

DOI:10.16781/j.0258-879x.2018.08.0935

• 综述 •

眩晕疾病人工智能专家诊疗系统研究进展

王 会, 于栋祯*

上海交通大学附属第六人民医院耳鼻喉头颈外科, 上海 200233

[摘要] 近年来, 人工智能技术在医学领域的应用成为现代科技的研究热点。将人工智能技术应用于眩晕疾病的诊断不仅可以节约医疗资源, 还能及时诊治眩晕。因此, 本文通过概述眩晕疾病人工智能专家诊疗系统“Vertigo”“ONE”和其他人工智能方法, 分析人工智能技术在眩晕诊断领域的应用进展, 总结多种人工智能方法应用于眩晕疾病的优点和缺点, 并对人工智能技术在眩晕疾病诊疗中的发展前景进行了展望。

[关键词] 人工智能; 专家系统; 眩晕; 诊断

[中图分类号] R 441.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2018)08-0935-04

Research progress and prospect of expert system for vertigo disease

WANG Hui, YU Dong-zhen*

Department of Otolaryngology/Head and Neck Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

[Abstract] In recent years, artificial intelligence technology in medical field has become a research focus of modern science and technology. The application of artificial intelligence technology in the diagnosis of dizziness can not only save medical resources, but also treat dizziness in time. In this paper, we analyzed the application of artificial intelligence technology in the field of vertigo diagnosis by illuminating the expert systems for vertigo disease such as “Vertigo” and “ONE”, and other methods, summarized the advantages and disadvantages of various artificial intelligence methods applied in vertigo disease, and prospected the development prospect of artificial intelligence technology in vertigo diagnosis system.

[Key words] artificial intelligence; expert systems; vertigo; diagnosis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2018, 39(8): 935-938]

头晕和眩晕是临床最常见的症状, 约有15%~35%的人群受到影响^[1]。研究表明每年约有11.5%的成年人患有头晕^[2], 14.8%有头晕或平衡异常^[3]。眩晕及其伴随症状如跌倒等严重影响患者的生活、工作, 并可能导致焦虑、抑郁等精神疾病, 严重的中枢性眩晕甚至危及患者生命。由于引起眩晕的病因尚不完全清楚, 可能涉及多系统、多器官, 且目前辅助检查的特异性低, 定位不够精准, 医师认识不足, 所以多是在排除其他可能原因后基于临床症状和体征的综合诊断^[4]。以良性阵发性位置性眩晕 (benign paroxysmal positional vertigo, BPPV) 为例, 多数 BPPV 患者曾就诊过2个以上不同的科室, 包括普通内科 (82%)、耳鼻喉科 (57%) 和神经内科 (47%) 等。研究发现

BPPV 患者从症状初发到最终诊断的平均持续时间为70个月, 平均往返医院8次^[5]。BPPV 俗称“耳石症”^[6], 是最常见的前庭外周性眩晕疾病, 虽然 BPPV 常为自限性, 但因医务人员对其认识不足, 误诊、漏诊率高, 对个人和社会造成了很大的负担^[7]。

自20世纪50年代开始, 人工智能专家系统等技术被开发应用于医学诊断领域。人工智能技术在眩晕领域内的应用可能在一定程度上辅助临床医师的诊断, 提高眩晕疾病的诊治水平, 减少眩晕疾病的危害。本文主要概述了眩晕疾病人工智能专家诊疗系统的应用进展, 并对人工智能技术在眩晕疾病中的应用前景进行了展望。

[收稿日期] 2018-07-03 **[接受日期]** 2018-08-02

[作者简介] 王 会, 硕士生. E-mail: drhuiwang@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-24058706, E-mail: drdzyu@126.com

1 眩晕疾病的人工智能专家诊疗系统

随着科学技术的发展,目前人工智能有三大主要分支,即专家系统、人工神经网络和数据深度挖掘,尤其是基于人工神经网络技术及医疗大数据挖掘的医疗专家系统已成为国内外医疗领域关注的重点^[8]。专家系统是人工智能开发的一种新的信息处理工具,它能够通过使用某领域专家的知识模拟该领域专家的行为来解决该领域的问题^[5]。

