

道路交通伤害死亡风险的影响因素分析及预测

刘孟双^{1, 2}, 金克峙^{1, 2}, 王亚^{1, 2}, 应佳丽³, 杨琛³

1. 复旦大学公共卫生学院/公共卫生安全教育部重点实验室, 上海 200032
2. 复旦大学浦东预防医学研究院职业人群健康研究室, 上海 200136
3. 上海市浦东新区疾病预防控制中心肿瘤与伤害防治科, 上海 200136

摘要:

[背景] 近几年, 道路交通伤害(RTI)已成为中国严重的公共卫生问题, RTI 死亡风险的影响因素也较为复杂。

[目的] 寻找 RTI 死亡风险的影响因素, 建立风险预测模型。

[方法] 回顾性收集 2010—2016 年间上海市浦东新区交通事故伤亡资料, 并收集道路交通安全相关影响因素。采用 logistic 回归筛选 RTI 死亡风险的影响因素。建立 RTI 死亡风险列线图模型, 用 C-index 评价模型的一致性和准确性, 使用自抽样法对模型进行内部验证, 并进行敏感性分析。

[结果] 研究共纳入 3521 名交通事故中伤亡的人员。logistic 回归结果显示伤亡人员的年龄、医疗救援距离、道路类型、交通方式、受伤部位、事故发生时间、是否为工作日均对 RTI 死亡风险的影响有统计学意义($P < 0.05$)。以此建立 RTI 死亡风险列线图, 模型显示影响最大的因素是受伤部位(尤其是头颈部受伤), 其次是年龄、交通方式、医疗救援距离、道路类型、事故发生时间、是否为工作日。模型的 C-index 为 0.790, 说明模型预测结果准确度良好, 模型拟合良好。建立头颈部受伤的 RTI 死亡风险列线图模型, 结果显示各纳入因素的评分标尺均有膨胀, 最突出的是年龄, 即影响最大的因素; 不同道路类型对 RTI 死亡影响的风险改变, 城市公路成为风险最大的道路类型; 步行成为头颈部伤 RTI 死亡风险最大的交通方式。对不同伤亡人数的事故进行敏感性分析, 结果显示所建立的模型具有一定的稳健性。

[结论] RTI 死亡风险受到诸多因素的影响。基于 logistic 回归建立的列线图作为预测 RTI 死亡风险的简易工具, 对道路交通安全具有一定的参考意义。

关键词: 道路交通伤害; logistic 回归; 列线图; 风险预测

Analysis of factors affecting fatality risk in road traffic injury LIU Mengshuang^{1, 2}, JIN Kezhi^{1, 2}, WANG Ya^{1, 2}, YING Jiali³, YANG Chen³ (1. School of Public Health/Key Laboratory of Public Health and Safety of Ministry of Education, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Division of Occupational Population Health, Pudong Institute of Preventive Medicine, Fudan University, Shanghai 200136, China; 3. Department of Cancer and Injury Prevention, Shanghai Pudong New Area Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200136, China)

Abstract:

[Background] In recent years, road traffic injury (RTI) has become a serious public health problem in China, and the factors affecting deaths caused by RTI are also complicated.

[Objective] This study is designed to identify factors of RTI fatality risk and establish a road user fatality risk prediction model.

[Methods] The data of traffic accident casualties in Pudong New Area of Shanghai from 2010 to 2016 were collected retrospectively, and the related impact factors of RTI were collected. Logistic regression was used to screen the selected factors of RTI fatality risk. A nomogram of RTI fatality risk was established, the consistency and accuracy of the model was evaluated by C-index and bootstrap internal verification, and a sensitivity analysis was also conducted.

[Results] A total of 3521 casualties in traffic accidents were included in the study. The logistic regression results showed that age of victims, medical rescue distance, road type, transport means, injured body part, time of accident, and weekday/weekend affected RTI death risk ($P < 0.05$). The nomogram model for RTI death risk showed that the most affecting factors were injured body part (especially head and neck injury), followed by age, transportation means,

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.21146

基金项目

浦东新区卫生、计生科技项目 (PW2016A-8)

作者简介

刘孟双(1996—), 女, 硕士生;
E-mail: 19211020039@fudan.edu.cn

通信作者

金克峙, E-mail: zhkjin@fudan.edu.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-04-11

录用日期 2021-10-11

文章编号 2095-9982(2021)11-1224-07

中图分类号 R13

文献标志码 A

►引用

刘孟双, 金克峙, 王亚, 等. 道路交通伤害死亡风险的影响因素分析及预测[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(11): 1224-1230.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21146

Funding

This study was funded.

