



普通高等教育“十五”国家级规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材
卫生部规划教材 全国高等学校教材

供 口 腔 医 学 类 专 业 用

口腔颌面医学影像诊断学

第4版

主 编 马绪臣

 人民卫生出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
全国高等学校教材

· 供口腔医学类专业用 ·

口腔颌面医学影像诊断学

第 4 版

主 编 马绪臣

编者(以姓氏笔画为序)

马绪臣 (北京大学口腔医学院)

王松灵 (首都医科大学口腔医学院)

王 虎 (四川大学华西口腔医学院)

吴运堂 (北京大学口腔医学院)

张 刚 (北京大学口腔医学院)

张祖燕 (北京大学口腔医学院)

孟庆江 (第四军医大学口腔医学院)

范新东 (上海第二医科大学口腔医学院)

程 勇 (武汉大学口腔医学院)

江苏工业学院图书馆
藏书章

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

口腔颌面医学影像诊断学/马绪臣主编. —4 版.
—北京: 人民卫生出版社, 2003
ISBN 7 - 117 - 05778 - 5

I. 口… II. 马… III. 口腔颌面部疾病 - 影像
诊断 - 医学院校 - 教材 IV. R816. 98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 096797 号

口腔颌面医学影像诊断学
第 4 版

主 编: 马 绪 臣

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京市卫顺印刷厂 (尚 艺)

经 销: 新华书店

开 本: 850 × 1168 1/16 印张: 14.75

字 数: 347 千字

版 次: 1988 年 11 月第 1 版 2003 年 12 月第 4 版第 15 次印刷

标准书号: ISBN 7 - 117 - 05778 - 5/R · 5779

定 价: 21.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究
(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

全国高等学校口腔医学专业第五轮 规划教材修订说明

为适应我国高等口腔医学教育改革和发展的需要,经全国高等医药教材建设研究会和卫生部口腔医学专业教材评审委员会审议,决定从2002年5月开始,对全国口腔医学专业规划教材进行第五轮修订。这次修订是在保持原教材特点的基础上,通过增加学科新进展,删除陈旧的内容;合理分工,避免不必要的重复;增加图表,改善版式设计;使全套教材更趋完善,实用性更强,更加符合广大师生的需要。考虑到学科发展的需要,第五轮教材新增1种《拾学》,全套教材共16种,其中6种同时为教育部评定的普通高等教育“十五”国家级规划教材。

第五轮教材不仅适用于五年制,也可供长学制(七、八年制)使用,并于2004年春季前全部出版。

第五轮规划教材目录

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1.《口腔解剖生理学》第5版 | 主 编 皮 昕
副主编 何三纲 |
| 2.《口腔组织病理学》第5版 | 主 编 于世凤
副主编 汪说之 |
| △3.《口腔颌面医学影像诊断学》第4版 | 主 编 马绪臣 |
| △4.《口腔生物学》第2版 | 主 编 刘 正
副主编 边 专 |
| 5.《口腔临床药理学》第2版 | 主 编 史宗道
副主编 王晓娟 |
| 6.《口腔材料学》第3版 | 主 编 陈治清 |
| △7.《口腔颌面外科学》第5版 | 主 编 邱蔚六
副主编 张震康 |
| 8.《口腔修复学》第5版 | 主 编 马轩祥
副主编 赵依民 |
| △9.《牙体牙髓病学》第2版 | 主 编 樊明文
副主编 周学东 |

- | | |
|-------------------------------|---------|
| △10.《牙周病学》第2版 | 主 编 曹采方 |
| 11.《口腔粘膜病学》第2版 | 主 编 李秉琦 |
| | 副主编 周曾同 |
| △12.《口腔正畸学》第4版 | 主 编 傅民魁 |
| 13.《儿童口腔医学》第2版 | 主 编 石四箴 |
| 14.《预防口腔医学》第4版 | 主 编 卞金有 |
| | 副主编 胡德渝 |
| 15.《口腔医学实验教程》及《口腔医学实验教程附册》第2版 | 主 编 王嘉德 |
| | 副主编 姚月玲 |
| 16.《拾学》 | 主 编 易新竹 |
| | 副主编 王美青 |

