

上颌快速扩弓联合前方牵引对替牙期骨性Ⅲ类错殆畸形的矫治疗效

赵天然^{1,2}, 刘东旭¹

(1. 山东大学齐鲁医学院口腔医学院·口腔医院正畸科, 山东省口腔组织再生重点实验室,

山东省口腔生物材料与组织再生工程实验室, 山东 济南 250012;

2. 中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院口腔科, 山东 济南 250031)

摘要: **目的** 通过锥形束断层扫描技术(cone beam computed tomography, CBCT)研究评价上颌快速扩弓联合前方牵引对替牙期骨性Ⅲ类错殆横向不足的治疗效果。**方法** 选择替牙期骨性Ⅲ类错殆患儿19例,平均(8.47±0.70)岁。分别于上颌快速扩弓联合前方牵引治疗前(T₁)及扩弓结束3个月后(T₂)拍摄CBCT,测量上颌第一磨牙倾斜度、上颌前磨牙段及第一磨牙牙冠宽度、牙槽突宽度、上颌基骨宽度、牙槽嵴高度、第二前磨牙牙胚在牙槽骨中的位置等,比较治疗前后各测量项目的差异。**结果** 从T₁到T₂阶段,上颌第一前磨牙牙冠宽度增加(2.37±3.47)mm ($P=0.008$),第二乳磨牙牙冠宽度增加量中位数为3.37 mm ($P=0.009$),第一磨牙牙冠宽度增加(2.60±2.53)mm ($P<0.001$),上颌第一前磨牙、第二乳磨牙、第一磨牙对应牙槽突宽度分别增加(1.63±2.45)mm ($P=0.010$)、(2.12±2.59)mm ($P=0.002$)、(1.98±2.10)mm ($P<0.001$),第一磨牙腭根根尖宽度、第一磨牙阻抗中心宽度分别增加(2.00±2.40)mm ($P=0.002$)、(2.00±2.07)mm ($P<0.001$),差异具有统计学意义;上颌第一磨牙倾斜度($P_{左}=0.196$ 、 $P_{右}=0.251$)、上颌基骨宽度($P=0.192$)、下颌基骨宽度($P=0.266$)及第一磨牙根分叉宽度($P=0.678$)、上颌第一前磨牙牙槽骨高度($P=0.136$)、第二乳磨牙牙槽骨高度($P=0.638$)、第一磨牙牙槽骨高度($P=0.274$)、第二前磨牙牙胚在牙槽骨中的相对位置($P=0.058$)治疗前后差异均无统计学意义。**结论** 上颌快速扩弓联合前方牵引可明显改善替牙期骨性Ⅲ类错殆患儿中后段牙弓及颌骨横向不调,治疗对前磨牙牙胚在牙槽骨中的相对位置无影响。

关键词: 替牙期;骨性Ⅲ类错殆;上颌扩弓;基骨宽度;锥形束计算机断层扫描

中图分类号:R783.5

文献标志码:A

Orthodontic effects of rapid maxillary expansion combined with maxillary protraction on skeletal Class III malocclusion during the mixed dentition

ZHAO Tianran^{1,2}, LIU Dongxu¹

(1. Department of Orthodontics, School and Hospital of Stomatology, Cheeloo College of Medicine,

Shandong University & Shandong Key Laboratory of Oral Tissue Regeneration & Shandong Engineering Laboratory for Dental Materials and Oral Tissue Regeneration, Jinan 250012, Shandong, China; 2. Department of Stomatology,

The 960th Hospital of the PLA Joint Logistics Support Force, Jinan 250031, Shandong, China)

Abstract: Objective To evaluate the therapeutic effect of rapid maxillary expansion combined with anterior traction on maxillary transverse deficiency in patients with skeletal Class III malocclusion during the mixed dentition period using cone beam computed tomography (CBCT) technology. **Methods** A total of 19 mixed dentition patients (average age 8.47±0.70 years old) with skeletal Class III malocclusion were selected. CBCT was taken before maxillary protraction combined with rapid maxillary expansion (T₁) and 3 months after treatment (T₂), respectively, to measure the inclination of the first maxillary molar, the crown width and alveolar width of the first maxillary premolar, the second primary

molar and the first molar, the width of the maxillary basal bone, the height of the alveolar crest and the location of the second maxillary premolar germ in the alveolar bone. The differences in various measurement items before and after treatment were compared. **Results** The crown width of the first maxillary premolar increased by (2.37 ± 3.47) mm ($P=0.008$), the median increase in crown width of the second primary molar was 3.37mm ($P=0.009$) and the crown width of the first molar increased by (2.60 ± 2.53) mm ($P<0.001$) from T₁ to T₂. The alveolar width of the maxillary first premolar, the second primary molar and the first molar increased by (1.63 ± 2.45) mm ($P=0.010$), (2.12 ± 2.59) mm ($P=0.002$) and (1.98 ± 2.10) mm ($P<0.001$) respectively. The width of the apex of the palatal root and the width of resistance center of the first molar increased by (2.00 ± 2.40) mm ($P=0.002$) and (2.00 ± 2.07) mm ($P<0.001$) respectively, with statistically significant differences. There was no statistically significant difference in the tipping of the first maxillary molar ($P=0.196$, $P=0.251$), the width of the maxillary basal bone ($P=0.192$), the width of the mandibular basal bone ($P=0.266$) and the width of the center of resistance of the first molar ($P=0.678$), the height of the alveolar bone of the first maxillary molar ($P=0.136$), the second primary molar ($P=0.638$) and the first molar ($P=0.274$) and the location of the germ of the second premolar in alveolar bone ($P=0.058$) before and after treatment. **Conclusion** Rapid maxillary expansion combined with maxillary protraction can significantly improve the transverse deficiency of the middle-posterior arch and maxillary bone in mixed dentition patients with skeletal Class III malocclusion. The treatment has no effect on the relative position of the premolar tooth germ in the alveolar bone.

