

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.15.048

腭中缝区骨密度在口腔领域的研究现状

沙比然·乃吉米丁, 殷婷, 阮晓慧

(新疆医科大学第二附属医院口腔科, 新疆 乌鲁木齐 830063)

[摘要] 腭中缝作为上颌骨腭空间的重要联结, 不仅是硬腭的关键构成, 更与正畸扩弓的成效紧密相连。对于上颌横向发育不足的患者, 准确地评估腭中缝成熟度的最佳时期是上颌横向扩弓治疗成功的决定因素。目前对腭中缝状态的评估多为定性评估, 而测量腭中缝区骨密度比率成为了一种新的评价腭中缝成熟度的定量评估方法, 本文通过回顾现有文献, 对腭中缝区骨密度在口腔领域的研究现状作一综述, 以期为正畸临床医师的临床决策提供参考。

[关键词] 腭中缝; 腭中缝区骨密度; 口腔领域; CBCT; 上颌横向发育不足

[中图分类号] R78

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)15-0195-04

Research Status of Midpalatal Suture Bone Density in Oral Field

Shabiran·Najimiding, YIN Ting, RUAN Xiaohui

(Department of Stomatology, the Second Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830063, Xinjiang, China)

[Abstract] The midpalatal suture, as an important connection between the palatine processes of maxilla, is not only a key component of the hard palate, but also closely related to the efficacy of orthodontic expansion. For patients with maxillary transverse deficiency, accurately evaluating the optimal period of midpalatal suture maturity is a decisive factor for the success of maxillary transverse expansion treatment. Currently, the evaluation of midpalatal suture status is mostly qualitative, while measuring the midpalatal suture density ratio has become a new quantitative method to evaluate midpalatal suture maturity. This review synthesizes the current literature on midpalatal suture bone density in oral field, aiming to provide evidence-based guidance for orthodontic clinicians.

[Key words] Midpalatal suture; Midpalatal Suture Bone Density; Oral field; CBCT; Maxillary transverse deficiency

上颌横向发育不足(maxillary transverse deficiency)是口腔正畸临床中常见的错颌畸形之一, 其治疗关键在于通过快速扩弓(rapid maxillary expansion, RME)有效打开腭中缝, 以促进上颌骨横向发育。然而, 腭中缝的成熟度直接影响扩弓疗效, 尤其是对于青春期及成年患者, 腭中缝的骨化程度可能显著增加扩弓阻力, 甚至导致治疗失败。因此, 准确评估腭中缝的成熟状态是制定个性化治疗方案的重要依据。目前, 腭中缝成熟度的评估方法主要包括定性^[1]分类(如Angelieri提出的MSM分期)和定量^[2]测量(如骨密度测量)。传统定性方法依赖视觉判

断, 存在主观性强、重复性不足的问题; 而定量方法如锥形束CT(CBCT)技术的应用, 为腭中缝区骨密度的精确测量提供了新途径。近年来, 有学者提出^[2], 腭中缝区骨密度比率(midpalatal suture density ratio, MPSDr)作为一种客观量化指标, 显示出对RME疗效的预测潜力, 但相关研究仍处于探索阶段, 其临床应用价值及标准化流程尚需进一步验证。基于此, 本文系统回顾腭中缝区骨密度的生物学基础、测量方法及其在口腔正畸领域的应用现状, 重点探讨MPSDr的临床价值与局限性, 以期为正畸医师的临床决策提供参考。

第一作者: 沙比然·乃吉米丁(1997.12-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士研究生, 主要从事口腔正畸方面研究

通讯作者: 阮晓慧(1979.2-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士, 主任医师, 主要从事口腔正畸方面研究

1 腭中缝的解剖与生理特点

腭中缝 (median palatine suture) 位于硬腭正中线上, 由上颌骨腭突 (前3/4) 和腭骨水平板 (后1/4) 在中线融合形成。出生时未完全骨化, 存在结缔组织缝隙, 随年龄增长而渐趋骨化直至闭合^[3]。关于腭中缝的发育情况, 已有学者^[4]通过人体标本组织学研究实现了定性及定量分析, 骨性闭合过程呈现从后向前进行的年龄依赖性特征——虽然整体闭合率极低, 但存在显著的个体间及个体内差异。Melsen B^[5]将出生至18岁期间的缝线骨化进程划分为3个阶段, 随年龄增长两侧腭突间相互嵌合的蜿蜒程度增加, 同时伴随缝线宽度减小的特征。Tschechne S^[6]2005年基于155例人类头骨研究, 明确了腭中缝随年龄增长的形态学变化, 发现腭中缝的位置会随着年龄增长在矢状向和垂直向发生改变。在上颌骨向前侧移位的同时, 腭中缝会出现骨量缺损, 随后通过骨缝生长来填补上颌移位造成的骨量不足。这种骨缝生长最初发生在前侧的上颌部分——7岁前该部位的生长量是后侧的5倍, 12岁前仍保持2.5倍的差距。随后几年间, 骨缝生长在质与量上均发生转变, 至19岁时, 上颌侧的骨缝生长量仅为后侧的1/10。此外, 12~19岁骨缝生长量仅占19岁前总生长量的约20%。可以推测, 12岁后显著降低的生长速率会大幅增加横腭缝骨化闭合的倾向, 从而显著增强其刚性。这一点与Kinzingier GSM等^[4]研究中也得到了印证。当腭中缝生长停止后, 原本的结缔组织逐渐被钙化组织替代, 腭中缝开始逐渐融合。该过程因人而异, 绝大多数人在20岁之后腭中缝才开始加速融合; 但直至25岁, 腭中缝平均闭合指数 (obliteration index) 才达到5%^[7]。

