

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2024.06.012

随机森林模型对不同年龄孤独症谱系障碍儿童语言里程碑习得的预测价值

Predictive Value of Language Milestone Acquisition in Children with Autism Spectrum Disorder at Different Ages Based on the Random Forest Model

王二晓 张静静 简芳芳 张金宝 相琼

WANG Er-xiao, ZHANG Jing-jing, JIAN Fang-fang, ZHANG Jin-bao, XIANG Qiong

【摘要】目的 分析2~7岁孤独症谱系障碍(autism spectrum disorder, ASD)儿童的语言发展里程碑,探讨其与症状严重程度的关联,以期为早期识别和个性化干预提供依据。**方法** 选取空军军医大学第一附属医院儿科2019年6月~2023年8月就诊的341例ASD儿童,应用Mokken量表分析确定患儿语言里程碑发展顺序。使用随机森林模型,结合Boruta算法,基于语言里程碑的习得情况预测症状严重程度。**结果** ASD儿童的语言里程碑习得顺序与一般儿童存在差异。Mokken量表分析确定了33项语言理解和表达能力的条目,展现了语言发展的阶段性。随机森林模型揭示了不同年龄段ASD儿童的语言里程碑特征集,突出了早期识别的重要性。性别和症状严重程度的亚组分析揭示了ASD儿童在语言发展上的可能差异。**结论** ASD儿童的语言发展里程碑与其症状严重程度紧密相关。早期语言技能评估和个性化干预策略非常必要。未来需要对ASD儿童进行长期跟踪,以评估早期语言里程碑对儿童长期发展的影响。

【关键词】 孤独症谱系障碍;语言发展;Mokken量表;随机森林模型

【中图分类号】 R493

【文献标识码】 A

【文章编号】 1672-4933(2024)06-0610-05

【Abstract】 Objective This study aimed to analyze the language developmental milestones in children with Autism Spectrum Disorder (ASD) aged 2 to 7 years and to explore their association with symptom severity, providing a basis for early identification and personalized intervention. **Methods** 341 children with ASD treated in the Department of Pediatrics of the First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University from June 2019 to August 2023 were selected, and the sequence of language milestone development was determined by Mokken scale analysis. The random forest model combined with Boruta algorithm was used to predict the severity of symptoms based on the acquisition of language milestones. **Results** The study found that the acquisition sequence of language milestones in ASD children differed from that of typically developing children. The Mokken Scale Analysis identified 33 items related to language understanding and expression, demonstrating the stage-like nature of language development. The Random Forest model revealed characteristic sets of language milestones in ASD children of different age groups, highlighting the importance of early identification. A subgroup analysis by gender and symptom severity revealed potential differences in language development among ASD children. **Conclusion** Language developmental milestones in ASD children are closely related to their symptom severity. The study emphasizes the necessity of early language skill assessment and individualized intervention strategies. Future research should conduct long-term follow-up on ASD children to assess the impact of early language milestones on long-term development.

【Key words】 Autism spectrum disorder; Language development; Mokken scale; Random forest model

孤独症谱系障碍(autism spectrum disorder, ASD)是一种神经发育障碍,其特征是社交互动的持续性障碍、重复刻板行为以及狭隘的兴趣和活动模式^[1]。近年来,ASD的全球发病率呈上升趋势^[2]。语言障碍又称语言发育迟缓,是ASD儿童中常见的症状之一^[3]。基于神经科学的神经元可塑性理论,对语言学习敏感时期的早期ASD儿童进行语言技能评估并制订个性化干预计划,对患儿的语言发育与预后及成年后语言能力的预测十分重要^[4]。

本研究通过Mokken量表分析确定ASD儿童的语言里程碑发展顺序,并探讨基于语言里程碑的习得对症状严重程度的预测^[5],借此构建随机森林模型进行预测作用检验,为早期识别和个性化干预提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年6月~2023年8月我院就诊的341例

