

# 3种不同矫治器正畸作用下牙周骨组织重塑:压力侧破骨细胞分化因子的表达

黄岩, 郭娜(石家庄市第六医院口腔科, 河北省石家庄市 050000)

## 文章亮点:

- 1 目前国内外的研究多集中于单一矫治器的骨组织形态计量学分析, 实验在此基础上, 对3种不同矫治器(Damon III矫治器、MBT矫治器及Begg矫治器)矫治效果进行了比较, 相关研究未见报道, 探讨矫治器正畸过程中与宿主组织重建的生物相容性。
- 2 结果表明在大鼠骨改建过程中破骨细胞分化因子基因表达的变化与破骨细胞抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数的变化规律一致, 第7天时, Damon III矫治器组破骨细胞分化因子 mRNA 表达及破骨细胞数高于其他组。说明长期效果(3周后)Damon III矫治器优于 MBT 矫治器及 Begg 矫治器。

## 关键词:

生物材料; 口腔生物材料; 破骨细胞分化因子; Damon III矫治器; 正畸; 牙周组织

## 主题词:

正畸学; 破骨细胞; 牙周组织

## 摘要

**背景:** 国内外研究表明破骨细胞分化因子在正畸牙移动骨改建骨重塑过程中与破骨细胞的分化和功能密切相关。

**目的:** 分析3种不同矫治器正畸治疗对大鼠牙周组织重塑过程中压力侧破骨细胞分化因子表达的影响, 显示矫治器正畸过程与宿主组织重建的生物相容性。

**方法:** 选取80只健康Wistar大鼠, 建立正畸牙移位的大鼠模型, 随机数字表法分为4组。对照组、Damon III矫治器组、Begg矫治器组、MBT矫治器组。于各组矫治器正畸后3, 7, 14, 21 d各处死4只动物。通过破骨细胞抗酒石酸酸性磷酸酶染色法检测大鼠压力侧牙槽骨组织的破骨细胞数; 通过RT-PCR法检测大鼠压力侧的牙周骨组织中破骨细胞分化因子基因的表达变化及时间分布特点。

**结果与结论:** 与对照组相比, 不同矫治器组压力侧的牙槽骨组织中的抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数和破骨细胞分化因子基因的表达水平随正畸时间的增加而升高, 第7天时最高, 而后逐渐降低。第7天时 Damon III矫治器组抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数和破骨细胞分化因子基因表达水平高于 MBT 矫治器组、Begg 矫治器组及对照组( $P < 0.05$ )。结果表明在大鼠骨改建过程中破骨细胞分化因子基因表达的变化与破骨细胞抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数的变化规律一致, 第7天时, Damon III矫治器组破骨细胞分化因子 mRNA 表达及破骨细胞数高于其他组。

黄岩, 郭娜. 3种不同矫治器正畸作用下牙周骨组织重塑: 压力侧破骨细胞分化因子的表达[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(16):2562-2566.

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.16.019

## Periodontal tissue remodeling assisted by three kinds of orthodontic appliances: osteoclast differentiation factor mRNA expression under pressure

Huang Yan, Guo Na (Department of Stomatology, Sixth Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China)

## Abstract

**BACKGROUND:** Recent studies have shown that osteoclast differentiation factor is closely related to osteoclast differentiation, formation and function in bone remodeling during orthodontic tooth movement.

**OBJECTIVE:** To observe the effects of three kinds of orthodontic appliances on the expression of osteoclast differentiation factor at the pressure side of rat periodontal tissue during remodeling process and to explore the biocompatibility of the orthodontic appliances with the host tissues during orthodontic treatment.

