

# 迭代重建算法在儿童先天性心脏病CT检查中的应用进展

王兆翔<sup>1</sup>, 鲍海华<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青海大学研究生院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海大学附属医院影像中心, 青海 西宁

收稿日期: 2022年12月7日; 录用日期: 2023年1月2日; 发布日期: 2023年1月10日

## 摘要

低剂量CT扫描方案在儿童中广泛应用, 尤其在心脏检查中已逐渐成为共识。近年来低剂量扫描方案的研究热点集中在迭代重建算法(iterative reconstruction, IR)的应用上, 伴随着IR在儿童先天性心脏病CT检查中的普遍应用, 了解其相关特点变得尤为重要。因此, 本文将IR在儿童先心病检查中的应用现状等做一综述报道。

## 关键词

迭代重建, 儿童, 先天性心脏病, 体层摄影术, X线计算机

## Research Progress of Iterative Reconstruction Algorithm in CT Examination of Children with Congenital Heart Disease

Zhaoxiang Wang<sup>1</sup>, Haihua Bao<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School, Qinghai University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Imaging Center, The Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining Qinghai

Received: Dec. 7<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jan. 2<sup>nd</sup>, 2023; published: Jan. 10<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 王兆翔, 鲍海华. 迭代重建算法在儿童先天性心脏病CT检查中的应用进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(1): 175-179. DOI: 10.12677/acm.2023.131027

## Abstract

Low-dose CT scanning is widely used in children, especially in cardiac examination. In recent years, the research hotspot of low-dose scanning schemes has focused on the application of iterative reconstruction (IR), and with the universal application of IR in CT examination of children with congenital heart disease, it has become particularly important to understand its related characteristics. Therefore, this article will make a review and report on the application status of IR in the examination of children's congenital heart disease.

## Keywords

Iterative Reconstruction, Children, Congenital Heart Disease, Tomography, X-Ray Computer

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

儿童、婴幼儿正处在生长发育的关键时期,其部分重要的脏器尚未发育成熟,组织内的细胞分裂生长的速度及所占的比重较成人快而且高,其生长发育对电离辐射的敏感性是成人的10倍之多[1],相关研究报道[2]指出,儿童及婴幼儿与成人接受同等剂量的辐射时,儿童罹患恶性肿瘤的风险远远高于成人,且其与年龄呈一定的负相关。一般来说,在不影响临床诊断的前提下,降低儿童扫描辐射剂量是非常重要的。

先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)是一种由于胚胎在其生长发育过程中心脏或者是大血管结构、位置发生改变从而导致循环功能方面发生异常的一种先天性缺陷性疾病[3]。多年来,随着现代医学模式的逐步改变,人类疾病谱和死亡谱发生了巨大的变化,出生缺陷已逐渐成为我国儿童特别是围生期儿童死亡的重要原因之一,而且先天性心脏病占我国出生缺陷的30%以上,给患儿的家庭方面和社会方面带来沉重的负担[4][5]。我国先天性心脏病患儿的数目庞大,在经济、医疗水平较为发达的地区,先天性心脏病患儿也可以及早的得到诊断和治疗,但是也有一部分患儿由于其早期症状、体征不明显或者受制于经济方面因素的问题,不能得到早期的医疗干预,从而会严重的影响患儿的生长发育,甚至影响患儿的寿命[5]。现如今大部分患有先天性心脏病的儿童均以手术治疗为多,并且经过治疗后,患儿的预后及生命力得到显著的提高[6]。但是,术前需要经过较为严格的评估,包括心脏的大小及其与周围血管间的关系等,以上对于手术方式等的制定至关重要。目前,超声检查因其简便、价格较低等情况可作为儿童先天性心脏病筛查等的首选检查,但有的时候,因患儿伴有肺静脉异位引流等情况,超声有可能遗漏病症,CT可全方位的评估先天性心脏病患儿的心脏大小,心内异常结构、心外异常结构等,可一站式为患儿手术作一评估。