作者单位:解放军空军军医大学第一附属医院儿科 西安 710032

作者简介:王二晓 本科 主管护师;研究方向:儿童康复

通讯作者:相琼, E-mail: xiangqiongyx@126.com

ASD儿童为研究对象,年龄2~7岁,平均年龄 4.37 ± 0.96 岁。所有患儿均符合《精神疾病诊断和统计手册》第五版(the diagnostic and statistical manual of mental disorders, DSM-5)标准中ASD诊断标准^[6]。收集患儿年龄、性别(男性272例,占79.77%,女性69例,占20.23%),并评估其核心症状(包括儿童孤独症评定量表(childhood autism rating scale, CARS)^[7]、社交反应量表(social responsiveness scale, SRS)^[8]和孤独症行为量表(autism behavior checklist, ABC)^[9]。其中, CARS平均36.5分, ABC平均58.58分,具体包括自我照顾能力(12.12分)、不恰当语言(13.62分)、刻板行为(8.41分)、社交退缩(15.30分)和感觉(9.13分)。SRS总分90.7分,涵盖行为方式(13.19分)、动机(15.21分)、交流(31.78分)、认知(18.51分)和知觉(12.01分)。Gesell发育量表平均60.00分,其中个人社交(56.44分)、语言(43.53分)、精细动作(68.59分)、大运动(69.95分)和适应性(61.48分)。本研究经院内伦理委员会批准(批件号KY20202111-F-1),患儿家属签署知情同意书。

纳入标准:①符合ASD诊断标准;②均为中文单语种环境;③自愿参加本次研究。排除标准:①近3个月内患有感染性疾病;②被诊断有神经系统疾病和其他独立的神经发育障碍;③由于耳聋或失明等器质性原因引起的感觉或躯体障碍;④存在癫痫或脑损伤情况;⑤不配合本次研究者。

1.2 神经发育评估量表及语言里程碑习得方法

使用汉化版Gesell发育诊断量表^[10]对ASD儿童的神经发育进行评估,该量表以正常儿童为标准,包含137个语言和非语言项目,涵盖个人社交、语言、动作和适应性等方面。发育迟缓定义为发育商 ≤ 75 分。从量表中筛选42个关键语言里程碑条目,分为接受性和表达性语言两个维度。

1.3 构建MSA(mokken scale analysis)模型

采用非参数的MSA模型,通过项目反应理论(item response theory, IRT)分析语言发展里程碑的难易程度,构建评估工具。IRT假设个体具有可测的潜在特质,如心理健康状况和学习能力,这些特质通过测试结果反映。每个测试项目有反应函数,显示在特定特质水平下回答正确的概率。主试使用MSA分析筛选条目的结构效度,包括单维性、同质性、单调性和可靠性。分析使用R软件的Mokken模型包完成,步骤包括:①单维性检验;②同质性评估;③单调性分析;④可靠性评估;⑤亚组分析。这些步骤确保量表条目的科学性和稳定性。

1.4 构建随机森林预测模型

随机森林(random forest, RF)是一种集成学习技术,

利用多个决策树进行分类或回归,广泛应用于临床诊断和特征选择。本研究结合Boruta算法,利用RF处理高维数据并筛选关键特征。研究以语言里程碑、年龄和性别为自变量,以ASD儿童的CARS评分(评分 > 36 分为严重症状,标记为1,否则为0)为因变量。考虑语言发展的年龄依赖性,将样本分为小于4岁和4岁及以上两组。研究流程:数据预处理,排除缺失值样本,共341例;数据分组,4岁以下和4岁及以上各172例和169例;训练集和测试集划分(比例为75%和25%);特征筛选,采用Boruta算法在R语言中进行;超参数优化,通过网格搜索确定RF最佳参数;模型构建与评估,构建RF模型并通过接收者操作特征曲线下面积(receiver operating characteristic-area under the curve, ROC-AUC)进行评估(AUC < 0.7 为效果差,0.7~0.9为中等, > 0.9 为好)。

1.5 统计方法

Mokken量表和Boruta特征筛选使用R软件4.3.0完成。随机森林模型利用Python 3.9构建。临床数据比较通过SPSS 25.0软件进行,正态分布数据用均值 \pm 标准差表示,采用 t 检验;非正态数据用中位数表示,采用Mann-Whitney U检验。分类数据用n(%)表示,采用卡方检验。 $P < 0.05$ 认为有统计学意义。

2 结果

2.1 Mokken量表

表达性语言(expressive language, EL)和接受性语言(receptive language, RL)的H系数显示同质性,分别为0.889和0.886,项目量表系数范围为0.807~0.994。EL和RL的项目间重叠(item-item overlap, IIO)系数分别为0.884和0.965,表明单调性良好。在可靠性方面,EL和RL的信度系数分别为0.964和0.932, Cronbach's α 分别为0.952和0.865,显示高可靠性。条目习得率从1.4%~98.2%,按年龄分布,里程碑顺序见表1、2。

