

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2023.09.009

· 综述 ·

# 正畸治疗磨牙移动的解剖限制及临床应对

杨雨青, 赵青

口腔疾病研究国家重点实验室 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, 四川 成都 (610041)

**【摘要】** 随着生物力学的发展及支抗钉等辅助装置的应用, 牙齿长距离移动的实现程度大大提升, 以代偿性问题, 达到咬合稳定及颜貌美观的矫治目标。然而, 骨开窗、骨开裂、牙根吸收等问题却也较从前更加多发, 究其原因, 多是忽略了牙移动的诸多限制因素, 尤其是解剖结构对于牙移动的影响。本文聚焦于正畸诊疗中磨牙移动的解剖限制, 包括牙槽骨骨皮质、上颌窦底、下颌神经管等在牙移动范围内的解剖特征, 并对相应的临床应对措施做出了总结: 对于牙槽骨骨皮质及下颌神经管, 正畸医生应根据临床检查并结合锥形束投影计算机重组断层影像 (cone beam computed tomography, CBCT) 等影像学检查, 先将磨牙牙根进行转矩控制离开骨板, 后根据个性化的移动路径控制磨牙的移动量及移动方向; 对于与牙根关系密切的上颌窦底, 医生应注意轻力、持续力的原则及合适的生物力学原理, 实现牙齿的整体移动、穿越上颌窦。总之, 临床实践中, 应尽可能规避这些解剖结构的限制及带来的风险, 从而提升正畸治疗的效果和长期稳定性。

**【关键词】** 正畸治疗; 解剖限制; 磨牙移动; 骨开窗; 骨开裂; 牙槽骨骨皮质; 上颌窦底; 下颌神经管; 锥形束投影计算机重组断层影像; 磨牙转矩控制; 生物力学; 牙龈切除术

**【中图分类号】** R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2023)09-0667-06

**【引用著录格式】** 杨雨青, 赵青. 正畸治疗磨牙移动的解剖限制及临床应对[J]. 口腔疾病防治, 2023, 31(9): 667-672. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2023.09.009.



微信公众号

**The anatomical limit and strategies for molar movement during orthodontic treatment** YANG Yuqing, ZHAO Qing. State Key Laboratory of Oral Disease & National Clinical Research Center for Oral Disease & Department of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China  
Corresponding author: ZHAO Qing, Email: fanfan\_qing@163.com, Tel: 86-28-85503040

**【Abstract】** In many cases, tooth movement over a considerable distance is needed to meet the major goal of orthodontic treatment, which has always been to correct malocclusion and improve the facial profile in patients with skeletal malocclusion. However, tooth movement over a considerable distance also carries risks of dehiscence, fenestration, root exposure, and so forth. The reason lies in neglecting many limits for tooth movement, especially anatomical characteristics. This review focuses on structural limits for orthodontic molar movement, such as the alveolar cortex, the maxillary sinus floor, and the mandibular canal. In addition, we set the strategy in clinical orthodontics. For the alveolar cortex and the mandibular canal, orthodontists are recommended to move the root away from the cortical bone initially and formulate personalized molar movement plans according to clinical examination and cone-beam computed tomography (CBCT) and other imaging examinations. First, the molar root was controlled by torque away from the bone plate, and then, the molar movement amount and direction were controlled according to the personalized movement path. In regard to the maxillary sinus floor, light and continuous forces and scientific biomechanics are suitable for bodily tooth movement. In summary, better therapeutic efficacy and long-term stabilization could be achieved by circumventing the limits and risks caused by anatomical limitations and characteristics.

**【Key words】** orthodontic treatment; anatomical limit; molar movement; fenestration; dehiscence; alveolar

**【收稿日期】** 2022-10-21; **【修回日期】** 2022-11-29

**【基金项目】** 国家自然科学基金项目 (82171003, 81870745)

**【作者简介】** 杨雨青, 住院医师, 硕士研究生, Email: 529280120@qq.com

**【通信作者】** 赵青, 教授, 博士, Email: fanfan\_qing@163.com, Tel: 86-28-85503040

cortex; maxillary sinus floor; mandibular canal; cone beam computed tomography; molar torque control; biomechanics; gingivectomy

**J Prev Treat Stomatol Dis, 2023, 31(9): 667-672.**

**【Competing interests】** The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from National Natural Science Foundation of China (No. 82171003, No. 81870745).

