·适宜技术·

心脏听诊、血氧饱和度检测联合吸氧情况在广西新生儿先天性心脏病筛查中的应用

韦萍[1]，韦霁珊[1]，黄旭华[1]，张宇星[1]，刘湘红[1]，何仲彪[1]，莫靖媛[2]，黄增帅[1]，玉群[2]

1. 广西壮族自治区妇幼保健院保健部，广西 南宁 530003；2. 广西壮族自治区妇幼保健院儿童群体保健科

摘 要：目的 分析心脏听诊、血氧饱和度(POX)检测联合吸氧情况在广西新生儿先天性心脏病(CHD)筛查中的准确性和可行性，为进一步推广此筛查方法提供依据。**方法** 选取 2021 年 1 月 1 日—12 月 31 日在广西助产机构出生的活产新生儿作为研究对象，分别进行心脏杂音听诊和 POX 测定，并结合出生后吸氧情况进行综合筛查评估。任一项筛查指标阳性的新生儿即为 CHD 筛查阳性，所有筛查阳性新生儿均进行超声心动图诊断。根据筛查结果，分别计算各项筛查指标和多项指标联合筛查的灵敏度、特异度、阳性/阴性预测值、阳性/阴性似然比、约登指数等，并进行比较，评估 CHD 筛查方法的准确性。**结果** 共对 469 261 例新生儿进行筛查，共筛查阳性 5 199 例，确诊 3 459 例。多因素分析显示，心脏杂音(OR=620.17，95%CI：564.18～681.72)、异常 POX 结果(OR=235.52，95%CI：214.59～258.49)、吸氧≥72h(OR=333.45，95%CI：293.76～378.50)均是预测发生 CHD 的独立危险因素(P<0.05)。杂音组、血氧组、吸氧组检出 CHD 的灵敏度分别为 53.34%(51.66%～55.01%)、34.32%(32.74%～35.93%)、22.23%(20.86%～23.66%)；杂音联合 POX 筛查的灵敏度为 79.73%(78.35%～81.05%)，加入吸氧指标后检出 CHD 的灵敏度可提高至 91.73%(90.75%～92.62%)，ROC 曲线下面积为 0.96(95%CI：0.95～0.96)。**结论** 心脏听诊和 POX 联合吸氧情况筛查具有无创、简易、可靠的特点，能够及时在新生儿早期发现 CHD，值得推广应用。

关键词： 新生儿；先天性心脏病；筛查；心脏听诊；经皮血氧饱和度

中图分类号：R722.1 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6579(2024)09-1034-06 doi：10.11852/zgetbjzz2024-0077

Application of cardiac auscultation, pulse oximetry combine with oxygen inhalation in screening neonatal congenital heart disease in Guangxi Province

WEI Ping[1], WEI Jishan[1], HUANG Xuhua[1], ZHANG Yuxing[1], LIU Xianghong[1], HE Zhongbiao[1], MO Jingyuan[2], HUANG Zengshuai[1], YU Qun[2]

1. Health Department, Maternal Child Health Hospital of Guangxi Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530003, China; 2. Department of Child Healthcare, Maternal Child Health Hospital of Guangxi Autonomous Region

Abstract: Objective To analyze the accuracy and feasibility of combining cardiac auscultation, pulse oximetry (POX) screening, and oxygen therapy assessment for congenital heart disease (CHD) detection in newborns in Guangxi, China, in order to provide basis for wider implementation of this screening strategy. **Methods** Live newborns delivered in obstetric institutions in Guangxi between January 1st and December 31st, 2021, were enrolled. Cardiac auscultation and POX screening were performed respectively, and the screening results were evaluated in combination with oxygen inhalation. Neonates positive on any screening parameter were classified as CHD screen-positive and further diagnosed by echocardiography. Sensitivity, specificity, positive/negative predictive values, positive/negative likelihood ratios, and Youden's index were calculated for individual and combined screening measures, and comparisons were made to assess the accuracy of the CHD screening method. **Results** A total of 469 261 neonates were screened, with 5 199 identified as positive, among whom 3 459 were confirmed cases of CHD. Multivariate analysis revealed that cardiac murmurs (OR=620.17, 95%CI: 564.18 - 681.72), abnormal POX results (OR=235.52, 95%CI: 214.59 - 258.49), and oxygen therapy for ≥72 hours (OR=333.45, 95%CI: 293.76 - 378.50) were independent risk factors for predicting CHD (P<0.05). The sensitivities for detecting CHD in the murmur group, POX group, and oxygen therapy group were 53.34% (95%CI: 51.66% - 55.01%), 34.32% (95%CI: 32.74% - 35.93%), and 22.23% (95%CI: 20.86% - 23.66%), respectively. The sensitivity rose to 79.73% (95%CI: 78.35% - 81.05%) when combining cardiac auscultation with POX, and further

