

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.20.009 [http://www.crter.org]

马永平, 葛长青, 高琳青. 不同矫治正畸作用下牙周骨改建过程中压力侧相关因子的变化[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(20):3671-3678.

不同矫治正畸作用下牙周骨改建过程中压力侧相关因子的变化★

马永平, 葛长青, 高琳青

保定市第二医院口腔科, 河北省保定市 071000

文章亮点:

- 1 实验分别应用 MBT 矫治器、Begg 矫治器和 Damon III 矫治器对兔上颌切牙和第一磨牙进行矫治, 观察不同矫治器正畸作用下兔牙周骨压力侧核因子 κB 受体活化因子配体表达的变化及作用。
- 2 实验研究表明骨改建过程中核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 的表达明显增高, 且其变化规律与破骨细胞数量相一致。
- 3 实验从分子生物学角度及骨组织形态计量学角度说明了 Damon III 矫治器的矫治效果优于 MBT 矫治器和 Begg 矫治器, 值得临床应用推广。

关键词:

组织构建; 口腔组织构建; Damon III 矫治器; MBT 矫治器; Begg 矫治器; 正畸; 牙周组织; 核因子 κB 受体活化因子配体; 压力; 破骨细胞

摘要

背景: 近年来研究表明核因子 κB 受体活化因子配体与正畸牙移动骨改建过程中破骨细胞的形成、分化和功能密切相关。

目的: 观察不同矫治器正畸作用下兔牙周组织改建过程中压力侧组织核因子 κB 受体活化因子配体表达的变化, 探讨不同矫治器的正畸效果。

方法: 将 64 只健康大白兔随机分为 4 组: 对照组、MBT 矫治器组、Begg 矫治器组、Damon III 矫治器组, 每组 16 只。MBT 矫治器组、Begg 矫治器组、Damon III 矫治器组分别应用对应的矫治器对兔上颌切牙和第一磨牙进行矫治, 近中移动牵引力为 80 g; 对照组不进行矫治。分别于矫治后第 3, 7, 14, 21 天每组取 4 只白兔进行检测。

结果与结论: 苏木精-伊红染色显示加力后各矫治器组压力侧牙周膜腔变窄, 牙槽骨边缘出现骨吸收陷窝。抗酒石酸酸性磷酸酶染色显示, 矫治 7 d 时, 骨改建活跃, 破骨细胞数量达到高峰; 同时实时荧光定量 PCR 检测发现加力后压力侧牙槽骨组织中核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 的表达明显增高, 并于加力后第 7 天达到最高峰, 而后逐渐降低。加力第 7 天时, Damon III 矫治器组破骨细胞数量和核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 表达水平均明显高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组 ($P < 0.05$)。提示在骨改建过程中核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 表达的变化规律与破骨细胞数量相一致, Damon III 矫治器的矫治效果优于 MBT 矫治器、Begg 矫治器。

马永平★, 女, 1970 年生, 河北省保定市人, 汉族, 2002 年河北医科大学毕业, 硕士, 主要从事口腔正畸方面的研究。
zjianj1a1@126.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 2095-4344
(2013)20-03671-08

收稿日期: 2012-10-22
修回日期: 2013-04-07
(20120816004/WLM · C)

Changes of related factors on the pressure side under different appliance orthodontic during periodontal bone remodeling

Ma Yong-ping, Ge Chang-qing, Gao Lin-qing

Department of Stomatology, Baoding Second Hospital, Baoding 071000, Hebei Province, China

Abstract

BACKGROUND: Recent studies have shown that receptor activator of nuclear factor- κB ligand is closely related to osteoclast differentiation, formation and function in bone remodeling during orthodontic tooth movement.

Ma Yong-ping★, Master,
Department of Stomatology,
Baoding Second Hospital,
Baoding 071000, Hebei
Province, China
zjianj1a1@126.com

Received: 2012-10-22
Accepted: 2013-04-07

OBJECTIVE: To observe the changes in receptor activator of nuclear factor- κ B ligand expression in the pressure side during periodontal tissue remodeling under different appliance orthodontics, and to explore the effect of different orthodontic appliances.

METHODS: Sixty-four healthy rabbits were divided into four groups: control group, MBT appliance group, Begg appliance group, Damon III appliance group, 16 rabbits in each group. In the MBT appliance group, Begg appliance group and Damon III appliance group, corresponding appliances were used to correct the maxillary incisors and first molars respectively, and the mesial movement traction force was 80 g; the control group did not receive correction. Four rabbits were selected from each group for testing at 3, 7, 14 and 21 days after correction.