在伴骨性不调的错殆畸形诊疗中,为实现咬合稳定及颜面美观,牙齿常需在三维方向上进行较大范围移动以代偿骨性问题。对于颌骨矢状向不调,即安氏Ⅱ类、安氏Ⅲ类及安氏Ⅰ类双颌前突的患者,牙列整体远移是常用的治疗手段,报道显示借助头帽的磨牙远中移动最高可达8.58 mm<sup>[1]</sup>,支抗钉辅助磨牙远移的治疗效果更为确切,不论患者的依从性如何都可达到3~5 mm远移量<sup>[2]</sup>。在正畸代偿及去代偿治疗中,上下颌牙齿颊舌向移动是宽度不调患者诊疗过程的重要部分。例如骨性Ⅲ类患者偏斜侧的上颌后牙,去代偿治疗平均需要8°牙冠舌向倾斜<sup>[3]</sup>。部分开殆患者表现出上下牙槽骨过长,正畸医生需要压低上下颌磨牙以形成正常前牙覆殆,普遍认为磨牙压低1 mm可使前牙覆殆增加2~3 mm。支抗钉辅助下可达到的磨牙压低量为2~3 mm,平均为2.6 mm<sup>[4]</sup>,但是治疗结束1年后磨牙会伸长12%~27.2%<sup>[5]</sup>。隐形矫治器也是压低后牙、解除前牙轻中度开殆的手段。由于殆垫作用,即使没有设计后牙主动压低,也有74.2%的患者表现出后牙压低<sup>[6]</sup>,因此临床上常同时使用隐形矫治及支抗钉实现磨牙的大量压低。尽管在辅助装置的配合下,牙齿在三维方向上可实现的移动量较传统正畸治疗进一步增加,但磨牙移动范围仍受到周围解剖结构的限制,如牙槽骨骨皮质、上颌窦底、下颌神经管等。

## 1 骨皮质限制

牙齿接触骨皮质后,移动速度降低。若此时不加控制突破骨皮质,则会导致牙根吸收、牙周组织破坏,发生骨开窗、骨开裂,甚至牙根暴露,远期预后较差。尽管生理情况下80%的人群表现为至少一个牙位的骨开窗或骨开裂<sup>[7]</sup>,但二者已被证实为牙龈退缩及牙根吸收的危险因素,影响牙周健康及软组织美学<sup>[8]</sup>。失败的正畸治疗患者中,骨开窗、骨开裂的比例为未接受正畸治疗人群的5倍,可能与正畸力过大、牙移动方向不当及初始解剖

