[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2020.10.003

・基础研究・

根管峡部牙本质的结构与矿物质含量及显微硬度 的研究

姚清婷1, 李军2, 李姝慧3

 新疆医科大学,新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐(830000);
 2. 新疆维吾尔自治区人民医院口腔颌面外科,新疆维 吾尔自治区 乌鲁木齐(830000);
 3. 新疆维吾尔自治区人民医院口腔科,新疆维吾尔自治区 乌鲁木齐(830000)

【摘要】目的 对比研究有无根管峡部单根前磨牙根部牙本质的结构、矿物质含量及显微硬度的差异。 方法 收集有根管峡部的单根前磨牙30颗(实验组)和无根管峡部的单根前磨牙30颗(对照组),采用扫描电 子显微镜、X线能谱仪、维氏显微硬度仪对两组前磨牙根部牙本质进行结构观察、矿物质含量以及显微硬度 测试比较。结果 实验组根管峡部位置牙本质小管不明显,结构排列紊乱,对照组无根管峡部前磨牙牙根相对 应位置根管壁牙本质小管排列规则,管腔开口清晰;实验组牙本质Ca、P含量及Ca/P比值低于对照组(P< 0.05);实验组牙本质显微硬度低于对照组(P<0.05)。结论 根管峡部牙本质结构发生改变,Ca、P含量及显微 硬度偏低。根管峡部是牙根的薄弱环节,可削弱根部牙体硬组织抗力,可能是导致牙根纵裂发生的因素之一。

【关键词】 根管峡部; 牙根纵裂; 牙本质; 微观结构; 矿物质分布; 显微硬度; X线能谱仪分析; 元素含量



【中图分类号】 R78 【文献标志码】 A 【文章编号】 2096-1456(2020)10-0630-05 ##&#?(%要要多》 & R#(4) (SBD) 【引用著录格式】 姚清婷, 李军, 李姝慧. 根管峡部牙本质的结构与矿物质含量及显微硬度的研究[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(10): 630-634.

Study of root canal isthmus dentin structure and mineral content and microhardnessYAO Qingting¹, LIJun², LI Shuhui³.1. Xinjiang Medical University, Urumchi 830000, China;2. Department of Oral and MaxillofacialSurgery, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi 830000, China;3. Department of Stoma-
tology, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi 830000, China

Corresponding author: LI Shuhui, Email: 27045899@qq.com, Tel: 86-991-8564187

(Abstract) Objective To investigate the differences in dentin structure, mineral content and microhardness of single premolar roots with or without an isthmus. **Methods** Thirty single-root premolars with a canal isthmus (experimental group) and thirty single-root premolars without a canal isthmus (control group) were collected and analyzed by scanning electron microscopy, X-ray energy spectrometry and a Vickers microhardness tester. Structure, mineral content and microhardness were compared. **Results** In the experimental group, the dentinal tubules were not obvious, and the structure was disordered. In the control group, the dentin tubules of the root canal wall were arranged regularly, and the lumen opening was clear. The Ca and P contents and Ca/P ratio of the experimental group were lower than those of the control group (P < 0.05). The microhardness of the root canal isthmus was changed, and the Ca, P contents and microhardness were low. The root canal isthmus was a weak link in the root, which could weaken the resistance of the hard tissue of the root tooth, which may be one of the important factors that could cause vertical root fracture.

[Key words] root canal isthmus; vertical root fracture; dentin; microstructure; mineral content; microhardness; X-ray energy spectrometer analysis; element content

J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(10): 630-634.

 $- \bigcirc -$

[【]收稿日期】2019-11-24; 【修回日期】2020-03-01

[【]基金项目】新疆维吾尔自治区卫生计生委青年医学科技人才专项科研项目(WJWY-201806);国家自然科学基金(81960207)

[【]作者简介】姚清婷, 医师, 硕士研究生, Email: 601925319@qq.com

[【]通信作者】李姝慧,副主任医师,博士,Email:27045899@qq.com,Tel:86-991-8564187

Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases Vol.28 No.10 Oct. 2020 http://www.kqjbfz.com · 631 ·