2.2 ASD儿童语言里程碑根据症状不同严重程度MSA分析

基于CARS评分,将ASD儿童分为轻中度(CARS ≤ 36 分, $n=197$)和重度(CARS > 36 分, $n=144$)两组,并进行MSA分析比较其语言里程碑发展顺序的差异。在EL维度,轻中度组儿童先学会说单字,然后是词汇积累和简单句子构造,逐渐发展到使用复杂句子和表达个人需求。重度组儿童也按照相似顺序,但里程碑间有细微差别。在RL维度,轻中度组儿童先理解基本指令和识别物体,然后理解动作和颜色,最终发展到回答问题 and 理解动词。相比之下,重度组儿童在理解动作和颜色前先学会使用手势表达再见,后续发展与轻中度组相似。这些差异揭

表1 ASD儿童表达性语言里程碑习得顺序

条目	H	习得率(95%CI)(%)	总习得人数	标准习得年龄
E1 说任何1个字	0.994	92.3(90.2~94.8)	315	36周
E2 词汇:10-19个字	0.979	70.1(66.5~74.2)	239	15月
E3 2-3个字组合起来	0.945	60.9(57.1~65.2)	208	18月
E4 说出1个实物	0.909	57.2(53.3~61.5)	195	18月
E5 语言表达自己需要	0.903	57.2(53.3~61.5)	195	18月
E6 说出1个图片	0.896	55.5(51.6~59.9)	190	21月
E7 说3-4个字的句子	0.905	53.7(49.8~58.1)	183	21月
E8 会说“不要”	0.877	51.8(47.8~56.1)	177	21月
E9 会说“我的”	0.883	41.3(37.4~45.6)	141	21月
E10 用名字称呼同伴	0.882	38.3(34.5~42.6)	131	18月
E11 会用第一人称“我”	0.858	32.9(29.2~37.0)	112	24月
E12 8-9个字句子	0.862	24.9(21.4~28.7)	85	30月
E13 会用第二人称(你)	0.870	21.8(16.6~23.4)	68	24月
E14 和,但是连接句子	0.820	13.9(11.1~17.1)	48	36月
E15 说出2-3天前的事情	0.807	12.6(10.0~15.5)	43	30月
E16 会用第三人称“他/她”	0.856	11.9(9.3~14.9)	41	30月
E17 重复13个字的句子	0.825	6.4(4.4~8.7)	22	48月
E18 看图说话	0.918	1.4(0.5~2.7)	5	72月

表2 ASD儿童接受性语言里程碑习得顺序

条目	H	习得率(95%CI)(%)	总习得人数	标准习得年龄
R1 招手表示再见	0.841	98.2(97.2~99.6)	335	-
R2 用语言或手势要求时,给人玩具	0.848	97.8(96.7~99.3)	334	-
R3 找到成人所说的东西	0.938	92.8(90.7~95.2)	316	48周
R4 指出一个身体部位	0.922	85.4(82.6~88.6)	291	52周
R5 指出一张画	0.951	76.8(73.5~80.6)	262	15月
R6 指出图片中的动作	0.919	58.3(54.4~62.6)	199	30月
R7 识别2种颜色	0.903	48.3(44.4~52.7)	165	36月
R8 知道大小	0.901	41.9(38.0~46.2)	143	30月
R9 回答1个问题	0.869	21.4(18.2~25.1)	73	36月
R10 说出3种动物	0.834	16.5(13.6~19.9)	57	48月
R11 指出图中物体的6件用途	0.830	10.1(7.7~12.9)	35	48月
R12 反义词A:说出3个	0.832	9.5(7.1~12.2)	33	42月
R13 答对6个动词	0.843	6.5(4.5~8.9)	23	42月
R14 理解常识:丢球、窗户、玩火柴	0.875	2.6(1.3~4.3)	9	60月
R15 答对4个词汇	0.902	2.3(1.0~3.9)	8	60月

示了ASD症状严重程度对语言能力发展的影响。

2.3 ASD儿童语言里程碑根据症状不同性别的MSA分析

在性别分组的ASD儿童中,男性(n=279)和女性(n=62)的MSA分析显示了语言里程碑发展顺序的差异。在EL维度,男性和女性的里程碑发展顺序相似,从说单字到复杂句子构建,但男性在某些表达上,如“不要”和“我的”出现更早。在RL维度,男性先学会用手势表示再见,而女性在理解动作和颜色前先学会用手势交流。两组在语言理解里程碑上有所不同,但总体发展路径一致。

