

· 标准与规范 ·

儿童冠状动脉经胸超声心动图规范化检查 中国专家共识（2025 版）

中华医学会超声医学分会超声心动图学组 福棠儿童医学发展研究中心儿科超声规范化建设研究组 中国超声心动图学会 海峡两岸医药卫生交流协会超声医学分会 中国超声医学工程学会儿科超声专业委员会

通信作者：谢明星，华中科技大学同济医学院附属协和医院超声医学科，湖北省影像医学临床医学研究中心，分子影像湖北省重点实验室，武汉 430022，Email: xiemx64@126.com

基金项目：国家自然科学基金（82427805，82230066，82402304）

DOI: 10. 3760/cma. j. cn131148-20250919-00508

实践指南注册：国际实践指南注册与透明化平台（PREPARE-2023CN187）

Chinese expert consensus on standardized transthoracic echocardiography for coronary artery in children (2025 edition)

Echocardiography Group, Ultrasound Medical Branch of Chinese Medical Association; Pediatric Ultrasound Standardization Research Group, Futang Research Center of Pediatric Development; Chinese Society of Echocardiography; Ultrasound Medicine Branch of Cross-Straits Medicine Exchange Association; Pediatric Ultrasound Professional Committee of Chinese Society of Ultrasound Medical Engineering

Corresponding author: Xie Mingxing, Department of Ultrasound Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Clinical Research Center for Medical Imaging in Hubei Province, Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan 430022, China, Email: xiemx64@126.com

Fund program: National Natural Science Foundation of China(82427805,82230066,82402304)

DOI:10. 3760/cma. j. cn131148-20250919-00508

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2023CN187)

儿童冠状动脉疾病可致心肌缺血、心脏功能减低与心力衰竭，甚至死亡^[1]。近年来，随着对该类疾病认识的不断深入和诊疗技术的不断进步^[2-3]，临床对儿童冠状动脉影像学检查需求日益增多^[3]。与冠状动脉造影及冠状动脉CT等影像学方法相比，经胸超声心动图检查具有无创、无电离辐射以及经济便捷等优势，已成为儿童冠状动脉病变筛查、诊断及随访的重要影像学方法^[4]。尽管研究表明，在儿童冠状动脉成像中，超声心动图检查具有良好的可行性与实用性，但在临床实践中，不同操作者之间，以及同一操作者多次检查之间，存在测量值与诊断结果差异大、重复性差等问题，限制了儿童冠状动脉病变超声评价质量，特别是影响临床管理决策。针对这一现状，亟需建立儿童冠状动脉经胸超声心动图检查规范的专家指导意见。为此，中华医学会超声医学分会联合4家国内超声医学学术团体，组织国内儿童超声心动图领域专家，在借鉴国内外相关指南、

共识的基础上，充分结合中国专家的临床实践经验，制定了本专家共识，以期规范我国儿童冠状动脉疾病经胸超声心动图的临床应用。本共识系统、全面地收集了研究进展，并对其进行综合评价。同时，参考国内外儿童冠状动脉疾病诊疗指南，特别是综合考虑了我国不同地域卫生资源分布不均等因素，对儿童冠状动脉疾病超声心动图检查适应证、操作方法、标准切面等问题，提出了专家推荐意见，旨在为我国儿童冠状动脉经胸超声心动图规范化检查提供指导。

本共识参考世界卫生组织关于标准指南制订的流程和方法^[5]，在国际实践指南注册与透明化平台(<https://www.guidelines-registry.org>)完成注册(PREPARE-2023CN187)。共识编写组成员共80名，其中包括来自全国28个省、自治区、直辖市的超声医学专业专家74名、方法学专家1名和秘书组成员5名。经严格审查，在本共识制定过程，所有成员均

不存在与本共识制定相关的利益冲突。本共识通过 3 轮通信方式，征求国内儿童医院相关专家建议；通过 4 次相关学术会议，公开征集来自全国 26 个省、市、自治区的临床医生意见，并收集与整理相关临床问题。在 Pubmed、Cochrane Library、Embase 3 个英文数据库，中国生物医学文献数据库、中国知网、维普、万方 4 个中文数据库，以及 WHO 临床试验注册平台、系统评价注册平台上，对相关临床问题进行检索。检索关键词为：儿童、冠状动脉、超声心动图；所有文献检索时限截至 2024 年 8 月 16 日。经过专家全面审阅最终纳入 221 篇文献，包括指南 3 篇、观察性研究 218 篇。专家组对所纳入文献进行汇总分析，并结合临床经验，先后通过 5 次会议共同讨论了这些文献所提供证据的强度、一致性和临床适用性，形成本专家共识的推荐意见。本共识全文已由外部同行专家进行评审，并经共识指导委员会审定通过，将按计划传播、实施和更新。本共识供儿童专科医院、妇幼保健院或综合医院的儿科临床医师、护理人员及从事相关临床、教学、科研和管理工作的专业人员使用；本共识的目标人群是各级医院的 0~18 岁门诊及住院儿童。

一、儿童冠状动脉经胸超声心动图检查的主要适应证有哪些

患儿具有发热、胸痛、喂养困难、呼吸困难等症状和体征，或出现心电图检查、心肌酶学、炎症指标等结果异常，拟诊或需要排除先天性和后天性累及和（或）合并冠状动脉病变的疾病，均应考虑行儿童冠状动脉超声心动图检查。主要包括：冠状动脉起源异常、冠状动脉瘘、冠状动脉闭锁等先天性病变，以及累及冠状动脉的感染性疾病、结缔组织疾病、血管炎性疾病、遗传综合征等。此外，合并冠状动脉畸形的复杂先天性心脏病（如完全型大动脉转位、法洛四联症等）患者、涉及冠状动脉移植（如大动脉调转术、自体肺动脉瓣移植手术等）患者术前及术后均需行经胸超声心动图评估。

二、经胸超声心动图显示的冠状动脉节段与冠状动脉造影显示的血管分段对应关系如何

冠状动脉解剖分段，通常采用美国心脏协会制定的 15 分段法^[6]（图 1）。在理想条件下，超声心动图可显示冠状动脉 9 段，包括 1、2、3、4、5、6、7、9、11 段，各段在超声切面中的显示情况见图 2、表 1。

三、儿童冠状动脉经胸超声心动图常规检查可显示并测量哪些节段内径

经胸超声心动图检查中，常规显示并测量的冠状动脉部位包括右冠状动脉近段（#1）、中段（#

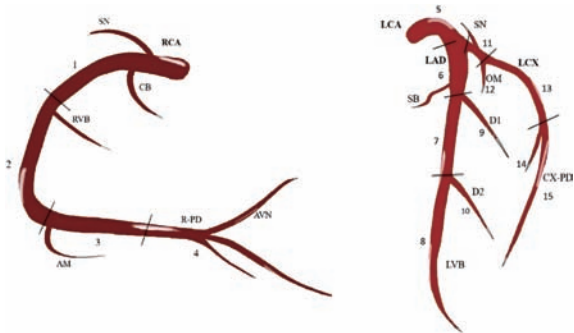


图 1 冠状动脉解剖 15 段分法 右冠状动脉分为近段（#1）、中段（#2）、远段（#3）以及后降支（#4），左冠状动脉分为左主干（#5）、前降支近段（#6）、前降支中段（#7）、前降支心尖段（#8）、第一对角支（#9）、第二对角支（#10）、回旋支近段（#11）、回旋支分支钝缘支（#12）、回旋支远段（#13）、回旋支远段后侧支（#14）、回旋支远段后降支（#15）（RCA：右冠状动脉；SN：窦房结支；CB：圆锥支；RVB：右心室支；AM：锐缘支；AVN：房室结分支；R-PD：右后降支；LCA：左主干；LAD：前降支；SB：室间隔支；D1：第一对角支；D2：第二对角支；LCX：回旋支；OM：钝缘支；CX-PD：回旋支远段后降支；LVB：左心室支）