根管峡部(root canal isthmus, RCI)是指同一牙 根内两个根管之间含有牙髓组织的狭窄的、带状 或网状连通结构^[1]。牙根纵裂(vertical root fracture, VRF)是指局限于牙根部的纵向劈裂^[2],表现 为完全裂或不完全裂,预后较差。牙根纵裂的病 因较复杂,主要与根管预备和充填过程中对根管 壁的压力传递、根管内桩核修复、根管峡部的存在 以及咀嚼力过大等因素有关[3-5]。研究表明根管峡 部是牙根的一个天然的薄弱环节,而根部牙本质 的力学性能和牙根的形态是影响牙根纵裂发生的 重要因素^[6]。目前国内外有许多关于根管治疗过 程中根管清洁程度及充填效果等与根管峡部关系 的研究[7-8],涉及根管峡部牙本质的结构、矿物质含 量及显微硬度的研究鲜有报道。本文对比研究有 无根管峡部单根前磨牙根部牙本质的结构、矿物 质含量及显微硬度的差异,为探讨根管峡部与牙 根纵裂发生的相关性提供基础,以及临床上牙根 纵裂的防治研究提供新思路。

1 材料与方法

1.1 标本收集、处理

经新疆维吾尔自治区人民医院伦理委员会批 准(伦审号:KY2018011856),在患者签署知情同意 表的情况下收集在口腔科就诊因正畸或牙周病拔 除的单根前磨牙160颗。牙齿符合以下标准:①牙 体组织基本完整,不影响根管形态完整性;②根尖 已发育完全,无内外牙根吸收;③未行根管治疗, 根管无钙化。标本处理:使用Gracey龈下刮治器 去除牙齿表面附着的软组织和牙石,γ射线照射 消毒。

1.2 标本选取与分组

先对所有离体牙用口腔X射线机(KO-DAK2100,法国)拍摄正、侧位X线片,进一步确定 根尖发育完全,根管无钙化,筛选出单、双根管牙, 将X线片挑选出的离体牙沿牙体长轴垂直放置在 一个X射线透射的聚苯乙烯泡沫标本架里,并用 棉球固定,标本架垂直放在锥形束CT扫描仪(Kavo 3D eXam,美国)的标本转台上,扫描层厚为0.10 mm。轴向断层扫描牙体从根管口至根尖,观察横 截面根管数目、有无根管峡部及其分布情况,当扫 描轴位图像显示两根管之间狭窄的带状通道时, 则记录为有根管峡部。选取距离根尖3~6 mm 区 段内存在峡部的单根双根管前磨牙30颗作为实验 组,无根管峡部单根管前磨牙30颗作为对照组。 将所有标本浸泡在含0.5%(质量/体积)麝香草酚的Hank's平衡盐溶液中,保存于4℃冰箱中备用。 1.3 实验方法 1.3.1 扫描电镜观察 对2组标本进行不同浓度 酒精梯度脱水,干燥,将标本用导电胶和碳导电胶 带固定于圆形金属底座上,然后使用离子溅射仪 (E-1045,日立高新技术有限公司,日本)进行表 面喷金镀膜,持续约20min,将喷金完成的标本 分别置于扫描电镜(LEO1430VP,德国),由低倍镜 (×1000)下定位观察逐渐转换至高倍镜(×5000), 观察纵剖面根部牙本质显微结构,实验组观察距 根尖3~6mm区段内管间峡部牙本质结构,对照 组观察距根尖3~6mm区段内管壁表面牙本质 结构。

1.3.2 X 线能谱仪分析 用 X 线能谱仪(OX-FORD,英国)对扫描电镜观察区域的两组标本进行牙本质元素分布测定及含量检测。测定各元素 重量百分比,每个标本测试5次,取平均值作为结果,并计算Ca、P含量比值。

1.3.3 显微硬度测试 将2组各选取的30颗牙齿 沿颊舌向牙体长轴先磨出深约2mm浅槽,不穿通 根管壁,用凿子纵向劈开,丙烯酸树脂镶嵌固定,碳 化硅砂纸打磨抛光,体式显微镜(XTL-165-LB,凤凰 光学,江西)下放大观察两组标本确定根部剖面无 破坏,将标本剖面向上放置在维氏显微硬度仪 (HXD-1000,BAHENS,上海)载物台上,实验组在距 离根尖3~6mm区段内管间峡部牙本质上测定3 个点,对照组在根管壁距离根尖3~6mm区段内 测定3个点,载荷100g,加载保持15s,检测每个点 显微硬度值,取3点平均值作为该标本的显微硬 度值。