2.4 特征筛选

本研究利用Boruta算法对33项语言发展里程碑进行特征选择,4岁以下儿童关键特征包括识别动作、表达需求等;4岁及以上儿童关键特征包括表达拒绝、理解概念

等。这些特征有助于早期识别和干预ASD儿童的语言发展。

2.5 随机森林模型

2.5.1 ASD儿童(<4岁)语言里程碑习得对核心症状的随机森林预测模型 随机森林模型优化超参数后,确定了决策树数量(n_estimators)为40和每个决策树最大深度(max_depth)为3的最优配置。AUC值分别为0.830和0.767。

2.5.2 ASD儿童(≥4岁)语言里程碑习得对核心症状的随机森林预测模型 在4岁及以上ASD儿童样本中,最优超参数为:决策树数量(n_estimators)为20,每个决策树最大深度(max_depth)为4。训练集和测试集的AUC分别为0.869和0.832,显示模型在测试集上具有良好预测能力。

3 讨论

本研究确定了2~7岁ASD儿童的18个表达语言(EL)和15个接收语言(RL)发展里程碑,评估显示准确性和一致性良好。ASD儿童的语言里程碑通常较晚,如12~18个月儿童会说第一个词,而ASD儿童可能到36个月^[11]。早期语言里程碑与后期语言能力相关,如2岁时能说短语的ASD儿童后期语言能力可能更佳^[12]。2~3岁ASD儿童中14.7%无词汇,34.5%能用短语^[13]。语用能力是受影响最大的领域,仅16%的4~18岁ASD儿童无语言障碍^[14]。3~4岁ASD儿童中近一半能表达需求,但只有14.9%能交流。语言表达即刻感受与会和别人交流,因违反不变顺序假设被排除,表明这些能力可能普遍受损^[15]。

ASD儿童语言发展的延迟或偏差并非新话题。ASD个体的语言发展可能不单是延迟,更存在偏差,尤其在理解力和语用方面^[16]。在整体语言水平控制后,ASD儿童的语言发展主要表现为延迟,但发展迟缓和顺序发展模式的区别仍然存在^[17]。ASD儿童可能先掌握复杂技能,或跳过某些基础技能^[18]。回声样语言是ASD的一个显著特征,与正常儿童的音节重复不同,ASD儿童的回声样语言更频繁、持续更久^[19]。ASD儿童在句法和无意义词汇使用上表现出特殊模式^[20]。非顺序发展模式在标准化测试中难以量化^[21],但本研究发现,ASD儿童在某些语言里程碑上与正常发展儿童存在差异,如大小概念和反义词理解。性别亚组间比较显示,尽管ASD症状得分无显著差异,但在语言里程碑习得上存在差异。例如,女孩在表达需求和回答问题上的发展顺序较晚,暗示ASD儿童的语言发展可能存在性别差异。正常儿童中,女孩的语言发展通常早于男孩,但在ASD儿童中,性别差异的研究结果不一^[22]。症状严重程度亚组间比较发现,CARS>36分的儿童在表达需求上的习得顺序晚,表明症状严重程度可能影响语言发展。此外,习得率为0的语言里程碑未纳入模型分析,反映出重度症状可能限制语言发展。分组可能导致某些里程碑习得人数减少,影响组间比较结果。本研究通过Mokken量表分析,揭示了ASD儿童在语言发展上的特定偏差,并探讨了性别和症状严重程度对语言发展的影响,为理解ASD儿童的语言发展提供了新视角。

本研究利用随机森林模型揭示了ASD儿童的语言发展与症状严重程度之间的联系。不同年龄段儿童展现出不同的语言里程碑特征集,年幼儿童的特征集较小,可能与其掌握的语言技能较为基础有关,对早期诊断尤为重要。对于4岁以下ASD儿童,模型强调了指认图片动作、指认画作和表达需求等里程碑的重要性。这些技能不仅

关联语言学习,还与理解动作和动词关系、肢体语言及社交能力相关^[23]。而表达需求直接关联ASD儿童的语用能力,是社交技能的一个重要指标。在4岁及以上ASD儿童中,模型发现会说不要、理解大小、指认图片动作和用名称呼同伴等里程碑对症状严重程度有显著影响。这些技能的发展不仅反映了儿童的认知进步,还体现了其社交认知技能的成长。

