· 环境与职业卫生 ·

# 煤电集团职工全身炎症指标与代谢相关脂肪性肝病的关联研究

陈颖桐[1],顾浩琰[1],杨帆[2],刘改生[2],蒋柳权[2],陈青松[1],付曦[1],吴珊[1]
1. 广东药科大学公共卫生学院,广东 广州 510310;2. 西山煤电(集团)有限责任公司职业病防治所

**摘要:目的**　探讨全身炎症指标(SII、NHR、MHR、LHR)与代谢相关脂肪性肝病(metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease,MASLD)的关联,为职业人群 MASLD 早期筛查提供依据。**方法**　采用横断面研究,纳入 2023 年山西省某煤电集团 16 912 名体检职工。采用 logistic 回归分析相关性,限制性立方样条(restricted cubic spline,RCS)探索剂量反应关系,并基于人口学、职业和疾病史等进行亚组分析。**结果**　煤电职工 MASLD 总患病率为 28.03%,男性患病率高于女性。logistic 回归分析发现,SII、MHR、LHR 最高四分位(Q4)均与 MASLD 患病风险显著相关,*OR*(95% *CI*)分别为 1.259(1.066 ~ 1.485)、2.166(1.817 ~ 2.582)、1.272(1.085 ~ 1.491)。RCS 显示 4 种全身炎症指标均与 MASLD 存在非线性相关($P_{total}$ < 0.05,$P_{nonlinear}$ < 0.05)。亚组分析显示,LHR 在所有性别、年龄层、代谢相关疾病及职业暴露亚组中均与 MASLD 风险呈正相关,SII 在男性、≥ 50 岁、无代谢相关疾病及无职业暴露亚组,MHR 在男性、≥ 40 岁、无代谢相关疾病及职业暴露亚组中与 MASLD 患病风险呈正相关,NHR 仅在女性中与 MASLD 呈正相关。**结论**　SII、MHR、NHR、LHR 与煤电职工 MASLD 患病风险呈非线性相关,且受性别、年龄、代谢相关疾病及职业暴露的影响。

**关键词:**煤电职工;代谢相关脂肪性肝病;全身炎症指标
**中图分类号:**R575.5　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1003 – 8507(2025)24 – 4457 – 09
**DOI:**10.20043/j.cnki.MPM.202505393

# Association between systemic inflammation markers and metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease in employees of a coal electricity corporation

CHEN Ying – tong*, GU Hao – yan, YANG Fan, LIU Gai – sheng, JIANG Liu – quan, CHEN Qing – song, FU Xi, WU Shan
* *School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong* 510310, *China*

**Abstract: Objective**　To investigate the association between systemic inflammation markers (SII, NHR, MHR, LHR) and metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease (MASLD) among employees of coal electricity corporation, providing a basis for early screening of MASLD in occupational populations. **Methods**　A cross – sectional study was conducted, and 16 912 medical examination employees of a coal electricity corporation in Shanxi Province were included in 2023. Logistic regression was used to analyze correlations, restricted cubic spline (RCS) was performed to explore dose – response relationships, and subgroup analyses was conducted based on demographics, occupation and disease history. **Results**　The prevalence of MASLD among coal – electricity workers was 28.03%, and the prevalence was higher in men than in women. Logistic regression analysis found that the highest quartile (Q4) of SII, MHR, and LHR were all significantly associated with the risk of MASLD, with *OR* (95% *CI*) of 1.259 (1.066 – 1.485), 2.166 (1.817 – 2.582) and 1.272 (1.085 – 1.491), respectively. The RCS showed that a nonlinear correlation of the four systemic inflammation markers and MASLD ($P_{total}$ < 0.05, $P_{nonlinear}$ < 0.05). Subgroup analysis showed that LHR was positively associated with MASLD risk in all subgroups of gender, age groups, metabolic – related diseases and occupational exposure, SII was positively associated in subgroups of males, ≥ 50 years old, no metabolic – related diseases and no occupational exposures, and MHR was also positively associated in subgroups of males, ≥ 40 years old, and no metabolic – related diseases and occupational exposures. NHR was only associated with MASLD in women subgroups. **Conclusion**　SII, MHR, NHR and LHR were nonlinearly correlated with the

**基金项目:**国家自然科学基金青年项目(82404238);国家级大学生创新训练计划项目(202210573019);广州市基础与应用基础研究专题(2025A04J3622)
**作者简介:**陈颖桐(1999—),女,硕士在读,研究方向:疾病预防与控制
**通信作者:**吴珊和付曦为共同通信作者。吴珊,E – mail:wushan8953@163.com;付曦,E – mail:fuxi@gdpu.edu.cn

risk of MASLD among coal – electricity workers, and were influenced by gender, age, metabolism – related diseases, and occupational exposures.

**Keywords**: Coal – electricity employees; Metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease; Systemic inflammation markers

中国是全球最大的煤炭生产与消费国,煤矿产业从业人员逾 347.3 万人[1],因长期暴露于粉尘、有害气体、噪声等复杂职业环境,加之高强度作业、轮班及吸烟饮酒等行为,使其成为代谢相关脂肪性肝病(metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease,MASLD)、心脑血管疾病等慢性病的高危人群[2]。MASLD 是最常见的慢性肝病,累及全球约 38% 的成年人口[3],最终有可能进展为晚期肝纤维化和终末期肝病,已成为刻不容缓的全球公共卫生挑战。近年研究发现,整合炎症与代谢维度的复合指标在疾病风险评估中具有重要价值。其中,全身免疫炎症指数(systemic immuno – inflammatory index,SII)、中性粒细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值(neutrophil to high – density lipoprotein cholesterol ratio,NHR)、淋巴细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值(lymphocyte to high – density lipoprotein cholesterol ratio,LHR)、单核细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值(monocyte to high – density lipoprotein cholesterol ratio,MHR)的组合具有独特优势,NHR、MHR、LHR 通过桥接炎症细胞活性与 HDL – C 这一核心代谢/抗炎因子,增加了代谢交互维度的信息,而 SII 反映全身炎症反应,在心血管疾病、代谢性疾病等领域研究广泛,这 4 种复合指标组合能综合反映炎症状态及其与脂代谢的相互作用[4-5]。然而,目前国内针对职业暴露高危人群 MASLD 患病与全身炎症指标的研究较少,因此本研究首次探讨煤电职工 NHR、MHR、LHR 及 SII 与 MASLD 患病风险的关联,旨在挖掘适用于职业人群 MASLD 早期筛查的指标,为基于炎症代谢通路的预防策略提供理论依据。

