

致死性道路交通伤害预测模型的构建

谭爱春 田丹平 黄渊秀 高林 邓欣 李黎 何琼 陈田木 胡国清 吴静

【摘要】 目的 构建针对致死性道路交通伤害预测模型,为预测道路交通伤害未来发展趋势提供基础。方法 查询WHO死亡数据库获取不同国家道路交通伤害死亡人数资料,通过世界银行、WHO、联合国人口司等机构网站获取各国不同年份人均GDP、城市化水平、机动化水平及教育水平等资料,构建包含上述4个自变量的男女各年龄组道路交通伤害死亡率对数模型,并与WHO模型拟合优度进行比较。结果 共收集2 626份数据(来自153个国家/地区;男女各半;时间1965—2010年)。选用人均GDP、机动化水平、城市化水平和教育水平4个变量构建的道路交通伤害死亡率拟合模型均具有统计学意义($P < 0.001$),男性0~4、5~14、15~24、25~34、35~44、45~54、55~64、≥65岁组模型的決定系数 R^2 分别为22.7%、31.1%、51.8%、52.3%、44.9%、41.8%、40.1%、25.5%,女性各年龄组分别为22.9%、32.6%、51.1%、49.3%、41.3%、35.9%、30.7%、20.1%;WHO模型仅选用人均GDP、教育水平和时间变量构建不同性别、年龄组预测模型,差异均有统计学意义($P < 0.001$),男性各年龄组模型決定系数 R^2 分别为14.9%、22.0%、31.5%、33.1%、30.7%、28.5%、27.7%、17.8%;女性各年龄组模型分別为14.1%、20.6%、30.4%、31.8%、26.7%、24.3%、17.3%、8.8%。结论 本研究构建的道路交通伤害预测模型优于WHO模型。

【关键词】 道路交通伤害;模型;预测

Development of forecasting models for fatal road traffic injuries Tan Aichun¹, Tian Danping¹, Huang Yuanxiu¹, Gao Lin¹, Deng Xin¹, Li Li¹, He Qiong¹, Chen Tianmu¹, Hu Guoqing¹, Wu Jing². 1 Department of Epidemiology and Health Statistics, Public Health School, Central South University, Changsha 410078, China; 2 Division of NCD Control and Community Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: Wu Jing, Email: wujingcdc@163.com

This work was supported by a grant from the Central South University Faculty Grant (No. 2013JSJJ033).

【Abstract】 Objective To develop the forecasting models for fatal road traffic injuries and to provide evidence for predicting the future trends on road traffic injuries. **Methods** Data on the mortality of road traffic injury including factors as gender and age in different countries, were obtained from the World Health Organization Mortality Database. Other information on GDP per capita, urbanization, motorization and education were collected from online resources of World Bank, WHO, the United Nations Population Division and other agencies. We fitted logarithmic models of road traffic injury mortality by gender and age group, including predictors of GDP per capita, urbanization, motorization and education. Sex- and age-specific forecasting models developed by WHO that including GDP per capita, education and time etc. were also fitted. Coefficient of determination (R^2) was used to compare the performance between our modes and WHO models. **Results** 2 626 sets of data were collected from 153 countries/regions for both genders, between 1965 and 2010. The forecasting models of road traffic injury mortality based on GDP per capita, motorization, urbanization and education appeared to be statistically significant ($P < 0.001$), and the coefficients of determination for males at the age groups of 0-4, 5-14, 15-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65+ were 22.7%, 31.1%, 51.8%, 52.3%, 44.9%, 41.8%, 40.1%, 25.5%, respectively while the coefficients for these age groups in women were 22.9%, 32.6%, 51.1%, 49.3%, 41.3%, 35.9%, 30.7%, 20.1%, respectively. The WHO models that were based on the GDP per capita, education and time variables were statistically significant ($P < 0.001$) and the coefficients of determination were 14.9%, 22.0%, 31.5%, 33.1%, 30.7%, 28.5%, 27.7% and 17.8% for males, but 14.1%, 20.6%, 30.4%, 31.8%, 26.7%, 24.3%, 17.3% and 8.8% for females, respectively. **Conclusion** The forecasting models that we developed seemed to be better than those developed by WHO.