## 2. IR 技术

在平时的工作中,影像科CT检查技术中常采用原始的滤过反射投影算法(filtered back-projection, FBP),其之所以快速简便,是因为在运算的过程当中忽略了比较多的信息,随着放射剂量降低的同时,

就一定不会出现大量的噪声伪影和影像伪影[7], IR 则可通过算法的补偿, 可以很好的消除低放射剂量的图像噪声, 从而保证图像质量。ASIR-V (Adaptive statistical iterative reconstruction V)算法, 以及全模型迭代重建算法(model-based iterative reconstruction, MBIR)使用了更加复杂的光学模型等算法[7], 使降噪能力大为增强。

近年来, 随着计算机技术和图像重建算法的不断发展、患者对低剂量成像的需求、迭代重建技术研究的不断深入, 迭代重建技术在 CT 领域中越来越受到广泛关注。鉴于儿童患者群体自身的一些特殊性, CT 相关的放射线暴露仍然是较为突出的难题之一, 诸多研究表明降低管电压是可以减少放射剂量的有效方法, 但与此同时伴随的问题, 比如射束硬化伪影及图像噪声等又会对成像的质量产生一定干扰[8]。尽管 FBP 是一种对于 CT 图像简单快速的重建方式, 但在低放射剂量下导致成像质量较差[9], 相比之下, 迭代重建技术则可提高低放射剂量 CT 图像的成像质量。已有研究报道了数种迭代重建算法[10], 不同的公司及生产厂家推出了多种 IR 的算法, 按照迭代计算所利用的数据空间的不同, 可大致将其分为: 仅仅在图像数据空间所进行的 IR, 仅仅在投影数据空间所进行的 IR, 或者是在图像数据空间和投影数据空间中均进行的 IR 三种[11]。迭代重建技术已经逐渐在 CT 检查中的多个领域取得了非常广泛的临床应用, 其采用迭代算法的扫描方式相对于大家普遍所认同的采用标准计量及滤波反投影(filtered back-projection, FBP)重建算法的 CT 检查来说, 辐射剂量可显著降低。迭代重建技术的应用在降低辐射剂量的情况下, 其图像质量依然清晰且能满足诊断的要求, 为儿童及婴幼儿 CT 检查提供了技术方面的支持。

### 3. IR 在儿童先天性心脏病中的应用

心脏造影是现阶段临床工作中诊断儿童先天性心脏病和冠脉疾病比较常用的、且简便的影像学的检查方法, 尤其 CT 较高的时间分辨率等特点对于儿童先天性心脏病的诊断和病情评估具有非常重要的临床价值, IR 也已经应用其中[12], 据相关文献报道[13]大约有 30%~50% ASIR 权重可以得到常规剂量相仿的图像, IR 也可在低放射剂量扫描中能够重建出适合诊断的图像。由于检查时心腔内及大血管内充满对比剂, 通过对高密度对比剂的形态及其分布既可以判断心脏及相关血管的形态及位置, 从而做出正确的诊断, 所以心脏 CT 在检查时最为关注的指标为 CNR, 相对于其它的检查部位来说可以接受更多的噪声, 低管电压与 IR 技术组合应用更适合儿童心脏 CT 的应用[14], 在保证强化了基础的基础上降低噪声满足 CNR, 可以将一次心脏 CT 检查的放射剂量控制在最低约 0.3 mSv 水平, 大大提高了检测水平, 可以在临床工作中推广应用。

