微型种植体支抗逆时针旋转功能性骀平面的疗效研究

张晨星, 许丽琦, 林 军

浙江大学医学院附属第一医院口腔科, 浙江 杭州 310003

[摘要] **目的:**分析使用微型种植体支抗(MIA)逆时针旋转功能性骀平面(FOP)的矫治效果,并与传统滑动直丝弓技术进行比较。**方法:**筛选骨性Ⅱ类高角正畸结束患者40例,其中20例使用MIA矫治系统(MIA组),20例使用传统滑动直丝弓矫治技术(对照组),对患者治疗前后的头颅侧位片进行头影测量,使用SPSS 26.0软件对获取的数据进行统计学分析。**结果:**治疗结束后,MIA组患者相较于对照组获得了更好的FOP及下颌平面的逆旋效果,表现为MIA组患者治疗后FOP-眶耳平面(FH)角平均变化 $-4.5(-7.3, -3.7)^\circ$, FOP-前颅底平面(SN)角平均变化 $(-4.6 \pm 3.3)^\circ$, 下颌平面角(MP-FH)平均变化 $-1.7(-3.0, -0.9)^\circ$,而对照组患者治疗后FOP-FH角平均变化 $-0.1(-4.1, 3.0)^\circ$, FOP-SN角平均变化 $(-0.1 \pm 5.1)^\circ$, MP-FH角平均变化 $-0.4(-2.4, 0.7)^\circ$,两组治疗变化差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论:**相较于传统滑动直丝弓矫治技术,MIA矫治系统可更有效地逆旋FOP,同时减小MP-FH。

[关键词] 口腔正畸学;功能性骀平面;微型种植体支抗;逆时针旋转;疗效

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A

Clinical efficacy of counterclockwise rotating the functional occlusal plane using micro-implant anchorage

ZHANG Chenxing, XU Liqi, LIN Jun (Department of Stomatology, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003, China)

Corresponding author: LIN Jun, E-mail: linjun2@zju.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0002-2431-0121>

[Abstract] **Objective:** To evaluate the therapeutic effect of using micro-implant anchorage (MIA) to rotate the functional occlusal plane (FOP) counterclockwise.

Methods: Forty skeletal class Ⅱ high-angle patients who had completed orthodontic

收稿日期:2020-11-11 接受日期:2021-03-26

基金项目:国家自然科学基金(81970978)

第一作者:张晨星,硕士研究生,住院医师,主要从事口腔正畸临床研究;E-mail:842932137@qq.com; <https://orcid.org/0000-0002-5881-7465>

通信作者:林 军,主任医师,硕士生导师,主要从事口腔正畸临床研究;E-mail:linjun2@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0002-2431-0121>

treatment were enrolled, including 20 patients treated with MIA orthodontic system (MIA group) and the other 20 patients treated with traditional sliding straight wire appliance (control group). Cephalometric measurements on the lateral cranial radiographs before and after treatment were performed, all acquired data were statistically analyzed with SPSS 26.0. **Results:** At the end of treatment, MIA group obtained better effect of FOP and mandibular plane counter-clockwise rotation than the control group. In the MIA group, the average change of FOP-frankfort horizontal plane (FH), FOP-SN and mandibular plane angle (MP-FH) angle was $-4.5(-7.3, -3.7)^\circ$, $(-4.6 \pm 3.3)^\circ$ and $-1.7(-3.0, -0.9)^\circ$, respectively. In the control group, the average change of FOP-FH, FOP-SN and MP-FH angle was $-0.1(-4.1, 3.0)^\circ$, $(-0.1 \pm 5.1)^\circ$ and $-0.4(-2.4, 0.7)^\circ$, respectively. There was significant difference between the change of the two groups (all $P < 0.05$). **Conclusion:** Compared with the traditional sliding straight wire appliance, counterclockwise rotation of FOP can be more effectively reversed by using MIA orthodontic system, and the MP-FH can be reduced as well.

[**Key words**] Orthodontics; Functional occlusal plane; Micro-implant anchorage; Counter-clockwise rotation; Efficacy

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2021, 50(2): 195-204.]

[**缩略语**] 殆平面(occlusal plane, OP);功能性殆平面(functional occlusal plane, FOP);解剖殆平面(bisected occlusal plane, BOP);后牙殆平面(posterior occlusal plane, OP-P);前牙殆平面(anterior occlusal plane, OP-A);下颌平面(mandibular plane, MP);下颌平面角(mandibular plane angle, MP-FH);微型种植体支抗(micro-implant anchorage, MIA);眶耳平面(frankfort horizontal plane, FH);蝶鞍中心(sella, S);鼻根点(nasion, N);耳点(porion, P);眶点(orbitale, O);上牙槽座点(subspinale, A);下牙槽座点(supramental, B);颏前点(pogonion, Po);颏顶点(gnathion, Gn);颏下点(menton, Me);下颌角点(gonion, Go);关节点(articulare, Ar);前鼻棘(anterior nasal spine, ANS);后鼻棘(posterior nasal spine, PNS);口裂点(stomion, Stm);前颅底平面(SN plane, SN);审美平面(esthetic plane, E 平面);面平面(facial plane, NPo);腭平面(palatal plane, PP)

