

北京市2005—2012年男男性行为者同伴推动抽样法HIV监测分析

孙燕鸣 孙伟东 卢红艳 辛若雷 贺淑芳 张琴 岳海 范新刚 马小燕

100013 北京,北京市疾病预防控制中心性病艾滋病防治所

通信作者:马小燕, Email: mxiaoyan@hotmail.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.10.014

【摘要】 目的 探索采用同伴推动抽样法(Respondent-Driven Sampling, RDS)开展MSM HIV监测的可行性及该人群HIV感染趋势分析。方法 2005—2012年每年4—10月采用RDS法在北京征募MSM开展调查,了解目标人群人口学特征、艾滋病相关危险行为以及HIV和梅毒感染状况。结果 2005—2012年各调查427, 540, 607, 614, 616, 602, 579和600名MSM。HIV感染率由2005年的4.2%(95%CI: 1.9~7.0)上升至2012年的10.1%(95%CI: 7.2~13.2, $P=0.02$)。外地户籍、25岁以上和高中及以下教育水平MSM HIV感染率人群估计分别从3.3%(95%CI: 1.8~5.4)、6.4%(95%CI: 2.2~9.5)和5.5%(95%CI: 2.2~8.9)升至2012年的10.7%(95%CI: 7.8~14.6, $P=0.04$)、7.6%(95%CI: 5.4~10.3, $P=0.04$)和10.4%(95%CI: 7.2~14.3, $P=0.04$)。25岁及以下者和高中以上文化程度者HIV感染率分别自2009和2007年起开始上升,从1.7%(95%CI: 0.4~3.1)和1.1%(95%CI: 0.2~1.7)升至13.7%(95%CI: 7.2~20.4)和9.1%(95%CI: 4.7~13.8),未达显著性水平。最近6个月有2~9名男性伴者HIV感染率由2005年的4.0%(95%CI: 1.0~8.0)上升至2012年的12.6%(95%CI: 8.7~16.7, $P=0.02$)。结论 RDS是一种稳定性较高的隐匿人群抽样方法,可用于长期监测。2005—2012年北京市MSM人群HIV感染率呈上升趋势,应重点关注MSM人群中的年轻人及高学历者。

【关键词】 艾滋病病毒; 同伴推动抽样法; 男男性行为者; 监测

Surveillance for HIV infection in MSM selected through respondent driven sampling in Beijing, 2005–2012 Sun Yanming, Sun Weidong, Lu Hongyan, Xin Ruolei, He Shufang, Zhang Qin, Yue Hai, Fan Xingang, Ma Xiaoyan

HIV/STD Department, Beijing Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100013, China

Corresponding author: Ma Xiaoyan, Email: mxiaoyan@hotmail.com

【Abstract】 **Objective** To understand the HIV prevalence among men who have sex with men (MSM) and discuss the feasibility of respondent driven sampling (RDS) as a tool to conduct long term HIV surveillance in MSM in Beijing. **Methods** From 2005 to 2012 RDS was used to recruit MSM for face-to-face interview with structured questionnaire to collect their demographic characteristics and HIV risk-related behavior. Blood samples were collected from them for HIV test. **Results** A total of 427, 540, 607, 614, 616, 602, 579 and 600 MSM were surveyed, respectively, from 2005 to 2012. The HIV infection prevalence increased from 4.2% (95% CI: 1.9–7.0) in 2005 to 10.1% (95% CI: 7.2–13.2) in 2012 ($P=0.02$). Meanwhile, HIV prevalence substantially increased among MSM aged > 25 years, in floating population and with lower education level (\leq high school), from 6.4% (95% CI: 2.2–9.5), 3.3% (95% CI: 1.8–5.4) and 5.5% (95% CI: 2.2–8.9) in 2005 to 7.6% (95% CI: 5.4–10.3, $P=0.04$), 10.7% (95% CI: 7.8–14.6, $P=0.04$) and 10.4% (95% CI: 7.2–14.3, $P=0.04$) in 2012, respectively. Moreover, the HIV infection prevalence in MSM aged \leq 25 years old and with higher education level (>high school) increased from 1.7% (95% CI: 0.4–3.1) in 2009 and 1.1% (95% CI: 0.2–1.7) in 2007 to 13.7% (95% CI: 7.2–20.4) and 9.1% (95% CI: 4.7–13.8) in 2012, respectively, the differences were not significant. Furthermore, the HIV infection prevalence in MSM who had 2–9 male sex partners in the last six months increased from 4.0% (95% CI: 1.0–8.0) in 2005 to 12.6% (95% CI: 8.7–16.7) in 2012 ($P=0.02$). **Conclusions** Studies have shown that RDS is an effective and feasible sampling method for long term HIV surveillance in MSM. The HIV infection prevalence in MSM in Beijing increased from 2005 to 2012, especially among those with older age, in floating

population and with lower educational level. More attention should be paid to MSM with younger age and with higher educational level.

【Key words】 HIV; Respondents-driven sampling; Men who have sex with men; Surveillance

MSM人群是艾滋病感染的高危险行为人群,我国每年报告的新发现HIV感染者中,MSM的比例从2005年的2.5%上升至2014年的25.8%^[1]。2011年我国艾滋病疫情估计的48 000例新发感染者中,29.4%为同性性传播^[2]。据调查北京约有MSM 10万~30万^[3]。及时了解该人群HIV感染率及相关因素的变化,对卫生部门开展预防控制工作和制定政策有重要意义。MSM属隐匿人群,缺乏有效的抽样框架,无法使用传统的抽样方法获取有代表性的样本,导致不同地区和同一地区不同年份间缺乏可比性。1994年美国研究静脉毒品使用者HIV相关危险行为中首次采用了同伴推动抽样法(RDS)方法^[4],2003年后该方法广泛用于收集隐匿人群的HIV生物学和行为学资料^[5]。北京市2004年应用RDS方法开展MSM抽样调查^[6],而国内该方法主要集中在一次性调查^[7-9]。本文采用RDS方法对2004—2012年北京市MSM人群进行调查获得的人口学特征和HIV感染率变化情况进行分析。

对象与方法

1. 调查对象:近一年发生过男男同性性行为(同性口交或肛交)、活跃在北京市、年满16岁且自愿参加调查的MSM。

2. 招募方法:2005—2012年每年4—10月,采用RDS方法^[4]在北京市招募研究对象,招募过程中不断评价招募对象的同质性(homophily),直至样本结构达到平衡^[4,10-11]。首先根据年龄、场所、受教育程度等因素在MSM志愿者中选择初始“种子”,由“种子”凭借征募卡推荐3位同伴接受调查。以此类推,征募过程直至主要调查变量达到平衡。征募关系通过唯一的征募卡号码体现,社会网络规模通过调查表的问题获得。社会网络问题为“你认识多少MSM?这种认识是指你熟悉对方的面孔,不必确切知道对方的名字或电话号码”。