**METHODS:** Eighty healthy Wistar rats were selected to establish animal models of orthodontic tooth movement, and then randomly divided into four groups: control group, MBT group, Begg group, Damon III appliance group. Four animal from each group were sacrificed at 3, 7, 14 days after wearing orthodontic appliances. The tartrate-resistant acid phosphatase staining was used to count the osteoclasts at the pressure side of alveolar bone tissue; real-time quantitative PCR detection to detect mRNA expression of osteoclast differentiation factor at the pressure side of periodontal tissue and time distribution characteristics.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Compared with the control group, the number of positive osteoclasts and mRNA expression of osteoclast differentiation factor at the pressure side of the alveolar bone tissue were increased with orthodontic time, reached the peaked at 7 days and then gradually decreased. The number of positive osteoclasts

黄岩, 女, 1973年生, 天津市人, 汉族, 2008年河北医科大学口腔医学专业毕业, 主治医师, 主要从事口腔牙体牙髓病治疗及冠修复研究。

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2015)16-02562-05

稿件接受: 2015-03-06

http://www.crter.org

Huang Yan, Attending physician, Department of Stomatology, Sixth Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

Accepted: 2015-03-06

and mRNA expression of osteoclast differentiation factor at the pressure side of the alveolar bone tissue were significantly higher in the Damon III group than the other three groups at 7 days after orthodontic treatment ( $P < 0.05$ ). These findings indicate that, during the bone remodeling, the number of positive osteoclasts changed in accordance with the mRNA expression of osteoclast differentiation factor, and at 7 days, the number of positive osteoclasts and mRNA expression of osteoclast differentiation factor were highest in the Damon III group.

**Subject headings:** Orthodontics; Osteoclasts; Periodontium

Huang Y, Guo N. Periodontal tissue remodeling assisted by three kinds of orthodontic appliances: osteoclast differentiation factor mRNA expression under pressure. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2015;19(16):2562-2566.

## 0 引言 Introduction

自1928年Angle发明方丝弓矫治器以来, 在口腔正畸学领域, 固定矫治器以及有关的基础理论得到不断发展。在当今种类繁多的矫治器和矫治技术中, Damon III自锁托槽矫治器是一种完全滑道式直丝弓自锁托槽矫治器, 以其摩擦力低、不用结扎、椅旁操作时间及疗程缩短等优点, 受到越来越多正畸医师的关注。

自锁托槽矫治器出现以来, 经历RussellLock矫治器、Edgelok托槽、SPEED矫治器阶段, 目前主要为Damon托槽型自锁托槽矫治器, 而Damon托槽又经历了3种改型最终形成目前应用的Damon III矫治器。Damon III矫治器具有美观、舒适、易于维护口腔卫生、矫治中矫治力量柔和、正畸牙移动安全以及矫治过程中摩擦力小支抗损失等优点, 是近期矫治器改良的新方向; Damon III自锁托槽式矫治器具有摩擦力较小、矫治疗程相对较短及利于口腔卫生等优点, 是目前矫治器改良的新方向<sup>[1-4]</sup>。

形态计量学研究表明Damon III自锁托槽式矫治正畸牙移动的过程是一个骨组织的重建过程, 其中包括骨吸收与骨改建<sup>[5-8]</sup>。破骨细胞分化因子在各种骨组织微环境破骨细胞的产生、分化和激活过程中发挥着重要作用。本研究通过将健康Wistar大鼠作为研究对象, 观察不同矫治器正畸作用后大鼠牙周组织改建过程中压力侧破骨细胞分化因子表达的变化及意义<sup>[9-12]</sup>。

