

# 医学影像技术从成像方法到应用的发展综述

梁聪岳

东北大学 医学与生物信息工程学院, 辽宁沈阳, 110167;

**摘要:** 医学影像技术在现代医疗中扮演着不可替代的角色, 不仅在疾病的早期诊断、手术引导、治疗监测和预后评估中发挥关键作用, 还随着技术的发展不断拓展其应用范围。本文首先介绍了医学影像的定义及其发展历程, 回顾了从 X 射线的发现到 CT、MRI、PET-CT 等多种影像技术的演进过程。随后, 系统阐述了 CT、MRI、PET-CT 等常见影像技术的原理、优势与局限, 并深入分析了它们在癌症、心脏病、中风、肺部疾病等诊断中的具体应用。文章还探讨了医学影像在健康管理、运动医学和职业健康管理中的作用。面对当前 CT 辐射、MRI 扫描时间长和 PET-CT 成本高等挑战, 本文进一步介绍了以深度学习为代表的新兴技术在加速影像重建方面的应用前景, 并指出医学影像数据平台、5G 与云存储等信息化手段对医学影像发展带来的新机遇。未来, 医学影像技术将在提升诊断效率、实现智能医疗和促进数据共享等方面发挥更大潜力。

**关键词:** 医学影像技术; CT 扫描; 磁共振成像 (MRI); 疾病诊断; 深度学习与人工智能

**DOI:** 10. 69979/3029-2808. 25. 05. 052

## 1 定义和发展历史

医学成像技术是指通过非侵入性手段获取人体或其部分内部组织图像的技术和处理过程, 主要用于医疗或医学研究。这种技术是一种逆向问题推断, 即通过观察到的图像信号来推断生物组织的特性。作为一门科学, 医学成像属于生物成像领域, 涵盖了诊断成像、放射学、内窥镜检查、医用热成像技术、医学摄影和显微镜等。此外, 像脑血流图和磁共振成像这样的技术, 由于它们能够测量和记录位置信息, 也可以被视为一种医学成像形式。

1895 年, 维特尔斯堡大学发现了 X 射线, 并利用这种射线的穿透特性来捕捉人体组织的图像; 第二次世界大战结束后, 医学成像技术迎来了新的发展时期, 多种先进的诊断仪器陆续诞生, 并被广泛用于疾病的检测与医学研究之中。20 世纪 70 年代, X 射线计算机断层扫描设备问世, 其图像信息的清晰度达到了与人体解剖学相媲美的水平; 到了 80 年代, 磁共振成像技术已经成熟, 能够进行全身扫描和分子结构的微观分析。自 80 年代以来, 随着信息技术、计算机科学、应用数学、材料科学及制造业的迅猛发展, 尤其是跨学科知识的交叉应用, 进一步推动了医学成像技术的进步<sup>[1]</sup>。

## 2 不同类型的成像模式

### 2.1 X 射线计算机断层扫描 (CT)

X 射线是一种高能射线, 具有强大的穿透力。在穿透物体时, 部分能量会被物体吸收。CT 成像的基本原理是利用物体对 X 射线吸收的差异。例如, CT 对组织的密度分辨率较高, 因此 X 射线在人体内会减弱, 通过重建和计算<sup>[2]</sup>获得图像矩阵。



图 1. 世界上第一张 X 射线成像照片

CT 扫描技术使医生能够以极高的清晰度观察人体内部结构, 生成的二维横截面图像还可进一步处理为三维影像, 从而支持更深入的医学分析与判断。在医学领域中, CT 检查已经成为一种不可或缺的诊断工具, 其应用范围广泛, 几乎涵盖了全身各个部位。借助 X 射线与计算机图像重建技术, CT 能够提供精细的体内断层图像, 帮助医生更快速、精准地识别和诊断多种病症和健康问题<sup>[2]</sup>。

不过, 由于 CT 检查依赖 X 射线成像, 患者在检查过程中会暴露于一定程度的电离辐射中。尽管现代设备已显著优化辐射剂量, 但仍需特别关注辐射的累积影响,

尤其是在儿童和孕妇这类对辐射较为敏感的群体中。此外，对于某些疾病，仅凭 MRI 可能难以确诊，而内镜检查则能够同时提供影像和组织层面的诊断依据，增强整体诊断的准确性。

