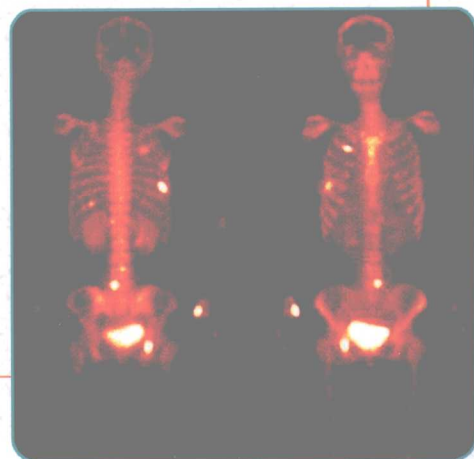


呼吸系统疾病的 核医学检查

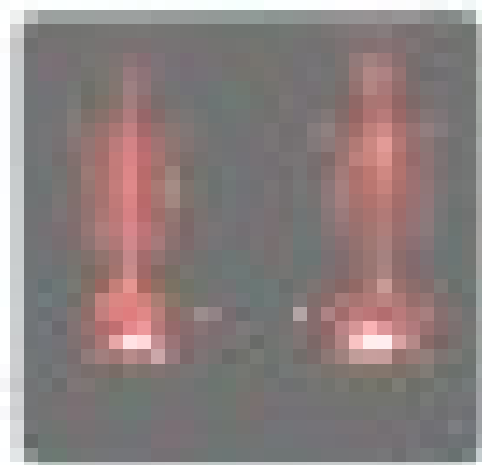
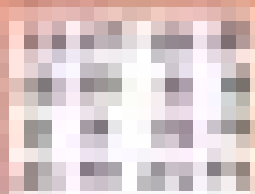
主编 陈绍亮 白春学



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

呼吸系统疾病的 核医学检查

主编 周建民 副主编 周建民



人民卫生出版社

呼吸系统疾病的核医学检查

主编 陈绍亮 白春学

作者名单 (以汉语拼音为序)

白春学 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
陈 萍 (广州医学院第一附属医院海印分院 PET/CT 中心)
陈绍亮 (复旦大学附属中山医院核医学科)
陈仰纯 (广州医学院第一附属医院海印分院 PET/CT 中心)
陈智鸿 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
程爱萍 (浙江省人民医院核医学科)
方 伟 (阜外心血管病医院核医学科)
顾兆祥 (复旦大学附属华山医院核医学科)
管一晖 (复旦大学附属华山医院 PET/CT 中心)
何 薇 (复旦大学附属华山医院核医学科)
洪群英 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
胡 洁 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
胡鹏程 (复旦大学附属中山医院核医学科)
蒋进军 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
蒋亚平 (复旦大学附属中山医院放射科)
李蓓蕾 (复旦大学附属中山医院核医学科)
李高平 (复旦大学附属中山医院内科心电图室)
李华茵 (复旦大学附属中山医院呼吸科)
李林法 (浙江大学医学院附属第一医院核医学科)
刘兴党 (复旦大学附属华山医院核医学科)
陆 云 (复旦大学附属华山医院核医学科)
马宏星 (同济大学附属同济医院核医学科)
潘柏申 (复旦大学附属中山医院检验科)
彭屹峰 (同济大学附属第十人民医院放射科)
任树华 (复旦大学附属华山医院 PET/CT 中心)
石洪成 (复旦大学附属中山医院核医学科)
舒先红 (复旦大学附属中山医院心脏超声科)
王蓓丽 (复旦大学附属中山医院检验科)
王金诚 (首都医科大学附属北京安贞医院核医学科)
王雪梅 (内蒙古医学院附属医院核医学科)
许长德 (复旦大学附属上海市第五人民医院核医学科)
赵 军 (复旦大学附属华山医院 PET/CT 中心)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

