

一种新的散光轴位统计对比方法

陈奕辉*, 彭润华, 肖美丽

东莞光明眼科医院, 广东 东莞

收稿日期: 2022年8月16日; 录用日期: 2022年8月26日; 发布日期: 2022年9月9日

摘要

临床上屈光不正患者, 特别是对于高度散光患者来说, 在散光矫正型框架及隐形眼镜适配、屈光角膜手术、散光矫正型人工晶体植入中关于散光的测量极为重要。散光包括两个重要参数: 散光度及散光轴位。由于散光轴位具有矢量特性, 目前临床上对于散光轴位多采用Thibos等提出的球、柱镜矢量化理论进行统计研究, 但该理论计算方法复杂, 必须依赖散光度进行散光轴位的分析, 且计算结果不直观。针对以上问题, 为定量分析散光轴位, 本文提出半定量散光轴位分析法, 一种能够将散光轴位数据简单转换后进行统计学量化分析的方法。

关键词

散光轴位, 统计学, 定量

A New Statistical Contrast Method for Astigmatic Axis

Yihui Chen*, Runhua Peng, Meili Xiao

Dongguan Guangming Ophthalmic Hospital, Dongguan Guangdong

Received: Aug. 16th, 2022; accepted: Aug. 26th, 2022; published: Sep. 9th, 2022

Abstract

In clinical refractive errors, especially in high astigmatism patients, astigmatism measurement is very important in astigmatism correction frame and contact lens adaptation, corneal refractive surgery and astigmatism correction intraocular lens implantation. Astigmatism includes two important parameters, astigmatism and astigmatism axis. Because of the particularity of astigmatism axis, the theory of spherical and cylindrical lens vectorization put forward by Thibos is widely

*通讯作者。

used in clinical research. However, the calculation method of this theory is complex, and it must rely on astigmatism to analyze astigmatism axis. The calculation results are not intuitive. In order to solve the above problems, this paper introduces a method which can transform astigmatism axis simply and make accurate statistical quantitative analysis.

Keywords

Astigmatism Axis, Statistics, Ration

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

散光是人眼屈光不正的常见类型之一，在人群中广泛存在。散光根据屈光经线的规则性分为规则散光和不规则散光，本文只针对规则散光展开讨论。屈光学中用“散光度”和“散光轴位”来描述规则散光。弱屈光度所在散光面子午线为基弧子午线，即最小镜度子午线；强屈光度所在散光面子午线为正交弧子午线，即最大镜度子午线。两子午线的屈光度差为散光度，弱屈光度的镜度为球镜度，其所在子午线为散光轴[1] [2]。中高度散光若发生于儿童视觉发育的关键时期，还可导致弱视[3]。此外，还有研究发现散光与偏头痛相关[4]。在过去，散光的矫正只能通过戴框架镜或角膜接触镜实现，但随着各类激光角膜屈光手术及散光矫正型人工晶体的发展，手术矫正散光得以实现。因此为提高屈光不正患者的视觉质量，对散光的矫治要求更精准，故对散光需要更深入细致的研究。目前临床上多采用矢量分析法来研究散光，但该方法计算较为复杂，且必须依赖散光度才能进行散光轴位的分析，计算结果不直观。为能更简便分析散光轴位，本文提出一种新式的能够将散光轴位数据简单转换后进行统计学量化分析的方法：半定量散光轴位分析法。

2. 散光轴位的分类

临床上根据不同轴位将规则散光分为三类。顺规散光(with the rule, WTR): $0^\circ \leq \text{散光轴位} \leq 30^\circ$ 或 $150^\circ < \text{散光轴位} \leq 180^\circ$ ；逆规散光(against the rule, ATR): $60^\circ < \text{散光轴位} \leq 120^\circ$ ；斜轴散光(Oblique): $30^\circ < \text{散光轴位} \leq 60^\circ$ 或 $120^\circ < \text{散光轴位} \leq 150^\circ$ [5] [6]。(图 1)