条件有关<sup>[7]</sup>。骨皮质对于磨牙移动的限制主要表现在以下方面。

### 1.1 磨牙远中的骨皮质限制

早期认为下颌牙列远移的限制为下颌升支前缘,可用空间与年龄、性别、骨面型、第三磨牙是否拔除等有关。然而基于锥形束投照计算机重组断层影像(cone beam computed tomography, CBCT)的研究表明,安氏Ⅰ类错殆畸形患者的下颌牙列远移解剖学限制为下颌体舌侧骨皮质,可移动距离小于下颌升支前缘空间<sup>[9]</sup>。Choi等<sup>[10]</sup>认为在根分叉及其根方2 mm水平,安氏Ⅲ类患者可用空间大于安氏Ⅰ类,差异平均为2.1 mm及1.3 mm,安氏Ⅲ类患者可用间隙表现出明显的向根尖方向减小的趋势,根分叉水平可用间隙为(6.0 ± 3.3)mm,而在根分叉根方6 mm处仅为(2.7 ± 2.8)mm,即根尖水平的舌侧骨皮质为限制因素,而安氏Ⅰ类患者的可用间隙没有表现出明显的向根方减小的趋势,这可能与下颌骨形态有关,即下颌骨体部冠方舌向倾斜、根方位于颊侧,呈V形叉开,而Ⅲ类患者的V形叉开在根尖水平更加明显。Fan等<sup>[11]</sup>的研究也支持这一发现。进一步研究认为,不同垂直骨面型的安氏Ⅲ类患者牙弓后段可用空间在多个水平均存在差异,低角人群普遍大于高角,在釉牙骨质界根方8 mm处为(3.16 ± 2.41)mm,即使对于下颌体长度及咬合平面倾斜度相同的患者,此现象依然存在,这可能与低角人群咀嚼力更大所引起的下颌骨体长度增加及舌侧骨沉积增加有关<sup>[12]</sup>。但也有研究提示均角患者可用空间更大<sup>[13]</sup>,尚无统一结论。不同性别中,磨牙远中可用空间的量有显著区别,可能与下颌骨体长度、双侧下颌角间宽度、双侧髁突间宽度等指标的不同有关<sup>[14-15]</sup>,但也有学者持相反观点<sup>[16]</sup>。同一群体中,女性间的标准差小于男性,提示男性患者间个体差异更为明显<sup>[12]</sup>。目前认为后段可用间隙大小与下颌第三磨牙是否存在无关,但需关注拔除时机,尽量在远移即将开始时拔除,避免过早拔除导致

的牙槽骨高度与宽度萎缩,影响可用空间。

上颌后段可用空间为上颌结节处,即此处骨皮质为牙齿移动的解剖限制。上颌结节在三维方向上的生长改建持续到20岁,表现为宽度及长度增加、高度降低,具体与年龄、性别、骨面型等多种因素有关<sup>[2]</sup>。研究显示同一个体中上颌后段可用间隙普遍多于下颌,男性多于女性,上颌可用空间从根分叉水平向根尖水平增加,即近牙冠水平的骨皮质为牙列远移的限制因素,且安氏Ⅱ类及Ⅲ类患者的可用空间均大于安氏Ⅰ类患者<sup>[13]</sup>。针对骨性Ⅱ类人群的进一步研究表明,不同垂直生长型人群中差异不大,这可能与上颌骨受到咬合力影响较小有关<sup>[17]</sup>。

需要注意的是,以上研究中不同个体间表现出较大差异,因此设计大量磨牙远移前需进行个性化评估。临床上常规参考侧位片或曲面断层片测量最后磨牙牙冠远中至下颌升支前缘或上颌结节的距离,但由于解剖结构的重叠、失真,该方法无法明确远移路径上的解剖学限制,通常认为侧位片下颌远移边界测量值小于3.9 mm时,需要依靠CBCT进行三维方向的评估、测量后确定磨牙远移目标量<sup>[9]</sup>。临床中可能存在初始即为根尖接触骨皮质的情况<sup>[18]</sup>,骨性Ⅰ类平均生长型的患者中,有1/3的比例为第二磨牙根尖接触舌侧骨板,而骨性Ⅲ类患者中此种情况较少见,此时应考虑是否采取其他方式获得间隙,也可尝试先对牙根转矩进行控制,使其离开骨皮质后再进行移动,实现远移。同时,由于上下颌骨后段走行不同,上下宽度可能不匹配<sup>[19]</sup>,医生应考虑终末位置的后牙覆盖,避免磨牙远移量实现后覆盖过小甚至形成反骀。在远移过程中应使用恰当的生物力学原理控制磨牙角度。以下颌为例,支抗钉辅助远移过程中力线通过磨牙阻力中心殆方,表现为牙冠远中倾斜,可以在下颌骨解剖限制内增加牙冠远中移动量,为前牙排齐及内收提供更多间隙,但此方式仅应用于初始角度为近中倾斜的磨牙,否则无法达到长期稳定的治疗效果;且远移时牙弓后段有扩弓作用,水平截面力线通过阻力中心颊侧,表现为牙冠颊向、牙根舌向转矩,因此需要注意调整牙弓形态、控制后牙颊舌向角度。即在临床实践中,正畸医生需依靠影像学检查及临床检查个性化评估磨牙的初始位置、远移空间及路径,应用合适的生物力学原理控制转矩使牙根脱离颊舌侧骨板进入骨

