

# 双感官障碍人群心血管疾病风险的预测模型:基于 CHARLS 的分析

吕勇,冯云

中日友好医院 耳鼻喉头颈外科,北京 100029

**摘要:**目的 基于中国健康与退休纵向研究(china health and retirement longitudinal study, CHARLS)数据库的资料,建立双感官障碍人群发生心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)的预测模型。方法 纳入来自 CHARLS 的 2011 年队列中  $\geq 45$  岁,发生双感官障碍且无 CVD 为基线人群,2013 年、2015 年、2018 年及 2020 年随访的 CVD 情况作为结局变量。应用 LASSO 回归和 Logistic 回归筛选模型中最佳预测因子,构建预测模型。随后,将研究人群以 75% 到 25% 的比例随机分为训练集和验证集。通过 ROC 曲线、校准曲线和决策曲线分析评估预测性能。结果 共纳入 5 866 名双感官障碍参与者,CVD 发生率为 16% (938/5 866)。Lasso 回归和多因素 Logistic 回归筛选年龄、性别、睡眠时长、血脂异常、肾病、腰围、体质量指数(body mass index, BMI)和糖尿病作为预测因素构建预测模型,公式为: $0.027\ 40 \times \text{年龄} - 0.052\ 52 \times \text{性别} - 0.073\ 61 \times \text{睡眠时长} + 0.153\ 26 \times \text{BMI} - 0.372\ 05 \times \text{血脂异常} - 0.057\ 37 \times \text{糖尿病} - 0.252\ 30 \times \text{肾病} - 0.014\ 67 \times \text{腰围}$ 。该模型的 AUC 值在训练集中为 0.729,验证集中为 0.692。结论 本研究构建成功一个用于评估双感官障碍人群发生 CVD 的风险预测模型。

**关键词:**感官障碍;心血管疾病;影响因素;预测模型

中图分类号:R543;R764;R77

文献标志码:A

文章编号:1673-3770(2025)03-0122-07

**引用格式:**吕勇,冯云. 双感官障碍人群心血管疾病风险的预测模型:基于 CHARLS 的分析[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(3):122-128. LU Yong, FENG Yun. Prediction model of cardiovascular disease risk in people with dual sensory impairment: analysis based on CHARLS[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(3):122-128.

## Prediction model of cardiovascular disease risk in people with dual sensory impairment: analysis based on CHARLS

LYU Yong, FENG Yun

Department of Otorhinolaryngology & Head and Neck Surgery, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

**Abstract: Objective** To establish a prediction model of cardiovascular disease (CVD) in people with dual sensory impairment based on the data of CHARLS database. **Methods** A cohort from China Longitudinal Study on Health and Retirement (CHARLS) in 2011 was included. The baseline population was people over 45 years of age with dual sensory impairment and no CVD, and the follow-up CVD in 2013, 2015, 2018 and 2020 was used as the outcome variable. LASSO regression and Logistic regression were used to screen the best predictors in the model, and a prediction model was constructed. Then, the research population was randomly divided into training set and verification set at the ratio of 75% to 25%. The prediction performance is evaluated by ROC curve, calibration curve and decision curve analysis. **Results** A total of 5866 participants with double sensory impairment were included, and the incidence of CVD was 16% (938/5866). Lasso regression and multivariate logistic regression selected age, sex, sleep duration, dyslipidemia, nephropathy, waist circumference, BMI and diabetes as predictors to build a prediction model, and the formula was:  $0.027\ 40 \times \text{age} - 0.052\ 52 \times \text{gender} - 0.073\ 61 \times \text{sleep duration} + 0.153\ 26 \times \text{BMI} - 0.372\ 05 \times \text{dyslipidemia} - 0.057\ 37 \times \text{diabetes} - 0.252\ 30 \times \text{nephropathy} - 0.014\ 67 \times \text{waist circumference}$ . The AUC value of the model was 0.729 in the training set and 0.692 in the verification set. **Conclusion** In this study, a prediction model was established to evaluate the risk of CVD in people with double sensory impairment.

