TriIRIS C9000における正常値の検討

藤原 篤之¹⁾・田淵 昭雄^{1) 2)}・藤原 睦子²⁾・守田 真澄²⁾

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 博士課程¹⁾

川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科²⁾

The normal value of pupil response and convergent eye movement during near accommodative stimulation by TriIRIS C9000

Atsushi Fujiwara¹⁾, Akio Tabuchi^{1) 2)}, Mutsuko Fujiwara²⁾, Masumi Morita²⁾

¹⁾ Graduate School of Health Science and Technology, Doctoral Program in Sensory Science, Kawasaki University of Medical Welfare

²⁾ Department of Sensory Science, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

要 約

目的：TriIRIS C9000（以下、トライイリス）は、眼精疲労を他覚的に評価できる装置として開発された。しかし、正常値の十分な検討はなされていない。そこで20歳代を対象に、正常値の検討を行った。

対象及び方法：対象は、近見矯正視力、調節、眼位に異常のない20歳代36名である。測定は、視標を2 Dと11 Dの間で3往復させ、近見負荷に伴う輻湊・瞳孔反応を記録した。解析は、各試行の最大・最小瞳孔横径から求める縮瞳率、遠方・近方の瞳孔位置から求める瞳孔移動距離、測定開始直後と終了時の瞳孔横径から求める瞳孔の緊張率を検討した。

結果：縮瞳率は、1 試行目が $47.4 \pm 10.6\%$ 、2 試行目が $49.0 \pm 8.2\%$ 、3 試行目が $51.0 \pm 8.1\%$ で試行間に有意差はなかった。瞳孔移動距離は、1 試行目が $2.4 \pm 0.7\text{mm}$ 、2 試行目が $2.4 \pm 0.4\text{mm}$ 、3 試行目が $2.4 \pm 0.4\text{mm}$ で試行間に有意差はなかった。瞳孔の緊張率は $9.0 \pm 6.4\%$ であった。

結論：20歳代を対象にトライイリスによる正常値の検討を行った。正常成人では、縮瞳率・瞳孔移動距離ともに試行間で安定していた。眼精疲労者では、徐々に縮瞳率が低下するという報告がある。今回、各試行の縮瞳率を検討したところ、正常成人では3 試行ともに安定していた。また、瞳孔の緊張率は、眼精疲労を定量的に評価できる指標になる可能性もありさらに検討していく予定である。

別冊請求先（〒701-0193）倉敷市松島288

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

TEL：086-462-1111（内 54823） FAX：086-464-0320

Key words：TriIRIS C9000, Normal values, The age of 20's, Asthenopia

TriIRIS C9000、正常値、20歳代、眼精疲労

Abstract

Purpose: TriIRIS C9000 (TriIRIS, Hamamatsu Photonics k.k.) has been developed as an apparatus for evaluation of asthenopia during near works with a lot of kind of intellectual technology instruments. However, an analysis method and normal values of convergent eye movement and pupil response induced by certain accommodative stimulus by means of TriIRIS has not been fully established yet. Therefore, we investigated the normal value of pupil response and convergent eye movement during near accommodative stimulation by this apparatus in adults.

Material and methods: Subjects were 36 normal adults with the age of 20's (mean 21.6 ± 1.0) with normal corrected near visual acuity of more than 1.0, accommodation, and position of eyes. Three serial trials of the accommodative stimulus of near and far between 11D and 2D by 'High speed mode' (0.3D/sec) were made. Then we measured convergent eye movements of the each eye, and pupil responses with near and far loading. We analyzed a pupil constriction-ratio calculated from maximum to minimum pupil diameter of the each operation, and the convergent eye movement calculated from the distance of each pupil center from near and far position of the eyes. And a pupil strain-ratio calculated from the pupil diameter at the end of the third trial and that of just after starting of the first trial. We used the results of the dominant eye for analysis.

Results: The pupil constriction-ratio was 47.4 ± 10.6 % in the first trial, and 49.0 ± 8.2 % in the second, and 51.0 ± 8.1 % in the final third trial. There was no difference between the three. The convergent eye movement was 2.4 ± 0.7 mm in the first trial, 2.4 ± 0.4 mm in the second, 2.4 ± 0.4 mm in the third trials. There was no difference in each trial. The pupil strain-ratio was 9.0 ± 6.4 %.

Conclusions: To the certain accommodative near stimulation, normal adult with the age of 20's showed a stable value of both pupil constriction-ratio and pupil strain-ratio during three trials of accommodative stimulation by the TriIRIS. It was suggested that we were able to assay normal or abnormal, that is asthenopia, condition by this analysis method.

