	79 (68.7%)	36 (31.3%)	
有	1 (100%)	0	
室间隔缺损			0.68
没有	57 (67.9%)	27 (32.1%)	
有	23 (71.9%)	9 (28.1%)	
右心室流出道狭窄			0.52
没有	74 (68.5%)	34 (31.5%)	
有	6 (75%)	2 (25%)	
右心室流出道动脉瘤			0.09
没有	80 (70.2%)	34 (29.8%)	
有	0	2 (100%)	
肺动脉变形			0.55
没有	72 (69.2%)	32 (30.8%)	
有	8 (66.7%)	4 (33.3%)	
左肺动脉狭窄			<0.001*
没有	52 (86.7%)	8 (13.3%)	
有	28 (50%)	28 (50%)	
右心室扩张			0.62
没有	73 (68.9%)	33 (31.1%)	
有	7 (70%)	3 (30%)	
导管钙化和狭窄			0.39
没有	75 (68.2%)	35 (31.8%)	
有	5 (83.3%)	1 (16.7%)	

注: *卡方检验; $OR_{LPA\ yes}=6.5$ 。
与没有左肺动脉 (LPA) 狭窄的患者相比, 左肺动脉狭窄患者发生右肺动脉狭窄的优势比 (OR) 高6.5倍 (550%)。

该研究的主要成果

最常见的并发症是肺动脉及其分支狭窄。我们决定了比较肺动脉及其分支狭窄和未狭窄患者的医学特征。比较是采用双变量分析和优势比估算法进行的。

在比较三对数据时，未发现有无或没有不同类型狭窄（肺动脉、右或左肺动脉）的患者在年龄、人体测量参数（身高、体重、体表面积）和性别分布方面存在显著差异。此外，在TOF类型、是否存在分流管血栓形成和姑息手术以及所实施的手术类型方面，都未发现明显差异（ $p>0.05$ ）。事实上，根据上述标准，对比组的数据具有可比性。

室间隔缺损患者发生左肺动脉狭窄的风险较低[优势比（OR）0.039；95%置信区间（CI）0.16–0.89； $p<0.005$]。同时，室间隔缺损的存在与肺动脉狭窄或其右分支的发病风险无关（ $p>0.005$ ）。

从表2和表3中可以看出，右心室流出道狭窄或动脉瘤的存在与肺动脉及其左或右分支狭窄的发生之间没有明显关联。对于是否存在肺动脉变形的情况来说，我们也得到了类似的结果（ $p>0.005$ ）。

左肺动脉狭窄（OR 0.44；95% CI 0.21–0.94； $p<0.005$ ）而非右肺动脉狭窄（ $p>0.005$ ）患者发生肺动脉狭窄的概率明显较低。相比之下，左肺动脉狭窄患者发生右肺动脉狭窄的几率要高6.5倍（95% CI 2.62–16.15； $p<0.001$ ）。

右心室扩张或导管狭窄和钙化与肺动脉及其左支或右支狭窄之间没有明显关联（ $p>0.005$ ）。

讨论

越来越多的成年先天性心脏病患者需要通过心脏CT和磁共振成像进行终生随访。这些患者的特点是存在大量独特的解剖和功能变化。这些变化是单阶段或多阶段姑息手术和修正术的结果。监测治疗效果和识别可能并发症的诊断任务由放射科医生完成。放射科医生应了解复杂先天性心脏病修正术后成年患者的典型心脏CT和MRI检查结果[7]。

由于MSCT具有较高的空间和时间分辨率，并可获得高质量的三维重建图像，因此已成为许多患者的主要检查方法，主要被用于评估肺动脉和主要的主动脉肺侧支动脉[8]。本研究发现了，TOF根治术后最常见的并发症是肺动脉及其分支狭窄。

超声心动图检查仍被认为是评估先天性心脏病患者术后并发症的主要方法。这是因为超声心动图检查具有众所周知的优点：安全、方便、无电离辐射、能很好地显示出心内解剖结构和心脏生理功能。然而，由于超声心动图检查的结果取决于操作者，且声窗较窄，因此在显示出心外解剖结构方面存在困难，并且在右心室大小、功能和瓣膜反流的定量评估方面也存在一些问题[9]。

心脏CT和磁共振成像是评估心外手术后血管并发症的微创技术。然而，在识别心脏内部解剖要

素、评估小血管解剖（包括肺静脉、肺动脉远端分支和主动脉肺动脉侧支）以及发现先天性心脏病患者术后功能和结构异常或并发症方面，心脏CT优于磁共振成像。因此，CT正自信地成为一种宝贵的成像方式。CT可以填补超声心动图检查、心导管检查和心脏磁共振成像之间的空白[10]。

TOF修正术的导管有多种类型。术后即时效果非常好。然而，随着时间的推移，由于患者的解剖特征与假体、远端吻合狭窄、导管扭曲、血栓形成和钙化的发展不匹配，导管会逐渐阻塞。MSCT可以准确确定导管阻塞的确切机制，并评估狭窄的水平、程度和范围[2]。

