

三维影像重建技术在口腔内科学的应用

管亚兵

内蒙古通辽市疾病预防控制中心

[摘要]三维影像重建技术是图像处理技术的一次飞跃,它提供的三维立体影像使我们对牙齿的解剖形态有更全面、更整体认识,能从三维形态更准确、更直观地了解病变情况,这对提高临床诊断技术、治疗水平和预后评估等意义重大。相信随着计算机软件开发技术的发展和影像技术的不断完善,三维影像重建技术在口腔内科学临床和研究中将有更广阔应用前景。

[关键词]三维影像重建;口腔内科学;应用

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1793

口腔内科学包括龋病、牙体硬组织非龋病、牙髓病、根尖周病、牙周组织病、儿童牙病、老年牙病、口腔粘膜病等,主要内容是介绍上述疾病的病因、临床表现、诊断、防治措施。可以说,口腔内科学是研究生活中最常见、最多发、在人群中发病率最高的口腔疾病。近年来,随着影像技术的发展,三维影像重建技术已被应用于牙齿解剖,尤其是根管形态学研究。重建的三维图像能从不同角度观察、测量和分析,从而帮助我们了解根管系统解剖特征及变异,对指导临床实践意义重大。

一、三维影像技术的发展

三维影像重建技术是一种在二维影像学基础上产生的新诊断技术,该技术需采取特殊计算机软件,处理多排螺旋CT或MRI等所获取原始容积数据,以此重建直观三维立体图像。而从1879年Newton构思以来,其已从手工方法慢慢过渡至光学方法,最终到现在的计算机方法。在1970年,Rakic通过计算机对胚胎猴脑切片予以三维图像重建后,该技术即开始渗透于现代医学各个角落。伴随计算机事业发展,三维影像技术随之日渐成熟,能为临床提供更全面而精确的信息,清晰反映各种组织的立体结构及其空间关系,就冠状、斜切面、矢状、水平等层面、方向的切割,且可结合测定软件实施定量分析。

二、三维影像重建技术

三维影像重建技术是指将螺旋CT、电子束CT、多排CT、MRI等扫描获得的原始容积数据,通过计算机程序处理后,在特定的计算机工作站上应用专用计算机软件,重建出直观的三维图像,在X、Y轴的二维图像上处理Z轴上的投影转换和负影。由于医学图像三维重建技术处理数据量大,对计算机速度及容量有很高要求。过去,大多在专用工作站上进行,但设备价格昂贵,难以推广。近年来,随着计算机技术的飞速发展,三维重建能在PC机上完成。

1、图像信息采集方法。过去,一些学者采用组织切片方法来采集三维图像信息,但这种方法存在很多缺点,会破坏样本,在切片中易造成牙体组织丢失,误差大,只能用于离体牙研究,现在使用较少。当前,CT扫描仪、MRI扫描仪、超声、核医学成像设备等主要用于采集三维图像信息。较理想的是使用CT扫描仪采集数据,包括螺旋CT、电子束CT、多层CT等。

螺旋CT是一段人体周围的螺旋式容积数据采集。螺旋CT

与常规CT本质区别在于前者获得三维信息,而后者获得二维信息。螺旋CT提高了扫描速度,具有广泛的扫描覆盖范围,并且无间隙采集容积数据,便于以各种方式和角度进行影像重建,并且能任意和回顾性重建。然而,螺旋CT也有一些缺点,如纵向分辨率低、价格高、扫描中X线量多、对患者损伤大等。

电子束CT扫描速度快,能消除运动伪影,还具有螺旋CT扫描仪功能。多层CT的X线管及探测器围绕人体旋转360度,探测器接收到穿过人体的X线后,将其转换为电信号,由数据采集系统采集后用于图像重建。优点是:缩短了整个扫描过程,延长了扫描覆盖长度;提高图像质量;层厚可任意组合;减少X线剂量;减少或无球管冷却时间;节省运行成本。

