

前言

本教材是科学出版社“十四五”普通高等教育本科规划教材。编写工作严格遵循《普通高等教育教材管理办法》（教材〔2019〕3号）和《普通高等教育本科专业类教学质量国家标准》等文件要求，并以《习近平新时代中国特色社会主义思想进课程教材指南》《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见》《关于实施一流本科专业建设“双万计划”的通知》《关于一流本科课程建设的实施意见》等一系列重要文件精神为指导，旨在更好地服务于普通高等学校立德树人的根本任务，教材编者深刻理解“教材建设是国家事权”的重要论断，心怀对医学影像学及其相关专业人才培养的高度负责，着力融入课程思政内容，以助力培养具有家国情怀、又红又专的专业技术人才，深入推进新医科建设。

在本教材编写中，遵循教育部医学影像学、医学影像技术学及相关本科专业培养高素质知识复合型人才的目标，强化以临床实际问题为导向的理念；注重教材定位，突出基础理论、基本知识和基本技能的要求，坚持思想性、科学性、先进性、启发性和创新性的编写原则，适应高等教育本科层次“三特”培养目标，学制学时（时）的需要；紧跟口腔颌面部医学影像信息新技术日新月异的发展步伐，增加CT、MRI、超声、介入医学及核医学、医学影像质控等内容，有利于读者更加全面的认识及掌握颌口腔颌面影像技术与临床应用。本次教材编写依据“整体优化”原则，增强教材的实用性。科学整合优化课程，编写内容与16门医学影像学系列课程及其主要教学内容相衔接，体现理论性上讲透，应用上讲实，拓展上讲清，即加强基础、强化应用、激励创新。

本教材以口腔颌面部影像检查技术为核心，按照基础理论、设备原理、检查方法、临床应用、安全防护和质量管理逻辑进行编写。首先介绍口腔颌面影像学的基本概念、发展概况、常用术语、放射学基础知识以及各类影像检查技术的特点、用途和局限；再系统阐述口腔X线摄影、口腔颌面锥形束CT、CT、MRI、超声、放射性核素显像和数字减影血管造影的成像原理、设备组成、检查方法、图像特点及临床应用；介绍口腔影像从业人员应具备的职业素养、口腔X线检查中的设备防护、操作防护、个人防护及辐射剂量监测以及医学影像质量管理与评价。

本教材在编写过程中注重以下几个方面：一是突出专业性，紧密结合口腔颌面部解剖和疾病特点，系统介绍不同影像技术在口腔临床中的规范应用；二是强调实用性，将设备原理、检查前准备、患者体位、扫描参数、操作步骤、图像后处理、常见伪影及处理方法有机结合，力求使理论知识能够直接指导实践；三是体现综合性，既重视传统X线检查和CBCT等口腔常用技术，也兼顾CT、MRI、超声、核医学及介入影像技术，帮助学习者建立多模态影像检查的整体观念；四是强化安全与质量意识，将辐射防护、MRI安全、对比剂应用、职业健康、影像质量管理和质量评价纳入教材体系，引导学习者在保证检查效果的同时，重视患者安全和医疗质量；五是注重职业能力培养，通过职业素养、伦理规范、法律责任、影像解读与报告撰写等内容，促进专业知识、实践技能和职业精神的协调发展。

本教材主要面向口腔医学、口腔医学技术及医学影像技术等相关专业学生，也可作为口腔临床医师、影像诊断医师、影像技术人员和相关专业人员学习与实践的参考用书。学习者在掌握各种影像技术基本原理和操作规范的基础上，应根据患者的临床表现、疾病特点及诊疗需求，合理选择检查方法，正确认识不同技术的优势和局限，避免不必要或重复检查，努力实现检查方案的个体化、规范化和最优化。

本教材在编写过程中得到科学出版社“十四五”普通高等教育本科规划教材“医学影像学系

列教材”编审委员会、中华医学会影像技术分会和中国医师协会医学技师专业委员会各位专家的具体指导和帮助，在此一并表示感谢！

本教材按照集体编写计划，经编者互审、副主编一审、第二主编及第三主编二审、第一主编最后三审定稿。尽管编者作出了很大努力，但由于编写水平所限，书中难免有不足之处，恳请广大读者在使用中多提宝贵意见，以便改正。

岳松伟

2026年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 口腔颌面影像学概述	1
第二节 放射学基础知识	4
第三节 口腔颌面影像设备与技术	6
第二章 口腔 X 线检查技术	12
第一节 X 线摄影相关基础知识	12
第二节 口腔普通 X 线检查技术	18
第三节 口腔颌面造影检查技术	27
第三章 口腔颌面锥形线束 CT	31
第一节 CBCT 的基本组成和工作原理	31
第二节 CBCT 图像特点	33
第三节 CBCT 检查方法	37
第四节 CBCT 检查技术在口腔颌面部常见疾病中的应用	37
第四章 CT 检查技术	74
第一节 CT 机的构造与成像原理	74
第二节 CT 基本概念与检查方法	79
第三节 口腔颌面部 CT 检查技术	85
第四节 口腔颌面部 CT 图像后处理技术	89
第五节 CT 在口腔颌面部常见疾病中的应用	93
第六节 相关疾病的 CT 检查要点	114
第五章 MRI 检查技术	115
第一节 MRI 物理原理及硬件基础	115
第二节 口腔颌面部常用 MRI 序列及伪影处理	129
第三节 口腔颌面部 MRI 检查技术	138
第四节 MRI 在口腔颌面部常见疾病中的应用	144
第五节 MRI 新技术在口腔颌面部的应用	155
第六节 MRI 对比剂	166
第七节 MRI 检查的生物效应及安全性	168
第六章 超声检查技术	171
第一节 超声检查原理及设备	171
第二节 超声检查技术在口腔颌面部中的应用	174
第七章 放射性核素显像技术	184
第一节 放射性核素显像原理及设备	184
第二节 SPECT 及 SPECT/CT 在口腔颌面部的应用	186
第三节 PET/CT 在口腔颌面部的应用	192