## 1 材料和方法 Materials and methods

**设计:** 随机对照动物实验。

**时间及地点:** 实验于2012年5月至2013年10月在河北医科大学动物实验室完成。

**材料:**

**实验动物:** 清洁级Wistar大鼠80只, 体质量300-350 g, 雌雄各半, 购自河北医科大学动物实验室, 动物质量合格证号: SCXK20080008。实验过程中对动物的处置过程符合动物伦理学的相关要求。

**矫治器:** Begg矫治器、MBT直丝弓第三代矫治器购于杭州普特医疗器械有限公司; Damon III自锁托槽矫治器为美国ORMCO公司生产; 抗酒石酸酸性磷酸酶染色 (TRAP染色) 为武汉博欧特生物公司试剂盒。

**实验方法:**

**动物分组:** 将80只大鼠随机数字表法分为等量4组,

MBT矫治器组、Begg矫治器组、Damon III矫治器组、空白对照组, 每组20只。

**安装矫治器:** 所有大鼠适应性的饲养1周。通过体积分数10%的水合氯醛以350 mg/kg行腹腔注射进行麻醉, 麻醉满意后用牙科高速涡轮手机及车针于实验组大鼠左、右侧上颌第1磨牙龈缘和切牙处作一浅的固沟, 建立正畸牙移位的大鼠模型, 通过0.25 mm直径的镍钛弓丝分别将Damon III、MBT矫治器结扎于上颌切牙与第1磨牙之间, 通过螺旋弹簧装置施加80 g拉力, 牵引上颌第1磨牙向移向近中。测力计测定弹簧装置牵引力的大小。各组实验的大鼠同名牙托槽结扎于相同的位置。

**组织学切片制作:** 于造模后3, 7, 14, 21 d各处死4只大鼠, 取上颌牙周组织标本于体积分数4%的甲醛液中固定12 h后, 经复合酸脱钙72 h, 行常规脱水后, 浸蜡包埋。沿大鼠第1磨牙的长轴近远中矢状面切成5 μm厚的切片, 各组大鼠取完整的牙周结构切片后行苏木精-伊红染色, 行光镜观察。

**苏木精-伊红染色:** 将已固定的涂片通过蒸馏水冲洗后, 浸入到苏木精染液中4.0-5.0 min。蒸馏水清洗后, 再浸入浓度为0.5%的盐酸乙醇中5 s。蒸馏水冲洗后再置于稀碳酸锂溶液1.0-2.0 min, 取出后置于伊红染液2 min后。浸于体积分数95%乙醇及无水乙醇中脱水, 5 min/次。

**抗酒石酸酸性磷酸酶染色:** 切片厚度为7 μm, 抗酒石酸酸性磷酸酶染色反应的温度为室温至37 °C, 反应时间为30-60 min。封固: 通过甲基绿, 使核染色, 染色时间10 s, 水洗后于37 °C下干燥, 经过二甲苯透明后, 通过屈大麻酚永久封固。计算成骨细胞及破骨细胞数目, 计数区域的面积为0.5 mm×1.0 mm, 每张切片 随机选择5个视野进行破骨细胞的计数, 取均值作为细胞数。

**实时荧光定量 PCR:** 取大鼠压力侧的第1磨牙, 钳除磨牙区的牙体, 刮除周围软组织, 截断磨牙区的牙槽骨组织约100 mg, 内切式组织匀浆器于液氮中充分匀浆, 溶于1 mL的Trizol试剂中, 依照Trizol说明书提取样本的总RNA后, 置于-70 °C的冰箱冻存备用。依照试剂说明书吸取1 μL总RNA, 加入随机引物0.5 μL, 反应的总体积为10 μL, 在M-MLV反转录酶的作用下合成cDNA, 反应参数为30 °C, 10 min→2 °C, 30 min→97 °C, 5 min→5 °C, 5 min。所得的cDNA于-20 °C保存。实时荧光定量PCR依照试剂盒说明书进行采用荧光染料掺入法。

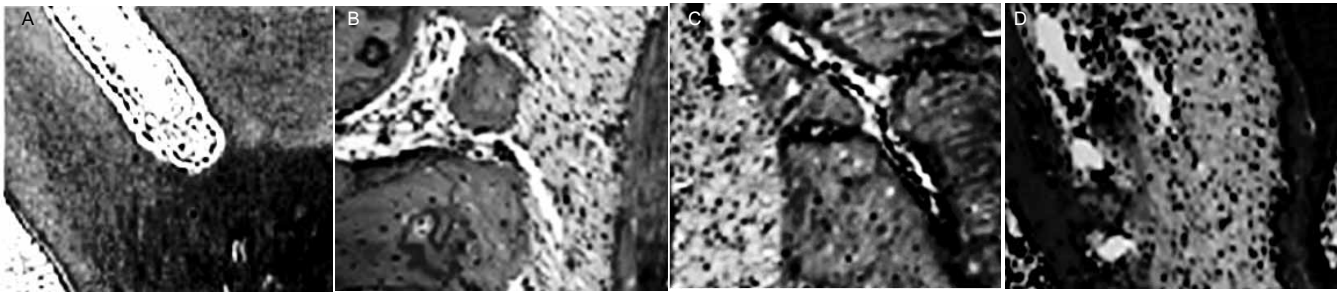


图 1 矫治器正畸作用下大鼠加力 7 d 压力侧牙周结构观察(苏木精-伊红染色, ×40)