## 1 对象与方法

**1.1** 对象 以 2023 年山西省某煤电集团参与健康体检的 25 597 名员工为调查对象。经知情同意后,排除 <18 岁且工龄不足半年($n$ = 694),存在病毒性肝炎、继发性脂肪肝(如药物性/中毒性肝病、肝豆状核变性)等可致脂肪肝的特定疾病($n$ = 33),严重肢体残疾、精神疾病或恶性肿瘤($n$ = 3),过量饮酒(男性≥ 210 g/w,女性≥ 140 g/w)($n$ = 2 984)及关键数据缺失($n$ = 1 829)或未完成腹部超声检查者($n$ = 3 142)共 8 685 人,最终纳入 16 912 人。本研究经广东药科大学附属第一医院伦理委员会批准(审批号:2024 – KT – 98)。

**1.2** 方法

**1.2.1** 问卷调查 由经统一培训合格的调查员采用面对面电子问卷的方式收集信息。内容包括人口学因素(性别、年龄等)、职业因素(岗位、工龄等)、生活习惯(吸烟、饮酒、体育锻炼等)、疾病史、药物使用史。

**1.2.2** 体格检查和实验室检测 参与者经 8 小时隔夜禁食后进行腹部超声检查并采集其外周静脉血,当日自留中段尿,检测血常规、血尿酸、空腹血糖、血脂四项、肝功能等指标。根据国家标准完成身高、体重、血压与脉搏等身体测量。

**1.2.3** 全身炎症指标的计算 (1)SII = 血小板计数 × 中性粒细胞计数/淋巴细胞计数;(2)NHR = 中性粒细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇;(3)MHR = 单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇;(4)LHR = 淋巴细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇。

**1.2.4** 变量定义 (1)MASLD[6]:通过影像学诊断脂肪肝和/或病理学≥ 5% 肝细胞大泡性脂肪变性,排除过量饮酒(每周乙醇摄入量男性 ≥ 210 g/w,女性 ≥ 140g/w)和其他可能导致脂肪肝的原因,同时要求患者存在至少 1 项代谢心血管疾病危险因素:①体重指数(BMI)≥ 24.0 kg/m$^2$ 或腰围≥ 90 cm(男性)和 85 cm(女性),或体脂肪含量和体脂百分比超标;②空腹血糖≥ 6.1 mmol/L 或糖负荷后 2 h 血糖≥ 7.8 mmol/L 或糖化血红蛋白(HbA1c)≥ 5.7% 或 2 型糖尿病史,或稳态型评估法胰岛素抵抗指数≥ 2.5;③空腹血清甘油三酯≥ 1.70 mmol/L,或正接受降脂药物治疗;④血清高密度脂蛋白≤ 1.0 mmol/L(男性)和 1.3 mmol/L(女性),或正接受降脂药物治疗;⑤血压≥ 130/85 mm Hg,或正接受降血压药物治疗。符合上述标准则可定义为 MASLD,若不满足则判定为非 MASLD。(2)糖尿病:空腹血糖≥ 7.0 mmol/L,或近期使用降糖药物、胰岛素治疗或自我报告有糖尿病史[7]。(3)高血压:在未使用降压药的情况下,收缩压/舒张压(SBP/DBP)≥ 140/90 mm Hg,或近期使用降压药物治疗或自我报告有高血压病史[8]。(4)高尿酸血症:自我报告既往有高尿酸血症病史或血尿酸男性 >420 μmol/L,女性 >360 μmol/L[9]。(5)血脂异常:既往存在高脂血症病史或正使用药物治疗或总胆固醇(TC)≥ 6.2 mmol/L 或甘油三酯(TG)≥ 2.3 mmol/L 或高密度脂蛋白胆固醇(HDL – C) <1.0 mmol/L 或低密度脂蛋白胆固醇(LDL – C)≥ 4.1 mmol/L[10]。(6)BMI = 体重(kg)/

身高(m)$^2$, < 18.5 kg/m$^2$ 为偏瘦,18.5 ~ 23.9 kg/m$^2$ 为正常, 24.0 ~ 27.9 kg/m$^2$ 为超重,≥ 28.0 kg/m$^2$ 为肥胖。(7)吸烟:过去及现在累积吸≥ 100 支或 5 包烟。(8)饮酒:每周≥ 1 次且持续≥ 6 个月。(9)睡眠时长:近一个月平均每晚睡眠时长,分≥ 7 h 和 < 7 h 两组[11]。(10)体育锻炼:每周≥ 1 次且每次≥ 10 min 的慢跑、快走等中高强度运动。(11)食物多样:根据《2022 中国居民膳食指南》将平均摄入食物≥ 12 种/天,≥ 25 种/周。(12)岗位:根据工作任务强度和工作地点将煤电职工分为生产一线人员(包括综掘队、综采队、掘进队和开拓队)、辅助二线人员(包括机电队、运输队、安装队、通风队、抽放队、巷修队和选煤等)和地面人员(包括准备队、调度、监测和后勤、供应、行政等)。(13)接触危害因素:工作中接触噪声、粉尘、手传振动、有毒有害气体、有机溶剂、工频电场、电离辐射、高温、高湿持续≥ 6 个月。(14)夜班:根据国际劳工组织的定义,在 0:00 ~ 5:00 时间段工作。

**1.3** 统计学分析　用 SPSS 27.0、R 4.3.1 进行统计分析,连续变量用中位数(上下四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用 Mann - Whitney $U$ 检验。分类变量用频数(百分比)[$n$(%)]表示,采用 $\chi^2$ 检验比较两组间差异。用 logistic 回归模型分析全身炎症指标与 MASLD 的关联性。构建限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型分析全身炎症指标与 MASLD 的剂量 - 反应关系。进一步根据性别、年龄、BMI、糖尿病、高血压、血脂异常、高尿酸血症、岗位、接触危害因素、夜班划分不同人群进行分层分析。检验水准 $\alpha$ 为 0.05(双侧)。

## 2 结　果

**2.1** 研究人群基本特征　纳入 16 912 名职工,患 MASLD 的有 4 741 例(28.03%),其中 4 419 例为男性(93.21%),30 ~ 39 岁的人群中 MASLD 组占比高于非 MASLD 组(50.14% vs 42.87%)。与非 MASLD 组相比,MASLD 组职工 ALT、AST、GGT、ALP,血小板、中性粒细胞、淋巴细胞、单核细胞计数水平更高,HDL - C 水平更低,高学历和收入、吸烟饮酒、睡眠不足、缺乏锻炼、患有肥胖、糖尿病、高血压、血脂异常、高尿酸血症、接触危害因素、辅助二线和地面人员的人更多,但工龄更短。见表 1。