【Key words】 Road traffic injury; Models; Forecasting

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.02.016

作者单位:410078长沙,中南大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系(谭爱春、田丹平、黄渊秀、高林、邓欣、李黎、何琼、陈田木、胡国清);中国疾病预防控制中心慢病社区处(吴静)

通信作者:吴静, Email: wujingcdc@163.com

疾病负担的预测方法目前主要以WHO全球疾病负担研究小组提出的简约回归模型(parsimonious regression models)为主^[1],其预测结果已被广泛用于支持卫生决策。但该预测模型对预测道路交通伤害的负担存在明显的局限性,如模型选用的预测变量(人均收入、≥15岁人群平均受教育年限、吸烟强度、年份)仅对传染病和慢性非传染性疾病预测效果较好,但对道路交通伤害预测效果较差^[1];再如就一个国家或地区道路交通伤害发生而言,机动车数量、城乡人口构成、人口结构等社会经济要素均是非常重要的影响因素^[2-5],该模型却未考虑在内。本研究拟结合道路交通伤害发生机制,采用现有资料从国家层面上构建针对性的道路交通伤害负担拟合模型,为道路交通伤害负担未来发展趋势的预测提供基础。

资料与方法

1. 数据来源:

(1)道路交通伤害负担资料:来自WHO死亡数据库(The WHO Mortality Database),收集不同国家、不同性别(男/女)、不同年龄段(0~、5~、15~、25~、35~、45~、55~、≥65岁)的道路交通伤害死亡人数资料^[6,7]。

(2)经济水平等相关资料:①人口数据:查询联合国秘书处经济和社会事务部人口司网站,获取《世界人口预测—2010版》(World Population Prospects, the 2010 revision)^[8,9],从中提取不同国家1950—2010年各年龄段历史数据。②城市化水平(urbanization):查询联合国秘书处经济和社会事务部人口司网站,获取《世界城市化预测—2011版》(World Urbanization Prospects, the 2011 Revision)^[10,11],从中提取不同国家和地区1950—2010年城市人口数和总人口数的历史数据。③经济水平:查询世界银行(World Bank)网站^[12],收集各国家不同年度的人均GDP(GDP per capita)数据。④教育水平(education):参照WHO疾病负担研究方法^[1],采用Barro和Lee^[13]提出的≥15岁人群平均受教育年限作为衡量一个国家教育水平的指标,并基于不同国家各教育阶段的入学率及毕业率等得出的最新研究报告(2010版)中提取不同国家/地区、不同性别的教育水平数据。

(3)机动车化水平(motor vehicle):查询中华人民共和国国家统计局网站^[14],获取《国际统计年鉴》资料,从中提取不同国家相关年份机动车保有量数

据;同时采用“Countries name” And “Vehicles Registered” OR “Number of registered vehicles” OR “Number of motor vehicles”检索谷歌搜索引擎和谷歌学术数据库,收集各国家发布的有关机动车保有量的统计资料^[15-18],或从相关文献中提取数据^[19]。查询中国历年《道路交通事故统计年报》^[20-22],收集我国机动车保有量数据。

2. 建立道路交通伤害负担预测模型:借鉴全球疾病负担研究项目组的简约回归模型,构建不同性别、不同年龄组的道路交通伤害统计模型,结局变量为道路交通伤害死亡率($Mt_{a,k}$,/10万)。预测变量的选择主要基于两条原则:①相关性,即在宏观层面上,所选变量与道路交通伤害的发生存在一定的现实关联性;②可及性,即所选变量的既往资料在现阶段可以获取。

有研究表明一个国家/地区的经济水平与道路交通伤害的发生强度存在明显的相关性^[23-25],故本研究选用人均GDP作为衡量一个国家/地区经济水平发展的指标,以现价美元为单位,并对不同年份采取一定的贴现率,记为人均GDP(lnG)。

一般认为机动车数量为道路交通伤害发生的重要危险因素,机动车数量越多,人群暴露于危险因素的机会相对增加,其发生道路交通伤害概率也相应提高^[5,26],故本研究采用“机动车化水平”作为一个预测变量,机动车化水平=机动车保有量/总人口数,记为机动车化水平(lnM)。

已有研究表明,在一些发展中国家,快速而无计划的城市化加重了道路交通伤害的严重形势^[27],故本研究将其作为一个预测变量,采用一个国家或地区城市人口占其总人口的比重予以衡量,记为城市化水平(lnU)。

许多研究表明,教育可能通过促进形成健康生活方式、对儿童更健康的培养方式等促进人类健康^[28,29],故本研究按Barro和Lee^[13]方法也将“≥15岁人群平均受教育年限”作为预测变量,记为教育水平(lnE)。

