

核医学与分子影像 临床应用指南

主 编 黄 钢

副主编 李亚明 李思进 王 铁
李 方 汪 静 安 锐



人民卫生出版社

核医学与分子影像 临床应用指南

主 编 黄 钢

副主编 李亚明 李思进 王 铁 李 方 汪 静 安 锐

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁 虹	于丽娟	马 超	马庆杰	王 铁	王 辉
王 椿	王 蓓	王全师	王雪梅	王跃涛	王淑侠
方 纬	左长京	石洪成	包建东	冯 珏	吕中伟
朱朝晖	乔文礼	刘长滨	刘国兵	刘建军	关海霞
安 锐	孙高峰	李 方	李 林	李立伟	李亚明
李思进	李前伟	李晔雄	杨 志	杨立雯	杨敏福
吴 华	吴艺捷	吴书其	吴湖炳	何作祥	汪 静
汪太松	宋少莉	张 伟	张 建	张一秋	陆汉魁
陆克义	陈 萍	陈 跃	陈绍亮	武凤玉	武志芳
林岩松	金 刚	郑 容	赵 军	赵晋华	赵新明
赵德善	娄 阁	姚稚明	袁卫红	贾少微	徐 浩
高再荣	唐 军	黄 钢	蒋宁一	韩星敏	景红丽
程 旭	谢文晖	管 梁	谭 建	缪蔚冰	霍 力

编写秘书 刘建军 赵德善 赵 军

图书在版编目(CIP)数据

核医学与分子影像临床应用指南 / 黄钢主编. —北京: 人民卫生出版社, 2016

ISBN 978-7-117-22625-7

I. ①核… II. ①黄… III. ①核医学-指南 ②分子-成像-影象诊断-指南 IV. ①R81-62 ②R445.9-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第103901号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

核医学与分子影像临床应用指南

主 编: 黄 钢

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里19号

邮 编: 100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15

字 数: 356千字

版 次: 2016年6月第1版 2016年6月第1版第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-22625-7/R·22626

定 价: 50.00元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

核医学是研究核技术在医学中应用及其理论的学科,即应用放射性及稳定性核素及其标记物或核射线进行疾病的诊断、治疗和预防并探索其机理与相关技术理论的医学学科,是现代分子医学的重要组成部分及关键的量化与可视化手段。随着各种影像技术的融合应用如PET/CT、SPECT/CT、PET/MRI等相继问世,核医学影像已进入到一个崭新的发展阶段,为现代分子医学的研究与应用提供了先进而可靠的手段,对现代医学的发展尤其是精准医学的推动具有不可替代的作用。

我国核医学开始于1956年,至今已进花甲之年。60年来,核医学经历了从无到有和从设备简陋到齐全,临床价值与作用日趋重要,学术地位与影响不断提升。然而,我们不得不关注到,随着核医学的快速发展及临床的广泛接受,核医学诊疗量迅速增加,人们对核医学诊疗质量与水平的要求越来越高,但全国各地的核医学发展差异较大,从业人员水平参差不齐。因此,不断提高我国核医学的临床工作水平已成当务之急。如何不断提高我国核医学各领域临床工作的水平,努力用好现有资源,在标准与规范的基础上,充分发挥核医学的优势和潜力,提高常规检查项目特别是那些优势项目的诊断水平;主动适应新世纪相关影像设备、技术发展带来的机遇和挑战,使核素显像能够与其他影像诊断技术形成优势互补之势,是核医学普及发展所必须关注的关键性问题。为此,在中华医学会的领导下,2003年由中华医学会核医学分会组织编写了第一部《核医学临床应用指南》,对促进我国临床核医学的普及和规范产生了重大推动作用。然而,随着核医学的快速发展和普及,核医学科的数量不断增加,尤其是近10年,中国核医学从设备到人员变化巨大,日新月异,PET已被PET/CT替代,数量由2003年的近30台增长到现在的300余台,同时PET/MRI也在陆续安装;SPECT已加速向SPECT/CT过渡,核医学的从业人员的数量与质量快速提升,本科学历以上从业人员超过50%,拥有硕士和博士研究生学历的从业人员数量近1/3;核医学与分子影像的临床地位快速上升,不仅表现在诊疗数量成倍增加,更体现在临床会诊及诊疗决策中的话语权大幅提高,我们的学科跨越到全新的发展轨道中,特别是以 ^{18}F -FDG PET/CT分子显像为代表的现代核医学技术在临床应用中的推广和普及,使核医学的临床应用内容发生了巨大的变化,2003年版的《核医学临床应用指南》已无法满足目前核医学新技术临床应用的要求。为此,第九届中华医学会核医学分会在2013年正式启动《核医学与分子影像临床应用指南》的编写工作,经过近百名国内一线知名核医学专家辛勤工作,全面总结并系统提炼各方临床经验,由各层面、多学科专家反复论证不断交流,立足我国核医学与分子影像的实际状况,借鉴国内外相关指南和重要参考文献,依据循证医学理论、多中心临床研究结果及大量循证研究数据,采取问题条款和推荐条款并进的精心编写。本书共设26章,内容基本涵盖目前核医学较为优势的相关技术与临床应用,重点突出 ^{18}F -FDG PET/CT在临床应用的指导作用。因此,第1~18章介绍了 ^{18}F -FDG PET/CT显像技术在各种肿瘤中的临床应用,力图通过简明扼要的表达展示 ^{18}F -FDG PET/CT的具体临床价值,并通过文献综合和临床经验相结

合对其应用价值进行科学阐述。第19章主要介绍了非 ^{18}F -FDG PET/CT显像技术在目前临床应用的内容,具有一定的前瞻性和先进性,为国内临床科室发展和研究核医学分子影像技术具有重要的指导作用。第20~24章主要介绍了传统核医学技术包括骨显像、心脏显像、脑显像以及肾显像等常用的核医学常规显像内容。明确核医学技术在疾病诊断中的作用、特点及适用范围,并通过与各种影像学的比较,客观理解核医学的优势与价值。为体现核医学诊断与治疗的完整性,第25、26章转载了已在中华核医学与分子影像杂志刊登的 ^{131}I 治疗甲状腺癌及甲状腺功能亢进指南等内容。

