

基于磁共振成像影像数据的单侧唇裂成人患者 动静态鼻唇肌解剖研究

王康喆¹ 李玉明² 夏春潮² 石冰¹ 李承浩¹

1. 口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心

四川大学华西口腔医院唇腭裂外科, 成都 610041;

2. 四川大学华西医院放射科, 成都 610041

[摘要] 目的 对不同程度单侧唇裂患者的磁共振成像(MRI)影像数据进行三维重建,分析动静态下多组鼻唇部肌肉解剖形态及变化规律。方法 纳入1例正常人及4例成年单侧唇裂患者,分别在静态(上下唇自然闭合)和动态(嘟嘴、咧嘴)下行MRI检查,使用3D Slicer软件对影像数据进行三维重建,绘制鼻唇肌肉的解剖形态。测量3种动作下裂隙侧和非裂隙侧提上唇肌、颧小肌、颧大肌的交界点(肌肉汇入口轮匝肌的位置)到正中矢状面、肌肉起始点到交界点、动静态交界点之间的距离及动静态交界点连线与水平面的角度,并做比值计算。结果 动静态下4例单侧唇裂患者的肌肉交界点到正中矢状面裂隙侧与非裂隙侧的距离比值均大于1,而肌肉起始点到交界点的该项距离比值均小于1。静态下同名肌肉的这两项距离比值均随唇裂程度加重呈梯度增加,且静态下同一患者中颧小肌的这两项距离比值更突出。3组肌肉从静态到动态的交界点连线与水平面所成角度,裂隙侧与非裂隙侧的比值均大于1。结论 单侧唇裂患者两侧肌肉插入口轮匝肌的位点对称性、直线距离均与肌肉类型、唇裂类型相关;裂隙侧肌肉收缩角度大于非裂隙侧。

[关键词] 磁共振成像; 单侧唇裂; 面部肌肉; 三维重建

[中图分类号] R782.2⁺1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2024.2024063



本文链接 开放科学标识码

Dynamic and static nasolabial muscle anatomy of unilateral cleft lip adult patients based on magnetic resonance imaging data

Wang Kangzhe¹, Li Yuming², Xia Chunchao², Shi Bing¹, Li Chenghao¹

1. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Cleft Lip and Palate Surgery, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Dept. of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: Clinical Research Program of West China Hospital of Stomatology, Sichuan University (LCYJ-MS-202306)

Correspondence: Li Chenghao, E-mail: leechenghao@scu.edu.cn

[Abstract] **Objective** This study aims to obtain a three-dimensional reconstruction model based on magnetic resonance imaging (MRI) data of patients with different degrees of unilateral cleft lip and analyze the anatomy and changes in multiple groups of nasolabial muscles under dynamic and static conditions. **Methods** One normal person and four adult patients with unilateral cleft lip were included, and MRI was performed under static (upper and lower lips closed

naturally) and dynamic (pout and grin) conditions. 3D Slicer software was used to reconstruct the model and draw the anatomic morphology of nasolabial muscles. The distance between the junction (where the muscle merges into the orbicularis oris) of the levator muscle, zy-

[收稿日期] 2024-02-19; **[修回日期]** 2024-08-21

[基金项目] 四川大学华西口腔医院临床研究项目 (LCYJ-MS-2023-06)

[作者简介] 王康喆, 硕士, E-mail: wkz199799@163.com

[通信作者] 李承浩, 教授, 博士, E-mail: leechenghao@scu.edu.cn

gomatic minor muscle, and zygomatic major muscle to the median sagittal plane, the starting point to the junction point, the dynamic and static junction points, and the angle between the connection of dynamic and static junctions and the horizontal plane were measured under three kinds of movements, and the ratio was calculated. **Results** In all patients, under dynamic and static conditions, the distance from the muscle junction to the median sagittal plane, their ratios of the cleft side to the non-cleft side were all greater than 1. While the ratios of the distance from the starting point of the muscle to the junction point were less than 1. At static conditions, the two ratios of the same muscle increased gradually with the severity of the cleft, and the ratio of the zygomatic minor muscle was prominent in the same patient. The ratio of the cleft side to the non-cleft side was greater than 1, and the value for comparison was the angle of the line from the static to the dynamic junction and the horizontal plane. **Conclusion** The symmetry of the insertion site of the orbicularis oris and the linear distance of both sides of the muscle are related to muscle and cleft types. The angle of muscle contraction on the cleft side is greater than that on the non-cleft side.

