

光刺激に対する瞳孔の反応について

松永, 勝也

<https://doi.org/10.15017/2328667>

出版情報：哲學年報. 34, pp.222-202, 1975-03-31. 九州大学文学部
バージョン：
権利関係：

光刺激に対する瞳孔の反応について¹⁾

松 永 勝 也²⁾

目 次

1. 対光反応に関係した瞳孔の神経支配についての概観
 2. 光による網膜の刺激部位と瞳孔反応 (実験 1)
 3. 色光に対する瞳孔反応 (実験 2)
 4. 神経症者, 分裂病者, 正常者の対光瞳孔反応 (実験 3)³⁾
- 結 び
あ と が き

1. 対光反応に関係した瞳孔の神経支配についての概観

瞳孔を形づくる虹彩には二種類の筋肉が存在する。1つは瞳孔括約筋で、幅が 0.7 mm から 1 mm の扁平な輪状の平滑筋からなっている。他は瞳孔散大筋で、虹彩の後面に接し、毛様体縁から瞳孔縁に向かって放射状に走る平滑筋である (Lowenstein & Loewenfeld, 1962)。

瞳孔括約筋は Edinger-Westphal 核より発する副交感神経線維を含む動眼神経の支配を受けており、毛様体神経節に達し、ここでシナプスを形成し、新たなニウロンが短毛様体神経として出て、瞳孔括約筋に分布する。

瞳孔散大筋は交感神経線維の支配を受ける。脊髄の毛様体中枢を発した交感神経幹を上って上頸神経節に至り、ここでニウロンをかえた神経線維は、内頸動脈神経叢、鼻毛様体神経を通して、瞳孔散大筋に至る。瞳孔径

-
- 1) 本研究の一部は日本心理学会において発表した。
 - 2) 松永記念科学振興財団の研究助成を受けた (1971)。
 - 3) 本実験は生島正弘 (九州大学医学部神経精神科教室) と共同で行ったものである。

は、瞳孔括約筋と散大筋のバランスでその大きさが決定される。しかもこの両筋のバランスは種々の因子で容易に影響される (Lowenstein & Loewenfeld, 1962).

光に対する瞳孔縮小反射の受容器は網膜の桿状体と錐状体である (Lowenstein & Loewenfeld, 1959). 網膜の桿状体から発した興奮は視神経を伝わり、視神経交叉を通して中枢へ至る。これにあずかる視神経線維は、視覚のインパルスを伝えるものと共通であるとする説と、受容器の所で対光反射をつかさどる細胞と、視覚をつかさどる細胞が別であるとする説があるが、前者の考え方が多い (Lowenstein & Loewenfeld, 1962). MagounとRanson (1935) によると、ネコを用いた実験で、視索中を走る瞳孔反射線維は、外側膝状体の前で視覚線維とわかれ、別の経路をたどり視床の帯層を通して視蓋前域に至る。ここでつぎのニューロンに接合し、大部分は、中脳水道の脊側を走り、反対側の、一部は交叉しないで同側のそれぞれ動眼神経核の中の小神経節である Edinger-Westphal 核に達するという。それから遠心性の副交感神経線維が出てゆく。動眼神経核の3つの細胞群の1つが Edinger-Westphal 核 (動眼神経副交感神経核) と呼ばれ、一般に瞳孔括約筋を支配する副交感神経線維の起始核と考えられている。

Edinger-Westphal 核から起った遠心線維は、大部分は交叉することなしに、一部は交叉して反対側の Edinger-Westphal 核の線維をうけ、他の2つの動眼神経核からの線維と合流して動眼神経幹を形成する (Crouch, 1936). これらの線維は動眼神経下枝の短根を経て、毛様体神経節においてシナプスを形成し、新しいニューロンが短毛様体神経を形成し、視神経をとり囲む状態で眼球に達し、強膜を貫通して瞳孔括約筋に至る (Nishida, Koike and al, 1958).

瞳孔括約筋にインパルスを与える神経線維の起始核ならびにそれよりの末梢の機構は、ほぼ明らかにされている。しかし、その核上機構については、なお不明な点が多いが、Edinger-Westphal 核にインパルスを送る

核上機構としては、視蓋前域 (Magoun & Ranson, 1935), 視床下部 (Gellhorn, 1943; Lowenstein & Loewenfeld, 1959) および大脳皮質 (Lowenstein & Loewenfeld, 1959, 1961, 1962) の3つが考えられている。

光が弱くなるときに起る瞳孔散大反射については、瞳孔括約筋の弛緩が主役を演ずるが、これに散大筋の反射も加わると考えられている (Gullberg, Olmsted & Wagman, 1938). 散大筋は散大反射には全く関与しないという説もある (Hodes, 1940). Ury と Oldberg (1940) は、瞳孔散大反射は Edinger-Westphal 核の中樞性抑制によるのみ起こり、交感神経成分が遮断されても、求心性刺激や光に対する瞳孔の変動性は失なわれないと述べている。Kuntz と Richins (1946) によると、中脳の未知の部位からのアドレナリン性線維が動眼神経中に含まれていて、この線維の興奮によって瞳孔括約筋が抑制されるという。これに対して Lowenstein ら (1959) は交感神経も散瞳反射の末期には関与すると主張している。Nishida と Okada (1960) は、ネコを用いて、対光反射の際に、長毛様体神経より活動電位を誘導しながら、網膜に光をあてるとインパルスの抑制がみられ、あてる光が強いほど抑制の程度も強くなることを示した。Ward と Reed (1946) は、サルの前頭葉、Area 8 の電気刺激で瞳孔が散大することを示し、これは局在的な交感神経反応であるとした。しかし、Weinstein と Bender (1941) は、散大反射をネコとサルで比較して、ネコでは、散大反射は交感神経切断で消失しないで、動眼神経切断で消失してしまうが、サルにおいてはこの逆であることを示した。したがって、瞳孔反応には種によってちがいがあるとした。これに対して Lowenstein ら (1962) はネコとサルの間に瞳孔散大反射のメカニズムの差はないとした。

