

行为习惯和慢性疾病协同影响颈动脉硬化的决策树研究

魏亚琳^{1*}, 谭巧文¹, 彭琳¹, 侯继文², 解见业¹, 郭宗君^{1#}

¹青岛大学附属医院老年医学科, 山东 青岛

²成都大学附属医院老年医学科, 四川 成都

Email: WYLViolin0728@163.com, #guozjj@163.com

收稿日期: 2020年12月16日; 录用日期: 2021年1月5日; 发布日期: 2021年1月20日

摘要

目的: 利用决策树方法探讨和分析行为习惯和常见疾病协同影响颈动脉硬化的模式。方法: 选取2019年7月至2020年7月于青岛大学附属医院查体并符合入组标准的人员573例, 其中颈动脉硬化组329例, 非颈动脉硬化组244例。收集人口学因素、行为习惯因素、伴发疾病因素、颈动脉超声指标等。采用卡方检验、t检验、logistic回归、决策树计算等方法, 分析行为习惯和常见疾病协同影响颈动脉硬化的模式。结果: 卡方检验及T检验显示年龄、吸烟、饮酒、高脂饮食、体育锻炼、高脂血症、高血压、糖尿病与颈动脉硬化的发生相关; logistic回归显示年龄、高脂饮食、高脂血症、体育锻炼、高血压与颈动脉硬化呈线性相关关系; 决策树模型显示高血压是根节点影响因素, 年龄、吸烟、体育锻炼、高脂饮食、高脂血症、糖尿病、饮酒等因素对颈动脉硬化的发生有不同的协同影响方式。ROC曲线下面积对比证实决策树模型优于logistic回归分析($p < 0.05$)。结论: 颈动脉硬化影响因素的决策树模型解释了不同因素的非线性协同效应或叠加作用模式, 为高危人群早期识别和干预提供了一种工具, 辅助疾病防控和临床诊断。

关键词

行为习惯, 慢性疾病, 颈动脉硬化, 决策树

Synergistic Influence of Behavior Habits and Chronic Disease on Carotid Atherosclerosis: A Decision Tree Model Study

Yalin Wei^{1*}, Qiaowen Tan¹, Lin Peng¹, Jiwen Hou², Jianye Xie¹, Zongjun Guo^{1#}

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 魏亚琳, 谭巧文, 彭琳, 侯继文, 解见业, 郭宗君. 行为习惯和慢性疾病协同影响颈动脉硬化的决策树研究[J]. 临床医学进展, 2021, 11(1): 155-164. DOI: 10.12677/acm.2021.111023

¹Department of Geriatrics, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Geriatrics, The Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu Sichuan

Email: WYLViolin0728@163.com, #guozjj@163.com

Received: Dec. 16th, 2020; accepted: Jan. 5th, 2021; published: Jan. 20th, 2021

Abstract

Purpose: Decision tree method was used to explore and analyze the cooperative influence of behavior habits and common diseases on carotid atherosclerosis. **Methods:** From July 2019 to July 2020, 573 participants (329 CA and 244 non-CA) were recruited from the Affiliated Hospital of Qingdao University. Demographic information, behavioral habits, concomitant disease factors and carotid ultrasound results were collected. Chi-square test, t-test, logistic regression and decision tree algorithm were used to analyze the cooperative influence of behavioral habits and common diseases on carotid atherosclerosis. **Results:** Chi-square test and T-test showed that age, smoking, alcohol consumption, high-fat diet, physical exercise, hyperlipidemia, hypertension and diabetes were correlated with the occurrence of carotid atherosclerosis. Logistic regression showed a linear correlation between age, high-fat diet, hyperlipidemia, physical exercise, hypertension and carotid atherosclerosis. The decision tree model showed that hypertension was an influencing factor at the root node, and age, smoking, physical exercise, high-fat diet, hyperlipidemia, diabetes, alcohol consumption and other factors had different synergistic influences on the occurrence of carotid atherosclerosis. The ROC curve was drawn to evaluate the predictive ability of the decision tree model ($p < 0.05$). **Conclusion:** The decision tree model of influencing factors of carotid atherosclerosis explains the nonlinear synergistic effect or superposition action pattern of different factors and provides a tool for early identification and intervention of high-risk population to assist disease prevention and control and clinical diagnosis.

Keywords

Behavior Habits, Chronic Disease, Carotid Atherosclerosis, Decision Tree

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

颈动脉粥样硬化(carotid atherosclerosis, CA)是反映全身动脉硬化病变的一个“窗口”，超声检测颈动脉内中膜厚度(IMT)是判断颈动脉硬化程度的可靠指标[1]。颈动脉粥样硬化的发病相关的危险因素有高血压[2]、吸烟[3] [4]、糖尿病[5] [6]、高脂血症[7]、年龄[8]、大量饮酒[9] [10]、不良饮食习惯、运动习惯[11] [12]等。高血压、糖尿病、血脂异常、肾功能不全对颈动脉粥样硬化斑块负荷具有累积作用[9] [13]。由此可见影响颈动脉硬化的多种因素具有协同或累加作用，但行为习惯以及慢性疾病如何叠加影响颈动脉硬化发生或发展目前尚不清楚。