第八章 数字减影血管造影检查技术 ·····	198
第一节 数字减影血管造影成像原理及检查设备·····	198
第二节 DSA 成像方法·····	202
第三节 DSA 的口腔颌面部检查技术·····	205
第四节 DSA 在口腔颌面部血管畸形及恶性肿瘤中的应用·····	208
第五节 颌面部介入治疗的并发症·····	211
第九章 职业素养与实践 ·····	213
第一节 职业素养概述·····	213
第二节 口腔影像学的职业道德与法律责任·····	214
第三节 口腔影像学的实践与操作·····	216
第四节 职业健康与安全·····	217
第十章 口腔 X 线放射防护 ·····	220
第一节 设备与操作防护·····	220
第二节 个人防护·····	224
第十一章 医学影像质量管理与评价 ·····	227
第一节 医学影像质量管理·····	227
第二节 医学影像质量评价·····	228
第三节 口腔颌面部影像图像的质量控制·····	231

第一章 绪 论

第一节 口腔颌面影像学概述

一、口腔颌面影像学的定义与发展

口腔颌面影像学是口腔医学专业必修课程之一,是通过对口腔颌面区域的影像检查和诊断,协助医生实现早期防治,保持口腔健康和美观的一门学科。口腔颌面影像学主要包括口腔颌面放射生物学、口腔放射防护、口腔颌面影像检查技术和牙及牙周组织病变、颌面骨炎症、囊肿、肿瘤、瘤样病变、外伤、唾液腺疾病、颞下颌关节疾病、其他系统疾病在口腔、颅、颌面骨中的医学影像学表现,以及口腔颌面部介入放射学和口腔种植放射学等方面的内容。口腔颌面影像检查手段包括 X 线检查、计算机体层成像(computed tomography, CT)、灰阶超声(gray scale ultrasonography)、放射性核素显像(radionuclide imaging, RI)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等。

口腔颌面影像学的发展有上百年的历史,1895 年 Otto Walkhoff 及 Kells CE 将 X 线应用于牙科拍摄 X 线片,这距离伦琴发现 X 线仅 2 周,标志着牙科成像新时代的开始,并为未来 130 年来的口腔影像标志性进展奠定了基础。1954 年研制出了曲面体层摄影机,1972 年 Hounsfield 发明了 CT 机,1998 年出现第一台商用口腔颌面锥形线束 CT(cone beam computed tomography, CBCT)。CBCT 是利用锥形线束照射和旋转扫描,并结合计算机重建算法,生成高分辨率的口腔颌面部三维图像。口腔 X 线检查技术也由单纯的牙片摄影发展为应用曲面体层摄影、头影测量摄影以及大型 X 线机多轨迹体层摄影技术,从而对口腔颌面部多种疾病进行检查,数字放射学技术也越来越广泛地应用于口腔医学诊断,极大地丰富和发展了口腔放射学的内容。20 余年来,磁共振、灰阶超声以及同位素扫描等多项技术在口腔医学中的应用,使口腔颌面放射学正式迈入口腔颌面影像学的新阶段。目前 MRI 技术已成功应用于口腔颌面部肿瘤和颞下颌关节疾病的检查,可以直接、清晰地显示检查部位的组织影像。此外,国内外学者均已将灰阶超声、放射性核素显像技术应用于唾液腺疾病等方面的检查,并取得了重要成果。自 20 世纪 70 年代中期介入放射学这一学科逐渐发展以来,国内外学者对在口腔颌面部开展介入性放射学工作进行了颇有意义的探讨,例如开展了对口腔颌面部血供丰富的肿瘤及动静脉畸形的栓塞治疗、晚期恶性肿瘤的动脉灌注化疗及各种带药微球栓塞治疗的动物实验研究和临床工作,均取得了一定的成果。

二、口腔颌面影像技术的分类与应用

(一) 口腔颌面专用 X 线机

1. 口腔 X 线机 口腔 X 线机一般指口腔根尖片机,又称牙片机。口腔 X 线机是医疗范围所用的 X 线机中最小型的 X 线机,具有容量小、结构简单、操作灵活的特点,可用于投照口内片和口外 X 线照片。口内片常用的有根尖片、骀翼片、骀片等;而口外片一般由常规数字 X 线摄影(DR)机拍摄,包括下颌骨侧斜位片、华特位片、颞下颌关节侧斜位片、髁突经咽侧位片等。

2. 曲面体层 X 线机 是一种结合体层摄影和狭缝摄影原理、应用于曲面物体的体层摄影技术。曲面体层一次曝光既可以将全口牙齿的体层影像拍摄在一幅影像上,又可以同时显示上颌骨、下颌骨、颞下颌关节、上颌窦、鼻腔等部位,显示范围广,适用于颌骨多发病变、范围较大的颌骨病变、双侧颌骨的对比及对原因不明症状的筛查,常用于观察上下颌骨肿瘤、外伤、炎症、畸形等病变及其与周

围组织的关系。曲面体层检查操作简单，患者痛苦小，在口腔颌面影像检查中已得到广泛应用。

3. X 线头影测量机 是根据所拍摄的头颅定位 X 线片，由牙、颌及颅面的标志点描绘出一定的线、角，进行测量分析，了解牙、颌及颅面软硬组织的结构。常用于研究分析正常及错殆畸形患者牙、颌、面形态结构，评估颅面生长发育情况及记录矫治前后牙、颌、面形态结构的变化。

（二）口腔颌面锥形线束 CT

口腔颌面锥形线束 CT 是一种通过锥形线束计算机体层摄影扫描，以重建三维影像的轴位、冠状位、矢状位以及三维立体影像的方式显示口腔颌面部乃至整个头颅正常组织和病变组织结构的 X 线影像设备。与传统医用 CT 相比，口腔颌面锥形线束 CT 具有空间分辨力高、辐射剂量低、体积小、价廉等优点。此设备可以提供由多平面 2D 图像组成的全口牙齿的 3D 影像，对影像进行包括冠状位、矢状位、水平位等在内的多切片观察，且能够直观地显示三维立体结构，较高的空间分辨力使得其在显示牙齿及其相应牙槽骨等硬组织结构上尤为清晰，适用于牙齿及牙周炎的诊断和治疗。

