

解剖复位和游离复位治疗髁突骨折的实验研究

王金鹏 杨国军 黎昌学 陈筱雪 朱 慧 赵 格

摘 要 **目的** 比较髁突骨折后翼外肌解剖复位与髁突游离复位的骨折愈合情况。**方法** 24 只新西兰兔随机分为两组,建立下颌骨髁颈骨折模型,一组行髁突游离复位,另一组行翼外肌解剖复位。术后 2、4、6、8 周动物颈部血管灌注墨汁后处死,测量两侧髁突前后径、内外径。术侧髁突切片、HE 染色后观察分析髁突增殖层、微血管数目及骨参数的变化。**结果** 术侧与健侧比较,髁突游离复位组髁突内外径 4、6、8 周术侧减小($P < 0.05$),翼外肌解剖复位组各时间点比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);两侧髁突前后径比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。微血管数目比较髁突游离复位组各时间点均少于翼外肌解剖复位组($P < 0.05$)。除 2 周时 Tb.N 外,两组其余骨参数比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 临床中保留翼外肌对骨折愈合和功能恢复具有重要意义。

关键词 髁突骨折 髁突-翼外肌解剖复位 髁状突游离复位 血供重建 骨折愈合

中图分类号 R78

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2020.07.029

Experimental Study on Anatomic Reduction of Lateral Pterygoid Muscle and Condylar Free Reduction for Condylar Fracture. Wang Jin-peng, Yang Guojun, Li Changxue, et al. Department of Stomatology, The First Affiliated Hospital, Shihezi University School of Medicine, Xinjiang 832008, China

Abstract **Objective** To compare the fracture healing of keep lateral pterygoid muscle anatomic reduction with condylar free reduction in the treatment of condylar fractures. **Methods** Twenty-four New Zealand rabbits were randomly divided into two group to mandibular condylar neck fracture model was established. one team keep the lateral pterygoid muscle, the other excise it. Cervical vascular perfusion was done with ink before animals executed after operation 2, 4, 6 and 8 weeks. Bilateral anteroposterior and mediolateral condylar diameters measured. Changes of operation side condylar proliferating layer, microvessel number and bone parameters were observed and analyzed after slices and HE staining. **Results** The mediolateral condylar diameters of operation side were significantly smaller than health side in condylar free reduction group at the 4, 6, 8 weeks ($P < 0.05$), but there was no statistical difference in the anteroposterior condylar diameters at each time point ($P > 0.05$). There were no significant differences in the anteroposterior and mediolateral condylar diameters of the anatomic reduction lateral pterygoid muscle group compared between the operation side and health side ($P > 0.05$). The number of microvessel in condylar free reduction group were smaller than those in anatomic reduction lateral pterygoid muscle group ($P < 0.05$). There were significant differences in BV/TV, Tb. Th, Tb. Sp between the condylar free reduction group and the anatomic reduction lateral pterygoid muscle group (all $P < 0.05$), and the Tb. N were significantly differences between two groups at the 4, 6, 8 weeks ($P < 0.05$). **Conclusion** When the condyle is fractured it should keep lateral pterygoid muscle as possible, which is important in the fracture healing and functional recovering of mandibular.

Key words Condylar fracture; Anatomic reduction lateral pterygoid muscle; Condylar free reduction; Blood supply reconstruction; Fracture healing

髁突骨折创伤及手术治疗难度较大,若处理不当,则会导致多种临床并发症发生,影响患者颞颌关节功能和面型^[1]。恢复颌面外形及颞颌关节功能是手术治疗的主要目的^[2]。手术复位方法,以翼外肌

解剖复位和髁突游离复位为主^[3]。以往研究多是两种复位方式临床疗效的比较,实验研究尤其是愈合过程的研究甚少。本研究以新西兰大白兔构建髁突颈部横行骨折动物模型,分别进行翼外肌解剖复位和髁突游离复位。通过髁突测量和组织学分析,对两种复位方式的愈合过程进行比较研究,为临床工作提供切实依据。

