

Purkinje 像を利用した眼位計測の研究

第2報 眼鏡装用下の眼位計測

渡 辺 聖

岡山大学医学部眼科学教室

要 約

角膜前面と水晶体後面の反射光である Purkinje 像 (I・IV 像) を利用した眼位計測装置は、2つの反射像を水平方向に重ねることにより眼位計測を行うもので、精密な測定が可能である。この装置を用いて、眼鏡装用下にもき眼位の測定精度の検討を行った。眼鏡を装用した被検者に左右25度の範囲で5度間隔に定めた視標を注視させ、視標の位置を真値とし、測定値との差を検討することにより眼鏡レンズ装用下の眼位計測装置の測定精度を調べた。使用眼鏡のレンズ度数が大きくなるほど、あるいはむき眼位が大きくなるほど真値と測定値の差は増大した。しかし、むき眼位が10度以内であれば、使用したすべてのレンズ度数では0.5°を超える差は認められず、実用上はほとんど問題ないと結論した。(日眼会誌 97: 857—860, 1993)

キーワード: Purkinje 像 (I・IV 像), 眼位計測, 計測精度, 眼鏡装用

Measurement of Ocular Position Using Purkinje Images

Part 2. The Measurement of Ocular Position in Subjects Wearing Spectacles

Sei Watanabe

Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School

Abstract

The first and the fourth Purkinje images are formed by the front surface of the cornea and the posterior surface of the lens. This measurement system is based on the principle of aligning one image with the other horizontally. It produces a precise measurement of the horizontal ocular position. I measured ocular position using this system when the subjects wore spectacles. The subjects gazed at a target position that was placed horizontally at 5° intervals within a range of 25° from the center to both sides. I analyzed the differences between the target position and the measurement data obtained by this system. The higher the refractive power of the lens the subjects wore, and the further the target position was from the center the greater were the differences between them. If the fixed target was placed within $\pm 10^\circ$, the difference was less than 0.5° in all the spectacle lenses tested. I concluded that the measurements obtained with this system were useful even when the subjects wore spectacles. (J Jpn Ophthalmol Soc 97: 857—860, 1993)

Key words: Purkinje images (I,IV), Ocular position, Accuracy of measurement, Wearing spectacle lens

別刷請求先: 700 岡山市鹿田町2-5-1 岡山大学医学部眼科学教室 渡辺 聖

(平成5年1月28日受付, 平成5年3月5日改訂受理)

Reprint requests to: Sei Watanabe, M.D. Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School, 2-5-1 Shikata-machi, Okayama 700, Japan

(Received January 28, 1993 and accepted in revised form March 5, 1993)

I 緒 言

角膜前面と水晶体後面の反射光である Purkinje I 像とIV像という相異なる2点を重ね合わせる0点法をその測定原理とするこの測定法^{1)~7)}は、検者の測定データの読み取り誤差を少なくすることができ、ある程度の水平方向のずれを許容するという点で測定法としては優れている。本装置は測定原理上は精度的には0.1°まで測定可能であり、正常人を対象とした場合、裸眼の状態では最大誤差も0.5°以内であることがわかっている⁷⁾。しかしながら、実際の临床上では被験者が眼鏡を装着している場合が多く、調節性の要素をもつ斜視患者には特にその傾向が強いので、各種眼鏡装用下の測定誤差をだすことは、本装置の応用範囲を広げるうえで必要であると考えられる。そこで、日常の外来でよく遭遇する眼鏡装用下の眼位計測についての実験を行ったので報告する。

II 実験方法

1. 対象

斜視のない健常成人9人(18歳~23歳、平均年齢21.0歳)を対象とした。これらは本装置の精度を調べる目的で採択した被検者と同一の被検者群の中から選抜した。いずれも裸眼視力は1.0以上あり、視標は十分に認識できた。今回の実験では、眼鏡装用下の調節力を考慮し、比較的年齢の若い被検者のうち、眼鏡装用下でも視標の明視可能な被検者を選抜した。すべての被検者に対して、本実験の目的と方法、考えられる危険性などを説明し、同意を得た上で検査を行った。

