临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003733

老年吞咽障碍影响因素探究及其预测研究

彭　朋[1]，陈忻睿[2]，周艺林[1]，田小芹[1]，唐于钦[1]，邓　丹[1]
（1.重庆医科大学公共卫生学院卫生统计学教研室，重庆　400016；
2.重庆市江北区疾病预防控制中心/重庆市江北区卫生监督所，重庆　400025）

【摘　要】目的：探究老年人吞咽障碍影响因素，构建吞咽障碍预测模型，为临床实践提供理论依据。**方法：**本研究采用病例对照研究设计，选取重庆医科大学附属第一医院老年病科2016年3月至2023年6月就诊的吞咽障碍患者为病例组，同期同科室就诊的非吞咽障碍病人为对照组，利用相关性分析、套索回归（least absolute shrinkage and selection operator，LASSO）及多因素logistic回归探究吞咽障碍影响因素，十折交叉验证训练极度梯度提升算法（extreme gradient boosting，XGBoost）模型用于预测吞咽障碍并运用沙普利加性解释（SHapley additive exPlanations，SHAP）方法对模型进行可视化处理。**结果：**病例组1 009例，对照组2 125例。相关性及LASSO回归共筛选12个因素进行多因素logistic回归，多因素结果显示患有肌肉减少症、年龄增加、照料者为子女或看护、老年人身体衰弱、口腔健康状况差、自我生活能力差、抑郁、认知障碍是吞咽障碍的危险因素（OR>1，P<0.05），女性、参加社区活动为吞咽障碍的保护因素（OR<1，P<0.05）。XGBoost模型预测效能较好，模型精确率为0.795、查准率为0.711、灵敏度为0.613、特异度为0.881，F1值为0.661，受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线下面积AUC=0.855。SHAP图显示，前5位重要特征分别为照料者、口腔评分、衰弱情况、日常生活能力及认知功能。**结论：**老年人吞咽障碍影响因素众多，临床上应更加关注口腔健康差、身体衰弱、日常生活需要依赖他人及认知功能障碍的老年人，XGBoost模型在老年人吞咽障碍预测上有较好的表现，可为临床实践提供参考。

【关键词】吞咽障碍；影响因素；预测模型；XGBoost模型
【中图分类号】R473.78　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2024-11-04

Influencing factors for dysphagia in the elderly and establishment of a predictive model

Peng Peng[1]，*Chen Xinrui*[2]，*Zhou Yilin*[1]，*Tian Xiaoqin*[1]，*Tang Yuqin*[1]，*Deng Dan*[1]
（*1. Department of Health Statistics，College of Public Health，Chongqing Medical University；2. Chongqing Jiangbei District Center for Disease Control and Prevention/Chongqing Jiangbei District Public Health Inspection Office*）

【Abstract】*Objective*：To investigate the influencing factors for dysphagia in the elderly，to construct a predictive model for dysphagia，and to provide a theoretical basis for clinical practice. ***Methods*：**In this case-control study，the patients with dysphagia who attended Department of Geriatrics in the first affiliated hospital of Chongqing Medical University from March 2016 to June 2023 were enrolled as case group，and the patients without dysphagia who attended the same department during the same period of time were enrolled as control group. The correlation analysis，least absolute shrinkage and selection operator（LASSO）regression，and multivariate logistic regression analysis were used to investigate the influencing factors for dysphagia；the 10-fold cross-validation Extreme Gradient Boosting（XGBoost）model was used to predict dysphagia，and the SHapley additive exPlanations（SHAP）method was used for model visualization. ***Results*：**There were 1009 cases in the case group and 2125 cases in the control group. The correlation analysis and LASSO regression analysis identified 12 factors for the multivariate logistic regression analysis，and the results showed that sarcopenia，increasing age，children or caretakers as caregivers，frail health，poor oral health，poor self-care ability，depression，and cognitive impairment were risk factors for dysphagia（odds ratio[OR]>1，P<0.05），and female sex and participation in community activities were protective

作者介绍：彭　朋，Email：2282456185@qq.com，研究方向：公共卫生；人群统计。
通信作者：邓　丹，Email：100079@cqmu.edu.cn。
基金项目：重庆市自然科学基金面上资助项目（编号：CSTB2022NSCQ-MSX0804）；重庆英才计划“包干制”资助项目（编号：cstc2022ycjh-bgzxm0015）；重庆市教育委员会人文社会科学重点研究资助项目（编号：21SKGH027）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250117.1133.002（2025-01-17）

factors against dysphagia（*OR*<1，*P*<0.05）. The XGBoost model had a good predictive efficacy，with an accuracy rate of 0.795，a precision rate of 0.711，a sensitivity of 0.613，a specificity of 0.881，an F1 value of 0.661，and an area under the ROC curve of 0.855. The SHAP plot showed that the top five important characteristics were caregiver，oral score，frail health condition，activities of daily living，and cognitive function. ***Conclusion***：There are various influencing factors for dysphagia in the elderly，and the elderly patients with poor oral health，frailty，dependence on others for daily life，and cognitive impairment should be taken seriously in clinical practice. The XGBoost model has a good performance in predicting dysphagia in the elderly，which can provide a reference for clinical practice.

【Key words】dysphagia；influencing factors；predictive model；XGBoost model

近年来，随着老龄化进程的不断加快，老年群体的规模亦逐步扩大，但老年人群的生活质量和健康预期寿命受多种慢性疾病和退行性疾病的影响，其中吞咽障碍是一种常见老年综合征，在老年人群中的患病率为10%~33%[1-2]。吞咽障碍（dysphagia，swallowing disorders）是指因口腔、喉部、食管等器官的结构或者功能受损，导致不能安全有效地将食物由口腔输送到胃内取得足够营养和水分，由此产生的进食困难[3-4]。世界卫生组织（World Health Organization，WHO）已将吞咽障碍列入国际疾病分类第10版（ICD-10）及国际功能、残疾和健康分类（international classification of functioning，disability and health，ICF）[5]。

国内外针对吞咽障碍的研究较为全面广泛，但大多侧重于临床治疗、康复护理等领域[6]。对于吞咽障碍的影响因素研究却相对较少，且该类研究多集中在脑卒中、帕金森等神经系统高发病[7]，然而吞咽障碍可发生于吞咽过程各个阶段，除中枢神经系统疾病外，口咽部器质性病变[8]、呼吸系统疾病[9]等多种疾病，以及年龄、营养、肌肉衰弱以及家庭支持等[10-11]因素均可导致吞咽障碍，本研究从老年患者的临床前情况入手，如老人日常生活、工作行为特征等，结合临床危险因素，如肌肉减少症、共病指数、口腔健康状况等，以求更为全面的探究影响因素；对于老年人吞咽障碍的预测研究国内外则相对不足，其中多数研究限制在某类特定疾病，如脑卒中患者吞咽障碍[12]、口腔癌患者吞咽障碍[13]、头颈癌患者吞咽障碍[14]等，且多数研究采用较为传统的统计方法进行预测研究[15-16]，其虽预测效能较为理想，但在决策建议上还有待探讨。本研究立足人口老龄化进程加快的时代背景和老年人吞咽障碍综合征亟待被研究的现实需求，积极探索西南某市老年吞咽障碍的检出情况，全面深入挖掘该病的潜在危险因素，并通过机器学习算法拟合疾病预测模型，以期为临床提出针对性干预措施提供参考，最终实现疾病诊断防控关口前移，助力“健康老龄化”的有效推进。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用病例对照研究设计，基于重庆医科大学附属第一医院的信息管理系统进行资料采集。该院老年病科采用多学科协作服务模式，在老年医学领域常年接诊率高，服务对象覆盖西南片区乃至全国的老年患者，满足研究的样本要求。2016年3月至2023年6月前往该医院老年病科就诊被诊断为吞咽障碍的患者为病例组，该时间段内同科室就诊的非吞咽障碍患者为对照组。系统搜集其个体特征、行为与心理特征、人际网络、生活和工作条件等维度指标。研究纳入标准：①年龄为65岁及以上；②各项指标齐全；③诊断信息明确。排除标准：①存在明显引起吞咽障碍的其他病因的患者；②无法口服进食的患者；③处于临终状态的患者。

