

· 综述 ·

影像学及三维数字化技术在 Pierre Robin 序列征早期诊断中的应用进展



全文二维码

陈鑫 崔杰

南京医科大学附属儿童医院烧伤整形外科, 南京 210008

通信作者: 崔杰, Email: cuijunmeng@163.com

【摘要】 自 20 世纪 20 年代以来,“下颌短小后缩畸形、舌后垂和呼吸道阻塞”被确定为 Pierre Robin 序列征(Pierre Robin syndrome, PRS)。PRS 可单独发生或合并其他综合征,如第一、二腮弓综合征及其他相关综合征。PRS 可导致新生儿呼吸困难和进食困难,患有严重 PRS 的儿童可能在出生后不久死于呼吸道阻塞;胎儿期早期诊断可于分娩后得到及时治疗,因此 PRS 的早期诊断非常重要,可为 PRS 的早期诊断提供更客观的依据。本文主要介绍近年来影像学早期诊断和三维数字化技术在 PRS 诊断方面的研究进展。

【关键词】 Pierre Robin 综合征; 影像诊断; 数字技术

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202207015-020

Application advances of imaging and three-dimensional digital technology for an early diagnosis of Pierre Robin syndrome

Chen Xin, Cui Jie

Department of Burns & Plastic Surgery, Affiliated Children's Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210008, China

Corresponding author: Cui Jie, Email: cuijunmeng@163.com

【Abstract】 Since 1920s, a triple combination of micrognathus, drooping tongue and upper airway obstruction has been recognized as Pierre Robin Syndrome (PRS). It occurs alone or in combination with other syndromes, such as first/second branchial arch syndrome and other related syndromes. PRS sequence is clinically associated with dyspnea and feeding difficulties in neonates. Severe PRS cases may die from respiratory obstruction at birth. Thus an early diagnosis is vital during fetal period so that timely treatment may be offered after birth. Therefore more objective diagnostic rationales are required for diagnosing PRS. This review focused upon recent applications of computed tomography (CT) reconstruction and three-dimensional digital technology for an early diagnosis of PRS sequence sign.

【Key words】 Pierre Robin Syndrome; Diagnostic Imaging; Digital Technology

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202207015-020

Pierre Robin 序列征(Pierre Robin syndrome, PRS)最初由 Pierre Robin 博士提出,是一种先天性颅颌面畸形,临床表现包括下颌骨短小后缩、腭裂、舌头后坠和呼吸道阻塞等^[1]。多胎妊娠、羊水过少、胚胎植入部位异常或下颌骨受压及基因异常等均参与了 PRS 的发展^[2]。PRS 既可以独立发生,也可以作为某些综合征的临床表现,因此 PRS 被分为单纯型和综合征型。Cole 等^[3]根据患者呼吸困难程度和进食困难程度将 PRS 分为三类。第一类:仰卧位无明显呼吸困难,间断性舌后坠,需侧卧位进食;第二类:仰卧位间歇性轻度气道阻塞,侧卧位无气道阻塞,持续性舌后坠,需放置胃管和侧卧进食;第三类:仰卧位时存在中重度气道阻塞,侧卧时仍存在气道阻塞,需建立鼻咽人工气道;持续性舌后坠,无法经口进

食,需插胃管并侧卧位喂养。近年来,下颌骨牵张成骨术被认为是一种安全可行的 PRS 治疗方法,也被认为是患有严重气道阻塞 PRS 患儿的常规治疗方案^[4-5]。PRS 患儿长期呼吸及喂养困难将导致缺氧、二氧化碳潴留和营养不良,因此早诊断、早治疗尤为重要^[6]。近年来人们对如何进行 PRS 的早期诊断开展了大量研究,影像学检查及三维数字化技术是主要研究方向。本文综述影像学 and 三维数字化技术在 PRS 早期诊断方面的研究进展。

