

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.01.017

不同材料的口腔正畸微型种植体支抗抗菌性能及安全性比较

刘治强, 李炫

(桂林医学院, 广西 桂林 541001)

[摘要]目的 分析不同材料的口腔正畸微型种植体支抗的抗菌性能及安全性。方法 于2023年1月-6月, 选择15只雄性家兔作为此次研究对象, 采用随机数字表法分成A组、B组、C组, 每组5只。A组选择不锈钢微种植体支抗, B组选择钛合金微种植体支抗, C组选择氮化钛涂层不锈钢微种植体支抗, 随后对三组进行动物实验取材检测, 并比较三组微种植体支抗抗菌性能及其安全性。结果 C组植入后第4、6、8、10、12周TNF- α 水平低于A组和B组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); C组支抗移位率低于A组和B组($P < 0.05$), 但三组脱落率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 在口腔正畸治疗中, 氮化钛涂层不锈钢微种植体支抗能提升抗菌性能, 降低微种植体支抗移位率。

[关键词] 口腔正畸; 微型种植体支抗; 抗菌性能; 氮化钛涂层不锈钢微种植体支抗

[中图分类号] R783.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)01-0066-04

Comparison of Antibacterial Efficacy and Safety of Orthodontic Micro-implant Anchorage with Different Materials

LIU Zhiqiang, LI Xuan

(Guilin Medical University, Guilin 541001, Guangxi, China)

[Abstract]**Objective** To analyze the antibacterial efficacy and safety of orthodontic micro-implant anchorage with different materials. **Methods** From January to June 2023, 15 male rabbits were selected as the research subjects, and they were divided into group A, group B and group C by random number table method, with 5 rabbits in each group. Group A was given stainless steel micro-implant anchorage, group B was given titanium alloy micro-implant anchorage, and group C was given titanium nitride coated on stainless steel micro-implant anchorage. Subsequently, the three groups were examined in animal experiments, and the antimicrobial performance and safety of the microimplant branching resistance were compared among the three groups. **Results** The level of TNF- α in group C was lower than that in group A and group B at 4, 6, 8, 10 and 12 weeks after implantation, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The displacement rate of anchorage in group C was lower than that in group A and group B ($P < 0.05$), but there was no significant difference in the shedding rate among the three groups ($P > 0.05$). **Conclusion** In orthodontic treatment, titanium nitride coated on stainless steel micro-implant anchorage can enhance the antibacterial efficacy and reduce the displacement rate of micro-implant anchorage.

[Key words] Orthodontics; Micro-implant anchorage; Antibacterial efficacy; Titanium nitride coated on stainless steel micro-implant anchorage

口腔正畸(orthodontics)是指对牙体与口腔颌面畸形状态进行矫正的一种统称手段, 临床会利用各种矫正装置对患者的面部骨骼、牙齿颌面

部的肌肉、神经组织进行协调, 并对上下牙齿、颌骨面、牙齿和颌骨等部位进行矫正^[1, 2]。微型种植体支抗具有植入方式灵活、支抗强度大及创伤

基金项目: 桂林市技术应用与推广计划课题(编号: 20210227-6-2)

第一作者: 刘治强(1981.11-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 副主任医师, 主要从事口腔正畸研究

小等优势，可在一定程度上补充常规支抗治疗的缺点，已广泛应用于临床。但微型种植体支抗佩戴后有强烈的异物感，常会引起不适，且还会给患者的口腔功能带来很多负面的影响，使得患者的接受度较低，不利于临床普及。因此，有效选择合适的微型种植体支抗对于改善预后具有积极意义^[3]。不同材质的微型种植体支抗也具有不同的骨结合效果，纯钛及钛合金微型种植体支抗因强度欠佳，承压能力较差，因此较易出现种植体折断的情况，而针对于氮化钛涂层不锈钢微种植体支抗材料的稳定性和抗菌性能报道较少。基于此，本研究旨在比较不同材料的微型种植体支抗的安全性和稳定性，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 于2023年1月-6月选择15只雄性家兔作为此次研究对象，所有家兔均为散养的新西兰白兔，来源于桂林医学院的实验室，采用随机数字表法分成A组、B组、C组，每组5只。A组家兔体重1.80~4.20 kg，平均体重(3.02±0.75) kg；B组家兔体重1.90~4.00 kg，平均体重(2.98±0.86) kg；C组家兔体重2.00~4.10 kg，平均体重(3.11±0.95) kg。三组家兔体重比较，差异无统计学意义($P>0.05$)，具有可比性。本研究得到医院动物伦理委员会审批(审批号：20210227-6-2)。

