

· 互联网时代下的MSM艾滋病预防 ·

应用传染病动力学模型评估广州市“互联网+艾滋病综合预防服务体系”防治效果

刘建华¹ 程伟彬² 徐慧芳² 顾菁^{1,3} 郝春^{1,3} 何蔚云² 王科儒¹ 钟斐² 魏丹诺¹
彭丽萍¹ 郝元涛^{1,3} 李菁华^{1,3}

¹中山大学公共卫生学院,广州 510080; ²广州市疾病预防控制中心艾滋病预防控制部 510440; ³中山大学全球卫生研究中心,广州 510080

刘建华和程伟彬对本文有同等贡献

通信作者:李菁华, Email:lijinghua3@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 目的 应用传染病动力学模型评估“互联网+艾滋病综合预防服务体系”对2010—2017年广州市互联网型MSM艾滋病流行趋势的影响。**方法** 构建广州市互联网型MSM的传染病动力学模型(模型),收集整理广州市哨点监测的互联网型MSM相关数据,进行文献检索,调整模型运行的输入参数及校正参数。运用Matlab 7.0软件将模型参数及微分方程进行编程和计算,对2010年互联网艾滋病预防服务开展前后,分析MSM HIV流行趋势,评估广州市互联网艾滋病预防服务对MSM艾滋病的防治效果。**结果** 模型估计,按照2010年之前的基线情况下,模型估计2017年MSM HIV感染率将上升至22.75%,2010—2017年累计新发HIV感染者11 038例。按照开展互联网艾滋病预防服务的情况下,模型估计2010—2017年MSM的HIV感染率分别为8.44%、9.68%、10.65%、11.34%、11.73%、11.83%、11.71%和11.43%,与哨点监测数据相近,模型拟合度高;2010—2017年累计新发HIV感染者4 009例,减少新发HIV感染者7 029例(63.68%)。**结论** 构建的模型拟合结果较为合理,适用于预测广州市互联网型MSM HIV流行趋势;广州市自2010年建立“互联网+艾滋病综合预防服务体系”以来,到2015年基本遏制了互联网型MSM新发HIV感染的上升势头,其防治效果较好。

【关键词】 艾滋病病毒/艾滋病;动力学模型;男男性行为人群;互联网+

基金项目:国家自然科学基金(81803334,71774178,71974212);美国中华医学基金会(18-301);国家科技重大专项(2018ZX10715004);广东省省级科技计划(2017A020212006);广州市科学(技术)研究专项(201607010332,201607010368)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.10.011

Prevention effectiveness of the “Internet Plus-based AIDS Comprehensive Prevention Service System” among MSM in Guangzhou: a dynamic model of infectious disease

Liu Jianhua¹, Cheng Weibin², Xu Hui², Gu Jing^{1,3}, Hao Chun^{1,3}, He Weiyun², Wang Keru¹, Zhong Fei², Wei Dannuo¹, Peng Liping¹, Hao Yuantao^{1,3}, Li Jinghua^{1,3}

¹School of Public Health, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; ²Department of AIDS Control and Prevention, Guangzhou Center for Disease Control and Prevention, Guangzhou 510440, China; ³Global Health Institute, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

Liu Jianhua and Cheng Weibin contributed equally to the article

Corresponding author: Li Jinghua, Email: lijinghua3@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the effect of the “Internet Plus-based AIDS Comprehensive Prevention Service System” among MSM in Guangzhou, during 2010–2017, using a dynamic compartmental model. **Methods** A dynamic compartmental model was developed to describe the HIV situation among MSM in Guangzhou. This model was parameterized on data from published literature or surveillance programs from the Guangzhou CDC. The Matlab 7.0 software was used for coding and analysis on collected data. HIV prevalence was analyzed among MSM under the status quo data and estimated the impact by the “Internet Plus” AIDS prevention services project. **Results** HIV prevalence would have increased to 22.75% in 2017, and the total number of new HIV infections would have been 11 038, from 2010 to 2017, using the data status quo. Under the Guangzhou “Internet

Plus” AIDS prevention services project, the prevalence of HIV among MSM from 2010 to 2017 was estimated to be 8.44%, 9.68%, 10.65%, 11.34%, 11.73%, 11.83%, 11.71% and 11.43% in Guangzhou, which were similar to the surveillance data. The total number of new infections in the past 8 years under the “Internet Plus” scenario was estimated to be 4 009. The “Internet Plus” program would have prevented 7 029 (63.68%) new infections during 2010–2017 as compared to the number, status quo.

Conclusions The fitting result of dynamic compartmental model seemed more reasonable, which was applicable to predict HIV epidemic among MSM in Guangzhou, suggesting that the increase of HIV prevalence had been curbed since the “Internet Plus” project which was launched in 2010, and the “Internet Plus-based AIDS Comprehensive Prevention Service System” had achieved the purpose as planned, epidemiologically.

