

• 正畸专栏 •

无托槽隐形矫治上颌扩弓效率的影响因素

唐子尉 晋瑜 赖文莉

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院正畸科 成都 610041

[摘要] 目的 探究无托槽隐形矫治 (CAT) 过程中上颌扩弓效率的影响因素。方法 筛选 54 名上颌扩弓矫治的非拔牙 CAT 患者, 收集其基线数据, 通过锥形束计算机断层扫描 (CBCT) 测量其牙冠和牙根长度, 模型重叠测量其上颌扩弓效率和转矩变化, 通过线性分析探究影响扩弓效率的因素。结果 单因素线性分析中发现, 年龄、牙根长度、冠根比、附件设计、设计扩弓量和实际-设计转矩变化对上颌第一磨牙扩弓效率有影响 ($P<0.05$)。逐步多因素线性分析中发现, 冠根比、16 和 26 牙的实际-设计转矩对上颌第一磨牙扩弓效率有显著影响 ($P<0.05$)。结论 在 CAT 扩弓矫治过程中, 需要注意患者的冠根比, 设计方案时需要双侧磨牙设计附件并注意扩弓量的限制, 以增加患者扩弓效率。

[关键词] 上颌扩弓; 无托槽隐形矫治; 锥形束计算机断层扫描

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025086



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)

Factors influencing the efficiency of maxillary expansion in clear aligner orthodontic treatment

Tang Ziwei, Jin Yu, Lai Wenli

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Correspondence: Lai Wenli, Email: wenlilai@scu.edu.cn

[Abstract] **Objective** To assess the factors influencing the efficiency of maxillary expansion during clear aligner treatment (CAT). **Methods** A total of 54 nonextraction CAT patients undergoing maxillary expansion were selected. Baseline data were collected, and crown lengths were measured via cone-beam computed tomography (CBCT). A model overlap was used to measure the maxillary expansion efficiency and torque changes. Linear analysis was performed to identify factors influencing expansion efficiency. **Results** Single-factor linear analysis revealed that maxillary first-molar expansion efficiency was significantly influenced by age, root length, crown-root ratio, attachment design, designed and actual expansion amount, actual torque changes, and designed-actual torque changes ($P<0.05$). Stepwise multivariate linear analysis identified the crown-root ratio, attachment design, and designed and actual expansion amount as significantly affecting maxillary first-molar expansion efficiency ($P<0.05$). **Conclusion** During CAT expansion treatment, to the focus should be on the patient's crown-root ratio. Bilateral attachment design and careful consideration of expansion amount limits in treatment planning are crucial to enhancing patient expansion efficiency.

[Key words] maxillary expansion; clear aligner treatment; cone-beam computed tomography

无托槽隐形矫治 (clear aligner treatment, CAT) 目前已成为解决多种错殆畸形的正畸治疗

手段之一。CAT 可以进行扩弓矫治, 增加牙弓的长度和宽度, 从而解决轻度至中度的牙列拥挤问题^[1-2]。同时 CAT 允许每象限 2~3 mm 的牙弓宽度的扩张, 降低复发和牙龈退缩的风险。在大多数情况下, CAT 牙弓宽度增加是由牙冠颊侧倾斜造成的^[3]。此外, 有研究^[4]发现: CAT 在第一磨牙处扩

[收稿日期] 2024-05-17; **[修回日期]** 2025-07-06

[作者简介] 唐子尉, 博士, Email: 745749262@qq.com

[通信作者] 赖文莉, 教授, 博士, Email: wenlilai@scu.edu.cn

弓的总体准确率约为36.35%,为了克服这一问题,在CAT过程中通常会在牙冠上添加树脂材料,以提高牙齿移动的效率。使用CAT进行扩弓的相关研究大多是测量不同牙位处宽度的变化并进行对比。目前还缺少附件位置、转矩变化等变量对扩弓影响的相关研究。因此,本文通过回顾性研究重点探索CAT扩弓效率的影响因素,以找到扩弓时的最佳相关设计。

