

. 论 著 .

基于迁移学习算法开发的人工智能脑积水诊断模型的临床应用

陈宇航 林中松 李新瑜 张 亮 李小潘 郝晓伟 程小兵 张鸿日

【摘要】目的 利用迁移学习算法设计、开发一种人工智能脑积水影像诊断工具,并评价其应用颅脑 CT 平扫影像诊断脑积水的效果。**方法** 收集河南科技大学第一附属医院正常成人及脑积水的颅脑 CT 影像 DICOM 数据各 1 250 例,按 6:2:2 随机分为训练集、验证集和测试集。应用 Python 开发标记工具对数据进行预处理并标注特征变量,建立自主研发的逐像素 ForrestNet-CNN 算法模型,并对特征变量进行提取和深度学习。选取影像学住院医师、主治医师、副主任医师各 2 名对 250 例脑积水和 250 例正常影像进行测试,并与人工智能模型的测试结果进行比较。**结果** 人工智能模型、住院医师、主治医师、副主任医师诊断脑积水的敏感性分别为 94.4%、92.8%、95.2% 和 96.4%,特异性分别为 93.6%、94.0%、96.0% 和 97.6%,准确率分别为 94.0%、93.4%、95.6% 和 97.0%。虽然人工智能模型诊断脑积水的敏感性、特异性、准确率明显低于副主任医师($P<0.05$),但是与住院医师、主治医师均无统计学差异($P<0.05$)。**结论** 本研究开发的人工智能模型可有效地识别脑积水的 CT 影像特点,具有较高的准确率。

【关键词】 脑积水;CT 影像;诊断;人工智能;迁移学习算法

【文章编号】 1009-153X(2021)05-0349-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 742.7

Application of artificial intelligence model established based on transfer learning algorithm in diagnosis of hydrocephalus
CHEN Yu-hang¹, LIN Zhong-song², LI Xin-yu³, ZHANG Liang², LI Xiao-pan³, HAO Xiao-wei¹, CHENG Xiao-bing¹, ZHANG Hong-ri¹. 1. Department of Neurosurgery, First Affiliated Hospital, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, China; 2. Shanghai Nanoperception Technology Co. LTD, Shanghai 201203, China; 3. Department of Radiology, First Affiliated Hospital, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, China

【Abstract】 Objective To explore the value of an artificial intelligence (AI) model established based on the transfer learning algorithm in the diagnosis of hydrocephalus. **Methods** The DICOM data of brain CT images of 1 250 normal adults and 1 250 patients with hydrocephalus were collected, and then were randomly divided into training set, verification set and test set at the ratio of 6:2:2. The data were preprocessed and the characteristic variables were labeled using Python tool, and then the AI model, which was established by a self-developed pixel-by-pixel ForrestNet-CNN algorithm, was used to extract and study the characteristic variables. The diagnostic results of AI model were compared with the results of imaging resident, attending physician and deputy chief physician, respectively. **Results** The sensitivities of the AI model, resident physician, attending physician, and deputy chief physician in diagnosing hydrocephalus were 94.4%, 92.8%, 95.2%, and 96.4%; the specificities were 93.6%, 94.0%, 96.0%, and 97.6%; the accuracy rates were 94.0%, 93.4%, 95.6% and 97.0%, respectively. The sensitivity, specificity and accuracy rate in diagnosing hydrocephalus of the AI model were significantly lower than those of the deputy chief physician ($P<0.05$). There was no statistical differences in the sensitivity, specificity and accuracy rate in diagnosing hydrocephalus among the AI model, the resident physician and the attending physician ($P>0.05$). **Conclusions** The AI model developed in this study can effectively identify the CT image characteristics of hydrocephalus with high accuracy.

【Key words】 Hydrocephalus; Artificial intelligence; Transfer learning; Diagnosis

颅脑 CT 是诊断脑积水的重要检查方法^[1],既可以观察脑室,也可以明确病因。脑室扩大到一定程度即可诊断为脑积水,由于缺乏统一的标准,诊断具有一定的难度。因此,利用新技术探索新的诊断方法和标准,对脑积水的影像诊断具有重要的意义和应用价值。随着人工智能的发展,基于百万级海量数据的深度学习已经取得了一定的成就^[2,3]。然而,在医学影像辅助诊断研究中,很难获取海量的医学影像数据。迁移学习理论是一种新的学习方法论,

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2021.05.010
基金项目:河南省医学科技攻关计划省部共建项目(SB201901066)
作者单位:471000 河南洛阳,河南科技大学第一附属医院神经外科(陈宇航、郝晓伟、程小兵、张鸿日),影像中心(李新瑜、李小潘); 201203 上海,上海纳凝微信息科技有限公司(林中松、张 亮)
通讯作者:张鸿日,E-mail:hongrizhang@126.com