Key words: Mixed dentition; Skeletal Class III malocclusion; Rapid maxillary expansion; Basal bone width; Cone beam computed tomography

骨性Ⅲ类错殆畸形是正畸医师所面临的最困难的问题之一,常伴有上颌骨宽度不足,与相应下颌骨不匹配^[1-4],临床表现为后牙区单侧或双侧反殆、前牙拥挤、微笑时颊廊间隙过宽、腭盖高拱^[5-6]。对于替牙期的骨性Ⅲ类错殆畸形患者,临床上常采用上颌前方牵引用于解决骨性Ⅲ类错殆畸形矢状向的问题^[7],而上颌扩弓则用于解决横向发育不足^[8-9]。传统上,关于上颌快速扩弓术后变化的研究是基于模型和头影测量,然而随着锥形束计算机断层扫描(cone beam computed tomography, CBCT)的出现,研究者可对三维解剖结构进行更准确和可复制的评估^[10-14],明显提高了测量精度和效率。目前,研究者对替牙期患者接受扩弓治疗后牙齿、颌骨、鼻腔气道变化的评估越来越感兴趣^[11,15-19]。近年来多通过CBCT研究气道体积变化^[15,17-18],但分析快速扩弓后发生的线性变化也很重要^[19]。本研究通过CBCT评估使用上颌前方牵引联合快速扩弓对上颌第一磨牙倾斜度、上颌牙弓宽度、牙槽嵴顶水平宽度、颌骨基骨宽度、牙槽嵴高度、继承恒牙胚位置等的影响,评价实际治疗效果,也为矫治方案设计、短期效果预测、确立二期正畸诊疗目标提供理论基础。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究回顾性收集了山东大学口腔医院正畸科

2016~2019年期间就诊的19例8~10岁骨性Ⅲ类错殆畸形患儿病历及影像学资料,男9例,女10例,平均 (8.47 ± 0.70) 岁。本研究经患儿及家长知情同意,已获得山东大学口腔医学院伦理委员会的批准(No. 20200604)。

纳入标准:无其他正畸治疗史;①替牙列,ANB角 $<0^\circ$,双侧磨牙近中关系,下颌不能后退至前牙对刃咬合;②既往未患有唇腭裂或重大疾病、口腔颌面部无外伤史、无外科手术史;③治疗前及扩弓结束3个月后第二乳磨牙均未替换;④治疗前及扩弓结束3个月后均已拍摄CBCT,资料保存完整清晰。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法

所有患者均接受上颌快速扩弓联合前方牵引治疗,方法如下:①制作殆垫式上颌扩弓器,固位不良者可选择玻璃离子作为粘结材料将扩弓器粘于双侧后牙相对应位置。使用方法为每日早晚各加力1次,每次旋转1/4圈(0.25 mm),扩弓至上颌第一磨牙腭尖与下颌第一磨牙颊尖相对时停止扩张,扩弓器打开范围5.00~8.00 mm,使用树脂封闭螺旋扩大簧以维持扩张。②联合上颌前方牵引矫治:使用全可调式前方牵引面具,每天佩戴12~14 h,单侧施力350~500 g,牵引力向前下方向且与殆平面呈 30° 。

1.2.2 CBCT图像拍摄

所有病例均在山东大学口腔医院放射科同一机器进行CBCT(5G; New Tom, Verona, Italy, 110 kV, 曝光时间5.4 s)扫描。拍摄时患者仰卧并保持牙尖交

错位。选择医学数字成像和通讯(digital imaging and communications in medicine, DICOM)标准格式输出、储存数据,将其导入 Materialise 交互式医学影像控制系统(materialism's interactive medical Image control system, version ,Mimics)软件进行三维重建,重建层厚 0.30 mm。

1.2.3 测量方法及项目

1.2.3.1 测量方法

本研究选择 Mimics21.0(Materialise, Belgium)作为图像处理的第三方软件,将患者 DICOM 格式 CBCT 数据导入。选取适合阈值,建立蒙版,并进行三维重建。建立 3 个平面进行头位校正:①通过双侧眶下点和右耳点,建立水平参考平面(frunkfort horizontal plane, FH);②经颅底点和鼻根点建立垂直于水平参考面的面定为正中矢状面(median sagittal plane, MSP);③过犁骨后下部一点建立垂直于水平参考面和正中矢状面的面,设为冠状面(coronal plane, CP),如图 1 所示。参考平面确立后,调整三维头颅模型,使 3 个参考平面分别平行于各视图坐标轴,从而实现治疗前后头位一致。

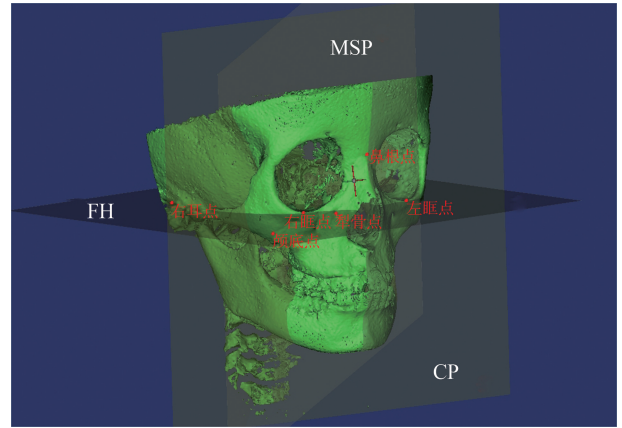


图 1 矫正头位与参考平面

Figure 1 Reorientated head position and reference plane

1.2.3.2 测量项目

参考过往文献研究[20-22],定点、测量并计算以下项目,如表 1、图 2~图 5 所示。本研究治疗前后数据由同一研究者进行测量,为确保测量数据的准确性,对治疗前后的 CBCT 再次进行测量,2 次测量时间间隔两周,取 2 次测量均值作为最终测量结果。