1 材料和方法

1.1 研究对象

本研究的实验对象为2019年6月—2022年6月在四川大学华西口腔医院正畸科接受隐适美CAT并结束治疗的患者。

纳入标准:1)完整的恒牙列;2)轻至中度拥挤需要扩弓治疗的患者,具体为隐形矫治方案设计左右两侧牙齿均颊向整体移动;3)除隐形矫治外未使用其他辅助扩弓装置;4)患者牙周组织健康同时佩戴矫治器过程中依从性好,无明显脱套。

排除标准:1)骨性牙弓狭窄的患者;2)需要拔牙或正畸-正颌联合治疗的患者;3)第一磨牙有金属修复体等影响附件粘接的因素;4)有影响骨代谢的疾病史或用药史;5)资料不全,包括缺少治疗前后锥形束计算机断层扫描(cone-beam computed tomography, CBCT)或治疗前后口扫数据。

1.2 治疗方法

患者在进行牙体牙髓疾病诊治和牙周基础治疗后,拍摄CBCT、制作口扫数字化模型并上传至隐适美Clincheck系统进行方案设计,患者均进行扩弓矫治。患者按顺序佩戴和更换矫治器,每天佩戴时长不少于22 h,每10 d更换下一副矫治器。治疗结束时上下颌牙列整平排齐,前牙覆殆覆盖正常,尖牙磨牙I类咬合关系。

1.3 数据测量

患者治疗前CBCT保存为DICOM格式,导入Invivo 4.0 (Anatomage公司,美国)软件,水平面定位第一磨牙的近远中径,在冠状面上选取牙齿最大截面,以釉牙骨质界为界,测量该位置上第一磨牙的牙冠长度和牙根长度(图1)。

