临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003574

替牙期活动扩弓对恒牙牙根发育及牙根吸收的研究

吴婧琪，王云霁

（重庆医科大学附属口腔医院、口腔疾病研究重庆市重点实验室、重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室，重庆 401147）

【摘 要】目的：使用锥形束计算机体层成像（cone beam computed tomography，CBCT）和Exam Vision研究替牙期活动扩弓对恒牙牙根发育及牙根吸收的影响。**方法：**选取重庆医科大学附属口腔医院正畸科替牙期活动扩弓矫治病例17例作为试验组（平均年龄为10岁），功能矫治但未进行活动扩弓病例20例作为对照组（平均年龄为10岁）。所有患者矫治前后均拍摄CBCT。使用Exam Vision分别测量试验组和对照组矫治前后上颌中切牙和上颌第一磨牙根尖孔宽度和牙根长度，利用SPSS 26.0进行统计学分析，研究2组矫治前后的差异。**结果：**根尖孔宽度：右上颌中切牙牙根试验组（0.52±0.35）mm，对照组（0.98±0.78）mm；左上颌中切牙牙根试验组（0.47 ± 0.39） mm，对照组（1.09 ± 0.93） mm；右上颌第一磨牙腭根试验组（0.43±0.28）mm，对照组（0.61 ± 0.34） mm；左上颌第一磨牙腭根试验组（0.59 ± 0.24） mm，对照组（0.59 ± 0.40） mm；试验组根尖孔闭合程度较对照组低。牙根长度：右上颌中切牙牙根试验组（0.48 ± 0.77） mm，对照组（0.83 ± 1.35） mm；左上颌中切牙牙根试验组（0.31 ± 0.84） mm，对照组（0.78 ± 1.16） mm；右上颌第一磨牙近中根试验组（0.37 ± 0.72） mm，对照组（0.42 ± 0.79） mm；右上颌第一磨牙远中根试验组（0.10 ± 0.92） mm，对照组（0.70 ± 1.09） mm；右上颌第一磨牙腭根试验组（0.43 ± 0.96） mm，对照组（0.70 ± 1.12） mm；左右上颌中切牙和右上颌第一磨牙牙根长度增长量对照组大于试验组。左上颌第一磨牙近中根试验组（0.59 ± 0.79） mm，对照组（0.28 ± 0.68） mm；左上颌第一磨牙远中根试验组（0.43 ± 0.70） mm，对照组（0.40 ± 1.06） mm；左上颌第一磨牙腭根试验组（0.62 ± 0.84），对照组（0.61 ± 0.97） mm；左上颌第一磨牙的牙根长度增长量试验组大于对照组。以根尖孔闭合情况分组的牙根长度：右上颌第一磨牙腭根闭合组（0.40 ± 0.97） mm，未闭合组（−0.06 ± 0.72） mm，牙根长度增长量闭合组大于未闭合组。左上颌第一磨牙腭根闭合组（0.20 ± 0.59） mm，未闭合组（0.78 ± 0.91） mm，牙根长度增长量未闭合组大于闭合组。**结论：**替牙期使用活动扩弓改善上颌横向发育不足不会对恒牙牙根发育和牙根吸收造成明显影响。提示正畸医生对于上颌横向发育不足的儿童可以酌情采用活动扩弓进行改善。

【关键词】活动扩弓；替牙期；牙根发育；牙根吸收

【中图分类号】R783.5 **【文献标志码】**A **【收稿日期】**2023-10-28

A preliminary study on effects of removable expanders on root development and root resorption of permanent teeth during mixed dentition

Wu Jingqi，*Wang Yunji*

（*Stomatological Hospital of Chongqing Medical University*，*Chongqing Key Laboratory of Oral Diseases*，*Chongqing Municipal Key Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Higher Education*）

