

医学研究中的统计图形规范

林云志¹ 张隆垚² 陈峰¹ 魏永越¹

¹南京医科大学公共卫生学院生物统计学系,南京 211166;²南京医科大学公共卫生学院全球健康中心,南京 211166

林云志和张隆垚对本文有同等贡献

通信作者:魏永越,Email:ywei@njmu.edu.cn

【摘要】 统计图形历史悠久,是呈现医学研究设计、结果、结论的重要方式。纵观近年来中英文学术期刊中的统计图形可知,当前医学研究人员对统计图形的科学性和规范性的把握尚有不足。本文以 *NEJM*、*Lancet*、*JAMA*、*The BMJ* 四大权威医学期刊中统计图形的要求为切入点,总结出统计图形的技术要求、设计要点以及常见统计图形的实用条件、注意事项,以供医学研究者参考。

【关键词】 医学研究; 统计图形; 规范化

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81973142)

Specification of statistical graphics in medical research

Lin Yunzhi¹, Zhang Longyao², Chen Feng¹, Wei Yongyue¹

¹Biostatistics Department, School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China;

²Center for Global Health, School of Public Health, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

Lin Yunzhi and Zhang Longyao contributed equally to the article

Corresponding author: Wei Yongyue, Email: ywei@njmu.edu.cn

【Abstract】 Statistical graphics has a long history and is an important mean to present study design, analysis results and conclusions of medical research. A survey of statistical graphs of recent publications in Chinese and English academic journals shows that scientific and technical specifications of statistical graphics are still lacking. Based on the requirements of statistical graphics in prestigious medical journals (*NEJM*, *Lancet*, *JAMA* and *The BMJ*), this paper summarizes the technical requirements, key points of design of statistical graphs and practical conditions of common statistical graphs to provide reference for clinical researchers.

【Key words】 Medical research; Statistical graph; Specification

Fund program: General Project of National Natural Science Foundation of China (81973142)

一、背景

统计图形历史悠久,其使用最早可追溯到公元前 1400 年的尼罗克族^[1]。而科学界公认的首次出现的统计图形,是 1686 年 Halley^[2]绘制的海拔和气压关系图。在 17 世纪,统计图形所表达的内容多为数字间的函数关系^[3]。18 世纪伊始,随着统计理论方法的发展,新的图形逐渐问世^[4]。苏格兰经济

学家 William Playfair,其一生创作了折线图、柱状图、饼图等若干种统计图形,至今仍被广泛运用^[5]。19 世纪初,地图被引入统计图形,最为著名的是 Snow^[6]的霍乱地图(通过在地图上标注病例,发现被污染的水源是伦敦霍乱传播途径)。19 世纪下半叶,图形的发展迎来第二波热潮,涌现了更多图形种类,包括三维图形^[7]。此阶段最为著名的统计

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220701-00584

收稿日期 2022-07-01 本文编辑 万玉立

引用格式:林云志,张隆垚,陈峰,等.医学研究中的统计图形规范[J].中华流行病学杂志,2022,43(10):1666-1670.

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20220701-00584.

Lin YZ, Zhang LY, Chen F, et al. Specification of statistical graphics in medical research[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(10):1666-1670. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20220701-00584.



图形,当属法国工程师 Minard^[8]绘制的拿破仑行军图(亦被认为是最早的桑基图),统计图形和信息可视化领域领军人物 Edward Tufte 在其著作 *Beautiful Evidence* 中称赞该图为“有史以来最好的统计图形之一”^[9]。同期,还有著名的南丁格尔玫瑰图,这是流行病学研究结果展示的重大创新。直至 20 世纪初,随着计算机科学的飞速发展,和 Tukey^[10]对新统计图形的深入探索,数据可视化逐渐映入眼帘^[11],统计图形的发展迎来第三次热潮。如今,数据可视化,是医学研究中不可或缺之元素。

可视化是人与数据沟通的桥梁,也是人类观察数据的放大镜,是认识数据、发现规律的重要工具,是洞悉数据背后规律的有效方法。作为科研成果展示的关键组成部分,统计图形发挥着不可替代的作用。当今多数医学权威期刊中的高水平研究论文,多配有恰如其分且赏心悦目的插图,大为增色。统计图形的价值在于加深人们对其背后数据规律的认识,一图胜千言,意义重大。