3. 调查内容:调查对象凭征募卡到北京市CDC艾滋病自愿咨询检测(VCT)门诊参与调查。经知情同意后,进行个人信息登记,抽取血样,采用标准化问卷由经过培训的调查员面对面收集调查对象一般情况和行为信息。

4. 实验室检测:2005—2008年样品采用美国雅培和荷兰阿克苏生物制品公司生产的血清HIV-1和

HIV-2抗体酶联免疫(ELISA)检测试剂进行平行初筛,2008年以后采用上海科华生物工程股份有限公司,北京万泰生物药业股份有限公司产品进行初筛,两种之一初筛为阳性再用Genelabs公司生产的血清HIV蛋白印迹法(Western blot)试剂进行确认,阳性即判为HIV抗体阳性。梅毒采用北京金豪和英科新川生物制品公司生产的梅毒抗体酶联免疫试剂进行梅毒抗体检测,阳性者判为梅毒抗体阳性,进而用北京万泰生物药业公司生产的梅毒RPR试剂进行检测,阳性者判为梅毒RPR阳性。

5. 统计学分析:采用Stata软件进行资料整理,Rdsat软件进行分析,以粗的点估计、人群调整点估计和95%CI展现调查结果。由于Rdsat软件不能进行统计学检验,故用95%CI解释差异,即如果95%CI无交叠认为差异有统计学意义。Excel软件进行变量平衡性分析。应用Stata中nptrend命令,Wisconsin法对HIV感染率人群估计进行趋势检验。

结果

2005—2012年所用种子数分别为10、8、7、9、7、7、9、8个,征募的样本分别为427、540、607、614、616、602、579、600。网络征募见图1。

1. 人口学特征:研究对象年龄、教育程度、婚姻状况等主要人口学指标在10层左右时均达到平衡,调查总层数在15~24层。研究对象平均年龄在(28.2±7.5)岁~(29.8±8.1)岁之间。比较各年度调查对象人口学特征,除有工作者所占比例和月收入呈上升趋势外,历年样本主要人口学特征基本稳定,趋势检验差异无统计学意义。见表1。

2. 主要高危变量特征:结果详见表1。①性取向:自我报告为同性恋者人群估计比最高,趋势检验呈逐年上升趋势($P=0.02$),由2005年的38.2%(95%CI:32.9~44.5)升至2012年的69.6%(95%CI:65.9~74.5),95%CI无交叠;双性恋者所占比例略低并逐年下降。②首个性伴:首个性伴为男性者人群估计比无明显变化趋势,95%CI相互交叠。③无保护肛交:最近6个月无保护插入肛交者人群估计比呈明显下降趋势($P=0.01$),由2005年的55.6%(95%CI:49.6~61.9)降至2012年的22.5%(95%CI:19.0~26.3)。被插入肛交比例也呈下降趋势,但差异无统计学意义。④最近6个月男性性伴数:1名性

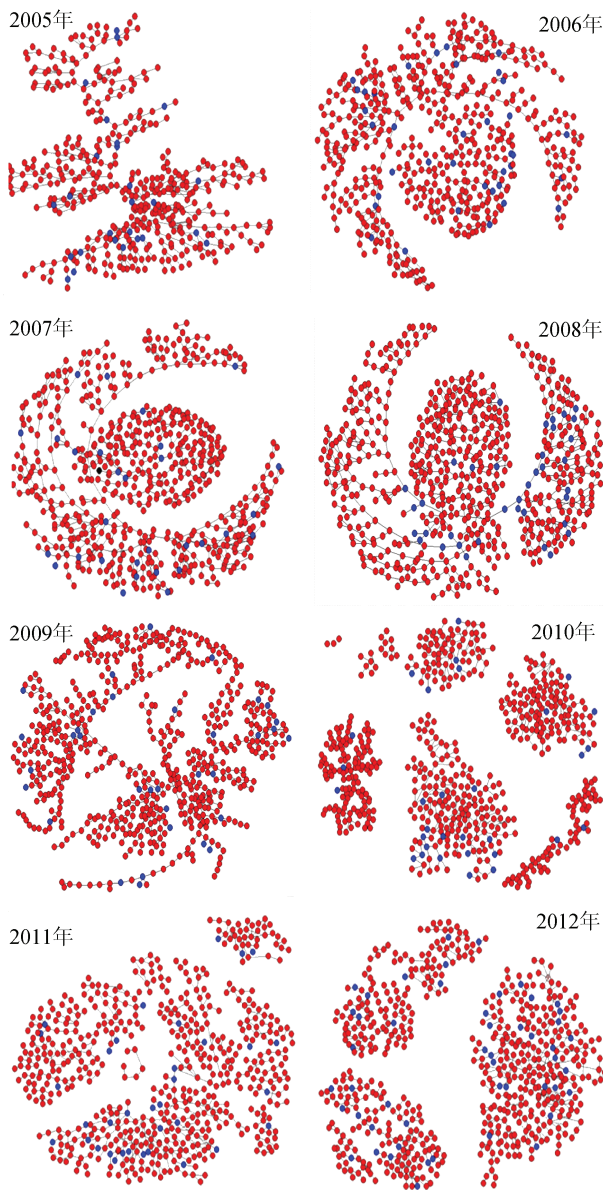


图1 2005—2012年MSM调查网络征募图 (红色为HIV阴性,蓝色为阳性)

伴的MSM人群估计比无明显变化,由2005年的34.5% (95%CI: 28.1~40.4) 升至2012年的41.0% (95%CI: 36.1~45.6)。2~9名性伴者比例最高,维持在50.0%左右,历年间无明显变化。⑤通过网络找男性性伴的MSM估计比由2005年的32.0% (95%CI: 26.0~37.9) 升至2012年的54.7% (95%CI: 49.9~59.5),但整体趋势检验无统计学意义。⑥曾做过HIV检测者人群估计比呈上升趋势($P=0.01$),由2005年的14.1% (95%CI: 11.0~19.9) 升至2012年的67.8% (95%CI: 64.5~72.9)。⑦HIV感染率人群估计值呈波浪式上升($P=0.02$),由2005年的4.2% (95%CI: 1.9~7.0) 升至2012年的10.1% (95%CI: 7.2~13.2), 95%CI无交叠,见图2。⑧梅毒感染现患