RESULTS AND CONCLUSION: Hematoxylin-eosin staining showed that the periodontal ligament cavity in the pressure side was narrow and the edge of the alveolar bone exhibited resorption pits. Tartrate-resistant acid phosphatase staining showed bone remodeling was active and the number of osteoclasts reached peak at 7 days after correction. Real-time quantitative PCR showed that the mRNA expression of receptor activator of nuclear factor- κ B ligand on the pressure side of the alveolar bone tissue was significantly increased after force loading, and reached peak at 7 days after forcing, then gradually decreased. At 7 days after forcing, the number of osteoclasts and the mRNA expression of receptor activator of nuclear factor- κ B ligand in the Damon III appliance group were higher than those in the MBT appliance group and Begg appliance group ($P < 0.05$). In bone remodeling process, mRNA expression of receptor activator of nuclear factor- κ B ligand was positively correlated with the number of osteoclasts, and the effect of Damon III appliance was better than MBT and Begg appliances.

Key Words: tissue construction; oral tissue construction; Damon III appliance; MBT appliance; Begg appliance; orthodontics; periodontal tissues; receptor activator of nuclear factor- κ B ligand; pressure; osteoclasts

Ma YP, Ge CQ, Gao LQ. Changes of related factors on the pressure side under different appliance orthodontic during periodontal bone remodeling. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2013;17(20): 3671-3678.

0 引言

Damon III矫治器具有口腔卫生好、使用安全、结扎及稳定性好、矫治过程中滑动摩擦力小等优点, 是近期矫治器改良的新方向^[1-4]。

正畸牙移动的过程是一个骨组织改建的过程, 包括骨吸收与骨形成^[5-12]。核因子 κ B受体活化因子配体在诱导压力侧牙周组织中破骨细胞的分化和成熟中发挥重要作用^[13-16]。

实验以健康大耳白兔作为研究对象, 观察不同矫治器正畸作用下兔牙周组织改建过程中压力侧组织核因子 κ B受体活化因子配体表达的变化。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 于2011年2月至2012年2月在保定市第二医院动物实验室完成。

材料:

实验动物: 健康清洁级成年纯种新西兰白兔64只, 5.0-6.0月龄, 雌雄不拘, 体质量2.5-3.0 kg, 由山东大学实验动物中心提供, 许可证号: SCXK(鲁)2006-0012。实验中对动物的处置方法符合动物伦理学要求。

仪器:

MBT矫治器: 购自杭州普特医疗器械有限公司, 为MBT直丝弓第三代矫治器。

Begg矫治器: 购自杭州普特医疗器械有限公司, 为Begg细丝弓矫治器。

Damon III矫治器: 购自美国ORMCO公司, 为Damon III自锁托槽矫治器。

方法:

实验动物分组: 将64只兔随机分为4组: MBT矫治器组、Begg矫治器组、Damon III矫治器组和对照组, 每组16只。

正畸牙移动模型的建立及矫治器的安装: 所有动物适应性饲养1周。应用体积分数1%的戊巴比妥钠(4 mL/kg)腹腔注射麻醉, 使用牙科高速涡轮车针在实验动物左、右侧上颌切牙和第一磨牙龈缘处作一浅的固位沟, 用直径0.25 mm镍钛弓丝分别将MBT矫治器、Begg矫治器、Damon III矫治器结扎在上颌切牙与第一磨牙之间, 使螺旋弹簧产生80 g的拉力, 牵引上颌第一磨牙向近中移动。用测力计确定牵引力。各组实验动物相同牙托槽结扎在相同的位置。对照组不进行任何处理。

组织标本的制备: 于正畸后第3, 7, 14, 21天处死各组动物, 取上颌标本置于体积分数10%甲醛溶液中固定12 h, 复合酸脱钙72 h, 常规脱水浸蜡, 包埋。沿磨牙长轴进行近远中向连续切片, 片厚5 μ m或8 μ m。

苏木精-伊红染色观察牙槽骨组织病理学的改变: 将已固定的5 μ m厚切片用蒸馏水冲洗, 浸入苏木精染液中5 min。蒸馏水清洗, 再浸入体积分数0.5%盐酸乙醇溶液中数秒。蒸馏水冲洗后再置入稀碳酸锂溶液1.0-2.0 min, 取出后放入伊红染液中2 min。浸入体积分数95%乙醇及无水乙醇内脱水, 各5 min。显微镜下观察各组牙槽骨组织病理学的改变。