注:画△者为普通高等教育“十五”国家级规划教材

全国高等学校口腔医学专业第三届 教材评审委员会

名誉主任委员 张震康
主任委员 樊明文
委 员 (以姓氏笔画为序)
王松灵 孙宏晨 张志愿 周学东
俞光岩 赵铤民 傅民魁
秘 书 边 专

第4版前言

本书对全国高等医药院校教材《口腔颌面医学影像诊断学》第3版进行了认真的修订,兼顾口腔医学专业五年制本科生及长学制教学需要,增加了各相关领域最新研究成果,并做为独立章节增加了口腔放射生物学的内容。本书经修订后,更加全面地反映了国内外口腔颌面医学影像学的现状及其发展前景,囊括了普通X线检查、各种造影检查、数字化X线摄影、超声、核素显像、计算机X线体层摄影(CT)及磁共振的检查及诊断内容;涵盖了牙体及牙周疾病,颌面骨炎症,口腔颌面部囊肿、肿瘤及瘤样病变,颌面骨骨折,系统病在口腔、颌、颌面骨的表现,涎腺疾病,颞下颌关节病,口腔颌面部介入放射学及口腔种植学等多领域的影像学内容。由于口腔颌面部介入放射学的迅速发展,使口腔放射学科由单纯的诊断学科发展为诊断与治疗相结合的临床学科,这将成为我国口腔颌面放射学的一个重大变革和进步。各高等院校可根据不同学制的具体情况,选择适应于本校教学需要的讲授内容。

本书是在邹兆菊教授主编的全国高等医药院校规划教材《口腔颌面X线诊断学》(第1、2版)及本人主编的《口腔颌面医学影像诊断学》第3版基础上修订而成。我们将永远怀念我国口腔颌面放射学创始人邹兆菊教授,永远感谢她对我国口腔颌面放射学的开拓和发展所作出的重大贡献。同时,我们也将永远不能忘记并感谢曾担任前3版编委的雷荀灌教授、孙大熙教授、孙广熙主任技师、魏民宪教授、余强教授和史无例教授对我国口腔颌面影像学教材建设所做出的重要贡献。

本书编撰过程中得到北京大学、上海第二医科大学、四川大学、武汉大学及中国人民解放军第四军医大学五所学校口腔医学院的大力支持和帮助,在此一并致谢。

尽管编者以高度认真负责的态度进行编撰和修订工作,但由于水平所限,其中纰漏或错误在所难免,诚望得到各院校师生的批评、指正,以利进一步修订。

马绪臣

2003年8月

目 录

第1章 绪论	1
一、学科内容.....	1
二、发展简史.....	1
三、医学影像学检查与诊断.....	3
第2章 口腔放射生物学	4
第1节 电离辐射的种类及物理化学基础	4
一、电磁辐射和粒子辐射.....	4
二、电离和激发.....	5
三、自由基.....	5
四、靶学说和靶分子.....	5
五、影响电离辐射生物学效应的主要因素.....	6
第2节 电离辐射的分子生物学及细胞效应	7
一、DNA 损伤及其生物学意义.....	7
二、染色质辐射生物效应.....	8
三、蛋白质和酶的辐射生物效应.....	9
四、辐射对细胞膜的影响.....	9
五、辐射致癌的分子基础.....	9
六、电离辐射的细胞效应.....	9
第3节 电离辐射对正常口腔颌面组织的影响	10
一、口腔黏膜及颌面皮肤损害.....	10
二、涎腺损伤.....	11
三、对味觉的影响.....	12
四、对牙颌系统的影响.....	12
第4节 口腔诊断用 X 线对机体组织的影响	12
第3章 口腔 X 线检查的防护	15
第4章 医学影像检查技术及正常图像	19
第1节 口腔颌面专用 X 线机	19

