

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.18.008

• 临床研究 •

不同正畸治疗措施对正畸患者牙齿移动距离和龈沟液 TNF- α 、IL-2、HGF 及 PTX3 的水平的影响 *

左翔¹ 卢燕勤² 纪秉慧³ 李勤¹ 苏怡^{1Δ}

(1 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院口腔科 上海 200031; 2 中南大学湘雅口腔医院口腔正畸科 湖南 长沙 410000;

3 临沧市第二人民医院口腔科 云南 临沧 677000)

摘要 目的:探讨不同正畸治疗对正畸患者牙齿移动距离以及龈沟液中肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白介素-2(IL-2)、肝细胞生长因子(HGF)、正五聚蛋白 3(PTX3)水平的影响。**方法:**选择 2016 年 7 月至 2019 年 12 月我院收治的 288 例错颌畸形患者,按随机数字表法将患者分为四组,每组各 72 例。所有患者均采用方丝弓矫治器治疗,分别给予 50 g(A 组)、100 g(B 组)、150 g(C 组)、250 g(D 组)的远中正畸力。观察四组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周牙齿移动距离,以及正畸前、后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周龈沟液中 TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 水平变化和组间差异。**结果:**四组患者正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周牙位移距离先延长后缩短,然后再次延长后逐渐恢复基线水平($P<0.05$)。四组患者正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周 TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 出现先升高后降低,再次升高后逐渐恢复基线水平趋势($P<0.05$),组间牙齿位移距离、TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 与时间存在交互效应($P<0.05$),B 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周位移距离均大于 A 组($P<0.05$),C 组、D 组与 A 组比较均无统计学差异($P>0.05$)。D 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周龈沟液 TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 水平均高于 A、B、C 组($P<0.05$),C 组高于 A 组和 B 组($P<0.05$),A 组与 B 组比较均无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**100 g 正畸力可促使牙齿移动,保持正畸过程中适当的细胞因子水平,减少对牙周组织的破坏,有利于牙周组织恢复。

关键词:正畸;错颌畸形;肿瘤坏死因子- α ;白介素-2;肝细胞生长因子;正五聚蛋白 3

中图分类号:R783.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2021)18-3436-07

Effects of Different Orthodontic Treatments on Tooth Movement Distance and Levels of TNF- α , IL-2, HGF and PTX3 in Gingival Crevicular Fluid*

ZUO Xiang¹, LU Yan-qin², JI Bing-hui³, LI Qin¹, SU Yi^{1Δ}

(1 Department of Dental, Ophthalmology and Otolaryngology Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai, 200031, China;

2 Department of Orthodontics, Xiangya Stomatological Hospital of Central South University, Changsha, Hunan, 410000, China;

3 Department of Dental, Lincang Second People's Hospital, Lincang, Yunnan, 677000, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the effects of different orthodontic treatments on the tooth movement distance and the levels of tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin-2 (IL-2), hepatocyte growth factor (HGF) and pentraxins 3 (PTX3) in gingival crevicular fluid. **Methods:** 288 patients with malocclusion (malocclusion) who were admitted to our hospital from July 2016 to December 2019 were selected, and they were divided into four groups by random number table method, with 72 cases in each group. All patients were treated with square wire appliance, and were given distal orthodontic forces of 50g (group A), 100 g (group B), 150g (group C) and 250 g (group D), respectively. The tooth movement distance of the four groups was observed 1 d, 3 d, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks after orthodontic treatment, as well as the changes of the levels of TNF- α , IL-2, HGF and PTX3 in gingival crevicular fluid and differences between groups at before orthodontic, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks after orthodontic treatment. **Results:** The tooth displacement distance of the four groups was first extended and then shortened after orthodontic treatment for 1 day, 3 days, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks, and then it was extended again and gradually returned to the baseline level ($P<0.05$). The TNF- α , IL-2, HGF and PTX3 of the four groups were increased first and then decreased after orthodontic treatment for 1 day, 3 days, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks, and then gradually gone up again returned to the baseline level ($P<0.05$). There were interaction effects between tooth displacement distance, TNF- α , IL-2, HGF and PTX3 and time ($P<0.05$). The displacement distance of group B at 1 d, 3 d, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks after orthodontic treatment were greater than that of group A ($P<0.05$). and there were no statistical differences be-

* 基金项目:上海市自然科学基金项目(17ZR1424900)