1.2 方法 选取15只雄性家兔，术前耳中央静脉进行血常规检查，抽血量为循环血量(56 ml/kg)的15%，实验兔称重后以3%戊巴比妥钠(1 ml/kg用量)经耳缘静脉推注进行全身麻醉，麻醉生效后取仰卧位固定于手术台上，1%碘酊消毒口腔，1%碘酊消毒家兔双侧上颌后前庭沟黏膜，然后用0.2%利多卡因局部浸润麻醉。常规铺无菌巾后，

在家兔双侧下颌前磨牙区域部位，利用探针使颊侧骨质暴露，利用种植钉植入手柄微种植体助攻植入到相应位置。每支实验兔上颌后牙区颊侧均植入4枚微种植体。而后立即肌肉注射庆大霉素5 mg/kg，观察伤口出血及肿胀情况。A组植入台湾亚太公司生产的A1型不锈钢微种植体，B组植入浙江普特医疗器械股份有限公司生产的PT Tac型钛合金微种植体，C组植入台湾亚太公司生产的A1型氮化钛涂层不锈钢微种植体。三组微种植体的尺寸均为(长15 mm×直径0.8 mm)，每组共20颗微型种植体；植入方式均为助攻植入。为尽量减少手术误差，所有家兔的正畸种植体植入手术由同一术者完成。

1.3 观察指标

1.3.1 评估三组抗菌性能效果 收集微种植体植入后第4、6、8、10、12周微种植体周围龈沟液(PISF)，并采用ELISA检测PISF中肿瘤坏死因子 α (TNF- α)含量。

1.3.2 记录三组微种植体的移位率、脱落率情况。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析。计数资料使用[n(%)]表示，采用 χ^2 检验；计量资料使用($\bar{x}\pm s$)表示，组间比较采用t检验，多组间比较采用单因素方差分析。以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组抗菌性能效果比较 C组植入后第4、6、8、10、12周TNF- α 水平低于A组和B组，差异有统计学意义($P<0.05$)，见表1。

2.2 三组微种植体移位率与脱落率情况比较 C组支抗移位率低于A组和B组($P<0.05$)，但三组脱落率比较，差异无统计学意义($P>0.05$)，见表2。

表1 三组抗菌性能效果比较($\bar{x}\pm s$, ng/L)

组别	种植体颗数	植入后第4周	植入后第6周	植入后第8周	植入后第10周	植入后第12周
A组	20	5.23±0.95	5.35±1.02	5.45±1.52	5.63±1.50	5.74±1.35
B组	20	4.92±1.03	4.99±1.10	5.03±1.08	5.29±1.53	5.36±1.08
C组	20	3.56±1.22	3.63±0.78	3.75±0.96	3.81±0.93	3.96±0.85
F		13.720	17.270	10.700	10.300	14.210
P		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表2 三组微种植体移位率与脱落率情况比较[n (%)]

组别	种植体颗数	支抗钉移位	支抗钉脱落
A组	20	5 (25.00)	3 (15.00)
B组	20	6 (30.00)	6 (30.00)
C组	20	0	1 (5.00)
χ^2		6.902	4.560
<i>P</i>		0.032	0.102

