

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.22

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.22>

## 智能语音随访系统在先天性白内障患儿术后 随访中的应用与分析

林卓玲<sup>1</sup>, 李强<sup>2</sup>, 项毅帆<sup>1</sup>, 陈晴晶<sup>1</sup>, 王琦玮<sup>1</sup>, 李静<sup>1</sup>, 吴向华<sup>1</sup>, 胡伟玲<sup>1</sup>,  
黄运坚<sup>1</sup>, 陈伟蓉<sup>1</sup>, 林浩添<sup>1</sup>

(1. 中山大学中山眼科中心, 眼科学国家重点实验室, 广州 510060;

2. 中山大学医学院, 广州 510080)

**[摘要]** **目的:** 探索智能语音随访系统在医疗场景中的新型应用服务模式并分析其在新冠肺炎疫情期间的应用效果, 以此评估该系统应用于互联网医院开展医疗咨询服务的实际效能。**方法:** 本研究应用智能语音随访系统针对先天性白内障患儿术后的常见问题进行回访。首先, 针对随访目的, 设计出完善的结构化随访内容与步骤。其次, 部署智能外呼系统自动拨打用户电话, 并通过语音识别技术对用户的每次应答进行识别, 根据用户的应答自动跳转到下一个随访步骤, 在完成一系列问答后根据用户的回答给出恰当的建议, 实现电话随访的自动化与智能化。收集2020年2月24日至2月28日期间, 智能语音随访系统随访的电话内容、呼叫时间、患儿资料等数据, 采用描述性统计分析。**结果:** 2020年2月24日至2月28日期间, 中山大学中山眼科中心应用智能语音随访系统电话共随访1 154例, 其中收到有效回访数据561例, 平均有效回访率48.6%。有效回访人群中, 有204位(36.4%)家属认为疫情期间复诊时间延长, 对宝宝眼睛的恢复有影响, 309位(55.1%)家属认为对宝宝眼睛的恢复没有影响。360位(64.2%)先天性白内障患儿眼睛恢复情况良好, 没有出现不良反应, 169位(30.1%)患儿出现不良反应和体征, 包括瞳孔区有白点, 眼睛发红和有眼屎流眼泪等。统计患儿不同行为显示, 有417位(74.3%)患儿佩戴眼镜, 135位(24.1%)患儿没有佩戴眼镜, 另有9位(1.6%)患儿佩戴眼镜情况不清楚, 经常揉眼的患儿更容易出现眼睛发红(25.2%)、眼睛有眼屎或流眼泪(17.0%)和瞳孔区有白点(6.8%)等不良反应。**结论:** 智能语音随访系统在临床随访中显示出巨大的应用潜力, 可作为一种新型的智能医疗服务模式。

**[关键词]** 智能语音; 随访系统; 先天性白内障

收稿日期 (Date of reception): 2020-07-07

通信作者 (Corresponding author): 林浩添, Email: haot.lin@hotmail.com

基金项目 (Foundation item): 国家重点研发计划项目 (2018YFC0116500); 广东省重点领域研发计划项目 (2018B010109008); 广东省医学科研基金项目 (A2020346); 广州市重点实验室建设项目。This work was supported by the National Key R&D Program of China (2018YFC0116500), the Science and Technology Planning Projects of Guangdong Province (2018B010109008), Medical Research Fund Project of Guangdong Province (A2020346), Guangzhou Key Laboratory Project, China.

