

# 生物医学论文中统计学相关 $a \pm b$ 形式的规范表示

刘清海<sup>1)</sup> 甘章平<sup>2)</sup>

收稿日期:2009-06-22

修回日期:2009-09-23

1) 中山大学 学报编辑部//编辑学与出版研究中心, 510080 广州市中山二路 74 号, E-mail: liuqh@mail.sysu.edu.cn

2) 中山大学附属第一医院《中国神经精神疾病杂志》编辑部, 510080 广州市中山二路 74 号

**摘要** 在科技期刊的编辑工作中,经常遇到带偏差的数字,形式为  $a \pm b$ 。然而,与统计学相关的这种形式中,有些量并非偏差,如生物医学研究中的标准差。本文分析了几种常见的以偏差形式表示的量,认为  $a \pm b$  的形式既可表示基本尺寸与偏差,也可表示非偏差性质的其他含义,尤其是统计量。因此,建议仅当表示前一种性质时采用  $a \pm b$  的形式,表示其他量时相应应用文字或符号标记,如“平均年龄  $\bar{x}(S = s)$  岁”。统计学中的均数和标准差合适精确度的取舍研究莫衷一是,期刊的把关也不尽相同,理论上与标准差、检验水平、样本数有关,为简便和适应范围广计,建议实际应用中统计学精确度取至标准差前两位非零数字、保留均数至相同的精确度。

**关键词** 偏差 均数 标准差 统计学精确度 规范表示

在科技期刊的编辑工作中,经常会遇到带偏差(deviation)的数字或是类似偏差形式表示的数字(如医学正常值范围)。遇带偏差的数字时,其合适的精确度和量的规范表示目前还存在一定问题,也没有一个统一的标准。编辑工作中数字相关的两个规范文件《数值修约规则》(GB 8170—87)和《出版物上数字用法的规定》(GB/T 15835—1995)未见有对偏差的相关规定。《科技书刊标准化 18 讲》<sup>[1]</sup>对公差(tolerance)的表示做了较具体的说明,但偏差与公差不同。本文主要讨论统计学上的偏差数字,如常用的标准差等,着重探讨  $a \pm b$  形式表示的量的规范表示及数据的合适精确度问题。

## 1 科技期刊中常见以 $a \pm b$ 形式表示的几个量

在物理学中,偏差与公差是与直接测量相关的概念,常用于机械测量专业。偏差指的是实际尺寸与基本尺寸(标准尺寸)的差值,有正偏差和负偏差;公差则指允许的最大正负偏差范围,是国家或行业许可的变动量,没有负值,但用正负符号表示公差的方向,双向公差可不一样大小。参量与公差的表示常有三种形式:一是双向相等的绝对公差为  $(a \pm b)$  后接单位,如  $(15.2 \pm 0.2)$  mm;二是双向相等的百分公差的表

示形式则为  $\lambda = 220 \times (1 \pm 0.02) \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;三是参量上下公差相等,则可写为  $10_{-0.1}^{+0.2} \text{ g}$ <sup>[1]</sup>。在科技期刊的编辑工作中,除直接测量偏差外,还有间接偏差或计算偏差。生物学和医学研究中,因个体差异导致的统计学偏差应不属于直接测量偏差,是一种特殊的偏差。常见的表示统计学偏差的量有标准差、标准误、参考值范围、95% 置信区间(95% CI)等。标准差是反映一组定量数据离开均数的变异程度指标,从数量上为各观察值离均差平方和(方差)均值的开平方( $s = \sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 / (n - 1)}$ ),由于均数和标准差是比较常用的一对反映正态分布定量数据集中趋势和离散趋势的统计量,国内常把它们合在一起描述,简记为  $(\bar{X} \pm S)$ 。方积乾特别指出,此时的“ $\pm$ ”仅作为连接号,习惯上为方便描述之用,并无专用含义<sup>[2]</sup>。标准误则是指样本均数的标准差,数值上等于样本标准差再除以样本量的开方( $s_{\bar{X}} = s/\sqrt{n}$ ),常用于参数估计,如 95% CI =  $(\bar{X} + Z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}}, \bar{X} - Z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}})$ ,常简写为  $(\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}})$ ,总体标准误未知时可用  $s_{\bar{X}}$  代替  $\sigma_{\bar{X}}$ 。医学上 95% 正常参考值范围也用样本均数和样本标准差计算  $(\bar{X} - 1.96S, \bar{X} + 1.96S)$ ,可简记为  $(\bar{X} \pm 1.96S)$ 。因此,可以认为,传统的  $a \pm b$  的形式既可表示基本尺寸与偏差的关系,也可表示其他的意义,尤其是统计学上的多种含义。

