DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20260209

·论　　著·

老年患者腰椎术后延迟神经认知恢复的危险因素分析

马广阔[1,2]，夏紫微[1,2]，王桐[1,2]，孙斌[2]，王明玲[2]，齐莉恩[2]，王立伟[1,2]，王凯[1,2]*

（1. 徐州医科大学徐州临床学院，江苏　徐州　221009；
2. 徐州市中心医院，江苏　徐州　221009）

【摘要】目的 探讨老年患者腰椎手术术后延迟神经认知恢复（dNCR）的危险因素。**方法** 回顾性分析2023年12月—2025年12月于徐州市中心医院全身麻醉下行腰椎手术的376例老年患者的临床资料，根据是否发生dNCR将患者分为dNCR组（80例）与非dNCR组（296例）。采用SPSS软件与R软件进行数据分析及绘图。根据数据类型，分别采用*t*检验、Mann-Whitney *U*检验、χ^2检验、Fisher确切概率法等进行组间比较。采用多因素Logistic回归方法分析老年患者腰椎术后dNCR发生的独立危险因素。**结果** 376例老年腰椎手术患者，术后第7 d的dNCR发生率为21.3%（80/376）。高龄（*OR*=1.133，95%*CI*：1.063~1.207，*P*=0.006）、术前低简易精神状态检查评分（*OR*=1.107，95%*CI*：1.019~1.203，*P*=0.013）、术前高查尔森合并症指数（*OR*=1.427，95%*CI*：1.112~1.831，*P*=0.005）、手术时间延长（*OR*=1.005，95%*CI*：1.001~1.009，*P*=0.009）、术后24 h高视觉模拟评分（*OR*=1.240，95%*CI*：1.045~1.471，*P*=0.013）、术后入重症监护室（*OR*=2.399，95%*CI*：1.218~4.725，*P*=0.018）、36℃曲线下面积升高（*OR*=1.008，95%*CI*：1.002~1.016，*P*=0.007）是老年患者腰椎术后发生dNCR的独立危险因素。该多因素Logistic回归模型对dNCR有良好的区分能力（AUC=0.917，95%*CI*：0.876~0.946），以及较高的拟合程度（Hosmer-Lemeshow拟合优度检验，χ^2=6.825，*P*=0.556）。**结论** 临床可通过术前精准评估高危人群、严格控制基础疾病、术中精准体温管理、缩短手术时间、加强术后镇痛等针对性干预措施，降低dNCR的发生风险，改善患者术后康复结局。

【关键词】腰椎手术；延迟神经认知功能障碍；老年人；危险因素

中图分类号：R619+.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2096−8965（2026）02−0070−08

Risk factors for delayed neurocognitive recovery in elderly patients after lumbar spine surgery

Ma Guangkuo[1,2], Xia Ziwei[1,2], Wang Tong[1,2], Sun Bin[2], Wang Mingling[2], Qi Lien[2], Wang Liwei[1,2], Wang Kai[1,2]*

(1. Xuzhou Clinical School of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221009, Jiangsu, China;
2. Xuzhou Central Hospital, Xuzhou 221009, Jiangsu, China)

【Abstract】Objective To explore the risk factors for delayed neurocognitive recovery (dNCR) in elderly patients after lumbar spine surgery. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 376 elderly patients who underwent lumbar spine surgery under general anesthesia at Xuzhou Central Hospital from December 2023 to December 2025. Patients were divided into the dNCR group (80 cases) and the non-dNCR group (296 cases) based on the occurrence of dNCR. SPSS software and R software were used for data analysis and visualization. Intergroup comparisons were performed using the *t*-test, Mann-Whitney *U* test, χ^2 test, Fisher's exact test, according to data

收稿日期：2026-03-21；**修回日期**：2026-06-16

基金项目：国家自然科学基金项目（81700078）；徐州市医学重点人才项目（XWRCHT20220051）；江苏省卫生健康委员会基金项目（M2024008）；江苏省新药研究与临床药学重点实验室项目（XZSYSKF2024020）

通信作者：王　凯（1983-），男，江苏徐州人，主任医师，主要从事危重症患者围术期液体治疗、围术期肺保护、间充质干细胞对重要脏器的治疗–临床与基础、舒适化医疗等研究，E-mail：wangkaistream99@sina.com