可以利用有限的数据进行深度学习,并获得良好的结果^[4]。本研究拟开发一种基于迁移学习算法的人工智能脑积水诊断模型,并对其效果进行评估,为人工智能的医学辅助诊断的研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源 收集河南科技大学第一附属医院 2012 年 6 月至 2018 年 6 月因脑积水行颅脑 CT 平扫 DICOM 格式数据 1 450 份,2018 年 3~6 月收集正常成人颅脑平扫 CT 平扫数据 1 350 份。将 DICOM 格式数据转换为 JPG 格式,并分别交由两位影像科副主任医师及一位主任医师阅片后重新诊断,本文脑积水诊断标准为 Evan 指数>0.32^[5],当三个医师诊断结果相同时诊断成立,纳入研究,最终获取脑积水数据 1 327 份,正常数据 1 290 份。随机选取脑积水样本及正常样本各 1 250 份用于本研究,脑积水及正常成人的性别、年龄无统计学差异($P>0.05$)。每份 CT 资料取 10~20 个层面,以第四脑室及脑室系统为中心并将其完全包括在内,每份 CT 资料将进行重新的随机排列,并按照 6:2:2 的比例分为训练集、验证集和测试集;前两个集合将进行数据训练,最后一个集合用于模型和影像医师的测试和比较。

1.2 数据的预处理和特征变量的标记 选择 Python 开发标记工具,标记脑积水相关的特征变量,包括脑室系统中侧脑室、第三脑室、中央导水管、第四脑室、外侧裂池,不同的变量用不同颜色区别(图 1)。由影像科主治医师和神经外科主治医师同时对一个图片进行标记,然后由一名影像科副主任医师负责审核。图像的预处理包括 3 个部分:分割,构建输入数据集和数据扩充。标记后,CT 图像由标记工具进一步分为脑积水脑室系统、正常脑室系统和脑组织区域。输入数据集包括所有已标记的图像。通过数据扩充,对原始数据执行一些预处理,可以加快网络融合并提高准确性。本研究实现的数据增强方法的细节:①上下左右翻转图片;②将每个扫描层面随机旋转 10°;③扫描层面在 15 个像素之间随机移动。网络输入的每个部分都需要使用相同的旋转/移位操作进行一次扩充。

1.3 自主研发的逐像素 ForrestNet-CNN 算法模型的建立(图 2) 采用 GoogleNet 和 DenseNet 技术相结合的积卷神经网络对脑积水的特征进行深度学习,颅脑 CT 图像输入到神经网络之前,应用传统算法的轮廓增强和细节增强算法对图像进行预处理。应用基于 Attention 机制的 cross-contrast 技术,将 VGG、In-

ception、ResNet 等在图像领域行之有效的预训练模型迁移至神经网络中。将与脑积水有关的参数脑室容积、颅腔体积,侧脑室额角宽度及同一层面脑部最大宽度、Evan 指数输入神经网络以提高准确性。

1.4 测试 一是,应用测试集来对模型进行测试;二是,选择医师对测试集进行影像诊断,选择河南科技大学第一附属医师影像医学中心初级、中级、高级职称医师各 2 名,将测试集中 500 例(正常:脑积水=1:1)头颅 CT 影像资料转化为 JPG 格式交由每位医师阅读,将同级别医师的测试结果相加后除以 2,所获数据代表此级别医师的测试结果。

2 结果

人工智能、住院医师、主治医师、副主任医师诊断脑积水的敏感性分别为 94.4%、92.8%、95.2%、96.4%,住院医师诊断敏感性低于副主任医师($P=0.075$);而人工智能与副主任医师($P=0.286$)、主治医师与副主任医师之间均无统计学差异($P=0.504$)。副主任医师诊断脑积水的特异性(97.6%)明显高于人工智能(93.6%; $P=0.029$)、住院医师(94.0%, $P=0.045$),而与主治医师(96.0%)无统计学差异($P=0.309$)。副主任医师诊断脑积水的正确率(97.0%)明显高于人工智能(94.0%; $P<0.05$)、住院医师(93.4%; $P<0.05$)、主治医师(95.6%; $P<0.05$)。见表 1。

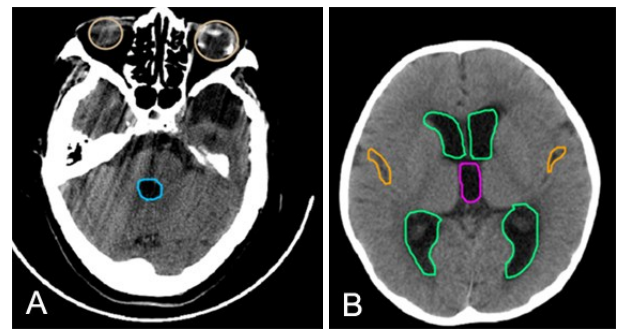


图 1 应用头部 CT 平影像扫进行特征变量的标记 不同的颜色代表不同的特征变量,主要是标注脑室系统,标注眼球用于计算影像的偏转度

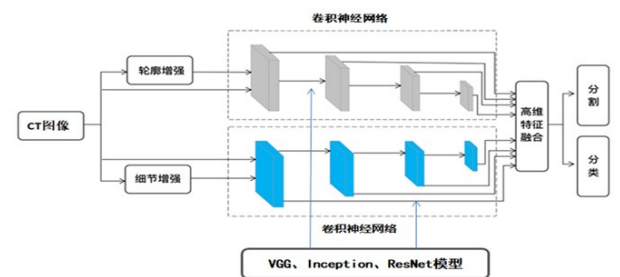


图 2 自主研发的逐像素 ForrestNet-CNN 算法模型示意图

表 1 人工智能与不同职称影像学医师诊断脑积水的测试结果(例)

