

YIXUETONGJIXUE

yunyong sanxinglilun fenxi dingliang yu dingxing ziliao

主 编 胡良平

医学统计学

运用三型理论分析定量与定性资料

书中SAS程序凝集了本书多位作者多年的辛勤劳动和智慧，几乎涵盖了定量与定性资料统计分析的各个方面。读者拥有此光盘，可以节省大量的时间，充分发挥计算机软件的功能和作用。尤其是这些刻录在光盘上的SAS程序可以反复被调用，读者只需用鼠标左键双击文件名，就可轻松实现SAS程序的调用，而且，当读者有了新数据后，只需用新数据替换掉SAS程序中的原有数据，按一下发送键就可实现自己的目的。



 人民军医出版社
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

内附光盘

医学统计学

——运用三型理论分析定量与定性资料

YIXUE TONGJIXUE——

YUNYONG SANXINGLILUN FENXI DINGLIANG YU DINGXING ZILIAO

主 编 胡良平

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 琪(军事医学科学院)

毛 玮(军事医学科学院)

刘惠刚(首都医科大学)

李子建(济南军区疾控中心)

李长平(天津医科大学)

张 泽(武警医学院)

周诗国(军事医学科学院)

赵铁牛(天津中医药大学)

胡良平(军事医学科学院)

胡纯严(军事医学科学院)

柳伟伟(军事医学科学院)

高 辉(军事医学科学院)

郭 晋(军事医学科学院)

陶丽新(军事医学科学院)

葛 毅(后勤指挥学院)

程瑞专(军事医学科学院)

 人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

医学统计学:运用三型理论分析定量与定性资料/胡良平主编. —北京:人民军医出版社,2009.8
ISBN 978-7-5091-2837-4

I. 医… II. 胡… III. 医学统计—研究 IV. R195.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 112746 号

策划编辑:于 岚 文字编辑:曹 静 责任审读:黄栩兵

出 版 人:齐学进

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927273

网址:www.pmmp.com.cn

印刷:北京京海印刷厂 装订:京兰装订有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:26.75 字数:723 千字

版、印次:2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001~2500

定价(含光盘):115.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

内 容 提 要

本书介绍了在统计学思想指导下,运用统计学三型理论,对各种实验设计类型下收集的定量与定性资料进行统计分析的假设检验方法,并详细描述了如何用 SAS 软件实现统计计算和结果解释。

对结果为定量资料的情形而言,从统计分析目的、基本概念、前提条件及设计类型的判断、检验的理论依据,到各种参数检验和非参数检验方法,都做了详细介绍。对结果为定性资料的情形而言,从如何分析常见的四类列联表资料,到诊断性试验的列联表资料,在书中也都做了详细介绍;同时编者还详细论述了实际工作者常感到棘手的两两比较方法,并给出了多批同类设计定量和定性资料的 Meta 分析方法及 ROC 曲线分析法。本书还针对人们在处理定量和定性资料时常犯的统计学错误进行了辨析与释疑。

本书是定量与定性资料统计分析的“百科全书”,能满足各种专业人员处理定量与定性资料的需求,可作为高等院校本科生和研究生统计学教科书,也可作为实际工作者处理定量与定性资料的工具书,适用于所有编撰统计学教科书的专家、学者学习和借鉴。

前 言

人们常感到统计学难学难用,根源在于实际问题常以表现型的面貌呈现出来,如何才能透过事物的现象(即表现型)看清事物的本质(即原型)?由于统计学的理论和方法都有其适用条件,因此,常需将问题的原型转化成标准型后,才能正确合理地选用统计学的理论和方法予以解决,这样一种解决与统计学有关问题的思维过程和技术方法被概括为统计学三型理论。本书是统计学三型理论系列丛书的第3部专著,着重解决如何用统计学三型理论正确合理分析定量与定性资料,前两部分分别是《统计学三型理论在实验设计中的应用》和《统计学三型理论在统计表达与描述中的应用》,该系列丛书还将陆续出版。