（三）CT

目前 CT 已成为医学影像检查的重要手段，广泛应用于全身各部位疾病的检查。在口腔颌面部，主要用于颞下窝、翼腭窝、鼻窦、唾液腺、颌骨及颞下颌关节疾病等的检查。口腔颌面部病变常需要进行增强扫描。

（四）磁共振成像

MRI 是自 20 世纪 80 年代开始应用于临床的一种检查技术。由于其可以相当清晰地显示软组织影像，可以在患者不更换体位的情况下，直接显示与身体长轴成任意角度的断面图像以及对人体无放射损害等优点，已得到广泛的应用。在口腔颌面部主要用于累及范围较广泛的肿瘤及颞下颌关节紊乱综合征的检查。

（五）超声

超声检查是利用超声波在人体组织中传播特性进行疾病诊断的一种无创性检查技术。具有无创、实时、便携、价廉及短期内可重复检查的优点，在口腔颌面部，可用于观察皮肤、皮下软组织、面颈部血管、神经、颌面部三对较大的唾液腺、淋巴结等结构。

（六）放射性核素显像

放射性核素显像是一种以脏器和病变聚集放射性显像剂的量为基础的显像方法，将含有放射性核素的药物引入人体，由于这些放射性药物可以放射出穿透组织的核射线，用核医学显像仪器显示其放射性分布、聚集和代谢情况，以达到诊断疾病的目的。可用于唾液腺功能测定及颌骨病变诊断。

（七）数字减影血管造影

数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）技术是一种通过计算机辅助的影像处理方法，能够有效提取出血管造影图像中的有用信息，提高诊断的准确性和可靠性。DSA 技术的核心在于减影。减影是对同一受检部位对比剂注入前后的两幅图像进行相减，从而提取出两幅图像中存在差异的部分。未注入对比剂的图像称为掩模像或蒙片，它记录了人体在未注入对比剂时的基本解剖结构。而注入对比剂后的图像则被称为造影像或充盈像，清晰地展示了血管的形态和血流动态。

三、口腔颌面影像技术常用术语

口腔颌面影像技术是现代口腔医学中不可或缺的重要工具，通过各种影像技术，医生能够有效地诊断和治疗口腔及颌面部的疾病。影像技术的准确性和有效性直接影响到临床治疗的方案与结果。为此，了解口腔颌面影像技术中的一些常用术语，对于口腔医师、放射技师及相关专业人员来说是非常重要的。