Figure 1 Effect of different appliances on the morphology of periodontal bone tissue at 7 days after correction (hematoxylin-eosin staining, ×40)

图注: 图 A 为对照组; B 为 MBT 矫治器组; C 为 Begg 矫治器组; D 为 Damon III 矫治器组。压力侧骨改建明显, 骨吸收陷窝明显增大, 破骨细胞数量亦达高峰。

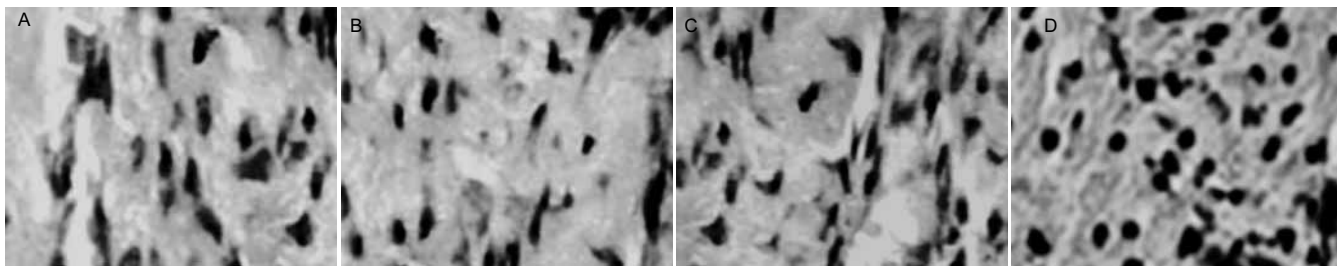


图 2 矫治器正畸作用下大鼠加力 7 d 组压力侧抗酒石酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数(×40)

Figure 2 Effect of different appliances on the number of positive osteoclasts in the periodontal bone tissue at 7 days after correction (tartrate-resistant acid phosphatase staining, ×40)

图注: 图 A 为对照组; B 为 MBT 矫治器组; C 为 Begg 矫治器组; D 为 Damon III 矫治器组。压力侧骨改建明显, 骨吸收陷窝明显增大, 破骨细胞数量亦达高峰。