作者简介:左翔(1988-),男,硕士,住院医师,研究方向:口腔正畸,E-mail: zuox1278@163.com

Δ 通讯作者:苏怡(1966-),女,硕士,副主任医师,研究方向:口腔医学,E-mail: suyitianjin@aliyun.com

(收稿日期:2021-03-08 接受日期:2021-03-31)

tween group C, group D and group A ($P>0.05$). The levels of TNF- α , IL-2, HGF and PTX3 in gingival crevicular fluid of group D at 1 d, 3 d, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks after orthodontic treatment were all higher than those of group A, group B and group C ($P<0.05$), while those of group C were higher than those of group A and group B ($P<0.05$), there was no significant difference between group A and group B ($P>0.05$). **Conclusion:** 100g orthodontic force can promote the tooth movement, maintain the appropriate level of cytokines during orthodontic treatment, reduce the damage to periodontal tissue, which is conducive to the recovery of periodontal tissue.

Key words: Orthodontic; Malformation; Tumor necrosis factor- α ; Interleukin-2; Hepatocyte growth factor; Pentraxins 3

Chinese Library Classification(CLC): R783.5 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2021)18-3436-07

前言

正畸治疗是牙槽骨改建的过程,正畸力可通过将应力传导至牙周组织,改变牙槽骨机械和血流动力学,诱导骨吸收,进而发生位移,达到矫治目的^[1,2]。牙周膜是正畸治疗的重要生理介质,正畸加力后随着牙齿移动,牙周膜中成骨细胞和破骨细胞系统发生一系列改变,通过诱导细胞基质降解和重建,调控牙槽骨的吸收和沉积,达到正畸治疗目的^[3,4]。正畸牙齿移动也是牙周组织慢性炎症反应过程^[5],监测正畸治疗过程中龈沟液炎症相关细胞因子变化可反映正畸牙齿移动情况,有利于判断治疗情况及作出合理的调整。目前关于正畸治疗龈沟液中细胞因子变化的研究报道较多,但观察指标有限,观察时间较短,且缺乏不同正畸治疗措施对牙齿位移和龈沟液细胞因子的报道。肿瘤坏死因子- α (Tumor necrosis factor- α , TNF- α)、白介素-2 (interleukin-2, IL-2) 是典型促炎因子,参与骨吸收过程^[6,7],肝细胞生长因子 (Hepatocyte growth factor, HGF) 在正畸牙周组织改

建时会升高^[8],正五聚蛋白 3 (Pentaxins 3, PTX3) 是牙周炎活动标志物^[9,10],本研究探讨不同正畸治疗对正畸患者牙齿移动距离以及龈沟液中 TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 的影响,以期为临床治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究已经获得我院伦理会批准,自 2016 年 7 月至 2019 年 12 月选择我院收治的 288 例错颌畸形患者作为研究对象。纳入标准:① 上颌骨性错颌畸形,符合《现代口腔正畸学》诊断标准^[11],拟采用上颌磨牙为强支抗设计,需拔除上颌第一双尖牙;② 配合完成本研究的检测;③ 牙龈无红肿,X 线提示牙槽骨无吸收。排除标准:① 严重牙周组织病;② 合并高血压、糖尿病、高脂血症等系统性疾病;③ 既往接受过正畸治疗,近 1 个月服用抗生素。按随机数字表法将患者分为四组,各组基线资料比较均衡性良好 ($P>0.05$),见表 1。

表 1 基线资料
Table 1 Baseline data

Groups	Gender		Age(years)	Number of teeth
	Male	Female		
Group A (Number of patients =72)	37	35	21.34 $\pm$ 2.09	1.73 $\pm$ 0.51
Group B (Number of patients =72)	36	36	22.69 $\pm$ 2.15	1.81 $\pm$ 0.67
Group C (Number of patients =72)	38	34	22.01 $\pm$ 2.57	1.66 $\pm$ 0.49
Group D (Number of patients =72)	39	33	26.02 $\pm$ 2.63	1.73 $\pm$ 0.51
F/ χ^2	3.545	3.751	14.534	11.158
P	0.068	0.055	3.845	7.156

1.2 方法

所有患者均采取直丝弓矫治器治疗。治疗前超声波洁治器清除牙齿上菌斑、结石、烟垢等,嘱患者每日刷牙,保持口腔卫生,聚维酮碘液口腔消毒,阿替卡因肾上腺素注射液局麻,采用牙龈分离器分离患牙和牙龈,钳子拔除上颌第一双尖牙。正畸方法如下:第一磨牙与第二尖牙间距上颌平面 8 mm 处植入微型种植体,组装 DEMON Q 托槽和颊管 (Ormco 公司),根据直丝弓矫治技术排齐平整,于上颌尖牙向后结扎,末端回弯等措施防止前牙唇倾。通过 0.5 mm 镍钛拉簧分别施加 50 g (A 组)、100 g (B 组)、150 g (C 组)、250 g (D 组) 正畸力,使尖牙向远中移动,以上颌双侧磨牙作为支抗,后期进行牙位调整。术后注意保持口腔卫生,三餐后盐水漱口,避免吃生硬和黏着食物,正畸专用牙刷和牙膏每日刷牙 2 次,每月复诊检查矫正效果,如果