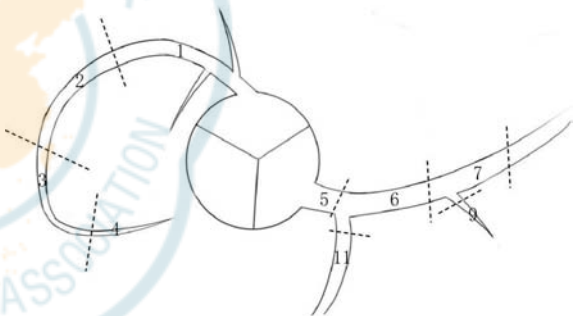


图 2 经胸超声心动图显示冠状动脉节段示意图（分段及解剖部位详见表 1）

表 1 经胸超声心动图可显示的冠状动脉部位

分段	名称	定义(解剖部位)
#1	右冠状动脉近段	右冠开口至第一转折处
#2	右冠状动脉中段	右冠第一转折处至第二转折处
#3	右冠状动脉远段	第二转折处至后降支开口
#4	后降支	右冠远段发出后降支
#5	左冠状动脉主干	左冠开口至前降支与回旋支分叉处
#6	前降支近段	前降支开口至第一对角支
#7	前降支中段	前降支近段末端至第二对角支
#9	第一对角支	第一对角支
#11	回旋支近段	回旋支开口至第一钝缘支开口

2)、远段（#3）和后降支（#4），左冠状动脉主干（#5）、前降支近段（#6）、回旋支近段（#11）^[7]（表 1）。

四、经胸超声心动图检查冠状动脉的主要切面和操作要点有哪些

1. 探头选择与仪器调节

检查过程中，需要选择恰当的超声探头，并调



节仪器成像参数，以获得清晰图像。仪器调节的一般要点如下。

- (1) 根据患儿体型和检查需要选择合适的超声成像探头：通常情况下选用高频率探头，新生儿及婴幼儿多选用频率 11~12 MHz 探头，小年龄儿童选择频率 5~8 MHz 探头，体重较大儿童选择频率 2~4 MHz 探头。在血流信号显示不满意时，或需追踪探查冠状动脉全程走向时，可选用相对低频率探头。
- (2) 减小图像探查深度，并缩小图像扇形区，以提高成像帧频。扫描过程中，尽可能使探查节段冠状动脉显示完整、清晰。
- (3) 调整二维图像增益及动态范围，使图像具有良好的对比度。
- (4) 调节图像聚焦范围与位置，并使用局部放大，以减少测量误差。
- (5) 运用谐波成像模式，增加图像的分辨力。
- (6) 应用彩色多普勒成像显示冠状动脉血流时，速度标尺通常调至 30 cm/s 左右，或逐渐降低速度标尺，至可清晰显示血流信号；频谱多普勒测量冠状动脉血流速度时，尽可能使取样线平行于血流方向。

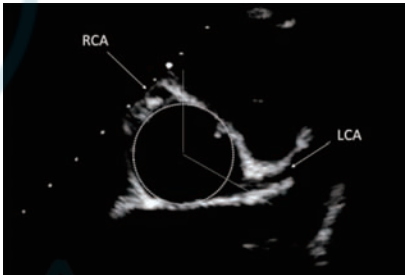
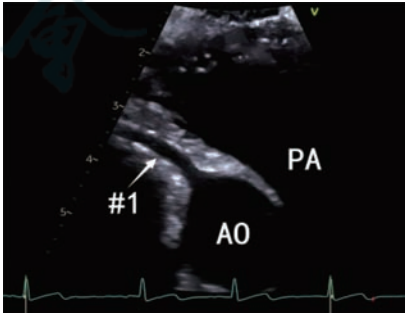
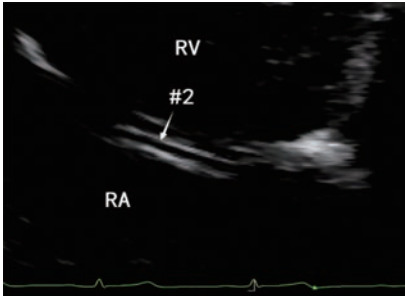
同时，设置恰当的取样容积位置和大小，以准确测量取样部位血流速度。

2. 冠状动脉扫查方法

患儿通常取平卧位（或左侧卧位），并在安静状态下进行检查。患儿不能配合时，需镇静后进行检查，以保证成像质量和测量的准确度。超声心动图检查小儿冠状动脉，主要是探查心外膜部分，其沿房室沟及室间沟走行。超声扫查过程中，应以冠状动脉走行的毗邻解剖结构为标记，以寻找与显示冠状动脉。右冠状动脉自主动脉右冠窦发出后，沿右侧房室沟走行，即沿三尖瓣环的前、侧、后方走行。因此，检查时应围绕三尖瓣环的解剖方位，探查右冠状动脉的各节段。左冠状动脉自主动脉左冠窦发出后，位于肺动脉根部和左心耳之间，沿左侧房室沟向左前方走行，通常在左冠状动脉主干 2~5 mm 后，分为左前降支和左回旋支。左前降支走行于前室间沟，左回旋支走行于左侧房室沟，即二尖瓣环前、侧方。因此，经胸超声心动图检查时，应围绕前室间沟及二尖瓣环探查左冠状动脉各节段。

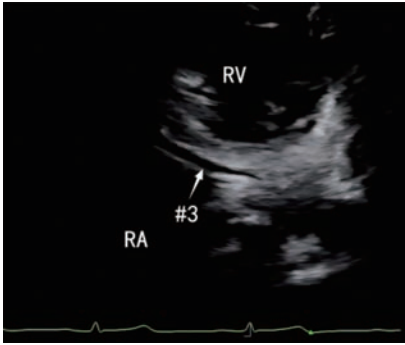
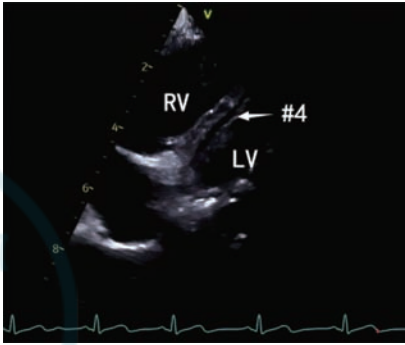
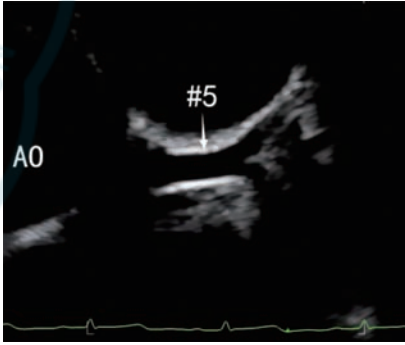
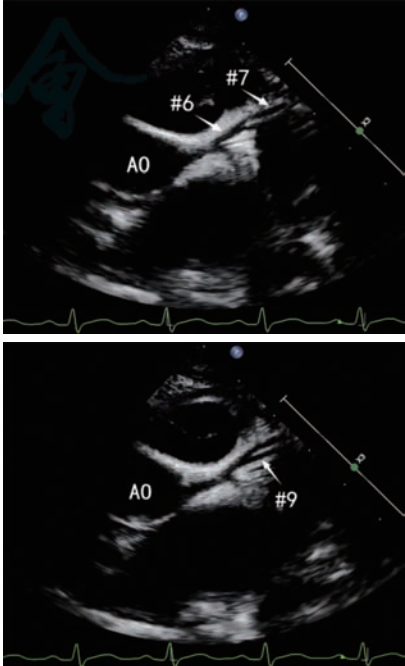
冠状动脉各节段经胸超声心动图扫查方法见表 2。