一、超声检查在 PRS 产前诊断中的应用

产前超声检查是 PRS 的重要早期检查手段。其中胎儿后鼻腔三角冠是最常用切面,通过观察下颌骨发育情况以及上下颌骨与腭部的位置关系距离比例来判断是否存在下颌

短小后缩。下颌发育缺损的二维超声诊断标准:胎儿面部正中矢状切面显示下颌短小,明显收缩或缺失,下唇及颊之间无正常的“S”曲线,呈弧形或平面直线形状;冠状切面显示下颌短或缺失,正常脸颊至下颌的平滑曲线消失,而于口裂(上、下颌形成后位于两者间的裂隙)下出现且不规则或中断^[7]。常用下颌面部角度(inferior facial angle, IFA)来判断是否存在下颌短小或后缩:IFA 正常值为 65° , 当 $IFA < 50^\circ$ 时,可诊断下颌后缩畸形^[8-10]。国内学者提出以下颌指数(jaw index, JI, 即下颌前后径/双顶径 $\times 100\%$)和 IFA 作为 PRS 的判定指标,将 $JI < 50\%$ 和 $IFA < 50^\circ$ 作为判断小颌的客观标准。Bruce 等^[11]认为产前三维超声诊断建议于妊娠 20 周时进行,当额鼻颏角(frontal nasal-mental angle, FNMA)小于 $(129.3 \pm 8.6)^\circ$ 、面上颌角(facial-maxillary angle, FMA)小于 $(63.2 \pm 9.2)^\circ$ 时,即可诊断宫内 PRS, 且当 $FMA < 68^\circ$ 时,围产期需接受呼吸道干预的概率增加。Kruse 等^[12]根据股骨长度或胎龄预测下颌长度,并通过胎儿下颌连续超声扫描测量胎儿实际下颌长度,将预测值及测量值进行对比评估,灵敏度达 93.75%。D'Ambrosio 等^[13]研究胎儿下颌舌头的位置发现,胎儿舌头如出现低尖高背位置,并表现出运动不协调,则可能在下颌轻微短小后缩。Ji 等^[14]比较了正常胎儿及 PRS 胎儿的超声影像发现:胎龄 20 周 PRS 胎儿上唇超过 Reckeets 美学线且上下唇高度比大于 1/2。产前超声检查越来越多地用于预测胎儿小下颌,但超声检查常受到胎儿(合并其他畸形等)及孕妇(羊水过多、过少及肥胖等)因素限制,且多依赖于操作医师的主观诊断。

二、MRI 在 PRS 产前诊断中的应用

MRI 可用于胎儿期 PRS 诊断。高雅丽等^[15]报道了 1 例产前 B 超检查胎儿硬腭显像不明确的患者,于妊娠 25⁺2 周时进行 MRI,发现正中矢状位显示胎儿腭裂,下颌小且后缩,舌下垂伴气道阻塞,该患儿出生后确诊为 PRS。Rubio 等^[16]使用 MRI 测量胎儿口腔、颌骨和呼吸道,作为小下颌的诊断依据。Rogers-Vizena 等^[17]对 123 例患有小颌畸形的胎儿进行测量,对小颌进行主观程度分级并发现:产前中重度小下颌畸形及舌后坠均可预测 PRS,认为 MRI 可用于胎儿期诊断 PRS 和评估严重程度。Toren 等^[18]报道了一项对 255 名胎儿受试者进行 MRI 扫描的回顾性队列研究,观察指标包括测量鼻中隔高度、鼻中隔长度、眼距、最大鼻长、下颌骨体长度、前后径、下颌面部角度、双顶叶直径,并纳入性别和孕龄进行分析。结果表明,不同胎龄之间差异无统计学意义,除下颌面部角度外所有参数均可纳入小下颌的诊断标准。下颌面部角度与病情严重程度相关。但 MRI 检查时间长,患儿有窒息风险,检查空间密闭,不适合幽闭恐怖症患儿以及体内有金属异物的患儿。因此, MRI 目前尚未广泛用于 PRS 的辅助诊断。但由于其非电离辐射的优势和近年来黑骨技术的应用, MRI 在 PRS 早期诊断中仍然具有一定的应用潜力^[19]。