出现持续疼痛或牙齿松动应及时复诊。

1.3 观察指标

牙齿移动距离测定,分别于正畸前、后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周制作硅胶模,灌制硬石膏模型,电子游标卡尺测量模型上尖牙托槽近中上翼与参照点 (种植钉近中) 之间的距离 (牙齿移动距离),重复测量三次计算平均值,最终取所有正畸牙齿移动距离均值,以上测量工作均由我院口腔科主治医师完成。

TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 检测:分别于正畸前、正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周采集龈沟液,龈沟液采集方法:检测前漱口,棉签去除软菌和菌斑,隔湿取样牙位,气枪吹干取样牙压面,高温灭菌吸潮纸插入远中龈沟内,停留 30 s,置入 EP 管保存待检。采用 SpectraMax iD5 多功能酶标仪 (上海美谷分子仪器有限公司) 应用酶联免疫吸附试验检测趋化因子 TNF- α 、

IL-2、HGF 及 PTX3 水平,试剂盒购自上海酶联生物有限公司。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.00 进行数据的录入和分析,牙齿移动距离、龈沟液 TNF- α 、IL-2、HGF、PTX3 等计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,不同时间点数据比较采用重复测量方差分析,组间比较采用单因素方差分析,采用 χ^2 检验计数资料的差异。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同正畸治疗牙齿移动距离比较

四组患者正畸治疗后牙位移距离比较具有统计学差异($P<0.05$)。不同时间点正畸牙位移距离不同($P<0.05$),正畸后 1 d 位移距离最长,3 d 后逐渐缩短,2 周位移距离延长,3 周后逐渐缩短。组间与时间存在交互效应($P<0.05$),B 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周位移距离均长于 A 组($P<0.05$),C 组、D 组与 A 组比较均无统计学差异($P>0.05$),见表 2。施加各正畸力后牙齿移动情况如图 1-4 所示。

表 2 不同正畸治疗牙齿移动距离差异($\bar{x} \pm s$, mm)

Table 2 Difference of tooth movement distance in different orthodontics($\bar{x} \pm s$, mm)

Groups	Time points					
	1 d after orthodontics	3 d after orthodontics	1 week after orthodontics	2 weeks after orthodontics	3 weeks after orthodontics	4 weeks after orthodontics
Group A(Number of teeth=98)	0.81 $\pm$ 0.13	0.23 $\pm$ 0.02	0.30 $\pm$ 0.06	0.61 $\pm$ 0.09	0.21 $\pm$ 0.06	0.18 $\pm$ 0.02
Group B(Number of teeth=91)	1.05 $\pm$ 0.15 ^a	0.35 $\pm$ 0.03 ^a	0.38 $\pm$ 0.09 ^a	0.84 $\pm$ 0.13 ^a	0.29 $\pm$ 0.09 ^a	0.31 $\pm$ 0.06 ^a
Group C(Number of teeth=101)	0.83 $\pm$ 0.12	0.23 $\pm$ 0.01	0.31 $\pm$ 0.04	0.63 $\pm$ 0.10	0.22 $\pm$ 0.08	0.19 $\pm$ 0.04
Group D(Number of teeth=97)	0.85 $\pm$ 0.13	0.23 $\pm$ 0.06	0.31 $\pm$ 0.08	0.65 $\pm$ 0.11	0.23 $\pm$ 0.07	0.19 $\pm$ 0.07
The overall analysis	HF coefficient: 0.9126					
The time difference(F, P)	26.359, 0.000					
Differences between groups(F, P)	16.353, 0.000					
The interaction effect(F, P)	21.377, 0.000					



图 1 50 g 正畸力正畸前后牙齿移动情况

Fig.1 The tooth movement before and after orthodontics with 50g orthodontic force

Note: group A, female, 30 years old, applied 50 g orthodontic force, 25 teeth moved near the center 1 month later.



图 2 100 g 正畸力正畸前后牙齿移动情况

Fig.2 The tooth movement before and after orthodontics with 100 g orthodontic force

Note: group B, female, 15 years old, applied 100 g orthodontic force and closed the distal 13 space 1 month later.