决策树是一种使用多种影响因素进行疾病预测的数据挖掘算法[14]，可以发现多因素对疾病发生或发

展的影响模式及推测结局等[15][16][17]。

本文借助决策树算法,收集健康查体人员的人口学因素、行为习惯因素、伴发疾病因素、颈动脉超声指标等,分析这些因素对颈动脉硬化影响的各种协同或叠加模式,以期明确不同行为习惯和慢病状态下导致颈动脉硬化关键要素,辅助防治颈动脉硬化。

2. 对象与方法

2.1. 研究对象

收集 2019 年 7 月至 2020 年 7 月于青岛大学附属医院健康查体并符合条件人员的问卷资料,进行了回顾性分析。根据颈动脉超声结果划分为颈动脉硬化组(CA) 329 人,非颈动脉硬化组(non-CA) 244 人。本研究已通过青岛大学附属医院医学伦理委员会批准,受试者及家属均自愿参与本研究,并取得知情同意。

纳入标准:1) 年龄 60~90 岁;2) 听力、语言表达能力正常,能够配合问答及检查;3) 认知能力正常,无帕金森、痴呆等疾病。排除标准:1) 恶性肿瘤、风湿免疫疾病等治疗药物对颈动脉有显著影响的慢性疾病;2) 认知障碍,不能理解并正确回答问题;3) 疾病终末期。

颈动脉硬化诊断及分组标准:以颈动脉内-中膜厚度(IMT) < 0.9 mm 为正常(非颈动脉硬化组),1 mm 以上且分叉处的厚度在 1.2 mm 以上定义为颈动脉硬化(颈动脉硬化组)[18][19]。

2.2. 数据收集

问卷中一般人口学信息包括:年龄(60~90 岁)、性别(男性或女性)、体质指数(BMI = 体重(kg)/身高²(m²));行为习惯及生活方式信息包括:吸烟习惯、饮酒习惯、饮茶习惯、高脂饮食、体育锻炼等(是或否);既往病史包括:高脂血症、高血压、糖尿病等(是或否)。

各因素判定标准:1) 颈动脉硬化:通过医院工作系统查阅研究对象颈动脉超声获取数据;2) 高血压:① 非同一天 3 次测量,收缩压 140 mmHg 及以上和(或)舒张压 90 mmHg 及以上[20];② 已明确为高血压且正在接受降压药物治疗者。3) 糖尿病:① 空腹血糖 7 mmol/L 以上和(或)餐后两小时血糖 11.1 mmol/L 及以上,或任意时间血糖值 ≥ 11.1 mmol/L [21];② 正在进行降血糖治疗。4) 高脂血症:① 总胆固醇值 ≥ 6.2 mmol/L 和(或)低密度胆固醇值 ≥ 4.13 mmol/L [22];② 正在口服降脂药物治疗。5) 吸烟习惯:既往每日烟草消费量 ≥ 1 支,时间持续 1 年以上者[23]。6) 饮酒习惯:每周至少喝一次酒,如在节假日喝少量酒则属于不饮酒[24]。7) 饮茶习惯:饮用各品种茶叶中的一种或几种持续 1 年以上[25]。8) 体育锻炼:每周体育锻炼 ≥ 3 次且每次持续 30 分钟及以上。9) 高脂饮食:每周食用高胆固醇或脂肪性食物(如油炸食品、奶油制品等)的时间 > 3 天并持续半年以上[26]。

本研究的调查员由老年医学科医生和研究生组成,开始调查前,必须对调查员进行标准化培训,熟悉掌握问卷内容及提问技巧。问卷完成后,由两名调查员分别录入数据,进行核对并编号存档。另外两名调查员负责进行数据的统计学分析。

2.3. 统计学方法

连续变量采用均数 \pm 标准差(SD)表示(见表 1),分类变量采用卡方检验(见表 2)和 logistic 回归(见表 3),使用 IBM SPSS Statistics 25.0 软件进行统计学分析。所有受试者资料均列入表格。决策树分析模型采用 IBM SPSS Modeler 14.1 纳入所有的自变量和因变量(见表 4,图 1)。使用 MedCalc[®] statistical software 构建颈动脉硬化决策树模型与 Logistic 回归模型预测颈动脉硬化发生风险的 ROC 曲线对比图,观察曲线下面积(AUC)(见图 2)。

3. 结果

3.1. 人口学、行为习惯、慢性疾病数据及分析

本次研究的 573 名受试者被分为两组, 颈动脉硬化组和非颈动脉硬化组。其中颈动脉硬化组 329 人(57.42%), 非颈动脉硬化组 244 人(42.58%)。CA 组平均年龄为 70.49 ± 7.160 岁, non-CA 组平均年龄为 69.27 ± 8.240 岁($t = 218.787, p < 0.05$)。两组 BMI 的总体平均值 $24.20 \pm 2.769 \text{ kg/m}^2$ ($t = 0.002, p > 0.05$) (见表 1)。