**表 1**　煤电集团职工的基本特征

**Table 1**　Basic characteristics of employees in coal electricity corporation

| 变量 | 总人群 ($n$ = 16 912) | 非 MASLD 组 ($n$ = 12 171) | MASLD 组 ($n$ = 4 741) | $Z/\chi^2$ | $P$ 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 年龄组[(岁),$n$(%)] | | | | 84.493 | < 0.001 |
| 18 ~ 29 | 757(4.48) | 553(4.54) | 204(4.30) | | |
| 30 ~ 39 | 7 595(44.91) | 5 218(42.87) | 2 377(50.14) | | |
| 40 ~ 49 | 4 638(27.42) | 3 409(27.93) | 1 239(26.13) | | |
| ≥ 50 | 3 922(23.19) | 3 007(24.66) | 921(19.43) | | |
| 性别[$n$(%)] | | | | 167.523 | < 0.001 |
| 男 | 14 888(88.03) | 10 469(86.02) | 4 419(93.21) | | |
| 女 | 2 024(11.97) | 1 702(13.98) | 322(6.79) | | |
| 教育程度[$n$(%)] | | | | 108.044 | < 0.001 |
| 初中及以下 | 2 673(15.81) | 2 099(17.25) | 574(12.11) | | |
| 高中/中专 | 5 169(30.56) | 38 208(31.39) | 1 349(28.45) | | |
| 大专/本科及以上 | 9 070(53.63) | 6 252(51.37) | 2 818(59.44) | | |
| 家庭月人均收入[(元),$n$(%)] | | | | 7.932 | 0.019 |
| ≤ 2 500 | 5 139(30.39) | 3 734(30.68) | 1 405(29.64) | | |
| 2 501 ~ 5 000 | 6 438(38.07) | 4 674(38.40) | 1 764(37.21) | | |
| > 5 000 | 5 335(31.55) | 3 763(30.92) | 1 572(33.16) | | |
| 吸烟[$n$(%)] | | | | 28.266 | < 0.001 |
| 否 | 8 847(52.31) | 6 522(53.59) | 2 325(49.04) | | |
| 是 | 8 065(47.69) | 5 649(46.41) | 2 416(50.96) | | |
| 饮酒[$n$(%)] | | | | 16.245 | < 0.001 |
| 否 | 8 959(52.97) | 6 565(53.94) | 2 394(50.50) | | |
| 是 | 7 953(47.03) | 5 606(46.06) | 2 347(49.50) | | |
| 睡眠时长[h,$n$(%)] | | | | 23.110 | < 0.001 |
| ≥7 | 7 500(44.35) | 5 537(45.49) | 1 963(41.40) | | |
| <7 | 9 412(55.65) | 6 634(54.51) | 2 778(58.60) | | |
| 体育锻炼[$n$(%)] | | | | 9.161 | 0.002 |
| 否 | 13 392(79.19) | 9 566(78.60) | 3 826(80.70) | | |
| 是 | 3 520(20.81) | 2 605(21.40) | 915(19.30) | | |

（续表）

| 变量 | 总人群（$n$ = 16 912） | 非 MASLD 组（$n$ = 12 171） | MASLD 组（$n$ = 4 741） | $Z/\chi^2$ | $P$ 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 食物多样[$n$(%)] | | | | 3.174 | 0.075 |
| 否 | 10 851(64.16) | 7 859(64.57) | 2 992(63.11) | | |
| 是 | 6 061(35.84) | 4 312(35.43) | 1 749(36.89) | | |
| BMI[$n$(%)] | | | | 3 805.510 | <0.001 |
| 偏瘦/正常 | 5 794(34.26) | 5 500(45.19) | 294(6.20) | | |
| 超重 | 7 280(43.05) | 5 241(43.06) | 2 039(43.01) | | |
| 肥胖 | 3 838(22.69) | 1 430(11.75) | 2 408(50.79) | | |
| 糖尿病[$n$(%)] | | | | 398.250 | <0.001 |
| 否 | 15 617(92.34) | 11 549(94.89) | 4 068(85.80) | | |
| 是 | 1 295(7.66) | 622(5.11) | 673(14.20) | | |
| 高血压[$n$(%)] | | | | 569.109 | <0.001 |
| 否 | 12 382(73.21) | 9 528(78.28) | 2 854(60.20) | | |
| 是 | 4 530(26.79) | 2 643(21.72) | 1 887(39.80) | | |
| 高尿酸血症[$n$(%)] | | | | 1 121.337 | <0.001 |
| 否 | 12 158(71.89) | 9 629(79.11) | 2 529(53.34) | | |
| 是 | 4 754(28.11) | 2 542(20.89) | 2 212(46.66) | | |
| 血脂异常[$n$(%)] | | | | 1 482.810 | <0.001 |
| 否 | 12 575(74.36) | 10 032(82.43) | 2 543(53.64) | | |
| 是 | 4 337(25.64) | 2 139(17.57) | 2 198(46.36) | | |
| 工龄[(年),$M(P_{25}, P_{75})$] | 11.50(5.50,18.00) | 12.00(6.00,18.00) | 11.00(5.00,17.00) | −4.457 | <0.001 |
| 岗位[$n$(%)] | | | | 44.114 | <0.001 |
| 生产一线 | 4 258(25.18) | 3 232(26.55) | 1 026(21.64) | | |
| 辅助二线 | 6 756(39.95) | 4 757(39.08) | 1 999(42.16) | | |
| 地面人员 | 5 898(34.87) | 4 182(34.36) | 1 716(36.19) | | |
| 夜班[$n$(%)] | | | | 0.861 | 0.650 |
| 无 | 7 482(44.24) | 5 391(44.29) | 2 091(44.10) | | |
| 现在上 | 7 085(41.89) | 5 077(41.71) | 2 008(42.35) | | |
| 曾经上 | 2 345(13.87) | 1 703(13.99) | 642(13.54) | | |
| 接触危害因素[$n$(%)] | | | | 4.472 | 0.034 |
| 否 | 3 223(19.06) | 2 368(19.46) | 855(18.03) | | |
| 是 | 13 689(80.94) | 9 803(80.54) | 3 886(81.97) | | |
| ALT[(U/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 35.00(30.00,40.00) | 34.00(29.00,37.00) | 39.00(35.00,54.00) | −44.661 | <0.001 |
| AST[(U/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 27.00(24.00,32.00) | 27.00(23.00,30.00) | 31.00(27.00,38.00) | −39.797 | <0.001 |
| GGT[(U/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 43.00(38.00,48.00) | 42.00(37.00,46.00) | 47.00(42.00,54.00) | −36.397 | <0.001 |
| ALP[(U/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 107.00(98.00,121.00) | 106.00(97.00,120.00) | 109.00(102.00,124.00) | −12.841 | <0.001 |
| PLT[($10^9$/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 221.00(188.00,260.00) | 219.00(186.00,257.00) | 229.00(194.00,266.50) | −9.293 | <0.001 |
| LYM[($10^9$/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 1.89(1.55,2.29) | 1.83(1.51,2.21) | 2.06(1.68,2.48) | −22.031 | <0.001 |
| NEU[($10^9$/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 3.36(2.72,4.15) | 3.27(2.65,4.02) | 3.61(2.93,4.42) | −17.790 | <0.001 |
| MONO[($10^9$/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 0.41(0.33,0.50) | 0.40(0.33,0.49) | 0.44(0.36,0.53) | −17.999 | <0.001 |
| HDL−C[(mmol/L),$M(P_{25}, P_{75})$] | 1.07(0.92,1.25) | 1.11(0.95,1.30) | 0.98(0.90,1,12) | −31.038 | <0.001 |