I. 緒 言

Information Technology (以下、IT) は、近年目覚ましい普及をとげ人類に無限の恩恵をもたらしている。一方、IT機器の不適切な使用による人体へのさまざまな影響も懸念されている¹⁾。その中でも、「眼精疲労」をはじめとする視機能への影響は深刻である。そのため、IT機器による眼精疲労が社会的な問題になりつつある状況において、この問題に取組み、原因の解明、対策、治療方法などを研究していくことが求められている²⁾。

臨床上、眼精疲労を他覚的に評価するには、近見時の眼球の変化をとらえることが重要である。TriIRIS C9000 (浜松ホトニクス社) (以下、トライイリス) (図1) は、近見負荷とその解除に伴う水平眼球運動 (輻湊・開散) と瞳孔運動 (縮瞳・散瞳) の同時記録を行い、それらの反応から眼精疲労を他覚的に評価できる可能性

のある装置として検討されている^{3) 4) 5) 6)}。しかし、一定した解析法や正常値についての十分な検討がなされていないのも現状である。そこ

図1 トライイリス
近見負荷とその解除に伴う水平眼球運動 (輻湊・開散) と瞳孔運動 (縮瞳・散瞳) を同時に記録できる。

で今回我々は、20歳代成人を対象に、トライイリスの正常値を検討したので報告する。

II. 対象及び方法

実験1. 正常値の検討

対象は、屈折検査 (ARK-700A、NIDEK社)、近見矯正視力検査、調節力検査 (連続近点の測定)、眼位検査を行い、屈折以外に異常がないことを確認し、眼精疲労の訴えない20歳代の正常成人36名 (平均 21.6 ± 1.0 歳、女性28名、男性8名)である。測定は、遠見の完全屈折矯正下にて行った。なお、全ての対象者には、事前に研究の意図を説明し同意を得ている。

トライイリスの測定条件は、視標スピードを High speed mode (0.3D/sec) に設定し、内部視標を2.0 D (50cm) と11.0 D (9 cm) の間で連続3往復させ、9.0 Dの近見負荷とその解除に伴う水平眼球運動と瞳孔運動を両眼同時に記録した。

被検者には、赤・黄・緑の十字視標 (内部視標) のうち中央の黄色十字を注視させ、可能な限り追従するように指示した。また、瞬目は解析を容易にするために、視標が最大近方・遠方に達する直前のみ制限するよう指示し、それ以外では自由に瞬目をさせた。そして、測定中は瞳孔縁に上眼瞼が覆わないよう大きく開瞼するよう指示した。

トライイリスにより得られる波形の一例を図2に示す。以下、視標が遠方から近方、そして再度遠方へ戻るまでの波形を1試行と表現する。測定は、1、2、3試行をもって1回とした。解析は、hole-in-card testにて決定した優位眼の結果について、以下の3項目について行った。

- 1) 各試行の縮瞳率 (図3①) : $\{ (\text{最大瞳孔横径} - \text{最小瞳孔横径}) \div \text{最大瞳孔横径} \} \times 100$
- 2) 各試行の瞳孔移動距離 (輻湊および開散による眼球の移動距離に相当する) (図3②) : 遠見の瞳孔位置 - 近見の瞳孔位置
- 3) 測定開始直後と終了時の瞳孔横径の変化 (以下、この変化を瞳孔の緊張率とする) (図3③) : $\{ (\text{開始直後の瞳孔横径} - \text{終了時の瞳孔横径}) \div \text{開始直後の瞳孔横径} \} \times 100$

図2 トライイリスにより得られる波形の一例
上段は、内部視標の動きを、中段は輻湊・開散を、下段は縮瞳・散瞳の様子を示している。

図3 解析項目
①: 縮瞳率 ②: 瞳孔移動距離 ③: 瞳孔の緊張率

縮瞳率・瞳孔移動距離については、各試行の結果を2元配置分散分析で検定した。

トライイリスは瞳孔横径を計測しているため、調節負荷により内転した瞳孔を斜めから見ることで、正円形ではなく楕円形として計測され、実際の瞳孔横径より縮小して計測される。しかし、浅川ら⁷⁾は、その誤差はわずかに0.1mm程度のものであったと報告している。そのため我々は、得られた値をそのまま計測値として検討した。

実験2. 近見負荷量を変化させての検討

トライイリスを用いた正常値の検討に加えて、

近見負荷量の変化に伴う、正常20歳代の縮瞳率・瞳孔移動距離・瞳孔の緊張率の変動を検討した。

対象は、実験1と同条件を満たす20歳代の正常成人5名（平均 22.2 ± 1.2 歳、女性4名、男性1名）である。

内部視標の移動スピード・往復回数は、実験1と同条件とし、視標の移動距離を遠方の位置は2.0 D（50cm）に固定し、近方の位置を7.0 D（14cm）、9.0 D（11cm）、11.0 D（9 cm）、装置の構造上、最大近方の位置となる12.5 D（8 cm）の4パターンに設定し、同一被験者に各近見負荷量で測定を行った。それぞれの近見負荷量は、5.0 D、7.0 D、9.0 D、10.5 Dである。