【Abstract】*Objective*： Removable expanders have been a typical treatment option for children with transverse maxillary deficiency in the mixed dentition period，but they may affect dental root development and cause root resorption. We aimed to use cone-beam computed tomography（CBCT） and Exam Vision to preliminarily assess the effects on the root development and root resorption of permanent teeth caused by maxillary expansion with removable appliances in the mixed dentition period. ***Methods*：** We enrolled 17 patients treated with removable maxillary expansion during mixed dentition（experimental group；mean age，10 years） and 20 patients treated with functional correction without maxillary expansion（control group；mean age：10 years） in the Department of Orthodontics of Stomatological Hospital of Chongqing Medical University. CBCT was taken for all the subjects before and after treatment. We used Exam Vision to measure the length of the root and the width of the apical foramen of the maxillary central incisors and maxillary first molars before and after treatment. SPSS 26.0 was used for statistical comparisons. ***Results*：** The width of the apical foramen：The root of right maxillary central incisor was （0.52 ± 0.35） mm in experimental group and （0.98 ± 0.78） mm in control group；The root of left maxil-

作者介绍：吴婧琪，Email：2023121405@stu.cqmu.edu.cn，研究方向：口腔医学。

通信作者：王云霁，Email：500347@hospital.cqmu.edu.cn。

基金项目：重庆市科卫联合医学科研资助项目（编号：2021MSXM114）。

优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20240925.1740.004（2024-09-27）

lary central incisor was（0.47 ± 0.39）mm in experimental group and（1.09 ± 0.93）mm in control group; The palate root of the right maxillary first molar was（0.43 ± 0.28）mm in experimental group and（0.61 ± 0.34）mm in control group; The palate root of the left maxillary first molar was（0.59 ± 0.24）mm in experimental group and（0.59 ± 0.40）mm in control group; The degree of apical foramen closure was lower in experimental group than in control group. The length of the root: The root of right maxillary central incisor was（0.48 ± 0.77）mm in experimental group and（0.83 ± 1.35）mm in control group; The root of left maxillary central incisor was（0.31 ± 0.84）mm in experimental group and（0.78 ± 1.16）mm in control group; The mesial root of the right maxillary first molar was（0.37 ± 0.72）mm in experimental group and（0.42 ± 0.79）mm in control group; The distal root of right maxillary first molar was（0.10 ± 0.92）mm in experimental group and（0.70 ± 1.09）mm in control group; The palate root of the right maxillary first molar was（0.43 ± 0.96）mm in experimental group and（0.70 ± 1.12）mm in control group; The control group showed greater increases in the length of the root of the maxillary central incisors on both sides and the maxillary first molar on the right side. The mesial root of the left maxillary first molar was（0.59 ± 0.79）mm in experimental group and（0.28 ± 0.68）mm in control group. The distal root of the left maxillary first molar was（0.43 ± 0.70）mm in experimental group and（0.40 ± 1.06）mm in control group; The palate root of left maxillary first molar was（0.62 ± 0.84）mm in experimental group and（0.61 ± 0.97）mm in control group; The experimental group had an insignificantly greater increase in the length of the root of the maxillary first molar on the left side. The length of root divided by the closure status of apical foramina: The palate root of the right maxillary first molar was（0.40 ± 0.97）mm in the closed group and（−0.06 ± 0.72）mm in the unclosed group. The increasing amount of root length in the closed group was greater than in the unclosed group. The palate root of the left maxillary first molar was（0.20 ± 0.59）mm in the closed group and（0.78 ± 0.91）mm in the unclosed group. The increasing amount of root length in the unclosed group was greater than in the closed group. ***Conclusion***: For treating transverse maxillary deficiency during mixed dentition, removable expansion has no significant effects on the root development and root resorption of permanent teeth, suggesting that orthodontists can use removable appliances for treating children with transverse maxillary deficiency as appropriate. The optimal age for maxillary expansion should be further studied.

【Key words】removable maxillary expansion; mixed dentition; root development; root resorption

上颌横向发育不足是替牙期儿童常见的错颌畸形，主要表现为牙弓缩窄、牙列拥挤、腭盖高拱等，严重者甚至会造成颌面部畸形[1-2]。其在儿童乳牙列期和替牙列期的发病率为8%~23%，成年人的发病率大约为10%[3]。上颌横向发育不足可由多种因素引起，例如遗传因素、呼吸功能异常、吮指习惯等[4]。其中，吮指习惯的发病率较高。并且，由于上颌横向发育不足的自发矫正率较低，常在颌面生长发育中发病，若不及时进行治疗，可能会影响恒牙列的发育，造成咬合紊乱、下颌功能性移位等问题，严重者甚至会引起鼻腔狭窄导致阻塞性睡眠呼吸暂停综合征[5]。而替牙期儿童处于生长发育的高峰期，仍具有颅颌面部的生长发育潜力，在此时对患儿进行治疗可改善其上颌骨宽度，有利于保持疗效的长期稳定性。