[Key words] HIV/AIDS; Dynamic model; Men who have sex with men; Internet Plus

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81803334, 71774178, 71974212); Chinese Medical Board of USA (18–301); National Science and Technology Major Project of China (2018ZX10715004); Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (2017A020212006); Science and Technology Research Project of Guangzhou (201607010332, 201607010368)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.10.011

截至 2017 年 12 月 31 日,全国报告现存活 HIV/AIDS 758 610 例,其中现存活 HIV 感染者 437 377 例, AIDS 病例 321 233 例。2017 年新发现 HIV/AIDS 134 512 例,同性传播感染 34 358 例 (25.5%)^[1]。近年来我国 MSM HIV 感染呈上升势头, HIV 感染率已从 2001 年的 1.4% 上升到 2014 年的 7.7%^[2]。广州市 2000 年报告首例 MSM 病例,至 2010 年共报告 526 例,其中 2008—2010 年报告数占 92.2%^[3]。2010 年广州市哨点监测 MSM 的 HIV 感染率为 7.4%,较 2006 年的 1.3% 增加显著。互联网逐渐成为性活跃人群寻找性伴的理想媒介, MSM 通过互联网寻找同性性伴的比例越来越高^[4-8],广州市互联网型 MSM 约占 MSM 总体的 70%^[8-9]。广州市 CDC 基于互联网型 MSM 的需求,与岭南伙伴社区支持中心合作,不断探索和完善“互联网+艾滋病综合预防服务体系”,提供“宣传-干预-检测-随访关怀”一体化服务,实现了互联网型 MSM 有效覆盖,其干预与检测占广州市 MSM 干预与检测量的 80%,是防治效果的最主要贡献来源^[10]。本研究通过构建并应用传染病动力学模型(模型),评估 2010—2017 年广州市该体系对广州市互联网型 MSM 艾滋病流行趋势的影响。

资料与方法

1. 资料来源:由广州市 CDC 提供的广州市 MSM 艾滋病哨点监测数据,调查对象主要通过网络招募。广州市历年网络来源 MSM HIV 检测率、无保护肛交发生率、最近半年平均同性性伴数和广州市艾滋病抗病毒治疗率 4 类行为学参数。见表 1。

2. 模型:

(1)模型构建:本研究使用 HIV 仓室模型(模型)的进展与微分方程,是根据王科儒等^[11]、Li 等^[12]基于艾

表 1 2008—2017 年广州市互联网型 MSM 横断面监测数据

年份	抗病毒治疗率(%)	HIV 检测率 (%)	无保护肛交发生率(%)	最近半年同性性伴数
2008	50.1	16.4	61.4	5
2009	58.2	30.0	54.5	4
2010	52.1	44.0	59.3	4
2011	74.0	44.7	62.0	4
2012	83.3	49.7	56.6	4
2013	82.6	53.4	57.0	3
2014	88.0	56.1	48.4	2
2015	86.7	60.2	48.7	3
2016	80.2	60.6	40.0	3
2017	86.5	71.0	36.2	3

注:治疗率数据来自广州市第八人民医院报告,2016 年后治疗对象扩大为全部 HIV 感染者

滋病动态传播模型基础上改进而来,本模型首先根据风险水平将 MSM 分为高、低风险两个亚组,再根据 HIV 感染状态、检测、确诊、治疗以及疾病所处的阶段分为 14 个仓室,其基本结构示意图及基本参数见图 1,结构符号、参数含义见表 2。

本模型将模拟 HIV/AIDS 的传播及疾病进展动态过程,每个仓室之间的转化通过微分方程进行描述。本研究的 HIV 仓室模型由 28 个微分方程构成,分别表示 2 个亚组人群 HIV 感染疾病进展过程的 14 个状态(微分方程参见文献[11-12])。使用 MATLAB 2016b 软件对这些微分方程的初始值和参数进行编程。

$$\frac{dX_{h,j}^i}{dt} = \rho_1^i \sum_{j'} X_{i,j'} + \omega_2^i X_{i,2} - \left(\sum_{j \geq 3} \lambda_{h,j}^i(t) \right) X_{i,1} - (\psi_1^i + b_1^i) X_{i,1} \quad (1)$$

$\lambda_{h,j}^i(t)$ 表示感染 HIV 的概率,即从未感染的状态进展到急性感染期的概率。未感染的低风险(LR-MSM)人群感染 HIV 的概率分别如公式(2)所示。其中, n_1 表示 LR-MSM 年均同性性伴数。 $\eta_{1,1}$ 表示