材料与方法

1. 实验动物分组:健康成年新西兰大白兔 24 只,

基金项目:石河子大学医学院第一附属医院重点基金资助项目(ZD201704)

作者单位:832000 石河子大学医学院第一附属医院口腔科

通讯作者:黎昌学,主任医师,硕士生导师,电子信箱:lichangxue100@163.com

体质量 2.3~2.5 kg,由笔者医院动物中心提供,实验动物许可证号为 SYXK(新)2015-0003。按完全随机法分为髁突游离复位组和翼外肌解剖复位组,每组 12 只。

2. 动物模型建立:动物称重,肝素生理盐水(10U/ml)冲洗过的留置针建立耳缘静脉通道,1%丙泊酚缓慢静脉注射,初始剂量为 1ml/kg,至角膜反射消失即麻醉成功。术中角膜反射恢复,追加麻药 0.2ml/kg^[4]。动物麻醉后行右侧 TMJ 及颌下区备皮,消毒铺巾,2%利多卡因局部注射。做耳屏前切

口,逐层分离,暴露下颌升支及髁突。自髁突下 1cm 以 TF-11 车针横行截骨。髁突游离复位组仔细剥离软组织后取出髁突,将其回植原处完全复位;翼外肌解剖复位组确认骨折,轻拉髁突侧所截骨段,模拟临床骨折所造成的关节腔损伤。TF-11 车针钻通骨质制备钉洞,微型钛板固定,青霉素生理盐水冲洗术腔后缝合,拍摄 CT 确认髁突复位(图 1)。术后不做颌间固定,3 日内每日给予青霉素 30 万单位肌内注射。软食喂养 1 周后改为常规饲料。术后 7 天拆线,所有动物无意外死亡。

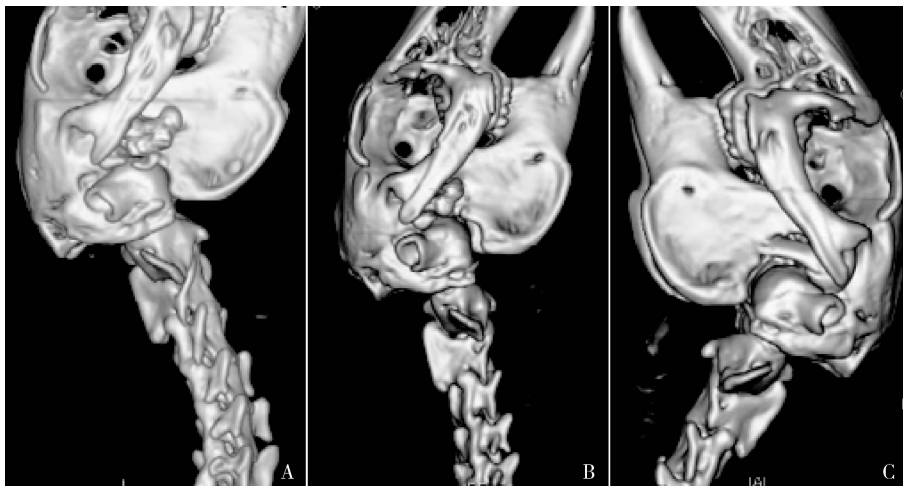


图 1 骨折复位固定后 CT 三维重建图像

A. 髁突游离复位组;B. 翼外肌解剖复位组;C. 健侧未行手术图像

3. 血管墨汁灌注及髁突测量:术后 2、4、6、8 周两组各 3 只动物麻醉后行双侧颈动、静脉插管。肝素生理盐水(10U/ml)缓慢注入动脉管,待流出静脉管液体清亮后,结扎静脉,缓慢注入墨汁。等动物头部均匀变黑后解剖出双侧髁突,游标卡尺(精确度为 0.02mm)测量两侧髁突前后径、内外径。

4. 组织学分析:术侧髁突以 10% 甲醛溶液固定 1 周,流水冲洗,10% EDTA 脱钙 3 周。脱水,石蜡包埋,矢状位切片,片厚约 5 μ m,HE 染色。光镜观察组织结构变化并用 AJ-VERT 软件采集图像后以 Image Pro Plus 6.0 软件进行分析。