颈动脉硬化组中, 175 例(53.2%)年龄 ≥ 70 岁($X^2 = 13.503, p < 0.05$), 106 例(32.22%)有吸烟习惯($X^2 = 9.72, p < 0.05$), 109 例(33.13%)有饮酒习惯($X^2 = 5.94, p < 0.05$), 165 例(50.15%)有高脂饮食($X^2 = 18.97, p < 0.05$), 240 例(72.95%)有体育锻炼($X^2 = 4.43, p < 0.05$), 190 例(33.13%)有高脂血症($X^2 = 30.55, p < 0.05$), 182 例(55.32%)有高血压($X^2 = 31.94, p < 0.05$), 124 例(37.69%)有糖尿病($X^2 = 6.07, p < 0.05$)。在本次统计分析结果中, BMI、性别、饮茶习惯与颈动脉硬化之间没有显著的相关性(见表 2)。

Table 1. T-test of the continuous variable

表 1. 连续变量的 t 检验

变量	总计	颈动脉硬化	非颈动脉硬化	结果
年龄(岁)	69.97 ± 7.655	70.49 ± 7.160	69.27 ± 8.240	$t = 218.787, p = 0.000 < 0.05$
BMI (kg/m^2)	24.20 ± 2.769	24.43 ± 2.690	24.23 ± 3.081	$t = 0.002, p = 0.998 > 0.05$

Table 2. Chi-square test of categorical variables

表 2. 分类变量的卡方检验

变量	分类	颈动脉硬化	非颈动脉硬化	结果
年龄	≥ 70	175	92	$X^2 = 13.503, p = 0.000$
	< 70	154	152	
性别	男性	182	118	$X^2 = 2.719, p = 0.099$
	女性	147	126	
吸烟	是	106	50	$X^2 = 9.724, p = 0.002$
	否	223	194	
饮酒	是	109	58	$X^2 = 5.944, p = 0.015$
	否	220	186	
饮茶	是	167	139	$X^2 = 2.169, p = 0.141$
	否	162	105	
高脂饮食	是	165	78	$X^2 = 18.969, p = 0.000$
	否	164	166	
体育锻炼	是	240	158	$X^2 = 4.434, p = 0.035$
	否	89	86	
高脂血症	是	190	84	$X^2 = 30.545, p = 0.000$
	否	139	160	
高血压	是	182	77	$X^2 = 31.935, p = 0.000$
	否	147	167	

Continued

糖尿病	是	124	68	$X^2 = 6.065, p = 0.014$
	否	205	176	
BMI	≥ 24	169	112	$X^2 = 1.675, p = 0.196$
	< 24	160	132	

3.2. 颈动脉硬化影响因素二元 Logistic 回归分析

以是否颈动脉硬化为因变量, 将上述各影响因素设为自变量, 进行二元 Logistic 回归分析得出: 年龄($p = 0.004 < 0.05$)、高脂饮食($p = 0.000 < 0.05$)、体育锻炼($p = 0.006 < 0.05$)、高脂血症($p = 0.006 < 0.05$)、高血压($p = 0.002 < 0.05$)是颈动脉硬化的独立影响因素(见表 3)。

Table 3. Multiple logistic regression analysis of influencing factors of carotid atherosclerosis
表 3. 颈动脉硬化影响因素的多元 logistic 回归分析

变量	B(SE)	OR (95% CI)	p-值
年龄($\geq 70 / < 70$ 岁)	0.540 (0.187)	1.715 (1.190~2.473)	0.004
BMI ($\geq 24 / < 24$ kg/m ²)	-0.004 (0.034)	0.996 (0.932~1.063)	0.900
性别(男/女)	0.238 (0.223)	1.268 (0.820~1.962)	0.286
吸烟(是/否)	0.444 (0.275)	1.558 (0.909~2.670)	0.106
饮酒(是/否)	0.156 (0.256)	1.168 (0.707~1.931)	0.544
饮茶(是/否)	-0.354 (0.190)	0.702 (0.484~1.018)	0.062
高脂饮食(是/否)	0.761 (0.192)	2.140 (1.470~3.116)	0.000
体育锻炼(是/否)	-0.550 (0.199)	0.577 (0.391~0.853)	0.006
高脂血症(是/否)	0.570 (0.209)	1.768 (1.175~2.663)	0.006
高血压(是/否)	0.661 (0.212)	1.937 (1.279~2.934)	0.002
糖尿病(是/否)	0.295 (0.207)	1.343 (0.896~2.014)	0.153

3.3. 颈动脉硬化影响因素的决策树分析

以是否颈动脉硬化为因变量, 纳入上述各相关影响因素进行决策树分析, 模型准确性平均值为 62.80%。该模型的树的大小为 19, 其中树有 10 片叶子, 层数为 6, 形成 10 条规则(见表 4)。决策树中出现第一个分支的变量是高血压, 为根节点。年龄、吸烟、饮酒、高脂饮食、体育锻炼、高脂血症、高血压、糖尿病分别为子节点。有高血压病史者发生颈动脉硬化的概率为 70.27% (182 例)高于无高血压的 46.82% (147 例); 在无高血压的人群中, 年龄 ≥ 70 岁人群发生颈动脉硬化的概率为 60.00% (75 例)高于年龄 < 70 岁的 38.10% (72 例); 在无高血压及年龄 < 70 岁的人群中, 吸烟者发生颈动脉硬化的概率为 55.32% (26 例)高于不吸烟的 32.40% (46 例); 当人群无高血压且年龄 ≥ 70 岁, 有体育锻炼者发生颈动脉硬化的概率为 45.71% (32 例)低于无体育锻炼者 78.18% (43 例); 在无高血压且年龄 ≥ 70 岁, 有体育锻炼人群中, 吸烟者发生颈动脉硬化概率为 71.43% (15 例)高于不吸烟的 34.69% (17 例); 在有高血压人群中, 有高脂饮食者发生颈动脉硬化的概率为 81.10% (103 例), 高于无高脂饮食 59.85% (79 例), 这类人群无论是否有高脂饮食均易发生颈动脉硬化。在有高血压, 无高脂饮食的人群中, 高脂血症者发生颈动脉硬化的概率为 65.17% (58 例), 高于无高脂血症 48.84% (8 例)。其中同时患糖尿病患者发生颈动脉硬化的概率为 72.73% (8