Lowenstein ら (1950, 1962) によって、遮光反射の発現機序については、1) 交感神経の興奮、2) Edinger-Westphal 核の抑制、3) 非副腎性のアドレナリン性物質によるもの、3) 副腎性エピネフィリンによるもの

の、などの推定がなされている。

このように概観するところでは、瞳孔の遮光反射の神経機構についてはまだ十分に明らかにされていないように思われる。

瞳孔散大筋は交感神経線維の支配を受ける。この交感神経の中樞は毛様体脊髄中樞または Budge 中樞と呼ばれており、主として第8頸髄および第1、第2胸髄にあり、時として第3、第4胸髄まで広がっている。ここに端を発した神経線維は交感神経幹を上って上頸神経節に至り、ここでシナプスを形成し、ニウロンをかえた節後線維は、内頸動脈神経叢、鼻毛様体神経を通して瞳孔散大筋にいたる。一部は内頸動脈神経叢から毛様体神経節を通して眼に行く経路もあると考えられている (Foerster, Gagel & Mahoney, 1936; Ray, Hinesey & Geohegan, 1943; Lowenstein, 1962)。

毛様体脊髄中樞に対する上位中樞支配については、あまり明らかではないが、大脳皮質、間脳、中脳、橋および延髄などの部位を刺激すると、著しい散瞳を生じるという (大塚, 1966)。また、視床下部の電気刺激によって散瞳が観察されること (Gellhorn, 1943) や視床ならびに視床下部を破壊すると散瞳の低下が生じること (Lowenstein ら, 1962) が報告されている。

また最近、組織学的蛍光法によって Nilson (1964) は、ネコ、サル、ラットなどの括約筋に、アドレナリン性線維を認めている。また Edinger ら (1966) は散大筋にコリン性活動の存在を明らかにした。このように瞳孔括約筋と散大筋には、交感、副交感神経支配のほかに、体液性の作用が考えられ、2つの筋の機能関係はさらに複雑な関係にあると考えられる。しかし、Lowenstein (1962) は、瞳孔括約筋の抑制は動眼神経核のレベルで起きるのであって、交感神経を通じ末梢から抑制するのではない、したがって体液性の作用は、瞳孔運動の主要なメカニズムではないと述べている。

2. 光による網膜の刺激部位と瞳孔反応 (実験 1)

前に概観したように、瞳孔の対光反応の光受容器は網膜の錐体と桿体である。瞳孔は光刺激に対して、網膜受容器の発する情報によって瞳孔括約筋が収縮し、その直径を変化させることは周知のことである (Lowenstein & Loewenfeld, 1959)。光強度のある範囲では、その変化の大きさに従って瞳孔径は小さくなり、0.01 lux と 1.000 lux の間の照度に対する瞳孔の大きさは、照度の対数に比例することが報告されている (Schröder, 1926)。

ところで網膜の光感受性は中心部で最も低く、それから離れるに従って急速に高まり、中心窩の周辺で最も高く、それを過ぎて網膜の周辺部に行くに従って、ふたたび低下することが知られている (Stiles & Crawford, 1937; Sloan, 1947)。また Steinhardt (1936) は、網膜の中心窩と周辺部における、 $(\text{標準光強度} - \text{光弁別閾}) \div \text{標準光強度}$ の値を求め、明るさの弁別閾は中心窩で小さく、周辺部の方で大きいと報告した。

このようなことから、網膜の光刺激によって誘発された瞳孔運動は、網膜の刺激部位によって異った反応を示すことが予想される。すなわち、網膜の中心部を刺激したときの瞳孔反応は大きく、周辺部を刺激したときの反応は小さくなるであろう。

方 法:

- 1) 被験者. 22才~27才の健康で視覚正常な大学生と大学院生 (5名)。
- 2) 装置. 瞳孔径は、船津と松永 (1971, 1972) によって開発された電子走査型瞳孔計によって、連続的にペンオシログラフに記録された (写真1)。

光刺激は、松下電器製の写真用クセノンフラッシュ (PE-201, GN=20) の発光面を、直径 4 mm の穴をあけた、黒い紙でおおったものによってなされた。発光持続時間は 1 msec であった。光刺激は、被験者の右眼を中心として、水平固視面にある半径 1 m の円周上で提示された。提示

角度は、右眼の第1眼位を0度として、鼻側に視角 0, 2, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 45, 60度であった(図1)。なお、こめかみ側の提示は装置の制約上、本研究ではなされなかった。

3) 手続き 各被験者は、遮音の薄暗室(背景照度 0.185 lux)に30分間順応した後、左眼に眼帯をつけ、瞳孔計の頭部固定器に頭部を固定し、刺激光点と同一面上で、顔前1mの距離にある固視点(発光ダイオード、対光反応を起こさない明るさの赤色光)を凝視するように指示された。その後、実験者は瞳孔計を調節し、光刺激装置を、全系列でランダムとなるように前もって決められた位置に置いて、発光スイッチを押した。光刺激のマークは同時にペンオッシュログラフに記録された。

