

青色パルス光の照射条件の違いが覚醒水準と瞳孔径に及ぼす影響

Effects of light irradiance conditions of blue pulsed light on alertness and pupil diameter

キーワード:照明、覚醒水準、瞳孔径

人間生活工学研究室 09T0404Y 内山 友里亜

■背景

網膜にある ipRGC (内因性光感受性網膜神経節細胞)は青色光に対して特異的な感度を有しており、覚醒水準の上昇や生体リズムの調整、縮瞳作用などの非視覚的作用を誘発する (Berson et al., 2002; 李ら, 2003)。先行研究において、パルス幅 100 μ s の青色パルス光と白色光を、知覚できない速さで交互に点灯させたところ、青みは知覚されず、非視覚的作用が認められた (Katsuura et al., 2012)。

■目的

本研究では、白色光に混入した青色パルス光の光強度とパルス幅を変化させたとき、照射条件の違いが非視覚的作用に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

■方法

被験者は、正常な色覚を持つ健康な男子学生 10 名とした。

基準光には白熱電球 (関連色温度 2524 K、放射照度 15 μ W/cm²)、刺激光には青色と白色の発光ダイオード (LED) を光源として用い、青色パルス光と白色光 (関連色温度 2878 K、放射照度 15 μ W/cm²) を交互に点灯させた。青色パルス光の発光周期は 1 ms とした (図 1)。

刺激光には青色光の量 (光強度とパルス幅の積) が等しい 3 条件と、青色光のパルス幅が等しい 3 条件を設定した (表 1)。

被験者は電極装着後、基準光下で 5 分間安静にした後、主観評価を 3 分間行い、3 分間安静にした。続いて刺激光下で 9 分間安静にした後、主観評価を 3 分間行った。5 分間の休憩をはさみ、ランダムな条件の順序で試行を繰り返した。

アイマークレコーダー (EMR-8B、ナックイメーজテクノロジー) による瞳孔径の測定と、生体信号集録・解析システム (MP150 システム、BIOPAC Systems) を用いて覚醒水準の指標となる脳波 (α 波帯域率) の測定を行い、基準光に対する変化率を算出した。主観評価項目として、関西学院眠気尺度 (KSS) を用いて眠気、Visual Analog Scale (VAS) 法を用いて集中度及び青みスコアを測定した。眠気及び集中度スコアにおいては基準光に対する変化量を、青みスコアにおいては測定値を算出した。各指標に対して反復測定分散分析と多重比較検定 (Bonferroni) を行い有意水準は 5 % とした。

表 1 青色パルス光条件

光強度	高	高	中	低	低
放射照度 (μ W/cm ²)	30	30	15	7.5	7.5
パルス幅 (μ s)	100	50	100	200	100

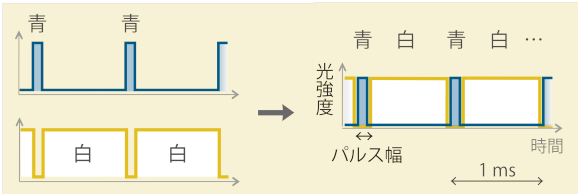


図 1 刺激光 (左図の光を同時に照射した)

■結果

中強度 100 μ s 条件では、低強度 200 μ s 条件よりも有意に縮瞳することが認められ、高強度 100 μ s 条件では低強度 200 μ s 条件よりも有意に縮瞳する傾向が認められた (図 2)。高強度 50 μ s 条件では、低強度 200 μ s 条件よりも主観的な集中度が有意に増加した。青みの知覚は、青色光の量が最大、最小の条件間でのみ有意な差が認められた。脳波、KSS スコア、眠気スコアにおいて有意な主効果は認められなかった。

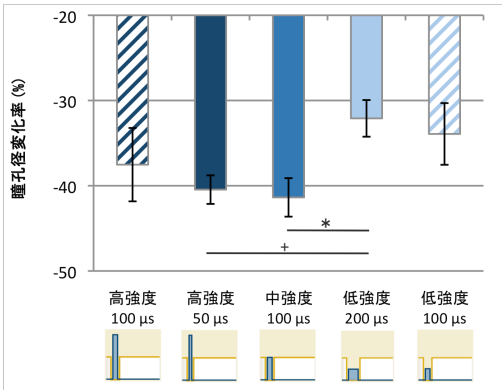


図 2 瞳孔径変化率 (mean \pm SE * $p < 0.05$ + $p < 0.1$)

■考察

青色光の量が等しい場合、同じ青みに見えても、青色光の光強度が高いときに、縮瞳をより強く誘発し、主観的な集中度が増加した。ipRGC が低強度の光において作用しないことが裏付けられる。また、中、高強度の条件間において瞳孔径に差がみられなかったことは、高強度の場合、縮瞳が強く生じることで網膜に届く光が減弱して逆に縮瞳が弱まるというネガティブフィードバックが、ばらつきを大きくしたためと考えられる。

■まとめ

白色光に青色パルス光を混入させた光をヒトに曝露したところ、青みの知覚が等しい中で、網膜に届く光量を維持しながら非視覚的作用を引き起こす最適値があることが示された。