

## 采用双侧下颌牵引成骨术治疗皮罗序列征的研究进展

周嘉玮 崔颖秋 毛喆 王洪涛

广州医科大学附属广州市妇女儿童医疗中心口腔颌面外科 510120

通信作者:王洪涛,Email:wht199902@163.com

**【摘要】** 皮罗序列征(PRS)是由小下颌引起舌后坠,继而引发上气道机械性梗阻和喂养困难的一种先天性疾病。重度PRS患者常常因为非手术治疗无效而需手术治疗。近年来,双侧下颌骨牵引成骨术(MDO)已成为治疗PRS最重要的手术方法。目前,各医疗机构间MDO的手术指征、术前设计、手术过程、术后护理及预后效果仍存在差异。本文通过相关文献回顾,对MDO从术前设计到术后护理的整个过程作一综述,总结采用MDO治疗PRS患儿的研究现状,并对目前仍然存在的临床问题进行总结和探讨,以期未来在缓解患儿气道梗阻症状的同时可减少继发颌骨畸形,减少手术并发症并促进成骨质量。

**【关键词】** 下颌骨; 成骨牵引; 皮罗序列征; 小颌畸形

**引用著录格式:**周嘉玮,崔颖秋,毛喆,等.采用双侧下颌牵引成骨术治疗皮罗序列征的研究进展[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2021,15(4):255-260.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.04.010

### Research progress of bilateral mandibular distraction osteogenesis in the treatment of Pierre Robin sequence

Zhou Jiawei, Cui Yingqiu, Mao Zhe, Wang Hongtao  
Guangzhou Women's and Children's Medical Center Affiliated to  
Guangzhou Medical University, Oral and Maxillofacial Surgery  
Department, Guangzhou 510120, China

Corresponding author: Wang Hongtao, Email: wht199902@163.com

**【Abstract】** Pierre Robin sequence (PRS) is a congenital disease caused by the micrognathia, leading to glossoptosis, which causes mechanical upper airway obstruction and poor oral feeding. Severe PRS patients often need surgical treatment because non-surgical treatment is ineffective. In recent years, bilateral mandibular distraction osteogenesis (MDO) has become the most important surgical method for PRS. At present, there are still differences in the surgical indications, preoperative design, surgical procedure, postoperative care and prognosis of MDO among medical institutions. Therefore, this article was to give a systematical introduction about the progress of bilateral MDO from preoperative design to postoperative nursing by reviewing relevant literature. This paper summarized

the current research status of PRS patients treated by MDO and discussed some existing clinical problems in the hope of relieving the symptoms of airway obstruction, reducing secondary jaw bone deformity and surgical complications, and promoting the osteogenesis quality of PRS patients.

**【Key words】** Mandible; Osteogenesis, distraction; Pierre Robin sequence; Micrognathism

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.04.010

皮罗序列征(Pierre Robin sequence, PRS)是法国医生Pierre Robin于1923年提出并命名的一种先天性疾病,其主要临床表现为下颌后缩、舌后坠,以及随之而来的上呼吸道梗阻、睡眠呼吸暂停、喂养困难等,严重者可危及生命,部分患者可伴有腭裂。PRS治疗为多学科综合治疗,其治疗的目标是缓解上气道阻塞,改善喂养,促进患者生长发育。PRS的治疗一般先由体位治疗、持续正压通气、鼻咽通气管、正畸治疗等非手术治疗开始,当非手术治疗无效或难以维持时则需采用手术治疗。目前,常用的手术治疗方法包括唇舌黏连术、释放口底术、下颌骨牵引成骨术(mandibular distraction osteogenesis, MDO)及气管切开术。近年来,MDO成为了治疗PRS的主要手术方式并取得了良好的治疗效果,良好地替代了气管切开术和舌唇粘连术(tongue-lip adhesion, TLA)<sup>[1]</sup>。随着技术理念的不断普及,牵引装置和手术过程设计的不断优化,手术操作技术的不断提高,MDO有望成为PRS患儿的首选治疗方案。然而,MDO仍然存在牵引装置松脱、下牙槽神经损伤、不成熟骨愈合、颞下颌关节强直、牙胚损伤、伤口感染和瘢痕增生等潜在风险。与此同时,目前各医疗机构间MDO的手术指征、术前设计、手术过程、术后护理及预后效果仍存在差异。针对这些问题,本文拟通过文献回顾,对采用MDO治疗重度PRS患者的相关研究作一综述,总结研究现状,并对目前仍然存在的临床问题进行探讨,以期未来在缓解患儿气道梗阻症状的同时可纠正颌骨畸形,减少手术并发症并促进下颌骨发育。

