

中国2008—2010年结核病空间分布特征分析

赵飞 王黎霞 成诗明 陈明亭 赵雁林 张慧 成君
胡冬梅 郭晖 李萌 何广学

【摘要】 目的 探测2008—2010年中国结核病空间聚集区域及其变化。方法 采用全局空间自相关和SaTScan软件对2008—2010年以省级为单位的结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率进行空间聚集性分析。结果 2008—2010年结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率均存在空间高值聚集($P < 0.01$);结核病总登记率聚集区域范围由19个省份减至14个,主要聚集区域位于中国南、西和东北部地区;新涂阳肺结核登记率空间高值聚集区域覆盖14个省份,分布在中国南部和东北部。结论 中国南部和东北部地区既是结核病高负担聚集地区,又是传播风险聚集地区;西部地区是结核病高负担聚集地区,而非高风险传播聚集地区。

【关键词】 结核病;空间聚集;全局空间自相关

Analysis on the spatial clustering of tuberculosis based on provincial level in China from 2008 to 2010 ZHAO Fei, WANG Li-xia, CHENG Shi-ming, CHEN Ming-ting, ZHAO Yan-lin, ZHANG Hui, CHENG Jun, HU Dong-mei, GUO Hui, LI Meng, HE Guang-xue. National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China
Corresponding author: HE Guang-xue, Email: heguangxue@chinatb.org

This work was supported by grants from the China Global Fund Tuberculosis Program Operational Research (No. TB12-007) and Youth Foundation of Chinese Center for Disease Control and Prevention (No. 2012A108).

【Abstract】 Objective To study the tuberculosis clustering areas and the changing trend, from 2008 to 2010, so as to provide the reference for tuberculosis control. **Methods** Global spatial autocorrelation and SaTScan methods were used to detect and analyse the spatial clustering of total tuberculosis notification rate and the new smear-positive pulmonary tuberculosis notification rate, at the provincial level from 2008 to 2010. **Results** The spatial clustering (SC) phenomenon was significant on total notification rate and new smear-positive pulmonary tuberculosis notification rate from 2008 to 2010 ($P < 0.01$). The coverages of clustering areas on total notification rate showed a reduction from 19 provinces to 14 provinces, distributed in the south, west and north-east areas of China. The coverages of clustering areas on new smear-positive pulmonary tuberculosis notification rate concentrated in 14 provinces which covered the south and north-east of China. **Conclusion** The disease burden and the risk of transmission in the clustering areas of tuberculosis both located in the south and the north-east of China. The disease burden of tuberculosis was high in the west of China, but not the areas with high risk of transmission.

【Key words】 Tuberculosis; Spatial cluster; Global spatial autocorrelation

结核病仍是全球及我国主要的公共卫生问题之一^[1-3]。多项研究表明,由于结核病的传播具有

空间聚集性分布的特点^[4,5],而研究此特点也可作为其他传染性疾病的防治对策提供重要参考^[6],特别是在疫情溯源及其分析空间变化趋势,则对确定疫情重点防治区域及合理分配有限卫生资源提供重要依据。本研究采用ArcGIS中的空间统计分析模块和SaTScan软件,分析2008—2010年我国省级结核病的空间聚集区域及其变化,为结核病防治提供依据。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.02.015

基金项目:中国全球基金结核病项目实施性研究(TB12-007);中国疾病预防控制中心青年科研基金(2012A108)

作者单位:102206 北京,中国疾病预防控制中心结核病预防控制中心

通信作者:何广学, Email: heguangxue@chinatb.org

资料与方法

1. 疫情数据:根据 2008—2010 年全国结核病疫情监测数据库中省/直辖市“结核病现有病例数合计”(包括涂阳、涂阴、未查痰、结核病胸膜炎和肺外结核病患者数)和“常住人口”两个变量计算各省/直辖市结核病总登记率;根据“新涂阳患者数”和“常住人口”两个变量计算各省/直辖市新涂阳肺结核登记率。同时为每个省/直辖市建立惟一编号。以此作为空间分析的属性数据库。