骨性安氏Ⅱ类错殆畸形表现为下颌骨相对后缩或上颌骨相对前突,患者常存在深覆殆、深覆盖,开唇露齿,露龈笑,可同时伴有下唇和颈部后缩,严重者还伴有上气道狭窄、睡眠呼吸暂停综合征等^[1-2]。有研究显示,92.9%的骨性Ⅱ类错殆患者不存在上颌前突,但67.9%的患者存在下颌后缩^[3]。对于骨性Ⅱ类高角的患者,其生长发育过程中易出现上颌发育过度、下颌发育不足,OP变陡、顺时针旋转,继而形成典型的Ⅱ类面型^[3]。这提示,临床上正畸医生需要重视骨性Ⅱ类错殆患者OP的控制,通过矫治使下颌骨发生逆时针旋转,从而改善患者侧貌。

OP的分类及定义方法较为多样,常规可分

为FOP(上下颌第一磨牙近中颊尖连线中点与第一双尖牙颊尖连线中点连线构成的平面)和BOP(上下颌第一磨牙近中颊尖连线中点与上下中切牙切缘连线中点连线构成的平面),或OP-P和OP-A。临床经验一般认为,FOP或OP-P,即后牙区段的咬合关系对下颌位置影响较大。早在20世纪,Fushima等^[4]就提出Ⅱ类1分类患者的垂直向不调与矢状向不调具有相关性,OP倾斜度较大的患者下颌较为后缩,OP更平坦则下颌显示前伸。Okunashi等^[5]的研究进一步证明了这一观点。而国内Ye等^[6]的研究也显示,OP-P倾斜度与上颌第二磨牙的垂直高度、下颌矢状向位置相关。Ardani等^[7]的研究显示OP与MP-FH、Z角之间存

在显著相关,提示OP的差异会进一步影响软组织轮廓的形态。因此,矫治下颌后缩患者时,通过控制后牙的垂直高度来控制OP-P或FOP的倾斜度可能有助于MP的逆旋及侧貌的改善。FOP的控制需要有效、可靠的支抗,即需要正畸医生做到垂直向支抗控制,防止磨牙伸长导致FOP产生顺时针旋转。近年来MIA的应用为Ⅱ类患者提供了选择。MIA在Ⅱ类患者的矫治过程中可以起到多种作用,包括内收前牙、关闭拔牙间隙,压低前牙改善钟摆效应;同时,MIA可以通过压低后牙逆时针旋转FOP。研究显示,骨性Ⅱ类患者使用MIA支抗后治疗效果良好,不良反应少^[8-9]。本研究通过比较20例使用MIA作支抗控制FOP的患者和20例使用传统滑动直丝弓矫治技术的患者治疗前后的数据,评估MIA矫治系统治疗骨性Ⅱ类高角伴下颌后缩患者的疗效。

1 对象与方法

1.1 对象

回顾性收集2015—2019年在浙江大学医学院附属第一医院正畸科治疗的患者的临床资料。患者纳入标准:安氏Ⅱ类、骨性Ⅱ类高角伴下颌后缩,治疗前ANB角 $>3^\circ$,SNB角 $<79^\circ$,MP-FH $>28^\circ$,无反覆殆、反覆盖,恒牙列,无严重颅颌面缺损畸形,无严重牙齿磨损,牙齿各标志点清晰,口内无修复体,使用固定矫治器拔牙矫治(拔除上下颌4颗双尖牙)。排除标准:正颌患者、二次正畸治疗患者、夜磨牙患者。去除资料缺失患者后共纳入40例患者,其中MIA组20例,男性6例,女性14例,均使用MIA矫治系统,包括MIA内收前牙关闭拔牙间隙、控制磨牙高度、控制前牙高度;对照组20例,男性6例,女性14例,均使用传统滑动直丝弓矫治技术。MIA组治疗前后年龄分别 (13.7 ± 4.5) 、 (16.3 ± 4.7) 岁,对照组为 (12.3 ± 1.5) 、 (16.5 ± 1.2) 岁,两组年龄和性别构成差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),且无显著疑难病例。本研究通过浙江大学医学院附属第一医院临床研究伦理委员会批准[(2021)IIT快审第(171)号],豁免知情同意。

1.2 测量基准平面

测量主要标志点、参考平面见图1。基准平面包括:MP,即Me点与Go点连线所构成的平面;FOP,即上下颌第一磨牙近中颊尖连线中点与第一

标志点包括1:蝶鞍中心(S);2:鼻根点(N);3:耳点(P);4:眶点(O);5:上牙槽座点(A);6:下牙槽座点(B);7:颏前点(Po);8:颏顶点(Gn);9:颏下点(Me);10:下颌角点(Go);11:关节点(Ar);12:前鼻棘(ANS);13:后鼻棘(PNS);14:口裂点(Stm)。参考平面包括A:前颅底平面(SN);B:眶耳平面(FH);C:下颌平面(MP);D:Y轴;E:审美平面(E平面);F:功能性殆平面(FOP);G:面平面(NPo);H:腭平面(PP)。

图1 头颅侧位片测量使用的主要标志点、参考平面示意图
Figure 1 Diagram of main mark points and reference planes of lateral cephalogram measurement

双尖牙颊尖连线中点连线构成的平面;FH,即O与P连线所构成的平面。其余参考点和平面包括:S、N、P、O、A、B、Po、Gn、Me、Go、Ar、ANS、PNS、Stm、SN、E平面、Y轴、NPo、PP。