基金项目：广西壮族自治区卫生健康委西医类自筹经费科研课题(Z-A20220327)

作者简介：韦萍(1965-)，女，副主任医师，本科学历，主要研究方向为儿童保健。

increased to 91.73% (95%*CI*: 90.75% - 92.62%) upon incorporating oxygen therapy indicators, with the area under the ROC curve reaching 0.96 (95%*CI*: 0.95% - 0.96%). **Conclusions** The combination of cardiac auscultation, POX screening, and assessment of oxygen therapy requirements is non-invasive, simple, and reliable, effectively facilitating early detection of CHD in newborns. These findings support the broader application and promotion of this screening approach.

Keywords: neonates; congenital heart disease; screening; cardiac auscultation; pulse oximetry

先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)是新生儿中最常见的出生缺陷疾病[1-2],也是造成我国新生儿死亡的主要原因之一[3]。CHD 会引发低氧血症以及心脏功能不全等问题,未能在早期获得诊断和治疗的 CHD 患儿生存率很低[4-5],同时 CHD 患儿一些生长发育问题如感统障碍、学习障碍的发生率增高[6],给家庭和社会带来沉重负担。然而,早期诊治能有效降低 CHD 死亡率,明显改善预后生存质量[7-8],因此,加强早期 CHD 的筛查和诊断显得尤为重要。

目前临床上普遍应用心脏听诊、经皮脉搏血氧饱和度(pulse oximetry, POX)检测等方法作为 CHD 的筛查手段[9-11],尽管已有研究报道心脏听诊联合 POX 筛查 CHD 的准确性,但研究结果不一致,筛查效果有待在大样本筛查研究中验证,且尚未有研究评估吸氧情况作为筛查指标在 CHD 筛查中的效果。本研究以超声心动图检查为金标准进行诊断,评估心脏听诊、POX 检测联合吸氧情况在广西新生儿 CHD 筛查中的有效性和可行性,为今后儿童 CHD 预防诊断提供参考依据。

1　对象和方法

1.1　对象　选择 2021 年 1 月 1 日—12 月 31 日广西壮族自治区 14 个市 111 个县(市、区)助产机构出生的 469 261 例活产新生儿作为研究对象,于出生后 6～72h 到出院之前进行 CHD 筛查。研究通过广西壮族自治区妇幼保健院医学伦理委员会审核批准(2022-2),所有参与项目的新生儿监护人均签署筛查知情同意书,并对被试者信息严格保密。

1.2　方法

1.2.1　广西新生儿 CHD 筛查-诊断体系　根据国家卫生健康委员会《关于印发新生儿先天性心脏病筛查项目工作方案的通知》(国卫妇幼儿卫便函〔2018〕68 号),在要求的双指标联合(心脏杂音听诊联合 POX)筛查 CHD 前提下,广西方案中增加了新生儿吸氧情况作为筛查结果的评估指标之一。