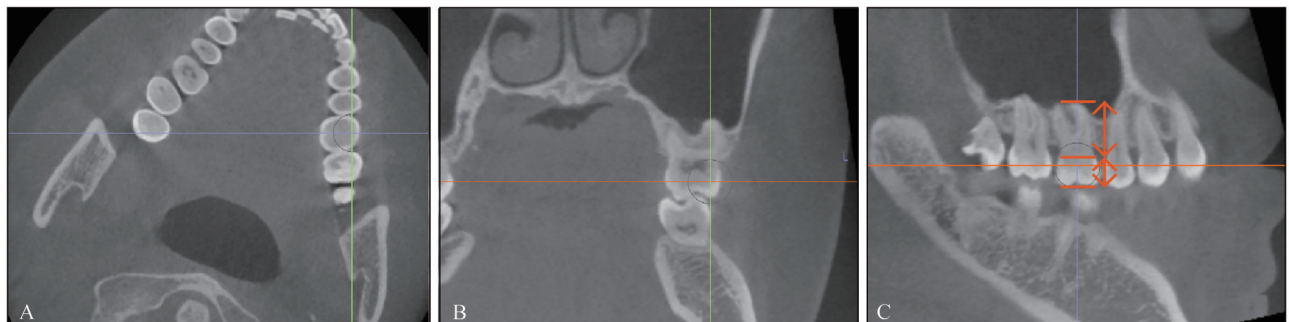


图 1 使用Invivo测量上颌第一磨牙牙冠长度和牙根长度 (牙根长度:长箭头,从釉牙骨质界到近中根尖;牙冠长度:短箭头,从釉牙骨质界到近中颊尖)。

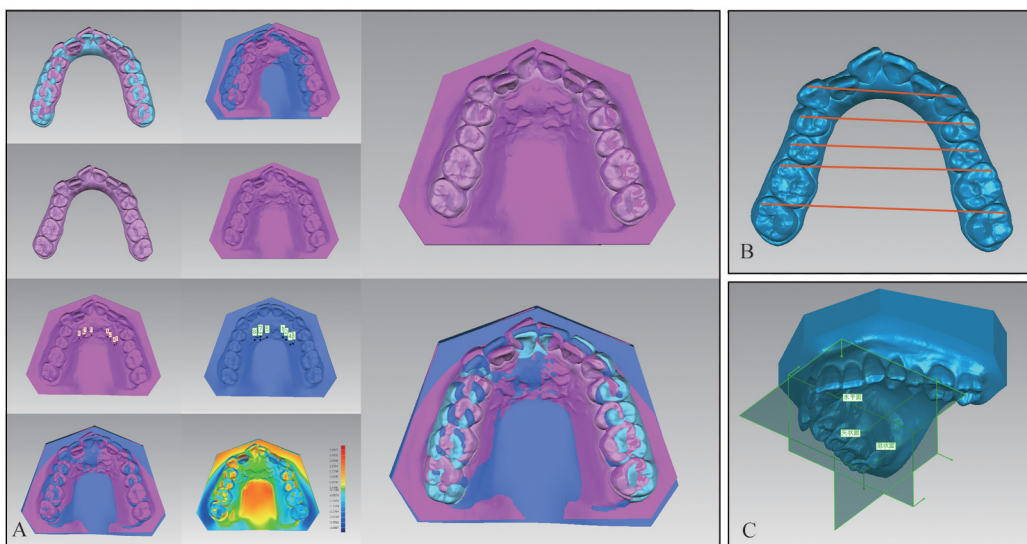
图 1 使用Invivo测量上颌第一磨牙牙冠长度和牙根长度

Fig 1 Measurement of crown and root lengths of maxillary first molars using Invivo

患者开始治疗时的口扫模型记为T0,实际结束后的的口扫模型记为T1, Clincheck方案中开始模型记为TC0,结束模型记为TC1, TC0和TC1导出时自动配准。将T0和T1模型导出,根据以往文献^[9]研究,上颌第三腭皱襞具有良好的稳定性,可作为模型重叠的标志结构,且模型重叠分析牙齿三维变化具有良好的可行性。而由于TC0的牙冠根据T0生成,两者牙冠具有良好的一致性。将上述所有模型导入Geomagic wrap 2021 (3D systems公司,美国),通过最佳拟合对齐,将T0与TC0进

行对齐,然后以T0为基准,选取T0和T1模型的腭皱襞进行多点对齐,得到实际治疗前后和设计治疗前后的模型重叠图像(图2A)。

以尖牙、前磨牙、磨牙的颊尖连线作为牙冠宽度的变化(图2B)。以双侧上颌磨牙近中颊尖和切牙接触点作水平面,经过腭中缝且垂直于水平面建立矢状面,然后经过中切牙接触点建立垂直于该2个平面的冠状面,最后以第一磨牙颊侧中点连线作为牙冠长轴,测量其与水平面的夹角,作为牙冠转矩的变化(图2C)。



A: 模型重叠; B: 牙弓宽度测量; C: 第一磨牙转矩测量。

图 2 使用 Geomagic Wrap 2021 进行模型重叠和测量

Fig 2 Model alignment and measurements using Geomagic Wrap 2021

1.4 统计分析

使用PASS 15 (NCSS公司, 美国) 软件计算出至少需要52名患者数据才能以80%的功效和0.05的 I 型误差拒绝零假设, 样本量的计算方法参考了以往的文献^[6-8]。本研究根据纳入和排除标准收集到54名患者。

使用IBM SPSS statistics 24.0 (SPSS公司, 美国) 软件对测量数据进行统计分析。实际牙移动量和预测牙移动量进行配对t检验, 对不同牙位扩弓量和扩弓效率进行单因素方差分析。对不同基线数据、附件特征等变量进行单因素线性分析, 评估其对扩弓率的影响, 然后采用逐步多因素线性分析, 探索单因素中 $P<0.2$ 的因素对扩弓效率的影响。

2 结果

2.1 基线数据

随机抽取10名患者, 1个月后再次测量其扩弓量和转矩变化, 对2次测量结果进行一致性检验, 组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) >0.90 , 证明测量结果可靠性高, 因此进行后续实验结果分析。

根据纳入排除标准, 实验共纳入54名患者, 其中女性为44名, 男性10名, 平均年龄为27.02岁, 平均治疗时长为24.97个月。由于方案设计需考虑到患者的舒适度和摘戴矫治器的难度, 16牙或26牙的附件均位于颊侧, 本研究根据其种类进

