

临床

Diagnosis
& Treatment
of Clinical Oncology

肿瘤诊断 与治疗学

黄俊辉 钟美佐 曹培国 / 主编 ■

湖 南 科 学 技 术 出 版 社 ■

临床

Diagnosis
& Treatment
of Clinical Oncology

肿瘤诊断 与治疗学

主 编：黄俊辉 钟美佐 曹培国

副主编：陈建华 伍尤华 严文辉

编 者：(按姓氏笔画为序)

王学伟	毛 杰	邓士杰	卢景琛	申良方	朱 红
伍尤华	向 前	刘浔阳	齐 琳	严文辉	苏加利
李 洋	李 刚	李建瓚	李 黎	杨 振	肖 莹
吴水华	陈子华	陈明亮	陈建华	张春芳	赵素萍
赵谢兰	胡罗健	钟美佐	姜武忠	姜维喜	洪继东
祖雄兵	贺玉香	姚 凯	袁 君	莫 逸	唐劲天
唐瞻贵	涂青松	梁少强	梁昌华	黄俊辉	曹培国
曹兰琴	蒋铁斌	蒋 骑	詹瑞森	裴海平	穆向魁

秘 书：张曦蓓 肖 佳

湖 南 科 学 技 术 出 版 社

图书在版编目 (C I P) 数据

临床肿瘤诊断与治疗学 / 黄俊辉, 钟美佐, 曹培国
主编. — 长沙: 湖南科学技术出版社, 2010.7
ISBN 978-7-5357-6305-1

I. ①临… II. ①黄… ②钟… ③曹… III. ①肿瘤—
诊疗 IV. ①R73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 129240 号

临床肿瘤诊断与治疗学

主 编: 黄俊辉 钟美佐 曹培国

策划编辑: 曹 鹞

文字编辑: 唐艳辉

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 长沙瑞和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市井湾路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2010 年 7 月第 1 版第 1 次

开 本: 700mm×1020mm 1/16

印 张: 38.5

字 数: 715000

书 号: ISBN 978-7-5357-6305-1

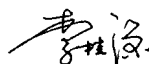
定 价: 70.00 元

(版权所有·翻印必究)

序

恶性肿瘤的发病率和死亡率越来越高已成为不争的事实。在我国的一些主要大城市中，恶性肿瘤占死亡病因中的首位，已成为危害人民健康和生命的主要疾病。国内外对恶性肿瘤的基础研究和临床研究投入了大量的人力、物力和财力，特别是对恶性肿瘤的病因、遗传基因、分子流行病学，以及临床手术、放射治疗、化学药物治疗、生物治疗等方法的研究，给予了前所未有的关注。多学科综合治疗概念的提出和应用，治疗手段和治疗途径的创新并成功应用于临床实践，使得恶性肿瘤的临床疗效越来越好。然而，恶性肿瘤的预防、诊断和治疗仍没有出现根本性的突破，未知的领域和亟待解决的问题远远多于我们已获得的知识和已解决的问题。因此，对恶性肿瘤的研究具有极大的挑战性和艰巨性，同时又存在巨大的发展空间和机遇。这也许是近年来越来越多的医务工作者热衷于恶性肿瘤防治工作的原因。据了解，我国绝大多数县级以上的综合医院设立了肿瘤科或肿瘤中心，特别是各省市的肿瘤防治机构，规模越来越大，病床数越来越多，因此，对肿瘤专业人才的需求量也越来越大。但目前我国高等医学教育，包括毕业后医学教育中的临床住院医师培训和专科医师培养，都未将肿瘤学作为一门独立专业开设课程。而肿瘤学又是当前最为活跃的学科之一，新技术、新方法可谓是“百花齐放”。如何将已成熟的技术正确地应用于肿瘤防治工作中，规范我国肿瘤诊断与治疗的行为，提高肿瘤的诊治水平，成为当前临床肿瘤急需解决的课题。

为适应我国疾病谱的改变，培养基础扎实、知识面宽广的肿瘤专科医师，中南大学湘雅医学院黄俊辉、钟美佐和曹培国等临床肿瘤学专家联合清华大学等高等院校和医疗单位的肿瘤防治专家、教授，在多年从事肿瘤医疗、科研与教学工作的基础上，编著了《临床肿瘤诊断与治疗学》。此书不仅反映了临床肿瘤研究的国内外动态，更侧重肿瘤诊疗路径的规范化。当前，临床肿瘤正由实验医学向循证医学转变，将人类最新、最合理的诊疗方法应用于患者，获取最佳临床疗效。从该书中我感受到了编者们正在竭尽全力的将高水平、可信的资料献给读者，此书将会成为临床肿瘤专业同道们的良师益友。我希望编者们在本书出版后能更多地听取读者们的意见，融入世界各国同行的经验，使本书更加完善，更为实用。

 教授

2010年3月8日

前 言

恶性肿瘤已成为严重威胁人类健康的常见病和多发病，恶性肿瘤的死亡率在一些国家的报道中仅次于心血管系统疾病而列居第2位。为适应疾病谱的改变，越来越多的医疗机构和医务人员参与到恶性肿瘤的防治工作中。众所周知，能否早期正确地诊断和及时地治疗是影响恶性肿瘤患者临床疗效的关键。但是，并非所有临床医师都能做到这一点，原因在于对恶性肿瘤的有关问题缺乏系统地了解。目前，我国高等医学教育，包括毕业后医学教育的临床住院医师规范化培训和专科医师的培养计划中，都未将肿瘤学作为一门独立的专业来设置课程，即使是肿瘤专科医师也是通过阅读参考书、杂志而获取相关信息。而肿瘤学是当前最为活跃的学科之一，新技术、新方法层出不穷，杂志和参考书中所介绍的内容也是“百家争鸣”。因此，肿瘤诊治曾一度被认为是最不规范的专业。为了给从事临床肿瘤医疗、科研、教学和预防工作的研究生、专科医师、进修医师、住院医师和相关专业的学者提供规范而实用的专业参考书，我们组织了部分长期从事临床肿瘤工作的专家教授共同编著了《临床肿瘤诊断与治疗学》。此书的主要目的是引导肿瘤工作者把握肿瘤学当前国际发展趋势和诊治规范，既为读者提供规范的肿瘤临床诊疗思路，又为寻找创新研究课题提供线索。

本书共五十六章，第一章至第十三章以审视前沿的视野，跟踪临床肿瘤研究的主要相关领域和各种诊断和治疗手段的进展与方法，第十四章至第五十六章系统而又规范地介绍了常见肿瘤的临床诊疗路径及与临床肿瘤相关的知识，是一本颇受同行们关注的著作，适用于从事肿瘤专业的研究人员和各级肿瘤专业的临床医师阅读，也可供其他专业的临床医师和医学院校的师生参考。

在编纂此书的过程中，得到了中南大学、清华大学等高等院校的专家和学者的支持与帮助；中南大学湘雅医学院的研究生张曦蓓、肖佳、刘利、邱霞等承担了大量的辅助工作，在此一并表示衷心的感谢。鉴于编者知识有限，加上时间仓促，书中难免有错漏之处，敬请读者不吝赐教。

黄俊辉 钟美佐 曹培国

2010年3月于长沙

目 录

第一章 PET-CT 和 PET-MRI 在肿瘤临床中的应用	(1)
第一节 PET-CT 在肿瘤诊断中的应用	(1)
第二节 PET-MRI 成像基本原理与临床应用	(5)
第二章 肿瘤外科治疗原则与进展	(10)
第一节 肿瘤外科治疗原则与外科诊断和分期的方法	(10)
第二节 肿瘤外科手术的分类	(12)
第三章 肿瘤放射治疗的基础与进展及原则	(15)
第一节 放射治疗的历史沿革与放射物理学基础	(15)
第二节 放射生物学基础	(20)
第三节 放射治疗的方法	(23)
第四节 放射治疗的不良反应和并发症	(29)
第五节 肿瘤放射治疗的进展	(29)
第六节 放射治疗的基本原则	(34)
第四章 肿瘤化学治疗的策略与原则	(36)
第一节 肿瘤化疗的发展史	(36)
第二节 肿瘤化疗的策略	(37)
第三节 肿瘤化疗的具体实施原则	(43)
第五章 肿瘤的介入治疗	(49)
第一节 肿瘤的介入治疗方法与介入治疗的优势	(49)
第二节 抗癌药物动脉灌注选择原则	(51)
第三节 介入治疗的并发症、不良反应、适应证与禁忌证	(52)
第六章 肿瘤热疗	(55)
第一节 肿瘤热疗的生物学机制	(55)
第二节 肿瘤热疗的生物物理学基础	(56)
第三节 加热技术	(57)
第四节 热疗与放疗、化疗综合应用的理论基础	(59)
第五节 肿瘤热疗临床应用效果	(60)
第六节 恶性体腔积液的热化疗	(61)
第七节 肿瘤热疗目前存在的问题和发展趋势	(65)

第七章 肿瘤冷冻微创治疗	(67)
第八章 伽马刀在肿瘤治疗中的应用	(81)
第九章 质子、重带电粒子在肿瘤治疗中的应用	(86)
第十章 造血干细胞移植在肿瘤治疗中的作用	(92)
第一节 造血干细胞移植在血液系统恶性肿瘤治疗中的应用	(93)
第二节 造血干细胞移植在实体瘤治疗中的应用	(97)
第三节 造血干细胞移植常见的并发症	(98)
第十一章 癌症康复与姑息治疗	(100)
第一节 癌症疼痛三阶梯止痛治疗	(100)
第二节 癌症患者术后的护理	(109)
第三节 癌症患者化学治疗的护理	(111)
第四节 癌症患者放射治疗的护理	(118)
第五节 癌症患者的心理护理	(120)
第六节 癌症患者濒死期的护理	(123)
第十二章 肿瘤急症	(128)
第一节 代谢性急症	(128)
第二节 急性肿瘤溶解综合征	(131)
第三节 外科急症	(132)
第十三章 肿瘤副综合征	(141)
第一节 神经系统副瘤综合征	(142)
第二节 皮肤副瘤综合征	(144)
第三节 内分泌系统副瘤综合征	(145)
第四节 血液系统副瘤综合征	(149)
第五节 骨骼系统副瘤综合征	(150)
第十四章 鼻咽癌	(151)
第十五章 腮腺癌	(167)
第十六章 舌癌	(173)
第十七章 喉癌	(181)
第十八章 甲状腺癌	(195)
第十九章 乳腺癌	(208)
第二十章 肺癌	(232)
第二十一章 纵隔肿瘤	(246)
第二十二章 原发性胸膜间皮瘤	(255)
第二十三章 食管癌	(264)
第二十四章 胃癌	(281)

第二十五章 原发性肝癌	(293)
第二十六章 胆管癌	(311)
第二十七章 胰腺癌	(323)
第二十八章 大肠癌	(335)
第二十九章 原发性腹膜后肿瘤	(350)
第三十章 白血病	(355)
第三十一章 淋巴瘤	(381)
第三十二章 多发性骨髓瘤	(399)
第三十三章 肾癌	(407)
第三十四章 肾上腺肿瘤	(415)
第三十五章 膀胱癌	(421)
第三十六章 前列腺癌	(432)
第三十七章 睾丸肿瘤	(442)
第三十八章 阴茎癌	(450)
第三十九章 卵巢癌	(455)
第四十章 子宫内膜癌	(467)
第四十一章 侵蚀性葡萄胎和绒毛膜上皮癌	(475)
第四十二章 宫颈癌	(484)
第四十三章 基底细胞癌	(496)
第四十四章 皮肤鳞状细胞癌	(502)
第四十五章 Bowen 病	(509)
第四十六章 恶性黑素瘤	(513)
第四十七章 中枢神经系统肿瘤	(523)
第四十八章 骨与软组织肿瘤	(542)
第四十九章 小儿睾丸肿瘤	(555)
第五十章 小儿卵巢肿瘤	(562)
第五十一章 小儿肝母细胞瘤	(568)
第五十二章 小儿横纹肌肉瘤	(572)
第五十三章 小儿肾胚胎瘤	(577)
第五十四章 小儿畸胎瘤和胚芽细胞瘤	(584)
第五十五章 小儿神经母细胞瘤	(593)
第五十六章 小儿视网膜母细胞瘤	(601)
附录 常用抗癌药的英文缩写和中英文名称	(604)

第一章 PET-CT 与 PET-MRI 在肿瘤临床中的应用

正电子发射型计算机断层显像 (positron emission computed tomography, 简称 PET, 派特) 技术发明于 20 世纪 70 年代, 曾被评为 20 世纪医学领域的十大发明之一, 是继 CT 和磁共振 (MRI) 之后应用于临床的一种新型影像技术。PET-CT 是将 PET (功能代谢显像) 和 CT 两个已经相当成熟的技术相融合, 形成优势互补, 是当今较为完美、档次较高的医学影像技术。PET-CT 集核物理、放射化学、医学影像学、分子生物学等技术之大成, 是一种诊断早期肿瘤非常重要的检查手段。PET-MRI 是将 PET 与 MRI 组合在一起的组合仪器, 能将核素显像和 MRI 图像融合, 达到解剖结构影像与功能/代谢/生化影像精确重叠显示, 获得全面的信息, 对疾病的定性诊断, 尤其是功能性病变的定位和治疗计划大有帮助, 是当前和今后医学影像的发展方向。

第一节 PET-CT 在肿瘤诊断中的应用

一、PET-CT 的工作原理与显像剂

1. PET-CT 的工作原理 PET 的原理是将人体代谢所必需的物质, 如葡萄糖、蛋白质、核酸、脂肪酸等标记上短寿命的放射性核素制成显像剂, 注入人体后发射的正电子与邻近组织的电子发生作用, 产生伽马光子, 通过 PET 扫描探头探测光子信号, 将信号传递到计算机进行处理, 以解剖影像的形式及其相应的生理参数, 显示靶器官或病变组织的状态, 了解病灶的功能和代谢状态, 借以诊断疾病。PET 是一种功能代谢显像的分子影像学设备, 从 CT 则通过穿透扫描, 清晰地显示人体的断层影像, 提供病变的解剖学信息, 如部位、分布、数量、大小、形态、组织结构及相邻关系等, 并由此推理分析病变的良恶性。PET-CT 设备并不是 PET 和 CT 设备的简单结合, 而是将 PET 和 CT 设备有机地结合在一起的更为完善的设备。PET-CT 同时具有 PET 和 CT 的功能, 既能反映组织细胞代谢, 较早发现病灶; 又能对 PET 所发现的病灶准确定位, 提供 CT 信息, PET 可以显示病理生理特征, 使病灶更容易被

发现。CT 可以精确定位病灶，显示病灶结构变化。PET-CT 除了具备 PET 和 CT 各自的功能外，其独有的融合图像技术，可以同时反映病灶的病理生理变化及形态结构，明显提高了诊断的准确性。因此，PET 与 CT 有优势互补的作用。

2. PET-CT 的显像剂 进行 PET-CT 检查除设备外，另一个重要的条件是作为 PET 示踪剂的正电子放射性药物。近年来该方面的研究十分活跃，临床应用取得了迅速发展，这些药物涉及灌注、代谢、受体和基因显像等多个领域，同时对细胞凋亡、乏氧组织、细胞增殖、酶活性、肿瘤多药耐药性等 PET 药物也进行了广泛的探索和研究。常用的正电子放射性核素如 ^{18}F （氟）、 ^{11}C （碳）、 ^{13}N （氮）和 ^{15}O （氧）。目前应用最广泛的示踪剂是 ^{18}F -脱氧葡萄糖（ ^{18}F -FDG），在肿瘤学中占主导地位。随着 ^{18}F -FLT（胸腺嘧啶）、 ^{18}F -FES（雌二醇）、 ^{18}F -FMISO（乏氧细胞显像剂）、 ^{11}C -蛋氨酸、 ^{11}C -胆碱等新型的正电子放射性药物不断投入临床使用，促使我们将把能反映不同代谢过程的正电子放射性药物联合进行 PET-CT 显像，提高对早期肿瘤诊断的灵敏度和特异性，达到肿瘤早期诊断的目的， ^{11}C 标记的正电子放射性药物将是最重要的新型示踪剂。

二、PET-CT 检查的特点

1. 灵敏度高 PET-CT 是一种反映分子代谢的显像，当疾病早期处于分子水平变化阶段，病变区的形态结构尚未呈现异常，MRI、CT 检查还不能明确诊断时，PET 检查即可发现病灶所在，并可获得三维影像，还能进行定量分析，达到早期诊断的目的。这是目前其他影像检查所无法比拟的。

2. 特异性高 MRI、CT 检查发现脏器有肿瘤时，是良性还是恶性很难做出判断，但 PET-CT 检查可以根据恶性肿瘤高代谢的特点而做出诊断。

3. 全身显像 PET-CT 一次性全身显像检查便可获得全身各个区域的图像。

4. 安全性好 PET-CT 检查尽管其所用的核素有一定的放射性，但所用核素剂量很小，而且半衰期很短（2~110 分钟），经过物理衰减和生物代谢两方面的作用，在受检者体内存留时间很短。一次 PET-CT 全身检查的放射线照射剂量远远小于一个部位的常规 CT 检查，因而安全可靠。

三、PET-CT 的优势

PET-CT 检查在肿瘤学中的适应证已得到公认，包括鉴别良恶性肿瘤或病变、肿瘤的分期、疗效随访和监测、寻找原发肿瘤和转移病灶、评估恶性程度与临床预后、制订放射治疗（以下简称“放疗”）计划等。与 PET 相比，有以下的优势。

1. 检查时间短，改善图像分辨率。专用 PET 采用放射性核素发射的光子做衰减校正，从颅底到股骨上端（包括颈、胸、腹部和盆腔）的全身扫描一般需 6~8 个床位，PET 和 CT 图像融合更加准确，有助于使用超短半衰期的正电子核素，患者较

为舒适方便,增加每日检查人数。

2. CT 能对 PET 发现的异常空间进行定位,易于识别示踪剂的摄取是否为生理性。一些正常组织和器官对示踪剂有不同程度的生理性摄取或蓄积,如肌肉、血管、胃肠道和尿路等,在 PET 图像上有时易与代谢活性增高的病灶相混淆。而 PET 与 CT 的融合图像,能清楚地显示高代谢的解剖部位,既避免了将生理性摄取误诊为病灶,也防止了将高代谢病灶判断为生理性摄取,造成不必要的漏诊。

3. 提高对肿瘤诊断、分期和追踪疗效的准确性。PET-CT 能从分子水平上反映人体存在的生理或病理变化,灵敏地探测疾病早期的代谢异常,可早期发现病灶,并通过定性和定量分析,提供有价值的功能和代谢信息。CT 对 PET 发现的病灶能精确解剖定位,PET 对 CT 可疑病变增加其诊断的特异性,PET 和 CT 两者信息互补,避免或减少了对 PET 阴性的肿瘤或小病灶的漏诊,更好地监测治疗反应,鉴别肿瘤治疗后的瘢痕与复发。

肿瘤分期是决定患者治疗方案的重要依据,一次 PET-CT 全身显像可提供全身各器官有无转移的信息,有利于对肺癌、乳腺癌、结肠癌、卵巢癌和淋巴瘤等多种肿瘤进行精确的临床分期。以诊断淋巴结转移为例,CT 或 MRI 可将增大的淋巴结(直径 >1 cm)视为转移,其中不乏由于慢性炎症引起的淋巴结增大,或将已受到肿瘤组织侵及的正常大小的淋巴结误判为正常。而 PET 根据淋巴结的代谢活性可判断是否转移,比只考虑病变大小更为准确。

4. 优化肿瘤靶区的放疗计划,提高放射治疗的临床疗效。除 CT 能够对病变精确定位外,PET 多种正电子放射性药物显像能够反映组织细胞不同的代谢和增殖过程,如反映肿瘤组织的葡萄糖代谢活性、乏氧细胞的分布和细胞增殖信息等,综合多方面信息勾画分子生物靶区的边界,能更精确地实施适形调强治疗。

5. 准确选择活检部位。

四、PET-CT 的局限性

常用的 FDG PET-CT 显像尽管是一种高科技的检查,也有假阳性(如活动性结核、急性炎症、活动性结节病和炎性假瘤等)和假阴性(如肺泡癌、高分化肝细胞癌、肾脏透明细胞癌、印戒细胞癌、黏液囊腺癌、类癌和高分化腺癌等),总的诊断准确率在 90% 左右。特别应注意的是,在通常情况下,PET-CT 中的 CT 主要是用来对 PET 图像进行衰减校正和定位,不能代替 CT 诊断。为了与 PET 图像匹配,扫描时未屏气,一般只作平扫,而不是增强扫描;和 PET 检查在时间上并非同步,有一定的间隔。关于 PET-CT 临床应用中的问题及改进措施已引起一些学者的关注,Osman 等在 PET-CT 检查的 300 例患者中,发现利用 CT 对 PET 图像进行衰减校正或两者图像融合后,有 6 例(2%)定位错误,肝脏膈顶部的病变被误认为肺右叶基底部的病灶,分析原因可能是因为 PET 采集和 CT 采集时呼吸运动的差别所致。An-

toch 等应用 PET-CT 时,发现采用静脉注射或口服碘对比剂的 CT 图像对 PET 图像作衰减校正,在 30 例患者中有 4 例 PET 图像有伪影,认为是由于未被稀释的对比剂一过性弹丸通过所致。

五、PET-CT 在肿瘤诊断中的应用

1. 肺癌 ^{18}F -FDG PET 显像最早也是最多用于肺部结节或肿块的检查,主要的临床价值是鉴别诊断其良恶性,非小细胞肺癌 (NSCLC) 分期,评价复发及追踪治疗反应。虽然目前 FDG 是分辨肺中单个结节恶性还是良性最可靠的办法,但是任何炎症和感染都会有 FDG 的增加,无法分辨肺结核、肉样瘤 (sarcoid)、组织细胞浆菌病 (histoplasmosis) 和曲霉病 (aspergillosis) 等。一般恶性肿瘤的 FDG 的摄取逐渐上升,而正常或炎症的摄取往往不会持续。1997 年由美国健康保健经济管理局 (HCFA) 发布的纳入医疗保险的首批适应证就是未能定性的孤立性肺结节和肺癌的最初分期,上述两种适应证的 PET 检查约占美国 Duke 大学医学中心 2000 年 PET 显像总数的 40%。

2. 淋巴瘤 ^{18}F -FDG PET 显像以恶性淋巴瘤的高代谢反映其恶性程度,是继肺癌后 PET 显像的第 2 个重要疾病。在淋巴瘤分期、再分期中,FDG PET-CT 全身显像比传统分期方法 (包括 X 线摄片、CT、MRI、淋巴管造影、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨扫描、 ^{67}Ga 扫描、内镜以及剖腹探查等) 更准确。

3. 头颈部肿瘤 大多数头颈部肿瘤的 PET 检查需要做 PET-CT。全身 PET-CT 显像可发现其他影像技术不易判断的癌转移,包括淋巴结转移和肝转移等。

4. 腹部及盆腔肿瘤 几乎所有腹部及盆腔肿瘤的检查都需要 PET-CT。肝脾的 FDG 摄取不高, SUV 大都在 2 以下,几乎任何转移到肝脏的肿瘤, FDG 都有增加,误诊的机会很少。

5. 恶性骨病变 由于融合图像对 PET 所发现病灶的准确定位,以及 PET 和 CT 的信息互补,对骨恶性和良性病变的诊断 PET-CT 较单独 PET 有更高的敏感性和特异性。许多肿瘤,特别是肺癌、乳腺癌、前列腺癌,常会转移到骨骼。PET-CT 技术简单方便,灵敏度高,又是全身的检查,相当实用。但对新骨的产生,与新陈代谢 FDG 检查的性质不同,自然两种方法能够显示的病灶不会完全相似,因此我们常常看到许多骨转移病灶没有 FDG 增加。相反,早期转移灶可能有 FDG 增加,不一定有新骨的产生和 MDP 的增加。

虽然 PET-CT 在肿瘤诊断,特别是在判断是否有肿瘤早期转移时有明显的优势,但由于某些良性病变的显影,有时也很难严格地区分病灶的性质,需要临床医师综合分析。

第二节 PET-MRI 成像基本原理与临床应用

一、磁共振成像

磁共振成像 (magnetic resonance imaging) 简称 MRI。由于人体内含有非常丰富的氢原子 (即质子), 且每一个氢原子核都如同是一个小小的磁铁, 而人体内不同物质、组织或器官彼此之间所含的氢原子核密度皆不相同, MRI 是利用均匀的强磁场和可改变区域磁场强度的特定频率的射频脉冲, 经由各种脉冲程序的控制, 使得氢原子核产生磁矩的回旋动力变化, 据法拉第电磁感应定律, 转换成电流信号并记录下来, 最后由电脑处理而形成不同物质、组织或器官的灰阶影像对比分布图, 其所呈现的为断层切面且分辨率高的影像, 所提供的也是属于人体解剖结构方面的资讯。

二、PET-MRI 成像技术

核医学的生命力与发展动力, 在于把放射性示踪原理和技术与其他医学先进理论和技术巧妙地结合并创新。

磁共振的高强磁场可以严重干扰 PET 光电倍增管内光子运动, 导致 PET 图像质量明显损失, 为了避免高磁场干扰, 光电倍增管必须距离高磁场 4m 以上。同时 PET 设备对 MRI 机器的磁场稳定性有干扰, 影响 MRI 的图像质量。目前还没有完全意义上的商用一体 PET-MRI 机。PET-MRI 目前主要依靠体模固定患者, 用特制加长床移动患者或由机器人进行搬运和精确定位, 用图像融合软件分别将 PET 和 MRI 的图像进行特征提取、误差评估, 对图像进行处理使误差最小, 然后将几何变换后的两个图像数据进行对位、综合显示和分析综合数据。

三、PET-MRI 的特色

1. PET-MRI 的先进性

(1) 检查安全性高, 符合健康检查理念。MRI 无电离辐射, PET 检查注射的微量显像剂通常检查后几十分钟到几个小时就可从体内消失, 对人体不构成任何伤害。

(2) 高端技术优势互补, 提高疾病的诊断质量。PET-MRI 中的 MRI 通常采用 1.5T 以上场强的 MRI, 是一种具备 fMRI (功能性磁共振成像) 技术的高场强功能性 MRI。获取的 PET 图像、MRI-DWI (弥散加权) 图像可以观察组织的功能性变化, 获取的常规 MRI 图像可以观察病变组织的结构性变化, 将功能性和结构性信息融合起来, 可以大大提高疾病的诊断率和早期治疗的可能性。fMRI 功能成像、波谱成像可弥补单纯 PET 功能性成像的不足, 可以显示不易察觉的或临床上仍属隐匿的肿瘤及发生于不易观察部位的转移性肿瘤, 将使肿瘤诊断中的假阳性和假阴性出现的

概率降低。

(3) 是一种功能加结构显像。PET-MRI 的受检对象是活体, 揭示机体动态的生物学过程。优点在于能较早而准确地解释和捕获机体的异常生物学信息, 甚至可在临床体征或结构形态改变之前发现病变。PET-MRI 显像功能有助于研究和判断疾病的发生、发展及其转归。PET-MRI 在放疗中生物靶区的定位以及适形调强放疗计划的实施更具重要价值。

(4) 能定量反映病变的生物学特征。也就是说, PET-MRI 可精确地用“量”的概念来反映病变的生物学特征。基于这一特性, PET-MRI 可对疾病预后进行预测、肿瘤良性和恶性鉴别、肿瘤分级与分期、治疗效果判断、检测肿瘤是否复发及复发部位。

(5) 一次检查可了解全身的整体状况。一次显像能同时获得 PET、MRI 功能和结构的全身以及各方向的断层图像, 便于了解受检者全身的整体状况, 并对病灶进行准确和精确定位, 这对肿瘤等全身性疾病的诊断、分级分期和治疗方案的制订、肿瘤原发病灶或转移灶的寻找、治疗后复发的诊断具有重要意义。

(6) 灵敏度高、准确。其灵敏度高 (其化学精度已达到 pmol 数量级), 分辨率好, 可检出微小的病灶, 图像显示清晰; 此外 PET-MRI 阳性显像反差大, 不但灵敏地反映功能异常, 且可提供精确的解剖结构改变, 因而对某些病灶的检出率明显优于其他诊断手段。

(7) 为实现医学影像学诊断的“定位、定性、定量、定期”奠定了可靠的基础。

(8) 采用分体设计, 既可避免两种设备之间的相互干扰, 又可实现各自独立的、自由的升级。通过搬运机器人, 达到两者之间“无缝”连接效果, 避免了设备之间的相互干扰, 保证了成像质量以及融合图像质量。

2. PET-MRI 与 PET-CT 相比的优越性

(1) MRI 能敏感地检查出组织成分中水含量的变化, 能显示功能和代谢过程等生理生化信息的变化, 它使机体组织从单纯的解剖显像发展为解剖学与组织生化和物理学特性变化相结合的“化学性图像”, 为一些早期病变提供了诊断依据, 常常比 CT 能更有效和更早地发现病变, 故 PET-MRI 较 PET-CT 能更早对病灶定位。MRI 能非常清晰地显示脑和脊髓的灰质和白质, 故在神经系统疾病的诊断方面优于 PET-CT, 对颅脑、脊柱和脊髓疾病的显示显著优于 PET-CT。

(2) MRI 不会像 CT 那样产生对人体有损伤的电离辐射, 对机体没有不良影响。

(3) MRI 不会产生 CT 检测中的骨性伪影, 所以 PET-MRI 能使脊柱中的脊髓及神经根显像清晰, 还有可能检查出由于缺血引起的组织损伤等。

(4) MRI 几乎适用于全身各系统的不同疾病, 如肿瘤、炎症、创伤、退行性疾病以及各种先天性疾病的检查, 应用范围大大超过 CT 检查。

(5) PET-MRI 软组织密度分辨率高于 PET-CT, 而空间分辨率也可与 PET-CT

相媲美。

3. PET-MRI 与 PET-CT 相比的不足之处

- (1) 扫描时间一般较长, 每日能检查的人数较 PET-CT 少。
- (2) 体内有起搏器及磁性金属物者不能检查。
- (3) 目前 PET-MRI 的图像融合是异机软件融合, 融合图像有可能出现位置偏差。

四、PET-MRI 检查的适应证和禁忌证

1. 适应证

(1) 健康体检: 接受 PET-MRI 检查者只需经静脉注射微量的显像剂, 所用的放射性显像剂为生理代谢物的类似物 (如常用的 ^{18}F -FDG 为葡萄糖的类似物), 无致敏性, 衰变快, 对人体不构成危害, 是安全的显像检查。PET-MRI 作为健康体检的高级手段, 能早期发现严重危害生命健康的肿瘤、心脑血管疾病, 达到有病早治的目的。

(2) 肿瘤性疾病: 一般的影像学检查 (如 CT、MRI 等) 对肿瘤的检查常缺乏特异性, 活检虽有高的灵敏性、特异性和准确性, 但系创伤性检查, 有时并不能切除到肿瘤组织。而 PET 具有极高的灵敏性、特异性及相对准确性。一般认为, PET-MRI 结合显像是评价肿瘤较可靠的无创性诊断方案。因此, PET-MRI 适用于大多数良性和恶性肿瘤的鉴别诊断、分期分级以及全身状况的评估, 治疗前后疗效评估及肿瘤原发灶的寻找和转移灶的全身监测。

头颈部解剖结构复杂、血管丰富、各类器官密集, PET-MRI 能对头颈部肿瘤准确定位, 解剖与代谢信息相互印证、优势互补, 分辨生理性浓聚和炎症, 可以准确勾画肿瘤放疗所需要的“生物靶区”, 使放疗方案更科学、更合理。

肺部孤立结节灶传统影像定性难度大, PET-MRI 鉴别肺部孤立结节灵敏度达 96%, 特异性为 80%, 阴性预测值较高, 可达 92%~96%。PET-MRI 有利于肺癌的早期诊断及分期治疗, 更多的临床意义是在指导制订治疗方案和判断预后, PET-MRI 在肺癌临床分期中的引入, 使得用传统手段分期结果发生变化, 或分期升高、或降低, 分期的改变, 治疗策略和方法也就随之调整, PET-MRI 在肺癌临床分期方面, 最多的是作为有研究价值和推广价值的纵隔淋巴结 N 分期。在判断疗效方面, 可以帮助医师判断治疗效果, 还可以作为复查手段测定有无转移和复发, 通过 PET-MRI 复查能够帮助我们发现早期的局部复发和早期的微小转移病灶, 使肺癌术后的辅助治疗更加有的放矢。

乳腺癌发生早期转移病例不乏少数, PET-MRI 能够发现一些比较小的转移灶和原发灶, 另外能够进行良性、恶性肿瘤的鉴别诊断, 还有助于在治疗之前进行正确的分期。总体来说, PET-MRI 在乳腺癌的诊断、鉴别诊断、疗效预测等方面有其独特

优势，有其合理的适用范围。

PET-MRI 对肝癌检出的敏感性较 PET-CT 明显提高。由于肝脏是一个代谢活性很高的器官，特别是肿瘤相对较小的时候，往往隐藏在高背景之下，PET 往往很难检查出来，同时由于脂肪肝、肝硬化结节的掩盖，CT 增强扫描也很难发现病灶，MRI 的抑脂系列可以清楚显示病灶，PET-MRI 融合图像较 PET-CT 明显增高。对于肝转移癌，由于癌细胞活性比较高，PET-MRI 检出率更高。

胆管癌起源于肝内胆管上皮，早期常无症状，MRI 可显示病灶，但无特异性，胆管癌 FDG PET 摄取强，多项研究表明 FDG PET 可鉴别胆管癌与良性病变，所以 PET-MRI 融合图像可精确显示胆管癌灶。

前列腺癌临床表现不多，往往在体检中发现 PSA 增高，但 CT 诊断率低，这样导致 PET-CT 前列腺癌的检出很低，笔者通过所在医院的多个病例证实，PET-MRI 检测前列腺癌灵敏度高于 PET-CT。

(3) 神经系统疾病：PET-MRI 成像是神经系统诊断领域的一次飞跃，是一种能对异常软组织进行对比，结合 MRI 的高特异性与 PET 在评估生理和代谢状态方面卓越灵敏性，其 PET 扫描+功能性 MRI+波谱学多功能成像技术，可同时进行脑组织和细胞的解剖、功能和生物化学情况进行检测和显像，开启了解各种神经系统疾患病理学和发病过程大门，对神经系统疾患的诊断和治疗具有重要意义。

2. 禁忌证

(1) 妊娠期和哺乳期妇女：原则上不建议其进行 PET-MRI 检查，因¹⁸F-FDG 药物在衰减时所产生的伽马射线可能对胎儿有一定的影响，特别是孕龄不超过 3 个月者。对于哺乳期妇女，因 FDG 可通过乳汁进入婴儿体内，进而可能产生不必要的辐射。若因诊断确需进行 PET-CT 检查，应认定检查的益处须大于对胎儿或婴儿的不良影响，并在此期间避免哺乳。

(2) 不适合做 MRI 检查的病证：如装有心脏起搏器、电子耳蜗、内置泵、神经刺激器、人工心脏金属瓣膜，疑有眼球内金属异物；动脉瘤根夹结扎术后，特别是旧式动脉瘤夹；体内有铁磁性金属植入物（不包括金属节育环和固定义齿）；需辅助仪器维持生命者。重病患者、孕妇、幽闭恐惧症是相对禁忌证。

五、PET-MRI 检查过程中注意事项

1. 检查前确定身上无金属物及金银首饰。
2. 检查过程要求身体不能有明显的移动。
3. 在检查时需要平静呼吸，部分患者需要屏气数秒（遵医嘱）。
4. 检查结束后，要在候诊室等待片刻，待负责医师对检查质量认可后，方可离开。
5. 检查后要多饮水。

六、PET-MRI 检查前的准备

1. 检查前准备示踪剂 ^{18}F -FDG。
2. 禁食 4~6 小时。
3. 注射药物前后都要尽量保持安静，尽量减少活动。注射示踪剂，需休息 40~60 分钟。
4. 部分患者尤其是糖尿病患者需要做血糖浓度测定，必要时使用胰岛素。
5. 接受心脏检查时可能需要口服葡萄糖。
6. 做全身检查前要先排尿。注意勿使尿液沾染内衣或皮肤，以免影响检查结果。
7. 不能保持平卧或不能保持不动的患者（如儿童）可能需要用镇静剂或其他措施。
8. 孕妇、情绪不稳定或急性持续性痉挛者不宜做 PET-MRI。戴心脏起搏器、神经刺激器者、胰岛素泵、人工心脏瓣膜、带有动脉瘤夹者（钛合金除外）、体内有金属假体及金属异物者可单做 PET。