抗酒石酸酸性磷酸酶染色观察压力侧牙槽骨组织破骨细胞数量的改变: 取8 μ m厚切片, 参照日本宝生物公司抗酒石酸酸性磷酸酶染色试剂盒进行染色。反应温度为室温至37 $^{\circ}$ C, 反应时间为30-45 min或60 min。用甲基绿几秒即可使核染色, 水洗后在37 $^{\circ}$ C下干燥, 经二甲苯透明, 经屈大麻酚永久封固。显微镜下计数破骨细胞数目, 每张切片随机选取5个视野, 面积为0.5 mm \times 1.0 mm, 计算破骨细胞的平均值。

实时荧光定量PCR检测压力侧牙槽骨组织核因子 κ B受体活化因子配体mRNA的表达: 正畸后第3, 7, 14, 21天, 取各组兔第一磨牙压力侧约2 mm宽的牙槽骨组织约100 mg, 溶解于1 mL Trizol容易中, 参照Takara公司试剂说明书介绍的方法提取牙槽骨组织总RNA, -70 $^{\circ}$ C冰箱冻存备用。反转录合成cDNA, 按试剂说明书操作, 取1 μ L总RNA, 随机引物0.5 μ L, 反应总体积10 μ L, 在M-MLV反转录酶作用下合成cDNA, 反应参数为30 $^{\circ}$ C, 10 min \rightarrow 2 $^{\circ}$ C, 30 min \rightarrow 98 $^{\circ}$ C, 5 min \rightarrow 5 $^{\circ}$ C, 5 min。所得cDNA -20 $^{\circ}$ C保存。实时荧光定量PCR按试剂盒说明书操作, 采用荧光染料Cyber green I 掺入

法。反转录所得cDNA为模板, 相关引物序列见表1。取上游引物0.5 μ L、下游引物0.5 μ L, 40 μ L体系。扩增参数: 94 $^{\circ}$ C, 2 min \rightarrow (95 $^{\circ}$ C, 30 s \rightarrow 53 $^{\circ}$ C, 30 s \rightarrow 72 $^{\circ}$ C, 30 s \rightarrow 测定荧光值) \times 40循环 \rightarrow 72 $^{\circ}$ C, 5 min。反应所得为各样品各时间点的荧光值。存储荧光信号, 分析mRNA的扩增曲线, 做必要的误差分析。以 β -actin为内参基因。

表1 PCR扩增所需引物序列

Table 1 Primer sequence in PCR amplification

基因名称	引物序列(5'-3')	产物长度(bp)
β -actin	上游: TCA CCA TGG ATG ATG ATG ATA TCG C	175
	下游: CGT GCT CGA TGG GGT ACT TCA	
RANKL	上游: GGT TCC CAT AAA GTG AGT CTG T	128
	下游: TTA AAA GCC CCA AAG TAT GTT	

RANKL: 核因子 κ B受体活化因子配体

主要观察指标: 不同矫治器正畸作用下兔压力侧牙槽骨组织的病理改变、破骨细胞数目的变化及牙槽骨组织中核因子 κ B受体活化因子配体mRNA的表达。

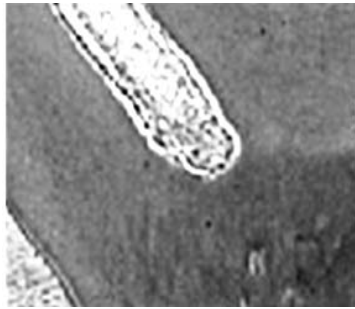
统计学分析: 所有数据均以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 采用SPSS 14.0软件进行统计学分析, 组间比较采用重复测量方差分析和t检验进行统计学检验。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

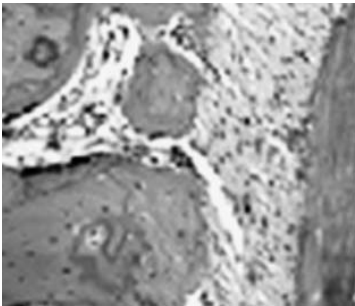
2.1 实验动物数量分析 实验共纳入64只大耳白兔, 均进入结果分析。

2.2 不同矫治器正畸作用下兔牙周改建组织的病理学改变 苏木精-伊红染色结合光镜观察见与对照组各时间点相比, MBT矫治器组、Begg矫治器组、Damon III矫治器组压力侧牙周膜腔变窄, 牙槽骨边缘出现骨吸收陷窝, 陷窝内有多核破骨细胞。矫治7 d时, 骨改建活跃, 压力侧骨吸收陷窝进一步增大, 见图1。加力14, 21 d时, 压力侧骨吸收陷窝中的破骨细胞数量逐渐减少; 张力侧新骨沉积厚度进一步增加, 新形成骨小梁表面见成骨细胞呈柱状, 排列整齐。