**Key words:** Sensory impairment; Cardiovascular disease; Influencing factor; Prediction model

听力障碍(hearing impairment, HI)和视力障碍(visual impairment, VI),即双感官障碍(dual sen-

sory impairment, DSI),对个体的生活质量和健康构成了重大挑战,而且世界卫生组织数据表明,双感官

障碍的患病人群远多于单一感官障碍的人群<sup>[1]</sup>。感官障碍不仅影响个体的日常功能和社会参与,还与多种健康问题相关联,尤其是心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)<sup>[2]</sup>。心血管疾病是全球范围内导致死亡和残疾的主要原因之一<sup>[3]</sup>。近年来,随着人口老龄化和生活方式的变化,CVD的发病率在全球范围内持续上升<sup>[4]</sup>。对于感觉障碍人群而言,由于其特殊的生理和心理状态,导致发生CVD风险较正常人相比增加了1.35倍<sup>[5]</sup>。然而,目前诸多研究纳入人群较为广泛,尽管识别出了诸多潜在的危险因素,例如性别、教育水平、婚姻状况等因素<sup>[6]</sup>。但是,是否适用于双感官障碍人群尚有争议。缺乏针对双感官障碍这一特定人群的CVD预测模型,这不仅限制了对双感官障碍与CVD关系的理解,也影响了为这一人群提供有效预防和干预措施的能力。

本研究旨在填补这一空白,通过利用中国健康与退休纵向研究(China health and retirement longitudinal study, CHARLS)数据库的丰富数据资源,建立了一个针对感觉障碍人群发生CVD的预测模型。这一模型不仅能够为临床医生和公共卫生工作者提供一个实用的工具,以评估双感官障碍人群发生CVD的风险,还可能为未来的研究和临床实践提供新的方向。

## 1 资料与方法

本研究按照伦理标准进行,所有参与者都提供了书面知情同意书,并获得了北京大学生物医学伦理审查委员会的批准(伦理批准号 IRB00001052-11015)。

### 1.1 数据来源与研究对象

本研究的数据来源于 CHARLS 数据库。研究对象为 CHARLS 数据库中 2011 年发生感觉障碍的人群作为基线人群,以 2013 年、2015 年、2018 年及 2020 年的随访数据作为心血管疾病发生的结局变量。

### 1.2 变量选择与数据预处理

纳入标准:≥45岁,无心血管病史。排除标准:基线特征中缺失>30%的变量,如教育水平、肝病、心理疾病、健忘症、风湿病、哮喘、C反应蛋白、白细胞、红细胞比容、血小板计数及平均红细胞体积。

最终纳入指标包括人口统计信息(年龄、性别、婚姻状态)、生活方式因素吸烟、饮酒、午间睡眠时长、夜间睡眠时长、身体质量指数(body mass in-

dex, BMI)、腰围)、合并症(高血压、血脂异常、糖尿病、癌症、慢性肺病、关节炎、肾病、胃病)、生物标志物信息(总胆固醇、血清尿素氮、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、胆固醇、肌酸、尿酸、糖化血红蛋白)。变量中异常值进行空值处理,并与缺失值进行多重插补处理。

#### 1.2.1 相关事件判定标准

问卷问题 da033:“你看远处东西的视力”; da034:“你看近处东西的视力”。回答可以分为“优秀”、“非常好”、“好”、“一般”和“差”。对2个问题中任何一个的回答为“一般或差”都被判定为视力障碍<sup>[7]</sup>。

问卷问题 da039:“听力状况如何”。回答可以分为“优秀”、“非常好”、“好”、“一般”和“差”。当受试者对这个问题的回答一般或差时,判定为患有听力障碍<sup>[8]</sup>。

本研究的主要结局是新发CVD(中风或心脏事件),根据问卷 da007\_7:心脏事件; da007\_8:中风。回复回答可以分为“是”、“不是”。当受试者对这个问题的回答是时,判定为发生CVD<sup>[8]</sup>。

#### 1.2.2 变量筛选及模型构建

采用 LASSO 回归和多因素 Logistic 回归分析来评估双感官障碍与心血管疾病之间的关系,并筛选出最佳的预测因子。LASSO 回归通过最小化惩罚项来选择变量,能够有效处理高维数据中的多重共线性问题。多因素 Logistic 回归则用于进一步验证 LASSO 回归筛选出的变量,并评估其独立预测能力。通过将研究队列随机分为训练集(75%)和验证集(25%),我们使用 ROC 曲线、校准曲线和决策曲线分析来评估模型的预测性能。ROC 曲线下面积(AUC)用于评估模型的区分度<sup>[9]</sup>校准曲线用于评估模型的校准度<sup>[10]</sup>,决策曲线分析用于评估模型的临床实用性<sup>[11]</sup>。

### 1.3 统计学处理

所有统计分析均使用 R 4.3.1 版(<http://www.R-project.org>, R Foundation)进行。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。分类变量以百分比形式报告。使用正态分布连续变量  $t$  检验和偏态连续变量的秩和检验比较基线特征。采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验用于分类变量的分析。多重插补采用“mice”包, LASSO 回归采用“glmnet”包, ROC 曲线采用“pROC”包,校准曲线和决策曲线采用“rms”包和“dca”包进行。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结 果