[Key words] magnetic resonance imaging; unilateral cleft lip; facial muscles; three-dimensional reconstruction

单侧唇裂是最常见的先天性畸形之一, 据报道, 其发病率为0.1%~2.1%^[1]。由于双侧肌肉的不对称, 单侧唇裂的远期手术效果常不理想, 严重影响患者的面部外形和身心健康。唇裂术后继发畸形发生率高, 核心问题在于裂隙导致骨、肌肉和皮肤附着平衡的破坏, 要恢复唇裂患者鼻唇部正常形态和功能, 必须了解静态和功能状态下, 不同裂隙程度双侧肌肉的解剖形态规律, 才能更好地把握各种修复技术的原理, 个性化、精细化提升手术效果。

人体唇裂鼻唇部肌肉解剖研究已有悠久的历史, 前人通过大体解剖基本明确了静态下不同类型唇裂骨缺损与肌肉异位走行的关系, 逐渐认识到功能状态下鼻唇部肌肉平衡重建才是唇裂美学亚单位精细修复和防止唇鼻畸形复发的关键。最初研究者们直接对唇裂患者的大体进行解剖研究^[2-3], 或者使用组织切片联合计算机三维重建的方法^[4-5]; 近来有研究使用三维摄影对唇裂患者面部对称性问题进行探究^[6-8], 或使用电子计算机断层扫描 (computed tomography, CT)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 等影像学手段配合解剖及切片对鼻唇部肌肉进行重建^[9-10]。尽管研究手段在不断迭代, 但对于唇裂鼻唇部肌肉功能状态下的研究目前仍基本空白。

Gosain 等^[11]使用MRI对面部表情肌及颊脂垫进行量化研究, 证明了MRI对中面部软组织量化研究的可行性; Kleinheinz 等^[12]报道通过MRI影像可以使得鼻旁和口周的面部表情肌可视化, 且这些肌肉插入口轮匝肌的位点也可见。Perry 等^[13]对MRI影像数据进行处理, 在软件中重建腭帆提肌形态; Olszewski 等^[14]使用3D Slicer软件对人体颌面部肌肉的MRI影像数据进行半自动重建, 得到

面部表情肌的大致走行和分布模型。由于口轮匝肌的特殊构成, 多组表情肌插入并参与构成口轮匝肌, 因此唇裂修复术后的功能状态恢复涉及多组与口轮匝肌相关的肌肉。本研究以4例不同类型的成年单侧唇裂患者的MRI影像数据为基础, 重建术前患者鼻唇部肌肉三维解剖结构形态, 并对动静态下裂隙侧和非裂隙侧多组鼻唇部肌肉的走行进行比较, 以深入解析单侧唇裂患者的鼻唇部肌肉解剖形态规律, 为进一步创新手术技术, 更好地恢复口周肌力平衡, 精细重建美学亚单位奠定基础。

1 材料和方法

1.1 研究对象

本研究共纳入1例正常成年人与4例成年单侧唇裂患者 (19~55岁), 所有患者均是2023年1—12月于四川大学华西口腔医院就诊的患者。4例唇裂患者分别被诊断为左侧微小型唇裂、左侧不完全性唇裂、右侧不完全性唇裂、左侧完全性唇裂, 所有患者除唇裂畸形外无其他颌面部发育畸形, 无颌面部外伤史、手术史; 正常成人颌面部无发育畸形, 无颌面部外伤史、手术史。本研究所有受试者均知情同意参与本研究。

1.2 数据收集

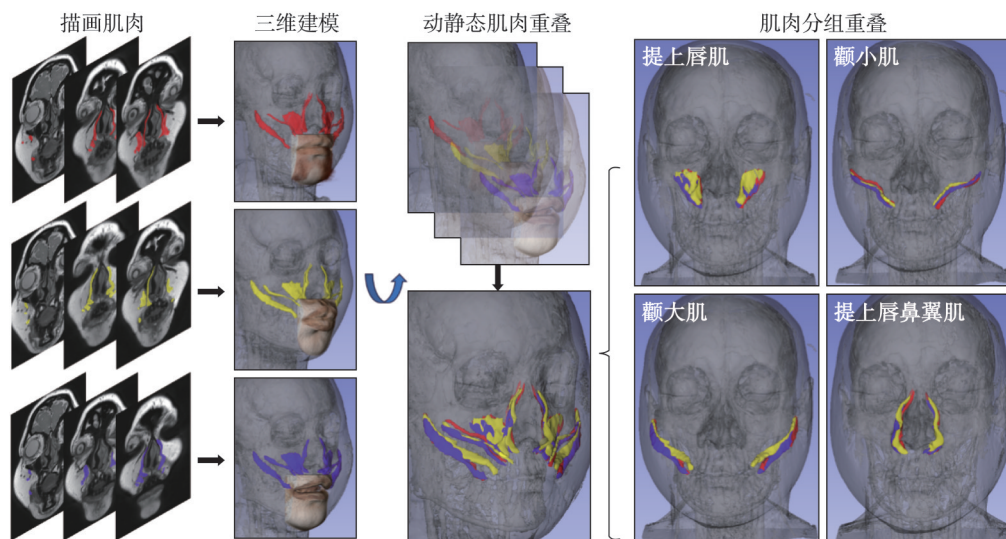
本研究使用西门子MAGNETOM Skyra VE11平台。2D核磁扫描参数如下: 轴位T2WI, 脉冲重复间隔时间 (TR) 2 500 ms, 回波时间 (TE) 82 ms, 矩阵 (Data Matrix) 256×256, 层厚 (Thickness) 0.6 mm, 视野 (Fov) 80 mm×80 mm, 激励次数 (Nex) 4。3D核磁扫描参数如下: TR 2 300 ms, TE 48 ms, 矩阵 256×256×192, Fov:

230 mm×230 mm×192 mm, Nex 1。对所纳入的研究对象分别在静态（上下唇自然闭合）、动态（嘟嘴和咧嘴）下进行MRI检测。检测前对受试者进行统一训练，尽量保证患者动作的一致：上下唇自然闭合动作是上下牙列咬合，唇部放松，上下唇接触；嘟嘴动作是上下牙列咬合状态下，上下唇闭合并尽量前伸；咧嘴动作是上下牙列咬合状态下，上下唇分开，两侧口角达上尖牙远中。每一位受试者共进行3次MRI检测，每次间隔10 min。

1.3 三维重建

将MRI数据导入3D Slicer软件（5.5.0）^[14-15]进

行分析和重建。在重建模型中，使用不同颜色标记并重叠3个动作下的相同肌肉，观察动静态下肌肉形态。根据解剖学报道^[10,16]，本研究初步纳入在上唇运动中发挥主要作用的提上唇肌、颧小肌、颧大肌、提上唇鼻翼肌作为三维重建及指标测量的对象。在3D Slicer软件应用General Registration (ANTs) 模块将动静态图像进行配准；在Segment editor 模块中调整视图阈值，根据不同组织信号差异重建皮肤三维图像，并逐帧描绘获得动静态鼻唇部肌肉的三维图像（层厚0.6 mm）；将静态和动态的肌肉三维图像重叠，观察肌肉形态的变化（图1）。



上下唇自然闭合、嘟嘴、咧嘴动作的皮肤模型和相应动作时提上唇肌、颧小肌、颧大肌、提上唇鼻翼肌的肌肉模型；红色、黄色、蓝色分别表示上下唇自然闭合、嘟嘴、咧嘴时的肌肉模型。

图 1 重建肌肉模型的重叠对比

Fig 1 Overlap comparison of reconstructed muscle models

1.4 测量指标

为了描述肌肉动静态下的位置变化及两侧同名肌肉在唇裂患者中的走行，选取肌肉起始部位最后方的外缘作为测量起始点；肌肉与口轮匝肌交界处最前方的外缘作为交界点（图2）。选取参考平面：以蝶鞍点、鼻根点和枕骨大孔前缘三点所在平面为正中矢状面，以眶耳平面为水平面。

本研究共检测4个指标，包括3个长度测量指标：动静态下交界点到正中矢状面的距离，用于定位所测肌肉相对口轮匝肌的位置；动静态下起始点到交界点的距离，表示大致的肌肉走行和长度；静态交界点到动态（嘟嘴、咧嘴）交界点的距离，代表不同动作下的肌肉运动程度。一个角度测量指标：静态交界点到动态（嘟嘴、咧嘴）交界点连线与水平面之间的角度，提示肌肉运动

的矢量方向^[16]（图3）。对所测得的唇裂患者的指标数值进行比较（裂隙侧数值/非裂隙侧数值），对正常人的指标数值进行比较（左侧数值/右侧数值）。

2 结果

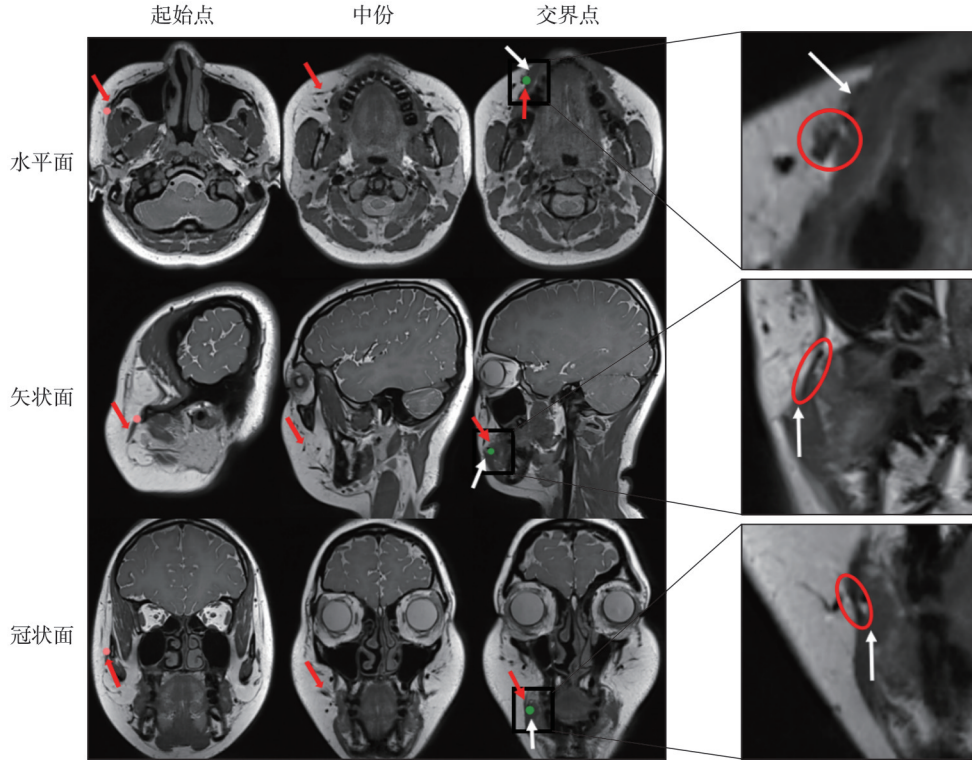
在重建模型中，变化显著的是颧大肌、颧小肌及提上唇肌，而提上唇鼻翼肌图像与鼻部肌肉、脂肪、皮肤的信号高度相似，图像分辨精度较低，故本研究最终对颧大肌、颧小肌以及提上唇肌共3组肌肉行进一步分析（图4、5）。