# Application and analysis of artificial intelligence voice system in postoperative follow-up of children with congenital cataract

LIN Zhuoling<sup>1</sup>, LI Qiang<sup>2</sup>, XIANG Yifan<sup>1</sup>, CHEN Jingjing<sup>1</sup>, WANG Qiwei<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, WU Xianghua<sup>1</sup>, HU Weiling<sup>1</sup>, HUANG Yunjian<sup>1</sup>, CHEN Weirong<sup>1</sup>, LIN Haotian<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Centre, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China;

2. College of Medical Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

**Abstract** **Objective:** This study was designed to explore its potential value for new medical service model based on the intelligent voice follow-up system and analyze its application effect during the outbreak of COVID-19. The actual effectiveness of this intelligent voice follow-up system applied in the Internet hospital to carry out medical consultation service was discussed. **Methods:** In this study, an intelligent voice follow up system was developed for postoperative follow-up of children with congenital cataract. First, a well-designed and structured questionnaire contents were developed for postoperative follow-up. Secondly, the intelligent voice follow-up system was deployed. The system would automatically jump to the next follow-up step according to the user's response, and give appropriate suggestions. Finally, the data of telephone recording, call time, children's attributes were collected and statistically analyzed. **Results:** From February 24 to March 15, 2020, 561 families of children with congenital cataract from Zhongshan Ophthalmic Center were recruited by using the intelligent voice follow-up system. The system completed a total of 1 154 calls, of which 561 cases received follow-up data, reaching an average effective call rate of 48.6%. Among 561 cases, 204 (36.4%) thought that the extended time of follow-up visit would affect the recovery of children, while 309 (55.1%) thought that it exerted no effect on the recovery. 360 children (64.2%) achieved good ocular recovery without complications, whereas 169 cases (30.1%) developed ocular symptoms. These include white spots in the pupil area, redness and eye secretions. Statistics of different behavior of children showed that there were 417 (74.3%) children wearing glasses, 135 (24.1%) children did not wear glasses, another 9 (1.6%) children wearing glasses were not clear, often rubbing the eyes of children were more likely to appear redness (25.2%), eye secretions (17.0%) and white spots in the pupil area (6.8%) and other adverse reactions. **Conclusion:** The intelligent voice follow-up system shows great application potential in clinical follow-up, which can be employed as a new service mode of intelligent medical treatment.

**Keywords** intelligent voice interaction; follow-up system; congenital cataract

先天性白内障是儿童主要致盲眼病，占儿童盲的5%~20%。在我国婴幼儿中其发病率约为4.24‰<sup>[1]</sup>。先天性白内障患儿眼球的解剖结构不同于成人，具有眼球小、组织稚嫩、晶状体囊膜类型多等特点，导致手术难度大，术后并发症多<sup>[2]</sup>。另外，先天性白内障患儿年龄小，在术后视力矫正戴镜方面配合难度较大，因此长期随访对于患儿的术后视力康复治疗尤为重要。中山眼科中心

小儿白内障之家自2011年成立以来，跟踪随访先天性白内障患儿达3 500多例，为每位患儿制订长期随访的方案，有效减少其并发症的发生。

智能语音随访系统是一种人机交互，基于深度神经网络和循环神经网络的自主学习的语音识别系统<sup>[3]</sup>，人可以与机器进行语言交流并收到实时反馈。目前该技术在消费市场上已得到成熟运用<sup>[4]</sup>。随着国内互联网医院的建设大潮<sup>[5-7]</sup>，智

能语音识别技术与医疗场景相结合, 可以高效、快速、长时效地辅助临床工作, 节省人工操作成本, 减少临床工作人员压力, 在提升临床工作效率方面有巨大的潜力<sup>[8]</sup>。本研究将基于智能语音随访系统, 探索其在医疗场景中的新型应用服务模式, 并对其在疫情期间的应用情况进行总结分析, 以此评估该系统应用于互联网医院开展医疗咨询服务的实际效能。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

疫情期间, 我们针对先天性白内障患儿术后的常见问题并结合智能语音随访系统对中山眼科中心小儿白内障之家的1 154位先天性白内障患儿家属进行回访。

### 1.2 智能语音随访系统的开发

智能语音随访系统的开发主要包括资源层、中间件层、服务层与功能层4个层次。资源层包括服务器资源与线路资源, 其中服务器资源用于部署中间件、服务与应用, 线路资源包含短信资源与通话线路资源。中间件层包括MySQL与MongoDB数据库, Redis缓存, 分布式文件系统(Distributed File System, DFS), FreeSwitch软交换以及消息队列等。服务层为智能语音随访系统的应用核心, 包括自动呼叫、短信发送、智能会话功能等。其中最核心的智能会话功能, 能够在系