### 2.1 研究人群基线特征

本研究共纳入了 5 866 例双感官障碍参与者, 在随访期间共有 938 例参与者发生了心血管疾病,

发生率为 16%。基线调查显示, 未发生 CVD 的参与者平均(59.72±9.71) 岁, 男性占比48.06%、女性占比 51.94%。发生 CVD 的参与者平均(62.51±9.22)岁, 男性占比 38.70%、女性占比 61.30%。两组基线特征体数据, 见表 1。

表 1 研究人群描述  
Table 1 Description of study population

| CVD                      | 未发生 CVD(4 927 例)       | 发生 CVD(938 例)          | F/t     | P      |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---------|--------|
| 年龄/岁                     | 59.72±9.71             | 62.51±9.22             | -8.869  | <0.001 |
| 性别/%                     |                        |                        | 27.759  | <0.001 |
| 男                        | 2 368(48.06)           | 363(38.70)             |         |        |
| 女                        | 2 559(51.94)           | 575(61.30)             |         |        |
| 婚姻状态/%                   |                        |                        | 0.252   | 0.616  |
| 未婚/离异/丧偶                 | 906(18.39)             | 166(17.70)             |         |        |
| 已婚                       | 4 021(81.61)           | 772(82.30)             |         |        |
| 吸烟/%                     |                        |                        | 0.486   | 0.486  |
| 有                        | 1 506(30.566)          | 276(29.424)            |         |        |
| 从不                       | 3 421(69.434)          | 662(70.576)            |         |        |
| 饮酒/%                     |                        |                        | 5.735   | 0.057  |
| 每月>1 次                   | 1 008(20.459)          | 167(17.804)            |         |        |
| 每月<1 次                   | 327(6.637)             | 52(5.544)              |         |        |
| 从不                       | 3 592(72.904)          | 719(76.652)            |         |        |
| 夜间睡眠时长/小时                | 6.34(1.89)             | 5.90(2.12)             | 5.991   | <0.001 |
| BMI/(kg/m <sup>2</sup> ) | 22.12(3.95)            | 24.65(4.28)            | -16.208 | <0.001 |
| WM/cm                    | 84.35(8.73)            | 85.95(9.49)            | -4.908  | <0.001 |
| 高血压/%                    |                        |                        | 16.192  | <0.001 |
| 无                        | 4 545(92.25)           | 828(88.27)             |         |        |
| 有                        | 382(7.75)              | 110(11.73)             |         |        |
| 血脂异常/%                   |                        |                        | 35.093  | <0.001 |
| 无                        | 4 793(97.28)           | 877(93.50)             |         |        |
| 有                        | 134(2.72)              | 61(6.50)               |         |        |
| 糖尿病/%                    |                        |                        | 16.03   | <0.001 |
| 无                        | 4 839(98.21)           | 902(96.16)             |         |        |
| 有                        | 88(1.79)               | 36(3.84)               |         |        |
| 癌症/%                     |                        |                        | 0.204   | 0.652  |
| 无                        | 4 906(99.57)           | 933(99.47)             |         |        |
| 有                        | 21(0.43)               | 5(0.53)                |         |        |
| 慢性肺病/%                   |                        |                        | 6.841   | 0.009  |
| 无                        | 4 823(97.89)           | 905(96.48)             |         |        |
| 有                        | 104(2.11)              | 33(3.52)               |         |        |
| 关节炎/%                    |                        |                        | 0.019   | 0.89   |
| 无                        | 4 784(97.10)           | 910(97.01)             |         |        |
| 有                        | 143(2.90)              | 28(2.99)               |         |        |
| 肾病/%                     |                        |                        | 13.665  | <0.001 |
| 无                        | 4 851(98.46)           | 907(96.70)             |         |        |
| 有                        | 76(1.54)               | 31(3.30)               |         |        |
| 胃病/%                     |                        |                        | 1.238   | 0.266  |
| 无                        | 4 782(97.06)           | 904(96.38)             |         |        |
| 有                        | 145(2.94)              | 34(3.62)               |         |        |
| 甘油三酯/(mg/dL)             | 146.22(92.920-194.973) | 144.13(92.035-194.973) | 1.070   | 0.284  |
| 尿素氮/(mg/dL)              | 14.88±3.34             | 14.88±3.42             | -0.262  | 0.793  |
| 高密度脂蛋白/(mg/dL)           | 51.88±8.91             | 51.42±9.08             | 1.952   | 0.051  |
| 低密度脂蛋白/(mg/dL)           | 104.09±21.91           | 105.33±23.52           | -1.697  | 0.09   |
| 总胆固醇/(mmol/L)            | 190.18±29.07           | 191.05±30.72           | -0.225  | 0.822  |
| 肌酐/(μmol/L)              | 0.76±0.13              | 0.75±0.13              | 0.844   | 0.399  |
| 尿酸/(mg/dL)               | 4.82±1.01              | 4.77±1.03              | 1.259   | 0.208  |
| 糖化血红蛋白/%                 | 5.76±0.32              | 5.79±0.35              | -3.031  | 0.002  |