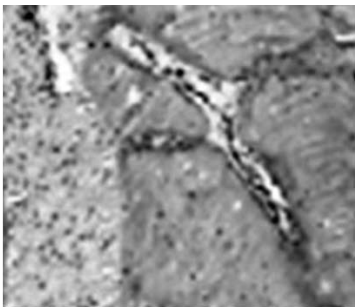
2.3 不同矫治器正畸作用下兔牙周改建组织中破骨细胞数量的改变 见图2, 见表2。



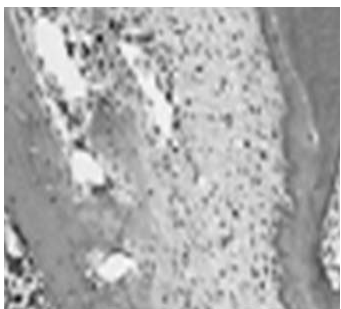
A: 对照组



B: MBT 矫治器组



C: Begg 矫治器组

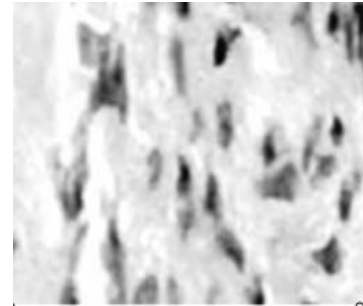


D: Damon III 矫治器组

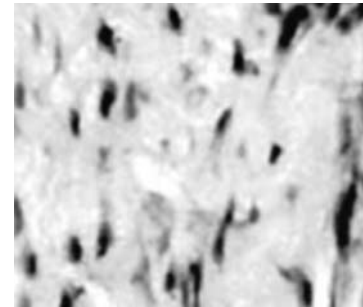
注: 矫治 7 d 时, 与对照组比较, MBT 矫治器组、Begg 矫治器组、Damon III 矫治器组骨改建活跃, 压力侧骨吸收陷窝进一步增大。

图 1 不同矫治器对兔压力侧牙周改建组织病理改变的影响 (苏木精-伊红染色, ×20)

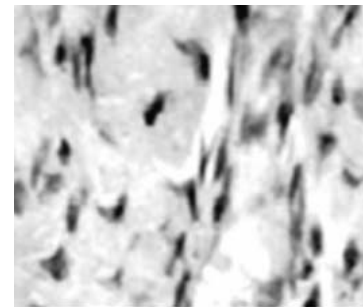
Figure 1 Effect of different orthodontic appliances on the pathological changes of the pressure side during periodontal tissue remodeling (Hematoxylin-eosin staining, ×20)



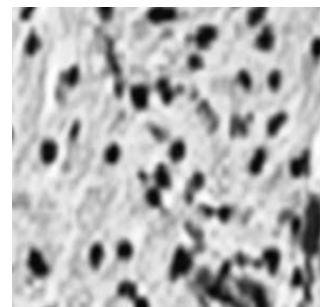
A: 对照组



B: MBT 矫治器组



C: Begg 矫治器组



D: Damon III 矫治器组

注: 矫治 7 d 时, 与对照组、MBT 矫治器组、Begg 矫治器组相比, Damon III 矫治器组抗酒石酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数量较多。

图 2 不同矫治器对兔压力侧牙周改建组织破骨细胞数量的影响(抗酒石酸性磷酸酶染色, ×20)

Figure 2 Effect of different orthodontic appliances on number of osteoclasts in the pressure side during periodontal tissue remodeling (Tartrate-resistant acid phosphatase staining, ×20)

表 2 不同矫治器正畸作用下压力侧牙槽骨中抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数结果

Table 2 Number of positively tartrate-resistant acid phosphatase stained osteoclasts in the pressure side under different orthodontic appliances ($\bar{x}\pm s$, $n=4$, $n/0.5\text{ mm}^2$)

组别	加力时间(d)	
	3	7
对照组	3.754±1.043	3.792±1.230
MBT矫治器组	8.223±2.428 ^a	16.562±2.364 ^{ab}
Begg矫治器组	8.342±2.852 ^a	17.032±2.246 ^{ab}
Damon III矫治器组	10.854±2.321 ^a	24.642±2.854 ^a

