

# 医学影像专家系统的研究和应用

程勇 综述 陈卫国 审校

【中图分类号】R814 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2006)03-0309-03

医学诊断、治疗专家系统(expert system, ES)是一种具有特定医学领域内大量权威性知识和经验的程序系统<sup>[1]</sup>,是应用人工智能(artificial intelligence, AI)技术来模拟医学专家的诊断思路,随时向医生提供各种数据和可能的常规诊疗方案以供选择,帮助解决复杂的医学问题,起到“延伸记忆”、“医生助手”的作用,特别是能够帮助年轻无经验的医生提高诊断技能,优化诊疗方案,其诊断水平可以达到甚至超过人类专家。目前,如何将人工智能技术有效地应用于医学影像学领域,是专家系统开发、研究中的一个重要课题。

医学影像专家系统有以下特征,如可靠性高,不会受疲劳、疏忽、紧张或视读环境等主客观因素的影响;可以综合多个专家的知识和经验,以及利用先进的计算机图像处理和分析技术,提高解决问题的能力;不像人类专家那样会遗忘或退休,专家知识可以不受时间和空间的限制而得到永久保留并推广应用。

## 系统的组成和设计

一个完整的医学专家系统应包括知识库、数据库、推理机、知识获取模块和解释接口五个组成部分<sup>[1]</sup>。

①知识库:用来存储和管理问题求解所需的专家系统知识,并通过知识表示方法将知识转化为计算机可利用的形式化知识,一般分为产生式规则知识库和病例知识库。常用知识表示方法有逻辑表示法、产生式规则表示法、模糊逻辑表示法等,目前常将几种方法联合使用。知识库拥有知识的数量和质量是衡量一个专家系统的性能和问题求解能力的关键因素。

②数据库:用来存储初始证据和推理过程中的各种中间信息,包括原始数据、事实和推理结果。

③推理机:是专家系统的“思维”机构,负责模拟专家的思维过程,控制并执行对问题的求解,协调整个系统的运作,实现知识的利用。推理机的效率和智能水平决定专家系统的智能水平。常用的推理方法有正向推理、逆向推理和双向推理三种,各自又可分为精确推理和不精确推理。

④知识获取模块:就是学习模块,负责扩充和修改知识库存有的知识、完善和维护知识库。通常采用两种方法,人工获取知识并输入到知识库,或通过人工神经网络技术自动归纳总结出新的知识。自动获取知识的能力是专家系统真正具备智能的标志,也是目前专家系统开发的瓶颈。

⑤解释接口:是用户与系统交互的环节,主要是对专家系统的结论作出解释,回答用户的问题,为用户向系统学习提供

方便。

专家系统是基于知识的系统,由知识+推理+算法构成,着重点在于知识处理。以前的专家系统大都基于数学模型来实现,常见的有 Bayes 公式、模糊数学等。进入 20 世纪 90 年代后,专家系统的研究转向了与知识工程、神经网络技术、模糊技术、实时操作技术及多媒体技术相组合,这也是专家系统今后的研究方向和发展趋势。

①人工神经网络(artificial neural network, ANN)是一种用大量简单的处理单元(神经元)广泛连接组成的人工网络来模拟大脑神经系统的结构和功能的数学方法<sup>[2]</sup>,由于能够解决知识获取途径中出现的“瓶颈”现象及知识“组合爆炸”问题,具备并行处理方式、自组织学习能力和自联想推理、记忆能力,以及预测事件发展的能力,所以对于含有不确定性的较大规模的医疗诊断专家系统表现出很好的适应性。

基于神经网络的医疗诊断专家系统可以通过病例学习获取诊断知识并按自然联想推理产生诊断结果,这是一般医疗诊断专家系统做不到的。但是,目前这种系统的功能还很有限,只适于解决规模较小的问题,性能受训练数据集的限制,无法解释推理过程和依据。

②模糊逻辑是一种处理不确定性、非线性问题的有力工具<sup>[3]</sup>,适合于表达模糊或定性的知识,其推理方式类似于人的思维方式,所以尤其适合于医学应用,但它缺乏有效的自学习和自适应能力。将模糊逻辑与神经网络结合<sup>[4]</sup>已成为一种趋势,能够弥补神经网络不适于表达基于规则的知识不足,提供更加有效的智能行为、学习能力、自适应特点、并行机制和高度灵活性,使其能够更成功地处理各种不确定的、复杂的、不精确的和近似的控制问题。