各大医学权威期刊对统计图形有各自的要求,但多重于技术性参数要求,而缺乏统计图形的科学性和设计相关的规范化要求和指导意见。中文期刊亦是如此。此外,由于研究团队中可能缺乏专业的统计学人员,而医学研究人员的统计学技能和绘图技术亦有所欠缺,对统计图形的选择和绘制方面尚存不足^[12],影响了统计图形的规范性甚至科学性,进而影响了研究整体质量。本文以医学权威期刊对统计图形的要求为切入点以及提炼出绘制统计图形的技术要求、设计要点以及常见统计图形的实用条件、注意事项,以供医学研究者参考。

二、医学权威期刊对统计图形的要求

以新英格兰医学杂志(*The New England Journal of Medicine, NEJM*)、柳叶刀(*Lancet*)、美国医学会杂志(*The Journal of the American Medical Association, JAMA*)、英国医学期刊(*The British*

Medical Journal, The BMJ)这四本医学领域国际权威期刊为例,可归纳为对制图的技术参数要求和图形设计要求。

1. 技术参数要求:医学权威期刊对统计图形的制图参数要求大同小异,可分为:文件类型、分辨率、字体字号、坐标轴、标注和图例六类要求。见表 1。

2. 图形设计要求:各医学期刊都有自己独特的图形设计要求。以用色举例,*Lancet* 期刊要求森林图(forest plot)为黑白色调,而其他期刊对此并没有严格要求;在常见颜色组合的选择中,*JAMA* 期刊采用了橙-浅蓝配色^[13-15],这是一对互补色,视觉效果较好。四大权威期刊的配色方案见图 1。不同期刊会有一些特殊要求。如 *JAMA* 期刊不接受饼图或堆积条形图,而是要求使用能传达同等含义的其他图形;又如,*JAMA* 和 *Lancet* 期刊对三维图形均持不同程度的拒绝态度。中文期刊对图形的选择一般没有明文要求,可以参考其他权威期刊综合考虑。

三、常见统计图形的适用范围和注意事项

统计图形的样式繁多,可以根据形状或功能将其分类。一类统计图形可以应用于多种分析目的,某一分析目的也可以引用多种统计图形来展现。目的与功能的分类,是多对多的关系,这使得统计图形的选择变得稍有困难。图形的选择,应充分考虑可视化或统计分析的目的。本文将常见统计图形的可视化分为:10 类数据可视化(以展示数据为主,见表 2)图形和 8 类统计可视化(以展示统计分析结果为主,见表 3)图形,并逐一说明其常见衍生图种和相应的注意事项。

四、统计图形设计要点

1. 结构设计:统计图形设计,要简约而不简单,需清晰体现设计者的逻辑结构。尽量少用复杂的、难以解读的元素。非必要的纹理、无潜在信息的渐变色、花哨的配色等冗余的设计元素,被统计图形先驱 Tufte 称为“图形垃圾(chatjunk)”^[9]。法国图形

表 1 医学权威期刊对统计图形的技术参数要求

参数	注意事项
文件类型	初始投稿时,图片格式较为多样化(.tiff, .jpg, .bmp, .pdf, .ppt 或 .pptx, 等) 文稿修回或接受后,通常需要 .tiff 等矢量图格式 在不影响真实性和科学性的前提下,为了美观,经过合理修饰后的 .psd (photoshop document) 格式是被接受的
分辨率	非线条图的分辨率需 300 dpi 以上为佳;黑白线条图的分辨率需达 600 dpi 或 1 200 dpi
字体字号	字体一般要求统一即可 英文图形中,文字建议使用 Times New Roman 字体,数字推荐使用 Arial 或 Helvetica 字体,符号需使用希腊字母 从印刷角度考虑,最佳字号为 7 pt,或根据图形版面大小而调整,适当为宜
坐标轴	坐标轴的刻度间距应合理,轴上刻度应是连续的且建议顶格,刻度需有标签,轴亦需有标签。若轴体现的是率,其刻度通常可从 0%(或 100%)开始
标注	图中的元素可适当加以标注以提升可读性;若为组合图形,建议对每个子图加一标注(如:A、B、C...)和小标题
图例	图中元素的文字描述,或一段文字对图的内容进行简要阐述,其目的是让读者在脱离正文的情况下清晰理解图形含义