例)高于无糖尿病者的 40.63% (13 例), 在有高血压, 无高脂饮食、高脂血症和糖尿病的人群中, 饮酒者患动脉硬化概率为 63.64% (7 例), 高于无饮酒习惯者的 28.57% (6 例)(见图 1)。

3.4. 决策树模型与 Logistic 回归模型预测颈动脉硬化发生的 ROC 曲线

Logistic 回归模型预测患者发生颈动脉硬化的 AUC 为 0.662 (95% CI 0.621~0.700), 决策树模型预测患者发生颈动脉硬化的 AUC 为 0.784 (95% CI 0.748~0.817) ($z = 5.776, p = 0.021 < 0.05$)。显示在对颈动脉硬化发生的预测方面, 决策树模型优于 Logistic 回归模型(见图 2)。

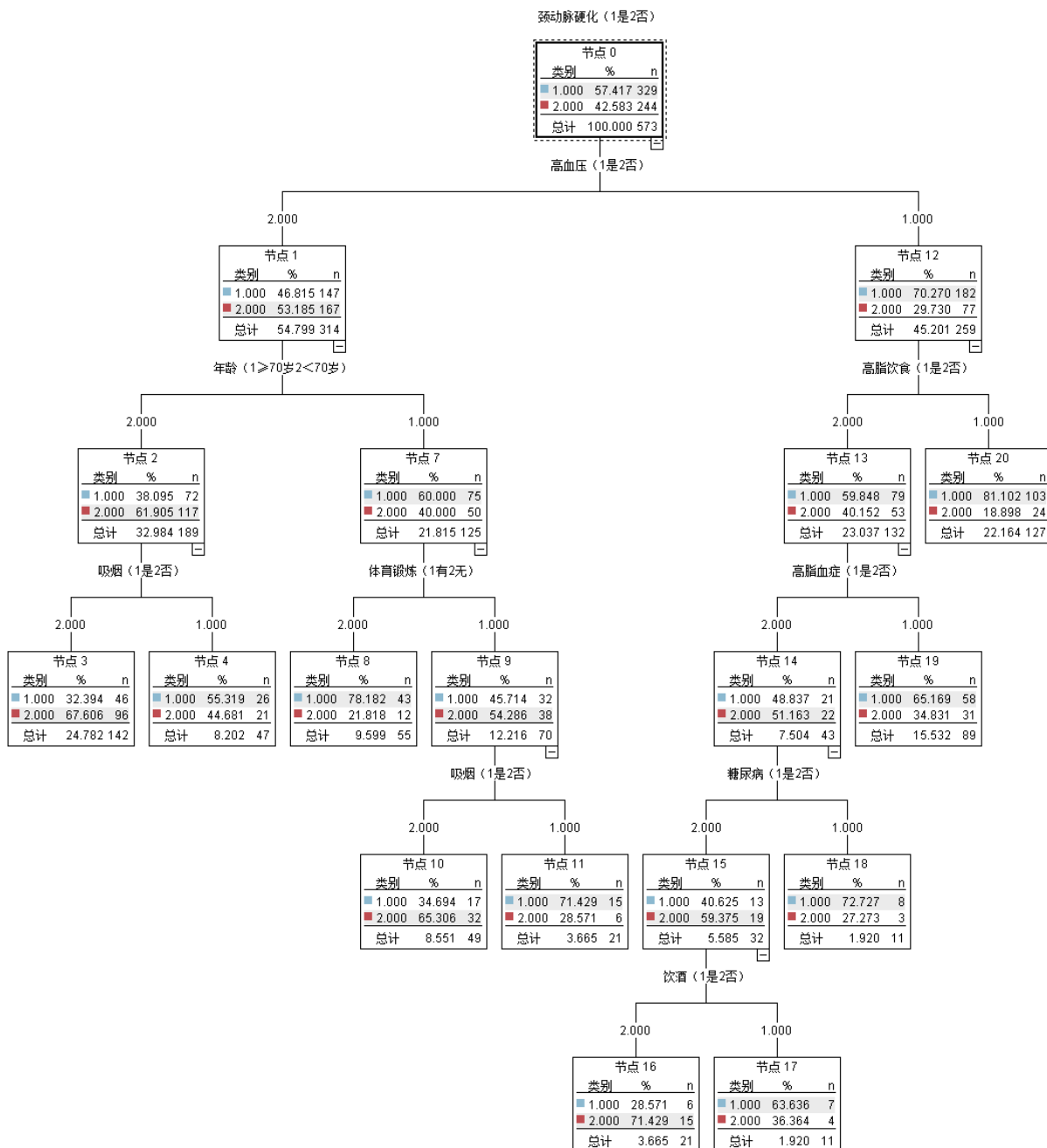
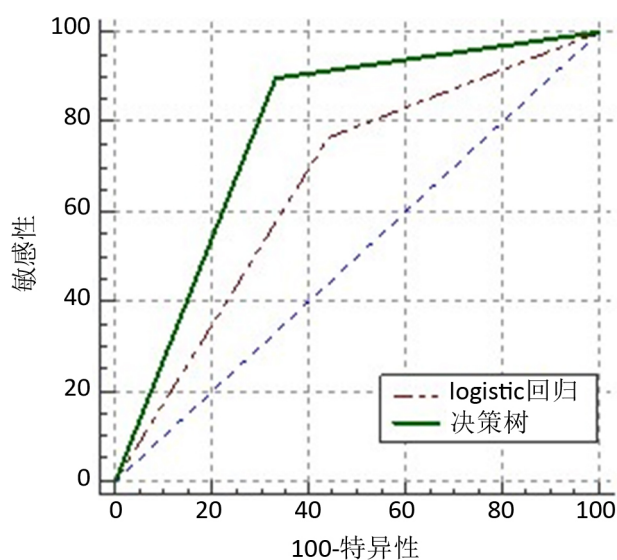