1.4 统计学分析

应用 SPSS 23.0 软件对所有实验数据进行统计 学分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示,对数据进行 独立样本t检验分析,以P < 0.05为差异具有统计 学意义。

2 结 果

 $- \oplus$

2.1 扫描电镜观察根部牙本质显微结构

实验组根部管间峡区牙本质结构紊乱,呈无 定型结构或未见牙本质小管轮廓,管间牙本质及 管周牙本质结构无序,表面被非晶态钙化物或交 错的矿化纤维束覆盖(图1a~1b);对照组根管壁 牙本质结构致密,牙本质小管呈椭圆形,小管排列 规则,管腔开口明显,管间牙本质及管周牙本质清 晰可见(图1c~1d)。与对照组相比,实验组牙本

质小管数目明显减少,小管直径较小,结构排列紊 乱且形态不规则。


a: root canal isthmus structure of the experimental group (× 1 000); b: root canal isthmus structure of the experimental group (× 5 000); c: root dentin structure of the control group (× 1 000);
d: root dentin structure of the control group (× 5 000)
Figure 1 Longitudinal section root dentin microstructure

图1 纵剖面根部牙本质显微结构

2.2 牙本质元素含量的分析

两组标本用X线能谱仪测定牙本质元素分布, 结果显示在能谱中可以观察到元素Ca、P、O、C、 Na、Mg的信号,Ca、P信号峰值最明显,P的信号峰 值略低于Ca;对照组Ca、P信号峰值较实验组强烈 (图2)。牙本质元素定量结果显示实验组Ca、P重 量百分比及Ca/P比值均低于对照组,而C重量百 分比高于对照组,差异具有统计学意义(P<0.05, 表1)。

2.3 显微硬度测试

实验组峡部牙本质的显微硬度值为(50.56 ± 0.79) kgf/m²,对照组管壁牙本质的显微硬度值为(52.06 ± 0.65) kgf/m²,实验组显微硬度值显著低于对照组,差异具有统计学意义(*t* = -7.973,*P* < 0.001)。



Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases Vol.28 No.10 Oct. 2020 http://www.kqjbfz.com · 633 ·

表1 两组根部牙本质元素含量的结果比较

 Table 1
 Comparison of the content elements of root dentin

 between the two groups

Composition/ratio	Experimental group	Control group	t	Р
Ca(wt%)	20.61 ± 1.02	22.64 ± 1.37	-6.508	< 0.001
P(wt%)	10.98 ± 0.72	11.52 ± 0.68	-3.003	0.004
O(wt%)	39.54 ± 1.22	39.58 ± 1.30	-0.117	0.907
C(wt%)	23.53 ± 1.68	20.75 ± 1.05	7.685	< 0.001
Na(wt%)	2.86 ± 0.78	2.94 ± 0.54	-0.498	0.620
Mg(wt%)	2.49 ± 0.70	2.56 ± 0.57	-0.433	0.667
Ca/P	1.88 ± 0.11	1.97 ± 0.14	-2.554	0.013

3 讨 论

根管峡部是根管解剖形态的变异,可能存在 于任何含有两个根管或具有C形根管的牙根中。 Estrela等^[9]报道上颌第一磨牙根管峡部发生率为 60.8%,其中最高为近中颊根,达93.5%。在前磨牙 中,上颌第二前磨牙根管峡部发生率为50.5%,较 上颌第一前磨牙(18.8%)高,而下颌第一前磨牙的 根管峡部发生率为18.8%,下颌第二前磨牙为 3%。根管峡部在距离根尖3~6 mm处好发^[10]。本 实验选用了根管峡部发生率较高的单根前磨牙为 研究对象。目前最常用的实验检测根管峡部的方 法是观察根管横断面,但对标本是破坏性的,采用 显微CT(mCT)或锥形束CT(CBCT)扫描可对根管 峡部做到无损检测。因此本实验选用了CBCT对 牙体进行断层扫描,对于确定根管峡部的存在准 确率高。

von Arx 等^[11]通过对拔除或根管治疗的前磨牙 和磨牙中的牙根纵裂进行组织学分析,发现牙根 纵裂与峡部有关的占56.3%,而绕过峡部纵裂占 28.1%。Chai等^[5]研究发现峡部的存在使得牙根的 抗折能力从50N下降到大约10N。这些证据均表 明根管峡部是牙根存在的一个天然薄弱环节,可 能会使牙根抗力降低。本实验通过扫描电镜观 察,发现峡区牙本质结构紊乱,未见或仅有少量的 扁平、不规则的牙本质小管轮廓,小管数目明显减 少,表面被非晶态钙化物或交错的矿化纤维束覆 盖,呈指状突起,与Wang等^[12]观察到的实验结果 一致。以上研究结果提示牙根纵裂可能与牙本质 的解剖结构改变相关,存在根管峡部的牙发生牙 根纵裂危险性较高。

