

法医学虚拟解剖实验室的研究进展和发展现状

刘志业

(河南省直第三人民医院司法鉴定中心, 河南 郑州 450000)

【摘要】 本文是对现阶段学界法医学虚拟解剖实验室研究进展和发展现状的综述。所做研究基于 56 篇现有文献和研究成果, 对法医学虚拟解剖实验室的概念和作用进行界定。在此基础上, 指出现阶段法医学虚拟解剖实验室的研究, 主要集中在法医学虚拟解剖实验室的开发和存在的局限, 两个方面。随着国家对法医学虚拟解剖实验室的重视, 各地法医学虚拟解剖实验室项目纷纷落地。受此影响, 未来法医学虚拟解剖实验室的研究, 将向着虚拟解剖实验室的法医学应用和创新, 两个方向发展, 进一步扩大虚拟解剖实验室在法医学中的应用。

【关键词】 法医学; 虚拟解剖实验室; 研究进展; 发展现状

20 世纪 90 年代, 法医学领域开始使用计算机断层扫描、激光扫描和结构光扫描等成像技术, 生成高质量的 3D 图像, 以进行法医学鉴定。这些技术的引入, 为法医学领域的发展, 带来了全新的可能性。在此背景下, 随着技术的发展, 结合了成像技术和虚拟技术的“虚拟解剖实验室”, 为提升法医学的研究和实践水平, 提供了机会和可能。然而, 相较于虚拟解剖实验室在基础医学领域的应用, 法医学虚拟解剖实验室的相关研究较少。以中国知网和中国万方等学术网站为例, 近 5 年间发布的法医学虚拟解剖实验室相关文献, 仅有 56 篇。与之相对, 是公安部门、法医行业和法医教育等相关部门和机构, 对虚拟解剖实验室的持续关注。鉴于此, 本文对法医学虚拟解剖实验室的研究进展和发展现状进行综述, 以期为法医学从业人员, 提供参考和借鉴。

一、法医学虚拟解剖实验室的内涵概述

(一) 法医学虚拟解剖实验室的概念

目前, 学界对“法医学虚拟解剖实验室”的定义, 是指采用计算机断层扫描(CT)和磁共振成像(MRI)等数字成像技术, 以获取人体或尸体体表及体内器官、组织详细的二维图像数据, 再通过 3D 计算机技术, 建立起完整的人体或器官解剖学的三维立体图像, 并利用虚拟现实技术, 在计算机中建立一个专用于法医学解剖的虚拟解剖环境。在此虚拟环境中, 相关的法医学专业人员得以借助虚拟的人体组织和器官信息, 制定法医解剖计划、进行法医解剖训练, 以及为法医解剖实践提供指导的一项跨学科技术。鉴于法医学虚拟解剖实验室在确定死亡原因、识别身份不明的死

者、鉴定骨龄、寻找体内异物、评估案件所造成的伤害等方面, 具有实体解剖实验室所无法比拟的优势, 例如, 低侵入、低成本、高效率、高准确率等, 被誉为“法医学的革命”。

(二) 法医学虚拟解剖实验室的作用

从司法角度来看, 法医学涉及刑事、民事、保险等多种问题的司法鉴定, 因此, 法医学的研究和实践十分重要, 直接关系到法检结果的准确和效率。这种情况下, 对人体进行解剖是法医学教学和实践过程中的基本要素。换言之, 法医学的教育和实践, 必须依赖于解剖实践培训和练习。然而, 考虑到道德因素和成本因素, 基于实体的法医学解剖实验室, 可用性有限。相比之下, 法医学虚拟解剖实验室, 优势明显。例如, 在周静等人^[1]的研究中, 将法医学虚拟解剖实验室的主要作用总结为以下几个方面: 首先, 法医学虚拟解剖实验室, 可以研究标准尸检过程中非常规解剖的部位或区域, 例如内脏、颅骨、肩带、四肢、骨盆、颅颈交界处软组织、背部组织等; 其次, 法医学虚拟解剖实验室, 允许检测尸检过程中的气体和液体积聚(例如血液), 并且对于骨骼部位是否存在骨折(即使是非常小的骨折)的检查, 也特别有用; 最后, 法医学虚拟解剖实验室, 是最适合处理腐烂、碳化或其他严重受损尸体的尸检技术, 能够最大程度支持法医学的研究和实践活动。之所以法医学虚拟解剖实验室具有上述作用, 得益于多模态图像技术(例如, CT、MRI、摄影测量等)获得的真人 3D 建模。通过虚拟技术的支持, 法医从业人员得以通过法医学虚拟解剖实验室, 对外伤、枪伤、上吊、勒死、溺水、