2 腭中缝骨密度的生物学基础及研究方法

骨密度全称为骨矿物质密度 (bone mineral density, BMD), 由遗传、环境等相互作用决定。骨矿物质密度反映了骨量, 也反映了骨的矿化程度, 是衡量骨骼坚韧程度的核心指标, 对于评估骨骼健康状况至关重要^[8]。根据测量方式和维度的不同, 骨密度可被细致划分为面积骨密度 (areal bone mineral density, aBMD) 与体积骨密度 (volumetric bone mineral density, vBMD) 两大类

别。在骨密度的诸多测量方法之中, 单光子吸收测定 (single photon absorptiometry, SPA)、双能X线吸收 (dualenergy X-ray absorptiometry, DXA)、定量CT (quantitative computed tomography, QCT)、定量磁共振 (quantitative magnetic resonance, QMR) 等各自占据着独特地位。SPA以其高度的精确性在测量领域内备受推崇, 而DXA则凭借其广泛的适用性成为临床检测中的主流手段^[9]。DXA以其操作便捷、成本低廉和普及度高等优势在骨密度测量领域占据主导地位^[10-12], 在这种情况下不可忽视的是, 诸如骨赘的形成和骨外组织的钙化等复杂因素, 都可能对其测量的精确度构成一定程度的挑战^[13]。近年来, 定量CT技术 (QCT) 在骨密度测量领域异军突起, 其能够清晰地区分松质骨与皮质骨, 进而实现对骨骼结构在三维空间上的全面评估, 这无疑为骨密度的精准测量提供了新的视角。因此, 一种利用计算机断层扫描 (CT) 图像的Hounsfield单位 (HU) 值来评估BMD的方法, 已然成为当前研究的热点^[14-16]。这一方法不仅能够灵活选择感兴趣的区域进行测量, 且大量研究表明^[17-19], HU值与DXA测量的骨密度之间存在着显著的正相关关系, 这进一步验证了其作为骨密度评估手段的有效性和可靠性。随着医学技术的不断革新与突破, 骨密度的测量方法正逐步迈向更为精确与全面的新阶段。

随着CT技术在口腔医学领域的广泛运用, 正畸医师对腭中缝的探索也已深入到三维层面。相较于传统的X线片, CT凭借其卓越的穿透力, 有效消除了周围结构的遮挡, 这种方式可以使得对腭中缝的观察与测量更为精准。这不仅有助于量化扩弓的骨性效应, 还能对腭中缝的成熟度进行定性^[20]与定量^[21]评估, 为临床医师在选择传统RME或手术辅助扩容方案时提供了科学依据, 极大地提升了正畸治疗的精准度与安全性。Gr ü nheid T等^[2]提出了一种创新的骨骼反应预测手段, 即利用锥形束CT (CBCT) 技术测量MPSPDr。该方法通过对比腭中缝与软腭的灰密度值, 并计算其比值, 实现了对腭中缝钙化情况的精确量化, 有效降低了传统肉眼评估可能引入的主观误差, 为正畸治疗提供了更为可靠的科学依据。

3 腭中缝骨区密度的测量方法及影响因素

骨密度增加会提升骨骼的抗折性,包括腭中缝的分离抗力。因此,这种增强的抗力使骨缝更能承受外力,从而可能降低快速扩弓疗效或导致治疗失败。Gr ünheid T等^[2]提出,MPSDr相较于腭中缝成熟度(MSM)和颈椎成熟阶段(CVM)能更可靠地预测RME疗效,因其客观量化了腭中缝的骨性阻力。研究表明^[22, 23],腭中缝区骨密度随腭中缝成熟度及年龄增长而增加,尤其在MSM的D-E阶段或成年患者中更为显著。高骨密度可能增加扩弓阻力,导致磨牙颊倾等副作用^[24]。由此可见,青少年患者更适宜非手术RME,而成人可能需要辅助手术。由上述研究可知,MPSDr是评估RME可行性的重要预测指标之一。