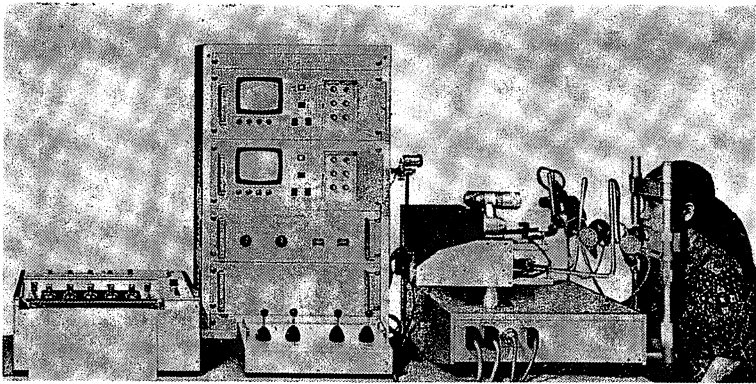


写真1 電子走査型瞳孔計(船津, 松永, 1971, 1972)

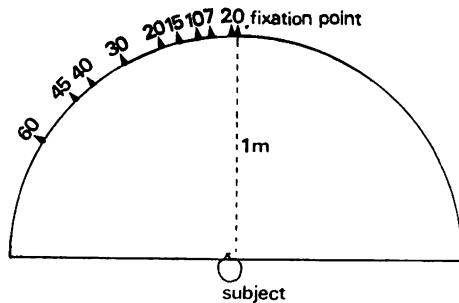


図1 刺激布置

実験は3系列よりなり、その1系列は0~60度の10刺激であり、刺激間には45秒(その間に瞳孔径は初期の値にもどる)、系列間には5分間の休憩が与えられた。

結果と考察:

対光反応の最大収縮量(刺激を提示した時点の初期瞳孔径と、最も収縮した時点の瞳孔径の差)、反応時間、反応潜時を、ペンオッシログラフによって記録された瞳孔径曲線より測定し、グラフに表わした(図2, 3, 4)。

図2より、網膜の光刺激による刺激部位によって収縮量が異なることは明らかである。中心(0度)における収縮量(1.43mm)は、60度における収縮量(0.62mm)の約2倍であり、周辺部に行くほど反応量は小さくなった。また反応量は直線的に減少するのではなく、0~10度付近で最も急

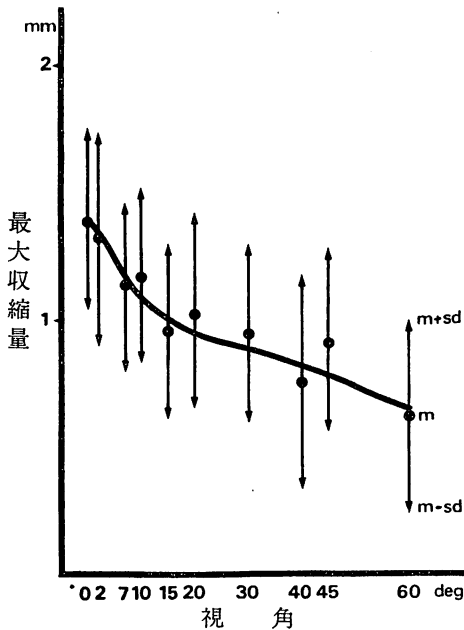


図2 刺激提示位置と収縮量

激な減少を示した。これは Stiles と Crawford (1937) や Sloan (1947) によって報告された網膜の部位による光感受性において、中心窩の周辺で閾値が最も低く、中心窩で高く、また周辺部に行くに従って上昇しているのとは完全には一致しない。すなわち、光感受性は中心窩周辺で最大にもかかわらず、瞳孔反応は中心窩で最大となった。また本研究で得られた結果は Okuyama (1928) が読みとり望遠鏡で測定した結果や、Harms ら (1973) の瞳孔反応による視野測定の結果と傾向は一致している。

反応時間は、約 0.79~0.88 秒の値を示し、網膜の中心部では反応時間が長く、周辺に行くほど短くなる傾向が認められた (図 3)。反応潜時は、0.21~0.31 秒の間にあり、網膜の中心部で短かく、周辺部で長くなる傾向を示した (図 4)。