1.2 研究方法

1.2.1 吞咽障碍评估 洼田饮水试验（water swallowing test，WST）是目前最经典的吞咽障碍评估方法，常被用作评估吞咽功能的筛查工具[17]。本研究选取该方法作为研究对象吞咽障碍的评估方法。具体操作方法为：研究对象在端坐位下将30 mL温水一次性饮完，观察所需时间、饮水次数和呛咳情况，据此将研究对象的吞咽功能分为5个等级。其中，1次将水咽下为1级；分2次以上咽下为2级；1次咽下且有呛咳为3级；分2次以上咽下且有呛咳为4级；频繁呛咳，不能全部咽下为5级。若评定为1级且在5 s内咽下为吞咽功能正常，评定为1级但超过5 s或2级为可疑，3~5级为异常。根据既往文献[18]，本研究将可疑及异常的结果视为吞咽障碍。

1.2.2 量表评估 ①衰弱评定量表。研究采用衰弱与平衡评估的综合评定量表评估患者的衰弱情况，在老年人群中具有较好的适用性[19]。该量表包含8个条目，总分8分。0分为无衰弱，1~2分为衰弱前期，≥3分为衰弱。②生活能力评定量表。研究采用日常生活活动能力（activity of daily living，

ADL）量表的Barthel指数对患者的自理生活能力进行评定，该量表已被证实具有较好的信效度[20-21]。该量表包含日常活动的10个评定条目，总分100分。100分表示患者有良好的基本日常生活能力，无需依赖他人；61~99分表示轻度依赖，日常生活仍能基本自理；41~60分表示中度依赖，患者需要一定帮助才能进行日常生活；≤40分则表示重度依赖，患者需要明显依赖他人才能完成日常生活。③营养状况评定量表。研究采用简易营养评估量表（mini nutritional assessment，MNA）评估研究对象的营养状况，该量表被推荐用于老年住院患者的营养评价，具有良好的信效度[22-23]。总分30分，其中筛选类指标14分，评价类指标16分。当评定总分≥24分表示营养状况良好，17~24分表示存在营养不良的危险，<17分则表示明确为营养不良。④睡眠质量量表。研究采用匹兹堡睡眠质量指数（pittsburgh sleep quality index，PSQI）量表评估患者的睡眠情况。该量表从7个方面评价睡眠质量，总分21分，其中，0~5分提示睡眠质量优，6~10分提示睡眠质量良，11~15分提示睡眠质量中等，16~21分则提示睡眠质量差。⑤老年抑郁量表。研究采用老年抑郁量表（geriatric depression scale-5，GDS-5）评估老年患者的心理健康状况，该量表可用于抑郁的快速筛查，信效度良好[24-25]。其包括5个心理状态相关问题，肯定回答得1分，否定得0分，分数≥2分则考虑为异常。⑥认知功能量表。研究采用简易智力状态检查（minimum mental state examination，MMSE）量表进行认知功能评估，该量表在国际上应用广泛，信效度良好[24]。该量表认为受教育程度与认知功能有关，其中文盲得分低于17分，小学文化水平得分低于20分，中学及以上文化水平得分低于27分，则表示存在认知功能障碍。⑦简易口腔量表。使用汉化版Kayser-Jones简明口腔健康检查（brief oral health status examination，BOHSE）量表评价老年患者的口腔健康情况，该具有良好的信效度[26]。该量表包含10个条目。每个条目均采用3级评分法，0分正常、1分问题轻、2分问题重，总分20分，分数越高口腔健康状况越差。⑧查尔森共病指数。查尔森共病指数（Charlson comorbidity index，CCI）是评价患者共病情况的良好指标[27]，多用于计算患者的共病负担。考虑到不同年龄对共病情况的影响，本研究采用经年龄校正后的查尔森共病指数[28]（age-adjusted Charlson comorbidity index，ACCI），基于研究对象的既往病史和检查结果，计算其共病评分。

1.3 数据处理

在临床专家的指导下进行数据清洗，对异常值和逻辑错误值进行重新核查或直接删除。采用多重填补法对基本诊断资料的缺失数据进行填补，考虑到各变量数据的缺失占比均<10%，故定量变量资料使用中位数填补，定性变量资料使用众数填补。最终纳入22个变量进入研究，具体见表1。同时，基于数据分析及指标可解释性的需要，将原始数据中的连续变量转换为分类变量，如年龄、体质指数（body mass index，BMI）、衰弱、营养、睡眠质量、日常生活能力、抑郁、认知功能等。

表1 变量赋值表

变量名称	变量赋值
吞咽障碍	否=0，是=1
肌肉减少症	否=0，是=1
性别	男=1，女=2
年龄	65～74=1，75～84=2，≥85=3
婚姻状况	已婚=1，离婚或丧偶=2
文化程度	文盲=1，小学=2，初中=3，高中及中专=4，大专及以上=5
月收入（元）	<3 000=1，≥3 000且<5 000=2，≥5 000且<10 000=3，≥10 000=4
主要照料者	自己=1，配偶=2，子女=3，看护=4
BMI	低体质量=1，正常=2，超重=3，肥胖=4
自评健康状况	很差=1，差=2，一般=3，好=4，很好=5
衰弱情况	无衰弱=1，衰弱前期=2，衰弱=3
营养状况	营养不良=1，存在营养不良的危险=2，营养良好=3
日常生活能力	无需依赖=1，轻度依赖=2，中度依赖=3，重度依赖=4
是否吸烟	是=1，过去吸已戒=2，否=3
是否喝酒	是=1，过去喝已戒=2，否=3
室外体育锻炼情况	不参加=1，0.5 h/d=2，1 h/d=3，2～4 h/d=4，≥4 h/d=5
生活规律	不规律=1，基本规律=2，很规律=3
社区活动	不参加=1，偶尔参加=2，很少参加=3，经常参加=4
做家务情况	不做=1，有时做=2，经常做=3
抑郁情况	正常=1，异常=2
认知功能	正常=1，认知功能障碍=2
口腔评分	定量资料
共病评分	定量资料