人工智能专家系统包括:(1)一组表示推理方法的算法(推理引擎);(2)一种知识库,包含特定应用领域特有的事实、陈述和演绎规则;(3)一组数据,包含关于该案例的可用信息或待分析的情况。专家系统正在彻底改变计算机的使用方式,因为它不要求人类编程预定义的算法,而是表示知识,机器使用这些知识为所提出的问题构建解决方案^[5]。此外,专家系统的另一特点是能通过明确推理证明自己的结论。如1984年Mira等开发出了一种专家系统“Vertigo”,用于鉴别由于外周前庭紊乱导致的眩晕疾病。“Vertigo”包括发现、假设和规则,发现为患者的数据信息,假设为可能的诊断结论,规则为与假设相关疾病的基础知识。

“Vertigo”通过问卷采集患者信息,问卷完成后系统会总结收集的信息,进入阐释分析阶段,给出诊断结论,可能的结论是分类法中考虑的一个或多个最终假设。根据确定性程度,结论被分为很可能、可能、怀疑3个等级。但由于算法简单,系统纳入的临床资料不足,“Vertigo”的诊断结果过于宽泛,可参考性较差^[9]。

迄今为止,耳鼻咽喉学科领域至少有3种专家系统,包括“Carrusel”^[10]、“Vertigo”^[11-12]和“ONE”^[13-14]。“Carrusel”是通过贝叶斯方法和基于生产规则的知识库,应用Prolog编写的基于规则的程序,与参与设计的人类专家相比,其成功率达到了97%。“Vertigo”也是通过应用贝斯曼方法和基于生产规则的知识库构建实施的,但与“Carrusel”不同,它仅考虑患者的历史参数。

“ONE”的推理是建立在病史、症状和检查结果的基础上的,这是它与另2种专家系统的不同之处。“ONE”对每种疾病的相关症状、体征和检查结果进行加权评分,由定义的疾病特征识别出最可能的疾病,利用模糊逻辑的方法解决了信息丢失

和不确定性问题。将医师的诊断与“ONE”提供的诊断进行对比,发现医师的平均诊断准确率为69%,而“ONE”为65%^[15]。“ONE”包含一个程序设计的咨询数据库,并在所有网页上在线提供关于患者问题、临床症状、检查结果等方面的帮助,将纳入系统的所有疾病的描述作为推理过程,从而可以给出疾病诊断结果。此外,“ONE”是通过灵活的评分系统构建的,因此其相比其他专家系统甚至许多人类专家更智能。尽管如此,“ONE”仍然面临着使专家系统更进一步发展的机会和挑战,如线性判别分析和基于遗传学的算法可以用于提取来自与“ONE”相关联的数据库的相关性质和参数^[4,16-17]。

专家系统已被用作医学领域的诊断工具和教学工具。然而建立专家系统知识库是一项艰巨的任务;为了使这一任务自动化,已经开发了几种机器学习方法,这些方法可以用于改进知识库,消除不协调性和冗余性,简化决策规则。例如,决策树归纳的方法可以获取耳蜗神经疾病的诊断知识,并从耳蜗神经专家系统数据库中提取相关参数^[18]。决策树针对每种疾病单独建立,决策树自上而下归纳(top down induction of decision trees, TDIDT)是以决策树形式表示分类模型的机器学习方法。决策树是包含节点和叶子的递归知识结构(图1),其内在节点代表基于示例特征的测试案例,叶子代表类别。由于具有符号性且易于理解,决策树方法适合应用于医疗决策。目前,决策树方法已广泛应用于多个领域,如协助诊断甲状腺相关疾病、预测严重脑损伤患者的预后、调查痉挛状态的临床与神经生理学评估的关系^[19-22]等。在医学领域,每天都有新的病例出现,所以决策树的更新能力非常有利,然而决策树使用的See5分类系统并没有这种功能,因此必须在训练集中加入新的病例,并构造新分类器^[23]。

专家系统“ONE”和遗传算法的信息更新能力很容易获得。在基于模式识别的专家系统中,当新的诊断中有价值的信息可用时,由用户进行更新。遗传算法是起源于自然系统的搜索算法,它可以在数小时内浏览大量数据库的病例,构建新的诊断规则。遗传算法的力量来自于达尔文进化论和自然遗传学的结合原理,这使得遗传算法能适应不同环境。与传统的搜索算法相比,遗传算法具有概

念简单、稳定、广泛适用、可扩展, 以及可与其他方法混合等优点。Galactica 是一种归纳性的学习系统, 它应用遗传算法从数据库中获取被人工标记的阳性或阴性概念, 能针对涉及眩晕的 6 种耳神经科学疾病, 即前庭神经鞘瘤、良性位置性眩晕、梅尼埃病、突发性聋、外伤性眩晕、前庭神经炎制定准确的诊断规则, 其诊断准确率分别为 91%、96%、81%、95%、92%、98%^[4,24]。