Correspondence to

JIN Kezhi, E-mail: zhkjin@fudan.edu.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2021-04-11

Accepted 2021-10-11

► To cite

LIU Mengshuang, JIN Kezhi, WANG Ya, et al. Analysis of factors affecting fatality risk in road traffic injury[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(11): 1224-1230.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21146

medical rescue distance, road type, time of accident, and weekday/weekend. The C-index of the model was 0.790, indicating high prediction accuracy and good fitness. The nomogram model for RTI death risk of head and neck injury showed that the score scales of all included factors expanded, the most prominent (most affecting) one was age; the RTI fatality risk of different road types changed, where urban road became the most dangerous road type; in addition, walking was the transportation means with the greatest risk of RTI fatality from head and neck injury. The results of the sensitivity analysis on accidents with varied casualties confirmed the robustness of the model.

[Conclusion] The road user fatality risk of RTI is affected by many factors. As a simple tool to predict fatality risk of RTI, the nomogram based on logistic regression has certain reference significance for road traffic safety.

Keywords: road traffic injury; logistic regression; nomogram; risk prediction

世界卫生组织《2018 年全球道路安全现状报告》指出,道路交通死亡人数不断攀升,每年死亡人数高达 135 万人,且 90% 的死亡事故发生在中低收入国家,并且强调在解决世界道路缺乏安全性问题方面进展缓慢^[1]。道路交通伤害(road traffic injury, RTI)是紧急医疗服务中最常见的事件,RTI 死亡人数约占全球与伤害有关死亡的 23%,RTI 人员的死亡率与众多因素有关,例如性别、年龄、交通方式、受伤部位、酒后驾驶等人为因素及医疗救援距离(medical rescue distance, MRD)等。随着中国道路建设发展与车辆数量快速增长,RTI 也随之增多。国家统计局《2019 年统计年报》指出,2019 年我国交通事故发生 24 万起,造成 6 万余人死亡,RTI 已成为中国严重的公共卫生问题^[2]。此外,中国政府颁布的《健康中国 2030 年规划纲要》要求:“到 2030 年,每 10 000 辆汽车的 RTI 造成的死亡人数减少 30%。”^[3]浦东新区目前是上海市最大的市辖区,自建区以来,经济快速增长,道路建设不断完善,机动车数量也快速增加。2002—2015 年浦东新区交通事故标化死亡率为 7.03/10 万,高于 2013 年全国水平^[4]。因此,本研究以上海市浦东新区发生交通事故的人员为研究对象,对其死亡风险的影响因素进行分析,建立交通伤害死亡风险预测列线图模型,为降低 RTI 的严重程度及其死亡风险提供理论依据,为道路安全提供科学指导。

1 对象与方法

1.1 数据来源和测量

对上海市浦东新区交通事故伤亡人员进行回顾性研究,通过交警事故处理系统获得 2010—2016 年间的涉及健康结局(受伤或死亡)的一般程序处理的伤亡事故记录,收集可能影响伤亡情况的相关因素,包括伤亡人员的年龄、性别、受伤部位,事故发生的医疗救援距离、时间、日期、道路类型、交通方式、天气。

影响因素分类规则:将交通事故发生时间分为 4 个时间段,07:01—10:00 为早高峰,10:01—17:00 为

日间,17:01—21:00 为晚高峰,21:01—07:00 为夜间。将事故发生的道路分为一般城市道路、城市公路、城市快速路/高速 3 种类型。RTI 伤亡人员的交通方式分为客车、货车、摩托车、电动自行车、自行车、步行 6 种。将受伤部位分为多部位、头颈部、腰腹胸背部、四肢 4 种。天气情况根据记录分为晴、阴、雨雪雾 3 种。周一至周五为工作日,周六、周日为非工作日。

1.2 统计学分析

基于浦东道路网络数据集(2014 年),应用 ArcMap 中 GIS 的网络分析工具包,计算从事故地点到浦东新区 35 个急救站中最近急救站的道路距离作为 MRD。连续型变量使用 t 检验或秩和检验,分类变量采用卡方检验或 Fisher 精确法来检验各组间变量差异是否具有统计学意义。采用逐步回归法 logistic 回归($\alpha_{\text{进入}}=0.05$, $\beta_{\text{排除}}=0.1$)筛选 RTI 死亡风险的影响因素。使用 R 语言的 rms 包建立预测交通事故伤亡人员死亡风险的列线图模型。列线图通过构建多因素回归模型,并根据预测模型中变量的贡献度对变量的每个取值水平进行赋分,将预测模型进行可视化展示,使结果更具可读性。每个变量通过评分标尺找到其对应的得分,并将每个变量的得分相加可以得到总分。总分越高,其所对应的死亡风险越高。最后进行敏感性分析,对不同伤亡人数的事故分别进行 logistic 回归,比较各影响因素对 RTI 死亡风险影响的变化程度。