三、CT 和三维数字化技术在 PRS 早期诊断的应用

目前,放射性检查多于胎儿出生后进行,基于三维重建的计算机图形学方法为 PRS 的早期诊断提供了技术支持。

这些定量的三维成像方法为制定客观测量方案奠定了理论基础。CT 三维数字化技术是目前最先进技术,可以提高 PRS 的早期诊断效率和临床治疗效果^[20]。头颅三维重建技术可以更准确、直观地观察,从多角度、多层次诊断,可以有效减少漏诊。此外,在 PRS 治疗中,三维重建技术体现出独特优势,尤其是在牵张成骨的术前设计方面^[21]。

(一)通过测量下颌骨、上腭及舌骨进行出生后的早期诊断

Cole 等^[3]将下颌骨形态分为三类,根据不同类别采取个体化治疗,重度病例采取手术治疗。Humphries 等^[22]重建了下颌骨模型并测量研究,认为 PRS 的下颌骨和周围肌肉较正常同龄儿童小。吴琼等^[23]测量了下颌两个游离端内边缘之间的距离即 43.25 mm、下颌骨体颏部内缘至 A 线的垂直距离即 18.12 mm 和下颌骨体角度($\alpha^\circ = 88.29^\circ$),计算 A 线/B 线的比值(2.38)。通过对比正常同龄儿童相应数值得出结论:A 线、B 线、A 线/B 线、 α° 比值等值均小于正常新生儿。但由于病例数量少,且正常婴儿在完善影像学检查时常将非侵入性无辐射作为主要考虑因素,目前尚缺乏关于正常儿童颌骨 CT 测量的数据。

El Amm 等^[24]对 28 例 PRS 使用螺旋 CT 扫描后行 3D 舌骨重建,这项研究发现,严重异常的舌骨带来第二腮弓发育异常将导致吞咽及呼吸功能障碍,并根据舌骨形态大致分为三组:正常组,舌骨结构形态完整;轻度异常组,舌骨体或舌骨支结构完整,但形态小于正常组;严重异常组,舌骨结构部分或完全缺失。El Amm 等^[24]将舌骨形态评估分为三组,结果证实 PRS 患儿存在不同程度的腭和舌骨发育不良。孔亮亮等^[25]还发现高腭弓儿童有严重的吞咽困难和喂养困难;重度舌骨畸形患儿呼吸阻塞更严重,术后预后差。李光荣等^[26]测量 52 例 PRS 患儿从第一颈椎前缘到舌骨大角的距离与从第一颈椎前缘到腭后缘的距离的比值,52 例中 46 例比值小于 1,但在没有硬腭的情况下,从第一颈椎前缘到硬腭后缘的距离增加。因此对于严重硬腭缺如儿童的正确性仍有待测试。对 PRS 进行初步影像学分型:Ⅰ型:轻度下颌后缩(< 2 cm),伴(或不伴)腭裂,舌肿大或舌根后坠,导致呼吸道轻度狭窄;Ⅱ型:下颌后缩($2 \sim 3$ cm),腭裂,舌根后坠,腭裂局限于软腭,舌根后坠导致呼吸道中度狭窄;Ⅲ型:有典型的三联征,下颌明显后缩(> 3 cm),伴有腭裂,舌根后坠。腭裂可累及硬腭,使舌根后坠导致呼吸道严重狭窄。针对舌骨、下颌骨及上腭的客观测量包括骨化程度、第一颈椎前缘到舌骨大角的距离与第一颈椎前缘到腭后缘距离的比值,这些对 PRS 的诊断及下颌后缩程度的判断具有重要意义。