2. 空间数据库:以全国省级电子地图(数据来源于中国疾病预防控制中心,比例尺 1:50 万)为空间数据库,同时以属性数据库中的编号作参照为该空间数据库中每个省份/直辖市建立相同的惟一编号。在 ArcGIS 中以相同编号为匹配标准将属性数据库与空间数据库进行匹配,从而建立完整的空间分析数据库。

3. 空间聚集性分析方法:

(1)全局空间自相关:本研究首先采用全局空间自相关 Moran's I 指标来探测整个研究区域内的空间聚集模式,并进行统计学检验。Moran's I 的范围介于 -1 ~ +1 之间。Moran's I 越接近于 1,则表示空间单元之间关系越密切,性质越相似,整体呈现聚集型分布(高值聚集或低值聚集);Moran's I 越接近于 -1,则代表整体呈现离散型分布,样本之间差异越大或分布越不集中。全局 Moran's I 可以通过标准化统计量 Z_i 进行空间自相关的统计学检验^[7]。全局空间相关空间权重矩阵采用反距离加权法,表示空间单元之间距离越远,相关性越低。研究中检验水准 $\alpha=0.05$ 。

(2)SaTScan 统计:在全局空间自相关结果基础上继续使用 SaTScan 软件进行统计分析,以便探测

聚集中心与聚集半径。SaTScan 软件是以空间动态窗口扫描统计为基础^[8],通过计算不同圆心、不同半径下动态窗口区域内与动态窗口区域外空间单元属性的似然比(LLR)进行统计学推断^[9]。LLR 值越大且差异有统计学意义,则表示该动态窗口下所含区域为聚集区域的概率越大^[10]。其中,一级空间聚集区域的 LLR 值最大,二级空间聚集区域较一级空间聚集区域的 LLR 值小,说明其成为空间聚集区域的概率较一级聚集区域低。本研究采用回顾性空间分析方法,利用 SaTScan 软件中的 Possion 模型对空间高值聚集进行分析。分别以结核病现有病例数合计、新涂阳患者数为病例数据(分子),以常住人口数为人口数据(分母),以各省份质心坐标为空间分析数据进行分析。研究中检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

结果

1. 基本情况:2008—2010 年全国结核病总登记率每年均有所下降,其中 2008 年为 31.7/10 万至 157/10 万(平均 84.9/10 万),2009 年为 30.2/10 万至 161/10 万(平均 79.9/10 万),2010 年为 29.7/10 万至 137/10 万(平均 75.1/10 万)。此期间全国新涂阳肺结核登记率每年也均有下降,其中 2008 年为 8.4/10 万至 56.3/10 万(平均 35.5/10 万),2009 年为 8.0/10 万至 53.0/10 万(平均 33.9/10 万),2010 年为 7.5/10 万至 49.8/10 万(平均 32.1/10 万)。见表 1 和图 1。

表 1 2008—2010 年我国结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率

年份	结核病总登记率(/10 万)				新涂阳肺结核登记率(/10 万)			
	最小值	最大值	均数	中位数	最小值	最大值	均数	中位数
2008	31.7	157	84.9	85.5	8.4	56.3	35.5	36.2
2009	30.2	161	79.9	86.5	8.0	53.0	33.9	34.7
2010	29.7	137	75.1	80.1	7.5	49.8	32.1	34.4

