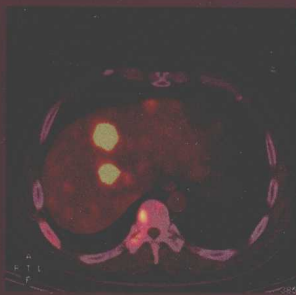
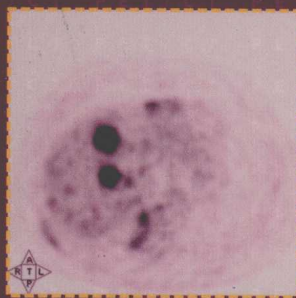
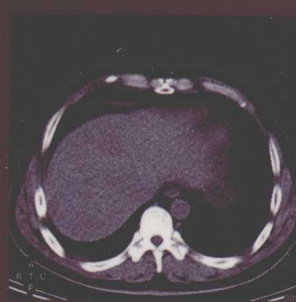
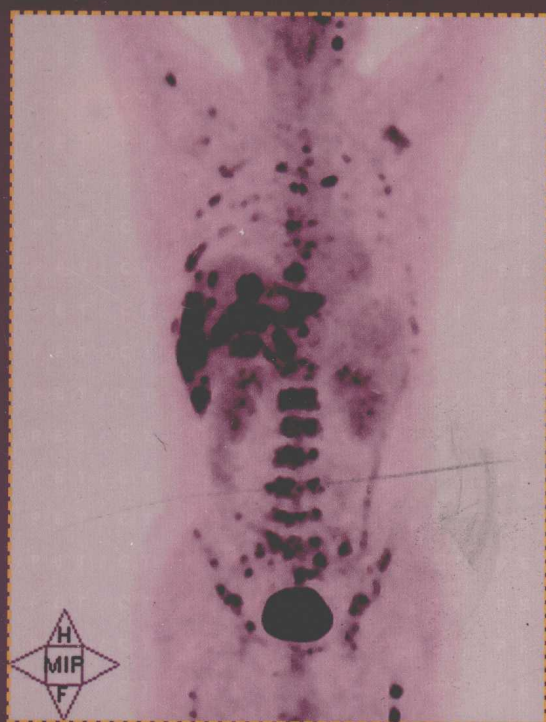


实用PET/CT 肿瘤诊断学

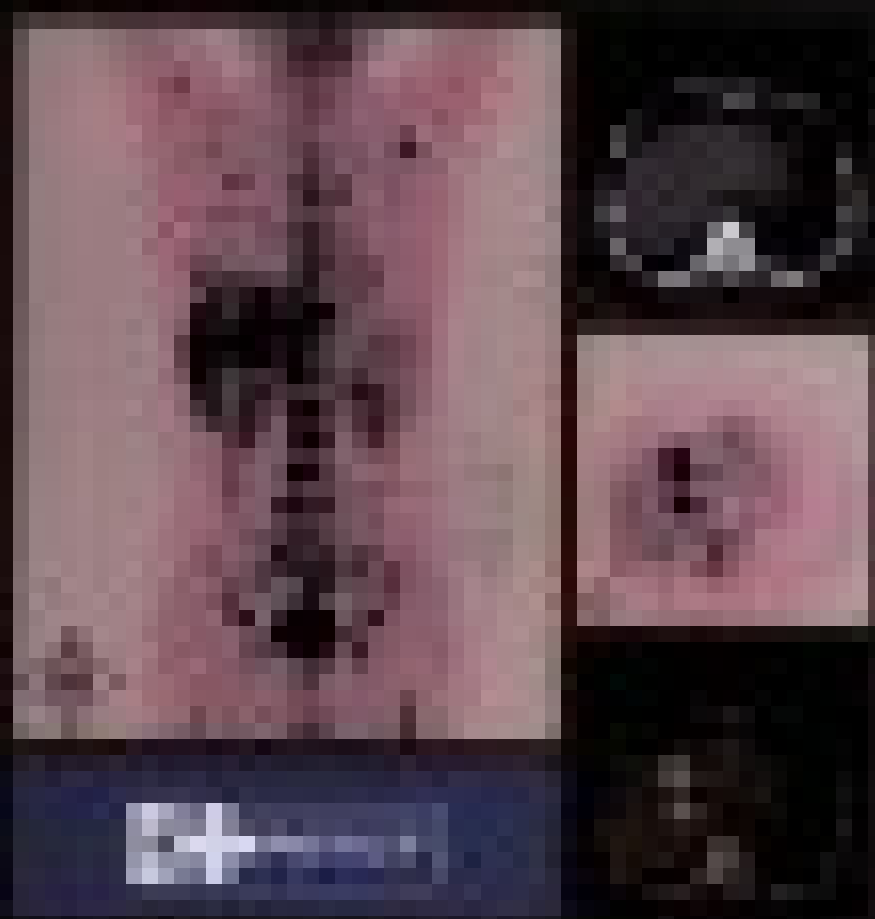
主编 / 崔新建 兰克涛



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

实用PET/CT 肿瘤诊断学

实用PET/CT肿瘤诊断学



人民卫生出版社

实用PET/CT 肿瘤诊断学



主 编 崔新建 兰克涛

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用 PET/CT 肿瘤诊断学/崔新建等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2010. 8

ISBN 978-7-117-13208-4

I. ①实… II. ①崔… III. ①肿瘤—计算机 X 线扫描
体层摄影—诊断学 IV. ①R730. 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 128423 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

实用 PET/CT 肿瘤诊断学

主 编: 崔新建 兰克涛

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: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京人卫印刷厂 (富华)

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 27

字 数: 874 千字

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13208-4/R · 13209

定 价: 178.00 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销售中心联系退换)

《实用 PET/CT 肿瘤诊断学》

编者名单

主 编：崔新建 兰克涛

副主编：房 娜 王艳丽 曾 磊
赵 军 于 华 邹 晓

编 者：(按姓氏汉语拼音字头排序)

曹庆选(青岛市海慈医院)

崔新建(青岛市中心医院)

丁 伟(青岛市中心医院)

房 娜(青岛市中心医院)

高 山(青岛市中心医院)

兰克涛(青岛市中心医疗集团)

李凤岐(山东潍坊市人民医院)

刘 震(青岛市中心医院)

刘春雷(青岛大学医学院第二附属医院)

路晓雯(山东泰山医学院)

马丽莉(青岛市中心医院)

倪宏彬(青岛市城阳第三医院)

任树华(复旦大学附属华山医院)

王 清(青岛市中心医院)

王艳丽(青岛市中心医院)

徐 静(青岛大学医学院第二附属医院)

杨 诚(青岛市肿瘤医院)

于 华(青岛大学医学院第二附属医院)

曾 磊(青岛市中心医院)

张小涛(青岛市肿瘤医院)

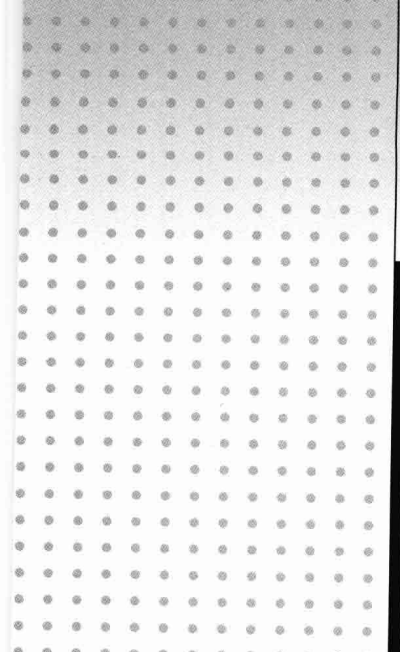
赵 军(复旦大学附属华山医院)

赵 伟(青岛市中心医院)

赵秀妹(青岛市中心医院)

赵延旭(青岛市中心医疗集团)

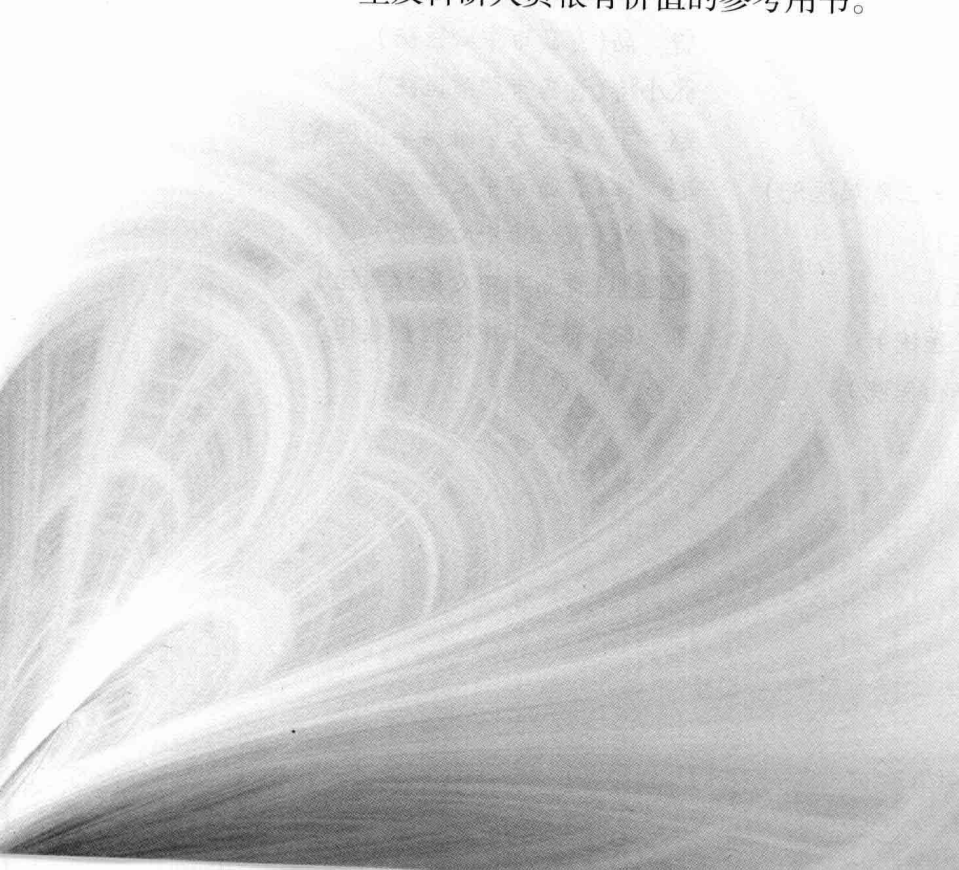
邹 晓(青岛市中心医疗集团)

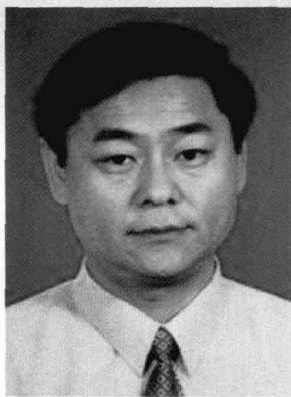


内容提要

本书是一部关于正电子发射计算机断层 / 计算机体层成像 (PET/CT) 在肿瘤的临床应用方面的影像诊断学著作。全书共14章,简要介绍了 PET/CT 的成像原理、医用回旋加速器、正电子放射性药物的生产,着重阐述了 PET/CT 在各个系统常见肿瘤中的影像表现及临床应用,以大量真实的病例资料和影像图片具体、形象地展示了各种常见肿瘤的 PET/CT 影像学特点。

本书内容全面、图文并茂、病例资料真实可靠、影像图片清晰全面,具有极强的临床应用价值和实用性,是对影像专业、核医学专业及肿瘤专业医师、研究生及科研人员很有价值的参考用书。





第一主编简介

崔新建,男,1953年5月出生,中共党员,青岛市中心医院分子影像科主任,青岛市分子影像研究中心主任,主任医师,青岛大学医学院及泰山医学院教授,硕士研究生导师,青岛市分子影像诊断特色专科学科带头人,中华医学协会会员,山东省医学影像学会理事、青岛市分子影像学会主任委员、青岛市放射学会副主任委员。青岛市劳动模范、青岛市著名好医生、青岛市卫生系统科技拔尖人才。

从事医学影像学方面(普放、CT、MRI、介入、PET/CT)医疗、教学、科研、管理工作三十多年。多次到北京、上海、天津等医院学习进修,曾被派往日本、美国接受专业技术培训与交流,专业技术全面。开展新技术三十余项,完成科研课题七项,其中三项获青岛市科技进步二、三等奖,发表论文五十余篇,撰写著作9部,获国家专利2项。



第二主编简介

兰克涛,男,1961年10月出生,中共党员,副主任医师,硕士生导师,青岛市中心医疗集团总院长、青岛市医学会常务理事、青岛市防痨协会理事长、山东省抗癌协会副理事长、青岛市抗癌协会常务副理事长、青岛市医学会急救分会副主委。从事内科医疗工作28年,主要在肿瘤、血液病、急救等疾病的诊断治疗方面做了大量工作。完成著作《神经病学实验技术》、《诊断学》等5部,发表论文《贫血患者左心功能的改变》、《73例急性心肌梗塞的急诊救治》、《植酸对大鼠直肠癌形成的抑制作用与NK细胞变化关系的探讨》等20余篇。是青岛市卫生局优秀党员、青岛市文明市民、青岛市卫生系统精神文明建设先进工作者、青岛市卫生局先进工作者。



祁吉教授

序

计算机技术进入核医学领域略晚于放射学,但近年的发展令人瞩目,单光子发射体层成像(SPECT)和正电子发射体层成像已经成了和CT、MRI等方法并驾齐驱和互相参照的“常规”医学成像方法。特别是PET/CT、PET/MRI的出现,不论传统的学科和在传统的学科中成长的专业人士主观见解如何,两类属于不同学科的技术的结合与信息的互相参照已成为既成事实。

事实上,对于传统的放射科与核医学科的医生接踵而来的挑战就是必须掌握以往可以回避的“另一学科”的知识,理解新的成像设备提供的全新的信息及合理地使用这些信息。同样,对于全体临床学科的医生也提出了在理解的基础上使用这些信息的要求。

崔新建、兰克涛教授在累积的大量临床资料的基础上撰写的这本“实用PET/CT肿瘤诊断学”既是他们经验的阶段性总结,又是在这个全新领域中的一本可以承前启后的重要的参考书,相信对从事这个交叉学科领域的专业人士及所有放射科、核医学科与其他临床学科的医师都会是一个入门的阶梯和实践中的助手。

PET/CT、PET/MRI问世时间相对较短,进一步发展的空间很大,比如在分子成像领域中的应用。作者的工作将会起到引领临床医师在新的领域中起步并向更高境界发展的独特的作用。

愿此书有簪读者。

中华医学会放射学分会前任主任委员

中华放射学杂志名誉总编辑

国际医学放射学杂志主编

天津市影像医学研究所所长

欧洲放射学会(ESR)荣誉会员

芬兰放射学会荣誉会员

天津医科大学第一中心临床学院放射科

教授 主任医师 博士研究生导师

2010-4-21



黄 钢 教授

序 二

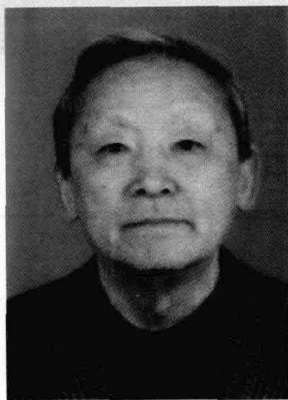
自19世纪末伦琴发现X线后,诞生了以解剖结构和形态学为基础的医学影像学。以解剖结构和形态学为基础的医学影像学在100多年的发展过程中为疾病诊断、治疗方案制订、治疗效果评价和疾病预后判断等方面作出了不可替代的贡献,并已经成为临床常规工作的重要组成部分。然而,随着分子生物学的进步,人们从细胞分子和基因水平上了解了人体生理与病理的变化过程,揭示了疾病的发生、发展与转归的规律特征,并期望能通过影像学客观显示活体的分子生物学表现,由此应运而生了一门崭新的医学影像学——分子影像学。

分子影像学已成为新世纪医学研究的主流,分子影像学使影像医学从对传统解剖、生理功能的研究,深入到分子水平的成像,探索疾病的分子水平变化,推动了影像医学向更高与更深层次发展。PET/CT是分子影像学最为成熟的影像技术之一,大大提高了临床疾病尤其是肿瘤诊断的准确性、临床分期的有效性、疗效判断的及时性,为临床决策的制订提供了科学而不可或缺的依据,其临床应用价值已得到临床越来越广泛的认可。

随着我国PET/CT中心的不断发展,临床应用的范围不断扩大,各个PET/CT中心都积累了丰富的临床经验并取得了丰硕的科研成果,需要将临床工作经验及心得体会积极与众多PET/CT工作者分享,这在促进PET/CT的合理使用及恰当解释结果中无疑会产生积极作用。崔新建教授于2009年成立青岛市分子影像研究中心并任青岛市分子影像学会主任委员,日前他领导的团队编写的《实用PET/CT肿瘤诊断学》以实用为基础,紧密结合临床的需求及PET/CT应用中的实际问题,对PET/CT在各系统肿瘤中的临床应用进行了详细阐述,内容丰富,深入浅出,贴近读者。本书图文并茂,系统而有特色,既是专著又是图谱,是PET/CT从业人员及有关科研人员的重要参考图书,对临床医师,尤其是肿瘤相关专业临床医师都有重要的价值。相信这部著作的出版必将为PET/CT在临床应用的发展起到一定的促进作用,为影像医师、临床医师以及相关科研工作者提供有益的参考。

上海交通大学医学院副院长
上海交通大学医学院临床核医学研究所所长
中华医学会核医学分会第八届候任主任委员
上海医学会核医学分会主任委员
中华核医学杂志副主编
教授、主任医师、博士研究生导师

2010-5-3



曹来宾 教授

序 三

随着医学影像技术的飞速发展,分子成像与功能显像成为新世纪研究的主流。以正电子技术为代表的 PET 及 PET/CT 显像是分子影像学最为成熟的影像技术之一,在多种威胁人类生命的重大疾病,尤其是恶性肿瘤的诊断、鉴别诊断、治疗计划制订、疗效监测、预后评价等方面发挥了重要作用。

随着 PET/CT 临床应用日渐增多并获得了广大影像学工作者和临床医师的充分认可,需要将临床工作经验及心得体会积极与众多 PET/CT 工作者分享,这在促进 PET/CT 的合理使用及恰当解释结果中无疑会产生积极作用。《实用 PET/CT 肿瘤诊断学》以实用为基础,密切结合临床的需求及 PET/CT 应用中的实际问题,对 PET/CT 在肿瘤中的临床应用进行了详细阐述,内容丰富,贴近读者。

本书共14章,附有千余幅清晰图像。相信这部著作的出版将会对肿瘤的诊治及科研起到积极作用。

青岛大学医学院放射学教授
中华医学会放射学分会前委员
中华放射学会骨放射学组前委员
教授 主任医师 硕士研究生导师

曹来宾

2010-5-6

前言



PET/CT 在2001年应用于临床之后即发挥出了巨大的作用,尤其在肿瘤的早期诊断、良性与恶性肿瘤的鉴别诊断、恶性肿瘤的准确分期、恶性肿瘤的疗效评价及恶性肿瘤的生物靶区三维适形调强放疗方面的作用是其他检查方法不可替代的。

作者崔新建教授于70年代从事普通 X 线放射诊断,80年代从事 CT 诊断,90年代从事 MRI 与介入诊断治疗,2006年从事 PET/CT 诊断工作,随着医学影像学的不断发展与进步,每一次工作的变化都成为自己尽快地学习、掌握新知识与新技术的机会,2007年作者所在的青岛市中心医院有幸成为国内第58家 PET/CT、回旋加速器的持有者。现已完成受检者四千余例,一些经过手术、病理证实了的典型、少见病例作者乐意提供给同仁们共享。内容丰富而实用的专业技术书是专业人员的挚爱,鉴于目前国内有关 PET/CT 的专著较少,在前辈与业内专家的鼓励支持下,作者以自己的资料为主,同时搜集了国内外相关资料、文献,撰写了《实用 PET/CT 肿瘤诊断学》。本书共分14章,阐述了各系统常见肿瘤的临床表现、常规影像学检查、PET/CT 表现及临床应用,本书共收录病例290余例。在本书的编写过程中得到了诸多专家的大力支持与指导,值此对各位作者加班加点的辛苦劳作表示深深的致谢!笔者从医数十年来,得到了众多老师、专家、同仁及各级领导的教导、支持与栽培,在此一并致谢!在编写过程中尽管我们作出了很大努力,因限于作者水平,错误在所难免,祈请多加指正。

崔新建 刘光涛

.....	76
.....	81
.....	86
.....	86
.....	113
.....	122
.....	132
.....	135
.....	141
.....	141
.....	165
.....	188

第四节	结直肠癌	205
第五节	肾癌	226
第六章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在盆腔肿瘤中的应用	240
第一节	膀胱癌	240
第二节	卵巢癌	246
第三节	宫颈癌	261
第四节	子宫内膜癌	271
第五节	前列腺癌	281
第六节	睾丸肿瘤	290
第七章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在淋巴瘤中的应用	295
第一节	概述	295
第二节	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在淋巴瘤中的临床应用	298
第八章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在骨及软组织肿瘤中的应用	328
第一节	概述	328
第二节	常规影像学检查	331
第三节	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在骨及软组织肿瘤中的临床应用	332
第九章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在恶性黑色素瘤中的应用	354
第一节	概述	354
第二节	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在恶性黑色素瘤中的临床应用	356
第十章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在重复癌中的应用	362
第十一章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在寻找转移瘤原发灶中的应用	369
第一节	概述	369
第二节	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在CUP中的临床应用	372
第十二章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在肿瘤精确放射治疗中的应用	393
第一节	概述	393
第二节	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在肿瘤精确放射治疗中的应用	394
第十三章	¹⁸ F-FDG PET/CT显像在肿瘤筛查中的应用	398
第十四章	¹⁸ F-FDG以外的肿瘤PET/CT显像	406
第一节	¹⁸ F-FLT PET/CT显像	406
第二节	¹¹ C-胆碱和 ¹⁸ F-胆碱PET/CT显像	409
第三节	Na ¹⁸ F骨显像	412
第四节	¹¹ C-蛋氨酸 PET/CT显像	413
第五节	¹¹ C-乙酸盐和 ¹⁸ F-氟代乙酸盐PET/CT显像	415

列也在不断完善和发展之中。

在 PET/CT 的带动下,小动物 PET 及 PET/CT 陆续投入使用, PET/MRI 原型机也进入试用,设备的发展为分子影像学和临床医学提供了广阔的平台。

第二节 PET/CT 成像原理

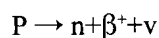
PET/CT 是把 PET 和 CT 排列在同一扫描轴上,共用同一机架、一张扫描床及一个图像处理工作站,一次检查可以同时完成两种扫描,实现 PET 图像与 CT 图像的同机融合,并利用 CT 的高精度和高速度成像对 PET 图像做衰减校正。PET/CT 一次检查可完成全身的 CT 及 PET 检查,集中了断层显像和全身显像的优点,可获得冠状面、矢状面、横断面三个方向的全身断层图像;PET/CT 完成一次检查的时间远远低于传统的 PET 检查;PET 图像和 CT 图像的信息可以互相参考,互为印证,产生 1+1>2 的效应;PET 弥补了 CT 定性困难的缺陷,并易于发现全身转移病变,CT 弥补了 PET 定位不精确及因生理性摄取造成假阳性的缺陷,并有助于发现不摄取放射性核素的病变。

一、PET 的工作原理^[1,2]

将发射正电子的核素,即正电子核素引入体内,所发射的正电子与组织中的电子发生湮灭辐射形成的光子对发射至体外,由 PET 的成对符合探测器同时探测并记录信号,经过计算机重建而形成断层图像,来显示正电子核素在体内的分布情况,称为正电子显像,即 PET 显像。

(一) PET 的显像原理

1. 湮灭辐射 正电子放射性核素通常为富质子核素,它们进行 β^+ 衰变时会发射带正电荷的电子(β^+),即正电子,其质量与带负电子的自由电子相同(表1-1)。



其中 P 为质子, n 为中子, β^+ 为正电子, ν 为中微子。

表1-1 常用正电子放射性核素的物理特性

放射性核素	半衰期(分钟)	最大正电子能量 (MeV)	最大射程(mm)	平均射程(mm)
^{11}C	20.3	0.96	5.0	0.28
^{13}N	10.0	1.19	5.4	0.60
^{15}O	2.0	1.70	8.2	1.10
^{18}F	109.8	0.64	2.4	0.22
^{68}Ga	67.8	1.89	9.1	1.35
^{82}Rb	1.3	3.35	15.6	2.60

正电子是一种反物质,在介质中仅运行较短的距离(1mm左右),即与邻近的自由电子结合而消失,其质量转化为一对能量相等(511keV)、方向相反的 γ 光子,这一过程称为湮灭辐射(图1-1)。

2. 符合探测原理 符合探测技术能在符合电路的时间分辨范围内,检测同时发生的放射性事件,进行正电子的示踪成像。只有在规定的时间内被互为 180° 的晶体捕获的两个光子才能称为一个符合事件,符合事

件包含三种情况(图1-2):①真符合:即晶体捕获的是一对真正的同时发生的 γ 光子;②随机符合:在时间窗或分辨时间内,不是同时发生或不是来自同一位置的两个 γ 光子被记录;③散射符合: γ 光子在飞行期间因发生康普顿散射而改变运动方向,没有进入本该被探测到的探测器内,而是与其他飞行的 γ 光子同时进入两个相对的探测器中。真符合事件是构成PET图像所需的 γ 光子,而随机符合与散射符合都和噪声一样,会降低图像的分辨率和对比度,影响图像质量。真符合事件越多,PET图像质量越好。

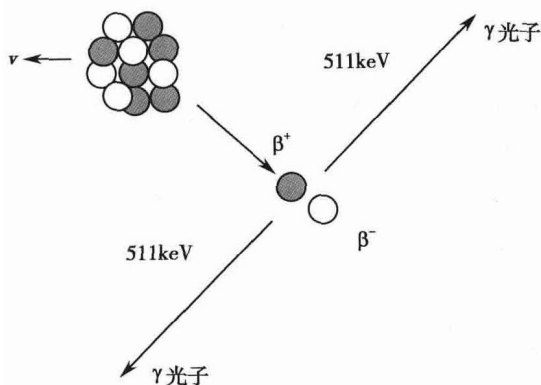


图1-1 正电子湮灭辐射

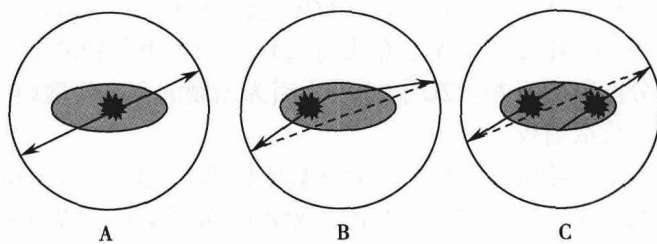


图1-2 PET探测中的符合事件类型
A为真符合;B为散射符合;C为随机符合

3. 电子准直 正电子湮灭作用产生的 γ 光子对同时击中对称位置的探测器对时,单侧探测器接收到 γ 光子后产生相应的一个定时脉冲,该脉冲输入符合线路进行符合甄别,挑选真符合事件并记录。符合线路设置了一个时间常数很小的时间窗(通常 ≤ 15 纳秒),同时落入时间窗的定时脉冲被认定为是同一个正电子湮灭事件中产生的 γ 光子对,从而被符合电路记录。 γ 光子对只有同时在探测器对的视野立体角内才能被探测到。这种利用湮灭辐射特点和两个探测器对输出脉冲的符合来确定闪烁事件位置的方法为电子准直。

电子准直是正电子符合成像的一大特点,它废弃了沉重的铅准直器、改善了图像的灵敏度和均匀性,提高了探测效率,避免了准直器对分辨率及均匀性的影响。

4. 死时间 晶体捕获到体内的 γ 光子后,在晶体内部产生光输出,该输出被光电倍增管接受并放大、数字化处理,这样一次符合事件的能量和空间位置信息被记录、处理的过程所需要的时间称为死时间。这段时间探测系统将不能接收新的 γ 光子计数,也就是会使这期间的数据丢失。死时间越短,图像质量越好。

5. 扫描方式 PET显像一般分为2D和3D两种扫描方式。2D模式指探测环与环之间的隔栅伸出,符合仅发生在相对的探测器的空间内;而3D模式探测环与环之间没有隔栅阻挡。因此2D模式的散射符合远低于3D模式,但也有可能丢失部分符合事件而导致灵敏度下降;3D模式灵敏度高,但由于散射符合的增多会降低图像质量。

6. 数据校正 PET在数据采集过程中,不可避免的受到很多物理因素的影响,为保证图像重建的质量和定量分析的精确度,必须进行数据校正。

(1)探测器归一化:也称探测器灵敏度校正。探测效率的不均匀性是由于组成探测系统的各个探测器接受同样强度的辐射时产生的计数率不同引起的,探测器的灵敏度与探测器的性能差异和几何结构(尺寸、形状)有关,对这些造成探测灵敏度差异的因素进行校正的过程称为探测器归一化校正。

如果探测器接受同一强度的辐射,各符合线上的计数反映了探测效率,所有符合线计数的平均值与该符合线的计数值之比即为各对探测器的归一化因子。定期用旋转线源或均匀的柱源测试系统探测的不均匀性,并将测试结果转换成校正系数图进行校正。

(2)放射性核素衰变校正:由于放射性核素存在自然衰变,因此需要进行衰变校正。

衰变校正系数为 $D = \exp(t \cdot \ln 2 / T_{1/2})$