呼吸系统疾病的核医学检查/陈绍亮等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2009. 7

ISBN 978 - 7 - 117 - 11904 - 7

I. 呼… II. 陈… III. 呼吸系统疾病 - 原子医学 - 影像诊断 IV. R817. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 083644 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

呼吸系统疾病的核医学检查

主 编: 陈绍亮 白春学

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010 - 67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.75 插页: 10

字 数: 338 千字

版 次: 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 11904 - 7/R · 11905

定 价: 39.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010 - 87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

序 一

近年来我国在肺部疾病的诊断和治疗方面取得了重要的进步。以肺栓塞为例,过去往往由于诊断不明确或被漏诊曾误认为肺栓塞是罕见的疾病。改革开放以来,国内外学术交流频繁,医学界人士派出或请进来增多,肺栓塞问题不断地被提出作为重点论题加以研讨,疑难病例被列为教学案例加以分析讨论。各医院收治肺栓塞的病例数成倍地增加,这不但在专科医院或综合医院的有关科室,即使在一般医院对肺栓塞也可以得到初步拟诊,这种现象是医生临床经验和学术水平不断提高的表现。

肺栓塞病例在就诊时常表现为呼吸困难、局限胸痛或有咯血,少数病例可见血胸,认真细致地查体可发现下肢静脉栓塞的症状、体征。动脉血氧分压低在急性肺栓塞患者可以见到,慢性长期罹患肺栓塞的患者也往往因为气短久治不愈,疑为心力衰竭,终因血氧降低显著而被确诊为肺栓塞。

辅助检查在肺栓塞的诊断中起着决定性的作用。放射性核素检查被应用于临床诊断以来的三十年间,该方法提高了诊断的准确性和灵敏度。核素显像如肺通气显像、肺血管灌注显像、下肢深静脉核素显像等有力地辅助临床医师诊断肺栓塞,或提供诊断急性肺栓塞的可能性分层,了解它的预后和治疗效果。当然目前还可借助于螺旋 CT、磁共振等途径进行检查。血管超声多普勒检查、静脉造影在一些病例可提供重要的帮助;血浆 D-二聚体,其含量异常增高对肺栓塞的诊断也可提供重要的信息。

我国临床医师和学者一定会齐声赞扬上海两位著名学者陈绍亮教授和白春学教授组织内科、影像科、心电学、检验学等有关专家编写了《呼吸系统疾病的核医学检查》一书,结合临床医师观点对医学影像学在呼吸疾病的诊断意义加以探讨。该书的出版问世对我国的临床诊断学起到有力的教育和推动作用。感谢白教授、陈教授两位主编和作者们的辛勤劳动。

北京协和医院呼吸内科教授
中华医学会呼吸病学分会前主任委员
罗慰慈

2009年5月15日

序二

陈绍亮教授和白春学教授共同主编的《呼吸系统疾病的核医学检查》一书即将出版。这是一部有关肺部疾患核医学影像检查的专著,由呼吸系统疾病专家、核医学及其他影像专家共同编写。结合呼吸系统的常见病和多发病,论述了核物理基础、放射性药物、呼吸系统核医学检查方法及其临床应用和评价。内容丰富,创意新颖,方法先进,临床实用,图文并茂,文笔流畅,并论及相关的临床基础及其他影像学知识,比较全面地论述了肺部疾患影像学诊断。

本书总结了作者在呼吸系统疾病临床诊断和核医学领域临床工作的经验,结合国际上的新进展、新亮点,可以推荐为临床医师、核医学专业人员及研究生比较好的参考资料。

核医学显像的最大特点是功能代谢的显像,反映了肺组织血流灌注、受体显像、肺通气功能等,与其他影像学方法相辅相成。正如美国核医学权威 Wagner 教授在《分子影像学在中国:过去与未来》一文中指出的:“肺通气-灌注(V/Q)显像诊断肺栓塞(PE)虽然面临挑战,但前景是乐观的,并将继续成为肺栓塞重要的诊断方法。”Freeman 于 2008 年美国核医学杂志述评中指出:V/Q 扫描对肺栓塞诊断的敏感性和 CT 血管造影(CTA)类似,但它对年轻女性胸部的辐射剂量只有 CTA 的 1/70。