（一）X 线常用术语

影像密度（radiographic density）：影像中不同区域的黑白程度，反映组织的密度。

影像对比度（radiographic contrast）：影像中不同结构之间的可见度，影响影像的清晰度和诊断的准确性。

辐射剂量（radiation dose）：患者接受的 X 线辐射量，需尽量降低以减少辐射风险。

曝光时间（exposure time）：拍摄 X 线影像所需的时间，影响影像的质量和辐射剂量。

（二）CT 常用术语

体素（voxel）：三维影像中的基本单位，类似于二维影像中的像素，体素的大小影响影像的分辨率。

重建算法（reconstruction algorithm）：用于将原始扫描数据转换为可视化影像的计算方法，常用的有滤波反投影和迭代重建等。

辐射剂量（radiation dose）：患者在 CT 扫描中接受的 X 线辐射量，需尽量降低以减少辐射风险。

影像质量（image quality）：影像的清晰度、对比度和分辨率，影响诊断的准确性。

三维重建（3D reconstruction）：将多层 CT 影像数据处理成三维影像，便于更直观地观察解剖结构和病变。

伪影（artifact）：技术或物理因素导致的影像失真，可能影响诊断。

（三）MRI 常用术语

T₁ 加权像（T₁-weighted imaging）：一种 MRI 技术，适用于评估解剖结构，显示脂肪组织信号强，水分信号弱。

T₂ 加权像（T₂-weighted imaging）：一种 MRI 技术，显示水分信号强，适用于检测病变和炎症。

对比剂（contrast medium）：用于增强影像对比度的物质，常用于评估肿瘤或其他病变。

多平面重组（multiplanar reformation, MPR）：从三维数据集中重建不同平面的图像，便于观察结构关系。

功能 MRI（functional MRI, fMRI）：用于评估组织功能，特别是在神经科学领域。

弥散加权成像（diffusion weighted imaging, DWI）：用于评估水分子扩散情况，常用于识别急性脑梗死。

磁共振波谱（magnetic resonance spectroscopy, MRS）成像：用于分析组织代谢成分，提供生化信息。

信号强度（signal intensity）：影像中不同组织或病变的亮度，反映其特性。

成像序列（imaging sequence）：特定的 MRI 扫描协议，包括不同的脉冲序列和参数设置。

软组织成像（soft tissue imaging）：评估软组织的影像学技术。

（四）超声常用术语

超声波（ultrasonic wave）：频率高于人类听觉范围的声波，常用于医学成像。

回声（echo）：超声波遇到组织界面反射回来的声波，形成影像的基础。

多普勒超声（Doppler ultrasound）：用于评估血流速度和方向，常用于检测血管和心脏功能。

超声波频率（ultrasonic frequency）：影响成像分辨率和穿透力的参数，通常在 2~15MHz 范围内。

组织弹性成像（elastography）：一种特殊的超声技术，用于评估组织的硬度和弹性，常用于肿瘤的评估。

影像伪影（image artifact）：在超声图像中出现的假象，可能影响诊断。

声阻抗（acoustic impedance）：不同组织对超声波的反射和对透射特性的度量，影响影像质量。

（五）核医学常用术语

放射性同位素（radioactive isotope）：不稳定的原子核，能够发射辐射，常用于医学成像和治疗。

放射性药物 (radiopharmaceutical)：含有放射性同位素的药物，常用于诊断和治疗疾病。

图像融合 (image fusion)：将不同成像技术 (如 CT 和 PET/SPECT) 的图像结合，以提高诊断准确性。

摄取率 (uptake rate)：放射性药物在特定组织或器官中的吸收程度，常用于评估病变。

成像时间 (imaging time)：进行核医学成像所需的时间，影响图像的质量和清晰度。

代谢活性 (metabolic activity)：组织或器官的生理活动水平，常通过放射性药物的摄取情况来评估。

放射性标记 (radio-labeling)：将放射性同位素结合到药物或分子上的过程，以便于成像或治疗。

肿瘤显像 (tumor imaging)：使用核医学技术评估肿瘤的存在、大小和代谢活性。

(六) DSA 常用术语

导管 (catheter)：一种细长的管道，通常用于输送药物或引导其他设备进入体内。

穿刺 (puncture)：通过皮肤或其他组织插入针头或导管的过程，常用于抽取液体或注入药物。

造影 (angiography)：使用对比剂增强影像对比度，以便更清晰地显示结构或病变。

栓塞 (embolism)：通过导管将栓塞材料注入血管，阻断血流以治疗肿瘤或出血。

引流 (drainage)：通过导管将体内积聚的液体 (如脓液或血液) 引流出来。

治疗计划 (treatment planning)：基于影像学结果制订的个体化治疗方案。

术后随访 (postoperative followup)：介入治疗后对患者进行的监测和评估，以观察疗效和并发症。

口腔颌面影像技术的发展为临床诊断和治疗提供了重要的支持。掌握相关的影像技术及其术语，对临床医生、放射技师及其他相关专业人员的工作具有重要意义。随着科技的进步，影像技术将不断创新与完善，为患者提供更精准、高效的医疗服务。通过理论和实践的结合，影像技术将在口腔颌面医学中发挥更大的作用。

第二节 放射学基础知识

一、X 线的产生与原理

(一) X 线的基本概念

1895 年，德国物理学家威廉·康拉德·伦琴在实验室内通过研究阴极管放电现象发现了 X 线，并因此在 1901 年获得了诺贝尔物理学奖。X 线是一种能量较高、波长较短的电磁辐射，能够穿透物质并在探测器上产生影像。由于其特定的物理特性，X 线成为无损检测和医学影像中不可或缺的工具。X 线是电磁辐射的一部分，其波长介于紫外线和 γ 射线之间，具有电磁波和光量子的双重特性。X 线的本质与可见光、红外线、紫外线、 γ 射线相同，X 线的频率很高，波长很短，频率在 $3 \times 10^{16} \sim 3 \times 10^{20} \text{Hz}$ 。

X 线是一种电磁波，除了具有电磁波的共同属性外，还具有特有性质。

(1) 物理特性：不可见、不带电、穿透性、荧光作用、电离作用、热作用。

(2) 化学特性：感光作用、着色作用。

(3) 生物效应特性。

(二) 产生 X 线的必备条件

1. X 线管 是产生 X 线的关键装置，它包括阴极和阳极两部分，并通过加热和高压电场来实现电子的加速和碰撞，从而产生 X 线。阴极：通常由一根细丝或板制成，使用热发射 (热阴极) 或电子轰击 (冷阴极) 方式释放电子。热阴极中的电子通过加热钨丝而被发射出来，而冷阴极则是通过电离产生自由电子。阳极：通常由高原子序数材料如钨或钨合金制成，能够有效转换电子能量为 X 线能量。阳极接收从阴极发射出并经加速电场加速的电子。

2. 高压电源 为了加速阴极释放的电子，X 线管需要提供高压电场。通常情况下，需要数千

伏的高压电源,使得从阴极到阳极的电子具有足够的能量,能够产生高能量 X 线。此外,X 线管内部需要维持一定的真空度,这是为了避免气体分子对电子运动和 X 线生成过程产生干扰。真空环境能够保证电子自由传播到阳极,并减少 X 线的吸收和散射,提高 X 线的产生效率和质量。

3. 电子源 钨丝通过电流加热至一定温度后,即放出电子,这些电子在灯丝周围形成空间电荷,也称电子云。X 线的产生依赖于电子的释放和加速。

4. 靶物质 阳极上的目标材料通常选择高原子序数的金属,如钨或钨合金。这是因为高原子序数的材料能够更有效地将电子能量转换为 X 线能量,同时具有较好的导热性和机械强度,以承受高能电子碰撞带来的热量和应力。

(三) X 线的产生原理

X 线的产生是高速电子和靶物质相互作用中能量转换的结果。在真空条件下高千伏电场产生的高速电子流与靶物质的原子核和内层轨道电子相互作用,分别产生了连续 X 线和特征 X 线。高速电子和靶物质相互作用过程中,会发生碰撞损失和辐射损失,最终导致高速电子的动能变为辐射能、电离能和热能。入射电子能量的变化和靶物质性质的差别决定了三种能量的比例。

(四) 影响 X 线产生的因素

影响 X 线产生的因素涵盖了多个物理和技术方面的因素,包括管电压、管电流、靶物质等。

1. 管电压 决定了电子的动能和速度,进而影响到 X 线的能量和穿透力。增加管电压可以增加 X 线的能量和穿透力。X 线束中的最大光子能量等于高速电子碰撞靶物质的动能,而电子的最大能量又取决于管电压的峰值,所以改变管电压也就改变了最大光子的能量,整个 X 线谱的形状也随之发生变化。

2. 管电流 X 线的质并不受到管电流大小的影响。但是在管电压一定的条件下,管电流越大,X 线的强度越大,说明撞击阳极靶面的电子数目越多,X 线的强度也越大。所以,X 线的强度与管电流成正比。

3. 靶物质 阳极的靶材料选择直接影响到 X 线的产生和特性。常见的靶材料包括钨、铜、铝等。不同的靶材料具有不同的原子序数和原子量。连续 X 线强度与靶物质的原子序数成正比,在管电压和管电流相同的情况下,阳极靶物质的原子序数越高,产生的 X 线强度也就越大;不同靶物质的 X 线谱高能端重合,是因为 X 线谱的最大光子能量只与管电压有关,与靶物质无关。

(五) X 线与物质的相互作用

1. 光电效应 X 线光子与构成原子的内壳层轨道电子碰撞时,将其全部能量都传递给原子的壳层电子,原子中获得能量的电子摆脱原子核的束缚,成为自由电子,而 X 线光子则被物质的原子吸收,这种现象称为光电效应。