#### 一、下颌骨牵引成骨术手术指征

PRS的诊断及治疗方案没有临床指南,目前的基本共识是医生在根据临床症状做出诊断之后,需根据患儿上气道梗阻的特征及表型,和患儿的呼吸、喂养或生长发育情况以及是否存在合并其他全身并发症来制定临床决策。具体评估气道梗阻的方法包括病史回顾、体格检查(舌后坠程度、侧卧

位及俯卧位时症状改善情况等)、血气分析、持续血氧监测、计算机断层摄影术(CT)检查、多导睡眠监测,以及由鼻咽镜和纤维支气管镜检查相结合的检查。生长发育的评估则需持续观察患儿进食、身高体重增长情况。

在完成病情综合动态评估的基础上,不同的医疗中心提出了各自的手术指征。很多医疗中心将手术指征确定为:经保守治疗无法解决的由小下颌引起的严重呼吸及喂养困难。也有许多研究是根据具体检查指标来确定MDO的手术指征。Shen等<sup>[2]</sup>认为俯卧位时氧饱和度低于40%,从咽后壁到舌根的横向投影小于3 mm为MDO的适应证,并提到距离咽后壁到舌根横向投影大于5 mm是MDO的禁忌。Miloro等<sup>[3]</sup>提出MDO的手术指征包括:上下颌覆盖(maxillomandibular discrepancy, MMD)大于8 mm,反复出现的上呼吸道梗阻症状如长期的低氧饱和度、多次呼吸暂停、呼吸困难或发绀、喂养困难。Li等<sup>[4]</sup>则建议MDO手术治疗指征中MMD应不小于10 mm。Gómez等<sup>[5]</sup>则提出综合多种因素考虑,建议Sher I类或II类患儿、保守治疗无效、MMD大于或等于8 mm,咽后壁与舌根的距离小于3 mm,唇舌黏连治疗失败的患儿选择MDO。目前,大部分指征缺乏严谨的统计分析及临床对照,同时也忽略了小颌畸形患儿颌骨和气道形态对临床症状的影响,仍需要进一步的临床队列研究和随机对照实验来提供更有力的证据。

## 二、下颌骨牵引成骨术手术禁忌证

由低张力、中枢性呼吸暂停、喉软化、气管软化和支气管狭窄引起的气道梗阻,鼻咽纤维支气管镜下气道梗阻Sher III类和IV类在PRS患者中常有出现<sup>[6]</sup>。对于以上病因引起的气道梗阻症状,MDO手术往往不能取得良好的治疗效果,患者最终需行气管切开术,因此术前的纤维支气管镜检查必不可少<sup>[7]</sup>。此外,牵引成骨术的禁忌证还应包括颌骨骨髓炎、严重颌骨骨质疏松、血液系统疾病等。

## 三、下颌骨牵引成骨术术前设计

1. 截骨部位:主要分为升支、下颌骨体以及下颌角部。截骨线位于升支部可达到延长升支的效果。Peacock等<sup>[8]</sup>研究表明,截骨线位置位于下颌骨体部或下颌升支不影响下颌升支的发育,但是当线性截骨线位于下颌骨体部时,MDO术后下颌骨生长量较少,且88%的患者出现牙齿相关异常。也有研究显示,截骨术不应该直接通过下颌角进行,因为下颌角被截断将导致下颌角的角度在牵引时明显变钝,从而导致不正常的面部外观<sup>[9]</sup>。目前,研究中截骨线的位置主要位于下颌角附近,多位于下颌骨升支前缘至下颌角后缘。同时截骨线两侧需保留牵引装置固定所需的位置<sup>[10]</sup>。

2. 截骨线的形态:目前主要包括直线、弧形、折线(倒L)等。直线截骨线多用于延长下颌骨体部。为减少牙胚损伤的并发症,有研究认为可设计折线截骨线,既可用于下颌骨体部延长,也可用于下颌骨升支部延长<sup>[11]</sup>。弧形截骨线可用于下颌骨体部长轴与升支长轴夹角过大时,而倒L型截骨线可远离牙胚减少乳牙的损伤<sup>[12]</sup>。截骨线的设计主要基于患儿下颌骨畸形特点而设计,同时需要尽量减少术后并发症如