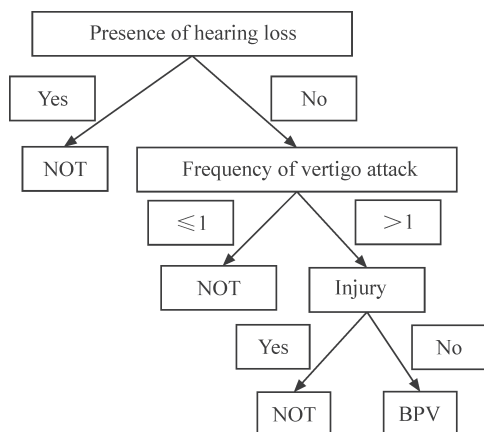


图 1 良性位置性眩晕的决策树

Fig 1 Decision tree for benign positional vertigo

The “BPV” leaf represents the decision “benign positional vertigo” and the “NOT” leaves represent the decision “not benign positional vertigo”

其他人工智能方法如贝叶斯方法也可应用于耳神经科学疾病的分类, 并评估属性依赖关系。采用 38 个耳蜗神经属性, 利用朴素贝叶斯概率模型和具有不同评分函数的贝叶斯网络对 6 种耳蜗神经疾病进行分类, 在 10 倍交叉验证的基础上进行测试, 其诊断准确率高达 90%^[25]。此外, 某些疾病很难与其他疾病相鉴别, 这类问题可以通过 One-vs-One (OVO, 也被称为循环或成对类二值化) 和 One-vs-All (OVA, 也被称为 one-end-all 或 one-vs-rest) 得到缓解 (使用几个二进制分类器, 而不是一个分类器同时对所有类别进行分类)。OVO 分类器处理数据更优于 OVA, 特别是具有 K 最邻近 (K-nearest neighbour, K-NN) 算法的 OVO 分类器总的分类准确度更高^[3]。

多位学者曾研究各种人工智能方法的准确性, 如 Kentala 等^[23]研究表明, 决策树是一种获取耳神经科学诊断知识和从大量参数中提取相关参数的有效方法, 准确率最高的决策树鉴别前庭神经鞘瘤、梅尼埃病、外伤性眩晕、突发性聋、良性

阵发性直立性眩晕、前庭神经炎的准确率分别为 99.5%、94.1%、99.3%、98.8%、99.5%、95.4%; Krafczyk 等^[25]研究表明, 人工神经网络技术确定平衡障碍典型的姿势摇摆模式的整体特异度和灵敏度为 93%; 而贝叶斯概率模型的平均灵敏度为 90%, 其阳性预测值和准确率均高于以往的神经网络。

2 人工智能技术在眩晕疾病中的应用展望

近十年来, 眩晕的基础和临床研究快速发展, 不同的前庭功能检查技术、前庭疾病诊断标准 and 治疗方法不断涌现, 人类对前庭疾病的认识不断加深。计算机技术、数据库技术、数据挖掘技术等均取得了飞速发展, 使人工智能技术与眩晕疾病诊疗的融合越来越迫切。研发眩晕疾病相关的人工智能专家诊疗系统可对此类非线性数据进行了深度学习和挖掘, 利用其容错性、自适应性和并行处理等优点对眩晕疾病进行快速而精确的诊断, 提高眩晕疾病诊疗的效率和质量, 降低医疗成本。人工智能将是未来医疗的发展方向及趋势, 其将会很好地辅助医师诊治、提高医疗服务质量、减低医疗成本, 促进前庭医学的发展及进步。

[参考文献]

- [1] NEUHAUSER H K. The epidemiology of dizziness and vertigo[M]//Handbook of Clinical Neurology. New York: Elsevier Health Sciences, 2016: 887-894.
- [2] LIN H W, BHATTACHARYYA N. In response to impact of dizziness and obesity on the prevalence of falls and fall-related injuries[J/OL]. Laryngoscope, 2015, 125: E351. doi:10.1002/lary.25185.
- [3] WARD B K, AGRAWAL Y, HOFFMAN H J, CAREY J P, DELLA SANTINA C C. Prevalence and impact of bilateral vestibular hypofunction: results from the 2008 US National Health Interview Survey[J]. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2013, 139: 803-810.
- [4] KENTALA E, LAURIKKALA J, PYYKKÖ I, JUHOLA M. Discovering diagnostic rules from a neurotologic database with genetic algorithms[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1999, 108: 948-954.
- [5] MIRA E, BUIZZA A, MAGENES G, MANFRIN M, SCHMID R. Expert systems as a diagnostic aid in otoneurology[J]. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec, 1990, 52: 96-103.
- [6] WANG H, YU D, SONG N, SU K, YIN S. Delayed diagnosis and treatment of benign paroxysmal positional