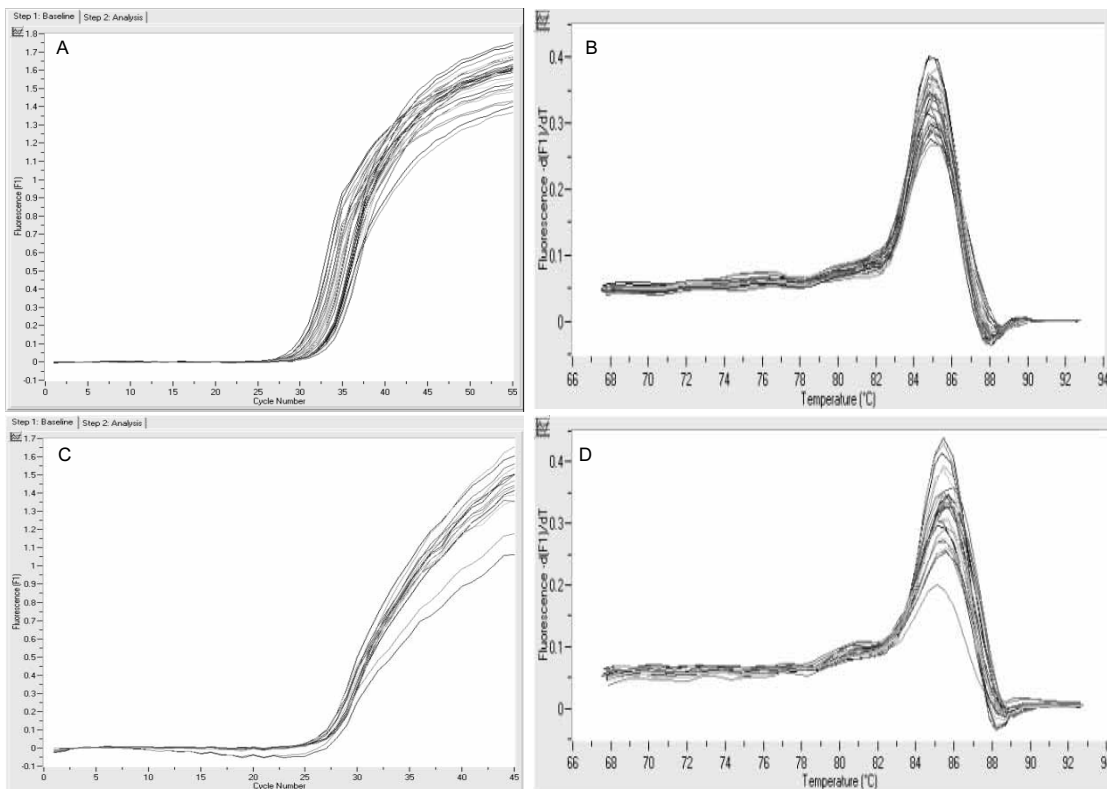


图 3 实时定量 PCR 法检测大鼠压力侧目的基因的扩增过程及溶解曲线

Figure 3 Real-time quantitative PCR detection of target genes and melting curves

图注: 图 A 为破骨细胞分化因子 mRNA 的扩增过程; B 为破骨细胞分化因子 mRNA 的溶解曲线; C 为  $\beta$ -actin mRNA 扩增过程; D 为  $\beta$ -actin mRNA 溶解曲线。

表 1 引物序列

Table 1 Primer sequences

基因名称	引物序列(5'-3')	产物长度	温度
$\beta$ -actin	5'-GAA ATC GTG CGT GAC ATT AAG-3' 5'-CTA GAA GCA TTT GCG GTG CA-3'	175 bp	55 °C
破骨细胞分化因子	5'-GAG ACT ACG GCA AGT A-3' 5'-CCT CCA ACG TTT ATG G-3'	215 bp	55 °C

表 3 不同矫治器正畸作用下大鼠压力侧破骨细胞分化因子 mRNA 表达水平 ( $\bar{x}\pm s$ ,  $n=4$ )

Table 3 Effect of different appliances on osteoclast differentiation factor mRNA expression at the pressure side

组别	骨细胞分化因子 mRNA(骨细胞分化因子/ $\beta$ -actin)			
	3 d	7 d	14 d	21 d
对照组	1.043 $\pm$ 0.032	1.045 $\pm$ 0.036 <sup>a</sup>	1.054 $\pm$ 0.035	1.046 $\pm$ 0.044
MBT矫治器组	1.265 $\pm$ 0.126	1.764 $\pm$ 0.164 <sup>a</sup>	1.616 $\pm$ 0.114	1.385 $\pm$ 0.085
Begg矫治器组	1.259 $\pm$ 0.106	1.775 $\pm$ 0.143 <sup>a</sup>	1.627 $\pm$ 0.123	1.376 $\pm$ 0.096
Damon III矫治器组	1.454 $\pm$ 0.093	2.144 $\pm$ 0.154 <sup>a</sup>	1.884 $\pm$ 0.133	1.548 $\pm$ 0.114

表注: 加力后第 7 天, Damon III 矫治器组破骨细胞分化因子 mRNA 表达高于 MBT 矫治器组、Begg 矫治器组 ( $P < 0.05$ )。与 Damon III 矫治器组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

以反转录所得的cDNA为模板, 按表1相关引物序列加入上游引物0.5  $\mu$ L、下游引物 0.5  $\mu$ L, 总的体系为40  $\mu$ L。扩增参数: 94 °C, 2 min $\rightarrow$ (95 °C, 30 s $\rightarrow$ 55 °C, 30 s $\rightarrow$ 72 °C, 30 s $\rightarrow$ 测定荧光值) $\times$ 40循环 $\rightarrow$ 72 °C, 5 min。反应所得结果是各样品不同时间点的荧光值。将荧光信号存储, 对DNA的扩增曲线进行分析, 做必要的误差分析。以 $\beta$ -actin为内参基因。