types. Multivariate logistic regression analysis were used to identify the independent risk factors for dNCR in elderly patients after lumbar spine surgery. **Results** Among the 376 elderly patients undergoing lumbar spine surgery, the incidence of dNCR at 7 days postoperatively was 21.3% (80/376). Advanced age (*OR*=1.133, 95%*CI*: 1.063~1.207, *P*=0.006), low preoperative Mini-Mental State Examination (MMSE) score (*OR*=1.107, 95%*CI*: 1.019~1.203, *P*=0.013), high preoperative Charlson Comorbidity Index (CCI) (*OR*=1.427, 95%*CI*: 1.112~1.831, *P*=0.005), prolonged operation time (*OR*=1.005, 95%*CI*: 1.001~1.009, *P*=0.009), a high visual analogue scale (VAS) score at 24 h postoperatively (*OR*=1.240, 95%*CI*: 1.045~1.471, *P*=0.013), postoperative admission to the intensive care unit (ICU) (*OR*=2.399, 95%*CI*: 1.218~4.725, *P*=0.018), and elevated area under the curve at 36℃ (36℃ AUC) (*OR*=1.008, 95%*CI*: 1.002~1.016, *P*=0.007) were independent risk factors for dNCR in elderly patients after lumbar spine surgery. The multivariate logistic regression model showed good discriminative ability for dNCR (area under the curve [AUC]=0.917, 95%*CI*: 0.876~0.946) and high goodness of fit (Hosmer-Lemeshow test, χ^2=6.825, *P*=0.556). **Conclusion** Clinically, targeted intervention measures such as preoperative accurate assessment of high-risk groups, strict control of underlying diseases, precise intraoperative temperature management, shortening of operation time, and enhancement of postoperative analgesia can reduce the risk of dNCR and improve the postoperative rehabilitation outcome of patients.

【**Keywords**】 Lumbar spine surgery; Delayed neurocognitive recovery; Aged; Risk factors

随着全球人口老龄化进程加剧，腰椎退行性疾病的发病率呈显著上升趋势，腰椎融合术等外科干预已成为改善老年患者脊柱功能、缓解疼痛的重要手段[1-2]。然而，老年群体因生理机能衰退、脑血流调节能力下降及常合并多种基础疾病，术后神经认知相关并发症的风险显著高于年轻人群[3]。其中延迟神经认知恢复（delayed Neurocognitive Recovery，dNCR）作为围手术期常见的认知障碍类型，指出院后至术后1个月内出现的认知功能下降，主要表现为记忆力减退、注意力不集中、执行功能受损等，其不仅延长患者住院时间、增加医疗费用，还会严重影响术后康复进程及远期生活质量[4-6]，成为临床亟待解决的关键问题。本研究通过回顾性分析老年腰椎手术患者的临床资料，系统评估术后dNCR的发生率及相关危险因素，以期为临床实践提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究设计

本研究回顾性分析了2023年12月—2025年12月于徐州市中心医院全身麻醉下行腰椎后路减压植骨融合内固定术的老年患者376例，根据是否发生dNCR将患者分为dNCR组（80例）与非dNCR组（296例）。纳入标准：（1）首次非翻修腰椎后路减压植骨融合内固定术（仅包含开放手术，未纳入微创经椎间孔腰椎椎间融合术等微创术式）；（2）年龄≥65岁；（3）住院时间≥5 d；（4）完成术前1 d及术后第7天的dNCR评估。排除标准：（1）术前已存在认知功能障碍、患有精神类或心理疾病者；（2）确定或怀疑有滥用或长期服用精神类药物、激素药物或类固醇类药物；（3）3个月内发生过脑血管意外，如脑卒中、短暂性脑缺血发作等；（4）术前简易精神状态检查（Mini-Mental State Examination，MMSE）评分≤23分。本研究经徐州市中心医院伦理委员会批准（批号：XZXY-LK-20260106-023）。

1.2 麻醉管理

所有患者入室后，建立标准心电监护（监测心电图、心率、脉搏、血氧饱和度、无创血压）。常规消毒铺巾后，行桡动脉穿刺置管以持续监测有创动脉压。麻醉诱导使用咪达唑仑0.05 mg/kg、舒芬太尼0.5 μg/kg、依托咪酯0.3 mg/kg、苯磺酸顺式阿曲库铵0.3 mg/kg，给药期间持续监测患者生命体征变化。待麻醉深度监测（Bispectral Index，BIS）值降至60以下，确认肌肉松弛效果满意后，经口完成气管插管。术中持续监测BIS值，维持在40～60范围，根据BIS值动态调整麻醉维持药物的输注速率。术后镇痛采用自控静脉镇痛（Patient-Controlled Intravenous Analgesia，PCIA）的镇痛方案，为氢吗啡酮（0.15~0.2 mg/kg）+氟比洛芬酯250 mg+甲氧氯普胺30 mg。补救镇痛方案：术后采用PCIA期间，患者视觉模拟评分（Visual Analogue Scale，VAS）≥4分（静息状

态）或VAS≥6分（活动状态），经调整PCIA参数后疼痛仍未缓解；或出现爆发痛（突发剧烈疼痛，VAS≥7分）时，给予患者静脉注射50 mg氟比洛芬酯，首次补救用药后30 min复评VAS评分，若降低<2分或仍≥4分，可在间隔6 h后重复给药1次。24 h内用药不超过4次，若仍无法控制疼痛，需联合其他补救药物（如对乙酰氨基酚[7]等）。