1.4 统计学方法

计数资料用频数（百分比）进行统计描述，满足正态性的计量资料采用均数±标准差（$\bar{x} \pm s$）进行统计描述，满足偏态分布的计量资料采用$M_d(P_{25},P_{75})$进行统计描述，对于一般人口学资料采用卡方检验或Wilcoxon秩和检验进行差异性分析。对于影响因素的研究首先采用相关性分析剔除无关变量，再应用LASSO-logistic回归进行多因素分析；选择XGBoost算法构建吞咽困难预测模型，采用ROC曲线混淆矩阵的4个常用指标精确率（accuracy）、查准率（precision）、灵敏度（sensitivity）、特异度（specificity），以及F1值对模型预测性能进行评估，最后SHAP模型对吞咽障碍预测模型进行可视化处理。本研究采用stata17.0与excel对数据进行预处理，采用R4.4.1对数据进行统计学分析，检验水准α=0.05。

1.4.1 影响因素探究 ①相关性分析：本研究纳入变量多为分类变量，故采用Spearman相关性分析法初步探索各个变量间的相关性。剔除与吞咽障碍相关性无统计学意义的变量，同时筛选自变量间相关系数绝对值>0.7的变量，为保证各变量的相对独立，相关系数绝对值>0.7的2个变量最终保

留其中一个变量纳入后续分析。② 多因素分析：由于研究纳入变量较多，数据设计维度过高，本研究采用LASSO回归与logistic回归相结合的方法对吞咽障碍进行多因素分析。1996年Rorbert Tibshirani首次提出LASSO回归，该方法通过构建一个惩罚函数来不断压缩回归系数，从而得到较为精炼的模型。LASSO回归是一种替代最小二乘法的压缩估计方法，即为最小绝对值选择与收缩算子[29]。LASSO回归就是在一般线性模型的最小二乘估计上增加了一个L1正则化项，由于高维数据往往无法满足满秩矩阵，LASSO回归通过L1正则化项将不重要参数的回归系数压缩为0以达到筛选变量、数据降维的目的。

LASSO目标函数为：

$$\hat{\beta}=\arg\min_{\beta\in R^d}\left(\left\|y-x\beta\right\|^2\right)+\lambda\sum_{j=1}^{d}\left|\beta_j\right| \quad (1)$$

式(1)中为β回归系数；x是自变量；y是因变量；λ是收缩参数。λ越小，则惩罚力度越小，于是模型中保留的变量就越多；λ越大，则惩罚力度越大，模型中保留的变量就越少，通过增加λ使得一些回归系数不断压缩为0，从而简化模型。

logistic回归由英国统计学家David Cox提出，属于广义线性模型的一种。该模型假设样本服从伯努利分布，利用极大似然估计和梯度下降求解参数，对分类数据的处理拥有较好的性能，现已广泛应用于医学研究中的二分类问题。该模型是将样本输入值通过Sigmoid函数将任意输入值映射到(0,1)这个区间，从而将值转换为概率。

$$ln\frac{P}{1-P}=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+...+\beta_ix_i \quad (2)$$

式(2)β_0中为常数项，β_0,β_1,β_2,…,β_i是偏回归系数。通过logit变换将P为(0,1)的概率问题转化成(−∞,+∞)资料类型的多元线性问题。

1.4.2 吞咽障碍的预测 选取多因素分析有统计学意义的因素纳入极度梯度提升算法XGBoost模型进行吞咽困难的预测研究，XGBoost模型参数通过网格搜索与十折交叉验证相结合寻找最优参数组合，利用ROC曲线以及混淆矩阵综合评估模型预测效能，最终选择SHAP模型对最优风险模型进行可视化处理。

2016年陈天奇和Carlos Guestrin提出XGBoost算法，该算法是对梯度提升算法的改进，相对于梯度提升树(GBDT)XGBoost能够更快更高效地训练模型。XGBoost属于向前迭代模型，会训练多棵树，对于第t棵树，第i个样本的模型预测值为：

$$\hat{y}_i^{(t)}=\sum_{k=1}^{t}f_k(x_i)=\hat{y}_i^{(t-1)}+f_t(x_i) \quad (3)$$

其中$\hat{y}_i^{(t)}$为第t次迭代之后样本i的预测结果，$f_t(x_i)$为第t棵树的模型预测结果，$\hat{y}_i^{(t-1)}$为第t−1次迭代后样本i预测结果。

2 结 果

2.1 一般人口学特征

研究共纳入3 134例研究对象，病例组1 009例，对照组2 125例，吞咽障碍检出率32.20%。本研究2组间一般人口学特征的差异均有统计学意义(P<0.05)，其中男性1 333例(42.53%)，女性1 801例(57.47%)，男性检出率较高，有482(36.15%)；平均年龄(78.8±7.63)岁，75~84岁的老年人居多，有1 310例(41.80%)，≥85岁的患者吞咽障碍检出率更高(55.35%)；体质指数正常者居多，有1 443例(46.04%)，但低体质量患者肌少性吞咽障碍的检出率更高(50.88%)；离婚或丧偶与文盲群体检出率较高，分别为38.17%、45.76%。研究对象详细人口学特征见表2。

表2 研究对象一般人口学特征(n,%)