本书针对“定量与定性资料统计分析”应当涉及的主要内容,分上、下2篇进行讲述。上篇定量资料统计分析,科学地总结了统计学思想,创造性地提出了统计学三型理论,详细介绍了处理定量资料必需的基本概念和各种有关的统计分析方法;下篇定性资料统计分析,在统计学思想指导下,充分发挥统计学三型理论的指导作用,详细介绍了处理定性资料必需的基本概念和各种有关的统计分析方法。此外,还从生物医学期刊论文中摘录出大量误用定量与定性资料统计分析方法的案例,进行详细的辨析与释疑,从逆向思维角度,帮助人们识别常见统计学应用中出现的错误,提高识别和防范此类错误的能力,从而提高运用统计学的正确率。

在本书的编写过程中,本室周诗国和柳伟伟两位青年教师承担了较多的编写任务。更值得一提的是,本室在读博士研究生葛毅和李长平,硕士研究生程瑞专、高辉和郭晋也承担了很重要的编写任务。首都医科大学刘惠刚副教授、天津中医药大学赵铁牛讲师和武警医学院张泽讲师等为本书也做出了突出贡献。最后还应提及的是,毕业于北京邮电大学的硕士研究生胡纯严为本书定制了方便快捷调用SAS程序的软件,名为“SAS PAL”,为提高读者调用SAS程序的准确性和效率提供了很大的帮助。

最后,还要诚挚地感谢在本书出版过程中给予帮助与支持的人们,正是因为他们的不懈努力,才使“统计学三型理论”在生物医学科研这片沃土中生根、发芽、开花、结果。

胡良平

2009年2月

于北京军事医学科学院生物医学统计学咨询中心

目 录

上篇 定量资料统计分析

第 1 章 统计学思想与统计学三型理论在定量资料统计分析中的指导作用	(2)
1.1 统计学思想概述	(2)
1.2 统计学三型理论概述	(4)
1.3 缺乏统计学思想导致的后果	(8)
1.4 与定量资料统计分析有关的概念	(10)
1.5 本章小结	(12)
第 2 章 定量资料统计分析预备知识	(14)
2.1 假设检验	(14)
2.2 t 检验及其适用场合	(17)
2.3 方差分析的基本思想及其适用场合	(17)
2.4 不适合用 t 检验取代方差分析的理由	(19)
2.5 常用数据变换方法	(20)
2.6 本章小结	(20)
第 3 章 定量资料假设检验中常用的理论分布	(22)
3.1 正态分布与标准正态分布	(22)
3.2 t 分布	(24)
3.3 χ^2 分布	(26)
3.4 F 分布	(28)
3.5 上述各分布之间的关系	(30)
3.6 正态性检验及其实现	(31)
3.7 方差齐性检验及其实现	(37)
3.8 本章小结	(40)
第 4 章 单因素设计定量资料的假设检验	(42)
4.1 单组设计定量资料的假设检验	(42)
4.2 配对设计定量资料的假设检验	(49)
4.3 单因素两水平设计(即成组设计)定量资料的假设检验	(57)
4.4 单因素多水平($k \geq 3$)设计定量资料的假设检验	(66)
4.5 本章小结	(77)
第 5 章 多个平均值或平均秩的两两比较	(79)
5.1 多个平均效应两两比较的应用场合	(79)