1.3 数据收集

由经过专业培训的研究人员进行术前、术后随访并记录相关信息，参与术中管理的临床医师与研究人员互不知情，确保数据客观性。通过医院电子病历系统、麻醉信息系统及随访记录，收集并记录以下指标：患者年龄、性别、美国麻醉医师协会（American Society of Anesthesiologists，ASA）分级、体质量指数（Body Mass Index，BMI）；MMSE评分、术前查尔森合并症指数（Charlson Comorbidity Index，CCI）得分；既往史：手术史、高血压（术前收缩压≥140 mmHg和/或舒张压≥90 mmHg，或既往确诊并规律服药）、糖尿病（空腹血糖≥7.0 mmol/L或糖化血红蛋白≥6.5%，或既往确诊并接受降糖治疗）、心血管疾病（如冠心病、心律失常等）、脑血管疾病（如脑梗死、脑出血病史等）、呼吸系统疾病（如慢性阻塞性肺疾病、哮喘等）。麻醉相关：咪达唑仑、舒芬太尼、瑞芬太尼等麻醉药物用量；手术相关：手术时间（切口切开至缝合完毕时间）、术中失血量、术中输血量、术中液体出入量（晶体液、胶体液输注量及尿量），36℃曲线下面积（Area Under the Curve，AUC）：36℃以下、体温曲线以上区域面积；术中不良事件：术中低血压（参考相关文献定义[8]平均动脉压低于65 mmHg即为术中低血压）、心律失常等发生情况；术中体温：围手术期核心体温（通过鼻咽温监测），记录是否发生围手术期意外低体温（核心温度低于36℃，持续5 min以上）。术后相关指标：术后入重症监护室（Intensive Care Unit，ICU）比率、术后住院时长；术后24 h VAS；并发症情况：术后恶心呕吐、术后出血、切口感染等并发症发生率；认知评估相关：术前1 d及术后第7天神经心理学测试原始评分（包括记忆力、注意力、执行功能、语言功能等维度），健康对照组同期测试评分。

1.4 dNCR的评估

所有患者在术前1 d、术后第7天接受示踪实验（A部分）、凹槽钉板测试、柯西块测试、词语流畅性测验、手指敲击测试、韦氏记忆量表数字广度（逆向）子测验、韦氏记忆量表视觉再生子测验等一系列标准的神经心理学测试[9]。所有神经心理学测试均由一名独立的、经验丰富的精神科医生进行。每次测试中，通过从术后评分和术前基线评分之间的差值中减去健康对照组的平均变化，然后将其除以健康志愿者变化评分的标准差获得Z值。认知能力下降被定义为在至少2个不同测试中Z值≤–1.96。术后第7天被诊断为dNCR的患者被纳入dNCR组，未发生的患者被纳入非dNCR组。

1.5 统计学处理

采用SPSS 26.0与R 4.1.2软件进行数据分析及绘图。计量资料先采用Shapiro-Wilk法进行正态性检验：符合正态分布的计量资料以平均数±标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用独立样本t检验；不符合正态分布的计量资料以中位数（四分位数间距）[M（*Q1*，*Q3*）]表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例数（百分率）[n（%）]表示，组间比较采用χ^2检验；当理论频数<5时，采用Fisher确切概率法。等级资料组间比较采用Mann-Whitney U检验。将单因素分析中P<0.10的潜在危险因素，及临床上公认与老年患者腰椎术后dNCR相关的变量纳入多因素Logistic回归分析，筛选dNCR的独立危险因素，变量筛选方法为Forward：LR法。纳入回归模型前，对全部自变量采用方差膨胀因子（Variance Inflation Factor，VIF）进行多重共线性诊断，判定标准：VIF<5提示无明显多重共线性，5≤VIF<10为中度共线性，VIF≥10提示严重共线性，严重共线性变量予以剔除；构建完成多因素预测模型后，采用1 000次重复Bootstrap自抽样法开展模型内部验证，校正过拟合偏倚。通过受试者工作特征曲线（Receiver Operating Characteristic，ROC）AUC评价回归模型的预测区分能力。采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估回归模型的拟合程度。以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

376例老年腰椎后路减压植骨融合内固定术患者中，80例患者出现dNCR，dNCR发生率为21.3%（80/376）。所有纳入患者均完成术前基线评估及术后随访，无中途失访或资料缺失情况，两组患者基线资料在性别构成、BMI分布、ASA分级及既往高血压、心血管疾病、脑血管疾病、呼吸系统疾病史等方面差异均无统计学意义（P>0.05），具有较好的可比性（见表1）。

2.2 单因素分析

单因素分析结果显示，年龄、术前MMSE评分、术前CCI评分、糖尿病史、手术时间、术中失血量、术中晶体液输注量、术中胶体液输注量、36℃ AUC、术后入ICU比率、术后住院时长及术后24 h VAS评分等指标是老年腰椎手术患者术后第7天的dNCR影响因素（P<0.1）（见表1，表2）。