Figure 1. Decision tree mode
图 1. 决策树模型

Table 4. The 10 rules extracted through the decision tree**表 4.** 通过决策树提取的 10 条规则

1. IF 高血压 = 否且年龄 < 70 岁且吸烟 = 否, THEN 分类: non-CA (96/142 或 67.606%)
2. IF 高血压 = 否且年龄 < 70 岁且吸烟 = 是, THEN 分类: CA (26/47 或 55.32%)
3. IF 高血压 = 否且年龄 \geq 70 岁且体育锻炼 = 无, THEN 分类: CA (43/55 或 78.182%)
4. IF 高血压 = 否且年龄 \geq 70 岁且体育锻炼 = 有且吸烟 = 否, THEN 分类: non-CA (32/49 或 65.306%)
5. IF 高血压 = 否且年龄 \geq 70 岁且体育锻炼 = 有且吸烟 = 是, THEN 分类: CA (15/21 或 71.429%)
6. IF 高血压 = 是且高脂饮食 = 否且高脂血症 = 否且糖尿病 = 否且饮酒 = 否, THEN 分类: non-CA (15/21 或 71.429%)
7. IF 高血压 = 是且高脂饮食 = 否且高脂血症 = 否且糖尿病 = 否且饮酒 = 是, THEN 分类: CA (7/11 或 63.636%)
8. IF 高血压 = 是且高脂饮食 = 否且高脂血症 = 否且糖尿病 = 是, THEN 分类: CA (8/11 或 72.727%)
9. IF 高血压 = 是且高脂饮食 = 否且高脂血症 = 是, THEN 分类: CA (58/89 或 65.189%)
10. IF 高血压 = 是且高脂饮食 = 是, THEN 分类: CA (103/127 或 81.102%)

**Figure 2.** Comparison of ROC curves between logistic regression and decision tree model**图 2.** Logistic 回归与决策树的 ROC 曲线对比

4. 讨论

本文结果显示年龄、吸烟、饮酒、高脂饮食、体育锻炼、高脂血症、高血压、糖尿病病史等变量是识别颈动脉粥样硬化高危人群的因素。其中高血压是最关键的变量，被选为树的根节点。本研究表明，有吸烟、饮酒、高脂饮食，无体育锻炼，有高脂血症、高血压、糖尿病等慢性疾病的年龄偏大人群较易发生颈动脉硬化。这些结果与最新的诊疗指南等相关文献的结论一致[4]。

本研究中，有高血压病史比无高血压病史者更易发生颈动脉硬化。研究表明，心血管疾病的病情发展通常经历如下历程：最早由心血管疾病的高危因素(高血压、高脂血症、高血糖等)造成内皮损伤并发生炎症，形成动脉硬化斑块[27]。高血压是人群中风险最高的脑卒中危险因素，与血压正常者相比较，有高血压的人患脑卒中的危险要高 4 倍[28]。高血压是致使动脉内膜 - 中膜厚度(IMT)增加及粥样硬化形成的一个十分重要的危险因素，在动脉粥样硬化及斑块形成的过程中具有加速促进的作用，是导致各种心脑血管疾病发病的重要危险因素之一[29]。