5.2	多个平均值两两比较方法的种类	(79)
5.3	多个平均值两两比较应用实例	(85)
5.4	多个平均秩两两比较方法的种类	(95)
5.5	多个平均秩两两比较应用实例	(96)
5.6	本章小结	(99)
第6章	不便考察交互作用效应的多因素设计定量资料的假设检验	(101)
6.1	随机区组设计定量资料的假设检验	(101)
6.2	具有一个重复测量的单因素设计定量资料的假设检验	(110)
6.3	双因素无重复实验设计定量资料的假设检验	(116)
6.4	平衡不完全随机区组设计定量资料的假设检验	(119)
6.5	拉丁方设计定量资料的假设检验	(123)
6.6	交叉设计定量资料的假设检验	(125)
6.7	嵌套(或系统分组)设计定量资料的假设检验	(127)
6.8	本章小结	(130)
第7章	可以考察交互作用效应的多因素设计定量资料的假设检验	(131)
7.1	析因设计定量资料的假设检验	(131)
7.2	含区组因素析因设计定量资料的假设检验	(139)
7.3	正交设计定量资料的假设检验	(146)
7.4	重复测量设计定量资料的假设检验	(158)
7.5	本章小结	(167)
第8章	多个成组设计定量资料的 Meta 分析	(168)
8.1	问题的提出	(168)
8.2	Meta 分析的基本概念	(169)
8.3	Meta 分析的目的与作用	(169)
8.4	Meta 分析的基本步骤	(171)
8.5	Meta 分析的缺陷与不足	(173)
8.6	Meta 分析的注意事项	(174)
8.7	Meta 分析的常用统计模型和统计分析方法	(174)
8.8	多个成组设计定量资料的 Meta 分析	(176)
8.9	需采用随机效应模型进行综合分析的实例	(186)
8.10	用 SAS 实现多个成组设计定量资料的 Meta 分析	(188)
8.11	本章小结	(192)
第9章	各种复杂多因素实验设计类型辨析的技巧	(194)
9.1	“对号入座”辨析法	(194)
9.2	“结构变形与对号入座”相结合的辨析法	(194)
9.3	“拆分组别与对号入座”相结合的辨析法	(197)
9.4	“拆分变形与对号入座”相结合的辨析法	(199)
9.5	“抽象思维与对号入座”相结合的辨析法	(202)
9.6	本章小结	(206)
第10章	定量资料统计分析错误辨析与释疑	(207)

下篇 定性资料统计分析

第 11 章 统计学思想与统计学三型理论在定性资料统计分析中的指导作用	(209)
11.1 定性资料统计分析概述	(209)
11.2 定性资料的标准表达形式	(211)
11.3 用统计学三型理论指导列联表的修改	(217)
11.4 定性资料统计分析的前提条件	(220)
11.5 定性资料统计分析的要点	(220)
11.6 本章小结	(221)
第 12 章 定性资料统计分析预备知识	(223)
12.1 定性资料假设检验思想	(223)
12.2 定性资料假设检验步骤	(223)
12.3 定性资料假设检验依据	(224)
12.4 从数据库结构中获取列联表资料的方法	(225)
12.5 本章用到的详细数据	(230)
12.6 本章小结	(232)
第 13 章 2×2 列联表资料的假设检验(一)	(233)
13.1 横断面研究设计的 2×2 列联表资料的假设检验	(233)
13.2 队列研究设计的 2×2 列联表资料的假设检验	(237)
13.3 病例-对照研究设计的 2×2 列联表资料的假设检验	(240)
13.4 配对研究设计的 2×2 列联表资料的假设检验	(243)
13.5 本章小结	(247)
第 14 章 2×2 列联表资料的假设检验(二)	(248)
14.1 诊断试验的常用统计指标	(248)
14.2 诊断试验 ROC 分析	(253)
14.3 多个 2×2 列联表资料的 Meta 分析	(256)
14.4 本章小结	(279)
第 15 章 特殊 $R \times 2$ 列联表与 $2 \times C$ 列联表资料的假设检验	(281)
15.1 原因变量为有序变量的 $R \times 2$ 列联表资料的标准型及其线性趋势检验	(281)
15.2 结果变量为有序变量的 $2 \times C$ 列联表资料的标准型及其线性趋势检验	(286)
15.3 本章小结	(290)
第 16 章 $R \times C$ 列联表资料的假设检验	(292)
16.1 双向无序 $R \times C$ 列联表资料的标准型及其假设检验	(292)
16.2 结果变量为有序变量的单向有序 $R \times C$ 列联表资料的标准型及其假设检验	(295)
16.3 双向有序且属性不同的 $R \times C$ 列联表资料的标准型及其假设检验	(298)
16.4 双向有序且属性相同的 $R \times C$ 列联表资料的标准型及其假设检验	(302)
16.5 本章小结	(307)
第 17 章 $R \times C$ 列联表资料的两两比较	(308)
17.1 $R \times 2$ 列联表资料的两两比较	(308)
17.2 $R \times C$ 列联表资料的两两比较	(318)