参照全球疾病负担研究项目小组提出的对数转换线性模型拟合道路交通伤害死亡率与相关变量的函数关系,将lnG对数值的平方(lnG)²纳入模型,以检测道路交通伤害死亡率与自变量之间的对数非线性关系^[30],即

$$\ln Mt_{a,k} = f[\ln G, \ln E, \ln U, \ln M, (\ln G)^2]$$

式中 a, k 分别表示年龄组和性别分类; $Mt_{a,k}$ 表示道路交通伤害死亡率。

重复 WHO 模型[仅选用 $\ln G$ 、 $\ln E$ 、时间(T)和 $(\ln G)^2$ 作为自变量],对同一数据集进行对数转换线性拟合,并采用决定系数评价两种模型对历史数据拟合的优劣。如个别组别的预测模型拟合效果很差(决定系数 $R^2 < 0.10$),则参考 WHO 方法^[1],假定道路交通伤害死亡率随时间无明显变化趋势,即道路交通伤害死亡率在预测期间保持不变^[1,30,31]。

3. 统计学分析:采用 Excel 2010 和 SPSS 18.0 软件进行数据录入和分析及图表制作。

结 果

1. 数据特征:共收集 2 626 份不同国家不同年份的数据。男/女性各 1 313 份;时间为 1965—2010 年;亚洲、欧洲、非洲、南美洲、大洋洲和北美洲国家/地区的数据分别有 696、896、400、240、194、200 份,依次占 26.5%、34.1%、15.2%、9.1%、7.4%、7.6%;共来自 153 个国家/地区,其中发达国家/地区 35 个(79.5%, 35/44),发展中国家/地区 105 个(61.0%, 105/172),最不发达国家/地区 13 个(79.5%, 13/24)(表 1)。

2. 致死性道路交通伤害负担预测模型:选用 $\ln G$ 、 $\ln M$ 、 $\ln E$ 、 $\ln U$ 和 $(\ln G)^2$ 作为自变量,对男、女性各年龄组道路交通伤害死亡率数据分别进行对数线性回归分析发现:自变量均进入回归模型,回归模型整体拟合具有统计学意义($P < 0.001$);同时重复 WHO 模型做法,仅选用 $\ln G$ 、 $\ln E$ 、 T 和 $(\ln G)^2$ 变量进行对数线性回归分析,发现除 T 变量未进入 5~ 岁组拟合模型外,自变量均进入回归模型,回归模型整体拟合具有统计学意义($P < 0.001$)。本研究拟合模型

表 1 本研究分析数据的特征($n=2\ 626$)

项目	组别	频数	构成比(%)
性别	男	1 313	50.0
	女	1 313	50.0
时间(年)	1965—1989	126	4.8
	1990—1999	618	23.5
	2000—2005	832	31.7
	2006—2010	1 050	40.0
	地区	亚洲	696
	欧洲	896	34.1
	非洲	400	15.2
	南美洲	240	9.1
	大洋洲	194	7.4
	北美洲	200	7.6
国家/地区水平*	发达国家	942	35.9
	发展中国家	1 580	60.1
	最不发达国家	104	4.0

注:“参照联合国开发计划署(UNDP)《2010 年人文发展报告》的分类标准

与 WHO 模型拟合男性各年龄组 0~、5~、15~、25~、35~、45~、55~、 ≥ 65 岁数据的相应决定系数 R^2 (%) 依次为(22.7、14.9)、(31.1、22.0)、(51.8、31.5)、(52.3、33.1)、(44.9、30.7)、(41.8、28.5)、(40.1、27.7)、(25.5、17.8);女性各年龄组数据的相应决定系数 R^2 (%) 依次为(22.9、14.1)、(32.6、20.6)、(51.1、30.4)、(49.3、31.8)、(41.3、26.7)、(35.9、24.3)、(30.7、17.3)、(20.1、8.8)(表 2)。