牙胚损伤、开骀等的发生。

3. 牵引器的种类:根据牵引器的类型分为外置式和内置式,内置式牵引装置又分为不可吸收型与内置式可吸收型牵引装置。

(1)外置式牵引器:依靠4根穿过皮肤的固定针将装置固定于颌骨上的牵引器。具有牵引方向可调节,牵引长度更大(通常>20 mm)的优点。尽管有报道称外置式牵引装置位于下颌支下缘可一定程度上减少术后瘢痕的显露、减少瘢痕肥厚性增生以及面神经的损伤<sup>[13]</sup>。但术后瘢痕仍然会较为明显,并且牵引装置体积较大使得术后护理难度较大,易发生移位、脱落和感染<sup>[14]</sup>。

(2)内置式牵引器:牵引装置位于皮肤内,仅牵引杆自口内或皮肤穿出的牵引器。患者耐受性强,舒适度好,感染发生的概率较低,容易护理,装置可保留至最佳成骨时间,但是其牵引方向较单一且需二次手术拆除牵引器。

针对一个特定的患者,究竟选择外置式牵引器还是内置式牵引器仍存在争议。有研究建议牵引距离大(>20 mm)和多向牵引的患儿适合外置式牵引装置,内置式牵引装置更适用于年龄小于12个月和仅需单向牵引的患儿<sup>[15]</sup>。大多数研究认为,相对于外置式牵引装置,内置式牵引装置能得到更好的牵引效果,而且并发症的发生率较小。Breik等<sup>[16]</sup>指出,与内置式牵引器相比,外置式牵引装置松脱率高,需要更长的牵引固定期,且可经口喂养的概率更低,牵引结束后需行气管切开术的概率更高。随着内置式牵引装置技术的改进,如曲线型内置式牵引装置的出现,使得牵引方向变得更多元化;虚拟数字技术和手术导板的使用,使得手术操作更趋于精确化;计算机辅助设计与制作(CAD-CAM)及3D打印技术的出现,使得个性化牵引装置的设计和制造成为可能,这些技术进步都使得内置式牵引装置的使用将变得更为广泛<sup>[17]</sup>。

(3)可吸收性内置式牵引器:为了避免拆除牵引器手术对患儿造成的潜在损伤,Burstein等<sup>[18]</sup>于2002年首次提出可吸收性内置式牵引装置,取得了良好的治疗效果。Paes等<sup>[19]</sup>跟踪了10例运用可吸收牵引装置行MDO手术的患者5~7年,发现可吸收装置行MDO手术具有良好手术效果。可吸收牵引装置优点是可在无镇静状态下去除牵引螺钉,减少手术次数,减少瘢痕的形成,也减少手术费用。然而,下颌骨受肌群的牵拉力影响较大,生物可降解固定板和螺钉不及钛板所承受的力的范围,所以其牵引的量及方向受到了限制,因而仅适用于小于2岁的患儿<sup>[19]</sup>。同时,不同研究间可吸收型牵引装置行MDO的固定期范围不同,可牵引装置承受的力过小或生物可降解固定板和螺钉过早吸收以至难以承受肌肉持续牵拉力从而影响骨的形成<sup>[20]</sup>。因此,使用可吸收牵引器必须遵循患儿年龄、手术区域适应证,并充分考虑手术牵引量以及牵引方向的设计。

(4)自动化牵引装置是目前的研究热点之一。可减少患儿照顾者的负担,在牵引过程中实时记录并在牵引结束时立即反馈患儿牵引量。同时,持续性牵引是自动化牵引装置的

重要优势。有研究建立迷你猪模型发现,持续性牵引可提高成骨的质量,也可以提供更快的牵引速度<sup>[21]</sup>。

4. 牵引的向量:根据牵引的向量可分为单向型牵引器、双向型牵引器及曲线矢量。

(1)单向装置沿单个载体延长截骨的下颌骨。内置式牵引器大多为单向牵引,是目前最常用的牵引器。

(2)双向装置具有同时加长升支高度和下颌体长度的能力,然而体积则过大。双向牵引装置可延长下颌升支的同时沿下颌体部牵拉,形成下颌角。然而研究发现当牵引期取出后,在肌肉和软组织的压力下,新生段骨发生重塑,使牵张器两端之间不再是一个角度,而是一个平滑的曲线<sup>[22]</sup>。

(3)弧形牵引装置可改变下颌角的位置及形态。Kaban等<sup>[23]</sup>研究了13例行弧形牵引成骨重度下颌后缩患儿,牵引下颌骨向前的同时作逆时针旋转,同时矫治了下颌后缩和前牙开颌畸形。由于该牵引装置轨道长度有限,有时无法达到纠正PRS小颌畸形所需牵引长度。随着不断创新与改进,其牵引范围有了很大改善,也减少了局部水肿、感染、神经损伤的并发症<sup>[24]</sup>。