## 2.2 磁共振成像 (MRI)

MRI 技术利用核磁共振 (NMR) 原理，根据物质内部不同结构环境释放能量的衰减程度，通过物体所处的梯度磁场来检测核的电磁波，并将其绘制到物体内部的结构图像中。

在美国，纽约大学的研究人员于 1977 年 7 月 3 日开发了医用核磁共振设备，拍摄了首张人体磁共振图像——胸部轴向质子密度加权图像，这标志着 MRI 技术在医学领域的首次应用；1980 年 12 月 3 日，荷兰中央实验室成功获取了首个人类头部的核磁共振图像，并完成了首次二维傅里叶变换后的图像。

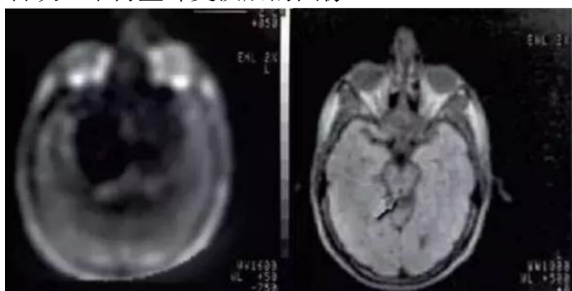


图 2. 人类头部的首次 MRI 成像和前两次维傅里叶变换

在短短 50 年的时间里，磁共振成像技术取得了显著的进步，成为四大常规成像方法之一（四大常规手段：磁共振成像、X 射线成像、超声成像和核医学成像）。与 CT 等可能对身体造成辐射伤害的成像方式不同，MRI 是一种非侵入性的、多参数对比度高且分辨率高的成像技术，是临床医学检查的理想选择。此外，MRI 无需重建即可获得原生三维断层图像，软组织结构清晰可见，对中枢神经系统、膀胱、直肠、子宫、阴道、关节、肌肉等部位的成像效果优于 CT。通过多序列成像和多种图像类型，MRI 能够提供更丰富的图像信息，有助于更准确地判断病变的性质<sup>[3]</sup>。

然而，相较于其他影像检查手段，MRI 的扫描过程耗时较长，成像速度相对较慢，通常需要 15 分钟至 1 小时不等。多数 MRI 仪器的检查环境较为封闭，容易引发部分患者的不适感。此外，MRI 在扫描过程中对患者的生理变化和身体运动十分敏感，例如心跳、呼吸、咳嗽以及吞咽等行为都可能对成像结果产生干扰，造成不同程度的图像伪影，从而在一定程度上限制了 MRI 技术

的广泛应用与进一步发展。

## 2.3 PET-CT

PET（正电子发射断层扫描）是一种成像设备，能够反映病变的遗传、分子、代谢和功能状态。它使用人类代谢物，如正电子核标记的葡萄糖作为成像剂，通过这些成像剂的吸收来反映其代谢变化，从而为临床提供疾病的生物代谢信息。这是一种先进的核医学成像技术；CT（计算机断层扫描）是一种广泛应用于临床且仍在快速发展的 X 射线成像技术。这两种技术被有机地整合在同一设备中，不同特性的图像在同一机器上显示，即 PET / CT。

PET / CT 图像为黑白，图像中的黑色区域代表肿瘤组织，肿瘤颜色越深，恶性程度越高。全身影像不仅能够‘锁定’肿瘤，还能‘扫描’身体各部位，以检查是否存在转移病灶，为临床肿瘤分期、治疗选择和疗效评估提供更准确的诊断信息，从而为患者争取宝贵的治疗时间。