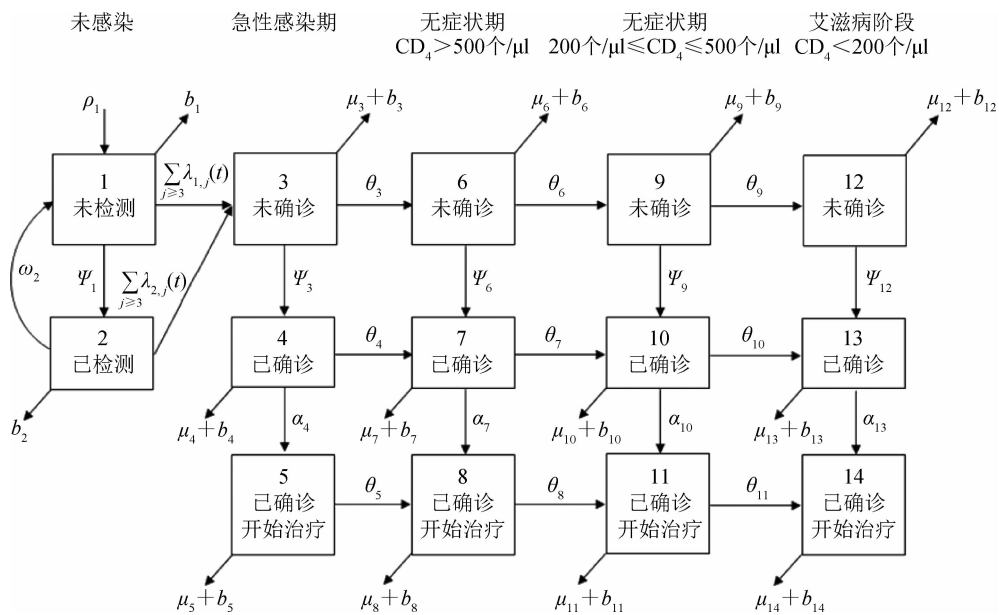


图 1 HIV 仓室模型基本结构示意图及基本参数

表 2 HIV 仓室模型结构符号、参数含义及收集计算方法

符号	参数含义
$X_{i,j}$	亚组人群 i 处于疾病状态 j 的人数 (LR-MSM $i=1$; HR-MSM $i=2$)
b_j^i	一般人群的年死亡率 (非艾滋病相关)
μ_j^i	艾滋病相关年死亡率
ρ_1^i	年进入率 (Annual entry rate) $\rho = -\ln \left(1 - \frac{15 \text{ years old population}}{15 \sim 64 \text{ years old population}} \right) + \text{growth rate}$
b_j^i	年成熟率 (Annual maturation rate) $b = -\ln \left(1 - \frac{64 \text{ years old population}}{15 \sim 64 \text{ years old population}} \right) + \text{mortality rate}$
ψ_j^i	亚组人群 i 处于疾病状态 j 的人群 HIV 检测率
$1/\omega_2^i$	亚组人群 i 未感染停留在已检测状态的时间
α_j^i	确诊的 HIV 感染者接受治疗的比例
θ_j^i	HIV 感染疾病病程进展率
$\lambda_{i,j}^i(t)$	感染 HIV 的概率

LR-MSM 与 LR-MSM 发生性行为的比例, $\eta_{1,2}$ 表示 LR-MSM 与高风险 MSM (HR-MSM) 发生性行为的比例, 由 LR-MSM 与 HR-MSM 处于各状态的人数、LR-MSM 与 HR-MSM 年均同性性伴数、被诊断为 HIV 感染者后性行为减少率、艾滋病阶段患者的性行为减少率间接计算获得。 u_1 表示 LR-MSM 同性性行为中安全套使用率; κ 表示安全套预防 HIV 感染的有效率。 $N_LRMSM_j (j=3 \sim 14)$ 表示健康 MSM 人群不会被 HIV 阳性 LR-MSM 感染的概率, 由 LR-MSM 处于状态 3 ~ 14 的人数、LR-MSM 年均同性性伴数、LR-MSM 总的同性性行为数、不同疾病阶段的感染者每次经同性性行为传播 HIV 的概率、被诊断为感染者后性行为减少率、艾滋病阶段患者的性行为减少率、抗病毒治疗 (ART) 的有效率间接计算获得

(N_HRMSM_j 同理)。未感染的 HR-MSM 人群感染 HIV 的概率, 同理计算可得 (公式和方法参见文献 [11-12])。

$$\sum_{j \geq 3} \lambda_{1,j}^1(t) = \sum_{j \geq 3} \lambda_{2,j}^2(t) = \sum_{j \geq 3} \left\{ 1 - N_LRMSM_j^{n_1, 1^{n_1(1-u_1\kappa)}} \right\} + \sum_{j \geq 3} \left\{ 1 - N_HRMSM_j^{n_2, 2^{n_2(1-u_1\kappa)}} \right\} \quad (2)$$