组别	加力时间(d)	
	14	21
对照组	3.806±1.126	3.784±1.305
MBT矫治器组	12.742±2.052 ^{ab}	8.216±2.321 ^{ab}
Begg矫治器组	12.986±2.223 ^{ab}	8.426±2.420 ^{ab}
Damon III矫治器组	14.356±2.756 ^a	10.786±2.623 ^a

与对照组比较, ^a $P < 0.05$; 与 Damon III 矫治器组比较, ^a $P < 0.05$ 。

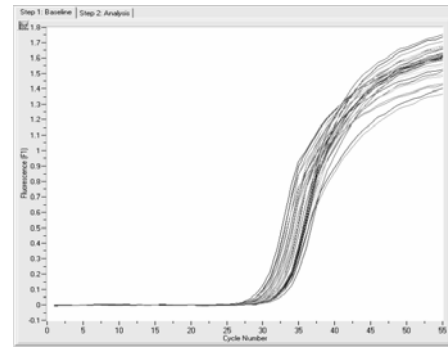
注: 加力 7-21 d, Damon III 矫治器组压力侧牙槽骨中抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞计数明显高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组 ($P < 0.05$), 说明 Damon III 矫治器的正畸作用更明显。

抗酒石酸酸性磷酸酶染色显示阳性细胞可见红色颗粒, 定位于胞浆。多核破骨细胞及少部分单核破骨细胞前体为抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性。显微镜下见加压后, 压力侧牙槽骨中破骨细胞数量明显增多; 矫治 7 d 时, 骨改建活跃, 压力侧骨吸收陷窝进一步增大, 破骨细胞数量达到高峰, 见图2。加力矫治 7-21 d, Damon III 矫治器组抗酒石酸酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数量明显高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组 ($P < 0.05$), 见表2。

2.4 不同矫治器正畸作用下兔牙周改建组织核因子κB受体活化因子配体mRNA的表达 实时荧光定量PCR检测各目的基因的扩增过程(半对数图谱)和熔解曲线, 其中核因子κB受体活化因子配体mRNA扩增过程和熔解曲线见图3, 4; β-actin mRNA扩增过程及熔解曲线见图5。

实时荧光定量PCR检测各基因表达水平及变化规律发现, 与对照组相比, 各试验组压力侧牙槽骨组织中核因子κB受体活化因子配体mRNA的表达均明显增高; 其表达在加力后的第3-7天随时间的增加而增加, 并于

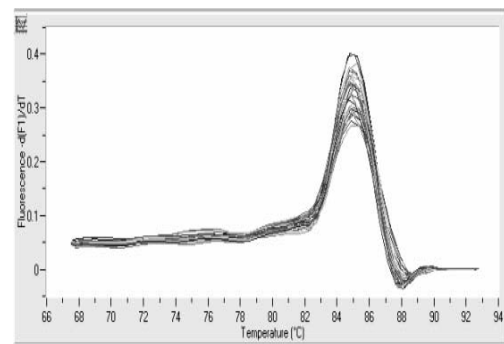
加力后第7天达到最高峰, 而后逐渐降低, 见表3。加力后第7, 14, 21天时, Damon III 矫治器组核因子κB受体活化因子配体mRNA表达高于MBT矫治器组和Begg矫治器组 ($P < 0.05$)。



注: 实时荧光定量 PCR 扩增结果显示核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 扩增的数量级为 10^4 。

图 3 实时荧光定量 PCR 测得的核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 的扩增过程(半对数图谱)

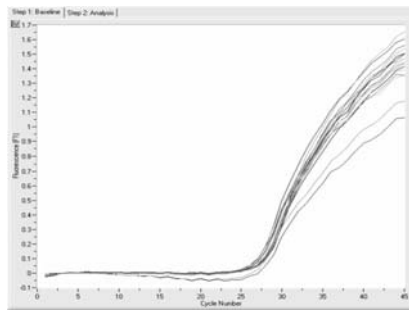
Figure 3 Amplification process (semi-logarithmic map) of receptor activator of nuclear factor-κB ligand mRNA detected with real-time quantitative PCR



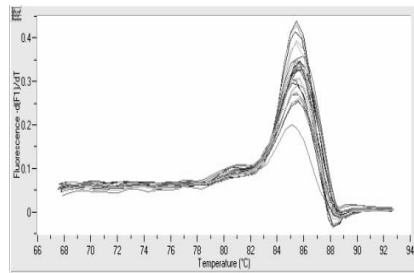
注: 实时荧光定量 PCR 扩增结果显示核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 扩增的特异性好。