图 1 四大医学权威期刊配色方案

表 2 常见数据可视化图形及其注意事项

图形	常见衍生图种	注意事项
条形图	瀑布图、落差图、针板图、正负交错图,等	①数值悬殊时,不适合用条形图; ②需明确说明条形图上的误差线之含义。
线图	碎石图、时间序列图、平滑折线图、面积图、量化波形图、台阶图、雷达图、平滑曲线图,等	①绘制折线图时应避免折线过多以影响区分度,上方留白不宜过多; ②折线图上方留白通常不宜过多; ③通常不适合于分类数据; ④堆叠面积图的数值应有可加性且需有实际意义,可通过交叉验证等统计学手段来确定最佳的曲线平滑算法参数。
饼图	玫瑰图、旭日图、四瓣图,等	①不适合于分类过多的数据; ②不适合于构成比接近的数据; ③人类视觉对扇形面积不敏感,应慎用。
直方图	金字塔图、峰峦图,等	①不适合于样本量较小的研究; ②样本量有限情况下分组不宜过多,以免出现“过拟合”现象。
克利夫兰点图	棒棒糖图、哑铃图、分组点图,等	①Y轴一般为分类变量; ②存在极端值时会影响呈现效果,可先进行数值变换。
箱线图	小提琴图、蜂群图、云雨图,等	①有多种区分离群值的界限,通常为 1.5~3 倍的四分位间距,也可使用 3 倍标准差。
散点图	平滑散点图、向日葵图、日历图、气泡图,等	①所体现的是变量间的共变关系,并非因果关系; ②离群值不可随意移除,以免影响了样本的代表性导致偏倚; ③气泡图中的数值大小默认体现于气泡面积,而非半径。
热图 三元图	热力图、等高线图、轮廓填充图、网络图、桑基图,等 脸谱图、马赛克图,等	热图具有柔化效果,无法精确传达信息。 ①三元图本质是转化坐标后的散点图(各数据有 3 个属性值); ②马赛克图对于列联表数据的维度无限制。
Q-Q 图	P-P 图、正态化函数搜索图,等	①Q-Q 图常用于 GWAS(Genome-Wide Association Study)研究的质控; ②Q-Q 图和 P-P 图的目的相同,只是方法不同。

表 3 常见统计可视化图形及注意事项

统计分析方法	常见衍生图种	注意事项
分布图	概率密度函数图、概率分布图,等	①绘制分布图的模拟数据样本量需足够大; ②不可以用对点间连线采用 LOESS(locally scatterplot smoothing)等常见曲线平滑手段。
线性回归拟合图	散点折线图、回归可信区间带图、五线谱图、双变量参考值椭圆,等	①可通过散点图观察有无宏观线性趋势,有无不等方差等违背线性回归对数据的要求; ②需慎重对待离群点和强影响点,不可简单地删除了事。
回归模型诊断图	残差诊断图、残差诊断杠杆图、强影响点诊断图、Cook 距离诊断图,等	应注意辨析离群点、高杠杆值点和强影响点。
生存分析图	多起点生存曲线图、Kaplan-Meier 生存曲线图、诺莫图、Cox 回归森林图,等	①生存曲线图横轴刻度要合适,横轴标签须包含时间单位;纵轴的标签需准确;多条生存曲线时,应用不同的颜色或线型区分,并加以标注,若有曲线间的统计学比较则需注明统计量和 P 值; ②生存曲线上应标注删失事件; ③应提供各时点的风险人数(number at risk)。
模型评价图	AUC(area under the curve)图、时依 AUC 图、Precision-Recall 图、校准曲线图、决策曲线图、列线图,等	若数据中有重复观测的数据点,不能随机打乱数据,应确保训练集和验证集没有交集。
非线性曲线拟合图	散点折线图、多项式回归图、凹凸曲线回归图、分位数回归图,等	①非线性函数的选择依赖于研究者的经验和对数据趋势的感知能力; ②注意参数初始值的设定; ③防止过拟合。
降维分析(以主成分分析为例)	主成分碎石图、因子负荷图、主成分散点图、主成分特征向量图,等	主成分分析之前需对变量进行标准化。
Meta 分析	森林图、漏斗图、Meta 回归气泡图、Meta 效应网络图,等	研究间若存在异质性,则需采用随机效应模型,或分层(亚组)分析;若仍无法控制,可改为定性分析。

语言理论学者 (graphic language theorist) Jacques Bertin 为图形结构设计制定了一个理论框架,即考虑:形状、方向、颜色、纹理、体积、大小^[16]。统计图形专家 Cleveland 认为,图形中的“准确性”并非指从图形中读出精确的数值,而是通过调整设计框架,来凸显应该被关注的重点。从神经生理学角度考虑,图形中需强调的元素应当与其他元素有着显著不同的视觉特征^[17-18]。