松质后,通过隐形牙套、固定矫治器、改良C形腭板<sup>[20-21]</sup>等配合头帽、支抗钉、颌间牵引等方式进行牙列的整体远中移动,达到功能、美观、稳定的治疗效果。

## 1.2 磨牙颊舌侧的骨皮质限制

Temple等<sup>[22]</sup>认为颊侧骨皮质厚度从前向后增加,除第二磨牙外,上颌骨颊侧骨皮质由冠方向根方减小,第一磨牙近颊根处厚度明显小于其他磨牙,相反,下颌骨颊侧骨皮质表现为由冠方向根方的增加。另有针对下颌第一磨牙处的研究显示根方颊舌侧骨板厚度均高于冠方,且远中根的颊舌侧骨板均较近中根更厚,舌侧骨板厚于颊侧<sup>[23]</sup>。Hu团队<sup>[3]</sup>的研究表现出相同趋势,也有研究认为下颌第二磨牙处颊侧骨板厚于舌侧<sup>[24]</sup>。但由于纳入对象等的不同,各研究中具体厚度有区别。目前,年龄及性别对颊舌侧骨板厚度是否有影响尚无统一观点。对于骨性Ⅲ类伴偏颌的人群,其颊侧骨板厚度小于对称的骨性Ⅰ类人群,上颌第一磨牙远颊根处差值为1.07~1.10 mm,下颌第一磨牙处远中为1.28~1.85 mm,近中0.72~1.21 mm, Hu团队<sup>[25]</sup>也支持这一观点。

在方案制定过程中,应参考初诊CBCT个性化确定牙齿横向的终末位置及角度,避免牙齿突破颊舌侧骨皮质引起的骨开窗、骨开裂,以保持长期稳定及软组织美学。同时也应考虑患者治疗过程中可能发生的颌骨生长,在可接受的范围内综合考量横向定位。生长发育过程中,上牙列宽度是限制下颌生长的重要因素,因此对于骨性不调的生长发育期儿童常选择上颌扩弓以促进下颌的矢状向发育,其中上颌快速扩弓是正畸中较为常用的方式,以组牙为支抗或辅助支抗钉实现腭中缝的打开,过程中常伴有牙冠颊向倾斜及颊侧骨皮质厚度减小等负效应。目前尚无充分循证医学证据表明支抗钉辅助的上颌快速扩弓对牙槽骨颊侧骨皮质厚度的损伤更小<sup>[26]</sup>,因此无论采用何种方式,治疗过程中都应监测后牙转矩及颊侧骨板厚度,避免医源性牙周附着丧失,必要时可辅助骨皮质切开术+植骨等降低牙周风险,促进颊舌侧骨板改建。总之,在方案制定及实施的过程中,正畸医生需关注后牙牙根的颊舌向位置及倾斜度,通过有计划的牙齿移动及必要的牙周辅助手术降低颊舌侧骨板骨开窗、骨开裂的风险,以实现治疗效果的长期稳定。

## 2 上颌窦底

上颌窦在不同个体甚至同一个体双侧的大小、形状、位置均有差异,窦底为覆盖有黏膜的薄层骨板,位于上颌牙槽骨顶部或深入到牙根之间,是与上颌后牙牙根关系极为密切的生理结构。上颌窦于胎儿晚期开始发育,出生时体积约 $3\text{ mm} \times 6\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ ,12岁开始至20岁左右,窦腔生理性扩张,根据扩张量不同其对上颌后牙的影响程度也不同,若窦底进入牙槽突形成牙槽骨凹陷,使牙根部分突入窦腔,即会成为牙齿矢状向及垂直向移动的解剖学限制,而正畸治疗常需要进行上后牙的近远中及垂直向移动,达到功能与美观的目标。因此在一些患者中,牙根穿越上颌窦的情况决定了治疗的可行性、治疗时间及效果。