5. 统计学方法:采用 SPSS 24.0 统计学软件对数据进行统计分析,实验数据以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。同一时间点两样本比较采用 t 检验,组间两两比较采用 SNK- q 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 髁突测量结果:动物术侧与健侧髁突内外径、前后径分组比较:髁突内外径髁突游离复位组 4、6、8 周术侧减小($P < 0.05$),翼外肌解剖复位组各时间点比较差异无统计学意义($P > 0.05$),两组髁突前后径两侧比较差异无统计学意义($P > 0.05$),详见表 1。

表 1 术后每周髁突标本测量结果比较 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

组别	测量结果 (mm)	术后 2 周		术后 4 周		术后 6 周		术后 8 周	
		术侧	健侧	术侧	健侧	术侧	健侧	术侧	健侧
髁突游离 复位组	髁突内外径	5.48 $\pm$ 0.04	5.51 $\pm$ 0.03	5.45 $\pm$ 0.03 [*]	5.53 $\pm$ 0.04	5.31 $\pm$ 0.03 [*]	5.54 $\pm$ 0.05	5.21 $\pm$ 0.03 [*]	5.39 $\pm$ 0.05
	髁突前后径	12.13 $\pm$ 0.19	12.17 $\pm$ 0.20	12.11 $\pm$ 0.33	12.15 $\pm$ 0.34	12.06 $\pm$ 0.29	12.11 $\pm$ 0.27	12.05 $\pm$ 0.34	12.12 $\pm$ 0.29
翼外肌解剖 复位组	髁突内外径	5.54 $\pm$ 0.05	5.57 $\pm$ 0.06	5.57 $\pm$ 0.04	5.64 $\pm$ 0.05	5.50 $\pm$ 0.05	5.53 $\pm$ 0.06	5.43 $\pm$ 0.03	5.49 $\pm$ 0.04
	髁突前后径	12.16 $\pm$ 0.22	12.21 $\pm$ 0.24	12.17 $\pm$ 0.41	12.22 $\pm$ 0.39	12.14 $\pm$ 0.17	12.19 $\pm$ 0.15	12.09 $\pm$ 0.23	12.16 $\pm$ 0.27

与健侧比较,^{*} $P < 0.05$

2. 术侧髌突增殖层观察结果:髌突游离复位组术后 2 周增殖层未见明显变化,术后 4 周开始增厚,术后 6 周较 4 周时明显增厚、细胞密集,术后 8 周增殖层仍较厚。翼外肌解剖复位组术后 2 周增殖层增厚、细胞增多,术后 4 周增厚更加明显,术后 6 周增殖层厚度较前稍薄,术后 8 周基本恢复正常。

3. 微血管计数:术侧标本随机抽取 3 张切片。低倍镜(×40)下挑选切片墨汁分布较的 3 个区域,高倍镜(×200)下对此区域进行图像采集后计数微血管数目。术后各周翼外肌解剖复位组微血管数均高于髌突游离复位组($P<0.05$),详见表 2、图 2。

表 2 术后各周微血管数目比较($\bar{x} \pm s, n = 27$)

组别	2 周	4 周	6 周	8 周
翼外肌解剖复位组	12.26 ± 3.35	16.52 ± 3.61	12.48 ± 4.25	10.29 ± 3.19
髌突游离复位组	5.63 ± 2.06 *	11.30 ± 3.16 *	10.30 ± 3.07 *	8.48 ± 3.06 *

与翼外肌解剖复位组比较, * $P<0.05$

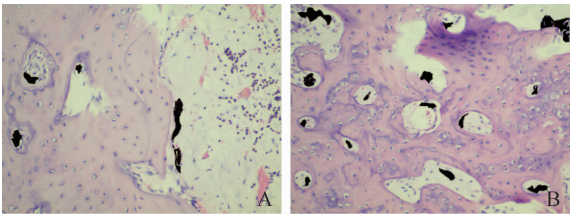


图 2 2 周时两组术侧髌突血管墨汁灌注 (HE, ×200)