17.3 本章小结	(322)
第 18 章 高维列联表资料的假设检验(一)	(325)
18.1 结果变量为二值变量的高维列联表资料简介	(325)
18.2 加权 χ^2 检验	(326)
18.3 CMH χ^2 检验	(329)
18.4 对数线性模型	(334)
18.5 因变量为二值变量的多重 Logistic 回归分析	(338)
18.6 本章小结	(350)
第 19 章 高维列联表资料的假设检验(二)	(352)
19.1 结果变量为多值有序变量的高维列联表资料的标准型	(352)
19.2 CMH 校正的秩和检验	(354)
19.3 有序变量多重 Logistic 回归分析	(363)
19.4 本章小结	(375)
第 20 章 高维列联表资料的假设检验(三)	(376)
20.1 结果变量为多值名义变量的高维列联表资料的标准型	(376)
20.2 CMH χ^2 检验	(377)
20.3 扩展的多重 Logistic 回归分析	(380)
20.4 对数线性模型分析	(387)
20.5 本章小结	(392)
第 21 章 具有重复测量设计定性资料的假设检验	(394)
21.1 具有重复测量设计的定性资料的定义	(394)
21.2 具有重复测量设计定性资料的标准型	(394)
21.3 具有重复测量设计定性资料的进一步分类	(397)
21.4 具有重复测量设计的定性资料分析	(400)
21.5 本章小结	(412)
第 22 章 定性资料统计分析错误辨析与释疑	(414)
附录 A 胡良平专著及配套软件简介	(415)

上 篇

定量资料统计分析

第1章 统计学思想与统计学三型理论在定量资料统计分析中的指导作用

何为定量资料？从每个个体身上观测到的原因或结果都以定量的形式呈现出来，如年龄、血压值、血小板值，它们有度量衡单位，可以带小数部分。

统计学内容非常丰富，它不仅仅局限于统计计算，比统计计算更重要的是统计学思想。统计学思想可以简单地表述为：透过现象看清事物本质的思维模式。这个思维模式可以概括为“八性”和“八思维”，在统计学思想指导下创立的统计学三型理论是其具体体现。统计学三型理论对实验设计类型的选定和已做实验的设计类型的判定都十分有用。由于定量资料统计分析的关键点之一就是“准确判定定量资料所对应的实验设计类型”，故统计学三型理论在正确实现定量资料统计分析中又有其特殊作用。本章将围绕统计学思想、统计学三型理论，以及与定量资料统计分析有关的概念作宏观论述和介绍。

1.1 统计学思想概述

1.1.1 统计学思想的本质

何为统计学思想？生物医学技术日新月异，研究的内容一般都涉及多因素多指标问题，因此，科研工作对科研工作者的统计学应用水平提出了越来越高的要求。时代呼唤正确的统计学思想，而不是照抄和盲目套用那些繁琐的统计学公式。正确的统计学思想是什么？是用辩证的思维去观察事物，是用透视的眼光去洞察事物，即能够透过现象看清事物本质的统计思维模式，概括起来为“八性”和“八思维”。

统计学在看待事物和处理问题时，离不开下列“八性”，即“系统性与代表性”“随机性与均衡性”“概括性与延展性”和“自悖性与相合性”。同时，还离不开下列“八思维”，即“静态思维、动态思维；正向思维、逆向思维；简单思维、复杂思维；横向思维、纵向思维”。在这“八思维”中，应有所侧重，即“弱化静态思维强化动态思维”“突破正向思维巧用逆向思维”“跳出简单思维步入复杂思维”“活用横向思维发展纵向思维”。

1.1.2 统计思维中的“八性”

(1) 系统性。实际工作者在科研中经常“顾此失彼、丢三落四”，应当系统地全面地考虑问题，以免所做的研究工作前功尽弃。例如，任何一项科研工作，从开始构思到得出结论，需要经历很多步骤，其中任何一步考虑不周，都可能会使整个研究失败。比如，实验设计错了或数据整理的格式错了或统计分析方法选择错了或结果解释错了，都可能导致结论的错误，这就是说在专业和统计学上考虑问题要全面、系统，方可得出正确结论。