表1 2组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between two groups

项目	dNCR组（n=80）	非dNCR组（n=296）	P值
年龄（岁，$\bar{x} \pm s$）	73.6±2.5	66.9±3.1	＜0.001
性别[n（%）]			0.855
男性	38（47.5）	144（48.6）	
女性	42（52.5）	152（51.4）	
BMI[n（%）]			0.823
<18.5 Kg/m^2	17（21.2）	71（23.9）	
18.5～24.0 Kg/m^2	53（66.2）	185（62.5）	
>24.0 Kg/m^2	10（12.6）	40（13.6）	
ASA分级[n（%）]			0.634
Ⅰ	45（56.3）	183（61.8）	
Ⅱ	31（38.7）	102（34.4）	
Ⅲ	4（5.0）	11（3.8）	
MMSE评分[分，M（$Q1$，$Q3$）]	25.0（23.0，28.0）	28.0（26.0，30.0）	0.002
CCI评分[分，M（$Q1$，$Q3$）]	5.0（3.0，8.0）	3.0（2.0，4.0）	0.001
既往史[n（%）]			
高血压	36（45.0）	123（41.5）	0.580
糖尿病	25（31.2）	65（21.9）	0.084
手术史	16（20.0）	39（13.1）	0.125
心血管疾病	19（23.7）	45（15.2）	0.710
脑血管疾病	8（10.0）	50（16.8）	0.130
呼吸系统疾病	7（8.7）	33（11.1）	0.537
手术节段[n（%）]			0.212
单节段	35（43.7）	162（54.7）	
双节段	28（35.0）	86（29.0）	
三节段	17（21.2）	48（16.2）	

表2 2组患者术中及术后资料比较

Table 2 Comparison of intraoperative and postoperative data between two groups

项目	dNCR组（n=80）	非dNCR组（n=296）	P值
术中低血压[n（%）]	17（21.2）	43（14.5）	0.145
心律失常[n（%）]	5（6.2）	23（7.7）	0.646
手术时间[min，M（$Q1$，$Q3$）]	236.0（130.0，420.0）	202.0（110.0，330.0）	＜0.001
咪达唑仑[mg，M（$Q1$，$Q3$）]	3.0（2.0，5.0）	3.0（2.0，4.0）	0.783
舒芬太尼[μg，M（$Q1$，$Q3$）]	45.0（40.0，50.0）	45.0（35.0，50.0）	0.487
瑞芬太尼[mg，M（$Q1$，$Q3$）]	4.0（3.0，5.0）	3.5（2.5，4.5）	0.538
术中失血量[mL，M（$Q1$，$Q3$）]	720.0（320.0，946.0）	450.0（260.0，550.0）	0.038
术中输血			
悬浮红细胞（U，$\bar{x} \pm s$）	3.1±1.8	2.6±1.1	0.057
冰冻血浆（mL，$\bar{x} \pm s$）	532.1±43.1	412.5±39.3	0.173

续表

项目	dNCR组（*n*=80）	非dNCR组（*n*=296）	*P*值
术中液体平衡			
晶体液[mL,*M*(*Q1*,*Q3*)]	1 250.0(1 050.0,1550.0)	1050.0(850.0,1350.0)	0.021
胶体液[mL,*M*(*Q1*,*Q3*)]	550.0(450.0,650.0)	450.0(350.0,550.0)	0.012
尿量[mL,*M*(*Q1*,*Q3*)]	420.0(320.0,520.0)	370.0(270.0,470.0)	0.058
术后入重症监护室[*n*(%)]			0.036
是	26(32.5)	63(21.2)	
否	54(67.5)	233(78.8)	
住院时间[d,*M*(*Q1*,*Q3*)]	8.5(6.0,13.0)	6.5(5.0,11.0)	0.021
术后24 h VAS评分[分,*M*(*Q1*,*Q3*)]	5.5(3.0,7.0)	3.5(2.0,5.0)	＜0.001
36℃ AUC[℃·min,*M*(*Q1*,*Q3*)]	185.0(102.0,290.0)	68.0(35.0,120.0)	＜0.001

2.3 老年腰椎手术患者dNCR发生的危险因素分析

将单因素分析中*P*<0.10的潜在危险因素及临床公认相关变量纳入多因素Logistic回归分析，结果显示：高龄（*OR*=1.133，95%*CI*：1.063~1.207，*P*=0.006）、术前低MMSE评分（*OR*=1.107，95%*CI*：1.019~1.203，*P*=0.013）、术前高CCI评分（*OR*=1.427，95%*CI*：1.112~1.831，*P*=0.005）、36℃ AUC升高（*OR*=1.008，95%*CI*：1.002~1.016，*P*=0.007）、手术时间延长（*OR*=1.005，95%*CI*：1.001~1.009，*P*=0.009）、术后24 h VAS评分增高（*OR*=1.240，95%*CI*：1.045~1.471，*P*=0.013）及术后入ICU（*OR*=2.399，95%*CI*：1.218~4.725，*P*=0.018）是老年患者腰椎术后dNCR发生的独立危险因素（见图1）。

