

原著

半側空間無視に対する視線計測装置を用いた 病態評価の検討 —視線計測時の測定精度・視標サイズについて—

藤田美佳^{*1,2} 米田剛^{*2,5} 山下力^{*2,5} 岡真由美^{*2,5}
三木淳司^{*2,5} 用稲丈人^{*3} 平岡崇^{*4,6}

要 約

半側空間無視と同名半盲は、病態が異なるが同様の所見を示し鑑別に苦慮することがある。これまでに視線計測装置を用い両者の眼球運動の特徴を評価する報告がなされているが、視標に対する視線位置の測定精度について評価されていない。本研究では、両者の眼球運動を測定し鑑別評価を行うことを目的とし、2種類の視標サイズによる再現性、視線偏位量および測定精度を算出し計測に適切な視標サイズを検討した。対象は、本学学生の有志願者の健常人24名であった。視線計測装置は、Gazefinder (JVC ケンウッド社製) を使用した。検査距離は60 cm とし、測定中は頭部を顎台に固定した。ディスプレイの背景色はグレーとし、視標は白色の円形で、サイズは0.025° (1 pixel) と1°を用いた。視標の提示位置はディスプレイの正面、左右15°とし、対象者に各視標を30秒ずつ注視させた。検討項目は、視標を正面に2回提示時の視線偏位量から級内相関係数 (ICC) を算出した。また、測定精度として、各視標提示位置において視標と視線位置の差から視線偏位量を求め、標準誤差 (2 SE) を算出した。各視標サイズの ICC は0.7~0.9で、2 SE は0.1~0.3°であった。視標サイズ0.025°と1°で再現性と測定精度は同等であることが確認でき、Gazefinder で計測時に用いる視標サイズは視認が容易な1°が良いと考えられた。

1. 緒言

半側空間無視と同名半盲は全く異なる病態であるが、障害部位が頭頂葉から後頭葉にかけて広範囲であると両者とも半側が見えないという症状を示し視野検査で同様の結果となることから鑑別に苦慮することがある¹⁾。これまでに、眼球電図 (electrooculography: 以下 EOG) を用いた眼球運動から半側空間無視と同名半盲の鑑別を試みた研究がなされており、半側空間無視は視標の位置予測ができず正確に遂行できないが、同名半盲では視標を一度見つけると正確に遂行できるとされ²⁾、両者には相違点がみられると報告されている。このことか

ら、半側空間無視と同名半盲を眼球運動から鑑別することは意義があるといえる。EOG は、眼球運動により生じる眼球常在電位の変化を眼窩周囲の皮膚に貼付した皿電極を用いて記録する装置であり、眼科では衝動性眼球運動や滑動性眼球運動などの異常を検出するために用いる。EOG は、視標と視線の位置関係を記録できないことや³⁾ 皿電極を皮膚に装着するためにノイズが混入すること、準備や測定に時間を要することなどの欠点があるため、高次脳機能障害があり集中力が乏しい患者には負担が大きい⁴⁾。

近年、小児や発達障害児に対する診断の補助的検査法として視線計測装置 (以下 Gazefinder) が用い

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 感覚矯正学専攻

*2 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 視能療法学科

*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 リハビリテーション学科

*4 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

*5 川崎医科大学 眼科学1教室

*6 川崎医科大学 リハビリテーション医学教室

(連絡先) 藤田美佳 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: m.fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp

られている⁵⁾。本装置は、EOGと比較し電極の装着が不要で非侵襲的であり、視標提示画面と測定装置が一体となっているため、持ち運びが容易であることから頭位保持が困難な症例に対しベッドサイドなどでも簡便に使用できる。これらの特徴から半側空間無視や同名半盲患者の視線を測定する際の負担をより軽減できると期待される。しかし、Gazefinderにおいて視標に対する視線位置の測定精度は評価されておらず、適切な測定条件について明らかにされていない。

本研究では、半側空間無視および同名半盲患者の鑑別評価に視線計測装置を導入することに先立ち、Gazefinderを用いて2種類の視標サイズにおける視標と視線位置の関係から再現性、視線偏位量および測定精度を求め、計測時の適切な視標サイズについて検討した。

2. 方法

2.1 対象

対象は、本学学生のうち有志願者の健常人24名(男性4名、女性20名)で、年齢は平均21.2歳(19~23歳)であった。除外基準は、屈折異常以外の眼疾患があるもの、矯正視力が小数視力1.0未満のもの、眼位および眼球運動に異常があるものとした。屈折異常は、眼鏡またはソフトコンタクトレンズで矯正した。