模型的一致性和准确性用 C-index 进行评价: C-index 为 0.5~0.7 时,表示模型预测准确度低; C-index 为 0.7~0.9 时,表示模型预测准确度良好; C-index > 0.9 时,表示模型预测准确度高。

以上分析采用 Excel 2018、SPSS 20.0 和 R 4.0.3 软件进行数据清洗与统计分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基线资料的描述统计分析

2010—2016 年间,上海市浦东新区一般程序处理的交通事故记录中存在伤亡的事故 2 814 件,共涉及

6410 人, 伤亡 3521 人; 其中有 2326 件事故仅涉及一人伤亡, 有 372 件事故涉及两人伤亡。所有事故涉及人员的平均年龄为(40.77±15.58)岁。平均 MRD 为(2.66±1.54)km, 中位数 2.37 km, MRD 分布如图 1 所示, 91.98%救援距离都在 5km 以内。

表 1 对 RTI 的潜在影响因素进行了描述统计, 不同事故发生时间和天气之间 RTI 结局差异没有统计学意义($P>0.05$), 而不同性别、年龄、MDR、道路类型、交通方式、受伤部位、是否为工作日分组下的 RTI 结局差异存在统计学意义($P\leq 0.001$)。

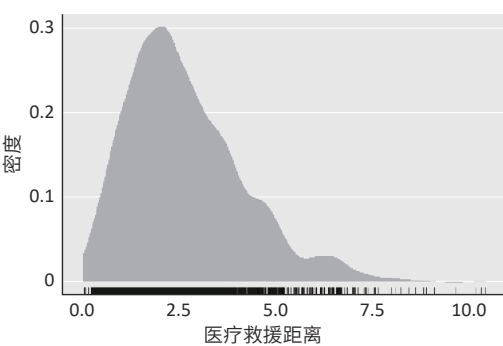


图 1 RTI 医疗救援距离核密度图

Figure 1 Kernel density diagram of RTI medical rescue distance

表 1 RTI 基线特征($n=6410$)

Table 1 RTI baseline characteristics($n=6410$)

变量	人数 ($n=6410$)	未受伤 ($n=2889$)	受伤 ($n=2396$)	死亡 ($n=1125$)	F/χ^2	P
医疗救援距离($\bar{x} \pm s$)	6410	2.59±1.52	2.65±1.50	2.85±1.66	12.4	<0.001
年龄($\bar{x} \pm s$)	6410	37.34±10.28	41.39±17.77	48.29±18.74	216.88	<0.001
性别[n(%)]					579.81	<0.001
男	4958	2636(53.17)	1574(31.75)	748(15.09)		
女	1452	253(17.42)	822(56.61)	377(25.96)		
道路类型[n(%)]					69.25	<0.001
一般城市道路	3714	1714(46.15)	1470(39.58)	530(14.27)		
城市公路	2542	1110(43.67)	867(34.11)	565(22.23)		
城市快速路/高速	154	65(42.21)	59(38.31)	30(19.48)		
交通方式[n(%)]					3545.4	<0.001
客车	2372	1874(79.01)	396(16.69)	102(4.3)		
货车	858	747(87.06)	84(9.79)	27(3.15)		
摩托车	710	92(12.96)	467(65.77)	151(21.27)		
电动自行车	1284	127(9.89)	738(57.48)	419(32.63)		
自行车	497	46(9.26)	280(56.34)	171(34.41)		
步行	689	3(0.44)	431(62.55)	255(37.01)		
受伤部位[n(%)]*					7490.3	<0.001
多部位	1246	0(0)	953(39.77)	293(26.04)		
头颈部	1470	0(0)	701(29.26)	769(68.36)		
腰腹胸背部	170	0(0)	116(4.84)	54(4.80)		
四肢	635	0(0)	626(26.13)	9(0.80)		
无	2719	2719(100)	0(0)	0(0)		
事故发生时间[n(%)]					12.34	0.055
夜间	1724	737(42.75)	641(37.18)	346(20.07)		
早高峰	1018	474(46.56)	375(36.84)	169(16.6)		
晚高峰	1507	679(45.06)	579(38.42)	249(16.52)		
日间	2161	999(46.23)	801(37.07)	361(16.71)		
天气[n(%)]					1.89	0.756
晴	4464	1994(44.67)	1676(37.54)	794(17.79)		
阴	1004	460(45.82)	366(36.45)	178(17.73)		
雨雪雾	942	435(46.18)	354(37.58)	153(16.24)		
是否为工作日[n(%)]					14.57	0.001
工作日	4783	2170(45.37)	1823(38.11)	790(16.52)		
周末	1627	719(44.19)	573(35.22)	335(20.59)		