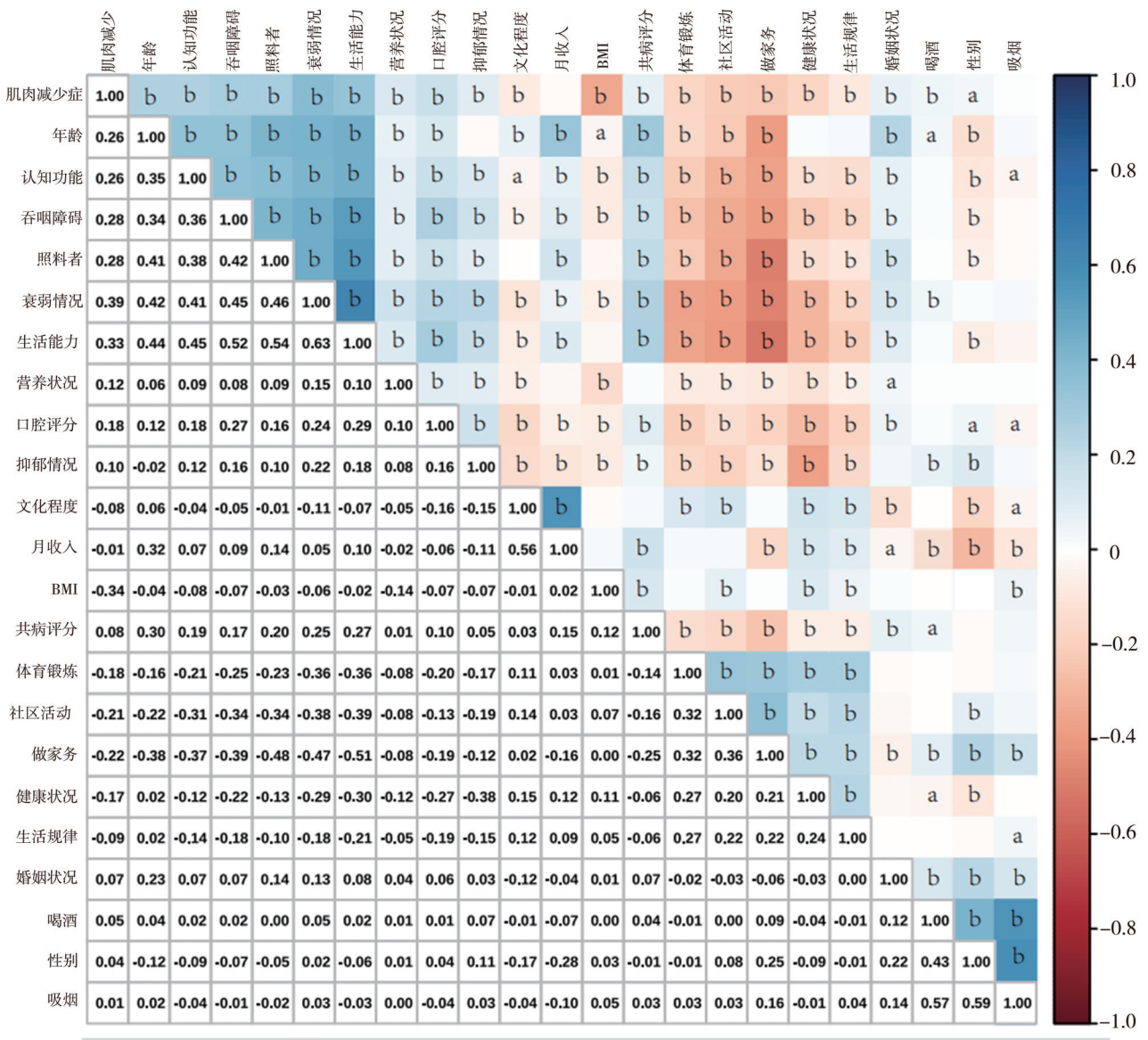
变量		总数	吞咽障碍	吞咽正常	χ^2值	P值
性别	男	1 333(42.53)	482(36.15)	851(63.85)	16.695	<0.001
	女	1 801(57.47)	527(29.26)	1 274(70.74)		
年龄(岁)	65~	993(31.68)	132(13.29)	861(86.71)	19.052	<0.001
	75~84	1 310(41.80)	417(31.83)	893(68.17)		
	85~	831(26.52)	460(55.35)	371(44.65)		
BMI	低体质量	285(9.10)	145(50.88)	140(49.12)	−4.066	<0.001
	正常	1 443(46.04)	442(30.63)	1 001(69.37)		
	超重	1 051(33.54)	315(29.97)	736(70.03)		
	肥胖	355(11.32)	107(30.14)	248(69.86)		
婚姻状况	已婚	2 390(76.26)	725(30.33)	1 665(69.67)	15.965	<0.001
	离婚或丧偶	744(23.74)	284(38.17)	460(67.83)		
文化程度	文盲	295(9.41)	135(45.76)	160(54.24)	−2.636	0.008
	小学	609(19.43)	199(32.68)	410(67.32)		
	初中	723(23.07)	208(28.77)	515(71.23)		
	高中及中专	691(22.05)	206(29.81)	485(70.19)		
	大专及以上	816(26.04)	261(31.99)	555(68.01)		

注：2组间四格表资料采用χ^2检验，2组等级资料采用Wilcoxon秩和检验

2.2 吞咽障碍影响因素研究

2.2.1 吞咽障碍相关性分析 对所有纳入研究的变量进行相关性分析，结果如图1显示，吸烟、喝酒与吞咽障碍的相关性无显著性差异，其中吞咽障碍与吸烟Spearman相关系数r_s为-0.01，P>0.05；吞咽障碍与喝酒的r_s为0.02，P>0.05。其他变量与吞咽障碍具有相关性，其中年龄、肌肉减少症、认知功能、主要照料者、衰弱情况、生活能力、营养状况、口腔评分、抑郁情况、月收入、共病评分、婚姻状况与吞咽障碍呈正相关r_s>0，P<0.05，文化程度、BMI、体育锻炼、社区活动、做家务情况、生活规律、性别以及自评健康状况与吞咽障碍呈负相关r_s<0，P<0.05，且变量间相关系数绝对值均<0.7。

2.2.2 吞咽障碍的影响因素研究 由于研究纳入变量较多，数据设计维度过高，数据可能存在共线性，故，在进行logistic回归之前选用LASSO回归对数据进行降维、去共线性处理。将吞咽障碍作为因变量，相关性分析中与吞咽障碍有相关性的因素（P<0.05）作为自变量，纳入LASSO回归模型，通过十折交叉验证选择确定最佳惩罚系数λ。图2为LASSO回归系数路径图，由图可见，自变量系数随惩罚系数λ的增大而缩小，最终变为0，随着λ逐渐增大进入模型的变量个数不断减少，模型逐渐精简避免过拟合。图3为LASSO回归交叉验证结果，其上横坐标为不同λ对应的变量数，下横坐标为惩罚系数的对数Log(λ)；纵坐标为交叉验证的误差大小，其值越小，表示LASSO拟合效果越好。本研究LASSO回归模型的min.lambda为0.004 04，lambda.1se为0.014 88；当λ取lambda.min时，模型筛选变量为14个，此时模型二项偏差最小，模型效能最优，当参数λ取lambda.1se时模型筛选变量12个，此时模型性能较好且拥有变量最少。在保证模型性能较高的前提下，尽可能防止模型过拟合，本研究选择λ取lambda.1se时回归系数非0的特征进行后续研究，筛选得到12个变量，分别为肌肉减少症、性别、年龄、主要照料者、自