(二)通过气道测量和三维数字化处理早期诊断 PRS

PRS 的特点是下颌短小后缩、舌后坠、下颌支和升支短,口咽腔容积减小,导致狭窄和上气道阻塞,常伴有阻塞性睡眠呼吸暂停。由于气道阻塞是导致儿童呼吸困难的最直接原因,气道测量与 PRS 严重程度评估直接相关,可显著提高诊疗效率,但同时增加测量难度。朱丽哲等^[27]建立了小下颌患者正颌手术前后上呼吸道的流体动力学模型,术后各上

呼吸道节段的体积增加($P < 0.05$), 咽喉(增加 98%) 和舌咽(增加 53%) 体积发生了重大变化。在患儿上呼吸道狭窄区域(咽喉下界), 术后横截面面积显著增加($P < 0.05$)。这也表明, 通过治疗增加气道容积和扩张狭窄段有利于缓解 PRS 症状。Duarte 等^[28] 利用 5 个上呼吸道测量值得出一个综合指数, 用该指数预测 PRS 患儿是否需要行气管切开术, 灵敏度为 86%, 特异度为 74%。此外, 三维数字化处理可用于重建上呼吸道, 即使用三维成像软件, 通过测量上呼吸道段的最小横截面积及其矢状直径、横截直径等进行诊断, 其主要目的是明确上气道阻塞的位置、程度和性质。然而, 目前基于气道测量的 PRS 诊断尚缺乏一定的数据支撑。

(三) 通过锥形束 CT (cone beam CT, CBCT) 早期诊断 PRS

传统的 CT 是通过一维投射然后将数据重建为二维, 再将其排列为三维图像。CBCT 是一种二维投影, 然后直接重建为三维图像。CBCT 采用三维锥形射线扫描模式, 取代传统 CT 成像的二维扇形扫描, 从而改进了射线的使用。与传统 CT 相比, CBCT 的辐射量较小, 仅为传统 CT 的 1/10^[29]; 操作简单, 空间分辨率高, 三维重建更方便, 易于获取口腔气道等部位的特定信息。车蓓等^[30] 通过 CBCT 发现, 当发生小下颌畸形时, 下颌骨向后移动, 舌根失去舌骨上肌群的支持, 这会导致舌后倾和口咽腔狭窄, 从而导致上呼吸道狭窄和梗阻。三维 CBCT 测量显示下颌骨后缩患者的气道容积和角度异常。然而, 由于其应用尚未普及, 目前还没有可用于 PRS 患儿检测气道容积和角度的标准系统。

四、通过咽腔形态观测及多导睡眠监测辅助早期诊断

用喉镜和纤维镜观察咽部形态有助于监测舌后坠和呼吸道阻塞的情况。Yellon 等^[31] 用此方式进行了分类: 1 级, 会厌由咽后壁脱垂导致呼吸道阻塞, 但舌根位置正常; 2 级, 会厌和舌根下垂, 仅会厌尖端可见, 隔膜闭塞; 3 级, 舌头完全后缩回咽壁, 会厌部分不可见。Ishman 等^[32] 根据舌根肥大的严重程度分为 0~4 级: 0 级, 淋巴组织完全丧失; 1 级, 淋巴组织沿舌根散在分布; 2 级, 淋巴组织覆盖整个舌根, 垂直厚度有限; 3 级, 淋巴组织明显突出, 覆盖整个舌根, 厚度 5~10 mm; 4 级, 会厌尖端以上淋巴组织, 厚度 ≥ 1 cm。通过喉镜和纤维支气管镜观察咽部形态有助于诊断 PRS。

尽管由于缺乏正常新生儿测量数值, 喉镜和纤维支气管镜在咽形态数字化中的应用受到限制, 多导睡眠监测可以量化阻塞事件^[33]。睡眠气体交换障碍可以区分阻塞性睡眠呼吸暂停和中枢性睡眠呼吸暂停。Morrison 等^[34] 认为接受手术治疗的 PRS 患者术前应接受直接喉镜检查、纤维支气管镜检查 and PSG, 选择呼吸暂停低通气指数在 11~29 是手术治疗的指标之一。然而, 新生儿 PSG 参考值缺乏衡量气道阻塞严重程度的客观阈值, 因此 PSG 仅用作辅助诊断工具。