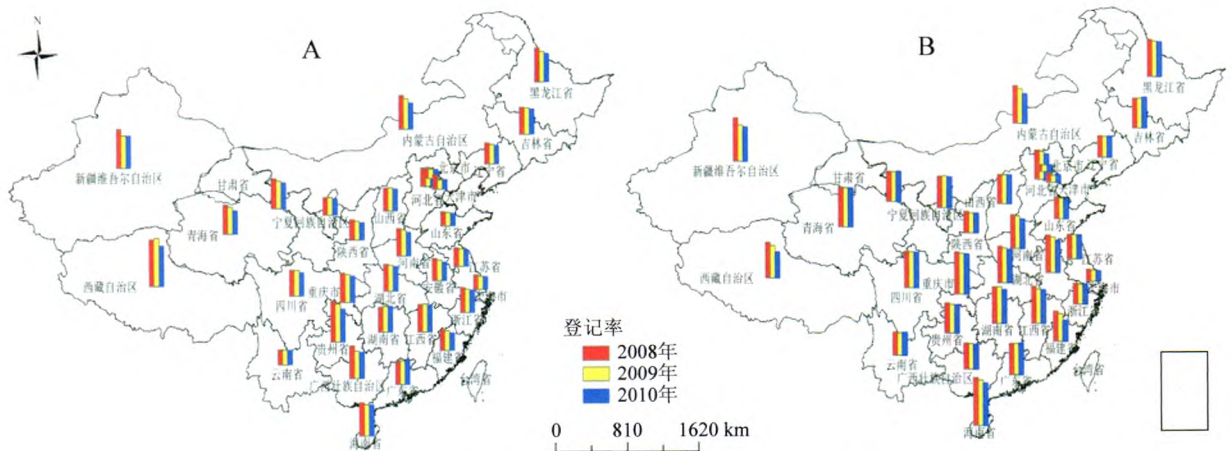


图 1 2008—2010 年我国结核病总登记率(A)和新涂阳肺结核登记率(B)分布

2. 空间聚集性分析:

(1)全局空间自相关:结核病总登记率和新涂阳登记率全局空间自相关结果显示,两指标的Moran's I均>0且P<0.01,提示2008—2010年结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率整体上都呈现空间聚集性分布。并且新涂阳肺结核登记率的Moran's I逐年增加,提示整体上其空间聚集性逐年增强(表2)。

表2 2008—2010年我国结核病总登记率和新涂阳登记率全局空间自相关结果

年份	结核病总登记率			新涂阳肺结核登记率		
	Moran'I	Z值	P值	Moran'I	Z值	P值
2008	0.38	4.41	<0.01	0.22	2.78	<0.01
2009	0.35	4.26	<0.01	0.24	2.93	<0.01
2010	0.40	5.55	<0.01	0.26	3.15	<0.01

(2)SaTScan统计:一级空间聚集区域在2008年范围最大,涉及16个省;2010年范围最小,涉及7个省,聚集区域的范围不断缩小且聚集区域的中心逐渐由西部移向南部。二级聚集区域逐渐扩大,由2008年的3个省,逐渐增加到2010年的7个省。2008年一级聚集区域的地区(如新疆、西藏、青海等)到2010年变为了二级聚集区域。但整体来看,结核病总登记率聚集区域仍位于我国南、西和东北部地区(图2和表3、4)。

新涂阳肺结核登记率SaTScan统计结果显示,2008年和2009年新涂阳肺结核登记率的空间聚集

区域无变化,其中一级聚集区域包括6个省,主要分布在中部地区;二级聚集区域包括8个省份,主要分布在我国西南、西北和东北地区。2010年一级聚集区域增加到10个省,主要向南部和西部扩展;二级聚集区域分布在安徽、内蒙古、黑龙江和吉林省(区)。但总体聚集区域涵盖的省份仍为14个(图3和表5、6)。