## 2 生物医学统计中 $a \pm b$ 形式的规范表达

从以上的论述可见,  $a \pm b$  的形式可以表示多种含义, 如参量与偏差、均数与标准差、均数与标准误、均数与其 95% CI 宽度的一半、正常值范围的中值与范围的一半等。医学论文中最常见的  $a \pm b$  形式表示均数与标准差, 如“平均年龄(40  $\pm$  12)岁”。但是由于其中的“a”和“b”并无特别标明, 因此可理解为以上任意一种含义。可以看出, 这种用“ $\pm$ ”表示偏差相关量的方法并不科学, 难以看出“ $\pm$ ”前面和后面的数字是什么统计量。从逻辑上讲, “平均年龄”为年龄的算术均数, 只有一个数值, 不应该有偏差, 因此, “平均年龄(40  $\pm$  12)岁”从逻辑上讲是错误的。如是在表格中涉及偏差相关量, 且整个表格的表示形式一致, 则可在表的右上角标注( $\bar{X} \pm S$ )或类似符号注明表内数据的量的性质及不同符号的连接意义。但如果是在行文中, 若如此标注则嫌累赘, 如“平均年龄(40  $\pm$  12)( $\bar{X} \pm S$ )岁”。我们认为, “平均年龄”已经指明了统计量的性质为算术平均数, 因此均数可不必再标记, 只须标记后面偏差的量的性质即可。上述表达建议改为“平均参量  $\bar{x}(S = s)$  单位”的形式, 如“平均年龄 40( $S = 12$ )岁”, 这样就清楚地表示出“40”是年龄的均数, “12”是年龄的标准差, 而不会引起误解<sup>[3]</sup>。如是其他的统计量, 也容易按照此方法实现, 如数据不呈正态分布时可用“中位年龄为 40( $Q_1 = 30, Q_3 = 55$ )岁”表示统计量的中位数及其第 1 和第 3 四分位数。当然, 这种形式不限于年龄, 其他任何量都可以采用这种表示形式。

为了准确描述和不引起读者误解, 建议仅在表示直接测量的基本尺寸与偏差时采用  $a \pm b$  的形式, 而在其他场合则应分别明示相应的参量性质, 如“平均参量  $\bar{x}(S = s)$  单位”。在表示正常值范围或 95% CI 时, 由于区间的一半可认为是偏差的一种形式, 因此, 也可以采用  $a \pm b$  的形式。科技期刊编辑如在来稿中遇  $a \pm b$  形式的数据, 应问清楚作者, 各量的性质然后提示作者修改表达形式或代为修改。

## 3 生物医学统计中 $a \pm b$ 形式合适精确度的确定

### 3.1 文献观点与期刊现状

国家标准对  $a \pm b$  形式的合适精确度的取舍未做明述, 而有不少文献参考有效数字的取舍提出了一些观点, 但是结论不太一致。许昌泰等<sup>[4]</sup>认为, 对不同指标, 有其不同数据精度的要求, 测量数据的有效位数, 由测量仪器的精度决定, 只允许最后一位有误差, 前面的数字不应有误差。在  $\bar{x} \pm s$