一、牙科 X 线机	19
二、曲面体层 X 线机	19
三、X 线头影测量机	20
四、口腔体腔 X 线机	21
五、牙科 X 线数字影像设备	21
第 2 节 X 线平片检查	22
一、根尖片	22
二、颌翼片	26
三、上颌前部颌片	27
四、上颌后部颌片	27
五、下颌前部颌片	28
六、下颌横断颌片	28
七、上下颌第三磨牙口外投照片	29
八、华特位片	29
九、颞骨后前位片	30
十、颅底位片	30
十一、颞弓位片	31
十二、下颌骨侧位片	31
十三、下颌骨后前位片	33
十四、下颌骨开口后前位片	33
十五、下颌骨升支切线位片	34
十六、颞下颌关节侧斜位片	35
十七、矫正颞下颌关节侧斜位片	36
十八、髁状突经咽侧位片	36
十九、口腔体腔摄影片	37
二十、X 线头影测量片	39
第 3 节 体层摄影检查	40
一、上颌侧位体层片	40
二、上颌后前位体层片	41
三、颞下颌关节侧位体层片	42
四、矫正颞下颌关节侧位体层片	42
五、曲面体层摄影片	43
第 4 节 普通造影检查	44
一、涎腺造影	44
二、颞下颌关节造影	47
三、瘤腔造影	50
四、鼻咽腔造影	51
五、窦道及瘻管造影	51

第5节 数字减影造影检查	51
一、数字减影颞下颌关节造影	51
二、数字减影涎腺造影	52
三、数字减影选择性颈外动脉造影	53
第6节 CT检查	54
一、口腔颌面部常规检查	54
二、特殊部位检查	56
第7节 超声检查	60
一、基本原理	61
二、检查技术	61
三、正常图像	62
四、临床应用价值	64
第8节 核素显像	65
一、显像剂及其临床应用	66
二、涎腺检查	66
三、颌骨检查	67
第9节 磁共振成像检查	68
一、检查技术	68
二、正常图像	68
第5章 牙及牙周疾病	71
第1节 龋病	71
第2节 牙髓病	72
一、牙髓钙化	72
二、牙内吸收	73
第3节 根尖周病	74
一、根尖周炎	74
二、致密性骨炎	75
三、牙骨质增生	76
四、牙骨质结构不良	76
第4节 牙发育异常	78
一、牙体形态异常	78
二、牙结构异常	80
三、牙数目异常	81
四、阻生牙	83
第5节 牙周炎	85
第6节 牙外伤	87
第7节 牙根折裂	88

第6章 颌面骨炎症	90
第1节 牙源性化脓性颌骨骨髓炎	90
一、牙源性中央性颌骨骨髓炎	90
二、牙源性边缘性颌骨骨髓炎	93
第2节 婴幼儿颌骨骨髓炎	96
第3节 下颌骨弥散性硬化性骨髓炎	97
附：牙源性上颌窦炎	98
第4节 特异性颌面骨骨髓炎	99
一、颌面骨结核	99
二、颌骨放线菌病	101
第5节 颌骨放射性坏死	102
第6节 颌骨化学性坏死	104
一、颌骨砷毒性坏死	104
二、颌骨磷毒性坏死	104
第7章 口腔颌面部囊肿、肿瘤和瘤样病变	106
第1节 口腔颌面部囊肿	106
一、颌骨囊肿	106
二、颌面部软组织囊肿	111
第2节 口腔颌面部良性肿瘤和瘤样病变	113
一、颌骨牙源性良性肿瘤和瘤样病变	113
二、颌骨非牙源性良性肿瘤和瘤样病变	118
三、颌面部软组织良性肿瘤和瘤样病变	122
第3节 口腔颌面部恶性肿瘤	127
一、颌骨恶性肿瘤	127
二、颌面部软组织恶性肿瘤	134
第8章 颌面骨骨折	140
第1节 概论	140
一、骨折的基本 X 线表现	140
二、骨折 X 线片观察要点	140
三、骨折的愈合	141
附：X 线异物定位	143
第2节 牙槽突骨折	144
第3节 下颌骨骨折	144
附：髁状突骨折的分类	148
第4节 上颌骨骨折	150
第5节 颧骨、颧弓骨折	153