图3 150 g 正畸力正畸前后牙齿移动情况

Fig.3 The tooth movement before and after orthodontics with 150 g orthodontic force

Note: group C, male, 18 years old, applied 150 g orthodontic force, teeth extraction gap closed 1 month later



图4 200 g 正畸力正畸前后牙齿移动情况

Fig.4 The tooth movement before and after orthodontics with 200 g orthodontic force

Note: group D, female, 25 years old, applied 200 g orthodontic force and closed teeth extraction gap 1 month later.

2.2 不同正畸治疗龈沟液 TNF- α 比较

正畸治疗前四组患者的龈沟液 TNF- α 比较无统计学差异 ($P>0.05$)。正畸治疗后不同时间点各组患者的龈沟液 TNF- α 水平不同 ($P<0.05$)，正畸后 1 d 位龈沟液 TNF- α 水平最高，3 d 后逐渐下降，2 周龈沟液 TNF- α 水平回升，3 周后逐渐下降。组

间与时间存在交互效应 ($P<0.05$)，D 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周龈沟液 TNF- α 水平均高于 A、B、C 组 ($P<0.05$)，C 组高于 A 组和 B 组 ($P<0.05$)，A 组与 B 组比较均无统计学差异 ($P>0.05$)，见表 3。

表 3 不同正畸治疗龈沟液 TNF- α 变化和差异 ($\bar{x} \pm s$, ng/L)Table 3 Changes and differences of TNF- α in gingival crevicular fluid after different orthodontics ($\bar{x} \pm s$, ng/L)

Groups	n	Time points						
		Before orthodontics	1 d after orthodontics	3 d after orthodontics	1 week after orthodontics	2 weeks after orthodontics	3 weeks after orthodontics	4 weeks after orthodontics
Group A	72	6.35 $\pm$ 1.15	16.35 $\pm$ 4.16 ^{ab}	11.32 $\pm$ 2.06 ^{ab}	8.78 $\pm$ 1.35 ^{ab}	13.34 $\pm$ 2.26 ^{ab}	10.26 $\pm$ 2.86 ^{ab}	9.05 $\pm$ 1.64 ^{ab}
Group B	72	6.37 $\pm$ 1.13	17.15 $\pm$ 4.25 ^{ab}	11.42 $\pm$ 2.01 ^{ab}	9.01 $\pm$ 1.42 ^{ab}	13.51 $\pm$ 2.34 ^{ab}	11.05 $\pm$ 2.32 ^{ab}	9.42 $\pm$ 1.76 ^{ab}
Group C	72	6.35 $\pm$ 1.21	26.35 $\pm$ 6.24 ^a	17.35 $\pm$ 4.35 ^a	13.26 $\pm$ 2.17 ^a	18.35 $\pm$ 4.46 ^a	14.25 $\pm$ 3.94 ^a	11.05 $\pm$ 2.52 ^a
Group D	72	6.31 $\pm$ 1.19	32.16 $\pm$ 8.35	21.42 $\pm$ 5.86	18.24 $\pm$ 4.69	25.12 $\pm$ 6.35	20.35 $\pm$ 5.14	13.20 $\pm$ 3.06
The overall analysis		HF coefficient: 0.8935						
The time difference (F, P)		35.609, 0.000						
Differences between groups (F, P)		26.751, 0.000						
The interaction effect (F, P)		21.356, 0.000						

Note: compared with group D, ^a $P<0.05$; compared with group C, ^b $P<0.05$.

2.3 不同正畸治疗龈沟液 IL-2 比较

正畸治疗前四组患者的龈沟液 IL-2 比较无统计学差异 ($P>0.05$)。正畸治疗后不同时间点各组患者的龈沟液 IL-2 水平不同 ($P<0.05$)，正畸后 1 d 位龈沟液 IL-2 水平最高，3 d 后逐渐下降，2 周龈沟液 IL-2 水平回升，3 周后逐渐下降。组间与

时间存在交互效应 ($P<0.05$)，D 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周龈沟液 IL-2 水平均高于 A、B、C 组 ($P<0.05$)，C 组高于 A 组和 B 组 ($P<0.05$)，A 组与 B 组比较均无统计学差异 ($P>0.05$)，见表 4。

表 4 不同正畸治疗龈沟液 IL-2 变化和差异 ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

Table 4 Changes and differences of IL-2 in gingival crevicular fluid after different orthodontics ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