针对韩国人的研究显示,上颌第二磨牙近颊根与窦底距离最小<sup>[27]</sup>,也有其他研究表明远颊根与窦底关系最为密切<sup>[28]</sup>。Von等<sup>[29]</sup>认为,对于瑞士人群,前磨牙存在与否、性别、年龄等因素对上颌窦底与前磨牙牙根间平均距离无明显影响。目前认为性别与年龄对上颌窦底与根尖距离有影响,男性距离相比女性更小,随着年龄增加距离也增加<sup>[30-31]</sup>。且不同骨面型窦底与牙根尖垂直向关系有所区别,骨性I类中国人群中根尖突入窦腔的比例较高<sup>[32]</sup>。医生需在正畸诊疗过程中进行个性化分析,通过CBCT评估窦底与牙根的关系,为方案的制定提供参考。

牙根穿越上颌窦的力学生物学基础与常规牙齿移动过程中的牙槽骨改建不同,表现为在牙周膜侧发生骨吸收之前,机械应力即传导至上颌窦侧,刺激窦侧成骨,以维持上颌窦骨壁厚度,而后牙周膜侧吸收,牙齿移动、牙周改建,牙移动的同时伴有少量牙根吸收。牙根吸收程度与遗传易感性、压低力水平、周围解剖结构、根尖与上颌窦底骨皮质距离等因素有关。正畸过程中,应使用轻力、持续力、增加M/F比值(即反向力偶矩M与作用于牙冠托槽的力F之比),尽量使旋转中心移动到距离根尖无穷远处,实现牙齿的整体移动,而上颌窦在牙齿移动方向上垂直向伸展至牙根前方时,难以实现整体移动。在关闭间隙过程中,应适当延长复诊间隔,在控制移动速度的同时,为牙槽骨改建提供充足时间,避免透明样变的发生<sup>[33]</sup>。可在牙冠移动完成后,使用正轴簧等附加装置轻力竖直牙齿,以达到牙根平行。有病例报道上颌后牙长期缺失后,上颌窦扩张至完全充满相邻牙

根之间的上颌牙槽骨缺陷的情况下,依然可以使用轻力、持续力关闭间隙,使牙根穿越上颌窦,治疗后部分扩张至釉牙骨质界水平的上颌窦腔缩小至根尖水平,且牙根周围有新骨形成<sup>[34]</sup>。即在临床实践中,使用轻力、持续力的原则、合适的生物力学原理并适当延长复诊时间,牙根可以穿越上颌窦底,牙齿移动也不受到上颌窦底位置的影响<sup>[35]</sup>,而在压入移动中,医生应关注上颌窦底的位置并明确潜在的牙根吸收的风险<sup>[36]</sup>。

## 3 下颌神经管

下颌神经管为下颌升支及下颌体部的解剖结构,起始于升支内侧的下颌孔,在下颌磨牙根方走行,内含下牙槽神经及同名血管,对于感觉、运动及营养有重要作用。下颌磨牙根尖与下颌神经管关系密切,在磨牙拔除、根尖外科手术、磨牙后区种植手术中,需要尤其注意该解剖结构,有病例报道下颌磨牙的转矩或压低移动可引起继发性下牙槽神经“麻醉”<sup>[37]</sup>。因此,正畸的磨牙移动过程中也应注意下颌神经管的限制。

基于CBCT的研究显示,不同磨牙根尖到神经管最短距离不同,第一磨牙平均为 $1.23\text{ mm}$ ,第二磨牙平均为 $0.64\text{ mm}$ ,第三磨牙平均为 $1.28\text{ mm}$ ;根尖到神经管上层骨皮质的距离表现为相同的趋势,第一磨牙平均为 $3.82\text{ mm}$ ,第二磨牙平均为 $1.4\text{ mm}$ ,即第二磨牙根尖与神经管的解剖关系最为密切,具体数值与年龄、性别等多种因素有关,女性第二磨牙近中根尖与神经管的距离小于男性,未成年群体的距离小于成年人,其中未成年女性的第二磨牙远中根尖到神经管距离最小,平均为 $0.64\text{ mm}$ <sup>[38]</sup>。这可能与未成年及女性的下颌骨体较小及下颌骨垂直向生长的持续时间较长有关。有研究使用重建后的CBCT测量距离,同样提示距离与年龄及性别有关,其中16%的第二磨牙牙根直接接触下颌神经管<sup>[39]</sup>。目前关于磨牙根尖与神经管垂直向距离的研究较少,Kosumarl等<sup>[40]</sup>测量重建后的CBCT发现,第二磨牙远中根尖的垂直向距离最小,平均为 $1.84\text{ mm}$ ,第一磨牙近中根的距离最大,平均为 $4.43\text{ mm}$ 。

