

# 一款“完美”CT: 不只看得见, 更要读得懂

● 本报记者 张思玮

从最初的解剖结构成像,到如今的功能和血流的可视化、AI 智能融合乃至光子计数技术的突破——计算机断层成像(CT)的每一次跨越,都映照人类对生命图景更为深邃的凝视与解读。

“未来,CT 必定朝着更高效规范、检查、更标准高清的图像、更低的辐射、更强大的功能和智能化等方向继续前进。”中国医学科学院阜外医院医学影像中心、放射科主任吕滨笃定认为。

自上世纪 70 年代世界第一台用于人体扫描的 CT 问世以来,CT 已经从最初的单层面的断层成像发展到螺旋多排探测器 CT (MDCT),从 64 排、128 排发展至 320 排宽体探测器,从单源 X 线球管发展到双源 X 线球管。单源 / 双源和探测器宽度的不同搭配,是 CT 设备的研发方向,也是当前 CT 两大主流系统形态。

不过,单纯追求“排数”或“探测器宽度”,虽可一次旋转完成整个心脏扫描(身体长轴方向,即 Z 轴),但因时间分辨率不足(层面内 X-Y 轴),在高心率下易受心脏运动干扰。而双源 CT 虽具有较高的时间分辨率,却受限于探测器宽度,难以兼顾大范围动态成像。

近日,双宽体双源 CT(以下简称双宽 CT)与光子计数能谱 CT(以下简称光子 CT)在临床工作的应用,直接推动高端 CT 领域向功能与定量成像的拓展,以及精准影像能力的全面升级。

## 前所未有的时间分辨率

目前,业内公认 CT 成像性能最关键的四个核心要素:空间分辨率、时间分辨率、容积覆盖范围、能谱及功能学成像的能力。

双宽 CT 的核心突破在于其实现了前所未有的高时间分辨率,堪称一台能够“捕捉心脏运动”的机器。

据了解,双宽 CT 实现了 8 毫秒时间分辨率,这使其能够精准地捕捉到心脏跳动的每一个瞬间,在任何心率、任意心动时相(从 0%到 100%的全时相)都能获得高质量、无运动伪影的冠脉心脏图像。

吕滨对此深有感触。他告诉《医学科学报》,这意味着心血管医生不再仅



吕滨(左二)为患者做检查。

受访者供图

凭单一时相的“幸运”图像进行诊断和功能评估,而是可以纵观整个心动周期,对冠脉的形态、管腔的变化、心肌的应力、瓣膜的启闭等进行全面的、量化的动态分析。这为医生评估冠脉斑块的稳定性、指导病变的临床干预方式,以及理解心脏的血流动力学带来了全新的视角和工具,进而从冠心病诊断领域,逐步扩展到对心脏瓣膜病、结构性心脏病、心肌病、房颤等疾病的诊断发挥独特作用。

除了心脏,双宽 CT 还能精准捕捉从关节活动到其他脏器运动的完整生理过程,动态揭示人体功能变化。

“在冠脉成像领域,它实现了全时相数据采集,不仅提升了细小血管的显示能力,更能从功能学角度评估斑块易损性,为高危斑块的识别提供全新视角。此外,双宽 CT 凭借宽体覆盖和低剂量特性,可高效完成脑、心脏及肝脏等多脏器的灌注成像。同时,它还支持心、颈、脑血管一站式联合扫描,契合当前‘泛血管’诊疗理念,并在胸腹盆一体化扫描等大范围损伤成像应用中,展现出独特的技术价值。”复旦大学中山医院放射科主任曾蒙苏表示。

上海市第一人民医院放射科主任张佳胤,则以冠心病诊断为例谈到了双宽 CT 的独特优势。他表示,传统 CTA(CT 血管成像)技术虽能较好显示血管结构,却难以通过单次扫描完成精准的心肌灌注定量。而宽体探测器结合高时间分辨率的双源技术,首次实现了“单次扫描、同步双评”,在一次检查中同时完成冠脉解剖评估和

心肌灌注定量评估。

“这不仅实现了真正的一站式全面评估,更显著降低了患者的检查风险。”张佳胤说。

## 高清与能谱成像相得益彰

如果说双宽 CT 是对系统架构的一次彻底革新,将“静止与动态”完美结合,那么光子 CT 则是从探测器底层重构成像逻辑,将“高清与能谱”有效融合。

“它能帮助医生更为早期且清晰地发现微小病灶,提高疾病的诊断能力。”上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科主任严福华指出,以肺部检查为例,在超高清模式下肺结节病灶内部的空泡征、病灶周围细小的毛刺以及和临近血管之间的关系都显示得更加清楚,增加了诊断信息。

这无疑对于全球第一大癌症——肺癌的早期筛查与精准诊断具有至关重要的价值。

鉴于光子 CT 拥有低剂量、高清的核心优势,曾蒙苏甚至认为,其有望成为主流 CT。“我们现阶段还在做临床的验证,比如通过光子 CT 对大脑细血管早期的脑血管病、老年痴呆、心脏冠脉支架以及血管斑块的负荷进行分析,同时还可以检测肺的小气道病变、肺间质性纤维化,腹部肝脏、胰腺的微小肿瘤等。”

此外,能谱成像作为光子 CT 的另一独特优势,展示出超越形态学的组织成分分析能力。“这就意味着在超高清能谱模式下,我们可以更好地呈现病灶边界与临近器官的关系,这对于

外科医生制定手术方案至关重要。”严福华说。

上海科技大学生物医学工程学院教授赖晓春表示,光子 CT 是市面上唯一一款能够同时实现低剂量、高分辨力能谱成像技术,它通过“提升对比度”,实现“早发现、早诊断、早治疗”,并且经过低剂量和能谱定量分析,为患者提供了“一站式多维度丰富的信息”。

## 期待一款“完美”CT

那么,能否创造出一款兼具双宽 CT 极致时间分辨率和光子 CT 极致空间分辨率与精准能谱的“完美”CT 呢?

对此,赖晓春直言,“这绝对不是简单地把探测器拼在一起,意味着要将双宽情况下整个芯片的功耗提升 8 倍。如果不做任何芯片架构级优化,整机就会变成一台‘烤箱’……但随着技术的进步,两者或许能有效组合。”

事实上,CT 的创新从来不是由单个因素驱动,而是部件、系统与算法协同演进的结果。

但不可否认的是,CT 已经逐步从“看得见”走向“看得清”“看得准”“看得早”,成为现代医学不可或缺的核心支柱之一。从三维静态图像发展到四维动态,再叠加能谱信息形成五维甚至六维数据,如何高效处理、挖掘并提取临床价值,成为了摆在医生和工程师面前的新挑战。

“未来,我们应该提升图像的组织分辨能力,比如斑块、心肌、血管壁组织学,还要进一步降低辐射剂量;同时计算流体力学(CFD)也是心血管病的一大研发方向。”吕滨说。

创新从来没有也不应该有所谓的标准答案。从双宽 CT 对生命动态节律的精准捕捉与解析,到光子 CT 对组织微观组分的高清洞察与量化,CT 技术超越“看见”的范畴,向着“看清”“读懂”乃至“预测”生命奥秘的更高境界持续迈进。

“在这条充满挑战与希望的征途上,我们希望产学研医紧密协同创新,推动 CT 技术不断突破极限,最终造福人类健康事业。”吕滨说。