1.2.2　新生儿 CHD 筛查过程　由经过统一培训并考核合格的产科、新生儿科医护人员负责开展 CHD 筛查工作,于新生儿出生后 6～72h 至出院前,分别使用听诊器和经皮血氧饱和度测定仪对新生儿进行心脏杂音听诊和 POX 测定,而出生后需吸氧、上机的新生儿,要在脱氧、脱机 12h 后进行 CHD 筛查,吸氧或上呼吸机时间≥72h 的直接判定为阳性。见表 1。3 个指标任意一个为阳性,即判定为 CHD 筛查阳性,反之则为阴性。筛查阳性新生儿在 7d 内转诊至诊断机构进行 CHD 诊断;筛查阴性新生儿则定期随访和体检,如在随访过程中出现心脏病有关症状,应转诊至诊断机构完善相关检查并接受诊断。新生儿 CHD 筛查、诊断流程见图 1。

表 1　新生儿 CHD 筛查结果判定标准

Tab. 1　Criteria of neonatal congenital heart disease screening results

项目	阳性标准
心脏杂音听诊	杂音 2 级及以上
POX	1)右手或任一足经皮 POX 低于 90%;2)右手或任一足经皮 POX 为 90%～94%,或右手与任一足经皮 POX 差异>3%者,于 2～4h 内重复测定后,结果无变化。
吸氧情况	如新生儿表现呼吸急促、青紫、特殊面容、心外畸形等,存在需要吸氧或上呼吸机时间≥72h 或预计吸氧或上呼吸机时间≥72h,则直接判定为阳性。

1.2.3　新生儿 CHD 诊断过程　使用多功能彩色超声心动图诊断仪进行超声心动图诊断,出具《超声心动图诊断报告单》,确诊 CHD 的患儿转诊治疗机构进行评估治疗。确诊 CHD 应排除:1)不伴内径狭窄的肺动脉分支流速增快;2)早产儿动脉导管未闭(接受早产儿动脉导管结扎术者除外),或经随访在 3 月龄内自行闭合的;3)无血流动力学意义的单个畸形(永存左上腔静脉、主动脉弓分支的融合、不伴狭窄的二叶式主动脉瓣)。

1.3　质量控制　所有助产机构有关工作人员上岗前均接受统一的专业培训,按技术规范开展筛查、诊断工作,并由专人将结果数据录入系统。各检查机构信息质控人员每月对本机构录入数据进行信息质量督导检查,发现错项、漏项、逻辑错误的内容及时进行整改。广西壮族自治区妇幼保健院定期开展项目质控,每季度进行妇幼健康服务指标监测分析和信息质量差优评的通报,每年组织专业技术人员对全广西各市医疗机构进行一次现场督导抽查,对系统录入数据进行线上质控,或不定期飞行质控,并将质控存在问题以不同形式反馈给相关医院进行整改。