与2003年版的《核医学临床应用指南》相比,本次编撰的《指南》在内容上已做了全面的更新,是至今为止首部以循证依据为推荐强度的核医学临床应用指南,显示出三个基本特点:①选择性:本指南并未涵盖核医学内容的全部,而是重点选择了 ^{18}F -FDG PET/CT的临床应用及临床常用的常规核医学检查与治疗内容,虽不完整,但体现了有所不为才能有所为的发展思路,使读者较为明确的把握核医学优势;②科学性:针对核医学分子影像的独特优势与价值,立足中国国情,基于循证医学理论与国内外文献数据,经专家反复讨论、不断细化、科学论证、逐步完善,最终形成指南的各章节;③严谨性:整个指南各章节从设计到发布历时3年,在广泛征求不同意见的基础上,从形式到内容,反复修订,数易其稿,最终成文。不可避免的是,本《指南》仍存在一些问题,首先:制定指南的人员组成不够全面,应更多地增加临床各学科的专家代表,还应邀请护理学家、社会工作者和其他卫生人员参与,如有病人代表参加,将更为完善;其次:作为第一次尝试以循证依据为指导的指南编写,证据来源与强度尚不够充分,但我一直认为,万事开头难,只要有第一个以循证为依据的核医学临床应用指南出现,临床的推广与科学应用就有了依据,虽然第一个出现的事物总是不完美,但一定是未来完美的雏形;第三:来自我国核医学的证据尚不够多,由此提示,我国核医学需要组织更多的多中心研究,为下一步修订提供更为直接而符合中国国情的循证依据。

本书编写是第九届中华医学会核医学分会在质量保证体系建设中的重点工作,因此,参加本书编写的专家主要是核医学分会的常委、部分委员以及国内一些优秀的中青年专家。每位作者所写的内容均先后经过多位专家审查修改,汇集了集体的智慧与经验,力图保证全书内容的科学性、先进性、代表性和权威性。参加本书编写的所有人员有一个共同心愿,就是齐心协力精诚合作、严肃认真群策群力,力求做到先进、科学、实用的统一。但限于作者的水平,且核医学与分子影像发展太快,难免存在诸多局限和不足,恳请核医学同行和读者给予斧正,在此先致谢意。需要强调的是:指南是基于客观依据及主观意见,针对特定的临床情况,帮助临床医师及患者做出适宜处理的推荐性意见。随着认识的进步,需要不断完善与更新;指南的编写完成仅仅是工作的第一步,正确运用指南,才能有效地指导临床工作,提高质量与水平。因此,广泛宣传、系统培训和有效推动本指南的临床应用,并将具体内容切实用于日常工作中,才是指南制定的最终目的。

第九届中华医学会核医学分会主任委员

黄 钢

2015年12月于上海

目 录

第1章	^{18}F -FDG PET/CT显像操作应用指南	1
第2章	胶质瘤PET/CT显像临床应用指南	21
第3章	鼻咽癌 ^{18}F -FDG PET/CT显像临床应用指南	26
第4章	食管癌PET/CT临床应用指南	30
第5章	结直肠癌PET/CT临床应用指南	33
第6章	肺癌PET/CT显像临床应用指南	36
第7章	淋巴瘤PET/CT显像临床应用指南	40
第8章	胆管癌PET/CT显像临床应用指南	48
第9章	胰腺癌PET/CT显像临床应用指南	54
第10章	肝细胞肝癌PET/CT显像临床应用指南	61
第11章	胆囊癌PET/CT显像临床应用指南	67
第12章	乳腺癌PET/CT显像临床应用指南	69
第13章	卵巢癌PET/CT显像临床应用指南	81
第14章	宫颈癌PET/CT显像临床应用指南	85
第15章	PET/CT在不明原发灶肿瘤临床应用指南	90
第16章	PET/CT在不明原因发热临床应用指南	92
第17章	^{18}F -FDG PET/CT显像指导放射治疗临床应用指南	94
第18章	儿童 ^{18}F -FDG PET/CT临床应用指南	98
第19章	非 ^{18}F -FDG显像剂PET/CT临床应用指南	106
第20章	骨显像临床应用指南	114
第21章	核素肾显像临床应用指南	127
第22章	肺通气与肺灌注显像操作指南	155
第23章	心脏放射性核素显像临床应用指南	167
第24章	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD脑显像临床应用指南	181
第25章	^{131}I 治疗格雷夫斯甲亢指南(2013版)	188
第26章	^{131}I 治疗分化型甲状腺癌指南(2014版)	210

第1章

¹⁸F-FDG PET/CT显像操作应用指南

¹⁸F-FDG PET/CT在恶性肿瘤诊断、分期以及疗效评价和预后分析中的价值已经充分肯定。PET/CT显像过程的质量控制、临床适应证选择以及肿瘤个体化特性等各方面因素均可能低估¹⁸F-FDG PET/CT在肿瘤临床应用中的价值。因此,特制定本指南,建立¹⁸F-FDG PET/CT显像操作以及临床适应证选择的规范,帮助医生建议、执行、评价和报告¹⁸F-FDG PET/CT肿瘤显像的结果,提高PET/CT影像的临床应用能力。

为了便于读者了解某一诊断性操作或治疗的价值或意义,本指南对适应证的建议以国际通用的方式表达如下:

I类: 已经证实和(或)一致公认有益、有用和有效的操作或治疗;

II类: 某诊疗措施的有用性和有效性证据尚有矛盾或存在不同观点;

II a类: 有关证据和(或)观点倾向于有用和(或)有效;

II b类: 有关证据和(或)观点尚不能充分说明有用和(或)有效;

III类: 已经证实和(或)一致公认某诊疗措施无用和无效,并在有些病例可能有害,不推荐应用。

对证据来源的水平表达如下:

证据水平A: 资料来源于多项随机临床试验或汇总分析;

证据水平B: 资料来源于单项随机试验或多项非随机试验;

证据水平C: 专家共识和(或)小型试验结果。

一、基本定义^[1-3]