Groups	n	Time points							
		Before orthodontics	1 d after orthodontics	3 d after orthodontics	1 week after orthodontics	2 weeks after orthodontics	3 weeks after orthodontics	4 weeks after orthodontics	
Group A	72	31.02± 6.35	96.81± 12.13 ^{ab}	75.21± 8.02 ^{ab}	41.25± 7.06 ^{ab}	69.61± 6.09 ^{ab}	52.21± 5.06 ^{ab}	33.11± 5.02 ^{ab}	
Group B	72	31.65± 6.15	97.48± 12.59 ^{ab}	76.59± 8.79 ^{ab}	42.06± 7.35 ^{ab}	71.24± 6.35 ^{ab}	53.12± 5.17 ^{ab}	34.98± 5.63 ^{ab}	
Group C	72	31.65± 6.09	112.35± 13.05 ^a	93.26± 9.43 ^a	62.35± 8.46 ^a	85.26± 9.35 ^a	72.31± 6.34 ^a	62.35± 6.79 ^a	
Group D	72	31.49± 6.35	126.53± 15.35	97.42± 10.54	76.35± 9.53	93.26± 10.47	80.32± 7.59	73.49± 6.89	
The overall analysis		HF coefficient: 0.9042							
The time difference(F, P)		39.535, 0.000							
Differences between groups(F, P)		32.692, 0.000							
The interaction effect (F, P)		28.725, 0.000							

Note: compared with group D, ^a $P<0.05$; compared with group C, ^b $P<0.05$.

2.4 不同正畸治疗龈沟液 HGF 比较

正畸治疗前四组患者的龈沟液 HGF 比较具有统计学差异 ($P>0.05$)。正畸治疗后不同时间点各组患者的龈沟液 HGF 水平不同 ($P<0.05$)，正畸后 1 d 为龈沟液 HGF 水平最高，3 d 后逐渐下降，2 周后龈沟液 HGF 水平回升，3 周后逐渐下降。组间

与时间存在交互效应 ($P<0.05$)，D 组正畸后 1 d、3 d、1 周、2 周、3 周、4 周龈沟液 HGF 水平均高于 A、B、C 组 ($P<0.05$)，C 组高于 A 组和 B 组 ($P<0.05$)，A 组与 B 组比较均无统计学差异 ($P>0.05$)，见表 5。

表 5 不同正畸治疗龈沟液 HGF 变化和差异 ($\bar{x} \pm s$, pg/mL)

Table 5 Changes and differences of HGF in gingival crevicular fluid after different orthodontics ($\bar{x} \pm s$, pg/mL)

Groups	n	Time points							
		Before orthodontics	1 d after orthodontics	3 d after orthodontics	1 week after orthodontics	2 weeks after orthodontics	3 weeks after orthodontics	4 weeks after orthodontics	
Group A	72	75.12± 7.49	123.35± 12.45 ^{ab}	95.15± 8.26 ^{ab}	83.26± 6.02 ^{ab}	99.24± 7.49 ^{ab}	86.26± 8.49 ^{ab}	76.35± 8.01 ^{ab}	
Group B	72	75.09± 7.51	124.69± 13.26 ^{ab}	97.35± 8.97 ^{ab}	84.95± 6.35 ^{ab}	101.24± 8.02 ^{ab}	88.15± 9.01 ^{ab}	78.15± 8.84 ^{ab}	
Group C	72	75.43± 7.82	132.46± 15.29 ^a	120.24± 10.18 ^a	95.26± 8.46 ^a	112.34± 11.54 ^a	106.35± 10.49 ^a	95.26± 9.35 ^a	
Group D	72	75.62± 7.91	143.69± 18.09	126.35± 12.58	104.24± 9.43	119.35± 12.49	113.25± 11.49	108.45± 10.17	
The overall analysis		HF coefficient: 0.9132							
The time difference(F, P)		32.826, 0.000							
Differences between groups(F, P)		29.925, 0.000							
The interaction effect (F, P)		24.534, 0.000							

Note: compared with group D, ^a $P<0.05$; compared with group C, ^b $P<0.05$.