讨 论

与 WHO 的预测模型相比,本研究构建模型中不同性别和年龄组的决定系数均有 7.8%~20.7% 上

表 2 两模型中各年龄组男女性道路交通伤害死亡率对数线性拟合结果

拟合方法	年龄组(岁)	男 性							女 性						
		常数项	$\ln G$	$\ln E$	$\ln M/T^*$	$\ln U$	$(\ln G)^2$	R^2 (%)	常数项	$\ln G$	$\ln E$	$\ln M/T^*$	$\ln U$	$(\ln G)^2$	R^2 (%)
本研究模型	0~	-2.730	1.402	-0.414	0.161	0.194	-0.087	22.7	-2.020	0.964	-0.423	0.186	0.329	-0.059	22.9
	5~	-2.911	1.561	-0.533	0.164	0.160	-0.096	31.1	-2.712	1.245	-0.502	0.200	0.218	-0.077	32.6
	15~	-0.365	1.388	-0.793	0.211	0.353	-0.088	51.8	0.455	0.939	-0.809	0.263	0.410	-0.060	51.1
	25~	-1.433	1.693	-0.762	0.188	0.211	-0.106	52.3	-0.385	1.193	-0.783	0.229	0.334	-0.075	49.3
	35~	0.778	1.219	-0.726	0.178	0.337	-0.079	44.9	1.673	0.773	-0.764	0.241	0.377	-0.052	41.3
	45~	-2.685	1.843	-0.675	0.096	0.226	-0.114	41.8	-1.337	1.254	-0.690	0.122	0.327	-0.078	35.9
	55~	-3.385	2.007	-0.672	0.075	0.226	-0.123	40.1	-1.645	1.266	-0.574	0.070	0.324	-0.079	30.7
	≥ 65	-2.594	1.781	-0.507	0.053	0.272	-0.109	25.5	-4.269	1.687	-0.312	-0.066	0.290	-0.101	20.1
WHO 模型	0~	10.599	2.137	-0.373	-0.009	-	-0.123	14.9	31.584	1.931	-0.376	-0.019	-	-0.107	14.1
	5~	-6.762	2.271	-0.497	-	-	-0.132	22.0	16.329	2.155	-0.450	-0.012	-	-0.122	20.6
	15~	4.542	2.476	-0.744	-0.005	-	-0.143	31.5	5.905	2.319	-0.714	-0.006	-	-0.130	30.4
	25~	10.549	2.505	-0.716	-0.008	-	-0.146	33.1	14.924	2.339	-0.714	-0.011	-	-0.133	31.8
	35~	23.138	2.166	-0.652	-0.014	-	-0.127	30.7	24.430	1.957	-0.666	-0.015	-	-0.112	26.7
	45~	13.810	2.418	-0.646	-0.010	-	-0.143	28.5	21.036	2.039	-0.625	-0.013	-	-0.118	24.3
	55~	9.469	2.525	-0.650	-0.008	-	-0.149	27.7	21.921	1.841	-0.532	-0.013	-	-0.108	17.3
	≥ 65	27.285	2.261	-0.488	-0.016	-	-0.133	17.8	36.020	0.034	-0.484	-0.017	-	-	8.8

注: * 此列变量本研究模型为 $\ln M$, WHO 模型为 T

升,说明本研究构建的模型优于 WHO 预测模型。这主要是由于本研究模型增加了机动化水平($\ln M$)和城市化水平($\ln U$)两变量。前者水平上升,环境中的道路交通伤害危险因素相应增加,人群发生道路交通伤害的概率也相应提高^[5,25];后者进程快速推进,大量人口涌入城市,给道路交通运行和交通安全带来极大的压力,同时城市化水平越高,人口流动性越大,驾车出行增多,交通流量增加,这些在客观上都增加了道路交通伤害发生的不安全因素^[4,27]。

尽管既往研究表明相关法规(如禁止酒后驾车^[32,33])对降低道路交通伤害的发生具有一定促进作用,但由于资料获取的局限性,本研究暂未将相关交通法规纳入模拟模型。但本研究用于拟合的数据大部分(超过 70%)为各国 21 世纪的数据,而大部分国家在这一时期(或更早)都已采取被广泛证明行之有效的法规(禁止酒后驾车、限速和强制使用安全带等)。因此本研究在构建预测模型时未将法律法规作为预测变量。

需要强调的是,本研究提出的预测模型是建立国家层面上的模型,受资料可及性影响较大,无法达到基于理论的个体水平预测模型的预测精度,仅在宏观层面对未来道路交通伤害发展做出大致预测。

[本文为中南大学教师研究基金项目(2013JSJJ033)]