目前，上颌横向发育不足可通过正畸扩弓技术进行治疗。虽然供正畸医生所选择的上颌扩弓方式多种多样，其效果也愈来愈好，但仍可能导致一些并发症，例如牙周组织的损伤、磨牙倾斜、骨开窗等，其中争议较大的是牙根吸收。有学者认为扩弓治疗会干扰上下颌牙齿的发育，抑制牙根生长和造成牙根吸收[6-7]。但也有学者证明扩弓不会对牙根造成明显影响[8-9]。人们对扩弓所导致的牙根吸收进行大量研究，目前尚未得出一致的结论。因此，本研究拟通过锥形束计算机体层成像（cone beam computed tomography，CBCT）对活动扩弓患者和单纯功能矫治患者治疗前后的牙根长度和根尖孔宽度进行记录对比，并且分析在根尖孔闭合与否的情况下，扩弓对牙根长度的影响，探究活动扩弓是否会对恒牙牙根发育和牙根吸收造成明显影响，进一步完善该领域的内容。本研究可为临床正畸手段的选择和后续的治疗方案提供一定的参考依据，有助于正畸医生采用相对安全的治疗方法，避免严重并发症的出现，维护和谐的医患关系。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为回顾性研究，选取重庆医科大学附属口腔医院正畸科2017年至2022年间替牙期活动扩弓17例作为试验组（平均年龄为10岁），功能矫治20例作为对照组（平均年龄为10岁）。2组患者的性别、拔牙与否以及治疗时间无明显

差异，可排除上述因素对研究结果造成的影响。试验组纳入标准：①经诊断分析存在上颌横向发育不足；②采用功能矫治加活动扩弓矫治；③处于替牙期；④有治疗前后清晰的CBCT影像学资料和治疗进展记录。对照组纳入标准：①采用功能矫治；②处于替牙期；③有治疗前后清晰的CBCT影像学资料和治疗进展记录。排除标准：任何全身性疾病或颅面综合征、既往正畸治疗和质量较差的影像学记录。本研究还从试验组中选取病例进行分组，将根尖孔已闭合的病例作为闭合组，根尖孔未闭合的病例作为未闭合组，进一步探究扩弓对牙根长度的影响与根尖孔闭合情况之间的关系。本研究得到重庆医科大学附属口腔医院伦理委员会的审查批准[批准号：2023年伦审（072）号]。

1.2 扩弓过程

嘱患者佩戴扩弓器，扩弓频率：0.25圈/次，1次/2 d，由患者家属操作。扩弓结束标准为上后牙腭尖与下后牙颊尖相对。

1.3 研究方法

本研究所有患者在治疗前及治疗结束后均于重庆医科大学附属口腔医院放射科拍摄CBCT，由1名经验丰富的医生完成。收集试验组和对照组治疗前后的CBCT影像资料，以DICOM格式导入电脑软件Exam Vision中进行牙根长度和根尖孔宽度的测量。所有数据的测量均由作者本人完成，为减小试验误差，于首次测量完成后间隔2个月进行第2次测量，取2次测量结果平均值进行比较分析。

1.4 测量内容

1.4.1 牙根长度测量 在CBCT上切取左右上颌中切牙和左右上颌第一磨牙的纵切面，使该切面通过牙齿的长轴，可以显示牙尖（切缘）和根尖[10-11]。所有测量参数，见表1。目标牙根尖处到牙尖（切缘）最突点作为牙根长度（图1）。在测量中，若牙尖（切缘）和根尖不能准确定位将被排除。37例患者共纳入268个牙根。