行了分类, 发现水平矩形附件的数量最多。具体人口统计学和临床特征测量数据详见表1。

2.2 上颌牙弓不同牙位扩弓量和扩弓效率

尖牙、前磨牙、磨牙的实际扩弓量与设计扩弓量相比, 差异均具有统计学意义 ($P<0.001$), 不同牙位的实际扩弓量均小于设计扩弓量, 结果见表2。

不同牙位的扩弓量和扩弓实现率的比较结果发现: 从尖牙到第二磨牙的扩弓量和扩弓率均呈现先增大后减小的趋势, 第二磨牙的扩弓量和扩弓率最低 (图3)。

2.3 扩弓实现率的单因素线性分析

为了探讨不同人口统计学和临床特征等变量对上颌扩弓效率的影响, 以第一磨牙为例, 对不同变量分别进行单因素线性回归分析, 结果发现: 年龄、牙根长度、冠根比、16—26牙设计扩弓量、16、26牙实际-设计转矩、附件16牙设计、附件26牙设计以及附件16、26牙 (双侧附件) 对16—26牙扩弓实现率有显著影响 ($P<0.05$) (表3)。

2.4 扩弓实现率的逐步多因素线性分析

基于上述单因素分析结果, 以 $P<0.2$ 为纳入条件, 得到对扩弓效率影响较为显著的候选变量。由于纳入的变量较多 (大于8项), 为防止因素混杂, 进行了逐步多因素线性分析, 且上述结果符合多因素线性回归分析条件。

多因素线性分析结果发现: 16牙冠根比、26牙冠根比、16和26牙的实际-设计转矩对16—26牙扩弓实现率有显著影响 ($P<0.05$) (表4)。

表 1 临床特征基线数据

Tab 1 Baseline data on clinical characteristics

临床特征	($\bar{x}\pm s$) /n
年龄/岁	27.02±6.88
性别	
男	10
女	44
治疗时间/月	24.97±9.79
安氏分类	
I类	28
II类	19
III类	7
颌间牵引	
无牵引	19
II类牵引	27
III类牵引	8
IPR/mm	0.52±1.03
附件16牙	
无附件	17
水平矩形附件	19
垂直矩形附件	3
优化附件	15
附件26牙	
无附件	17
水平矩形附件	24
垂直矩形附件	4
优化附件	9
附件16、26牙	
无附件	12
16或26牙有附件	13
16、26牙均有附件	29
16牙牙冠长度/mm	5.99±0.37
16牙牙根长度/mm	13.19±1.31
26牙牙冠长度/mm	5.93±0.38
26牙牙根长度/mm	13.01±1.38
16牙冠根比	0.46±0.05
26牙冠根比	0.46±0.06
16牙设计转矩/(°) ^a	0.43±3.82
16牙实际-设计转矩/(°) ^b	-1.04±2.36
26牙设计转矩/(°) ^a	-0.56±3.11
26牙实际-设计转矩/(°) ^b	-0.54±2.99

注:附件16、26牙是根据双侧第一磨牙是否同时存在附件,若16、26牙均无附件则为无附件组,若16或26牙仅1颗牙存在附件为单侧附件组,若16、26牙均设计附件为双侧附件组。^a:+为颊向;-为舌向;^b:+为实际比设计颊向;-为实际比设计舌向。IPR:上颌邻面片切(interproximal reduction, IPR)。

3 讨论

上下颌横向协调是取得稳定咬合关系的关键

因素之一^[9]。横向不调会导致牙周组织损伤、咬合不稳定以及美观受到影响^[10]。

表 2 不同牙位设计扩弓量与实际扩弓量的比较

Tab 2 Comparison of designed and actual expansion for different tooth position

牙位	数量	设计扩弓量/mm	实际扩弓量/mm	扩弓实现率/%	P值
13—23牙	42	2.48±1.65	1.84±1.37	72.48±15.65	P<0.001
14—24牙	49	3.08±1.26	2.50±1.24	79.29±16.54	P<0.001
15—25牙	52	3.19±1.65	2.64±1.42	82.65±14.74	P<0.001
16—26牙	54	2.67±1.51	2.09±1.36	75.65±15.12	P<0.001
17—27牙	36	1.61±1.06	1.13±0.83	70.18±18.92	P<0.001

据研究^[11-12]报道:CAT能够实现牙弓间横向协调。最大5 mm的横向差异可以通过扩弓或缩弓来处理^[13],但除此之外,还是应该考虑采用手术方法来进行牙弓扩大或缩小^[14]。本研究结果发现:不同牙位的实际扩弓量均小于5 mm,这有利于减小对牙周组织的损伤并取得较稳定的牙齿颊向移动效果。