显微计算机断层摄影术(MCT)又称微焦点CT、 μ CT,是近年来应用于牙体牙髓疾病研究的一种新的影像学技术。它利用微焦点成像产生锥形光束照射物体,并通过体元解析度确定被扫描物体的二维或三维重建图像。该方法采集的三维图像信息准确、安全、无创、分辨率高,获得的断层信息能清晰显示牙体组织及根管系统的解剖结构,而不会损害标本的完整性。由于样本是非间隔薄层扫描,因此从CT扫描片通过图像数据建立的模型可靠性高。

2、三维重建的软件。采集的图像信息必须经专用计算机软件处理,形成三维图像,图像可通过旋转、缩放、透视等方式观察。医学上使用的三维重建软件包括Mimics、VGStudio/Max、ANALYZE、3D Slicer、ScanFE等。

Mimics是交互式医学影像控制系统,是一个模块化结构软件,能根据用户不同需求搭配。Mimics是一套高度集成且易于使用的3D图像生成和编辑软件,能输入各种扫描数据(CT、MRI),建立三维模型编辑,然后输出通用CAD(计算机辅助设计)、FEA(有限元分析)和RP(快速成型)格式,能在PC机上转换处理大规模数据。

VGStudio/Max软件系统主要应用于医学生物学研究、器官重建研究、手术准备研究、器官植入规划研究、放射学研究、齿科研究等领域。该软件可重建可视化CT、MRI、电子显微镜、超声波拍摄的图片簇。

ANALYZE系统软件从1970年开始发展,最重要特点是具有灵活、强大的交互式三维图像显示及处理功能。通过人机交互,可规定视角、表面分割、切割平面、透明效果、照明方向等,并优化运算速度。

随着计算机技术的不断发展及完善,三维CT有了自带软件用于三维重建,如Angio CT软件等。

三、三维影像重建技术在口腔医学领域中的应用

MCT作为一种新的影像学技术,近年来备受关注,其应用领域已扩展到口腔医学的许多领域。

1、解剖学研究。在口腔解剖学中,三维影像重建技术主要用于研究根管及根尖孔形态。通过计算机重建根管内外形态模型,可帮助医师更直观了解牙齿髓腔及根管系统的解剖特征和变异,避免治疗中根管遗漏等操作失误。

有学者使用MCT扫描20个厚度为25 μm 的上颌第一磨牙,观察近中根管至根尖1~5mm处管间狭窄的发生率和形态。结果表明,20个牙根中有17个存在峡区,其中4个根管峡区穿过冠部至根部,其余13个根管峡区呈间歇性出现;峡区在根尖1~5mm处发生率为17.25%~50.25%,根尖1mm处峡区最低(17.25%),根尖3mm处最高(50.25%);大部分峡区可见钙化,偶尔在峡区中心出现侧支根管,通过侧支根管与主根管相连。

另外,对44个具有C型根管系统的下颌第二磨牙进行100 μm 层厚的MCT扫描,然后在距根尖5mm范围内进行三维重建。结果显示,离根尖5mm范围内最常见的根管类型为IV型及VIII型。副根管、侧支根管、管间交通和根尖三角区发生率分别为41%、25%、27%和11%。近80%的C型根管有1~3个根尖孔,副根尖孔发生率为48%。从主根尖孔到解剖根尖平均距离为0.84mm,从副根尖孔到解剖根尖平均距离为1.61mm。主、副根尖孔间平均距离(最大与最小值)分别为0.19~0.23mm和0.07~0.10mm。

另有学者采用组织切片法进行三维重建,研究6个离体牙的根管变异。结果表明,一个上颌第一前磨牙有三个牙根和根管。一个上颌磨牙为单根和单根管,在远中邻面颈1/3处可见釉珠。1个下颌侧切牙为单根、双根管。1个下颌尖牙为双根、双根管。1个下颌第二前磨牙为单根、双根管。一个下颌磨牙有双根和双根管,近中根管弯曲,像一把镰刀,一直延伸到远中。上述研究表明,三维重建技术能从不同角度显示标本内外部细微结构,有助于对变异根管形态有一个感性认识。