注：a，P<0.05，b，P<0.01

图1 研究因素之间的相关性热图

评健康状况、衰弱情况、口腔评分、日常生活能力、社区活动、帮助做家务情况、认知功能、抑郁情况。

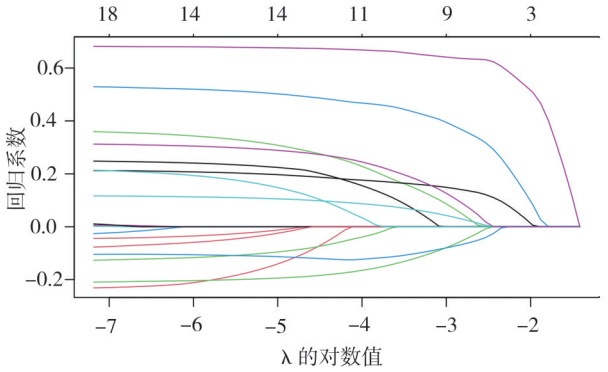


图2 LASSO 回归系数路径图

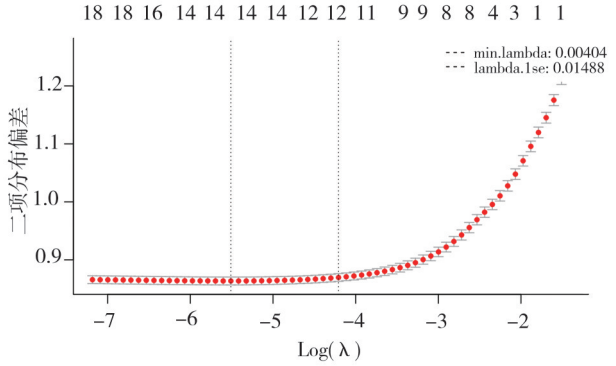


图3 LASSO 回归交叉验证图

以老年人吞咽障碍（0=无吞咽障碍，1=吞咽障碍）为因变量，以 LASSO 回归筛选得到的 12 个指标为自变量，进行多因素 logistic 回归分析选用向前向后逐步法训练模型。结果如表 3 显示，肌肉减少症、年龄、性别、主要照料者、衰弱情况、日常生活能力、口腔评分、社区活动、老年人抑郁情况和认知功能应该是老年人患吞咽障碍的主要影响因素（$P<0.05$），帮助做家务情况以及自评健康状况可能与其他因素的相互影响，未纳入多因素模型。其中，患有肌肉减少症、年龄增加、照料者为子女或看护、老年人身体衰弱、口腔健康状况差、自我生活能力差、抑郁、认知障碍是吞咽障碍的危险因素，女性、参加社区活动为吞咽障碍的保护因素。

2.3 吞咽障碍预测研究

将多因素 logistic 回归模型建模的 10 个变量纳入 XGBoost 模型。XGBoost 模型参数通过网格搜索法与十折交叉验证搜索最优组合，最终选择学习率 eta 为 0.2，惩罚项系数 gamma 为 0.1，决策树的最大深度 max_depth 为 3，最小子节点权重和 min_child_weight 为 1 时，最佳迭代数 nround 为 41 时模型效能较好，详细见表 4。通过十折交叉验证划分训练集与测试集，选用模型十次验证的平均结果用于评价模型的预测效能，十折交叉验证平均混淆矩阵如图 4，根据图 4 计算出十次模型拟合的平均精确率为 0.795、查准率为 0.711、灵敏度为 0.613、特异度为 0.881，F1 值为 0.661。绘制模型 10 次训练的平均 ROC 曲线如图 5，ROC 曲线下面积 AUC=0.855，综合评估该模型具有较好的预测效能。

对本研究训练得到的 XGBoost 模型进行 SHAP 可视化，

表3 吞咽障碍多因素 logistic 回归分析

变量	偏回归系数	标准误	*Z*	*P*	*OR*	95%CI
常量	−3.694	0.325	−11.367	<0.001	0.025	（0.013~0.047）
肌肉减少症（是）	0.284	0.102	2.796	0.005	1.329	（1.088~1.622）
性别（女）	−0.318	0.103	−3.094	0.002	0.728	（0.595~0.890）
年龄（75~84 岁）	0.402	0.134	2.993	0.003	1.495	（1.150~1.948）
年龄（≥85 岁）	0.630	0.152	4.147	<0.001	1.878	（1.395~2.533）
照料者（配偶）	−0.031	0.150	−0.209	0.835	0.969	（0.720~1.298）
照料者（子女）	0.487	0.138	3.524	<0.001	1.627	（1.241~2.133）
照料者（看护）	0.612	0.152	4.023	<0.001	1.844	（1.368~2.485）
衰弱情况（衰弱前期）	0.521	0.210	2.476	0.013	1.684	（1.125~2.574）
衰弱情况（衰弱）	1.040	0.215	4.837	<0.001	2.830	（1.874~4.363）
口腔评分	0.118	0.017	7.059	<0.001	1.125	（1.089~1.163）
生活能力（轻度依赖）	1.022	0.139	7.360	<0.001	2.780	（2.122~3.659）
生活能力（中度依赖）	1.893	0.223	8.487	<0.001	6.640	（4.309~10.338）
生活能力（重度依赖）	1.898	0.254	7.464	<0.001	6.675	（4.086~11.091）
社区活动（偶尔参加）	−0.589	0.173	−3.406	<0.001	0.555	（0.394~0.777）
社区活动（很少参加）	−0.510	0.119	−4.283	<0.001	0.600	（0.475~0.758）
社区活动（经常参加）	−0.735	0.151	−4.867	<0.001	0.479	（0.356~0.644）
抑郁情况（异常）	0.274	0.109	2.515	0.012	1.316	（1.062~1.629）
认知功能（功能障碍）	0.315	0.106	0.989	0.003	1.371	（1.114~1.685）

注：Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验中 $\chi^2=4.129$，$P=0.845$；模型似然比检验 $\chi^2=1285.5$，$P<0.001$，Nagelkerke $R^2=0.470$，回归模型拟合效果较好

表 4　XGBoost 模型参数表

参数名	参数值	参数含义
max_depth	3	树的最大深度
eta	0.2	学习率
gamma	0.1	分裂最小损失
min_child_weight	1	最小子节点权重和
subsample	0.7	样本子采样率
colsample_bytree	0.4	特征子采样率
nround	41	迭代次数
objective	binary:logistic	二分类逻辑回归
metrics	rmse	均方根误差

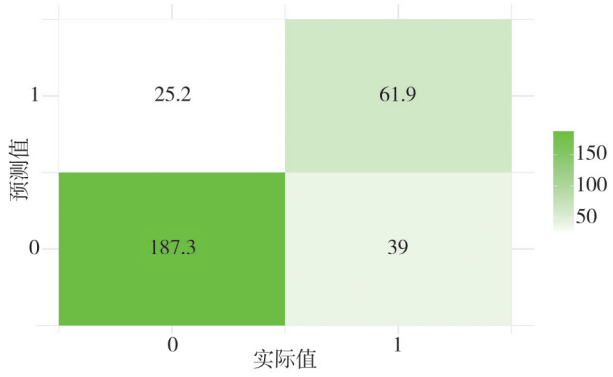


图 4　XGBoost 模型十折交叉验证的平均混淆矩阵

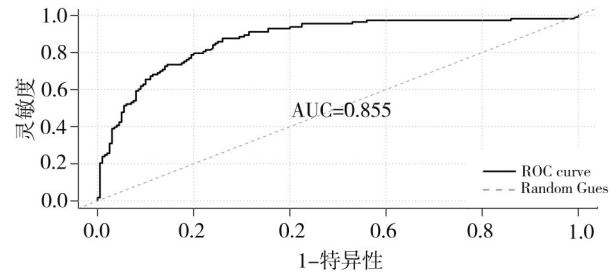


图 5　XGBoost 模型十折交叉验证的平均 ROC 曲线

结果如图 6 显示对吞咽障碍预测贡献最大的 5 个因素分别是照料者、口腔评分、衰弱情况、日常生活能力及认知功能，特征重要性排序详细见图 6。其中如图 7 所示，护工为主要照料者、口腔健康状态差、身体衰弱、日常生活中度依赖他人、认知功能障碍者 SHAP 值为正，表示对吞咽障碍的预测有正向作用。对于老年人口腔评分而言，口腔总评分>5 分后随着口腔评分增加 SHAP 逐渐变高，由负到正，提示口腔健康状况差到一定程度后才会对吞咽障碍产生正向促进作用。

