

超声骨刀在口腔种植中的应用进展

崔金礼 付曼 郝蕊 综述 周弘 吴豪阳 审校

摘要 超声骨刀作为一种新型的手术器械,因其有切割精确、操作容易控制、良好的组织选择性、患者舒适度高等优势,近年来在口腔种植领域日益受到重视。本文就超声骨刀相关基础研究、相比传统器械的优势与缺陷、在口腔种植中的临床应用以及使用注意事项作一综述。

关键词 超声骨刀;口腔种植;骨切割;空化效应

中图分类号 R 782.12

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2015)12-1843-04

1 超声骨刀的工作原理

超声骨刀在工作时主要依靠两个重要特性,一个是逆压电效应,另一个是空化效应。逆压电效应是指在电场作用下,某些压电介质在其极化的方向发生形变,将电能转换成机械能的现象。当高频交流电通过有极性的压电陶瓷晶体,并使之发生形变,产生周期性的机械振动,并通过变幅杆进一步放大传递至刀头,从而发挥切割作用。超声骨刀使用的频率范围为 24~36 kHz,在此范围内仅切割硬组织,软组织如神经血管等只有在频率超过 50 kHz 时才能被切断。振幅一般为 40~200 μm 。运行功率可根据不同的骨质情况进行调整,通常为 10~50 W,最高可达 60 W^[1]。空化效应是超声骨刀的另一个重要特性,即在一定强度的超声波作用下,液体振动产生微气泡,这些气泡在超声波交替正负压强下受到压缩和拉伸,直至被压缩破裂而产生的冲击现象。超声骨刀利用其空化效应使周围材料移位,减少出血,保持术野清晰,甚至可以破坏细菌的细胞壁,发挥一定的抗菌效果^[2-3]。

2 超声骨刀的相关基础研究

2.1 超声骨刀与骨愈合 骨微观结构的完整性、骨细胞的活性以及局部的组织反应直接影响到切割位点的骨愈合。超声骨刀微米级的切割幅度伴以大量的冷却液冲洗,减少了对骨组织的机械损伤和热损伤,与传统器械相比,更有利于骨的愈合。

有研究^[1]表明,超声骨刀对骨微观结构的保护,显著减少了对启动骨愈合的细胞因子和生长因子相关的复杂信号级联反应的干扰。Maurer et al^[4]观察 3 种骨切割器械切割骨面的微观形态差异,结果显示,相比传统的切割锯和切割钻,超声骨刀保留了原始的骨结构。骨细胞对热损伤的敏感性已被许多研究^[5]证实,当切割位点的温度超过 47 $^{\circ}\text{C}$ 持续 1 min 时,就会发生骨坏死。Harder et al^[6]使用 3 种超声骨刀器械切割牛的股骨,室温(21 $^{\circ}\text{C}$)下切割位点温度增加的中位数分别为 3.0、2.2、1.1 $^{\circ}\text{C}$,切割位点的温度均低于造成骨坏死的温度。Mouraret et al^[7]在小鼠模型上行骨切割以及取块骨进行移植,分别在术后 3、7 d 观察骨细胞活性以及成骨细胞和破骨细胞的活动,发现超声骨刀切割位点显示出更高的骨细胞活性并减少了细胞死亡;超声骨刀制备的骨移植材料显示出更高的短期细胞活性以及较多的新骨沉积和骨改建。

局部炎症细胞因子和生长因子的表达,在骨愈合的过程中起着重要的作用。研究^[8]表明,与传统的扩孔钻相比,超声骨刀预备的种植窝在愈合过程中更早地出现了骨形态发生蛋白 4 和转化生长因子 β_2 蛋白的增加并减少了肿瘤坏死因子 α 、白细胞介素 1 β 和白细胞介素 10 等促炎症细胞因子的产生,促进了早期骨愈合。此外,与传统的超声治疗器械相比,超声骨刀切割的骨面不易形成骨内血管栓塞^[9],保护了切割位点骨的血供。