综上所述,笔者融合心理测量学和随机森林建模技术,分析了2~7岁ASD儿童的语言发展里程碑及其与症状严重程度的关联。研究发现ASD儿童的语言里程碑习得顺序与一般儿童存在偏差。利用随机森林模型,笔者能够基于儿童在不同年龄阶段的语言里程碑习得情况,预测其症状的严重程度。这些结果增进了对ASD儿童语言发展全貌的理解,有助于早期诊断和个性化干预策略的制定。尽管该研究是首次尝试结合心理测量和预测模型分析ASD儿童的语言发展,但仍存在局限。研究样本来自招募而非随机抽取,且为横断面研究,未能提供长期预后信息。随机森林模型的决策过程对人类不够透明,难以直观理解模型是如何做出特定预测的,即黑盒特性限制了模型透明度。未来的研究需要对ASD儿童进行长期跟踪,以评估早期语言里程碑对长期发展的影响。

参考文献

- [1] Hossain MM, Khan N, Sultana A, et al. Prevalence of comorbid psychiatric disorders among people with autism spectrum disorder: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses[J]. *Psychiatry Res*, 2020, 287(5): 112922.
- [2] Nadeau MV, Richard E, Wallace GL. The Combination of Food Approach and Food Avoidant Behaviors in Children with Autism Spectrum Disorder: "Selective Overeating" [J]. *J Autism Dev Disord*, 2022, 52(3): 987-994.
- [3] Georgiou N, Spanoudis G. Developmental Language Disorder and Autism: Commonalities and Differences on Language [J]. *Brain Sci*, 2021, 11(5):362-366.
- [4] Mouga S, Correia BR, Café C, et al. Language Predictors in Autism Spectrum Disorder: Insights from Neurodevelopmental Profile in a Longitudinal Perspective [J]. *J Abnorm Child Psychol*, 2020, 48(1): 149-161.
- [5] 孙小楠,陈珂,武运筹,等. 简版健康素养量表的开发:基于经典测量理论和项目反应理论[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(23): 2931-2940.
- [6] Marina Zulauf Logoz. The revision and 5th edition of the diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5): consequences for the diagnostic work with children and adolescents [J]. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, 2014, 63(7): 562-576.
- [7] 高美茹,齐聪妮. 以家庭为中心的早期护理干预对孤独症患儿ATEC、CARS、ABC评分的影响[J]. *临床医学研究与实践*, 2023, 8(6): 161-163.
- [8] 姜小娟,梁宇,温慧玲,等. 4-12岁孤独症谱系障碍患儿社会生活能力