2.1 静态下不同唇裂类型提上唇肌、颧大肌、颧小肌的走行对比

正常人静态下两侧提上唇肌、颧小肌、颧大

肌形态对称, 交界点到正中矢状面、起始点到交界点的距离两侧相差较小。所有唇裂患者静态下的3组肌肉交界点到正中矢状面的距离均为裂隙侧大于非裂隙侧 ($L^*/L>1$), 且随着唇裂程度的加重, 相同肌肉的比值逐渐增大; 静态下同一唇裂

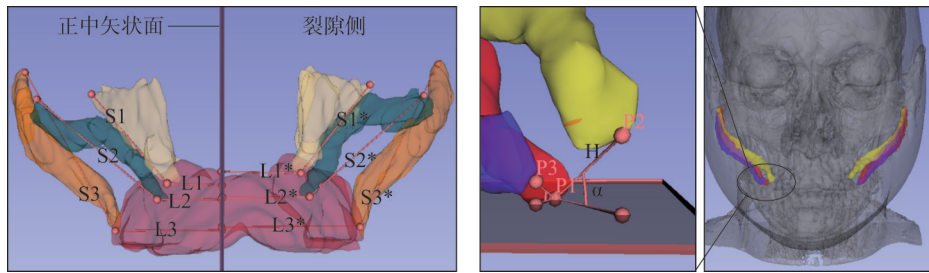
患者中, 颧小肌的比值最小 (表1)。静态下肌肉起始点到交界点的距离均为裂隙侧小于非裂隙侧 ($S^*/S<1$), 且随着唇裂程度的加重, 相同肌肉的比值逐渐减小; 在同一唇裂患者中颧小肌的比值要小于颧大肌和提上唇肌的比值 (表2)。



左图示截取右侧颧大肌走行中的3个位点: 颧大肌起始点、颧大肌中份、颧大肌交界点, 红色箭头所指为右侧颧大肌, 白色箭头所指为口轮匝肌; 右侧放大图中红圈所示为颧大肌, 白色箭头为口轮匝肌。

图 2 颧大肌在MRI图像上的走行

Fig 2 Zygomatic major muscle on MRI image



L^*/L 表示裂隙侧/非裂隙侧的肌肉交界点到正中矢状面的距离; S^*/S 表示裂隙侧/非裂隙侧的肌肉起始点到交界点的距离。左图中1、2、3分别表示提上唇肌、颧小肌、颧大肌; 右图中P1、P2、P3分别表示上下唇自然闭合、嘟嘴、咧嘴动作时肌肉的交界点, 可测得P1-P2、P1-P3连线的距离 H^*/H (裂隙侧/非裂隙侧) 及连线与水平面角度 α^*/α (裂隙侧/非裂隙侧)。

图 3 测量指标示意图

Fig 3 Schematic diagram of measurement indicators

2.2 动态 (嘟嘴、咧嘴) 下不同唇裂类型提上唇肌、颧大肌、颧小肌的对比

正常人嘟嘴、咧嘴时两侧肌肉形态对称。所有唇裂患者嘟嘴、咧嘴时肌肉交界点到正中矢状面的距离均为裂隙侧大于非裂隙侧 ($L^*/L>1$); 起

始点到交界点的距离均为裂隙侧小于非裂隙侧 ($S^*/S<1$) (表1、2)。

2.3 静态到动态过程中不同唇裂类型提上唇肌、颧大肌、颧小肌的形态变化

正常人从静态到嘟嘴、咧嘴动作时两侧肌肉

交界点连线的距离比值变化较大，而连线与水平面所呈角度相差较小。唇裂患者从静态到嘟嘴、咧嘴动作时肌肉交界点连线的距离比值也变化较

大，既有裂隙侧较大 ($H^*/H > 1$)，也有裂隙侧较小 ($H^*/H < 1$)；但交界点的连线与水平面所呈角度，均为裂隙侧较大 ($\alpha^*/\alpha > 1$) (表3、4)。