超声检查通常取决于检查者对下颌骨形态的认知和经验, 测量面部角度的正中矢状面通常很难获得, 因此这种方法的诊断准确性差异较大。但作为无辐射、非侵入性的早期首选筛查手段, 应对基层操作医生进行科普教育; MRI 结合

超声在胎儿 PRS 的诊断中发挥着不可或缺的作用。婴幼儿 PRS 的早期诊断主要依靠产后体格检查、CT 三维重建和数字化技术。而产后影像学检查结合三维数字化技术可以对 PRS 进行更系统、更完善的诊断, 并可以制定诊断指标和分类。这为 PRS 的早期诊断提供了有力的证据, 但准确的诊断和治疗仍需要结合影像学 and 三维数字化技术。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Baxter D, Shanks AL. Pierre Robin syndrome [M/OL]//Anon. StatPearls [Internet]. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2022; NBK562213. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32965884/>.
- [2] Varadarajan S, Balaji TM, Raj AT, et al. Genetic mutations associated with Pierre Robin syndrome/sequence: a systematic review [J]. Mol Syndromol, 2021, 12(2): 69-86. DOI: 10.1159/000513217.
- [3] Cole A, Lynch P, Slatore R. A new grading of Pierre Robin sequence [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2008, 45(6): 603-606. DOI: 10.1597/07-129.1.
- [4] Sahoo NK, Roy ID, Dalal S, et al. Distraction osteogenesis for management of severe OSA in Pierre Robin sequence: an approach to elude tracheostomy in infants [J]. J Maxillofac Oral Surg, 2016, 15(4): 501-505. DOI: 10.1007/s12663-016-0888-4.
- [5] Shen WM, Jie C, Chen JB, et al. Mandibular distraction osteogenesis to relieve Pierre Robin severe airway obstruction in neonates: indication and operation [J]. J Craniofac Surg, 2009, 20(Suppl 2): 1812-1816. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181b6c388.
- [6] Marszałek-Kruk BA, Wójcicki P, Dowgierd K, et al. Treacher Collins syndrome: genetics, clinical features and management [J]. Genes (Basel), 2021, 12(9): 1392. DOI: 10.3390/genes12091392.
- [7] 官勇, 李胜利, 陈琮琰, 等. 产前超声诊断 Pierre Robin 序列征 [J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29(9): 790-793. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20200421-00323.
Guan Y, Li SL, Chen CY, et al. Prenatal ultrasonic diagnosis of Pierre Robin sequence [J]. Chin J Ultrasonogr, 2020, 29(9): 790-793. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20200421-00323.
- [8] Luedders DW, Bohlmann MK, Germer U, et al. Fetal micrognathia: objective assessment and associated anomalies on prenatal sonogram [J]. Prenat Diagn, 2011, 31(2): 146-151. DOI: 10.1002/pd.2661.
- [9] 王丽敏, 马小燕, 江玮, 等. 胎儿鼻后三角在妊娠早期筛查面部畸形中的应用价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2014, 16(6): 369-372. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2014.06.004.
Wang LM, Ma XY, Jiang W, et al. Application value of retronasal triangle in ultrasonic screening of fetal facial anomalies in first trimester [J]. J Clin Ultrasound Med, 2014, 16(6): 369-372. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2014.06.004.
- [10] 徐巧阳, 董雪琴, 吴洁丽. 三维超声产前诊断胎儿小下颌畸形的临床意义 [J]. 中国优生与遗传杂志, 2016, 24(8): 100-101, 55, 140. DOI: 10.13404/j.cnki.cjbh.2016.08.045.
Xu QY, Dong XQ, Wu JL. Clinical significance of three-dimensional ultrasound in prenatal diagnosis of micrognathia [J]. China J Birth Health Hered, 2016, 24(8): 100-101, 55, 140. DOI: 10.