表3 2008—2010年我国结核病总登记率空间聚集性分析

年份	聚集分级	聚集中心	聚集半径(km)	涉及省份数	LLR	P值	RR值
2008	一级	青海	1806	16	9280	<0.01	1.31
	二级	黑龙江	0	1	2007	<0.01	1.39
		江西	0	1	378	<0.01	1.15
2009	一级	浙江	0	1	12	<0.01	1.03
		重庆	810	9	8440	<0.01	1.30
	二级	黑龙江	0	1	1366	<0.01	1.33
2010	一级	内蒙古	0	1	460	<0.01	1.24
		湖南	512	7	8378	<0.01	1.33
	二级	新疆	1397	4	2295	<0.01	1.36
		黑龙江	482	2	1369	<0.01	1.26
内蒙古	0	1	144	<0.01	1.13		

表4 2008—2010年5省结核病总登记率(/10万)

省(市)	2008年	2009年	2010年
重庆	99.6	95.0	89.8
四川	88.6	86.7	81.0
浙江	85.5	80.1	76.2
陕西	69.2	64.3	60.1
云南	50.9	50.8	49.8

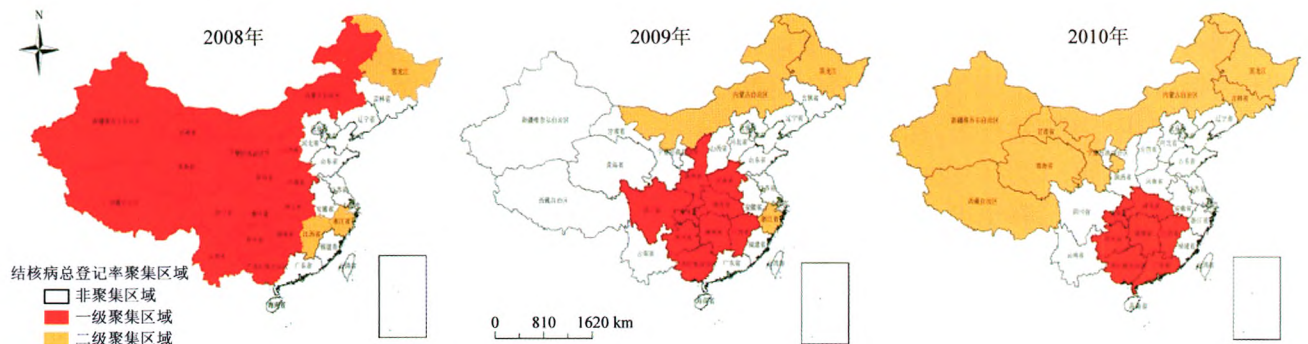


图2 2008年、2009年和2010年我国结核病总登记率SaTScan空间聚集区域分布

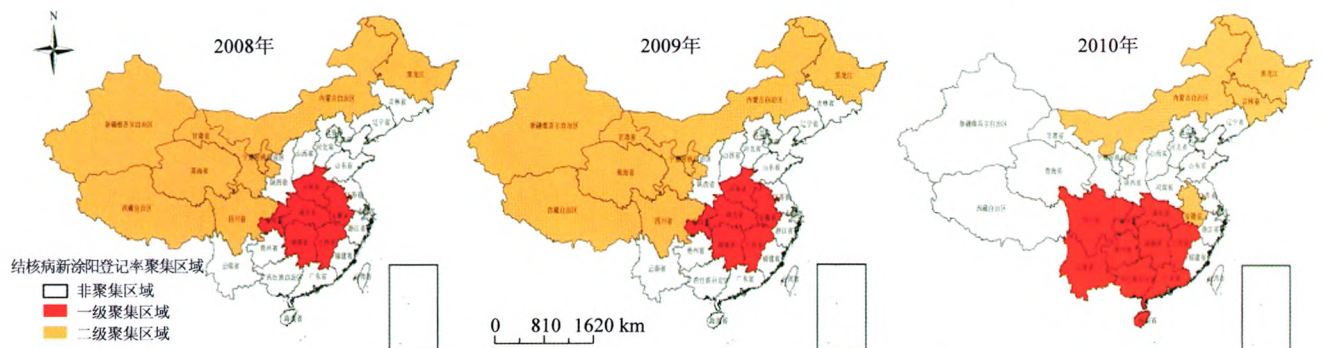


图3 2008年、2009年和2010年我国新涂阳肺结核登记率SaTScan空间聚集区域分析

表 5 2008—2010 年我国新涂阳肺结核登记率空间聚集性分析

年份	聚集分级	聚集中心	聚集半径 (km)	涉及省份数	LLR	P 值	RR 值
2008	一级	湖北	501	6	4101	<0.01	1.33
	二级	新疆	1957	6	1251	<0.01	1.25
		黑龙江	0	1	283	<0.01	1.21
		内蒙古	0	1	289	<0.01	1.25
2009	一级	湖北	501	6	3893	<0.01	1.33
	二级	新疆	1957	6	1146	<0.01	1.24
		黑龙江	0	1	249	<0.01	1.21
		内蒙古	0	1	140	<0.01	1.19
2010	一级	贵州	896	10	3515	<0.01	1.29
	二级	黑龙江	482	2	316	<0.01	1.18
		安徽	0	1	212	<0.01	1.17
		内蒙古	0	1	12	<0.01	1.06