表 2 儿童冠状动脉经胸超声心动图检查方法与图像显示

冠状动脉节段	探查方法	观察内容	超声图像
冠状动脉开口	以胸骨左缘大动脉短轴切面为基础,以时钟方式进行定位 顺时针转动探头,显示左冠状动脉开口,其通常位于 3~4 点钟方位 逆时针转动探头,显示右冠状动脉开口,其通常位于 10~11 点钟方位	左、右冠状动脉开口位置 开口与主动脉壁角度关系	
右冠状动脉近段(#1)	显示右冠状动脉开口后,逆时针旋转探头 10°左右,并向右侧上翘探头方向	右冠状动脉近段管腔(箭头所示)	
右冠状动脉中段(#2)	显示右冠状动脉近段后,再逆时针旋转探头 15°~45°,并稍向右侧移动探头,逐渐过渡至胸骨旁四腔心切面及右心室流入道切面,在三尖瓣环方位,从前、右、后方连续扫查	右冠状动脉中段管腔(箭头所示)	

(续表)

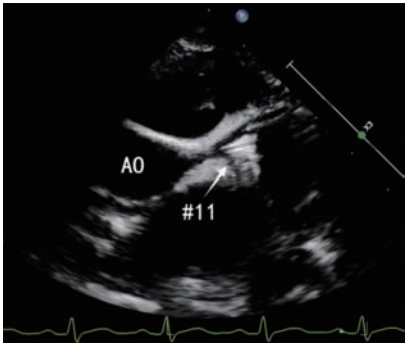
(续表 2)

冠状动脉节段	探查方法	观察内容	超声图像
右冠状动脉远段(# 3)	在胸骨左缘四腔心切面上,再将探头指向后方	右冠状动脉远段管腔(箭头所示)	
后降支(# 4)	清晰显示右冠状动脉远段后,再继续将探头向后下方扫查	后降支管腔(箭头所示)	
左冠状动脉主干(# 5)	在胸骨左缘大动脉短轴切面上,探头顺时针旋转 5° 左右,并向左侧平移	左冠状动脉主干管腔(箭头所示)	
前降支近段、中段、第一对 角 支 (# 6、# 7、# 9)	清晰显示左冠状动脉主干后,探头继续向左下方扫查	前降支近段、中段、第一对 角 支管腔(箭头所示)	

(接续表)



(续表 2)

冠状动脉分段	探查方法	观察内容	超声图像
回旋支近段(# 11)	在胸骨左缘大动脉短轴切面上,清晰显示左冠状动脉主干后,探头再向左后下方扫查,显示左房室交界侧后方	回旋支近段管腔(箭头所示)	

注: RCA 为右冠状动脉, LCA 为左冠状动脉, AO 为主动脉, PA 为肺动脉, RV 为右心室, RA 为右心房, LV 为左心室

(1) 冠状动脉开口: 正常情况下, 左、右冠状动脉分别开口于左、右主动脉窦内, 在窦管交界水平下方。经胸超声心动图检查时, 主要切面是标准的胸骨左缘大动脉根部短轴切面, 并以时钟方式对解剖结构进行定位; 在大动脉短轴切面上, 逆时针微调探头方向, 通常在 10~11 点钟方位, 可探查左右冠状动脉开口; 顺时针微调探头方向, 通常在 3~4 点钟方位, 可探查到左冠状动脉开口; 补充切面是胸骨左缘左心室长轴切面, 在此切面上右冠窦处可探查右冠状动脉开口; 在该切面上, 朝向左前方侧动微调探头方向, 可显示左冠状动脉开口; 同时, 在胸骨左缘五腔心切面上, 前后微调探头方向, 亦可显示冠状动脉开口。

(2) 右冠状动脉近段(# 1): 在胸骨左缘大动脉短轴切面上, 可显示右冠状动脉开口, 再逆时针旋转探头 10°, 并向右侧上翘微调探头, 可显示右冠状动脉近段(# 1)。

(3) 右冠状动脉中段(# 2): 显示右冠状动脉近段后, 继续逆时针旋转探头 15°~45°, 并稍向右侧移动探头, 逐渐过渡到胸骨旁四腔心切面及右心室流入道切面, 围绕三尖瓣环, 从前向右, 再向后, 连续扫查可显示右冠状动脉中段(# 2); 此外, 在剑突下四腔心切面基础上, 以三尖瓣瓣环为中心, 顺时针方向旋转探头, 亦可清晰显示右冠状动脉中段。

(4) 右冠状动脉远段(# 3): 在胸骨左缘四腔心切面上, 再将探头向后扫描, 在右侧房室沟后方, 即三尖瓣环后瓣环外侧, 可显示右冠状动脉远段(# 3)。

(5) 后降支(# 4): 在清晰显示右冠状动脉远段后, 探头继续向后下方扫查, 在后室间沟方位可显示后降支(# 4)。

(6) 左冠状动脉主干(# 5): 在胸骨左缘大动

脉短轴切面上, 探头顺时针旋转 5° 左右, 并向左侧平移, 可显示左冠状动脉主干(# 5)。

(7) 左前降支近段(# 6)、中段(# 7)、第一对角支(# 9): 清晰显示左冠状动脉主干后, 继续向左前下方微调探头, 可以显示左前降支近段(# 6)、中段(# 7)、第一对角支(# 9); 此外, 在胸骨左缘左心室长轴切面上, 略向左上方调整探头方向, 在前室间沟方位可显示左前降支近段、中段。

(8) 左回旋支近段(# 11): 在胸骨左缘大动脉短轴切面上, 微调探头方向清晰显示左冠状动脉主干后, 探头再向左后下方扫查, 在左房室交界侧后方, 可显示左冠状动脉回旋支近段(# 11); 此外, 在心尖五腔心切面上, 以二尖瓣环为中心, 探头方向再略向下扫查, 于二尖瓣环前外侧, 亦可探查回旋支近段。

五、如何进行冠状动脉内径测量

超声心动图评价冠状动脉病变时, 准确测量冠状动脉内径至关重要。检查过程中为达到测量准确, 首先, 尽可能调整声束角度使冠状动脉管壁显示清晰, 将清晰显示的二维冠状动脉长轴图像放大 2~4 倍, 然后, 在管腔走行平直处选取声束与管壁呈垂直角度部位, 将测量游标置于血管腔内膜至内膜处进行测量。测量时相为舒张早期。推荐连接心动图, 以 T 波终点作为舒张早期时相标志^[8] (图 3)。