- 13404/j.cnki.cjbbh.2016.08.045.
- [11] Bruce MK, Islam R, Anstadt EE, et al. Mandibular measurements at the 20-week anatomy ultrasound as a prenatal diagnostic predictor of Pierre Robin sequence[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2023, 60(3):352-358. DOI:10.1177/10556656211064771.
- [12] Kruse T, Neuschulz J, Wilhelm L, et al. Prenatal diagnosis of Robin sequence: sensitivity, specificity, and clinical relevance of an index for micrognathia[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2021, 58(8):1012-1019. DOI:10.1177/1055665620972297.
- [13] D'Ambrosio V, Vena F, Manganaro L, et al. Fetal tongue posture associated with micrognathia: an ultrasound marker of cleft secondary palate? [J]. *J Clin Ultrasound*, 2020, 48(1):48-51. DOI:10.1002/jcu.22784.
- [14] Ji Y, Cui J, Kong LL, et al. Significance of three-dimensional ultrasound screening of fetal micrognathia[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2022, 75(4):1497-1520. DOI:10.1016/j.bjps.2022.01.025.
- [15] 高雅丽, 彭松, 杨巧丽. Pierre Robin 序列征磁共振表现一例报道及文献复习[J]. *中国当代医药*, 2021, 28(8):200-202. DOI:10.3969/j.issn.1674-4721.2021.08.057.
- Gao YL, Peng S, Yang QL. A case report and literature review of MRI manifestations of Pierre Robin sequence sign[J]. *China Mod Med*, 2021, 28(8):200-202. DOI:10.3969/j.issn.1674-4721.2021.08.057.
- [16] Rubio EI. Imaging of the fetal oral cavity, airway and neck[J]. *Pediatr Radiol*, 2021, 51(7):1122-1133. DOI:10.1007/s00247-020-04851-6.
- [17] Rogers-Vizena CR, Mulliken JB, Daniels KM, et al. Prenatal features predictive of Robin sequence identified by fetal magnetic resonance imaging[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2016, 137(6):999e-1006e. DOI:10.1097/PRS.0000000000002193.
- [18] Toren A, Spevac S, Hoffman C, et al. What does the normal fetal face look like? MR imaging of the developing mandible and nasal cavity[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 126:108937. DOI:10.1016/j.ejrad.2020.108937.
- [19] 丁楚涵, 边传振, 卞宪平. “黑骨”MRI 研究儿童颅缝早闭进展[J]. *中国医学影像学技术*, 2022, 38(8):1259-1261. DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.08.033.
- Ding CH, Bian CZ, Bian CP. Recent advances of “black bone” MRI in children with craniosynostosis[J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2022, 38(8):1259-1261. DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.08.033.
- [20] Lopes PML, Moreira CR, Perrella A, et al. 3-D volume rendering maxillofacial analysis of angular measurements by multislice CT[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2008, 105(2):224-230. DOI:10.1016/j.tripleo.2007.08.036.
- [21] Vendittelli BL, Dec W, Warren SM, et al. The importance of vector selection in preoperative planning of bilateral mandibular distraction[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2008, 122(4):1144-1153. DOI:10.1097/PRS.0b013e318185d596.
- [22] Humphries LS, Reid RR, Ross CF, et al. Biomechanical and morphological analysis of Pierre Robin sequence mandible: finite element and morphometric study[J]. *Anat Rec (Hoboken)*, 2021, 304(7):1375-1388. DOI:10.1002/ar.24543.
- [23] 吴琼, 陈凤仪, 夏旋. 基于 CT 三维头颅重建技术诊断 Pierre Robin 综合征 1 例[J]. *巴楚医学*, 2018, 1(4):79-81. DOI:10.3969/j.issn.2096-6113.2018.04.017.