统自动拨打用户电话后, 实现电话随访的自动化与智能化。该功能集成了语音识别技术的关键模块, 并结合定制设计的结构化问卷进行部署, 通过语音识别技术对用户的每次应答进行识别, 再根据用户的应答自动跳转到下一个随访步骤, 实现智能化的互动, 并在完成一系列问答后根据用户的回答给出恰当的建议。功能层提供数据的读写存储、结构化分析、查询匹配、统计分析等功能。通过MySQL关系型数据库(瑞典MySQL AB公司开发)与MongoDB非关系型数据库提供的支持, 实现对语音数据的存储、结构化解析、精确与近似匹配等功能, 同时在此基础上提供描述性统计、智能数据预测分析等数据统计分析功能(图1)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 智能语音随访系统应用

中山眼科中心将智能语音随访系统应用在先天性白内障术后患儿临床回访中, 根据过往200例先天性白内障患儿术后复诊所出现的不良反应和患儿行为的数据中统计了4个高频关键词来设计回访步骤, 包括眼红、眼屎或流眼泪等不良反应以及患儿是否戴镜和揉眼等, 并部署智能外呼系统自动拨打患儿家属电话, 通过语音识别技术即时对患儿家属的每次应答进行识别, 并根据其应答自动跳转到下一个随访步骤, 实现智能化的互动, 每完成一个问答步骤都会给予相应的护理提示或指引患儿家属应用中山眼科中心互联网医院进行问诊, 实现电话随访的自动化与智能化。



图1 智能语音系统技术示意图

Figure 1 Technical diagram of intelligent voice system

### 1.3.2 数据收集和统计分析

收集2020年2月24日至2月28日期间, 智能语音随访系统回访的电话内容、呼叫时间、患儿资料等数据。患儿属性是根据所设计话术中出现的延迟复诊是否有影响、是否戴镜、是否揉眼、是否眼红、是否有眼屎或流眼泪以及是否有白点等问题或关键词进行识别。本研究采用描述性统计分析。

## 2 结果

2020年2月24日至2月28日期间, 智能语音随访系统首次拨出电话1084例, 复拨106例(无法接通、拒接、忙线等情况复拨一次), 未接电话37例, 总回访先天性白内障患儿家属1154例, 其中收到有效识别回访数据561例, 平均有效回访率48.6%(有效识别回访例数/总回访例数=有效回访率), 无效识别回访数据593例, 其中343例在第一个问答前或进行中主动挂断电话, 129例因地方方言交流而不能有效识别, 76例因工作忙拒绝回答问题, 45例因环境噪音不能有效识别。我们统计了各个时间段智能语音随访系统的有效通话数与无效通话数, 并分析各个时间段的有效回访率, 发现上午9时到下午14时有效回访率持续增高, 达到57.84%, 之后略有下降, 在下午15时又开始持续增长, 于18时到达最高峰, 有效回访率64.58%, 之后又逐渐下降至34.68%(图2)。

中山眼科中心智能语音随访系统电话有效回访先天性白内障患儿家属561人, 其中有204位(36.3%)家属认为疫情期间复诊时间延长, 对宝

宝宝的恢复有影响, 309位(55.1%)家属认为对宝宝眼睛的恢复没有影响, 另有48位(8.6%)家属表示不确定宝宝眼睛的恢复是否受到疫情的影响。回访数据结果显示, 有360位(64.2%)先天性白内障患儿眼睛恢复情况良好, 没有出现不良症状, 169位(30.1%)患儿眼睛出现不良反应, 其中65位(11.6%)患儿出现眼睛发红, 71位(12.6%)患儿眼睛里有眼屎或流眼泪, 33位(5.9%)患儿瞳孔区有白点, 另有32位(5.7%)患儿眼睛恢复情况不清楚(图3)。