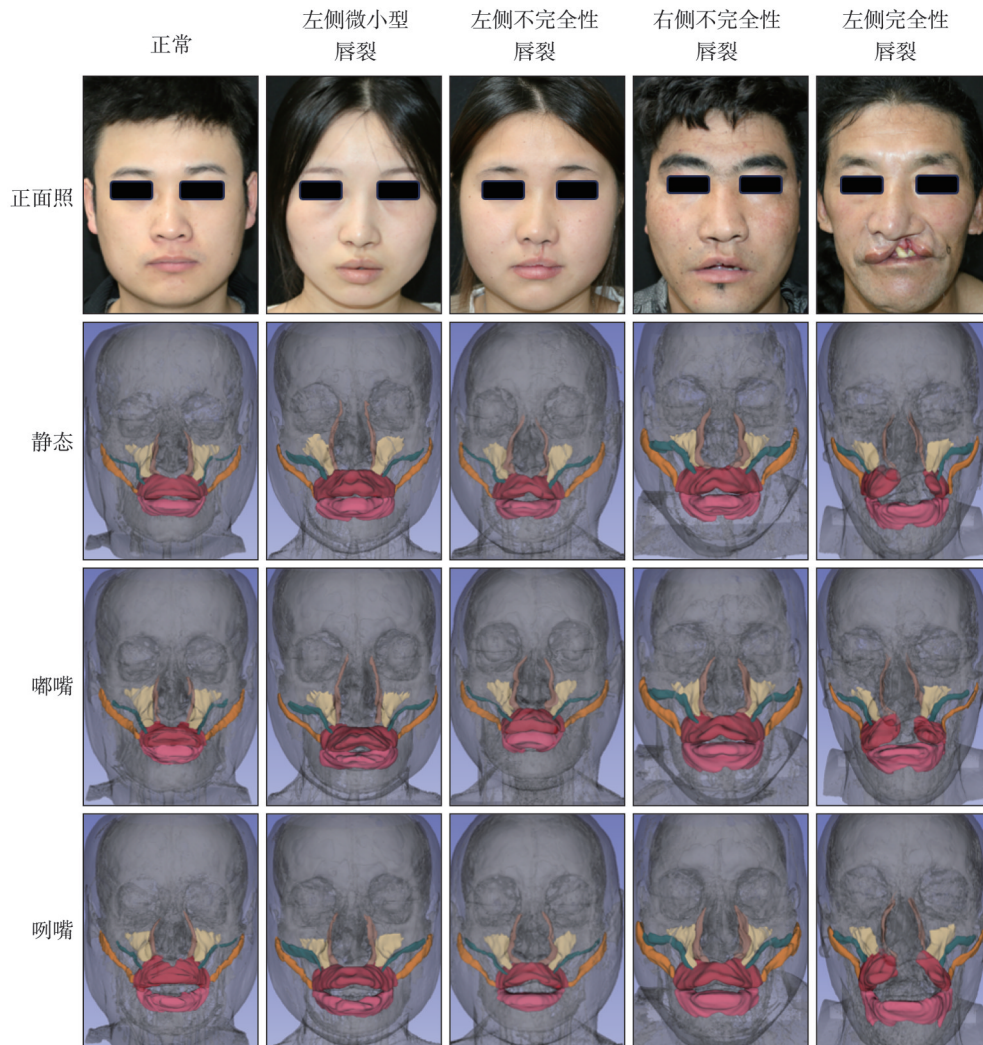
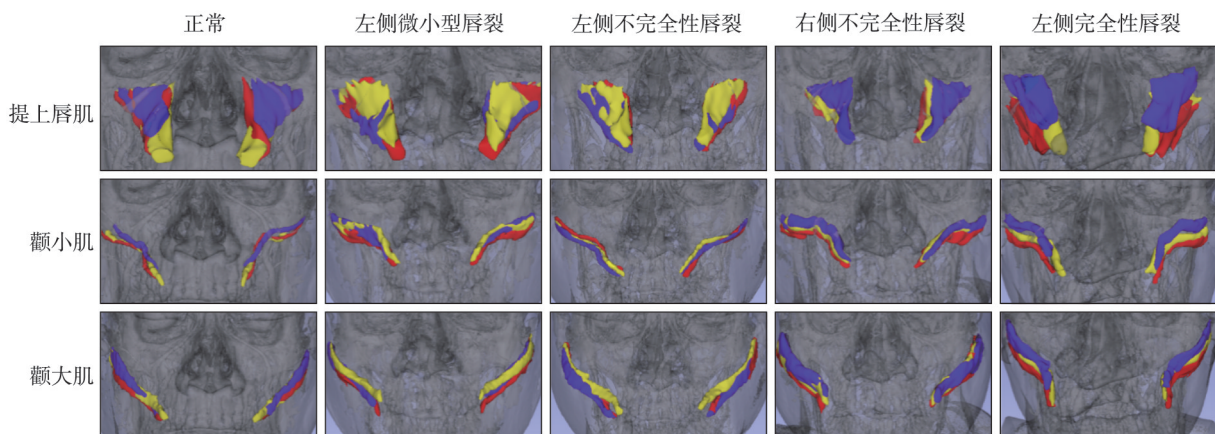