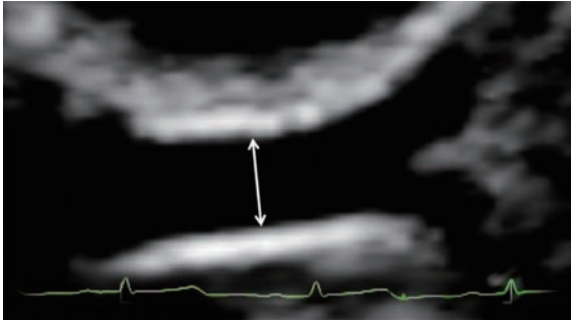


图 3 儿童冠状动脉经胸超声心动图测量方法



六、如何评估儿童冠状动脉内径

目前, 超声心动图评估冠状动脉内径, 国内外尚无统一标准。早期评价冠状动脉扩张的标准, 是 1984 年日本卫生部制定的“一刀切”标准^[9]。但在临床应用中, 在年龄和体表面积 (body surface area, BSA) 差异较大时, 该标准并不适用。近十年来, 经 BSA 校正的冠状动脉 Z 值的应用价值得到广泛研究, 目前被认为可更客观评价儿童冠状动脉内径^[10-11]。2017 年, 美国心脏学会 (American Heart Association, AHA) 颁布了《川崎病诊治及长期随访声明》^[7]。该声明指出, 基于 BSA 校正的冠状动脉内径 Z 值, 可用于川崎病冠状动脉病变程度分级。分级标准为: ①冠状动脉扩张, $2 \leq Z \text{ 值} < 2.5$, 或 $Z \text{ 值} < 2$, 随访过程中 Z 值下降 > 1 ; ②小型冠状动脉瘤, $2.5 \leq Z \text{ 值} < 5$; ③中型冠状动脉瘤, $5 \leq Z \text{ 值} < 10$, 及冠状动脉绝对值 $< 8 \text{ mm}$; ④大型冠状动脉瘤, $Z \text{ 值} \geq 10$, 或冠状动脉绝对值 $\geq 8 \text{ mm}$ 。该声明中还介绍了日本学者 Kobayashi 等^[12] 及加拿大学者 Dallaire 等^[13] 建立的回归方程及 BSA 应用公式, 其适用于不同人种。应用网址: Kobayashi 等 (<http://raise.umin.jp/zsp/calculator/>)、Dallaire 等 (<https://www.pedz.de/en/heart.html>)。2020 年, 日本循环学会联合日本心脏外科学会, 共同发布了《川崎病心血管后遗症的诊断和管理指南 (JCS/JSCS 2020)》^[14]。该指南建议, 5 岁及以上儿童, 应用 Z 值进行评估; 5 岁以下儿童, 使用冠状动脉内径绝对值进行评估。评估标准为: ①小型冠状动脉瘤 $2.5 \leq Z \text{ 值} < 5.0$ (> 5 岁), $3.0 \text{ mm} \leq \text{冠状动脉内径} < 4.0 \text{ mm}$ (< 5 岁); ②中型冠状动脉瘤 $5.0 \leq Z \text{ 值} < 10.0$ (> 5 岁), $4.0 \text{ mm} \leq \text{冠状动脉内径} < 8.0 \text{ mm}$ (< 5 岁); ③大型冠状动脉瘤 $Z \text{ 值} \geq 10$ (> 5 岁), 冠状动脉内径 $\geq 8.0 \text{ mm}$ (< 5 岁)。

自 2013 年以来, 国内北京^[15]、上海^[16]、深圳^[17] 等不同地区的儿童医院, 先后对儿童冠状动脉 Z 值的计算和评估进行了研究。2020 年, 中华医学会儿科学分会心血管组发布《川崎病冠状动脉病变的临床处理建议 (2020 年修订版)》^[18], 推荐在判断冠状动

脉瘤大小时, 采用内径绝对值、内径/邻近段比值及 Z 值等指标综合评价。

2024 年, AHA 发布了更新的《川崎病诊断与治疗声明》^[19]。声明指出, 常规使用冠状动脉 Z 值, 虽然一定程度上标准化了冠状动脉内径的定量评估, 但在临床实践中仍存在挑战。超声心动图冠状动脉内径测量中, 一个小的测量误差, 可能会导致 Z 值的计算出现显著差异, 从而改变冠状动脉病变程度的分类, 特别是在年幼的儿童中, 这种计算差异尤为明显。不同的研究使用不同的标准也导致评价结果存在差异。研究表明, 比较不同的 Z 值系统, 冠状动脉风险水平的分类也会发生变化。因此, 对于特定机构来说, 使用相同的 Z 值标准对川崎病患者进行长期随访, 在临床实践中是非常重要的。本共识所采用的冠状动脉风险分层标准, 是基于 2017 年 AHA 颁布的《川崎病诊治及长期随访声明》及美国儿童心脏联合网所采用的北美儿童冠状动脉内径 Z 值公式, 应用网址为: <https://www.pediatricheartnetwork.org/z-scores-calculator/>^[20]。综合国内外专家共识和指南建议, 本专家共识推荐使用评估标准见表 3。

七、常见的儿童先天性冠状动脉疾病有哪些, 经胸超声心动图图像有哪些典型特征

1. 冠状动脉瘘

冠状动脉瘘 (coronary artery fistula, CAF) 是指左、右冠状动脉的主干或分支, 与心腔、大血管或其他血管之间存在先天性异常交通, 致冠状动脉内血流分流入心腔或大血管^[21-23]。活产婴儿 CAF 发病率约为 0.002%, 是小儿最常见的冠状动脉畸形。左、右冠状动脉可单独、或双侧同时发生 CAF, 其中以右冠状动脉瘘常见, 瘘入部位以右心腔常见^[24]。

检查要点: ①冠状动脉瘘起源及瘘口: 二维图像上, 显示患侧冠状动脉主干增宽, 但临床实践中, 限于成像条件不同, 部分患者二维图像显示并不清晰; 彩色多普勒成像在定性诊断上价值大; 彩色多普勒显像时, 增宽的冠状动脉内可见高速冠状动脉血流信号; 同时, 彩色多普勒成像可更敏感地追踪瘘管走行、冠状动脉瘘入部位以及瘘口形态 (图 4)。

表 3 国内外指南冠状动脉内径的评估方法

指南	冠状动脉扩张	小型瘤	中型瘤	巨大瘤
2024 年美国 AHA 《川崎病诊断及治疗声明更新》	$2 \leq Z \text{ 值} < 2.5$	$2.5 \leq Z \text{ 值} < 5$	$5 \leq Z \text{ 值} < 10$, 冠状动脉内径绝对值 $< 8.0 \text{ mm}$	$Z \text{ 值} \geq 10$, 冠状动脉内径绝对值 $\geq 8.0 \text{ mm}$
2020 年日本 《川崎病心血管后遗症的诊断和管理指南 (JCS/JSCS 2020)》	—	$2.5 \leq Z \text{ 值} < 5$ (> 5 岁), $3.0 \text{ mm} \leq \text{冠状动脉内径} < 4.0 \text{ mm}$ (< 5 岁)	$5 \leq Z \text{ 值} < 10$ (> 5 岁), $4.0 \text{ mm} \leq \text{冠状动脉内径} < 8.0 \text{ mm}$ (< 5 岁)	$Z \text{ 值} \geq 10$ (> 5 岁), 冠状动脉内径 $\geq 8.0 \text{ mm}$ (< 5 岁)
2020 年中国 《川崎病冠状动脉病变的临床处理建议 (2020 年修订版)》	冠状动脉绝对值 $\leq 4 \text{ mm}$, 内径/邻近段 < 1.5 (> 5 岁) $2 \leq Z \text{ 值} < 5$		冠状动脉内径绝对值 $4.0 \sim 8.0 \text{ mm}$, 内径/邻近段 $1.5 \sim 4.0$ (> 5 岁) $5 \leq Z \text{ 值} < 10$	冠状动脉内径绝对值 $\geq 8.0 \text{ mm}$, 内径/邻近段 > 4.0 (> 5 岁) $Z \text{ 值} \geq 10$



②分流量评价：脉冲多普勒成像可测量分流速度，判断分流时相，分流速度结合瘘口大小可评价分流量^[25]。③心腔大小测量与心功能评价：由于存在心腔内分流、冠状动脉血流分布异常，导致心肌灌注不足，发生不同程度心功能受损及心腔扩大。④合并心脏畸形评估：约有 20% CAF 患者合并其他心脏畸形，如肺动脉瓣闭锁、法洛四联症等。⑤需与主动脉窦瘤破裂鉴别。

2. 左冠状动脉异常起源于肺动脉

冠状动脉异常起源于肺动脉，是指冠状动脉及其主要分支部分或全部起自肺动脉，而未起自相应的主动脉窦，是导致婴幼儿心肌缺血及心肌梗死的常见病因。未行手术治疗患儿，1 岁内病死率高达 90%。部分患儿可生存至成年，但随着病程进展，最终发展为心力衰竭、心律失常，并导致死亡。左冠状动脉异常起源于肺动脉（anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery, ALCAPA）约为 90%，右冠状动脉异常起源于肺动脉约占 10%，左、右冠状动脉均异常起源于肺动脉者较为罕见。