以上研究开展于不同国家,且研究内部表现出明显的个体差异。同时,目前研究多关注磨牙根尖与神经管的最短距离,而牙齿移动三维方向上的距离研究较少。因此在临床实践中,应根据患者磨牙的具体移动方式对移动方向上的距离进

行测量,以明确目标位置能否实现及潜在风险,从而避免因牙齿移动,尤其是第二磨牙移动而产生的感觉异常、感觉迟钝或过敏等症状。对于初始情况即为根尖接触神经管的患者,应通过磨牙的转矩等移动离开神经管后再继续进行矢状向或垂直向移动。

除以上骨性结构外,软组织也会影响磨牙移动,如下颌磨牙后区软组织较厚,会阻碍牙齿远中移动甚至复发,当远中部分牙冠远移至龈瓣下时,可能发生软组织炎症,可放慢远移速度以促进软组织改建,必要时可行牙龈切除术。

#### 4 小结

总而言之,磨牙区的骨皮质、上颌结节、上颌窦底、下颌磨牙后区及下颌神经管等结构均是影响磨牙近中远、颊舌向及垂直向移动的重要因素,目前相关临床研究中这些解剖结构特征个体差异较大,医生在临床实践中需根据患者情况结合CBCT等影像学检查,个性化分析,制订出合理的治疗方案,尽可能规避这些解剖结构对磨牙移动的限制及带来的风险,从而提升正畸治疗的效果和长期稳定性。

**[Author contributions]** Yang YQ wrote the article. Zhao Q reviewed the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