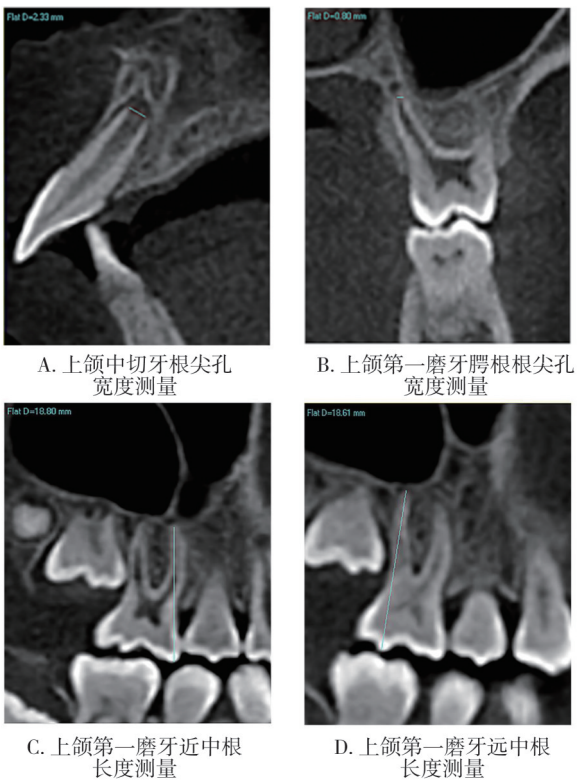
表 1 牙根长度测量参数

测量参数	测量部位
左右上颌中切牙牙根长度	牙根根尖处到切缘最突点的距离
左右上颌第一磨牙近颊根长度	近颊根根尖处到近颊尖最突点的距离
左右上颌第一磨牙远颊根长度	远颊根根尖处到远颊尖最突点的距离
左右上颌第一磨牙腭根长度	腭根根尖处到腭尖最突点的距离

1.4.2 根尖孔宽度测量 对于根尖孔未闭合的年轻恒牙需要测量牙根尖端之间的距离（图2）。在测量中，根尖孔已闭合将被排除。37例患者共纳入92个牙根。

1.5 统计学方法

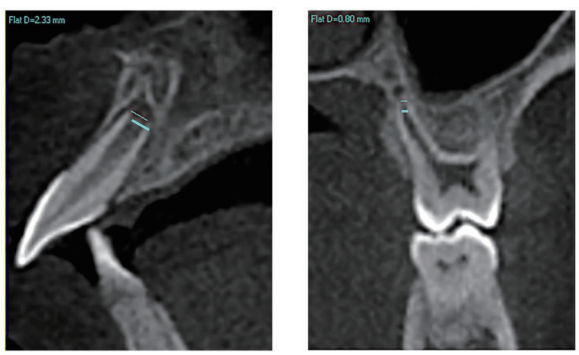
采用SPSS 26.0进行统计学分析。经正态性检验，测量结果数据近似正态分布。分别计算试验组和对照组组内矫治前后牙根长度和根尖孔宽度的变化量，并采用两独立样本t检验分析组间的差异性。所有数据均以均数±标准差（$\bar{x} \pm s$）格式表示。检验水准α=0.05。



A. 上颌中切牙根尖孔宽度测量　B. 上颌第一磨牙腭根根尖孔宽度测量

C. 上颌第一磨牙近中根长度测量　D. 上颌第一磨牙远中根长度测量

图 1 牙根长度测量



A. 上颌中切牙根尖孔宽度测量　B. 上颌第一磨牙腭根根尖孔宽度测量

图 2 根尖孔宽度测量

2 结 果

2.1 根尖孔闭合情况

由于上颌第一磨牙的近中根和远中根根尖孔多数已闭合，因此仅对治疗前后的上颌中切牙和上颌第一磨牙腭根的根尖孔宽度进行对比分析。试验组和对照组上颌中切牙和上颌第一磨牙腭根矫治前后根尖孔闭合程度对比情况，见表2。右上颌中切牙牙根试验组（0.52±0.35）mm，对照组（0.98±0.78）mm；左上颌中切牙牙根试验组（0.47±0.39）mm，对照组（1.09±0.93）mm；右上颌第一磨牙腭根试验组（0.43±0.28）mm，对照组（0.61±0.34）mm；左上颌第一磨牙腭根试验组（0.59±0.24）mm，对照组（0.59±0.40）mm。上

颌中切牙和上颌第一磨牙腭根根尖孔宽度矫治前后的差值对照组大于试验组。根尖孔宽度变化量=治疗前根尖孔宽度-治疗后根尖孔宽度。

表 2 矫治前后根尖孔宽度差值比较（$\bar{x}\pm s$，mm）

测量项目	数量	试验组	对照组	t值	P值
11牙根	13	0.52±0.35	0.98±0.78	-1.958	0.067
21牙根	11	0.47±0.39	1.09±0.93	-2.048	0.061
16腭根	12	0.43±0.28	0.61±0.34	-1.368	0.185
26腭根	10	0.59±0.24	0.59±0.40	-0.003	0.997