图 4 受试者正面照及肌肉重建模型

Fig 4 Frontal photos and muscle models of all subjects



红色色块表示上下唇自然闭合动作时的肌肉，黄色色块表示嘟嘴动作时的肌肉，蓝色色块表示咧嘴动作时的肌肉。

图 5 受试者肌肉模型在不同动作下的重叠比较

Fig 5 Overlap comparison of subjects' muscle models under different movements

表 1 肌肉交界点到正中矢状面的距离比值 (L*/L)

Tab 1 Distance ratio from junction point to median sagittal plane(L*/L)

类型	上下唇自然闭合			嘟嘴			咧嘴		
	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌
左侧微小型唇裂	1.03	1.02	1.03	1.06	1.06	1.05	1.03	1.04	1.03
左侧不完全性唇裂	1.08	1.08	1.09	1.10	1.04	1.15	1.01	1.05	1.11
右侧不完全性唇裂	1.13	1.08	1.12	1.24	1.15	1.22	1.28	1.07	1.19
左侧完全性唇裂	1.21	1.10	1.19	1.22	1.07	1.20	1.06	1.03	1.12
正常	1.00	0.99	1.01	1.01	1.01	0.99	1.03	1.01	1.02

表 2 肌肉起始点到交界点的距离比值 (S*/S)

Tab 2 Distance ratio from starting point to junction point(S*/S)

类型	上下唇自然闭合			嘟嘴			咧嘴		
	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌
左侧微小型唇裂	0.98	0.95	0.98	0.95	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97
左侧不完全性唇裂	0.98	0.95	0.96	0.96	0.90	0.96	0.91	0.98	0.98
右侧不完全性唇裂	0.96	0.93	0.95	0.92	0.96	0.93	0.97	0.98	0.93
左侧完全性唇裂	0.92	0.91	0.92	0.94	0.96	0.93	0.92	0.94	0.94
正常	1.02	1.01	0.99	1.00	0.98	1.00	1.01	0.99	1.01

表 3 静态到动态肌肉交界点连线的距离比值 (H*/H)

Tab 3 Distance ratio static and dynamic muscle junctions (H*/H)

类型	嘟嘴			咧嘴		
	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌
左侧微小型唇裂	1.31	1.14	1.11	0.74	1.05	1.33
左侧不完全性唇裂	1.89	0.93	0.90	1.83	1.14	0.81
右侧不完全性唇裂	0.91	1.64	1.63	1.28	1.68	1.30
左侧完全性唇裂	0.75	0.78	0.87	0.93	0.79	1.08
正常	0.79	0.96	1.35	1.60	1.57	0.70

表 4 静态到动态肌肉交界点连线与水平面所成角度的比值 (α^*/α)

Tab 4 Angle ratio between the line from static to the dynamic junction and the horizontal plane(α^*/α)

类型	嘟嘴			咧嘴		
	提上唇肌	颧小肌	颧大肌	提上唇肌	颧小肌	颧大肌
左侧微小型唇裂	1.14	1.21	1.44	1.22	1.69	1.17
左侧不完全性唇裂	1.34	1.78	1.14	1.27	1.22	1.35
右侧不完全性唇裂	1.42	1.59	1.35	1.33	1.31	1.10
左侧完全性唇裂	1.43	1.31	1.35	1.16	1.26	1.18
正常	0.97	1.00	0.97	1.08	1.00	1.02

3 讨论

唇裂肌肉的重建对于获得唇裂修复术后良好效果具有重要意义,而肌肉的解剖,尤其是动态下的结构变化对于唇裂外形的精细修复必不可少。尽管近些年来越来越多的医生在唇裂修复术中更加重视肌肉功能状态的恢复^[17-18],但是对术前唇裂患者肌肉动态的描述性研究尚且缺乏。

在现有影像技术中, MRI 具有更好地软组织区分度^[19]。本研究创新性地利用 MRI 影像学资料

对唇裂患者鼻唇部肌肉进行无创研究,描画比较了不同类型的唇裂患者裂隙侧与非裂隙侧动静态鼻唇部肌肉差异,有助于医师了解唇裂患者鼻唇部肌肉形态和功能的异常,针对不同类型的唇裂患者个性化实施手术。同时,本研究为评估唇裂患者术前术后裂隙侧和非裂隙侧肌肉功能状态,评价唇裂手术效果,构建动态唇部美学整复提供新思路。但是由于 MRI 拍摄时间较长,理解并维持唇部动作对于受试者来说具有一定的难度,所以本次研究只纳入成年病例。而随着医疗水平的发展,尚未经过唇裂手术的成年唇裂患者非常少