研究结果发现:不同牙位的扩弓效率均不足100%,说明扩弓效果无法完全实现。以往的研究^[15]中第一和第二前磨牙的净增长最大,这和本研究结果一致,第一前磨牙实际扩弓量增加了(2.50±1.24) mm,第二前磨牙的实际扩弓量增加了(2.64±1.42) mm。

而既往研究发现:尖牙、前磨牙和磨牙区域的扩弓效率逐渐降低。但是在本研究中发现:从尖牙到磨牙区域的扩弓效率先增加再减小,这可能和牙齿的解剖结构、牙周膜面积大小、颊侧骨皮质厚度等因素有关^[15]。

其中,本研究结果显示:第二磨牙的扩弓效率最低,这可能是由于矫治器的远中端具有更大的灵活性,CAT矫治器的机械行为与传统固定矫治器发生的情况类似,随着托槽间距离和弓丝柔韧性增加,弓丝末端施加的力减小。因此,矫治器远端释放较小的力,从而导致牙齿运动准确性降低^[16]。

本研究发现:逐步多因素线性分析中16、26牙冠根比对扩弓实现率有显著影响,冠根比越大,扩弓效率越高,这可能是由于牙冠较长时,矫治器可以更好地包裹牙齿从而提高矫治效率。因此,在进行扩弓矫治时,可以根据患者的冠根比进行矫治方案的设计,冠根比较大的患者可以适当增加横向的移动距离。

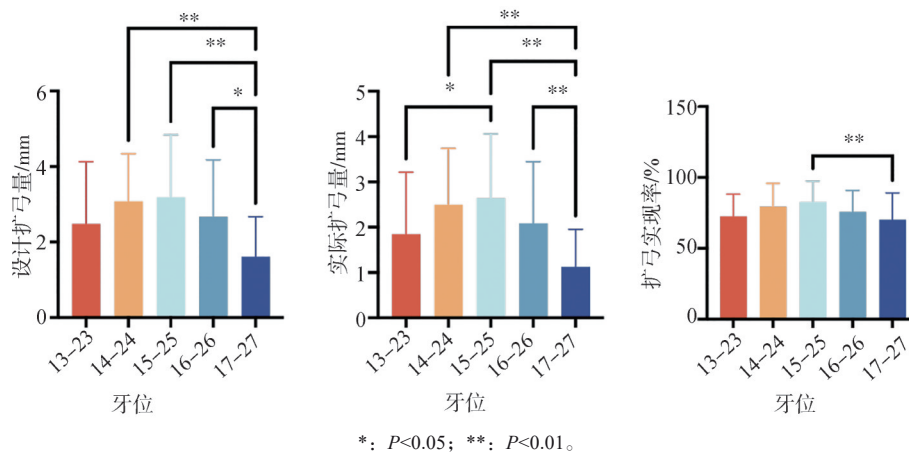


图 3 不同牙位扩弓量和扩弓效率的比较

Fig 3 Comparison of the amount of arch expansion and efficiency of arch expansion at different tooth positions

表 3 上颌第一磨牙扩弓效率的单因素线性分析

Tab 3 One-way linear analysis of the efficiency of arch expansion of maxillary first molars