(2) 模型假设: ①模型中 MSM 人群中 HIV 的传播只通过同性性行为进行, 不考虑异性性行为或其他途径。②本模型的评估时间为 2010—2017 年, 根据艾滋病治疗指南的变化, 假定 2015 年以前, 仅对 CD_4^+ T 淋巴细胞 (CD_4) ≤ 500 个/ μ l 的 HIV 感染者提供 ART, 2016 和 2017 年扩大至全部的 HIV 感染者。③ART 的有效率为 90% [13]; AIDS 阶段的性行为减少率为 90%。

(3) 模型参数的收集与初始值的确定: 通过检索公开发表的文献、灰色文献与广州市互联网型 MSM 艾滋病哨点检测数据、网络直报数据分析等多个途径, 收集 MSM 的各项参数用于 HIV 仓室模型的构建。模型的初始值是 2008 年各状态的 MSM 人数, 广州市 CDC 对 MSM 规模估算为 56 000 人 [3], 因广州市互联网型 MSM 约占 MSM 总体的 70% [8-9], 因此本模型中广州市互联网型 MSM 数量确定为 39 200 人。模型主要参数及变量的具体数值, 见表 3 [14-24]。

(4) 模型的考核与校正: 从广州市 CDC 获知, 2008—2015 年广州市互联网型 MSM 监测结果, HIV

表 3 HIV 仓室模型参数及变量具体数值

参 数	具体数值	文献或来源
人群特征参数		
互联网型 MSM 数量	39 200	广州市 CDC 估算
人口死亡率(2008 年)	0.005 7	2009 年广州市统计年鉴
人群进入率	0.032 05	结合广州市第六次人口普查数据计算所得
人群成熟率	0.010 343 8	
不同阶段 HIV 相关的年死亡率		
无症状阶段 (CD ₄ >500 个/μl)	0.02	[14]
有症状阶段 (200 个/μl<CD ₄ ≤500 个/μl)	0.063	[14]
艾滋病阶段 (CD ₄ ≤200 个/μl)	0.22	[15-16]
有症状阶段(进行治疗)	0.03	[14-17]
艾滋病阶段(进行治疗)	0.02	[17]
2008 年 HIV 不同感染阶段比例(%)		
急性感染期	5	
无症状阶段 (CD ₄ >500 个/μl)	21	
有症状阶段 (200 个/μl<CD ₄ ≤500 个/μl)	67	
艾滋病阶段 (CD ₄ ≤200 个/μl)	7	
不同疾病阶段的 HIV 感染者通过男男性行为传播 HIV 的概率		
无症状阶段	0.04	[18]
有症状阶段	0.05	[18]
艾滋病阶段	0.12	[18]
2008 年平均同性性伴数(个)		
MSM	8.45	监测数据,由最近半年同性性伴数计算 ^[19]
高风险 MSM	20	假设 ^[20]
低风险 MSM	5.69	计算得出,平衡低风险 MSM 与高风险 MSM 组成的性伴关系总数
2008—2017 年 MSM 同性性行为安全套使用率(%)		
安全套预防 HIV 感染的效率	38.5 ~ 63.8	哨点监测数据
HIV 检测相关参数		
2008—2017 年 HIV 检测率(%)	16.4 ~ 71	哨点监测数据
被诊断为 HIV 感染者后性行为的减少(%)	20	[22]
艾滋病阶段性行为的减少(%)	90	假设
抗病毒治疗相关参数		
2008—2017 年已确诊者的抗病毒治疗比例(%)	50.1 ~ 82.3	广州市第八人民医院报告
抗病毒治疗减弱经性行为传播 HIV 的效力(%)	90	[23]
HIV 不同感染阶段的平均时间(年)		
急性感染期	0.25	[24]
CD ₄ >500 个/μl	1.19	[24]
200 个/μl≤CD ₄ ≤500 个/μl	6.74	[24]

感染率分别为 5.0%、3.9%、7.7%、9.3%、10.0%、11.4%、12.3% 和 11.0%。广州市从 2010 年开始启动“互联网+艾滋病综合预防服务体系”,故本研究将 2008—2010 年广州市 MSM HIV 感染率(分别为 5.0%、6.5% 和 7.7%)作为模型校准依据。首先利用敏感度分析,计算模型输入参数对输出结果的贡献比例,确定哪些参数为重要参数,再利用 beta 分布在主要参数的波动范围内进行 1 000 次抽样,将 1 000 次抽样的参数组合输入到 HIV 仓室模型,获得相应的多次模型输出结果;将 1 000 组模型输出的 HIV 感染率与校准依据进行比较,选取输出结果与校准依据的方差 D 最小的模型为最优模型,最后选取拟合优度最佳的前 400 组模型结果,作为本研究的敏感区