- vertigo associated with current practice[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2014, 271: 261-264.
- [7] BREVERN M V, RADTKE A, LEZIUS F, FELDMANN M, ZIESE T, LEMPERT T, et al. Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo: a population based study[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2007, 78: 710-715.
- [8] DE GREY A D. Artificial intelligence and medical research: time to aim higher?[J]. *Rejuvenation Res*, 2016, 19: 105-106.
- [9] 王宁宇,王彦君. 人工智能技术在眩晕病因鉴别诊断中的应用[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 29: 389-391.
- [10] GAVILÁN C, GALLEGO J, GAVILÁN J. 'Carrusel': an expert system for vestibular diagnosis[J]. *Acta Otolaryngol*, 1990, 110: 16-17.
- [11] SCHMID R, ZANOCCO P, BUIZZA A, MAGENES G, MANFRIN M, MIRA E. An expert system for the classification of dizziness and vertigo[M]. Berlin: Springer, 1987, 33: 45-53.
- [12] MIRA E, SCHMID R, ZANOCCO P, BUIZZA A, MAGENES G, MANFRIN M. A computer-based consultation system (expert system) for the classification and diagnosis of dizziness[J]. *Adv Otorhinolaryngol*, 1988, 42: 77-80.
- [13] KENTALA E, PYYKKÖ I, AURAMO Y, JUHOLA M. Database for vertigo[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 1995, 112: 383-390.
- [14] AURAMO Y, JUHOLA M. Comparison of inference results of two otoneurological expert systems[J]. *Int J Biomed Comput*, 1995, 39: 327-335.
- [15] KENTALA E L, LAURIKKALA J P, VIIKKI K, AURAMO Y, JUHOLA M, PYYKKÖ I V. Experiences of otoneurological expert system for vertigo[J]. *Scand Audiol Suppl*, 2001(52): 90-91.
- [16] FITZGERALD D C. Characteristics of six otologic diseases involving vertigo[J]. *Am J Otol*, 1997, 18: 267.
- [17] KENTALA E, PYYKKÖ I, AURAMO Y, LAURIKKALA J, JUHOLA M. Otoneurological expert system for vertigo[J]. *Acta Otolaryngol*, 1999, 119: 517-521.
- [18] VIIKKI K, KENTALA E, JUHOLA M, PYYKKÖ I. Decision tree induction in the diagnosis of otoneurological diseases[J]. *Med Inform Internet Med*, 1999, 24: 277-289.
- [19] LANGLEY P, SIMON H A. Applications of machine learning and rule induction[J]. *Commun ACM*, 1995, 38: 54-64.
- [20] QUINLAN J R, COMPTON P J, HORN K A, LAZARUS L. Inductive knowledge acquisition: a case study[C]// Australian Conference on Applications of Expert Systems. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co. Inc., 1987: 137-156.
- [21] FORSSSTRÖM J, NUUTILA P, IRJALA K. Using the ID3 algorithm to find discrepant diagnoses from laboratory databases of thyroid patients[J]. *Med Decision Making*, 1991, 11: 171-175.
- [22] PILIH I A, MLADENIC D, LAVRAC N, PREVEC T S. Using machine learning for outcome prediction of patients with severe head injury[C]// Proceedings of Computer-Based Medical Systems. IEEE, 2002: 200.
- [23] KENTALA E, VIIKKI K, PYYKKÖ I, JUHOLA M. Production of diagnostic rules from a neurotologic database with decision trees[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2000, 109: 170-176.
- [24] MIETTINEN K, JUHOLA M. Classification of otoneurological cases according to Bayesian probabilistic models[J]. *J Med Syst*, 2010, 34: 119-130.
- [25] KRAFCZYK S, TIETZE S, SWOBODA W, VALKOVIC P, BRANDT T. Artificial neural network: a new diagnostic posturographic tool for disorders of stance[J]. *Clin Neurophysiol*, 2006, 117: 1692-1698.

[本文编辑] 杨亚红