

新西兰兔下颌骨牵引成骨早期拆除牵引装置植入钛钉对新骨形成的影响

吴 章¹ 李泽毓¹ 赵贵然² 翟江云² 姚玉胜^{1△}

(锦州医科大学, 1 附属第三医院口腔科, 2 附属第一医院口腔科, 锦州 121001)

摘要 目的: 利用锥形束CT (CBCT) 研究新西兰兔下颌骨矩形截骨后, 早期拆除牵引装置植入钛钉对新骨形成的影响, 探讨牵引成骨早期拆除牵引装置的可能性。**方法:** 新西兰兔下颌骨矩形截骨 12 mm×4 mm, 植入自制牵引装置。牵引 5 d 后, 随机分为稳定 4 周、稳定 8 周、钛钉植入 3 组。前 2 组分别于稳定期 4 周、8 周时处死动物; 钛钉植入组, 稳定期 4 周时, 取出牵引器植入钛钉, 4 周后处死动物; 拍摄 CBCT 和 X 线片。**结果:** 兔下颌骨垂直高度平均增加 (2.25±0.41) mm。稳定 4 周、8 周和钛钉植入组的术区 CT 值分别为 (80.00±12.36) Hu、(293.00±37.66) Hu 和 (289.25±38.87) Hu。稳定 4 周术区 CT 值低于稳定 8 周和钛钉植入组, 后 2 组 CT 值相近。**结论:** 早期拆除牵引装置植入钛钉与常规固定相比, 骨形成没有明显影响, 临床应用可有效地缩短牵引成骨的时间。

关键词 牵引成骨; 下颌骨; 兔; 骨密度

Effects of early removal of the distractor and implantation of titanium nail on the formation of new bones in the mandible of New Zealand rabbits

Wu Zhang¹, Li Zeyu¹, Zhao Guiran², Zhai Jiangyun², Yao Yusheng^{1△}

(1. Department of Stomatology, Third Affiliated Hospital, 2. Department of Stomatology, First Affiliated Hospital, Jinzhou Medical University, Jinzhou 121001, China)

Abstract Objective: To study the effect of early distractor removal and implantation of titanium nail on new bone formation after rectangular osteotomy of the mandible of New Zealand rabbits by cone beam CT (CBCT), and to investigate the possibility of early removal of the distractor after distraction osteogenesis. **Methods:** New Zealand rabbits were subject to rectangular osteotomy of 12 mm×4 mm in their mandibles and implanted with a homemade distractor. After 5 days of traction, the experimental rabbits were randomly divided into stable 4-week group, stable 8-week group, and titanium nail implantation group. The first two groups were sacrificed at 4 and 8 weeks, respectively. For the titanium nail implantation group, the distractor was removed and implanted with titanium nails at 4 weeks of stabilization; animals were sacrificed after 4 weeks, and CBCT and X-rays were taken. **Results:** The vertical height of the mandible of the experimental rabbits increased by (2.25±0.41) mm. The average CT values of the operation area in the 4-week group, the 8-week group, and the titanium nail implantation group were (80.00±12.36) Hu, (293.00±37.66) Hu, and 289.25 Hu±38.87 Hu. The average CT value of the operation area in the stable 4-week group was lower than that of the stable 8-week group and the titanium nail implantation group, and the average CT values of the latter two groups were similar. **Conclusion:** Compared with the conventional fixation, the method of removing the distractor and implanting the titanium nail in the early stage has no significant effect on the formation of new bones. The clinical application of this method can effectively shorten the time of distraction osteogenesis.

Key words distraction osteogenesis; mandible; rabbit; bone density

牵引成骨是一种能有效地增加骨量的方法。1927年 Rosenthal 利用口内弹簧牵引装置矫治小下颌畸形的患者, 其原理是利用牵引器对骨产生牵引力, 使断端两侧的骨组织分离, 促进间隙内的骨组织再生^[1]。目前用牙槽骨垂直牵引成骨的牵引器大致可分为骨内牵引器和骨外牵引器, 有各自的优缺

点^[2-3]。Esposito 等^[4-5]分别利用骨内、骨外牵引器提升牙槽骨高度, 虽然取得了较好的效果, 但都存在着需较长稳定期的问题。牵引成骨一般需要经历潜伏期、牵引期和稳定期 3 个阶段。由于新骨的成熟需要较长时间, 在此期间需要保证新骨有足够的稳定性, 因此需要长期将牵引装置定植在颌骨上确保新骨的稳定。如果过早拆除牵引器则可能造成新骨的机械强度不足, 最终导致牵引成骨失败^[6]。但是, 牵引器长期滞留体内, 易出现感染、牵引器松