2. 布局考虑:绘图和撰文一样,需要清晰体现设计者的逻辑思路,在用图形“叙述”一件事情时,既要考虑整体连贯,又要考虑局部内聚,而不是零散地展示一些信息。有些通用的设计可以考虑三点原则:①适当留白。留白契合视觉心理学经典原则——格式塔原则(Gestalt Principles),留白的空间是另一种组织内容的机制,能合并成更规则的区域,并进一步描述设计者所定义的分组。②视觉完形。视觉完形是指读者总是先看到整体,然后去关注局部,人脑的视觉系统总是在不断地试图在感官上将图形进行闭合。③文字引导。按照某种既定逻辑顺序,使用一致的符号、编码、文字,以协助读者快速理解图形之含义^[19]。

3. 用色考究:颜色是信息重要性的重要影响因素之一。用好颜色,可将用户的注意力快速吸引到重点上,若颜色误用则会导致读者对信息理解偏差^[20]。一般来说,分类数据可以使用颜色传达起分类信息(用色原则:显著对比)。而定量数据,亦可用色阶反映数据的大小(用色原则:渐变进阶)^[21]。

挑选合适的颜色时可以借助色轮工具。通过旋转色轮或调整饱和度滑块来获得一组易于区分的颜色^[22]。另外,仅选择了合适的颜色也是不够的,需要根据图形中元素背后信息的重要性和视觉效果进行适当调整。R 中的 RImagePalette 包和 Adobe Photoshop 等专业图像工具可以从画作中提取色相和色阶信息^[23]。

4. 善用元素:

(1)箭头:是图形中常用的重点元素,因其能显著增进图形的可读性,而被运用在超过一半的图形中。箭头有多种含义,一般为指示变化、移动轨迹或因果关系。箭头应少而精。在生物医学研究中,部分箭头类型有特殊含义(例如,带有直角线段的箭头通常表示一个分子负向调节另一个分子),故应避免此类符号。标签指向线段,不建议带有箭头。Wong^[24]建议使用实心箭头,同时避免箭头过大。

(2)坐标轴和网格线:坐标轴用来准确衡量比

例和尺度,辅助网格线用来衬托数据间细微差异。多张图形共同展示时,应尽量采用相同的坐标轴尺度,以便比较。格式塔原则中提到,非主体部分不应占用过多笔墨,因此在使用网格线时,其密度不应过大,颜色宜浅,设置足够的透明度(建议在 15%~45% 之间)更好,否则将增加阅读难度^[25]。

(3)标签:使用标签要遵循两个原则:一致和对齐。标签需按一定的原则统一命名,可以将一组标签的公共文本部分删除以简化,但也不能因为过于简略而造成歧义。标签的位置应与对应的指代物对齐。在连接图形与标签时,连接线应尽可能水平或垂直,且彼此间平行。另外,不要给标签添加任何例如爆炸、气泡等视觉背景特效,这样会分散读者的注意力。图形的多样性应由数据和结果来表现,而非无实际意义的格式^[26]。

(4)具有专业意义的符号:在绘制散点时,形状的选择对图形视觉效果的影响最为直观。众多形状中,空心圆是一个较常用的选择。如果数据组别之间有明确而简单的区别,则可以使用组别名称首字母作为绘图符号[例如,ATCG 表示 4 种碱基型所绘制的转录因子结合域图(transcription factor binding motif)]。若含有多种符号,它们的大小、透明度等参数应尽量一致。如果图形中的类别过多,应考虑用分图展示^[27]。

5. 慎用三维:三维图形,在视觉上似乎比二维平面图形更有吸引力。然而,科学研究媒介上通常为静态图像,是通过二维透视图来模拟三维效果,图形中元素的高度和长度不可避免地会因遮挡或透视而扭曲,进而导致信息传递出现偏差^[28]。需要通过旋转图形,选择合适的展示角度,而尽可能的降低遮挡或透视扭曲所造成的影响^[28]。正因此,JAMA、Lancet 等期刊对三维图形持谨慎态度。

事实上,三维图形可用二维可视化手段来替代,如散点图矩阵和平行坐标图。散点图矩阵,是散点图的高维拓展,将多个变量的两两散点图以矩阵的形式排列,在一定程度上克服了平面展示高位数据的困难。平行坐标图,跳出了笛卡尔坐标系(Cartesian coordinates)的思维局限,将相互垂直的坐标轴改为平行的坐标轴,平面上可容纳多条平行线,因此可展示多维数据。上述两方法的区别在于在二维平面上展示多维数据特征的方式不同,可在同一个研究中综合使用,从而更全面地展示高维数据^[29]。