## 2.2 影响因素筛选

为了消除潜在的混杂因素并简化模型,本研究首先通过 LASSO 回归来确定模型的最佳预测因子。根据最小 Lambda 值(-4.443 4),筛选出以下 8

个变量作为最佳预测因子:年龄、性别、睡眠时长、血脂异常、肾病、腰围、BMI 和糖尿病。这些变量在 LASSO 回归中的系数不为零,表明它们对心血管疾病(CVD)风险具有显著的预测能力。见图 1。

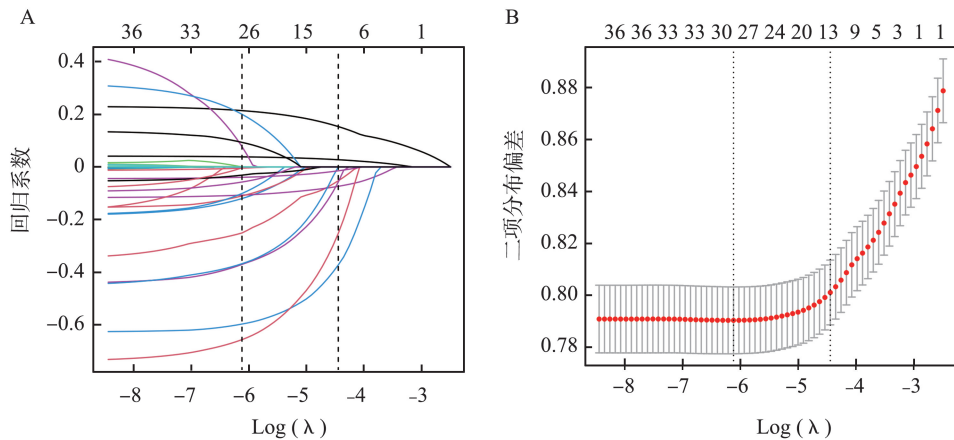


图 1 通过 LASSO 回归选择变量

A: 24 个变量的 LASSO 系数分布; B: 通过最小标准进行 10 倍交叉验证, 根据最小选择  $\lambda$  值选择最佳变量

Figure 1 Variables selected by LASSO regression

A: LASSO coefficient distribution of the 24 variables; B: Conduct 10x cross-validation with the minimum criterion, select the best variable based on the minimum  $\lambda$  value

将上述 8 个变量纳入多因素 Logistic 回归分析进行进一步筛选,并以  $P < 0.05$  为标准,纳入预测模型构建之中。最终模型纳入变量,年龄、性别、睡眠时长、血脂异常、肾病、腰围、BMI 和糖尿病:这些变量在 LASSO 回归中系数不为零,并且在多因素 Logistic 回归中差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),表明它们对 CVD 风险具有显著的预测能力(图 2A)。

无统计学上意义,因此进行排除。

## 2.3 模型构建及应用

基于最终纳入的 8 个变量,通过 Logistic 回归构建了一个心血管疾病预测模型,具体公式如下:  
 $0.02740 \times \text{年龄} - 0.05252 \times \text{性别} - 0.07361 \times \text{睡眠时长} + 0.15326 \times \text{BMI} - 0.37205 \times \text{血脂异常} - 0.05737 \times \text{糖尿病} - 0.25230 \times \text{肾病} - 0.01467 \times \text{腰围}$ 。采用利用列线图直观地表示了预测模型(图 2B),同时搭建了一个网页计算器([http://www.empowerstats.net/pmodel/?m=17713\\_DI](http://www.empowerstats.net/pmodel/?m=17713_DI)),方便临床医生和公共卫生工作者根据个体的特定情况评估心血管疾病的风险。

高血压、癌症、慢性肺病、关节炎和胃病在 LASSO 回归中系数不为零回归中系数为零,表明它们在本研究样本中对 CVD 风险的预测能力较弱。尽管这些变量在其他研究中可能与 CVD 风险相关,但在本研究的双感官障碍人群中,它们表现差异