回访数据显示, 有417位(74.3%)患儿按医嘱佩戴眼镜, 135位(24.1%)患儿没有佩戴眼镜, 另有9位(1.6%)患儿佩戴眼镜情况不清楚。此外, 有147位(26.2%)患儿会有经常揉眼睛的动作, 375位(66.8%)患儿不存在经常揉眼的情况, 另有39位(7.0%)患儿不清楚是否会经常揉眼。通过对患儿不同行为出现不良反应的分析, 我们发现不经常揉眼的患儿出现眼睛发红, 眼屎或流眼泪和瞳孔区出现白点的分别有27位, 46位和22位, 分别占所在人群的7.2%, 12.3%和5.9%, 发现经常揉眼的患儿出现眼睛发红, 眼屎或流眼泪和瞳孔区出现白点的分别有37位, 25位和10位, 分别占所在人群的25.2%, 17.0%和6.8%, 发现不佩戴眼镜的患儿出现以上三种不良反应分别有18位, 18位和8位, 分别占所在人群的13.3%, 13.3%和5.9%, 发现佩戴眼镜的患儿出现以上三种不良反应分别有40位, 53位和25位, 分别占所在人群的9.6%, 12.7%和6.0%(图4)。由图4可知, 经常揉眼的患儿更容易出现眼睛发红, 眼睛有眼屎或流眼泪和瞳孔有白点等不良反应。

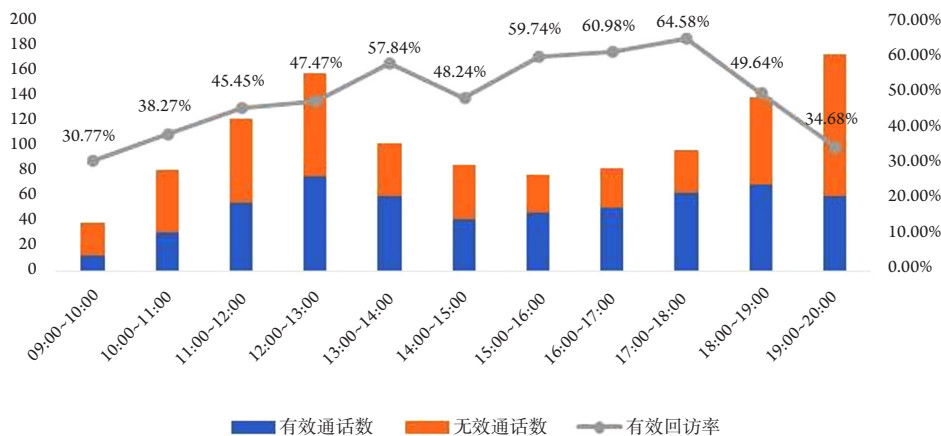


图2 智能语音随访系统各时段回访的有效通话数、无效通话数及有效回访率

Figure 2 The valid calls, invalid calls and effective return rate of the intelligent voice follow-up system during different time period

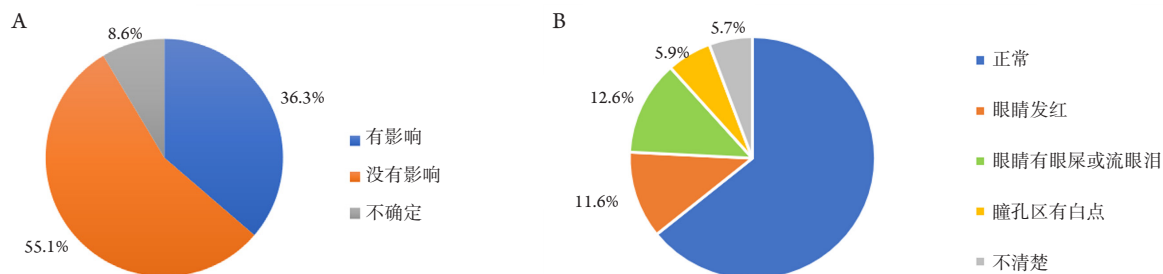


图3 智能语音随访系统回访患儿眼睛恢复情况

Figure 3 Children eye recovery result returned by using intelligent voice follow-up system