间。 i 表示年份, $i \in [2008, 2010]$ 。

方差 D 计算公式为: $D_i = 2Y_i \ln \left(\frac{Y_i}{\mu_i} \right) - (Y_i - \mu_i)$, 故

$$D = 2 \sum_i \left[Y_i \ln \left(\frac{Y_i}{\mu_i} \right) - (Y_i - \mu_i) \right]$$

(5)模型的应用:本研究将应用模型模拟两种不同情境下的 HIV 流行趋势。模型输出指标:①每年新发的 HIV 感染人数;②累计新发感染的人数;③每年 HIV 感染率。本研究的情境设置包括:①基线模式:2010 年后所有的干预参数(例如检测、治疗、性行为相关等参数)将保持在广州市“互联网+艾滋病综合预防服务体系”开展前的比例水平。②“互联网+艾滋病综合预防服务体系”:2010 年后,检测、治

疗、性行为等所有的干预参数使用开展“互联网+艾滋病综合预防服务体系”,广州市网络来源 MSM 艾滋病哨点监测数据。

结 果

模型以广州市 2008—2010 年互联网型 MSM 监测数据中的 HIV 感染率作为模型校准依据,进行 1 000 次随机模拟后,模拟结果与校准依据的方差 D 值范围为(0.002 0~0.002 9),模型拟合结果通过拟合优度检验与实际监测数据差异无统计学意义($P>0.95$),模型拟合结果较好。再使用模型基于不同的干预参数(例如检测、治疗、性行为相关参数),分别预测了基线与“互联网+”服务体系下广州市互联网型 MSM HIV 感染流行情况。

1. 基线情况:图 2 所示,在 HIV 行为相关参数(例如检测、治疗、性行为相关参数)保持在广州市

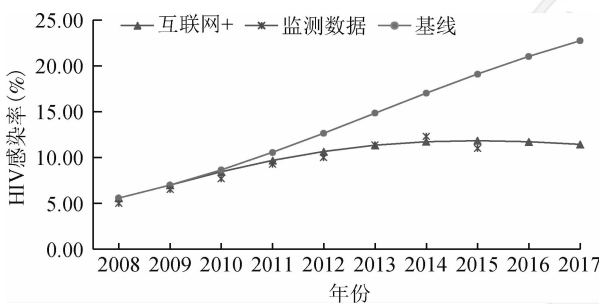


图 2 2008—2017 年广州市互联网型 MSM HIV 流行趋势

“互联网+艾滋病综合预防服务体系”运行前的水平情况下,2010—2017 年广州市 MSM 的 HIV 感染率呈现逐年上升趋势,2017 年 HIV 感染率上升到 22.75%,累计新发 HIV 感染者 11 038 例,见表 4。

2. “互联网+”服务体系情况:2010 年广州市“互联网+艾滋病综合预防服务体系”开始运行,互联网型 MSM 的 HIV 相关行为参数发生改变,输入模型后模拟结果见图 2,互联网型 MSM HIV 感染率呈先上升后缓慢降低趋势,2015 年达到峰值(11.83%),2017 年降至 11.43%;2010—2017 年累计新发 HIV 感染者 4 009 例,与基线相比,累计减少新发 HIV 感染者 7 029 例(63.68%),见表 4。

讨 论

2010 年广州市 MSM“互联网+艾滋病综合预防服务体系”启动后,广州市互联网型 MSM HIV 检测与高危性行为情况明显改善。2010—2017 年,MSM HIV 检测率从 44.0%提升至 71.0%,治疗率由 52.1%上升至 86.5%,无保护肛交发生率由 59.3%降至 36.2%,最近 6 个月平均同性性伴数也从 4 人减少为 3 人;与国内其他地区曾尝试利用 QQ、微信平台开展 MSM 艾滋病互联网干预的结果一致,互联网干预措施对减少 MSM 危险性行为、促进 HIV 检测治疗方面改变效果明显^[25-27],说明在互联网型 MSM 中积极开展互联网干预服务能有效促进 HIV 相关行为改变。本研究模型评估结果提示,广州市互联网型