已知辐射的减少与低电压有关, 且低电压可增强 CT 图像的对比度, 近年低电压逐渐应用于 CTA 检查[15], 其中低浓度对比剂将有助于减少扫描剂量和单位时间内进入血管内的对比剂, 故可减少对机体的损伤; 另一方面, 低电压可减少入射光子的能量, 促使其与碘原子 k 层电子结合能靠近, 增强光电效应, 并促进 X 线的衰减[16] [17]。但低电压成像会增加碘离子吸收, 削弱电子的穿透能力, 进而出现图像硬化伪影, 影响图像质量[18]。部分研究结果显示[19], 双低扫描联合迭代重建技术诊断婴幼儿先天性心脏病的准确度和敏感度均高于双低扫描联合 FBP 重建技术。分析原因为, FBP 是 CT 血管成像常用的图像重建技术, 对噪声和伪影较敏感, 但采用低电压减少放射剂量的方法检查时, 会增高图像噪声, 降低图像质量[20]。而迭代重建技术则是在解剖系统及噪声模型系统的基础上, 采用了图像空间及投影空间, 并实施迭代运算, 其操作将有助于减少图像的噪声, 降低光子伪影干扰, 促使图像信噪比升高[21], 从而有利于图像清晰度的提高及满足临床诊断要求。

### 4. 总结

先天性心脏病是儿童较为常见的心血管疾病, 常常由于胚胎时期心血管发育异常而造成的畸形。因

先天性心脏病对患儿生长发育有着极大的影响, 严重者可危及生命, 故对先天性心脏病患儿的术前评估有着重要意义。以往儿童及婴幼儿先天性心脏病的诊断主要依靠彩色多普勒超声心动图和心血管造影检查等方法, 但都无法准确的诊断并发的心外大血管畸形等。CT 检查不仅可以检出心内畸形, 还可以检出心外大血管畸形, 甚至可对儿童冠脉进行监测。低剂量 CT 扫描可以降低患者所受辐射剂量, 但是, 降低辐射剂量可能会影响图像质量, 不利于疾病的诊断, 因此, 辐射剂量和图像质量者间的平衡尤为重要。

儿童正处于生长发育阶段, 对于放射线的敏感性较成人高, 在日常工作中, 降低儿童 CT 辐射剂量受到了广泛的关注。传统的滤过反射投影算法图像噪声较高, 部分图像质量欠佳, 而低剂量 CT 中的迭代重建技术较前者图像噪声降低, 在较低的放射剂量条件下即可生成较为清晰并满足诊断的图像, 逐渐成为降低辐射剂量领域的重点研究方向, 相信在未来的检查中更能发挥其重要作用。