2. 康普顿效应 是指 X 线或伽马射线与物质中的电子相互作用,入射光子损失部分能量,并改变原来传播方向,电子从光子处获得的部分能量脱离原子核束缚,成为反冲电子,导致射线的散射现象。这一效应是由美国物理学家康普顿在 1923 年首次观察和解释的。

3. 电子对效应 当辐射光子能量足够高时,在它从原子核旁边经过时,在核库仑场作用下,辐射光子可能转化成一个正电子和一个负电子,这种过程称作电子对效应。

4. 相干散射 射线与物质相互作用进而发生干涉散射的过程称为相干散射。

5. 光核作用 光子与原子核作用从而发生的核反应称为光核作用。

二、X 线的生物效应及防护

(一) 射线产生的生物效应

当射线作用于机体后,通过直接作用和间接作用两种方式使细胞分子发生反应,造成其损伤。当人体组织受到射线照射时,处在射线轨迹中的重要生物分子,会直接被电离、激发,从而造成大分子的损伤,这种效应称为直接作用。射线不直接作用于生物大分子,而是通过其作用于机体水分子产生的多种自由基或者扩散的离子,间接引起生物分子损伤,此过程称为间接作用。

辐射生物效应分为确定性效应和随机性效应两类。

1. 确定性效应 当射线照射人体全部或局部组织时,若能杀死相当数量的细胞而这些细胞又不能由存活细胞的增殖来补充,则这种照射可引起人类的确定性效应。低于阈剂量时,因被杀死的细胞较少,不会引起组织或器官的功能性损伤。随着剂量的不断增大,随着被杀死的细胞数目增加,当剂量增加到一定水平时,其发生率上升到 100%,这个剂量称为阈剂量。超过阈剂量后,损害的严重程度随剂量的增加而增加,即受影响的细胞越多,功能丧失越严重。

2. 随机性效应 电离辐射的随机性效应被认为是无剂量阈值,其有害效应的严重程度与受照射剂量的大小无关。当细胞受到电离辐射时发生了改变但未被杀死,改变了存活体细胞繁殖出来的细胞克隆,可能会导致恶变情况的发生,即发生癌变,称为致癌效应。如果这种损伤发生在具有传递遗传信息功能的细胞上,在种类与严重程度多种多样,且会显现在受照射者的后代身上,称为遗传效应。

影响辐射损伤的因素:影响电离辐射生物效应的因素主要来自两个方面:①与电离辐射有关的因素;②与受照机体有关的因素。

(二) 放射防护的基本原则

1. 实践的正当化 在照射之前,产生电离辐射的任何实践要经过论证,确认这种实践具有正当的理由,获得的净利益超过付出的代价,其所致的电离辐射危害同社会和个人从中获得的利益相比是可以接受的。如果将要实施的实践不能带来超过代价(包括健康损害代价和防护代价)的净利益,就不应当采用该项实践。特别是进行复杂疾病的诊断时应注意到患者接受的放射累积剂量。

2. 放射防护最优化 是指使辐射暴露的可能性、辐射暴露的人数和个体辐射剂量尽可能低,同时考虑经济和社会因素。应当避免一切不必要的照射。以放射防护最优化为原则,用最小的代价,获得最大的净利益,从而使一切必要的照射保持在可以合理达到的最低水平。在进行防护设计时,应当谋求防护的最优化,而不是盲目追求无限地降低剂量。

3. 个人剂量的限制 在实施正当化与最优化两项原则时,要同时保证个人所受照射的剂量不超过规定的限值。个人剂量限值是必须强制性严格遵守的。所规定的个人剂量限值应作为以最优化原则控制照射的一个约束条件。当医师在决定进行放射检查或治疗时,应该从患者利益出发。患者在接受放射检查时,在保证医学诊断和治疗正常进行的条件下,剂量尽量低。

第三节 口腔颌面影像设备与技术

一、X 线检查技术

(一) X 线检查技术特点和主要用途

1. 技术特点 X 线检查技术具有多种显著特点。首先,其高分辨率能够清晰显示骨骼结构和部分软组织病变,尤其适用于评估牙齿和颌骨的细节。其次,X 线成像速度快,通常几分钟内即可完成,适合急诊和需要快速诊断的情况。最后,X 线设备成本较低,操作简便,广泛应用于各级医疗机构。它在口腔科、耳鼻喉科、骨科等领域得到广泛应用,特别适用于颌面部疾病的初步诊断。尽管 X 线辐射剂量相对较低,特别是数字 X 线设备进一步降低了辐射暴露,但仍需注意对儿童和孕妇的辐射防护。

2. 主要用途 X 线检查技术的主要用途包括多个方面。在牙齿检查中,它能够有效检测龋齿、评估牙周病及根尖周病变的情况。在颌骨病变方面,X 线可用于诊断颌骨骨折、肿瘤及炎症,如骨髓炎和牙槽脓肿。种植牙术前,X 线能够评估骨密度和质量,并明确重要解剖结构的位置,为手术规划提供指导。正畸治疗中,X 线可以帮助了解牙齿排列与颌骨的关系,为治疗提供依据。口腔外伤后的检查也常用 X 线来评估牙齿脱位、折裂及颌骨骨折的情况。此外,X 线还可用于随访复查,评估治疗效果及术后牙周组织健康状况。

(二) X 线检查技术主要内容及局限性

1. 主要内容 在 X 线检查的具体应用中, 曲面体层片通过单次曝光获取上、下颌骨及周围结构的全貌图像, 适合评估全口牙及牙周组织、颌面骨骨折、颌骨的囊肿、肿瘤及瘤样病变, 以及种植术前评估。根尖片聚焦于个别牙齿及其周围结构, 适合诊断牙齿的根尖周病变、龋病和牙周病等。咬翼片则通过显示上下牙齿的牙冠和牙槽骨, 评估邻面龋和牙周病。头颅侧位片常用于正畸治疗, 帮助评估头颅和面部骨骼的关系, 制订治疗计划。