[注]*: 各受伤部位的构成比。

2.2 RTI 死亡风险的影响因素

因未受伤人员无受伤部位, 若将其纳入回归分析, 则会严重干扰受伤部位对结局的影响, 因此本研究仅纳入结局为受伤或死亡的人员。逐步回归法 logistic 回归结果显示, 事故人员的性别、事故发生时的天气对死亡风险的影响无统计学意义, 将这两种因素排除出最终拟合的 logistic 回归模型。RTI 死亡风险的 logistic 回归模型结果如表 2 所示, 该模型拟合度良好($\chi^2=897.439, P<0.001$)。年龄越大($OR=1.015, 95\% CI: 1.011\sim1.020$), MRD 越远($OR=1.082, 95\% CI: 1.026\sim1.141$), 则 RTI 死亡风险越高。与一般城市道路相比, 发生在城市公路($OR=1.627, 95\% CI: 1.372\sim1.931$)和城市快速路、高速($OR=2.404, 95\% CI: 1.382\sim4.179$)的 RTI 死亡风险更高。相对于驾驶或乘坐机动车, 驾驶或乘坐非机动车或步行人员的 RTI 死亡风险更高(摩托车, $OR=1.486, 95\% CI: 1.087\sim2.033$; 电动自行车, $OR=2.538, 95\% CI: 1.917\sim3.359$; 自行车, $OR=2.497, 95\% CI: 1.787\sim3.489$; 步行, $OR=2.459, 95\% CI: 1.794\sim3.370$)。相对于其他受伤部位, 头颈部受伤人员的 RTI 死亡风险最大($OR=70.945, 95\% CI: 36.363\sim138.413$)。相对于日间, RTI 在夜间的死亡风险较高($OR=1.233, 95\% CI: 1.001\sim1.519$), 在日间、早高峰、晚高峰三个水平上风险差异无统计学意义($P>0.05$)。另外, 非工作日相对工作日的 RTI 死亡风险更高($OR=1.355, 95\% CI: 1.130\sim1.626$)。

2.3 RTI 死亡风险的预测列线图模型

根据 logistic 回归分析筛选出的 7 个变量建立 RTI 死亡风险列线图, 由图 2 可知, 影响最大的因素是受伤部位(尤其是头颈部受伤), 其次是年龄、交通方式、MRD、道路类型、事故发生时间、是否为工作日。每个变量通过评分标尺找到其对应的得分, 并将每个变量的得分相加可以得到总分, 总分越高, 其所对应的死亡风险越高。例如, 某交通事故受伤人员的 MRD 为 2.7 km(得分=4), 道路类型为城市公路(得分=10), 年龄 57 岁(得分=20), 交通方式为摩托车(得分=9), 受伤部位是多部位(得分=71), 时间在晚高峰(得分=1), 周一发生事故(得分=0), 则总分为 115, 死亡风险为 0.18。

将受到头颈部伤害的死亡人群对比其他 RTI 伤亡人群重新进行 logistic 回归变量筛选, 并建立列线图模型, 结果如图 3 所示: 各纳入因素的评分标尺均有膨胀, 最突出的是年龄, 即年龄为头颈部受伤人群中影

响最大的因素; 不同道路类型对 RTI 死亡影响的风险改变, 城市公路成为风险最大的道路类型; 另外, 步行成为头颈部伤 RTI 死亡风险最大的交通方式。

表 2 预测 RTI 死亡风险的 logistic 回归模型

Table 2 Logistic regression model for predicting fatality risk of RTI

变量	<i>b</i>	<i>s_b</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>	<i>P</i>
年龄	0.015	0.002	1.015	1.011~1.020	<0.001
医疗救援距离	0.079	0.027	1.082	1.026~1.141	0.004
道路类型					
一般城市道路	—	—	1	—	—
城市公路	0.487	0.087	1.627	1.372~1.931	<0.001
城市快速路、高速	0.877	0.282	2.404	1.382~4.179	0.002
交通方式					
客车	—	—	1	—	—
货车	0.177	0.286	1.194	0.681~2.092	0.536
摩托车	0.396	0.160	1.486	1.087~2.033	0.013
电动自行车	0.931	0.143	2.538	1.917~3.359	<0.001
自行车	0.915	0.171	2.497	1.787~3.489	<0.001
步行	0.900	0.161	2.459	1.794~3.370	<0.001
受伤部位					
四肢	—	—	1	—	—
多部位	3.115	0.344	22.529	11.487~44.185	<0.001
头颈部	4.262	0.341	70.945	36.363~138.413	<0.001
腰腹胸背部	3.526	0.378	33.978	16.206~71.240	<0.001
事故发生时间					
日间	—	—	1	—	—
夜间	0.210	0.106	1.233	1.001~1.519	0.049
早高峰	-0.209	0.128	0.811	0.631~1.043	0.103
晚高峰	-0.159	0.113	0.853	0.683~1.065	0.160
是否工作日					
工作日	—	—	1	—	—
非工作日	0.304	0.093	1.355	1.130~1.626	0.001
常量	-5.919	0.385	0.003	—	<0.001