表 6 2008—2010 年我国 10 省(区)新涂阳肺结核登记率(/10 万)

省(区)	2008 年	2009 年	2010 年	省(区)	2008 年	2009 年	2010 年
河南	40.1	38.7	35.1	云南	28.0	26.9	27.2
新疆	50.6	42.2	39.8	贵州	36.0	34.0	33.5
西藏	42.5	38.6	30.9	广西	30.8	30.2	29.2
青海	46.7	46.0	45.5	广东	36.8	37.0	37.3
宁夏	36.8	37.4	36.1	海南	56.3	53.0	49.8

讨 论

了解疾病的空间分布对于疾病的预防控制具有重要意义^[11,12]。由于结核病是以空气传播为主要途径的一种慢性传染性疾病,因此其病例之间可能具有相关性。如果采用以单个病例为基础的统计学分析,往往未能满足样本间相互独立的模型假设,使统计学检验效能降低。以行政区划为单位的空间分析同样如此。由于结核病的传播特性,导致相邻区域间结核病疫情有所影响^[13],与高疫情地区地理位置相邻或相近的地区可能受其影响,疫情也会相对较高。

本研究的结核病总登记率是根据结核病“现有病例数合计”与“常住总人口数”两个变量计算所得,在结核病发现率较高时可作为衡量某时间段该地区结核病负担水平的一个指标。2010 年我国结核病总登记率的空间聚集区域较 2008 年减少,由原有的 19 个省聚集分布缩减到 14 个省、2 个聚集区域。此结果一方面说明 2008—2010 年结核病集中区域缩减至我国南、西和东北部地区,其疾病负担在这些地区仍较为严重且集中;另一方面显示我国结核病总体负担在下降,特别是在重庆、四川、云南、陕西和浙江省(市)。

新涂阳登记率仍是 WHO 和许多国家的结核病防治机构评价结核病防治工作的一项重要指标^[1,14,15]。由于新涂阳结核病患者传染性风险较高,因此新涂阳肺结核登记率可以部分反映该地区结核病的传播风险情况。《全国结核病防治规划(2001—2010 年)终期评估报告》结果显示:2005—2010 年新涂阳肺结核登记率呈现下降趋势,提示可能与结核病疫情下降有关^[16]。但空间聚集性分析结果显示,其聚集区域分布有所变化。2010 年河南、新疆、西藏、青海、宁夏已从新涂阳登记率聚集区域中移除,提示这些省份新涂阳肺结核登记率明显低于高值的邻近省份;另一方面,在 2008 年和 2009 年新涂阳肺结核登记率空间聚集区域基础上新增加云南、贵州、广西、广东和海南省(区),提示这新增的 5 省份新涂阳肺结核登记率逐渐与聚集区中其他地区相一致,并出现聚集现象,且由于新涂阳结核病患者传染性较强,可能存在各相邻省份间结核病疫情相互影响的现象。