瞳孔収縮量、反応時間、反応潜時の間の関係は、収縮量が多いほど反応時間は長く、反応潜時は短いといえよう。

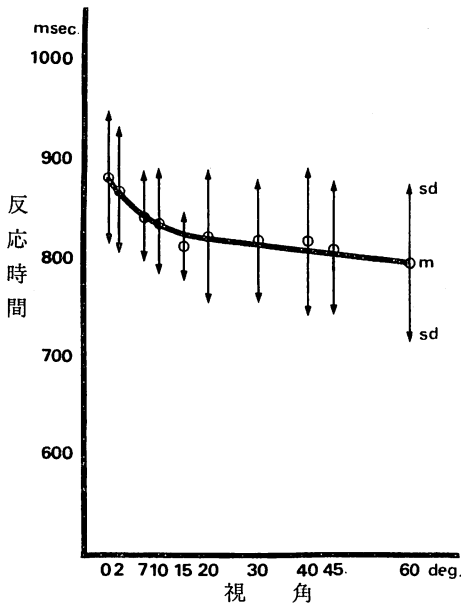


図 3 刺激提示位置と反応時間

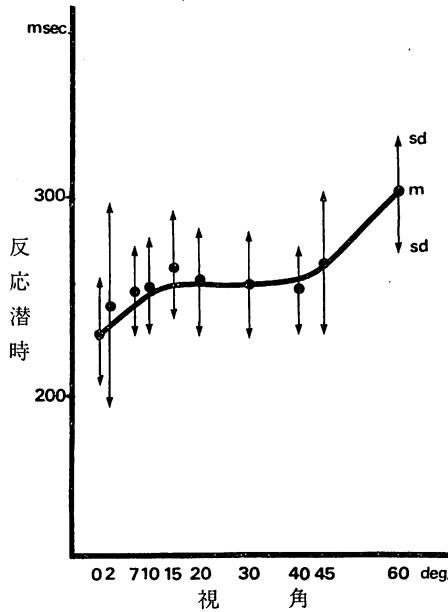


図 4 刺激提示位置と反応潜時

本実験で、網膜の刺激部位は刺激光の位置から幾何的に同定され、また刺激光は網膜上に像を結んでいるものと仮定して実験は進められた。また眼球内での光の散乱の問題は考慮されていない。このように解決すべき多くの問題は残されているが、瞳孔の対光反応は、網膜の光による刺激部位によって異なり、中心部で大きく、周辺部に行くにしたがって小さくなると結論することはできよう。

3. 色光に対する瞳孔反応 (実験 2)

Hess らが 1960 年に瞳孔反応に関する論文を発表して以来、カラー・スライドを用いて、情動価を測定しようとする試みが多くなされている。

ところで、光の波長によって、それに対する視感度が異っていることは周知のことである。また動物の、いろいろの波長の光に対する ERG に

は、人間における波長と視感度との関係と同じ傾向が認められている (Gunter, 1954). 光に対する瞳孔反応の受容器は、網膜の桿体と錐体であることは前に述べた。

これらのことから、いろいろの波長の光に対する瞳孔反応は、光の種々の波長に対する視感度と同じ傾向を示すものと考えられる。すなわち、視感度が高い波長の光に対しては瞳孔反応も大きいであろう。

Hess ら (1960) は、スライドを用いた実験で、刺激スライド (有彩色) の平均照度と等しい明るさの、無彩色のスライドをコントロールとして使用している。もし色の種類によって視感度が異なるのであれば、Hess らの有彩色スライドに対する瞳孔反応の実験結果の解釈には、さらにこの要素を加えなければならない。

そこで本実験では、Hess らのとった手法に応じて、無彩色光 (白色光) をコントロールとして、有彩色光に対する瞳孔反応を測定し、今後の研究の基礎材料とする。

目的:

照度の等しい無彩色刺激光 (以下Cと略記する) と有彩色刺激光 (以下Sと略記する) を継時的に提示した場合の瞳孔反応のちがいについて検討する。

方法:

1) 装置. 図5に示すように、瞳孔径の記録は電子走査型瞳孔計 (船津, 松永 1971, 1972) によってなされた。光刺激はフィルターを使用して、スライドプロジェクター (Kodak Carousel) によって提示された。光刺激の照度は光电照度計 (東芝 LV-1A) によって、被験者の眼位置で測定され、CとSの照度のマッチングは厳密になされた。刺激の提示はCDS素子を用いた装置によって、瞳孔径の変化と同時にペンオシログラフに記録された。

2) 被験者. 色覚異常のない大学生で、A系列の試行においては6名 (男4名, 女2名)、B系列においては3名 (男2名, 女1名) であった。

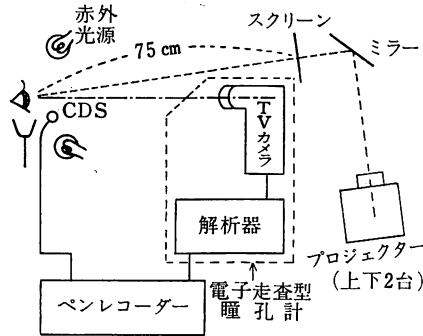


図 5 実験装置

AとBの被験者は重複しない。

3) 刺激提示方法. CとSはフィルターを用いて、プロジェクターによって透過型スクリーン (30×20 cm) に投射された。刺激は、投射された光の照度が被験者位置で等しいフィルターCとSを1組として、5組提示された。SとCは各6秒、計12秒間継時的に提示され、各組の間には12秒の休止が置かれた。提示順序によりC→SをA系列、C→SをB系列とした。なお新奇性反応を除去するために5組のスライドに先立って、統計処理されない1組のスライドが示された。

4) 刺激材料. 有彩色フィルター (富士フィルター), I: フィルター番号: 富士 SP-9, 青色, 被験者位置で 25.0 lux, II: SP-11, 赤, 8.6 lux, III: SP-10, 緑, 17.0 lux, IV: SP-12, ピンク, 17.9 lux, V: SC-50, 黄, 47.0 lux. 有彩色スライドと等照度の無彩色スライドは、種々の濃度の白黒フィルムの中から選んで作成した。