**2.2** 各全身炎症指标组间比较 在不同全身炎症指标中 MASLD 组的炎症指标水平显著高于高于非 MASLD 组，两组间的差异均具有统计学意义（$P$ < 0.05）。见表 2。

**表 2** 煤电集团职工各全身炎症指标间比较

**Table 2** Comparison of various systemic inflammation markers among employees of coal electricity corporation

| 全身炎症指标 | 总人群（$n$ = 16 912） | 非 MASLD 组（$n$ = 12 171） | MASLD 组（$n$ = 4 741） | $Z$ | $P$ 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| SII[$M(P_{25}, P_{75})$] | 389.70(294.43,516.88) | 386.83(291.06,513.99) | 396.11(301.59,525.88) | −3.443 | 0.001 |
| NHR[$M(P_{25}, P_{75})$] | 3.11(2.37,3.99) | 2.93(2.23,3.78) | 3.57(2.81,4.50) | −30.141 | < 0.001 |
| MHR[$M(P_{25}, P_{75})$] | 0.38(0.29,0.48) | 0.36(0.27,0.46) | 0.43(0.34,0.54) | −30.516 | < 0.001 |
| LHR[$M(P_{25}, P_{75})$] | 1.74(1.35,2.24) | 1.64(1.27,2.09) | 2.04(1.62,2.55) | −34.058 | < 0.001 |

**2.3** 各全身炎症指标与 MASLD 的相关性分析 以是否患 MASLD 为因变量，以各全身炎症指标的四分位数水平为自变量，校正混杂因素后，结果显示，以 Q1 为参考，SII、MHR、LHR 的 Q4 均与 MASLD 风险显著相关，

*OR*(95% *CI*)分别是 1.259(1.066 ~ 1.485)、2.166(1.817 ~ 2.582)、1.272(1.085 ~ 1.491)。见表 3。

**表 3**　煤电集团职工全身炎症指标与 MASLD 的关联 logistic 回归分析

**Table 3**　Logistic regression analysis of the association between systemic inflammation markers and MASLD in coal electricity corporation employees

| 变量 | *OR*(95% *CI*) | | |
|---|---|---|---|
| | 模型 1 | 模型 2 | 模型 3 |
| SII | | | |
| Q1( <294.433) | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Q2(294.433 ~ <389.701) | 1.132(1.018 ~ 1.259)[a] | 1.129(1.015 ~ 1.257)[a] | 1.204(1.061 ~ 1.367)[b] |
| Q3(389.701 ~ <516.853) | 1.059(0.942 ~ 1.191) | 1.070(0.950 ~ 1.205) | 1.152(1.002 ~ 1.325)[a] |
| Q4(≥516.853) | 1.133(0.988 ~ 1.300) | 1.169(1.017 ~ 1.345)[a] | 1.259(1.066 ~ 1.485)[b] |
| NHR | | | |
| Q1( <2.366) | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Q2(2.366 ~ <3.107) | 1.494(1.320 ~ 1.692)[c] | 1.478(1.304 ~ 1.674)[c] | 1.202(1.039 ~ 1.390)[a] |
| Q3(3.107 ~ <3.992) | 1.538(1.338 ~ 1.768)[c] | 1.522(1.322 ~ 1.751)[c] | 1.056(0.896 ~ 1.245) |
| Q4(≥3.992) | 1.999(1.699 ~ 2.353)[c] | 1.992(1.688 ~ 2.350)[c] | 1.195(0.984 ~ 1.452) |
| MHR | | | |
| Q1( <0.290) | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Q2(0.290 ~ <0.378) | 1.308(1.161 ~ 1.475)[c] | 1.266(1.122 ~ 1.429)[c] | 1.131(0.983 ~ 1.302) |
| Q3(0.378 ~ <0.483) | 1.452(1.281 ~ 1.645)[c] | 1.394(1.229 ~ 1.583)[c] | 1.227(1.059 ~ 1.422)[b] |
| Q4(≥0.483) | 1.704(1.491 ~ 1.947)[c] | 1.628(1.422 ~ 1.864)[c] | 1.272(1.085 ~ 1.491)[b] |
| LHR | | | |
| Q1( <1.346) | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Q2(1.346 ~ <1.740) | 1.582(1.400 ~ 1.788)[c] | 1.541(1.363 ~ 1.743)[c] | 1.503(1.304 ~ 1.733)[c] |
| Q3(1.740 ~ <2.236) | 2.007(1.762 ~ 2.286)[c] | 1.936(1.697 ~ 2.207)[c] | 1.673(1.435 ~ 1.951)[c] |
| Q4(≥2.236) | 3.080(2.662 ~ 3.564)[c] | 2.956(2.548 ~ 3.429)[c] | 2.166(1.817 ~ 2.582)[c] |