2. 実験装置

測定には Purkinje 像(I・IV像)を利用した眼位計測装置を用いた⁷⁾。前回と同様に、被検者の頭部固定は、検査方法の簡便化のためバイトブロックなどは使用せず、顎台とヘアーバンドで頭部を固定した。今回使用した眼鏡はレンズ度数+6D、+4D、+2D、-2D、-4D、-6Dの計6種類で、凸レンズはプラスチック、凹レンズはガラスレンズを使用した。計測に用いた赤外線は、ANSI(米国規格協会)規格に適應しており、人体への影響は極力少なくなるようになっている。

3. 実験手順

眼位計測装置による測定値は、5回計測した後最大値と最小値とを除外し、3回の計測値を平均した。2.5m前方の水平方向に5度間隔(左右25度の範囲)に設置した固視目標を注視させこれを真値とし、これと本

装置で計測したむき眼位測定値との差を誤差として検討した。測定はすべて筆者が行った。被検者には各眼鏡装用下で、視標明視の可否の有無を確認し、明らかに明視不能の場合は測定結果から除外した。

III 結 果

今回の各眼鏡装用下の真値との差を図1~6に示す。いずれの場合も誤差の絶対値を示している。凸レンズの場合は真値より測定値が大きくなり、凹レンズの場合はその逆であったが、両者では誤差の大きさが異なっていた。