值得注意的是,牵张成骨的目的是尽量延长下颌骨升支,减小下颌角,同时避免下颌骨体部的延长<sup>[25]</sup>。

总而言之,截骨线、牵引方向以及牵张成骨器类型应在保证缓解气道梗阻症状的前提下,根据患儿特征个性化设计与选择,因此术前设计非常重要。术前根据CT数据对下颌骨进行三维重建,然后根据下颌骨的畸形特点选择截骨部位,截骨线形态和牵引器类型,然后通过3D打印制作三维颌骨模型,并于模型上模拟手术,制作个性化手术导板,引导手术过程,保证手术操作与术前设计思想的无缝衔接,可以使手术更精确快速地实施,减少术中、术后并发症,提高手术成功率。

#### 四、下颌骨牵引成骨术后护理

MDO术后包括静止期、牵引期以及固定期。术后护理包括生命体征监测、呼吸支持、伤口护理、疼痛及镇静护理以及营养支持等。术后营养支持起初主要通过胃管喂养及经口喂养来完成<sup>[26]</sup>;一旦吞咽安全得到保证,孩子就可以在床边开始进行喂养训练,常用训练技能有颈部或颊部肌肉训练、逐步训练(改变奶瓶的呈现或提供挤压力或静息状态)或物理刺激等<sup>[27]</sup>。

静止期时间的长短目前存在争议。有学者报道此过程一般达1~3d<sup>[28]</sup>。然而,Carls等<sup>[29]</sup>对严重PRS患者行即刻牵引,并且经3~6年观察发现不影响新骨形成。与此同时,需要手术的PRS患儿,术后常需要持续性机械通气支持,长时间的机械通气会有增加呼吸机相关性疾病的风险<sup>[30]</sup>。张娜等<sup>[31]</sup>发现,拔管时牵引距离是与MDO术后机械通气时间相关的唯一因素。因此,笔者认为尽快开启牵引期可减少患儿机械通气所产生的并发症发生率及治疗费用。

牵引期的牵引速度目前存在争议。研究表明,牵引期的牵引速率及牵引频率可影响新骨形成。如果牵引速度过快,可导致牵张局部骨化不良而形成纤维连接;如果牵引速度过

慢,则可能形成过早骨化。此外,牵张速率还影响颌骨周围软组织的适应性变化。目前普遍认为最适合骨愈合、安全而理想的牵张速度是每天1mm,牵张频率为每天2~4次<sup>[22,28]</sup>。Breik等<sup>[16]</sup>提出,牵引速度与牵引成骨成功率及术后并发症的发生率无显著相关,同时发现年龄小于12个月的患儿牵引速率为2mm/d是有效安全的,但是对于年龄大于12个月的患儿牵引速率>1mm/d,其手术效果不能保证是安全有效的。

有研究跟踪MDO术后4~5年发现,小下颌患者仍然未能表现出追赶生长,表现出比同龄者下颌骨发育缓慢,因此通常建议过矫正至下颌超过上颌2mm以补偿术后下颌骨发育迟缓现象。现研究普遍认为牵引终点为牵引致三类错颌约2~3mm<sup>[1,32]</sup>。

固定期目的是利于新骨的形成及改建,防止引起骨折或骨形成不良。固定期的选择以新骨矿化沉积至较成熟阶段为原则。一般认为固定期维持3个月。若提前拆除牵引器可导致未成熟骨组织折裂或不成熟骨愈合。然而过迟拆除牵引器,延长牵引器放置时间,可增加牵引器感染、牵引器脱落而导致骨愈合不良等并发症。所以如果能加速新骨形成及骨矿化,即能缩短固定期的时间,可降低固定期并发症的发生率。目前,对加速牵张间隙骨形成的辅助治疗包括生长因子、药物制剂、经过或未经过基因调控的干细胞,还包括高压氧治疗、激光、超声和体外冲击波治疗,大多数研究仍处于动物模型研究阶段<sup>[8]</sup>。

#### 五、下颌骨牵引成骨术手术预后

许多研究都证明了MDO可以有效地改善PRS患儿的呼吸道梗阻及喂养困难问题,更重要的是有研究显示MDO术后使患者生活质量明显得到改善,尤其表现在生理方面。

1. MDO的优势和术后效果:MDO从根源上解除由小下颌引起的上气道梗阻症状,可显著增加气道横截面积,减少气管切开术的使用率,并可减少对胃造瘘管喂养的依赖<sup>[12]</sup>。同时由于下颌骨牵引的速度较慢,相应的肌肉、血管、神经和黏膜也被拉长,这种伴随的软组织扩张是MDO的重要优势<sup>[33]</sup>。