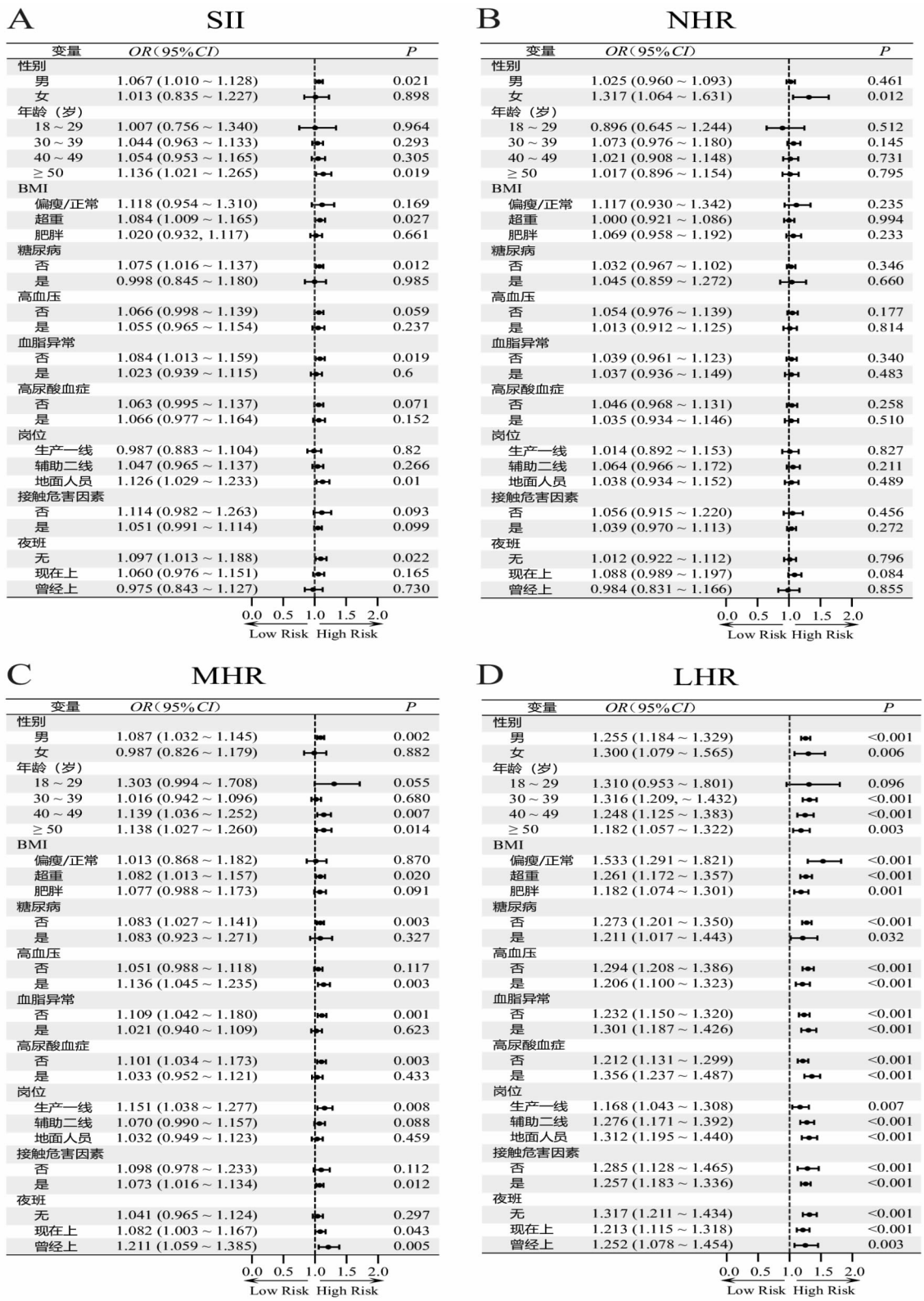
注:a 表示 $P<0.05$,b 表示 $P<0.01$,c 表示 $P<0.001$;模型 1:未调整;模型 2:调整了年龄、性别、家庭月人均收入、教育程度;模型 3:在模型 2 基础上进一步调整吸烟、饮酒、工龄、岗位、夜班、接触危害因素、睡眠时长、体育锻炼、食物多样、糖尿病、高血压、高尿酸血症、血脂异常、BMI、ALT、AST、GGT、ALP。

**2.4**　亚组分析　如图 1,根据性别、年龄、BMI、糖尿病、高血压、血脂异常、高尿酸血症、岗位、接触危害因素、夜班划分不同人群进行亚组分析。结果显示,SII 在男性、≥ 50 岁、超重、无糖尿病、无血脂异常、地面工作和无夜班亚组人群中与 MASLD 患病风险呈正相关($OR>1$,$P<0.05$);NHR 仅在女性中与 MASLD 患病风险呈正相关($OR=1.317$,$P<0.05$);MHR 在男性、40 岁以上、超重、无糖尿病、高血压、无血脂异常、无高尿酸血症、生产一线、接触危害因素和有夜班工作亚组人群中与 MASLD 患病风险呈正相关($OR>1$,$P<0.05$);LHR 在不同性别、30 岁以上、不同 BMI、有无糖尿病、有无高血压、有无血脂异常、有无高尿酸血症、不同岗位、是否接触危害因素和有无夜班工作亚组人群中均与 MASLD 患病风险呈正相关($OR>1$,$P<0.05$)。

**2.5**　各全身炎症指标与 MASLD 患病风险的剂量反应关系　如图 2,矫正混杂因素后,各全身炎症指标与 MASLD 之间均存在非线性相关($P_{total}<0.05$,$P_{nonlinear}<0.05$)。SII 水平 <392.50 时 MASLD 患病风险逐渐升高,在 392.50 ~ 572.96 时先升后降,>572.96 之后继续下降;NHR 水平在 < 3.11 时 MASLD 患病风险逐渐升高,在 3.11 之后先升后降;MHR 水平在 <0.38 时 MASLD 患病风险逐渐升高,在 0.38 之后先升后降;NHR 水平在 <1.74 时 MASLD 患病风险逐渐升高,在 1.74 之后继续升高并逐渐趋于平稳。

## 3　讨　论

MASLD 是从非酒精性脂肪性肝病更新而来的新术语,是指存在一种或多种心脏代谢风险因素且没有过量酒精摄入的脂肪肝病,近年来其患病率不断增加,影响全球约四分之一以上的人口[3]。本研究首次聚焦长期处复杂职业环境的煤电职工群体探索全身炎症指标与 MASLD 的关联,通过对 16 912 名职工的健康体检数据分析,发现 MASLD 患病率为 28.03%,低于中国上海郊区成人队列报道的患病率 36.8%[12],可能与地区经济、生活方式、饮食习惯及职业差异相关。本研究人群以男性为主(88.03%),反映了煤矿行业的性别结构特点。MASLD 患者中肥胖、吸烟、饮酒比例显著高于非患者,且糖尿病、高血压、血脂异常及高尿酸血症的共病率更高,与既往研究一致[13],进一步印证代谢紊乱与 MASLD 的密切关