2.2 超声骨刀与软组织 不同于传统的切割方式,超声骨刀通过高频微振动实现对骨的切割,可减少

2015-06-15 接收

基金项目:河南省教育厅资助基金(编号:112102110204)

作者单位:郑州大学口腔医学院种植科,郑州 450052

作者简介:崔金礼,男,硕士研究生;

吴豪阳,男,主任医师,硕士生导师,责任作者,E-mail:

why67@zzu.edu.cn

对邻近软组织的损伤。Pavliková et al^[10] 使用超声骨刀和传统小球钻在大鼠颅骨上制备骨窗,并通过组织切片观察脑组织的改变,结果显示,超声骨刀可显著减少对大脑灰质的损伤,并减少星形胶质细胞和神经纤维细丝的丧失。此外,即使超声骨刀直接接触软组织,也不会对其造成明显的损伤。Schaeren et al^[11] 使用超声骨刀以 3 N 的压力直接接触鼠的坐骨神经 1 s,结果并没有切断神经,仅仅造成神经结构和功能的损伤,而且大部分损伤可以通过完整的周围神经鞘进行再生修复,并认为该损伤源于刀头对神经的压力,而不是超声骨刀的切割造成的。

3 超声骨刀相比传统器械的优势与缺陷

相比传统器械,超声骨刀在特定的频率范围内工作,可减少血管、神经、上颌窦黏膜等软组织的损伤^[12]。超声骨刀在操作时只需施加很小的握持力和压力,增加了医师操作的舒适度。刀头小振幅的振动确保了切割的精准性,并减少了骨的流失^[4]。切割过程的微创有助于术后的细胞修复和组织愈合^[1]。利用其空化效应清除术区的血液和骨屑,确保手术视野的清晰。从患者的角度讲,超声骨刀的噪音小,避免了使用锤子敲击,减少了患者的恐惧感和不适感。

虽然超声骨刀的独特优势已被诸多研究证实。但是其较传统器械需要更长的手术时间^[2,12],在刀头强度方面也存在一定不足。Fernández et al^[13] 认为超声骨刀在切割较厚的骨皮质时效率低下,而且容易导致刀头疲劳断裂。近年来通过增加手柄内压电陶瓷的数量,加大工作功率以及对刀头的改良,这些不足已得到较大程度的改善。

4 超声骨刀在口腔种植中的临床应用

4.1 上颌窦提升 上颌后牙区常由于牙槽骨吸收以及上颌窦气化导致垂直骨量不足。临床上通常采用上颌窦提升术来增加垂直骨高度。无论是外提升还是内提升,上颌窦黏膜穿孔都是最常见的并发症。超声骨刀的应用在一定程度上有效避免了穿孔的发生。

4.1.1 上颌窦外提升 研究^[14] 报道上颌窦外侧骨壁平均厚度约为 0.91 mm,与之相邻的上颌窦黏膜平均厚度约为 0.15 mm。并且在上颌窦外侧壁通常

有上牙槽前后动脉的吻合支出现。相比传统的球钻,超声骨刀更容易控制切割的范围,尤其是在软硬组织交界区,可减少对上颌窦黏膜和上牙槽前后动脉吻合支的意外损伤。Wallace et al^[15] 对 100 例患者行超声骨刀外提升术,将窦黏膜穿孔的几率从文献报道的平均 30% 降低到 7%,且所有的穿孔均发生在使用手动器械分离窦黏膜的过程中。Toscano et al^[16] 使用超声骨刀对 56 个上颌窦行侧壁骨开窗,在开窗过程中均未出现窦黏膜穿孔,有两个上颌窦在随后手动分离黏膜时发生窦黏膜穿孔,有 35 个上颌窦在开窗区遇到上牙槽后动脉血管吻合支,均未造成动脉损伤。