正电子发射断层显像/X线计算机体层成像(PET/CT)仪是一种可以探测正电子放射性核素进入体内衰变和释放出能量为511keV的伽马光子,并由计算机重建局部放射性显像剂在组织中分布图像的分子影像设备。¹⁸F-FDG PET/CT是使用葡萄糖放射性标记类似物¹⁸F-FDG显示各种组织中的葡萄糖相对利用率的断层显像技术。大部分肿瘤组织具有“Warburg效应”的特征性表现,需要大量摄取葡萄糖,可以通过¹⁸F-FDG PET/CT显像进行灵敏探测。

1. PET/CT显像系统 是指集PET(多环探测器)和CT为一体,共用一个检查床,可连续不间断进行PET和CT图像采集的显像系统。标准书写方式为PET/CT。PET/CT中的CT常用于进行PET图像的衰减校正、解剖定位和辅助诊断。必要时可根据CT的标准检查规程进行诊断检查。

2. PET/CT全身显像 是指扫描范围由颅顶至足底的显像。

3. PET/CT体部显像 是指扫描范围由双眶下缘至双大腿中上部的显像。
4. PET/CT局部显像 是指扫描范围局限于身体某一部位的显像。

二、适应证^[4-37]

下述适应证并未包括所有可能适用 ^{18}F -FDG PET/CT检查的临床情况。这里的推荐级别只是一个大致性的建议,事实上 ^{18}F -FDG PET/CT在不同肿瘤的应用价值差别是较大的,在不同肿瘤的具体应用须参考后面各类肿瘤的应用指南(表1-1)。PET/CT在肿瘤的研究和应用处在不断发展之中,PET/CT技术本身也在不断进展,故适应证的范围及推荐级别也不是一成不变而是需要适时改进和修订的。此处未包括 ^{18}F -FDG PET/CT在神经病学、心脏病学和炎症等疾病应用的适应证。

表1-1 ^{18}F -FDG PET/CT显像适应证推荐表

序号	推荐内容	推荐级别
1	其他影像检出病灶,进一步鉴别其病变性质	II a
2	已发现肿瘤转移病灶而需要寻找原发灶	I
3	确立恶性肿瘤诊断后进行临床分期	I
4	肿瘤疗效评价和再分期	I
5	肿瘤患者随访过程中监测肿瘤复发及转移,尤其是随访中出现血清肿瘤标志物持续升高	I
6	肿瘤治疗后残余与治疗后的纤维化或坏死的鉴别	I
7	辅助制定肿瘤放疗计划	I
8	临床疑诊肿瘤需进行筛查,如不明原因发热、副癌综合征、肿瘤标志物异常升高等	II a
9	指导临床选择活检部位或介入治疗定位	II a
10	有肿瘤高危因素人群的肿瘤筛查	II b

三、显像剂

显像剂(radiopharmaceutical)一般使用 ^{18}F -FDG(表1-2)。按体重计算,一般注射剂量为 $3.7\sim 5.55\text{MBq/kg}$ ($0.1\sim 0.15\text{mCi/kg}$)。由于不同厂家的设备灵敏度、重建方法学存在差异,可参考设备供应商推荐注射剂量。注射 ^{18}F -FDG一般选择病变对侧上肢静脉或下肢静脉,建议使用三相通道注射器,建立静脉通道,再推注放射性药物,然后用适量生理盐水冲洗(推荐级别II a)。以减低放射性药物滞留于静脉或注射点周围,导致图像标准摄取值(standardized uptake value, SUV)低估。

表1-2 ^{18}F -FDG PET/CT显像剂注射推荐表

序号	推荐内容	推荐级别
1	使用三相通道注射器注射 ^{18}F -FDG显像剂	II a

四、病人准备与病史采集

了解患者进行PET/CT显像检查目的,可以有效帮助患者进行PET/CT检查前准备,合理选择PET/CT采集和分析参数,正确理解图像分析结果(表1-3)。

表1-3 ¹⁸F-FDG PET/CT显像病人准备与病史采集推荐表

序号	推荐内容	推荐级别
1	注射 ¹⁸ F-FDG前禁食4~6小时以上	I
2	检查前血糖应在8.3mmol/L(150mg/dl)以下	I
3	注射显像剂前需要实测身高和体重	I
4	PET/CT检查前需进行病史采集	I
5	妊娠和哺乳期妇女一般不进行PET/CT检查	I
6	PET/CT检查一般采用低剂量CT	I

1. ¹⁸F-FDG PET/CT检查前禁食 注射¹⁸F-FDG前禁食4~6小时以上(饮水不限制),至少4小时内不能输注含葡萄糖的液体及能量合剂,避免服用止咳糖浆、含糖类的药物。主要目的是减少人体正常组织器官对FDG的生理性摄取(如心肌、骨骼肌等),而提高靶组织(肿瘤部位)对FDG的摄取。

2. PET/CT检查前血糖水平控制 注射¹⁸F-FDG前测定空腹葡萄糖,理想的血糖应在8.3mmol/L(150mg/dl)以下,若血糖>11.1mmol/L(200mg/dl),一般建议另行预约PET/CT检查时间。当不能再预约检查时间时可考虑应用胰岛素,根据胰岛素的剂型及用量适当延迟PET/CT检查的时间。但一般情况下尽量不用胰岛素,因为胰岛素会引起肌肉摄取FDG增加,增加本底噪声,对肿瘤病变的检出有影响。2型糖尿病患者,按照常规PET/CT检查的禁食要求,继续口服降糖药物控制血糖,PET/CT检查时间可预约在上午早些时候。

3. 注射显像剂前实测身高和体重 由于肿瘤患者随着病程变化和治疗,体重在短时间内可能呈现大幅度变化,因此,在每次显像前应该对PET/CT检查患者的身高和体重进行实时测定。甚至在比较不同患者的疗效评估结果时,我们还需要对SUV进行如体表面积、体重等不同性质的标化后才能得到更为准确的结果。

4. PET/CT检查前的病史采集 PET/CT检查前需进行详细的病史采集,了解主要病情及诊治经过、可能影响FDG摄取的诸多因素,以便对PET/CT图像做出正确判读。主要包括:病变的部位、病理结果、诊断和治疗的情况(活检、外科手术、放疗、化疗、骨髓刺激因子及类固醇激素的使用情况等)、各种治疗距离本次PET/CT检查的时间间隔、血清肿瘤标志物及其他异常的实验室检查指标、CT、MRI及核医学影像学资料。了解有无糖尿病史及血糖控制情况、药物过敏史、结核病史、最近有无感染、外伤史等。PET/CT图像采集期间能否将手臂举过头顶,能否静卧15~20分钟,有无幽闭恐惧症。对于女性患者要了解有无怀孕、是否哺乳;同时记录月经史及末次月经日期。