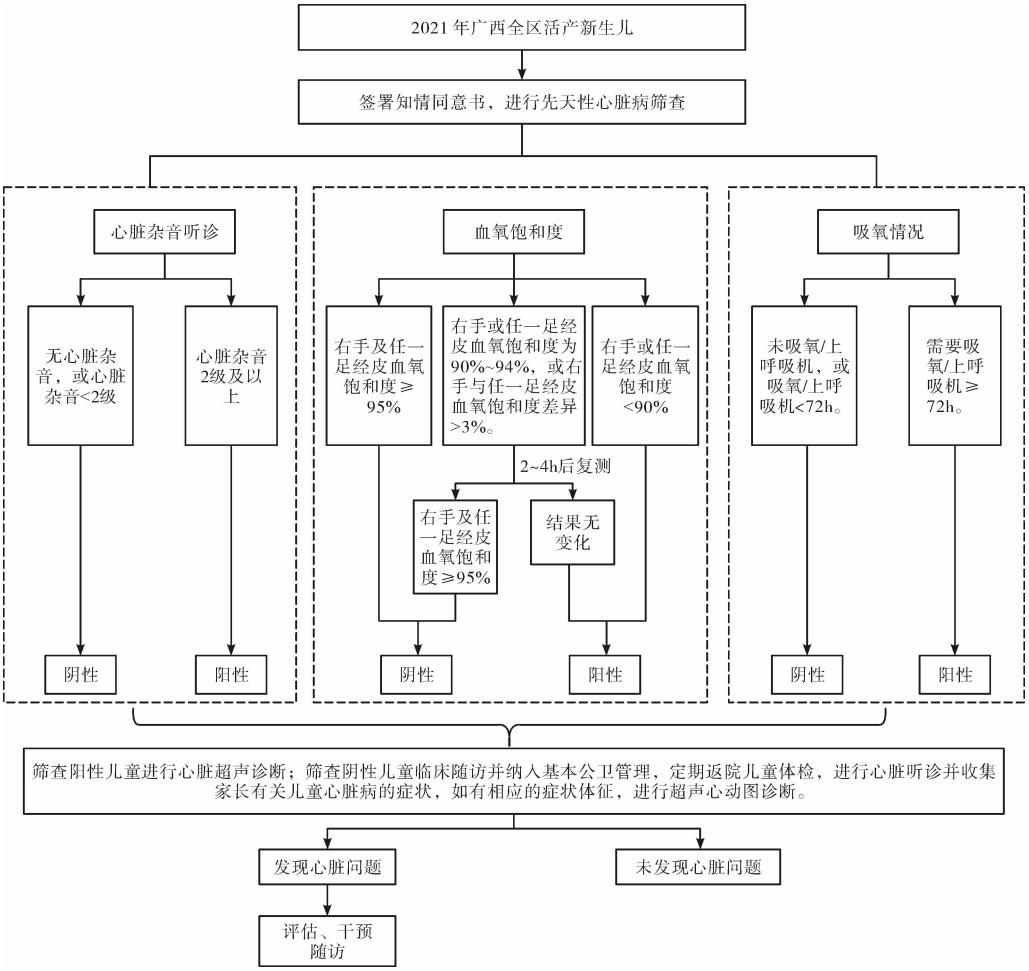


图 1 新生儿 CHD 筛查、诊断流程图

Fig. 1 Flow chart of screening and diagnosis of neonatal congenital heart disease

1.4 统计学方法 使用 SPSS 22.0 进行统计分析，计数资料用例数(%)表示，采用 χ^2 检验比较，以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。分别计算各项筛查指标和多指标联合筛查的灵敏度、特异度、阳性/阴性预测值、阳性/阴性似然比、约登指数等，使用 ROC 曲线分析和曲线下面积分别对几种筛查方法进行综合评估。

2 结 果

2.1 筛查对象一般情况 2021 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日广西壮族自治区活产新生儿 471 287 例，共纳入新生儿 469 261 例，整体筛查率为 99.57%，其中男 250 123 例，女 219 138 例，男女比例为 1.14∶1.00，平均孕周为(38.41±1.14)周，平均出生体重为(3 150.33±353.36)g。

2.2 不同筛查指标与 CHD 的关联 根据筛查方法分组，将心脏杂音阳性 2 702 例纳入杂音组，POX 检测阳性 2 218 例纳入血氧组，吸氧或上机≥72h 1 168 例纳入吸氧组，将心脏杂音或 POX 检测任一项阳性 4 530 例纳入杂音＋血氧组，将心脏杂音或 POX 检测或吸氧情况任一项阳性 5 199 例纳入杂音＋血氧＋吸氧组。

杂音组确诊 1 845 例，血氧组确诊 1 187 例，吸氧组确诊 769 例，单因素分析显示心脏杂音、异常 POX 结果、吸氧情况都与新生儿 CHD 有不同程度的相关性($P<0.001$)。见表 2。在多因素分析中，有心脏杂音($OR=620.17$，95% CI：564.18～681.72)、异常 POX 结果($OR=235.52$，95% CI：214.59～258.49)、吸氧情况($OR=333.45$，95% CI：293.76～378.50)是预测新生儿发生 CHD 的独立危险因素($P<0.05$)。