根据结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率空间聚集性分析结果,我国南部和东北部地区既是结核病高负担聚集地区,也是高风险传播聚集地区,应重点加强这些地区的结核病病例发现和防治工作;西部地区虽是结核病高负担聚集地区,但并不是高风险传播聚集地区,提示应做好现有结核病患者的治疗管理工作。

本研究以省级为单位探测结核病总登记率和新涂阳肺结核登记率空间聚集性,因研究空间尺度较大不够精确,存在空间变异无法分析,且影响空间聚集性分布的危险因素未能校正。因此还需采用更小的研究尺度,同时在校正相关危险因素的情况下做进一步分析。

参 考 文 献

- [1] WHO. Global tuberculosis control: WHO report 2011. 2011.
- [2] WHO. The global plan to stop TB 2011–2015: transforming the fight towards elimination of tuberculosis. Geneva: World Health Organization, 2010, 1–100.
- [3] Wang LX. Status analysis of Chinese tuberculosis control and prevention. Chin J Public Health, 2012 (4): 413–414. (in Chinese)
王黎霞. 中国结核病防治工作现状分析. 中国公共卫生, 2012 (4): 413–414.
- [4] Touray K, Adetifa IM, Jallow A, et al. Spatial analysis of tuberculosis in an urban west African setting: is there evidence of clustering? Trop Med Int Health, 2010, 15(6): 664–672.
- [5] Huang F, Cheng SM, Du X, et al. Spatial analysis on new smear-positive pulmonary tuberculosis in China, 2003–2008. Chin J

- Epidemiol, 2010, 31(11): 1276-1281. (in Chinese)
 黄飞, 成诗明, 杜昕, 等. 中国2003—2008年新涂阳肺结核登记的空间分析. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1276-1281.
- [6] Coleman M, Mabuza AM, Kok G, et al. Using the SaTScan method to detect local malaria clusters for guiding malaria control programmes. Malar J, 2009, 8: 68.
- [7] Zhao F, Zhu R, Zhang LJ, et al. Integrated detection and analysis on the clusters of schistosomiasis based on geographic information system. Chin J Epidemiol, 2010, 31(11): 1272-1275. (in Chinese)
 赵飞, 朱蓉, 张丽娟, 等. 中国湖区五省血吸虫病聚集区域地理信息系统综合探测分析. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1272-1275.
- [8] Song C, Kulldorff M. Power evaluation of disease clustering tests. Int J Health Geogr, 2003, 2(1): 9.
- [9] Stelling J, Yih W, Galas M, et al. Automated use of WHONET and SaTScan to detect outbreaks of *Shigella* spp. using antimicrobial resistance phenotypes. Epidemiol Infect, 2010, 138(6): 873-883.
- [10] Zhao F, Zhu R, Zhang LJ, et al. Application of SaTScan in detection of schistosomiasis clusters in marshland and lake areas. Chin J Schistosomiasis Control, 2011, 23(1): 28-31. (in Chinese)
 赵飞, 朱蓉, 张丽娟, 等. SaTScan在湖沼型血吸虫病聚集区域探测中的应用. 中国血吸虫病防治杂志, 2011, 23(1): 28-31.
- [11] Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. Environ Health Perspect, 2004, 112(9): 998-1006.
- [12] Jiang QW, Zhao F. Application of spatial autocorrelation analysis in epidemiology. Chin J Epidemiol, 2011, 32(6): 539-546. (in Chinese)
 姜庆五, 赵飞. 空间自相关分析方法在流行病学中的应用. 中华流行病学杂志, 2011, 32(6): 539-546.
- [13] DE Queiroga RP, DE Sa LD, Noqueira Jde A, et al. Spatial distribution of tuberculosis and relationship with living conditions in an urban area of Campina Grande—2004 to 2007. Rev Bras Epidemiol, 2012, 15(1): 222-232.
- [14] Xianyi C, Fengzeng Z, Hongjin D, et al. The DOTS strategy in China: results and lessons after 10 years. Bull World Health Organ, 2002, 80(6): 430-436.
- [15] Cayla JA, Orcau A. Control of tuberculosis in large cities in developed countries: an organizational problem. BMC Med, 2011, 9: 127.
- [16] Xiao DL. National TB control program (2001-2010) final-evaluation report. Beijing: Science of Military Medicine Press, 2011. (in Chinese)
 肖东楼. 全国结核病防治规划(2001—2010年)终期评估报告. 北京: 军事医学科学出版社, 2011.