3.1 腭中缝区骨密度的测量方法 Gr ünheid T等^[2]认为,依据锥形束CT计算出的MPSDr有助于了解患者就诊时的腭中缝骨化闭合状态,是一个更加客观、准确的定量指标,相比年龄、颈椎骨龄(cervical vertebral maturation, CVM)、MPS可能更具有临床实用意义与可靠性。具体方法是在校正头位后,在锥形束CT横断面腭中缝处选择一个6 mm宽的区域,从切牙孔远中至第一磨牙远中,计算腭中缝平均灰度(GDs)。同时在上颌骨腭突以及软腭处分别选取4 mm正方形区域,计算平均灰度(GDppm和GDsp)。最后根据公式计算得到MPSDr,公式为: $MPSDr = (GDs - GDsp) / (GDppm - GDsp)$ 。

3.2 影响腭中缝区骨密度的因素 年龄是影响腭中缝区骨密度的最主要因素之一。王悠扬等^[24]研究表明,从儿童期到青春期,腭中缝区骨密度呈现逐渐增加的趋势,这与全身骨骼系统的发育规律相一致。然而,进入成年期后,骨密度的变化模式变得更为复杂,受到激素水平、机械负荷和全身健康状况等多重因素的影响。腭中缝的钙化程度对MPSDr有着重要影响。当腭中缝的钙化程度较低时,MPSDr值接近于0,此时腭骨与软腭的灰度值较为接近,而当腭中缝的钙化程度较高时,MPSDr值接近于1,腭骨与上颌骨腭突的灰度值较为接近。通过观察MPSDr的数值,可以间接反映出腭中缝的钙化程度,从而进一步了解骨骼结构的情况。研究发现^[25],MPSDr与腭中缝打开量之间并没有明显的相关性或者相关性较弱。也有研

究表明^[2],MPSDr与传统上颌快速扩弓对腭骨的影响呈明显负相关,该研究发现上颌快速扩弓后,腭骨两侧的大孔间打开量与螺旋扩大器打开量之间的比值(GPFp,即骨性效应占比)可以通过以下公式来计算, $GPFp = -0.60 \times MPSDr + 0.50$ 。根据这个公式计算得出,当MPSDr大于0.83时,传统上颌快速扩弓的方法将无法有效地打开腭中缝。MPSDr值可作为评估腭中缝闭合程度的有效指标,与个体生长发育具有显著相关性^[26]。

4 当前研究的不足与未来展望

尽管腭中缝区骨密度研究取得了一定进展,但仍存在诸多挑战。首先,缺乏统一的测量标准和评估方法,导致不同研究结果难以直接比较。其次,现有研究多局限于横断面设计,缺乏长期随访数据来阐明骨密度的动态变化规律。未来研究应着重于建立标准化的腭中缝区骨密度测量和分级系统,开展大样本、多中心的纵向研究。

5 总结

MPSDr可更精准预测上颌快速扩张过程中腭中缝的打开状态,这一优势对正畸治疗中的医患双方均具有重要价值。对医生而言,通过MPSDr提前明确腭中缝的预期打开量,能够更科学地制定个体化治疗方案,减少因治疗参数估算偏差导致的额外操作,进而减轻患者治疗过程中的痛苦与不适感;对患者而言,基于精准预测可更清晰地认知治疗流程与预期进展,有助于增强对治疗的信心,提升治疗依从性。总之,MPSDr为正畸领域的技术发展提供了新的思路与方法。未来若能进一步完善该研究成果,推动其在临床实践中的广泛应用,将为更多需接受正畸治疗的患者提供更优质的治疗支持。

[参考文献]

- [1]Angelieri F,Cevdanes LH,Franchi L,et al.Midpalatal suture maturation:classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion[J].Am J Orthod Dentofacial Orthop,2013,144(5):759-769.
- [2]Gr ünheid T,Larson CE,Larson BE.Midpalatal suture density ratio:A novel predictor of skeletal response to