目前核医学的书出版了不少,但关于“肺部疾病核医学”的专著尚不多。本书填补了这方面的空白,对我国核医学事业的发展和呼吸系统疾病的防治将起到推动作用。

阜外心血管病医院核医学科教授
中华医学会核医学分会前主任委员

刘秀杰

2009 年 5 月 22 日

前言

核医学仪器和放射性药物近年来得到了快速发展,核医学与临床医学的关系也日益紧密。但是,我们在日常医疗工作中深切体会到,一方面,广大医务工作者还对核医学了解甚少,核医学的临床应用还有待进一步宣传和推广;另一方面,肺癌与肺栓塞等呼吸系统疾病的发病率有明显升高的趋势,成为危害人类健康的主要疾病。针对这一系列疾病,临床上有早诊断、早定性、早治疗的需求。核医学为这些常见病、多发病的诊断和鉴别诊断提供了多种可靠的方法,并且对疾病分期、治疗方案选择、预后分析等都有指导作用。我们在日常医疗工作的交流中体会到两个学科之间相互交流和学习的必要性,组织国内呼吸系统疾病的专家和核医学的专家一起编写了《呼吸系统疾病的核医学检查》一书。本书系国内第一部系统讲述呼吸系统疾病核医学诊断方法的专著。目的是让读者对呼吸系统疾病的核医学诊断具有较全面的认识,让广大医务工作者在医疗实践中能应用这些方法,提高诊断效率。

主编 陈绍亮 白春学

2009年5月

目 录

第一篇 方 法 篇

第一章 核医学检查的必备条件:核仪器和放射性药物	3
第一节 核物理基础和核仪器	3
第二节 放射性药物的基本概念	7
第二章 肺通气显像	9
第一节 肺通气显像的原理	9
第二节 放射性药物	10
第三节 放射性气体通气显像	11
第四节 放射性气溶胶肺通气显像	12
第五节 Technegas 肺通气显像	14
第六节 肺通气显像临床应用	15
第三章 肺灌注显像	16
第一节 肺灌注显像的原理	16
第二节 放射性药物	16
第三节 显像方法	17
第四节 正常影像	17
第五节 异常影像	18
第六节 肺灌注显像临床应用	18
第四章 肺通气-灌注显像	19
第一节 概述	19
第二节 两次法肺通气-灌注显像	20
第三节 一次法肺通气-灌注显像(肺灌注呼气显像)	22
第四节 肺通气-灌注显像临床应用	22
第五章 肺肿瘤显像	25
第一节 非特异性肺肿瘤显像	25
第二节 PET 肺肿瘤显像	28
第三节 肺肿瘤放射免疫显像、放射免疫治疗和受体显像	41

第六章 放射性核素肺动脉高压测定	45
第一节 原理与方法	45
第二节 临床应用	47
第三节 核素心室显像在肺动脉高压中的应用	49
第七章 肺上皮细胞通透性测定和呼吸道纤毛运动显像	51
第一节 肺上皮细胞通透性测定	51
第二节 呼吸道纤毛运动显像	53
第八章 放射性核素肺功能测定	57
第九章 放射性核素下肢深静脉检查	62
第十章 呼吸系统疾病的免疫标记和酶生化检测	66