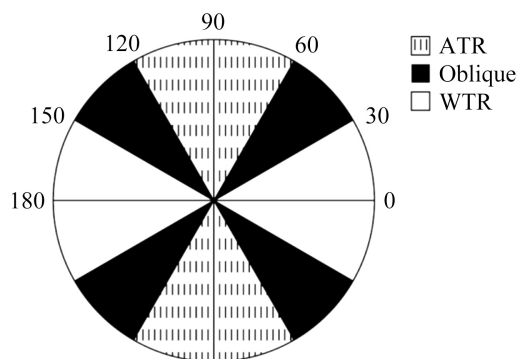


Figure 1. Corneal astigmatic axis classification

图 1. 角膜散光轴位分类图

研究表明相对顺规散光，斜轴散光与逆规散光对视力的影响更大，甚至影响儿童视觉发育期屈光不正性弱视的治疗效果[7][8]。因此对散光轴位顺逆规属性强弱的分析具有临床意义。

3. 散光轴位的特殊性

因为散光轴位使用角度表示，存在镜像关系。如 150° 及 30° 散光轴互为镜像。人群中身高、眼轴、角膜曲率等生物学参数为连续变量可以使用均值进行比较，而散光轴位因其特殊性不能使用样本均值进行比较。如图 2：将东莞光明眼科医院记录的 28,920 人次男性散光轴位数值直接绘制成直方图，可见散光轴位主要分布在 $0^\circ\sim 30^\circ$ 和 $150^\circ\sim 180^\circ$ 顺规轴位的区间。而如果将该数据内散光轴位取均值，则均值为 81.6° ，从均值上看，会得出该组人群逆规散光比例较高的错误结论。因此散光轴位不能直接应用样本均值进行描述，否则将出现统计结果的混乱。

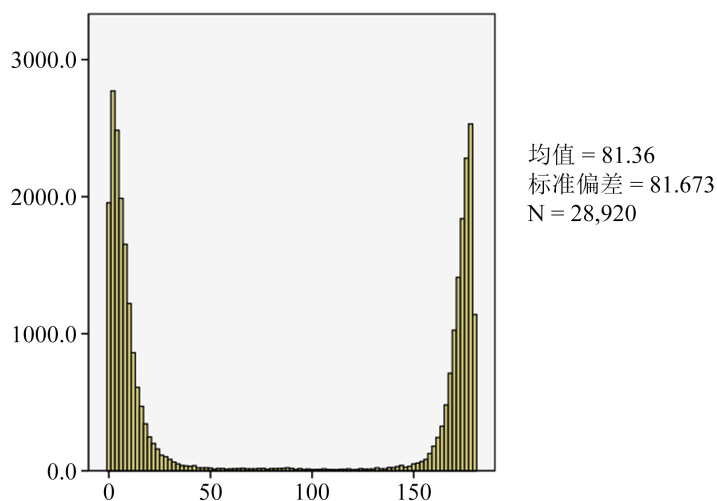


Figure 2. Axis histogram of male astigmatism
图 2. 男性散光轴位直方图

4. 临床上常用的散光轴位统计方法

4.1. 分类计数法

段思琦在对 6~15 岁儿童近视性散光的临床分析中，为研究近视性散光度与散光类型的关系分布，将散光轴位数据分为顺规散光、逆规散光、斜向(轴)散光三组(表 1)，通过统计组内计数，根据每组间占比的不同进行层间卡方检验，再得出统计学结论[7]。该方法简单，但为定性分析，并不能进行量化对比。

Table 1. Examples of astigmatic axis classification calculations

表 1. 散光轴位分类计算法示例表

各近视性散光度散光类型分布 n(%)				
近视散光度	顺归散光	逆归散光	斜向散光	合计
$\leq 1.5D$	315 (66.60)	99 (20.93)	59 (12.47)	473
1.75~3.00D	160 (85.11)	19 (10.11)	9 (4.78)	188
$> 3.00D$	73 (82.95)	8 (9.09)	7 (7.96)	88
合计	548 (73.16)	126 (16.82)	75 (10.02)	749