(1)术后气道情况:Denny等<sup>[34]</sup>对先天性小颌畸形进行下颌牵引前后的头影测量分析显示,上下颌关系呈正常化,平均气道横截面积增加67.5%。一项Meta分析指出MDO有效避免91.3%的PRS婴儿进一步行气管切开术,缓解97%的PRS婴儿OSA症状<sup>[35]</sup>。较多研究通过比较MDO与TLA两种手术干预的临床效果,结果显示MDO的临床效果优于TLA,术后气道阻塞明显减少,长期气道效果更稳定<sup>[36]</sup>。

Tholpaday等<sup>[37]</sup>提出伴喉软化PRS行MDO可减缓气道阻塞症状。MDO将喉周组织向前带入,包括舌骨上肌群——二腹肌、颊舌骨肌和下颌舌骨肌。作者假设这些肌肉的延长改变了气道的直径和灵活性,治疗了喉软化和舌下垂。值得注意的是,这个理论只适用于会厌向后进入气道的情况。牵张对鼻窦炎皱襞或杓状核上黏膜的影响可忽略不计。

(2)术后喂养情况:许多研究证明,MDO后婴儿比TLA后更早恢复口服喂养,同时,研究普遍显示PRS患儿MDO术

后均能经口喂养且得到明显体重增长<sup>[38]</sup>。

(3) 下颌骨形态的改变: Paes等<sup>[19]</sup>通过MDO手术组与非手术组下颌骨5年以上术后对比发现手术组下颌骨长度小于非手术组,表现在下颌体部长度较短,而下颌升支长度无明显差异。认为,这可能与手术干预影响颌骨发育以及PRS下颌畸形本身的发育异常有关。但Suri等<sup>[39]</sup>将PRS手术组与正常组相比下颌升支长度有明显差异。值得注意的是MDO术后下颌骨的形态与患儿下颌畸形的类型以及不同的手术设计相关,而目前相关循证医学证据较少。

2. MDO手术并发症: MDO存在牵引装置暴露、牵引装置松脱、下牙槽神经损伤、下颌畸形不愈合、不成熟骨愈合、颞下颌关节强直、牙胚损伤、伤口感染、下颌生长异常等潜在风险。最常见的并发症为牙缺失(占21%),主要由截骨线的设计所致。有研究发现,外置式牵引装置中牙相关异常发生率为50%~70%。半埋式牵引装置中牙相关异常发生率甚至达88%<sup>[9]</sup>。Miloró等<sup>[3]</sup>则认为,最常见的并发症为前牙开殆,但在拆除牵引器的后3个月开殆情况会自行修复。伤口感染更常见于可吸收型牵引装置,然而Paes等<sup>[13]</sup>认为伤口皮肤感染并不影响牵引过程,服用抗生素可自愈。

Hopper等<sup>[40]</sup>认为,婴幼儿下颌骨具有更高可塑性,可将截骨前的弓形下颌角变为更趋于正常的抛物线形,然而采用该手术设计的患者,术后髁突位置似乎发生了上移及旋转,长期影响仍不清楚。同时MDO使下颌骨向前迁徙远离颅底牵引过程会产生同等相反的力传递到颞下颌关节,使得MDO术后存在髁突吸收的并发症。

MDO与正颌手术不同的是MDO术后小下颌易复发, Peacock等<sup>[8]</sup>提出下颌支垂直高度的复发率比下颌骨体部大,可能是由于需要抵抗咬肌、翼内肌等附着产生的牵拉力,使下颌骨升支垂直向长度的稳定性较差。Enlow和Harris<sup>[41]</sup>也证明了下颌的生长取决于咀嚼肌的发育和牙齿的萌出。因此需要足够长的牵引固定期保证新骨形成和改建,以及维持口周肌群适应术后下颌骨的位置。

3. MDO手术长期预后效果: MDO通过延长下颌骨牵拉舌肌向前,增大口咽腔,从根本上解决PRS患儿上气道梗阻问题,长期气道效果稳定<sup>[36]</sup>。Nakao等<sup>[42]</sup>报道了一例PRS患儿MDO术后随访17年病例,该病例显示PRS患儿早期MDO手术解决了患儿上气道梗阻、喂养困难、发育受限等问题,且不影响患儿未来的生长发育。MDO术后下颌骨长度及体积增大。然而下颌骨的生长和重塑是一个复杂的过程,受自身生长发育中心及周围软组织等多种因素影响。Paes等<sup>[19]</sup>随访PRS患儿MDO术后7年发现SNA、SNB、下颌骨长度(包括下颌支及下颌体长度)明显短于正常同龄患儿及未行MDO的PRS患儿。而且,长期研究发现PRS患儿颌面垂直生长模式更为显著。上述现象可能由于MDO术后下颌骨缺乏生长发育的潜力、牵引方向设计以及PRS病因所致。与此同时,Hopper等<sup>[40]</sup>认为约50%患儿MDO术后仍需要二期正颌治疗或者正颌外科治疗。Shuman等<sup>[43]</sup>进行长期研究显示,MDO术后牙列损伤并发症高达约40%(包括位置异常、牙齿