**主要观察指标:** ①大鼠牙周结构苏木精-伊红染色结果。②抗酒石酸酸性磷酸酶染色计数。③实时定量PCR检测结果。

**统计学分析:** 样本均数以 $\bar{x}\pm s$ 表示。实验数据用SPSS 17.0软件分析, 多组均数比较用单因素方差分析(LSD法), 两组均数比较用 $t$ 检验,  $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

**2.1 实验动物数量分析** 实验选用大鼠 80 只, 分为 4 组, 大鼠死亡 6 只, 造模失败 10 只, 进入结果分析 64 只。

**2.2 大鼠牙周结构苏木精-伊红染色结果** 苏木精-伊红染色可见, 与对照组各时间点相比, MBT 矫治器组、Begg 矫治器组、Damon III 矫治器组压力侧的牙槽骨边缘出现骨吸收陷窝, 同时陷窝内出现多核破骨细胞, 牙周膜的腔变窄。正畸 7 d 时, 压力侧骨改建明显, 骨吸收陷窝明显增大, 破骨细胞数量亦达高峰(图 1), Damon III 矫治器组抗酒石酸酸性磷酸酶染色的阳性破骨细胞计数高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组( $P < 0.05$ )。与正畸 7 d 时相比, 正畸 14, 21 d 后, 大鼠压力侧骨吸收陷窝中破骨细胞的个数逐渐减少。

**2.3 抗酒石酸酸性磷酸酶染色计数** 抗酒石酸酸性磷酸

表 2 不同矫治器正畸作用下大鼠压力侧抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数结果 ( $\bar{x}\pm s$ ,  $n=4$ , 个)

Table 2 Effect of different appliances on the number of positive osteoclasts after correction

组别	破骨细胞计数			
	3 d	7 d	14 d	21 d
对照组	3.743 $\pm$ 1.045	3.756 $\pm$ 1.245	3.856 $\pm$ 1.022	3.732 $\pm$ 1.325
MBT矫治器组	8.232 $\pm$ 2.423	16.532 $\pm$ 2.363 <sup>a</sup>	12.742 $\pm$ 2.052	8.213 $\pm$ 2.322
Begg矫治器组	8.243 $\pm$ 2.321	16.456 $\pm$ 2.412 <sup>a</sup>	12.753 $\pm$ 1.986	8.224 $\pm$ 2.268
Damon III矫治器组	10.853 $\pm$ 2.322	24.644 $\pm$ 2.832	14.353 $\pm$ 2.756	10.746 $\pm$ 2.624

表注: 加力 7 d 时, Damon III 矫治器组抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组( $P < 0.05$ )。与 Damon III 矫治器组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

酶染色显示大鼠压力侧牙槽骨中破骨细胞为红色颗粒, 定位于细胞的胞浆中。正畸 7 d 的结果见图 2, 多核破骨细胞呈 TRAP 阳性染色, 少部分单核破骨细胞的前体亦呈 TRAP 阳性染色。压力侧 TRAP 阳性染色的破骨细胞计数见表 2。正畸 7 d 时, 压力侧骨改建明显, 压力侧骨吸收陷窝明显增大, 破骨细胞数量亦达高峰(图 2, 表 2), Damon III 矫治器组抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数明显高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组( $P < 0.05$ )。

**2.4 实时定量 PCR 检测结果** 通过实时定量 PCR 法检测各实验组大鼠压力侧目的基因的扩增过程(半对数图谱), 及溶解曲线: 破骨细胞分化因子基因的扩增过程(半对数图谱见图 3A), 其溶解曲线见图 3B; 内参基因  $\beta$ -actin mRNA 的扩增过程(半对数图谱见图 3C), 其溶解曲线见图 3D。实时定量 PCR 检测各实验组基因的表达水平和变化规律: 与对照组大鼠相比各试验组压力侧牙槽骨组织中的破骨细胞分化因子基因的表达均在正畸后的第 3-7 天随时间的增加而升高, 于正畸加力后第 7 天时达最高峰, 而后逐渐的表达降低(见表 3)。正畸后第 7 天, Damon III 矫治器组破骨细胞分化因子 mRNA 表达高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论 Discussion