2. 局限性 尽管 X 线检查技术有诸多优势, 但也存在一些局限性。首先, 辐射暴露量虽低, 但需关注长期和累积辐射的风险, 尤其要采取适当的防护措施, 如使用铅围裙和颈部保护装置, 以减少不必要的曝光。其次, X 线对软组织的分辨力有限, 对软组织病变的诊断效果不如其他影像技术, 如 MRI 和超声等。再次, X 线成像为二维图像, 无法提供三维解剖结构信息, 复杂病例可能需要结合其他成像技术进行综合评估。由于二维成像的特点, 不同结构可能在图像上重叠, 导致解剖细节失真, 这时可以通过多角度拍摄或使用更先进的成像技术来减少重叠和失真。最后, X 线图像的解读高度依赖于放射科医生的经验和技术水平, 经验不足可能导致误诊或漏诊。对于某些早期病变, X 线的敏感性可能不足, 在怀疑早期病变时, 建议结合临床检查和其他影像学方法进行综合评估。

二、口腔颌面锥形线束 CT 检查技术

(一) 口腔颌面锥形线束 CT 检查技术特点及主要用途

1. 技术特点 CBCT 检查技术具备多个特点。首先, 它能够生成高分辨率的三维影像, 提供精确的解剖结构细节, 有助于更全面地评估口腔和颌面的复杂结构和病变。其次, CBCT 的辐射剂量相较于传统 CT 更低, 通常只有传统 CT 的 20% 左右, 这显著降低了患者的辐射暴露风险, 特别适用于需要多次成像的患者。在此, CBCT 具有高空间分辨力, 能够清晰显示细微的解剖结构, 分辨率可以达到 $80 \sim 400 \mu\text{m}$, 非常适合检测细小的病变和评估复杂的解剖细节。CBCT 的扫描速度也非常快, 通常在 $10 \sim 40\text{s}$ 内即可完成一次扫描, 这不仅可减少患者的不适感, 还可降低运动伪影的影响, 提高影像质量。最后, CBCT 还提供立体定位功能, 能够精确测量和定位病变, 这对外科手术的规划和精确导航非常有帮助, 增加了手术的安全性和成功率。

2. 主要用途 CBCT 检查技术的主要用途包括多个方面。在种植牙评估中, CBCT 可以通过三维影像详细评估拟种植区颌骨骨密度和质量, 测量颌骨的长度、宽度及厚度, 准确定位下颌管、上颌窦等重要解剖结构, 帮助设计种植体的最佳位置和角度, 提高种植成功率。对于颌面外伤, CBCT 能够详细评估颌面骨骨折情况, 并为复杂骨折的修复手术提供详细的影像参考。CBCT 还用于颌骨病变的诊断, 能够精确评估囊肿、肿瘤的大小、位置和边界, 以及检查感染和炎症如骨髓炎、牙槽脓肿等病变。正畸治疗中, CBCT 可以全面评估牙齿排列和咬合关系, 帮助制订个性化的正畸治疗方案。对于颞下颌关节的评估, CBCT 可以详细分析关节结构和功能异常, 帮助诊断和治疗关节功能障碍。此外, CBCT 还用于术前和术后评估, 为手术提供详细的影像支持, 并监控术后恢复情况, 确保治疗效果。

(二) 口腔颌面锥形线束 CT 检查技术主要内容及局限性

1. 主要内容 CBCT 检查的具体内容包括几部分。首先是扫描方式, CBCT 通过锥形 X 线束进行体积扫描, 患者通常坐位或站位, 扫描装置环绕头部旋转采集 X 线数据, 并利用计算机算法重建成三维影像。图像重建完成后, 可获得高分辨率的三维影像, 通过体积重建和多平面重组 (MPR) 方法, 能够提供不同角度和切片的详细图像。数据分析则使用专门的影像分析软件进行测量和评估, 广泛应用于牙及牙周疾病诊疗、种植牙设计、颌骨病变诊断、颌面外伤评估等场景。在病例管理方面, 所有影像数据和分析结果均可存储在数字化系统中, 便于随时调用和对比, 且影像数据可以便捷地共享给其他医疗机构进行会诊, 支持患者的长期随访和疗效评估。

2. 局限性 尽管 CBCT 检查技术有诸多优势, 但也存在一些局限性。首先, CBCT 在骨结构成像上具有高分辨率, 但对软组织的对比度较低, 因此对仅涉及软组织的病变诊断效果不如 MRI 和超声

成像。在需要详细软组织评估时，建议结合其他影像检查手段。其次，CBCT 的扫描范围相对较小，主要用于口腔和颌面部成像，无法全面评估头颅以外的病变或全身系统性疾病，因此全身性评估仍需依赖传统 CT 或其他全身成像技术。尽管 CBCT 的辐射剂量低于传统 CT，但仍高于普通牙科 X 线片，特别是在需要频繁检查的患者中，累积辐射剂量可能增加健康风险。在此，金属伪影是限制因素，牙科修复体、种植体等金属物体会在 CBCT 图像中产生伪影，影响图像质量，并可能掩盖或扭曲重要的解剖细节，因此需要使用金属伪影抑制技术和软件进行图像处理。最后，CBCT 设备昂贵，且需要定期维护和校准，增加了医疗机构的运营成本，可能限制其在基层医疗机构的普及和应用。

三、CT 检查技术

（一）CT 检查技术特点及主要用途

1. 技术特点 CT 检查技术具有多个关键特点。首先，高分辨率成像能够生成精细的断层图像，清晰显示骨骼、软组织和血管等多种结构，适用于复杂病变的详细评估。其次，多平面重组技术允许生成任意平面的切片图像，包括轴位、冠状位和矢状位，有助于全面了解病变的形态、位置和范围，为精确诊断提供多角度的信息。再次，现代 CT 扫描具有快速成像能力，通常在数秒内即可完成一次全身或局部扫描，减少了患者的检查时间，特别适合急诊和需要快速诊断的情况。对比增强技术通过静脉注射对比剂，显著增强血管和病变区域的对比度，提高了病变的检出率和诊断准确性。CT 扫描还能够生成高质量的三维影像，直观展示解剖结构和病变，便于手术规划、术中导航和治疗效果评估。最后，CT 检查还具备定量分析功能，能够进行体积测量、骨密度评估等，为病情评估和疗效监测提供定量指标，提高诊断的客观性和准确性。