第 1 作者 Email: wzhappiness@126.com

△通讯作者, Email: yyswgj2008@163.com

收稿日期: 2019-10-10; 修回日期: 2019-12-28

动脱落、皮肤愈合欠佳等问题。为避免牵引器长期体内留置的并发症，又保证拆除牵引器后新骨有足够的机械强度，本实验尝试在稳定期第4周，拆除牵引器并同期植入与种植体类似材料的钛钉，利用钛钉稳固新骨，通过比较钛钉植入第4周的CT值与常规固定第8周新骨的CT值，判断早期拆除牵引装置后植入钛钉是否会影响牵引区新骨的形成和矿化。

1 材料和方法

1.1 材料

牵引器为自制牵引器：牵引钉（直径1.5 mm，螺距0.8 mm，前段为钝头、无螺纹，长2.0 mm；末端有螺纹，长10.0 mm）与固定钉（直径1.5 mm，螺距0.8 mm，前段为尖头、有螺纹，长4.0 mm；末端无螺纹，长10.0 mm）（图1）；牙科打磨机204型（韩国世新）；钛钉（直径2.0 mm，长10.0 mm）；20%乌拉坦；2%盐酸利多卡因；动物实验台；口腔锥形束CT（芬兰，普兰梅卡）；数字化U型臂高频X射线摄影系统（中国南京普爱公司）；手术器械均由锦州医科大学附属动物医院提

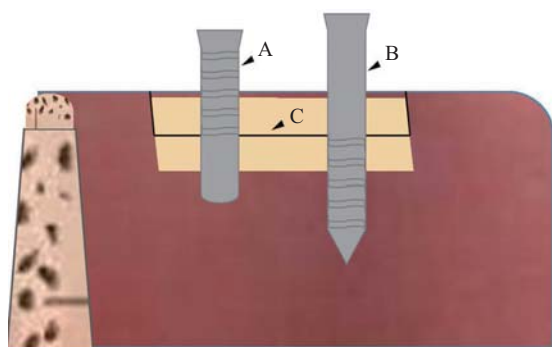


图1 牵引装置示意图

Fig 1 The blueprint of the distractor

A : Nail of tractor-the mandible was enhanced by rotating ;
B : Nail of fixator-fixing the mandible ; C : Osteotomy line

供。

1.2 实验方法

选取12只体质量相近的健康新西兰兔，体质量2.5~3.0 kg，普通级，雌雄随机，购自锦州医科大学。耳缘静脉注射20%乌拉坦，剂量5 mL/kg，备皮，固定，消毒，铺巾，局部注射盐酸利多卡因，兔右侧下颌骨下缘皮肤切开，翻颊侧骨膜瓣，在腮腺前缘与正中联合之间做矩形截骨（长约12 mm，高约4.0 mm），备洞，植入牵引器（保证牵引钉的无螺纹区在截骨线下方，固定钉的无螺纹区在截骨线上方；牵引钉、固定钉与截骨线三者之

间间距大约3 mm）。术后50 000 U/kg青霉素钠肌注5 d。术后经5 d潜伏期，以每12 h 0.5圈（0.4 mm/12 h）的速度旋转牵引钉，牵引周期为5 d。随机分为稳定4周，稳定8周，钛钉植入组，每组4只新西兰兔。前2组分别于稳定期4周、8周时处死动物，拍摄CBCT和X线片；钛钉植入组于稳定期第4周，取出牵引器后即刻植入钛钉，4周后处死动物，拍摄CBCT和X线片。

1.3 X线片及CBCT观察

下颌骨侧位X线片观察牵引钉、固定钉和钛钉的位置和方向。分别于稳定期第4周、第8周和植入钛钉第4周拍摄CBCT，比较术区（O）、非手术区骨皮质（NO-C）、非手术区松质骨（NO-T）CT值。CT值单位：Hu。

1.4 统计学处理

用Planmeca Romeixs Viewer软件测量各组兔下颌骨的CT值，用SPSS 23.0对4周术区（O）、稳定8周术区（O）、钛钉植入术区（O）以及非手术区的骨皮质（NO-C）与松质骨（NO-T）的CT值进行one-way ANOVA分析。