跨环补片根治术通常会导致右心室流出道扩张和动脉瘤、慢性和严重的肺动脉反流以及随后的右心室扩张和功能障碍。右心室流出道动脉瘤是右心室流出道重建后心室壁的隆起，被认为是TOF修正术后患者右心室扩张和收缩功能障碍的独立预测因素。室性心律失常通常发生在动脉瘤的背景下。MSCT可清楚地显示右心室流出道动脉瘤以及伴随扩张的主肺动脉及其中央分支。MSCT完美再现右室流出道的形态和与肺动脉反流相关的心脏畸形，还能准确测量右心室容积的增大，这是肺动脉瓣置换术的主要因素之一[2]。

该研究的局限性

本研究有几个限制。首先，本研究是一项回顾性研究。因此，样本量较小。此外，由于研究是观察性的，因此没有金标准来比较研究结果。

结论

我们的研究表明了，TOF修正术后患儿最常见的并发症是肺动脉及其分支狭窄。出现此类并发症的患者在年龄、人体测量数据（身高、体重、体表面积）和性别分布方面与是否存在不同类型的狭窄（肺动脉、右或左分支）没有明显差异。不过，研究人员注意到，出现右肺动脉狭窄会增加出现左肺动脉狭窄的可能性。

MSCT是一种非常有用的成像模式，可被用于评估TOF修正术后的正常和异常结果，因为它应用很广泛，并且所获得的图像具有很高的空间和时间分辨率。MSCT越来越多地被用于评估TOF患者。MSCT可以对未接受TOF修正术的患者的复杂解剖结构和相关异常进行可靠而准确的评估，MSCT还可以让我们确定需要的手术策略和手术类型。此外，MSCT使我们有全面了解和评估手术干预的后期后果、术后并发症和残留病灶。因此，如今对接受过TOF修正术的患者进行定期随访至关重要。这对于评估是否存在残留病灶和术后并发症非常重要，以便为患者及时提供有效治疗。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. R.I. Rakhimzhanova, T.B. Dautov — conception and

design of the work; A.M. Kabdullina, B.B. Kaliyev, L.A. Bastarbekova, Zh.A. Moldakhanova — acquisition, analysis of data; A.M. Kabdullina, A.B. Saduakassova — interpretation of data; V.E. Sinitsyn — approved the final version of the work.

Acknowledgments. We thank the Chief of the National Research Cardiac Surgery Center MD Ph.D. professor Yuriy V. Pya for the opportunity to carry out this work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Apostolopoulou S.C., Manginas A., Kelekis N.L., Noutsias M. Cardiovascular imaging approach in pre and postoperative tetralogy of Fallot // *BMC Cardiovasc Dis.* 2019. Vol. 19, N 1. P. 7. doi: 10.1186/s12872-018-0996-9
2. Shaaban M., Tantawy S., Elkafrawy F., et al. Multi-detector computed tomography in the assessment of tetralogy of Fallot patients: Is it a must? // *Egyptian Heart J.* 2020. Vol. 72, N 1. P. 17. doi: 10.1186/s43044-020-00047-3
3. Goo H.W. Changes in right ventricular volume, volume load, and function measured with cardiac computed tomography over the entire time course of tetralogy of Fallot // *Korean J Radiol.* 2019. Vol. 20, N 6. P. 956–966. doi: 10.3348/kjr.2018.0891
4. Stout K.K., Daniels C.J., Aboulhosn J.A., et al. 2018 AHA/ACC Guideline for the management of adults with congenital heart disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines // *J Am College Cardiol.* 2019. Vol. 73, N 12. P. 1494–1563. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.1028
5. Chelliah A., Shah A.M., Farooqi K.M., Einstein A.J. Cardiovascular CT in cyanotic congenital heart disease // *Curr Cardiovasc Imaging Rep.* 2019. Vol. 12, N 7. P. 30. doi: 10.1007/s12410-019-9507-3
6. Goo H.W. Comparison of chest pain protocols for electrocardiography-gated dual-source cardiothoracic CT in children and adults: The effect of tube current saturation on radiation dose reduction // *Korean J Radiol.* 2018. Vol. 19, N 1. P. 23–31. doi: 10.3348/kjr.2018.19.1.23
7. Siripornpitak S., Goo H.W. CT and MRI for repaired complex adult congenital heart diseases // *Korean J Radiol.* 2021. Vol. 22, N 3. P. 308–323. doi: 10.3348/kjr.2020.0895
8. Singh R., Jain N., Kumar S., Garg N. Multi-detector computed tomography angiographic evaluation of right ventricular outflow tract obstruction and other associated cardiovascular anomalies in tetralogy of Fallot patients // *Polish J Radiol.* 2019. Vol. 84. P. 511–516. doi: 10.5114/pjr.2019.91203
9. Kossaiy A. Echocardiographic assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the «Right Way» to explore the forgotten chamber // *Clin Med Insights Cardiol.* 2015. Vol. 9. P. 65–75. doi: 10.4137/CMC.S27462
10. Pushparajah K., Duong P., Mathur S., Babu-Narayan S.V. Cardiovascular MRI and CT in congenital heart disease // *Echo Res Pract.* 2019. Vol. 6, N 4. P. R121–138. doi: 10.1530/ERP-19-0048