- rapid maxillary expansion[J].*Am J Orthod Dentofacial Orthop*,2017,151(2):267-276.
- [3]林嘉兴,吕晨星,贺红.腭中缝评估方法及临床应用的研究进展[J].*中华口腔医学杂志*,2022,57(12):1266-1271.
- [4]Kinzinger GSM,Hourfar J,Buschhoff C,et al.Age-dependent interactions of maxillary sutures during RME and their effects on palatal morphology:CBCT and dental cast analysis[J].*J Orofac Orthop*,2022,83(6):412-431.
- [5]Melsen B.Palatal growth studied on human autopsy material:a histologic microradiographic study[J].*Am J Orthod*,1975,68(1):42-54.
- [6]Tschechne S.Die sagittale Entwicklung des Oberkiefers[M]. Berlin:Görrich und Weiershäuser,2005.
- [7]Persson M,Thilander B.Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age[J].*Am J Orthod*,1977,72(1):42-52.
- [8]Zhou YS,Song JK,Zheng ZJ,et al.Heel bone mineral density and various oral diseases:a bidirectional Mendelian randomization[J].*J Bone Miner Metab*,2023,41(5):673-681.
- [9]Ulivieri FM,Rinaudo L.Beyond Bone Mineral Density:A New Dual X-Ray Absorptiometry Index of Bone Strength to Predict Fragility Fractures,the Bone Strain Index[J].*Front Med (Lausanne)*,2021,7:590139.
- [10]Ho-Pham LT,Nguyen UDT,Nguyen TV.Association between lean mass,fat mass,and bone mineral density:a meta-analysis[J].*J Clin Endocrinol Metab*,2014,99(1):30-38.
- [11]Stojanović E,Radovanović D,Dalbo VJ,et al.Basketball players possess a higher bone mineral density than matched non-athletes,swimming,soccer,and volleyball athletes:a systematic review and meta-analysis[J].*Arch Osteoporos*,2020,15(1):123.
- [12]Mora S,Goodman WG,Loro ML,et al.Age-related changes in cortical and cancellous vertebral bone density in girls:assessment with quantitative CT[J].*AJR Am J Roentgenol*,1994,162(2):405-409.
- [13]张羽,张宗军,刘许慧,等.胸椎定量CT和腰椎双能X线吸收检测仪对绝经后女性骨质疏松症的诊断差异[J].*放射学实践*,2022,37(10):1205-1210.
- [14]Booz C,Noeske J,Albrecht MH,et al.Diagnostic accuracy of quantitative dual-energy CT-based bone mineral density assessment in comparison to Hounsfield unit measurements using dual x-ray absorptiometry as standard of reference[J].*Eur J Radiol*,2020,132:109321.
- [15]Zhang RJ,Li HM,Gao H,et al.Associations between the hounsfield unit values of different trajectories and bone mineral density of vertebrae:cortical bone and traditional trajectories[J].*Am J Transl Res*,2020,12(7):3906-3916.
- [16]Yaprak G,Gemici C,Seseogullari OO,et al.CT Derived Hounsfield Unit:An Easy Way to Determine Osteoporosis and Radiation Related Fracture Risk in Irradiated Patients[J].*Front Oncol*,2020,10:742.
- [17]Schreiber JJ,Anderson PA,Hsu WK.Use of computed tomography for assessing bone mineral density[J].*Neurosurg Focus*,2014,37(1):E4.
- [18]Zou D,Li W,Xu F,et al.Use of Hounsfield units of S1 body to diagnose osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases[J].*Neurosurg Focus*,2019,46(5):E6.
- [19]Zou D,Li W,Deng C,et al.The use of CT Hounsfield unit values to identify the undiagnosed spinal osteoporosis in patients with lumbar degenerative diseases[J].*Eur Spine J*,2019,28(8):1758-1766.
- [20]Acar YB,Motro M,Erverdi AN.Hounsfield Units:a new indicator showing maxillary resistance in rapid maxillary expansion cases?[J].*Angle Orthod*,2015,85(1):109-116.
- [21]Christovam IO,Lisboa CO,Vilani GNL,et al.Tomographic analysis of midpalatal suture prior to rapid maxillary expansion[J].*Dental Press J Orthod*,2021,26(3):e2119300.
- [22]Betlej A,Gandhi V,Upadhyay M,et al.Variability of the maxillary suture maturation and density in the subjects with different sex and growth status[J].*Clin Anat*,2021,34(3):357-364.
- [23]Aleesh MM,Rajeh NA,Aleesh AM.Evaluating the impact of various predictors on rapid maxillary expansion (RME) success[J].*Clin Oral Investig*,2025,29(6):325.
- [24]王悠杨,彭友俭.MPSDr与腭中缝生长发育状态的相关性研究[J].*临床口腔医学杂志*,2025,41(2):86-90.
- [25]Titus S,Larson BE,Grünheid T.Midpalatal suture density ratio:Assessing the predictive power of a novel predictor of skeletal response to maxillary expansion[J].*Am J Orthod Dentofacial Orthop*,2021,159(2):e157-e167.
- [26]郑英泽,范存晖,刘洋,等.颈椎骨龄与腭中缝骨密度比率的相关性研究[J].*中华口腔正畸学杂志*,2023,30(2):61-65