牙本质由大约70%的无机羟基磷灰石、20%的 有机物和10%的水组成,有机基质主要成分是 I 型胶原。化学组成决定其物理性质,故化学成分

 $- \bigcirc -$

的改变可以影响到牙本质力学性能^[13]。Küçükkaya 等[14]观察到使用根管冲洗液处理根管后导致牙本 质Ca、P含量下降,既不利于充填材料对牙本质的 粘结,也可能导致牙髓治疗后的牙齿更容易发生 折断。Mushashe等^[15]也发现漂白后的牙釉质和牙 本质的离子释放增加,显微硬度明显降低。Ca、P 矿物元素可促进羟基磷灰石晶体的形成,晶体程 度的高低对力学性能有明显影响。也有学者研究 发现牙本质矿物质的改变可能与牙本质抗折性等 问题有关^[16]。本实验中,X射线能谱仪结果显示两 组根部牙本质的主要矿物质元素均是Ca和P,峡 部处牙本质中Ca、P含量和Ca/P比值均低于无根 管峡部前磨牙根管壁牙本质,表明峡部处牙本质 的矿化程度较低,显微硬度降低,以致抗折性能削 弱。研究发现,牙釉质中的Ca和P含量明显高于 牙本质而C含量低,牙釉质中的无机物含量较牙本 质多而有机物较少,牙釉质的微硬度及弹性模量 高于牙本质,此研究提示C元素可能代表牙本质中 有机物的变化。本实验结果显示峡部处牙本质C 含量高于无峡部前磨牙根管壁牙本质,说明峡部 处牙本质有机物含量较高,可能会降低牙本质的 硬度,从而降低了其抗折强度。以上研究均表明 牙本质Ca、P含量的降低,及C含量的升高可能会 影响牙本质的力学性能,会削弱牙本质,使牙本质 抗压强度降低,易导致牙根纵裂等并发症的发生。

显微硬度被用作衡量牙体组织整体强度或抗 断裂能力的指标[17],用维氏金刚石棱锥压头测得 的显微硬度称为维氏显微硬度,该方法实用性强、 精确性高。牙本质的显微硬度、极限压缩强度以 及弹性模量等力学性能主要是由牙本质中的羟基 磷灰石晶体所提供[18],而羟基磷灰石晶体中主要 的无机成分为Ca和P,Ca/P比值的改变可能会使 牙本质的渗透性、显微硬度和溶解度特性发生变 化[19]。根管预备过程中用来清除微生物的冲洗溶 液可能会影响牙本质的化学和物理性质,从而使 牙齿更容易断裂^[20]。在Uzunoglu等^[21]的实验中, 发现长期暴露于的17% EDTA 溶液中会导致牙根 纵裂发生的概率增加,推测其原因为无机物从牙 根中流失,对牙本质小管和管间牙本质产生破坏, 导致牙本质显微硬度的降低。本实验通过维氏显 微硬度仪测试结果显示峡部处的牙本质显微硬度 低于无峡部前磨牙管壁牙本质。这些结果说明根 管峡部牙本质矿化程度较低,而矿化程度的降低 亦可能导致根管峡部牙本质表面显微硬度的降 低,显微硬度直接关系到牙体组织对变形和折断 的易感性,故推测有根管峡部存在的牙更容易发 生牙根纵裂。

综上所述,根管峡部牙本质小管结构发生改 变,Ca、P含量及显微硬度值均降低,对牙本质的整 体力学性能产生重要影响。根管峡部是牙根的薄 弱环节,可削弱根部牙体硬组织抗力,可能是牙根 纵裂发生的因素之一。临床诊断和治疗时应注意 其物理性能,对存在根管峡部的牙齿,根管预备过 程中应尽量减少对根管壁的侧向扩张力,如选用 小锥度锉预备,从而减少牙根纵裂的发生。