5. 妊娠和哺乳期妇女PET/CT检查 妊娠和哺乳期妇女一般不进行PET/CT检查。孕妇原则上应避免PET/CT检查,若因病情需要而必须进行此项检查时,应详细向患者说明可能

对胎儿产生的影响,并要求签署知情同意书。哺乳期妇女原则上应慎用PET/CT检查,注射 ^{18}F -FDG 24小时内避免哺乳,用吸奶器吸弃24小时内的乳汁,并远离婴幼儿。

6. PET/CT检查一般采用低剂量CT PET/CT显像对患者的剂量包括PET/CT放射性药物来源的辐射剂量和CT的辐射剂量。PET/CT显像的辐射剂量主要来自 ^{18}F -FDG。按照注射剂量为3.7~5.55MBq/kg(0.1~0.15mCi/kg),一次PET/CT的有效剂量为4.2~6.3mSv,一般为 (5.5 ± 1.5) mSv。由于CT应用程序及设备之间差别很大,CT扫描的辐射剂量差异很大。不同CT采集模式的选择可导致有效辐射剂量在5~80mSv(0.5~8.0rem)范围变化。UNSCEAR2000年报告提示,一般认为头部扫描有效剂量为2mSv,体部为10~15mSv,腰椎为5mSv。PET/CT检查一般采用低剂量CT,应该尽量避免使用诊断剂量CT应用于全身PET/CT检查,从而减少患者辐射剂量。目前,单次全身PET/CT显像受检者所接受的CT有效剂量一般约2.4~6.8mSv,一般为 (4.3 ± 2.2) mSv。PET/CT总有效剂量为6.6~13.1mSv,一般为 (9.8 ± 3.3) mSv。其辐射总有效剂量与一次体部CT扫描所产生的辐射剂量相当。

五、其他扫描模式和采集参数^[38~54]

^{18}F -FDG PET/CT显像扫描模式和采集参数推荐级别见表1-4。

表1-4 ^{18}F -FDG PET/CT显像扫描模式和采集参数推荐表

序号	推荐内容	推荐级别
1	每天进行空白扫描	I
2	应用透射扫描用于计算衰减校正系数	III
3	进行动态采集	II a
4	延迟采集排除生理性的干扰因素	II a
5	延迟采集鉴别肿瘤和炎症	II b

1. 空白扫描 PET/CT空白扫描(blank scanning)是当扫描视野内只有空气介质时,用扫描仪内配备的外源性棒源来进行的一种信号采集方式。扫描时,机械手从铅屏蔽容器内抓取出 ^{68}Ge 棒源,并围绕中心旋转,使各探测器均匀地接受辐射光子对。空白扫描主要用于衰减校正。空白扫描的价值之一是作为每天的一项质控项目来监测探测器的性能,其二是与透射扫描一起用于计算衰减校正系数,目前CT作为主要的衰减校正手段,空白扫描与透射扫描一起用于计算衰减校正系数。

2. 透射采集 当人体位于扫描视野内时,外源性棒源环绕人体进行旋转,扫描仪对其发出的、并穿透过人体的光子对进行采集,称之为透射扫描(transmission scanning)。它与空白扫描不同的是空白扫描视野中无病人。空白扫描与透射扫描相结合用于计算人体各部分组织的衰减校正系数,用于补偿发射光子对在穿越机体时被机体组织所吸收的部分,即进行衰减校正,使PET最后的显像结果能真实反映正电子显像剂在体内的分布。目前CT作为主要的衰减校正手段,透射扫描用于计算衰减校正系数。

3. 发射扫描 PET/CT扫描仪对正电子显像剂注入机体后产生湮没辐射所发出的 γ 光子对进行采集,称之为发射扫描(emission scanning)。FDG显像应用在肿瘤疾病中,其最常用

的发射扫描采集方式是静态全身采集(见PET/CT常规采集)。动态采集和延迟显像(特殊的局部显像)虽然不作为常用采集手段,但在特殊情况下仍然会应用。

4. 动态采集 动态采集(dynamic acquisition)是指对身体某一局部在一定时间内按设定好的时间间隔进行连续不断的断层采集,以显示正电子显像剂在某一局部的动态分布过程,静脉“弹丸”注射 ^{18}F -FDG后,立刻启动预设的动态采集程序,参考程序为30秒/帧 \times 10,60秒/帧 \times 5,5分钟/帧 \times 8;并定时抽取对侧动脉血或替代静脉血供定量计算肿瘤 ^{18}F -FDG摄取率。动态采集主要用于了解肿瘤早期血流灌注或用于绝对定量及曲线分析,特别适宜用作科学研究。在肿瘤疾病的疗效观察和预后评估中有重要的作用。

5. 延迟采集 在晚于常规采集时间后对身体某一局部或某个脏器有限范围进行的断层采集方式称为延迟采集(delay acquisition),采集时间平均为60分钟,参考延迟显像时间,早期延迟时间平均110分钟,晚期延迟时间平均220分钟,用勾画感兴趣区方法计算两次显像的SUV,并计算 ^{18}F -FDG的滞留指数RI%进行结果判断。另外在发射扫描中注意:①在线随机校正必须使用符合窗口时间延迟技术或单个计数率(每一模块)随机修正方法。②使用正确示踪剂,准确测定病人的身高和体重,给予FDG合适的活度。还须注意分析报告时活度时间(等于FDG活度)和分析时间(等于活度校准时间)的不同。此外,注意注射时间(通常不等于分析时间和活度校正时间)。③必须“启动”延迟衰减校正(见“图像重建”)。延迟采集主要用于排除生理性的干扰因素,有利于肿瘤的诊断(特别适宜于胃肠道肿瘤和泌尿系统肿瘤),对于肿瘤和炎症的鉴别有一定的价值,多数专家认为一般情况下在鉴别肿瘤和炎症时应该做延迟采集。