虐待等案件进行法医学鉴定；对腐烂、碳化和严重损坏的尸体进行尸检解剖。与此同时，法医学虚拟解剖实验室还配有触摸屏和VR眼镜，允许用户使用各种交互式工具进行虚拟解剖。得益于这种可见性控制功能，用户可以使用不同的体素渲染模式突出显示待解剖组织；通过应用任意剪切平面来虚拟地剖析选定的结构。不仅如此，法医学虚拟解剖实验室在对遗骸进行法医学检查和司法鉴定之前的“安全筛查”评估中，也发挥着关键作用，可以有效防止法学从业人员在解剖尸体时面临传染性感染危险等，减少了在特定案例中传统尸检的耗时，是传统尸检最重要的补充技术。

二、法医学虚拟解剖实验室的研究进展

通过对现有法医学虚拟解剖实验室研究文献的分析，可以发现，目前学界对法医学虚拟解剖实验室的研究，主要集中在以下两个方面：

（一）法医学虚拟解剖实验室的开发研究

众所周知，法医学虚拟解剖实验室是基础医学虚拟解剖实验室的延伸和挪用，但是，由于针对的对象和目的的不同，法医学虚拟解剖实验室与基础医学虚拟解剖实验室，在设备的可用性和系统的功能性方面，差异很大。例如，针对基础医学的虚拟解剖实验室在实质器官可视化方面，解剖精度不高，价值有限，不适用于法医学的解剖所需。为此，开发出更加完善的法医学虚拟解剖实验室，成为学界普遍关注的研究重点。例如，高俊薇等人^[2]对法医学虚拟解剖实验室的扫描和成像流程，进行了针对性的研究。他们的研究指出，在尸体保存不够完好的情况下，需要用裹尸袋裹好尸体后，才能进行基础上扫描。扫描时，首先对头部进行5 mm厚的切片连续扫描，其次进行包括所有身体的单次扫描（1.25 mm或0.6 mm厚的切片采集，取决于是否需要更详细的骨骼表示）。在此过程中，如果由于尸僵而无法进行单次采集，则在重新定位后重复扫描。然后在Amira®等3D渲染软件中，进行尸体3D模型的重建。这里需要注意的是，虽然这是一个相对快速的过程，但它可能会牺牲每个结构边界的准确性，例如，静脉和动脉在非对比成像中通常具有相似的组织密度，并且可能难以区分。由此可见，法医学虚拟解剖实验室的开发重点，不是虚拟解剖模型的建立速度，而是虚拟解剖模型的准确性。由于传统的数字模型缺乏平滑度，解剖准确性受到限制。为此，有学者建议在法医学虚拟解剖实验室的开发中，使用Anatomyou® VR技术。在

Anatomyou® VR中进行图像分割，是通过表面渲染、体积渲染或两者的组合（半自动组合渲染）来完成的。其中，体积渲染是利用已知的正常组织密度，在指定强度范围内，快速隔离图像堆栈中的所需像素。这是一种基于非高斯的图像平滑技术，可删除解剖结构的部分边界以简化表面，去除多余的像素，而不会缩小图像的渲染结构，能够更准确地保留尸体真实特征，并对每个渲染表面的颜色的饱和度和强度进行控制，减少了法医学解剖实验室系统的无关负荷。

（二）法医学虚拟解剖实验室的局限研究

如前所述，数字虚拟工具和影像学检查设备的协同应用，使得法医从业人员能够可视化分析三维解剖结构，并通过应用程序对所解剖的元素进行虚拟操作，即法医学虚拟解剖实验室。与传统法医学尸检相比，使用法医学虚拟解剖实验室，可以让用户在操作解剖结构方面，拥有更大的自由度和控制力。此外，在传统法医学尸检中可能难以可视化的人体纵隔关系，可以在法医学虚拟解剖实验室中自由可见且易于操作。然而，目前的法医学虚拟解剖实验室开发并不完善，尚存局限。例如张秋芬^[3]的研究显示，法医学虚拟解剖实验室在死后检查方面，无法完全评估脑挫伤或颈髓损伤内的小出血灶，很难区分这些究竟是死后还是生前造成的结果；不能显示血管详细的病理学信息，而此信息是部分法医尸检鉴定所必需的，它用以确定尸体病变是内源性因素还是外源性因素；受害人死亡前所采取的治疗措施，可能会对原始的病灶或创伤产生影响，而死后进行的虚拟解剖实验室，对此无法判别；难以对肌肉内血肿等软组织损伤进行解剖和检查。这些研究结果表明，在CT和MRI无显著性表现的情况下，法医学虚拟解剖实验室不能排除非正常死亡。究其原因，目前的法医学虚拟解剖实验室，主要使用的是数字虚拟技术+CT和MRI，以此构建数字模型并完成数字虚拟解剖。然而，受限于CT和MRI的固有缺陷，现阶段的法医学虚拟解剖实验室在法医学领域的稍有不足。此外，法医学虚拟解剖实验室的应用，还受到法医从业人员自身素质的影响。受到长期以来的传统法医尸检理念和教育的影响，部分法医从业人员对于法医学虚拟解剖实验室的认知不足，理解不够，也缺乏相关的计算机技术，在一定程度上，制约了法医学虚拟解剖实验室的项目落地。对此，有学者专家进行了调查研究并提出了有效策略。例如，提升相关机构对法医学虚拟解剖实验室的