(收稿日期: 2012-09-21)

(本文编辑: 张林东)

读者·作者·编者

本刊对统计学方法的要求

统计学符号按 GB 3358-1982《统计学名词及符号》的有关规定一律采用斜体排印, 常用: ①样本的算术平均数用英文小写 \bar{x} (中位数用 M); ②标准差用英文小写 s ; ③标准误用英文小写 s_x ; ④ t 检验用英文小写 t ; ⑤ F 检验用英文大写 F ; ⑥ 卡方检验用英文小写 χ^2 ; ⑦ 相关系数用英文小写 r ; ⑧ 自由度用英文小写 ν ; ⑨ 概率用英文大写 P (P 值前应给出具体检验值, 如 t 值、 χ^2 值、 q 值等), P 值应给出实际数值, 不宜用大于或小于表示, 而用等号表示, 小数点后保留 3 位数。

研究设计: 应告知研究设计的名称和主要方法。如调查设计 (分为前瞻性、回顾性还是横断面调查研究), 实验设计 (应告知具体的设计类型, 如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等), 临床试验设计 (应告知属于第几期临床试验, 采用了何种盲法措施等); 主要做法应围绕 4 个基本原则 (重复、随机、对照、均衡) 概要说明, 尤其要告知如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

资料的表达与描述: 用 $\bar{x} \pm s$ 表达近似服从正态分布的定量资料, 用 $M(Q_n)$ 表达呈偏态分布的定量资料, 用统计表时, 要合理安排纵横标目, 并将数据的含义表达清楚; 用统计图时, 所用统计图的类型应与资料性质相匹配, 并使数轴上刻度值的标法符合数学原则; 用相对数时, 分母不宜小于 20, 要注意区分百分率与百分比。

统计学分析方法的选择: 对于定量资料, 应根据所采用的设计类型、资料具备的条件和分析目的, 选用合适的统计学分析方法, 不应盲目套用 t 检验和单因素方差分析; 对于定性资料, 应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备的条件及分析目的, 选用合适的统计学分析方法, 不应盲目套用 χ^2 检验。对于回归分析, 应结合专业知识和散点图, 选用合适的回归类型, 不应盲目套用直线回归分析; 对具有重复实验数据检验回归分析资料, 不应简单化处理; 对于多因素、多指标资料, 要在一元分析的基础上, 尽可能运用多元统计分析方法, 以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系做出全面、合理的解释和评价。

统计结果的解释和表达: 当 $P < 0.05$ (或 $P < 0.01$) 时, 应说对比组之间的差异具有统计学意义, 而不应说对比组之间具有显著性 (或非常显著性) 差异; 应写明所用统计分析方法的具体名称 (如: 成组设计资料的 t 检验、两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的 q 检验等), 统计量的具体值 (如: $t = 3.45$, $\chi^2 = 4.68$, $F = 6.79$ 等); 在用不等式表示 P 值的情况下, 一般情况下选用 $P > 0.05$ 、 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 三种表达方式即可满足需要, 无须再细分为 $P < 0.001$ 或 $P < 0.0001$ 。当涉及总体参数 (如总体均数、总体率等) 时, 在给出显著性检验结果的同时, 再给出 95% 可信区间。