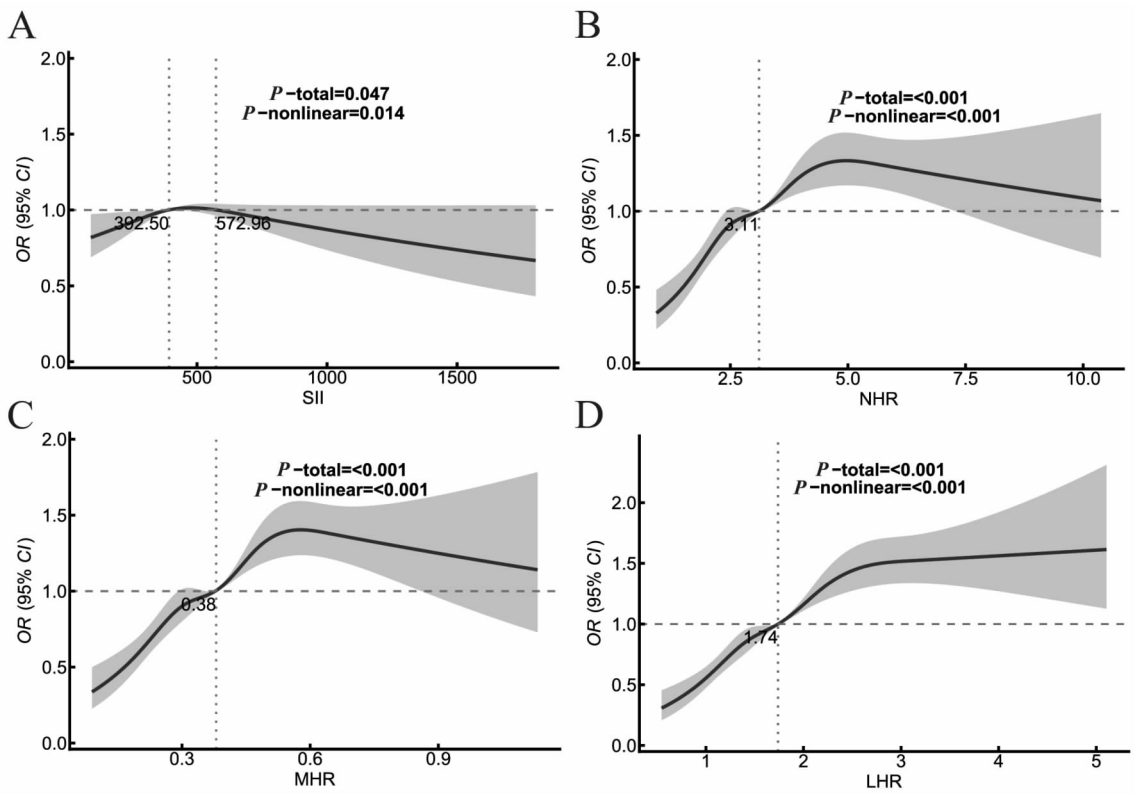



注：模型调整变量同表 3 模型 3。A，B，C，D 分别为 SII、NHR、MHR、LHR 森林图的顺序编号。

**图 1** 煤电集团职工全身炎症指标与 MASLD 风险的关系亚组分析森林图

**Fig. 1** Forest plot of subgroup analysis on the association between systemic inflammation markers and MASLD risk among coal electricity corporation employees

联。值得注意的是，MASLD 患者中夜班及职业有害因素接触史比例更高，提示职业环境可能加剧疾病风险。此外，MASLD 组的全身炎症指标水平更高，提示炎症反应可能与代谢失衡有关。




注：模型调整变量同表 3 模型 3。A,B,C,D 分别为 SII、NHR、MHR、LHR 的 RCS 曲线图顺序编号。

**图 2**　煤电集团职工全身炎症指标与 MASLD 风险 RCS 曲线

**Fig. 2**　RCS curve of the association between systemic inflammation markers and MASLD risk among coal electricity corporation employees

Logistic 回归显示，校正混杂后，SII、MHR、LHR 的 Q4 水平均与 MASLD 患病风险显著正相关（$P < 0.05$），这与一项 2017 – 2018 年 NHANES 数据的横断面研究一致[14]，提示 SII、MHR、LHR 可能为职业人群 MASLD 早期风险预测的潜力指标。为进一步探究新型炎症指数和 MASLD 患病风险之间的关系，本研究构建了 RCS 模型，显示各全身炎症指标与 MASLD 呈非线性关联（$P_{total} < 0.05$，$P_{nonlinear} < 0.05$）。SII 在 392.50 ~ 572.96、NHR > 3.11、MHR > 0.38、LHR > 1.74 时 $OR > 1$，与 MASLD 呈倒 U 形关系，与既往研究相比[15-17]，提示炎症指标对疾病的影响存在阈值效应。当炎症指标水平超过特定阈值时，机体可能启动抗炎代偿机制，高炎症状态可能诱导免疫细胞自身或代偿性产生如白介素 – 10（IL – 10）等抗炎介质的显著增加，能有效抑制单核/巨噬细胞的活性，减少促炎细胞因子（TNF – α，IL – 1β，IL – 6）的产生，并促进 M2 型（抗炎型）巨噬细胞分化[18]。这种代偿性抗炎反应可能部分抵消了促炎信号的危害，使得患病风险由升转降，实际可能提示 MASLD 的病理生理状态发生了重要转变。研究发现提示全身炎症指标可能更多参与 MASLD 早期阶段，需定期评估炎症指标变化，在炎症指标达到阈值前进行干预（如调整生活方式、抗炎治疗等）可能更有效延缓 MASLD 进展。

此外，亚组分析显示，性别、年龄、BMI 及代谢性疾病显著影响炎症指标与 MASLD 的关联。男性中 SII、MHR 与 MASLD 患病风险呈正相关，而 LHR、NHR 在女性中与患病风险呈正相关，这可能是因为女性的雌激素水平高于男性，且雌激素可以延迟中性粒细胞的凋亡及抑制 β 细胞凋亡，从而导致淋巴细胞计数增加[19]。本研究发现在 ≥ 50 岁人群中 SII、MHR、LHR 与 MASLD 患病风险均呈正相关，可能是因为衰老的细胞会增加肝脏改变和慢性肝病发展风险[20]。本研究还发现 SII、MHR 和 LHR 在无糖尿病组中与 MASLD 患病风险显著相关，MHR、LHR 在高血压组显著相关，这可能与部分降糖药（如二甲双胍）/降压药（如 ARB）具有抗炎作用有关，此外慢性病患者可能更注重健康管理从而改善体内炎症状况[21-22]。职业暴露分析显示，地面人员 LHR 和生产一线职工 MHR 水平与 MASLD 患病风险呈正相关，这一差异可能与不同岗位的工作强度及环境暴露有关。一线工人面临高强度复合暴露，可能通过激活肺泡巨噬细胞释放 IL – 6、TNF – α 等促炎因子，诱发系统性炎症及氧化应激，同时重体力活动导致的肌肉微损伤和氧化应激进一步驱动单核细胞活化，致使 MHR 升高[23-24]。而地面人员可能由于久坐行为引发内脏脂肪炎症及轮班作业所致的生物节律紊乱，共同促进