なお、解析は実験1と同項目を、各近見負荷量で優位眼の結果より行った。そして、縮瞳率・瞳孔移動距離については3試行の平均をもって検討した。

Ⅲ. 結 果

実験1

1) 縮瞳率

各試行の縮瞳率を図4に示す。1試行目の縮瞳率は $47.4 \pm 10.6\%$ 、2試行目は $49.0 \pm 8.2\%$ 、3試行目は $51.0 \pm 8.1\%$ で、3試行ともに近い平均値を示していた。各試行間での統計学的な有意差はみられなかった。

2) 瞳孔移動距離

各試行の瞳孔移動距離を図5に示す。遠方・

図4 縮瞳率
3試行ともに近い平均値を示していた。

図5 瞳孔移動距離
3試行ともに一定の平均値を示していた。

図6 各近見負荷量での縮瞳率
近見負荷量の増大に伴い、縮瞳率も増加していた。
10.5 Dでは9.0 Dとほぼ同等の値を示していた。

近方の瞳孔位置から求めた瞳孔移動距離は、1試行目が $2.4 \pm 0.7\text{mm}$ 、2試行目が $2.4 \pm 0.4\text{mm}$ 、3試行目が $2.4 \pm 0.4\text{mm}$ であった。瞳孔移動距離は、3試行ともに一定の平均値を示しており、縮瞳率と同様に統計学的な有意差はみられなかった。

3) 瞳孔の緊張率

測定開始直後と3試行終了時の瞳孔横径から瞳孔の緊張率を検討した結果、終了時の瞳孔横径が $9.0 \pm 6.4\%$ 縮小していた。

実験2

1) 各近見負荷量での縮瞳率

4パターンの近見負荷量で測定した縮瞳率を図6に示す。5.0 Dでは、 $28.2 \pm 1.0\%$ 、7.0 Dで $43.2 \pm 2.6\%$ 、9.0 Dで $51.5 \pm 0.7\%$ と負荷量の増大

に伴い徐々に高い縮瞳率を示していた。そして、最大近見負荷量の10.5 Dでは、9.0 Dとほぼ同等の $50.9 \pm 1.1\%$ の縮瞳率を示した。

2) 各近見負荷量での瞳孔移動距離

各近見負荷量で測定した瞳孔移動距離を図7に示す。5.0 Dでは $1.3 \pm 0.1\text{mm}$ 、7.0 Dで $2.0 \pm 0.1\text{mm}$ 、9.0 Dで $2.9 \pm 0.2\text{mm}$ と負荷量の増大に伴い徐々に高い瞳孔移動距離を示していた。そして10.5 Dでは、9.0 Dとほぼ同等の $2.8 \pm 0.2\text{mm}$ の瞳孔移動距離を示した。

3) 各近見負荷量での瞳孔の緊張率

各近見負荷量で測定した瞳孔の緊張率を図8に示す。5.0 Dでは、 $2.4 \pm 6.1\%$ と、測定開始直

図7 各近見負荷量での瞳孔移動距離
近見負荷量の増大に伴い、瞳孔移動距離も高い値を示した。
10.5 Dでは9.0 Dとほぼ同等の値を示していた。

図8 各近見負荷量での瞳孔の緊張率
5.0 Dでは、測定開始直後とほぼ同等の瞳孔横径まで戻っていた。
その後は、近見負荷量の増大に伴い瞳孔の緊張率も高い値を示していた。

後とほぼ同等の瞳孔横径まで戻っていた。その後、近見負荷量の増大に伴い、7.0 Dでは $7.5 \pm 6.8\%$ 、9.0 Dでは $10.9 \pm 6.2\%$ と徐々に高い値を示していた。そして10.5 Dでは、 $15.7 \pm 5.5\%$ と最も終了時の瞳孔横径が縮小する結果を示した。

IV. 考 按

今回、我々はトライイリスを用いて、20歳代成人の正常値を検討した。得られた波形は、最大・最小瞳孔横径から求める縮瞳率、遠方・近方の瞳孔位置から求める瞳孔移動距離、測定開始直後と終了時の瞳孔横径から求める瞳孔の緊張率について検討した。