5) 手続き. 被験者は実験室の照度 (2.12 lux) に15分間順応した。この間に実験者は装置の調節を行った。その後、被験者に、スクリーンの中央を凝視するように、また実験中は顔や眼を動かさないように、まばたきもできるだけ我慢するように指示して、瞳孔運動の記録を開始した。刺激の提示はタイマーを使用して自動的に行なわれた。

瞳孔反応曲線の処理方法. 1) 平均収縮量: 刺激を提示した時点の瞳孔

のレベル（初期瞳孔径）を基準にして，1秒ごとに光学マイクロメーターで反応曲線から値を読み取り，Cスライドに対しては，刺激提示時より2，3，4，5秒の時点について，Sスライドに対しては1，2，3，4，5秒時の瞳孔径について平均値をそれぞれ求めた。

結果と考察：

1) 平均収縮量. 表1と2はA系列とB系列についてのそれぞれの収縮量の平均値である. 青（I）と緑（III）の刺激組では，Sに対する反応がCに対する反応よりも有意に収縮量が大きかった（それぞれ $P < 0.05$, $P < 0.01$ ）. 他の組においては有意差は認められなかった. 分散分析の結果，刺激間にも被験者間にも有意差が認められた. S間では青（I）と他の4つのS間に有意差が認められた（ $t_{I-II} = 1.4$, $t_{I-III} = 6.4$, $t_{I-IV} = 7.5$, $t_{I-V} = 8.0$, いずれも $P < 0.01$ ）.

2) 最大収縮量. 最大収縮量についても，1) とほぼ同じ傾向であった. 青（I）と緑（III）の組においてSに対する反応がCに対する反応より有意に大きかった（それぞれ $P < 0.01$, $P < 0.05$ ）. 他の組においてはCとSの間に有意差はなかった.

これらの結果から，視感度の比較の高い青色光と緑色光は，それぞれ等

表 1 最大収縮量（A系列）

	C I S		C II S		C III S		C IV S		C V S	
Mean mm	1.13	3.07	2.47	2.65	2.32	2.52	2.58	2.77	2.85	2.85
SD mm	0.48	0.95	0.45	0.25	0.30	0.32	0.25	0.37	0.25	0.28
Number 人	3		6		6		6		6	

表 2 最大収縮量（B系列）

	C I S		C II S		C III S		C IV S		C V S	
Mean mm	1.65	2.33	2.85	2.75	2.48	2.67	2.68	2.58	2.62	2.58
SD mm	0.32	0.28	0.35	0.27	0.33	0.37	0.38	0.27	0.45	0.35
Number 人	3		3		3		3		3	

照度の無彩色光（白色光）よりも瞳孔反応に与える効果は大きいといえそうである。

エネルギーを任意のレベルに調節できるスペクトル光提示装置によれば、各種のスペクトル光に対する瞳孔反応感度曲線が求められそうである。

4. 神経症者、分裂病者、正常者の対光瞳孔反応（実験3）

前述したように、瞳孔は交感神経系、副交感神経系の支配を受けている。このことから、瞳孔の変化を分析することによって、自律神経機能の一側面を知ることができそうである。事実、瞳孔運動は自律神経生理学の研究用具として数10年間にわたって研究されてきている。しかし、その研究の多くは定量的なものではなく、その結果も全て一致しているとはいえない。

もっとも良く知られている瞳孔異常の1つは、Westphal (1907, 1920) によって報告された一過性の強直性瞳孔障害である。最近、Rubin (1960) は、精神分裂病者の光に対する瞳孔反応量は、正常条件下においてより、寒冷刺激下においてかなり小さいと報告した。しかし、初期瞳孔径の反応量に与える影響については検討されていない。また薬物の与える影響についても十分に考慮されていない。Rubin (1960) はまた、神経症者と正常者の瞳孔収縮量を比較し、25人の神経症者のうち18人は正常者群の平均値よりも大きい（18人のうち15人）か、小さいということを報告した。しかし、Stilson, Haseth, Schneider, Walamith, Rogers と Astrop (1966) はこの結果を再現することはできなかった。また、これらの研究はいずれも瞳孔径を写真法によって測定しているために、サンプリングは1秒間に数コマであり、瞳孔径の変化の時間的経過はくわしくとらえられてはいない。

精神分裂病者と神経症者の自律神経機能については、これまで種々の指標を用いて多くの研究がなされており、自律神経機能の異常を報告するも

のが多い（諏訪ら，1958；渋谷，1969 など）。

本実験の目的は，Rubinのそれと同じであるが，初期瞳孔径と反応量の関係，および対光反応曲線を光提示から約2秒までの初期相と，その後の後期相に区分し，初期相における分裂病患者，神経症者と正常者の反応の比較，および薬物の影響についても検討した。

方 法：

1) 被験者．分裂病患者群（以下SC群）は九州大学医学部付属病院神経精神科入院および外来受診の患者35例（全員Schneidreの一級症状を有する，薬物服用者16例，薬物未服用者19例）であり，神経症者群（Ne群）は19例（薬物服用者10例，薬物未服用者9例）であった．正常者群（N群）は九州大学の職員と学生19例であった。

2) 刺激法．実験は被験者を薄暗い実験室（0.1 lux）に20分間順応させた後にはじめられた．光刺激は，60秒の間隔を置いて10秒づつ3回提示された．光源は3ボルト豆球で，被験者の顔前55cmの距離におかれ，輝度は6,000 cd/cm²であった。