附：颧骨颧弓骨折分类·····	156
第6节 鼻骨骨折·····	156
第9章 系统病在口腔及颅、颌面骨的表现 ·····	158
一、朗格汉斯组织细胞增生症·····	158
二、骨纤维异常增殖症·····	162
三、白血病·····	164
四、糖尿病·····	165
第10章 涎腺疾病 ·····	166
第1节 涎腺发育异常·····	166
一、涎腺缺失和发育不全·····	166
二、迷走涎腺和异位涎腺·····	166
三、导管异常·····	167
第2节 涎石病·····	167
第3节 涎痿·····	168
第4节 涎腺炎症·····	168
一、慢性复发性腮腺炎·····	168
二、慢性阻塞性涎腺炎·····	169
三、涎腺结核·····	171
第5节 涎腺肿瘤·····	171
第6节 舍格伦综合征·····	176
第7节 涎腺良性肥大·····	179
第11章 颞下颌关节疾病 ·····	181
第1节 颞下颌关节紊乱病·····	181
第2节 颞下颌关节强直·····	193
第3节 颞下颌关节脱位·····	195
第12章 口腔颌面部介入放射学 ·····	196
一、概述·····	196
二、介入放射学基本技术·····	196
三、口腔颌面部血管畸形及恶性肿瘤的介入放射治疗·····	198
四、颌面部介入放射治疗的并发症及其防治·····	201
第13章 计算机图像技术在口腔颌面医学影像诊断中的应用 ·····	203
一、概述·····	203
二、普通 X 线数字减影技术·····	204

三、灰度处理.....	206
四、临床应用.....	208
第 14 章 口腔种植放射学简介	214
参考文献.....	219

第 1 章

绪 论

口腔颌面医学影像学是口腔医学专业必修课程之一,是口腔临床医学与口腔基础医学之间的一门桥梁课程。

一、学 科 内 容

.....

口腔颌面医学影像学主要包括口腔颌面放射生物学,口腔放射防护,口腔颌面医学影像检查技术和对牙及牙周组织病变,颌面骨炎症,颌骨囊肿,肿瘤和瘤样病变,外伤,涎腺疾病,颞下颌关节疾病,系统病在口腔、颅、颌面骨的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医学影像学内容。全书以口腔颌面放射学为基础,辅以电子计算机 X 线体层摄影 (computed tomography, CT)、灰阶超声 (gray scale ultrasonography)、核素显像 (radionuclide imaging, RI) 及磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 等医学影像检查内容。

二、发 展 简 史

.....

早在 1895 年伦琴宣布发现 X 射线之后仅 2 周的时间, Otto Walkhoff 等学者便将 X 线用于拍摄牙科 X 线片,至今已有百余年的历史。然而,直到近 30 余年来,口腔放射学才得以迅速发展。第一届国际牙颌面放射学学术会议于 1968 年在智利召开,并建立了国际牙颌面放射学会。我国解放前,口腔放射学基本上是空白。解放后逐渐得以较大的发展,并在 1987 年召开了第一届全国口腔放射学学术会议,建立了中华医学会口腔学会口腔放射学组,开始形成我国口腔放射学专业队伍。因而,口腔放射学又是一门正在发展中的年轻学科。口腔放射学现已由单纯牙科放射学发展为口腔颌面放射学,并正在逐渐发展为口腔颌面医学影像学。此外,口腔颌面部介入性放射学和实验放射学也开始得以发展。2000 年在北京召开了第三届亚洲口腔颌面放射学会议暨第四届全国口腔颌面放射学会议,并建立了中华口腔医学会口腔颌面放射专业委员会,大大促进了我国口腔颌面影像学的发展。

(一) 口腔放射学

自从 Otto Walkhoff 及 C. Edmund Kells 等学者率先将 X 线用于拍摄牙和其他 X 线片以后相当长的历史时期内,口腔放射学仅限于对牙、牙周及根尖周病变的 X 线检查及诊断。检查方法主要是拍摄根尖片及颌骨平片。口腔放射学实际上仅为牙科放射学。随着口腔临床医学和 X 线技术的迅速发展,口腔放射学逐渐发展为用多种 X 线技术对口腔颌面部肿瘤、外伤、炎症、发