第二篇 应 用 篇

第十一章 急性肺血栓栓塞症	73
第一节 概述	73
第二节 肺栓塞的流行病学	73
第三节 肺栓塞的临床分类	74
第四节 肺栓塞的病理	75
第五节 肺栓塞的预防	77
第六节 肺栓塞的临床表现	78
第七节 肺血栓栓塞症的放射性核素显像	79
第八节 核医学以外的其他检查方法	89
第九节 放射性核素下肢静脉显像在肺栓塞诊断中的应用	99
第十节 放射性核素显像诊断肺栓塞检查流程	104
第十二章 慢性阻塞性肺疾病	109
第一节 概述	109
第二节 影像检查	113
第三节 临床诊断和鉴别诊断	116
第十三章 肺源性心脏病	119
第一节 概述	119
第二节 肺源性心脏病的放射性核素检查	123
第三节 肺源性心脏病其他检查方法	126
第十四章 肺动脉高压	131

第一节	概述	131
第二节	核医学显像诊断肺动脉高压的临床应用	138
第十五章	肺部肿瘤的核医学诊断	144
第一节	概述	144
第二节	ASCO 2003 版指南、美国 ACCP 2007 版指南、美国 NCCN 2009 版指南有关评述	146
第三节	PET/CT 在肺癌诊断中的应用	149
第四节	^{18}F -FDG PET/CT 显像肺癌诊断中常见的假阳性病变	154
第五节	PET/CT 在肺癌分期中的应用	157
第六节	^{18}F -FDG PET/CT 显像对肺癌临床治疗决策的影响	160
第七节	^{18}F -FDG PET/CT 显像指导放射治疗	162
第八节	^{18}F -FDG PET/CT 在肺癌治疗后效果评价中的应用	163
第九节	胸膜肿瘤	163
第十节	^{18}F -FDG PET/CT 在不明原因胸腔积液或肺不张中的诊断价值	165
第十一节	PET/CT 在原发灶不明肿瘤中的应用价值	166
第十二节	非特异性肺肿瘤显像	167
第十六章	肺部感染的核医学诊断	170
第一节	概述	170
第二节	放射性核素显像在肺部感染诊断中的应用	170
第十七章	结节病的核医学诊断	174
第一节	概述	174
第二节	临床表现	175
第三节	临床诊断和鉴别诊断	176
第四节	放射性核素显像在结节病诊断和鉴别诊断中的应用	177
第五节	结节病的其他影像诊断方法	186
第十八章	放射性核素骨显像及骨转移疼痛的核素治疗	190
第一节	放射性核素骨显像在肺部肿瘤疾病中的应用	190
第二节	肺癌骨转移疼痛的放射性核素治疗	191
后记		194

第一篇

方法篇

第一章

核医学检查的必备条件： 核仪器和放射性药物

完成核医学检查,有两个基本条件:一是需要有核仪器,二是具备特定的放射性药物。

第一节 核物理基础和核仪器

一、核物理基础

物质的基本组成单位是原子。原子由原子核(nucleus)及核外电子(electron)组成。其中原子核由带正电的质子(proton)和不带电的中子(neutron)组成。凡质子数相同的一类原子称为一种元素(element)。质子数相同、中子数也相同,因而质量数也相同,并处于同一能级状态的原子,称为一种核素。其中原子核极为稳定而不自发进行放射性衰变的核素称为稳定性核素(stable nuclide)。而核内结构或能级自发地进行变化,同时放射出某种射线而转变为另一种核素者称为放射性核素(radioactive nuclide)。这种自发性核内结构或能级变化的过程称核衰变(nuclear decay)。

α 衰变(alpha decay)、 β 衰变(beta decay)和 γ 衰变(gamma decay)是常见的三种核衰变类型。 α 衰变过程中发射的 α 射线是高速运动的氦原子核(${}^4_2\text{He}$)粒子流,质量大,且带两个正电荷,电离作用最强。目前在核医学的应用还不多。 β 衰变所发射的 β 射线是高速运动的电子流,其速率通常比 α 粒子大,最大可接近光速。一般 β 衰变系指 β^- 衰变,它是原子核中释放出一个负电子(β^-)的过程。 β^- 射线电离能力较强,穿透能力弱,在组织内平均射程为毫米级,能量几乎全部释放在邻近组织内,因此常用作核医学治疗,常用的发射 β^- 射线的核素有 ${}^{131}\text{I}$ 、 ${}^{32}\text{P}$ 等。而另一种 β 衰变从核内释放出一个正电子(β^+),如 ${}^{18}\text{F}$ 等则用来进行正电子显像(PET显像)。 γ 衰变发射的 γ 射线是波长极短的电磁波,不带电荷,它必须与物质原子直接碰撞才能引起初级电离,故电离密度很小,而穿透物质的能力较强,核医学显像多使用发射 γ 射线的核素,如 ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等。