表 1 测量项目和定义
Table 1 Measurement items and definitions

测量项目	英文全称	定义
上颌第一磨牙倾斜度	maxillary first molar tipping (MFMT)	第一磨牙阻抗中心和中央窝连线与腭中线所成异面角角度
牙冠宽度	crown width(CW)	在冠状面上分别测量双侧上颌第一前(乳)磨牙颊尖、第二乳磨牙颊尖、第一磨牙中央窝至正中矢状面距离之和
牙槽突宽度	alveolar crest width(ACW)	在双侧上颌第一前磨牙颊尖、第二乳磨牙颊尖、第一磨牙阻抗中心所在冠状面上,测量牙槽嵴最低点至正中矢状面距离之和
上颌第一磨牙腭根根尖宽度	palatine root width(PRW)	在冠状面上,测量双侧上颌第一磨牙腭根根尖点至正中矢状面距离之和
上下颌第一磨牙阻抗中心间宽度	first molar root trifurcation width(FMRTW)	在冠状面上测量双侧上下颌第一磨牙阻抗中心至正中矢状面距离之和
上颌基骨宽度	maxillary basal bone width (MaBW)	双侧上颌基骨点至正中矢状面之和
下颌基骨宽度	mandibular basal bone width (MdBW)	在冠状面上测量双侧下颌阻抗中心对应颊侧骨皮质点至正中矢状面之和
牙槽骨高度水平	alveolar crest level(ACL)	在冠状面上测量双侧上颌第一前磨牙、第二乳磨牙、第一磨牙颊尖与颊侧牙槽嵴顶连线的长度,取左右两侧结果平均值
第二前磨牙牙胚颊侧骨质厚度	buccal bone thickness(BBT)	以右上颌第一恒磨牙根分叉处所在的水平面为观测基准面,测量上颌第二前磨牙牙胚牙体颊侧最凸点至颊侧骨皮质外缘的最短距离,取左右两侧平均值
第二前磨牙牙胚腭侧骨质厚度	palatal bone thickness(PBT)	在观测基准面上,测量上颌第二前磨牙牙胚牙体腭侧最凸点至腭侧骨皮质外缘的最短距离,取左右两侧平均值
第二前磨牙牙胚骨质厚度颊/腭比	$\Delta(BBT/PBT)$	上颌第二前磨牙牙胚颊侧骨质厚度/腭侧骨质厚度的比值变化量
根尖扩宽度-阻抗中心扩宽度	$\Delta PRW-\Delta FMRTW$	治疗后,上颌第一磨牙腭根根尖宽度扩宽度与上颌阻抗中心宽度扩宽量的差值
牙槽骨扩宽度-牙冠扩宽度	$\Delta ACW-\Delta CW$	治疗后,上颌第一前磨牙、第二乳磨牙处牙槽嵴顶宽度扩宽度与牙冠宽度扩宽量的差值

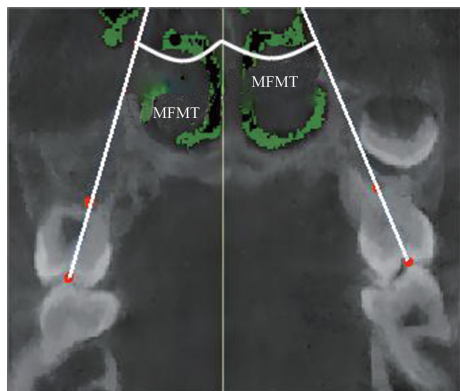


图2 上颌第一磨牙倾斜度示意图
Figure 2 Diagram of the tilt angle of the first molar

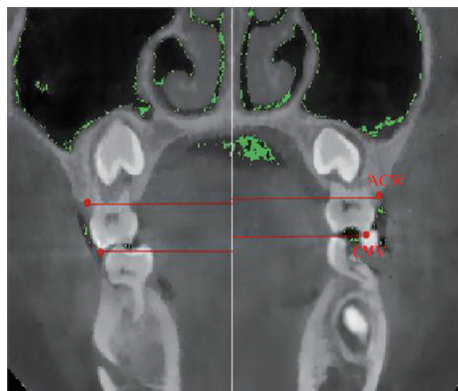


图3 牙冠宽度、牙槽骨宽度示意图
Figure 3 Diagram of crown width and alveolar crest width

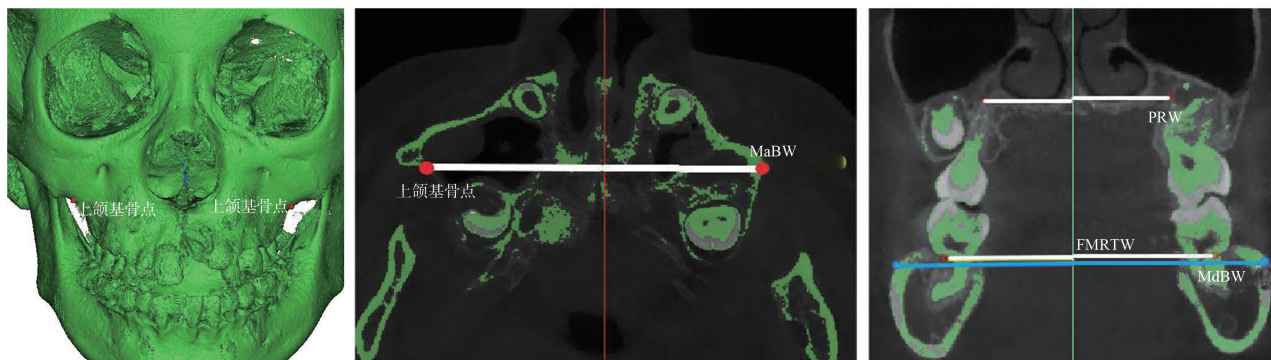


图4 上下颌基骨宽度及上颌第一磨牙腭根根尖宽度示意图
Figure 4 Diagram of the width of maxillary and mandibular basal bone and the palatal root apex width of maxillary first molar

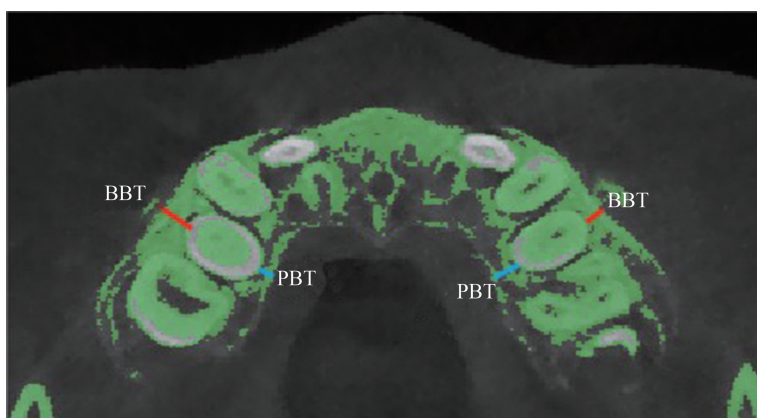


图5 前磨牙牙胚在牙槽骨中位置示意图
Figure 5 Diagram of the location of premolar germ in the alveolar bone