图 4 实时荧光定量 PCR 测得的核因子 κB 受体活化因子配体 mRNA 的熔解曲线

Figure 4 Melting curves of receptor activator of nuclear factor-κB ligand mRNA detected with real-time quantitative PCR



A: β -actin mRNA 扩增过程



B: β -actin mRNA 溶解曲线

注: 实时荧光定量 PCR 扩增结果显示 β -actin mRNA 扩增的数量级为 10^4 , 扩增特异性好。

图5 实时荧光定量 PCR 测得的 β -actin mRNA 的扩增过程 (半对数图谱) 和溶解曲线

Figure 5 Amplification process (semi-logarithmic map) and melting curves of β -actin mRNA detected with real-time quantitative PCR

表3 不同矫治器正畸作用下兔牙周改建组织核因子 κ B 受体活化因子配体 mRNA 的表达

Table 3 mRNA expression of receptor activator of nuclear factor- κ B ligand in the rabbit periodontal remodel tissue under different orthodontic appliances ($\bar{x} \pm s$, $n=4$, receptor activator of nuclear factor- κ B ligand/ β -actin)

组别	加力时间(d)			
	3	7	14	21
对照组	1.054±0.041	1.048±0.038	1.053±0.036	1.049±0.042
MBT 矫治器组	1.263±0.124 ^a	1.764±0.162 ^{ab}	1.612±0.112 ^{ab}	1.386±0.087 ^{ab}
Begg 矫治器组	1.259±0.104 ^a	1.773±0.145 ^{ab}	1.624±0.120 ^{ab}	1.379±0.090 ^{ab}
Damon III 矫治器组	1.456±0.091 ^a	2.146±0.158 ^a	1.887±0.136 ^a	1.546±0.116 ^a

与对照组比较, ^a $P < 0.05$; 与 Damon III 矫治器组比较, ^b $P < 0.05$ 。

注: 加力 7-21 d, Damon III 矫治器组压力侧牙槽骨组织中核因子 κ B 受体活化因子配体 mRNA 的表达明显高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组 ($P < 0.05$), 说明 Damon III 矫治器组的骨改建最活跃。

3 讨论

Damon III 矫治器具有美观、舒适、易于维护口腔卫生、矫治过程中矫治力量柔和, 正畸牙移动安全以及矫治过程中摩擦力小, 支抗损失少等优点, 是近期矫治器改良的新方向^[17-21]。研究发现, 核因子 κ B 受体活化因子配体是破骨细胞分化、激活及发挥骨吸收活性所必须的^[22-23]。正畸牙移动的过程是一个骨组织改建的过程, 包括骨吸收与骨形成。核因子 κ B 受体活化因子配体在诱导压力侧牙周组织中破骨细胞的分化和成熟中发挥重要作用^[23-25]。

最近的研究还证实, 核因子 κ B 受体活化因子配体能够直接作用于破骨细胞基质金属蛋白酶 9 及基质金属蛋白酶抑制剂 1, 上调金属蛋白酶 9/基质金属蛋白酶抑制剂 1 表达的比率。而基质金属蛋白酶是破骨细胞发挥骨吸收活性和启动骨吸收过程的关键因素^[26-30]。抗酒石酸性磷酸酶染色阳性的破骨细胞数也在这个时期达到最高峰。加力后第 7 天, Damon III 矫治器组核因子 κ B 受体活化因子配体 mRNA 表达及抗酒石酸性磷酸酶染色阳性破骨细胞数高于 MBT 矫治器组和 Begg 矫治器组。因此, 从分子生物学角度及骨组织形态计量学角度说明了 Damon III 矫治器的矫治效果优于 MBT 矫治器和 Begg 矫治器。

同时研究表明, 压力侧牙槽骨核因子 κ B 受体活化因子配体 mRNA 的变化规律与正畸牙移动过程中抗酒石酸性磷酸酶染色阳性的破骨细胞数量及骨改建过程的变化规律相一致。与王威等^[31]对核因子 κ B 受体活化因子配体在大鼠正畸牙移动压力侧牙槽骨改建中的表达及时间分布特点相一致。Kawasaki 等^[32]的研究表明成年患者压力侧龈沟液中核因子 κ B 受体活化因子配体的表达低于青少年患者。因此, 核因子 κ B 受体活化因子配体 mRNA 的变化与年龄也存在着一一定的联系。

