

引用本文:傅菲,刘筠.方舱 CT 技术进展与临床应急使用现状[J/OL].国际医学放射学杂志,2020.DOI:10.19300/j.2020.Z18093.

·新型冠状病毒肺炎·

综述

放射技术学

# 方舱 CT 技术进展与临床应急使用现状

傅菲<sup>1</sup> 刘筠<sup>2\*</sup>

**【摘要】** 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情发生后,诊疗方案将 CT 检查确定为该疾病诊断和疗效判定的关键方法。在建立方舱医院后,方舱 CT 更是成为复杂条件下应急救治的必备工具。梳理方舱 CT 的发展历程、设备配置及扫描参数、临床应用,综述方舱 CT 在临床应急使用中的相关进展。

**【关键词】** 方舱 CT;新型冠状病毒肺炎;肺炎

中图分类号:R445.3;R563.1 文献标志码:A

**Technology advances of mobile cabin CT and its applications in the clinical emergency** FU Fei<sup>1</sup>, LIU Jun<sup>2</sup>. 1 First Department of Radiology, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China; 2 Department of Radiology, Tianjin Union Medical Center Hospital

**【Abstract】** After the outbreak of COVID-19, CT examination was identified as the key method for the diagnosis and efficacy evaluation of the treatments. After the establishment of mobile cabin hospital, the mobile cabin CT has become an essential tool for emergency treatment under complex conditions. This paper reviews the development history, equipment configuration, scanning parameters and clinical application of mobile cabin CT, and summarizes the progress of mobile cabin CT in clinical emergency use.

**【Keywords】** Mobile cabin CT; COVID-19; Clinical application

新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情爆发后,影像检查特别是 CT 发挥了极其重要的作用,成为 COVID-19 肺炎筛查、诊断和疗效判定的关键方法<sup>[1]</sup>。为应对抗疫一线 CT 设备严重不足的问题,并妥善解决感控管理中的矛盾,确保大批轻型 COVID-19 病人在方舱医院得到有效地救治,因此急需方舱 CT (即移动 CT 扫描单元)在抗疫关键时刻发挥硬核“武器”式的作用。与此同时,如何在疫情期间制定行之有效的方舱 CT 检查方案和实现参数最优化已成为当务之急。笔者参考国家卫生健康委员会的诊疗方案和技术指南<sup>[2-4]</sup>,并结合在武汉定点方舱医院 CT 检查的实践经验进行总结分析,就方舱 CT 的发展历程、设备配置及扫描参数、临床应用予以介绍。

## 1 方舱 CT 发展历程

CT 设备通常安装在防护严格的放射科,但是在

应对突发重大自然灾害和公共卫生事件时,尤其需要 CT 设备发挥强大的机动性能,从而满足及时快速的临床诊断需求。在此次武汉疫情中,方舱式应急 CT 扫描单元发挥了显著作用。该影像设备具有灵活机动并可快速安装使用等特点,能够应急开展影像检查、诊断和有效救治服务<sup>[5]</sup>。

较早报道的移动 CT 包括 GE 公司的租赁用 CT 车和日本的早期车载式 CT<sup>[6]</sup>,它们都相当于将一个完整的 CT 机房搬迁至机动车上。由于其体积庞大且机动性能较差,只限于路况较好的短途搬运和有限环境中使用,无法用于自然灾害或战争等恶劣环境。随着技术发展,有医疗企业研发了床旁 CT,这种小型 CT 设备只限用在重症加强护理病房(ICU)等固定医疗场所。扫描机架依赖滑轨式移动,扫描时通过滑轨拉出机架完成扫描,不扫描时将机架从工作区域收回,但这并非真正意义上的移动 CT,更不能在复杂或恶劣环境中应急使用<sup>[6]</sup>。至汶川、玉树地震救灾时期,方舱医院配备的车载 CT 体积进一步减小且机动性能明显增强,真正成为了抢险救灾的

作者单位:1 天津市天津医院放射一科,天津 300211;2 天津市人民医院影像中心

\* 审校者

通信作者:刘筠, E-mail: cjr.liujun@vip.163.com

DOI:10.19300/j.2020.Z18093

主力设备,在对伤病员早期诊断、及时救治方面发挥了重要的作用<sup>[6]</sup>。首次实现了CT扫描机与装载车的独特结合,车厢作为机房,箱体作为屏蔽体,机房和车身一体,具有性能完备、灵活机动等特点<sup>[7]</sup>。