2.5 不同正畸治疗龈沟液 PTX3 比较

正畸治疗前四组患者的龈沟液 PTX3 比较无统计学差异

($P>0.05$)。正畸治疗后不同时间点各组患者的龈沟液 PTX3 水平不同 ($P<0.05$)，正畸后 1 d 为龈沟液 PTX3 水平最高，3 d

后逐渐下降,2周龈沟液 PTX3 水平回升,3周后下降,4周后降到基线水平。组间与时间存在交互效应($P<0.05$),D组正畸后1 d、3 d、1周、2周、3周、4周龈沟液 PTX3 水平均高于A、B、C

组($P<0.05$),C组高于A组和B组($P<0.05$),A组与B组比较均无统计学差异($P>0.05$),见表6。

表6 不同正畸治疗龈沟液 PTX3 变化和差异 ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

Table 6 Changes and differences of PTX3 in gingival crevicular fluid after different orthodontics ($\bar{x} \pm s$, ng/mL)

Groups	n	Time points							
		Before	1 d after	3 d after	1 week after	2 weeks after	3 weeks after	4 weeks after	
		orthodontics	orthodontics	orthodontics	orthodontics	orthodontics	orthodontics	orthodontics	
Group A	72	1.02± 0.25	5.26± 1.13 ^{ab}	3.05± 0.15 ^{ab}	2.95± 0.72 ^{ab}	4.12± 0.16 ^{ab}	3.91± 0.53 ^{ab}	1.35± 0.25 ^{ab}	
Group B	72	1.05± 0.29	5.32± 1.35 ^{ab}	3.06± 0.17 ^{ab}	3.12± 0.82 ^{ab}	4.18± 0.57 ^{ab}	4.02± 0.61 ^{ab}	1.41± 0.23 ^{ab}	
Group C	72	1.06± 0.27	9.35± 2.46 ^a	6.12± 1.03 ^a	5.26± 0.97 ^a	6.35± 0.94 ^a	5.96± 1.03 ^a	4.84± 0.98 ^a	
Group D	72	1.08± 0.24	13.46± 3.12	8.45± 1.96	7.35± 1.15	9.35± 1.26	7.46± 1.51	6.12± 1.03	
The overall analysis				HF coefficient: 0.8532					
The time difference(F, P)				22..826, 0.000					
Differences between groups(F, P)				21.931, 0.000					
The interaction effect (F, P)				16.530, 0.000					

Note: compared with group D, ^a $P<0.05$; compared with group C, ^b $P<0.05$.

3 讨论

正畸力通过应力传导致使受压侧牙槽骨破骨细胞增殖分化,受牵张侧成骨细胞功能活跃,于是受压侧骨吸收增加,受牵张侧骨形成增加,使牙齿向矫正方向位移^[12,13]。牙周膜和牙槽骨重塑程度不同,正畸牙移动速度和距离也不尽相同,而骨重塑程度受应力作用大小影响,压力侧牙槽骨吸收,张力侧新骨沉积情况也不相同^[14,15]。但不同正畸力是否对牙齿位移、龈沟液细胞因子产生影响尚不清楚。

给予一定正畸力使正畸牙移动到矫正所需位置是正畸治疗和口腔美学的目的,不同正畸力大小对正畸牙位移距离的影响不同。本研究结果显示正畸治疗过程中正畸牙位移经历了早期快速移动期、移动缓滞期和后期移动三个阶段,从表1可以看出正畸后1 d是位移高峰期,在这一时期位移距离处于峰值,分析原因为患牙牙周间隙在正畸力作用下压迫牙周膜,使得牙周间隙短时间内得以纠正所致^[16],提示正畸治疗可快速矫正牙周韧带和牙槽骨受压畸形。正畸1 d后牙齿移动距离逐渐下降,7 d时出现缓滞现象,分析原因为牙齿应力区牙周韧带发生透明样性病变导致此时期牙齿移动较慢,随着透明样变逐渐被巨噬细胞吞噬清除和骨吸收,牙齿再次移动,受个体差异、牙槽骨密度、透明性病变范围影响这一过程需要1周-3周或更长时间,这段位移缓滞期与骨吸收所需时间基本吻合。本研究观察正畸后2、3周出现位移距离小幅延长,于4周后缩短,这与牙周韧带透明样变逐渐清除,受力侧骨组织吸收,牙周膜间隙增大有关。不同正畸力度对牙齿位移的影响不同,本研究结果显示给予50 g正畸力时牙齿位移距离偏短,随着力度加大至100 g时位移距离明显延长,但是再增加力度后位移距离并没有延长,与50 g正畸力比较偏高但无差异,提示100 g正畸力能达到最有效的正畸牙位移效果。