2.2 牙根长度变化情况

试验组和对照组上颌中切牙和上颌第一磨牙矫治前后牙根长度变化情况对比，见表3。右上颌中切牙牙根试验组（0.48±0.77）mm，对照组（0.83±1.35）mm；左上颌中切牙牙根试验组（0.31±0.84）mm，对照组（0.78±1.16）mm；右上颌第一磨牙近中根试验组（0.37±0.72）mm，对照组（0.42±0.79）mm；右上颌第一磨牙远中根试验组（0.10±0.92）mm，对照组（0.70±1.09）mm；右上颌第一磨牙腭根试验组（0.43±0.96）mm，对照组（0.70±1.12）mm；左右上颌中切牙和右上颌第一磨牙牙根长度增长量对照组大于试验组。左上颌第一磨牙近中根试验组（0.59±0.79）mm，对照组（0.28±0.68）mm；左上颌第一磨牙远中根试验组（0.43±0.70）mm，对照组（0.40±1.06）mm；左上颌第一磨牙腭根试验组（0.62±0.84），对照组（0.61±0.97）mm；左上颌第一磨牙的牙根长度增长量试验组大于对照组。牙根长度变化量=治疗后牙根长度-治疗前牙根长度。

表 3 矫治前后牙根长度差值比较（$\bar{x}\pm s$，mm）

测量项目	数量	试验组	对照组	t值	P值
11牙根	16	0.48±0.77	0.83±1.35	-0.906	0.372
21牙根	16	0.31±0.84	0.78±1.16	-1.337	0.191
16近中根	17	0.37±0.72	0.42±0.79	-0.177	0.860
16远中根	17	0.10±0.92	0.70±1.09	-1.711	0.097
16腭根	17	0.43±0.96	0.70±1.12	-0.758	0.454
26近中根	17	0.59±0.79	0.28±0.68	1.208	0.236
26远中根	17	0.43±0.70	0.40±1.06	0.091	0.928
26腭根	17	0.62±0.84	0.61±0.97	0.023	0.982

2.3 牙根长度变化情况（以根尖孔闭合情况进行分组）

将试验组中上颌第一磨牙腭根以根尖孔是否闭合进行分组，闭合组和未闭合组扩弓前后牙根长度变化情况，见表4。右上颌第一磨牙腭根闭合组（0.40±0.97）mm，未闭合组（-0.06±0.72）mm，牙根长度增长量闭合组大于未闭合组。左上颌第一磨牙腭根闭合组（0.20±0.59）mm，未闭合组（0.78±0.91）mm，牙根长度增长量未闭合组大于闭合组。牙根长度变化量=治疗后牙根长度-治疗前牙根长度。

表 4 扩弓前后牙根长度差值比较（$\bar{x}\pm s$，mm）

测量项目	数量	闭合组	未闭合组	t值	P值
16腭根	5	0.40±0.97	-0.06±0.72	0.844	0.423
26腭根	7	0.20±0.59	0.78±0.91	-1.430	0.178

3 讨 论

3.1 牙根发育和吸收的评价方法的确定

临床上牙根的发育和吸收可以通过多种影像学检查方法进行观察，例如常规的根尖片、曲面断层片等X线片方法。但牙根的发育和吸收是一个复杂的三维现象，单纯的二维检查由于受到重叠影像和拍摄角度等因素的限制，不能很好地反映出牙根的真实情况，尤其是牙根颊舌侧的生长发育并非完全对称，从而无法准确地评价牙根的发育和吸收情况。CBCT作为一种新型的三维影像学检查方法，其具有辐射剂量低、扫描时间短、成像精度高、伪影少等特点，且不存在左右侧解剖结构重叠和缩小放大比例不均衡等问题，因此其克服了二维检查方法的不足。但不可否认的是其仍然存在一些缺点，例如视野的选择和显示器上体素的大小都会对牙根的测量产生影响。想要精确定量地测出牙根发育和吸收的情况，只有通过组织学或扫描电镜的方法来完成。然而，这2种方法都只能在拔牙的基础上进行。因此，影像学检查方法虽然有其局限性，但仍是有效评价牙根吸收的唯一方法[12]。本研究选择CBCT对正畸治疗前后的牙根长度和根尖孔宽度进行测量，具有较好的有效性和可重复性。