1.3 测量指标

本研究共对13项牙性指标、19项骨性指标及3项软组织指标进行测量分析。牙性指标包括FOP角FOP-FH、FOP与SN平面交角FOP-SN、BOP角BOP-FH、BOP与SN平面交角BOP-SN、上中切牙突距U1-APo距(mm)、上中切牙倾角U1-APo、下中切牙突距L1-APo距(mm)、下中切牙倾角L1-APo、中切牙交角U1-L1、上颌第一磨牙至PP距离U6-PP(mm)、下颌第一磨牙至MP距离L6-MP(mm)、上中切牙至PP距离U1-PP(mm)、下中切牙至MP距离L1-MP(mm)。骨性指标包括SNA角、SNB角、ANB角、Wits值(mm)、MP角MP-FH、前颅底平面-下颌平面交角SN-GoGn、上颌突距A-NPo(mm)、上颌深度角FH-NA、颌突角NA-APo、面锥角Na-GnGo、面角FH-NPo、Y轴角SGn-FH、下颌体长Gn-Go(mm)、下颌升支长Ar-Go(mm)、前面高Na-Me(mm)、后面高S-Go(mm)、后前面高比S-Go/Na-Me(%)、下面高ANS-Me(mm)、下前面高之比ANS-Me/Na-Me(%)。软组织指标包括上唇距E线距离Ulip-E(mm)、下唇距E线距离Llip-E

(mm)、Stm-FOP距(mm)。

1.4 测量方法

测量员从Planmeca Romexis影像系统导出头颅侧位片,并将其导入Dolphin软件中进行定点测量。头影测量由同一人完成。

1.5 统计学方法

利用Excel软件建立数据库,采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。头影测量数据符合正态分布的采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布的采用中位数和上下四分位数[$M(Q_1, Q_3)$]表示。符合正态分布的数据采用配对样本 t 检验、独立样本 t 检验,不符合正态分布、方差不齐的数据采用Wilcoxon秩和检验和Mann-Whitney U 秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MIA矫治系统对牙性不调的矫治效果

两组治疗前后牙性指标变化情况见表1。与治疗前比较,MIA组FOP-FH角、FOP-SN角减小(均 $P < 0.01$),FOP实现逆时针旋转,BOP改变不明显,U1-APo距、U1-APo角、L1-APo距减小(均 $P < 0.01$),U1-L1角增大($P < 0.01$),上、下前牙突度得到改善;U6-PP距、L6-MP距增加(均 $P < 0.01$);对照组显著变化的指标有U1-APo距和U1-APo角减小(均 $P < 0.01$),U1-L1角增大($P < 0.05$),U6-PP距、L6-MP距增加(均 $P < 0.01$)。与对照组比较,MIA组FOP-FH角、FOP-SN角显著减小(均

$P < 0.01$),L1-APo距减少更多($P < 0.05$),L6-MP距增长更少($P < 0.01$),但L1-MP距减少更少($P < 0.05$)。上述结果提示,MIA矫治系统逆旋FOP的效果优于传统滑动直丝弓技术,对下颌后牙的高度控制更为有效,内收下前牙效果更佳,但在压低下前牙高度方面不如传统技术。

2.2 MIA矫治系统对骨性不调的矫治效果

两组治疗前后骨性指标变化情况见表2。与治疗前比较,MIA组ANB角显著减小($P < 0.01$),颌骨矢状向不调得到改善;上颌突距A-NPo、颌突角NA-APo减小(均 $P < 0.01$),而面角FH-NPo角增大($P < 0.01$)、Y轴角SGn-FH角减小($P < 0.01$),证实上颌内收,下颌得到前伸;MP-FH角显著减小($P < 0.01$),提示下颌骨发生逆时针旋转,患者骨骼侧貌得到改善;前面高Na-Me、后面高S-Go、下颌升支长Ar-Go、下颌体长Gn-Go均增加(均 $P < 0.01$),下面高ANS-Me增加($P < 0.05$),后前面高比S-Go/Na-Me增大($P < 0.05$),提示患者矫治过程中下颌骨有一定的生长趋势。对照组显著变化的指标包括SNA角减小($P < 0.05$),ANB角减小($P < 0.01$),Wits值减小($P < 0.01$);上颌突距A-NPo、颌突角NA-APo减小(均 $P < 0.01$),面角FH-NPo增大($P < 0.01$),FH-NA角、Na-GnGo角减小(均 $P < 0.01$);前面高Na-Me、后面高S-Go、下面高ANS-Me、下颌升支长Ar-Go、下颌体长Gn-Go均显著增加(均 $P < 0.01$)。与对照组比较,MIA组MP-FH角减小量增加($P < 0.05$),ANS-Me距增量

表1 MIA组与对照组治疗后牙性指标变化比较

Table 1 Comparison of dental related parameter changes after treatment between the MIA group and the control group