- 特征及其相关性研究[J]. 中医康复, 2024, 1(4): 22-25.
- [9] 顾杨, 李靖婕, 马彩云, 等. 经颅磁刺激联合感觉统合训练对孤独症谱系障碍儿童ABC评分及发育商的影响[J]. 航空航天医学杂志, 2022, 33(2): 175-178.
- [10] 吴媛, 杨亭, 陈红羽, 等. 学龄前孤独症谱系障碍儿童血清叶酸、维生素B12水平及其与神经发育特征的关联[J]. 中国当代儿科杂志, 2024, 26(4): 371-377.
- [11] Talbot MR, Young GS, Munson J, et al. The Developmental Sequence and Relations Between Gesture and Spoken Language in Toddlers With Autism Spectrum Disorder [J]. *Child Dev*, 2020, 91(3): 743-753.
- [12] Visser-Bochane MI, Reijneveld SA, Krijnen WP, et al. Identifying Milestones in Language Development for Young Children Ages 1 to 6 Years [J]. *Acad Pediatr*, 2020, 20(3): 421-429.
- [13] Hare-Harris AE, Mitchel MW, Myers SM, et al. Within-task variability on standardized language tests predicts autism spectrum disorder: a pilot study of the Response Dispersion Index [J]. *J Neurodev Disord*, 2019, 11(1): 21-21.
- [14] Levinson S, Eisenhower A, Bush HH, et al. Brief Report: Predicting Social Skills from Semantic, Syntactic, and Pragmatic Language Among Young Children with Autism Spectrum Disorder [J]. *J Autism Dev Disord*, 2020, 50(11): 4165-4175.
- [15] Bhat AN, Boulton AJ, Tulsy DS. A further study of relations between motor impairment and social communication, cognitive, language, functional impairments, and repetitive behavior severity in children with ASD using the SPARK study dataset [J]. *Autism Res*, 2022, 15(6): 1156-1178.
- [16] Kim H, Ahn J, Lee H, et al. Differences in Language Ability and Emotional-Behavioral Problems according to Symptom Severity in Children with Autism Spectrum Disorder [J]. *Yonsei Med J*, 2020, 61(10): 880-890.
- [17] Yang T, Zhu J, Li Q, et al. China Multi-Center Preschool Autism Project (CMPAP): Design and Methodologies to Identify Clinical Symptom Features and Biomarkers of Autism Spectrum Disorders [J]. *Front Psychiatry*, 2020, 11(3): 613519.
- [18] Zhang Y, Qin B, Wang L, et al. Sex differences of language abilities of preschool children with autism spectrum disorder and their anatomical correlation with Broca and Wernicke areas [J]. *Front Pediatr*, 2022, 10(6): 762621.
- [19] Legrand KJ, Weil LW, Lord C, et al. Identifying Childhood Expressive Language Features That Best Predict Adult Language and Communication Outcome in Individuals With Autism Spectrum Disorder [J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2021, 64(6): 1977-1991.
- [20] La Valle C, Plesa-Skwerer D, Tager-Flusberg H. Comparing the Pragmatic Speech Profiles of Minimally Verbal and Verbally Fluent Individuals with Autism Spectrum Disorder [J]. *J Autism Dev Disord*, 2020, 50(10): 3699-3713.
- [21] Dailey S, Bergelson E. Language input to infants of different socioeconomic statuses: A quantitative meta-analysis [J]. *Dev Sci*, 2022, 25(3): e13192.
- [22] Zhang Q, Li Q, Yang T, et al. Neurodevelopmental domain characteristics and their association with core symptoms in preschoolers with autism spectrum disorder in China: a nationwide multicenter study [J]. *BMC Psychiatry*, 2022, 22(1): 393-393.
- [23] Olson L, Kinnear M, Chen B, et al. Socioeconomic Factors Account for Variability in Language Skills in Preschoolers with Autism Spectrum Disorders [J]. *J Dev Behav Pediatr*, 2021, 42(2): 101-108.

收稿日期 2024-06-17
责任编辑 赵倩

(上接587页)

- [28] Gersdorff M, Robillard T, Stein F, et al. A clinical correlation between hypozincemia and tinnitus [J]. *Arch Otorhinolaryngol*, 1987, 244(3): 190-193.
- [29] Alvarado JC, Fuentes-Santamaria V, Gabaldón-Ull MC, et al. An Oral Combination of Vitamins A, C, E, and Mg(++) Improves Auditory Thresholds in Age-Related Hearing Loss [J]. *Front Neurosci*, 2018, 12: 527.
- [30] Geng H, Zou W, Zhang M, et al. Evaluation of phage therapy in the treatment of Staphylococcus aureus-induced mastitis in mice [J]. *Folia Microbiol (Praha)*, 2020, 65(2): 339-351.
- [31] Krebs-Smith SM, Pannucci TE, Subar AF, et al. Update of the Healthy Eating Index: HEI-2015 [J]. *J Acad Nutr Diet*, 2018, 118(9): 1591-1602.
- [32] Spankovich C, Le Prell CG. Healthy diets, healthy hearing: National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2002 [J]. *Int J Audiol*, 2013, 52(6): 369-376.
- [33] Vuckovic D, Biino G, Panu F, et al. Lifestyle and normal hearing function in Italy and Central Asia: The potential role of coffee [J]. *Hearing, Balance and Communication*, 2013, 11(4): 218-223.
- [34] Hwang JH, Chan YC, Hsu CJ, et al. Effects of tea drinking on auditory functions in aged subjects [J]. *J Nutr Health Aging*, 2012, 16(3): 252-256.
- [35] De Rivera C, Shukitt-Hale B, Joseph JA, et al. The effects of antioxidants in the senescent auditory cortex [J]. *Neurobiol Aging*, 2006, 27(7): 1035-1044.
- [36] Jung SY, Kim SH, Yeo SG. Association of Nutritional Factors with Hearing Loss [J]. *Nutrients*, 2019, 11(2): 307-307.

收稿日期 2024-04-15
责任编辑 李思阳