2、临床诊断与鉴别诊断。临床上常用X线检查方法由于影像重叠,往往不能真实反映病变。三维重建后图像能从各角度观察,可显示X线平片上不能或不易发现的病变,并能生动再现损伤范围及程度。

研究人员用三维CT扫描侧二度根分叉病变、牙髓活力试验呈阳性反应、牙龈反复肿胀溢脓左上颌第二磨牙及其牙槽骨,并将其影像与常规X线牙片和意外拔除的离体牙进行比较。结果发现,X线牙片主要显示牙齿近中远中骨质情况,颊舌侧牙槽骨与牙齿重叠,显示不清,病变较轻。三维CT扫描能从冠状面、矢状面、横截面影像清晰显示,牙颊侧牙槽嵴顶及牙周骨质直接破坏至根尖区,根尖周骨被破坏,颊侧根在靠近腭侧逐渐分叉,并在腭侧融合,牙根并未分为三个

根。这些影像在后来因意外被拔除的离体牙得到证实。与传统X线成像技术相比,三维成像技术能从不同角度和层面研究患者牙齿,提供越来越准确的数据。

对于牙根纵折,通常很难做出明确诊断,除非折裂片移位,而在X线片上表现为根管影像突然增宽,否则通过X线平片检查很难发现牙根纵折。有学者用平板探测器容积CT(FD-VCT)扫描后进行三维重建,清晰显示牙根纵折患牙上的折裂线,有效帮助临床诊断牙根纵折。

牙齿吸收是一个复杂过程,临床上很难诊断。有研究人员报道了2例X线检查发现的牙外吸收,无明显主观症状;然而,X线检查很难确定病变位置及范围,因此通过锥束CT扫描进行三维重建后,可再现病损真实形貌。

三维重建图像显示,病例1的牙外吸收病变主要局限于牙根颊侧,未侵犯入根管内,而病例2病变范围广泛,因此,根据病变程度制定不同治疗方案。

3、临床治疗方法评估。三维影像重建技术也可用于评估不同器械对根管切削能力和充填后紧密性。

学者们使用MCT扫描进行三维重建,比较不同镍钛器械对根管切削能力。通过特定计算机软件测量分析,使用NiTi-K锉、Light.speed、ProFile.04、GT、NiTiFlex后根管预备前后的容积变化、根管表面积变化、根管偏移度、根管曲率变化、根管不变区域比例等多个指标,为根管预备形态定量分析提供了大量准确数据。

有学者利用组织切片进行三维重建来研究冠部微渗漏。收集20个成人下颌后牙,根充后分为两组,分别使用Roth's 801及Ketac-Endo作为密封剂。将标本置于人工唾液中40d后染色。用显微薄片切片以0.75mm层厚对标行横断面片切,每一断面体视显微镜下观察并拍照,扫描完成后,将数据输入计算机获取数字化图像信息,然后用三角测量法进行三维重建,比较两种封闭剂使用后冠部微渗漏情况。

另有学者用MCT扫描了五个厚度 $<11\mu\text{m}$ 已行根管治疗的离体牙进行三维重建。MCT具有高分辨率,能显示细微结构,区分封闭剂层、牙胶尖断面和间隙,从而评估根管充填后紧密性。

总之,根管治疗是治疗牙髓病及根尖周病最理想方法,但由于牙齿解剖形态复杂多变,诊断及成功治疗一直是一个巨大挑战。X线平片通常用于辅助临床诊断,然而,这种二维图像的可靠性受到影像重叠影响,平片不能显示牙齿细微结构,因此其应用受到限制。近年来,三维影像重建技术引起了国内外众多学者的关注,由于它能直观显示物体三维立体结构,被认为是研究牙齿解剖形态的理想技术,并已应用于临床口腔医学。

参考文献

[1]袁仁松.临床影像技术学[M].江苏:江苏科学技术出版社,2016:110-127.

[2]詹娴.三维影像重建技术在口腔内科学的应用[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2016(05).