#### 参考文献

- [1] Ashmore JL, Kurland BF, King GJ, et al. A 3-dimensional analysis of molar movement during headgear treatment[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2002, 121(1): 18-29, 29-30. doi: 10.1067/mod.2002.120687.
- [2] Oh YH, Park HS, Kwon TG. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2011, 139(4): 470-481. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.05.037.
- [3] Hu X, Huang X, Gu Y. A preliminary study of buccal and lingual alveolar bone thickness of posterior teeth in patients with skeletal Class III malocclusion and mandibular asymmetry[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2022, 162(1): 66-79. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.02.024.
- [4] Manea A, Dinu C, Băciuț M, et al. Intrusion of maxillary posterior teeth by skeletal anchorage: a systematic review and case report with thin alveolar biotype[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(13): 3787. doi: 10.3390/jcm11133787.
- [5] Espinosa DG, de Oliveira Moreira PE, da Sousa AS, et al. Stability of anterior open bite treatment with molar intrusion using skeletal anchorage: a systematic review and meta-analysis[J]. *Prog Orthod*, 2020, 21(1): 35. doi: 10.1186/s40510-020-00328-2.
- [6] Talens-Cogollos L, Vela-Hernández A, Peiró-Guijarro MA, et al. Unplanned molar intrusion after Invisalign treatment[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(4): 451-458. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.03.019.
- [7] Jing WD, Xu L, Li XT, et al. Prevalence of and risk factors for alveolar fenestration and dehiscence in the anterior teeth of Chinese patients with skeletal Class III malocclusion[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2021, 159(3): 312-320. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.11.018.
- [8] Sun L, Mu C, Chen L, et al. Dehiscence and fenestration of Class I individuals with normality patterns in the anterior region: a CBCT study[J]. *Clin Oral Invest*, 2022, 26(5): 4137-4145. doi: 10.1007/s00784-022-04384-2.
- [9] Kim SJ, Choi TH, Baik HS, et al. Mandibular posterior anatomic limit for molar distalization[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2014, 146(2): 190-197. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.04.021.
- [10] Choi YT, Kim YJ, Yang KS, et al. Bone availability for mandibular molar distalization in adults with mandibular prognathism[J]. *Angle Orthod*, 2018, 88(1): 52-57. doi: 10.2319/040617-237.1.
- [11] Fan Z, Zhang Q, Jiang Y, et al. Mandibular retromolar space in adults with different sagittal skeletal patterns[J]. *Angle Orthod*, 2022, 92(5): 606-612. doi: 10.2319/112021-854.1.
- [12] Kim SH, Cha KS, Lee JW, et al. Mandibular skeletal posterior anatomic limit for molar distalization in patients with Class III malocclusion with different vertical facial patterns[J]. *Korean J Orthod*, 2021, 51(4): 250-259. doi: 10.4041/kjod.2021.51.4.250.
- [13] Kim KJ, Park JH, Chang NY, et al. A cone-beam computed tomography evaluation of posterior available space in both arches relative to various skeletal patterns[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2022, 161(6): 798-808. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.01.031.
- [14] Vinay G, Mangala Gowri SR, Anbalagan J. Sex determination of human mandible using metrical parameters[J]. *J Clin Diagn Res*, 2013, 7(12): 2671-2673. doi: 10.7860/JCDR/2013/7621.3728.
- [15] Nguyen A, Caplin J, Avenetti D, et al. A longitudinal assessment of sex differences in the growth of the mandibular retromolar space [J]. *Arch Oral Biol*, 2022, 143: 105547. doi: 10.1016/j.archoralbio.2022.105547.
- [16] Guo X, Gao Y, Zhang F, et al. Assessment of mandibular retromolar space in adults with regard to third molar eruption status[J]. *Clin Oral Invest*, 2023, 27(2): 671-680. doi: 10.1007/s00784-022-04782-6.
- [17] Hui VLZ, Xie Y, Zhang K, et al. Anatomical limitations and factors influencing molar distalization[J]. *Angle Orthod*, 2022, 92(5): 598-605. doi: 10.2319/092921-731.1.
- [18] Chen CL, Chen CH, Pan CY, et al. Cone beam computed tomographic analysis of the spatial limitation during mandibular arch distalization[J]. *BMC Med Imaging*, 2020, 20(1): 39. doi: 10.1186/s12880-020-00441-y.
- [19] Chen W, Zeng H, Sun L, et al. Match of the bimaxillary basal bone arches and its variations among individuals[J]. *Scanning*, 2021, 2021: 9625893. doi: 10.1155/2021/9625893.
- [20] Kim S, Lee NK, Park JH, et al. Treatment effects after maxillary to-