2.4 列线图模型评价

RTI 死亡风险列线图的 C-index 为 0.790, 说明模型预测结果准确度良好。通过对新构建的列线图模型进行 200 次自助重抽样与实际情况进行比较, 结果如图 4 所示, 预测值与真实值之间符合度的平均绝对误差为 0.006, 预测风险接近于实际风险, 一致性良好。

头颈部 RTI 死亡风险列线图的 C-index 为 0.688, 其预测准确度低于 RTI 死亡风险列线图模型。对其进行 200 次自助重抽样与实际情况进行比较, 结果如图 5 所示, 预测值与真实值之间符合度的平均绝对误差为 0.007, 高于 RTI 死亡风险列线图模型, 但其一致性仍表现良好。

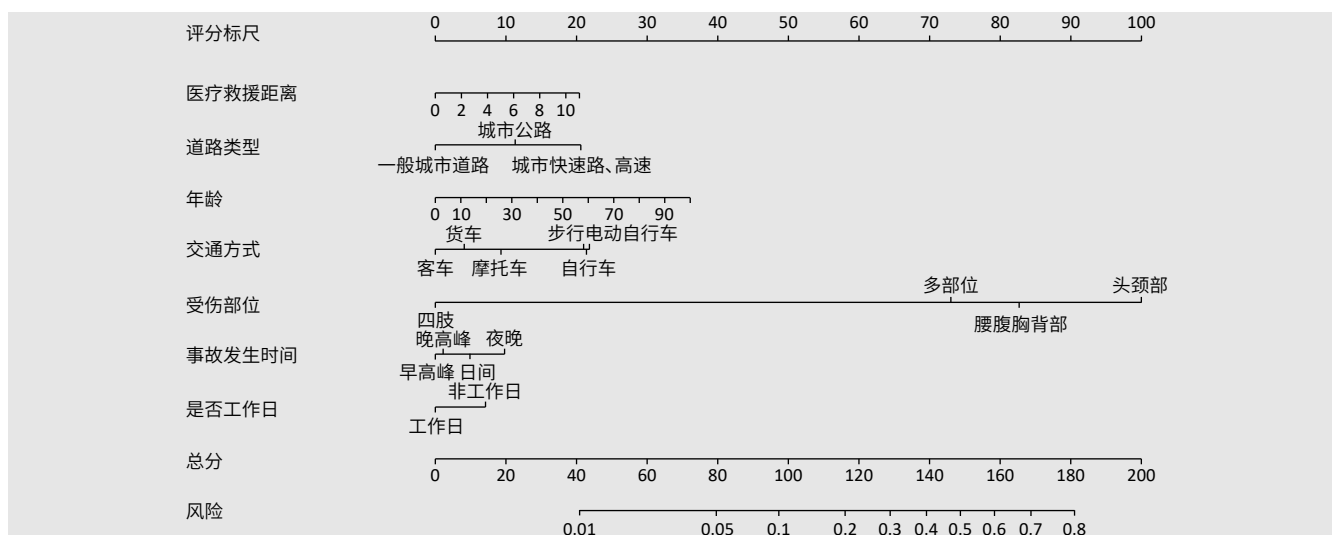


图2 RTI死亡风险列线图

Figure 2 A nomogram predicting the fatality risk of RTI

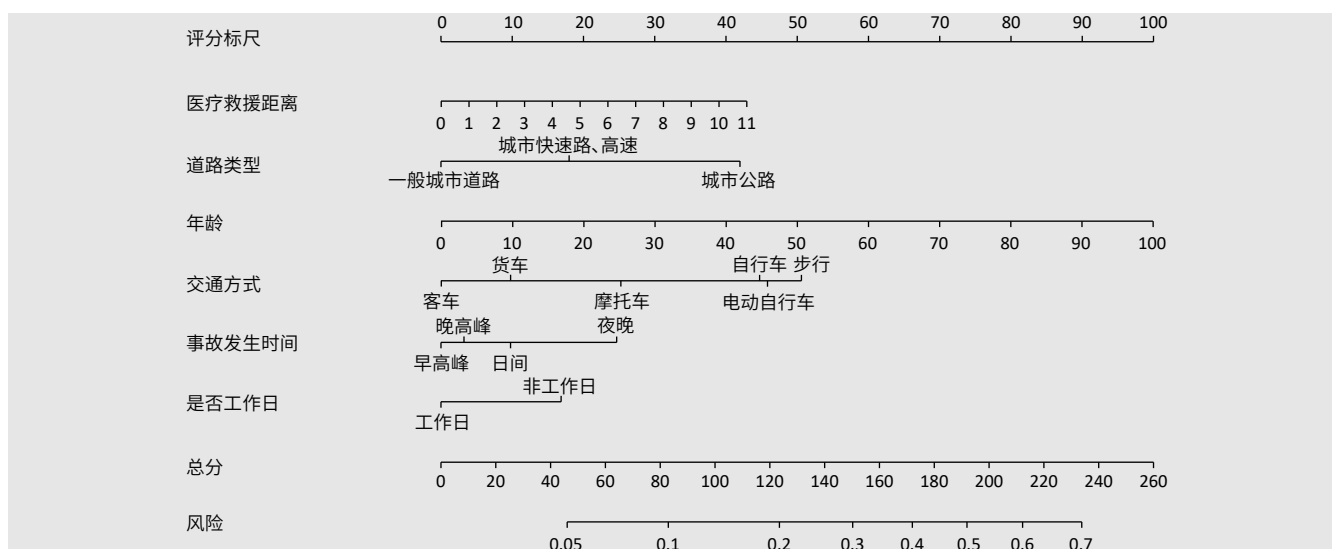


图3 头颈部伤死亡人群对比其他RTI人群死亡风险列线图

Figure 3 A nomogram predicting the fatality risk of head and neck injuries versus other RTI injuries

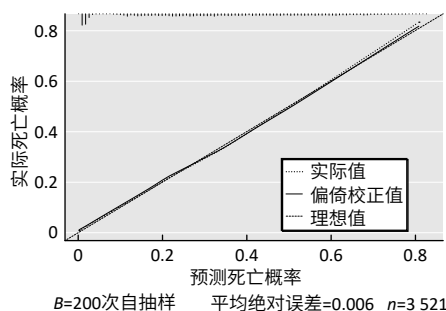


图4 列线图模型预测RTI死亡风险与实际数据拟合曲线图

Figure 4 Fitting curve of the nomogram predicting the death risk of RTI and the actual data points

2.5 敏感性分析

本研究中的仅涉及一人伤亡事故的RTI事故占所有事故的82.66%,随着事故涉及人数增加,其累计的