## ③遗传算法与粗糙集理论

遗传算法是基于自然选择和基因遗传学原理的全局优化搜索算法,因其简单通用,鲁棒性强,适于并行处理,已成为人们用来解决高度复杂问题的一个新思路和新方法。

粗糙集理论是一种新的处理模糊和不确定性知识的数学工具<sup>[5]</sup>,目前已被成功应用于机器学习、决策分析、过程控制、模式识别及数据挖掘等领域,有可能被用来与人工神经网络技术、人工智能技术综合构造新的医学专家系统模型。

## 研究和应用现状

专家系统在医疗诊断领域已经取得了很大的发展,开发出了很多医疗诊断系统、医疗诊断决策系统及其开发工具,并应用到临床活动中的各个方面,如在妇产科领域,Keith 等开发的智能心率与宫缩描记图计算机辅助分析系统,采用人工神经网络技术,可象专家分析病情一样对处理建议进行解释;Morpur-

go 等<sup>[6]</sup>开发的智能诊断决策系统,能够提供全部可能的病况供医生参考;我国在中医专家系统领域的开发也取得了突破<sup>[7]</sup>。事实证明,运用专家系统进行医疗诊断确实是十分合适和高效的。

但是,在医学影像领域中,目前几乎还没有一个专家系统得到实现<sup>[8]</sup>,在大部分情况下,仍然不能直接利用人工智能获得图像信息,而是取决于由观察者建立的主观印象,其性能的表现主要依赖于用户。

制约影像学专家系统发展的难点主要在于:①高级视觉系统本身的原因,如从影像扫描仪上获得的数据可能是噪声和模糊的,而代表解剖结构或功能的分区常常是复杂的和不确定的,当处理这些被称为证据的不确定的、非精确的信息时,必须从多模式识别分类器中提取和融合数据,从而大大地增加了专家系统设计的复杂性;②虽然医学影像后处理技术方面已经取得了很大的进步,但不同的成像模式和复杂的病理与解剖学结构的初级特征提取之间的矛盾、每一种型号扫描仪具有的单一性与被检者的多样性之间的矛盾,加之与计算机视觉有关的计算代价一起阻碍了自动影像专家系统的发展。

虽然如此,致力于这方面的学者们仍然取得了一些成绩,也有了比较明确的研究方向:

①随着软硬件技术以及网络的发展、数字医学图像 DICOM 标准的建立,人们试图利用 PACS 技术建立适合于各种不同模态医学图像的共用的影像学专家系统,目前用于健康监护机构的自动影像数据库检索就是这方面应用的例子;

②医学影像学方面的初级特征提取技术近来得到广泛的研究和应用,如在乳房 X 线照片中自动检测丛生的小钙化点的线性滤波和阈值匹配方法,已经被证实提高了影像医生的诊断精确率<sup>[9]</sup>;肺部肿瘤的计算机辅助检测<sup>[10]</sup>、通过胸部 X 线照片对腔隙性疾病的定性诊断以及骨肿瘤的鉴别诊断<sup>[11]</sup>等也已经在一些例子中得到成功地证明。但是,对于复杂的临床情况,这些方法就有其局限性,因此还要进行多个特征提取器的联合使用,并且在高级规则上必须综合临床知识,影像学专家系统应该、也完全可以通过 PACS 紧密地与临床活动结合起来;

③还有,正在研制的一种有决议支持系统的成像系统<sup>[9,12,13]</sup>,是以提供诊断精度和诊断结果的综合再现性为目的,能做一些正常和非正常样本的测量计算,引起影像医生对潜在的非正常区域的注意,如研究人眼阅读 X 线胸片时,大约 30% 的肺内结节被漏诊,漏诊的原因是由于影像医生没有注意到这些有病变的区域,而专家系统却能够帮助减少这些错误的数量。而且,当影像医生需要报告一些模棱两可的图像信息时,可以通过一个按键就能获得一套支持他们决议的计算方法;

④另外,人们也试图将影像学专家系统从纯粹的诊断为目的的转移到治疗管理方面,使其为放射治疗和外科手术的计划制定和效果评估提出相应的决议支持。

## 存在的问题和展望

以上可以看出,医学影像专家系统在理论和实践两个方面都已取得了良好的成绩,但目前的发展还很不平衡,还存在不

少问题,主要有:①软件的发展落后于硬件,缺乏一种令人满意的通用专家系统开发平台或计算机语言;②开发出的专家系统实用性较差,存在一些低层次重复开发和缺乏客观的、科学的、重复性好的验证系统;③计算机工程技术人员和影像专家之间知识脱节,增加了专家系统的开发难度;④在开发过程中,有将复杂系统简单化、机械化的倾向。要想建造真正的“医生助手”的综合智能影像诊断系统,必须认真解决这些问题。