2.3 不同筛查方法准确性评价 不同筛查方式检出 CHD 的灵敏度依次分别为杂音＋血氧＋吸氧组＞杂音组＞血氧组＞吸氧组，杂音＋血氧＋吸氧组灵敏度最高(91.73%)，差异有统计学意义($\chi^2=354.069$，$P<0.05$)。不同筛查方式的特异度比较为吸氧组＞血氧组＞杂音组＞杂音＋血氧＋吸氧

表 2　不同筛查指标与 CHD 的单因素分析(例,%)

Tab. 2　Univariate analysis of the different screening methods and congenital heart disease(n,%)

分组	例数	CHD 诊断		χ^2 值	P 值
		发现心脏问题	未发现心脏问题		
杂音组	2 702	1 845(68.28)	857(31.72)	169 459.08	<0.001
血氧组	2 218	1 187(53.52)	1 031(46.48)	84 845.30	<0.001
吸氧组	1 168	769(65.84)	399(34.16)	67 825.00	<0.001
杂音+血氧组	4 530	2 758(60.88)	1 772(39.12)	226 151.71	<0.001
杂音+血氧+吸氧组	5 199	3 173(61.03)	2 026(38.97)	261 204.91	<0.001

组,吸氧组特异度最高(99.91%),差异有统计学意义($\chi^2=161.232$,$P<0.05$)。ROC 分析显示杂音+血氧+吸氧组的检出能力最强,曲线下面积为 0.96(95%CI:0.95～0.96),单独使用心脏杂音、血氧检测、吸氧情况筛查对 CHD 的诊断能力均较差。见表 3,图 2。

表 3　不同筛查方法筛查新生儿 CHD 的准确性

Tab. 3　Accuracy of different screening methods for neonatal congenital heart disease

项目	杂音组	血氧组	吸氧组	杂音+血氧组	杂音+血氧+吸氧组
灵敏度(%, 95%CI)	53.34 (51.66～55.01)	34.32 (32.74～35.93)	22.23 (20.86～23.66)	79.73 (78.35～81.05)	91.73 (90.75～92.62)
特异度(%,95%CI)	99.82 (99.80～99.83)	99.82 (99.76～99.79)	99.91 (99.91～99.92)	99.62 (99.60～99.64)	99.57 (99.55～99.58)
阳性预测值(%,95%CI)	68.28 (66.48～70.03)	53.52 (51.41～55.61)	65.84 (63.03～68.54)	60.88 (59.44～62.31)	61.03 (59.69～62.36)
阴性预测值(%,95%CI)	99.65 (99.64～99.67)	99.51 (99.49～99.53)	99.43 (99.40～99.45)	99.85 (99.84～99.86)	99.94 (99.93～99.95)
阳性似然比	266.50	171.50	222.00	209.82	229.25
阴性似然比	0.47	0.66	0.78	0.20	0.08
曲线下面积(95%CI)	0.77 (0.76～0.77)	0.67 (0.66～0.68)	0.61 (0.60～0.62)	0.89 (0.88～0.91)	0.96 (0.95～0.96)
约登指数	0.53	0.34	0.22	0.79	0.91