率的人群估计值呈波动性下降,95%CI交叠,趋势性检验无统计学意义。

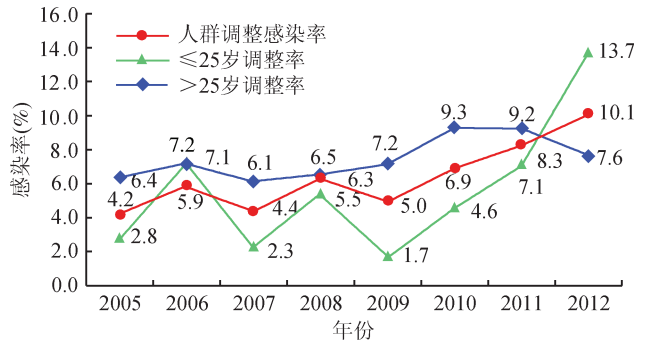


图2 2005—2012年北京市MSM HIV感染人群调整率及按年龄分层趋势

3. HIV感染率分层分析:结果见表2。①年龄≤25岁MSM的HIV人群估计感染率呈波浪式上升,由2005年的2.8% (95%CI: 0.7~5.6) 升至2012年的13.7% (95%CI: 7.2~20.4), 95%CI无交叠,但历年间趋势检验无统计学意义($P=0.31$); >25岁HIV感染率一直处于较高水平,趋势检验显示逐年缓慢上升($P=0.04$),见图2。②受教育水平:高中及以下组HIV感染率一直处于较高水平,历年95%CI相互交叠,呈缓慢上升趋势($P=0.04$);高中以上组HIV感染率8年趋势检验无统计学意义,但自2007年起上升明显,由1.1% (95%CI: 0.2~1.7) 升至2012年的9.1% (95%CI: 4.7~13.8), 95%CI无交叠。③户籍:北京市户籍MSM HIV感染率无明显变化;外地户籍者感染率处于较高水平并呈上升趋势,由2005年3.3% (95%CI: 1.8~5.4) 升至2012年10.7% (95%CI: 7.8~14.6), 趋势检验差异有统计学意义($P=0.04$)。④婚姻状况:单身和已婚者HIV感染率无明显变化;离异/丧偶者波动幅度大,呈上升趋势,由2005年的2.1% (95%CI: 0.0~6.0) 升至2012年的20.4% (95%CI: 8.6~37.3), 95%CI无交叠。⑤经济收入:月收入1000~2999元组HIV感染率呈上升趋势($P=0.04$),由3.8% (95%CI: 1.4~7.6) 升至12.1% (95%CI: 7.5~16.4)。<1000元组和≥3000元组趋势检验无统计学意义。⑥最近6个月不同水平的男性性伴数:2~9名男性性伴组HIV感染率处于较高水平,且呈上升趋势($P=0.02$),由4.0% (95%CI: 1.0~8.0) 升至12.6% (95%CI: 8.7~16.7)。≥10名男性性伴组HIV感染率最高,各年95%CI相互交叠,趋势检验差异无统计学意义。⑦最近6个月无保护肛交组:无保护被插入肛交组HIV感染率高于插入性肛交组,两组2005—2012年间HIV感染率

表 1 2005—2012 年北京市 MSM 人群人口学特征、相关行为粗构成比 (%) 及人群调整构成比 (%)