测量项目	扩弓实现率/%	P值	β	95%置信区间
年龄/岁		0.013	-0.74	-1.30~-0.18
治疗时间/月		0.889	0.03	-0.39~0.45
上颌 IPR/mm		0.382	-1.79	-5.76~2.18
16 牙牙冠长度/mm		0.307	5.77	-5.20~16.74
16 牙牙根长度/mm		<0.001	-7.18	-9.63~-4.74
26 牙牙冠长度/mm		0.218	6.79	-3.89~17.47
26 牙牙根长度/mm		<0.001	-6.86	-9.18~-4.54
16 牙冠根比		<0.001	194.80	130.65~258.95
26 牙冠根比		<0.001	158.19	101.27~215.11
16—26 牙设计扩弓量/mm		0.025	3.06	0.47~5.65
16 牙设计转矩/ (°)		0.297	0.57	-0.49~1.64
16 牙实际-设计转矩/ (°)		<0.001	4.27	2.98~5.57
26 牙设计转矩/ (°)		0.205	0.85	-0.45~2.15
26 牙实际-设计转矩/ (°)		<0.001	3.62	2.66~4.58
性别				
男	69.12±14.95			参照
女	77.14±14.93	0.131	8.02	-2.23~18.27
安氏分类				
I 类	76.06±15.62			参照
II 类	74.38±16.13	0.715	-1.68	-10.64~7.28
III 类	77.45±15.12	0.832	1.39	-11.35~14.12
牵引				
无牵引	75.85±15.35			参照
II 类牵引	75.27±16.58	0.900	-0.58	-9.63~8.46
III 类牵引	76.47±10.10	0.925	0.61	-12.11~13.34
附件 16 牙				
无附件	62.95±13.35			参照
水平矩形附件	82.75±22.79	<0.001	19.80	11.57~28.02
垂直矩形附件	86.58±5.36	0.004	23.63	8.20~39.06
优化附件	78.87±13.34	<0.001	15.92	7.19~24.65
附件 26 牙				
无附件	64.62±14.18			参照

续表

测量项目	扩弓实现率/%	P值	β	95%置信区间
水平矩形附件	85.55±9.19	<0.001	20.93	13.74~28.13
垂直矩形附件	83.59±11.95	0.005	18.98	6.37~31.58
优化附件	66.57±11.80	0.684	1.95	-7.40~11.30
附件 16、26 牙				
无附件	62.95±13.88			参照
单侧附件	68.73±13.59	0.240	5.78	-3.75~15.32
双侧附件	84.01±15.12	<0.001	21.06	12.88~29.24

以往没有研究探究附件设计对扩弓效率的影响, 本研究发现: 在单因素线性分析中, 与无附件设计相比, 第一磨牙上的水平矩形附件和垂直矩形附件均可以有效提高第一磨牙的扩弓效率, 而双侧第一磨牙均设计附件也可以有效提高第一磨牙的扩弓效率。虽然在逐步多因素线性分析中附件的设计对扩弓效率无显著影响, 但是仍建议进行较大扩弓计时, 在双侧牙齿上设计传统附件, 以增加固位效果, 提高扩弓效率。

表 4 上颌第一磨牙扩弓效率的逐步多因素线性分析

Tab 4 Stepwise multifactorial linear analysis of arch expansion efficiency of maxillary first molars

测量项目	P值	β	95%置信区间
16牙冠根比	0.047	58.15	2.26~114.05
26牙冠根比	0.024	56.89	9.32~104.46
16牙实际-设计转矩/(°)	0.029	1.32	-19.30~-8.69
26牙实际-设计转矩/(°)	0.043	1.12	11.51~24.43
附件 26 牙			
无附件			参照
水平矩形附件	0.236	3.89	-2.45~10.24
垂直矩形附件	0.226	5.58	-3.33~14.48
优化附件	0.099	-5.86	-12.68~0.95
附件 16、26 牙			
无附件			参照
单侧附件	0.672	1.55	-5.58~8.68
双侧附件	0.070	6.61	-0.35~13.58

CAT系统是通过牙齿倾斜和整体移动2种方法组合来数字化规划上颌扩弓^[17]。然而, 有报道^[15,18]发现: 在扩弓过程中牙齿倾斜多于整体移动。而且本研究发现: 隐适美系统在上颌尖牙和第二磨牙扩弓结果的可预测性较差, 因此应设计对上颌尖牙和第二磨牙进行过矫治; 同时, 报道发现上颌第一磨牙扩弓效率平均为36.35%。采用 Smart-Track®的Invisalign®矫治器在矫治缩弓或扩弓时仅能达成目标移动量的45%^[19], 进一步说明了过矫治的重要性。