A. 髌突游离复位组; B. 翼外肌解剖复位组

4. 骨参数分析:术侧标本随机抽取 3 张切片,光镜下(×100)采集 3 个不重叠区域软骨下骨图像后测量骨面积(B. Ar, μm^2)、总组织面积(T. Ar, μm^2)和骨小梁周长(B. Pm, μm)。按 Parfitt^[5]方法利用数

据计算可得骨参数:骨体积分数($\text{BV/TV} = (\text{B. Ar/T. Ar}) \times 100\%$),数值升高有利于骨修复;骨小梁平均厚度($\text{Tb. Th} = (\text{B. Ar/B. Pm}) (\pi/2)$),数值减少提示骨质疏松;骨小梁数量($\text{Tb. N} = (\text{B. Pm/T. Ar}) \times 1000$),数值越大骨量越多;骨小梁离散度($\text{Tb. Sp} = (\text{T. Ar} - \text{B. Ar})/\text{B. Pm}$),数值越大提示骨吸收可能越大。术后两组比较,骨体积分数、骨小梁平均厚度各时间点髌突游离复位组均比翼外肌解剖复位组小($P<0.05$);骨小梁数量 2 周时两组比较,差异无统计学意义($P>0.05$),其余各周翼外肌解剖复位组 > 髌突游离复位组($P<0.05$);骨小梁离散度各时间点髌突游离复位组均比翼外肌解剖复位组大($P<0.05$),详见表 3、图 3。

表 3 术后各周骨参数测量($\bar{x} \pm s, n = 27$)

组别	术后时间	BV/TV	Tb. Th(μm)	Tb. N(1/μm)	Tb. Sp(μm)
翼外肌解剖复位组	2 周	0.46 ± 0.02	18.70 ± 0.84	38.40 ± 2.23	13.73 ± 1.66
	4 周	0.58 ± 0.02	21.82 ± 2.08	44.04 ± 2.75	9.94 ± 2.15
	6 周	0.62 ± 0.02	29.95 ± 2.86	33.53 ± 2.32	11.95 ± 2.21
	8 周	0.64 ± 0.01	36.13 ± 2.50 *	32.39 ± 2.71	10.19 ± 2.39
髌突游离复位组	2 周	0.44 ± 0.03 *	17.78 ± 1.19 *	38.80 ± 3.69	14.93 ± 2.05 *
	4 周	0.51 ± 0.04 *	20.30 ± 3.18 *	39.96 ± 4.11 *	12.43 ± 3.94 *
	6 周	0.54 ± 0.21 *	27.13 ± 3.39 *	30.23 ± 4.07 *	15.63 ± 3.17 *
	8 周	0.58 ± 0.13 *	31.19 ± 1.64	25.63 ± 2.90 *	16.12 ± 4.09 *

与翼外肌解剖复位组比较, * $P<0.05$

讨 论

翼外肌解剖复位和髌突游离复位是髌突骨折手术的基本方式,是否将翼外肌复位是其主要区别。合适的手术入路和复位方法可以更快更好地使患者恢复关节运动和功能。颞颌关节的功能、运动由关节窝-关节盘-髌突-韧带-翼外肌组成的复合体协

调产生。其中翼外肌不仅直接牵引髌突运动,还进入关节盘-囊复合体与髌突共同构成盘-髌复合体,在张口运动时发挥重要作用。由于在颞颌关节供血中占有重要地位,其功能活性还与髌突增殖密切相关。因致骨折外力的位置、方向,骨折断端受周围肌肉牵拉及下颌支推压等原因,髌突骨折复杂多样,并

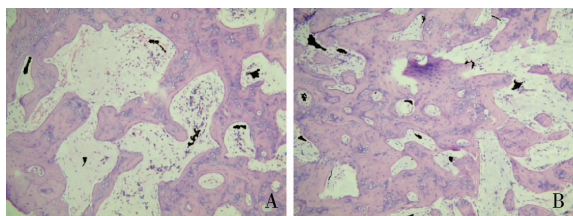


图3 8周时两组术侧髌突骨小梁及周围成骨细胞(HE, ×100)