本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号 18-058)。

2.2 方法

視線計測装置は、Gazefinder(JVCケンウッド社製)を使用した。視標を提示するディスプレイは19 inchで画面解像度は1,280×1,024 pixelsであった。検査距離は60 cmとし、測定中は頭部を顎台に固定した。キャリブレーションは、ディスプレイの中央と四隅の計5点で実施した。サンプリングレートは50 Hzであった。

本装置の原理は、ディスプレイ下部にある視線計測部から射出された近赤外線LEDが角膜に反射することで生じる角膜反射像と瞳孔中心との相対的距離をもとに視線位置を算出するものである。ディスプレイの背景色はグレー、視標は白色の円形とし、サイズは0.025°(1 pixel)と1°の2種類を用いた。0.025°はディスプレイ上に提示可能な最小単位であり、1°は筒井ら⁶⁾の報告を参考に設定した。視標の提示位置は正面、右15°、左15°とし、各視標を30秒ずつ注視させた。得られたデータから瞬目を除外し、30秒間で得られた視線位置から平均値を求めた。視線正面への視標提示は、開始時(以下1回目)と終了時(以下2回目)の2回行った。対象者への事前説

明は、視標の中心を注視することであった。

2.3 検討項目および統計方法

検討項目は、Gazefinderで計測される視標サイズにおける視線位置の再現性、視線偏位量の比較、視標に対し測定された視線位置の精度であった。再現性の評価は、視標を正面に2回提示した時の平均視線偏位量に対する級内相関係数(intraclass correlation coefficients: 以下 ICC)を算出して評価した。視線偏位量は、視標と視線位置の差を算出した。視標サイズによる比較は、0.025°と1°で得られた視線偏位量の平均値をWilcoxonの符号付順位検定を用いて評価した。測定精度は、視線偏位量の標準誤差(standard error: 以下 SE)×2を算出して評価した。

統計解析ソフトはIBM SPSS Statistics 23を使用し、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1 視標を正面に提示時の各視標サイズにおける視線位置の再現性(表1)

視標を正面に2回提示した際の平均視線偏位量のICCは、X軸において0.025°で0.69(P<0.005)、1°で0.91(P<0.0001)であった。Y軸において、0.025°で0.92(P<0.0001)、1°で0.81(P<0.0001)であった。0.025°と1°の視標サイズの視線偏位量を2回測定した結果では、両者とも再現性が高かった。

3.2 各視標サイズにおける視線偏位量および測定精度の比較(図1)

正面に視標を提示したときの、X軸の視線偏位量は0.025°と1°ともに0.1°(P=0.483)、Y軸の視線偏位量は両者とも0.7°(P=0.562)であった。画面右15°に視標を提示したときのX軸の視線偏位量は、0.025°と1°ともに0.4°(P=0.680)であった。Y軸の視線偏位量は0.025°が0.7°、1°が0.6°(P=0.304)であった。画面左15°に視標を提示したときのX軸の視線偏位量は、0.025°が0.3°、1°が0.2°(P=0.390)、Y軸の視線偏位量は、0.025°が0.5°、1°が0.3°(P=0.329)であった。視線偏位量は両サイズともX軸よりY軸で大きくなる傾向であった。

全ての視標提示位置の2 SEはX、Y軸とも0.025°が0.1~0.2°、1°が0.1~0.3°を示し両者で測定の精度は同程度であった。

4. 考察

Gazefinderを用いて、0.025°と1°の2種類の視標サイズで視標と視線位置の再現性、視線偏位量および測定精度を評価した。0.025°と1°の視標を正面に提示したときの視線位置の再現性は、ICCが0.69以