形态异常、牙根损伤、萌出时间异常等)。虽然PRS患儿MDO术后长期可能存在牙列损伤等并发症以及需要二期正颌手术治疗,但MDO术后长期气道稳定且促进患儿生长发育的显著优势仍然使MDO手术成为PRS患儿首选手术治疗方式。而且随着术前设计技术不断完善使MDO术后相关并发症逐渐减少且术后效果进一步优化。

## 六、总结

目前,PRS治疗并没有统一的治疗方案。每个患儿下颌形态、气道梗阻类型及严重程度均有差异,使得PRS精确治疗变得极为复杂。缺乏随机对照试验、患者数量有限、治疗理念差异、发表研究的非最佳标准化以及个体偏差,都阻碍了PRS标准化治疗。在MDO的诊疗过程中,手术适应证的把握十分重要。在MDO手术前必须对合并其他综合征患者进行深入的检查以及排除手术禁忌证。确定MDO手术治疗方案后,仍需要进行个性化的术前设计并制作手术导板。牵引装置目前主要分为外置式、内置式牵引装置,临床上大多数选择内置式牵引装置,而可吸收型牵引装置、自动化牵引装置可能是未来的发展趋势。牵引器选择必须遵循患儿年龄、手术区域适应证,考虑手术牵引量以及牵引方向的设计。术后护理重点仍然在于恢复自主呼吸以及改善喂养情况,同时也应关注患儿伤口护理情况以及下颌骨骨质的形成以及形态变化。目前,仍缺乏MDO术后气道改变、生活质量、下颌骨形态、牙发育情况等长期效果研究。虽然有许多MDO术后研究,但仍然缺乏不同手术设计之间以及与正常同龄儿童的病例对照分析,不能排除截骨位置、牵引方向对下颌骨塑形的影响。

## 七、展望

MDO已是术后效果稳定且安全的手术方法。目前研究主要在于验证MDO术后气道梗阻症状缓解的有效性,以及患儿生活质量改善情况。未来应更多关注对术后下颌骨形态变化以及髁突变化的长期研究。如何促进成骨质量仍需进一步研究,许多文献在探究促进下颌骨成骨的因素如细胞因子、激光等,然而大量研究仍限于动物研究中。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Konofaos P, Puente - Espel J, Askandar S, et al. Mid - Term Outcome of Mandibular Distraction Osteogenesis in Pierre Robin Sequence[J]. J Craniofac Surg, 2019, 30(6): 1667-1670. DOI: 10.1097/SCS.0000000000005436.
- [2] Shen W, Jie C, Chen J, et al. Mandibular Distraction Osteogenesis to Relieve Pierre Robin Severe Airway Obstruction in Neonates [J]. J Craniofac Surg, 2009, 20(Suppl 2): 1812-1816. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181b6c388.
- [3] Miloro M. Mandibular distraction osteogenesis for pediatric airway management [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2010, 68(7): 1512-1523. DOI: 10.1016/j.joms.2009.09.099.
- [4] Li W, Poon A, Courtemanche D, et al. Airway Management in Pierre Robin Sequence: The Vancouver Classification [J]. Plast