2. 主要用途 CT 检查技术的主要用途涵盖多个方面。在颌面部病变诊断中，CT 能够精确评估肿瘤的大小、位置、浸润范围，以及感染和炎症性病变如骨髓炎、牙源性脓肿等。在颌面部外伤评估中，CT 可以详细显示骨折的类型、位置和移位情况，并评估软组织损伤如面部肌肉、神经和血管的损伤情况。在牙科应用方面，CT 能够准确评估种植区域的骨质情况，检测复杂的牙齿结构问题如埋伏牙、多生牙和牙根病变等。正颌外科规划中，CT 能够详细评估颌骨的解剖结构和畸形，为手术提供精确的方案，并在术后监测颌骨的位置和愈合情况。CT 还可用于颞下颌关节评估，检测关节结构异常和功能障碍，帮助诊断和治疗关节功能问题。在头颅和面部结构评估中，CT 能够评估先天畸形如腭裂和颅面综合征，为整形手术提供详细的解剖参考。

（二）CT 检查技术主要内容及局限性

1. 主要内容 CT 检查的具体内容包括三部分。首先，在扫描技术方面，CT 通过 X 线束和探测器阵列进行断层扫描，患者通常平躺在检查床上，床缓慢移动通过环形扫描装置，X 线束环绕患者旋转，采集连续的断层图像，生成高分辨率的二维切片和三维图像。其次，在图像重建与处理过程中，通过多种算法如滤波反投影、迭代重建等处理原始数据，生成高分辨率图像，并通过 MPR 技术以不同平面展示重建图像，还可以进行三维重建，生成立体影像。在对比剂的应用方面，通过静脉注射或口服对比剂，增强血管、器官和病变区域的对比度，提高诊断价值，广泛用于评估血管病变、肿瘤边界和炎症扩散。影像分析与诊断则通过定量分析软件进行体积测量、密度评估和病变标记，详细评估病变大小、位置、形态和边界，提供了重要的诊断依据。

2. 局限性 尽管 CT 检查技术具有许多优势，但也存在一些局限性。首先，CT 扫描涉及较高剂量的 X 线辐射，长期或频繁检查可能增加辐射暴露风险，特别是对儿童、孕妇等高敏感人群。虽然 CT 在骨骼和密度差异大的组织中表现优异，但对软组织的对比度有限，对于单纯软组织病变的显示效果不如 MRI，因此在需要详细软组织评估时，建议结合其他影像检查手段。其次，金属伪影也是一个问题，体内金属植入物如牙科修复体和种植体会在 CT 图像中产生伪影，影响图像质量，可能掩盖或扭曲重要解剖细节。再次，CT 检查设备昂贵，检查费用较高，可能限制其在基层医疗机构的普及和应用，特别是对经济条件较差的患者而言。最后，对比剂的使用可能引发过敏反

应或肾功能损害，特别是对敏感体质或肾功能不全的患者，因此需要在使用对比剂前进行详细的病史询问和过敏试验，必要时选择无对比剂扫描。

四、MRI 检查技术

（一）MRI 检查技术特点及主要用途

1. 技术特点 MRI 检查技术具有以下特点：首先，高对比度成像能够清晰显示不同组织间的细微差异，特别适合评估软组织结构，如肌肉、脂肪、神经、血管和颞下颌关节。其次，MRI 拥有多种成像模式，包括 T_1 加权成像、 T_2 加权成像、弥散加权成像（diffusion weighted imaging, DWI）、功能磁共振成像（functional magnetic resonance imaging, fMRI）等，能够提供丰富的组织信息，有助于全面评估病变和功能状态。MRI 检查还具有无辐射风险的优势，因其利用强磁场和射频脉冲成像，不涉及电离辐射，安全性较高，适用于需要频繁检查的患者、儿童和孕妇。再次，MRI 能够生成高分辨率的三维图像，提供详细的解剖结构信息，有助于准确评估复杂解剖区域，支持精确的手术规划和导航。最后，MRI 还具备动态成像的能力，如动态对比增强磁共振成像（dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI）和磁共振血管成像（magnetic resonance angiography, MRA），可实时观察血流、组织灌注和病变动态变化，提供功能性信息。

2. 主要用途 MRI 的用途广泛。首先，它在颞下颌关节紊乱综合征评估中具有显著优势，能够详细评估关节盘的位置、形态和移位情况，检测关节盘变性、关节炎、骨质增生和关节积液等病变，帮助诊断和治疗。其次，在颌面部软组织病变评估方面，MRI 能够清晰显示肿瘤的边界、内部结构和与周围组织的关系，并检测和评估软组织的炎症、脓肿和感染扩散范围。对于神经病变评估，MRI 可以精确显示面部神经、三叉神经和其他颌面部神经的解剖结构，检测神经压迫、炎症、肿瘤等病变，帮助确定病因和制订治疗方案。再次，MRI 在血管病变评估中也非常有效，通过 MRA 可以详细显示颌面部血管的形态和走行，检测动脉瘤、血管畸形和血管狭窄等病变，评估血流情况。MRI 还适用于肌肉和骨骼评估，能够评估面部和颌部肌肉的炎症、撕裂等病变，并在显示骨髓病变和骨髓炎等方面具备优势。最后，MRI 在术前和术后评估中可提供详细的解剖结构信息，帮助制订精确的手术计划，并通过随访监控术后恢复情况，评估组织愈合和手术效果，监测术后并发症。

（二）MRI 检查技术主要内容及局限性

1. 主要内容 MRI 检查技术多种多样，主要包括形态学成像、功能成像、生化代谢及分子成像等方面。检查方法可分为普通平扫和注入对比剂之后的增强扫描。形态学成像主要是由脉冲序列、成像参数选择、图像质量控制、流动现象的补偿技术、对比剂应用技术和一系列特殊成像技术组成。主要的特殊成像技术包括 MRA、MRH、MR 心脏成像、磁敏感加权成像（SWI）等。功能学成像主要包括功能 MRI、DWI、灌注加权成像（PWI）、弥散张量成像（DTI）、弥散峰度成像（DKI）和四维流相位对比 MRI 等。生化代谢分析技术主要是磁共振波谱成像，可以提供组织的化学成分分析。