特征/因素	2005 年			2006 年			2007 年			2008 年			2009 年		
	粗构成比(n)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(m)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(n)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(m)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(n)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(m)	调整构成比(95%CI)	粗构成比(n)	调整构成比(95%CI)	
年龄组(岁)															
≤25	45.4(194)	47.0(39.4~52.7)	37.0(200)	46.7(38.9~53.8)	45.1(274)	46.4(40.5~53.0)	43.5(267)	48.8(42.8~53.2)	41.2(254)	41.7(36.4~46.4)					
>25	54.6(233)	53.0(47.4~60.6)	63.0(340)	53.3(46.2~61.1)	54.9(333)	53.6(47.0~59.5)	56.5(347)	51.2(46.8~57.2)	58.8(362)	58.3(53.6~63.6)					
有工作	88.3(377)	84.4(79.6~88.8)	85.4(461)	83.3(78.3~88.5)	85.0(516)	84.1(79.5~88.5)	87.0(534)	86.7(82.9~89.9)	87.0(534)	86.0(83.1~90.0)					
月收入(元)															
<1 000	38.5(164)	43.7(38.0~50.1)	35.9(194)	42.2(35.1~49.0)	30.3(184)	36.2(30.8~42.3)	21.0(129)	22.2(17.9~26.9)	35.2(217)	42.9(37.5~48.5)					
1 000~	50.7(216)	47.4(41.0~52.4)	48.7(263)	47.3(41.0~53.9)	50.9(309)	52.0(46.0~57.4)	45.0(276)	50.9(45.6~55.7)	36.4(224)	28.6(25.0~33.1)					
≥3 000	10.8(64)	8.9(6.0~13.1)	15.4(83)	10.5(7.4~14.3)	18.8(114)	11.8(8.2~15.4)	34.0(209)	26.9(22.1~32.2)	28.4(175)	28.5(23.4~32.6)					
教育水平															
高中及以下	70.3(300)	70.1(63.7~76.3)	65.7(355)	74.2(67.4~79.5)	61.8(375)	68.2(63.0~73.6)	49.3(303)	60.4(53.9~65.8)	50.8(313)	59.5(52.7~65.2)					
高中以上	29.7(127)	29.9(23.7~36.3)	34.3(185)	25.8(20.5~32.6)	38.2(232)	31.8(26.4~37.0)	50.7(311)	39.6(34.2~46.1)	49.2(303)	40.5(34.8~47.3)					
北京户籍	23.9(102)	24.7(18.7~31.7)	20.0(108)	15.9(11.3~21.5)	18.6(113)	12.6(9.3~16.2)	24.6(151)	16.4(13.6~19.8)	20.9(129)	12.4(10.1~15.6)					
婚姻															
单身	73.3(313)	76(69.6~80.8)	68.1(368)	66.5(59.2~72.7)	78.1(474)	77.8(73.5~81.5)	79.8(490)	76.6(72.1~80.7)	77.6(478)	69.5(64.2~74.4)					
已婚	20.4(87)	17.9(13.5~23.3)	25.6(138)	27.4(22.0~34.1)	15.6(95)	15.6(12.4~19.4)	14.5(89)	18.7(14.8~22.6)	16.1(99)	23.6(18.9~28.1)					
离异/丧偶	6.3(27)	6.1(3.7~9.6)	6.3(34)	6.1(3.1~9.6)	6.3(38)	6.6(4.4~9.4)	5.7(35)	4.6(3.1~7.1)	6.3(39)	6.9(4.7~10.0)					
性取向															
同性恋	43.3(185)	38.2(32.9~44.5)	47.6(257)	42.7(35.7~49.2)	53.4(324)	48.0(43.3~53.0)	71.3(438)	62.1(57.5~67.4)	66.4(409)	56.2(51.4~61.5)					
双性恋	55.0(235)	57.2(50.9~62.7)	51.7(279)	55.0(49.2~62.6)	45.6(277)	50.2(45.5~55.2)	27.9(171)	36.3(31.4~41.1)	32.1(198)	41.0(35.9~45.7)					
异性恋	1.7(7)	4.6(1.6~8.2)	0.7(4)	2.3(0.0~3.8)	1.0(6)	1.8(0.8~3.2)	0.8(5)	1.6(0.1~3.0)	1.5(9)	2.7(1.1~4.6)					
首个性伴为男性	58.5(250)	54.0(48.1~60.5)	61.3(331)	59.4(53.3~66.2)	70.2(426)	67.8(63.3~72.2)	68.2(419)	63.2(57.9~68.1)	67.4(415)	59.7(53.9~65.8)					
最近 6 个月插入性肛交															
无保护	56.2(240)	55.6(49.6~61.9)	50.6(273)	49.0(43.4~55.0)	37.4(227)	35.2(30.8~39.5)	31.4(193)	33.7(28.9~38.2)	35.7(220)	36.5(31.8~41.0)					
有保护	43.8(187)	44.4(38.2~50.4)	49.4(267)	51.0(45.0~56.6)	62.6(380)	64.8(60.5~69.3)	68.6(421)	66.3(61.8~71.1)	64.3(396)	63.5(59.0~68.2)					
最近 6 个月中被插入性肛交															
无保护	53.9(230)	54.6(49.1~61.1)	40.9(221)	40.8(35.3~46.6)	30.6(186)	29.4(25.2~33.9)	28.8(177)	28.3(23.4~32.6)	34.4(212)	33.8(29.4~38.2)					
有保护	46.1(197)	45.4(38.9~50.9)	59.1(319)	59.2(53.4~64.7)	69.4(421)	70.6(66.1~74.8)	71.2(437)	71.7(67.5~76.6)	65.6(404)	66.2(61.8~70.6)					
最近 6 个月男性性伴数															
0	9.1(39)	9.5(6.8~12.5)	0.7(4)	0.01(0.001~0.03)	0	0	10.6(65)	16.2(12.3~20.7)	0	0					
1	22.7(97)	34.5(28.1~40.4)	17.8(96)	21.0(15.9~26.9)	20.6(125)	27.3(22.5~31.6)	30.8(189)	32.1(27.3~36.1)	29.4(181)	40.0(35.0~44.7)					
2~	49.7(212)	46.6(41.2~52.7)	56.1(303)	57.8(51.6~64.0)	59.6(362)	60.5(56.0~65.2)	50.6(311)	45.5(41.0~50.4)	58.6(361)	54.2(49.3~58.8)					
≥10	18.5(79)	9.4(6.8~11.9)	25.4(137)	20.1(14.6~25.5)	19.8(120)	12.2(9.9~14.9)	8.0(49)	6.2(3.8~9.4)	12.0(74)	5.8(4.3~7.7)					
通过网络找性伴	33.5(143)	32.0(26.0~37.9)	35.2(190)	29.7(23.2~36.6)	56.5(343)	45.4(39.8~51.5)	59.4(365)	56.7(50.8~62.2)	57.0(351)	53.7(48.0~59.6)					
接受过 HIV 检测	17.6(75)	14.1(11.0~19.9)	31.5(170)	16.0(11.6~20.6)	41.4(251)	28.7(24.9~32.8)	42.3(260)	29.2(25.6~34.2)	66.1(407)	48.2(43.7~54.0)					
血清学检测															
HIV 阳性	6.2(26)	4.2(1.9~7.0)	6.9(37)	5.9(3.2~9.3)	4.9(30)	4.4(2.7~6.3)	6.0(37)	6.3(3.9~8.8)	5.5(34)	5.0(3.1~7.0)					
梅毒阳性	12.9(54)	12.6(8.2~17.4)	11.9(64)	14.3(10.3~18.8)	17.0(103)	15.1(11.9~18.9)	12.2(75)	13.1(10.0~16.7)	12.0(74)	10.9(7.9~13.9)					