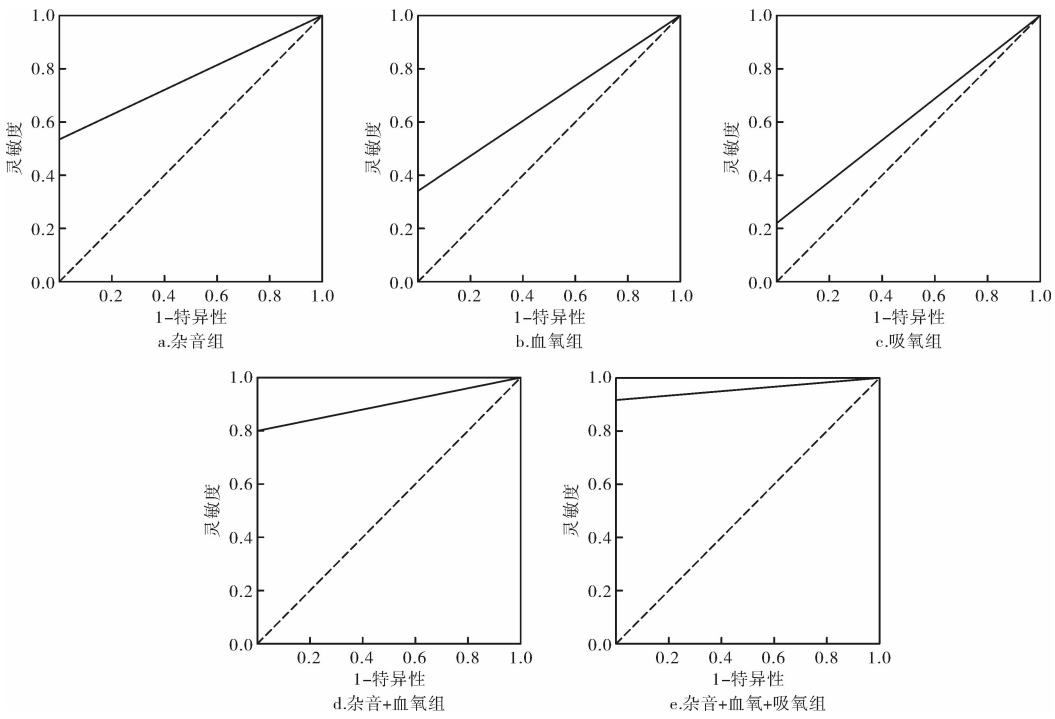


图 2　ROC 曲线分析不同筛查方式对 CHD 的诊断效能

Fig. 2　ROC curve analysis of the diagnostic effect of different screening methods to congenital heart disease

3 讨 论

3.1 单独使用心脏杂音听诊和 POX 筛查新生儿 CHD 的价值和局限性 心脏听诊是评估新生儿 CHD 的常规检查，也是早期发现的重要手段，心脏杂音的出现则提示新生儿可能出现心脏问题。本研究结果显示杂音组发现 CHD 的灵敏度为 53.34%，特异度为 99.78%，灵敏度高于血氧组和吸氧组，但特异度较血氧组和吸氧组低。张笃飞等[12]对海南省 204 442 例新生儿进行筛查，发现心脏杂音听诊法的灵敏度为 67.93%，特异度为 98.07%与本研究结果相似。心脏听诊在新生儿 CHD 筛查中的灵敏度不高，可能原因是部分 CHD 类型在早期不存在心脏杂音或心脏杂音不典型，如小房间隔缺损、动脉导管未闭、部分危重型 CHD，仅凭心脏杂音可能会导致漏诊。而 Zhao 等[13]通过筛查上海地区 6 750 例新生儿，发现心脏杂音≥2 级的新生儿仅 19.20%确诊，存在较高的假阳性率。本研究中杂音组假阳性率为 0.22%，略高于血氧组和吸氧组，可能是由于新生儿初期的循环系统处于急剧调整适应阶段，出现轻度收缩期杂音，属于生理性杂音。因此，尽管心脏杂音听诊无创、简便且易操作，但心脏杂音是临床医生主观判断的指标，受听诊时周围环境、医生的经验和水平等影响，仅用心脏杂音检测不足以作为 CHD 筛查的手段。

POX 检测也是新生儿 CHD 筛查的重要手段之一，同样具有简便、无创、易操作的特征。本研究中，2 218 例新生儿血氧检测阳性，其中 1 187 例确诊为 CHD，灵敏度为 34.32%，特异度为 99.82%，提示单独 POX 筛查具有较高的特异度，但灵敏度较低，容易漏诊。国内韩霞等[14]对 62 000 名新生儿进行 CHD 血氧筛查的研究显示，POX 筛查灵敏度为 12.1%，特异度为 99.9%，阳性预测值 20.9%，阴性预测值 99.20%。单独 POX 筛查用于新生儿 CHD 的灵敏度不高，有研究认为主动脉缩窄和主动脉中断不太可能导致低氧血症，在这种情况下使用 POX 筛查容易出现漏诊[15-16]。因此，临床上多采用几种方法联合筛查，以提高 CHD 筛查的检出率。