样本	人工智能		住院医师		主治医师		副主任医师	
	积水	正常	积水	正常	积水	正常	积水	正常
积水	236	14	232	18	238	12	241	9
正常	16	234	15	235	10	240	6	244

3 讨 论

我们应用 2 000 例(约 40 000 幅)头颅 CT 影像训练人工智能模型,使用迁移学习算法建立模型,具有良好的性能。与经典深度学习算法相比,迁移学习算法可以通过较小训练数据集,训练出一个高度精确的模型,但其性能仍低于经典深度学习算法建立的模型^[2]。另外,经典深度学习算法,常常需要数周才能达到一个较好的精度,而迁移学习算法往往在两个小时内就能完成。

迁移学习算法建立模型的性能在很大程度上取决于预训练模型的性能^[6]。因此,随着预训练模型使用更先进的学习技术和应用更多的医学影像数据集,迁移学习算法模型的性能将随之增强。此外,随着卷积神经网络应用领域的快速发展,也将为迁移训练提供性能更好的训练模型。

脑室扩大常用的参数包括 Evan 指数、额-枕角比等。脑积水诊断不仅需脑室扩大到一定的程度,还需要与老年性痴呆、脑萎缩等鉴别^[7,8]。本研究由于受到样本量较小的限制,主要应用 Evan 指数诊断脑积水,结果显示,人工智能模型的诊断能力与影像学住院医师相当,但与高年资影像医生仍然有差异。Prevedello 等^[9]报道脑积水的人工智能正确率为 90%。本研究正确率稍高,果可能是因为算法和数据的数量的差别。另外,不能单纯用准确率衡量一个模型的优劣,正常人误诊为脑积水,往往进一步检测,即可排除积水,对正常人不一定带来身体的损害;然而,脑积水漏诊,可能让病人错过最佳治疗的机会,甚至带来严重的损害。所以,对于脑积水诊断,诊断特异性比敏感性更重要。但是本研究人工智能诊断脑积水特异性有待进一步提高。

目前,人工智能研究是热点,但人工智能在医学领域,尤其在医学影像辅助诊断仍然处于“婴儿期”。所有研究均局限于验证人工智能技术可行性或有效性^[10]。人工智能真正应用于临床实践,转化为临床“生产力”,还有一段时间和距离。

总之,本研究基于迁移学习算法开发的人工智能模型,是一种诊断脑积水的有效方法,具有较高的

敏感性、特异性和准确率。

【参考文献】

[1] Chatzidakis EM, Barlas G, Condilis N, *et al.* Brain CT scan indexes in the normal pressure hydrocephalus: predictive value in the outcome of patients and correlation to the clinical symptoms [J]. *Ann Ital Chir*, 2008,79: 353-362.

[2] Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, *et al.* Identifying medical diagnoses and treatablediseases by image- based deep learning [J]. *Cell*, 2018, 172: 1122-1131.

[3] 张 鹏,徐欣楠,王洪伟,等. 基于深度学习的计算机辅助肺癌诊断方法[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2018, 30:90-99.

[4] Azizpour H, Razavian AS, Sullivan J, *et al.* Factors of transferability for a generic ConvNet representation [J]. *IEEE T Pattern Anal*, 2016, 38: 1790-1802.

[5] Evans WA. An encephalographic ratio for estimating ventricular enlargement and cerebral atrophy [J]. *Arch Neurol Psychiatry*, 1942, 47: 931-937.

[6] Kaya M, Hajimirza S. Using a novel transfer learning method for designing thin film solar cells with enhanced quantum efficiencies [J]. *Sci Rep*, 2019, 9: 5034.

[7] Tomycz LD, Hale AT, George TM. Emerging insights and new perspectives on the nature of hydrocephalus [J]. *Pediatr Neurosurg*, 2017, 52: 361-368.

[8] Toma AK, Holl E, Kitchen ND, *et al.* Evans' index revisited: the need for an alternative in normal pressure hydrocephalus [J]. *Neurosurgery*, 2011, 68: 939-944.

[9] Prevedello LM, Erdal BS, Ryu JL, *et al.* Automated critical test findings identification and online notification system using artificial intelligence in imaging [J]. *Radiology*, 2017, 285: 923-931.

[10] Lin WY, Chen CH, Tseng YJ, *et al.* Predicting poststroke activities of daily living through a machine learning based approach on initiating rehabilitation [J]. *Int J Med Inform*, 2018, 111: 159-164.

(2020-02-16 收稿, 2020-09-30 修回)