检查要点：①冠状动脉起源判断：二维超声成像时，于主动脉左冠窦内未探及左冠状动脉开口；在肺动脉主干左后方，可探及一血管回声，与肺动脉主干相连，并延续走行于左冠状动脉正常解剖位置；彩色多普勒成像时，该血管腔内可探及高速血流信号，血流方向朝向肺动脉主干，呈逆行灌注，是以舒张期为主的连续双期高速血流信号^[26-29]（图 5）。②冠状动脉内径测量：右冠状动脉可有不同程度的增宽。③冠状动脉内血流方向及时相确定：彩色多普勒成像时，可显示室间隔内侧支循环血流信号，血流方向由后室间隔向前室间隔方向逆向走行，提示侧支循环建立^[30]（图 5）。④心功能及室壁节段运动评价：左心增大，室壁运动幅度减低，心内膜增厚及回声增强。⑤其他心脏畸形评价：二尖瓣腱索、乳头肌回声增强，二尖瓣关闭不全^[26]。⑥需与右冠状动脉-肺动脉瘘、扩张型心肌病鉴别。⑦排除心包横窦和心耳结构的干扰^[31]。

3. 冠状动脉异常主动脉起源

冠状动脉异常主动脉起源（anomalous aortic

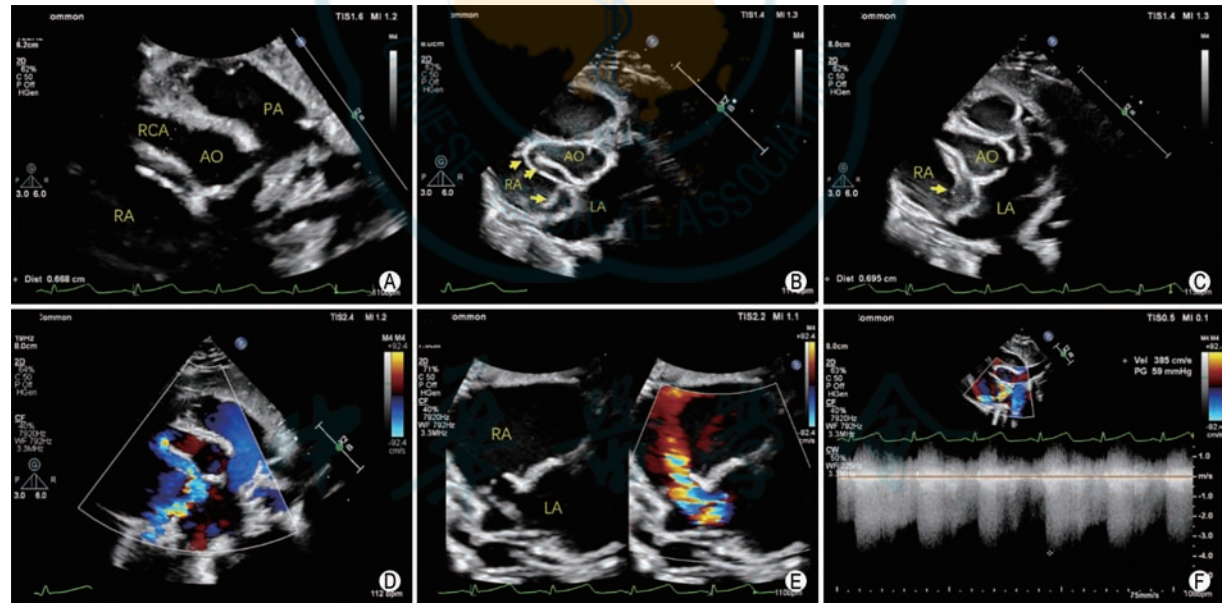


图 4 右冠状动脉-右房瘘 A：胸骨旁大动脉短轴切面显示扩张的右冠状动脉起始部位；B：继续追踪瘘管走行，箭头所示为瘘管；C：瘘管于主动脉后方绕行，至房间沟水平瘘管末端膨大；D：瘘管内可见血流充盈，最终瘘入右房；E：剑突下切面见瘘管末端膨大，开口于右房；F：瘘口分流频谱为收缩期为主的连续性湍流频谱（AO：主动脉；LA：左心房；RA：右心房；RCA：右冠状动脉）

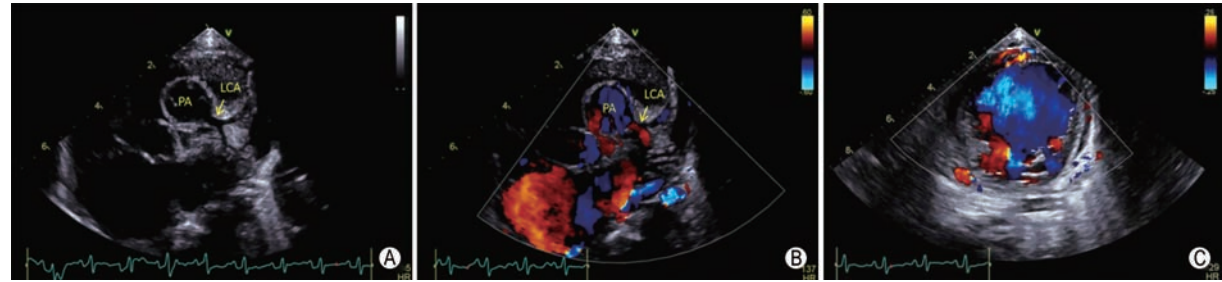


图 5 左冠状动脉异常起源于肺动脉 A、B：肺动脉短轴切面显示左冠状动脉起源于肺动脉；C：左心室短轴切面显示室间隔肌层内丰富的侧支血流信号，由后室间隔向左心室前壁方向走行（PA：肺动脉；LCA：左冠状动脉）



origin of a coronary artery, AAOCA) 是指左、右冠状动脉虽起源于主动脉根部,但未起自相对应的冠状动脉窦,或起自升主动脉。该病变的大部分患儿,可无明显临床症状,常在体检或行CT、心血管造影时偶尔发现。少数青少年可出现运动中晕厥或猝死。认为主要原因是异常起源的冠状动脉开口狭窄,或因走行在主动脉与肺动脉之间受压迫所致。该病早期诊断,可减少儿童不良事件发生。

(1) 左冠状动脉异常起源于右冠窦: 主动脉左冠窦内未探及左冠状动脉开口; 右冠窦探及两处冠状动脉开口; 左冠状动脉开口与右冠窦壁常呈锐角, 内径窄; 若冠状动脉走行在主动脉与肺动脉根部之间, 则在大动脉短轴切面上, 彩色多普勒成像可显示由右前向左后的蓝色血流信号; 彩色及脉冲多普勒成像可显示以舒张期为主的血流信号; 若受到主动脉与肺动脉搏动的挤压, 左冠状动脉内的血流速度增快(图6); 若受挤压严重时, 左心室壁可出现节段性室壁运动异常。

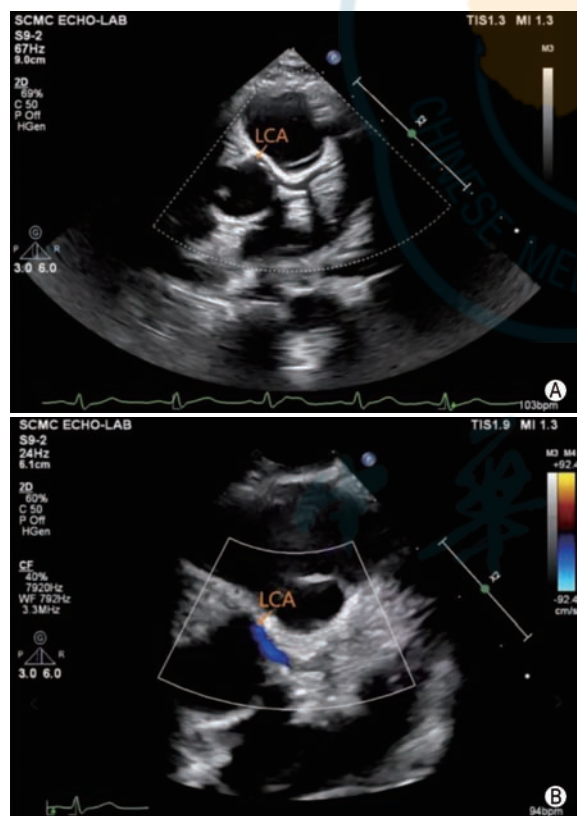


图6 左冠状动脉异常起源于右冠窦 A: 胸骨旁大动脉短轴切面显示左冠状动脉起自右冠窦(箭头所示), 走行于两支大动脉根部之间; B: 彩色多普勒血流显像探及左冠状动脉内血流(箭头所示)(LCA: 左冠状动脉)