Damon III 自锁托槽式矫治器有着舒适、美观、易于维护口腔内卫生、矫治过程中矫治力量相对较柔和, 在正畸的过程中牙齿的移动安全以及矫治过程中产生的摩擦力小, 其支抗损失较少等优点, 是近些年来临床矫治器治疗改良的新方向<sup>[13-17]</sup>。相关研究表明, 破骨细胞分化因子的表达变化是骨改建中破骨细胞激活、分化及发挥骨吸收活性过程所必须的。破骨细胞分化因子基因在诱导压力侧牙周组织中破骨细胞的激活、分化和成熟中发挥重要作用<sup>[18-20]</sup>, 参与了压力侧牙周组织的骨吸收和改建。

最近的研究还表明, 破骨细胞分化因子能够直接作用于破骨细胞基质金属蛋白酶 9 及金属蛋白酶抑制剂 1, 上调基质金属蛋白酶 9/金属蛋白酶抑制剂 1 表达的比率。而基质

金属蛋白酶9/金属蛋白酶抑制剂1的表达上调是破骨细胞发挥骨吸收活性和启动骨吸收过程的关键步骤<sup>[21-22]</sup>。在本实验中建立的正畸牙移动的各鼠模型中, 与对照组相比牙槽骨改建的最活跃期为正畸后的第7天, 同时抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性的破骨细胞数也在7 d时达到最高值。正畸后第7天, Damon III矫治器组的破骨细胞分化因子mRNA的表达及抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数明显的高于MBT矫治器组、Begg矫治器组( $P < 0.05$ )。因此, 从骨组织的形态计量学及分子生物学的角度表明了Damon III矫治器的矫治效果较MBT矫治器组、Begg矫治器组优( $P < 0.05$ )。同时研究可见, 大鼠压力侧牙槽骨破骨细胞分化因子和的变化规律与正畸牙移动过程中抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性的破骨细胞数量及的骨改建过程的变化规律相一致。与王威等<sup>[23]</sup>对破骨细胞分化因子基因在大鼠牙正畸治疗时压力侧牙槽骨重建中的表达及时间分布特点相一致。Kawasaki等<sup>[24]</sup>的研究证实表明成年患者压力侧龈沟液中破骨细胞分化因子的表达低于青少年患者。因此, 破骨细胞分化因子 mRNA的变化与年龄也存在着一定的联系。但本研究所选实验大鼠均为8周龄成年SD大鼠, 排除了年龄差异的影响。

**作者贡献:** 黄岩设计、黄岩实施、郭娜采用盲法评估。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:** 实验过程对动物的处置符合动物伦理学要求。

**学术术语:** 自锁托槽矫治器(self-ligating bracket)是依赖滑动或转动的托槽盖、栓盖或弹性夹把弓丝固定于托槽沟内, 它是相对于传统的结扎式托槽而言的。自锁托槽矫治器是由纽约正畸先驱 Stol-zenberg 医生发明的, 其特点在于摩擦力小、矫治疗程较短、利于口腔卫生等优点。