4.1.2 上颌窦内提升 超声骨刀通过其液压冲击作用达到分离窦黏膜的目的,水流与窦黏膜有更大的接触面积,从而减少了应力集中,降低了窦黏膜穿孔的风险。Jank et al^[17] 事先用 ϕ 1.2 mm 的先锋钻制造羊上颌窦黏膜穿孔,然后分别采用 Summers 内提升器械、球囊以及超声骨刀均将窦黏膜提升 5 mm,比较提升前后黏膜穿孔长度的变化,发现超声骨刀组黏膜穿孔长度的变化最小,超声骨刀行内提升术能降低医源性穿孔增大的风险。Lee et al^[18] 的一项多中心临床研究显示,使用超声骨刀行上颌窦内提升术成功率达到 95.3%,平均垂直骨量增加了 5.7 mm,甚至在某些牙槽严重吸收的病例可以作为外提升术的替代方法。

4.2 自体骨移植 自体骨一直被认为是口腔植骨材料的金标准^[19]。临床上可根据不同需要选择骨颗粒或骨块来修复骨缺损。

4.2.1 超声骨刀收集骨颗粒 当骨缺损较小时,利用超声骨刀可以方便地获取皮质骨颗粒,并减少对骨细胞的热损伤。Berengo et al^[20] 研究显示使用超声骨刀收集骨皮质颗粒,其有效骨的含量达到 55%,骨细胞活性效果优于传统的球钻和扩孔钻。虽然超声骨刀在收集骨颗粒方面存在一定的优势,但在某些方面尚不能替代传统器械。Miron et al^[21] 的实验结果表明超声骨刀收集的骨颗粒在细胞活性和促进骨形成分子的释放量方面低于骨磨和皮质骨刮取器,作者分析可能是受到超声骨刀震动和所取骨形态偏小的影响。

4.2.2 超声骨刀取块状骨 当缺牙区牙槽骨缺损较大或使用骨颗粒无法固定时,可以用块状骨修补

骨缺损。块状骨通常取自下颌骨、颅骨、髂骨等部位,超声骨刀凭借其较小的振幅精细安全的切骨,减少了对邻近解剖结构的损伤,降低了手术并发症。Happe^[22]报道了用超声骨刀在40例患者的下颌升支部取块状骨修复骨缺损,结果显示在供区和受区均未出现明显的手术并发症。Majewski^[23]使用超声骨刀在下颌骨颞部取骨块来重建美学区萎缩的牙槽嵴,并进行种植义齿修复,术后随访2~7年,重建位点显示出稳定的功能和美观效果。

4.3 骨劈开增加牙槽嵴宽度 临床上骨劈开技术常被用来增加牙槽嵴的宽度,以达到满意的种植修复效果。传统的器械对术者的外科技术要求较高,而且不易操控,容易损伤邻近的重要解剖结构,尤其是当牙槽嵴严重萎缩或骨质较硬时,容易造成骨板折裂^[12]。此外,有些传统器械需使用锤子敲击,常引起患者的不适。超声骨刀切割精细、容易控制,无需锤子敲击,有效地增加了牙槽嵴的宽度,减少了手术并发症和患者的不适感^[24]。

4.4 下牙槽神经移位 下牙槽神经移位是解决下颌后牙区垂直骨量不足的方案之一。超声骨刀在骨和神经的交界区精准地切骨,有效地减少了对下牙槽神经的损伤。有学者使用超声骨刀对15例患者行下牙槽神经移位术同期植入种植体,术后8周,14例患者的神经感觉恢复正常,种植体存留率达97.36%^[13]。Metzger et al^[25]分别采用超声骨刀和传统球钻进行下牙槽神经移位术,比较术后神经损伤的组织学改变,结果显示超声骨刀组对下牙槽神经造成的损伤更小。

4.5 其他应用 随着超声骨刀在口腔种植领域应用的适应证不断扩大,近年来其在种植位点的预备、种植体取出等方面的应用日益增加。

4.5.1 种植位点预备 研究^[26]表明相比传统的扩孔钻,使用超声骨刀预备种植窝,种植体同样获得了较好的稳定性,种植体稳定性曲线更早地从降低转为升高。Blus et al^[27]使用超声骨刀进行即刻种植,在种植窝预备过程中刀头不易滑动,种植体均获得了良好的骨结合。