2 结果

2.1 X线片观察

术后X片显示牵引钉与固定钉的方向基本平行，稳定8周牵引钉的方向略向远中偏斜（2A、B）。钛钉植入初期方向良好，在植入后4周钛钉未见明显移位（图3A、B）

2.2 CBCT分析

一般性观察：稳定4周可见骨膜内侧骨组织增生，截骨区内可见带状低密度影（图4A）。稳定8周截骨区内带状低密度影消失，密度与对侧骨松质密度相近，骨密度分布不均匀，部分截骨区仍表现为低密度影（图4B）。钛钉植入组截骨区内新骨的密度均匀，密度与对侧骨松质密度相近，骨密度分布均匀（图4C）。

CT值分析：稳定4周“O”区平均CT值为（80.00±12.36）Hu；稳定8周“O”区平均CT值为（293.00±37.66）Hu；钛钉植入组“O”区平均CT值为（289.25±38.87）Hu。钛钉植入组“O”区高于稳定4周（ $P<0.05$ ）低于“NO-C”（1315.92±86.31）Hu（ $P<0.01$ ），差异有统计学意义；钛钉植入组“O”区、稳定8周“O”区和“NO-T”区三者间的CT值（329.92±63.90）Hu相似，差异没有统计学意义（ $P>0.05$ ）（表1）。

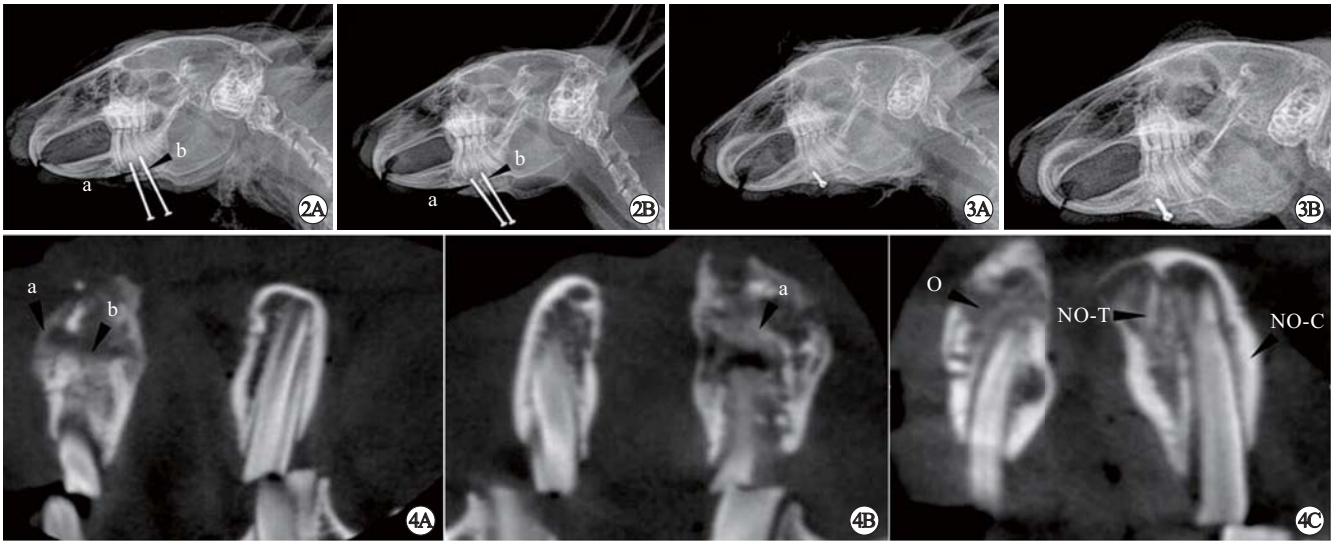


图2 X线片显示牵引钉方向的改变。A：植入牵引初期影像；a：牵引；b：固定钉。B：8周后影像；a：牵引钉；b：固定钉。
 图3 X线片显示植入钛钉在骨内方向的改变。A：稳定4周后植入钛钉；B：植入钛钉4周。
 图4 不同组别的兔下颌骨的CBCT影像。A：稳定4周组；a：骨膜下方骨增生；b：新骨形成区。B：稳定8周组；a：新骨形成区。C：钛钉组；O：新骨区；NO-C：非手术区骨皮质；NO-T：非手术区骨松质。
 Fig 2 X-ray showed the change of the direction of distractor. A：The initial stages of distraction；a：Nail of tractor；b：Nail of fixator. B：Consolidation period of 8th week；a：Nail of tractor；b：Nail of fixator.
 Fig 3 X ray showed the change of the direction of titanium nail. A：Titanium nail was implanted after 4 weeks of consolidation；B：Titanium nail was implanted for 4 weeks.
 Fig 4 CBCT images of mandibles of rabbits in different groups. A：4-week group；a：Subperiosteal osteogenic area；b：The area of new bone；B：8-week group；a：The area of new bone. C：Titanium nail implantation group；O：Area of new bone；NO-T：Trabecular bone in non-operation area；NO-C：Cortical bone in non-operation area.