重视；加强机构对法医从业人员的在职培训等。

三、法医学虚拟解剖实验室的发展现状

时至今日，法医学虚拟解剖实验室的技术前景十分广阔，但在实际环境中的落实依然很少。这种情况下，学界对法医学虚拟解剖实验室的发展研究，主要集中在以下两个方面：

（一）法医学虚拟解剖实验室的项目落实

目前，学界对法医学虚拟解剖实验室项目落实的研究，主要集中在有效策略。例如，有专家学者从法医学虚拟解剖实验室的局限出发，提出以下针对性建议：第一，建议相关机构在建设并落实法医学虚拟解剖实验室项目的过程中，将提升 CT 和 MRI 技术作为首要前提，以此消弭法医学虚拟解剖实验室中，CT 和 MRI 的技术缺陷。例如，将 PET 的成像方式与 CT 和 MRI 相结合，以提升法医学虚拟解剖的准确性；利用 CT 灌注增强 CT 血管造影的诊断能力，减少虚拟解剖中不必要的血管造影，为传统的血管定性解释，添加新的解剖信息。第二，建议相关机构在建设并落实法医学虚拟解剖实验室项目的过程中，加大机构的重视程度，为法医学虚拟解剖实验室项目，提供充足的发展资金支持和相关政策倾向，以此促进法医学虚拟解剖实验室项目落实。为此，地方政府、公安机关、法医学教育机构、相关设备的生产企业、法医学研究机构等，要联合起来，构建法医学虚拟解剖实验室建设平台，以此指导和监督法医学虚拟解剖实验室项目的建设和落实工作。例如，建议相关机构在建设并落实法医学虚拟解剖实验室项目的过程中，加大对现有法医从业人员和法医储备人才的培训和教育工作，以此提升法医从业人员和法医储备人才的综合素养，为参与法医学虚拟解剖实验室项目的建设，提供必要的人力资源储备；建议将法医学虚拟解剖实验室引入到培训和教育教材当中，或者将已建成的法医学虚拟解剖实验室，作为法医从业人员和法医储备人才的必要培训基地。

（二）法医学虚拟解剖实验室的发展方向

众所周知，法医学的发展受到以下因素的影响：课堂教学时间减少、学生入学人数增加、教职员工和技术人员减少、缺乏解剖实验室空间、缺乏人体捐赠者方案、严格和复杂的道德审批程序、尸体解剖的使用极少或不使用，以及因流行病而将尸体实验室移到网上的要求。这导致了法医学解剖项目中尸体使用的下降趋势，必须探索法医学人体解剖的

替代方法，以克服上述影响。受此影响，在过去的十年里，视觉辅助法医学解剖的趋势日益增长。然而，由于许多原因，这些视觉辅助设备在法医学解剖中的使用受到限制。大多数研究表明，这些视觉辅助设备仅能提升法医从业人员对人体解剖的理解，而不能完全替代传统解剖。在这方面，作为数字时代法医学的跨时代革命之一，虚拟解剖实验室的应用极大地促进了数字时代法医学的高质量发展。未来对法医学虚拟解剖实验室的研究，将沿着现有的研究路线，着重探讨法医学虚拟解剖实验室的新技术。例如，将有限元分析法应用于法医学虚拟解剖实验室中，能够在现有技术条件基础上，更好地实现图像分析和数字建模，对于保证法医学虚拟解剖实验室检查结果的全面和准确，有着极高的促进意义。此外，针对现阶段法医学虚拟解剖实验室的局限，未来对法医学虚拟解剖实验室的研究，将着重研究法医学虚拟解剖实验室的全面性和准确率。例如，在法医学虚拟解剖实验室中，关于受害人死后肺部检查结果的解释、鉴别和区分，仍然具有挑战性。究其原因，受害人死后肺部部分充满空气，相关的病理结果以及死后变化，也可能因为肺内脏物的叠加，很容易被遗漏。因此，为了满足受害人死后肺部检查所需，可以将死后肺通气作为一种新方法引入到法医学虚拟解剖实验室中，以更好地评估死后的肺部。

结论

综上所述，最近几年法医学的研究趋势表明，技术与法医学共同发展，法医学需求不断走向并适应技术进步。这种情况下，法医学虚拟解剖实验室可以可视化不同的解剖环境，并通过 VR 设备获取三维空间信息的 3D 可视化沉浸式场景的沉浸式体验，是传统法医学的技术提升和未来发展方向，对推动我国法医学的进步，十分重要，值得深入研究。

参考文献：

- [1] 周静,贺玉棚,刘佳.可视化虚拟解剖在人体解剖实验室应用的初步探讨[J].右江医学,2019,47(12):958-960.
- [2] 高俊薇,鹿阳,李彦军等.法医学虚拟解剖实验室建设状况及实验室认可适用性调查[J].法医学杂志,2023,39(02):186-192.
- [3] 张秋芬.虚拟解剖与传统尸检方法的比较(附4例分析)[J].中国法医学杂志,2023,38(04):369-370+373.