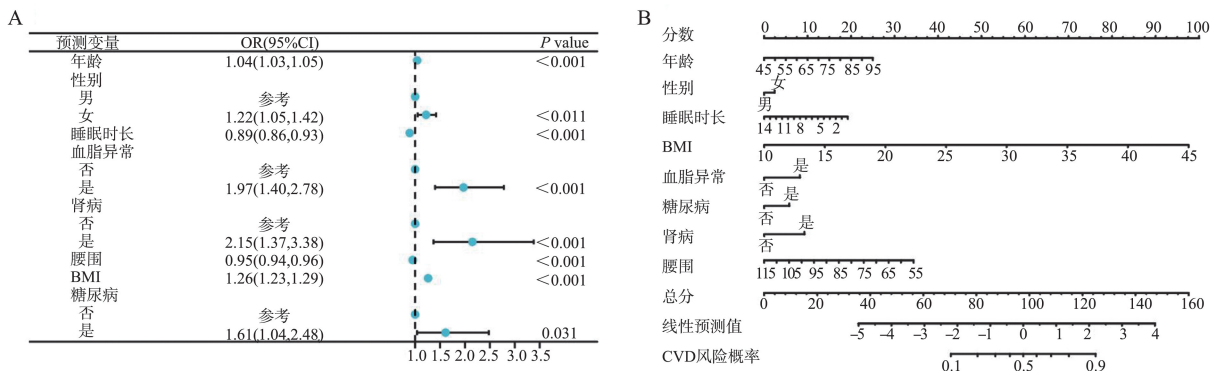


图 2 预测因子多因素回归及列线图

A: CVD 影响因素森林图; B: 预测 CVD 模型的列线图

Figure 2 Multivariate regression analysis and nomogram of predictors

A: Forest map for the influencing factors of CVD; B: Nomogram of the CVD prediction model

## 2.4 预测模型性能评估

为了进一步明确所构建模型的预测效能,将数据样本随机分为训练集(75%)和验证集(25%)。模型在训练集中的 AUC 值为 0.729,在验证集中的 AUC 值为 0.692,表明模型具有一定的区分能力

(图 3A/B)。校准曲线显示模型预测概率与实际发生概率较为一致(图 3C/D),决策曲线分析表明在 10%-75% 区间内(图 3E/F),模型具有较好的临床决策价值。这些结果表明,该预测模型在双感官障碍人群中具有一定的预测性能价值。