1.3 统计学处理

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析,符合正态分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不服从正态分布的数据用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。计算治疗前后各项指标差值,差值服从正态分布的,采用配对 t 检验分析,差值不服从正态分布,用 Wilcoxon 符号秩和检验进行分析。不同指标变化量的比较用独立样本 t 检验分析。正态检验水准设为 0.10,其他统计分析检验水准设为 0.05。

2 结果

2.1 上颌第一磨牙倾斜度

如表 2 所示,患者左上颌第一磨牙倾斜度平均增加 2.62° ($P=0.196$),右上颌第一磨牙倾斜度平均增加 2.50° ($P=0.251$)。双侧第一磨牙轻度颊向倾斜,但差异均无统计学意义。

2.2 牙冠、牙槽骨、颌骨基骨宽度

如表 2 所示,治疗后,上颌第一前磨牙、第一磨

牙牙冠宽度分别增加(2.37±3.47)mm($P=0.008$)、(2.60±2.53)mm($P<0.001$),第二乳磨牙牙冠宽度增加量中位数为3.37mm($P=0.009$);第一前磨牙、第二乳磨牙、第一磨牙对应牙槽突扩宽,分别增加(1.63±2.45)mm($P=0.010$)、(2.12±2.59)mm($P=0.002$)、(1.98±2.10)mm($P<0.001$),差异均有统计学意义,提示上颌快速扩弓联合前牵治疗可有效扩宽牙弓及牙槽骨。各牙位牙冠宽度增加量略大于牙槽骨宽度增加量,但差异无统计学意义。见表3。

上颌第一磨牙腭根根尖宽度增加(2.00±2.40)mm($P=0.002$),如表2所示。差异有统计学意义,表明腭根根尖向颊侧移动。上颌第一磨牙阻抗中心宽度增加(2.00±2.07)mm($P<0.001$),差异具有统计学意义。上颌基骨弓宽度在治疗后增加(1.23±3.96)mm($P=0.192$),差异无统计学意义。下颌基骨宽度差异无统计学意义($P=0.266$),下颌第一磨

牙阻抗中心宽度无统计学差异($P=0.678$)。如表2所示。上述结果说明治疗可有效扩宽上颌骨基骨,治疗对下颌骨无明显影响。

2.3 牙槽骨高度水平

治疗前后第一前磨牙、第二乳磨牙、第一磨牙对应牙槽突高度差值均无统计学意义($P=0.136$ 、 $P=0.638$ 、 $P=0.274$),如表2所示。结果表明治疗后颊侧牙槽骨未发生医源性水平骨吸收。

2.4 上颌第二前磨牙牙胚位置

治疗后第二前磨牙牙胚颊侧骨质厚度减少量中位数为0.16mm($P=0.212$),差异无统计学意义;第二前磨牙牙胚腭侧骨质厚度治疗后增大(0.30±0.82)mm($P=0.126$),差异无统计学差异。 Δ (BBT/PBT)数值减小($P=0.058$),差异无统计学意义。见表2。上述结果表明上颌快速扩弓联合前方牵引对前磨牙牙胚在牙槽骨内的相对位置无影响。

表2 治疗前后颌骨、牙弓变化($n=19$)

Table 1 The comparison of jaw and arch before and after treatment ($n=19$)

测量项目	T ₁	T ₂	差值	95%CI	t	P
MFMT-L/°	81.84±6.70	84.06±3.98	2.62±4.50	-1.48~6.71	1.343	0.196
MFMT-R/°	80.76±4.34	83.26±4.05	2.50±5.17	-1.92~6.91	1.187	0.251
CW-6/mm	47.45±2.73	50.05±4.26	2.60±2.53	1.38~3.82	4.475	<0.001
CW-V/mm	48.52(45.74,49.20)	52.03(47.55,54.27)	3.37(-0.30,5.40)	—	—	0.009*
CW-4/mm	41.67±3.61	43.99±4.07	2.37±3.47	0.70~4.03	2.977	0.008
ACW-V/mm	51.20±2.59	53.32±3.46	2.12±2.59	0.88~3.38	3.577	0.002
ACW-4/mm	45.08±3.35	46.70±3.75	1.63±2.45	0.44~2.81	2.885	0.010
ACW-6/mm	57.25±2.93	59.24±3.37	1.98±2.10	0.97~3.00	4.115	<0.001
PRW/mm	32.79±2.56	34.79±3.68	2.00±2.40	0.84~3.16	3.628	0.002
FMRTW-U/mm	43.02±2.92	45.02±3.40	2.00±2.07	1.00~3.00	4.205	<0.001
FMRTW-L/mm	50.72±2.29	50.52±2.16	-0.21±2.12	-1.23~0.82	-0.422	0.678
MaBW/mm	66.42±3.96	67.65±4.09	1.23±3.96	-0.68~3.14	1.354	0.192
MdBW/mm	68.59±3.62	67.79±3.14	-0.80±3.03	-2.26~0.66	-1.148	0.266
ACL-6/mm	7.33±0.70	7.54±0.99	0.21±0.81	-0.18~0.60	1.129	0.274
ACL-V/mm	7.76±1.35	7.58±1.04	-0.17±1.58	-0.94~0.59	-0.479	0.638
ACL-4/mm	7.57(6.73,7.78)	7.67(7.04,8.50)	0.59(-0.47,1.29)	—	—	0.136*
BBT/mm	3.63(3.06,5.27)	3.48(2.60,4.48)	-0.16(-0.69,0.30)	—	—	0.212*
PBT/mm	2.71±0.56	3.01±0.88	0.30±0.82	-0.09~0.70	1.605	0.126
Δ BBT/PBT	1.51±0.57	1.26±0.49	-0.25±0.54	-0.51~0.01	-2.022	0.058

注:* Wilcoxon 符号秩和检验。

表3 治疗前后测量数据计算结果

Table 3 Calculation results of measurement data before and after treatment

牙位	Δ ACW/mm	Δ CW/mm	t	P
第一前磨牙	1.63±2.45	2.37±3.47	-0.978	0.334*
第二乳磨牙	2.12±2.59	2.81±3.36	-0.703	0.487*
第一磨牙	1.98±2.10	2.60±2.53	-0.815	0.421*