无高血压分组中：1) 年龄 < 70 岁的人群中，不吸烟者比吸烟者患颈动脉硬化风险低；2) 年龄 \geq 70 岁人群中，有体育锻炼者发生颈动脉硬化的概率更低；3) 年龄 \geq 70 岁且有体育锻炼人群中，有吸烟习惯者更易发生颈动脉硬化。动脉硬化的首要危险因素是年龄，同时，高血压、不良膳食习惯、体力活动不足等危险因素显著加快动脉硬化的发展进程[27]。随着年龄的增长，动脉壁僵硬增加，使动脉弹性减退，从而导致动脉粥样硬化和血栓事件[30]。吸烟是动脉粥样硬化的独立因素之一，同时也是的独立危险因素，有研究显示其与颈动脉粥样硬化呈正相关。有学者[31]通过对 7284 例北京社区卒中高危人群的横断面研究证明，吸烟对颈动脉硬化的作用是累积的，并可与高血压病、糖尿病、血脂代谢紊乱及肥胖等可控因素相互影响。吸烟不仅参与了颈动脉硬化的形成和发展，并能加重高血压患者大中动脉硬化[32]。运动能降低血压、改善内皮功能、降低胰岛素抵抗、改善脂质代谢或降低体重[33]。血管老化的发生在饮食习惯和体育活动方面是存在差异的，终生自愿有氧运动能够保护动脉免受衰老和高脂西方饮食的损害，保持血管功能，预防血管氧化应激和炎症的损伤[12]。

有高血压分组中：1) 有高脂饮食人群更易发生颈动脉硬化；2) 无高脂饮食人群中有高脂血症较无高脂血症者更易患颈动脉硬化；3) 无高脂饮食且无高脂血症人群中，有糖尿病者较无糖尿病更易患颈动脉硬化；4) 无高脂饮食、无高脂血症及糖尿病人群中，有饮酒习惯者较不饮酒更易发生颈动脉硬化。高血压、高脂血症、肥胖、高血糖等是动脉粥样硬化的窗口，高脂血症是动脉硬化的首要危险因素[34]。脂质代谢异常是动脉粥样硬化重要危险因素，膳食干预可有效控制血脂水平及颈动脉硬化，长期治疗效果更为显著[35]。多数研究认为脂质代谢异常是动脉粥样硬化最重要的危险因素[36]。有学者[37]发现，糖尿病患者其动脉硬化发生率较非糖尿病患者显著升高。临床研究已证实，2 型糖尿病患者大血管并发症的患病率是非糖尿病人群的 2 倍[38]。有文献显示，大量饮酒可以加重糖代谢异常并增高心血管系统风险水平[10]；合并颅内动脉狭窄的卒中或 TIA 患者，饮酒可对未来卒中发挥保护作用，然而，大量饮酒、酗酒和急性酒精摄入可增加卒中和卒中复发风险[33]。有学者对 13,037 例中国人的调查发现，饮酒与颈动脉粥样硬化相关，大量饮酒则可促进颈动脉粥样硬化的发展[39] [40]：

ROC 曲线下面积(AUC)揭示了哪种模型功能更好，精度更高[41]。我们的研究结果显示，决策树模型相比 logistic 回归模型有更大的预测精度。也就是说，该决策树模型在颈动脉硬化的诊断和筛查方面更有帮助。通过决策树模型更能直观形象的反映颈动脉硬化不同危险因素的致病特征，相比 logistic 回归模型，决策树模型可揭示各危险因素对颈动脉硬化发生的重要程度，具有什么特征的群体发生颈动脉硬化的百分比更高，这比仅分析哪些变量影响到结果更具有指导实践的意义，而且避免了不同自变量之间的共线性问题而导致的有意义自变量的遗漏。应用影响因素对人群进行分类，可以找到发生颈动脉硬化概率的不同危险因素组合，以及保护因素的组合，方便指导临床工作，辅助临床诊断。

这项研究的局限性是本研究针对的是单一地区、单一医疗机构的特定年龄段的老年人群，纳入的影响因素仍然有限。另外，回顾性研究难以避免选择性偏倚及回忆偏倚。在未来，我们可以扩大研究规模，加入更多的影响因素，增加样本量，排除区域等未知因素的影响，从而得到更普遍适用的结论。

5. 结论

本研究结果提示我们应关注高龄、有高脂饮食、无体育锻炼、有吸烟、饮酒习惯、有高血压、高脂血症、糖尿病等病史的老年人群，开展有效预防、监测和治疗措施，控制颈动脉硬化的发生风险。决策树模型能够直观展示各因素对目标疾病影响的非线性协同关系或叠加作用模式，有助于发现疾病高危人群，预防疾病的发生和发展，对疾病防控有一定的辅助作用。

致 谢

感谢我的导师郭宗君教授对本人科研的悉心指导和各方面支持，郭老师对学生们的培养尽心尽力，

认真负责,对科研水平严格要求,为人师表桃李满园,是我们的人生楷模;感谢各位合作者对本研究的贡献以及诸多同学和朋友提供的帮助;感谢山东省自然科学基金对团队项目的基金支持。