## 参考文献

- [1] Myers, P., Stathakis, S., Mavroidis, P., *et al.* (2013) SU-E-T-281: Pediatric Cranio-Spinal Axis Irradiation: Comparison of Radiation-Induced Secondary Malignancy Estimations Based on Three Methods of Analysis for Three Different Treatment Techniques. *Medical Physics*, **40**, 268-269. <https://doi.org/10.1118/1.4814715>
- [2] Jankowski, R., Kuntzler, S., Boulanger, N., *et al.* (2014) Is Pneumosinus Dilatans an Osteogenic Disease That Mimics the Formation of a Paranasal Sinus? *Surgical and Radiologic Anatomy*, **36**, 429-437. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1222-1>
- [3] 王鹏高, 张宇, 陈忠建, 等. 右腋下小切口入路手术治疗先天性心脏病患儿的临床疗效[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2020, 35(1): 41-45.
- [4] 赵智, 刘合芳, 樊阳阳, 等. 2013-2017 年住院新生儿先天性心脏病诊疗现状调查分析[J]. 中国优生与遗传杂志, 2019, 27(1): 75-77+117.
- [5] 王妙如, 蔡嘉辉, 邓木兰, 等. 2~7 岁先天性心脏病患儿疾病的直接经济负担、间接经济负担、无形经济负担分析[J]. 岭南心血管病志, 2020, 26(6): 699-703.
- [6] Faraoni, D., Zurakowski, D., Vo, D., Goobie, S.M., Yuki, K., Brown, M.L. and Di Nardo, J.A. (2016) Post-Operative Outcomes in Children with and without Congenital Heart Disease Undergoing Noncardiac Surgery. *Journal of the American College of Cardiology*, **67**, 793-801. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.11.057>
- [7] 孙记航, 彭芸, 张祺丰, 等. 自适应迭代重建技术对儿童低剂量胸部 CT 图像质量的优化[J]. 医学影像学杂志, 2013, 23(12): 1936-1940.
- [8] Malik, A.A., Ahmad, F., Amir, S., *et al.* (2019) Agreement between 64-Slice Multidetector CT Angiography and Transthoracic Echocardiography in Detection of Extracardiac Findings of Congenital Heart Disease. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, **29**, 923-927. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2019.10.923>
- [9] 周燕飞, 郑穗生, 邹立巍, 杨立状. 256 层 iCT 剂量优化技术在婴幼儿复杂先天性心脏病中的应用[J]. 中国现代医学杂志, 2019, 29(9): 100-103.
- [10] Khaliq, O.K., Cavalcante, J.L., Shah, D., *et al.* (2019) Multimodality Imaging of the Tricuspid Valve and Right Heart Anatomy. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **12**, 516-531. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.01.006>
- [11] 程广, 卢林民, 潘正航. 低剂量 CT 扫描在儿童鼻窦炎中的应用价值[J]. 海南医学, 2012, 23(7): 70-72.
- [12] 孙记航, 彭芸. 迭代重建算法在儿童 CT 中应用新进展[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(8): 1387-1389.
- [13] Liu, Z., Song, L., Yu, T., *et al.* (2016) Application of Low Dose Radiation and Low Concentration Contrast Media in Enhanced CT Scans in Children with Congenital Heart Disease. *International Journal of Clinical Practice*, **70**, 22-28. <https://doi.org/10.1111/ijcp.12857>
- [14] Hou, Q.-R., Gao, W., Sun, A.M., *et al.* (2017) A Prospective Evaluation of Contrast and Radiation Dose and Image Quality in Cardiac CT in Children with Complex Congenital Heart Disease Using Low-Concentration Iodinated Contrast Agent and Low Tube Voltage and Current. *The British Journal of Radiology*, **90**, Article ID: 20160669. <https://doi.org/10.1259/bjr.20160669>
- [15] Rompel, O., Glöckler, M., Janka, R., *et al.* (2016) Third-Generation Dual-Source 70-kVp Chest CT Angiography with Advanced Iterative Reconstruction in Young Children: Image Quality and Radiation Dose Reduction. *Pediatric Radiology*, **46**, 462-472. <https://doi.org/10.1007/s00247-015-3510-x>
- [16] Hedgire, S.S., Baliyan, V., Ghoshhajr, B.B. and Kalra, M.K. (2017) Recent Advances in Cardiac Computed Tomography Dose Reduction Strategies: A Review of Scientific Evidence and Technical Developments. *Journal of Medical*

---

*Imaging*, 4, Article ID: 031211. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.3.031211>

- [17] 樊敏, 邹萌, 陈庭宇, 等. 双低扫描方案结合迭代重建 CT 血管成像在婴幼儿先天性心脏病诊断的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 37(2): 185-189.
- [18] 陈博, 戴婷婷, 程建敏, 等. 双低技术联合迭代重建技术在小儿复杂性先天性心脏病 CT 血管成像中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(7): 547-551.
- [19] 崔得金, 陈聪聪, 孙利芳, 冯东朦, 朱永辉. 双低扫描联合迭代重建技术在 CT 血管成像诊断婴幼儿先天性心脏病中的效能[J]. 中国民康医学, 2021, 33(9): 101-102+106.
- [20] 杜晓峰, 林观生, 付文兵, 吴小妹. 双低剂量联合 iDose4 迭代重建在 CTPA 中的应用研究[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(6): 941-944.
- [21] 曹治婷, 刘铁军, 陈刚, 廖玉荣. “双低”技术结合迭代重建技术在 64 排螺旋 CT 肺动脉造影中的综合应用[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39(1): 94-97.