五、讨论

中国近代启蒙思想家、翻译家严复提出,翻译

力求信、达、雅。统计图形亦须如此。信(faithfulness),指意义不悖原文,要准确传达数据原有之义,不偏离,不遗漏,也不要随意增减意思;达(expressiveness),指不拘泥于固有形式,译力求通顺、易懂、明白;雅(elegance),指选用的图形、样式要得体,力求简明、优雅。最后,在设计好一张图形后,应反复考量和修正,或许会得到更好的结果^[30]。需注意的是,图形无法挽救数据上的固有缺陷,可通过层次和结构设计,弱化缺陷。

国内学者亦探索过医学研究中的统计图形规范^[31-33],介绍了特定分析或某类图形的实现步骤和简要绘制要求,但涉及的图种较少。本文总结了统计图形的设计要点和使用规范。首先总结了各大医学期刊对统计图形的要求;进而,提出从数据可视化和统计可视化两个维度列举图形并总结其使用中的注意事项;最后跳出具体的图形,从图形设计学角度,探讨设计要点。为广大生物医学研究者认识统计图形学(statistical graphics)提供了较好的素材。

本研究亦存在不足。本研究仅总结了常见统计图形,难免以偏概全;同时,本研究尚未考虑多种图形组合时的设计要点。但本文所提供的原则性思考,具有一定的通用性。另外,本研究归纳的制图技术参数建议是基于四大医学期刊所总结的,具有一定的代表性,建议研究者根据实际情况进行调整以达到最佳效果。