1. 縮瞳率

20歳代の正常成人を対象に縮瞳率を検討した結果、3試行ともに近い平均値を示していた。トライイリスを用いた正常20歳代の縮瞳率について、平岡ら³⁾は48%、高橋ら⁸⁾は29.2%と報告している。これらの報告と比較すると、本研究で共に高い値を示していた。しかし、各報告で近見負荷量が異なり（平岡ら：7.0 D、高橋ら：5.0 D）、この条件の相違が、本研究と異なる縮瞳率を示す要因と考えられた。そこで、近見負荷量を変化させて測定した実験2の1)の結果と比較すると、同一条件下では両報告ともにほぼ近い値を示していた。また縮瞳率は、近見負荷量の増大に伴い高くなり、今回、正常値の検討で用いた9.0 Dで最大に達し、以降ではほぼ同等の値を示すことも明らかとなった。

平岡ら^{6) 9)}は、眼精疲労者で徐々に縮瞳率が低下することを波形の定性分析結果より報告している。しかし、各試行の縮瞳率を定量的に検討した報告は現在までにみられない。そこで、我々は3試行それぞれの縮瞳率を検討した。その結果、正常成人では連続した近見負荷に対して安定した値を示すことを定量できたと考えられた。

2. 瞳孔移動距離

遠方・近方の瞳孔位置から瞳孔移動距離を検討した結果、3試行ともに一定の平均値を示していた。正常20歳代の瞳孔移動距離を、高橋ら⁸⁾は1.4mmと報告しており、本研究よりも低い値

を示していた。しかし縮瞳率と同様に、高橋らとは近見負荷量が異なる（高橋ら：5.0 D）ため、実験2の2）の結果と比較すると、同一条件下では近い値を示していた。また、瞳孔移動距離は9.0 Dの近見負荷量で最大の値を示し、以降ではほぼ同等の値を示していた。これは、近見負荷量を変化させて測定した縮瞳率と同様の傾向を示していた。

正常な若年者では、高橋ら⁸⁾も述べているように、近見負荷に対して十分に調節力を保持可能で輻湊の構成要素のバランスも保たれているため、各試行で安定した値を示したと考えられた。

3. 瞳孔の緊張率

測定開始直後と終了時の瞳孔横径から、正常20歳代の瞳孔の緊張率を検討した結果、終了時の瞳孔横径が10%前後縮小していた。また、近見負荷量を変化させて測定した縮瞳率・瞳孔移動距離は、9.0 Dの負荷量で最大に達していたのに対し、瞳孔の緊張率は10.5 Dで9.0 Dよりもさらに終了時の瞳孔横径が縮小していた。

平岡ら^{6) 9)}は、若年の眼精疲労者で終了時に散瞳の戻りが悪いことを波形の定性分析結果より報告している。今回の結果より、正常成人においても瞳孔横径の縮小がみられた。これは、平岡⁹⁾も述べているように毛様筋の収縮が解除しにくいことが原因と考えられ、眼精疲労者ではより高い値を示す可能性も考えられた。

4. 今後の課題

今回は、正常成人を対象に検討を行った。今後は、同様の解析法にて異常パターンの検討を行う予定である。特に、瞳孔の緊張率は、眼精疲労を定量的判断する指標になる可能性もあり、

今回得られた値を参考に検討を進めていく予定である。さらに、年代別の正常値・近見負荷量の変化による変動も検討していく予定である。

参考文献

- 1) 岩崎常人：VDTと眼精疲労 - Eye-strain with VDT work - . 眼科 38：23-30, 1996.
- 2) 平岡満里：IT 眼症 - IT eye-strain - . 眼科 47：63-70, 2005.
- 3) 平岡満里, 諸田麻里子, 遠矢ゆかり, 袴田直俊：近見三徴測定装置 - 調節の他覚的量的測定への応用 - . 日眼会誌 107：702-708, 2003.
- 4) 石川 均, 浅川 賢, 堀部 円, 高橋慶子：輻湊反応と調節. 神眼 22：361-367, 2005.
- 5) 鈴木康夫, 松田泰輔：映像負荷と近見反応時の瞳孔運動. 神眼 22：368-376, 2005.
- 6) 平岡満里, 諸田麻里子, 橋本友紀子, 菅沼雅子：近見三徴測定装置 - 調節の他覚的定性測定への応用 - . 日眼会誌 110：263-270, 2006.
- 7) 浅川 賢, 石川 均, 堀部 円, 陶山秀夫, 魚里 博, 清水公也, 他：若年者におけるフェニレフリン・トロピカミド点眼前後の近方視力・瞳孔反応・輻湊. 神眼 22：238-245, 2005.
- 8) 高橋慶子, 石川 均, 新田任里江, 堀部 円, 庄司信行, 清水公也：トライイリスを用いた調節刺激に対する瞳孔径・輻湊の加齢変化. 自律神経 41：361-364, 2004.
- 9) 平岡真理：調節の他覚的測定. 神眼 22：348-353, 2005.