见, 导致本研究样本量较少, 并不能完全反映单侧唇裂患者肌肉解剖的变异类型。但鉴于肌肉解剖相对稳定, 且本研究纳入单侧唇裂3种分型, 病例类型完善, 所得结果仍具有研究意义。文献报道单侧唇裂患者出现口轮匝肌连续性的中断^[2-3], 肌肉的连续性会影响上颌骨的发育^[20-21], 因此, 在生长发育过程中, 若肌肉缺陷一直存在, 畸形程度可能会逐渐增加。本研究所示的成人单侧唇裂患者肌肉解剖规律在婴幼儿患者中也应存在, 但特征应较后者更为显著。

在所纳入的5例受试对象中, 正常人两侧肌肉走行及动静态之间的变化对称; 而4例唇裂患者的肌肉形态在动静态下两侧表现不对称。唇裂患者动静态下裂隙侧与非裂隙侧的提上唇肌、颧小肌以及颧大肌交界点到正中矢状面的距离比值大于1, 均是裂隙侧更大, 这与唇裂患者裂隙侧口轮匝肌走行异常相符合^[2-3], 当裂隙侧口轮匝肌肌束斜向上方时, 相比于正常, 交界点要向上外移动; 且在静态时表现出随唇裂程度的加重, 同名肌肉该比值出现增大的趋势, 即肌肉交界点相较于中线的不对称程度随着唇裂加重而加重, 提示为达到更好的术后效果, 需要在单侧唇裂的整复术中注意不同唇裂类型对面部表情肌相对中线的复位程度的影响。而在动态时仍然存在这种不对称性, 但是没有梯度变化, 可能是由于相同动作不同个体肌肉收缩程度不同所致。在同一唇裂患者中, 颧小肌相比于提上唇肌、颧大肌, 其交界点到正中矢状面的距离比值更小, 即颧小肌的对称性好于提上唇肌和颧大肌, 所以在修复术中, 除了关注患者唇裂类型, 还要注意肌肉类型, 不同肌肉复位程度应不同。

所有患者的3组肌肉动静态下起始点到交界点的距离均为裂隙侧小于非裂隙侧, 在直线距离上裂隙侧肌肉更短。直线距离可在一定程度上反应肌肉长度, 有研究^[22]指出裂隙侧面部肌肉质量不如非裂隙侧, 肌肉发育受到面部畸形的影响, 所以推测裂隙侧肌肉实际长度可能小于非裂隙侧。仅从本研究纳入的单侧唇裂患者来说, 静态下同名肌肉直线距离的比值随着唇裂程度的加重而呈梯度变化, 提示肌肉发育异常程度可能与面部畸形的严重性相关。在同一患者中, 颧小肌直线距离的比值相对于提上唇肌和颧大肌更小, 说明与非裂隙侧相比, 裂隙侧的3组肌肉中, 颧小肌长度发育异常相对更加严重。有报道^[23]称颧小肌的先天缺失率相比提上唇肌和颧大肌更高, 或许与唇

裂有一定的叠加效应进而影响肌肉的发生和发育。

从静态到动态, 3组肌肉交界点之间的连线距离比值在正常人及患者之间均在1上下明显浮动, 说明即使是相同的动作, 不同个体两侧面部肌肉运动时收缩程度仍不同。3组肌肉交界点连线与水平面所呈角度均为裂隙侧大于非裂隙侧, 即裂隙侧相比于非裂隙侧无论是在咧嘴还是咧嘴运动时肌肉交界点的运动轨迹都更接近垂直, 可能表现为唇裂患者两侧面部表情的不对称^[24]。以往研究表明唇裂患者裂隙侧肌肉走行及附着异常^[2-3, 22], 可导致肌肉收缩异常, 但是对于单侧唇裂修复术后患者恢复肌肉走行及附着, 却仍然存在面部不对称^[25], 本研究为解释这种现象提供一种可能, 即术中并没有完全正确恢复患者患侧表情肌插入口轮匝肌的位置及相关肌肉长度, 导致两侧肌肉收缩角度不对称。因此在唇裂整复术中需要注意面部表情肌正常功能状态的恢复, 以期达到术后患者面部表情整体正常, 且在评估术后患者表情肌功能状态时, 可以将动静态肌肉交界点运动角度作为检测指标。

以MRI影像学数据为基础描述唇裂患者鼻唇部肌肉动静态位置和形态是一种可行且有效的方法。本研究指出单侧唇裂患者面部鼻唇肌存在异常, 且可能表现出一定的规律性。对于单侧唇裂患者来说, 唇裂修复术对面部表情肌插入口轮匝肌的位置复位要根据唇裂类型、肌肉类型而设计, 且需要考虑到两侧肌肉长度的差异; 表情肌相对于口轮匝肌的位置恢复可能影响术后患者的表情功能。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Xue AS, Buchanan EP, Hollier LH. Update in unilateral cleft lip surgery[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2021, 148(2): 262e-274e.
- [2] De Mey A, Van Hoof I, De Roy G, et al. Anatomy of the orbicularis oris muscle in cleft lip[J]. *Br J Plast Surg*, 1989, 42(6): 710-714.
- [3] Park CG, Ha B. The importance of accurate repair of the orbicularis oris muscle in the correction of unilateral cleft lip[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1995, 96(4): 780-788.
- [4] Kernahan DA, Dado DV, Bauer BS. The anatomy of the orbicularis oris muscle in unilateral cleft lip based on a three-dimensional histologic reconstruction[J]. *Plast Re-*