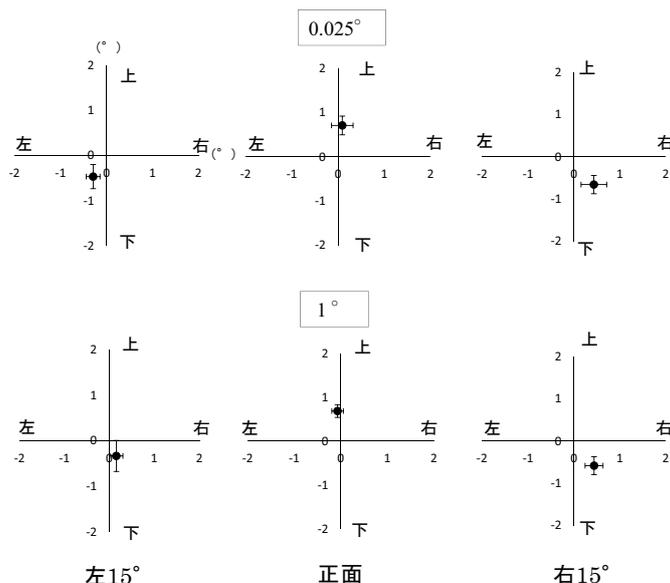


図1 各視標サイズにおける視線偏位量および測定精度

視標を左 15°(左), 正面(中央), 右 15°(右)に提示時の平均視線偏位量(°)およびX, Y軸の2SEを示す. 上段は0.025°, 下段は1°. 各グラフ中の「0」は視標提示位置である. (Wilcoxonの符号付順位検定. 左15°X軸P=0.390, Y軸P=0.329, 正面X軸P=0.483, Y軸P=0.562, 右15°X軸P=0.680, Y軸P=0.304)

表1 各視標サイズにおいて視標を正面に提示したときの視線位置の再現性

X 軸		0.025°				1°					
		平均視線偏位量(°)	ICC	95%信頼区間		P値	平均視線偏位量(°)	ICC	95%信頼区間		P値
				下限	上限			下限	上限		
1回目	0.1					-0.1					
2回目	0.02	0.69		0.23	0.86	P<0.005	-0.001	0.91	0.80	0.96	P<0.0001

Y 軸		0.025°				1°					
		平均視線偏位量(°)	ICC	95%信頼区間		P値	平均視線偏位量(°)	ICC	95%信頼区間		P値
				下限	上限			下限	上限		
1回目	0.7					0.7					
2回目	0.5	0.92		0.81	0.96	P<0.0001	0.5	0.81	0.57	0.92	P<0.0001

上で比較的高いことがわかった。

過去にはEyelink 1000 PLUSを用いて、男性の口腔画像を2回見た際の視線位置から歯列矯正治療必要性視標のレベルと魅力的な表情について評価した研究がなされており、ICCが0.6から0.9で⁷⁾、本研究と同様の再現性が得られていることを報告してい

る。

本研究では、0.025°や1°のサイズが小さい視標を用いることで、視線の位置との相関を検討しており、0.025°と1°の視標を正面、右15°、左15°に提示したときのX軸では、視線偏位量の平均値に差はみられなかった。しかし、Y軸では両サイズで最大0.7°

の視線偏位がみられた。Y軸の視線偏位がX軸よりも大きくなった原因は、解析装置の下部に設置された視線を計測するために射出される近赤外線の間膜反射の位置と視線のなす角が上下の視線の位置によって変化したためと考えられた。

視標を正面、右15°、左15°に提示したときの測定精度は、0.025°と1°の視標サイズにおいて高い傾向を示し、視標に対し視線位置は正確に記録できていることが確認できた。視線計測装置を用いた測定精度についての過去の報告では、Eyelink 1000 PLUSやTobii Proが用いられている。Eyelink 1000 PLUSは視標と視線位置の誤差が水平方向で0.2°、垂直方向で0.05°⁸⁾、Tobii TX300では視角30°に視標を提示したときの測定精度が0.16°であり⁹⁾、本装置でも同程度の測定精度が保たれていることがわかった。本装置のサンプリングレートは50 Hzであり、EOGが100 Hz程度、Eyelink 1000 PLUSが500 Hz、Tobii TX300が300 Hzであるのに比べて低い。固視微動や眼球運動速度など詳細な眼球運動の評価には不向きであるが、再現性や測定精度の結果から視標を注視させたときの視線位置を記録する目的であれば充分評価は可能であることが示唆さ

れた。今後は半側空間無視と同名半盲の症例に対し本装置を用い、衝動性眼球運動を負荷して視標に対する視線の偏位量から空間覚と注意の移動¹⁰⁾の測定と、滑動性眼球運動を負荷して視線の移動量から運動視と注意の持続^{10,11)}の測定を行う予定である。半側空間無視では両者とも困難であり、同名半盲では後者は可能であることが予測される。

以上より、Gazefinderによる0.025°と1°の視標サイズに対する視線位置は、再現性と測定精度ともに高く、眼球運動時の視線位置を評価できることが示唆された。しかし、0.025°は小数視力に換算すると0.6程度と小さく矯正視力が0.6よりも低い患者や注意が散漫である症例では視標を見失う可能性がある。したがって、今後の眼球運動の定量評価には視認が容易な1°を用いるのが適切と考えられた。