骨代谢是骨骼重建的基础,核因子 κ B受体活化因子配体(RNKL)/骨保护素(OPG)系统是骨代谢关键调节因子,而正畸力则通过调节RANKL/OPG改建牙槽骨,矫正口腔畸形^[17-19]。促炎因子在RANKL/OPG调节中发挥重要作用,炎性因子可增加破骨细胞活性,抑制成骨细胞增殖,加速骨吸收^[7,20]。IL-2是T细胞分泌的致炎因子,参与B细胞、淋巴细胞激活,增加破骨细胞活力,促使破骨细胞形成和骨吸收^[21]。TNF- α 是骨吸收早期调节因子,可促进RANL表达上调,加速骨吸收过程^[22]。HGF可诱导骨髓间充质干细胞成骨分化,参与正畸牙周组织改建^[8]。PTX3是急性炎症反应蛋白,由固有免疫细胞和血管细胞合成分泌,发挥调节免疫反应、炎症反应、细胞凋亡等作用,存在时间持久,对炎症反应更具敏感和特异性^[23]。龈沟液中PTX-3水平与牙周疾病进展有关,是牙周疾病炎症活动的标志^[9,24]。本研究发现正畸治疗后1-3 d龈沟液中IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3水平较正畸前明显升高,于1周后降至峰底,2-3周出现小幅升高后4周降至基线水平,提示正畸治疗可诱导龈沟液中炎性因子IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3改变,IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3参与正畸治疗过程中无菌性炎症反应过程,这也是正畸机械作用下牙周组织正常反应的关键环节,一定程度IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3水平升高可促使破骨细胞形成和骨吸收,有利于牙槽骨重建。本研究在正畸后1 d,本研究龈沟液中IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3变化趋势与正畸牙移动相吻合,这与正畸牙移动的分子生物学机制中细胞因子受牙齿移动影响的理论相吻合^[25]。以上结果同样提示正畸过程中IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3作用机制与牙周病不同,这可能与牙周组织对正畸力刺激的非病理性反应有关^[26]。本研究观察不同正畸力对龈沟液中IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3水平影响较大,其中D组IL-2、TNF- α 、HGF、PTX3水平最高,其次是C组,而A和B组相对波动较为平稳,提示250 g正畸力牙周炎性反应剧烈,过度炎症反应可

导致牙齿移动缓解延长,牙齿移动速度减慢,这也解释了 C 组、D 组牙齿移动未随正畸力增加而延长的原因。鉴于 100 g 正畸力牙齿移动较快,且对牙周破坏小,可缩短正畸疗程,可推荐作为正畸治疗的优选方案。

综上,不同正畸力、不同时间牙齿位移、龈沟液细胞因子水平不同。100 g 正畸力牙齿移动距离最长,牙周组织局部炎症反应较平稳。给予 100 g 以上正畸力后牙周组织局部炎症反应逐渐加剧,但牙齿位移距离并未延长。因此 100 g 正畸力即可促使牙齿移动,又能保持正畸过程中适当的细胞因子水平,可减少对牙周组织的破坏,有利于牙周组织恢复。

参考文献(References)