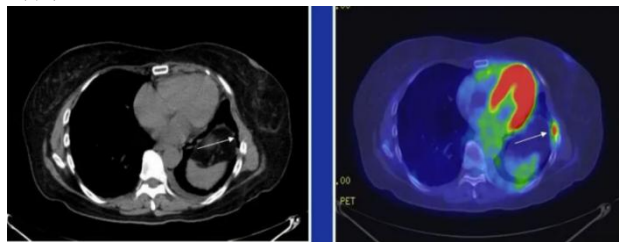


图 3. CT 图像与 PET-CT 图像对比

## 3 医学影像在医学领域的应用

### 3.1 在疾病诊断中的应用

通过 X 射线、CT、MRI 等成像技术，医生能够清晰地观察到患者体内的器官和组织，有助于疾病的早期诊断和精确定位。同时，这些技术的优缺点也需考虑。以 CT 技术和 MRI 技术在癌症、心脏病、中风、肺部疾病等内科疾病的四个领域中的应用为例：

（1）癌症：CT 扫描在肿瘤疾病的诊断中具有关键作用。它能够协助医生准确评估肿瘤的体积、具体部位及发展阶段，同时判断癌细胞是否已转移至身体的其他区域。这些信息对制定个性化治疗方案及判断治疗反应具有重要意义。CT 扫描在这个过程中扮演着不可或缺的角色，尤其是在肺癌、肝癌、胰腺癌等难以通过传统检查方法发现的癌症中<sup>[4]</sup>。

然而，在某些特定癌症的检测中，PET-CT 技术比 CT 更为有效和便捷。例如，对于炎症性乳腺癌患者，PET

T-CT 是必要的,因为它能更准确地评估病情,PET-CT 图像有助于实现更精确的淋巴结分期,这对炎症性乳腺癌患者的预后和治疗具有重要意义。

(2) 心脏病:CT 和 MRI 扫描在心脏病的诊断中扮演着重要角色,但 CT 技术在评估冠状动脉疾病方面更为有效。通过高分辨率的 CT 图像,医生可以检查心脏结构,识别血管阻塞和狭窄的区域,这对于预防心脏病发作和制定治疗策略至关重要。MRI 在诊断成人先天性心脏病方面更为有效,并能更好地显示预后因素<sup>[6]</sup>。

(3) 脑部疾病:在中风的诊断过程中,CT 扫描能够迅速区分中风类型,是由血管堵塞引起的缺血性中风,还是因血管破裂导致的出血性中风。这种类型的判别对于采取正确的急救方案具有决定性作用。尽早进行准确诊断和干预,有助于显著减轻脑部损伤程度,提升患者的恢复几率。对于肺部疾病的检测,CT 扫描相较于传统的 X 线或 MRI 检查,能够提供更加精细和清晰的图像信息。此外,在诊断如自身免疫性脑炎等某些脑部疾病的急性阶段时,PET-CT 与 MRI 图像结合使用,不仅能增强风险评估能力,还具有更优的预后判断价值<sup>[5]</sup>。

(4) 肺及其他内脏疾病:它在检测结核病、肺炎、肺纤维化和职业性肺病方面非常有效。特别是在肺结节的诊断和肺癌早期阶段,CT 扫描展现出其无可比拟的优势。对于 MRI 技术,肺部的 MRI 检查并不比 X 光或 CT 检查更优,但在肝脏、胰腺、肾上腺和前列腺的检查中,MRI 的表现优于 CT,但成本要高得多。

从上述例子可以看出,CT 成像技术依然是当今初步医学检查的主要手段之一。此外,PET-CT 技术非常有效,但通常不用于疾病的初步筛查,主要原因是经济因素。ET-CT 设备价格昂贵,远高于传统的 X 射线、CT 或 MRI 等成像方法。此外,PET-CT 的辐射量更大。PET-CT 的辐射主要来自两部分:一部分是 CT 检查产生的 X 射线,另一部分是 FDG 等示踪剂产生的  $\gamma$  射线。

### 3.2 在健康管理中的应用

医学影像如 X 射线、CT、MRI、超声等可以对身体进行无创检查,帮助发现早期病变(如肿瘤、心脑血管疾病等),提高疾病早诊率,为及时干预和治疗提供依据。同时,在常规健康体检中,医学影像用于评估器官结构和功能状态,发现潜在健康问题(如肺部结节、动脉硬化等),辅助进行个体化风险评估。而对于高血压、糖尿病、骨质疏松等慢性疾病,影像技术能动态监测病