死亡占比反而减少。通过对仅涉及一人伤亡的事故进行logistic回归分析,结果与全部样本所建模型比较,发现伤亡人员的交通方式对RTI的死亡风险影响发生变化,死亡风险较高的交通方式由电动自行车、自行车、步行变为货车、电动自行车、自行车,最安全的交通工具由客车变为摩托车。MRD对RTI的死亡风险影响增大。在一般城市道路上发生事故的死亡风险增大。其他影响因素对RTI死亡分析的影响无明显改变。该模型的C-index为0.777。

本研究中95.88%的事故涉及一人和两人伤亡,对此建立logistic模型后发现,其各影响因素对RTI死亡风险的影响与全部样本所建立的模型相似,该模型的C-index为0.776。

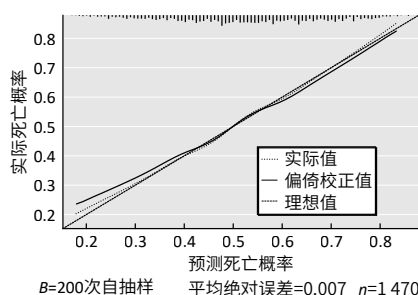


图5 列线图模型预测头颈部 RTI 死亡风险与实际情况拟合曲线图

Figure 5 Fitting curve of the nomogram predicting the death risk of head and neck injuries of RTI and the actual data points

3 讨论

在联合国发布的可持续发展目标中,中国的 RTI 指标得分每年均低于 50,提示急需控制 RTI^[5]。关于 2015—2030 年间中国 RTI 的死亡率和死亡人数下降趋势^[6]的预测须基于合理的 RTI 控制策略的有效实施。本研究通过区域交通事故数据驱动的 RTI 影响因素死亡风险的可视化呈现,为道路交通安全相关政策制订和实施提供参考。

交通事故发生虽具有随机性和突发性,但受人、车辆、道路环境等系统影响^[7],尤其医疗救援对于 RTI 受害者的结局至关重要^[8]。本研究显示 MRD 是 RTI 死亡风险的重要影响因素,可以影响 RTI 医疗救援响应的“黄金时间”^[9],提示需要合理设计急救站点的位置。