3　讨　论

近年来随着老龄化进程不断加剧，老年群体规模也越来越大，吞咽障碍已成为老人群体不可忽视的健康问题。本研究纳入研究对象 3 134 例，病例组 1 009 例，对照组 2 125 例，吞咽障碍检出率为 32.20%，这与我国老年人吞咽障碍患病率为 11.4%~33.7%[30]较为吻合，相对低于全球吞咽障碍患病率 43.8%[31]。由于各地区人群特异性以及检出手段的出入，各研究吞咽障碍患病率有所差异。本研究吞咽障碍检出率普遍高于 Cha S 等[32]在日本（22.9%）及支梦佳等[33]在北京地区（25.82%）针对社区老年人吞咽障碍的检出情况，大多数老年人只有因身体不适或有明显症状才到医院就医，医院吞咽障碍检出率较社区老年人高，提示吞咽障碍的发生可能与躯体其他疾病有关。

本研究发现肌肉减少症是吞咽障碍的危险因素（*OR*=1.329，*P*=0.005），吞咽动作除神经调节外，还涉及到口咽、食管等众多肌肉[34]，肌肉减少必然会促进吞咽功能障碍，Zhao WT 等[35]也指出肌肉减少症和吞咽障碍存在双向的因果关系。吞咽障碍在性别上同样存在差异，女性患吞咽障碍的风险是男性的 0.728 倍（*P*=0.002），这可能是因为男性人群吸烟饮酒比例更大所致，这与既往研究较为一致[36]，但来自刘雅鑫等[37]的 1 篇 Meta 分析显示我国男女吞咽障碍患病率接近，性别对于吞咽障碍的影响可能还需要更多流行病学证据来证实。随着年龄增大对于患吞咽障碍的风险增加，75~84 岁老人吞咽障碍风险是 65~74 岁老人的 1.495 倍（*P*=0.003），85 岁老人是 65~74 岁老人的 1.878 倍（*P*<0.001），随着年龄的不断增加老年人的神经兴奋性、身体机能都会下降，吞咽障碍风险升高[38]。本研究发现抑郁老年人吞咽障碍患病风险更高（*OR*=1.316，*P*=0.012），有研究显示，吞咽障碍患者存在抑郁状态，两者之间的关系还需进一步研究，尚不能直接说明抑郁为吞咽障碍的风险因素，但不可否认吞咽障碍可能会导致社交较少、情感孤立，由此会对患者产生负面影响。

结合 XGBoost 预测模型前 5 位重要特征分析，主要照料者为护工的吞咽障碍发生率更高，一般来说护工照料人群本身因各种疾病老人难以独立生活，该人群的日常生活能力需要依赖他人，且由于护工照料人群家庭、情感支持相对缺乏，可能由此导致护工照料人群患吞咽障碍风险更大；口腔评分>5 后，随着口腔评分增加，患吞咽障碍的风险逐渐增大，口腔健康状况对吞咽功能有直接影响[39]；身体衰弱对吞咽障碍的预测贡献度较高，衰弱可能导致神经衰弱、肌肉萎缩、免疫功能下降等问题，从而提高吞咽障碍的患病风险[40]；日常生活能力越依赖他

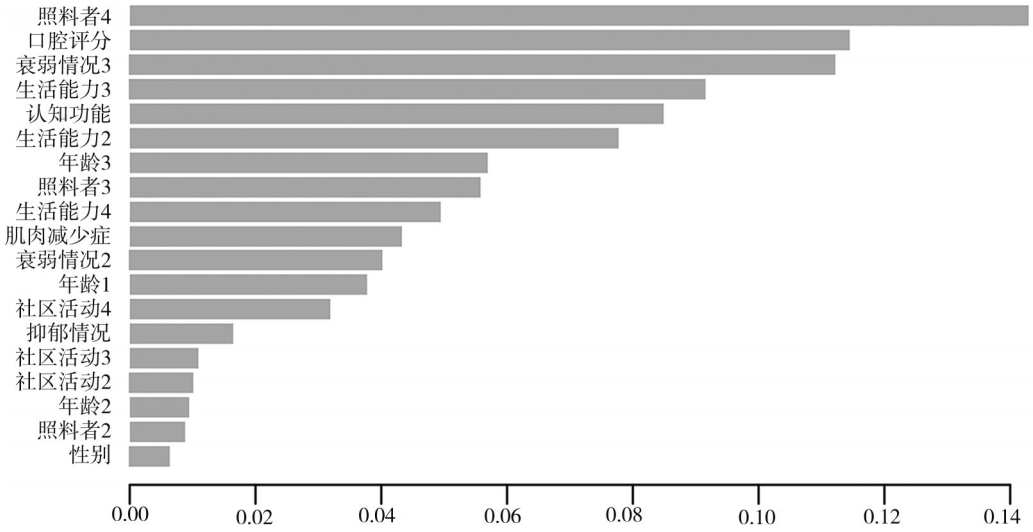


图6　XGBoost模型特征重要性排序

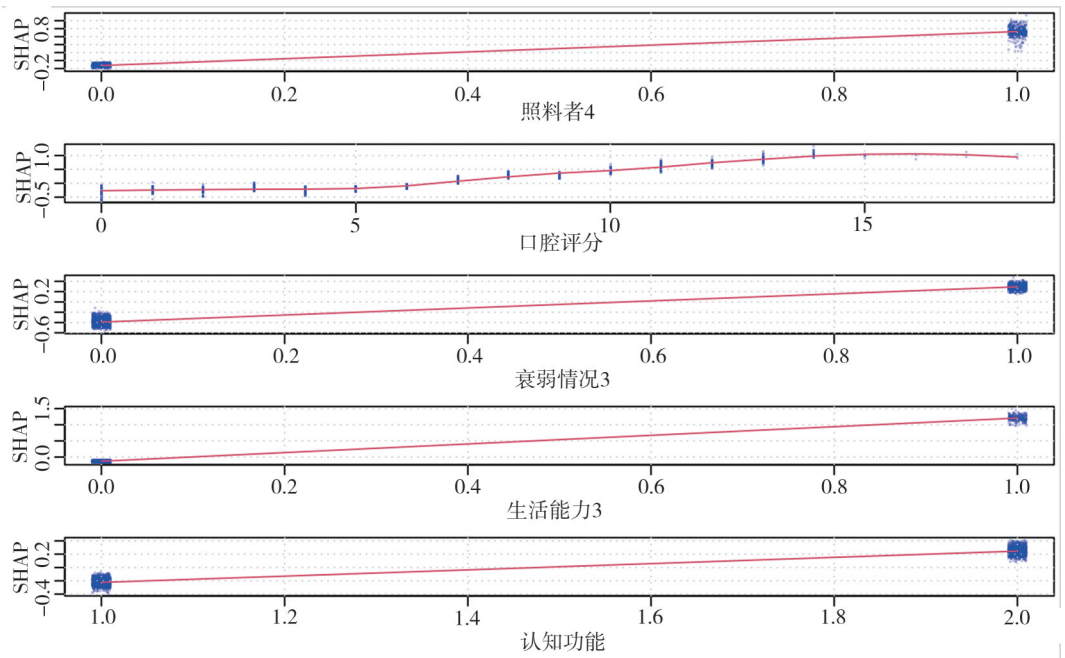


图7　XGBoost模型前5位特性SHAP值

人的人，从某些方面反映了老人的身体健康程度，依赖他人的人多是行动不便或生活不能自理，长此以往可能会导致肌肉退行性减少，增加吞咽障碍的风险[41]。认知功能障碍对吞咽障碍的预测有着正向贡献作用，有研究显示，认知能力下降可能会导致进行性运动功能障碍和影响肌肉功能完整性，从而导致吞咽障碍风险增加[42]。