COVID-19 疫情以来,方舱 CT 才正式被媒体广为报道并称为抗疫“神器”,其在关键时期为武汉方舱医院及各地发热门诊提供了快速灵活筛查、智能精准诊断的一站式影像服务。这种箱式整体方舱 CT 的设计是基于车载 CT 多年来成熟稳定的技术,其箱体、机房、设备、保障系统等更加完美,具有便捷安装、通电即扫的优点,无需进行复杂的场地改造。方舱 CT 设备主要置于大型体育场馆、会展中心等方舱医院的室外空间,利用先进的隔离通道设计,使医患之间零接触,不仅明显降低了医院内造成交叉感染的风险,而且遏制了 COVID-19 病毒的传播。至 2020 年 2 月仅湖北地区就装配了方舱 CT 及车载移动 CT 数十台。

## 2 方舱 CT 设备配置和性能参数

方舱 CT 作为一个集合系统,其内设有 CT 设备、辐射防护装置、独立检查操作间、独立扫描间、紫外线空气消毒设施、网络系统、空调、除湿机、电源分配系统以及通风系统等,具有可移动性、网络化、室外极速安装、避免交叉感染、受检者高通量等诸多特点。

**2.1 设备配置** 方舱 CT 的外部舱体由镀锌钢板、铅防护层、竹木纤维板和防护阻燃层的复合层组成,最大程度降低了户外高温、日照、降水等复杂环境对设备稳定性的影响。扫描间六面安装铅板,铅板与箱壁压制一体成形,防护水平达到 5 mm 铅当量。舱体各壁及铅玻璃的辐射防护等级均符合《GBZ/T 180-2006 医用 X 射线 CT 机房辐射屏蔽防护规范》<sup>[8]</sup>,包括扫描间以外的人员受到照射的年有效剂量应 $<0.25$  mSv;空气比释动能率在距机房外表面 0.3 m 处 $<7.5$   $\mu$ Sv/h<sup>[9]</sup>。工作人员在方舱式应急 CT 机房内隔室操作可以不再附加其他辐射防护措施。

方舱 CT 扫描间及操作间均配备空调和除湿机,从而保证了恒温恒湿环境,避免外部环境及内部空间温度大幅度变化影响图像噪声水平。有研究<sup>[10]</sup>表明当温度达到 30  $^{\circ}$ C 时会导致密度分辨力下降,因此方舱 CT 适宜的操作温度应控制在 20~25  $^{\circ}$ C,相对湿度宜保持在 30%~70%(无凝露)。因 CT 设备对震动比较敏感,超过一定负荷的震动就会造成影像质量不佳,所以需要对方舱中的 CT 机特别是扫描机架做减震处理。通过为 CT 机安装 8 个金属橡胶

材料的减震器等技术,可满足不同方向的减震需求,进一步保证了高精度的 CT 影像质量。这些减震设计,确保了方舱设备的长寿命和稳定性,疫情结束后还可转为常规使用或基层应用,最大程度发挥设备价值。

**2.2 性能参数** 方舱 CT 最初配备为双层 CT,随着技术发展,目前以 16 层 CT 为主,部分机型配备了 64 层及以上的高端 CT,支持一站式全身大范围扫描。方舱 CT 探测器宽度 $\geq 20$  mm,能够确保各向同性,真正兼顾了高质量影像和低剂量扫描。扫描机架孔径 750 mm,球管热容量 $\geq 2$  MHU,球管旋转时间 0.27~0.8 s/r,管电压 80~140 kV,管电流 10~225 mA。全肺扫描时间 $\leq 10$  s,采集层厚 5 mm,重建层厚 1.25 mm,重建矩阵 512 $\times$ 512 或 1024 $\times$ 1024。设置固定管电压时建议兼顾体质量指数 (BMI),BMI $<19$  kg/m<sup>2</sup> 建议选择 100 kV,BMI 为 19~24 kg/m<sup>2</sup> 时则建议 120 kV。如病人配合屏气效果不佳时,建议调整扫描方向为自足至头,避免因憋气时间不足造成的运动伪影;或者采用缩短扫描时间,增大螺距至 1.5~1.7、提高球管转速、加大准直器宽度等方法来达到减少呼吸运动伪影的目的<sup>[11-12]</sup>。为避免屏气失败,GE 的方舱 CT 还配备了专用固定带进行胸部加压,减弱呼吸引起的运动伪影。特别是在本次武汉抗疫期间,病人大多需要在短时期内进行 CT 复查。迭代重建算法的应用,能在明显降低 CT 辐射剂量的同时提高影像信噪比,优化后的 CT 扫描协议更有适用于短时间内接受多次 CT 扫描的病人,避免了因不必要的辐射损伤导致的潜在致癌风险<sup>[13]</sup>。