3.2 替牙期活动扩弓对牙根发育和吸收的影响的结果分析

对替牙期儿童采用活动扩弓矫治器进行上颌慢速扩弓可以对上颌横向发育不足进行有效且稳定地改善，并且扩大上颌牙弓的宽度可以促进下颌牙弓的横向发育，进一步改善颌面部发育畸形[13-14]。因此，活动扩弓已在临床上得到广泛使用。但由于活动扩弓矫治器是将正畸力通过基托传导至牙齿和牙槽骨，有学者担心替牙期使用扩弓矫治器可能会对牙根的生长发育产生不良影响，所以本研究通过收集试验组和对照组治疗前后的影像学资料，使用Exam Vision和SPSS软件对2组病例治疗前后的根尖孔宽度和牙根长度的改变进行对比分析，并从试验组中选取病例分为闭合组和未闭合组，分析其扩弓前后牙根长度的差异，初步研究替牙期活动扩弓对牙根发育及吸收的影响。

本研究发现无论是根尖孔宽度还是牙根长度，试验组和对照组治疗前后的数据差异无统计学意义，说明替牙期活动扩弓不会对牙根发育和吸收造

呈明显影响。这与 Jacob HB 等[9]和 Cardinal L 等[15]得出的研究结果类似，即上颌扩弓不会影响牙根的发育和吸收。其原因可能是活动扩弓器通过基托和弓丝将恰当的正畸力传导至整个牙列，力量分散，不会导致明显的牙根吸收和发育障碍。Mavragani M 等[16]纳入 80 例接受正畸治疗的安氏Ⅱ类 1 分类患者作为试验组和 66 例与试验组性别、年龄相匹配的未治疗个体作为对照组，分析在试验组治疗前后 2 组的切牙牙根生长发育情况，发现治疗前未完成发育的牙根与治疗前已完成发育的牙根相比，其治疗后牙根根长明显大于已完成发育的牙根根长，并且治疗前未完成发育的牙根在治疗后其根长与对照组牙根根长相同。Mavragani M 等[16]认为该研究结果表明正畸治疗不会对前牙牙根发育造成负面影响，原因可能是在治疗期间年轻恒牙本身存在一种保护机制，可以使其免受根尖吸收。这与 Hendrix I 等[17]发现的后牙牙根吸收机制相同。因此可以得出结论：由于恰当分散的正畸力和年轻恒牙存在的抵御根尖吸收的保护机制，在替牙期进行活动扩弓治疗不会对恒牙牙根发育和吸收产生影响。

虽然本试验得出的结果为试验组和对照组的差异无统计学意义，但其中可能存在一些不能忽视的其他影响因素。例如功能矫治器本身可能会干扰牙根的发育和吸收，如果其造成的影响比较明显，那么就可能掩盖掉扩弓治疗部分对牙根的作用，从而得出阴性结果。

并且本研究发现闭合组和未闭合组扩弓前后，牙根长度的发育差异无统计学意义，这说明扩弓对牙根长度的影响与根尖孔是否闭合之间无显著关系。但这并不代表扩弓对牙根造成的影响与牙根的发育情况无关，因为本试验的研究对象平均年龄为 10 岁，牙根在影像学上判断为根尖孔闭合时，其可能仍具有发育潜能。因此还需要后续更多的研究来完善这项试验。