注:* 独立样本 t 检验。

3 讨论

上颌扩张器的首次报道使用可以追溯到1860年^[23],目前上颌扩弓已经被广泛使用,主要用于扩宽腭中缝和牙槽嵴,使上颌骨横向宽度稳定增加,从而减轻牙列拥挤程度,降低拔牙矫治比例^[24-25]。以往对于扩弓效果的评价主要为通过模型和后前位片测量治疗前后横线宽度改变^[26-27],由于石膏模型无法获得并充分利用牙根信息,后前位片为二维图像,因解剖结构重叠、定点不精确、前后头位不一致等问题导致不能精准评价^[28-29]。CBCT应用普及后,新的测量方法不断出现^[30-31],被认为是目前可行且精准的横向分析法,因此本研究通过CBCT采集患者治疗前后的头颅影像数据,参考宾夕法尼亚大学CBCT横向分析法^[30]和延世大学CBCT横向分析法^[31],测量颌骨宽度指标并进行分析。因左右面部不完全对称,左右两侧各骨性标志点不一定在同一冠状面上,本研究采用各标志点至正中矢状面之和作为宽度指标。

上颌第一磨牙颊向倾斜被认为是快速扩弓常见的副作用^[25,32]。在本研究中双侧MFMT平均增加量为 $2.50\sim 2.62^\circ$,这与其他研究磨牙倾斜角增加了 $4.70\sim 4.80^\circ$ 差异较大^[33-34]。这可能是因为本研究所用扩弓装置为殆垫式扩弓器,殆垫完全包裹双侧后牙,一定程度上限制了后牙的颊向倾斜,且不同研究使用扩弓器不同、研究时间也不尽相同,因此结果产生差异。

本研究中上颌各位点CW、ACW均有增加,表明上颌快速扩弓联合前方牵引可有效扩宽牙弓及牙槽骨。颌骨基骨扩张和牙槽骨颊向倾斜的增加属于骨骼扩张效应,而牙槽骨中牙齿的颊向倾斜和运动属于牙性扩弓效应,本研究中ACW增加的幅度略小于CW增加的幅度,但差异无统计学意义,如表3所示,也证明了殆垫式扩弓器限制了牙齿过度颊倾,没有出现过多不稳定的牙性扩弓效应。

牙槽嵴高度可部分显示牙齿的牙周状况。先前的上颌扩张研究表明,上颌扩张治疗可能导致牙齿的颊向倾斜、牙槽嵴的吸收和牙槽嵴高度降低^[35-36],但也有研究提出不同意见^[37]。为了探讨治疗是否会损害牙齿的牙周状况,本研究评估了治疗前后的牙槽嵴高度,结果显示,本研究中治疗前后的牙槽嵴高度差异无统计学意义,治疗未导致明显的牙槽骨医源性水平吸收,推测殆垫式扩弓器治疗引起的牙齿颊向倾斜在一个合理的范围内,不会引起替牙期患

儿的颊侧牙槽嵴吸收。这可能是患儿牙槽骨重塑能力较强的结果,也可能与快速扩弓作用时间短、加力大有关,有研究指出扩弓器每张开 $0.20\sim 0.40\text{ mm}$,产生 $1.1\sim 4.7\text{ kg}$ 的矫治力,累积负载可超过 9.0 kg ,这与常规的正畸牙齿移动有所不同,由于短期内加力力值很大,可能导致牙槽骨板不能及时产生相应的骨吸收和骨沉积变化^[38]。

本研究中上颌FMRTW平均增加 2.00 mm ,PRW增加 $(2.00\pm 2.40)\text{ mm}$ 。上述研究结果提示,治疗后上颌骨基骨有效扩宽,同时,上颌第一磨牙腭根同步改变。上颌双侧第一磨牙中央窝宽度增加 $(2.60\pm 2.53)\text{ mm}$,其增加量不仅大于PRW增加量,同时也大于FMRTW扩宽量,这表明上颌第一磨牙整体向牙槽骨颊侧微量倾斜移动,其牙冠位移大于根尖位移,与以往研究结果相近^[20,39-40]。关于上颌基骨宽度的增加,不同研究得到 $1.76\sim 3.5\text{ mm}$ 的不同结果^[32,41-42],这与所用分析方法、测量标志点及人为误差有关。对上述结果,必须考虑到未经扩弓治疗的上颌骨的自然生长,因为上颌扩弓联合前方牵引通常是在青春期前进行,所以其长期效果是扩弓治疗和患儿自然生长的结合,单纯扩张导致的骨骼增长很难量化^[43]。许多研究报道了上颌横向宽度的平均增长率在每年 $0.40\sim 0.50\text{ mm}$ ^[43-45],这表明在任何处于生长期的样本中观察到的结果都有一小部分是患者的正常生长。但在本研究中 T_1 期和 T_2 期之间的时间间隔发生在3个月内,因而可认为短期内横向宽度的增长对研究结果的影响,可以忽略不计。

Garrett等^[25]认为,牙齿移动距离、颌骨骨性扩宽量及牙槽弯曲增加量分别占牙弓扩张总量的49%、38%、13%。刘施瑶等^[46]在对12~13岁生长发育期儿童的扩弓疗效研究中指出,排除生长发育期影响,快速扩弓的骨性效应为20%~47%。罗卫红等^[47]的研究结果表明,通过HASS扩弓器对8~12岁儿童的扩弓骨性效应为63%。以上颌骨基骨扩宽量占扩弓器打开量比值计算,本研究中上颌骨性扩弓效应为25%~40%。在不同研究中,扩弓效果存在差异,这可能是由于方案设计的原因,也是由于研究对象纳入条件、样本量大小和评估方法的差异所致。

本研究中下颌FMRTW、MdBW在治疗后略有减小,但差异无统计学意义,与过往研究结果相似^[48],这可能与前方牵引治疗引导上颌骨向前、向下生长,一定程度上限制了下颌骨生长发育有关,也有可能与本研究样本量较小有关。目前对上颌扩弓联合前方牵引对下颌骨的影响并无定论,Haas^[49]指

出上颌骨基骨宽度的永久性增加会导致下颌骨牙弓宽度的自发性、永久性增加,Grassia 等^[50]通过评估牙弓的变化,发现上颌扩弓后上下颌牙弓宽度均有显著增加,Laganà 等^[51]通过三维研究指出上颌快速扩弓结束 6 个月后,下颌尖牙间和磨牙间宽度明显增加。但另有学者在研究中发现,除了髁突间宽度增加 2.00~3.00 mm 外,下颌骨并无明显增宽,而且髁突宽度增加的稳定性问题尚缺乏长期的临床研究^[52],因此上颌快速扩弓联合前方牵引对下颌骨的影响并无定论,后续仍需更多临床研究支撑。