2. 局限性 MRI 检查仍存在一些应用局限性。首先，检查时间相对较长，每个 MRI 序列完成都需要数分钟，尤其是多序列成像，对于危重症患者、难以制动患者、运动性器官等检查难以进行。其次，图像易受多种伪影影响，MRI 检查的伪影主要来源于设备、金属异物和运动等三个方面，有些可以消除，有些只能尽量减少而无法完全消除。常见伪影包括化学位移伪影、相位失聚伪影、卷褶伪影、截断伪影、磁敏感伪影、运动伪影、拉链伪影、波纹伪影、金属伪影等。再次，MRI 对钙化灶及骨皮质识别有局限性，常规图像上钙化表现为低信号、不易识别，对以病理性钙化为特征的病变诊断困难；对质子密度较低的致密骨的解剖细节无法充分显示。SWI 序列有所帮助，但总体对钙化的识别不及 CT 检查。该检查还存在禁忌证，体内带有铁磁性物质或非 MR 相容性心脏起搏器的患者检查受限；高热患者、散热功能障碍患者需谨慎进行 MRI 检查；肾功能不全患者应谨慎进行增强 MRI 检查，因为注入钆对比剂可能会引起肾源性系统纤维化。最后，MRI 检查噪声较大，幽闭恐惧症患者不适宜进行 MRI 检查。

五、超声检查技术

（一）超声检查技术特点及主要用途

1. 技术特点 超声检查是利用超声波在人体组织中传播特性进行疾病诊断的一种无创性检查技术，是医学影像诊断中的重要组成部分。超声诊断所用声源振动频率一般为 $1\sim 10\text{MHz}$ ，常用 $2.5\sim 5.0\text{MHz}$ 。超声成像原理与超声波的物理特性及人体组织对入射超声波产生的多种物理现象有关，主要包括指向性、反射、散射、折射、绕射、相干、衰减及多普勒效应等。当入射超声波在人体组织中经过不同器官、组织，包括正常与病变组织的多层界面时，每一界面由于两侧介质的声阻抗不同而产生不同程度的反射和（或）散射。这些反射或散射形成的回声，以及超声在传播中经过不同组织的衰减信息，经接收、放大和信息处理而在荧屏上以图像或波形显示，形成声像图，此即超声成像的基本原理。其主要特点有：超声波属于机械波，无辐射，安全性高；超声检查可获得身体各部位任意方位的断层成像，实时显示病变器官的运动功能、血流动力学状况等，且可同时获得形态学和功能学信息；检查方便快捷，检查费用较低。

2. 主要用途 超声作为一种非侵入性、无创、无痛的检查方法，在全身各系统中应用广泛。在口腔颌面部中的应用主要包括皮肤及皮下组织、颌面部血管、神经组织、唾液腺及淋巴结等。

（二）超声检查技术主要内容及局限性

1. 主要内容 超声检查的主要类型包括 A 型、B 型、M 型和 D 型，其成像技术和显示方式有所不同。其中 A 型超声属于一维波形图，目前临床上已很少应用。B 型超声又称二维超声，是最常用的超声检查方式。在二维声像图中，依据组织内部声阻抗及声阻抗差的大小，将人体器官分为无反射型、少反射型、多反射型及全反射型。M 型超声主要用于获取活动器官某一部位的回声。D 型超声又称多普勒超声，包括频谱多普勒超声和彩色多普勒血流成像，可以观察人体血流及组织运动的方向、速度等，而彩色多普勒血流成像可以反映血流速度、加速度和方向变化等。

2. 局限性 尽管超声检查有诸多优势，但也存在一些局限性。首先，超声波难以穿透含气器官和骨组织，因此限制了超声在肺、胃肠道及骨骼中的应用。其次，超声检查时显示的是局部断面图像，一幅图像难以显示病变及脏器的空间位置。最后，超声检查结果的准确性除与设备性能相关外，更依赖于操作人员的业务水平和经验。

六、放射性核素检查技术

（一）放射性核素检查技术特点及主要用途

1. 技术特点 放射性核素显像（radionuclide imaging, RI）是一种以脏器和病变聚集放射性显像剂的量为基础的显影方法，不同于单纯的形态结构成像，其主要反映有关脏器及病变的功能状况，属于放射性核素示踪方法的范畴。该检查利用放射性核素或其标记化合物作为示踪剂，引入人体后可选择性分布在特定的器官或病变组织内，在体外探测放射性示踪剂在体内的分布规律，从而显示脏器、病变组织的形态、功能和代谢的变化，以达到对疾病进行定位、定性及定量诊断的目的。其主要特点有：选用特定的显影剂可显示特定脏器或病变，特异性较高；放射性核素显像是功能依赖性成像，所显示的功能性改变大多是病变的早期表现，有利于疾病的早诊断、早治疗；放射性核素显像可以提供功能学定量参数；可以进行全身显像及双核素同时显像。

2. 主要用途 在临床疾病影像诊断中，放射性核素显像可应用于全身各个系统疾病中，如内分泌系统、消化系统、泌尿系统、血液淋巴系统、呼吸系统、神经系统及肿瘤等。

在内分泌系统中，放射性核素显像对甲状腺疾病有较高的应用价值，包括异位甲状腺、甲状腺结节、先天性甲状腺功能减退、功能性甲状腺癌转移等。此外，科学家在研究甲状腺功能时发现唾液腺也有摄取放射性碘的功能，唾液腺放射性核素显像适用于唾液腺功能情况检查、先天性唾液腺缺失或变异者、腮腺占位怀疑为腺淋巴瘤者及唾液腺造影困难者，检查方便、无创、可重复，被认为是目前唾液腺功能检查的首选方法。放射性核素检查也可通过局部血流及骨代谢的变化诊断骨性