3.3 本研究的局限性与展望

目前，扩弓治疗对牙根造成的影响依然存在争议，尽管本研究最终得到的结果是替牙期活动扩弓不会对牙根的发育及吸收产生明显影响，但也存在一些局限性。首先，本研究的样本量相对较少，可能会影响到结果的可靠性，所以还需要纳入更多的病例进行测量研究，使数据更具说服力。其次，本研究未对扩弓后保持期的患者进行跟踪观察，从而无法得知活动扩弓后牙根的生长发育是否会受到抑制，或是保持原有状态，甚至反而得到促进。Barber AF 等[18]用电子显微镜对快速扩弓活动期结束后的牙根进行研究，发现其存在着持续的牙根吸收。然而 Martins DC 等[19]和 Dindaroğlu F 等[20]却发现在上颌快速扩弓结束后的保持期，牙根表面的吸收窝洞会出现修复现象。并且，徐天民等[21]认为正畸移动对牙齿产生的力量是有可能促进未发育完成的牙根的进一步生长发育的。本研究只对活动扩弓第一阶段的牙根发育及吸收进行测量观察，其扩弓结束后的长期效果尚需进一步随访。再者，由于伦理问题，本研究并未设置未经任何治疗的对照组，对于未经治疗的患者的观察将有助于对牙根的自然生长与矫治过程引起的牙根变化进行区别。最后，本研究作为回顾性研究，无法检查患者的口腔健康情况以及了解患者的身体状况，这些因素都有可能影响到最终的试验结果。因此，对于所得出的结论还需要进一步地验证，本研究的试验方法也有待优化。

目前，研究者们认为关于正畸治疗，患者年龄越小，其预后越好，并发症越轻。牙根未发育完成者相较于牙根已发育完成者，其牙根吸收的程度一般较轻，这可能是由于未发育完成的牙根的钙化程度较低而不容易发生根吸收，并且因为患者年龄较小，其牙根周围的牙槽骨未发育成熟，更有利于牙根的移动，但还需注意的是对于上颌中切牙，当其牙根发育不足 1/2，在正畸力的作用下，其更容易形成断根或者喇叭口根尖[21-23]。因此，在后续关于活动扩弓对牙根发育和吸收的研究中，可以以年龄或者牙根发育程度对研究对象进行分组，找出扩弓对牙根发育造成的不良影响最小甚至有利的阶段，从而有助于临床正畸医生选择患儿的矫治时期。

活动扩弓技术现已广泛应用于替牙期儿童上颌横向发育不足的治疗中，其能有效扩大牙弓宽度，改善牙弓形态，解除牙列拥挤，但其对于牙根生长发育造成的影响也被临床医生所担忧，本研究所得出的结论可为临床正畸医生提供一定的参考依据。但经过多年的研究，关于扩弓对牙根的生长发育造成的影响仍然没有得出定论，所以未来关于这方面的研究是有前景的。在其得出定论之前，临床医生仍需注意扩弓技术的使用，在治疗前分析患者的身体健康状况和口腔卫生条件，制定合适的治疗方案，减少影响牙根发育的因素，在治疗过程中应时刻注意观察牙根情况，尽量避免牙根的吸收。并

且，随着当今科技的进步与发展，应不断探索，对矫治器进行优化改良，使其矫治效果最优化，对患者造成的伤害最小化，运用最新的研究成果来预防和降低治疗过程中对牙根造成的影响。

参 考 文 献

[1] 黄丞一. *Damon* 系统非拔牙矫治青少年期上颌中重度牙列拥挤的临床观察[J]. 全科医学临床与教育，2014，12(3)：283-285，361.

Huang CY. Clinical observation on non-extraction treatment of moderate and severe maxillary dentition crowding in adolescence with *Damon* system[J]. Clin Educ Gen Pract，2014，12(3)：283-285，361.

[2] 赵志河. 口腔正畸学[M]. 7版. 北京：人民卫生出版社，2020：25，39，171-197.

Zhao ZH. Orthodontics[M]. 7th ed. Beijing：People's Medical Publishing House，2020：25，39，171-197.

[3] MacGinnis M，Chu H，Youssef G，et al. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion（MARPE）on the nasomaxillary complex：a finite element method（FEM）analysis[J]. Prog Orthod，2014，15(1)：52.

[4] 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 XY，Liu DX. Research advances in maxillary transverse deficiency[J]. Stomatology，2022，42(6)：557-561.

[5] Brunetto DP，Sant'Anna EF，Machado AW，et al. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion（MARPE）[J]. Dental Press J Orthod，2017，22(1)：110-125.

[6] Seker ED，Yagci A，Demirsoy KK. Dental root development associated with treatments by rapid maxillary expansion/reverse headgear and slow maxillary expansion[J]. Eur J Orthod，2019，41(5)：544-550.

[7] Malkoç S，Alçin R，Uzel A. Does the rhythm and appliance type of rapid maxillary expansion have an effect on root resorption?[J]. Angle Orthod，2021，91(3)：293-300.