[$M(Q_1, Q_3)$ 或 $\bar{x} \pm s$]								
组别	n	FOP-FH角(°)	FOP-SN角(°)	BOP-FH角(°)	BOP-SN角(°)	U1-APo距(mm)	U1-APo角(°)	L1-APo距(mm)
MIA组	20	-4.5(-7.3, -3.7)**	-4.6 $\pm$ 3.3**	-1.1 $\pm$ 3.6	-0.5 $\pm$ 3.0	-3.0 $\pm$ 2.5**	-7.1 $\pm$ 9.0**	-1.6 $\pm$ 1.9**
对照组	20	-0.1(-4.1, 3.0)	-0.1 $\pm$ 5.1	-0.1 $\pm$ 3.7	0.3 $\pm$ 3.9	-2.7 $\pm$ 1.9**	-8.3 $\pm$ 7.2**	-0.5 $\pm$ 1.2
t/u值	—	331.5	-3.321	-0.872	-0.748	-0.483	0.462	-2.257
P值	—	<0.01	<0.01	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05
组别	n	L1-APo角(°)	U1-L1角(°)	U6-PP距(mm)	L6-MP距(mm)	U1-PP距(mm)	L1-MP距(mm)	
MIA组	20	-0.1 $\pm$ 7.3	7.2 $\pm$ 1.2**	1.9(0.4, 2.8)**	2.1 $\pm$ 1.7**	-0.1 $\pm$ 2.2	-0.5 $\pm$ 2.1	
对照组	20	2.6 $\pm$ 5.6	5.7 $\pm$ 9.4*	2.1(1.0, 4.2)**	4.0 $\pm$ 1.5**	-0.4 $\pm$ 2.2	-1.1 $\pm$ 2.2*	
t值	—	-1.292	0.486	242.0	-3.619	-0.692	-2.399	
P值	—	>0.05	>0.05	>0.05	<0.01	>0.05	<0.05	

“—”:无相关数据。与治疗前比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。MIA:微型种植体支抗;FOP-FH:功能性殆平面角;FOP-SN:功能性殆平面与前颅底平面交角;BOP-FH:解剖殆平面角;BOP-SN:解剖殆平面与前颅底平面交角;U1-APo距:上中切牙突距;U1-APo角:上中切牙倾角;L1-APo距:下中切牙突距;L1-APo角:下中切牙倾角;U1-L1:中切牙交角;U6-PP:上颌第一磨牙至腭平面距离;L6-MP:下颌第一磨牙至下颌平面距离;U1-PP:上中切牙至腭平面距离;L1-MP:下中切牙至下颌平面距离。

表 2 MIA 组与对照组治疗后骨性指标变化比较

Table 2 Comparison of the bone related parameter changes after treatment between the MIA group and the control group

$[M(Q_1, Q_3) \text{ 或 } \bar{x} \pm s]$

组 别	n	SNA 角(°)	SNB 角(°)	ANB 角(°)	Wits值(mm)	MP-FH角(°)	SN-GoGn角(°)	A-NPo距(mm)
MIA 组	20	-1.3 ± 3.1	0.9 ± 2.5	-2.1 ± 2.2**	0.2 ± 3.5	-1.7(-3.0, -0.9)**	-1.3 ± 3.1	-2.7 ± 2.2**
对照组	20	-1.8 ± 3.0*	0.2 ± 2.6	-2.0 ± 1.9**	-2.3 ± 3.4**	-0.4(-2.4, 0.7)	-0.1 ± 3.1	-2.9 ± 2.3**
t/u 值	—	0.569	0.892	-0.240	2.325	278.5	-1.196	0.275
P 值	—	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05
组 别	n	FH-NA角(°)	NA-APo角(°)	Na-GnGo角(°)	FH-NPo角(°)	SGn-FH角(°)	Gn-Go距(mm)	
MIA 组	20	-0.7 ± 2.2	-6.0 ± 4.6**	-0.1 ± 2.1	2.2(0.9, 3.1)**	-1.3 ± 1.7**	2.7(1.9, 4.9)**	
对照组	20	-1.4 ± 2.0**	-6.5 ± 5.1**	-1.0 ± 1.4**	1.1(-0.4, 3.1)**	-0.4 ± 1.6	2.6(1.4, 5.1)**	
t/u 值	—	1.085	0.313	1.629	151.5	-1.880	191.0	
P 值	—	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	
组 别	n	Ar-Go距(mm)	Na-Me距(mm)	S-Go距(mm)	S-Go/Na-Me(%)	ANS-Me距(mm)	ANS-Me/Na-Me(%)	
MIA 组	20	2.5(1.0, 4.3)**	4.1 ± 3.9**	4.6(1.1, 5.9)**	1.3 ± 2.3*	1.4 ± 2.1**	-1.0(-2.5, 0.1)	
对照组	20	3.6(1.6, 6.1)**	6.5 ± 5.3**	3.9(2.0, 6.7)**	0.7 ± 2.2	3.5 ± 3.1**	0.1(-0.7, 0.8)	
t/u 值	—	243.5	-1.609	204.5	0.968	285.5	262.5	
P 值	—	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05	

“—”:无相关数据. 与治疗前比较, * $P<0.05$, ** $P<0.01$. MIA:微型种植体支抗;MP-FH:下颌平面角;SN-GoGn:前颅底平面-下颌平面交角;A-NPo:上颌突距;FH-NA:上颌深度角;NA-APo:颌突角;Na-GnGo:面锥角;FH-NPo:面角;SGn-FH:Y轴角;Gn-Go:下颌体长;Ar-Go:下颌升支长;Na-Me:前面高;S-Go:后面高;S-Go/Na-Me:后前面高比;ANS-Me:下面高;ANS-Me/Na-Me:下前面高比.