方舱 CT 相比普通 CT,其独立性、隔离性更强。病人与技师通道入口由隔离带及警戒线明确分隔。技师按感控标准顺序穿脱防护用品,由医务人员专用通道进出操作间,最大限度地与病人零接触;病人按地标指示在专用通道内往返,从而避免因随意走动造成的污染区扩大。方舱 CT 内空间布局合理,CT 机架的宽度和扫描床的运动范围决定扫描间大小,因此在满足 CT 工作和防护的条件下,设计的操作间和扫描间空间分布比例达到了最优。方舱 CT 实行隔室扫描操作,在操作间可以遥控扫描床升降进退,并实现人工智能(AI)摆位,无需影像技师往返扫描间与操作间,一方面避免了直接接触造成的交叉感染,另一方面也明显提高了病员密集时的工作效率<sup>[9]</sup>。

## 3 方舱 CT 的临床应用

方舱 CT 适用于全身各部位的扫描(包括增强

检查及血管成像),在地震、抗洪救灾中起到过重要的作用。在创伤骨折方面,方舱 CT 可进行快速大范围扫描,一次检查就可以清晰显示全身各部位骨质结构,明确有无骨折、骨折严重程度和关节有无脱位等,依据扫描数据还可进行三维影像重组。在颅脑损伤中,可及时诊断脑挫裂伤、硬膜外或硬膜下血肿;在多发脏器损伤中,一次扫描可以及时发现胸腹部内脏器官的损伤,如气胸、肝脾破裂、包膜下血肿、活动性出血等。

此次 COVID-19 疫情中方舱 CT 的检查任务相对单一,根据新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)<sup>[2]</sup>和方舱医院管理规定,方舱 CT 主要用于轻型和普通型病人肺部高分辨 CT 扫描<sup>[4]</sup>。COVID-19 典型 CT 表现为沿胸膜下区分布的磨玻璃密度影、实变影或铺路石征等,这些细微的影像特征必须依赖高分辨力 CT 进行诊断<sup>[15-17]</sup>。目前的方舱 CT 影像分辨率均能满足要求,部分机型还具备了百万像素(1 024×1 024)矩阵,不仅可以清晰显示小叶内间隔增厚出现的细网格征,还能显示磨玻璃密度内扩张的细支气管和小动脉分支。典型 CT 影像特征的判定可以早于 RT-PCR 核酸阳性的检测结果,为数万轻症病人及时诊治赢得了宝贵的治疗时机。

方舱 CT 也适用于其他重大传染病防控中的影像筛查,还可助力全民大健康服务,如用于老年心脑血管疾病筛查、肺癌的低剂量筛查。也能为乡镇卫生院或偏远地区提供先进的医疗服务。

#### 4 方舱 CT 的未来

方舱 CT 对设备场地要求相对宽泛,不仅避免了医患交叉感染的风险,而且可以缓解 CT 设备和影像诊断医生不足的压力。

方舱 CT 配套的不断完善和 5G 高速网络通信,有效解决了专用应急 CT 数据链“孤岛”问题,将方舱 CT 的网络端口集成至托管的医院网络,实现与医院信息系统(HIS)、放射信息管理系统(RIS)、医学影像存档与通讯系统(PACS)等系统的对接,真正实现 CT 影像的高效率传输。利用智能前瞻式远程维护系统,可动态、实时远程监测设备的运行情况,使设备维修及保障更便捷、更高效。方舱 CT 作为一款智能化 CT 系统,逐步将 AI 技术深入融合到整个 CT 的数据流和工作流中,可大幅降低辐射剂量、提升影像质量、优化扫描流程,并在大幅降低医生工作量的同时提高诊断准确性。利用 AI 算法对临床协议可以实现个体化优化,自动选取扫描和重