A. 髌突游离复位组; B. 翼外肌解剖复位组

且髌突周围解剖结构复杂,因此翼外肌解剖复位要比髌突游离复位更加精细和困难。鉴于髌突骨折的复杂和手术复位的困难,目前对于复位方式选择尚无统一标准。

血供对骨折愈合至关重要。下颌骨周围组织代偿能力强大,在正常血供被破坏后,能由侧支循环、组织内血管扩张及增生等方式代偿。翼外肌解剖复位因周围软组织存在,早期能迅速代偿,以后通过骨折附近组织内毛细血管增生和局部血管床增大,使骨折组织尽快修复,愈合过程与正常骨折一致。而髌突游离复位丧失血供,本质是自体骨游离移植,骨折愈合必须经历再血管化过程。愈合时髌突有3种作用^[6]: (1)骨传导:作为支架,在破骨细胞吸收坏死移植骨同时,允许宿主骨床新生血管和骨系细胞长入,产生新生骨组织取代死骨愈合。(2)骨诱导:刺激宿主骨周围组织细胞,分化为成骨细胞,促进骨修复。(3)骨生成:自身组织分化为成骨细胞,参与成骨。愈合时新生血管不仅是物质运输通道,还帮助再植髌突获得修复调控因子,其生成发生在骨再生之前。Vesnaver^[7]研究发现,骨折块附着翼外肌时影像检查提示骨折块愈合良好,剥离时骨折块吸收,证明翼外肌血供的重要性。

本研究通过对微血管计数证实翼外肌复位血运恢复比髌突游离复位更早更快。而血管不仅为组织供给营养,血管壁上细胞还分化为成纤维细胞、成骨细胞和破骨细胞,促进骨折愈合。Barou等^[8]研究认为微血管数目与骨小梁形成具有线性关系,因此骨改建需要一定的血管数量和密度。本研究通过对两组动物髌突标本测量及骨参数分析证明髌突游离复位骨折愈合速度比翼外肌解剖复位慢,骨吸收程度也更高。临床研究同样证明髌状突游离复位术后髌突吸收率较高,部分患者预后不佳,但并非所有影像异常者都有临床症状,这与颞颌关节较强的适应和改建能力有关。术后髌突因吸收致外形改变,但会逐渐改建来

适应关节窝。

翼外肌在稳定盘-突关系中也具有重要地位。翼外肌正常收缩避免了关节盘在关节运动时损伤。但髌突游离移植完全破坏了翼外肌及关节韧带附着,使关节盘不能准确复位,对关节功能会造成影响。蔡怡华等^[9]研究认为髌突骨折游离复位后,关节盘在翼外肌牵引下仍可能前移,导致骨关节炎和髌突吸收发生。髌突表面结构由关节滑液提供营养。滑液中透明质酸是主要成分,起润滑、营养和保护关节表面结构作用。Vranis等^[10]研究发现,骨折后髌突吸收和形态异常与透明质酸浓度下降有关。Nagori等^[11]研究认为翼外肌解剖复位可短期内实现关节功能重建,增加透明质酸分泌,减轻髌突吸收。髌突生长和改建的中心是表面增殖层。

骨折后增殖层的增厚意味着营养物质的供给和髌突改建的开始。本研究通过对增殖层观察发现翼外肌复位更早的实现颞颌关节的修复和改建。刘杨等^[12]研究发现,术后6个月髌突游离复位组关节弹响发生率高于翼外肌解剖复位组。关节弹响发生与关节结构紊乱、翼外肌功能不协调、关节面不光滑及关节液不足有关。因此翼外肌解剖复位不仅能改善局部血供,还能加快关节功能修复。此外翼外肌还与关节运动和肌肉协调相关。骨折后翼外肌损伤,会影响开闭口运动和咀嚼肌平衡^[13]。髌突骨折患者手术仅将髌突复位,只完成了关节结构修复,而关节运动和咀嚼肌功能的协调性未能重建。并且术中剥离翼外肌,再附着时附着位置会改变,可能引起下颌偏斜及侧方运动受限^[14]。徐兵等^[15]对髌突骨折术后翼外肌进行肌电检测发现,翼外肌解剖复位者肌电基本恢复,而未能复位者则基本测不到。因此术中保留翼外肌,可以帮助翼外肌和关节盘复位,以保持关节运动对称性和咀嚼肌功能协调性,实现精确的解剖复位,使颞颌关节尽可能维持正常功能。但骨折片受翼外肌牵拉移位,手术时盲目寻找,过度追求翼外肌解剖复位可能会损伤颌内动静脉。而且不是所有髌突骨折都可进行翼外肌解剖复位。当发生于颈部或关节囊内高位髌突骨折和纵行骨折时应首选髌突游离复位。此时因翼外肌牵拉骨折片使其移位,导致局部解剖结构限制,难以进行翼外肌复位^[16]。