(A) 疫情影响; (B) 眼部情况。

(A) Impact of the COVID-19; (B) Eye condition.

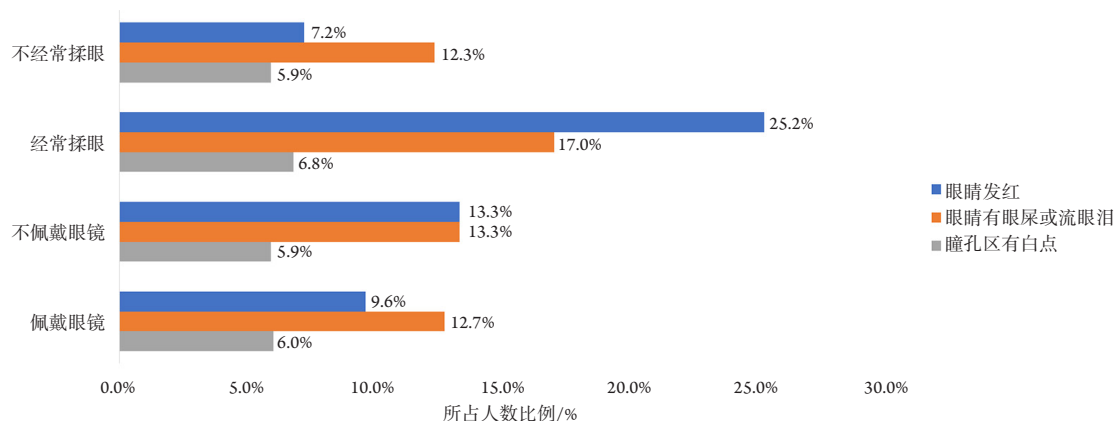


图4 患儿出现不良反应人数在不用行为人群中所占比例

Figure 4 The proportion of children with adverse symptoms in the population who do not use behavior

### 3 讨论

在大数据应用和人工智能等技术推动下<sup>[9]</sup>, 智能语音已赋能于医疗行业, 通过智能语音技术与医疗行业服务模式结合来实现一种新型的智慧医疗服务模式<sup>[10]</sup>。智能语音随访系统是一种人机交互的语音识别技术, 适用于临床围手术期患者的随访, 慢性病患者的跟踪及临床队列研究等, 能很大程度上降低人力成本, 提升临床工作效能<sup>[11]</sup>。

疫情期间, 智能语音随访系统不仅能有效了解先天性白内障患儿眼部的恢复情况, 避免疫情期间导致的诊疗延误, 还可以通过智能语音随访系统引导患儿家属通过互联网医院进行诊疗, 降低患儿术后并发症的发生。此外, 智能语音随访系统在疫情调研、人员筛查、科普宣教等方面也

充分发挥优势<sup>[12]</sup>, 高效地完成调查对象的身体筛查和人员活动轨迹等信息的收集, 在医疗场景的应用中也体现了巨大的潜力。主要表现为以下几点优势<sup>[13]</sup>: 第一, 海量外呼, 无间断工作, 人工在系统上设置外呼开始时间和结束时间, 多通路同时工作, 不受上下班时间限制, 无时长限制, 可以不间断地进行外呼工作, 一天可最多随访 1 000 人次, 最大限度提高工作效率<sup>[14]</sup>; 第二, 收集随访数据, 自动分类识别, 系统将随访数据通过语音和文字两种形式储存在云端, 不受时间和空间限制, 随时可调用分析, 给医院提供了全面而宝贵的随访数据, 这也是人工随访难以实现的; 第三, 运营成本低, 可通过无线网络实现通话; 第四, 真人语音随访, 采用温暖亲切的真人声音进行话术录入, 从声调、语速和情感方面让随访对象更好接受并愿意继续对话, 从而提高随