减小($P<0.05$),但 Wits 值对照组减小更多($P<0.05$)。上述结果提示,MIA 矫治系统在逆旋 FOP 的同时可以有效减小下颌平面角,更好地控制前下面高,改善患者的垂直骨面型,但在骨性Ⅱ类关系的改善方面相对传统技术可能并没有优势。

2.3 MIA 矫治系统对软组织不调的矫治效果

两组软组织指标变化情况见表3。与治疗前比较,MIA 组上下唇突度 Ulip-E 距、Llip-E 距均有改善(均 $P<0.01$),软组织侧貌得到改善;唇裂点到 OP 距离 Stm-FOP 减小($P<0.01$),说明 OP 逆旋。对照组显著变化的指标包括上下唇突度 Ulip-E 距、

Llip-E 距改善(均 $P<0.01$)。MIA 组与对照组的软组织测量项目差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。上述结果提示,在软组织不调的矫治方面,MIA 矫治系统与传统滑动直丝弓矫治技术的疗效并没有显著差异。

此外,MIA 组平均完成治疗时长为(2.6 ± 1.0)年,对照组为(4.3 ± 1.1)年,差异有统计学意义($P<0.01$)。

2.4 典型病例分析

患者女性,14 岁。嘴突 5 年余。口外检查结果:面部略不对称,下颌左偏,开唇露齿;侧貌凸,下唇外翻,下颌后缩。口内检查结果:恒牙列,双侧磨牙、尖牙Ⅰ类关系;Ⅰ°深覆殆,Ⅰ°深覆盖;上下牙列无明显拥挤,上下牙弓卵圆形,双侧基本对称,上下牙列中线不齐,下中线左偏 1 mm。头影测量示:高角,FMA 角 33.2°;上前牙前突,U1-APo 角 41.9°;SNA 角 83.7°,SNB 角 78.1°,ANB 角 5.6°,提示为下颌后缩的骨性Ⅱ类患者;上唇距离 E 线 2.3 mm,下唇距 E 线 5.8 mm,软组织侧貌突。

拔除 4 颗第一双尖牙,通过 MIA 支抗滑动矫治技术进行矫治;上颌 5、6 间植入 MIA 内收上前牙关闭拔牙间隙,防止后牙伸长,同时 6-6 再加横腭杆加强支抗;下颌 2、3 间牵引钩与 6 牵引以关闭

表 3 MIA 组与对照组治疗后软组织指标变化情况比较

Table 3 Comparison of the soft tissue related parameter changes after treatment between the MIA group and the control group

组 别	n	Ulip-E	Llip-E	Stm-FOP
MIA 组	20	-2.2 ± 2.0**	-2.3 ± 2.1**	-1.7 ± 2.0**
对照组	20	-2.5 ± 1.7**	-3.3 ± 2.0**	-1.0 ± 3.1
t 值	—	0.438	1.554	-0.792
P 值	—	0.644	0.129	0.433

“—”:无相关数据. MIA:微型种植体支抗;Ulip-E:上唇至 E 线距离;Llip-E:下唇至 E 线距离;Stm-FOP:口裂点至殆平面距离.

拔牙间隙,不使用Ⅱ类牵引以防止下颌后牙伸长,同时在下颌后牙区植入MIA控制磨牙高度;最后达到排齐整平,内收前牙,改善突度,逆旋FOP,改善侧貌的目的。患者治疗前后面部照片及X线片见图2、3。

治疗后,头影测量数据对比(表4)可见ANB角减小,SNA角减小,SNB角增大;FOP-FH大幅减小,FOP逆旋,BOP-FH有一定减小;MP-FH角减小,下颌骨逆时针旋转,高角改善;上下颌6位置稳定,上下颌1有一定压低。头影测量描记重

图2 典型病例治疗过程中面部及口腔照片

Figure 2 Facial and oral photos during treatment of the typical case

图3 典型病例治疗前后曲面断层X线片及侧面X线片

Figure 3 Curved tomographic X-rays and lateral X-rays of the typical case before and after treatment

表 4 典型病例治疗前后头影测量结果对比
Table 4 Comparison of cephalometric measurements before and after treatment of the typical case

测量项目	治疗前	治疗后	治疗后变化
SNA 角(°)	83.7	81.9	-1.8
SNB 角(°)	78.1	79.5	1.4
ANB 角(°)	5.6	2.3	-3.3
Wits 值(mm)	-4.0	-2.9	1.1
MP-FH角(°)	33.2	27.0	-6.2
U1-APo 角(°)	41.9	34.6	-7.3
U1-APo 距(mm)	10.8	6.5	-4.3
L1-APo 角(°)	31.5	32.4	0.9
L1-APo 距(mm)	9.3	4.5	-4.8
U1-L1角(°)	106.6	113.0	6.4
FOP-FH角(°)	18.9	9.0	-9.9
BOP-FH角(°)	14.8	13.4	-1.4
S-Go/Na-Me(%)	64.1	66.7	2.6
ANS-Me/Na-Me(%)	58.2	54.0	-4.2
Ulip-E(mm)	2.3	-3.3	-5.6
Llip-E(mm)	5.8	1.6	-4.2
U6-PP(mm)	19.6	19.9	0.3
L6-MP(mm)	28.8	28.2	-0.6
U1-PP(mm)	27.3	25.5	-1.8
L1-MP(mm)	37.1	32.6	-4.5