参考文献

- Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar [J]. J Endod, 1995, 21(7): 380-383.
- [2] Chang E, Lam E, Shah P, et al. Cone-beam computed tomography for detecting vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review[J]. J Endod, 2016, 42(2): 177-185.
- [3] Yoshino K, Ito K, Kuroda M, et al. Prevalence of vertical root fracture as the reason for tooth extraction in dental clinics[J]. Clin Oral Investig, 2015, 19(6): 1405-1409.
- [4] Maddalone M, Gagliani M, Citterio CL, et al. Prevalence of vertical root fractures in teeth planned for apical surgery. A retrospective cohort study[J]. Int Endod J, 2018, 51(9): 969-974.
- [5] Chai H, Tamse A. The effect of isthmus on vertical root fracture in endodontically treated teeth[J]. J Endod, 2015, 41(9): 1515-1519.
- [6] Chan R, Versiani MA, Friedman S, et al. Efficacy of 3 supplementary irrigation protocols in the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars[J]. J Endod, 2019, 45(7): 923-929.
- [7] Rödig T, Koberg C, Baxter S, et al. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars[J]. Int Endod J, 2019, 52(8): 1173-1181.
- [8] Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N. Histologic assessment of debridement of the root canal isthmus of mandibular molars by irrigant activation techniques *ex vivo*[J]. J Endod, 2016, 42(8): 1268-1272.
- [9] Estrela C, Rabelo LE, de Souza JB, et al. Frequency of root canal isthmus in human permanent teeth determined by cone-beam computed tomography[J]. J Endod, 2015, 41(9): 1535-1539.
- [10] Kim S, Jung H, Kim S, et al. The influence of an isthmus on the

outcomes of surgically treated molars: a retrospective study[J]. J Endod, 2016, 42(7): 1029-1034.

- [11] von Arx T, Bosshardt D. Vertical root fractures of endodontically treated posterior teeth: a histologic analysis with clinical and radiographic correlates[J]. Swiss Dent J, 2017, 127(1): 14-23.
- [12] Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Root canal wall dentin structure in uninstrumented but cleaned human premolars: a scanning electron microscopic study[J]. J Endod, 2018, 44(5): 842-848.
- [13] Torres CP, Miranda Gomes-Silva J, Menezes-Oliveira MAH, et al. FT-Raman spectroscopy, μ-EDXRF spectrometry, and microhardness analysis of the dentin of primary and permanent teeth[J]. Microsc Res Tech, 2018, 81(5): 509-514.
- [14] Küçükkaya Eren S, Uzunoğlu E, Sezer B, et al. Mineral content analysis of root canal dentin using laser-induced breakdown spectroscopy[J]. Restor Dent Endod, 2018, 43(1): e11.
- [15] Mushashe AM, Coelho BS, Garcia PP, et al. Effect of different bleaching protocols on whitening efficiency and enamel superficial microhardness[J]. J Clin Exp Dent, 2018, 10(8): e772-e775.
- [16] Yan W, Montoya C, Øilo M, et al. Contribution of root canal treatment to the fracture resistance of dentin[J]. J Endod, 2019, 45(2): 189-193.
- [17] Yilmaz S, Dumani A, Yoldas O. The effect of antibiotic pastes on microhardness of dentin[J]. Dent Traumatol, 2016, 32(1): 27-31.
- [18] 胡蓓蓓, 白海, 贾婉萍, 等. 纳米羟基磷灰石对邻面去釉后再矿 化的效果[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(4): 231-235.
 Hu BB, Bai H, Jia WP, et al. Effect of nano hydroxyapatite on the remineralization of adjacent surface after unglazing[J]. J Prev Treat Stomatol Dis, 2019, 27(4): 231-235.
- [19] Hajizadeh H, Nemati-Karimooy A, Babaee-Rishkhori P. Effect of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser combined with mineralizing agents on microhardness of demineralized dentin[J]. Eur J Dent, 2019, 13(1): 11-16.
- [20] Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, et al. Effectiveness of various endodontic irrigants on the micro-hardness of the root canal dentin: an *in vitro* study[J]. J Clin Diagn Res, 2017, 11(4): ZC01-ZC04.
- [21] Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, et al. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures[J]. J Endod, 2012, 38(8): 1110-1113.

(编辑 周春华,曾雄群)