基金项目

山东省自然科学基金项目(ZR2012HM049)。

参考文献

- [1] 李秀萍, 马斌, 丁丹, 赵瑞. 高血压、高脂血症、高血糖与颈动脉硬化相关性分析[J]. 宁夏医科大学学报, 2018, 40(6): 733-735.
- [2] Park, J., Na, Y.S., Jang, Y.J., Park, S.-Y. and Park, H.T. (2020) Correlation of Pre-Hypertension with Carotid Artery Damage in Middle-Aged and Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, 7686. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207686>
- [3] 崔永生, 申明慧, 田艳萍. 吸烟与中年人颈动脉粥样硬化的剂量-反应关系探讨[J]. 中国现代医生, 2011. 49(19): 49-50.
- [4] 陈忠, 杨耀国. 颈动脉狭窄诊治指南[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2017, 9(3): 169-175.
- [5] Zhang, M.H., Cao, Y.-X., Wu, L.-G., Guo, N., Hou, B.-J., Sun, L.-J., et al. (2020) Association of Plasma Free Fatty Acids Levels with the Presence and Severity of Coronary and Carotid Atherosclerotic Plaque in Patients with type 2 Diabetes Mellitus. *BMC Endocrine Disorders*, **20**, Article No. 156. <https://doi.org/10.1186/s12902-020-00636-y>
- [6] Jujić, A., Nilsson, P.M., Atabaki-Pasdar, N., Dieden, A., Tuomi, T., Franks, P.W., et al. (2020) Glucose-Dependent Insulinotropic Peptide in the High-Normal Range Is Associated with Increased Carotid Intima-Media Thickness. *Diabetes Care*, **44**, 224-230. <https://doi.org/10.2337/dc20-1318>
- [7] Bermúdez-López, M., Martínez-Alonso, M., Castro-Boqué E., Betriu, À., Cambray, S., Farràs, C., et al. (2020) Sub-clinical Atheromatosis Localization and Burden in a Low-to-Moderate Cardiovascular Risk Population: The ILERVAS Study. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, Online. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2020.09.015>
- [8] Winckler, K., Wiinberg, N., Kryger Jensen, A., Thorsteinsson, B., Lundby-Christensen, L., et al. (2020) Progression in Risk Factors during 36 Years of Follow-Up and Prediction of Carotid Intima-Media Thickness in a Large Cohort of Adults with and without Diabetes. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, **80**, 491-499. <https://doi.org/10.1080/00365513.2020.1793219>
- [9] 秦璐瑶. 老年男性人群颈动脉粥样硬化相关危险因素分析[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [10] 姜涌斌, 等. 2型糖尿病患者颈动脉内膜中层厚度的相关因素分析[J]. 中华保健医学杂志, 2019, 21(4): 380-382.
- [11] Johansson, A. and Acosta, S. (2020) Diet and Lifestyle as Risk Factors for Carotid Artery Disease: A Prospective Cohort Study. *Cerebrovascular Diseases*, **49**, 563-569. <https://doi.org/10.1159/000510907>
- [12] Gioscia-Ryan, R.A., Clayton, Z.S., Zigler, M.C., Richey, J.J., Cuevas, L.M., Rossman, M.J., et al. (2020) Lifelong Voluntary Aerobic Exercise Prevents Age- and Western Diet-Induced Vascular Dysfunction, Mitochondrial Oxidative Stress and Inflammation in Mice. *The Journal of Physiology*, **1-15**. <https://doi.org/10.1113/JP280607>
- [13] Yuan, C., Lai, C.W.K., Chan, L.W.C., Chow, M., Law, H.K.W. and Ying, M. (2014) Cumulative Effects of Hypertension, Dyslipidemia, and Chronic Kidney Disease on Carotid Atherosclerosis in Chinese Patients with type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes Research*, **2014**, Article ID: 179686. <https://doi.org/10.1155/2014/179686>
- [14] Tayefi, M., Tajfard, M., Saffar, S., Hanachi, P., Reza Amirabadizadeh, A., Esmaily, H., et al. (2017) hs-CRP Is Strongly Associated with Coronary Heart Disease (CHD): A Data Mining Approach Using Decision Tree Algorithm. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **141**, 105-109. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.02.001>
- [15] Meng, X.-H., Huang, Y.-X., Rao, D.-P., Zhang, Q. and Liu, Q. (2013) Comparison of Three Data Mining Models for Predicting Diabetes or Prediabetes by Risk Factors. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, **29**, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2012.08.016>
- [16] Fei, Y., Gao, K., Hu, J., Tu, J.F., Li, W.-Q., Wang, W., et al. (2017) Predicting the Incidence of Portosplenomesenteric Vein Thrombosis in Patients with Acute Pancreatitis Using Classification and Regression Tree Algorithm. *Journal of Critical Care*, **39**, 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.02.019>
- [17] Beucher, A., Møller, A.B. and Greve, M.H. (2019) Artificial Neural Networks and Decision Tree Classification for Predicting Soil Drainage Classes in Denmark. *Geoderma*, **352**, 351-359. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.004>
- [18] 吴洪敏, 等. 睡眠时间与高血压、糖尿病和关系的现况研究[J]. 中华全科医学, 2013, 11(9): 1438-1439.