未来的医学影像专家系统的发展可能会具备以下几个特点:

①会更多的与多媒体技术相结合,把文字、图形、图像、声音或动画等信息集成在一起,拓宽知识推理的范围;会有更友好的用户界面实现更加方便的人机对话。

②会逐步朝着多专家协同诊断系统<sup>[14,15]</sup>的方向发展。采用分布式结构,通过合同网协商机制建立协同式医学影像专家系统,利用多智能体技术,使多个专家系统以任务共担和结果共享的方式互相协助,共同完成复杂病例的诊断。

③与网络的结合将会更加密切<sup>[16,17]</sup>。通过与远程放射学会诊系统结合,能够实时、灵活地发挥多个专家系统的知识,提高诊断的符合率和准确率;同时,能够将动态资料补充到静态知识集,加快专家系统知识的更新。

## 结 语

目前,国内专家系统在医疗领域的应用和发展相对来说还规模较小、水平较低、应用范围也有限,医学影像专家系统的研究是专家系统开发的难点,在目前人工智能技术的发展水平下,设计完全替代影像学专家的高智能诊断系统,技术上还存在很大的困难,同时也可能会面临沉重的经费负担;如果在系统设计上,将功能定位为对影像医生提供智能决策支持,扩展和启发而不是替代其思维,可能会使专家系统在医学影像领域取得更好的发展和应用。

## 参考文献:

- [1] Brasil LM, de Azevedo FM, Barreto JM. Hybrid Expert System for Decision Supporting in the Medical Area: Complexity and Cognitive Computing[J]. Int J Med Inform, 2001, 63(1-2): 19-30.
- [2] Castellaro C, Favaro G, Castellaro A, et al. An Artificial Intelligence Approach to Classify and Analyse EEG Traces[J]. Neurophysiol Clin, 2002, 32(3): 193-214.
- [3] Phuong NH, Kreinovich V. Fuzzy Logic and its Applications in Medicine[J]. Int J Med Inform, 2001, 62(2-3): 165-73.
- [4] Innocent PR, John RI, Garibaldi JM. The Fuzzy Medical Group in the Centre for Computational Intelligence[J]. Artif Intell Med, 2001, 21(1-3): 163-70.
- [5] 张文修, 吴伟志. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 273-281.
- [6] Morpurgo R, Mussi S. I-DSS: An Intelligent Diagnostic Support System[J]. Expert Systems, 2001, 18(1): 43-58.
- [7] 陈榕虎. 台湾地区计算机辅助技术应用于中医研究概况[J]. 中华中医药信息杂志, 2002, 9(1): 78-80.
- [8] 陈真诚, 蒋勇, 胥明玉, 等. 人工智能技术及其在医学诊断中的应用

- 及发展[J]. 生物医学工程学杂志, 2002, 19(3): 505-509.
- [9] Francois C, David MH, Guang ZY. Computerized Decision Support in Medical Image[J]. IEEE Engineering in Medicine and Bio logy, 2000, 5(9): 89-96.
- [10] Hiroyuki Abe, Heber MacMahon, Roger Engelmann, et al. Computer-aided Diagnosis in Chest Radiography: Results of Large-Scale Observer Tests at the 1996 2001 RSNA Scientific Assemblies[J]. RadioGraphics, 2003, 23: 255-265.
- [11] Lejbkowitz I, Wiener F, Nachtigal A, et al. Bone Browser a Decision-aid for the Radiological Diagnosis of Bone Tumors[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2002, 67(2): 137-54.
- [12] 赵卫东, 盛昭瀚. 基于形象思维的医疗诊断系统研究[J]. 系统工程理论与实践, 2000, 20 (10): 108-113.
- [13] Larkin M. Artificial Intelligence Slips Cautiously into the Clinic [J]. Lancet, 2001, 358(9285): 898.
- [14] Martin-Baranera M, Sancho JJ, Sanz F. Controlling for Chance Agreement in the Validation of Medical Expert Systems with no Gold Standard: PNEUMON-IA and RENOIR Revisited[J]. Comput Biomed Res, 2000, 33(6): 380-97.
- [15] 张立群, 李杰. 一种应用于多专家会诊系统的调度专家算法[J]. 计算机应用研究, 2000, 17(3): 12-14.
- [16] Lowe HJ. Multimedia Electronic Medical Record Systems[J]. Acad Med, 1999, 74(2): 146.
- [17] Man DW, Tam SF, Hui-Chan CW. Learning to Live Independently with Expert Systems in Memory Rehabilitation[J]. Neuro Rehabilitation, 2003, 18(1): 21-29.