表1 各组兔不同部位的平均CT值 (n=12, $\bar{x} \pm s$, Hu)

Tab 1 Average CT values of different sites of bones in different groups of rabbits (n=12, $\bar{x} \pm s$, Hu)

Group	O	NO-C	NO-T
4-week group	80.00 ± 12.36	1 315.92 ± 86.31	329.92 ± 63.90
8-week group	293.00 ± 37.66 ^{###}	1 315.92 ± 86.31	329.92 ± 63.90
Titanium nail implantation group	289.25 ± 38.87 ^{###}	1 315.92 ± 86.31	329.92 ± 63.90

^{*}P<0.05 vs “O” 4-week；^{###}P<0.01 vs NO-C

3 讨论

3.1 早期移除牵引装置植入的必要性及意义

牙槽嵴萎缩是牙缺失后常见的临床表现，目前治疗牙槽嵴萎缩的方法主要包括：牵引成骨、骨移植、引导骨再生^[7]。牵引成骨治疗骨缺损有较低骨吸收率和感染率^[8]，但治疗周期较长。Mohanty等^[9]利用牵引成骨术治疗10名颌骨缺损患者，其稳定期就达到3~5个月。过长的稳定期可增加术后并发症发生的机率（细菌通过针道感染组织、骨不连、牵引装置故障等）^[10-11]。Choi等^[12]曾对10名接受过牵引成骨的患者进行了报道：6名患者术后出现感染，其中3名患者因严重感染提前拆除牵引装置。在本实验中，稳定期的第2~4周有3只兔下颌骨出现严重感染，进而导致牵引器的松动脱落，其余动物牵引器的周围皮肤愈合欠佳，CBCT影像显示稳定8周术区的骨密度分布不均匀，提示部分区域

新骨矿化程度较差，这可能与下颌骨局部感染相关；钛钉植入组，皮肤愈合良好，CBCT影像显示术区的骨密度分布均匀，因此早期拆除牵引装置即刻植入钛钉有利于创口的愈合和骨组织矿化。

3.2 早期移除牵引装置植入钛钉的优缺点

有研究表明^[6]：牵引成骨稳定期第4周新骨机械强度低于第6周与第8周，早期拆除牵引装置可导致术区发生再骨折或愈合不良。本研究使用CBCT检测稳定4周“O”区和稳定8周“O”区的CT值显示：稳定4周“O”区的骨密度低于稳定8周“O”区的骨密度。为了解决因早期拆除牵引装置导致的新骨机械强度不足的问题，本实验通过拆除牵引装置后即刻植入钛钉的方式重新固定新骨，利用CBCT检测钛钉植入后新骨的骨密度，分析钛钉植入后对新骨产生的影响。通过与稳定4周“O”区CT值对比，钛钉植入组“O”区CT值高于稳定4周，说明在植入钛钉后，新形成的骨组织仍继续矿

化；通过与稳定8周“O”区CT值对比，钛钉植入组“O”区CT值与稳定8周“O”区CT值无显著差异，说明钛钉的植入不会影响新骨的矿化。进一步分析稳定8周“O”区与钛钉植入组“O”区的CBCT影像观察可见：钛钉植入组“O”区的骨密度分布较稳定8周分布均匀。总结早期拆除牵引装置后即刻植入钛钉的优点：（1）牵引装置早期拆除后，减少了牵引装置在患者口内的时间，增加了患者的舒适度；（2）牵引装置早期拆除后，减少细菌通过针道进入骨组织的机会；（3）钛钉体积较牵引装置体积小，更易自洁，降低感染的机率。缺点：（1）植入钛钉的过程可能增加患者的痛苦；（2）植入钛钉术后可出现感染或者钛钉植入的区域周边骨组织不稳定等问题，可能会影响钛钉与下颌骨形成骨结合。