续表 1

特征/因素	2010年		2011年		2012年		趋势性检验	
	构成比(n)	调整构成比(95%CI)	构成比(n)	调整构成比(95%CI)	构成比(n)	调整构成比(95%CI)	Z值	P值
年龄(岁)								
≤25	42.2(254)	47.2(40.9 ~ 50.9)	39.9(231)	46.0(40.6 ~ 50.6)	35.5(213)	38.4(33.5 ~ 42.3)	-1.32	0.19
>25	57.8(348)	52.8(49.1 ~ 59.1)	60.1(348)	54.0(49.4 ~ 59.4)	64.5(387)	61.6(57.7 ~ 66.5)	1.32	0.19
有工作	90.9(547)	87.6(83.6 ~ 91.4)	91.4(529)	89.2(85.9 ~ 92.3)	96.5(579)	95.9(93.7 ~ 97.9)	2.39	0.02
月收入(元)								
<1 000	12.8(77)	15.8(11.6 ~ 19.7)	9.9(57)	11.3(8.5 ~ 15.1)	7.0(42)	7.0(4.7 ~ 9.4)	-2.27	0.02
1 000 ~	40.9(246)	46.5(40.8 ~ 51.5)	45.9(266)	53.9(48.1 ~ 58.6)	38.0(228)	41.5(36.9 ~ 46.4)	-0.57	0.57
≥3 000	46.3(279)	37.7(33.1 ~ 43.3)	44.2(256)	34.8(30.2 ~ 40.0)	55.0(330)	51.5(46.8 ~ 56.2)	2.58	0.01
教育水平								
高中及以下	42.0(253)	53.3(47.0 ~ 59.2)	54.6(316)	60.1(54.9 ~ 65.1)	55.2(331)	63.4(57.9 ~ 68.3)	-1.76	0.08
高中以上	58.0(349)	46.7(40.8 ~ 53.0)	45.4(263)	39.9(34.9 ~ 45.1)	44.8(269)	36.6(31.7 ~ 42.1)	1.76	0.08
北京户籍	21.8(131)	14.4(12.0 ~ 18.0)	18.7(108)	12.6(10.1 ~ 16.4)	19.2(115)	14.5(11.3 ~ 18.1)	-1.27	0.20
婚姻								
单身	82.2(495)	76.3(71.4 ~ 81.0)	79.1(458)	77.2(72.7 ~ 81.2)	76.0(456)	70.8(66.3 ~ 75.3)	0.31	0.75
已婚	14.1(85)	19.4(15.0 ~ 24.0)	14.3(83)	18.2(14.4 ~ 21.9)	17.8(107)	23.0(18.9 ~ 27.1)	0.57	0.57
离异/丧偶	3.7(22)	4.2(2.3 ~ 6.8)	6.6(38)	4.6(3.0 ~ 6.8)	6.2(37)	6.2(4.0 ~ 8.7)	-0.38	0.70
性取向								
同性恋	80.9(487)	74.7(69.9 ~ 79.5)	75.5(437)	67.7(62.9 ~ 72.5)	77.0(462)	69.6(65.9 ~ 74.5)	2.39	0.02
双性恋	19.1(115)	25.3(20.5 ~ 30.1)	23.1(134)	29.1(24.4 ~ 33.6)	22.7(136)	29.9(25.2 ~ 33.8)	-2.33	0.02
异性恋	0	0	1.4(8)	3.2(1.4 ~ 5.5)	0.3(2)	0.5(0.0 ~ 0.7)	-1.20	0.23
首个性伴为男性	73.6(443)	72.0(67.7 ~ 76.3)	66.0(382)	62.5(57.4 ~ 67.0)	69.5(417)	62.6(58.3 ~ 67.2)	1.20	0.23
最近6个月插入性肛交								
无保护	35.7(215)	31.1(27.2 ~ 35.5)	31.8(184)	29.1(24.5 ~ 33.3)	23.7(142)	22.5(19.0 ~ 26.3)	-2.46	0.01
有保护	64.3(387)	68.9(64.5 ~ 72.8)	68.2(395)	70.9(66.7 ~ 75.5)	76.3(458)	77.5(73.7 ~ 81.0)	2.46	0.01
最近6个月中被插入性肛交								
无保护	31.6(190)	31.6(27.3 ~ 35.7)	31.6(183)	31.2(26.3 ~ 35.1)	25.0(150)	24.0(20.2 ~ 27.9)	-1.70	0.09
有保护	68.4(412)	68.4(64.3 ~ 72.7)	68.4(396)	68.8(64.9 ~ 73.3)	75.0(450)	76.0(72.1 ~ 79.8)	1.70	0.09
最近6个月男性性伴数								
0	0	0	0	0	0	0	-1.73	0.08
1	32.2(194)	33.3(28.5 ~ 38.1)	32.0(185)	37.2(32.4 ~ 42.2)	33.8(203)	41.0(36.1 ~ 45.6)	1.76	0.08
2 ~	56.2(338)	59.4(54.7 ~ 64.3)	54.5(315)	53.9(48.9 ~ 58.2)	53.0(318)	49.9(45.3 ~ 54.7)	-0.06	0.95
≥10	11.6(70)	7.3(5.2 ~ 9.4)	13.5(78)	8.9(6.9 ~ 11.7)	13.2(79)	9.2(7.0 ~ 11.7)	-1.26	0.21
通过网络找性伴	61.8(372)	58.5(53.6 ~ 63.6)	51.6(299)	48.8(43.4 ~ 53.4)	54.8(329)	54.7(49.9 ~ 59.5)	1.76	0.08
接受过HIV检测	61.3(369)	48.1(44.2 ~ 54.3)	68.6(397)	58.3(54.4 ~ 64.2)	75.7(454)	67.8(64.5 ~ 72.9)	2.58	0.01
血清学检测								
HIV阳性	5.1(31)	6.9(4.5 ~ 9.4)	6.0(35)	8.3(5.0 ~ 11.7)	8.3(50)	10.1(7.2 ~ 13.2)	2.33	0.02
梅毒阳性	12.8(77)	15.8(11.7 ~ 20.7)	12.4(72)	13.7(9.7 ~ 18.4)	9.2(55)	7.8(5.3 ~ 10.7)	-0.57	0.57

注: *2008年为过去6个月男性肛交性伴

表2 2005—2012年MSM HIV感染率(按人口学特征相关行为分层)