(收稿日期: 2005-06-13 修回日期: 2005-08-17)

## • 病例报道 •

# 肺隐球菌病一例

徐蓓蓓, 徐向阳

【中图分类号】R814. 42; R814; R563 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2006)03-0311-01

**病例资料** 患者, 男, 48 岁。体检时发现双下肺结节影。无明显发热、胸痛、咳嗽、咳痰及咯血等。患者精神、食欲及大小便正常。曾有多年养鸽史。

**胸片:** 右中肺野可见 2 个大小不等的结节影, 边界较清楚, 密度尚均匀(图 1)。诊断为肺部感染性病变。

**CT:** 右下叶背段胸膜下见一直径约 1.4 cm 的结节状影(图 2), 密度均匀, CT 值为 27 HU, 内缘清晰, 前上缘紧贴斜裂, 下缘模糊, 病灶下方 1.8 cm 处另见有小片状阴影, 密度不均匀, 边界模糊, 中央致密。CT 诊断为肺部感染性病变, 结核的可能性大。但 PPD 试验呈阴性, 遂行 CT 引导下肺穿刺活检, 病理标本送检。

**病理结果:** 经 HE 染色, 镜下见肺间质内有淋巴细胞浸润, 多核巨细胞多见。在多核巨细胞、肺泡腔内及肺间质内均可见新型隐球菌。经 PAS 染色, 可见清晰的新型隐球菌。

**讨论** 隐球菌肺炎存在于自然界, 特别是鸽和其它鸟类的粪便中, 多由机遇性感染引起。空气中隐球菌孢子通过呼吸道进入肺实质后, 由于其分泌的荚膜物质抑制白细胞反应, 故中性粒细胞浸润、充血、水肿的反应很少。病灶内可见较多真菌, 经真菌染色可检出。由于隐球菌有一双层荚膜, 荚膜内含有粘多糖, PAS 染色阳性可将之与其它酵母样致病真菌鉴别<sup>[1]</sup>。患者临床症状常轻微, 少数人可无明显症状。肺隐球菌病影像学表现常为单发或多发、边界清晰的结节状或团块状病灶。常位

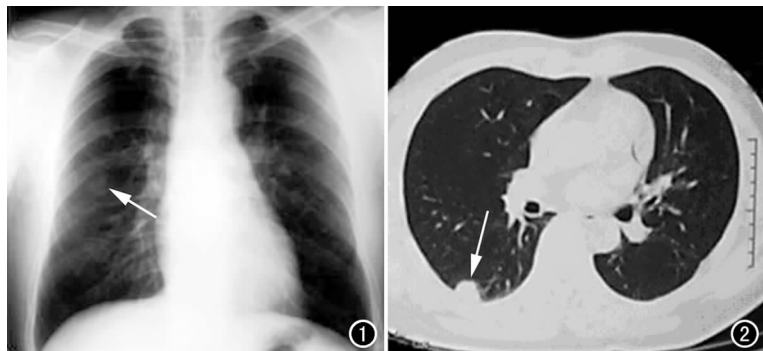


图 1 胸部正位片示右侧第 3 前肋间可见边界清楚的结节影(箭), 周围未见卫星病灶。图 2 CT 示右下叶背段胸膜下见一直径约 1.4 cm 的结节状影, 内缘清晰(箭)。

于肺部外围, 且以下肺多见。亦可有其它形态的表现, 如空洞型、大叶实变型等, 可伴有胸水、肺门淋巴结肿大等<sup>[2]</sup>。本病的临床表现及影像学均无特异性, 与结核球、肺炎、肿瘤等鉴别困难。本例患者经胸片和 CT 检查发现病灶, 因诊断困难, 行 CT 引导下穿刺, 标本经 HE 染色及 PAS 染色后发现新型隐球菌, 诊断得以明确。

## 参考文献:

- [1] 武忠弼, 杨光华, 王美清, 等. 中华外科病理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 998-999.
- [2] 邵江, 史景云, 龙正千, 等. 肺隐球菌病的 CT 表现[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38, (8): 831-833.

(收稿日期: 2005-06-12 修回日期: 2005-08-15)

**作者单位:** 430077 武汉, 华中科技大学同济医学院附属梨园医院放射科

**作者简介:** 徐蓓蓓(1981-), 女, 湖北襄樊人, 住院医师, 主要从事影像诊断工作。