育畸形、涎腺疾病、颞下颌关节疾病等进行X线检查的口腔颌面放射学。X线检查技术也由单纯使用牙科X线机拍摄根尖片、颌骨平片,发展为应用曲面体层摄影、体腔摄影、头影测量摄影以及大型X线机多轨迹体层摄影技术对口腔颌面部多种疾患进行检查。近10余年来,X线录像技术、X线电影以及电子计算机图像处理技术、电子计算机X线体层摄影等现代化检查方法也愈来愈广泛地应用于口腔医学诊断,从而极大地丰富和发展了口腔放射学的内容。与此同时,为了适应口腔临床医学发展的需要,口腔颌面部各种造影技术也得到了很大的发展,如颞下颌关节造影、涎腺造影、血管瘤腔造影、经股动脉插管选择性颈外动脉造影以及各种数字减影造影技术等,成为口腔颌面部疾病的重要检查手段。早在20世纪60年代,我国学者便开始了颞下颌关节造影,为国际上颞下颌关节造影先驱工作之一。近20余年来,这一工作得到了更为深入的发展。颞下颌关节上腔造影、下腔造影、双重造影、X线动态录像及数字减影关节造影等工作均得到了较好的应用,使我国对颞下颌关节病的诊断始终保持国际先进水平。

在口腔放射学发展史上,许多先驱者的工作是值得我们纪念的。

1. 根尖片 美国人 C. E. Kells 于 1878 年毕业于纽约牙科学校,即现在的纽约大学牙科学校。1896 年 4 月或 5 月拍摄了美国第一张根尖片。为了固定头颅,在拍摄时将一木板置于患者与 X 线管之间,无意中首先使用了滤线板。1927 年美国 Tulane 大学授予他最高荣誉学位,并设有其纪念图书馆及博物馆。

2. 体层摄影技术 意大利人 Vellebonna 于 1930 年发明体层摄影机。20 世纪 30 年代后期口腔科便用于颞下颌关节病的诊断,50 年代引入我国用于口腔颌面部病变的诊断。芬兰人 Peatero 于第二次世界大战后设计出曲面体层机,1954 年制成商业产品,可在同一胶片上显示全口牙及双侧上、下颌骨和颞下颌关节,后经多次设计改革,并于 20 世纪 70 年代引入我国。

3. 造影技术 1944 年 NΦrgaard 最早成功地报道了颞下颌关节造影术,但因注射技术及对图像解释上的困难,之后约 20 年的时间内没有得到广泛应用,而仅在为数不多的几个国家内有散在报告。我国学者早在 20 世纪 60 年代便开始了这方面的研究工作,赢得了国内外学者的尊敬。1913 年 Arcelin 第 1 次报告用铋作造影剂显示一颌下腺导管结石,但因重金属不良反应停止了 10 年。20 世纪 30 年代我国学者就曾有用于涎腺肿瘤检查的报告。在血管造影方面,20 世纪 50 年代后期国外开始有颌面部应用的散在报告,而我国学者则始于 60 年代。

4. CT 1971 年英国物理学家 Hounsfield 及医师 Ambrose 创制了 CT 装置。同年 10 月检查了第一位患者,11 月在英国放射学年会上向世界宣布了这一成果。1973 年英国放射学杂志予以发表,引起轰动,认为这是医学影像学上的一次划时代进步。1979 年 Hounsfield 获诺贝尔医学生物学奖。20 世纪 80 年代初 CT 引入我国,并很快用于颞下颌关节病、涎腺疾病及口腔颌面部其他疾病的检查。

5. 减影技术 1961 年 Eiedses des plantes 发明图像减影法。20 世纪 70 年代以前,人们常用此进行血管造影减影。美国威斯康星大学于 1980 年 2 月研制成数字减影血管造影设备,开始大量用于血管造影检查。1987 年 Jacobs 和 Manaster 首先将数字减影技术用于颞下颌关节下腔造影检查,而我国学者则首先将此项技术用于颞下颌关节上腔造影,并与手术观察进行对比研究,诊断水平位于国际先进行列。同时,数字减影技术也用于涎腺造影检查,称为数字减影涎腺造影。1982 年瑞典学者 Grondahl 等首先将数字减影技术用于根尖片图像处理,大大提高了对微小骨病变的发现能力,特别是对于牙周炎的早期诊断能力。近几年来我国学者也成功地进行了较

深入的研究工作,使我国这一领域的研究工作进入国际先进水平。

(二) 口腔颌面医学影像学

近 10 余年来,由于磁共振、灰阶超声以及同位素扫描等项技术在口腔医学中的应用,使口腔颌面放射学正在迈入口腔颌面医学影像学的新阶段。目前,磁共振技术已成功地应用于颞下颌关节病及口腔颌面部肿瘤的检查,可以直接、清晰地显示所欲检查部位的组织影像,对人体无放射损害,在发达国家已得到较为普遍的应用,我国学者也对其诊断价值进行了有关研究,但终因其费用昂贵,设备不能普及,目前尚无法普遍推广应用。此外,国内外学者均已将灰阶超声、同位素扫描技术用于涎腺疾病等方面的检查,取得了重要成果,从而使口腔放射学正在跨入口腔颌面医学影像学的新时代。