3.2 心脏杂音听诊联合 POX 可提高筛查的灵敏度 根据国家卫生健康委员会下发的方案，要求在新生儿早期采用“双指标法”(心脏杂音听诊＋POX)进行新生儿 CHD 筛查，经相关研究证实[10,17-18]，双指标联合法在新生儿 CHD 筛查中的灵敏度高于单独使用心脏杂音听诊、POX。本研究中，心脏杂音联合 POX 在新生儿 CHD 筛查中灵敏度为 79.73%，特异度为 99.62%，阳性预测值为 60.88%，阴性预测值为 99.85%，约登指数为 0.79，灵敏度较 Hu 等[17](双指标联合法在新生儿 CHD 筛查中灵敏度为 93.37%)、Song 等[18](双指标联合法在新生儿 CHD 筛查中灵敏度为 89.9%)的研究结果低。另有研究证实，POX 与临床评估相结合，可有效提高筛查的灵敏性[19]。

3.3 心脏杂音听诊、POX、吸氧情况三项指标联合筛查具有较高的灵敏度 CHD 的类型及表现形式多样，单一的筛查指标不能将其完全筛查出来，选择适当的筛查指标进行联合筛查可有效提高 CHD 的检出率。王艳[20]的研究将呼吸增快指标增加到“双指标法”(心脏杂音听诊＋POX)进行新生儿 CHD 筛查，结果显示灵敏度可提高至 86.21%，CHD 的检出率较“双指标法”提高。然而既往研究中尚无将吸氧≥72h 作为筛查阳性的判断标准。根据广西壮族自治区卫生健康委 2021 年下发的新方案，新生儿吸氧情况纳入新生儿 CHD 的筛查指标，新生儿持续吸氧≥72h 的，或经儿科医生判断预计需要吸氧≥72h 的，则判断 CHD 筛查阳性，需要进一步行超声心动图诊断。本研究中，当心脏杂音听诊、POX、吸氧情况 3 项指标联合，与心脏杂音及 POX 两项指标联合相比，灵敏度由 79.73%提高至 91.73%，约登指数由 0.79 提高至 0.91，有效提高了新生儿 CHD 的检出率。

本研究采用普查的方法对广西 2021 年出生的新生儿进行 CHD 筛查，覆盖面广，样本量大，且筛查率高，2021 年全省新生儿 CHD 筛查率为 99.57%，说明新生儿 CHD 筛查工作在广西普遍推广开展，结果具有一定的代表性。

综上所述，在心脏杂音听诊联合 POX 的基础上，增加吸氧情况作为筛查指标，不仅操作方法简便、经济、无创、易接受，还可有效提高筛查的灵敏度，大大减少了筛查的漏诊率，从而能及时发现 CHD 患儿并尽早进行干预，对提高患儿的生活质量具有重要意义。

参考文献

[1] Zhao L, Chen L, Yang T, et al. Birth prevalence of congenital heart disease in China, 1980—2019: A systematic review and meta-analysis of 617 studies[J]. Eur J Epidemiol, 2020, 35(7):631-642.

[2] 中华人民共和国卫生部. 中国出生缺陷防治报告[S]. 2012.

[3] 刘珍，刘芯如，何春花，等. 2010—2016 年中国 5 岁以下儿童死亡率及主要死因分析[J]. 中华预防医学会，2019，53(4)：411-414.
Liu Z, Liu XR, He CH, et al. Analysis of mortality and

leading causes of death in Chinese children under 5-year-old between 2010 and 2016[J]. Chin J Preventive Medicine, 2019, 53(4): 411-414. (in Chinese)

[4] Abouk R, Grosse SD, Ailes EC, et al. Association of US state implementation of newborn screening policies for critical congenital heart disease with early infant cardiac deaths [J]. JAMA, 2017, 318(21): 2111-2118.