在大数据时代,数据可视化将成为窥探数据背后之规律的重要手段^[34],而数据复杂度的增加,对图形的可解释性乃至信息传递的准确性提出了更高的要求。本研究总结了常见统计图形的设计要求、使用条件、注意事项,以期加深研究者对统计图形的认识,以更好地理解并使用统计图形。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 林云志、张隆垚:图形绘制、程序撰写、论文撰写;陈峰:研究设计、论文修改;魏永越:研究设计、程序审核、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- Wainer H, Velleman PF. Statistical graphics: mapping the pathways of science [J]. *Annu Rev Psychol*, 2001, 52: 305-335. DOI: 10.1146/annurev.psych.52.1.305.
- Halley E. On the height of the mercury in the barometer at different elevations above the surface of the earth, and on the rising and falling of the mercury on the change of weather [J]. *Phil Trans*, 1686, 181:103-116. DOI: 10.1098/rstl.1686.0017.
- Spence I. William Playfair and the psychology of graphs [M]. American Statistical Association; papers presented at the Joint Statistical Meetings, American Statistical Association, 2006: 2426-2436.
- Friendly M. A brief history of data visualization [M]. *Handbook of Data Visualization*, 2008:15-56.
- Playfair W. Playfair's commercial and political atlas and statistical breviary [M]. Cambridge University Press, 2005.
- Snow J. On the mode of communication of cholera [J]. *Edinb Med J*, 1856, 1(7):668-670.
- Zeuner G. *Abhandlungen aus der mathematischen Statistik* [M]. Felix, 1869.
- Minard CJ. *Des tableaux graphiques et des cartes figuratives* [M]. Paris: E. Thunot et Cie, 1861.
- Tufte ER, Schmiel GM. The visual display of quantitative information [J]. *Am J Phys*, 1985, 53(11): 1117-1118. DOI: 10.1119/1.144057.
- Tukey JW. The future of data analysis [J]. *Ann Math Stat*, 1992. DOI: 10.1007/978-1-4612-4380-9_31.
- Becker RA, Cleveland WS. Brushing scatterplots [J]. *Technometrics*, 1987, 29(2):127-142. DOI:10.1080/00401706.1987.10488204.
- 谷鸿秋. 临床研究统计分析思路与统计图表概述 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10(7): 785-788. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.07.04.
- Gu HQ. A brief introduction of statistical analysis strategy and statistical charts for clinical research [J]. *Chin J Evid Based Cardiovasc Med*, 2018, 10(7): 785-788. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.07.04.
- Connors JM, Brooks MM, Sciruba F C, et al. Effect of antithrombotic therapy on clinical outcomes in outpatients with clinically stable symptomatic COVID-19: the ACTIV-4B randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2021, 326(17):1703-1712. DOI: 10.1001/jama.2021.17272.
- Lawrence JM, Divers J, Isom S, et al. Trends in prevalence of type 1 and type 2 diabetes in children and adolescents in the US, 2001-2017 [J]. *JAMA*, 2021, 326(8): 717-727. DOI: 10.1001/jama.2021.11165.
- Zampieri FG, Machado FR, Boindi RS, et al. Effect of intravenous fluid treatment with a balanced solution vs 0.9% saline solution on mortality in critically ill patients: the BaSICS randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2021, 326(9):1-12. DOI: 10.1001/jama.2021.11684.
- Eastman JR, Bertin J. Semiology of graphics [J]. *Econ Geogr*, 1986, 62(1):104. DOI:10.2307/143508.
- Wong B. Points of view: gestalt principles (part 1) [J]. *Nat Methods*, 2010, 7(11):863. DOI: 10.1038/nmeth1110-863.
- Marschark M. Erratum to: semantic congruity in symbolic comparisons: salience, expectancy, and associative priming [J]. *Mem Cognit*, 1984, 12(6):642. DOI: 10.3758/BF03213354.
- Wong B. Points of view: points of review (part 2) [J]. *Nat Methods*, 2011, 8(3):189. DOI: 10.1038/nmeth0311-189.
- Wong B. Points of view: avoiding color [J]. *Nat Methods*, 2011, 8(7):525. DOI:10.1038/nmeth.1642.
- Gehlenborg N, Wong B. Points of view: mapping quantitative data to color [J]. *Nat Methods*, 2012, 9(8): 769. DOI:10.1038/nmeth.2134.
- Wong B. Points of view: color coding [J]. *Nat Methods*, 2010, 7(8):573. DOI:10.1038/nmeth0810-573.
- Carlson J. RimagePalette: Extract the colors from images [J]. *Adsorption from Solutions of Non Electrolytes*, 2016, 1(85):164-190. DOI: 10.1109/IEMBS.2001.1018905.
- Wong B. Points of view: arrows [J]. *Nat Methods*, 2011, 8(9):701. DOI:10.1038/nmeth.1676.
- Krzywinski M. Points of view: Axes, ticks and grids [J]. *Nat Methods*, 2013, 10(3):183-183. DOI:10.1038/nmeth.2337.
- Krzywinski M. Points of view: labels and callouts [J]. *Nat Methods*, 2013, 10(4):275. DOI:10.1038/nmeth.2405.
- Krzywinski M, Wong B. Points of view: plotting symbols [J]. *Nat Methods*, 2013, 10(6): 451. DOI: 10.1038/nmeth.2490.
- Gehlenborg N, Wong B. Into the third dimension [J]. *Nat Methods*, 2012, 9(9):851. DOI:10.1038/nmeth.215.
- Gehlenborg N, Wong B. Power of the plane [J]. *Nat Methods*, 2012, 9(10):935. DOI:10.1038/nmeth.2186.
- Krzywinski M. Points of view: elements of visual style [J]. *Nat Methods*, 2013, 10(5):371. DOI:10.1038/nmeth.2444.
- 郑康杰, 施倡元, 陆云霞. 常用统计图表的绘制方法与常见错误辨析 [J]. *公共卫生与预防医学*, 2006(3):96-98. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2483.2006.03.055.
- Zheng K, Shi L, Lu Y. Methods of drawing common statistical graphics and discrimination of common errors [J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2006(3): 96-98. DOI: 10.3969/j. issn. 1006-2483.2006.03.055.
- 谢佳斌, 金勇进. 探索性数据分析中的统计图形应用 [J]. *统计与信息论坛*, 2009, 24(7): 13-17, 56. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3116.2009.07.003.
- Xie J, Jin Y. Issues on the exploratory data analysis of complex survey data [J]. *Statistics & Information Forum*, 2009, 24(7): 13-17, 56. DOI: 10.3969/j. issn. 1007-3116. 2009.07.003.
- 谷鸿秋. 临床研究中基线信息的统计分析 with 统计图表 [J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10(8): 910-912. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.08.04.
- Gu H. Statistical methods and statistical charts for effect estimation in clinical research [J]. *Chin J Evid Based Cardiovasc Med*, 2018, 10(8): 910-912. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.08.04.
- Messner W. Visual statistics: Seeing data with dynamic interactive graphics [J]. *Psychometrika*, 2008, 73(1): 159-161. DOI: 10.1007/s11336-007-9030-3.