(2) 右冠状动脉异常起源于左冠窦: 主动脉右冠窦内未探及右冠状动脉开口; 左冠窦内探及两处冠状动脉开口, 右冠状动脉开口与左冠窦壁呈锐角, 且内径窄; 若右冠状动脉走行在主动脉与肺动脉根

部之间, 则在大动脉短轴切面上, 彩色多普勒显示为由左后向右前的红色血流信号; 彩色及脉冲多普勒成像显示以舒张期为主血流信号, 若受挤压明显, 则流速增快(图7)。

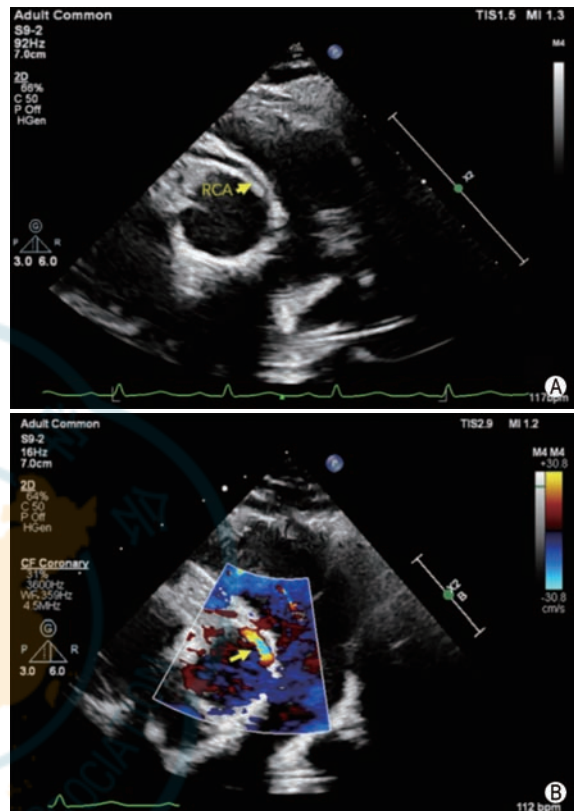


图7 右冠状动脉异常起源于左冠窦 胸骨旁大动脉短轴切面显示右冠状动脉异常起源于左冠窦(箭头所示), 彩色多普勒血流显像探及右冠状动脉内前向血流(箭头所示)(RCA: 右冠状动脉)

(3) 冠状动脉起自升主动脉: 冠状动脉开口位于主动脉窦管交界部位之上, 起自升主动脉^[32]; 右冠状动脉高位起源较常见, 其起始段与升主动脉壁呈锐角; 在左心室长轴切面上, 可判断冠状动脉开口与窦管交界的位置关系; 在冠状动脉扭曲受压等情况下, 可导致心肌供血障碍, 出现节段性室壁运动异常。

(4) 单支冠状动脉畸形: 单支冠状动脉畸形(single coronary artery, SCA) 仅有一支冠状动脉主干, 开口于主动脉窦, 由其灌注全部心肌; 经胸超声心动图显示 SCA 患儿的冠状动脉内径往往较正常冠状动脉增粗, 血流信号丰富; 胸骨旁大动脉短轴切面上, 于左冠窦或右冠窦内仅探查到一支较粗大的冠状动脉发出, 其他冠窦内未见冠状动脉发出^[33]; 超声心动图评价时, 需测量心腔大小, 了解室壁运动情况, 评价节段性心肌功能及整体心功能。

4. 复杂先天性心脏病合并冠状动脉异常

圆锥动脉干畸形, 如完全型大动脉转位、法洛



四联症、共同动脉干等，常合并冠状动脉异常。冠状动脉畸形一方面可致心肌缺血或心力衰竭，另一方面其走行异常可增加手术治疗的难度，甚至需改变手术方式。涉及冠状动脉移植的大动脉调转术、ROSS 手术等，术后可出现冠状动脉相关性并发症^[34-35]。

检查要点：①冠状动脉起源判断：是否合并单支冠状动脉畸形；②冠状动脉内径测量：显示冠状动脉主干及分支，判断管腔有无增宽及狭窄，详细描述冠状动脉病变的解剖节段；③冠状动脉走行判断：全程扫查冠状动脉主干及分支，观察是否跨越右心室流出道、是否走行在主动脉与肺动脉之间；④整体心功能及节段性心肌功能评估。

八、儿童后天性合并冠状动脉病变的常见疾病有哪些，经胸超声心动图的价值是什么

儿童后天性合并冠状动脉病变的常见疾病：除川崎病以外，还有感染性疾病如 EB 病毒感染、新冠病毒感染引起的多系统炎症综合征；风湿免疫系统疾病^[36-40] 如大动脉炎，以及部分遗传综合征，如威廉姆综合征、家族性高胆固醇血症等，均可致冠状动脉损伤和心肌缺血，严重者可导致心肌梗死和心力衰竭^[34, 38-40]。

经胸超声心动图检查的应用价值：①评估冠状动脉内径：评价冠状动脉主干及分支有无增宽，判断冠状动脉病变的解剖节段；②评估冠状动脉瘤瘤体形状（圆形、椭圆形、梭形）、个数，瘤内是否存在血栓形成；③判断冠状动脉是否狭窄：冠状动脉内膜有无增厚、回声是否增强、管腔有无狭窄，狭窄处局部流速是否增快；④评估整体及节段心肌功能^[37, 41-43]；⑤随访观察冠状动脉病变的变化及转归：随着病程进展以及治疗阶段，冠状动脉的形态与血流信号均可产生改变，建议建立规范的冠状动脉动态复查流程^[44-47]。

小结

目前，经胸超声心动图是儿童冠状动脉疾病筛查、诊断、评估和随访的重要影像学技术，可观察冠状动脉的起源与走行方位，评估其形态学变化以及血流动力学状态，为儿童冠状动脉疾病临床诊断、治疗方案制定、疗效评估提供了客观依据。但是，经胸超声心动图检查实际操作中，有时会受患儿哭闹、胸壁结构、心跳、毗邻结构（心包横窦、左心耳等）等因素的干扰，不能充分显示冠状动脉心外膜部分。尤其在怀疑冠状动脉腔内血栓形成、判断狭窄程度时，需结合临床症状、病史、体格检查、实验室检查及冠状动脉造影、冠状动脉 CT 等其他影像学检查结果^[48] 进行综合分析。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

共识编写组成员

组长：谢明星（华中科技大学同济医学院附属协和医院）

执笔专家：马宁（首都医科大学附属北京儿童医院）；张玉奇（上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心）；丁云川（昆明医科大学附属医院延安医院）；王小丛（吉林大学第一医院）

指导组专家（按姓氏拼音排序）

李治安（首都医科大学附属北京安贞医院）；马小静（武汉亚洲心脏病医院）；穆玉明（新疆医科大学第一附属医院）；任卫东（中国医科大学附属盛京医院）；舒先红（复旦大学附属中山医院）；王浩（中国医学科学院阜外医院）；许迪（南京医科大学第一附属医院）；尹立雪（四川省医学科学院·四川省人民医院）；袁建军（河南省人民医院）；张梅（山东大学齐鲁医院）

参与写作专家（按姓氏拼音排序）

陈丽君（上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心）；李玉曼（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；刘雅莉（首都医科大学附属北京儿童医院）；杨娇（首都医科大学附属北京儿童医院）；杨亚利（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；郑淋（首都医科大学附属北京儿童医院）