MP-FH: 下颌平面角;U1-APo 角: 上中切牙倾角;U1-APo 距: 上中切牙突距;L1-APo 距: 下中切牙突距;L1-APo 角: 下中切牙倾角;U1-L1: 中切牙交角;FOP-FH: 功能性殆平面角;BOP-FH: 解剖殆平面角;S-Go/Na-Me: 后前面高比;ANS-Me/Na-Me: 下前面高之比;Ulip-E: 上唇距 E 线距离;Llip-E: 下唇距 E 线距离;U6-PP: 上颌第一磨牙至腭平面距离;L6-MP: 下颌第一磨牙至下颌平面距离;U1-PP: 上中切牙至腭平面距离;L1-MP: 下中切牙至下颌平面距离。

叠图(图 4)可见上、下前牙内收且压低,上下磨牙整体近中移动、高度基本得到保持;突度减小,颈部前伸,软组织侧貌得到大幅改善。

3 讨 论

在矫治骨性Ⅱ类高角患者时,传统矫治手段常有多种限制。关闭曲法(图 5A)在内收上前牙、关闭拔牙间隙的过程中,由于磨牙区受反向力,需要防止磨牙的支抗丢失。倾斜、伸长的后牙会导致 FOP 倾斜,使下颌发生顺时针旋转,下颌后缩加重,面型恶化^[10]。此外,关闭曲法的初始力值常高达 600 g,较不利于牙齿的生理性移动。使用传统滑动法(图 5B)关闭间隙时,同样需要考虑上述问题,并且正畸医生还需额外注意控制弓丝与托槽间的摩擦力控制。Tweed-Merrifield 技术通过支

图 4 典型病例治疗前(黑色)后(红色)头影测量描记图重叠(基于前颅底平面、蝶鞍中心)

Figure 4 Overall superimposition of before (black color) and after (red color) treatment cephalometric radiographs of the typical case (based on SN plane, S point)

抗预备以控制磨牙高度^[11],并使用高位 J 钩加上弓丝的冠唇向转矩内收前牙,但 J 钩要求患者配戴口外牵引装置,舒适度差且依赖患者依从性;同时,口外装置很难做到 24 h 全程佩戴,无法提供持续的矫治力也是其一大问题所在^[12];支抗预备需要正畸医生在弓丝上额外弯制后倾弯,后倾弯的角度、表达情况都需要考量,对磨牙高度的控制不够稳定。诸多问题均提示临床医生需要更好的矫治方法或系统,对骨性Ⅱ类高角患者的矫治进行全方面的优化。

MIA 矫治系统(图 5C、D)在Ⅱ类患者的内收过程中,可起到间接控制 OP 的作用。与传统矫治技术相比,MIA 矫治系统在 MIA 与牵引钩之间加力,通过滑动法关闭间隙。由于矫治力不施加在磨牙上,因此可有效防止磨牙的伸长与近中移动。研究显示,MIA 一次性内收 6 颗前牙的效果较好,并且在内收的过程中较大程度地减少了磨牙支抗的丢失,磨牙区甚至可以不使用横腭杆等支抗加强装置^[13]。这无疑有助于防止Ⅱ类面型加重。但本研究显示,MIA 组和对照组的上颌磨牙

受力方向以直箭头表示,牙移动方式以弯箭头表示. A:关闭曲法;B:传统滑动法;C、D:微型种植体支抗.

图5 三种矫治方法的力学示意图

Figure 5 Biomechanics of closing loop technique, traditional sliding technique and micro-implant anchorage

高度控制并无显著性差异,这与前人研究不符,可能是由于上颌骨骨质疏松导致上磨牙高度的控制难度较小,传统的滑动直丝弓技术使用摇椅弓已经可以有效地控制磨牙高度所致。此外,由于MIA加力更接近阻抗中心,矫治力的大小需求下降;而与传统滑动法相比,MIA系统可以使用较细的丝,从而使弓丝与槽沟间有较大的余隙,减小摩擦力,可进一步减小内收所需的牵引力。因此MIA矫治系统更符合轻力矫治的原则,这使得矫治时长可以缩短^[14];本研究显示MIA组的平均矫治时长要低于对照组,证实了这一点。与Tweed技术相比,MIA系统不采用J钩,对患者的依从性要求更低。

此外,MIA可以直接作用于磨牙进行垂直向控制。本研究显示,虽然两组患者的磨牙高度均有一定伸长,但MIA组下颌磨牙高度的控制比对照组更为理想。MIA可以解决传统Ⅱ类牵引带来的副作用。传统的矫治手段中包含了Ⅱ类牵引,其虽然能解决Ⅱ类关系,但容易导致下颌磨牙的近中倾斜及伸长,从而使OP逆旋,Ⅱ类面型加重,同时对上颌前牙有伸长作用。而MIA矫治系统通过在下颌磨牙或后段弓丝与MIA间挂弹性牵引,可以防止下颌磨牙的伸长与近中倾斜,不需要

支抗预备或摇椅曲。上颌牵引钩与MIA间牵引力的垂直向分力,可以抵消Ⅱ类牵引对上颌前牙的伸长作用。此外,在上颌后牙区植入MIA压低上颌磨牙,可以使OP进一步逆时针旋转^[15]。