过往研究对前方牵引联合扩弓治疗的疗效评价有很多,主要是针对气道、鼻腔容积、第一磨牙牙齿及牙弓变化等,但对替牙期患儿继承前磨牙牙胚的影响研究较少,因此本研究对第二前磨牙牙胚在牙槽骨中的颊腭向位置进行探讨。BBT 减少、PBT 略有增加,但差异均不具有统计学意义;牙胚颊侧与腭侧骨质厚度比值 Δ (BBT/PBT)减少量无统计学差异,表明上颌前磨牙牙胚在牙槽骨内的相对位置未发生改变,牙槽骨扩宽时牙胚随牙槽骨共同移动。造成恒牙胚位置移动的原因目前并无定论。李菲菲等^[53]通过动物实验得出结论,恒牙胚周围骨质改建影响牙胚的移动和方向,金作林等^[54]认为,乳磨牙移动改变了继承恒牙胚流体动力学平衡,从而对恒牙胚移动产生影响。有临床研究提出,慢速扩弓对前磨牙牙胚在牙槽骨中的位置没有影响^[22],考虑扩弓未造成恒牙胚周围流体动力学平衡改变。本研究结果表明上颌前磨牙牙胚在牙槽骨内的相对位置未发生改变,说明快速扩弓对前磨牙牙胚在牙槽骨中的位置也没有影响。当然,由于本研究样本量较小,选择的扩弓方法不同、扩弓时间不同、研究对象的年龄、性别因素与既往研究存在差异,因此,对前磨牙牙胚在牙槽骨中的位置变化仍需要进一步研究确认。

本研究纳入的患者样本为处于生长发育阶段的儿童,其强大的生长潜力可能对治疗期间的研究数据产生很大影响。然而,上颌快速扩弓联合前方牵引是目前临床上对替牙期骨性Ⅲ类错殆畸形的常规治疗方法,由于医学伦理考虑,不能设置空白对照组,无法测量除治疗效果外患者的自我生长。由于缺乏对本研究年龄段颌骨发育正常的儿童的 CBCT 数据,本研究中患儿在治疗前后的测量数据无法与正常儿童进行比较。但许多研究报道了上颌横向宽度的平均增长率在每年 0.40~0.50 mm^[43-45],本研究中 T₁ 期和 T₂ 期间隔 3 个月,时间短暂,从而认为横向宽度的增长对本研究结果的影响可以忽略不计。同时,有研究指出,单独前方牵引对上颌骨宽度没有

影响^[55],因此本文只进行了前方牵引联合快速扩弓的术前与术后对照,没有设置单纯前方牵引的对照组,研究结果具有一定的局限性。

由于年龄与骨龄不完全一致,相同年龄的替牙期儿童也可能处于不同生长发育期,已有研究指出,年龄与颌骨宽度变化量呈负相关趋势,年龄越小、变化越大,而男女性别所致差异无统计学意义^[34],考虑本研究样本量较少,如果进行性别或年龄分组容易出现假阴性结果,因此未进行不同年龄、不同性别的分组比较,结果的概括性可能相对局限,后续将扩大样本量,进一步补充参数进行深入研究。

参考文献:

- [1] Clemente R, Contardo L, Greco C, et al. Class III treatment with skeletal and dental anchorage: a review of comparative effects [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 7946019. doi:10.1155/2018/7946019.
- [2] 张晓艳,贺颖,刘东旭.骨性安氏Ⅲ类错殆上颌骨慢扩弓结合前方牵引的疗效评价[J].*山东大学学报(医学版)*, 2006(6): 618-621.
ZHANG Xiaoyan, HE Ying, LIU Dongxu. Effects of skeletal class III malocclusions by maxillary protraction [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2006, 44(6): 618-621.
- [3] Priyadarshini J, Mahesh CM, Chandrashekar BS, et al. Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion—a finite element method study [J]. *Prog Orthod*, 2017, 18(1): 17.
- [4] Ardani IGAW, Wicaksono A, Hamid T. The occlusal plane inclination analysis for determining skeletal Class III malocclusion diagnosis [J]. *Clin Cosmet Investig Dent*, 2020, 12: 163-171. doi:10.2147/CCIDE.S248983.
- [5] Alexander AE, McNamara JA Jr, Franchi L, et al. Semilongitudinal cephalometric study of craniofacial growth in untreated Class III malocclusion [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(6): 700. e1-14; discussion 700-1.
- [6] 徐舒豪,黄诗言,饶南荃,等.上颌横向发育不足的临床治疗进展[J].*临床口腔医学杂志*, 2016, 32(4): 251-253.
XU Shuhao, HUANG Shiyang, RAO Nanquan, et al. Clinical treatment development of maxillary transverse deficiency [J]. *Journal of Clinical Stomatology*, 2016, 32(4): 251-253.
- [7] 王春玲,宋宇,刘东旭.前方牵引结合上颌扩弓装置早期治疗骨性Ⅲ类错殆的硬组织变化[J].*山东医科大学学报*, 2000, 38(2): 205-207.