建参数;在扫描流程中开发完善智能摆位、智能定位、智能影像质控功能。

随着不断升级完善智能 AI 扫描及 5G 信号图像传输等先进功能,方舱 CT 在各种不良环境及临时医疗场所的应用前景将更为广阔。疫情只是暂时的,但未来以移动医疗为代表的创新科技医疗势必加速崛起,为医患日常带去更多福利,方舱 CT 可更大范围地应用于发热门诊筛查、社区定点筛查和常规体检、交通枢纽等筛查、院内放射科分流等。疫情过后的方舱 CT 还能够配合其他移动检测设备提升基层医疗服务能力,顺应我国医疗智慧化的技术方向。

#### 参考文献:

- [1] Li Y, Xia L. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Role of Chest CT in Diagnosis and Management[J/OL]. AJR, 2020. DOI: 10.2214/AJR.20.22954.
- [2] 中华人民共和国卫生健康委员会. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)[EB/OL]. (2020-03-04). <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7653p/202003/46e9294a7dfe4cef80dc7f5912eb1989.shtml>.
- [3] 中华医学会放射学分会. 新型冠状病毒感染的肺炎的放射学诊断:中华医学会放射学分会专家推荐意见(第一版)[J/OL]. 中华放射学杂志, 2020. (2020-02-08). DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2020.0001.
- [4] 医疗机构内新型冠状病毒感染预防与控制技术指南(第一版)[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19: 189-191.
- [5] 帅万钧, 晁勇, 刘帅, 等. 车载方舱 CT 临床应用的影响因素分析[J]. 中国医疗器械杂志, 2015, 39: 380-382.
- [6] 武超, 谭树林, 苏卫华, 等. 车载移动式 CT 方舱的设计[J]. 医疗卫生装备, 2013, 34: 7-10.
- [7] 王洪杰, 于霞, 王振宇, 等. 车载移动医用 CT 方舱在新型冠状病毒肺炎筛查中的研究设计[J]. 中国医学设备, 2020, 17: 160-163.
- [8] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T180-2006 医用 X 射线 CT 机房辐射屏蔽防护规范[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [9] 郑潜新, 莫群, 陈水斌, 等. CT 方舱的应用及性能评价[J]. 医疗卫生装备, 2016, 37: 138-140.
- [10] 帅万钧, 高华永, 沈睿, 等. 车载方舱 CT 的快速调校方法及其质量检测[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39: 46-48.
- [11] Kim Y, Kim YK, Lee BE, et al. Ultra-low-dose CT of the thorax using iterative reconstruction: evaluation of image quality and radiation dose reduction[J]. AJR, 2015, 204: 1197-1202.
- [12] Esser M, Hess S, Teufel M, et al. Radiation dose optimization in pediatric chest CT: major indicators of dose exposure in 1695 CT scans over seven years[J]. Rofo, 2018, 190: 1131-1140.
- [13] 帅万钧, 高华永, 沈睿, 等. 车载方舱 CT 的快速调校方法及其质量检测[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39: 46-49.
- [14] 杨丽, 蒋丽, 白阳, 等. “方舱医院”条件下新型冠状病毒肺炎疑似或轻型病人的高效诊疗流程[J]. 第三军医大学学报, 2020, 42: 545-548.
- [15] 史河水, 韩小雨, 樊艳青, 等. 新型冠状病毒(2019-nCoV)感染的肺炎临床特征及影像学表现[J/OL]. 临床放射学杂志, 2020. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.20200206.002.
- [16] Ai T, Yang ZL, Hou HY, et al. Correlation of chest CT and RT-PCR testing in coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases[J]. Radiology, 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020200642.
- [17] Pan F, Ye T, Sun P, Gui S, et al. Time course of lung changes on chest CT during recovery from 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia[J/OL]. Radiology, 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020200370.

(收稿 2020-03-26)