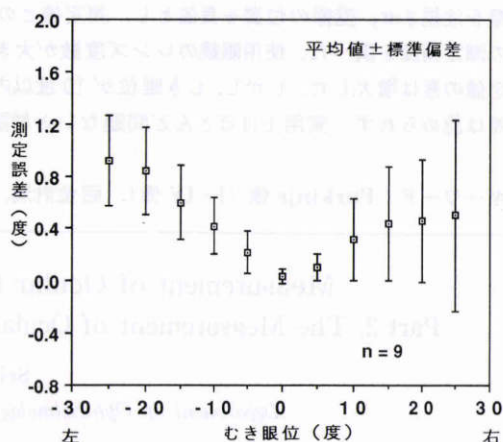


図1 +6Dレンズ装用下の測定誤差。

視標位置の中心からの距離が大きくなるほど測定値と視標位置(真値)との差は増大した。左右10度以内では差は0.5°以下である。

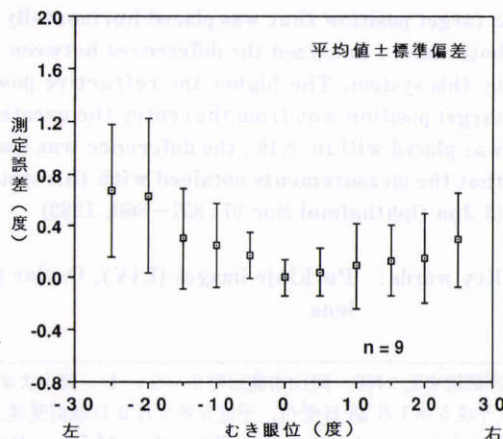


図2 +4Dレンズ装用下の測定誤差。

測定値と真値との差は+6Dの場合よりも小さい。

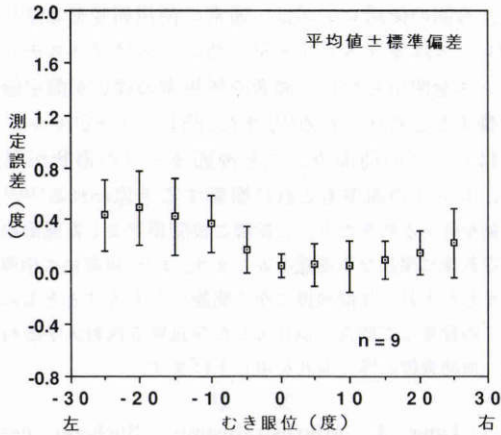


図 3 +2 D レンズ装用下の測定誤差。
凸レンズの中では測定値と真値の差は最も小さく、左
右 20 度以内では 0.5°以下である。

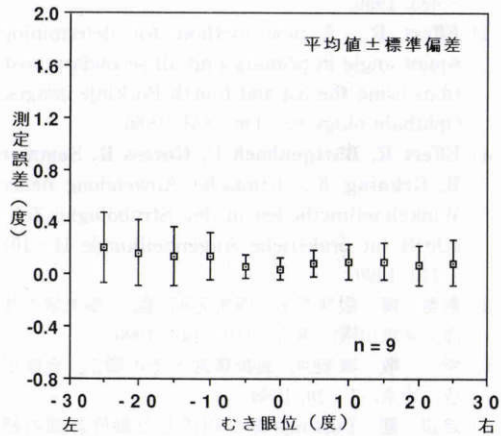


図 4 -2 D レンズ装用下の測定誤差。
今回使用したレンズ中では、測定値と真値との差は最
も小さい。

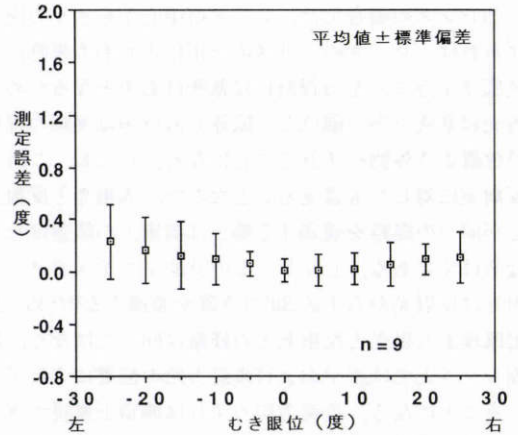


図 5 -4 D レンズ装用下の測定誤差。

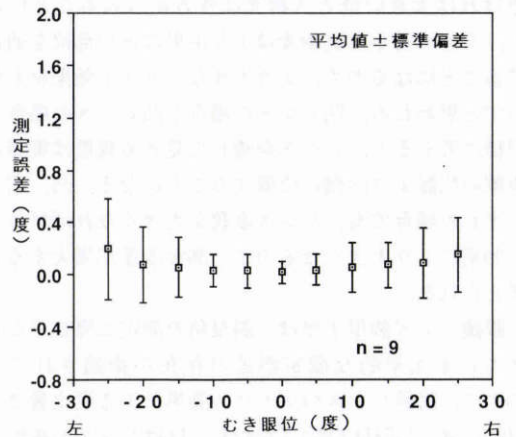


図 6 -6 D レンズ装用下の測定誤差。
同じレンズ度数でも凸レンズに比べると、測定値と真
値との差は小さくなる傾向を示す。

大した (図 4 ~ 図 6)。

IV 考 按

前回の報告⁷⁾では、裸眼の状態での本装置の精度は最大誤差も 0.5°以内であり、測定の再現性も良好であった。むき眼位が左右 25 度の範囲では、0.4°以内の標準偏差をもつ測定値が得られたが、左右両方向とも、むき眼位が大きくなると標準偏差が大きくなった。しかし、平均値には誤差はほとんど認められなかった。今回の結果は、裸眼の測定の場合と異なり、測定値の平均値にずれが認められ、測定値をある方向に偏位させる誤差の存在が示唆された。その原因を次のように考えた。

1. 凸レンズ

+6 D 装用の場合が測定誤差は最大となり、以下 +4 D、+2 D となるごとに誤差、バラつきともに減少した。いずれの場合でも、むき眼位が大きくなると標準偏差は大きくなり、さらに平均値もむき眼位が大きくなればなるほど、ずれが生じた (図 1 ~ 図 3)。

2. 凹レンズ

凸レンズの場合に比べ、凹レンズではレンズ度数による差はそれほど明らかではなかった。-6 D、-4 D、-2 D の順に平均値のずれは次第に減少したが、むき眼位が大きくなると標準偏差はいずれの場合でも増

凸レンズの場合では、レンズの中心から水平方向にずれば、レンズのプリズム作用により右方視時には基底は左方に、左方視時には基底は右方となるため入射光は基底方向に偏位し、眼球の偏位角は実際の視標の位置より外側へずれることになる。ただし、これは反射光に対しても言えることなので、入射光と反射光とが同一の経路を通過する場合は測定上の誤差はなくなるはずである。しかし、この計測システムでは、入射光は反射光から下約30°の位置を通過する⁷⁾ため、測定原理上入射光と反射光との経路は同一ではなく、球面レンズ上では水平および垂直方向の位置にずれが生じることになる。垂直方向のずれは測定上無視できるが、水平方向のずれは無視できないため結果に差がでたものと考えられる。したがって、眼球の偏位角が大きければ大きいほど入射光は外方から入ることになり、それに対して反射光はより中央に近い部位を通過することになるので、より大きなプリズム効果をもたらすと思われる。凹レンズの場合も凸レンズの場合と同様に考えると、レンズを通して見える視標は実際の視標の位置より内側に位置することになる。凸、凹のいずれの場合でも、レンズ度数が大きくなればプリズム効果はより大きくなるので、測定誤差が増大すると考えられる。