本研究拟合XGBoost模型用于预测吞咽障碍，模型精确率为0.795、查准率为0.711、灵敏度为0.613、特异度为0.881，F1值为0.661，模型ROC曲线下面积AUC=0.855，模型预测效能较好。但相比周升霞等[43]应用XGBoost模型预测脑卒中患者中吞咽障碍的发生效能较低，但该模型预测效能优于谢丽娜等[44]用决策树与logistic回归对老年认知障碍并发吞咽障碍风险的预测效能。

综上所述，本研究回顾性纳入3 134名研究对象进行吞咽障碍影响因素的探索，以及构建XGBoost吞咽障碍预测模型。结果显示肌肉减少症、年龄、性别、主要照料者、衰弱情况、日常生活能力、口腔评分、社区活动、老年人抑郁情况和认知功能应该是老年人患吞咽障碍主要影响因素，护工照料者、口腔评分高、身体衰弱、日常生活需要依赖他人

及认知功能障碍对吞咽障碍预测有正向贡献。临床医生应更多关注此类患者是否存在吞咽障碍。此外，本研究还存在一定局限性，由于本研究纳入数据阳性样本为1 009例、阴性样本为2 125例，阴性样本量远大于阳性样本，样本均衡性较差，故模型灵敏度较低而特异度较高，在未来研究中可进行配对病例对照研究进一步控制混杂因素；模型仅用十折交叉验证进行内部验证，尚缺乏真实人群的外部验证，目前模型泛性还有待用人群大样本进行验证。

参 考 文 献

[1] Zhou MG, Wang HD, Zeng XY, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990-2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017[J]. Lancet, 2019, 394(10204): 1145-1158.

[2] Thiyagalingam S, Kulinski AE, Thorsteinsdottir B, et al. Dysphagia in older adults[J]. Mayo Clin Proc, 2021, 96(2): 488-497.

[3] 中国康复医学会吞咽障碍康复专业委员会，窦祖林，温红梅，等. 中国吞咽障碍康复管理指南（2023版）[J]. 中华物理医学与康复杂志，2023，45(12)：1057-1072.

Rehabilitation Committee of Swallowing Disorders of the Chinese Society of Rehabilitation Medicine, Dou ZL, Wen HM, et al. Guidelines for rehabilitation management of dysphagia in China (2023 edition)[J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2023, 45(12): 1057-1072.

[4] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组. 中国吞咽障碍评估与治疗专家共识（2017年版）第二部分 治疗与康复管理篇[J]. 中华物理医学与康复杂志，2018，40(1)1-10.

Consensus Group of Swallowing Disorder Rehabilitation Assessment and Treatment in China. Consensus of Chinese experts on swallowing disorder assessment and treatment (2017 edition): part two, treatment and rehabilitation management[J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2018, 40(1): 1-10.

[5] Harrison JE, Weber S, Jakob R, et al. ICD-11: an international classification of diseases for the twenty-first century[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2021, 21(Suppl 6): 206.

[6] Nakao-Kato M, Rathore FA. An overview of the management and rehabilitation of dysphagia[J]. J Pak Med Assoc, 2023, 73(8): 1749-1752.

[7] Warnecke T, Labeit B, Schroeder J, et al. Neurogenic dysphagia: systematic review and proposal of a classification system[J]. Neurology, 2021, 96(6): e876-e889.

[8] Le KHN, Low EE, Yadlapati R. Evaluation of esophageal dysphagia in elderly patients[J]. Curr Gastroenterol Rep, 2023, 25(7): 146-159.

[9] Li WY, Gao MJ, Liu J, et al. The prevalence of oropharyngeal dysphagia in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Expert Rev Respir Med, 2022, 16(5): 567-574.

[10] 徐 苏，蔡文玮，李晨奕，等. 社区老年人吞咽障碍现状及其影响因素：一项横断面研究[J]. 中国全科医学，2024，27(17)：2083-2090.

Xu S, Cai WW, Li CY, et al. Prevalence and influencing factors of dysphagia in community-dwelling elderly: A cross-sectional study [J]. Chin Gen Pract, 2024, 27(17): 2083-2090.

[11] Sakai K, Nakayama E, Yoneoka D, et al. Association of oral function and dysphagia with frailty and sarcopenia in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. Cells, 2022, 11(14): 2199.

[12] 毛怡君，范 惠，张 维，等. 脑卒中患者吞咽障碍风险预测模型的系统评价[J]. 军事护理，2023，40(10)：96-100+106.

Mao YJ, Fan H, Zhang W, et al. Systematic review of risk prediction models for dysphagia in stroke patients [J]. Mil Nurs, 2023,40(10): 96-100+106.

[13] Lu Q, Yu JY, Zhou YY, et al. Prediction of postoperative dysphagia in patients with oral cancer: a prospective cohort study[J]. J Stomatol Oral Maxillofac Surg, 2024, 125(5S2): 101957.

[14] Aylward A, Park J, Abdelaziz S, et al. Individualized prediction of late-onset dysphagia in head and neck cancer survivors[J]. Head Neck, 2020, 42(4): 708-718.

[15] Yu LL, Li YQ, Zhang DY, et al. A risk prediction model for dysphagia in older patients: a single-center prospective study[J]. Geriatr Nurs, 2022, 44: 24-29.

[16] Heijnen BJ, Böhringer S, Speyer R. Prediction of aspiration in dysphagia using logistic regression: oral intake and self-evaluation[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020, 277(1): 197-205.

[17] 钱青青，方 芳. 危重病人机械通气拔管后吞咽障碍床边评估工具的研究进展[J]. 护理研究，2023，37(14)：2576-2580.

Qian QQ, Fang F. Research progress on bedside evaluation tools for post-extubation dysphagia in critically ill patients after mechanical ventilation[J]. Chin Nurs Res, 2023, 37(14): 2576-2580.

[18] 薄莹莹，莫永珍，欧阳晓俊，等. 老年肌少症住院病人合并吞咽功能障碍的影响因素分析[J]. 实用老年医学，2022，36(6)：632-635.

Bo YY, Mo YZ, Ouyang XJ, et al. Analysis of influencing factors of dysphagia in hospitalized elderly patients with sarcopenia[J]. Pract Geriatr, 2022, 36(6): 632-635.

[19] 刘 蓓. 基于综合评估的高龄老人的临床特点分析[D]. 重庆：重庆医科大学，2019.