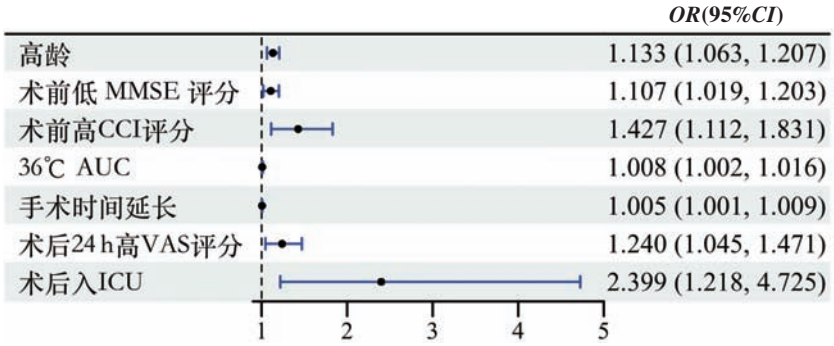


图1 老年腰椎手术患者dNCR的危险因素分析

Figure 1 Analysis of risk factors for delayed neurocognitive recovery in elderly patients undergoing lumbar spine surgery

2.4 自变量多重共线性检验结果

对最终纳入多因素回归模型的7项自变量（年龄、MMSE评分、术前CCI评分、36℃ AUC、手术时间、术后24 h VAS评分、术后入ICU）行VIF共线性检验，所有自变量VIF均<5，变量间不存在明显多重共线性，满足多因素Logistic回归分析前提条件，回归系数估计结果可靠。

2.5 模型区分度

经检验，该回归模型具有良好的区分能力（AUC=0.917，95%*CI*：0.876~0.946，灵敏度91.2%，特异度78.0%，阳性预测值为52.84%，阴性预测值为97.04%）及拟合程度（Hosmer-Lemeshow检验，χ^2=6.825，*P*=0.556）（见图2）。

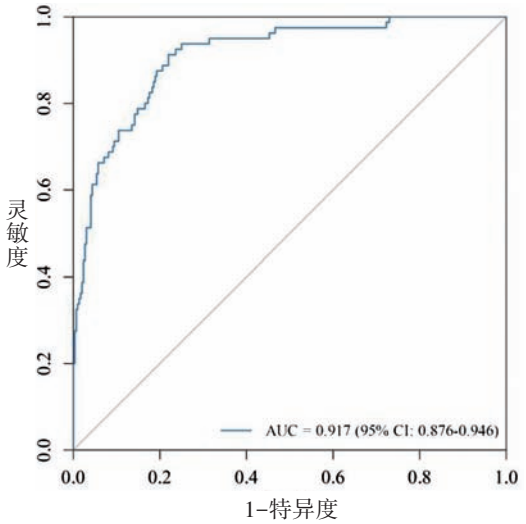


图2 预测模型的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of prediction model

2.6 模型Bootstrap内部验证结果

采用1 000次重复Bootstrap自抽样对dNCR预测Logistic回归模型进行内部验证，校正模型过拟合风险，结果如下：原始模型AUC=0.917（95%*CI*：0.876~0.946），Bootstrap校正后模型AUC=0.902（95%*CI*：0.861~0.934），校正后AUC仍处于较高水平，提示模型区分dNCR高危与低危患者的能力稳定可靠。原始模型Hosmer-Lemeshow检验χ^2=6.825，*P*=0.556；Bootstrap校正后χ^2=7.103，*P*=0.525，提示模型拟合度良好，无明显过拟合现象。

3 讨论

dNCR作为老年患者围手术期常见的认知障碍类型，在老年腰椎手术患者中尤为突出。本研究对376例于全身麻醉下行腰椎后路减压植骨融合内固定术的老年患者临床资料进行回顾性分析，结果显示dNCR发生率为21.3%，与既往老年患者术后认知相关并发症的研究基本一致[10]，进一步证实dNCR是老年患者腰椎术后需重点关注的问题。多因素Logistic回归分析明确高龄、术前低MMSE评分、术前高CCI评分、36℃AUC升高、手术时间延长、术后24 h高VAS评分及术后入ICU是老年患者腰椎术后dNCR发生的独立危险因素。本研究构建的回归模型具有很好的区分能力及拟合程度，近年同类腰椎手术术后认知功能障碍预测模型AUC=0.930（95%*CI*：0.887~0.973）[11]，与本研究模型效能相近，但其未纳入围术期体温相关指标，而本研究创新性加入36℃ AUC量化低体温累积效应，模型指标更贴合临床病理生理实际，为临床早期识别高危人群、制定针对性预防与干预策略提供了可靠依据。

与既往研究一致，高龄是dNCR发生的独立危险因素[12]，其机制与老年患者生理机能的退行性改变密切相关。随着年龄增长，老年患者脑组织血流量减少、神经元数量下降、突触功能减退，导致大脑储备能力显著降低，对手术创伤、麻醉干预等围术期应激的耐受性明显下降，进而增加认知功能受损风险[13-15]。本研究中dNCR组患者平均年龄（73.6±2.5）岁显著高于非dNCR组（66.9±3.1）岁，提示临床需对70岁以上老年腰椎手术患者给予更高程度的围术期关注，制定更为个体化的诊疗方案。