(三) 口腔颌面介入放射学

所谓介入放射学是指研究在 X 线、灰阶超声或 CT 扫描等导向下进行穿刺活检或进行治疗的学科,是 20 世纪 70 年代中期才开始发展起来的一门年轻学科。近年来,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。在经股动脉插管超选择性颈外动脉分支系统数字减影血管造影检查的基础上,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。我国学者在口腔颌面介入放射学方面做出了令人瞩目的贡献。尽管很多理论及实践问题尚有待于进一步的探讨,但其在口腔颌面部肿瘤及动静脉畸形诊断和治疗方面的应用价值是毋庸置疑的。

三、医学影像学检查与诊断

近 20 余年来,特别是近 10 余年来,口腔颌面医学影像检查技术得到了迅速发展,涌现出多种现代化医学影像检查设备。这无疑是口腔颌面医学影像学的巨大进步。面对如此复杂的多种可供选择的影像学检查技术,口腔医务工作者必须深刻了解不同检查技术对于疾病诊断和治疗的切实和具体的帮助,其费用高低、放射剂量的大小以及可能给患者带来的其他损害等。必须根据不同患者的具体情况,全面权衡利弊,充分考虑影像学检查对患者疾病诊断和治疗计划设定帮助的大小和给患者可能造成损害的风险及经济负担之间的关系,以便合理应用,选择最佳的检查方案,造福于广大患者。

对于口腔颌面部疾病医学影像的解释,需要医师有良好的专业教育背景、丰富的工作经验及对疾病相关临床特征、发生、发展规律及其病理学基础的深刻理解。众所周知,同一种疾病的影像学表现可以有较大的区别,甚至完全不同;同样,完全不同的疾病亦可有类似的影像学表现。因此,对不同疾病的鉴别诊断是至关重要的。

对于疾病的诊断过程是临床医师依据临床特征及多种客观检查结果综合判断的过程。医学影像诊断只是供临床医师在疾病诊断中参考的一种客观检查诊断方法,且由于疾病影像学诊断的复杂性和往往缺乏特异性诊断指征,对于某些疾病,医学影像诊断资料往往不能作为医师临床诊断的最终和唯一的依据。

(马绪臣)

第2章

口腔放射生物学

自1895年伦琴(Wilhelm Conrad Röntgen)发现X射线后,放射线迅速应用在医学诊断及放射治疗中,口腔医学也是最早应用的领域之一。随着放射技术在人体中的应用,人们逐渐发现放射线除了具有诊断治疗的有益作用外,还有损伤正常组织导致癌变等不良后果,于是对放射线的生物效应和致病作用机制进行系列深入研究,形成了放射生物学这门学科。放射生物效应的发生规律和机制是肿瘤放射治疗、放射损伤防治和建立放射防护标准的基础。

第1节 电离辐射的种类及物理化学基础

电离辐射是指能引起被作用物质电离的射线,可分为电磁辐射和粒子辐射两大类。

一、电磁辐射和粒子辐射

1. 电磁辐射(electromagnetic radiation) 是以互相垂直的电场和磁场,随时间变化而交变振荡形成向前运动的电磁波。X射线和 γ 射线都是电磁辐射,可引起物质的电离属电离辐射。此外,无线电波、微波、可见光和紫外线也都属于电磁射线,但它们不能引起物质分子的电离,称非电离辐射。在这些电磁辐射中,它们具有相同的波速,但频率和波长不同,波长越短,频率愈大者,其能量愈高,穿透力愈大(表2-1)。