六、CT在PET/CT中的辅助作用

PET/CT与PET相比,CT信息不仅用于衰减校正和对PET放射性摄取异常病灶进行解剖学定位,其同机CT的辅助诊断作用意义较大,特别是在肿瘤应用领域(表1-5)。

表1-5 ^{18}F -FDG PET/CT显像CT采集推荐表

序号	推荐内容	推荐级别
1	附加胸部CT薄层扫描对肺结节进行鉴别诊断	II a
2	对疑似消化道肿瘤患者显像前进行胃肠准备	II b
3	显像前应该避免使用高浓度的钆或碘造影剂	II a
4	头颈部肿瘤患者进行分期时加做增强CT	III

1. CT在PET/CT中的基本功能与判读方法^[55-63]

(1) CT扫描在PET/CT中的基本功能有以下几点:①采用CT值经过特定的数学模型转换,对PET图像进行衰减校正,明显缩短PET部分检查时间,使设备工作效率明显提高;②用CT图像对FDG浓聚病变部位进行解剖定位和鉴别诊断,明显提高小病灶的检出率,同时也降低了FDG显像的假阳性率,并区分正常生理性FDG摄取现象,避免常规PET设备可能发生的诊断不足和过度诊断的问题;③采用PET/CT同机融合图像进行以生物靶区定位为基础的精确放射治疗计划制定。

(2) ^{18}F -FDG PET/CT检查结果分析时,应重视对同机CT信息进行不同窗口技术的影像观察,以获得病灶内部密度、钙化、脂肪、坏死和骨质破坏等信息的判断。需要时,可对病灶局部进行薄层高分辨重建,并分析病灶的边缘形态,当怀疑 ^{18}F -FDG显像可能会出现阴性结果时更应如此。此外,可利用CT强大的后处理功能,采用多平面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)、容积显示(VRT)、表面遮盖显示(SSD)及CT仿真内镜(CTVE)等可以对病变进行二维及三维多方位显示,将提高对病变的综合诊断效能。

(3) 呼吸运动可造成PET影像与同机CT影像上的病变定位不匹配,可以采用呼吸门控技术、平静呼吸下CT扫描和指导病人呼吸配合检查等措施,但不能完全避免呼吸运动对图像融合的影响。例如,肺下野或胸膜下肺内小病变在进行 ^{18}F -FDG PET/CT检查时很可能出现这样的结果,CT图像上所见的小病变在相应的 ^{18}F -FDG PET图像上未见明显的FDG浓聚病变,而在上下相邻层面的PET图像上有明显的放射性浓聚病变,或肺下野FDG浓聚病变在相应的CT图像上未见异常;肝实质内近膈顶处病变作 ^{18}F -FDG PET/CT检查时误将病变定位在肺下野实质内的结果;对这一类情况分析时,定位诊断多以CT图像为准,定性诊断多以FDG显像为准。

(4) FDG显像有自身的局限性,主要是假阳性和假阴性结果, ^{18}F -FDG PET和CT或多层CT影像的诊断信息是互相补充、彼此印证的关系,CT或多层CT除定位作用外包含有丰富的诊断信息,在一定情况下可起到诊断的主导作用,单一的PET/CT融合图像难以同时表达CT或多层CT和PET的全部诊断信息,甚至会掩盖部分相当有价值的诊断和鉴别诊断信息。例如,锁骨上脂肪组织在 ^{18}F -FDG PET/CT显像时可呈现对称性放射性分布增高而非病理性改变。所以,在分析 ^{18}F -FDG PET/CT结果时,仍应分别分析CT和 ^{18}F -FDG PET结果,综合加以判断并得出最佳结论,如CT影像采用不同的窗宽和窗位观察病变有不同的诊断意义。

2. CT对比剂使用^[64-68] 血管内和胃肠道对比剂可以帮助CT对病变的定位、定性诊断与鉴别诊断:肠道常规应用1%~1.3%浓度的CT阳性对比剂一般不会影响对FDG显像的衰减校正和定量分析结果。对于血管内对比剂的使用,主要是针对 ^{18}F -FDG PET显像有可能出现假阴性结果时的重要补充,可以采用 ^{18}F -FDG PET显像与双(多)期增强CT同步检查,也可在 ^{18}F -FDG PET采集完成后再次进行局部CT增强扫描。

CT常规检查前使用胃肠道对比剂可以帮助定位、定性诊断与鉴别诊断,胃肠道缺乏对比剂可降低CT对腹腔内病变的发现和定位能力,在 ^{18}F -FDG PET/CT的检查中若胃肠道缺乏对比剂,同样降低对病变的检测和定位能力。应用胃肠道对比剂的时间通常是在 ^{18}F -FDG PET检查前1小时内分次应用,且对比剂浓度不宜过高。涉及结直肠肿瘤 ^{18}F -FDG PET/CT显像检查时,经过充分的肠道准备后,CT平扫所见可以帮助微小病灶的定位定性诊断,对部分病例可以采用CT仿真内窥镜技术或黏膜展平技术进行观察,通过三维图像融合技术对病变进行融合定位定性分析。

对于血管内对比剂的使用,最好能在PET采集完成后再次进行CT增强扫描为佳,由于“弹丸法”增强早期血管内高浓度对比剂的影响,可能存在造成衰减校正过度所致血管结构出现FDG浓聚的假阳性结果,但对于增强后实质期或静脉期进行 ^{18}F -FDG PET/CT检查,因血管内对比剂浓度已经稀释从而不会影响 ^{18}F -FDG PET/CT衰减校正结果。

采用 ^{18}F -FDG PET与增强多层CT同机联合显像的方式对确定肿瘤放射治疗靶区有特殊意义:①进一步辅助确定FDG显像阳性结果的性质,减少“假阳性”结果的误诊;②减少FDG

显像部分阴性结果造成的漏诊;③进一步明确肿瘤侵犯范围,特别是对邻近重要血管结构受肿瘤侵犯或被肿瘤所包埋等具体细节判断准确,便于正确勾画肿瘤放射治疗临床靶区,减少放射治疗的相关并发症。