- [1] Kuitert RB. Orthodontic treatment for adults [J]. Ned Tijdschr Tandheelkd, 2000, 107(4): 160-168
- [2] 郭润智,黄一平,杜茜,等. 牙骨质结构不良患者正畸治疗的研究进展[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2020, 27(3): 167-170
- [3] 咎琳,李硕,汪硕,等. 骨膜蛋白在人正畸牙移动中对牙周膜改建的作用机制[J]. 检验医学与临床, 2017, 14(24): 3624-3625, 3628
- [4] 马静雯,宋萌,潘劲松,等. 牙周膜成骨分化研究进展 [J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(1): 181-184, 197
- [5] 李博,赵志河. 加速正畸牙齿移动的辅助干预措施 [J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(6): 648-655
- [6] 胡玮玮,李芳芳,葛殿奎. 炎性指标对口腔种植修复术后牙槽骨吸收改建活跃期种植体评估的价值研究[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2019, 22(6): 565-571
- [7] 韩建国,王丽,韩斐斐,等. 老年牙周病患者牙槽骨吸收与 IL-6、TNF- α 、PGE2 水平相关性研究 [J]. 徐州医学院学报, 2011, 31(6): 392-394
- [8] 刘红,米丛波,祝军. 正畸力作用下大鼠炎症牙周组织中肝细胞生长因子的表达[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(15): 2377-2382
- [9] Lakshmanan R, Jayakumar ND, Sankari M, et al. Estimation of pentraxin-3 levels in the gingival tissues of chronic and aggressive periodontitis participants: an in vivo study[J]. J Periodontol, 2014, 85(2): 290-297
- [10] Pradeep AR, Kathariya R, Raghavendra NM, et al. Levels of pentraxin-3 in gingival crevicular fluid and plasma in periodontal health and disease[J]. J Periodontol, 2011, 82(5): 734-741
- [11] 林久祥. 现代口腔正畸学[M]. 北京:北京大学医学出版社, 2011: 48
- [12] Iliadi A, Koletsis D, Eliades T. Forces and moments generated by aligner-type appliances for orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis [J]. Orthod Craniofac Res, 2019, 22 (4): 248-258
- [13] Wu J, Liu Y, Zhang J, et al. Biomechanical investigation of orthodontic treatment planning based on orthodontic force measurement and finite element method before implementation: A case study [J]. Technol Health Care, 2018, 26(S1): 347-359
- [14] Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: A review of literature[J]. Saudi J Biol Sci, 2018, 25(6): 1027-1032
- [15] Aljabaa A, Almoammar K, Aldrees A, et al. Effects of vibrational devices on orthodontic tooth movement: A systematic review [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2018, 154(6): 768-779
- [16] Zere E, Einy S, Asbi T, et al. Orthodontic extraction space closure with and without socket preservation: a comparative case analysis[J]. Quintessence Int, 2019, 50(4): 306-314
- [17] Lin T, Yang L, Zheng W, et al. Th17 Cytokines and its Correlation with Receptor Activator of Nuclear Factor kappa B Ligand During Orthodontic Tooth Movement [J]. Iran J Immunol, 2020, 17 (2): 137-143
- [18] Belibasakis GN, Bostanci N. The RANKL-OPG system in clinical periodontology[J]. J Clin Periodontol, 2012, 39(3): 239-248
- [19] 杨莹,赵谦. OPG/RANKL/RANK 系统及其在口腔颌面部骨破坏疾病中的研究进展[J]. 临床口腔医学杂志, 2018, 34(6): 378-380
- [20] Zhang S, Li C, Zhang S, et al. Serum levels of proinflammatory, anti-inflammatory cytokines, and RANKL/OPG in synovitis, acne, pustulosis, hyperostosis, and osteitis (SAPHO) syndrome [J]. Mod Rheumatol, 2019, 29(3): 523-530
- [21] Hamamcı N, Acun Kaya F, Uysal E, et al. Identification of interleukin 2, 6, and 8 levels around miniscrews during orthodontic tooth movement[J]. Eur J Orthod, 2012, 34(3): 357-361
- [22] Boyce BF, Li P, Yao Z, et al. TNF-alpha and pathologic bone resorption[J]. Keio J Med, 2005, 54(3): 127-131
- [23] Daigo K, Mantovani A, Bottazzi B. The yin-yang of long pentraxin PTX3 in inflammation and immunity[J]. Immunol Lett, 2014, 161(1): 38-43
- [24] 孙春彦,林莉. 龈沟液中正五聚体蛋白 3 水平与慢性牙周炎的相关性研究[J]. 口腔医学研究, 2013, 29(11): 1039-1041, 1047
- [25] 朱琳琳,李璇,严斌,等. 加速正畸牙移动方法及其机制的研究进展[J]. 口腔生物医学, 2016, 7(2): 93-97
- [26] 王琳璇,李永明,邱亚,等. 肿瘤坏死因子- α 在正畸牙移动中作用的研究进展[J]. 口腔医学, 2018, 38(7): 654-658

(上接第 3497 页)

- [24] 杨立群,王贵清,蔡显义,等. 关节镜下 Fast-Fix 快速缝合系统缝合修复半月板方法的临床体会[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(10): 936-937
- [25] 李震,王睿铸,纪斌平,等. 关节镜下全内缝合法修补半月板 59 例疗效观察[J]. 实用骨科杂志, 2010, 16(9): 654-656
- [26] 张贵民,崔智慧,陈明梁. 稳定型内侧面半月板 ramp 损伤采用全内缝合修复手术对关节活动度和愈合效果的影响[J]. 中国临床医生杂志, 2020, 48(5): 596-598
- [27] 陈同磊,周海龙,沈国强. 关节镜下全内缝合治疗半月板水平撕裂的临床疗效[J]. 江苏医药, 2018, 44(1): 109-111
- [28] Bailey S, Karsenty G, Gundberg C, et al. Osteocalcin and osteopontin influence bone morphology and mechanical properties [J]. Ann N Y Acad Sci, 2017, 1409(1): 79-84
- [29] Tian F, Wang Y, Bikle DD. IGF-1 signaling mediated cell-specific skeletal mechano-transduction[J]. J Orthop Res, 2018, 36(2): 576-583
- [30] Macarie RD, Vadana M, Ciortan L, et al. The expression of MMP-1 and MMP-9 is up-regulated by smooth muscle cells after their cross-talk with macrophages in high glucose conditions[J]. J Cell Mol Med, 2018, 22(9): 4366-4376