表2-1 常见电磁辐射谱

名称	波长(真空中)	频率(Hz)	能量
无线电波	1m ~ 10km	$3 \times 10^4 \sim 3 \times 10^8$	$10^{-10} \sim 10^{-6} \text{eV}$
红外线	$0.8 \mu\text{m} \sim 1\text{mm}$	$3 \times 10^{11} \sim 3.7 \times 10^{14}$	$10^{-3} \sim 1.55\text{eV}$
可见光	380 ~ 800nm	$3.7 \times 10^{14} \sim 7.9 \times 10^{14}$	1.55 ~ 3.26eV
紫外线	10 ~ 380nm	$7.9 \times 10^{14} \sim 3 \times 10^{16}$	3.26 ~ 124eV
X射线	1fm ~ 10nm	$3 \times 10^{16} \sim 3 \times 10^{24}$	0.1Kev ~ 10GeV
γ 射线	0.1pm ~ 0.1nm	$3 \times 10^{18} \sim 3 \times 10^{21}$	10Kev ~ 10MeV

X线是核外产生, γ 射线是核内产生,均由光子组成,是临床诊治和放射生物学研究最常用的电离辐射。它们与物质相互作用,通过光电效应,康普顿效应和电子对产生三种方式转移其能量。在放射诊断中多选用以光电效应(小于50keV)为主的射线能量范围,在放射治疗中则选用

康普顿效应为主的高能量范围(若干 MeV)。

2. 粒子辐射(particulate radiation) 是一些组成物质的基本粒子,或由这些基本粒子构成的原子核,这些粒子具有运动能量和静止质量,通过消耗自己的动能把能量传递给其他物质。主要包括 α 粒子、 β 粒子、质子、中子等。 α 粒子由可放射性核素衰变产生,如铀(^{234}U , ^{235}U),镭(^{224}Ra , ^{226}Ra),质量较大,运动较慢,因此有足够时间在短距离内引起较多电离。 β 粒子可有放射性核素释放,如放射性碘(^{131}I , ^{129}I),放射性锶(^{90}Sr , ^{89}Sr)。直线加速器产生高能电子流,主要在组织深部产生最大的电离作用。

二、电离和激发

电离辐射的重要特点是能够在被作用物质的局部释放很大的能量,引起被作用物质的电离

(ionization)和激发(excitation)。而电离和激发又是电离辐射初始作用的重要环节。

1. 电离 电离作用指生物组织中的分子被粒子或光子流撞击时,其轨道电子击出,产生自由电子和带正电的离子。电离作用是高能粒子和电磁辐射的能量被生物组织吸收后引起效应的最重要的原初过程。

2. 激发 当电离辐射与组织分子相互作用,其能量不足以将分子的轨道电子击出时,可使电子跃迁到较高能级的轨道上,使分子处于激发态,这一过程称为激发作用。被激发的分子很不稳定,容易向邻近分子或原子释放其能量,但在放射生物效应的发生中不如电离重要,一般可忽略不计。

由于生物体内70%左右是水,电离辐射作用于水,使水分子产生电离后产生的自由基进而影响生物大分子是生物体放射生物效应的重要途径。

三、自由基

自由基(free radical)指能独立存在,含有一个或一个以上不配对电子的原子、分子、离子或原子团。自由基具有反应性、不稳定性和顺磁性等特点。高反应性表现在易发生自由基-自由基反应、易与生物靶分子发生加成、抽氢和电子转移等反应。多数自由基不稳定,其寿命很短,如羟自由基半衰期为 $10^{-10} \sim 10^{-9}$ 秒。水分子受电离辐射后产生氢自由基($\text{H}\cdot$)和羟自由基($\cdot\text{OH}$),后者通过加成反应造成DNA链中嘧啶和嘌呤碱基损伤。这种由电离辐射首先直接作用于水,使水分子产生一系列原发辐射分解产物,然后通过水的辐射产物再作用于生物大分子,引起后者的物理和化学变化的作用,称为间接作用(indirect effect)。由于机体内多数细胞含水量很高,细胞内含有大量水分子,间接作用对生物大分子损伤的发生有重要意义。相对应电离辐射的能量直接沉积于生物大分子,引起生物大分子的电离和激发,破坏机体的核酸、蛋白质、酶等具有生命功能的物质,这种直接由射线造成的生物大分子损伤效应称为直接作用(direct effect)。

四、靶学说和靶分子

靶学说(target theory)是从生物物理学的角度,认为某些分子或细胞内的敏感结构(靶)被电

靶学说(target theory)是从生物物理学的角度,认为某些分子或细胞内的敏感结构(靶)被电