本研究显示,FOP的改变与MP倾斜度间可能存在相关性。Chen等^[16]的研究显示,与传统支抗相比,使用MIA矫治系统对凸面型患者矫治时,矫治后的MP要显著逆旋更多。此外,已有较多研究显示,FOP的逆旋可以同时带来MP的逆旋,从而改善后缩的下颌,缓和Ⅱ类面型^[17-19]。本研究显示,MIA组逆旋FOP的同时MP-FH也有显著改善,且与对照组有显著差异,这与前人文献研究结果相符。但患者的生长发育对相关性分析可能存在一定干扰。MIA组患者平均治疗开始年龄(13.7 ± 4.5)岁,对照组为(12.3 ± 1.5)岁。Barbosa等^[20]文献研究显示,下颌骨生长可持续至18~19岁。因此,治疗过程中患者的下颌骨可能同步发生了生长,FOP及MP的改变有生长因素的参与。骨相关项目中,下颌升支长Ar-Go、下颌体长Gn-Go均增加,也证实了矫治过程中下颌骨发生向下、向前的生长,有利于Ⅱ类面型的改善。Al-Khateeb等^[21]的研究显示,生长高峰期安氏Ⅱ类2分类后面高增加多于安氏Ⅱ类1分类及安

氏Ⅰ类,导致下颌前上旋转的程度不同。而另一研究则显示,生长发育所导致的OP逆旋,Ⅱ类1分类要比较2分类者大,这可能是最终导致安氏Ⅱ类1分类下面高较大、下颌较后缩的原因^[22]。此外,髁突、关节窝的改建,以及切牙的高度等对MP的角度也存在影响。因此,FOP的改变可能只是MP逆旋的因素之一,MP的逆旋可能是多因素导致的,无法进行简单的单元线性相关分析。

统计学分析还发现,相比对照组MIA组的下前牙内收距离更大,下面高ANS-Me增长更少,下颌第一磨牙伸长更少。磨牙高度与FOP倾斜度密切相关,过度伸长的下颌磨牙可导致后牙区咬合支点形成,使FOP顺旋。下面高ANS-Me增长较少则是下颌逆旋的体现之一。而下前牙的内收可能归功于MIA的有效牵引作用,但事实上上前牙区并未产生与对照组的明显差异,因此认为前牙突度与FOP并无明显关联。前牙突度与软组织侧貌突度相关,研究发现MIA和传统矫治的患者软组织侧貌突度差异无统计学意义^[23];本研究中软组织测量部分组间对比也得出了类似的结论。

综上所述,本研究证实了MIA矫治系统相对传统滑动矫治技术可以更有效地控制下颌磨牙的高度,进而逆旋骨性Ⅱ类高角伴下颌后缩患者的FOP。FOP的逆旋也可控制下面高的增长,从而影响患者面部美学。相较于传统矫治技术,MIA矫治系统加力简单,易于控制支抗,且由于其使用轻力,牙齿移动迅速,矫治时间缩短。临床上,正畸医生可以通过对MIA矫治系统的灵活使用,为骨性Ⅱ类高角患者提供更好的治疗效果及体验。此外,本研究发现逆旋FOP的同时可带来MP角的减小,从而改善下颌后缩患者的侧貌;但两者并非简单的线性关系,MP的逆旋仍与生长发育等其他因素相关,待后续研究。此外,对于上颌后牙高度、上前牙高度、ANB角的改善,本研究并未发现MIA组与对照组有显著差异,但这与临床经验不符,也值得未来的研究进一步探讨。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] IRAWAN R, SUPARWITRI S, HARDJONO S. Perawatan maloklusi angle kelas II divisi 1 menggunakan bionator myofungsional[J]. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 2014, 21(1): 97.
- [2] MOHAMED R N, BASHA S, AL-THOMALI Y. Changes in upper airway dimensions following orthodontic treatment of skeletal class II malocclusion with twin block appliance: a systematic review[J]. *Turk J Orthod*, 2020, 33(1): 59-64.
- [3] 赵迪,曹军,李小燕,等. 骨性二类错殆患者上、下颌骨矢状结构病因机制分析[J]. *口腔医学研究*, 2007, 23(1): 95-97.
- [4] ZHAO Di, CAO Jun, LI Xiaoyan, et al. Etiological analysis of maxilla and mandible on the sagittal pattern for patients with skeletal class II malocclusion[J]. *Journal of Oral Science Research*, 2007, 23(1): 95-97. (in Chinese)
- [5] FUSHIMA K, KITAMURA Y, MITA H, et al. Significance of the cant of the posterior occlusal plane in class II division 1 malocclusions[J]. *Eur J Orthod*, 1996, 18(1): 27-40.
- [6] OKUHASHI S, BASILI C, SASAGURI K, et al. Three-dimensional computer tomographic analysis of the influence of the cant of the occlusal plane in different craniofacial morphology[J]. *The Bulletin of the Kanagawa Dental College: BKDC / KDS*, 2011, 39: 89-99.
- [7] YE R, LI Y, LI X, et al. Occlusal plane canting reduction accompanies mandibular counterclockwise rotation in camouflaging treatment of hyperdivergent skeletal class II malocclusion[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(5): 758-765.
- [8] ARDANI I G A W, DINATA F C, TRIWARDHANI A. The importance of the occlusal plane in predicting better facial soft tissue in class II malocclusion in ethnic javanese[J]. *Eur J Dent*, 2020, 14(3): 429-434.
- [9] 王娜娜. 微种植支抗在安氏Ⅱ类Ⅰ分类错颌病例的应用及疗效观察[J]. *医学信息*, 2014, 27(11): 240-241.
- [10] WANG Nana. Application of micro-implant anchorage in class II division I malocclusion cases and its treatment effect observation[J]. *Medical Information*, 2014, 27(11): 240-241. (in Chinese)
- [11] FARRET M M. Occlusal plane canting: a treatment alternative using skeletal anchorage[J]. *Dental Press J Orthod*, 2019, 24(1): 88-105.
- [12] 柯云翔. 微型种植体支抗在口腔正畸治疗中的应用效果分析[J]. *中国现代医生*, 2016, 54(34): 70-72, 80.
- [13] KE Yunxiang. Analysis of the application effect of micro-implant anchorage in orthodontic treatment[J]. *China Modern Doctor*, 2016, 54(34): 70-72, 80. (in Chinese)
- [14] 陈雪峰,刘家瑄,林汤毅. 种植支抗及J钩在Tweed矫正理念中的应用研究进展[J]. *口腔医学*, 2015, 35(3): 237-240.
- [15] CHEN Xuefeng, LIU Jiaxuan, LIN Tangyi. Application of implant anchorage and J hook in Tweed correctional

