

CT:照亮医学诊断的科技之光

● 张鹏飞

在现代医学发展史上,CT(电子计算机断层扫描)是一项极为重要的技术,医生借助它能清晰地看到人体内部结构,为疾病诊断提供重要依据。那么CT技术是如何诞生、发展的,未来又将走向何处?

前世:艰难探索与理论奠基

19世纪末,德国物理学家伦琴发现了X射线,这为医学诊断开辟了新路径。X射线可以穿透人体,使不同密度的组织在底片上留下不同影像。医生能借此初步观察人体骨骼和部分器官的状况。不过,传统X射线成像只是二维平面图像,人体组织器官相互重叠,很多病变难以清晰呈现,极大地限制了诊断的准确性和全面性。

1917年,奥地利数学家约翰·拉东提出一个重要理论:通过对物体多角度投影进行数学计算,能够重建其内部结构。当时,这一理论在医学领域未受重视,却为后来的CT技术埋下了数学理论的种子。

20世纪中叶,电子和计算机技术的发展,为医学影像的突破创造了条件。1955年,南非物理学家艾伦·科马克在医院放射科工作时,开始思考改进X射线诊断技术。他发现人体不同组织对X射线的吸收程度存在差异,经过多年研究,于1963年成功推导出利用X射线投影数据重建物体内部结构的计算公式,为CT技术的实际应用奠定了理论基础。

今生:助力疾病诊治

1971年9月,英国电气工程师戈弗雷·豪斯菲尔德成功制造出世界上第一台用于临床的CT扫描仪,并将其安装在英国伦敦郊外的医院。同年10月4日,这台CT扫描仪成功完成了对一位疑似脑部肿瘤患者头部的扫描。尽管扫描时间长达160秒,图像分辨率也较低,但这一成果标志着CT技术从实验室迈向临床,开启了医学影像诊断的新纪元。

1972年,豪斯菲尔德和同事在英国放射学研究院年会上介绍了CT技术,引发了医学界的轰动,此后CT技术进入快速发展阶段。第一代CT机



图片来源:视觉中国

扫描速度慢,图像质量差;第二代CT机缩小了探测器孔径,增加了数量并改进了扫描方式,扫描速度和图像质量有所提升,但扫描时X射线管和探测器需同时平移和旋转,操作复杂且耗时较长。

1974年,第三代CT机问世,它采用扇形X射线束和大量紧密排列的探测器,扫描时只需旋转,无需平移,扫描速度大幅提升至2~9秒,图像质量也有了质的飞跃。这使得CT技术在临床上得到更广泛的应用。

1983年,第四代CT机诞生,探测器呈环形固定排列,只有X射线管旋转,进一步提高了扫描速度和图像质量,减少了因探测器故障导致的图像伪影。同年,第五代CT机—电子束CT(EBCT)被开发出来。它利用电子束扫描替代机械运动扫描,扫描速度达到毫秒级,使心脏、大血管等快速运动器官的影像检查成为可能,为心血管疾病的诊断提供了有效手段。

1985年,滑环技术应用于CT设备,实现了X射线管单方向连续旋转扫描。1989年,螺旋CT扫描方式问世,突破了传统逐层扫描的局限,患者匀速移动,X射线管持续旋转,扫描速度大幅提高,一次屏息即可完成较大范围的扫描,减少了呼吸运动伪影,还能获取连续容积数据,为三维后处理图像的精确重建提供了保障。

随着科技进步,多层螺旋CT技术不断发展。1992年双层螺旋CT问世,1998年四家公司同时推出4层螺旋CT,2001年16层螺旋CT研制成功,2003年64层CT投入临床。2005年,首台双源CT扫描仪成功上市,配备两

套X射线源和探测器系统,在心脏成像方面优势显著,无需严格控制心率,就能以极快时间分辨率采集与心电图同步的心脏和冠状动脉图像,提高了心血管疾病的诊断准确性和效率;同时还可进行双能量成像,获取更多组织成分信息,助力疾病鉴别诊断。

2009年底,能谱CT技术应用于临床,突破了传统CT单一CT值成像的局限,实现了物质分离和定量分析,在超低剂量扫描的情况下也能获得高分辨率、高清晰度的图像,可精确识别区分不同物质,为肿瘤早期诊断、鉴别诊断和个性化治疗提供更丰富准确的信息。2021年,全球首台光子计数CT扫描仪问世,重新定义了CT扫描原理。它采用新型探测器直接计数X射线光子,比传统探测器能量分辨率和灵敏度更高,能提供更清晰准确的图像,有望为医学诊断带来更多突破创新。

CT技术的发展使其在临床应用中发挥着越来越重要的作用,几乎涵盖了医学的各个领域。在神经系统疾病诊断方面,CT是诊断脑肿瘤、脑出血、脑梗死等的重要手段,能快速准确显示脑部病变的位置、大小和形态,为临床医生制定治疗方案提供关键信息。

在呼吸系统疾病诊断中,CT尤其是高分辨率CT(HRCT)优势明显,能清晰显示肺部细微结构,对早期肺癌筛查、肺炎诊断以及间质性肺疾病评估等意义重大。

腹部疾病诊断时,CT可全面检查肝脏、胰腺、肾脏等腹部脏器。对于肝脏肿瘤,CT能准确判断肿瘤大小、位置、形态以及与周围血管的关系,有助于肿瘤分期和治疗方案的选择;在胰

腺疾病的诊断和鉴别诊断方面也发挥了重要作用。

在心血管系统疾病诊断中,多层螺旋CT和双源CT让心血管疾病的无创检查成为可能。冠状动脉CT血管造影(CTA)可清晰显示冠状动脉的形态和病变,对冠心病的诊断和治疗有重要指导意义,还可评估心脏结构和功能,诊断先天性心脏病、心肌病等心血管疾病。

在骨骼肌肉系统疾病诊断中,CT能清晰显示骨骼细微结构和病变,对骨折、骨肿瘤、骨髓炎等疾病的诊断价值重大,还可通过三维重建技术直观展示骨骼的立体形态,为骨科手术的规划和实施提供有力支持。

此外,CT透视技术为介入治疗提供实时影像引导。医生可在CT监视下进行穿刺活检、肿瘤消融、置管引流等操作,提高操作的准确性和安全性。

未来:迈向精准医疗新时代

CT技术有望在多方面取得突破发展。在图像质量提升上,科学家将致力于提高CT的空间、密度和时间分辨率。通过开发新型探测器、优化计算机算法和改进扫描技术,未来CT有望实现更清晰准确的成像,发现更小的病变,为疾病早期诊断提供更有力的支持。

在降低辐射剂量方面,未来可能采用更先进的低剂量扫描技术、智能曝光控制技术以及迭代重建算法等,在保证图像质量的前提下,最大程度降低患者的辐射剂量。

在与人工智能融合上,未来CT可能与人工智能深度融合,实现自动图像分析、诊断辅助决策以及疾病风险预测等功能,提高诊断效率和准确性,实现精准预防和个性化治疗。

在拓展应用领域,未来CT技术可能在分子影像学、功能影像学等新兴领域取得突破,为疾病诊断和治疗提供更多维度的信息。

随着科技进步,CT技术将持续为人类健康事业助力,为实现精准医疗发挥更大作用。

(作者单位:首都医科大学附属北京儿童医院)