特征/因素	2005年(95%CI)	2006年(95%CI)	2007年(95%CI)	2008年(95%CI)	2009年(95%CI)	2010年(95%CI)	2011年(95%CI)	2012年(95%CI)	趋势性检验	
									Z值	P值
年龄组(岁)										
≤25	2.8(0.7~5.6)	7.2(3.1~12.5)	2.3(0.5~4.4)	5.5(1.5~9.5)	1.7(0.4~3.1)	4.6(1.6~7.8)	7.1(3.5~11.8)	13.7(7.2~20.4)	1.01	0.31
>25	6.4(2.2~9.5)	7.1(4.6~12.4)	6.1(3.5~9.2)	6.5(4.0~9.3)	7.2(4.2~10.5)	9.3(5.1~15.0)	9.2(5.1~13.5)	7.6(5.4~10.3)	2.08	0.04
教育水平										
高中及以下	5.5(2.2~8.9)	6.6(3.7~9.8)	6.0(3.3~8.5)	9.5(5.7~13.6)	6.1(3.3~9.3)	8.9(4.7~14.2)	9.3(5.8~12.9)	10.4(7.2~14.3)	2.02	0.04
高中以上	2.6(0.5~5.3)	7.5(1.9~15.3)	1.1(0.2~1.7)	1.6(0.4~3.0)	3.1(1.1~5.3)	4.1(1.2~7.3)	6.7(2.2~12.2)	9.1(4.7~13.8)	1.39	0.17
北京户籍										
是	7.9(0.2~16.0)	5.0(0.4~13.8)	6.3(0.4~11.4)	0.8(0.2~1.4)	0.6(0.0~1.6)	5.1(0.1~12.6)	2.6(0.0~5.6)	5.0(1.5~9.8)	-1.14	0.25
否	3.3(1.8~5.4)	7.2(4.1~10.5)	4.5(2.2~6.7)	5.7(3.3~7.7)	5.5(3.4~7.9)	7.2(4.3~10.7)	9.0(5.9~12.3)	10.7(7.8~14.6)	2.09	0.04
当前婚姻状况										
单身	4.9(1.7~8.5)	8.7(4.7~12.5)	4.1(2.2~6.1)	4.8(2.1~7.5)	5.1(2.8~7.7)	6.7(3.6~10.2)	7.2(4.3~10.4)	10.5(6.8~14.7)	1.39	0.17
已婚	5.5(1.0~10.4)	4.3(1.5~8.1)	4.1(0.9~8.0)	10.9(4.8~16.3)	3.3(0.7~6.0)	8.9(2.5~17.6)	8.5(3.7~15.0)	4.9(1.8~9.3)	0.5	0.61
离异丧偶	2.1(0.0~6.0)	1.6(0.0~5.5)	10.9(0.0~21.3)	13.3(2.2~28.2)	8.8(2.4~18.1)	2.8(0.0~8.0)	25.7(2.7~47.5)	20.4(8.6~37.3)	1.95	0.05
月收入(元)										
<1 000	5.4(1.4~12.0)	7.3(2.7~12.4)	6.5(3.1~9.9)	10.7(6.0~16.4)	4.2(2.1~7.1)	3.9(0.0~9.8)	5.6(1.4~10.7)	18.2(6.1~30.1)	0.25	0.80
1 000~	3.8(1.4~7.6)	6.7(2.9~11.2)	2.9(1.1~4.8)	6.6(2.9~10.9)	6.1(1.7~11.4)	10.0(5.2~15.5)	9.7(5.4~13.7)	12.1(7.5~16.4)	2.02	0.04
≥3 000	4.7(1.1~10.2)	5.8(1.3~13.4)	4.2(0.0~6.7)	1.3(0.1~3.1)	4.3(1.6~7.5)	4.4(1.2~8.3)	7.4(3.0~12.1)	7.6(4.2~10.9)	1.07	0.28
最近6个月男性性伴数										
0	5.9(0.0~12.6)	0	0	6.1(2.6~12.5) ^a	0	0	8.2(0.0~50.0)	0	0	1.00
1	4.1(1.0~7.7)	3.1(0.0~10.7)	0.2(0.0~0.6)	2.5(0.5~5.3) ^a	0.7(0.0~1.8)	2.4(0.3~5.4)	8.0(3.6~13.2)	5.7(2.1~9.9)	0.82	0.41
2~	4.0(1.0~8.0)	7.2(3.7~11.9)	6.0(3.8~9.1)	7.0(3.3~10.2) ^a	7.0(4.0~10.5)	7.9(4.2~12.3)	8.5(4.8~14.3)	12.6(8.7~16.7)	2.25	0.02
≥10	19.9(3.9~46.8)	10.9(4.1~19.3)	5.0(0.5~13.7)	18.2(2.0~37.0) ^a	16.2(4.1~27.7)	14.7(3.1~27.0)	9.4(3.5~16.0)	12.5(4.1~19.3)	-0.69	0.49
最近6个月插入性肛交										
无保护	3.2(1.7~5.0)	7.0(3.3~11.2)	5.5(1.7~9.6)	8.7(3.2~14.8)	6.6(2.9~11.0)	8.5(3.5~13.8)	7.1(2.7~12.6)	7.6(3.9~11.8)	1.57	0.12
有保护	6.1(0.9~10.7)	6.7(3.0~11.2)	4.5(2.5~6.6)	4.7(2.8~6.6)	4.0(1.6~6.9)	5.6(2.8~9.0)	8.8(5.4~12.3)	10.6(7.1~14.2)	0.94	0.34
最近6个月被插入性肛交										
无保护	6.7(2.6~11.3)	10.7(5.4~16.6)	3.9(0.5~6.4)	11.6(5.2~18.7)	8.5(3.8~13.2)	8.8(4.2~13.8)	10.2(5.9~15.4)	12.7(7.8~18.0)	1.32	0.19
有保护	1.9(0.5~3.3)	4.2(1.6~7.6)	5.4(3.1~7.8)	4.0(2.3~5.9)	3.3(1.2~5.9)	5.9(2.9~9.5)	7.2(3.6~11.0)	9.3(6.0~12.8)	2.08	0.04

注:^a2008年为过去6个月男性肛交性伴

均呈波动上升,分别由2005年6.7%(95%CI:2.6~11.3)和3.2%(95%CI:1.7~5.0)升至2012年12.7%(95%CI:7.8~18.0)和7.6%(95%CI:3.9~11.8),但历年间95%CI相互交叠,趋势检验无统计学意义。⑧最近6个月肛交持续使用安全套组:插入性肛交持续使用安全套组HIV感染率无明显变化;被插入性肛交持续使用安全套组HIV感染率上升趋势明显($P=0.04$),由2005年的1.9%(95%CI:0.5~3.3)升至2012年的9.3%(95%CI:6.0~12.8),95%CI无交叠。

讨 论

本研究表明2005—2012年北京市MSM人群HIV感染率呈明显上升趋势,与国家近年来新报告感染者中男男同性性行为感染途径占比逐年上升相一致^[1-2]。同性恋者所占比例历年不断增加,而婚姻状况构成无明显变化,说明越来越多的同性恋者步入婚姻,而他们的性取向特点使他们更易从事高危行为,HIV的感染风险更大,潜在桥梁作用更强^[12]。同时,本研究中离婚/丧偶者所占比例虽无变化,但其HIV感染率逐年上升,提示可能由于HIV感染导致婚姻破裂,也表明MSM在家庭中的疾病传播作用愈发突出。

本研究中>25岁者HIV感染率较高,且呈缓慢上升趋势,与艾滋病为慢性疾病,病死率低^[13],患者不断积累有关。≤25岁者HIV感染率整体虽无明显变化趋势,但2009年后上升明显,2012年达到13.7%。其他地区研究也表明,目前青少年的HIV感染率有升高趋势^[14]。可以在一定程度上反映该人群的新发感染率^[15],提示北京市青少年MSM的新发感染可能呈上升趋势。青少年人群正处于性活跃期,性需求强烈,接受的健康性教育有限,自我控制力及风险意识弱,易发生危险性行为。此外其性伴侣关系维持时间短,相较于成年人有更多机会与多个伴侣发生性关系,因此青少年更容易感染艾滋病,有研究表明≤25岁的MSM安全套使用率低,一半以上存在多性伴现象^[16],应将其作为艾滋病干预的重点人群。

本研究中,高中及以下文化程度的MSM HIV感染率不断上升,且均高于高中以上者。高中以上文化程度者感染率于2008年后缓慢上升,由于监测年份有限,尚无统计学意义,但值得关注。有研究发现,文化程度高的MSM虽然HIV感染率较低,但危险性行为发生率却较高^[17],推测是因为他们选择性