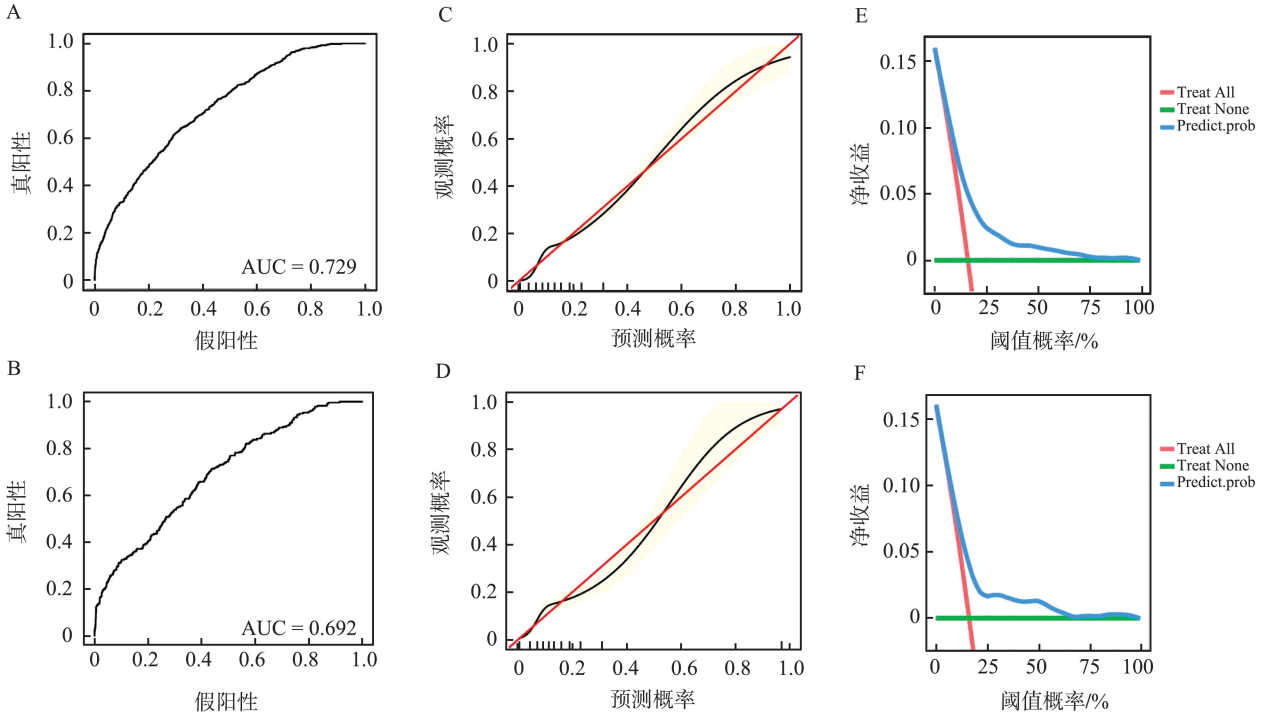


图 3 预测模型的效能分析

A~B: 在训练集和验证集中预测模型的 ROC 曲线; C~D: 在训练集和验证集中预测模型的校准曲线; E~F: 在训练集和验证集中预测模型的临床决策曲线

Figure 3 Performance analysis of the prediction model

A-B: ROC curves of the prediction model in the training set and validation set; C-D: Calibration curves of the prediction model in the training set and validation set; E-F: Clinical decision curves of the prediction model in the training set and validation set

## 3 讨论

双感官障碍不仅影响了个体的日常功能和生活质量,还可能通过多种生理<sup>[12]</sup>和心理<sup>[13]</sup>途径增加心血管疾病的风险。因此,对于这一特殊人群发生心血管疾病的早期识别和干预显得尤为关键。

本研究识别出的年龄、性别、夜间睡眠时间、血脂异常、肾病、腰围、BMI 和糖尿病等独立影响因素,为 CVD 的预防提供了具体的目标。例如,女性(OR:1.22)作为 CVD 的风险因素,可能与激素水平变化和年龄相关的生理功能下降有关<sup>[14]</sup>。血脂异常(OR:1.97)和肾病(OR:2.15)可能通过影响血管健康和肾功能<sup>[15]</sup>,间接增加 CVD 风险。针对血脂异常,可通过强化降脂治疗,选择更为有效的药物和剂量方案,提高治疗的针对性和效果<sup>[16]</sup>。对于他汀类药物不耐受或疗效不佳的患者,可考虑联合使用

依折麦布等非他汀类降脂药物,以更好地控制血脂水平,降低心血管事件的风险<sup>[17]</sup>。而糖尿病(OR:1.61)作为 CVD 的已知风险因素,可能通过长期高血糖损伤血管内皮细胞,促进动脉粥样硬化的发展<sup>[18]</sup>。对于糖尿病患者,加强血糖控制的同时,注重心血管保护,采用具有心血管获益的降糖药物能够得到更多的获益<sup>[19]</sup>。

在多因素 Logistic 回归分析中,腰围的 OR 值为 0.95,表明在控制其他变量的影响后,腰围每增加一个单位,发生 CVD 的风险相对降低 5%。这一现象的解读需要结合双感知障碍人群的特殊性以及腰围与健康关系的复杂性来进行。例如,部分个体的腹部脂肪可能主要以皮下脂肪的形式存在,而皮下脂肪相对于内脏脂肪对心血管系统的不良影响较小。适量的皮下脂肪甚至可能具有一定的保护作用,如储存能量、维持体温、缓冲外界

冲击等,从而在一定程度上降低 CVD 的风险。未来的研究可以进一步探讨双感知障碍人群中脂肪分布的具体特征以及其与代谢因素之间的相互作用,明确这些因素如何共同影响腰围与 CVD 风险之间的关系。

值得注意的是,研究发现夜间睡眠时间(OR: 0.89)与 CVD 风险呈负相关,这可能表明睡眠不足或睡眠质量差可能通过影响激素平衡和代谢功能<sup>[20]</sup>,增加心血管疾病的风险。既往的研究表明睡眠时长对心血管健康的影响有关,适度的睡眠时长可能有助于维持生理节律<sup>[21]</sup>,而过短或过长的睡眠时长都可能通过不同的机制(如应激反应、代谢紊乱、炎症等)增加 CVD 风险<sup>[22-23]</sup>。

然而,尽管双感官障碍人群的整体心血管疾病风险增加,某些传统危险因素(如高血压)的预测能力可能会受到其他因素的干扰。例如,双感官障碍人群可能因活动受限而减少外出活动,从而降低高血压的发生风险。此外,这类人群可能更加注重健康管理,定期进行体检和疾病管理,这可能一定程度上抵消了高血压的不良影响。