4.2. 倍角矢量图法

倍角矢量图可用来较为直观的描述散光的分布特点，如图3通过利用圆周标识散光轴位，通过距离圆点的距离表示散光度[9]。该绘图虽较为直观，但因为绘图固有的局限性，该方法不便进行统计学分析。

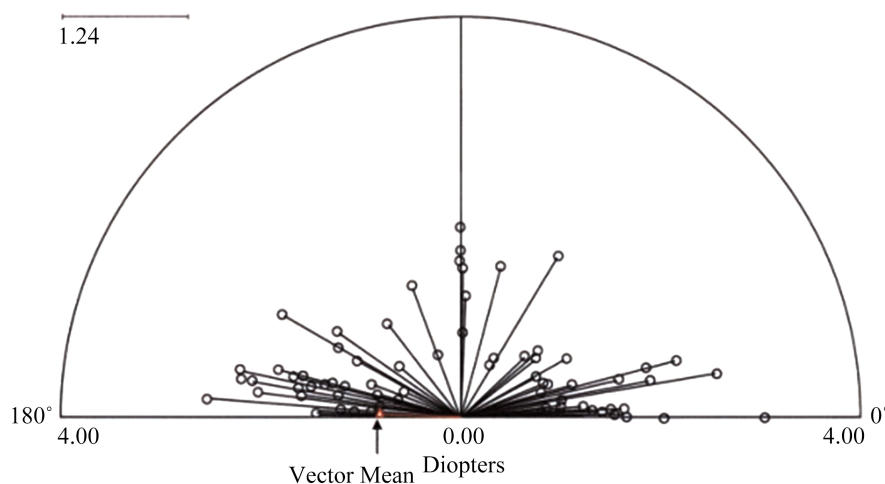


Figure 3. An illustration of double-angle vectors
图3. 倍角矢量图示例

4.3. Thibos 矢量分析[10]

该法利用傅里叶转换公式将屈光度($S, C \times a$)转换成4种函数成分(M, J_0, J_{45}, B) (见公式)再行比较分析。 S 代表球镜度， C 代表柱镜度， a 代表负柱镜轴位， M 代表等效球镜度， J_0, J_{45} 代表散光成分： $+J_0$ 代表循规性成分， $-J_0$ 代表逆规性成分， $+J_{45}$ 表示斜向散光最大量在 135° 方向， $-J_{45}$ 表示斜向散光最大量在 45° 方向。 B 是估计屈光度异常引起视物模糊的指数。矢量分析方法是一种量化散光屈光度与轴位的数学算法，虽避免了简单相加减法而忽略散光轴位变化导致的错误，其结果对临床有一定参考价值，但所分析的各项参数是基于计算得出的，并非实际测量结果，尚需结合临床进行一定的调整[11]。同时该分析方法运算较复杂，推广相对受限。

$$M = S + (C/2)$$

$$J_0 = (C/2)\cos(2a)$$

$$J_{45} = (C/2)\sin(2a)$$

$$B = (M^2 + J_0^2 + J_{45}^2)^{1/2}$$

5. 半定量散光轴位分析法(此方法仅针对散光轴位的分析，以下对比顺逆规强度时均默认散光度为一致)

5.1. 提出设想

1) 从镜面角度设想：因为散光轴位存在镜像的特点，比如 80° 及 100° 的散光轴互为镜像关系，两者轴位均位于逆规散光区间，若两者散光度数相等，则认为两者的“逆规强度”相等。因此在比较两组数据散光轴位哪一组更偏向逆规或顺规，或者同一组散光轴位在不同时间是往顺规或者逆规发展时，我们