LHR 升高并损害肝脏脂代谢稳态[23,25]。

MASLD 的进展与慢性炎症密切相关,但其机制尚未完全明晰。本研究发现,MASLD 患者各全身炎症指标水平明显升高,且与 MASLD 患病风险呈正相关,提示炎症 - 代谢失衡可能是其重要机制。LHR 与 MHR 作为整合淋巴细胞、单核细胞与 HDL - C 的复合指标,能更敏感地反映炎症驱动的脂代谢紊乱。既往研究表明,肝损伤早期,巨噬细胞被激活并释放趋化因子和促炎细胞因子,招募单核细胞和中性粒细胞浸润肝脏,加速脂肪变性及纤维化[26]。此外,中性粒细胞参与单核细胞和淋巴细胞的活化,激活单核细胞分泌促炎性和促氧化性细胞因子[27];而 HDL - C 通过抑制中性粒细胞的活化、粘附和迁移发挥抗炎作用[28]。

本研究的优势:较大样本量,确保较高的检验效能评估全身炎症指标与 MASLD 的关联;调整了多个协变量(如人口学因素、生活习惯、职业因素等),降低了混杂偏倚的风险;此外,选取了多个全身炎症指标作为综合指标,比单一指标更有效和可靠地反映脂质代谢异常和炎症反应。然而,本研究也存在一定的局限性。首先本研究为横断面研究,无法验证因果关系;其次,未详细收集饮食及运动数据;职业危害因素如夜班、噪声、粉尘、振动、有机溶剂等暴露强度/浓度与时长数据等,可能影响亚组分析结果的准确性。未来需通过纵向队列来进一步验证。

综上所述,SII、MHR、LHR 等全身炎症指标与煤矿职工 MASLD 患病风险呈非线性相关,且患病风险受性别、年龄、代谢相关疾病、岗位、接触危害因素和夜班作业的影响。企业可将 SII、MHR 等指标纳入年度健康筛查,尤其是针对生产一线岗位人群建立分层筛查机制,建议将筛查结果与职业健康管理结合,对指标异常者开展早期生活方式干预(如膳食指导、运动计划),建立更科学合理的工作模式,降低职工机体炎症水平,减少 MASLD 的发生。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

## 参考文献

[1] 佚名. 第四次全国经济普查公报(第三号)[EB/OL]. [2025 - 10 - 30]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1900526.html.
Anonym. Bulletin of the fourth national economic census (No. 3) [EB/OL]. [2025 - 10 - 30]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1900526.html.

[2] 于海森,徐泽鹏,张硕,等. 煤矿工人职业健康研究进展的知识图谱分析[J]. 中国安全科学学报,2024,34(3):230 - 236.
Yu HM, Xu ZP, Zhang S, et al. Knowledge graph analysis of research progress in occupational health of coal miners[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(3): 230 - 236. (In Chinese)

[3] Wong VWS, Ekstedt M, Wong GLH, et al. Changing epidemiology, global trends and implications for outcomes of NAFLD[J]. Journal of Hepatology, 2023, 79(3): 842 - 852.

[4] Kohsari M, Moradinazar M, Rahimi Z, et al. New inflammatory biomarkers (lymphocyte and monocyte percentage to high - density lipoprotein cholesterol ratio and lymphocyte to monocyte percentage ratio) and their association with some cardiometabolic diseases: Results from a large Kurdish cohort study in Iran[J]. Wiener Klinische Wochenschrift, 2022, 134(17/18): 626 - 635.

[5] Jiang M, Sun JY, Zou HYA, et al. Prognostic role of neutrophil to High - Density lipoprotein cholesterol ratio for All - Cause and cardiovascular mortality in the general population[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9: 807339.

[6] 中华医学会肝病学分会,范建高,南月敏,等. 代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024 年版)[J]. 实用肝脏病杂志,2024,27(4):494 - 510.
Zhong Hua Yi Xue Hui Gan Bing Xue Fen Hui, Fan JG, Nan YM, et al. Guidelines for the prevention and treatment of metabolic dysfunction - associated (non - alcoholic) fatty liver disease (Version 2024)[J]. Journal of Practical Hepatology, 2024, 27(4): 494 - 510. (In Chinese)

[7] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)[J]. 中华糖尿病杂志,2021,13(4):315 - 409.
Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition)[J]. Chinese Journal of Diabetes Mellitus, 2021, 13(4): 315 - 409. (In Chinese)

[8] 中国高血压防治指南修订委员会,高血压联盟,中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会,等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版)[J]. 中华高血压杂志:中英文,2024,32(7):603 - 700.
China Hypertension Prevention and Treatment Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance (China), China Society for the Promotion of International Exchange of Healthcare, Hypertension Branch, et al. Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (2024 Revision)[J]. Chinese Journal of Hypertension, 2024, 32(7): 603 - 700. (In Chinese)

[9] 林淑芃.《中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2019)》解读[J]. 临床内科杂志,2020,37(6):460 - 462.
Lin SP. Interpretation of the Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of hyperuricemia and gout (2019)[J]. Journal of Clinical Internal Medicine, 2020, 37(6): 460 - 462. (In Chinese)

[10] 王增武,刘静,李建军,等. 中国血脂管理指南(2023 年)[J]. 中国循环杂志,2023,38(3):237 - 271.
Wang ZW, Liu J, Li JJ, et al. Chinese guidelines for lipid management(2023)[J]. Chinese Circulation Journal, 2023, 38(3): 237 - 271. (In Chinese)

[11] Watson NF, Badr MS, Belenky G, et al. Joint consensus statement of the American academy of sleep medicine and sleep research society on the recommended amount of sleep for a healthy adult: methodology and discussion[J]. Journal of Clinical Sleep Medicine, 2015, 11(8): 931 - 952.