(2) 代表性。统计学不单纯是处理实验数据的学问，它更关注实验数据的来源和专业含义。这意味着强调实验数据的代表性如何，它肩负着谁的使命，它将为谁说话。更明确地说，实验数据反映的信息是否全面、准确，将直接影响结果和结论的正确性。例如，若想通过抽样调查了解

全国正常成年人身高的平均水平,若在北方地区与南方地区抽样的人数与当地正常成年人的人口数不成比例,若在北方地区抽取的人数占的比重大了,其身高数据的样本平均值会明显高于全国相应指标的平均水平,反之亦然。这就是说,样本必须具有很好的代表性,在此基础上,基于足够大的样本得到的信息去推论总体规律性才不易出错。

(3)随机性。在自然界(特别是生物医学研究)中,由于变异性的普遍存在并且研究者通常无法研究总体中的全部个体,随机抽样研究(包括从已知总体中进行随机抽样和根据已知样本进行随机分组)是确保样本具有代表性和组间样本具有可比性的重要措施。例如,每个正常成年人的血小板数值并非一样,若将全国正常成年人的血小板数值都测量出来,自然就知道了全国正常成年人的平均血小板水平了,但测定的数量太大,费用、时间和人力都承受不起;若从全国各地随机抽取(不是人为选取)最有代表性的一部分正常成年人,由他们的测定值也能较好地估计全国正常成年人血小板的平均水平,估计的结果是否足够准确,主要取决于随机化的效果(它体现了代表性的好坏)和样本含量的大小(它体现了重现性的好坏),这就是统计学上十分强调的“随机原则”,简称为随机性。

(4)均衡性。与研究问题有关的因素往往很多,作为试验分组的因素通常是反复挑选出来的为数较少的几个,由它们决定的各小组之间在其他因素方面是否均衡一致,将直接关系到结论的正确性!例如,要考察一种新药的疗效如何,若试验组患者使用新药,对照组患者使用目前市面上治疗该病最好的药,但由于患者入组时未严格地进行随机化,年龄大的患者比较保守,绝大多数都进入了对照组,试验结果显示,新药疗效优于对照药疗效,但这个结论却令人怀疑,因为两组患者在年龄上相差悬殊,而且往往年龄大的患者病情较重、患病时间较长,难以治愈。所以,要使实验研究的结果具有较高的可信度,组间在重要非试验因素方面的均衡性是不可忽视的,这就是统计学上十分强调的“均衡原则”,简称为均衡性。

(5)概括性。统计学不是堆放全部数据的仓库,而是抽象出数字特征,用以概括表达数据内在规律性,不仅形象生动,而且言简意赅。例如:测出10万甚至100万个正常成年人的血压值,计算出“平均值、标准差、95%正常值范围和总体均值的95%置信区间”等统计量的数值,就等于掌握了如此多的血压数值的变化规律,这就是说统计学具有概括性。

(6)延展性。人们所面对的研究对象的数目往往是无限大的,逐个加以研究几乎不可能,有时具有很大的破坏性(如贵重的精密仪器设计质量的考察、昂贵武器弹药质量的破坏性试验),统计学告诉人们,只要设计合理,便可以只研究其中很小一部分,由此去推论总体规律性。例如,根据几十人,最多几百人的临床试验研究结果,运用统计学上的假设检验方法,就能决定一种新药是否可以用于临床诊治相应疾病患者,这就是说统计学具有延展性。

(7)自悖性。统计学中的方法并非总是万能的,有时不同方法处理同一个实际问题其结果是自相矛盾的;有时统计学结论与专业结论是不相容的。例如,Simpson(1951)提出的关于吸烟与否是否会导致肺癌发生的调查资料,不同的分析策略,将得到自相矛盾的结论。

(8)相合性。统计学不能脱离专业知识,应根据研究目的、设计类型、资料性质和具备的条件,选择合适的统计方法描述和分析资料,整个过程应具有相合性。例如,有人为研究两种检测方法检测同一批患者的血样,看结果是否具有 consistency,每次检测都有4种可能的诊断结果,即正常、轻度病态、中度病态、重度病态,研究者将检测结果写成两行,第1行是甲法检测全部患者所得到的结果,第2行是乙法检测全部患者所得到的结果,这样记录和整理资料,其统计分析方法也就跟着发生了改变,就不可能达到原先想达到的研究目的了。这就是说在应用统计学时务必应注意相合性。