为减轻局部解剖结构限制,朱耀旻等^[17]对髌突高位骨折经耳屏前入路进行解剖复位,效果优于经颌下或颌后入路。但耳前入路暴露范围也有限,同时术中复位和固定困难较大,并且手术切口离面神经较

近,而面神经无明显解剖标志可循,对术者要求较高,损伤风险较大。Choi^[18]研究发现,高位髁突骨折患者,经颌下或颌后入路进行游离复位效果优于解剖复位。但王国庆^[19]则认为当髁突颈部高位骨折合并严重移位、脱位时,不论哪种手术入路,正确复位和固定都比较困难。交通事故是髁突骨折的主要致伤原因,其作用力强大,所致骨折可能翼外肌复位极少甚至完全丧失或髁突粉碎性骨折,只能游离状态进行骨折复位。此外陈旧性髁突骨折,髁突被纤维组织包裹、粘连,难以进行翼外肌解剖复位,只能将周围组织切开取出髁状突后游离再植。

综上所述,本研究通过对髁突骨折后两种复位方法的愈合情况进行比较,证明保留翼外肌时骨折愈合更快更好。鉴于髁突骨折的复杂性和翼外肌的重要功能。许多研究者尝试在保留翼外肌功能的前提下进行颞颌关节重建取得了良好的手术效果。王翔宇等^[20]对 3 例患者在自体骨移植的同时保留翼外肌附着,手术效果满意。因此髁状突手术治疗时保留翼外肌附着对骨折愈合和关节功能恢复至关重要,但对于难以保留者,髁突游离复位也不失为一种方法。

参考文献

- Conci RA, Tomazi, Flávio Henrique Silveira, *et al.* Modified submandibular access for open reduction and internal rigid fixation in condylar fractures[J]. J Craniofac Surg, 2015, 26(1): 232-234
- Roychoudhury A. Undiagnosed pediatric condylar fractures and ankylosis of the temporomandibular joint[J]. Nat J Maxillofac Surg, 2014, 5(2): 107-108
- 常财旺, 杨乐, 孟志兵, 等. 下颌升支合并髁状突游离精确复位再植治疗髁状突高位粉碎性骨折[J]. 口腔医学, 2013, 33(8): 570-572
- Mazaheri - Khameneh R, Sarrafzadeh - Rezaei F, Asri - Rezaei S, *et al.* Comparison of time to loss of consciousness and maintenance of anesthesia following intraosseous and intravenous administration of propofol in rabbits[J]. J Am Veterin Med Assoc, 2012, 241(1): 73-80
- Parfitt AM, Drezner MK, Glorieux FH, *et al.* Bone histomorphometry: standardization of nomenclature, symbols, and units. report of the asb-