情变化(如心脏结构变化、血管狭窄、骨密度降低等),支持个性化健康干预方案制定。在康复与疗效评估方面,影像检查用于评估治疗效果和康复进程,例如肿瘤治疗后的残留灶判断、术后恢复情况观察等,帮助调整康复计划。

### 4 挑战、发展和未来

医学影像技术在疾病诊断中发挥着重要作用,人们对医学影像技术的认识也越来越多,但目前医学影像技术仍面临诸多挑战,如 CT 技术不可避免的辐射问题、MRI 扫描时间过长、成像速度慢、伪影以及 PET-CT 技术成本过高。随着计算机技术的迅速发展,人们已经做了许多尝试来改进这些技术,促进了这些技术的发展。

例如,为了解决 MRI 扫描时间长、成像速度慢和伪影等问题,许多研究人员致力于加速 MRI 的重建。一些研究者提出了基于深度学习的 MRI 重建方法。自 20 世纪 80 年代以来,深度学习一直是人工智能领域的研究热点。它通过多层神经网络从大量数据中学习复杂特征,在多种医学成像任务中展现出巨大潜力。其流行得益于计算能力的提升和训练技术的进步。基于深度学习的重建方法可以避免传统方法中复杂的参数手动调整过程,大幅缩短 MRI 的扫描和重建时间,具有很高的临床应用价值<sup>[6]</sup>。

这种重建的 MRI 技术在医疗领域中扮演着重要角色。在成人先天性心脏病的治疗中,MRI 是评估和治疗的重要成像手段。传统的 3D 全心采集技术扫描时间长且不可预测,而通过 k 空间欠采样加速扫描的方法通常需要长时间的迭代重建。这种重建的 MRI 不仅加快了扫描过程,还极大地便利了患者。

除了改善医学成像技术本身的问题,许多配套设施也得到了逐步完善,以医学影像数据平台的构建为例,其核心目标在于增强临床科研能力,并推动医院内部各科室之间的远程科研协作。在众多医疗数据中,医学影像数据占据着重要地位。该平台主要汇聚医院内的影像资料、治疗过程记录、患者基本信息、病理数据及随访信息等。相较于传统的图像数据系统,新平台实现了与诊疗设备的直接对接,整合了手术前、中、后的各阶段数据,具备智能图像分析、三维重建等多项功能,便于临床医生与科研人员灵活录入与管理多维度的医疗信息。同时,它也为手术环境及磁共振成像(MRI)中的智能识别技术提供了强有力的数据支撑。

随着科学技术和医学影像技术的快速发展,医学影像技术的未来充满无限可能,如何使成像技术为人们的健康检测和疾病的治疗提供更多的便利是未来发展的重点。

### 参考文献

- [1]Loew,M.H.(2022) ‘Brief history of Image Processing at SPIE Medical Imaging’,Journal of medical imaging (Bellingham,Wash.),9(S1),pp.S12209 - S12209.
- [2]PanneerSelvam S.(2023) ‘SPECTRAL IMAGING IN CT - AN OVERVIEW’,Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences.54 (S3), PP.S36-S36
- [3]Stoltzfus,M.T.et al.(2024) ‘Cardiac MRI:An Overview of Physical Principles With Highlights of Clinical Applications and Technological Advancements’,Curēus(Palo Alto,CA),16(3),pp.e55519 - e55519.
- [4]Vishwanath,V.,Jafarieh,S.and Rembielak,A.(2020) ‘The role of imaging in head and neck cancer:An overview of different imaging modalities in primary diagnosis and staging of the disease’,Journal of contemporary brachytherapy,12(5),pp.512 - 518.
- [5]Liu,L.et al.(2023) ‘Enhancing the clinical diagnosis of the acute and subacute phases of autoimmune encephalitis and predicting the risk factors:the potential advantages of 18F-FDG PET/CT’,BMC medical imaging,23(1),pp.1 - 193.
- [6]Deng,g.et al(2023) ‘Review of Deep Learning Methods for MRI Reconstruction’,Computer Engineering and Application,59(20).

作者简介: 梁聪岳(2003.11-)女,汉族,东北大学医学与生物信息工程学院,本科。