放射性核素的衰变遵循指数规律。其强度单位为放射性活度(radioactivity),表示单位

时间内发生衰变的原子核数,其国际单位是贝可(Becquerel, Bq),定义为每秒一次衰变。旧制单位是居里(Curie, Ci)。 $1\text{Bq} \approx 2.703 \times 10^{-11}\text{Ci}$, $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

放射性活度在自然界中因衰变减少至原来一半所需的时间称为该核素的物理半衰期(physical half time, $T_{1/2}$)。不同的放射性核素物理半衰期不同。如常用的放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{18}F 的物理半衰期分别为6小时、8天和110分钟。生物体内的放射性核素,由于机体的各种代谢作用而减少至原来一半的时间称为生物半衰期(biological half time, T_b)。引入生物体内的放射性核素在物理衰变和生物代谢共同作用下减少一半的时间称为有效半衰期(effective half time, T_e),它们之间有如下关系:
$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_{1/2}} + \frac{1}{T_b}。$$

二、核 仪 器

(一) 放射性测量的基本原理

放射性核素探测器依赖于射线与物质的相互作用来探测射线的强度和能量等参数,并形成放射性分布的影像。由于 γ 射线不带电,不能被直接探测,要通过与物质相互作用时所产生的次级电子来探测。SPECT探头中的碘化钠(铯)[NaI(Tl)]晶体和PET探头中的锗酸铋(BGO)及硅酸锗(LSO)等晶体均探测 γ 射线在闪烁晶体所产生的荧光,与光电倍增管(PMT)共同组成闪烁探测器。PET是利用相对称的闪烁探测器对湮没辐射产生的511keV的 γ 射线进行符合测量,达到探测正电子的目的。正电子与物质相互作用,其能量耗尽时和物质中的负电子相结合,正负电子对的静止质量立即转化为两个运动方向相反、能量各为511keV的 γ 光子而自身消失,这种现象称为湮没辐射。

(二) 单光子发射型计算机断层仪(SPECT)

单光子发射型计算机断层仪(single photon emission computed tomography, SPECT)利用注入人体内的放射性药物发射的 γ 射线在计算机辅助下重建影像。SPECT能完成局部平面显像、动态显像、断层显像和全身显像的功能。

SPECT在结构组成上相当于一台增添了可旋转机架和计算机断层图像重建软件等构件的大视野 γ 照相机。其探头由准直器、晶体和光电倍增管(PMT)组成。准直器由铅钨合金根据一定需要铸成特定形状,可阻挡杂乱的射线并将待测器官所发射出的 γ 射线准直到闪烁晶体的特定部位。晶体则起到波长转换器的作用,目前所用的多为[NaI(Tl)]晶体,它可将 γ 射线转换成波长在可见光范围的光子。后者能被PMT接收,将该光子的能量再次转换为电脉冲信号并倍增放大后输出。探头安装在可旋转机架上,可围绕检查床作 360° 旋转。数据采集时探头绕患者旋转,进行多平面显像,采集完成后通过计算机处理,进行图像重建,可以获得横断面、矢状面和冠状面的断层影像。

(三) 正电子发射型计算机断层仪(PET)