此外,一些研究还指出,双感官障碍人群可能通过其他途径(如心理压力、认知障碍等)增加心血管疾病的风险,而这些途径可能与传统危险因素(如高血压)的作用机制不同<sup>[24-25]</sup>。因此,尽管双感官障碍人群的整体心血管疾病风险增加,但具体的危险因素和作用机制可能因人群特征而异。

本研究仍存在一些局限性。模型未能包含遗传倾向、详细的生活习惯等可能的混杂因素。未来研究可扩大样本量,涵盖不同地域、不同种族的双感官障碍人群,以提高模型的普适性。同时,加强数据收集,尽可能全面地纳入各种可能的混杂因素,运用更为复杂的统计模型进行分析<sup>[26]</sup>,以减少偏倚,提高结果的可靠性。

综上所述,本研究不仅为双感官障碍人群的心血管疾病预防和管理提供了科学依据和实用工具,还有助于提高临床医生对该人群心血管健康风险的认识,促进个性化医疗的发展;此外,研究结果也为未来相关领域的研究提供了宝贵的参考和启示,推动了双感官障碍与心血管疾病交叉学科研究的深入。本研究揭示了双感官障碍与心血管疾病之间的联系,识别了一系列重要的独立影响因素,构建了一个准确的预测模型。这些发现不仅为双感官障碍人群的心血管疾病预防提供了科学依据,也为未来的研究和临床实践提供了参考依据。

## 参考文献:

- [1] Health TLG. Amplifying the global issue of hearing loss [J]. *Lancet Glob Health*, 2022, 10(10): e1360. doi:10.1016/S2214-109X(22)00390-4
- [2] Xu DJ, Francis AL. Relationships among self-reported hearing problems, psychological distress, and cardiovascular disease in U.S. adults, national health interview survey 1997-2017 [J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2019, 62(8): 2872-2881. doi:10.1044/2019\_JSLHR-H-18-0511
- [3] Alizadeh G, Gholipour K, Azami-Aghdash S, et al. Social, economic, technological, and environmental factors affecting cardiovascular diseases: a systematic review and thematic analysis [J]. *Int J Prev Med*, 2022, 13: 78. doi:10.4103/ijpvm.IJPVM\_105\_20
- [4] 王润思. 中国人群心血管病危险因素变化趋势与 2021—2030 年心血管病风险预测 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2023.
- [5] He J, Tang XY, Jiang ML, et al. Associations between vision and hearing impairment and cardiovascular diseases: a longitudinal cohort of middle-aged and older adults in China [J]. *J Am Heart Assoc*, 2024, 13(21): e034851. doi:10.1161/JAHA.124.034851
- [6] 邓清文, 刘文彬. 心血管疾病患者健康相关生命质量及其影响因素的多水平模型分析 [J]. *山东大学学报(医学版)*, 2020, 58(7): 115-121.  
DENG Qingwen, LIU Wenbin. Multilevel analysis of health related quality of life of patients with cardiovascular disease and its determinants [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2020, 58(7): 115-121.
- [7] Wang Q, Zhang SM, Wang Y, et al. Dual sensory impairment as a predictor of loneliness and isolation in older adults: national cohort study [J]. *JMIR Public Health Surveill*, 2022, 8(11): e39314. doi:10.2196/39314
- [8] Gao K, Cao LF, Ma WZ, et al. Association between sarcopenia and cardiovascular disease among middle-aged and older adults: Findings from the China health and retirement longitudinal study [J]. *EClinicalMedicine*, 2022, 44: 101264. doi:10.1016/j.eclinm.2021.101264
- [9] Sachs MC. plotROC: a tool for plotting ROC curves [J]. *J Stat Softw*, 2017, 79: 2. doi:10.18637/jss.v079.c02
- [10] Austin PC, Harrell FE Jr, van Klaveren D. Graphical calibration curves and the integrated calibration index (ICI) for survival models [J]. *Stat Med*, 2020, 39(21): 2714-2742. doi:10.1002/sim.8570
- [11] Vickers AJ, Holland F. Decision curve analysis to evaluate the clinical benefit of prediction models [J]. *Spine J*, 2021, 21(10): 1643-1648. doi:10.1016/j.spinee.2021.02.024