可将镜面的两侧的散光轴位换算成同一侧的散光轴位来进行统计。如将 100° 的散光轴位换算成 80° 散光轴位。

2) 从距离水平子午线的角度设想：散光轴位距离水平子午线角度越小则顺规趋势越高，距离水平子午线最小角度越大，则逆规的强度越高。距离水平子午线最小角度相同，则顺规或逆规的强度相同。如 80° 和 100° 距离水平子午线的最小角度都为 80° ，两者的逆规强度相同。所以 100° 可换算成 80° 进行统计。

5.2. 设立规则

半定量散光轴位分析法根据以上设想设立以下规则：

- ① 光轴位 $\leq 90^\circ$ 不需进行转换；
- ② 其余散光轴位(必然位于 $91^\circ\sim 180^\circ$ 间)则转换为“ 180° -散光轴位”；
- ③ 将 0° 定义为无限接近最大顺规，将 90° 定义为无限接近最大逆规。

5.3. 举例分析

1) 假设现有 A 组两个散光轴位数据 20° 、 170° ；B 组三个散光轴位数据 80° 、 100° 、 110° 。按上述散光轴位分析法则将 A 组散光轴位数据转换为 20° 、 10° ；B 组散光轴位数据则转换为 80° 、 80° 、 70° 。A 组的平均值为 15° ，B 组的平均值为 76.7° ，根据距离水平轴位越近 0° 顺规越强的原则，可得出 A 组散光轴位较 B 组更偏向顺规，A 组较 B 组顺规强度平均多出 61.7° (即 $76.7^\circ\sim 15^\circ$)。

2) 将上述东莞光明眼科医院记录的 28,920 眼次男性散光轴位数据经此方法转换后绘制直方图则为下图：(图 4)

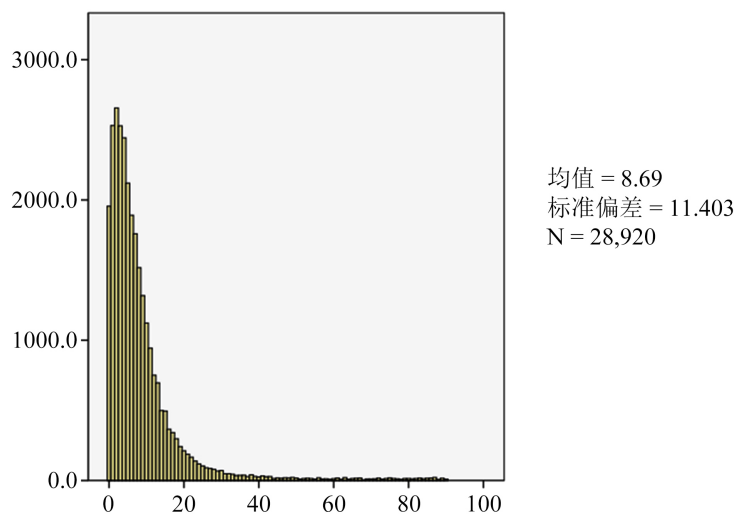


Figure 4. Axis histogram of male astigmatism (Converted by semi-quantitative astigmatism axis analysis)

图 4. 男性散光轴位直方图(经半定量散光轴位分析法转换)

我们将同期记录的 23,306 眼次女性散光轴位按此方法进行数据转换后绘制直方图(图 5)。

因男女两组散光轴位数据经转换后均不符合正态分布，故采用 Mann-Whitney U 检验进行组间差异分析。得出 $Z = -2.157$ ， $P = 0.031 < 0.05$ ，秩均值男 $<$ 女，可认为男女间散光轴位差异有统计学意义，男性较女性更偏向顺规。