表 4 2010—2017 年基线与“互联网+”服务体系模式下互联网型 MSM 的 HIV 感染率及累计发病人数

指标	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
基线模式				
HIV 感染人数	1 024(1 024 ~ 1 061)	1 193(1 193 ~ 1 233)	1 338(1 338 ~ 1 364)	1 444(1 437 ~ 1 449)
HIV 累计感染人数	1 024(1 024 ~ 1 061)	2 217(2 217 ~ 2 294)	3 554(3 554 ~ 3 658)	4 999(4 992 ~ 5 108)
HIV 感染率(%)	8.65(8.65 ~ 8.77)	10.56(10.56 ~ 10.76)	12.65(12.65 ~ 12.92)	14.84(14.84 ~ 15.12)
“互联网+”服务体系				
HIV 感染人数	838(838 ~ 868)	791(791 ~ 823)	690(690 ~ 719)	583(583 ~ 609)
HIV 累计感染人数	838(838 ~ 868)	1 629(1 629 ~ 1 691)	2 319(2 319 ~ 2 410)	2 902(2 902 ~ 3 019)
HIV 感染率(%)	8.44(8.44 ~ 8.55)	9.68(9.68 ~ 9.85)	10.65(10.65 ~ 10.89)	11.34(11.34 ~ 11.62)
累计避免 HIV 感染人数	186(156 ~ 223)	588(526 ~ 665)	1 235(1 145 ~ 1 339)	2 097(1 973 ~ 2 205)
指标	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
基线模式				
HIV 感染人数	1 507(1 461 ~ 1 507)	1 529(1 438 ~ 1 529)	1 518(1 389 ~ 1 518)	1 485(1 327 ~ 1 485)
HIV 累计感染人数	6 506(6 452 ~ 6 615)	8 035(7 891 ~ 8 144)	9 553(9 279 ~ 9 662)	11 038(10 606 ~ 11 147)
HIV 感染率(%)	17.02(17.02 ~ 17.23)	19.11(19.09 ~ 19.18)	21.03(20.80 ~ 21.03)	22.75(22.21 ~ 22.75)
“互联网+”服务体系				
HIV 感染人数	440(440 ~ 460)	317(317 ~ 333)	214(214 ~ 226)	135(135 ~ 143)
HIV 累计感染人数	3 343(3 343 ~ 3 479)	3 660(3 660 ~ 3 812)	3 874(3 874 ~ 4 037)	4 009(4 009 ~ 4 180)
HIV 感染率(%)	11.73(11.73 ~ 12.05)	11.83(11.83 ~ 12.17)	11.71(11.71 ~ 12.06)	11.43(11.43 ~ 11.77)
累计避免 HIV 感染人数	3 163(2 974 ~ 3 272)	4 375(4 079 ~ 4 484)	5 679(5 242 ~ 5 788)	7 029(6 426 ~ 7 137)

注: 括号内数据为本研究的敏感区间(拟合优度最佳的前 400 组模型结果)

MSM 改变 HIV 相关行为,能降低 HIV 的传播风险,可一定程度减少新发 HIV 感染人数,对落实本地防控措施起到良好效果。

WHO 和 UNAIDS 开发的 Workbook 法和 Spectrum/EPP 模型常用于地区艾滋病疫情的估计,为政策倡导和卫生资源分配提供参考^[28]。而本研究的仓室模型在充分考虑 HIV 高危人群行为特征的基础上,基于传染病流行规律模拟不同干预模式的疾病动态发展,适用于评价干预措施效果。仓室模型通过输入相关行为参数(如 MSM 检测、治疗和高危行为等 HIV 传播的相关因素),对比广州市该体系开展前后的两种行为参数水平下,预测 HIV 流行趋势,得出 HIV 累计避免感染人数,定量评价其防治效果。结果显示,2010—2017 年累计减少新发 HIV 感染者 7 029 例(63.68%),MSM HIV 感染率在 2015 年达到峰值后,上升势头得到遏制。广州市该体系下模型模拟的互联网型 MSM HIV 感染率,与 2011—2015 年广州市互联网型 MSM 监测 HIV 感染率变化趋势一致,提示模型拟合结果较为合理。

本研究存在不足。①模型设置考虑了性活跃年龄,删除 ≤15、≥65 岁人群,也未考虑外来流动人口对广州市 MSM 规模的影响;②未考虑 MSM 中异性性行为传播途径;③HIV 感染者的临床分期仅考虑 CD₄ 水平,未考虑病毒载量、临床症状与体征指标;④2010 年后的互联网型 MSM HIV 相关行为的改变,全部归因于广州市该体系,一定程度上高估了其防治效果。