- WANG Chunling, SONG Yu, LIU Dongxu. Effects of face mask/expansion therapy on hard tissues in class III children [J]. *Journal of Shandong Medical University*, 2000,38(2): 205-207.
- [8] 刘从华, 毛琴, 王春林. 上颌横向扩弓技术的应用及研究进展[J]. *口腔疾病防治*, 2020, 28(11): 689-697.
LIU Conghua, MAO Qin, WANG Chunlin. Advances and applications of the maxillary expansion technique[J]. *Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases*, 2020, 28(11): 689-697.
- [9] Lee KJ, Choi SH, Choi TH, et al. Maxillary transverse expansion in adults: rationale, appliance design, and treatment outcomes[J]. *Semin Orthod*, 2018, 24(1): 52-65.
- [10] Bazargani F, Lund H, Magnuson A, et al. Skeletal and dentoalveolar effects using tooth-borne and tooth-borne RME appliances: a randomized controlled trial with 1-year follow-up[J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(3): 245-253.
- [11] Lagravère MO, Ling CP, Woo J, et al. Transverse, vertical, and anterior-posterior changes between tooth-anchored versus Dresden bone-anchored rapid maxillary expansion 6 months post-expansion: a CBCT randomized controlled clinical trial[J]. *Int Orthod*, 2020, 18(2): 308-316.
- [12] Solano MP, Aceytuno PP, Solano RE, et al. Skeletal, dentoalveolar and dental changes after "mini-screw assisted rapid palatal expansion" evaluated with cone beam computed tomography[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(16): 4652-4661.
- [13] 王蕊蕊, 刘洪, 刘东旭. 基于三维图像识别颅面部标志点的准确性及可靠性评价[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2011, 49(9): 83-87.
WANG Ruirui, LIU Hong, LIU Dongxu. Accuracy and reliability of craniofacial landmark identification based on three-dimensional images[J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2011, 49(9): 83-87.
- [14] 王嘉艺, 王珊, 王林. CBCT在口腔正畸学头影测量中的应用与发展[J]. *口腔医学*, 2016, 36(11): 1047-1050.
WANG Jiayi, WANG Shan, WANG Lin. Application and development of CBCT in the orthodontics cephalometrics[J]. *Stomatology*, 2016, 36(11): 1047-1050.
- [15] 陈雪凌, 吴子忠, 刘东旭, 等. 前方牵引联合快速扩弓对安氏Ⅲ类错颌畸形患者上气道影响的CBCT研究[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2015, 53(8): 71-78.
CHEN Xueling, WU Zizhong, LIU Dongxu, et al. CBCT evaluation of the upper airway morphological changes in skeletal Class III malocclusion patients using protraction and rapid maxillary expansion appliance. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2015, 53(8): 71-78.
- [16] Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 137(4 Suppl): S79-85.
- [17] 王延海, 刘尹莉, 刘东旭. 30例骨性Ⅲ类畸形扁桃体肥大儿童扁桃体切除术后模拟上气道内部气流的变化[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2021, 59(8): 67-73.
WANG Yanhai, LIU Yinli, LIU Dongxu. Simulation of upper airway hydrodynamic characteristics in 30 skeletal Class III children with hypertrophic tonsils before and after tonsillectomy[J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2021, 59(8): 67-73.
- [18] Buck LM, Dalci O, Darendeliler MA, et al. Volumetric upper airway changes after rapid maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthod*, 2017, 39(5): 463-473.
- [19] Caldas LD, Takeshita WM, Machado AW, et al. Effect of rapid maxillary expansion on nasal cavity assessed with cone-beam computed tomography[J]. *Dental Press J Orthod*, 2020, 25(3): 39-45.
- [20] 韩筱. 成人上颌骨宽度不足 MSE 治疗后的鼻、牙及上颌骨宽度变化[D]. 济南, 山东大学, 2021.
- [21] 谭晓明, 张凯莉, 张纯溪, 等. 骨性Ⅲ类错(殆)与Ⅰ类个别正常(殆)患者基骨及牙弓宽度的比较研究[J]. *口腔医学*, 2021, 41(4): 309-311, 366.
TAN Xiaoming, ZHANG Kaili, ZHANG Chunxi, et al. A comparative study of basal and dental arch width in skeletal Class III malocclusion and Class I normal occlusion[J]. *Stomatology*, 2021, 41(4): 309-311, 366.
- [22] 黄仲敏, 张赟, 李小兵. 替牙列早期上颌慢速扩弓对上颌中段牙及牙槽嵴的影响[J]. *上海口腔医学*, 2023, 32(5): 501-507.
HUANG Zhongmin, ZHANG Yun, LI Xiaobing. Efficacy of early maxillary slow expansion in mixed dentition on maxillary teeth and alveolar crest in the central segment[J]. *Shanghai Journal of Stomatology*, 2023, 32(5): 501-507.
- [23] Jibin J, Anilkumar. Methods of maxillary arch expansion in orthodontics: a literature review[J]. *Int J Appl Dent Sci*, 2021, 7(2): 251-254.
- [24] Corbridge JK, Campbell PM, Taylor R, et al. Transverse dentoalveolar changes after slow maxillary expansion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 140(3): 317-325.
- [25] Garrett B, Caruso JM, Rungcharassaeng K, et al. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion

- assessed with cone-beam computed tomography[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008, 134(1): 8-9.
- [26] Andrews LF, Andrews WA. The six elements of orofacial harmony[J]. *Andrews J*, 2000, 1(1): 13-22.
- [27] Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. the first fifty years[J]. *Angle Orthod*, 1981, 51(2): 115-150.
- [28] Leonardi R, Annunziata A, Caltabiano M. Landmark identification error in posteroanterior cephalometric radiography. a systematic review[J]. *Angle Orthods.* 2008, 78(4): 761-765.
- [29] 史晓扬, 刘东旭. 上颌横向发育不足的研究进展[J]. *口腔医学*, 2022, 42(6): 557-561.
SHI Xiaoyang, LIU Dongxu. Research advances in maxillary transverse deficiency[J]. *Stomatology*, 2022, 42(6): 557-561.
- [30] Tamburrino R, Boucher N, Vanarsdall R, et al. The transverse dimension; diagnosis and relevance to functional occlusion? [J]. *RWISO J*, 2010, 2(1): 13-22.
- [31] Koo YJ, Choi SH, Keum BT, et al. Maxillomandibular arch width differences at estimated centers of resistance; comparison between normal occlusion and skeletal Class III malocclusion[J]. *Korean J Orthod*, 2017, 47(3): 167-175.
- [32] Pereira JDS, Jacob HB, Locks A, et al. Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography: a randomized clinical trial[J]. *Dental Press J Orthod*, 2017, 22(2): 61-68.
- [33] Bazargani F, Lund H, Magnuson A, et al. Skeletal and dentoalveolar effects using tooth-borne and tooth-bone-borne RME appliances: a randomized controlled trial with 1-year follow-up[J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(3): 245-253.
- [34] Colino GP, Del Fresno AI, Castillo ML, et al. Skeletal and dentoalveolar changes in growing patients treated with rapid maxillary expansion measured in 3D cone-beam computed tomography[J]. *Biomedicines*, 2023, 11(12): 3305-3317.
- [35] Park JJ, Park YC, Lee KJ, et al. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a cone-beam computed tomography study[J]. *Korean J Orthod*, 2017, 47(2): 77-86.
- [36] Bastos R, Blagitz MN, Aragón MLSC, et al. Periodontal side effects of rapid and slow maxillary expansion: a systematic review[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(4): 651-660.
- [37] Zhang Y, Yang J, Li X. Assessment of early dental arch growth modification with removable maxillary expansion by cone-beam computed tomography and lateral cephalometric radiographs: a retrospective study[J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 727-739.
- [38] 付鼎, 厉松. 快速上颌扩展中颊侧骨板改建的研究进展[J]. *北京口腔医学*, 2012, 20(5): 296-297.
FU Ding, LI Song. Advances of buccal alveolar bone remodeling in rapid maxillary expansion[J]. *Beijing Journal of Stomatology*, 2012, 20(5): 296-297.
- [39] McMullen C, Al Turkestani NN, Ruellas ACO, et al. Three-dimensional evaluation of skeletal and dental effects of treatment with maxillary skeletal expansion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 161(5): 666-678.
- [40] Lin L, Ahn HW, Kim SJ, et al. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence[J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(2): 253-262.
- [41] Abdalla Y, Brown L, Sonnesen L. Effects of rapid maxillary expansion on upper airway volume: a three-dimensional cone-beam computed tomography study[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(6): 917-923.
- [42] Hakan El, Palomo JM. Three-dimensional evaluation of upper airway following rapid maxillary expansion: a CBCT study[J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(2): 265-273.
- [43] Seubert BJ, Gaalaas L, Larson BE, et al. Evaluation of transverse maxillary growth on cone-beam computed tomography images[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 17462-17471.
- [44] Björk A, Skieller V. Growth in width of the maxilla studied by the implant method[J]. *Scand J Plast Reconstr Surg*, 1974, 8(1-2): 26-33.
- [45] Kartalian A, Gohl E, Adamian M, et al. Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoalveolar complex after rapid palatal expansion[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 138(4): 486-492.
- [46] 刘施瑶, 曾婧婧, 林久祥, 等. 快速扩弓对生长发育期患者的上颌扩弓疗效[C]//中华口腔医学会口腔正畸专业委员会. 2016 中国国际正畸大会暨第十五次全国口腔正畸学术会议论文汇编. 西安, 中华口腔医学会口腔正畸专业委员会, 2016; 259-261.
- [47] 罗卫红, 徐晓南, 李晓明, 等. Hass 矫治器与 MSE 矫治器治疗青少年上颌骨宽度不足的比较研究[J]. *实用口腔医学杂志*, 2021, 37(6): 795-798.
LUO Weihong, XU Xiaonan, LI Xiaoming et al. A comparative study of Hass appliance and MSE appliance in the treatment of juvenile with maxillary transverse deficiency[J]. *Journal of Practical Stomatology*, 2021, 37(6): 795-798.
- [48] 王娜娜, 曹丛, 刘东旭. 前方牵引矫治前牙反颌后下颌位置的变化[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2013,

- 51(9): 95-99.
- WANG Nana, CAO Cong, LIU Dongxu. Changes in mandibular direction during and after protraction head-gear treatment [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2013, 51(9): 95-99.
- [49] Haas AJ. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion [J]. *Angle Orthod*, 1980, 50(3): 189-217.
- [50] Grassia VD, apuzzo F, Jamilian A, et al. Comparison between rapid and mixed maxillary expansion through an assessment of arch changes on dental casts [J]. *Prog Orthod*, 2015, 16: 20-26. doi: 10.1186/s40510-015-0089-6.
- [51] Laganà G, Paoloni V, Pavoni C, et al. Tridimensional changes in mandibular arch after rapid maxillary expansion therapy: a clinical study [J]. *Children (Basel)*, 2023, 10(5): 775-782.
- [52] Lagravère MO, Heo G, Major PW, et al. Meta-analysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment [J]. *J Am Dent Assoc*, 2006, 137(1): 44-53.
- [53] 李菲菲, 丁寅, 夏春鹏, 等. 犬下颌骨牵张成骨后恒牙胚牙周组织 TGF- β 1、BMP-2 的表达 [J]. *临床口腔医学杂志*, 2006, 22(3): 154-156.
- LI Feifei, DING Yin, XIA Chunpeng, et al. Expressions of BMP-2, TGF- β 1 in periodontal tissue of dog's fourth premolar germ during mandibular distraction osteogenesis [J]. *Journal of Clinical Stomatology*, 2006, 22(3): 154-156.
- [54] 金作林, 林珠, 李红. 正畸移动狗乳磨牙对恒牙胚的影响 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2003, 38(6): 466.
- JIN Zuolin, LIN Zhu, LI Hong. Effects of permanent tooth germ and its eruption during primary molar orthodontic movement in dog [J]. *Chinese Journal of Stomatology*, 2003, 38(6): 466.
- [55] 秦燕军, 沈云娟, 谷妍, 等. 骨性Ⅲ类畸形上颌前方牵引治疗的三维测量分析 [J]. *上海口腔医学*, 2014, 23(6): 699-703.
- QIN Yanjun, SHEN Yunjuan, GU Yan, et al. Three dimensional measurement and analysis of maxillary protraction treatment in skeletal Class III malocclusion [J]. *Shanghai Journal of Stomatology*, 2014, 23(6): 699-703.
- (编辑:张彩凤)

(上接第 76 页)

- [25] Paragliola RM, Perrucci A, Foca L, et al. Prevalence of CAH-X syndrome in Italian patients with congenital adrenal hyperplasia (CAH) due to 21-hydroxylase deficiency [J]. *J Clin Med*, 2022, 11(13): 3818. doi: 10.3390/jcm11133818.
- [26] Kim JH, Kim GH, Yoo HW, et al. Molecular basis and genetic testing strategies for diagnosing 21-hydroxylase deficiency, including CAH-X syndrome [J]. *Ann Pediatr Endocrinol Metab*, 2023, 28(2): 77-86.
- [27] Fanis P, Skordis N, Phylactou LA, et al. Salt-wasting congenital adrenal hyperplasia phenotype as a result of the TNXA/TNXB chimera 1 (CAH-X CH-1) and the pathogenic IVS2-13A/C>G in CYP21A2 gene [J]. *Hormones*, 2023, 22(1): 71-77.
- (编辑:相峰)