[5] Zimmerman MS, Smith AG, Sable CA, et al. Global, regional, and national burden of congenital heart disease, 1990—2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. Lancet Child Adolesc Health, 2020, 4(3): 185-200.

[6] Marino BS, Lipkin PH, Newburger JW, et al. Neurodevelopmental outcomes in children with congenital heart disease: Evaluation and management: A scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2012, 126(9): 1143-1172.

[7] Oster ME, Kochilas L. Screening for critical congenital heart disease[J]. Clin Perinatol, 2016, 43(1): 73-80.

[8] Taksande A, Jameel PZ. Critical congenital heart disease in neonates: A review article[J]. Curr Pediatr Rev, 2021, 17(2): 120-126.

[9] 王灵玲，张赟. 2014—2019 年台州市立医院新生儿先天性心脏病筛查情况[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(24): 5800-5802.
Wang LL, Zhang B. Screening of congenital heart disease in newborns at Taizhou Municipal Hospital from 2014 to 2019 [J]. Maternal and Child Health Care of China, 2021, 36(24): 5800-5802. (in Chinese)

[10] 张笃飞，陈仁伟，莫泽来，等. 心脏听诊和经皮脉搏血氧饱和度筛查海南省新生儿先天性心脏病的价值[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(4): 724-727.
Zhang DF, Chen RW, Mo Z, et al. The value of cardiac auscultation and percutaneous pulse oxygen saturation screening for congenital heart disease in newborns in Hainan province[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2022, 37(4): 724-727. (in Chinese)

[11] Ma X, Tian Y, Ma F, et al. Impact of newborn screening programme for congenital heart disease in Shanghai: A five-year observational study in 801,831 newborns[J]. Lancet Reg Health West Pac, 2023, 33: 100688.

[12] 张笃飞，陈仁伟，莫泽来，等. 海南省新生儿先天性心脏病筛查-诊断-评估适宜技术的应用研究[J]. 中国全科医学, 2023, 26(25): 3170-3177.
Zhang DF, Chen RW, Mo ZL, et al. Application of appropriate technology for screening, diagnosis and evaluation of congenital heart disease in neonates in Hainan Province[J]. Chinese General Practice, 2023, 26(25): 3170-3177. (in Chinese)

[13] Zhao QM, Niu C, Liu F, et al. Accuracy of cardiac auscultation in detection of neonatal congenital heart disease by general paediatricians[J]. Cardiol Young, 2019, 29(5): 679-683.

[14] 韩霞，杨文红，喻茜，等. 经皮血氧饱和度检测结合临床评估筛查新生儿先天性心脏病的可行性研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2018, 26(3): 251-253.
Han X, Yang WH, Yu Q, et al. Feasibility study of screening for congenital heart disease in neonates by using pulse oximetry combined with clinical assessment[J]. Chin J Child Health Care, 2018, 26(3): 251-253. (in Chinese)

[15] Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, et al. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: A systematic review and meta-analysis[J]. Lancet, 2012, 379(9835): 2459-2464.

[16] Chang RK, Gurvitz M, Rodriguez S. Missed diagnosis of critical congenital heart disease[J]. Arch Pediatr Adolesc Med, 2008, 162(10): 969-974.

[17] Hu XJ, Ma XJ, Zhao QM, et al. Pulse oximetry and auscultation for congenital heart disease detection[J]. Pediatrics, 2017, 140(4): e20171154.

[18] Song J, Huang X, Zhao S, et al. Diagnostic value of pulse oximetry combined with cardiac auscultation in screening congenital heart disease in neonates[J]. J Int Med Res, 2021, 49(5): 675890231.

[19] Zhao QM, Ma XJ, Ge XL, et al. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China: A prospective study[J]. Lancet, 2014, 384(9945): 747-754.

[20] 王艳. 四项指标在新生儿先天性心脏病筛查中的应用价值[D]. 镇江: 江苏大学, 2019.
Wang Y. Value of four indicators for the screening of congenital heart disease[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2019. (in Chinese)

收稿日期：2024-01-17　**修回日期**：2024-05-11　**本文编辑**：李少闻