Liu B. Analysis of clinical characteristics of the elderly based on comprehensive evaluation[D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2019.

[20] Clark DO, Stump TE, Tu WZ, et al. A comparison and cross-validation of models to predict basic activity of daily living dependency in older adults[J]. Med Care, 2012, 50(6): 534-539.

[21] 赵元萍，丁 睿，谢 红. 中国版日常生活活动能力量表编制与信效度验证[J]. 实用老年医学，2022，8(12)：1215-1219.

Zhao YP, Ding R, Xie H. Development and validation of reliability and validity of Chinese version of activities of daily living scale[J]. Pract

Geriatr，2022，8(12)：1215-1219.

[22] Vellas B，Guigoz Y，Garry PJ，et al. The Mini Nutritional Assessment（MNA）and its use in grading the nutritional state of elderly patients[J]. Nutrition，1999，15(2)：116-122.

[23] Leandro-Merhi VA，De Aquino JL. Anthropometric parameters of nutritional assessment as predictive factors of the Mini Nutritional Assessment（MNA）of hospitalized elderly patients[J]. J Nutr Health Aging，2011，15(3)：181-186.

[24] 刘 硕，刘晓红. 如何利用自评式量表在老年人群中筛查抑郁[J]. 中国临床保健杂志，2020，23(5)：586-589.

Liu S，Liu XH. How to use self-rating scale to screen depression in the elderly[J]. Chin J Clin Healthc，2020，23(5)：586-589.

[25] Folstein MF，Folstein SE，McHugh PR. "Mini-mental state" A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician[J]. J Psychiatr Res，1975，12(3)：189-198.

[26] 赵彩均，丁 福. Kayser-Jones简明口腔健康检查表的汉化及信度、效度研究[J]. 中国护理管理，2016，2(1)：38-41.

Zhao CJ，Ding F. Translation and psychometric evaluation of the Kayser-Jones Brief Oral Health Status Examination[J]. Chin Nurs Manag，2016，2(1)：38-41.

[27] Charlson ME，Pompei P，Ales KL，et al. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies：development and validation[J]. J Chronic Dis，1987，40(5)：373-383.

[28] Charlson M，Szatrowski TP，Peterson J，et al. Validation of a combined comorbidity index[J]. J Clin Epidemiol，1994，47(11)：1245-1251.

[29] 刘 明，杜建强，李郅琴，等. 融合Lasso的近似马尔科夫毯特征选择方法[J]. 计算机工程与应用，2024，60(8)：121-130.

Liu M，Du JQ，Li ZQ，et al. Approximate markov blanket feature selection method based on lasso fusion[J]. Computer Engineering and Applications，2024，60(8)：121-130.

[30] 窦祖林，温红梅，戴 萌，等. 第七届欧洲吞咽障碍年会暨首届世界吞咽障碍论坛纪实[J]. 中华物理医学与康复杂志，2017，39(12)：957-960.

Dou ZL，Wen HM，Dai M，et al. On-the-spot report of the 7th Annual Meeting of European Dysphagia and the 1st World Dysphagia Forum[J]. Chin J Phys Med Rehabil，2017，39(12)：957-960.

[31] Rajati F，Ahmadi N，Naghibzadeh ZA，et al. The global prevalence of oropharyngeal dysphagia in different populations：a systematic review and meta-analysis[J]. J Transl Med，2022，20(1)：175.

[32] Cha S，Kim WS，Kim KW，et al. Sarcopenia is an independent risk factor for dysphagia in community-dwelling older adults[J]. Dysphagia，2019，34(5)：692-697.

[33] 支梦佳，王田田，洪晓露，等. 北京市社区老年人吞咽障碍发生现状及其危险因素研究[J]. 护理管理杂志，2019，19(11)：834-838.

Zhi MJ，Wang TT，Hong XL，et al. Study on the dysphagia and risk factors in community-dwelling Elders in Beijing[J]. J Nurs Adm，2019，19(11)：834-838.

[34] Panebianco M，Marchese-Ragona R，Masiero S，et al. Dysphagia in neurological diseases：a literature review[J]. Neurol Sci，2020，41(11)：3067-3073.

[35] Zhao WT，Yang M，Wu HM，et al. Systematic review and meta-analysis of the association between sarcopenia and dysphagia[J]. J Nutr Health Aging，2018，22(8)：1003-1009.

[36] Yang EJ，Kim MH，Lim JY，et al. Oropharyngeal Dysphagia in a community-based elderly cohort：the Korean longitudinal study on health and aging[J]. J Korean Med Sci，2013，28(10)：1534-1539.

[37] 刘雅鑫，蒋运兰，黄孝星，等. 中国老年人吞咽障碍患病率的Meta分析[J]. 中国全科医学，2023，9(12)：1496-1502，1512.

Liu YX，Jiang YL，Huang XX，et al. The prevalence of dysphagia among Chinese older adults：a meta-analysis[J]. Chin Gen Pract，2023，9(12)：1496-1502，1512.

[38] Machida N，Tohara H，Hara K，et al. Effects of aging and sarcopenia on tongue pressure and jaw-opening force[J]. Geriatr Gerontol Int，2017，17(2)：295-301.

[39] Shiraishi A，Yoshimura Y，Wakabayashi H，et al. Prevalence of stroke-related sarcopenia and its association with poor oral status in post-acute stroke patients：Implications for oral sarcopenia[J]. Clin Nutr，2018，37(1)：204-207.

[40] Bunout D，Barrera G，Hirsch S，et al. Association between activity energy expenditure and peak oxygen consumption with sarcopenia[J]. BMC Geriatr，2018，18(1)：298.

[41] Zhang H，Guo F，Tang M，et al. Association between skeletal muscle strength and dysphagia among Chinese community-dwelling elderly adults[J]. J Nutr Health Aging，2020，24(6)：642-649.

[42] Sui SX，Hordacre B，Pasco JA. Are sarcopenia and cognitive dysfunction comorbid after stroke in the context of brain-muscle crosstalk?[J]. Biomedicines，2021，9(2)：223.

[43] 周升霞，张 佳，王祖萍，等. Logistic回归模型和XGBoost模型对急性缺血性脑卒中患者发生吞咽障碍的预测价值[J]. 新疆医科大学学报，2024，47(8)：1179-1185.

Zhou SX，Zhang J，Wang ZP，et al. Predictive value of Logistic regression and XGBoost models for dysphagia in patients with acute ischemic stroke[J]. J Xinjiang Med Univ，2024，47(8)：1179-1185.

[44] 谢丽娜，陈维艳. 基于决策树法构建老年轻度认知障碍患者并发吞咽功能障碍的风险预测模型[J]. 军事护理，2023，40(10)：71-74.

Xie LN，Chen WY. A risk prediction model of swallowing dysfunction in elderly patients with mild cognitive impairment based on decision tree method[J]. Nurs J Chin People's Liberation Army，2023，40(10)：71-74.

（责任编辑：李青颖）

本文引用格式：

彭 朋，陈忻睿，周艺林，等. 老年吞咽障碍影响因素探究及其预测研究[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(4)：501-510.