- [12] 潘佳煜, 张春林. 急性低频感音神经性听力下降病因及发病机制的研究进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(2): 126-131. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.275  
 PAN Jiayu, ZHANG Chunlin. Research advances on the etiology and pathogenesis of acute low-frequency sensorineural hearing loss[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2025, 39(2): 126-131. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.275
- [13] 董雪林, 张治军. 掩蔽声治疗慢性主观性耳鸣的焦虑抑郁状态分析[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(2): 18-24. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.291  
 DONG Xuelin, ZHANG Zhijun. Analysis of anxiety and depression states in the treatment of chronic subjective tinnitus with masking sound therapy [J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2025, 39(2): 18-24. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.291
- [14] 潘梦静, 盛西西, 张经徕. 围绝经期雌激素水平与脑血管意外事件相关性分析[J]. 中国妇幼保健, 2022, 37(23): 4525-4528. doi: 10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2022.23.051
- [15] Vlad CE, Foia L, Pavel-Tanasa M, et al. Evaluation of cardiovascular events and progression to end-stage renal disease in patients with dyslipidemia and chronic kidney disease from the North-Eastern area of Romania[J]. *Int Urol Nephrol*, 2022, 54(3): 647-659. doi: 10.1007/s11255-021-02919-2
- [16] 史威力, 李明艳, 段红艳. 《他汀类药物用于成年人心血管疾病的一级预防: 美国预防临床服务指南工作组推荐声明》解读[J]. 中国全科医学, 2024, 27(12): 1405-1412. doi:10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0849  
 SHI Weili, LI Mingyan, DUAN Hongyan. Statin use for the primary prevention of cardiovascular disease in adults: interpretation of the U. S. preventive services task force recommendation statement [J]. *Chinese General Practice*, 2024, 27(12): 1405-1412. doi: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0849
- [17] 曹薇, 张洁, 张海燕, 等. 血管内超声弹性成像评估依折麦布联合瑞舒伐他汀治疗颈动脉粥样硬化斑块效果[J]. 中国介入影像与治疗学, 2024, 21(12): 747-751. doi:10.13929/j.issn.1672-8475.2024.12.005  
 CAO Wei, ZHANG Jie, ZHANG Haiyan, et al. Intravascular ultrasound elastography for evaluating efficacy of ezetimibe combined with rosuvastatin for treating carotid atherosclerotic plaques [J]. *Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy*, 2024, 21(12): 747-751. doi:10.13929/j.issn.1672-8475.2024.12.005
- [18] 方华, 张高峰, 王娜, 等. 某社区动脉粥样硬化性心血管病高危人群危险因素达标情况调查[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(1): 106-109. doi: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.024  
 FANG Hua, ZHANG Gaofeng, WANG Na, et al. Status of risk factors for atherosclerotic cardiovascular disease high risk residents in a community-based investigation [J]. *Journal of Bengbu Medical College*, 2024, 49(1): 106-109. doi: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2024.01.024
- [19] 李兴红, 金春娜. 新型降糖药物 SGLT2 抑制剂和 GLP-1 受体激动剂的心血管获益研究进展[J]. 心电与循环, 2024, 43(5): 524-529. doi: 10.12124/j.issn.2095-3933.2024.5.2024-5874
- [20] Umemura GS, Furtado F, Dos Santos FC, et al. Is balance control affected by sleep deprivation? A systematic review of the impact of sleep on the control of balance [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 779086. doi:10.3389/fnins.2022.779086
- [21] Tao ZH, Feng YT, Liu J, et al. Trends and disparities in sleep quality and duration in older adults in China from 2008 to 2018: a national observational study [J]. *Front Public Health*, 2023, 11: 998699. doi: 10.3389/fpubh.2023.998699
- [22] Wong JL, Martinez F, Aguila AP, et al. Stress in obstructive sleep apnea [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 12631. doi:10.1038/s41598-021-91996-5
- [23] Zalta AK, Vanderboll K, Dent AL, et al. Sleep timing, chronotype, and posttraumatic stress disorder: an individual participant data meta-analysis [J]. *Psychiatry Res*, 2023, 321: 115061. doi: 10.1016/j.psychres.2023.115061
- [24] Wang AZ, Wroblewski KE, Hawkey L, et al. Types of sensory disability are differentially associated with mental health in older US adults over time [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2024, 72(9): 2770-2781. doi:10.1111/jgs.19056
- [25] Sterkenburg PS, Ilic M, Flachsmeyer M, et al. More than a physical problem: the effects of physical and sensory impairments on the emotional development of adults with intellectual disabilities [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(24): 17080. doi: 10.3390/ijerph192417080
- [26] 王迪, 程金章, 于丹. 基于机器学习的人工智能技术在耳鼻喉科临床诊疗中的应用进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2021, 35(6): 125-131. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.026  
 WANG Di, CHENG Jinzhang, YU Dan. Application of artificial intelligence based on machine learning in clinical diagnosis and treatment in otolaryngology [J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2021, 35(6): 125-131. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.026