正电子发射型计算机断层仪(positron emission tomography, PET)成像与传统核医学成像技术一样,也是利用示踪原理来显示体内的生物代谢活动。正电子为寡中子核素发生 β^+ 衰变所发射,存在时间非常短。湮没辐射所产生的一对方向相反能量各为511keV的 γ 光子被相对放置的两个探头同时探测到,因此湮没辐射的发生点可被精确定位于两个探头 γ 光子定位点之间的连线上(符合线),所以符合线自身携带空间位置信息。

PET的总体结构包括探头、电子学线路、数据处理计算机、扫描机架、同步检查床等。探

头由若干个探测器环排列组成,探测器环的多少决定了 PET 轴向视野的大小和断层面的多少。PET 的轴向视野是指与探测器环平面垂直的 PET 长轴范围内可探测真符合事件的最大长度。因此,探测器环越大,探头的轴向视野越大,一次扫描所获得的断层面也越多。探测器由晶体、PMT、高压电源和相关电子线路组成,许多探测器按一定排列次序紧密排列在探测器环周上。晶体是组成探测器的关键部件之一。它的主要作用是能量转换,将高压 γ 光子转换为多个可见光子,以利于 PMT 接收。用于 PET 的晶体要求时间分辨好、阻止本领强、光产额高。目前的高档 PET 商品中使用的晶体主要为锗酸铋(BGO)、硅酸钆(GSO)和硅酸镨(LSO)等。PMT 是组成探测器的另一关键部件,其作用是把晶体产生的微弱光信号转换、放大成电信号。

PET 有两个不同于传统核医学成像技术的重要特点:一是它所用的放射性药物是用发射正电子的核素标记的;二是探测采用的是不用准直器的符合探测技术。因而,PET 能更客观准确显示体内的生物代谢信息,并因采用符合探测技术而使灵敏度和空间分辨率都得到较大提高。

可以对示踪剂在体内的代谢过程进行定量分析是 PET 的重要优势之一。本书仅对临床应用最多的半定量指标标准摄取值(standard uptake value, SUV)作一简单介绍。SUV 的定义为病灶的比活度与注射剂量和体重之比值 $\left[\text{SUV} = \frac{\text{病灶的放射性浓度 (kBq/ml)}}{\text{注射剂量 (MBq) / 体重 (kg)}} \right]$,描述病灶对放射性药物的摄取与全身平均摄取之比。SUV 在临床上应用于:①鉴别肿瘤良恶性和肿瘤分级、分期。一般 SUV 越大,肿瘤恶性程度越高。②预测肿瘤患者的存活期。存活期与 SUV 呈负相关。③评估与监测疗效。SUV 下降预示治疗有效。

(四) PET/CT 和 SPECT/CT

医学影像技术在临床决策过程中的作用应当是互补的,而不是排他的。面临复杂的临床问题,每一种影像技术都有各自的长处和不足。来自临床的需求促进了互补影像技术的发展。近二十年来,图像融合的研究蓬勃发展,成为医学图像处理的一大热点。多种影像的融合能提供一种非常有益于鉴别、校正和定量分析局部解剖与功能变化的方法,通常能获得单一检查之外的新信息。现代图像融合可分为软件融合和硬件融合两种。软件融合是通过数学方法和计算机技术对两种不同图像经过必要的几何变换、采集矩阵位置配准,最后叠加成包含两类信息的图像。硬件融合利用最近发展的组合仪器,如 PET/CT 或 SPECT/CT,实现同机实时获得两幅含有不同信息的图像,直接叠加处理获得融合图像,从而大大简化了融合过程并提高了融合的精度。

1. PET/CT 是将采用正电子成像的 PET 和利用 X 线成像的 CT 有机结合在一起,使用同一检查床和同一图像处理工作站进行全身检查的一体化设备。PET/CT 和单纯的 PET 具有本质区别。前者在同台设备上采用 X 线 CT 图像对 PET 图像进行衰减校正,同采用放射性核素作衰减校正的后者相比,提高了衰减校正效率和图像分辨率。在同台设备上 CT 图像和 PET 图像融合后能够对病变进行确切的定位和鉴别诊断,便于放射治疗计划的确定和手术治疗的定位。