伴时比较慎重,更多考虑到健康安全因素,也更注重感情,性伴数较少且相对固定^[18]。但随着MSM整体人群感染率的不断升高,文化程度较高者的感染率必将不断攀升,因此加强对高文化程度者安全性行为的宣传教育,还是十分必要和紧迫的。

北京市人口密集,流动人口占到城市总人口的一半以上^[19]。本研究中,外地户籍MSM HIV感染率逐年上升。有研究表明,由于流动人口的生活不稳定性和缺少家庭支持,倾向拥有更多的性伴^[20-21],及更多不安全的性行为^[22]。2008—2011年间北京流动人口占有所有病例的比例已达到70.5%^[23],成为北京市艾滋病防治的重点人群。

本研究中,2005—2012年最近6个月肛交安全套使用率稳中有升,以插入性肛交上升更为明显,然而HIV感染率却未随之下降,反而在被插入性肛交MSM中,持续使用安全套者的感染率出现了显著上升。可能由于肛交被动方对安全套使用实情并不清楚,存在被性伴欺瞒的可能。也不排除回忆偏倚、报告偏倚导致使用率被高估的可能。此外,有研究显示安全套的使用率在人群中维持90%以上才能起到保护作用^[24],而北京市MSM安全套使用率尚未达到此水平。

减少性伴数是降低HIV感染风险的途径之一。本研究中最近6个月有2~9名性伴的MSM感染率多年来持续上升,远高于仅有1名性伴者。但历年多性伴MSM构成比始终维持在50.0%左右,无明显变化。说明相比安全套推广,减少性伴的干预难度更高,更难达到理想效果^[25]。国家扩大HIV检测政策和国际项目的支持,北京市广泛建立了VCT门诊,使得MSM检测比例自2005年的14.1%升至2012年的67.8%,有助于及时发现感染者与开展治疗,更利于开展宣传教育,降低疾病传播^[26-27]。

本研究采用RDS方法连续监测北京市MSM人群8年,历年种子数量平稳,90%以上的MSM获得的征募卡都是由个人社会网络中的MSM传递,符合RDS基本要求^[28],主要人口学指标均在10层左右达到平衡,调查总人数基本稳定。证明RDS方法是目前开展隐匿人群抽样调查的较好方法。但同时也存在一些局限性,如统计软件Rdsat使用比较繁琐,分析有一定困难,统计功能有限,只能进行变量的点估计和分层分析。此外,由于是回顾性调查,且涉及私密信息,一些潜在的偏移(如报告偏倚、回忆偏倚)难以完全消除。

8年连续监测表明北京市MSM人群HIV感染

率呈上升趋势,其中外地户籍、>25岁、高中及以下文化程度者,HIV感染率较高且呈明显上升趋势。≤25岁、高中以上学历者感染率虽无整体变化,但近年来上升趋势明显。提示未来MSM干预工作中既要广泛开展宣传干预,又要根据青少年和高学历人群的社会心理特点,围绕安全套使用及减少性伴,制定有针对性的干预措施。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 2012年中国艾滋病防治进展报告[R]. 北京:中华人民共和国卫生部,2012.
Ministry of Health of the People's Republic of China. 2012 China AIDS response progress report [R]. Beijing: Ministry of Health of the People's Republic of China, 2012.
- [2] 中国疾病预防控制中心. HIV/STD/HCV 预防控制年度报告[R]. 北京:中国疾病预防控制中心,2014.
Chinese Center for Disease Control and Prevention. Annual report for HIV/STD/HCV prevention and control [R]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2014.
- [3] 李桂英,卢红艳,孙燕鸣,等. 捕获-再捕获法不同标记物对估计男男性行为人群规模影响的调查[J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35(9): 1046-1048. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.09.017.
Li GY, Lu HY, Sun YM, et al. The impact of different markers regarding the estimation of population size under capture-recapture method on men who have sex with men [J]. Chin J Epidemiol, 2014, 35(9): 1046-1048. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.09.017.
- [4] Heckathorn DD. Respondent-driven sampling: a new approach to the study of hidden populations [J]. Soc Probl, 1997, 44(2): 174-199. DOI: 10.2307/3096941.
- [5] Malekinejad M, Johnston LG, Kendall C, et al. Using respondent-driven sampling methodology for HIV biological and behavioral surveillance in international settings: a systematic review [J]. AIDS Behav, 2008, 12(4 Suppl): S105-130. DOI: 10.1007/s10461-008-9421-1.
- [6] 马小燕,张启云,赵金扣,等. 采用同伴推动抽样法进行男男性接触人群HIV/STD流行病学调查的探索[J]. 中国艾滋病性病, 2007, 13(4): 311-313. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5662.2007.04.003.
Ma XY, Zhang QY, Zhao JK, et al. Feasibility of using respondent driven sampling in HIV/STD epidemiological survey among MSM [J]. Chin J AIDS STD, 2007, 13(4): 311-313. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5662.2007.04.003.
- [7] 欧阳琳,冯连贵,丁贤彬,等. 采用同伴推动抽样法在重庆市男男性行为人群中开展HIV流行病学调查[J]. 中华流行病学杂志, 2009, 30(10): 1001-1004. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2009.10.004.
Ou YL, Feng LG, Ding XB, et al. A respondent-driven sampling survey on HIV and risk factors among men who have sex with men in Chongqing [J]. Chin J Epidemiol, 2009, 30(10): 1001-1004. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2009.10.004.
- [8] 鲍宇刚,张艳辉,赵金扣,等. 我国14城市男男性行为人群艾滋病感染状况及艾滋病知识、态度、行为研究[J]. 中华预防医学杂志, 2009, 43(11): 981-983. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2009.11.010.
Bao YG, Zhang YH, Zhao JK, et al. HIV infection and KAP status among men who have sex with men in 14 Chinese cities [J]. Chin J Prev Med, 2009, 43(11): 981-983. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2009.11.010.
- [9] Li XF, Lu HY, Cox C, et al. Changing the landscape of the HIV epidemic among MSM in China: results from three consecutive respondent-driven sampling surveys from 2009 to 2011 [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 563517. DOI: 10.1155/2014/563517.
- [10] Magnani R, Sabin K, Saidel T, et al. Review of sampling hard-to-reach and hidden populations for HIV surveillance [J]. AIDS, 2005, 19 Suppl 2: S67-72. DOI: 10.1097/01.aids.0000172879.20628.e1.
- [11] Abdul-Quader AS, Heckathorn DD, Sabin K, et al. Implementation and analysis of respondent driven sampling: lessons learned from the field [J]. J Urban Health, 2006, 83(6 Suppl): i1-5. DOI: 10.1007/s11524-006-9108-8.
- [12] Zhang W, Xu JJ, Zou HC, et al. HIV incidence and associated risk factors in men who have sex with men in Mainland China: an updated systematic review and meta-analysis [J]. Sex Health, 2016. DOI: 10.1071/SH16001.
- [13] 邓玲,刘中夫,张石则,等. 四川省凉山州2008-2013年艾滋病患者生存时间及影响因素分析[J]. 中华流行病学杂志, 2015, 36(6): 569-575. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.06.007.
Deng L, Liu ZF, Zhang SZ, et al. Survival time and related influencing factors of AIDS patients in Liangshan prefecture, Sichuan province, during 2008-2013 [J]. Chin J Epidemiol, 2015, 36(6): 569-575. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.06.007.
- [14] 欧阳琳,吴国辉,周颖,等. 2010-2013年重庆市部分男男性行为人群认知艾滋病和感染状况分析[J]. 疾病监测, 2014, 29(2): 124-129. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2014.02.011.
Ou YL, Wu GH, Zhou Y, et al. Sex behaviors and HIV infection status among men who have sex with men in Chongqing, 2010-2013 [J]. Dis Surveill, 2014, 29(2): 124-129. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2014.02.011.
- [15] Razani N, Schwarcz S, Klausner JD, et al. How well do trends in HIV prevalence in young people reflect HIV incidence? Results from 10 years of HIV serosurveillance in San Francisco [J]. AIDS, 2006, 20(9): 1332-1333. DOI: 10.1097/01.aids.0000232244.58909.5a.
- [16] 黄慧敏,王棠,燕虹,等. 性感觉寻求与青少年男男性行为人群危险性行为的关系[J]. 中华流行病学杂志, 2015, 36(8): 821-824. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.011.
Huang HM, Wang T, Yan H, et al. Relationship between sexual