综上所述,构建的模型拟合结果较为合理,适用于预测广州市互联网型 MSM HIV 流行趋势;广州市自 2010 年开展该体系以来,到 2015 年基本遏制了互联网型 MSM 新发 HIV 感染的上升势头,其防治效果良好。应用互联网新媒体的创新技术为 MSM 提供优质的综合预防服务,能有效防控 MSM 艾滋病流行。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中国疾病预防控制中心性病艾滋病预防控制中心,中国疾病预防控制中心性病控制中心. 2017 年 12 月全国艾滋病性病疫情[J]. 中国艾滋病性病, 2018, 24(2): 111. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2018.02.01.
- [2] He J, Xu HF, Cheng WB, et al. Intimate relationship characteristics as determinants of HIV risk among men who have sex with regular male sex partners: a cross-sectional study in Guangzhou, China [J]. BMC Infect Dis, 2018, 18: 150. DOI: 10.1186/s12879-018-3044-6.
- [3] 钟斐,徐慧芳,秦发举,等. 广州市 2000—2010 年男男性行为人群艾滋病流行状况分析[J]. 热带医学杂志, 2014, 14(3): 353-357.
- [4] 张北川,李秀芳,胡铁中,等. 中国大陆男男性接触者艾滋病性病高危行为情况调查[J]. 中华流行病学杂志, 2001, 22(5): 334-336. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2001.05.009.
- [5] 张北川,曾毅,许华,等. 中国部分城市 2004 年 1 389 例男男性接触者艾滋病高危行为及相关因素调查[J]. 中华流行病学杂志, 2007, 28(1): 32-36. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2007.01.008.
- [6] Bull SS, McFarlane M, Rietmeijer C. HIV and sexually transmitted infection risk behaviors among men seeking sex with men on-line [J]. Am J Public Health, 2001, 91(6): 988-989. DOI: 10.2105/ajph.91.6.988.
- [7] Al-Tayyib AA, McFarlane M, Kachur R, et al. Finding sex partners on the internet: what is the risk for sexually transmitted infections? [J]. Sex Trans Infect, 2009, 85(3): 216-220. DOI: 10.1136/sti.2008.032631.
- [8] Zhong F, Lin P, Xu HF, et al. Possible increase in HIV and syphilis prevalence among men who have sex with men in Guangzhou, China: results from a respondent-driven sampling survey [J]. AIDS Behav, 2011, 15(5): 1058-1066. DOI: 10.1007/s10461-009-9619-x.
- [9] Zhong F, Liang BH, Xu HF, et al. Increasing HIV and decreasing syphilis prevalence in a context of persistently high unprotected anal intercourse, six consecutive annual surveys among men who have sex with men in Guangzhou, China, 2008 to 2013 [J]. PLoS One, 2014, 9(7): e103136. DOI: 10.1371/journal.pone.0103136.
- [10] 程伟彬,徐慧芳,钟斐,等. 2010—2015 年广州市“互联网+”艾滋病预防服务在男男性行为人群中的应用[J]. 中华预防医学杂志, 2016, 50(10): 853-857. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2016.10.004.

Cheng WB, Xu HF, Zhong F, et al. Application of “Internet Plus” AIDS prevention services among men who have sex with men in