年龄是伤害研究的经典效应修饰因素。本研究结果与文献报告的年龄组死亡模式类似,RTI 死亡率从高到低排序为 70 岁以上组>50~69 岁组>15~49 岁组^[10]。

交通方式与碰撞时外力如何作用于人体而导致伤害有密切关系,比如厢式框架结构的交通工具同时具有较高的致伤能力和伤害保护能力。Nantulya 等^[11]认为,行人、骑自行车者和电动自行车者是 RTI 高风险人群。中国的研究也证实该结论^[12],尤其骑自行车者重度 RTI 的风险是骑自行车者的 14 倍^[5]。最近 20 年,电动自行车超速发展和快速普及其与道路安全管理滞后的冲突是造成中国 RTI 的重要因素^[13],2007—2015 年机动车 RTI 事故相关死亡人数虽有下降,但自 2012 年以来,非机动车事故发生率迅速上升^[14]。该区域的摩托车相关 RTI 的风险较低可能与上海市 2002 年开始实施新的摩托车管理条例后,在路摩托车数量大幅度减少和限行区域有关。

本研究中受伤部位对于 RTI 死亡风险影响最为突出,尤其头颈部伤,其死亡风险是四肢受伤个体的 36 倍,且头颈部伤亡占有所有伤亡人员的 40%。头颈部

伤因其高致死率,更容易进入交警事故系统,而出现头颈部伤结局高估。基于这个考虑,本研究通过对比头颈部伤死亡和其余 RTI 伤亡数据考量影响因素与头颈部伤致死之间关联的变化,其中大部分影响因素的列线图尺度大致相应膨胀了 2 倍,而年龄尺度膨胀则更大,风险最大的交通方式由骑电动自行车变为步行,不同道路类型对 RTI 死亡影响的风险改变,城市公路成为头颈部伤致死风险最大的道路类型。创伤性脑损伤被世界卫生组织列为最迫切和最被忽视的公共卫生问题之一,约 60%的创伤性脑损伤为 RTI 所致,其中一个原因是缺乏就近的医疗救治^[15]。因此,从控制 RTI 致死角度,除控制碰撞和降低头颈能量传导等措施外,急救资源规划也是重要辅助措施。

华东某市交通事故的时间热点分析显示,白天各类交通事故发生率高于夜晚,并且在早、晚高峰时段达到最高^[16]。而本研究显示夜晚事故的死亡风险最高,本研究区域在早、晚高峰时期的死亡风险不高,可能因为道路交通流量接近饱和,车速较慢,即使发生碰撞,传入机体的外部能量也相对小,因此致死率低;夜间车流小,车速高,事故时传入机体能量高,因此死亡风险提高。该解释也适用于非工作日的高 RTI 致死风险^[17]。

敏感性分析结果显示,本研究所用模型呈现事故发生的平均水平在对比不同候选模型中具有一定的稳健性,至仅保留涉及一人伤亡事故时模型才发生较大改变,且该类事故的死亡比例最高,所以该模型有高估死亡风险倾向。

本研究存在的局限:本研究数据仅来源于一个城区,具有区域性,RTI 死亡风险受当地交通方式、道路建设和维护等影响。虽本研究在自抽样后显示模型拟合度良好,但所建立的列线图预测模型仍需要外部数据验证。由于交警记录不以记录健康效应为目的,因此无伤害事故或者轻微伤害事故可能由于现场快速处理而未进入数据库,有分母损失的可能,本研究结果可能会高估死亡风险。

综上所述,本研究将 logistic 回归以及列线图作为预测 RTI 死亡风险的简易工具,对 RTI 死亡风险的相关因素进行可视化呈现,为促进政府、社区和个体多个层面、多个角度的综合治理提供方便。

参考文献

- [1] WHO.Global status report on road safety 2018. [EB/OL]. [2021/3/13]. https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/.
- [2] 国家统计局. 中国社会统计年鉴 2019 [J]. 北京: 中国统计