1.1.3 统计思维中的“八思维”

(1) 弱化静态思维强化动态思维。很多人习惯用静态思维模式取代动态思维模式,因为静态条件下,可使复杂问题变得非常简单。事实上,这样做在很多场合下得出的结论是经不起推敲或经不起时间考验的,更确切地说,其结果不具有“重现性”。例如:有人用某药治疗某病患者6人,治愈3人,便得结论:该药对该病的治愈率为50%。很显然,在如此小的样本上,显示出的药物疗效具有一定的偶然性,谁也没有把握断言,再用该药治疗该病患者100人,会有多少患者能够被治愈。应当在较大范围内选取较多的该病患者用此药进行治疗,并对所获得的实验结果进行统计学推断,以95%以上的置信度推断此药对该病的治疗效果如何,其结论才令人置信。再比如,人们常常需要考察多个因素(如药物种类、药物剂量、作用时间、反应温度等)对观测结果的影响,他们习惯的做法是:分别将其他因素控制在各自特定的水平上,每批实验仅允许1个因素的水平取值变化,总能找到该因素取某特定水平时实验结果最为理想,称此水平为“最佳水平”,然后,依此类推,去寻找其他因素的最佳水平,将全部因素的“最佳水平”组合起来,就号称其为进行本实验研究的“最佳实验条件”。这种“以多次单因素设计取代多因素设计”的做法是“静态思维”的“形象大使”,当因素之间存在不可忽视的交互作用时,易得出错误的结论。

(2) 突破正向思维巧用逆向思维。统计学教与学,一般都是从正面入手,学习者只知道一些常规的做法,但一碰到实际问题与所学的内容不完全一样时就不知所措,常常是生搬硬套。然而,当教学过程中,不仅从正面讲授,还注意从反面揭示误用统计学的案例,可使学习者“吃一堑长一智”,痛定思痛,立志认真学好统计学,转被动学习为主动钻研,勤于动脑,勇于实践,学习效果必然明显。这就是“逆向统计教学法”成功之奥秘。

运用统计学上的“假设检验”方法进行统计学推理时,通常先假设对比组之间差别无统计学意义,若根据样本信息计算出检验统计量后发现,统计量的值大于相应临界值时,就作出对比组之间差别有统计学意义的推断。这个过程就是一种“逆向思维”的过程。

(3) 跳出简单思维步入复杂思维。美国于1958年开始在外科手术中采用麻醉剂氟烷,到1962年突然掀起一场风波——麻醉剂氟烷有严重的不良反应,导致部分患者病情恶化、发热、肝脏大片坏死而死亡。这关系到麻醉剂氟烷能否继续使用!这场风波产生于简单思维,这是由于某些人仅根据部分病例的表现得出虚假结论。后来进行大量调查研究,将各种混杂因素对结果的影响尽可能降到最低限度,借助统计学考虑问题的均衡性和系统性的复杂思维模式,从而平息了这场风波,体现了复杂思维的价值。

(4) 活用横向思维发展纵向思维。当人们希望了解事物内在联系时,不仅要进行横断面研究,还需要进行纵向追踪研究。因为横断面研究只能揭示事物之间的静态联系,而且,有些观察到的联系可能带有一定的假象,甚至说不清楚谁是原因、谁是结果;纵向追踪观察,则可以比较真实地展现事物内在的联系和发展变化规律。例如,同时调查15~25岁的一群人的身体发育情况与对一群15岁的人连续观察身体发育情况10年所得的2批调查数据,其结果和结论可能相差很多,前者的结论仅供参考,若质量控制做得好,样本足够大,则后者的结论具有很高的可信度,对未来的研究和政策制定具有更大的指导意义。