- sensation seeking and risk sexual behaviors among young men who have sex with men [J]. *Chin J Epidemiol*, 2015, 36 (8) : 821-824. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.011.
- [17] 郭燕丽, 王东丽, 周建波, 等. 文化程度对男男性行为者高危性行为及 HIV、梅毒螺旋体感染率的影响 [J]. *中华预防医学杂志*, 2014, 48 (4) : 307-311. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2014.04.014.
- Guo YL, Wang DL, Zhou JB, et al. Effects of education level of men who have sex with men on their high risk sexual behaviors and the infection of HIV and syphilis [J]. *Chin J Prev Med*, 2014, 48 (4) : 307-311. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2014.04.014.
- [18] 王丽欣, 陈官芝, 张北川, 等. 男男性行为者中大大学生与同龄非大学生艾滋病高危行为对比研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2010, 31 (1) : 113-114. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.01.032.
- Wang LX, Chen GZ, Zhang BC, et al. Comparison of AIDS related high risk behavior between college students and the same age non-college students in men who have sex with men [J]. *Chin J Epidemiol*, 2010, 31 (1) : 113-114. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.01.032.
- [19] 周婕, 罗道, 谢波. 2000—2010年特大城市流动人口空间分布及演变特征——以北京、上海、广州、武汉等市为例 [J]. *城市规划学刊*, 2015 (6) : 56-62. DOI: 10.16361/j.upf.201506007.
- Zhou J, Luo X, Xie B. Spatial distribution and variation of floating population in megacities——Case study of Beijing, Shanghai, Guangzhou and Wuhan [J]. *Urban Plan Forum*, 2015 (6) : 56-62. DOI: 10.16361/j.upf.201506007.
- [20] Organista KC, Kubo A. Pilot survey of HIV risk and contextual problems and issues in Mexican/Latino migrant day laborers [J]. *J Immigr Health*, 2005, 7 (4) : 269-281. DOI: 10.1007/s10903-005-5124-0.
- [21] Palk L, Blower S. Brief report: mobility and circular migration in Lesotho: implications for transmission, treatment, and control of a severe HIV epidemic [J]. *J Acquir Immune Defic Syndr*, 2015, 68 (5) : 604-608. DOI: 10.1097/QAI.0000000000000526.
- [22] Camlin CS, Kwena ZA, Dworkin SL, et al. “She mixes her business”: HIV transmission and acquisition risks among female migrants in western Kenya [J]. *Soc Sci Med*, 2014, 102: 146-156. DOI: 10.1016/j.socscimed.2013.11.004.
- [23] 秦倩倩, 王璐, 丁正伟, 等. 中国 2008—2011 年流动人口艾滋病疫情分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2013, 34 (1) : 41-43. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.01.010.
- Qin QQ, Wang L, Ding ZW, et al. Situation on HIV/AIDS epidemics among migrant population in China, 2008-2011 [J]. *Chin J Epidemiol*, 2013, 34 (1) : 41-43. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.01.010.
- [24] 米国栋, 吴尊友. 男性卖淫者与艾滋病 [J]. *中国艾滋病性病*, 2003, 9 (4) : 252-253. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5662.2003.04.026.
- Mi GD, Wu ZY. Male prostitutes and HIV/AIDS [J]. *Chin J AIDS STD*, 2003, 9 (4) : 252-253. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5662.2003.04.026.
- [25] Zhang HB, Wu ZY, Zheng YJ, et al. A pilot intervention to increase condom use and HIV testing and counseling among men who have sex with men in Anhui, China [J]. *J Acquir Immune Defic Syndr*, 2010, 53 Suppl 1: S88-92. DOI: 10.1097/QAI.0b013e3181c7de63.
- [26] 王毅, 徐杰, 李志军, 等. 男男性行为者安全套使用及影响因素分析 [J]. *中华疾病控制杂志*, 2012, 16 (2) : 133-136.
- Wang Y, Xu J, Li ZJ, et al. The use of condoms among MSM and the influencing factors [J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2012, 16 (2) : 133-136.
- [27] Huan XP, Tang WM, Babu GR, et al. HIV risk-reduction counseling and testing on behavior change of MSM [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (7) : e69740. DOI: 10.1371/journal.pone.0069740.
- [28] Salganik MJ. Variance estimation, design effects, and sample size calculations for respondent-driven sampling [J]. *J Urban Health*, 2006, 83 (6 Suppl) : i98-112. DOI: 10.1007/s11524-006-9106-x.

(收稿日期: 2016-04-25)

(本文编辑: 斗智)