PET/CT 许多方面均优于单纯的 PET。首先,基于 CT 的衰减校正取代了原来的 PET 透射扫描,加上采用快速晶体和高性能电子学系统,大大缩短显像时间是其引人注目的优点之一。在单一的 PET 扫描仪中,典型的透射扫描大约需花费全身扫描 40% 的时间。因

此,用约45秒的CT扫描代替透射扫描明显缩短整个检查时间。这样PET/CT扫描很容易在5~10分钟内完成,而单纯的PET设备标准的扫描时间约需45分钟。其次,它克服了核医学图像缺乏解剖信息的缺点,实现了功能影像和解剖影像两种医学图像最接近真实的图像融合。

PET/CT的临床作用:同机PET/CT融合图像可鉴别放射性显像剂的正常生理学与病理性摄取,进行功能异常的解剖定位,从而减少显像假阳性和假阴性的发生。

与单独使用CT或PET比较,PET/CT能改善肿瘤分期和再分期的正确率。过去2~3年中,许多相关文献清楚证实PET/CT在一定范围内明显提高检查的特异性和灵敏度,特别是早期检查癌症复发。与单纯PET比较,PET/CT检查多种疾病具有更高的灵敏度和特异性。另外,也已证明PET/CT能提高诊断多种癌症的正确性,包括头颈部肿瘤、甲状腺癌、肺癌、乳腺癌、食管癌、结直肠癌和黑色素瘤。尽管事实上单纯PET诊断淋巴瘤的准确性已经非常高,但也有证据表明PET/CT提高了诊断淋巴瘤和单个肺结节的准确性。总之,PET/CT对肿瘤的分期和再分期与单纯PET或CT比较有显著的统计学差别,而对所有恶性肿瘤平均可提高10%~15%的诊断正确率。

单纯的PET在设计时将其重点放在诊断方面,而PET/CT在设计中充分考虑到放射治疗模拟计划系统的应用。因为PET发现病灶的范围更为接近实际情况,所以利用同机CT和PET融合图像进行放射治疗计划的确定和手术治疗的定位具有不可估量的前景。适形调强放射治疗是目前最新的放疗技术,它根据肿瘤三维形状采用多照射野对肿瘤区进行大剂量照射,尽可能提高靶区的受照剂量,同时把正常组织的损伤减至最小。这一技术的关键是对肿瘤病灶的精确定位。过去的做法是用螺旋CT对肿瘤定位。但是CT常常无法准确鉴别肿瘤残留、肿瘤复发和放疗后的坏死瘢痕,这给适形放疗计划的制订带来了困难。使用PET/CT在获得功能影像的同时取得解剖影像,利用前者鉴别肿瘤残留、复发和坏死,利用后者精确定位,使这项新技术的疗效得到最大的发挥。

2. SPECT/CT 核医学影像图像分辨率低、缺乏解剖学信息是其主要缺点。目前日益发展完善的图像融合技术为克服单一影像技术的缺点提供了可能。SPECT与CT设备安装在同一个机架上,使用同一个定位坐标系统,患者在同一个检查床上保持体位不变分别接受SPECT与CT扫描。使用同一台仪器,既获得了核医学的功能影像,又获得了CT的解剖学影像,更得到了精确的融合图像,将来自SPECT与CT的互补信息叠加显示出来。

SPECT/CT中的CT起到提供图像融合和衰减校正参数两方面的作用。①其解剖影像不但提供图像融合的资源,还帮助SPECT定位,提高诊断的准确性。②用作衰减校正,提高图像质量。商品化SPECT/CT系统多使用高档诊断型多层CT扫描仪,目的是提供高质量的CT图像与SPECT影像数据融合。