1.2 统计学三型理论概述

1.2.1 统计学三型理论的建立

进行生物医学科研工作离不开统计学,而要想把统计学应用正确,又离不开正确的统计学

思想的指导。正确的统计思想由前述的“八性和八思维”组成,其精髓是“透过现象看本质”。事实上,很多与统计学有关的实际问题,均以“表现型”的面貌呈现在人们的面前,表现型常常带有假象,直接依据表现型去盲目套用传统的统计学教科书上的“标准型”,十有八九会出错,因此,要想正确运用统计学,必须弄清反映“表现型”本质的“原型”,将“原型”正确转变成“标准型”后,就很少会出错。这样一种由笔者创立的可有效解决问题的新理论,被称为“统计学三型理论”。

表现型在不同问题中有两种可能的情形:第一,实验设计是非标准的,并以含糊不清的形式将资料或实验表达出来;第二,实验设计是标准的,仅以含糊不清的形式将资料或实验表达出来。

原型通常只有一种,就是清楚地将问题的实质呈现出来。问题中涉及几个因素、每个因素有几个水平等信息,是有一定迹象的,只不过没有将它们以显而易见的形式呈现出来而已。

标准型通常也只有一种,由于它已将问题中涉及的因素个数、每个因素有哪几个水平、它们是如何组合起来的等信息,以最易于理解的形式呈现出来;若分析者再结合实际问题,进一步弄清有无重复测量因素、因素施加有无先后顺序、因素对观测指标的影响有无主次之分等信息,就可以准确判定其实验设计类型了。

1.2.2 统计学三型理论应用举例

【例 1-1】 某研究者希望考察 A、B 两药物升高白细胞(WBC)的疗效,以用药前后 WBC 的改变值作为评价疗效的指标,设计了如下的 4 个组,每组用 20 只小鼠,观察 WBC 的数值。

第 1 组:空白对照组

第 2 组:单用 A 药组

第 3 组:A、B 药联合使用组

第 4 组:第 3 组的空白对照组

请问:这样设计实验错在哪里?其表现型、原型和标准型分别是什么?

对差错的辨析与释疑 这位研究者完全没有必要设置 2 个空白对照组,白白地浪费了 20 只小鼠。事实上,要想揭示 A 药与 B 药联合使用后是协同作用还是拮抗作用,不仅需要 A 药、B 药联合使用组和单用 A 药组,还需要单用 B 药组,故与本实验研究对应的实验设计的“表现型”(表 1-1)、“原型”(表 1-2)和“标准型”(表 1-3)分别如下:

表 1-1 本例的表现型

组别	WBC 升高值(单位)($\bar{x} \pm s$)
①空白对照组	X
②单用 A 药组	X
③A、B 药联合使用组	X
④第③组的空白对照组	X

显然,这里的“表现型”犯了“空白对照组过剩”的错误,同时,还犯了“对照不全”的错误,即有些组有与其对应的对照组,而有些组就不存在与其对应的对照组。

表 1-2 本例的原型

组别	WBC 升高值(单位)($\bar{x} \pm s$)
①空白对照组	X
②单用 A 药组	X
③单用 B 药组	X
④A、B 药联合使用组	X

在“原型”中,增加了 1 个“单用 B 药组”,不仅能反映 A 药、B 药各自单用的效应,还能反映两药都不用和同时用的效应。

若确实按此“原型”所决定的结构去做实验,各组均有 20 个 WBC 的改变值,如何对数据进行统计分析呢? 很多人又盲目地去套用传统的统计学教科书,认为这是一个“单因素四水平设计定量资料”,便不假思索地选用“单因素四水平设计定量资料的方差分析或秩和检验”处理此资料。这样做仍是被表面现象迷惑住了,因为 4 个组可能会有 3 种情况:第 1 种是真正的单因素四水平设计;第 2 种是 2 个或多个因素水平不完全组合而成的 4 个组;第 3 种是 2 个各有两水平的因素的水平全面组合而形成的 4 个组。只有弄清楚究竟属于这 3 种情况中的哪一种,才能选用合适的统计分析方法予以处理。本例属于第 3 种情况,将这个“原型”正确地转变成对应的“标准型”后,其结构如表 1-3 所示。

表 1-3 本例的标准型之一(两因素析因设计)