- [19] Lu, Y., Lu, M., Dai, H., Yang, P., Smith-Gagen, J., Miao, R., *et al.* (2015) Lifestyle and Risk of Hypertension: Follow-Up of a Young Pre-Hypertensive Cohort. *International Journal of Medical Sciences*, **12**, 605-612. <https://doi.org/10.7150/ijms.12446>
- [20] Levy, P., Renaud, T., Claire, A., Denis, M., Jean-Philippe, B., Francoise, S.-L., *et al.* (2012) Sleep Deprivation, Sleep Apnea and Cardiovascular Diseases. *Frontiers in Bioscience*, **E4**, 2007-2021. <https://doi.org/10.2741/e521>
- [21] Joo, E.Y., Yoon, C.W., Koo, D.L., Kim, D. and Hong, S.B. (2012) Adverse Effects of 24 Hours of Sleep Deprivation on Cognition and Stress Hormones. *Journal of Clinical Neurology*, **8**, 146-150. <https://doi.org/10.3988/jcn.2012.8.2.146>
- [22] Wang, Y., Mei, H., Jian, Y.-R., Sun, W.-Q., Song, Y.-J., Liu, S.-J., *et al.* (2015) Relationship between Duration of Sleep and Hypertension in Adults: A Meta-Analysis. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, **11**, 1047-1056. <https://doi.org/10.5664/jcsm.5024>
- [23] 周亚茹. 睡眠时间与糖代谢的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2017.
- [24] 徐曼, 陈葵. 睡眠时程与卒中风险的研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2016, 33(4): 381-382.
- [25] 查龙肖, 周权, 李凤英, 胡波, 徐复朕, 刘静芳, 等. 睡眠时间与2型糖尿病发病风险关系前瞻性研究的Meta分析[J]. 中国全科医学, 2016, 19(26): 3196-3203. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1007-9572.2016.26.014>
- [26] Hamazaki, Y., Morikawa, Y., Nakamura, K., Sakurai, M., Miura, K., Ishizaki, M., *et al.* (2011) The Effects of Sleep Duration on the Incidence of Cardiovascular Events among Middle-Aged Male Workers in Japan. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, **37**, 411-417. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3168>
- [27] 吴庆园. 动脉硬化评价方法及其风险因素干预研究[D]: [博士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2019.
- [28] Sontheimer, D.L., 李婷. 周围血管疾病的诊断与治疗[J]. 中国实用乡村医生杂志, 2007(3): 41-43.
- [29] 陈齐军, 刘斌, 杨潘杰, 曾文真. 高血压与颈动脉粥样硬化相关性的研究进展[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2014, 8(13): 2502-2505.
- [30] 祁慧萌, 白小涓, 周红瑜, 王晓楠, 吴兵, 韩璐璐. 血管弹性随年龄进行性减低 310 例的自身对照分析[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2013(9): 706-709.
- [31] 李涛, 张允岭, 赵晖, 周春宇, 张志辰, 高芳, 等. 吸烟与脑卒中高危人群颈动脉粥样硬化发生的相关性分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2015, 13(2): 175-178. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.16721349.2015.02.015>
- [32] Liang, L.R., Wong, N.D., Shi, P., Zhao, L.-C., Wu, L.-X., Xie, G.-Q., *et al.* (2009) Cross-Sectional and Longitudinal Association of Cigarette Smoking with Carotid Atherosclerosis in Chinese Adults. *Preventive Medicine*, **49**, 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.05.006>
- [33] 孙亚蒙, 陈莺, 林岩, 潘元美, 俞羚, 曹雯炜, 等. 卒中和短暂性缺血发作患者的卒中预防指南: 美国心脏协会/美国卒中协会指南[J]. 神经病学与神经康复学杂志, 2014(2): 61-112.
- [34] 赵琳, 李志剑. 颈动脉粥样硬化与心脑血管危险因素的相关性分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2015, 13(9): 1114-1115, 1129.
- [35] 田敏. 膳食因素与颈动脉粥样硬化的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 晋中: 山西医科大学, 2017.
- [36] 谭健苗, 谭少文, 蒋保瑞, 易光辉, 周俊. 血脂与动脉粥样硬化发展阶段的相关性[J]. 中国临床保健杂志, 2007, 10(4): 337-339. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1672-6790.2007.04.001>
- [37] 陈秀华, 汪耀, 韩秀婕, 郭发金, 蒋文莉, 吴明晓, 等. 老年 2 型糖尿病患者颈动脉粥样硬化与相关危险因素分析[J]. 中华糖尿病杂志, 2009, 1(3): 186-190. <http://dx.chinadoi.cn/10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2009.03.008>
- [38] Miyamoto, M., Kotani, K., Okada, K., Fujii, Y., Konno, K., Ishibashi, S., *et al.* (2012) The Correlation of Common Carotid Arterial Diameter with Atherosclerosis and Diabetic Retinopathy in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Acta Diabetologica*, **49**, 63-68. <https://doi.org/10.1007/s00592-011-0287-8>
- [39] Kallio, K., Jokinen, E., Saarinen, M., Hämäläinen, M., Volanen, I., Kaitosaari, T., *et al.* (2010) Arterial Intima-Media Thickness, Endothelial Function, and Apolipoproteins in Adolescents Frequently Exposed to Tobacco Smoke. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, **3**, 196-203. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.109.857771>
- [40] Xie, X., Ma, Y.-T., Yang, Y.N., Fu, Z.-Y., Ma, X., Huang, D., *et al.* (2012) Alcohol Consumption and Carotid Atherosclerosis in China: The Cardiovascular Risk Survey. *European Journal of Preventive Cardiology*, **19**, 314-321. <https://doi.org/10.1177/1741826711404501>
- [41] Fawcett, T. (2006) An Introduction to ROC Analysis. *Pattern Recognition Letters*, **27**, 861-874. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>