- philosophy[J]. **Stomatology**, 2015, 35(3): 237-240. (in Chinese)
- [12] JASORIA G, SHAMIM W, RATHORE S, et al. Miniscrew implants as temporary anchorage devices in orthodontics: a comprehensive review[J]. **J Contemp Dental Pract**, 2013, 14(5): 993-999.
- [13] KIM S H, HWANG Y S, FERREIRA A, et al. Analysis of temporary skeletal anchorage devices used for en-masse retraction: a preliminary study[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2009, 136(2): 268-276.
- [14] 郭磊. 微型种植体支抗与口外弓支抗在口腔正畸治疗中的效果比较[J]. **中国民康医学**, 2020, 32(11): 53-55.
GUO Lei. Comparison of treatment effect of micro-implant anchorage and extraoral arch anchorage in orthodontic treatment[J]. **Medical Journal of Chinese People's Health**, 2020, 32(11): 53-55. (in Chinese)
- [15] DE OLIVEIRA T F M, NAKAO C Y, GONÇALVES J R, et al. Maxillary molar intrusion with zygomatic anchorage in open bite treatment: lateral and oblique cephalometric evaluation[J]. **Oral Maxillofac Surg**, 2015, 19(1): 71-77.
- [16] CHEN M, LI Z M, LIU X, et al. Differences of treatment outcomes between self-ligating brackets with microimplant and headgear anchorages in adults with bimaxillary protrusion[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2015, 147(4): 465-471.
- [17] CORO J C, VELASQUEZ R L, CORO I M, et al. Relationship of maxillary 3-dimensional posterior occlusal plane to mandibular spatial position and morphology[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2016, 150(1): 140-152.
- [18] LI X, ZHAO Q, ZHAO R, et al. Effect of occlusal plane control procedure on hyoid bone position and pharyngeal airway of hyperdivergent skeletal class II patients[J]. **Angle Orthod**, 2017, 87(2): 293-299.
- [19] TANAKA E M, SATO S. Longitudinal alteration of the occlusal plane and development of different dentoskeletal frames during growth[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2008, 134(5): 602.e1-11, discussion 602-603.
- [20] BARBOSA L A G, ARAUJO E, BEHRENTS R G, et al. Longitudinal cephalometric growth of untreated subjects with class II division 2 malocclusion[J]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 2017, 151(5): 914-920.
- [21] AL-KHATEEB E A A, AL-KHATEEB S N. Anteroposterior and vertical components of class II division 1 and division 2 malocclusion[J]. **Angle Orthod**, 2009, 79(5): 859-866.
- [22] 郝洁, 邱赛男, 于汉英, 等. 安氏Ⅱ~1与安氏Ⅱ~2错颌下颌骨生长旋转的研究[J]. **临床口腔医学杂志**, 2016, 32(3): 142-146.
HAO Jie, QIU Sainan, YU Hanying, et al. Growth and rotation of jaws in untreated class II malocclusion [J]. **Journal of Clinical Stomatology**, 2016, 32(3): 142-146. (in Chinese)
- [23] XU Y, XIE J. Comparison of the effects of mini-implant and traditional anchorage on patients with maxillary dentoalveolar protrusion[J]. **Angle Orthod**, 2017, 87(2): 320-327.

[本文编辑 沈敏余方]

· 学术动态 ·

胡新央教授和王本副教授团队发现干细胞“穿衣”后具有更强生命力

2021年1月6日,胡新央教授与王本副教授团队在《先进科学》(*Advanced Science*)在线发表了题为“Surface-anchored nanogel coating endows stem cells with stress resistance and reparative potency via turning down the cytokine-receptor binding pathways”的研究论文(<https://doi.org/10.1002/advs.202003348>)。

研究人员首先合成了生物相容锚定分子(PAAM)-转谷氨酰胺酶(mTG),再通过分子自组装的方式将PAAM插到骨髓间充质干细胞膜上,在细胞表面定点锚定的mTG催化溶液中的明胶分子,进行交联反应,并在细胞膜表面形成一层百纳米级厚度的水凝胶。干细胞表面的水凝胶能够阻断细胞凋亡因子如肿瘤坏死因子与肿瘤坏死因子受体的结合,进而维持线粒体的完整性及提高线粒体功能发挥抗细胞凋亡的作用。细胞“穿衣”技术并未改变干细胞本身的性能。“穿衣”后的骨髓间充质干细胞移植治疗心肌梗死能够显著提高移植细胞的存活率,改善心功能、降低心肌梗死面积。

张玲博士、刘国武硕士研究生、吕凯琪博士研究生为论文共同第一作者。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金和浙江省自然科学基金等资助。