**作者声明:** 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

#### 4 参考文献 References

- [1] 丁鹏,周彦恒,林久祥.自锁托槽矫治器的发展、分类及特点[J].口腔正畸学,2006,13(1):40-43.
- [2] 贺钰,马俊青,赵红梅,等. Forsus和Dynamax矫治器对下颌骨生长改形的效果比较[J].广东牙病防治, 2010,(07)370-372.
- [3] 宋红,马秦,陈永进.破骨细胞分化因子和破骨细胞生长抑制因子在牙周组织细胞中的表达[J].实用口腔医学杂志, 2009,25(5): 710-714.
- [4] 张子扬,李玉如,黄统.拔除磨牙矫治安氏II类错畸形患者的临床回顾性研究[J].国际口腔医学杂志, 2010,(02):141-145.
- [5] 那宾,白雪芹,刘学恒. Damon-III矫治器治疗安氏II类1分类错颌畸形患者硬组织变化的研究[J].国际口腔医学杂志, 2009, 36(3): 281-284.
- [6] 朱红明,刘丹,章婷.拔除下颌磨牙矫治安氏III类错关系的临床分析[J].口腔医学研究,2012, 28(4):370-372.
- [7] 周欣荣. 自锁托槽矫治技术研究进展[J].北京口腔医学, 2009, 17(4):235-236.
- [8] 牛白平.全新的正畸概念—Damon 系统:第一部分Damon系统的基本特点[J].实用口腔医学杂志,2008,24(4):608-611.
- [9] Belibasakis GN, Bostanci N, Hashim A, et al. Regulation of ODF and OPG gene expression in human gingival fibroblasts and periodontal ligament cells by Porphyromonas gingivalis: A putative role of the Arg-gingipains. Microb Pathog. 2007;43(1): 46-53.
- [10] Napimoga MH, Benatti BB, Lima FO, et al. Cannabidiol decreases bone resorption by inhibiting RANK/ODF expression and pro-inflammatory cytokines during experimental periodontitis in rats. Int Immunopharmacol. 2009;9(2):216-222.
- [11] Irie K, Ekuni D, Yamamoto T, et al. A single application of hydrogen sulphide induces a transient osteoclast differentiation with ODF expression in the rat model. Archives of Oral Biology. 2009;54(8):723-729.
- [12] Han G, Chen Y, Hou J, et al. Effects of simvastatin on relapse and remodeling of periodontal tissues after tooth movement in rats. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;138(5):550.e1-7;
- [13] Ristic M, Vlahovic SM, Sasic M, et al. Clinical and microbiological effects of fixed orthodontic appliances on periodontal tissues in adolescents. Orthod Craniofac Res. 2007,10(4):187-195.
- [14] 尹翰文,林娜,关键,等.双侧下颌支矢状劈开坚固内固定的三维有限元分析[J].上海口腔医学,2012, 21(2):194-198.
- [15] Erkmen E, Simsek B, Yücel E, et al. Comparison of different fixation methods following sagittal split ramus osteotomies using three-dimensional finite elements analysis. Part 1: advancement surgery-posterior loading. Int J Oral Maxillofac Surg.2005;34(5):551-558.
- [16] Reicheneder CA, Gedrange T, Lange A, et al. Editor's Summary, Q & A, Reviewer's Critique: Shear and tensile bond strength comparison of various contemporary orthodontic adhesive systems: An in-vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 ;135(4):422.e1-6.
- [17] Chen SS, Greenlee GM, Kim JE, et al. Editor's Comment and Q&A: Systematic review of self-ligating brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137(6):726.e1-726.e18.
- [18] Reddi D, Bostanci N, Hashim A, et al. Porphyromonas gingivalis regulates the ODF-OPG system in bone marrow stromal cells. Microbes and Infection. 2008;10(14-15): 1459-1468.
- [19] Otsuka T, Kasai H, Yamaguchi K, et al. Enamel matrix derivative promotes osteoclast cell formation by ODF production in mouse marrow cultures. J Dent. 2005 Oct;33(9):749-755.
- [20] Mogi M, Otagoto J. Expression of cathepsin-K in gingival crevicular fluid of patients with periodontitis. Archives of Oral Biology.2007;52(9)894-898.
- [21] Jie Zhu, Chao Chen, Xue-nong Xing, et al. Effect of pioglitazone on expression of MMP-9 mRNA in human osteoclast-like cells induced by ODF and M-CSF. Bone.2010; 47(3):S418-S419.
- [22] Wittrant Y, Theoleyre S, Couillaud S, et al. Regulation of osteoclast protease expression by RANKL. Biochem Biophys Res Commun. 2003;310(3):774-778.
- [23] 王峰,林珠,李永明,等.机械力作用下人牙周膜细胞ODF及OCIF的表达及意义[J].实用口腔医学杂志 2005,21(01):85-87.
- [24] Kawasaki K, Takahashi T, Yamaguchi M, et al. Effects of aging on ODF and OPG levels in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement. Orthod Craniofac Res.2006; 9(3):137-142.