总之, Damon III 矫治器的开发、研制是正畸矫治器历史上的一次革命。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^[33-40], 而不同矫治器矫治效果之间的比较相关报道较少。实验从分子生物学角度及骨组织形态计量学角度说明了 Damon III 矫治器的矫治效果优于 MBT 矫治器和 Begg 矫治器, 值得临床应用推广。

作者贡献: 马永平进行实验设计, 实验实施为葛长青, 实验评估及资料收集为高琳青, 马永平成文, 葛长青审校, 马永平对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 实验过程中对动物的处置符合 2009 年《Ethical issues in animal experimentation》相关动物伦理学标准的条例。

作者声明: 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。

4 参考文献

- [1] Ding P, Zhou YH, Liu JX. Kouqiang Zhengjixue. 2006;13(1):40-43.
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] He Y, Ma JQ, Zhao HM, et al. Guangdong Yabing Fangzhi. 2010;18(7):370-372.
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,2010,18(7):370-372.
- [3] Zhang XY, Jian XC. Guangdong Yabing Fangzhi. 2010;18(10):524-527.
张新宇,翦新春.自攻型微螺钉远中移动下颌磨牙的临床运用[J].广东牙病防治,2010,18(10):524-527.
- [4] Zhang ZY, Li YR, Huang T. Guoji Kouqiang Yixue Zazhi. 2010;37(2):141-145.
张子扬,李玉如,黄统.拔除磨牙矫治安氏II类错颌畸形患者的临床回顾性研究[J].国际口腔医学杂志,2010,37(2):141-145.
- [5] Na B, Bai XQ, Liu XH. Guoji Kouqiang Yixue Zazhi. 2009;36(3):281-284.
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] Zhu HM, Liu D, Zhang T. Kouqiang Yixue Yanjiu. 2012;28(4):370-372.
朱红明,刘丹,章婷.拔除下颌磨牙矫治安氏III类错颌关系的临床分析[J].口腔医学研究,2012,28(4):370-372.
- [7] Zhou XR. Beijing Kouqiang Yixue. 2009;17(4):235-236.
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] Niu BP. Shiyong Kouqiang Yixue Zazhi. 2008;24(4):608-611.
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 RANKL 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/RANKL 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 RANKL expression in the rat model. Arch Oral Biol. 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] Yang PK. Shanxi Yike Daxue Xuebao. 2012;43(8):586-588.
杨朋康.心房颤动患者血浆骨保护素、核因子κB受体活化因子配体水平及临床意义[J].山西医科大学学报,2012,43(8):586-588.
- [14] Liu L, Xiong LF, Sun L, et al. Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi. 2012;30(2):119-122,127.
刘蕾,熊利峰,孙磊,等.渐进性咬合紊乱对大鼠髁突软骨中护骨素及核因子-κB受体活化因子配体表达的影响[J].华西口腔医学杂志,2012,30(2):119-122,127.
- [15] Zhou PX, Hu JA, Meng XY. Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi. 2012;30(5):518-521.
周平秀,胡济安,孟祥勇.核因子κB受体活化因子配体联合巨噬细胞集落刺激因子诱导破骨细胞分化过程中的蛋白-蛋白相互作用网络的研究[J].华西口腔医学杂志,2012,30(5):518-521.
- [16] Ge ZL, Yang CX, Lu JJ, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(20):3733-3736.
葛振林,杨彩霞,卢嘉静,等.犬切牙压低移动过程中牙周组织骨保护素/核因子κB受体活化因子配体的表达[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(20):3733-3736.
- [17] Chen SS, Greenlee GM, Kim JE, et al. Editor's Comment and Q&A: Systematic review of self-ligating brackets. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2010;137(6):726-727.
- [18] Reddi D, Bostanci N, Hashim A, et al. Porphyromonas gingivalis regulates the RANKL-OPG system in bone marrow stromal cells. Microbes Infect. 2008;10(14-15):1459-1468.
- [19] Otsuka T, Kasai H, Yamaguchi K, et al. Enamel matrix derivative promotes osteoclast cell formation by RANKL production in mouse marrow cultures. J Dent. 2005;33(9):749-755.
- [20] Mogi M, Otogoto J. Expression of cathepsin-K in gingival crevicular fluid of patients with periodontitis. Arch Oral Biol. 2007;52(9):894-898.
- [21] Zhu J, Dong CZ, Hu YY, et al. Anhui Yike Daxue Xuebao. 2010;45(5):618-620.
祝捷,董崇周,胡圆圆,等.RANKL联合M-CSF体外诱导人外周血单个核细胞成为破骨样细胞的研究[J].安徽医科大学学报,2010,45(5):618-620.
- [22] Zhang L, Sun LL, Ding Y, et al. Yati Yasui Yazhoubing Xue Zazhi. 2012(8):440-444,457.
张兰,孙琳琳,丁岩,等.IL-1β对牙周膜成纤维细胞OPG、RANKL mRNA表达的影响[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2012(8):440-444,457.
- [23] Zhu JX, Zhang G, Wu X, et al. Disan Junyi Daxue Xuebao. 2012;34(4):320-323.
祝金香,张纲,武曦,等.RANKL/OPG在高原低氧条件下兔牙周炎发病机制中的作用[J].第三军医大学学报,2012,34(4):320-323.
- [24] Xiao PP, Chen JM, Ye DF. Zhongguo Yaolixue Tongbao. 2011;27(10):1392-1396.
肖萍萍,陈君敏,叶德富.唑来膦酸对多发性骨髓瘤成骨细胞增殖及其RANKL/OPG表达的影响[J].中国药理学通报,2011,27(10):1392-1396.