表示的一组数中, 考虑到个体的变异, 一般以  $s$  的 1/3、1/5 来定位”。袁秉祥等<sup>[5]</sup>认为, 误差又决定着有效数字的取舍。一般均数( $\bar{x}$ )的有效数字保留 3 位, 标准差( $s$ )保留 2 位; 严格来说, 有效数字的多少应由实验精确度和标准差的大小来决定。精确度越小, 标准差越大, 有效数字越少。大多数医学期刊要求均数保留 3 位, 标准差至少保留 2 位, 均数和标准差的精确度应该一致。潘伯荣<sup>[6]</sup>也认为, 在平均值加减标准差的表达中应根据标准差来定位。这些文献大多认为有效位数应根据标准差的大小来定, 但是按 1/3 还是 1/5 标准差却有不同看法, 文章都没有提供足够的论述。陈建梅等的综述<sup>[7,8]</sup>认为, 在要求精度不高的情况下, 当  $6 \leq n \leq 10$  时,  $A$  类不确定度  $u_i \approx s \times t_{\alpha/2} / \sqrt{n}$ , 这可能是某些医学期刊要求按 1/3 标准差进行有效位数取舍的依据。如果按  $n = 6$  和  $n = 10$  分别代入上式,  $t$  的自由度取 5 和 9, 则得不确定度范围约为  $0.8s \sim 1.2s$ 。国外 Thomas A. Lang (The Cleveland Clinic Foundation) 等<sup>[9]</sup>认为, 虚假的精确度 (false or spurious precision) 是没必要的, 如体质量 67.873 kg 实际上是 67.9 kg 的虚假精确。读者仅能够比较有效地阅读两位有效数字的数据, 如培训中女医师的数量“从 29 942 名增加到 94 322 名”远不如“约从 30 000 名增加到 94 000 名”更容易让读者大脑形成约 3 倍的概念。

陈智等<sup>[10]</sup>对表格中小数位数对齐的观点提出了一定的看法, 认为非物理测量值不必进行有效数字处理, 物理测量值则要根据直接测量还是间接测量进行必要的有效数字处理: 直接测量的物理量值的有效数字位数直接由测量的准确度决定(即小数位数对齐), 而间接测量的物理量值的有效数字位数则是在原始数据及相关算式的基础上, 运用有效数字的运算规则进行判断、计算后才得到的, 而不是以“小数位数对齐”或“有效数字位数相等”为标准来解决问题。

现在期刊的现状是多数对  $a \pm b$  形式的合适精确度取舍没有明确规定, 编辑把关也不严(其实也没有把关的权威标准), 仅有少数期刊在补白处明确提出<sup>[11,12]</sup>, 均数  $\pm$  标准差( $\bar{X} \pm S$ )的位数, 除了决定于测量仪器的精密度外, 还决定于样本内个体的变异, 一般按标准差的 1/3 来确定, 即标准差首位非零数字为 1 或 2 者, 取标准差 2 位有效数字, 如首位非零数字  $\geq 3$ , 则标准差取 1 位有效数字即可, 均数取至相应小数位数。我们杂志在稿约中明确规定<sup>[13]</sup>: 本刊“数字的取舍应根据数值修约规则进行, 一般为保留两位有效数字, 有偏差者取至偏差的 1/3 后第 1 位非零数字”。王鑫等<sup>[14]</sup>对科技期刊数字用法规范化进行了调查, 只提到了公差表示错误的问题, 没有涉及均数与标准差或类似方面的问题。

### 3.2 笔者的观点

综合文献的观点,有认为  $a \pm b$  形式的合适精确度取舍应按标准差的大小决定,有说最小保留标准差两位有效数字的,有说按标准差的大小取 1~2 位数字的,其中有取 1/3 标准的,有取 1/5 标准的,莫衷一是。按陈建梅的依据 A 类不确定度的说法, $n$  为 6~10 时, $u_i$  约为 0.8~1.2 个标准差,也难以看出应按标准差的几分之一取合适精确度为好。

在生物医学研究中,样本数的取值变化很大,有 10 例以内的,也有达数百例的;检验水平  $\alpha$  也不是一成不变的,在要求不高时(如筛选变量时)可取 0.2 或 0.1,一般则取 0.05,要求高时应取 0.01 甚至 0.001。笔者尝试按样本量为 10、30、50、100 例,检验水平  $\alpha$  为 0.2、0.1、0.05、0.01 计算,结果单侧检验时  $t_{\alpha}/\sqrt{n}$  取值范围约为 0.13~1.03,即 A 类不确定度  $u_i$  应为 0.13~1.03s,双侧检验时按  $\alpha/2$  计也为 0.17~1.17s 间。这说明按 A 类不确定度依标准差的 1/3 或 1/5 取值也是不全面的。