术前认知功能基线水平与合并症负担是预测术后dNCR的关键术前指标[16]。本研究中，术前低MMSE评分成为dNCR的独立危险因素，MMSE评分作为临床常用的认知功能筛查工具，其得分降低反映患者术前已存在轻度认知储备不足，此类患者在面对手术创伤、炎症反应等围手术期应激时，更易出现认知功能的进一步下降且恢复延迟[17-18]。同时，术前高CCI评分提示患者合并多种基础疾病，多系统疾病共存可能通过加重全身炎症反应、影响脑灌注稳定性、干扰代谢平衡等途径，共同增加认知功能受损风险，这也解释了合并症较多的老年患者术后认知恢复更慢的临床现象[17,19]。

既往关于围手术期低体温与术后认知功能障碍的研究，多将围手术期核心体温低于36℃作为二分类变量分析，仅能反映低体温的发生与否，无法体现低体温的累积效应，即低体温的持续时间及降低程度对患者的综合影响。而临床中围手术期低体温对神经认知功能的损伤往往是一个持续的过程，单一的二分类评估存在明显的局限性。本研究创新性地纳入36℃AUC可以量化围手术期低体温持续时间与降低程度的综合作用，更贴合临床实际的病理生理过程。本研究结果表明，围手术期低体温的累积效应是dNCR的重要危险因素，其核心机制与低体温引发的全身血管收缩、脑血流量减少、神经元代谢功能抑制、炎症因子释放增加密切相关[20]。动物实验表明，术中低温可能导致大鼠在空间工作记忆、空间学习和记忆方面的损害，其机制可能是术中低体温诱导的海马神经元损伤和突触可塑性相关蛋白Arc、S133-磷酸化CREB和S831磷酸化AMPAR 1的表达减少所致[21]。本研究发现36℃ AUC升高是老年腰椎手术患者术后dNCR的独立危险因素，这一发现凸显了术中精准体温管理的重要性，如采用加温输液、保温毯等措施维持核心体温稳定，可能有助于降低dNCR发生风险，为围手术期认知保护提供了全新的干预方向。

本研究中dNCR组手术时间中位数显著长于非dNCR组，这与术后认知相关并发症研究中手术时间延长为危险因素的结论一致，长时间手术会增加组织创伤范围与程度，引发更强烈的全身炎症反应，而炎症因子（如肿瘤坏死因子α、白细胞介素6等）可通过血脑屏障损伤神经元功能，导致认知下降[22-23]；同时，手术时间延长会增加麻醉药物累积用量，进一步加重对中枢神经系统的抑制，延缓认知功能恢复[24-25]。此外，腰椎手术常规采用的俯卧位体位及长时间手术伴随的术中失血量增加、体液平衡紊乱等因素，可能间接影响脑灌注与代谢，协同增加dNCR发生风险。研究表明，在全身麻醉下的俯卧体位中，健康年轻志愿者头部向一侧旋转约80°时，平均血流速度会降低约10%[26]。同样有研究证明，俯卧的年轻志愿者颅内椎动脉血流速度也会显著降低[27]。俯卧位可通过改变胸腔压力、影响静脉回流与心输出量，进而降低脑灌注压[28]。其次，术

中失血会降低全脑血流量和代谢底物的供应，导致广泛性脑缺血、缺氧，最终引发神经元细胞死亡[29]。综上，老年患者脑血流自动调节能力减退，长时间俯卧位联合术中失血及低体温累积效应，极易引发脑灌注不足，进一步加重中枢神经系统缺血缺氧与认知功能损伤。因此，在保证手术质量的前提下，优化手术流程、缩短手术时间是改善老年患者术后认知功能的有效方法。

术后24 h高VAS评分反映术后疼痛控制不佳，而疼痛作为强烈的生理与心理应激源，可通过多种机制影响认知功能。疼痛会激活交感神经系统，导致血压升高、心率加快，进而影响脑血流稳定性[30-31]；同时，疼痛相关的应激反应会促进皮质醇等激素释放，长期或强烈的激素水平升高会损伤海马体等认知关键脑区，导致记忆力、注意力等功能下降[25,32]。此外，术后剧烈疼痛会影响患者睡眠质量、情绪状态，进一步干扰认知功能恢复。本研究中dNCR组术后24 h VAS评分显著高于非dNCR组，提示临床应重视术后镇痛管理，采用多模式镇痛方案优化镇痛效果，减少疼痛对认知恢复的不利影响。