3. 对肺结节进行鉴别诊断患者是否要进行胸部CT薄层扫描 PET/CT虽能同时显示孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)代谢状态并精确定位,但其CT图像是在平静呼吸状态、低X线剂量下获取的较厚层厚CT图像,无法清楚显示病灶内部特征及周围结构细节,诊断SPN有局限性。葛全序等研究了 ^{18}F -FDG PET/CT结合高分辨率CT(high resolution CT, HRCT)对孤立性肺结节的鉴别诊断价值。结果发现联合诊断灵敏度和单纯PET/CT相同(93.3%),但特异性、阳性预测值、阴性预测值、准确性分别高于PET/CT(91.7%vs75.0%、93.3%vs82.4%、91.7%vs90.0%和93.7%vs85.2%)^[69]。Yayun Li等评价了PET/CT在肺结节中的鉴别诊断价值,研究者在PET/CT常规检查结束后行非增强的诊断性CT扫描(层厚2.0mm,电压140kV,电流一般为 186.5 ± 78.8 ,范围71~375mA),结果显示联合诊断CT的PET/CT检查的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别高达96.7%,75.7%,88.5%,88.1%和94.4%,明显高于无诊断性CT信息帮助的PET检查^[70]。对肺结节进行鉴别诊断时可以加做胸部CT薄层扫描。

4. 对疑似消化道肿瘤患者显像前是否要进行胃肠准备 对疑似消化道肿瘤患者行检查前需口服造影剂,以充盈胃肠道,区分肠腔与肠壁。通常使用的造影剂为碘对比剂。Groves AM等对200例PET/CT检查患者进行前瞻性研究发现患者在检查前30分钟饮下350ml造影剂(将8ml泛影葡胺溶于500ml水中),上机检查前饮150ml。结果发现使用造影剂后不但没有增加图像伪影,而且明显有助于区分肠腔与肠壁,提高了肠道病变的检出率^[71]。对疑似消化道肿瘤患者显像前有条件可以进行胃肠准备。

5. 显像前应该避免使用高浓度的钡或碘造影剂 SUN等研究发现,口服造影剂后,升结肠、横结肠和直肠部位的SUV一般为 1.44 ± 0.50 、 1.31 ± 0.50 和 1.30 ± 0.53 ,明显高于未服造影剂组病人的 1.06 ± 0.31 、 0.96 ± 0.32 和 1.06 ± 0.41 ($P < 0.05$)。阳性造影剂的使用可高估PET图像中标准摄取值。高浓度的钡或碘造影剂聚集可以造成伪影,导致局部 ^{18}F -FDG浓度明显高估,稀释的阳性造影剂或者阴性口服造影剂很少引起高估,并不影响PET质量^[72]。显像前应该避免使用高浓度的钡或碘造影剂。

6. 头颈部肿瘤患者进行分期加做头颈部增强CT Goerres GW回顾性比较了PET/CT和PET/CT联合增强CT对46例头颈部鳞癌患者分期及再分期中的诊断价值,结果发现两种阅片方法对评价原发肿瘤临近结构浸润、中线侵犯及淋巴结转移上无明显差异,故联合增强CT并没有增加头颈部肿瘤T、N分期的准确性^[73]。Yoshida K等进行了一项关于是否有必要对PET/CT在原发头颈部肿瘤分期时需要行增强CT扫描的前瞻性研究,结果发现加扫增强的PET/CT与不增强的PET/CT之间在头颈部肿瘤的病灶发现率及分期中有很好的相关性^[74]。不推荐头颈部肿瘤患者进行分期时加作增强CT。

七、 ^{18}F -FDG PET/CT 诊断报告^[75-82]

1. ^{18}F -FDG PET/CT诊断报告的基本原则

(1) 诊断报告的意义: ^{18}F -FDG PET/CT诊断报告是临床对患者进行诊断,并制定治疗方案的重要依据之一,是重要的医疗文件。诊断报告的质量直接反映报告医师的总结、归纳、

临床诊断思维及文字表达能力,也反映报告医师及其所在科室的医疗水平,在一定程度上体现了报告医师的工作态度和责任心。

(2) 诊断报告的基本原则: 诊断报告的基础是依据图像变化, ^{18}F -FDG PET/CT提供PET代谢信息、CT解剖形态信息及PET与CT图像融合信息。掌握正常PET/CT图像表现是辨认和发现异常的前提条件。对于发现的异常图像要密切结合临床,进行综合分析,得出诊断。因此,诊断报告的基本原则是: 掌握正常 ^{18}F -FDG PET/CT图像表现、发现异常、密切结合临床、综合分析得出诊断。

(3) 诊断报告的程序:

1) 明确检查目的: 仔细阅读检查申请单,在综合分析临床资料的基础上,明确患者来进行 ^{18}F -FDG PET/CT检查的目的。例如,初诊患者的检查目的是肿瘤的良恶性鉴别、肿瘤分期;治疗后患者评价疗效;寻找肿瘤原发灶等。

2) 评估图像质量: 正确的诊断报告是基于获得客观准确反映患者病情的PET/CT图像,包括PET图像、CT图像及PET与CT融合图像。要求图像无伪影或伪影可识别,SUV计算准确。因此,要求对PET/CT、 ^{18}F -FDG及受检者的身体状况等进行质量控制。图像质量评价要点如下:

①通过阅读PET图像,明确所得图像是否符合 ^{18}F -FDG全身分布图像,图像质量是否合格。

②根据PET图像,判断 ^{18}F -FDG放化纯度是否达到显像要求,如果全身骨骼浓聚程度高(主要为骨皮质代谢高)常提示 ^{18}F -FDG放化纯度低、血液中游离 ^{18}F 离子水平高。值得注意的是,如果在PET/CT显像前一段时间内注射刺激骨髓增生的药物可导致骨髓代谢增高,应当注意区分。两者鉴别的要点是看双侧股骨髓腔内的放射性分布,股骨髓腔内放射性增高者为骨髓代谢增高。

③根据PET图像,评估受检者血糖水平。如果受检者血糖水平过高,脑实质摄取 ^{18}F -FDG明显降低,肿瘤病灶和全身大多数组织和脏器对 ^{18}F -FDG的摄取也会一定程度地降低,与此相反血液本底增高,图像质量较差。

④通过阅读PET图像,判断注射点 ^{18}F -FDG有无外漏,漏在血管外的 ^{18}F -FDG表现为注射点局部放射性高度浓聚,影响SUV计算的准确性。

⑤判断PET/CT显像检查时,患者体位移动情况,如果患者体位移动可见相应部位图像模糊,PET和CT图像对位不准。

⑥评估是否有高密度物质导致显像伪影等。

⑦区分 ^{18}F -FDG浓聚影是生理性浓聚还是病理性改变。掌握和熟悉脑实质、心肌、棕色脂肪、肌肉运动、胃肠道、唾液腺、淋巴样组织(如扁桃体)、胸腺、乳腺、泌尿系统、子宫、卵巢、睾丸等组织在不同生理状态下所产生的生理性浓聚以免引起不必要的错误诊断。对于小儿还应注意鼻咽部腺样体增生、胸腺增生、红骨髓增生活跃所产生的生理性浓聚。

3) 全面观察、认真分析: 对所获得的PET图像、CT图像及PET与CT融合图像进行全面、系统、有序地观察分析,包括对延迟显像、静脉注射或口服对比剂、利尿剂、镇静剂等使用情况的观察分析,避免遗漏;在全面观察的基础上,发现异常,认真分析、确认病变。

4) 密切结合临床进行诊断: ^{18}F -FDG PET显像恶性肿瘤多表现为高代谢病灶,但是也有假阴性及假阳性。因此,必须密切结合临床进行综合分析才能做出正确诊断。在疗效评价中要特别重视各种针对肿瘤的治疗对病灶代谢活性的影响,因为肿瘤病灶对治疗的反应首先表现为代谢活性的变化,随后才出现CT所见的大小变化。只有全面了解患者的临床治疗

经过,才能客观准确地评价治疗效果。

推荐: 诊断报告的程序包括明确检查目的,图像质量评价,全面观察、认真分析,密切结合临床进行诊断(推荐级别: Ia类)。

(4) 阅片顺序: ^{18}F -FDG PET/CT图像多,阅读时应按一定顺序进行,才能尽量避免遗漏病变,通常可按下面顺序阅片,但也可以按个人的阅片习惯进行,原则是全面、系统、有序阅读所有图片,避免遗漏病变。在阅片过程中注意调节合适的窗宽、窗位,进行必要的图像后处理。

1) 阅读全身MIP图: 仔细观察MIP旋转图像,对患者的病灶分布有一个全面了解,建立全面观、立体观。

2) 阅读PET全身冠状断层图像: 通过阅读全身冠状断层图像能对患者的病灶分布有进一步的了解和强化,并对病灶在全身的位置有更清楚的定位,有助于后续进一步分析。

3) 认真阅读每一帧横断层的PET、CT和PET/CT融合图,顺序一般为从上到下,从右到左。仔细分析PET和CT异常图像以及相应的融合图改变,获取病变的代谢和形态学信息细节,了解病灶与毗邻组织的关系,更细致地对病变进行分析。

4) 认真阅读病灶在横断层、冠状断层和矢状断层相应位置的变化,建立起病变的立体观,以便更好地了解病灶的整体情况。

推荐: 阅片顺序包括阅读全身MIP图,阅读PET全身冠状断层图像,阅读每一帧横断层的PET、CT和PET/CT融合图,顺序一般为从上到下,从右到左,阅读病灶在横断层、冠状断层和矢状断层相应位置(推荐级别 IIa类)。

2. ^{18}F -FDG PET/CT图像分析

(1) 图像分析原则: ^{18}F -FDG PET/CT提供了PET代谢信息、CT解剖形态信息及PET与CT图像融合信息,两种影像信息相互补充、互相印证,从不同角度为临床提供诊断信息。由于存在同图异病和异图同病的问题,在图像分析时必须密切结合临床,才能获得正确的诊断。通常首先考虑常见病典型表现,其次考虑常见病非典型表现,再考虑少见病典型表现,最后考虑少见病非典型表现。尽量用同一种疾病对图像进行解释,即所谓的“一元论”原则,但是如果用一元论无法解释时,应当考虑到多种疾病共存的可能。

推荐: 图像分析原则(推荐级别 I类)。

(2) 正常图像: 葡萄糖为脑部的最主要能量来源,因此脑实质放射性分布很高。心脏的能量来源除葡萄糖外,还有游离脂肪酸,一般情况下,血糖水平高时,心肌优先用葡萄糖作为能量底物,血糖水平低时,心肌主要以游离脂肪酸作为能量底物,因此心肌的放射性分布不同个体、不同时间差异很大。软腭和咽后壁可出现形态规整的对称性生理性浓聚。双肺放射性分布低而均匀。纵隔血池放射性分布较双肺高而略低于肝脏。肝脏及脾脏放射性分布稍高而均匀。 ^{18}F -FDG主要通过泌尿系排泄,因此,双肾、双侧输尿管及膀胱等尿液积聚的地方常出现明显的放射性浓聚。胃腔内可出现不同程度生理性浓聚,小肠及大肠可出现浓淡不均的放射性浓聚,胃肠道内的生理性浓聚影,延迟显像时常出现形态及浓聚程度的改变。全身肌肉浓聚程度常较低,全身骨骼的放射性分布较肌肉略高。

以下情况下生理性浓聚可能会更明显,如视觉未封闭好,眼肌及大脑的视皮质会出现较高的放射性浓聚影;注射显影剂后说话较多,可出现喉部肌肉 ^{18}F -FDG摄取增高;颈部和其他部位肌肉紧张时可出现与肌肉走向一致的浓聚影;精神紧张及寒冷刺激可引起棕色脂肪 ^{18}F -FDG高摄取;使用胰岛素可出现全身肌肉的 ^{18}F -FDG高摄取。双侧乳腺在月经期可出

现轻度均匀性浓聚,乳头的浓聚可能会更明显。月经期子宫腔内绝大多数会出现明显生理性浓聚,双侧卵巢在卵泡的刺激下常可出现不同程度的生理性浓聚。老年人有时在主动脉壁可见较高的放射性摄取,部分男性患者睾丸可出现不同程度浓聚。熟悉正常生理性改变,有助于显像结果地正确分析。