3) 記録．瞳孔の変化は電子走査型瞳孔計（写真1）によって記録された。

4) 瞳孔反応曲線の処理方法．3回の試行によって得られた縮瞳曲線の中から，瞬目や眼球運動などのアーチファクトの最も少ないものを各人について1つずつ選び，光刺激を提示した時点より0.2秒ごとに3秒まで，各時点の縮瞳反応量（光刺激を提示した時点の初期瞳孔径を基点として），および初期瞳孔径（SC群とN群についてのみ）を測定した．これによって得られた値をもとに統計処理を行った。

結果と考察：

SC群とN群の初期瞳孔径は，前者が 6.0 ± 1.3 mm 後者は 6.2 ± 1.8 mm でN群の方が大きい値を示していたが，その差は統計的に有意ではなかった。

また，初期瞳孔径と反応量の間には，N群 SC群とも相関を認めることはできなかった（ $r_{sc}=0.11$ ， $r_N=0.25$ ）。

図6はN群, Sc群, Ne群の平均縮瞳量曲線である。3群とも約0.2秒の反応潜時を示し, 刺激提示後約0.4秒ころより急速に縮瞳する対光反応を示した。Ne群とN群の間には0.6~1.2秒の区間において, Ne群の縮瞳量がN群のそれよりも有意に減少していた ($P < 0.05$)。Ne群とSc群の間には有意差は認められなかった。これらのことから, Ne群, Sc群はN群よりも初期相において縮瞳量は小さいといえる。

図7は, N群, 薬物服用中のSc群(以下Sc(+群とする), 薬物未服用のSc群(Sc(-))の平均縮瞳曲線である。Sc(+群, Sc(-)群の収縮量は, いずれもN群の収縮量よりも小さかった。Sc(-)群とSc(+群の間の反応量の平均値について有意差検定(分散分析)を行った結果, 有意差は認められなかった。またN群とSc(-)群の間には0.5~1秒の間で有意差が認められた(分散分析, $P < 0.05$)。この結果は, 本実験状況においては, 薬物の影響を考慮する必要がないことを示しているといえよう。

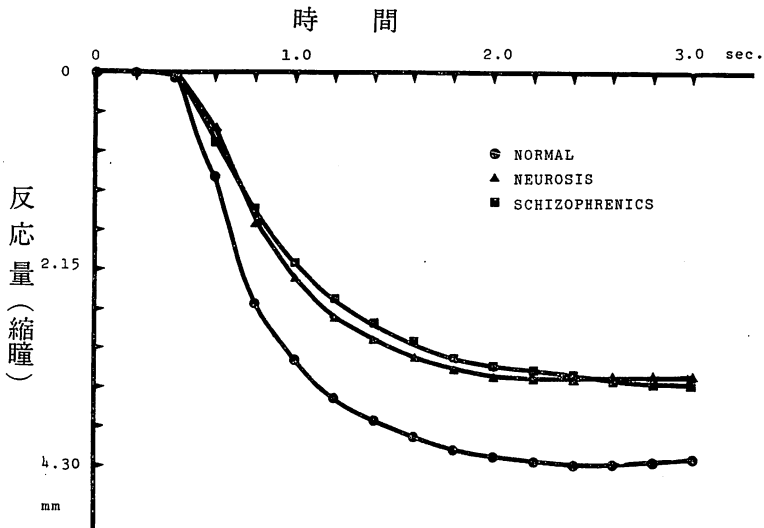


図6 正常者, 神経症者, 分裂病者の対光瞳孔反応 (平均値)

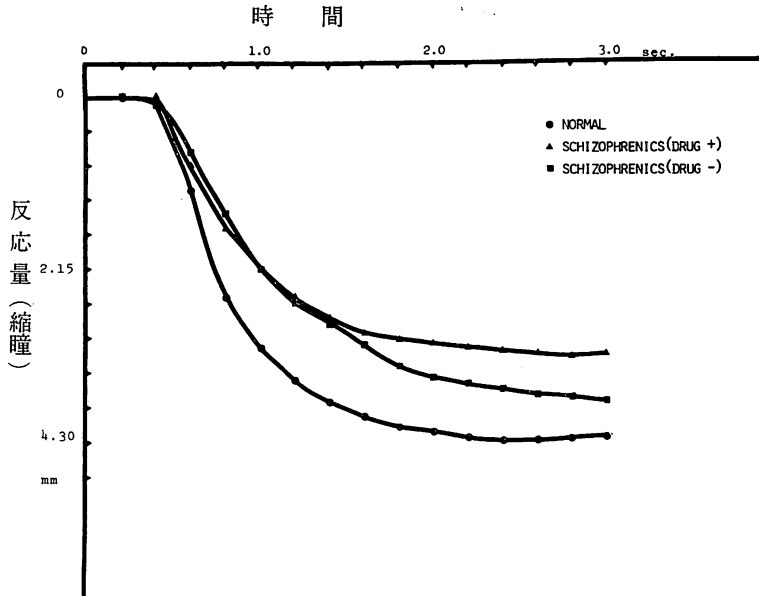


図 7 正常者，分裂病者（薬物服用，未服用）の対光瞳孔反応（平均値）

本実験において，Sc 群と Ne 群は，薬物の服用の有無にかかわらず，N 群とは異った対光反応を示した。このことは，Rubinら（1962，1968，1972）の一連の研究や Hakerem（1969），Lidsky（1971）や May（1948）の結果と一致するものである。