A 药用否	WBC 升高值(单位)($\bar{x} \pm s$)	
	B 药用否:不用	用
不用	X	X
用	X	X

若其定量资料满足参数检验的前提条件(通常为独立性、正态性和方差齐性),应选用两因素析因设计定量资料的方差分析处理资料为宜,否则,需要寻找合适的变量变换方法,若变换后的数据满足参数检验的前提条件,再对其使用前述方法处理。

若“A 药用否”与“B 药用否”对结果的影响地位平等,则表 1-3 的结构在统计学上被称为两因素析因设计或 2×2 析因设计;若“A 药用否”与“B 药用否”对结果的影响有主次之分,则表 1-3 的结构在统计学上被称为两因素嵌套设计,即次要因素被嵌套在主要因素之下。假定“A 药用否”是主要因素,“B 药用否”是次要因素,最好以表 1-4 的形式呈现资料,即本例的第 2 种标准型。

表 1-4 本例的标准型之二(两因素嵌套设计)

WBC 升高值(单位)($\bar{x} \pm s$)			
A 药用否: 不用		用	
B 药用否:不用	用	B 药用否:不用	用
X	X	X	X

若其定量资料满足参数检验的前提条件(通常为独立性、正态性和方差齐性),应选用两因素嵌套设计定量资料的方差分析处理资料为宜,否则,需要寻找合适的变量变换方法,若变换后的数据满足参数检验的前提条件,再对其使用前述方法处理。

【例 1-2】 某临床医生收集到一组临床资料(表 1-5)。该医生用成组设计定量资料的 t 检验对表中的 8 组数据进行了两两比较,试问这样做其错误的实质是什么? 其表现型、原型和标准型分别是什么?

表 1-5 2 组患者手术前后胃电图平均波幅比较($\mu V, \bar{x} \pm s$)(表现型)

组别		例数	胃电图平均波幅
治疗组	术前	13	166.3±191.4
	术后当日		140.1±135.1
	术后 1d		88.6±65.3
	2d		201.1±146.1
对照组	术前	20	160.2±90.7
	术后当日		72.3±32.7
	术后 1d		75.0±47.9
	2d		74.8±34.4

对差错的辨析与释疑 显然,表 1-5 给出了问题的“表现型”。该表中的定量测定结果受到两个实验因素(组别与时间)的影响,而成组设计定量资料的 t 检验通常只适合处理单因素两水平设计(或叫成组设计)定量资料。换句话说,原作者将该定量资料人为地拆分成多个单因素两水平设计定量资料,割裂了整体设计,每次分析资料的利用率很低,又无法考察因素之间的交互作用对观测结果的影响,故结论的可信度降低。其错误的实质是不认识该定量资料所对应的真正的实验设计类型是什么,仅根据“表现型”去盲目套用统计学教科书上的“标准型”,从而犯了严重的错误。

“组别”是实验分组因素,即全部患者被分成互相独立的 2 组,若再将观测时间点也放置在其下方,很容易使人误认为这是“单因素八水平设计”问题。那么,该定量资料所对应的“原型”究竟是什么? 改变一下列表的格式,就很容易辨别出其“原型”,见表 1-6。

表 1-6 2 组患者手术前后胃电图平均波幅比较($\mu V, \bar{x} \pm s$)(原型)

治疗方法	观测时间	例数	胃电图平均波幅
治疗	术前	13	166.3±191.4
	术后当日		140.1±135.1
	术后 1d		88.6±65.3
	2d		201.1±146.1
对照	术前	20	160.2±90.7
	术后当日		72.3±32.7
	术后 1d		75.0±47.9
	2d		74.8±34.4

显然,在表 1-6 中有 2 个因素,其中,“治疗方法”是实验分组因素,它将全部患者分成完全独立的 2 组。而每组中的每位患者都要在 4 个不同时间点上被重复观测“胃电图平均波幅”的数值,各组患者在“观测时间”这个因素上被重复观测,即“观测时间”是重复测量因素。由于整个实验涉及两个实验因素,故此表格所对应的实验设计类型叫做“具有一个重复测量的两因素设计”。但这样列表,很容易将 2 个因素误认为是并列关系,若改成表 1-7 形式呈现资料,更易看出其结构的本质。