REFERENCES

1. Apostolopoulou SC, Manginas A, Kelekis NL, Noutsias M. Cardiovascular imaging approach in pre and postoperative tetralogy of Fallot. *BMC Cardiovasc Dis.* 2019;19(1):7. doi: 10.1186/s12872-018-0996-9
2. Shaaban M, Tantawy S, Elkafrawy F, et al. Multi-detector computed tomography in the assessment of tetralogy of Fallot patients: Is it a must? *Egyptian Heart J.* 2020;72(1):17. doi: 10.1186/s43044-020-00047-3
3. Goo HW. Changes in right ventricular volume, volume load, and function measured with cardiac computed tomography over the entire time course of tetralogy of Fallot. *Korean J Radiol.* 2019;20(6):956–966. doi: 10.3348/kjr.2018.0891
4. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosn JA, et al. 2018 AHA/ACC Guideline for the management of adults with congenital heart disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am College Cardiol.* 2019;73(12):1494–1563. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.1028
5. Chelliah A, Shah AM, Farooqi KM, Einstein AJ. Cardiovascular CT in cyanotic congenital heart disease. *Curr Cardiovasc Imaging Rep.* 2019;12(7):30. doi: 10.1007/s12410-019-9507-3
6. Goo HW. Comparison of chest pain protocols for electrocardiography-gated dual-source cardiothoracic CT in children and adults: The effect of tube current saturation on radiation dose reduction. *Korean J Radiol.* 2018;19(1):23–31. doi: 10.3348/kjr.2018.19.1.23
7. Siripornpitak S, Goo HW. CT and MRI for repaired complex adult congenital heart diseases. *Korean J Radiol.* 2021;22(3):308–323. doi: 10.3348/kjr.2020.0895
8. Singh R, Jain N, Kumar S, Garg N. Multi-detector computed tomography angiographic evaluation of right ventricular outflow tract obstruction and other associated cardiovascular anomalies in tetralogy of Fallot patients. *Polish J Radiol.* 2019;84:511–516. doi: 10.5114/pjr.2019.91203
9. Kossaiy A. Echocardiographic assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the “Right Way” to explore the forgotten chamber. *Clin Med Insights Cardiol.* 2015;9:65–75. doi: 10.4137/CMC.S27462
10. Pushparajah K, Duong P, Mathur S, Babu-Narayan SV. Cardiovascular MRI and CT in congenital heart disease. *Echo Res Pract.* 2019;6(4):R121–138. doi: 10.1530/ERP-19-0048

AUTHORS' INFO

*** Azhar M. Kabdullina;**

address: 49A Beybitshilik street, 01000 Astana, Kazakhstan;
ORCID: 0000-0003-0521-5484;
eLibrary SPIN: 4169-1761;
e-mail: azharazh@mail.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Raushan I. Rakhimzhanova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0002-3490-6324;
e-mail: rakhimzhanova01@rambler.ru

Tairkhan B. Dautov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0002-5267-0108;
e-mail: tairkhan.dautov@mail.ru

Aigul B. Saduakassova, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: 0000-0001-7089-5696;
e-mail: sadik.a@mail.ru

Bauyrzhan B. Kaliyev;

ORCID: 0000-0003-4825-749X;
e-mail: Baur233113@mail.ru

Lyazzat A. Bastarbekova;

ORCID: 0000-0001-8246-4754;
eLibrary SPIN: 8634-6601;
e-mail: lbastarbekova@mail.ru

Zhanar A. Moldakhanova;

ORCID: 0000-0002-5980-9563;
e-mail: moldahanova1991@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Кабдуллина Ажар Муслюмкановна,**

адрес: Казахстан, 01000, Астана, ул. Бейбитшилик, д. 49А;
ORCID: 0000-0003-0521-5484;
eLibrary SPIN: 4169-1761;
e-mail: azharazh@mail.ru

Синицын Валентин Евгеньевич; д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Рахимжанова Раушан Ибжановна; д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-3490-6324;
e-mail: rakhimzhanova01@rambler.ru

Даутов Таирхан Бекполатович; д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5267-0108;
e-mail: tairkhan.dautov@mail.ru

Садуакасова Айгуль Болатовна; д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0001-7089-5696;
e-mail: sadik.a@mail.ru

Калиев Бауржан Бахытович;

ORCID: 0000-0003-4825-749X;
e-mail: Baur233113@mail.ru

Бастарбекова Лаззат Абылхановна;

ORCID: 0000-0001-8246-4754;
eLibrary SPIN: 8634-6601;
e-mail: lbastarbekova@mail.ru

Молдаханова Жанар Акбергенова;

ORCID: 0000-0002-5980-9563;
e-mail: moldahanova1991@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку