



主编 石洪成

SPECT/诊断CT

操作规范与临床应用

Procedure Guideline and Clinical Application of
Hybrid SPECT/Diagnostic CT

SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用

Procedure Guideline and Clinical Application of
Hybrid SPECT/Diagnostic CT

主编 石洪成

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用/石洪成主编.

—上海:上海科学技术出版社,2015.8

ISBN 978-7-5478-2700-0

I. ①S… II. ①石… III. ①计算机 X 线扫描体层摄影—影象诊断 IV. ①R814.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 140995 号

上海市卫生系统先进适宜技术推广项目(编号:2013SY008)

SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用

主编 石洪成

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13

字数 250 千字

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2700-0/R·938

定价:98.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,请向工厂联系调换

ABSTRACT

内容提要

本书是复旦大学附属中山医院核医学科经过 7 年多的临床实践,对近 4 万例临床病例的总结,是首部系统介绍 SPECT/诊断 CT 的基本技能、操作规范及临床应用的专著。该书共分为两篇十六章。上篇是基础篇,详细介绍了如何在临床实践中用好 SPECT/诊断 CT,如何使其成为临床医师手中的得力工具;阐述了 SPECT/诊断 CT 的优势和不足,以及在实践中如何扬长避短,把握适应证的选择;介绍了如何分析 SPECT/诊断 CT 图像、撰写诊断报告,以及技术规范等。下篇以大量、详实的病例,详细介绍了 SPECT/诊断 CT 在骨骼系统、内分泌系统、呼吸系统、泌尿系统等疾病诊断及放射性¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌疗效评价、放射性¹²⁵I 植入术后评价等方面的应用。附录展示了作者所在单位建立的与 SPECT/诊断 CT 临床应用相关的部分检查项目的操作流程,为读者更好地开展核医学工作提供参考;提供了部分国际原子能机构关于核医学诊断与治疗辐射安全性方面的指导意见,以协助读者正确认识、理解和使用临床核医学。

主 编

石洪成

副主编

张一秋 陈曙光 顾宇参

编 者

(按姓氏笔画排序)

尹红燕	石洪成	邬鹏跃
刘思为	余浩军	宋骏逸
张 洁	张一秋	陈曙光
庞丽芳	胡鹏程	修 雁
侯晓广	顾宇参	顾涛颖
蔡 良	谭 辉	

主编简介

石洪成, 博士, 主任医师, 博士生导师
复旦大学附属中山医院核医学科主任
复旦大学核医学研究所所长
上海市影像医学研究所副所长

兼任中华医学会核医学分会常委、肿瘤学组组长; 中国医师协会核医学医师分会常委; 中华医学会心血管病分会心血管病影像学组委员; 上海市医学会核医学分会副主任委员等职。还兼任《中华核医学与分子影像杂志》常务编委,《国际放射医学与核医学》和《中国临床医学杂志》等多部杂志编委,《中华生物医学杂志》和《中华心血管病杂志》等多部杂志的通讯编委或审稿专家。以第一作者或者通信作者发表论文 70 余篇, 其中 SCI 收录论文 20 余篇。参与编写教材或者论著 20 余部, 担任《心脏核医学》主编、《实用核医学》副主编、《人类行为的脑影像学 SPECT 图谱》主译。承担国家自然科学基金资助项目、省部级课题、局级科等各种科研课题多项。

长期工作在医疗、教学和科研的一线。曾从事 X 线、CT 和 MRI 影像诊断工作 12 年, 从事核医学影像诊断与放射性核素治疗工作 14 年。通过多年的临床实践, 结合教学和临床科研所需, 对 SPECT/CT、PET/CT 等融合影像检查技术具有较为深入的认识和理解, 并从复合影像、融合图像角度凝练出诸多感悟。



序 一

随着现代医学影像诊断技术的进步,核医学影像正逐步由单一影像模式向融合影像模式转化和发展,PET/CT 和 SPECT/CT 正逐渐成为核医学的主流影像诊断设备,PET/MRI 也即将在临床得以推广使用。如何用好多模态影像设备,充分发挥其效能,更好地服务于病人,这是目前核医学工作者在学科建设和临床工作中所面临的挑战!

我国资深的核医学专家石洪成教授以其特有的从事放射诊断工作和核医学临床实践各 10 余年的丰富经历,通过对已经完成的近 4 万例 SPECT/CT 融合影像检查病例的切身体验和感悟,编写了《SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用》一书,该书归纳总结出 SPECT/诊断 CT 既与核医学和诊断 CT 密切相关,又与二者明显不同,并将 SPECT/诊断 CT 作为一个整体进行了系统、详细的介绍。

全书共分为两篇,上篇是基本技能与操作规范篇,简要介绍了 SPECT/CT 的发展历史、现状和未来的发展趋势;客观地分析了 SPECT/诊断 CT 的优势、不足和解决方案,详细介绍了 SPECT/诊断 CT 的适应证选择、影像分析和报告书写等方面的基本技能以及技术规范。同时还介绍了如何在临床实践中构建核医学科医师、技术人员和临床医师间的协调关系,最大程度地发挥 SPECT/诊断 CT 效能。下篇为 SPECT/诊断 CT 的临床应用篇,该篇以大量详实、经病理检查证实的临床病例为素材,深入浅出地分析了 SPECT/诊断 CT 在诸多疾病诊治中所发挥的独特优势,具有很好的启发性和可借鉴性。另外还有附录篇,首先给读者展示了编者单位在临床实践中应用的“核医学检查操作流程单”,具有细节和可操作性,体现了非常好的借鉴价值;之后,该书提供了国际原子能机构对于放射性核素检查和治疗辐射防护的指导文献的部分内容,帮助读者更好地理解和使用临床核医学。

该书是国内首部基于临床实践基础上凝练、总结出的 SPECT/诊断 CT 临床应用的专著,也是目前国际上第一部系统、全面介绍 SPECT/诊断 CT 的基本技能和操作规范以及临床应用方面的专著。该书内容丰富,富有内涵,注重细节,具有很好的可读性和可操作性,对于临床实践具有重要的指导意义。该书的出版发行,对于提升 SPECT/诊断 CT 临床应用,促进我国核医学显像技术和诊断水平的现状具有重要的意义。

李亚明 教授

中华医学会核医学分会主任委员

2015 年 6 月

PET/CT、PET/MRI 和 SPECT/CT 等高新融合影像设备,正逐渐在临床普及应用,其在疾病诊治中所发挥的作用已经得到普遍认可。其中配备有诊断 CT 的 SPECT/CT 普及率最高,已经成为国内核医学科的主流设备,目前全国装机量超过 300 余台,并仍在快速增加。设备的进步给核医学的发展带来了新的机遇,如何使用好这种新的融合影像设备、更好地服务于临床和病人,是核医学工作者面临的新挑战。针对 SPECT/诊断 CT 的临床应用,目前尚无理论教材及系统阐述的参考书,这是全球核医学人所面临的困境。

石洪成教授所带领的复旦大学附属中山医院核医学科团队,通过 7 年的临床应用,完成了近 4 万例的 SPECT/诊断 CT 融合影像检查病例,通过不断地归纳和总结,发表了相关学术论文 30 余篇,连续多年举办具有特色的国家级继续教育学习班“SPECT/诊断 CT 临床应用与技能”,成为国内规范使用 SPECT/诊断 CT 的示范单位。从点滴经验升华到新的理论,在石洪成教授主编的《SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用》一书中得以体现。该书首先系统介绍了核医学医师使用 SPECT/诊断 CT 应该必备的基本技能,包括如何分析 SPECT/诊断 CT 图像、如何撰写诊断报告、如何把握适应证的选择并与临床医师达成共识,以及技术人员的操作规范等。之后,又以大量经病理检查证实的病例,详细阐述了 SPECT/诊断 CT 在不同系统疾病诊治中的独特应用价值,以及与其他影像对比所具有的优势,深入阐述了病例分析的要点。最后,该书展示了编者在临床工作中使用的部分“核医学检查操作流程单”,该流程单内容丰富、项目详尽、细节清晰,检查过程中各个环节相互依托、彼此验证,具有明确的实用性,体现了良好的团队合作,为高质量地完成检查提供了保障。

该书虽然是中山医院核医学科团队独立完成,但是涵盖的内容丰富且具有深度和广度。该书的最大亮点在于率先撰写了具有指导意义和可操作性的 SPECT/诊断 CT 的基本技能与操作规范,对行业的健康发展起到了促进作用;该书最为难得的是有诸多经病理检查证实的临床病例,尤其是应用最为广泛的骨骼系统病例,为提高认识、准确诊断提供了高质量的教学素材。总之,作为核医学业界首部 SPECT/诊断 CT 专著的出版,必将对我国核医学事业的发展起到很好的促进作用。

黄钢 教授

亚洲核医学院院长

中华医学会核医学分会前主任委员

2015 年 6 月

序 三

近年来,我国核医学事业有了长足的发展,而仪器设备的更新换代,对促进学科的发展起到了重要作用。众所周知,最近几年我国 PET/CT 的数量在快速增长,目前已近 200 台,同时,SPECT/CT 增长数量更加明显,目前配备有诊断 CT 的 SPECT/诊断 CT 已经成为国内核医学学科的主流显像设备,截止到 2014 年底在全国已经安装 300 台。但是,在实际临床工作中,由于经验不足,又无参考书目,如同目前流行的智能手机一样,SPECT/诊断 CT 诸多的优势功能并没有得到充分的发挥和使用。美国核医学与分子影像学会在 2006 年制定了“SPECT/CT 影像操作指南”,也是目前国际上唯一的相关指南,但该指南只是指导性、简要地介绍了 SPECT/CT 可应用的领域,既无可借鉴的操作细节,也无图像分析的流程和诊断标准。

复旦大学中山医院核医学科应用配备有诊断 CT 的 SPECT/诊断 CT 已有 7 年之久,在石洪成主任的带领下,已完成 SPECT/诊断 CT 融合图像检查近 4 万例次,国内外发表论文近 30 篇,连续多年举办了国家级继续教育项目,在积累了丰富临床经验的基础上,石洪成教授主编了《SPECT/诊断 CT 操作规范与临床应用》。全书共十八章,涵盖 SPECT/CT 的发展简史、临床应用现状、适应证的选择、操作流程和规范、质量控制、图像分析和报告的书写,以及 SPECT/CT 的优势、不足和解决对策等,同时有许多详实的病例分析和解读,书中还指出了核医学医生和临床医生以及技术人员和患者之间相互沟通、协调的意义和重要性,全书涵盖了 SPECT/诊断 CT 临床应用的方方面面。该书既是国内关于 SPECT/诊断 CT 临床应用的第一部专著,也可以说是国际上第一部对 SPECT/CT 临床应用进行全面详细介绍、解读的专著。该书的出版,对我国核医学工作的发展将会起到积极的推动作用,是对我国核医学事业的重要贡献。

李思进 教授

中华医学会核医学分会候任主任委员

2015 年 6 月

配备有诊断 CT 的 SPECT/CT 应用于临床, 可谓是核医学发展史上的又一个里程碑, 也是继 PET/CT 之后, 影像检查技术从单一影像步入到融合影像的又一次成功跨越, 为核医学发展带来了新的机遇, 也带来了诸多挑战。如何应用这些复合型设备, 目前唯一可以借鉴的参考就是 2006 年美国核医学会制定的 SPECT/CT 操作指南, 但该指南只是提供了一个纲领性文件, 既无具体适应证的选择, 也无操作条件的建立。

笔者从事包括 X 线诊断、CT 和 MRI 在内的放射诊断工作 12 年, 从事核医学功能影像诊断和治疗工作 14 年, 应用配备有诊断 CT 的 SPECT/CT 已有 7 年之久, 所在的团队已完成 SPECT/CT 融合图像检查近 4 万例次。个人的体会是: SPECT/CT 是在对核医学平面显像进行分析的基础上, 与临床信息进行综合分析后有选择性地对 SPECT 和诊断 CT 检查, 通过二者间的优势互补和相互验证, 获得对疾病诊断和评价的信息。其既与核医学和诊断 CT 密切相关, 又与二者具有很大区别。用好这样的设备, 仅仅具有核医学知识或者是 CT 知识是不够的, 目前国内数百台设备总体上使用状况欠佳就已经充分暴露出这样的问题。那么是不是同时具有核医学和诊断 CT 的理论知识就可以把 SPECT/CT 使用好呢? 事实并非如此。熟悉核医学功能影像与诊断 CT 解剖影像的共同点和差异, 以及二者间的互补性, 并能够充分结合临床所需适时选用该项检查技术, 从病理或者疾病发生机制等方面对解剖与功能影像所见做深入的分析并给出合理的解释, 才是充分发挥其优势的硬道理。

笔者所带领的团队在对已完成的近 4 万例次临床病例的分析、归纳总结、学习和提高的过程中, 发表 SPECT/诊断 CT 相关的学术论文近 30 篇, 其中 SCI 收录论文 10 余篇。还成功申请了上海市卫生和计划生育委员会的新技术准入, 并获得了上海市发展与改革委员会的专项收费许可。期间举办了 6 次国家级继续教育学习班, 在普及和传播知识的同时, 也了解了普遍存在的问题, 以及要解决问题的方法。多年来一直希望出版这部专著, 为核医学事业的发展贡献一份微薄之力。但由于水平有限, 虽然已多次修改和完善, 还是难以令自己满意, 所以拖延至今。一个人的学识和能力是有限的, 希望今后在国内同行和专家的指导下继续完善和提高。

该书作者均为复旦大学附属中山医院核医学科团队成员。虽然具有鲜明的医院特色, 但是也难免具有一定的局限。我们知道国内一些医院应用 SPECT/诊断 CT 所开展的工作很有特色, 很多同行和专家具有非常好的诊断水平, 积累了丰富经验。我们斗胆首先出版系统介绍

SPECT/诊断 CT 基本技能与临床应用方面的专著,希望能够得到同行的批评指正,使得我们团队能够在学习中不断进步。同时也希望该书的出版能够起到抛砖引玉的作用,将来此领域有更多高质量书籍出版,以共同促进核医学事业的繁荣和发展。

笔者承担的“SPECT/CT 融合图像的临床应用”课题获得了“上海市卫生系统先进适宜技术推广项目”资助(项目号:2013SY008),该项目对本书的出版起到了促进作用并提供了资金支持。也衷心感谢多年来在各种学术活动中结识的各位老师和朋友,你们的鼓励使我们将多年的实践经验凝练成这部专著。

石洪成

2015年6月

上篇 基本技能与操作规范

第一章 绪论 / 2

第一节 SPECT/CT的发展简史与展望 / 2

第二节 SPECT/CT临床应用的现状 / 4

第三节 如何使用好 SPECT/CT / 5

第四节 如何让临床医师了解并使用 SPECT/CT / 11

第二章 SPECT/CT的优势、不足与对策 / 12

第一节 SPECT/CT的优势 / 12

第二节 SPECT/CT的不足与对策 / 17

第三章 SPECT/CT的适应证选择 / 23

第一节 推荐常规进行 SPECT/CT 检查的项目 / 23

第二节 推荐选择性地进行 SPECT/CT 检查的项目 / 25

第四章 SPECT/CT融合图像分析与解读 / 27

第一节 核医学平面影像分析与解读 / 27

第二节 SPECT/CT影像分析 / 29

第三节 SPECT/CT影像解读 / 30

第五章 SPECT/CT融合图像诊断报告的撰写 / 31

第一节 诊断报告的基本信息 / 31

第二节 诊断报告的内容 / 32

第三节 插图的选择与布局 / 34

第六章 SPECT/CT的技术操作规范 / 37

第一节 骨骼系统显像技术操作规范 / 37

第二节 肺通气及肺灌注显像技术操作规范 / 40

- 第三节 肾动态显像测定 GFR 操作规范 / 42
- 第四节 甲状旁腺显像技术操作规范 / 44
- 第五节 分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗后显像技术操作规范 / 47
- 第六节 心肌灌注显像技术操作规范 / 49
- 第七节 ¹²⁵I 粒子显像技术操作规范 / 51

下篇 临床应用

第七章 SPECT/CT 在骨骼系统疾病诊治中的应用 / 56

- 第一节 骨平面显像技术要点 / 57
- 第二节 SPECT/CT 在肿瘤骨转移诊断中的应用 / 57
- 第三节 SPECT/CT 在肿瘤骨转移动态观察与疗效评价中的应用 / 73
- 第四节 SPECT/CT 在原发性骨肿瘤诊断与疗效评价中的应用 / 78
- 第五节 SPECT/CT 在骨关节良性病变诊断与评价中的应用 / 82
- 第六节 SPECT/CT 在骨骼其他疾病诊治中的应用 / 87
- 第七节 SPECT/CT 在骨痛病因诊断中的应用 / 89

第八章 SPECT/CT 在呼吸系统疾病诊治中的应用 / 97

- 第一节 肺通气/灌注显像的技术要点 / 97
- 第二节 SPECT/CT 在肺动脉栓塞症诊断中的应用 / 99
- 第三节 SPECT/CT 在肺功能相关疾病诊治中的应用 / 106

第九章 SPECT/CT 在泌尿系统疾病诊断中的应用 / 113

- 第一节 泌尿系统常用显像方法要点 / 113
- 第二节 SPECT/CT 在 GFR 检测中的应用 / 114
- 第三节 SPECT/CT 在肾静态显像中的应用 / 119

第十章 SPECT/CT 在内分泌系统疾病诊断中的应用 / 122

- 第一节 内分泌系统核医学显像的技术要点 / 122
- 第二节 SPECT/CT 在甲状腺疾病诊断中的应用 / 123
- 第三节 SPECT/CT 在甲状旁腺疾病诊断中的应用 / 128

第十一章 SPECT/CT 在分化型甲状腺癌¹³¹I 治疗中的应用 / 133

- 第一节 ¹³¹I 治疗甲状腺转移灶的流程 / 133
- 第二节 SPECT/CT 在甲状腺癌患者¹³¹I 治疗前评价中的增益价值 / 134

第三节	SPECT/CT 在 ¹³¹ I 治疗过程中对病灶辨析的增益价值 / 135
第四节	SPECT/CT 在病灶辐射吸收剂量估算中的增益价值 / 142
第十二章	SPECT/CT 在心血管系统疾病诊断中的应用 / 143
第一节	心肌灌注显像的技术要点 / 143
第二节	CT 衰减校正的增益价值 / 144
第三节	CT 钙化积分对心肌缺血诊断的增益价值 / 145
第四节	MPI 与 CT 冠状动脉血管成像融合图像的应用价值 / 147
第十三章	SPECT/CT 在¹²⁵I 粒子介入治疗中的应用 / 152
第一节	¹²⁵ I 显像的参数选择 / 152
第二节	SPECT/CT 显像在 ¹²⁵ I 植入术后评价中的临床应用 / 153
第十四章	SPECT/CT 在神经内分泌肿瘤诊断中的应用 / 161
第一节	SPECT/CT 在 ¹³¹ I(¹²³ I)-MIBG 显像中的应用 / 162
第二节	SPECT/CT 在生长抑素受体显像中的应用 / 163
第十五章	SPECT/CT 在前哨淋巴结探测中的应用 / 166
第一节	前哨淋巴结的概念及探测的意义 / 166
第二节	前哨淋巴结检测原理及方法 / 166
第三节	SPECT/CT 显像在探测肿瘤前哨淋巴结中的价值 / 168
第十六章	SPECT/CT 在其他方面的应用 / 173
第一节	SPECT/CT 在股骨头半定量分析中的应用 / 173
第二节	SPECT/CT 在移植骨活性评价方面的应用 / 174
第三节	SPECT/CT 在消化道出血显像中的应用 / 176
第四节	SPECT/CT 在脑血流灌注显像中的应用 / 178

附 录

附录 1 单光子显像操作流程单 / 182

附录 2 国际原子能机构对于放射性核素检查和治疗辐射防护的指导 / 190

后记 / 194

上篇

基本技能与操作规范

- 第一章 绪论 / 2
- 第二章 SPECT/CT 的优势、不足与对策 / 12
- 第三章 SPECT/CT 的适应证选择 / 23
- 第四章 SPECT/CT 融合图像分析与解读 / 27
- 第五章 SPECT/CT 融合图像诊断报告的撰写 / 31
- 第六章 SPECT/CT 的技术操作规范 / 37

第一章 绪 论

随着 PET/CT 和 SPECT/CT 等融合影像技术的日渐成熟, PET/MRI 检查技术的不断完善, 使医学影像检查技术步入到融合影像技术的新时代。借助于融合影像中的解剖影像, 使核医学功能影像的诊断价值得到了有效提升; 通过解剖影像与功能影像的优势互补, 使融合影像的诊断效能有了明显提高。与 PET/CT 和 PET/MRI 等正电子显像不同, SPECT/CT 是以单光子显像为特征, 具有普及率高、适用范围广等特点, 是医疗实践中的一线影像学检查方法。

第一节 SPECT/CT 的发展简史与展望

1957 年 Hal Oscar Anger (1920 年 5 月 20 日—2005 年 10 月 31 日) 发明了 γ 照相机, 开启了核医学影像诊断之先河, 创立了核医学发展史上的又一个里程碑。20 世纪 60 年代, 单光子发射型计算机断层成像 (single photon emission computed tomography, SPECT) 的面世, 使核医学步入到了断层影像时代, 实现了在平面显像的基础上, 有选择性地进行局部 SPECT 图像采集, 进而获得相应部位的三维图像信息。与平面显像相比, SPECT 图像明显地提升了核医学影像诊断的敏感度。例如, 能够发现与毗邻组织间对比差异并不十分明显的放射性聚集灶。同时, SPECT 图像还在一定程度上提高了图像的空间分辨率和空间定位能力。包括平面显像和 SPECT 显像在内的核医学影像检查主要是针对某种特定物质 (显像剂) 的功能影像, 虽然优势明显, 但是由于解剖信息有限而制约了其自身的发展和临床应用。

如何借助于以提供解剖信息为主的 CT 影像来弥补核医学功能影像之不足, 该设想从建立到实施大致经历了从初期的异机图像融合到目前的同机图像融合两个阶段。异机图像融合是借助于计算机软件对分别来自于不同设备的诊断 CT 图像与 SPECT 图像进行融合。受多方面条件所限, 该方法因面临诸多难以解决的技术问题, 且图像融合的效果又难以满足临床所需使之未能得到广泛使用。例如, 为了解决分别来自于 SPECT 和 CT 在不同时间点所采集图像的配准问题, 普遍采用体表标识法。实现图像融合大致需要依次完成图像的传输、体表解剖对位和解剖形态配准等步骤。该过程耗时、耗力, 而且图像融合效果也不理想。随着技术的进步, SPECT/CT 一体机的面世, 克服了异机图像融合的诸多不足, 实现了通过一次检查同时获得局部组织的 SPECT 与 CT 图像, 以及二者的同机融合图像。SPECT/CT 一体机因所配备 CT 的性能不同, 经历了初期的非诊断 CT 和目前的诊断 CT 两个历史阶段。

首台商品化的 SPECT/CT 一体机是由美国通用电气公司于 1999 年推出的“鹰眼

(Haykey)”系列产品。该款设备是将具有符合线路功能的双探头 SPECT 与配备有 X 线球管容量仅为 2.5 mA 的非诊断 CT 置于同一机架内。借助于非诊断 CT 对 SPECT 图像(尤其是符合线路显像)进行衰减校正并提供大致的解剖定位。该款设备因 CT 采集时间长,与 SPECT 图像采集一样,受生理性运动的影响,部分器官的 CT 图像和 SPECT 图像均会发生形变,共同的形变使得两种图像的配准在形式上表现的较好。同时,低剂量 CT 使患者接受的辐射剂量较低(小于 5 mGy)。之后该款设备升级为配备 4 排 CT 的一体机,但是其主要优势依然体现在低剂量方面。之后,飞利浦公司推出的一款配备有平板 CT 的 SPECT/CT 也是定位于此。

2004 年西门子公司率先推出了名为 Symbia 系列、配备有可供选择的排数的诊断 CT 与双探头 SPECT 组成的一体化 SPECT/CT 成像系统。该款 CT 既可以作为诊断 CT 使用,也可以选择低剂量 CT 扫描条件仅用于衰减校正。之后飞利浦公司和美国通用电气公司相继分别推出了 Precedence 系列和 Discovery NM/CT 系列,均提供了可供选择的档次的诊断 CT。为了满足对心血管疾病诊治的需求,美国通用电气公司还设计了一款双探头 SPECT 与 64 排诊断 CT 为一体的 SPECT/CT 机,主要用于心肌灌注显像与 CT 冠状动脉血管造影的融合。无论是配备有非诊断 CT 还是诊断 CT 的 SPECT/CT 一体机,对于一些位置比较固定的器官,如骨骼、颅脑等部位的图像融合可以实现高精度的融合。但是对于一些受呼吸、胃肠蠕动等生理因素的影响,或持续发生运动的器官,如胸骨、肋骨、肺部、肝脏等,其 CT 图像与 SPECT 图像的配准同样也难以达到高精度程度,只是为综合诊断提供了些诊断 CT 信息和低质量的 SPECT 参考诊断信息而已。其原因在于目前广泛使用的 SPECT/CT 一体机,从本质上讲还是 SPECT 与 CT 先后分别采集,只是在二次采集过程中患者体位基本保持一致而已。在图像采集过程中,以及后续的图像配准和融合时,尚无有效措施消除各种影响因素所导致的 SPECT 图像所发生的形变,使两种图像融合更为精准。鉴于此,2014 年西门子公司推出的 xSPECT 系列产品,改变了以往融合图像是以 SPECT 图像为标准,通过大幅度降低 CT 图像的分辨率,使二者达到一致后进行机械性配准的传统融合方法,而是以高分辨 CT 图像为标准,重建 SPECT 光子图像,使得配准精度明显提高。同时,由于图像分辨率明显提高,对于一些微小病变的诊断和鉴别诊断能力有了明显提高。该款设备的另一亮点是具有半定量分析功能,可以像 PET 一样计算 SUV 值,使 SPECT/CT 融合影像步入一个新高度。

SPECT 采集速度慢是制约传统核医学与融合图像技术发展的重要因素之一,其根本原因在于探头中的核心部件——碘化钠晶体的探测效率低所致。早期配备有镉锌碲(Cadmium Zinc Telluride, CZT)半导体探测器的全身 SPECT/CT 已经进入临床验证阶段,该款设备除了具有灵敏度高、采集速度快、成像质量好等方面的优势之外,还可以同时完成 5 种具有不同能峰的放射性核素采集,通过一次检查可以同时获得多种显像剂的图