- Wu Q, Chen FY, Xia X. One case report of Pierre Robin syndrome diagnosed by three-dimensional reconstruction of skull based upon computed tomography (CT) scans[J]. *Bachu Med J*, 2018, 1(4):79-81. DOI:10.3969/j.issn.2096-6113.2018.04.017.
- [24] El Amm CA, Denny A. Hyoid bone abnormalities in Pierre Robin patients[J]. *J Craniofac Surg*, 2008, 19(1):259-263. DOI:10.1097/scs.0b013e31815c9460.
- [26] 李光荣, 郭斌, 张新荣. Pierre-Robin 综合征的 CT 表现及分型[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2014, 20(6):544-547. DOI:10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2014.06.016.
- Li GR, Guo B, Zhang XR. Imaging findings and classification of Pierre-Robin syndrome[J]. *Chin Comput Med Imaging*, 2014, 20(6):544-547. DOI:10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2014.06.016.
- [27] 朱丽哲. 小下颌畸形患者下颌前徙术后上气道形态及气流动力学研究[D]. 西安:第四军医大学, 2015.
- Zhu LZ. Upper airway morphology and flow dynamics of patients with micrognathia after mandibular advancement[D]. Xi'an: The Fourth Military Medical University, 2015.
- [28] Duarte DW, Schweiger C, Manica D, et al. Predictors of respiratory dysfunction at diagnosis of Robin sequence[J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(12):2811-2816. DOI:10.1002/lary.29685.
- [29] 施雄. 锥形束 CT 低剂量扫描可行性和临床应用的初步研究[D]. 上海:中国人民解放军海军军医大学, 2020. DOI:10.26998/d.cnki.gjyuy.2020.000261.
- Shi X. Feasibility and clinical application of low-dose CBCT[D]. Shanghai: Naval Medical University, 2020. DOI:10.26998/d.cnki.gjyuy.2020.000261.
- [30] 车蓓, 顾月光, 马俊青, 等. 下颌后缩患者上气道三维结构和舌骨位置的分析[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2012, 32(4):532-535.
- Che B, Gu YG, Ma JQ, et al. Analysis of three dimensional upper airway structure and hyoid position in retrognathic patients[J]. *J Nanjing Med Univ (Nat Sci)*, 2012, 32(4):532-535.
- [31] Yellon RF. Epiglottic and base-of-tongue prolapse in children: grading and management[J]. *Laryngoscope*, 2006, 116(2):194-200. DOI:10.1097/01.mlg.0000191562.67363.e5.
- [32] Ishman SL, Chang KW, Kennedy AA. Techniques for evaluation and management of tongue-base obstruction in pediatric obstructive sleep apnea[J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 26(6):409-416. DOI:10.1097/MOO.0000000000000489.
- [33] Banhara FL, Trindade IEK, Trindade-Suedam IK, et al. Respiratory sleep disorders, nasal obstruction and enuresis in children with non-syndromic Pierre Robin sequence[J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2022, 88(Suppl 1):S133-S141. DOI:10.1016/j.bjorl.2021.05.002.
- [34] Morrison KA, Collares MV, Flores RL. Robin sequence: neonatal mandibular distraction[J]. *Clin Plast Surg*, 2021, 48(3):363-373. DOI:10.1016/j.cps.2021.03.005.

(收稿日期:2022-07-09)

本文引用格式:陈鑫, 崔杰. 影像学及三维数字化技术在 Pierre Robin 序列征早期诊断中的应用进展[J]. *临床小儿外科杂志*, 2023, 22(6):597-600. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202207015-020.

Citing this article as: Chen X, Cui J. Application advances of imaging and three-dimensional digital technology for an early diagnosis of Pierre Robin syndrome[J]. *J Clin Ped Sur*, 2023, 22(6):597-600. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202207015-020.