- Surg (Oakv), 2017, 25(1): 14-20. DOI: 10.1177/2292550317693814.
- [5] Gómez OJ, Barón OI, Peñarredonda ML. Pierre Robin Sequence: An evidence based treatment proposal [J]. J Craniofac Surg, 2018, 29(2): 332-338. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004178.
- [6] Sher AE. Mechanisms of airway obstruction in Robin sequence: implications for treatment [J]. Cleft Palate Craniofac J, 1992, 29(3): 224-231. DOI: 10.1597/1545-1569\_1992\_029\_0224\_moaoir\_2.3.co\_2.
- [7] Abu - Ghname A, Davis MJ, Davies LW, et al. Mandibular Distraction in Robin Sequence With Multi-Level Airway Disease: Always Contraindicated? [J]. J Craniofac Surg, 2020, 31(7): 1883-1887. DOI: 10.1097/SCS.00000000000006620.
- [8] Peacock ZS, Salcines A, Troulis MJ, et al. Long-Term Effects of Distraction Osteogenesis of the Mandible [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2018, 76(7): 1512-1523. DOI: 10.1016/j.joms.2017.12.034.
- [9] da Silva Freitas R, Tolazzi ARD, Alonso N, et al. Evaluation of Molar Teeth and Buds in Patients Submitted to Mandible Distraction: Long-Term Results [J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 121(4): 1335-1342. DOI: 10.1097/01.prs.0000304444.43168.f.a.
- [10] Baskaran M, Arularasan SG, Divakar TK, et al. Treatment of Micrognathia by Intraoral Distraction Osteogenesis: A Prospective Study [J]. Ann Maxillofac Surg, 2017, 7(1): 37-44. DOI: 10.4103/ams.ams\_181\_16.
- [11] 陈亦阳, 刘佳玉, 黎凡, 等. 婴幼儿下颌骨牵张成骨截骨线的选择 [J]. 中华整形外科杂志, 2019, 35(2): 132-136. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2019.02.007.
- [12] Hsieh ST, Woo AS. Pierre Robin Sequence [J]. Clin Plast Surg, 2019, 46(2): 249-259. DOI: 10.1016/j.cps.2018.11.010.
- [13] Paes EC, Mink van der Molen AB, Muradin MSM, et al. A systematic review on the outcome of mandibular distraction osteogenesis in infants suffering Robin sequence [J]. Clin Oral Investig, 2013, 17(8): 1807-1820. DOI: 10.1007/s00784-013-0998-z.
- [14] Rachmiel A, Nseir S, Emodi O, et al. External versus Internal Distraction Devices in Treatment of Obstructive Sleep Apnea in Craniofacial Anomalies [J]. Plast Reconstr Surg Glob Open, 2014, 2(7): e188. DOI: 10.1097/GOX.0000000000000147.
- [15] Genecov DG, Barceló CR, Steinberg D, et al. Clinical experience with the application of distraction osteogenesis for airway obstruction [J]. J Craniofac Surg, 2009, 20(Suppl 2): 1817-1821. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181b6c1b0.
- [16] Breik O, Tivey D, Umapathysivam K, et al. Does the Rate of Distraction or Type of Distractor Affect the Outcome of Mandibular Distraction in Children With Micrognathia? [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2016, 74(7): 1441-1453. DOI: 10.1016/j.joms.2016.01.049.
- [17] Ramieri V, Basile E, Bosco G, et al. Three-dimensional airways volumetric analysis before and after fast and early mandibular osteodistraction [J]. J Craniomaxillofac Surg, 2017, 45(3): 377-380. DOI: 10.1016/j.jems.2016.12.007.
- [18] Burstein FD, Williams JK, Hudgins R, et al. Single - stage craniofacial distraction using resorbable devices [J]. J Craniofac Surg, 2002, 13(6): 776-782. DOI: 10.1097/00001665-200211000-00013.
- [19] Paes EC, Bittermann GKP, Bittermann D, et al. Long - Term Results of Mandibular Distraction Osteogenesis with a Resorbable Device in Infants with Robin Sequence [J]. Plast Reconstr Surg, 2016, 137(2): 375e-385e. DOI: 10.1097/01.prs.0000475769.06773.86.
- [20] Shetty V, Caputo AA, Kelso I. Torsion-axial force characteristics of SR-PLLA screws [J]. J Craniomaxillofac Surg, 1997, 25(1): 19-23. DOI: 10.1016/s1010-5182(97)80020-0.
- [21] Peacock ZS, Tricomi BJ, Murphy BA, et al. Automated continuous distraction osteogenesis may allow faster distraction rates: a preliminary study [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2013, 71(6): 1073-1084. DOI: 10.1016/j.joms.2012.11.015.
- [22] Yen S, Gaal A, Smith KS. Orthodontic and Surgical Principles for Distraction Osteogenesis in Children with Pierre - Robin Sequence [J]. Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2020, 32(2): 283-295. DOI: 10.1016/j.coms.2020.01.012.
- [23] Kaban LB, Seldin EB, Kikinis R, et al. Clinical application of curvilinear distraction osteogenesis for correction of mandibular deformities [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2009, 67(5): 996-1008. DOI: 10.1016/j.joms.2009.01.010.
- [24] 周扬, 周丽斌, 朴正国. 弧形牵张成骨的前景及应用 [J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(15): 2436-2442. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1157.
- [25] Mao Z, Zhang N, Shu L, et al. Imaging characteristics of the mandible and upper airway in children with Robin sequence and relationship to the treatment strategy [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2020, 49(9): 1122-1127. DOI: 10.1016/j.ijom.2020.02.005.
- [26] 郭晓萍, 李兰凤, 罗春华. 新生儿 Pierre Robin 综合征下颌骨牵引成骨术围手术期护理 [J]. 中国现代医药杂志, 2019, 21(4): 93-95. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9463.2019.04.030.
- [27] Cladis F, Kumar A, Grunwaldt L, et al. Pierre Robin Sequence: a perioperative review [J]. Anesth Analg, 2014, 119(2): 400-412. DOI: 10.1213/ANE.0000000000000301.
- [28] Earley M, Butts SC. Update on mandibular distraction osteogenesis [J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2014, 22(4): 276-283. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000067.
- [29] Carls FR, Sailer HF. Seven years clinical experience with mandibular distraction in children [J]. J Craniomaxillofac Surg, 1998, 26(4): 197-208. DOI: 10.1016/s1010-5182(98)80015-2.
- [30] 张娜, 毛喆, 崔颖秋, 等. Pierre Robin 序列征婴儿撤机后低氧血症预测评分系统的建立和评价 [J]. 中华医学杂志, 2020, 100(15): 1180-1181. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20190730-01703.
- [31] 张娜, 毛喆, 崔颖秋, 等. Pierre Robin 序列征婴儿下颌骨牵引成骨术后机械通气时间影响因素的回顾性分析 [J]. 实用医学杂