- tal arch distalization using a modified C-palatal plate in patients with Class II malocclusion with sinus pneumatization[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2022, 162(4): 469-476. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.04.033.
- [21] Lim HJ, Kim Y, Park JH, et al. Cephalometric and model evaluations after molar distalization using modified C-palatal plates in patients with severe arch length discrepancy[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2022, 162(6): 870-880. doi: 10.1016/j.ajodo.2021.07.024.
- [22] Temple KE, Schoolfield J, Noujeim ME, et al. A cone beam computed tomography (CBCT) study of buccal plate thickness of the maxillary and mandibular posterior dentition[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2016, 27(9): 1072-1078. doi: 10.1111/clr.12688.
- [23] Sampermans G, Sawaljanow A, Proff P, et al. Ideal transverse position of mandibular first molars based on CBCT-derived alveolar bone coverage[J]. *Ann Anat*, 2022, 241: 151908. doi: 10.1016/j.aanat.2022.151908.
- [24] Porto OCL, Silva BSF, Silva JA, et al. CBCT assessment of bone thickness in maxillary and mandibular teeth: an anatomic study[J]. *J Appl Oral Sci*, 2020, 28: e20190148. doi: 10.1590/1678-7757-2019-0148.
- [25] Hu X, Huang X, Gu Y. Assessment of buccal and lingual alveolar bone thickness and buccolingual inclination of maxillary posterior teeth in patients with severe skeletal Class III malocclusion with mandibular asymmetry[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2020, 157(4): 503-515. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.04.036.
- [26] 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. doi: 10.1093/ejo/ejaa040.
- [27] Jang JK, Kwak SW, Ha JH, et al. Anatomical relationship of maxillary posterior teeth with the sinus floor and buccal cortex[J]. *J Oral Rehabil*, 2017, 44(8): 617-625. doi: 10.1111/joor.12525.
- [28] Kwak HH, Park HD, Yoon HR, et al. Topographic anatomy of the inferior wall of the maxillary sinus in Koreans[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2004, 33(4): 382-388. doi: 10.1016/j.ijom.2003.10.012.
- [29] von Arx T, Fodich I, Bornstein MM. Proximity of premolar roots to maxillary sinus: a radiographic survey using cone-beam computed tomography[J]. *J Endod*, 2014, 40(10): 1541-1548. doi: 10.1016/j.joen.2014.06.022.
- [30] Wu X, Cai Q, Huang D, et al. Cone-beam computed tomography-based analysis of maxillary sinus pneumatization extended into the alveolar process in different age groups[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 393. doi: 10.1186/s12903-022-02445-2.
- [31] Syverson A, Li C, Zheng Z, et al. Maxillary sinus dimensions in skeletal Class II population with different vertical skeletal patterns[J]. *Clin Oral Invest*, 2022, 26(7): 5045-5060. doi: 10.1007/s00784-022-04476-z.
- [32] Abdulghani EA, Alhammadi MS, Al-Sosowa AA, et al. Three-dimensional assessment of the favorability of maxillary posterior teeth intrusion in different facial patterns limited by the vertical relationship with the maxillary sinus floor[J]. *Clin Oral Invest*, 2022, 26(7): 4905-4915. doi: 10.1007/s00784-022-04458-1.
- [33] Cha S, Zhang C, Zhao Q. Treatment of Class II malocclusion with tooth movement through the maxillary sinus[J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2020, 157(1): 105-116. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.08.027.
- [34] Oh H, Herchold K, Hannon S, et al. Orthodontic tooth movement through the maxillary sinus in an adult with multiple missing teeth [J]. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 2014, 146(4): 493-505. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.03.025.
- [35] Sinha SP, Bajracharya M, Huang CS, et al. Does the floor of the maxillary sinus affect tooth movement for premolar extraction space closure?[J]. *Clin Oral Invest*, 2023, 27(1): 299-304. doi: 10.1007/s00784-022-04723-3.
- [36] Abdulghani EA, Alhammadi MS, Al-Sosowa AA, et al. Three-dimensional assessment of the favorability of maxillary posterior teeth intrusion in different facial patterns limited by the vertical relationship with the maxillary sinus floor[J]. *Clin Oral Invest*, 2022, 26(7): 4905-4915. doi: 10.1007/s00784-022-04458-1.
- [37] Mahmood H, Stern M, Atkins S. Inferior alveolar nerve anaesthesia: a rare complication of orthodontic tooth movement[J]. *J Orthod*, 2019, 46(4): 374-377. doi: 10.1177/1465312519879703.
- [38] Puciło M, Lipski M, Sroczyk-Jaszczyńska M, et al. The anatomical relationship between the roots of erupted permanent teeth and the mandibular canal: a systematic review[J]. *Surg Radiol Anat*, 2020, 42(5): 529-542. doi: 10.1007/s00276-019-02404-7.
- [39] Aksoy U, Aksoy S, Orhan K. A cone-beam computed tomography study of the anatomical relationships between mandibular teeth and the mandibular canal, with a review of the current literature [J]. *Microsc Res Tech*, 2018, 81(3): 308-314. doi: 10.1002/jemt.22980.
- [40] Kosumarl W, Patanaporn V, Jotikasthira D, et al. Distances from the root apices of posterior teeth to the maxillary sinus and mandibular canal in patients with skeletal open bite: a cone-beam computed tomography study[J]. *Imaging Sci Dent*, 2017, 47(3): 157-164. doi: 10.5624/isd.2017.47.3.157.

(编辑 张琳)



官网