[12] Xu YR, Wang YY, Yao XJ, et al. Prevalence, incidence, and recovery of metabolic dysfunction - associated steatotic liver disease and associations with weight loss and lipid reduction in a Chinese community - based cohort[J]. Journal of Epidemiology / Japan Epidemiological Association, 2025, 35(4): 195 - 205.

[13] 吴车敏. 十堰市某企业员工代谢相关脂肪性肝病的流行病学研究[D]. 十堰:湖北医药学院,2023.
Wu CM. An epidemiological study of metabolic associated fatty liver disease in Shiyan[D]. Shiyan: Hubei University of Medicine, 2023. (In Chinese)

[14] Wang Y, Chen SD, Tian C, et al. Association of systemic immune biomarkers with metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease: a cross – sectional study of NHANES 2007 – 2018[J]. Front Nutr, 2024, 11: 1415484.

[15] Lu YN, Xu XL, Wu JL, et al. Association between neutrophil – to – high – density lipoprotein cholesterol ratio and metabolic dysfunction – associated steatotic liver disease and liver fibrosis in the US population: a nationally representative cross – sectional study using NHANES data from 2017 to 2020[J]. BMC Gastroenterology, 2024, 24(1): 300.

[16] Wang LP, Dong JZ, Xu M, et al. Association between monocyte to High – Density lipoprotein cholesterol ratio and risk of non – alcoholic fatty liver disease: a Cross – Sectional study[J]. Frontiers of Medicine, 2022, 9: 898931.

[17] Xie R, Xiao M, Li L, et al. Association between SII and hepatic steatosis and liver fibrosis: a population – based study[J]. Frontiers in Immunology, 2022, 13: 925690.

[18] Saraiva M, Vieira P, O'garra A. Biology and therapeutic potential of interleukin – 10[J]. Journal of Experimental Medicine, 2020, 217(1): e20190418.

[19] 杨羞花,张慧青. 外周血细胞炎症标志物与 PCOS 患者性激素水平和胰岛素抵抗的关系[J]. 中国现代医学杂志,2023,33(3):69 – 75.
Yang XH, Zhang HQ. Correlation of inflammatory markers of peripheral blood cells with sex hormone levels and insulin resistance in PCOS patients[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(3): 69 – 75. (In Chinese)

[20] Brea R, Valdecantos P, Rada P, et al. Chronic treatment with acetaminophen protects against liver aging by targeting inflammation and oxidative stress[J]. Aging, 2021, 13(6): 7800 – 7827.

[21] Li D, Zhong J, Zhang Q, et al. Effects of anti – inflammatory therapies on glycemic control in type 2 diabetes mellitus[J]. Frontiers in Immunology, 2023, 14: 1125116.

[22] 安敏,王瑞娇,王彩霞,等. 血管紧张素Ⅱ1 型受体拮抗剂对糖尿病前期病人胰岛素抵抗影响的 Meta 分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2022,20(24):4538 – 4544.
An M, Wang RJ, Wang CX, et al. Meta – analysis of the effect of angiotensin II type 1 receptor antagonists on insulin resistance in pre – diabetic patients[J]. Chinese Journal of Integrative Medicine on Cardio/Cerebrovascular Disease, 2022, 20(24): 4538 – 4544. (In Chinese)

[23] Li MH. Association of physical activity with MAFLD/MASLD and LF among adults in NHANES, 2017 – 2020[J]. Wiener Klinische Wochenschrift, 2024, 136(9): 258 – 266.

[24] Wang R, Zhang SY, Liu YF, et al. The role of macrophage polarization and related key molecules in pulmonary inflammation and fibrosis induced by coal dust dynamic inhalation exposure in Sprague – Dawley rats[J]. Cytokine, 2024, 173: 156419.

[25] Huang HK, Liu ZN, Xie JR, et al. Association between night shift work and NAFLD: a prospective analysis of 281,280 UK Biobank participants[J]. BMC Public Health, 2023, 23(1): 1282.

[26] Hwang S, Yun H, Moon S, et al. Role of neutrophils in the pathogenesis of nonalcoholic steatohepatitis[J]. Frontiers in Endocrinology, 2021, 12: 751802.

[27] Herrero – Cervera A, Soehnlein O, Kenne E. Neutrophils in chronic inflammatory diseases[J]. Cellular & Molecular Immunology, 2022, 19(2): 177 – 191.

[28] Lamichhane P, Agrawal A, Abouainain Y, et al. Utility of neutrophil – to – high – density lipoprotein – cholesterol ratio in patients with coronary artery disease: a narrative review[J]. Journal of International Medical Research, 2023, 51(4): 3000605231166518.

**收稿日期**:2025-05-28

(上接第 4456 页)

[23] World bank Group. Prevalence of current tobacco use, females (% of female adults) – China[EB/OL]. [2025 – 10 – 30]. https://data.worldbank.org.cn/indicator/SH.PRV.SMOK.FE?end=2020&locations=cn&start=2000&view=chart.

[24] 刁桐湘,张季蕾,陈妮姗,等. 年龄相关性和其他听力损失与认知功能障碍[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2021,56(2):187 – 192.
Diao TX, Zhang JL, Chen NS, et al. The correlation between age – related hearing loss and cognitive impairment[J]. Chin J Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2021, 56(2): 187 – 192. (In Chinese)

[25] Diao MF, Sun JJ, Jiang T, et al. Comparison between self – reported hearing and measured hearing thresholds of the elderly in China[J]. Ear and Hearing, 2014, 35(5): e228 – e232.

[26] Zheng HL, Wong LLN, Hickson L. Barriers to hearing aid adoption among older adults in mainland China[J]. International Journal of Audiology, 2023, 62(9): 814 – 825.

[27] 国家卫生和计划生育委员会新生儿疾病筛查听力诊断治疗组. 婴幼儿听力损失诊断与干预指南[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2018,53(3):181 – 188.
Expert Group on Universal Newborns Hearing Screening of the National Health and Family Planning Commission. Guideline for the early diagnostic evaluation and intervention of hearing loss in infants[J]. Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2018, 53(3): 181 – 188. (In Chinese)

[28] 杨佳燕,商莹莹,倪道凤,等. 数字助听器降噪技术对老年性听障者噪声下言语识别的影响[J]. 听力学及言语疾病杂志,2022,30(6):595 – 598.
Yang JY, Shang YY, Ni DF, et al. Effects of the noise reduction technology of digital hearingaid on speech recognition in patients with presbycusis[J]. Journal of Audiology and Speech Pathology, 2022, 30(6): 595 – 598. (In Chinese)

**收稿日期**:2025-08-01