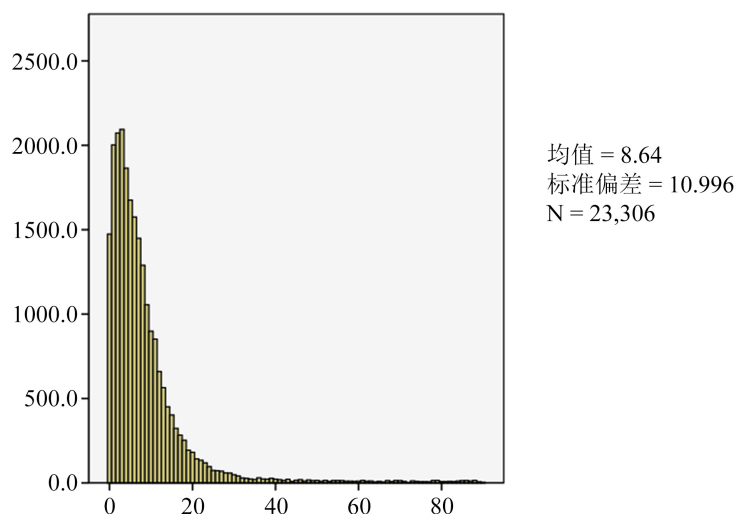


Figure 5. Axis histogram of female astigmatism (Converted by semi-quantitative astigmatism axis analysis)

图 5. 女性散光轴位直方图(经半定量散光轴位分析法转换)

5.4. 特点

此散光轴位分析法通过对散光轴位数据进行简单的转换，能够定量判断散光轴位数组顺逆规强度，同时能够进行统计学分析。但符合生物自然分布的散光轴位数组经过转换后，数据并不符合正态分布，而成为一种类似半正态分布的分布，因此无法通过均值判断数据间的顺逆规强弱，需使用秩均值予比较。同时此散光轴位分析法只针对散光轴位，分析散光顺逆规强弱程度，无法分析散光轴位在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 与 $91^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 区间之间的分布差异。基于此称其为半定量散光轴位分析法。

6. 结论

半定量散光轴位分析法仅针对散光轴位进行分析，相对于主流使用的散光矢量分析法能更简单、直观、定量地分析散光轴位的顺逆规强度，具有临床实用性。

参考文献

- [1] 施明光, 赵月娟. 散光基本概念的表达辨误[J]. 中华眼科杂志, 2001, 37(2): 154-155. <https://doi.org/10.3760/j.issn.0412-4081.2001.02.033>
- [2] 施明光. 临床视觉光学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1993: 70.
- [3] Read, S.A., Collins, M.J. and Carney, L.G. (2007) A Review of Astigmatism and Its Possible Genesis. *Clinical & Experimental Optometry*, **90**, 5-19. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2007.00112.x>
- [4] Grosvenor, T. and Ratnakaram, R. (1990) Is the Relation between Keratometric Astigmatism and Refractive Astigmatism Linear? *Optometry & Vision Science*, **67**, 606-609. <https://doi.org/10.1097/00006324-199008000-00009>
- [5] Ernest, P. and Potvin, R. (2011) Effects of Preoperative Corneal Astigmatism Orientation on Results with a Low-Cylinder-Power Toric Intraocular Lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **37**, 727-732. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.11.026>
- [6] Hoffmann, P.C. and Hütz, W.W. (2010) Analysis of Biometry and Prevalence Data for Corneal Astigmatism in 23,239 Eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **36**, 1479-1485. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.02.025>
- [7] 段思琦, 李静姣, 钟华, 周华, 田琨, 魏嘉. 6-15 岁儿童近视性散光的临床分析[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2015, 23(4): 10-14. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-328X.2015.04.003>
- [8] 周华, 袁援生, 梅颖, 骆慧清. 逆规散光对弱视治疗效果的影响[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2004, 6(2): 114-115. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2004.02.013>

-
- [9] Alpins, N. (2001) Astigmatism Analysis by the Alpins Method. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **27**, 31-49.
[https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(00\)00798-7](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(00)00798-7)
- [10] Thibos, L.N., Wheeler, W. and Horner, D. (1997) Power Vectors: An Application of Fourier Analysis to the Description and Statistical Analysis of Refractive Error. *Optometry and Vision Science*, **74**, 367-375.
<https://doi.org/10.1097/00006324-199706000-00019>
- [11] 张佳媚. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术矫正散光效果的矢量研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津医科大学, 2016.