4.5.2 种植体取出 超声骨刀微创、安全、切割精准的特性,使其成为取出种植体的有效工具。Marini et al^[28]使用超声骨刀将侵犯口底软组织的种植体取出,最大限度地保存了骨量,减少了对邻近组织

的损伤,患者术后未出现出血、感染和血肿等并发症。

5 超声骨刀的使用要点及注意事项

超声骨刀的切割效率与骨质、工作的功率和频率、刀头的设计以及对刀头施加的压力密切相关。因此,在操作前应根据不同的手术类型选择合适的刀头,并调整相应的功率、频率和水流量。通常采用持笔式握持手柄,工作时保持切割刀完全垂直于骨面,对刀头轻轻施加压力,顺着刀头振动的方向作前后向或垂直向往复运动。注意对刀头施加的压力尽量不要超过400g,并留意切割声音的变化,压力太大不仅不会增加切割效率,反而会导致产热增加和软组织损伤^[12,29]。确保刀头有足量的低温盐水冲洗降温,流量最低不应少于30ml/min,建议间歇切割,并避免在某一点停留太久,以免刀头过热^[5]。在切割较厚的皮质骨时,可联合使用传统器械,既发挥了传统器械的切割效率,又利用了超声骨刀的安全性^[12]。此外,对于初学者来说,还必须经过充分的专业培训,并在体外模型上进行操作训练^[3]。

6 展望

超声骨刀作为一种新型的骨切割工具,虽然还存在一定的不足,但是其相对于传统器械的诸多优势,已展现出广阔的发展前景和应用需求。目前超声骨刀在口腔种植中已获得广泛的应用,但关于超声骨刀对软组织影响的基础研究仍然很有限,对超声骨刀技术的使用还不够成熟,尚需更多的经验积累。

参考文献

- [1] Hollstein S, Hoffmann E, Vogel J, et al. Micromorphometrical analyses of five different ultrasonic osteotomy devices at the rabbit skull [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2012, 23(6): 713-8.
- [2] Rahnama M, Czupkałło L, Czajkowski L, et al. The use of piezosurgery as an alternative method of minimally invasive surgery in the authors' experience [J]. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2013, 8(4): 321-6.
- [3] Nalbandian S. Piezosurgery techniques in implant dentistry [J]. *Australasian Dental Practice*, 2011, 22(5): 116-26.
- [4] Maurer P, Kriwalsky M S, Block Veras R, et al. Micromorphometrical analysis of conventional osteotomy techniques and ultrasonic osteotomy at the rabbit skull [J]. *Clin Oral Implants Res*,