[8] 徐 超，王以玲，任旭升，等. MSE 对上颌第一磨牙及牙槽骨影响的 CBCT 研究[J]. 影像研究与医学应用，2021，5(16)：225-226.

Xu C，Wang YL，Ren XS，et al. CBCT study on the effect of MSE on maxillary first molar and alveolar bone[J]. J Imag Res Med Appl，2021，5(16)：225-226.

[9] Jacob HB，Ribeiro GLU，English JD，et al. A 3-D evaluation of transverse dentoalveolar changes and maxillary first molar root length after rapid or slow maxillary expansion in children[J]. Dental Press J Orthod，2019，24(3)：79-87.

[10] 郑如松，李岩涛，王兰珠，等. MSE 骨性扩弓后上颌牙根及颊侧齿槽骨吸收状况的 CBCT 分析[J]. 口腔医学研究，2021，37(6)：543-548.

Zheng RS，Li YT，Wang LZ，et al. Changes of upper root and buccal alveolar bone resorption after MSE：a cone-beam CT analysis[J]. J Oral Sci Res，2021，37(6)：543-548.

[11] 刘 筠，郭宏铭. 自锁托槽与传统托槽导致正畸牙根吸收的锥形束 CT 比较[J]. 上海口腔医学，2016，25(2)：238-241.

Liu Y，Guo HM. Comparison of root resorption between self-ligating and conventional brackets using cone-beam CT[J]. Shanghai J Stomatol，2016，25(2)：238-241.

[12] Dudic A，Giannopoulou C，Leuzinger M，et al. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop，2009，135(4)：434-437.

[13] Moriyasu K，Kuriyama C，Kurihara K，et al. Longitudinal clinical study on the effect of slow maxillary expansion with removable appliances[J]. Pediatr Dent J，2010，20：78-83.

[14] 唐万红，刘 桥，林居红，等. 替牙列早期上颌慢速扩弓后腭部及气道变化的初步研究[J]. 实用口腔医学杂志，2020，36(3)：533-535.

Tang WH，Liu Q，Lin JH，et al. Changes of palatine and airway after maxillary slow expansion in early mixed dentition[J]. J Pract Stomatol，2020，36(3)：533-535.

[15] Cardinal L，da Rosa Zimermann G，Mendes FM，et al. The impact of rapid maxillary expansion on maxillary first molar root morphology of cleft subjects[J]. Clin Oral Investig，2018，22(1)：369-376.

[16] Mavragani M，Bøe OE，Wisth PJ，et al. Changes in root length during orthodontic treatment：advantages for immature teeth[J]. Eur J Orthod，2002，24(1)：91-97.

[17] Hendrix I，Carels C，Kuijpers-Jagtman AM，et al. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop，1994，105(4)：345-349.

[18] Barber AF，Sims MR. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man：a scanning electron microscope study[J]. Am J Orthod，1981，79(6)：630-652.

[19] Martins DC，Souki BQ，Cheib PL，et al. Rapid maxillary expansion：do banded teeth develop more external root resorption than non-banded anchorage teeth?[J]. Angle Orthod，2016，86(1)：39-45.

[20] Dindaroğlu F，Doğan S. Evaluation and comparison of root resorption between tooth-borne and tooth-tissue borne rapid maxillary expansion appliances：a CBCT study[J]. Angle Orthod，2016，86(1)：46-52.

[21] 许天民，SBaumrind. 青少年期正畸治疗与上中切牙牙根吸收的关系[J]. 中华口腔医学杂志，2002，37(4)：265-268.

Xu TM，SBaumrind. The relationship between apical root resorption and orthodontic tooth movement in growing subjects[J]. Chin J Stomatol，2002，37(4)：265-268.

[22] 黄 丽，徐晓梅. 替牙期正畸治疗对上中切牙牙根发育的影响[J]. 北京口腔医学，2015，23(6)：346-348.

Huang L，Xu XM. The relationship between root development of maxillary central incisor and orthodontic treatment[J]. Beijing J Stomatol，2015，23(6)：346-348.

[23] 赵彦文. 正畸治疗在不同牙根发育阶段对牙根吸收的影响[J]. 医学理论与实践，2016，29(2)：218-219.

Zhao YW. Effect of orthodontic treatment on root resorption at different stages of root development[J]. J Med Theory Pract，2016，29(2)：218-219.

（责任编辑：周一青）