术后入ICU是dNCR的独立危险因素，这与ICU特殊环境及患者病情特征密切相关。术后入ICU的患者多为病情相对危重、合并症复杂或术后出现并发症的群体，其本身认知功能受损风险更高；同时，ICU内持续的仪器噪音、灯光刺激、侵入性操作等因素的综合作用下，患者的生理节律被严重破坏，深度睡眠缺失与睡眠结构支离破碎。研究表明，睡眠障碍不仅是老年患者认知障碍的重要临床表现，更是其发生的关键危险因素，二者之间存在双向因果关系，可能的机制包括神经炎症加剧与氧化应激损伤[33]。环境应激可诱导严重的焦虑、恐惧与无助感。急性心理应激通过激活下丘脑–垂体–肾上腺轴导致皮质醇水平持续升高，进而损伤海马神经元的存活与再生能力[34]。此外，ICU患者可能面临更多的药物干预、感染风险等，进一步增加认知恢复延迟的可能性[35-36]。临床应严格把握术后入ICU的指征，对需入ICU治疗的患者，采取优化环境、减少不必要干预、早期康复等措施，降低认知功能受损风险。

本研究存在一定局限性：首先作为回顾性研究，可能存在选择偏倚，部分潜在危险因素（如术前营养状况、术后炎症因子等）未纳入分析；其次，本研究仅纳入腰椎后路减压植骨融合内固定术患者，未纳入微创术式（如微创经椎间孔腰椎椎间融合术），因此无法对不同手术入路进行亚组分析，而不同手术方式引发的全身炎症反应程度存在差异，可能对dNCR的发生存在潜在干扰，本研究未来可进一步分层探讨不同术式对术后认知功能的影响。再次，dNCR评估仅基于术后第7天的神经心理学测试，缺乏长期随访数据，无法明确危险因素对远期认知功能的影响；最后，样本量局限于单中心，可能影响结果的外推性。未来需开展多中心、前瞻性研究，扩大样本量，纳入更多潜在危险因素，延长随访时间，进一步验证本研究结论，并探索更有效的预防与干预措施。

综上所述，老年腰椎术后dNCR的发生是高龄、术前认知储备不足、合并症多、手术时间延长、围术期低体温及术后疼痛控制不佳、入ICU多环节危险因素共同作用的结果。临床实践中，可通过术前精准评估高危人群、优化围术期管理（如维持体温稳定、缩短手术时间、加强镇痛）、术后针对性干预等措施，降低dNCR发生风险，改善老年腰椎手术患者的预后。

参考文献

[1] REID P C, MORR S, KAISER M G. State of the union: A review of lumbar fusion indications and techniques for degenerative spine disease[J]. J Neurosurg Spine, 2019, 31 (1): 1-14.

[2] WARHURST M, HARTMAN J, GRANVILLE M, et al. The role of minimally invasive spinal surgical procedures in the elderly patient: An analysis of 49 patients between 75 and 95 years of age[J]. Cureus, 2020, 12(3): 71-80.

[3] NEERLAND B E, HALL R J, SELJEFLOT I, et al. Associations between delirium and preoperative cerebrospinal fluid C-reactive protein, interleukin-6, and interleukin-6 receptor in individuals with acute hip fracture[J]. J Am Geriatr Soc, 2016, 64(7): 1456-1463.

[4] TANG X, ZHANG X, DONG H, et al. Electroencephalogram features of perioperative neurocognitive disorders in elderly patients: A narrative review of the clinical literature [J]. Brain Sci, 2022, 12(8): 1073.

[5] EVERED L A, GOLDSTEIN P A. Reducing perioperative neurocognitive disorders (PND) through depth of anesthesia monitoring: A critical review[J]. Int J Gen Med, 2021, 14: 153-162.

[6] EVERED L, SILBERT B, KNOPMAN D S, et al. Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia and surgery-2018[J]. Br J Anaesth, 2018, 121(5): 1005-1012.

[7] 中华医学会麻醉学分会疼痛学组《成人术后疼痛管理临床实践指南(2024版)》工作组. 成人术后疼痛管理临床实践指南(2024版)[J]. 中华麻醉学杂志, 2025, 45(9): 1045-1079.

[8] SESSLER D I, BLOOMSTONE J A, ARONSON S, et al. Perioperative Quality Initiative consensus statement on intraoperative blood pressure, risk and outcomes for elective