しかしながら，本研究では，それらと違った方法を用いた。この方法では連続した瞳孔反応曲線上で，光に対する初期相の反応を比較した。また，この方法は，初期相の曲線を直接比較することによって，正常者，異常者を容易に分類することのできる可能性を示しているようである。

本研究において，統計処理は3つの反応曲線の中からアーチファクトの少ないものが1つだけ選ばれてなされた。3つの反応曲線の差の問題が生じるが，Rubinら（1968）は，反復刺激と単一刺激に対する瞳孔反応の比較を行い，いずれの場合にも分裂病者の反応に異常があることを確認して

いる。小林ら (1974) が正常被験者で行った対光反応の記録においても、定位反射は確認されていない。したがって、3つの反応曲線の間には差異はないと考えてもよいであろう。

Hakerem ら (1969) や Lidsky ら (1971) は、分裂病者群と正常者との間で、初期瞳孔径に有意な差があるとし、また Westphal (1907, 1920) や Lowenstein ら (1933) は、緊張型の分裂病者の瞳孔は正常者のそれよりも大きいと報告しているが、本研究では、正常者群と分裂病者群の間に有意差を認めなかった。この点に関しては、さらに詳細な検討が必要である。

結 び

ここにとりあげられた実験は、まだ探索的な段階にあるといえる非常に粗いものである。したがって、これらの結果から種々のことを結論することはできないが、実験 1, 2 から瞳孔反応は網膜の機能の一部を表わす1つの指標となりうる可能性を示唆しているようである。また実験 3 から、GSR などのような自律神経機能の研究の道具の1つに瞳孔反応を加えることもできそうである。今後、これらの研究はさらに深化されなければならないのはもちろんのことである。

あ と が き

われわれの研究室において、精度の高い、かつ操作の容易な電子走査型瞳孔計が開発され、瞳孔運動に関する本格的な研究が軌道にのったのは最近のことである。現在、多くの観点から瞳孔運動の研究が進められている。今後の成果が期待される。

最後に、ご指導いただきました船津孝行教授に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Adler, F. H.: Physiology of the eye. 2nd ed., C. V. Mosby Press, St. Louise 1953.
- 2) Crouch, R. L.: Efferent fibers of Edinger-Westphal nucleus. *J. Comp. Neurol.* 64; 365, 1936.
- 3) Edinger, B., Falck, B., Persson, H., Rosengren, A. M. and Rosengen, E.: Choline acetylase activity in the normal and denervated cat iris. *Life Sci.* 5; 481, 1966.
- 4) Foerster, O., Gagel, O. and Mahoney, W.: Über die Anatomie, Physiologie und Pathologie der Pupillarinnervation. *Verhandl. d. deutsch Gesellsch. f. inn. Med.*, 48; 386, 1936.
- 5) 船津孝行, 松永勝也, 原田富二郎: 瞳孔反応に関する心理学的研究 (1), 日本心理学会第 35 回大会論文集 315, 1971.
- 6) 船津孝行, 松永勝也: 電子走査型瞳孔計の開発と予備的研究, 医科器械学雑誌 42; 567, 1972.
- 7) Gellhorn, E.: Autonomic regulations, their significance for physiology, psychology, and neuropsychiatry. Interscience, New York, 1943.
- 8) Gullberg, J. E., Olmsted, J. M. D. and Wagman, J. H.: Reciprocal innervation of the spincter and dilator pupillae. *Am. J. Physiol.*, 122; 160, 1938.
- 9) Gunter, R.: The spectral sensitivity of light adapted cats. *J. Physiol.* 123; 409, 1954.
- 10) Hakerem, G.: Pupillary reactions in schizophrenia. In *Schizophrenia Current Concept and Research*, PJD Publications, New York, 1969.
- 11) Harms, H., Aulhorn, E. und Ksinsik, R.: Die Ergebnisse pupillomotorischer Perimetrie bei Sehhirnverletzten und die Vorstellungen über den Verlauf der Lichtreflexbahn, In *Die normale und die gestorte Pupillenbewegung*. Verlag J. F. Bergmann, München, 1973.
- 12) Hess, E. H. and Polt, J. M.: Pupil size as related to interest value of visual stimuli. *Science*, 132; 340, 1960.
- 13) Hodes, R.: The efferent pathway for reflex pupillo-motor activity. *Am. J. Physiol.*, 131; 144, 1940.
- 14) 小林久男, 岩原信九郎, 松永勝也: 連続光刺激呈示に対する平均誘発電位の変化一因子分析の適用, 脳波と筋電 2; 191, 1974.