- Guangzhou, China: Results from 2010 to 2015 [J]. *Chin J Prev Med*, 2016, 50 (10) : 853-857. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2016.10.004.
- [11] 王科儒, 彭丽萍, 顾菁, 等. 应用传染病动力学模型预测“三个90%”目标与暴露前预防用药对我国男男性行为人群消除艾滋病的影响[J]. *中华流行病学杂志*, 2018, 39(11) : 1507-1514. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.11.017.
- Wang KR, Peng LP, Gu J, et al. Impact of the 90-90-90 goal and pre-exposure prophylaxis on HIV transmission and elimination in men who have sex with men in China: a mathematical modeling study [J]. *Chin J Epidemiol*, 2018, 39 (11) : 1507-1514. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.11.017.
- [12] Li JH, Peng LP, Gilmour S, et al. A mathematical model of biomedical interventions for HIV prevention among men who have sex with men in China [J]. *BMC Infect Dis*, 2018, 18: 600. DOI: 10.1186/s12879-018-3516-8.
- [13] 吴尊友. 我国实现艾滋病防治策略三个90%的进展与挑战[J]. *中华疾病控制杂志*, 2016, 20(12) : 1187-1189. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2016.12.001.
- Wu ZY. The progress and challenges of promoting HIV/AIDS 90-90-90 strategies in China [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2016, 20(12) : 1187-1189. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2016.12.001.
- [14] Palella FJ Jr, Deloria-Knoll M, Chmiel JS, et al. Survival benefit of initiating antiretroviral therapy in HIV-infected persons in different CD₄⁺ cell strata [J]. *Ann Int Med*, 2003, 138 (8) : 620-626. DOI: 10.7326/0003-4819-138-8-200304150-00007.
- [15] Dunn D, Woodburn P, Duong T, et al. Current CD₄ cell count and the short-term risk of AIDS and death before the availability of effective antiretroviral therapy in HIV-infected children and adults [J]. *J Infect Dis*, 2008, 197 (3) : 398-404. DOI: 10.1086/524686.
- [16] Ickovics JR, Hamburger ME, Vlahov D, et al. Mortality, CD₄ cell count decline, and depressive symptoms among HIV-seropositive women-Longitudinal analysis from the HIV epidemiology research study [J]. *JAMA*, 2001, 285 (11) : 1466-1474. DOI: 10.1001/jama.285.11.1466.
- [17] Zhang FJ, Dou ZH, Ma Y, et al. Five-year outcomes of the China national free antiretroviral treatment program [J]. *Ann Int Med*, 2009, 151 (4) : 241-251. DOI: 10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00006.
- [18] Caceres CF, van Griensven GJ. Male homosexual transmission of HIV-1 [J]. *AIDS*, 1994, 8 (8) : 1051-1061. DOI: 10.1097/00002030-199408000-00004.
- [19] Zhang L, Fung Chow EP, Wilson DP. Men who have sex with men in China have relatively low numbers of sexual partners [J]. *Infect Dis Rep*, 2011, 3(1) : e10. DOI: 10.4081/idr.2011.e10.
- [20] 蔡文德, 冯铁建, 谭京广, 等. 男同性恋者行为特征和STD/HIV感染的调查 [J]. *现代预防医学*, 2005, 32(4) : 328-330. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8507.2005.04.021.
- Cai WD, Feng TJ, Tan JG, et al. A survey of the characteristics and STD/HIV infection of homosexuality in Shenzhen [J]. *Mod Prev Med*, 2005, 32 (4) : 328-330. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8507.2005.04.021.
- [21] Cayley WE Jr. Effectiveness of condoms in reducing heterosexual transmission of HIV [J]. *Am Fam Physician*, 2004, 70(7) : 1268-1269.
- [22] Kamb ML, Fishbein M, Douglas JM Jr, et al. Efficacy of risk-reduction counseling to prevent human immunodeficiency virus and sexually transmitted diseases: a randomized controlled trial [J]. *JAMA*, 1998, 280 (13) : 1161-1167. DOI: 10.1001/jama.280.13.1161.
- [23] Castilla J, Del Romero J, Hernando V, et al. Effectiveness of highly active antiretroviral therapy in reducing heterosexual transmission of HIV [J]. *J Acquir Immune Defic Syndr*, 2005, 40 (1) : 96-101. DOI: 10.1097/01.qai.0000157389.78374.45.
- [24] Lodi S, Phillips A, Touloumi G, et al. Time from human immunodeficiency virus seroconversion to reaching CD₄⁺ cell count thresholds <200, <350, and <500 Cells/mm³ : assessment of need following changes in treatment guidelines [J]. *Clin Infect Dis*, 2011, 53(8) : 817-825. DOI: 10.1093/cid/cir494.
- [25] 闫红梅, 高聪, 李一, 等. 利用QQ开展MSM人群艾滋病高危行为干预效果评估 [J]. *中国艾滋病性病*, 2013, 19(3) : 174-176, 179. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2013.03.017.
- Yan HM, Gao C, Li Y, et al. Evaluation of QQ-based HIV high-risk behavior interventions for MSM population [J]. *Chin J AIDS STD*, 2013, 19 (3) : 174-176, 179. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2013.03.017.
- [26] 张桐亮, 刘忠, 孙淑艳. 男性同性恋人群艾滋病防治工作网络干预效果评价 [J]. *预防医学论坛*, 2014, 20(8) : 609-610, 615.
- Zhang TL, Liu Z, Sun SY. Evaluation of web-based HIV/AIDS interventions among men who have sex with men [J]. *Prev Med Trib*, 2014, 20(8) : 609-610, 615.
- [27] 刘连青, 李平, 李季. 利用网络开展MSM人群预防艾滋病行为干预效果评价 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2014, 18(12) : 1232-1234.
- Liu LQ, Li P, Li J. Analysis on effects of the AIDS infections intervention for MSM using Internet [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2014, 18(12) : 1232-1234.
- [28] 刘珏, 刘民, 陶丽丽, 等. 估计和预测艾滋病疫情的Spectrum/EPP模型研究进展 [J]. *中国艾滋病性病*, 2014, 20(4) : 298-302. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2014.04.026.
- Liu Y, Liu M, Tao LL, et al. Research progress on the spectrum/estimation and projection package (EPP) model for estimating and predicting HIV/AIDS epidemic [J]. *Chin J AIDS STD*, 2014, 20(4) : 298-302. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2014.04.026.

(收稿日期: 2019-04-13)

(本文编辑: 斗智)