图像融合技术将有价值的生理、生化信息与精确的解剖结构信息结合,合理利用医学资源信息,弥补各自单独信息不完整、部分信息不准确的缺陷,为临床医生提供更加全面和准确的资料。目前不仅用于临床诊断,并已广泛应用于治疗、放疗的定位和计划设计、外科手术和疗效评估等方面。

除了衰减校正和影像融合外,这一新技术还可以应用于包括辐射剂量测定和放射治疗计划制订等方面。更精确融合技术的应用可从解剖数据测量器官和肿瘤的体积,而不是从SPECT的发射数据来计算。传统的应用发射数据计算器官和肿瘤体积的方法存在

诸多问题,尤其是对于小体积肿瘤,由于 SPECT 空间分辨率限制可导致计算结果明显误差。应用 CT 扫描数据进行体积计算使治疗中肿瘤摄取放射性药物定量测算更为准确。

这一技术在心脏方面的应用前景同样令人期待。它不仅可以通过定量测定冠状动脉钙化来评估血管和冠状动脉的明显变化,还可临床评价心肌灌注和心肌活力。虽然现在临床上普遍应用的 SPECT/CT 设备还不可应用于冠状动脉的显像,但是将速度更快的 64 层 CT 组合进 SPECT/CT 设备在技术上已经实现。虽然这样的设备是昂贵的,但将比临床上单独应用 SPECT 或 CT 产生更多的检查信息。

理想状态下,SPECT/CT 系统应使用同一探测器,能同时探测患者体内发射的 γ 射线和 CT 发射的 X 射线。传统核医学仪器的技术限制不能支持这一目标,然而采用半导体材料如碲化锌镉的探测器已被应用于 X 线和核医学研究中,这种探测器采用两种模式采集 X 线和放射性核素射线。

随着这一技术的成熟,可以期望在市场上看到一系列 SPECT/CT 设备,从低辐射剂量 1~4 层价廉的 CT 扫描仪与常规 SPECT 组合升级到 64 层或 128 层螺旋 CT 扫描仪与 SPECT 组合。高端 CT 的成本将超过 SPECT,这种设备的合理性将很大程度上决定于其临床应用价值。

(顾兆祥 陈绍亮)

第二节 放射性药物的基本概念

核医学诊断和治疗都要使用放射性药物,放射性药物是特定放射性核素标记的化合物或生物制剂。放射性药物具有两个最基本的特点:一是具有放射性,因此符合放射性核素衰变的规律,包括以放射性活度作为强度单位、具有特定半衰期等;二是其化学量或载体的量非常低,但保留其生理生化特性,成为体内“示踪”的基础。

医用放射性核素常通过反应堆、加速器或放射性核素发生器获得。如 ^{131}I 可由反应堆生产,主要衰变方式为 β^- 和 γ 衰变,半衰期 8.04 天,用作核素治疗和显像。加速器生产的核素有 ^{201}Tl 、 ^{67}Ga 、 ^{18}F 等。前两者在呼吸系统病变中可用作肿瘤显像,而后者是目前用作 PET 显像的最主要的放射性核素。放射性核素发生器是一种能从放射性母体核素中分离出由它衰变而产生的放射性子体核素的装置,可以方便地得到短半衰期的医用放射性核素,如核医学显像中最常使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 就来自 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 具有良好的核特性,半衰期 6.02 小时,发射 140keV 的 γ 射线,半衰期适中, γ 射线能量适合显像,且易于标记化合物,是理想的核医学诊断核素。临床常用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及其标记的放射性药物作心肌、肺、脑、骨、肾、肝、胆、肿瘤、淋巴等组织显像。如用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -大颗粒聚合人血清白蛋白($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA)进行肺灌注显像和深静脉血栓显像, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -锝气体($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Technegas)作肺通气显像。

(陈绍亮)

参考文献

1. 中华医学会. 临床诊疗指南核医学分册. 北京:人民卫生出版社,2006.
2. 田嘉禾. PET、PET/CT 诊断学. 北京:化学工业出版社医学出版分社,2007.