- 15) Kuntz, A. and Richins, C.: Reflex pupillodilator mechanisms, experimental analysis. *J. Neurophysiol.*, 9; 1, 1946.
- 16) Lidsky, A., Hakerem, G. and Sutton, S.: Pupillary reactions to single light pulses in psychiatric patients and normals. *J. Nerv. Ment. Dis.*, 153; 286, 1971.
- 17) Loewenfeld, I. E.: Mechanisms of reflex dilatation of the pupil: Historical review and experimental analysis. *Docum. Ophthalm.*, 12; 185, 1958.
- 18) Lowenstein, O. and Westphal, A.: Experimentelle und klinische Studien zur Physiologie der Pupillenbewegungen. Karger, Berlin, 1933.
- 19) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E.: Mutual role of sympathetic and parasympathetic in shaping of the pupillary reflex to light. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 64; 341, 1950.
- 20) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E.: Scotopic and photopic threshold of the pupillary light reflex in normal man. *Am. J. Ophthalm.*, 48; 87, 1959.
- 21) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E.: Influence of retinal adaptation upon the pupillary reflex to light in normal man. pt. I. Effect of adaptation to bright light on the pupillary threshold. *Am. J. Ophthalm.*, 48; 536, 1959.
- 22) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E.: Influence of retinal adaptation upon the pupillary reflex to light in normal man. pt. II. Effect of adaptation to dim illumination upon pupillary reflexes elicited by bright light. *Am. J. Ophthalm.*, 51; 644, 1961.
- 23) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E.: The pupil in H. Davson (ed.), *The eye*. vol. 3, Academic Press, New York, 1962.
- 24) Magoun, H. W. and Ranson, S. W.: The afferent path of the light reflex. A Review of the literature. *Arch. Ophthalm.*, 13; 362, 1935.
- 25) Magoun, H. W. Ranson, S. W. and Mayer, L. L.: The pupillary light reflex after lesions of the posterior commissure in the cat. *Am. J. Ophthalm.*, 18; 624, 1935.
- 26) May, P. R. A.: Pupillary abnormalities in schizophrenia and during muscular effort. *J. Ment. Science*, 94; 89, 1948.
- 27) Nilson, O.: The relationship between nerves and smooth muscle cell in the rat iris I. Dilator muscle. *Z. Zellforsch. mikrosk. Anat.*, 44;

- 166, 1964.
- 28) Nisida, I. and Koike, A.: The afferent pathway of the pupillary light reflex. *Yonago Acta Medica*, 2; 133, 3; 6, 3; 11, 1957-1958.
 - 29) Nishida, I., Okada, H. and Nakano, O.: The reactivity of the cilio-spinal centers and their inhibition in pupillary light reflex. *Jap. J. Physiol.* 10; 73, 1960.
 - 30) Okuyama, M.: Physiological studies on pupillary reaction. *Arbeit Med. Univ. Okayama*, 1; 106, 1928.
 - 31) 大塚良作: 瞳孔, 萩原朗, 編眼の生理学, 医学書院, 東京, 1966.
 - 32) Ray, B. S., Hinesey, J. C. and Geohegan, W. A.: Observation on the distribution of the sympathetic nerves to the pupil and upper extremity as determined by stimulation of anterior roots in man. *Ann. Surg.*, 118; 647, 1948.
 - 33) Rubin, L. S.: Pupillary reactivity as a measure of adrenergic-cholinergic mechanism in the study of psychotic behavior. *J. Nerv. Ment. Dis.*, 130; 386, 1960.
 - 34) Rubin, L. S. and Barry, T. J.: Autonomic fatigue in psychoses. *J. Ment. Dis.*, 147; 211, 1968.
 - 35) Rubin, L. S. and Barry, T. J. The effect of cold pressor test on pupillary reactivity of schizophrenics in remission. *Biological Psychiatry*, 5; 181, 1972.
 - 36) Rubin, L. S.: Autonomic dysfunction in psychotic adults and autistic children. *Arch. Gen. Psychiat.*, 7; 1, 1962.
 - 37) Schröder, H.: Die zahlenmassige Beziehung zwischen den physikalischen und die Pupillenweite bei verschiedener Helligkeit. *Z. Sinnesphysiol.*, 57; 195, 1926.
 - 38) 渋谷次次: 精神神経症患者の自律神経機能一メモリアルテストを中心として一, *精神神経学雑誌*, 71; 917, 1969.
 - 39) Sloan, L. L.: Rate of dark adaptation and regional threshold gradient of the dark adapted eye: Physiologic and clinical studies. *Amer. J. Ophthal.* 30; 705, 1947.
 - 40) Steinhardt, J.: Intensity discrimination in the human eye. I. The relation of $\Delta I/I$ to intensity. *J. gen. Physiol.*, 20; 185, 1936.
 - 41) Stiles, W. S. and Crawford, B. H.: The effect of a glaring light source on extrafoveal vision. *Proc. roy. Soc., B.*, 122; 255, 1937.
 - 42) Stilson, D. W., Haseth, K., Schneider, R. J., Walsmith, C. R.,

- Rogers, M. D. and Astrup, C.: Pupillary response to light as an indicator of functional psychosis: A failure to replicate. *J. Nerv. Ment. Dis.*, 143; 438, 1966.
- 43) 諏訪望, 山下格: 精神分裂病の治療についての考え方, *綜合臨床* 7; 976, 1958.
- 44) Uray, B. and Oldberg, E.: Effect of cortical lesions on affective pupillary reactions. *J. Neurophysiol.*, 3; 201, 1940.
- 45) Ward, A. A. Jr. and Reed, H. L.: Mechanism of pupillary dilatation elicited by cortical stimulation. *J. Neurophysiol.*, 9; 329, 1946.
- 46) Weinstein, E. and Bender, M.: Pupillo-dilatator reactions to sciatic and diencephalic stimulation; comparative study in cat and monkey. *J. Neurophysiol.*, 4; 44, 1941.
- 47) Westphal, A.: Über en im Katatonischen Stupor beobachtetes Pupillenphanomen sowie Bemerkungen über die Pupillentarre bei Histerie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 33; 1080, 1907.
- 48) Westphal, A.: Über Pupillenphanomene bei Katatonie, Histerie und myoklonischen Symptomenkomplexen. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie*, 47; 187, 1920.