- [25] Liu LL, Dong FS, Ma WS, et al. *Xiandai Kouqiang Yixue Zazhi*. 2012(1):25-29.
刘丽丽,董福生,马文盛,等.犬牙周膜牵张快速移动牙压力侧牙周组织中RANKL和OPG表达的研究[J].现代口腔医学杂志,2012(1):25-29.
- [26] Ristic M, Vlahovic Svabic M, 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.
- [27] Yi HW, Lin N, Guan J, et al. *Shanghai Kouqiang Yixue*. 2012; 21(2):194-198.
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.
- [28] Erkmen E, Simşek 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.
- [29] Reicheneder CA, Gedrange T, Lange A, et al. Shear and tensile bond strength comparison of various contemporary orthodontic adhesive systems: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(4):422-423.
- [30] Wittrant Y, Theoleyre S, Couillaud S, et al. Regulation of osteoclast protease expression by RANKL. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003;310(3):774-778.
- [31] Wang W, Liu Y, Wang BK. *Beijing Kouqiang Yixue*. 2009; 17(2):72-75.
王威,刘郁,王邦康.大鼠正畸压力侧牙槽骨改建中RANKL和OPG mRNA的表达[J].北京口腔医学,2009,17(2):72-75.
- [32] Kawasaki K, Takahashi T, Yamaguchi M, et al. Effects of aging on RANKL and OPG levels in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res*. 2006;9(3):137-142.
- [33] Ahrari F, Ramazanzadeh BA, Sabzevari B, et al. The effect of fluoride exposure on the load-deflection properties of superelastic nickel-titanium-based orthodontic archwires. *Aust Orthod J*. 2012;28(1):72-79.
- [34] Major TW, Carey JP, Nobes DS, et al. Deformation and warping of the bracket slot in select self-ligating orthodontic brackets due to an applied third order torque. *J Orthod*. 2012; 39(1):25-33.
- [35] Liu X, Yao S, Zhou Z, et al. The effects of orthodontic treatment on the morphology of temporomandibular joint of the adult with the low angle Class II malocclusions: a CT study. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2012;30(1):45-48.
- [36] Cattaneo PM, Treccani M, Carlsson K, et al. Transversal maxillary dento-alveolar changes in patients treated with active and passive self-ligating brackets: a randomized clinical trial using CBCT-scans and digital models. *Orthod Craniofac Res*. 2011;14(4):222-233.
- [37] Major TW, Carey JP, Nobes DS, et al. Measurement of plastic and elastic deformation due to third-order torque in self-ligated orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140(3):326-339.
- [38] Major TW, Carey JP, Nobes DS, et al. An investigation into the mechanical characteristics of select self-ligated brackets at a series of clinically relevant maximum torquing angles: loading and unloading curves and bracket deformation. *Eur J Orthod*. In press.
- [39] Vajaria R, BeGole E, Kusnoto B, et al. Evaluation of incisor position and dental transverse dimensional changes using the Damon system. *Angle Orthod*. 2011;81(4):647-652.
- [40] Sifakakis I, Pandis N, Makou M, et al. A comparative assessment of the forces and moments generated at the maxillary incisors between conventional and self-ligating brackets using a reverse curve of Spee NiTi archwire. *Aust Orthod J*. 2010;26(2):127-133.