秘书组（按姓氏拼音排序）

李姗姗（首都医科大学附属北京儿童医院）；刘国文（首都医科大学附属北京儿童医院）；孙薇（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；谢雨霁（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；赵雷生（上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心）

参与讨论专家（按姓氏拼音排序）

邓荷萍（河北医科大学第三医院）；丁文虹（首都医科大学附属北京安贞医院）；方理刚（北京协和医院）；费洪文（广东省人民医院）；高峻（武汉儿童医院）；谷颖（贵州医科大学附属医院）；关欣（天津市胸科医院）；郭盛兰（广西医科大学第一附属医院）；郭薇（福建省立医院）；郭燕丽（陆军军医大学第一附属医院）；贺新建（河北省儿童医院）；姜岚（昆明医科大学第一附属医院）；景香香（海南省人民医院）；刘国辉（内蒙古自治区妇幼保健院）；刘俐（北京大学深圳医院）；刘琳（郑州大学第一附属医院）；刘丽文（空军军医大学西京医院）；刘金桥（湖南省儿童医院）；刘庆华（山东大学齐鲁儿童医院）；刘娅妮（华中科技大学同济医学院附属同济医院）；芦桂林（石河子大学医学院第一附属医院）；吕清（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；吕秀章（首都医科大学附属北京朝阳医院）；马春燕（中国医科大学附属第一医院）；闵杰青（昆明儿童医院）；逢坤静（中国医学科学院阜外医院）；蒲朝霞（浙江大学医学院附属第二医院）；齐海英（青海省妇幼保健院）；任建丽（重庆医科大学附属第二医院）；申锬（上海市第八人民医院）；史莉玲（山西省儿童医院）；唐毅（重庆医科大学附属儿童医院）；王丹（河南省儿童医院）；王红英（广州妇女儿童医学中心）；王志斌（青岛大学附属医院）；吴梦琦（安徽省儿童医院）；吴明君（哈尔滨儿童医院）；吴文谦（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；薛继平（山西医学科学院山西大医院）；薛莉（哈尔滨医科大学附属第四医院）；姚桂华（山东大学齐鲁医院）；叶菁菁（浙江大学附属儿童医院）；俞波（江西省儿童医院）；余蕾（浙江大学医学院附属第一医院）；袁丽君（空军军医大学唐都医院）；章春泉（南昌大学第二附属医院）；张蕾（哈尔滨医科大学附属第一医院）；张丽（华中科技大学同济医学院附属协和医院）；张瑞芳（郑州大学第一附属医院）；张小杉（内蒙古医科大学附属医院）；张雪华（福建省儿童医院）；朱善良（南京儿童医院）；朱文晖（中南大学湘



雅三院); 朱向明 (皖南医学院弋矶山医院)

参 考 文 献

- [1] Davis JA, Cecchin F, Jones TK, et al. Major coronary artery anomalies in a pediatric population: incidence and clinical importance[J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(2): 593-597. DOI: 10.1016/s0735-1097(00)01136-0.
- [2] Angelini P. Coronary artery anomalies: an entity in search of an identity [J]. Circulation, 2007, 115(10): 1296-1305. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.618082.
- [3] McCrindle BW, Cifra B. The role of echocardiography in Kawasaki disease[J]. Int J Rheum Dis, 2018, 21(1): 50-55. DOI: 10.1111/1756-185X.13216.
- [4] Sirtori CR, Labombarda F, Castelnovo S, et al. The use of echocardiography for the non-invasive evaluation of coronary artery disease [J]. Ann Med, 2017, 49(2): 134-141. DOI: 10.1080/07853890.2016.1243801.
- [5] World Health Organization. WHO handbook for guideline development[DB/OL]. 2nd Edition, 2014. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548960>.
- [6] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association [J]. Circulation, 1975, 51(4 Suppl): 5-40. DOI: 10.1161/01.cir.51.4.5.
- [7] McCrindle BW, Rowley AH, Newburger JW, et al. Diagnosis, treatment, and long-term management of Kawasaki disease: a scientific statement for health professionals from the American Heart Association [J]. Circulation, 2017, 135(17): e927-e999. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000484.
- [8] Fuse S, Kobayashi T, Arakaki Y, et al. Standard method for ultrasound imaging of coronary artery in children [J]. Pediatr Int, 2010, 52(6): 876-882. DOI: 10.1111/j.1442-200X.2010.03252.x.
- [9] Research Committee of Kawasaki Disease. Report of subcommittee on standardization of diagnostic criteria and reporting of coronary artery lesions in Kawasaki disease [R]. Tokyo: Ministry of Health and Welfare, 1984.
- [10] 刘文芹, 夏焱, 范舒旻, 等. 川崎病冠状动脉瘤的 2 种超声心动图诊断方法分析 [J]. 中华儿科杂志, 2022(6): 588-593. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20220316-00205.
- [11] Kim SH, Kim JY, Kim GB, et al. Diagnosis of coronary artery abnormalities in patients with Kawasaki disease according to established guidelines and Z score formulas [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2021, 34(6): 662-672. DOI: 10.1016/j.echo.2021.01.002.
- [12] Kobayashi T, Fuse S, Sakamoto N, et al. A new Z score curve of the coronary arterial internal diameter using the Lambda-Mu-Sigma method in a pediatric population [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29(8): 794-801. e29. DOI: 10.1016/j.echo.2016.03.017.
- [13] Dallaire F, Dahdah N. New equations and a critical appraisal of coronary artery Z scores in healthy children [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2011, 24(1): 60-74. DOI: 10.1016/j.echo.2010.10.004.
- [14] Fukazawa R, Kobayashi J, Ayusawa M, et al. JCS/JSCS 2020 guideline on diagnosis and management of cardiovascular sequelae in Kawasaki disease [J]. Circ J, 2020, 84(8): 1348-1407. DOI: 10.1253/circj.CJ-19-1094.
- [15] 郑淋, 杜忠东, 金兰中, 等. 超声心动图评价儿童冠状动脉内径正常参考值范围及其临床意义 [J]. 中华儿科杂志, 2013, 51(5): 371-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2013.05.011.
- [16] Zheng L, Du ZD, Jin LZ, et al. Evaluation of coronary artery diameter in normal children by echocardiography and its clinical significance [J]. Chin J Pediatr, 2013, 51(5): 371-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2013.05.011.
- [17] Zhang YQ, Chen SB, Huang GY, et al. Coronary artery indexed diameter and Z score regression equations in healthy Chinese Han children [J]. J Clin Ultrasound, 2015, 43(1): 39-46. DOI: 10.1002/jcu.22176.
- [18] Fan SM, Xia B, Liu WX, et al. Establishing an appropriate Z score regression equation for Chinese pediatric coronary artery echocardiography: a multicenter prospective cohort study [J]. BMC Pediatr, 2021, 21(1): 429. DOI: 10.1186/s12887-021-02877-9.
- [19] 中华医学会儿科学分会心血管学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 川崎病冠状动脉病变的临床处理建议 (2020 年修订版) [J]. 中华儿科杂志, 2020(9): 718-724. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20200422-00421.
- [20] The Subspecialty Group of Cardiology, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; the Editorial Board, Chinese Journal of Pediatrics. Recommendations for clinical management of Kawasaki disease with coronary artery lesions (2020 revision) [J]. Chin J Pediatr, 2020(9): 718-724. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20200422-00421.
- [21] Jone PN, Tremoulet A, Choueiter N, et al. Update on diagnosis and management of Kawasaki disease: a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2024, 150(23): e481-e500. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001295.
- [22] Lopez L, Colan S, Stylianou M, et al. Relationship of echocardiographic Z scores adjusted for body surface area to age, sex, race, and ethnicity: the pediatric heart network normal echocardiogram database [J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2017, 10(11): e006979. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.117.006979.
- [23] Aydın A, Karagözü S, RAMOĞLU MG, et al. Coronary-pulmonary artery fistulas in children: a single-center experience [J]. Eastern Journal of Medicine, 2022, 27(3): 364-369. DOI: 10.5505/ejm.2022.82584.
- [24] 李静雅, 杨妮, 马宁, 等. 儿童先天性冠状动脉肺动脉瘘超声心动图特征分析 [J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(5): 424-427.
- [25] Li JY, Yang Y, Ma N, et al. Analysis of Echocardiographic Feature of Children Congenital Coronary-to-Pulmonary Fistula [J]. Chinese J Ultrasound Med, 2018, 34(5): 424-427.
- [26] 王新房. 超声心动图学 [M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 715-724.
- [27] Huynh KT, Truong VT, Ngo T, et al. The clinical characteristics of coronary artery fistula anomalies in children and adults: a 24-year experience [J]. Congenit Heart Dis, 2019, 14(5): 772-777. DOI: 10.1111/chd.12781.
- [28] Xie M, Li L, Cheng TO, et al. Coronary artery fistula: comparison of diagnostic accuracy by echocardiography versus coronary arteriography and surgery in 63 patients studied between 2002 and 2012 in a single medical center in China [J]. Int J Cardiol, 2014, 176(2): 470-477. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.07.198.