surgery[J]. Br J Anaesth, 2019, 122(5): 563-574.
[9] 冉娇, 李雪寒. 术后认知障碍评估量表的研究进展[J]. 重庆医学, 2022, 51(3): 533-537.
[10] PARK S, KIM J, HA Y, et al. Preoperative mild cognitive impairment as a risk factor of postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing spine surgery[J]. Front Aging Neurosci, 2024, 16: 1292942.
[11] 夏彤, 杨陈祎, 赵茗姝, 等. 全麻腰椎手术老年患者POCD的危险因素及预测模型[J]. 中华麻醉学杂志, 2023, 43(4): 400-405.
[12] LUO A, YAN J, TANG X, et al. Postoperative cognitive dysfunction in the aged: The collision of neuroinflammaging with perioperative neuroinflammation[J]. Inflammopharmacology, 2019, 27(1): 27-37.
[13] BELROSE J C, NOPPENS R R. Anesthesiology and cognitive impairment: A narrative review of current clinical literature[J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 241-245.
[14] PEDEMONTE J C, PLUMMER G S, CHAMADIA S, et al. Electroencephalogram burst-suppression during cardiopulmonary bypass in elderly patients mediates postoperative delirium[J]. Anesthesiology, 2020, 133(2): 280-292.
[15] FOURNIER A, KRAUSE R, WINTERER G, et al. Biomarkers of postoperative delirium and cognitive dysfunction[J]. Front Aging Neurosci, 2015, 7: 112-120.
[16] GAN S, YU Y, WU J, et al. Preoperative assessment of cognitive function and risk assessment of cognitive impairment in elderly patients with orthopedics: A cross-sectional study [J]. BMC Anesthesiol, 2020, 20(1): 189.
[17] ROCKHOLT M M, WU R R, ZHU E, et al. Application of the uniform data set version 3 tele-adapted test battery (T-cog) for remote cognitive assessment preoperatively in older adults[J]. Front Aging Neurosci, 2024, 16: 1535830.
[18] WIBERG S, HOLMGAARD F, ZETTERBERG H, et al. Biomarkers of cerebral injury for prediction of postoperative cognitive dysfunction in patients undergoing cardiac surgery[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2022, 36(1): 125-132.
[19] ESCHWEILER G W, CZORNIK M, HERRMANN M L, et al. Presurgical screening improves risk prediction for delirium in elective surgery of older patients: The PAWEL RISK study[J]. Front Aging Neurosci, 2021, 13: 679933.
[20] WANG L, CHEN B, LIU T, et al. Risk factors for delayed neurocognitive recovery in elderly patients undergoing thoracic surgery[J]. BMC Anesthesiol, 2023, 23(1): 102-110.
[21] XU G, LI T, HUANG Y. The effects of intraoperative hypothermia on postoperative cognitive function in the rat hippocampus and its possible mechanisms[J]. Brain Sci, 2022, 12 (1): 111-115.
[22] ZHANG X P, LIU Y R, CHAI M, et al. High-fat treatment prevents postoperative cognitive dysfunction in a hyperlipidemia model by protecting the blood-brain barrier via Mfsd2a-related signaling[J]. Mol Med Rep, 2019, 20(5): 4226-4234.
[23] ZHUANG Y M, XU J Y, ZHENG K, et al. Research progress of postoperative cognitive dysfunction in cardiac surgery under cardiopulmonary bypass[J]. Ibrain, 2024, 10(3): 290-304.
[24] KULASON K, NOUCHI R, HOSHIKAWA Y, et al. Indication of cognitive change and associated risk factor after thoracic surgery in the elderly: A pilot study[J]. Front Aging Neurosci, 2017, 9: 396-402.
[25] KONG X, LYU W, LIN X, et al. Itaconate alleviates anesthesia/surgery-induced cognitive impairment by activating a Nrf2-dependent anti-neuroinflammation and neurogenesis via gut-brain axis[J]. J Neuroinflammation, 2024, 21(1): 104-111.
[26] HØJLUND J, SANDMAND M, SONNE M, et al. Effect of head rotation on cerebral blood velocity in the prone position[J]. Anesthesiol Res Pract, 2012, 2012: 647258.
[27] MITCHELL J A. Changes in vertebral artery blood flow following normal rotation of the cervical spine[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2003, 26(6): 347-351.
[28] WRIGHT J M, GERGES C, SHAMMASSIAN B, et al. Prone position ventilation in neurologically ill patients: A systematic review and proposed protocol[J]. Crit Care Med, 2021, 49(3): e269-e278.
[29] RICKARDS C A. Cerebral blood-flow regulation during hemorrhage[J]. Compr Physiol, 2015, 5(4): 1585-1621.
[30] GODOY L D, ROSSIGNOLI M T, DELFINO-PEREIRA P, et al. A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications[J]. Front Behav Neurosci, 2018, 12: 127-133.
[31] LYON A R, CITRO R, SCHNEIDER B, et al. Pathophysiology of takotsubo syndrome: JACC state-of-the-art review [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(7): 902-921.
[32] HANNIBAL K E, BISHOP M D. Chronic stress, cortisol dysfunction, and pain: A psychoneuroendocrine rationale for stress management in pain rehabilitation[J]. Phys Ther, 2014, 94(12): 1816-1825.
[33] 陈昕露, 周艺铭, 韩雪, 等. 睡眠障碍与老年术后认知功能障碍的双向关联研究进展[J]. 实用老年医学, 2024, 38(5): 433-437.
[34] ZHOU Y, ZHENG H, LI Z, et al. Association between end-tidal sevoflurane concentration and postoperative cognitive dysfunction and pain sensitivity in elderly patients under general anesthesia[J]. Front Aging Neurosci, 2026, 18: 1761052.
[35] BAJRACHARYA S M, BAIDYA R, BHANDARI S, et al. Incidence and predictors of delirium after cardiac surgery [J]. J Nepal Health Res Counc, 2023, 21(1): 1-7.
[36] GOLDBERG T E, CHEN C, WANG Y, et al. Association of delirium with long-term cognitive decline: A meta-analysis [J]. JAMA Neurol, 2020, 77(11): 1373-1381.