参 考 文 献

- [1] Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990–2020: Global Burden of Disease Study [J]. *Lancet*, 1997, 349(9064): 1498–1504.
- [2] Abou-Raya S, ElMeguid LA. Road traffic accidents and the elderly [J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2009, 9(3): 290–297.
- [3] Hu G, Baker TD, Baker SP. Urban-rural disparities in injury mortality in China, 2006 [J]. *J Rural Health*, 2010, 26(1): 73–77.
- [4] Preusser DF, Williams AF, Ferguson SA, et al. Fatal crash risk for older drivers at intersections [J]. *Accid Anal Prev*, 1998, 30(2): 151–159.
- [5] Mao LZ, Duan LR, Mao ER. Correlation between road traffic injuries and the change of motor vehicle owned [J]. *Road Traffic & Safety*, 2006, 6(5): 10–12. (in Chinese)
毛力增, 段里仁, 毛恩荣. 道路交通伤害与机动车保有量变化的相关性分析 [J]. *道路与安全*, 2006, 6(5): 10–12.
- [6] World Health Organization. About the WHO Mortality Data [EB/OL]. [2012–06–12]. <http://www.who.int/healthData/statData/mortdata/en/Dndex.html>.
- [7] Bhalla K, Harrison JE, Shahraz S, et al. Availability and quality of cause-of-death data for estimating the global burden of injuries [J]. *Bull World Health Organ*, 2010, 88(11): 831–838.
- [8] United Nations Population Division. World Population Prospects—the 2010 Revision [EB/OL]. [2013–05–05]. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>.
- [9] United Nations Population Division. World Population Prospects—The 2010 Revision [M]. New York (NY): United Nations, 2011.
- [10] United Nations Population Division. World Urbanization Prospects, the 2011 Revision [EB/OL]. [2012–08–10]. <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>.
- [11] United Nations Population Division. World Urbanization Prospects The 2011 Revision: Highlights [M]. New York (NY): United Nations, 2012.
- [12] The World Bank. GDP per capita (current US\$) [EB/OL]. [2013–05–05]. <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/countries?page=6&display=default>.
- [13] Barro RJ, Lee JW. A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010 [J]. *J Devel Eco*, 2012, 15(1): 1–15.
- [14] 中华人民共和国国家统计局. 国际统计年鉴 1995–2011 [EB/OL]. [2013–03–10]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/qtsj/gjsj/>.
- [15] International Road Federation. World Road Statistics 2001 [M]. Geneva: IRF, 2001.
- [16] International Road Federation. World Road Statistics 2006: Data 1999 to 2004 [M]. Geneva: IRF, 2006.
- [17] International Road Federation. World Road Statistics 2009: Data 2002–2007 [M]. Geneva: IRF, 2009.
- [18] International Road Federation. World Road Statistics 2010: Data 2003–2008 [M]. Geneva: IRF, 2010.
- [19] Mustafa MN. Overview of current road safety situation in Malaysia [M]. Highway Planning Unit, Road Safety Section, Ministry of Works, 2005: 5–9.
- [20] 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2003年度) [M]. 北京: 公安部交通管理局, 2004.
- [21] 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2004年度) [M]. 北京: 公安部交通管理局, 2005.
- [22] 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2010年度) [M]. 北京: 公安部交通管理局, 2011.
- [23] Bishai D, Quresh A, James P, et al. National road casualties and economic development [J]. *Health Eco*, 2006, 15(1): 65–81.
- [24] Paulozzi LJ, Ryan GW, Espitia-Hardeman VE, et al. Economic development's effect on road transport-related mortality among different types of road users: a cross-sectional international study [J]. *Acc Anal Prev*, 2007, 39(3): 606–617.
- [25] Law TH, Noland RB, Evans AW, et al. The sources of the Kuznets relationship between road fatalities and economic growth [J]. *J Transport Geography*, 2011, 19(2): 355–365.
- [26] Bester CJ. Explaining national road fatalities [J]. *Acc Anal Prev*, 2001, 33(5): 663–672.
- [27] Peden M, Scurfield R, Sleet D, et al. World report on road traffic injury prevention [M]. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2004.
- [28] Baker DP, Leon J, Emily G, et al. The education effect on population health: a reassessment [J]. *Popul Dev Rev*, 2011, 37(2): 307–332.
- [29] Ross CE, Wu CL. The links between education and health [J]. *Am Sociol Rev*, 1995, 60(5): 719–745.
- [30] Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030 [J]. *PLoS Med*, 2006, 3(11): e442.
- [31] Murray CJ, Lopez AD. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020 [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- [32] Chisholm D, Naci H. Road traffic injury prevention: an assessment of risk exposure and intervention cost-effectiveness in different world regions [M]. Geneva: WHO, 2008.
- [33] Shults RA, Elder RW, Sleet DA, et al. Reviews of evidence regarding interventions to reduce alcohol-impaired driving [J]. *Am J Prev Med*, 2001, 21(4 Suppl): S66–88.

(收稿日期: 2013-08-13)

(本文编辑: 张林东)