- [26] Patel SG, Frommelt MA, Frommelt PC, et al. Echocardiographic diagnosis, surgical treatment, and outcomes of anomalous left coronary artery from the pulmonary artery [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(9): 896-903. DOI: 10.1016/j.echo.2017.05.005.
- [27] Jiang GP, Wang HF, Gong FQ, et al. Diagnostic value of parasternal pulmonary artery short-axis view for the anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery [J]. *J Cardiol*, 2014, 63(6): 444-448. DOI: 10.1016/j.jcc.2013.10.012.
- [28] Yarrabolu TR, Ozcelik N, Quinones J, et al. Anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery - Duped by 2D; saved by color Doppler: echocardiographic lesson from two cases [J]. *Ann Pediatr Cardiol*, 2014, 7(3): 230-232. DOI: 10.4103/0974-2069.140862.
- [29] Wang SS, Chen XX, Chen JM, et al. Echocardiographic findings of an anomalous origin of the left coronary artery in children and adolescents: real or fake? [J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(8): 1783-1790. DOI: 10.7863/ultra.15.11019.
- [30] Yang YL, Nanda NC, Wang XF, et al. Echocardiographic diagnosis of anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery [J]. *Echocardiography*, 2007, 24(4): 405-411. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2006.00406.x.
- [31] 林珊, 贺林, 纪莉, 等. 左冠状动脉异常起源于肺动脉超声漏误诊单中心研究[J]. *中华心血管病杂志*, 2023(5): 481-489. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220712-00541.
- Lin S, He L, Ji L, et al. Analysis on missed diagnosis or misdiagnosis of anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery by echocardiography from one single medical center [J]. *Chin J Cardiol*, 2023(5): 481-489. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220712-00541.
- [32] Lee JJ, Kim DH, Byun SS, et al. A case of acute myocardial infarction with the anomalous origin of the right coronary artery from the ascending aorta above the left sinus of Valsalva and left coronary artery from the posterior sinus of Valsalva [J]. *Yonsei Med J*, 2009, 50(1): 164-168. DOI: 10.3349/ymj.2009.50.1.164.
- [33] Frommelt P, Lopez L, Dimas VV, et al. Recommendations for multimodality assessment of congenital coronary anomalies: a guide from the American Society of Echocardiography: developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Japanese Society of Echocardiography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2020, 33(3): 259-294. DOI: 10.1016/j.echo.2019.10.011.
- [34] Pasquini L, Parness IA, Colan SD, et al. Diagnosis of intramural coronary artery in transposition of the great arteries using two-dimensional echocardiography [J]. *Circulation*, 1993, 88(3): 1136-1141. DOI: 10.1161/01.cir.88.3.1136.
- [35] Galzerano D, Kholaf N, Amro B, et al. The Ross procedure: imaging, outcomes and future directions in aortic valve replacement [J]. *J Clin Med*, 2024, 13(2). DOI: 10.3390/jcm13020630.
- [36] Dehaene A, Jacquier A, Falque C, et al. Imaging of acquired coronary diseases: from children to adults [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2016, 97(5): 571-580. DOI: 10.1016/j.diii.2016.03.011.
- [37] 张晓琳, 杜忠东, 金兰中, 等. 川崎病并冠状动脉血栓 35 例超声心动图随访及临床回顾分析 [J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2017, 32(21): 1653-1656. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2017.21.013.
- Zhang XL, Du ZD, Jin LZ, et al. Echocardiographic and clinical retrospective study of 35 patients with Kawasaki disease combined with coronary artery thrombosis [J]. *Chin J Appl Clin Pediatr*, 2017, 32(21): 1653-1656. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2017.21.013.
- [38] 孙雪瑞, 孙妍, 杨娇, 等. 单中心 338 例川崎病并发冠状动脉瘤的超声诊断与随访分析 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27(2): 139-142. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2018.02.009.
- Sun XR, Sun Y, Yang J, et al. Diagnosis and Kawasaki disease complicating follow-up of patients with coronary aneurysms by echocardiography: experience of 338 cases from a single center [J]. *Chin J Ultrasonogr*, 2018, 27(2): 139-142. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2018.02.009.
- [39] Theocharis P, Wong J, Pushparajah K, et al. Multimodality cardiac evaluation in children and young adults with multisystem inflammation associated with COVID-19 [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(8): 896-903. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa212.
- [40] Chiu SN, Wu MH, Lin MT, et al. Acquired coronary artery fistula after open heart surgery for congenital heart disease [J]. *Int J Cardiol*, 2005, 103(2): 187-192. DOI: 10.1016/j.ijcard.2004.09.005.
- [41] Chen W, Wang Y, Song WJ, et al. Exercise stress global longitudinal strain echocardiography can detect subclinical cardiac dysfunction and assist in risk stratification in children with Kawasaki disease: a 3-year follow-up study [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41 (Suppl 2): 121. DOI: 10.1093/ehjci/ehaa946.0121.
- [42] Song ES, Yoon S, Cho JH, et al. Serial evaluation of myocardial function using the myocardial performance index in Kawasaki disease [J]. *World J Pediatr*, 2018, 14(3): 259-268. DOI: 10.1007/s12519-018-0142-x.
- [43] AlHuzaimi A, Al Mashham Y, Potts JE, et al. Echo-Doppler assessment of arterial stiffness in pediatric patients with Kawasaki disease [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(9): 1084-1089. DOI: 10.1016/j.echo.2013.05.015.
- [44] Wei YJ, Zhao XL, Liu BM, et al. Cardiac complications in 38 cases of Kawasaki disease with coronary artery aneurysm diagnosed by echocardiography [J]. *Echocardiography*, 2016, 33(5): 764-770. DOI: 10.1111/echo.13154.
- [45] 金虹, 梁翊常, 张新春. 正常儿童冠状动脉超声心动图研究 [J]. *中华儿科杂志*, 1988, 26(5): 257-259.
- [46] Na JH, Kim S, Eun LY. Utilization of coronary artery to aorta for the early detection of Kawasaki disease [J]. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40(3): 461-467. DOI: 10.1007/s00246-018-1985-6.
- [47] Tsuda E, Kamiya T, Ono Y, et al. Incidence of stenotic lesions predicted by acute phase changes in coronary arterial diameter during Kawasaki disease [J]. *Pediatr Cardiol*, 2005, 26(1): 73-79. DOI: 10.1007/s00246-004-0698-1.
- [48] Salman R, More SR, Ferreira Botelho MP, et al. Detection of anomalous aortic origin of a coronary artery (AAOCA) by echocardiogram: when does computed tomographic angiography add value? [J]. *Clin Imaging*, 2023, 95: 74-79. DOI: 10.1016/j.clinimag.2023.01.002.

(收稿日期: 2025-09-19)