除此之外,生物医学研究中,实验结论的获得必须设立对照组,因此结果的数据通常是两组或多组并列比较的形式,各组的标准差不同。如果按标准差的几分之一为准,则同一系列的数据的精确度很可能不一致,也导致编辑加工非常繁琐,排版也不甚美观。

如果我们不考虑不确定度,而是考虑统计检验的效果,则需要结合均数的差值( $d$ )以及合并标准差( $S_c$ )综合确定, $d = t_{\alpha/2}/\sqrt{n} \times S_c = u_i S_c$ ,于是差值在合并标准差的 0.17~1.17 倍间就可检验出相应检验水平的统计学差异。如按 0.17 算,各组均数就应保留至比  $S_c$  的首位非零数字还多 1 位的精确度;如按 1.17 算,则均数保留至与  $S_c$  首位非零数字相当的精确度即可。

可见,统计学上均数和标准差精确度的取舍确实与标准差、检验水平、样本量有关。文献报道的认为统计学数据位数应按标准差的 1/3 或 1/5 的首位非零数字取舍在一定范围的样本量、最常用的 0.05 双侧检验水平下还是基本可取的,但并不简洁,也不全面。笔者建议,为简便起见,也为了适应更广范围的样本量和检验水平,生物医学统计中以标准差取前两位非零数字为准保留均数至相同的精确度是合适的。这种观点,与 Lang 等的观点是一致的<sup>[9]</sup>。

## 4 小结

综上所述, $a \pm b$  的形式一般表示基本尺寸与偏差的关系,也可表示其他的意义,尤其是在生物医学统计学上。为了准确描述和不引起读者误解,建议仅在表示直接测量的基本尺寸与偏差(含范围值)时采用  $a \pm b$  的形式,而在其他场合则应分别明示相应的参量性质,如“平均参量  $\bar{x}(S = s)$  单位”。统计学上的均数和标准差数据位数的保留与标准差、检验水平、样本数有关,为简便和适应范围广计,建议标准差取前两位非零数字、保留均数至相同的精确度,可称为统计学精确度。

### 参考文献

- 1 陈浩元主编.科技书刊标准化 18 讲.北京:北京师范大学出版社,1998:181-196
- 2 方积乾.医学统计学与电脑实验.第 2 版.上海:上海科技出版社,2001:20
- 3 刘清海,方积乾.医学论文的统计学报告要求//方积乾.生物医学研究的统计方法.北京:高等教育出版社,2007:528-540
- 4 许昌泰,赵清波.医学论文中常见统计问题及其处理.第四军医大学吉林军医学院学报,2003,25(3):183-186
- 5 袁秉祥,王清莲.药理学数理统计常见失误浅析.西北药学杂志,1996,11(5):239-240
- 6 潘伯荣,许昌泰,黄良田等.医学期刊中使用数字的统一要求.世界华人消化杂志,1999,7(5):456
- 7 陈建梅,朱方,顾浩.关于《有效数字》的过去、现状和建议(之一).科技信息,2007(30):153-154
- 8 陈建梅,朱方,顾浩.关于《有效数字》的过去、现状和建议(之二).科技信息,2007(31):209-210
- 9 Lang TA, Secic M. How to report statistics in medicine: annotated guidelines for authors, editors, and reviewers. American College of Physicians; Philadelphia, Pennsylvania, 1997:39-54
- 10 陈智,王东方.学术论文编辑中的有效数字处理.编辑学报,2004,16(1):22-23
- 11 医学科技论文中有效数字的确定.医学理论与实践,2008,21(8):299
- 12 计量资料中有效数字的确定.临床小儿外科杂志,2008,7(4):80
- 13 中山大学学报医学科学版稿约.中山大学学报:医学科学版,2008,29(1):I-II
- 14 王鑫,李维.科技期刊数字用法规范化问题的调查分析.编辑学报,2005,17(5):330-331