5. 結論

Gazefinderで0.025°と1°の視標を用いて視標と視線位置の再現性、視線偏位量および測定精度は、両視標サイズともに高いことが明らかになった。計測時の視標サイズは、視認が容易な1°で半側空間無視や同名半盲の病態の評価を行う予定である。

謝 辞

本研究は平成30年度医療福祉研究費（研究課題：半側空間無視に対する視線計測装置を用いた病態評価の検討）の助成を受けたものです。本研究に際して、被検者を快く引き受けてくださった本学学生の皆様に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 渡辺学：半側空間無視合併例に対する理学療法。理学療法科学，22，325-330，2007。
- 2) Meienberg O, Harrer M and Wehren C：Oculographic diagnosis of hemineglect in patients with homonymous hemianopia. *Journal of Neurology*, 233, 97-101, 1986.
- 3) 伊藤彰紀：電気眼振図（ENG）の検査法と診断的意義について。 *Equilibrium Research*, 69, 401-411, 2010.
- 4) 後関利明, 星飛雄馬, 大野明子, 広田雅和, 神田寛行：Tobii社製 眼球運動計測装置。神経眼科, 33, 47-52, 2016.
- 5) Fujioka T, Inohara K, Okamoto Y, Masuya Y, Ishitobi M, Saito DN, Jung M, Arai S, Matsumura Y, ...Kosaka H：Gazefinder as a clinical supplementary tool for discriminating between autism spectrum disorder and typical development in male adolescents and adults. *Molecular Autism*, 7, article number 19, 2016.
- 6) 筒井純, 武田純爾, 市橋進：眼科診断における眼球運動。三島濟一, 塚原勇, 植村恭夫編, 眼と電気生理, 金原出版, 東京, 230-253, 1980.
- 7) Baker RS, Fields HW, Beck FM, Firestone AR and Rosenstiel SF：Objective assessment of the contribution of dental esthetics and facial attractiveness in men via eye tracking. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 153, 523-533, 2018.
- 8) 四之宮佑馬, 高橋由嗣, 野上豪志, 新井田孝裕：視線解析装置における頭位変化による測定誤差の検討。眼科臨床紀要, 11, 265-268, 2018.
- 9) Tobii Technology：Accuracy and precision test report. <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/accuracy-and-precision-tests/tobii-pro-x3-120-accuracy-and-precision-test-report.pdf>, [2015]. (2020.8.27確認)
- 10) 角友起, 岩本義輝：視覚機能とリハビリテーション 眼球運動システムからみた半側空間無視。作業療法ジャーナル, 47, 502-506, 2013.

11) 酒田英夫：MST 野と運動視. 神経研究の進歩, 48, 567-582, 2004.

(令和2年11月18日受理)

Evaluation of Unilateral Spatial Neglect Using a Gaze Measurement System: Measurement Accuracy and Target Size

Mika FUJITA, Tsuyoshi YONEDA, Tsutomu YAMASHITA, Mayumi OKA,
Atsushi MIKI, Taketo YOINE and Takashi HIRAOKA

(Accepted Nov. 18, 2020)

Key words : gaze measurement system, Gazefinder, target size, reproducibility, measurement accuracy

Abstract

Unilateral spatial neglect and homonymous hemianopia may be difficult to distinguish. Previous studies reported eye movement differences in the two diseases using a gaze measurement system, but the measurement accuracy of the gaze position for the target has not been evaluated. This study measured eye movement and evaluated the discrimination between the two diseases, as well as the reproducibility, gaze deviation, and measurement accuracy for two target sizes. Also, the optimal target size for measurement was studied. Subjects were 24 healthy student applicants. The measurement system was Gazefinder (JVCKENWOOD Corp., Long Beach, CA, USA). Inspection distance was 60 cm, and the head was fixed. The screen was gray, the targets white and circular, and the sizes 0.025° (1 pixel) and 1°. The target was on the front, 15° to the left and right of the display, and each target was fixated by 30 seconds. Reproducibility was determined by the intraclass correlation coefficients (ICC) from value of the gaze deviation when presenting the target to the front twice. Also, as the measurement accuracy, the gaze deviation was calculated from the difference between the target and the gaze positions at each target position, and the standard error (2 SE) was calculated. The ICC of each target size was 0.7 to 0.9, and 2 SE was 0.1° to 0.3°. Reproducibility and measurement accuracy were therefore equal in the target size 0.025° and 1°. It was suggested that to optimize visual recognition, the ideal target size for Gazefinder was 1°.

Correspondence to : Mika FUJITA

Master's Program in Sensory Science
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : m.fujita@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.30, No.2, 2021 565 – 569)