- constr Surg, 1984, 73(6): 875-881.
- [5] Mooney MP, Siegel MI, Kimes KR, et al. Development of the orbicularis oris muscle in normal and cleft lip and palate human fetuses using three-dimensional computer reconstruction[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1988, 81(3): 336-345.
- [6] Oh TS, Choi JW, Koh KS. Upper lip asymmetry perception using three-dimensional anthropometry in patients with unilateral cleft lip deformity[J]. *J Craniofac Surg*, 2011, 22(6): 2080-2083.
- [7] Hallac RR, Feng J, Kane AA, et al. Dynamic facial asymmetry in patients with repaired cleft lip using 4D imaging (video stereophotogrammetry)[J]. *J Cranio-Maxillofac Surg*, 2017, 45(1): 8-12.
- [8] Al-Rudainy D, Ju X, Mehendale F, et al. Assessment of facial asymmetry before and after the surgical repair of cleft lip in unilateral cleft lip and palate cases[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2018, 47(3): 411-419.
- [9] Wu J, Yin N. Anatomy research of nasolabial muscle structure in fetus with cleft lip: an iodine staining technique based on microcomputed tomography[J]. *J Craniofac Surg*, 2014, 25(3): 1056-1061.
- [10] Bo C, Ningbei Y. Reconstruction of upper lip muscle system by anatomy, magnetic resonance imaging, and serial histological sections[J]. *J Craniofac Surg*, 2014, 25(1): 48-54.
- [11] Gosain AK, Amarante MT, Hyde JS, et al. A dynamic analysis of changes in the nasolabial fold using magnetic resonance imaging: implications for facial rejuvenation and facial animation surgery[J]. *Plast Reconstr Surg*, 1996, 98(4): 622-636.
- [12] Kleinheinz J, Joos U. Imaging of cartilage and mimic muscles with MRI: anatomic study in healthy volunteers and patients with unilateral cleft lip and palate[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2001, 38(4): 291-298.
- [13] Perry JL, Kuehn DP, Sutton BP. Morphology of the levator veli palatini muscle using magnetic resonance imaging[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2013, 50(1): 64-75.
- [14] Olszewski R, Liu Y, Duprez T, et al. Three-dimensional appearance of the lips muscles with three-dimensional isotropic MRI: *in vivo* study[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2009, 4(4): 349-352.
- [15] Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, et al. Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2002, 31(4): 349-357.
- [16] Zabojska J, Thrikutam N, Tolley P, et al. Relational anatomy of the mimetic muscles and its implications on free functional muscle inset in facial reanimation[J]. *Ann Plast Surg*, 2018, 81(2): 203-207.
- [17] Jiang C, Zheng Y, Ma H, et al. Muscle flap reconstruction based on muscle tension line groups to repair the philtrum of patients with microform cleft lip or secondary cleft lip[J]. *J Craniofac Surg*, 2022, 33(2): 440-443.
- [18] Huang H, Han Y, Akinade T, et al. Force balance reconstruction of the orbicularis oris in unilateral incomplete cleft lip[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2020, 73(9): 1717-1722.
- [19] Lee K, Shin Y, Huh J, et al. Recent issues on body composition imaging for sarcopenia evaluation[J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(2): 205-217.
- [20] Yang F, Bian W, Fu R, et al. The perioral muscle continuum affects premaxillary development in Wistar rats[J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(11): 12364-12374.
- [21] Pierantoni M, Le Cann S, Sotiriou V, et al. Muscular loading affects the 3D structure of both the mineralized rudiment and growth plate at early stages of bone formation[J]. *Bone*, 2021, 145: 115849.
- [22] Breitsprecher L, Fanghänel L, Noe A, et al. The functional anatomy of the muscles of facial expression in humans with and without cleft lip and palate. A contribution to refine muscle reconstruction in primary cheilo- and rhinoplasties in patients with uni- and bilateral complete CLP[J]. *Ann Anat*, 2002, 184(1): 27-34.
- [23] Farahvash MR, Abianeh SH, Farahvash B, et al. Anatomic variations of midfacial muscles and nasolabial crease: a survey on 52 hemifacial dissections in fresh Persian cadavers[J]. *Aesthet Surg J*, 2010, 30(1): 17-21.
- [24] Trotman CA, Faraway JJ, Losken HW, et al. Functional outcomes of cleft lip surgery. Part II: quantification of nasolabial movement[J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2007, 44(6): 607-616.
- [25] Seaward JR, Ainuz BY, Zhao C, et al. Three-dimensional motion capture of a smile in repaired unilateral cleft lip: what's our vector, victor[J]. *J Craniofac Surg*, 2022, 33(2): 469-474.