- 出版社, 2020.
- National Bureau of Statistics. China Social Statistics Yearbook 2019 [J]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [3] 中共中央国务院. “健康中国2030”规划纲要[EB/OL]. (2016-10-25)[2021-3-13]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm.
- The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council. Outline of the Healthy China 2030 Plan[EB/OL]. (2016-10-25)[2021-3-13]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm.
- [4] 陈亦晨, 李小攀, 杨琛, 等. 2002—2015年上海市浦东新区居民交通事故死亡流行特征及趋势分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2017, 21(6): 602-606.
- CHEN YC, LI XP, YANG C, et al. Analysis on the epidemiological characteristics and trend of traffic fatality data among residents in Pudong New Area of Shanghai, 2002–2015[J]. Chin J of Disease Cont Prev, 2017, 21(6): 602-606.
- [5] 宇传华, 王璐. 联合国健康相关SDG指标及中国现状[J]. 公共卫生与预防医学, 2017, 28(1): 1-7.
- YU CH, WANG L. United Nations Health-Related SDG indicators and its current situation in China[J]. J of Pub Health and Prev Med, 2017, 28(1): 1-7.
- [6] 谭爱春, 田丹平, 黄渊秀, 等. 致死性道路交通伤害预测模型的构建[J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(2): 174-177.
- TAN AC, TIAN DP, HUANG YX, et al. Development of forecasting models for fatal road traffic injuries[J]. Clin J Epidemiol, 2014, 35(2): 174-177.
- [7] HU F, LV D, ZHU J, et al. Related risk factors for injury severity of E-bike and bicycle crashes in Hefei[J]. Traffic Inj Prev, 2014, 15(3): 319-323.
- [8] HUSSAIN LM, REDMOND AD. Are pre-hospital deaths from accidental injury preventable?[J]. BMJ, 1994, 308(6936): 1077-1080.
- [9] 张浩. 基于半参数加性logistic回归模型的道路交通事故紧急医疗救援响应时间的平滑效应分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- ZHANG H. Examining the smooth effect of emergency medical services response time in traffic accidents based on semi-parametric additive logistic regression model[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [10] WANG L, YU C, ZHANG Y, et al. An analysis of the characteristics of road traffic injuries and a prediction of fatalities in China from 1996 to 2015[J]. Traffic Inj Prev, 2018, 19(7): 749-754.
- [11] NANTULYA VM, SLEET DA, REICH MR, et al. Introduction: the global challenge of road traffic injuries: can we achieve equity in safety?[J]. Inj Control Saf Promot, 2003, 10(1-2): 3-7.
- [12] 段蕾蕾, 吴春眉, 邓晓, 等. 2006—2008年中国道路交通伤害状况分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2010, 21(3): 10-13.
- DUAN L L, WU C M, DENG X, et al. Road traffic injuries in China, 2006–2008[J]. J of Pub Health and Prev Med, 2010, 21(3): 10-13.
- [13] 叶万宝, 严淑珍, 李丽萍. 1997—2016年中国道路交通伤害变化趋势的Joinpoint回归分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(5): 501-505.
- YE WB, YAN SZ, LI LP. Joinpoint regression analysis of road traffic injuries tendency in China from 1997 to 2016[J]. Chin J of Disease Cont Prev, 2019, 23(5): 501-505.
- [14] WANG X, YU H, NIE C, et al. Road traffic injuries in China from 2007 to 2016: the epidemiological characteristics, trends and influencing factors[J]. PeerJ, 2019, 7: e7423.
- [15] DEWAN MC, RATTANI A, GUPTA S, et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury[J]. J Neurosurg, 2019, 130(4): 1080-1097.
- [16] 刘尧, 王颖志, 王立君, 等. 交通事故的时空热点分析[J]. 浙江大学学报(理学版), 2020, 47(1): 52-59.
- LIU Y, WANG YZ, WANG LJ, et al. Spatial-temporal hotspots analysis on traffic accidents[J]. J Zhejiang Uni (Sci Edition), 2020, 47(1): 52-59.
- [17] ADANU EK, HAINEN A, JONES S. Latent class analysis of factors that influence weekday and weekend single-vehicle crash severities[J]. Accid Anal Prev, 2018, 113: 187-192.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)

(上接第 1223 页)

- [14] BYEON JH, KIM JW. Particle emission from laser printers with different printing speeds[J]. Atmos Environ, 2012, 54: 272-276.
- [15] 室内空气质量标准: GB/T 18883—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- Indoor air quality standard: GB/T 18883—2002[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [16] 环境空气质量标准: GB 3095—2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2016.
- Ambient air quality standard: GB 3095—2012[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2016.
- [17] MCGARRY P, MORAWSKA L, HE C, et al. Exposure to particles from laser printers operating within office workplaces[J]. Environ Sci Technol, 2011, 45(15): 6444-6452.
- [18] PIRELA SV, SOTIRIOU GA, BELLO D, et al. Consumer exposures to laser printer-emitted engineered nanoparticles: a case study of life-cycle implications from nano-enabled products[J]. Nanotoxicology, 2015, 9(6): 760-768.
- [19] 韩云龙, 胡永梅, 钱付平, 等. 自然通风室内颗粒物分布特征[J]. 安全与环境学报, 2013, 13(2): 116-120.
- HAN YL, HU YM, QIAN FP, et al. On the distributional features of the dust particles in a naturally ventilated room condition[J]. J Safety Environ, 2013, 13(2): 116-120.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)