访质量和随访成功率。

本研究智能语音随访系统应用的效果分析显示有效回访率偏低, 其影响因素主要有以下几点: 第一, 语音识别技术有待提高, 对地方方言、不标准普通话、交流障碍等识别率低, 这是语音识别的技术难点所在; 第二, 受环境噪音影响大, 周围环境有噪音或同时有其他人发声, 系统的提取语音时会受干扰, 其抗噪性和稳定性需通过优化语音提取技术和改善麦克风的敏感性和抗干扰性来提高<sup>[15-16]</sup>; 第三, 对长句的语音识别能力弱, 在短句或关键词的提取和识别上, 其识别准确率相对要高很多, 但长句或长段语音, 系统不能甄别或混淆关键词, 影响其做出准确的反应; 第四, 受人固有的行为模式影响, 当前智能语音外呼技术在商业广告和促销已相当成熟并广泛运用到日常生活中, 在一定程度上, 对人们的日常生活和工作带来了讯息便利也造成了困扰, 常常出现拒接、拦截、标记或挂断等惯性行为, 这也是本次研究出现无效识别例数较高的主要原因。可以通过短信、微信推文等多渠道对患者进行宣教告知来提高回访率。

目前, 智能语音随访系统在技术优化和研发上仍有一定提升空间, 相信在技术不断迭代和创新中, 智能语音随访系统在医疗随访工作中可完全替代人工操作, 发挥其赋能医疗提高医疗工作效率的作用。