3 讨论

牙颌畸形是指在发育过程中由先天或后天遗传因素、口腔不良习惯等导致颌骨、牙齿畸形,如颌骨大小形态、上下牙弓间关系、牙齿排列不齐等异常^[4]。牙颌畸形除了会影响患者的面部美观,还可影响其口腔健康和咀嚼功能,导致消化不良等胃肠疾病,进而降低患者生活质量。口腔正畸的手段包括预防矫治、一般矫治等,目标是为了恢复并维持牙弓、牙齿、排列之间的形态与功能,恢复正常的咬合功能、下颌运动以及吞咽功能等^[5, 6]。种植体支抗矫治的有效性取决于正畸期间其所能承受的力量,而重点在于维持支抗钉的稳定,不消耗后牙支抗^[7]。正畸支抗技术是指通过支抗来抵抗正畸矫治力所产生的不良反作用力,对支抗的控制是影响正畸效果的主要原因。传统口腔正畸技术的牙性支抗和口外力支抗,其稳定性以及舒适度方面仍存在一定缺陷,整体效果缺乏理想性。

微型种植体支抗最早是20世纪90年代正畸研究学者报道使用直径为1.2 mm纯钛种植钉进行垂直支抗压低下前牙^[8]。微型种植体的类型通常是由钛金属或不锈钢所制成,直径小于2 mm为微小种植体,由于种植材料会直接接触口腔内部有菌环境,因此在材料的选择上优先考虑有抗菌性能且具备较好的生物相容性,可以和骨组织形成密切的联系及接触,并和骨组织发生分子交换的化学性结合,从而有助于充分填充,提高支抗的稳定性^[9, 10]。本研究结果显示, C组植入后第4、6、8、10、12周TNF- α 水平低于A组和B组,差异有统计学意义($P < 0.05$),说明氮化钛钛涂层不锈钢微种植体支抗有助于降低TNF- α 水平,抗菌性能相对较好。分析原因: TNF- α 是一种由活化的单核/巨噬细胞产生的多肽细胞因子,

可通过自分泌或旁分泌等途径发挥多种生物学效应,其抗菌机理是相对复杂的过程,能通过调控黏附因子的表达,促使中性粒细胞招募,从而达到抗真菌和细菌感染的效果。不锈钢材料对TNF- α 水平的影响主要体现在其对炎症介质的调节作用,不锈钢材料植入后,会对Th1/Th2型炎症介质水平产生影响,进而影响TNF- α 的浓度,但不锈钢材料在口腔中的存在可能改变局部微生态构成,导致感染性疾病的发生。钛合金在潮湿的大气和海水介质中工作,其抗蚀性远优于不锈钢,对点蚀、酸蚀、应力腐蚀的抵抗力特别强,但钛对具有还原性氧的抗蚀性差,对TNF- α 水平的影响并不显著。而氮化钛钛涂层具有优越的抗氧化和耐腐蚀性能,特别是在高温和腐蚀性环境中,可以有效防止氧气和水分子的渗透,从而保护内部免受氧化和腐蚀,因此TNF- α 在此类环境下并不适合生长,使得氮化钛钛涂层具有较强的抗菌性能。

此外,本研究结果显示, C组支抗移位率低于A组和B组($P < 0.05$),说明氮化钛钛涂层不锈钢微种植体支抗可有效预防支抗钉移位与脱落,从而提高整体矫正效果以及支抗钉的稳定性。分析原因:微型种植体作为一种兼容性较好的骨皮质支抗,支抗效果更稳定,且可降低不适异物感,提升生物的相容性,致使拔牙矫正实现绝对支抗^[11, 12]。不锈钢支抗的稳定性受到材料特性的影响,具有良好的耐腐蚀性和化学稳定性,这得益于其内部的合金成分和形成的氧化铬保护膜。这种保护膜不仅稳定,而且具有一定的自我修复能力,能够在表面受到轻微划伤或磨损后迅速形成新的保护层。此外,不锈钢的耐热性也很好,能够在高温环境下保持较高的塑性和韧性,但如果长时间暴露在极端恶劣的环境中或者没有