3.3 应用钛钉植入法应注意的问题

本实验以新西兰兔为动物模型。通过解剖兔下颌骨可见：兔下颌骨厚度较薄，下颌骨长度、牙槽嵴顶到下颌骨下缘的高度较短。目前多数牵引器行兔下颌骨垂直牵引难度较大，且在拆除牵引器过程中会再次损害颊侧骨膜。考虑到骨膜可以促进新骨的再生和矿化^[13]，本实验选择自制简易的骨内牵引器来提升兔下颌骨垂直高度，其优点：（1）植入牵引器的方法简单；（2）拆除牵引器的过程不会再次损伤骨膜，从而保证植入钛钉后新骨有良好血供；（3）患者有较好的舒适度。其缺点是：（1）稳定性相较于骨外牵引器差；（2）牵引高度不足，矩形骨前端预计牵引高度为4.0 mm，但在旋转牵引钉的过程中牵引钉的下沉以及远中固定钉与已离断的下颌骨之间相互制约导致实际牵引高度 $H=(2.25 \pm 0.41)$ mm。

在植入牵引器的过程中应注意：（1）上下颌骨之间是否有足够的间隙容纳牵引装置；（2）萎缩的牙槽骨是否能提供足够的骨长度与骨宽度保证牵引钉、固位钉、截骨线三者之间有足够间距，减少下颌骨骨折的发生；（3）固定钉、牵引钉在下颌骨内的方向与牵引的方向是否一致。

新骨从开始形成到最终成熟是需要一个漫长的时间，在骨组织成熟之前保证新骨稳定是必要的。早期拆除牵引器会导致新骨的不稳定，这可能会影

响新骨的成熟，因此拆除牵引装置后常需要固位钉固定新骨。由于新西兰兔下颌骨薄，常规种植体难以植入兔下颌骨内，本实验利用与种植体成分相似的材料—钛钉，模拟种植体植入兔下颌骨。本次实验结果表明：牵引装置早期拆除并即刻植入钛钉对牵引成骨区的新骨形成和矿化的影响较小，如运用于临床，则需针对种植体的稳定、种植体与骨结合等方面进行综合评价。

参考文献

- [1] Ma Y, Huang Y, Zhu S, et al. Simultaneous arthroplasty and distraction osteogenesis for the treatment of ankylosis of the temporomandibular joint and secondary mandibular deformities in children[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 57 (2): 135-139.
- [2] Uckan S, Oguz Y, Bayram B. Comparison of intraosseous and extraosseous alveolar distraction osteogenesis[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2007, 65 (4): 671-674.
- [3] Perdijk F B, Meijer G J, Krenkel C, et al. The use of intra-osseous versus extra-osseous distraction devices in atrophic mandibles[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 41 (4): 521-526.
- [4] Esposito M, Trullenque-Eriksson A, Vila C N, et al. Vertical osseodistraction with a new intraosseous alveolar distractor prototype for dental implant rehabilitation: A pilot study in dogs[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32 (4): 838-848.
- [5] Rachmiel A, Shilo D, Aizenbud D, et al. Vertical alveolar distraction osteogenesis of the atrophic posterior mandible before dental implant insertion[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 75 (6): 1164-1175.
- [6] 龙洁, 樊瑜波, 田卫东, 等. 下颌骨牵张成骨中牵张器拆除时机的实验研究[J]. *口腔颌面外科杂志*, 2006, 16 (2): 102-105.
- [7] Urban I A, Montero E, Monje A, et al. Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Periodontol*, 2019, 46 (Suppl 21): 319-339.
- [8] Zhao K, Wang F, Huang W, et al. Clinical outcomes of vertical distraction osteogenesis for dental implantation: A systematic review and Meta-analysis[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2018, 33 (3): 549-564.
- [9] Mohanty R, Kumar N N, Ravindran C. Vertical alveolar ridge augmentation by distraction osteogenesis[J]. *J Clin Diagn Res*, 2015, 9 (12): ZC43-ZC46.
- [10] Zheng L W, Wong M C, Cheung L K. Quasi-continuous autodriven system with multiple rates for distraction osteogenesis[J]. *Surg Innov*, 2011, 18 (2): 156-159.
- [11] 付颖, 董庆文, 王稚英. 富血小板纤维蛋白对兔下颌骨牵引成骨区骨形态发生蛋白-4表达的影响[J]. *解剖学杂志*, 2017, 40 (4): 394-397.
- [12] Choi J W, Lee J Y, Phi J H, et al. Cranial distraction osteogenesis: A proposal of minimal consolidation period[J]. *Child's Nerv Syst*, 2015, 31 (5): 751-757.
- [13] 付繁刚, 张锴. 骨膜在牵拉成骨中的作用研究进展[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31 (7): 876-879.