- mr histomorphometry nomenclature committee[J]. J Bone Miner Res, 1987, 2(6): 595-610
- 任婕, 孔祥波, 余杨杨, 等. 取骨钻取自体骨混合同种异体骨在口腔种植中的应用[J]. 实用医学杂志, 2019, 35(11): 1789-1793
- Vesnaver A. Open reduction and internal fixation of intra-articular fractures of the mandibular condyle: our first experiences[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2008, 66(10): 2123-2129
- Barou O, Mekraldi S, Vico L, *et al.* Relationships between trabecular bone remodeling and bone vascularization: a quantitative study[J]. Bone (New York), 2002, 30(4): 612
- 蔡怡华, 何冬梅. 下颌骨髁突骨折治疗后遗症及原因分析[J]. 中国实用口腔科杂志, 2013, 6(3): 140-143
- Vranis NM, Mundinger GS, Bellamy JL, *et al.* Extracapsular mandibular condyle fractures are associated with severe blunt internal carotid artery injury[J]. Plast Reconstruct Surg, 2015, 136(4): 811-821
- Nagori SA, Jose A, Bhutia O, *et al.* Undiagnosed mandibular condylar fractures causing temporomandibular joint ankylosis: a problem in northern india[J]. Nat Med J India, 2014, 27(5): 251-255
- 刘杨, 王毅, 胡磊, 等. 髁突-翼外肌解剖复位与游离复位治疗髁状突骨折的疗效比较[J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(12): 2317-2320
- Parasa SK, Bidkar PU, Parida S. Acute normovolemic hemodilution to avoid blood transfusion during intracranial aneurysm surgery in a patient with atypical antibodies[J]. Anesth Essays Res, 2016, 10(1): 136-138
- 李军. 颌面部骨折 61 例临床分析[J]. 广东医学院学报, 2013, 31(3): 302-304
- 徐兵, 姚隆浩, 唐友盛, 等. 翼外肌-髁状突骨折开放手术功能恢复的关键[J]. 口腔颌面外科杂志, 2001, 11(1): 26-29
- 陈睿, 杨凯, 李雯娟, 等. 拉力螺钉在髁状突囊内矢状骨折中的临床应用及疗效观察[J]. 重庆医学, 2015, 44(1): 50-51, 54
- 朱耀旻, 郑苍尚, 邓永强, 等. 髁突骨折分型及手术治疗 50 例临床分析[J]. 中华口腔医学研究杂志: 电子版, 2012, 6(2): 182-186
- Choi MG. Transmasseteric antero-parotid facelift approach for open reduction and internal fixation of condylar fractures[J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2015, 41(3): 149-155
- 王国庆. 下颌升支垂直截骨在髁状突骨折治疗中的应用[J]. 口腔医学, 2002, 22(4): 217-218
- 王翔宇, 白果, 董敏俊, 等. 保存翼外肌附着的颞下颌关节肋骨-肋软骨移植重建术效果评价[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2018, 16(5): 420-424

(收稿日期: 2019-10-28)

(修回日期: 2020-02-22)

(上接第 30 页)

- Liu G, Zhou L, Zhang H, *et al.* Regulation of hepatic lipogenesis by the zinc finger protein Zbtb20[J]. Nat Commun, 2017, 8: 14824
- Zhang H, Shi JH, Jiang H, *et al.* ZBTB20 regulates EGFR expression and hepatocyte proliferation in mouse liver regeneration[J]. Cell Death Dis, 2018, 9(5): 462
- Qu Z, Zhang H, Huang M, *et al.* Loss of ZBTB20 impairs circadian output and leads to unimodal behavioral rhythms[J]. Elife, 2016, 5: e17171
- 周光迪, 麻献华, 张晔, 等. 抗新型锌指蛋白 ZBTB20 单克隆抗体的制备和鉴定[J]. 中国病理生理杂志, 2010, 26(3): 617-619, 624
- Santosh KM, Nitish K, Gautam K, *et al.* Recombinant human inter-

- feron regulatory factor-1 (IRF-1) protein expression and solubilisation study in Escherichia coli[J]. Mol Biol Rep, 2018, 45(5): 1367-1374
- Tao H, Liu W, Simmons BN, *et al.* Purifying natively folded proteins from inclusion bodies using sarkosyl, Triton X-100, and CHAPS[J]. Biotechniques, 2010, 48(1): 61-64
- Padhiar AA, Chanda W, Joseph TP, *et al.* Comparative study to develop a single method for retrieving wide class of recombinant proteins from classical inclusion bodies[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2018, 102(5): 2363-2377

(收稿日期: 2020-02-11)

(修回日期: 2020-02-23)