- 志, 2019, 35(24): 3837-3841. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2019.24.023.
- [32] Volk AS, Davis MJ, Narawane AM, et al. Quantification of Mandibular Morphology in Pierre Robin Sequence to Optimize Mandibular Distraction Osteogenesis [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2020, 57(8): 1032-1040. DOI: 10.1177/1055665620913780.
- [33] Scott AR, Tibesar RJ, Lander TA, et al. Mandibular distraction osteogenesis in infants younger than 3 months [J]. *Arch Facial Plast Surg*, 2011, 13(3): 173-179. DOI: 10.1001/archfacial.2010.114.
- [34] Denny AD, Talisman R, Hanson PR, et al. Mandibular distraction osteogenesis in very young patients to correct airway obstruction [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2001, 108(2): 302-311. DOI: 10.1097/00006534-200108000-00004.
- [35] Ow ATC, Cheung LK. Meta-analysis of mandibular distraction osteogenesis: clinical applications and functional outcomes [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2008, 121(3): 54e-69e. DOI: 10.1097/01.prs.0000299285.97379.35.
- [36] Papoff P, Guelfi G, Cicchetti R, et al. Outcomes after tongue-lip adhesion or mandibular distraction osteogenesis in infants with Pierre Robin sequence and severe airway obstruction [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2013, 42(11): 1418-1423. DOI: 10.1016/j.ijom.2013.07.747.
- [37] Tholpady SS, Costa M, Hadad I, et al. Mandibular distraction for robin sequence associated with laryngomalacia [J]. *J Craniofac Surg*, 2015, 26(3): 826-830. DOI: 10.1097/SCS.0000000000001546.
- [38] Logjes RJH, Mermans JF, Paes EC, et al. Assessment of Health-Related Quality of Life in Robin Sequence: A Comparison of Mandibular Distraction Osteogenesis and Tongue-Lip Adhesion [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2019, 143(5): 1456-1465. DOI: 10.1097/PRS.0000000000005510.
- [39] Suri S, Ross RB, Tompson BD. Craniofacial morphology and adolescent facial growth in Pierre Robin sequence [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 137(6): 763-774. DOI: 10.1016/j.ajodo.2008.07.020.
- [40] Hopper RA, Ettinger RE, Purnell CA, et al. Thirty Years Later: What Has Craniofacial Distraction Osteogenesis Surgery Replaced? [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2020, 145(6): 1073e-1088e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000006821.
- [41] Enlow DH, Harris DB. A study of the postnatal growth of the human mandible [J]. *Am J Orthod*, 1964, 50(1): 25-50. DOI: 10.1016/S0002-9416(64)80016-6.
- [42] Nakao T, Katayama M, Fujimori Y, et al. 17-year Follow-up after Mandibular Distraction Performed in an Infant with Robin Sequence [J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2020, 8(2): e2651. DOI: 10.1097/GOX.0000000000002651.
- [43] Shuman I, Cardo VA. Tooth Development Following Mandibular Distraction Osteogenesis in Neonates With Pierre Robin Sequence [J]. *J Craniofac Surg*, 2021, 32(2): 675-677. DOI: 10.1097/SCS.0000000000007195.

(收稿日期: 2020-11-09)  
(本文编辑: 王嫚)