得到适当的维护和保养,其表面可能会出现锈迹或变形,致使支抗钉移位、脱落。钛合金支抗的稳定性主要表现在其机械稳定性和生物稳定性方面,钛合金具有高强度和轻质特性,这使得其支抗在植入后能够提供足够的支撑力,且钛合金微型种植体支抗设计细小、轻便,易于植入和取出,特殊的机械锁紧设计使其在牙槽骨中的固定更加稳固^[13]。但该种材质穿透力较差,且材质易脆,较容易发生断裂等现象。有研究证实^[14、15],钛合金涂层利于促进生物相容性,其亲水性大小和细胞粘附增殖呈正比,在促进细胞的近远期增殖方面具有积极意义,但材质不佳,一定程度引起支抗钉的移位与脱落。作为种植体部分的涂层材料选择,氮化钛涂层适应于口腔环境,其具有极高的化学稳定性和良好的高温抗氧化性能,这是由于其表面氧化层的自钝化效应,能够在氧化环境下形成一层稳定的钝化膜,从而阻止进一步的腐蚀;此外,氮化钛涂层在高温下也能保持稳定的电性能,这使得其在高温超导体和其他高温应用中具备潜力,因此该材料的支抗钉不易移位、脱落。

综上所述,在口腔正畸治疗中,氮化钛涂层不锈钢微种植体支抗能提升抗菌性能、降低微种植体支抗移位率。

[参考文献]

- [1]杨珍,肖亦芳,廖健强.微型种植体支抗对错颌畸形患者的临床疗效[J].中南医学科学杂志,2023,51(1):107-109,149.
- [2]赵虹,孟慧,岳蔷薇.口腔卫生保健联合正念疗法对青少年微型种植体支抗口腔正畸治疗的影响[J].河北医药,2023,45(3):409-412.
- [3]贺吟雪,黄晓峰.上颌后牙区微型种植体支抗植入部位选择的研究进展[J].北京口腔医学,2024,32(2):129-132.
- [4]童庆华,陈雨雪,方文静,等.微型种植体支抗治疗错颌畸形患者的效果及其龈沟液中CAM-1及MMP-2水平的影
响[J].口腔材料器械杂志,2022,31(1):21-27.
- [5]张晨星,许丽琦,林军.微型种植体支抗逆时针旋转功能性殆平面的疗效研究[J].浙江大学学报(医学版),2021,50(2):195-204.
- [6]刘婧,刘燕萍,范卫明.微型种植体支抗对成人上颌牙列正畸的矫治效果及面度变化研究[J].实用医院临床杂志,2021,18(3):164-167.
- [7]谢尔婷,黄白兰,李文龙,等.错颌畸形患者采用微型种植体支抗治疗的有效性与安全性分析[J].临床口腔医学杂志,2021,37(9):564-567.
- [8]沈悦,曾翠敏,刘明辉,等.微型种植体支抗在青年安氏II类1分类错颌畸形矫治中的应用[J].中国美容医学,2021,30(7):139-142.
- [9]闵莉芳,俞兰,杨峻,等.微型种植体支抗用于青少年口腔正畸治疗的作用及安全性、依从性研究[J].中国基层医药,2020,27(7):832-835.
- [10]闫小静,魏强,闫召月,等.微型种植体支抗对口腔正畸患者正畸效果及不良反应的影响分析[J].中国美容医学,2020,29(4):123-126.
- [11]刘莹,冯惠敏.微型种植体支抗与口外弓支抗对安氏II类1分类错颌畸形患者的矫治效果对比分析[J].中国美容医学,2020,29(5):147-149.
- [12]关红辉.运用微型种植体支抗治疗口腔正畸的疗效分析[J].河北医学,2020,26(11):1850-1853.
- [13]Leo M,Cerroni L,Pasquantonio G,et al.Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics:review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants[J].Clin Ter,2016,167(3):e70-e77.
- [14]曹宇皎,谢红梅,张守用,等.微型种植体支抗与口外弓支抗对错颌畸形患者牙周炎性微环境的影响分析[J].解放军医药杂志,2019,31(9):82-86.
- [15]王婷,刘林,陈荟忆,等.微型种植体支抗在青年口腔正畸治疗中的应用效果分析[J].西南国防医药,2019,29(7):746-748.

收稿日期:2024-3-28 编辑:周思雨