(3)异常图像:在PET图像上出现放射性分布异常浓聚(高代谢灶)或稀疏缺损(低代谢灶)即为异常图像。高代谢病灶是指病灶处放射性分布高于周围正常组织;等代谢病灶是指病灶处的放射性分布与周围组织相近;低代谢病灶是指病灶的放射性分布低于周围正常组织。

(4)病灶分析要点

1)分析病灶的位置、大小、形态、病灶边缘以及病灶与周边组织,特别是血管、神经及重要脏器的关系。

2)比较病灶与全身其他组织(参照点多选择纵隔血池、肝脏及脑等)的放射性分布,判断病灶的 ^{18}F -FDG摄取强度,分析病灶内放射性分布的均匀性以及CT所显示的病灶密度及均匀性。对比分析PET显示病灶与CT显示病灶的大小匹配等。

3)定量分析:计算病灶的标准摄取值(standardized uptake value, SUV)和肿瘤/非肿瘤比值(tumour/non tumour, T/NT)。其中SUV为目前最常用的半定量指标,有最大SUV(即 SUV_{max} ,代表病灶内 ^{18}F -FDG摄取最高部分的SUV)和平均SUV(即 SUV_{mean} 或 SUV_{ave} ,代表病灶内所有组织的 ^{18}F -FDG摄取平均值), SUV_{max} 受兴趣区(ROI)的勾画影响较小,重复性好,目前应用较多。 SUV_{ave} 受兴趣区(ROI)的勾画影响大,重复性受操作者影响大,目前不如 SUV_{max} 应用广。

4)明确病灶的数量:对于单发病灶,根据病灶的位置、大小、形态、病灶内放射性浓聚程度、密度及与周围组织的关系,结合临床相关资料,进行良恶性鉴别。对于多发病灶,首先应根据肿瘤和其他疾病的生物学行为,判断多发病灶之间是否存在相关性,一般情况下,同一来源的病灶常可用同一种疾病解释得通。其次判断多发病灶地 ^{18}F -FDG摄取是否存在相关,对于恶性肿瘤来说,多数情况下,肿瘤原发灶和转移灶之间的 ^{18}F -FDG摄取高低常与病灶的大小相一致;对于炎症来说,病灶的放射性浓淡常与病灶的炎症活动程度相关。

5)对于多次 ^{18}F -FDG PET/CT显像进行疗效评估的患者,应比较相对应病灶多次显像过程中病灶大小、放射性浓聚程度及形态改变,特别注意发现治疗过程中的新发病灶,并客观分析疗效。

6)假阳性问题

①局部或全身感染性病灶:如活动性结核病、化脓性感染、霉菌病等;

②非特异性炎性病灶:如嗜酸性肉芽肿、慢性胰腺炎、甲状腺炎、食管炎、胃肠炎、非特异性淋巴结炎等;

③一些良性肿瘤可不同程度摄取 ^{18}F -FDG,如垂体腺瘤、肾上腺腺瘤、甲状腺腺瘤、腮腺混合瘤、Warthin's瘤及神经纤维瘤等;

④手术、放疗或化疗等影响:如手术或活检部位的炎症、放射性肺炎、化学治疗后骨髓增生或胸腺增生、粒细胞集落刺激因子(G-CSF)引起骨髓 ^{18}F -FDG代谢增高等。

⑤其他:如冬眠心肌、大动脉炎等。

7)假阴性问题

①肿瘤太小,病灶小于2倍PET系统分辨率。

②一些特殊的细胞类型:细支气管肺泡癌、类癌、少部分高分化腺癌、富黏液成分的肿瘤、高分化肝细胞肝癌、肾脏透明细胞癌、高分化前列腺癌、低级别脑胶质瘤、成骨性和骨硬化性骨转移癌、神经内分泌肿瘤。

③药物影响:近期使用大剂量的类固醇激素治疗。

④肿瘤坏死。

⑤高血糖症、高胰岛素血症等。

推荐: 病灶分析要点(推荐级别I类)。

3. ^{18}F -FDG PET/CT显像报告格式和内容

(1)一般资料:患者姓名、性别、年龄、科别、住院号、病区、病床、门诊号、检查号、临床诊断、检查日期、报告医师签名、报告日期等。

推荐: 一般资料(推荐级别I类)。

(2)检查名称与检查方法或技术:检查名称包括: ^{18}F -FDG PET/CT全身肿瘤断层显像, ^{18}F -FDG PET/CT头颈部肿瘤断层显像, ^{18}F -FDG PET/CT胸部肿瘤断层显像, ^{18}F -FDG PET/CT腹部肿瘤断层显像, ^{18}F -FDG PET/CT盆腔肿瘤断层显像, ^{18}F -FDG PET/CT脑断层显像等。

检查方法或技术包括:静脉注射或口服对比剂,延迟显像; ^{18}F -FDG使用剂量、给药方式及给药至显像的时间及利尿剂、肌肉松弛药、镇静剂使用情况等。

推荐: 检查名称与检查方法或技术(推荐级别I类)。

(3) ^{18}F -FDG PET/CT影像学表现:分别描述PET及CT的影像学表现,包括病变的位置、形态、大小、数目、密度、与邻近组织脏器的关系,描述放射性浓聚程度,计算SUV_{max}和(或)SUV_{ave}等。如果多次检查应当进行对比。

推荐: ^{18}F -FDG PET/CT影像学表现(推荐级别I类)。

(4)结论或诊断

1)要与PET/CT影像表现描述相对应。

2)按肿瘤TNM分期的顺序分别进行描述。

3)主要病变先描述,次要病变后描述。

4)对于良性病变可根据对身体的危害程度分别给出相应的诊断。

5)对于两次或多次检查的患者应当前后进行比较。

6)尽可能给出明确的诊断,必要时给出鉴别诊断,对诊断不明确者,提出进一步检查方法或建议随访。

推荐: 结论或诊断(推荐级别I类)。

(5)报告审核与签发:报告由有资质医师审核签发。

推荐: 报告审核与签发(推荐级别I类)。

八、质量控制^[83-85]

PET/CT报告的准确解释取决于对图像和定量数据等结果的分析。质量控制是指为保证这些结果最大程度地接近于真实而采取的一系列方法和措施(表1-6)。为保证PET/CT结果的真实性、可重复性及一致性,有必要执行以下相关的质量控制措施。