眼鏡レンズ装用下では、斜視角の測定に際してこれまでも光学的な測定誤差の存在が指摘されている^{8)~10)}。眼鏡レンズのプリズム効果による変化量は近似的に $\delta=2.5 \cdot D$ (%) [ただし、 D はレンズの屈折力(diopter)]として与えられる⁸⁾が、その近似式を今回の場合に当てはめてみると、2Dの場合で5%、4Dで10%、6Dでは15%の誤差が発生することになる。今回の実験結果では、視標の位置すなわち、むき眼位が大きくなるほど、あるいは使用眼鏡のレンズの度数が大きくなるほど測定誤差は増大したが、その大きさは+6Dでも水平方向に±25度の位置で約1°程度のものであった。したがって、眼球の偏位角が少なければ測定誤差はさらに小さくなると考えられる。今回使用したすべてのレンズ度数では、左右10度以内であれば、0.5°を超える測定誤差は認められなかったもので、実用上はほとんど問題ない程度の測定誤差と考えてよいと思われる。

凸レンズの場合の方が、凹レンズを使用した場合に比べ誤差は増大した。使用したレンズの材質、凸レンズと凹レンズとの形状および曲率の差が原因と思われ

る。今回の使用レンズは、通常の使用頻度を考慮して凹レンズはガラスレンズを、凸レンズはプラスチックレンズを使用した¹¹⁾。また、凸レンズと凹レンズとではレンズの前面カーブと後面カーブの形状が異なり、レンズの曲率もこれに影響すると思われる¹¹⁾¹²⁾。

稿を終えるにあたり、ご指導ご校閲頂きました恩師松尾信彦教授に深甚なる謝意を表します。また、直接にご指導頂きました大月 洋助教授に深く感謝いたしますとともに、多くの貴重なご助言を頂きました奈良県立医科大学眼科魚里 博助教授に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) Lang J: Mikrostrabismus. Bücherei des Augenarztes, Heft 62, 2. Auflage, Enke, Stuttgart 1982.
- 2) Effert R, Pflibsen K: A new method to perform the cover test. *Ophthalmology* 93: 433—435, 1986.
- 3) Effert R: A new method for determining squint angle in primary and all secondary positions using the first and fourth Purkinje images. *Ophthalmology* 93: 436—441, 1986.
- 4) Effert R, Büttgenbach C, Goress R, Sommer B, Grüning K: Klinische Anwendung neuer Winkelmeßmethoden in der Strabologie. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde* 11: 107—110, 1990.
- 5) 魚里 博: 眼球光学。西信元嗣(編): 眼光学の基礎。金原出版, 東京, 119—143, 1990.
- 6) 所 敬: 眼光学, 屈折異常とその矯正。金原出版, 東京, 1—20, 1988.
- 7) 渡辺 聖: Purkinje像を利用した眼位計測の研究。第1報。新しい眼位計測装置の試作。日眼会誌 97: 851—856, 1993.
- 8) 魚里 博: 非定形的な斜視・弱視一診断, 検査上の問題点一。日本弱視斜視学会雑誌 18: 19—26, 1991.
- 9) Scattergood KD, Brown MH, Guyton DL: Artifacts introduced by spectacle lenses in the measurement of strabismic deviations. *Am J Ophthalmol* 96: 439—448, 1983.
- 10) 栗屋 忍: 不同視・不等像視と眼精疲労—Knappの法則と不同視の矯正—。鈴木昭弘(編): 眼科Mook, 23, 眼精疲労。金原出版, 東京, 90—104, 1985.
- 11) 所 敬: 屈折矯正, 屈折異常とその矯正。金原出版, 東京, 179—197, 1988.
- 12) 平井宏明: 矯正レンズの光学。西信元嗣(編): 眼光学の基礎。金原出版, 東京, 43—62, 1990.