## 参考文献

1. Wu X, Long E, Lin H, et al. Prevalence and epidemiological characteristics of congenital cataract: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 28564.
2. 严宏, 陈曦, 陈颖. 白内障术后并发症: 现状与对策[J]. *眼科新进展*, 2019, 39(1): 1-7.  
YAN Hong, CHEN Xi, CHEN Ying. Postoperative complications of cataract: current status and countermeasures[J]. *Recent Advances in Ophthalmology*, 2019, 39(1): 1-7.
3. 若怡. 人机交互的革命: 语音智能识别[J]. *检察风云*, 2018(6): 36-38.  
RUO Yi. The revolution of human-computer interaction: speech intelligent recognition[J]. *Procuratorial View*, 2018(6): 36-38.
4. 郝欧亚, 吴璇, 刘荣凯. 智能语音识别技术的发展现状与应用前景[J]. *电声技术*, 2020, 44(3): 24-26.  
HAO Ouya, WU Xuan, LIU Rongkai. The development and application prospect of intelligent speech recognition technology[J]. *Audio Engineering*, 2020, 44(3): 24-26.
5. 吴勘, 郭艳, 张蒙. 智能语音交互技术使用情况调查分析[J]. *湖南包装*, 2019, 34(2): 93-96.  
WU Kan, GUO Yan, ZHANG Meng. Survey and analysis of the use of intelligent voice interaction technology[J]. *HuNan BaoZhuang*, 2019, 34(2): 93-96.
6. 王红迁, 汪鹏, 左锋, 等. 医疗智能语音识别系统的研发与应用[J]. *中国数字医学*, 2018, 13(10): 5-7.  
WANG Hongqian, WANG Peng, ZUO Feng, et al. Development and application of medical intelligent speech recognition system[J]. *China Digital Medicine*, 2018, 13(10): 5-7.
7. 徐浩. 智能医疗初探[J]. *科技新时代*, 2018, 310(1): 40-41.  
XU Hao. Preliminary exploration of intelligent medicine[J]. *New Era of Science and Technology*, 2018, 310(1): 40-41.
8. 于茵茵, 王旭东. 语音识别技术在口腔门诊病历系统中的应用[J]. *河南科技*, 2019(23): 36-38.  
YU Yinyin, WANG Xudong. Application of speech recognition technology in oral outpatient medical record system[J]. *Journal of Henan Science and Technology*, 2019(23): 36-38.
9. 曹峰, 石霖. 我国人工智能计算和基础应用服务平台发展现状及趋势研究[J]. *电信网技术*, 2018(4): 7-9.  
CAO Feng, SHI Lin. Research on the development status and trend of artificial intelligence computing and basic application service platform in China[J]. *Telecommunications Network Technology*, 2018(4): 7-9.
10. 王延军. 应用人工智能推进研究型医院创新发展——智能研究型医院: 大势·态势·趋势[J]. *中国研究型医院*, 2019, 6(6): 7-13.  
WANG Yanjun. Promoting the innovation and development of research hospital by applying artificial intelligence[J]. *Journal of Chinese Research Hospitals*, 2019, 6(6): 7-13.
11. 樊翊凌, 张继东, 贾昊, 等. 人工智能语音系统在日间手术患者术后随访中的应用[J]. *华西医学*, 2019, 34(2): 164-167.  
FAN Yiling, ZHANG Jidong, JIA Hao, et al. Application of artificial intelligence phonetic system in postoperative follow-up of day surgery patients[J]. *West China Medical Journal*, 2019, 34(2): 164-167.
12. 李荪. AI语音开启“全栈式”发展模式[N]. *人民邮电*, 2020.  
LI Sun. AI voice turns on the "full stack" development model[N]. *People's Post and Telecommunications*, 2020.
13. 张悦, 田敏, 刘杰. 智能语音服务系统在肝胆外科术后随访的应用[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(20): 55-57.  
ZHANG Yue, TIAN Min, LIU Jie. Application of interactive voice service system in follow-up for patients after hepatobiliary surgery[J]. *Journal of Nursing Science*, 2019, 34(20): 55-57.

14. 张杨蕊. 人工智能语音外呼系统在医学的运用[C]. 中国医学装备大会暨医学装备展览会论文汇编, 2019.  
ZHANG Yangrui. Application of artificial intelligence voice call system in medicine[C]. China Medical Equipment Conference and Medical Equipment Exhibition, 2019.
15. 张海波, 周民伟, 刘晓辉, 等. 智能语音识别技术在医院临床的探索与应用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2017, 14(5): 660-663.  
ZHANG Haibo, ZHOU Minwei, LIU Xiaohui, et al. Exploration and application of intelligent speech recognition technology in hospital[J]. Chinese Journal of Health Informatics and Management, 2017, 14(5): 660-663.
16. 王飞, 胡川, 罗浩, 等. 医疗场景智能语音识别技术的应用研究[J]. 中国数字医学, 2019, 14(12): 19-21.  
WANG Fei, HU Chuan, LUO Hao, et al. Research on the application of intelligent speech recognition technology with medical scene[J]. China Digital Medicine, 2019, 14(12): 19-21.

**本文引用:** 林卓玲, 李强, 项毅帆, 陈晴晶, 王琦玮, 李静, 吴向华, 胡伟玲, 黄运坚, 陈伟蓉, 林浩添. 智能语音随访系统在先天性白内障患儿术后随访中的应用与分析[J]. 眼科学报, 2021, 36(1): 23-29. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.22

**Cite this article as:** LIN Zhuoling, LI Qiang, XIANG Yifan, CHEN Jingjing, WANG Qiwei, LI Jing, WU Xianghua, HU Weiling, HUANG Yunjian, CHEN Weirong, LIN Haotian. Application and analysis of artificial intelligence voice system in postoperative follow-up of children with congenital cataract[J]. Yan Ke Xue Bao, 2021, 36(1): 23-29. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.01.22