本研究选择成年人进行数据测量, 以避免由

于颌骨正常横向生长而产生的偏差^[20]。本研究发现: 扩弓效率与第一磨牙实际-设计转矩之间差异具有统计学意义 (16牙实际-设计转矩 $P=0.029$, 26牙实际-设计转矩 $P=0.043$), 且两者之间呈正相关 (回归系数 $\beta>0$), 表明颊倾程度与扩弓效率呈正相关, 表明隐形矫治中较高的扩弓效率可能主要由牙齿颊向倾斜实现。因此, 建议在扩弓矫治中可以设计牙根的颊向转矩以减少牙齿的颊向倾斜^[4], 有利于防止腭尖下垂, 改善咬合。

4 结论

在CAT进行上颌扩弓时, 设计的扩弓量均无法完全实现, 且颊倾程度越高, 扩弓效率越高。在设计CAT扩弓矫治时需要注意牙齿的冠根比, 而且注意设计牙根的颊向转矩, 同时建议在扩弓的牙位处设计传统矩形附件, 从而提高扩弓效率, 改善牙弓的横向关系。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

5 参考文献

- [1] Ali SAAH, Miethke HR. Invisalign, an innovative invisible orthodontic appliance to correct malocclusions: advantages and limitations[J]. Dent Update, 2012, 39(4): 254-256, 258-260.
- [2] Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System[J]. Aust Orthod J, 2001, 17(1): 41-46.
- [3] Barreda GJ, Dzierewianko EA, Mazza V, et al. Expansion treatment using Invisalign®: periodontal health status and maxillary buccal bone changes. A clinical and tomographic evaluation[J]. Acta Odontol Latinoam, 2020, 33(2): 69-81.
- [4] Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system[J]. Angle Orthod, 2020,

- 90(1): 23-30.
- [5] 高琳, 李巍然, 林久祥. 模型重叠评价上颌切牙牙轴变化的可靠性研究[J]. 口腔医学, 2010, 30(9): 529-531.
Gao L, Li WR, Lin JX. Reliability of change of incisor inclination based on model superimposition[J]. *Stomatology*, 2010, 30(9): 529-531.
- [6] Gatsonis C, Sampson AR. Multiple correlation: exact power and sample size calculations[J]. *Psychol Bull*, 1989, 106(3): 516-524.
- [7] Benton D, Krishnamoorthy K. Computing discrete mixtures of continuous distributions: noncentral chisquare, noncentral t and the distribution of the square of the sample multiple correlation coefficient [J]. *Comput Stat Data Anal*, 2003, 43(2): 249-267.
- [8] Krishnamoorthy K, Xia YP. Sample size calculation for estimating or testing a nonzero squared multiple correlation coefficient[J]. *Multivariate Behav Res*, 2008, 43(3): 382-410.
- [9] Vanarsdall RL, White RP Jr. Three-dimensional analysis for skeletal problems[J]. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 1994, 9(3): 159.
- [10] Vanarsdall RL. Transverse dimension and long-term stability[J]. *Semin Orthod*, 1999, 5(3): 171-180.
- [11] Womack WR, Ahn JH, Ammari Z, et al. A new approach to correction of crowding[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2002, 122(3): 310-316.
- [12] D'Antò V, Valletta R, Di Mauro L, et al. The predictability of transverse changes in patients treated with clear aligners[J]. *Materials (Basel)*, 2023, 16(5): 1910.
- [13] Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, et al. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency [J]. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 1995, 10(2): 75-96.
- [14] Felton JM, Sinclair PM, Jones DL, et al. A computerized analysis of the shape and stability of mandibular arch form[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1987, 92(6): 478-483.
- [15] Houle JP, Piedade L, Todescan R Jr, et al. The predictability of transverse changes with invisalign[J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(1): 19-24.
- [16] Sayin MO, Turkkahraman H. Comparison of dental arch and alveolar widths of patients with Class II, division 1 malocclusion and subjects with Class I ideal occlusion[J]. *Angle Orthod*, 2004, 74(3): 356-360.
- [17] Anand M, Turpin DL, Jumani KS, et al. Retrospective investigation of the effects and efficiency of self-ligating and conventional brackets[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 148(1): 67-75.
- [18] Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®[J]. *Korean J Orthod*, 2019, 49(3): 140-149.
- [19] Riede U, Wai S, Neururer S, et al. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(7): 4671-4679.
- [20] Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, et al. Maxillary arch development with invisalign system[J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(4): 433-440.

(本文编辑 王姝)