- 2008, 19(6): 570–5.
- [5] Birkenfeld F, Becker M E, Harder S, et al. Increased intraosseous temperature caused by ultrasonic devices during bone surgery and the influences of working pressure and cooling irrigation [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2011, 27(6): 1382–8.
- [6] Harder S, Wolfart S, Mehl C, et al. Performance of ultrasonic devices for bone surgery and associated intraosseous temperature development [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009, 24(3): 484–90.
- [7] Mouraret S, Houschyar K S, Hunter D J, et al. Cell viability after osteotomy and bone harvesting: comparison of piezoelectric surgery and conventional bur [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2014, 43(8): 966–71.
- [8] Preti G, Martinasso G, Peirone B, et al. Cytokines and growth factors involved in the osseointegration of oral titanium implants positioned using piezoelectric bone surgery versus a drill technique: a pilot study in minipigs [J]. *J Periodontol*, 2007, 78(4): 716–22.
- [9] von See C, Gellrich N C, Rütcker M, et al. Investigation of perfusion in osseous vessels in close vicinity to piezo-electric bone cutting [J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 50(3): 251–5.
- [10] Pavlíková G, Foltán R, Burian M, et al. Piezosurgery prevents brain tissue damage: an experimental study on a new rat model [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 40(8): 840–4.
- [11] Schaaeren S, Jaquiéry C, Heberer M, et al. Assessment of nerve damage using a novel ultrasonic device for bone cutting [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 66(3): 593–6.
- [12] Pereira C C, Gealh W C, Meorin-Nogueira L, et al. Piezosurgery applied to implant dentistry: clinical and biological aspects [J]. *J Oral Implantol*, 2014, 40 Spec No: 401–8.
- [13] Fernández Díaz J Ó, Naval Gías L. Rehabilitation of edentulous posterior atrophic mandible: inferior alveolar nerve lateralization by piezotome and immediate implant placement [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2013, 42(4): 521–6.
- [14] Neiva R F, Gapski R, Wang H L. Morphometric analysis of implant-related anatomy in Caucasian skulls [J]. *J Periodontol*, 2004, 75(8): 1061–7.
- [15] Wallace S S, Mazor Z, Froum S J, et al. Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2007, 27(5): 413–9.
- [16] Toscano N J, Holtzclaw D, Rosen P S. The effect of piezoelectric use on open sinus lift perforation: a retrospective evaluation of 56 consecutively treated cases from private practices [J]. *J Periodontol*, 2010, 81(1): 167–71.
- [17] Jank S, Kurrek A, Wainwright M, et al. Rupture length of the sinus membrane after 1.2 mm puncture and surgical sinus elevation: an experimental animal cadaver study [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 112(5): 568–72.
- [18] Lee H J, Moon J W, Lee J H, et al. Multicenter clinical study on the hydrodynamic piezoelectric internal sinus elevation (HPISE) technique [J]. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 2012, 38(2): 85–9.
- [19] Dasmah A, Kashani H, Thor A, et al. Integration of fluoridated implants in onlay autogenous bone grafts—an experimental study in the rabbit tibia [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2014, 42(6): 796–800.
- [20] Berengo M, Bacci C, Sartori M, et al. Histomorphometric evaluation of bone grafts harvested by different methods [J]. *Minerva Stomatol*, 2006, 55(4): 189–98.
- [21] Miron R J, Gruber R, Hedbom E, et al. Impact of bone harvesting techniques on cell viability and the release of growth factors of autografts [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013, 15(4): 481–9.
- [22] Happe A. Use of a piezoelectric surgical device to harvest bone grafts from the mandibular ramus: report of 40 cases [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2007, 27(3): 241–9.
- [23] Majewski P. Autogenous bone grafts in the esthetic zone: optimizing the procedure using piezosurgery [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2012, 32(6): e210–7.
- [24] Anitua E, Begoña L, Orive G. Clinical evaluation of split-crest technique with ultrasonic bone surgery for narrow ridge expansion: status of soft and hard tissues and implant success [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013, 15(2): 176–87.
- [25] Metzger M C, Bormann K H, Schoen R, et al. Inferior alveolar nerve transposition—an *in vitro* comparison between piezosurgery and conventional bur use [J]. *J Oral Implantol*, 2006, 32(1): 19–25.
- [26] Stacchi C, Vercellotti T, Torelli L, et al. Changes in implant stability using different site preparation techniques: twist drills versus piezosurgery. A single-blinded, randomized, controlled clinical trial [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2013, 15(2): 188–97.
- [27] Blus C, Szmukler-Moncler S. Atraumatic tooth extraction and immediate implant placement with Piezosurgery: evaluation of 40 sites after at least 1 year of loading [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2010, 30(4): 355–63.
- [28] Marini E, Cisterna V, Messina A M. The removal of a malpositioned implant in the anterior mandible using piezosurgery [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2013, 115(5): e1–5.
- [29] Stelzel F, Frenkel C, Riemann M, et al. The effect of load on heat production, thermal effects and expenditure of time during implant site preparation—an experimental *ex vivo* comparison between piezosurgery and conventional drilling [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2014, 25(2): e140–8.