

パターン視覚誘発電位 (PVECP) によるコントラスト閾値への 瞳孔径と老化の影響 (図5, 表4)

藤本 尚也・安達恵美子・伊藤 靖子 (千葉大学医学部眼科学教室)

The Effect of Pupillary Area and Senescence on Contrast Threshold as Determined by Human PVECP Latency

Naoya Fujimoto, Emiko Adachi-Usami and Yasuko Ito

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Chiba University

要 約

パターン視覚誘発電位 (PVECP) の P100成分の頂点潜時をパラメーターとしてコントラスト閾値を求め、その瞳孔径および老化による影響について検討した。TV モニターに白黒の市松模様を1秒間に3回反転する刺激に対する電位を記録した。対象を正常若年群 (平均23.3歳) と正常高齢群 (平均60.9歳) にわけ、サイクロペントレイトで散瞳させ、6, 5, 4, 3, 2mm の人工瞳孔についてそれぞれパターンのコントラストを80, 60, 40, 20, 10, 5, 2.5%と変化させた。各年齢群のそれぞれ4mm の人工瞳孔下での正常の上限の潜時を得るコントラストをコントラスト閾値 T とし、瞳孔面積を A とすると $\log T = -K \log A + C$ (定数), すなわち $T \cdot A^K = C'$ の関係がなりたった。高齢群では若年群に比べコントラスト閾値が高く、その差は瞳孔面積が小さい時、若年群とコントラスト閾値に差がないことがわかった。(日眼 92:1185—1189, 1988)

キーワード: コントラスト閾値, パターン VECF, 瞳孔径, 老化, 頂点潜時

Abstract

We studied the effect of pupillary area on contrast threshold determined by the peak latency of the P100 component of pattern visually evoked cortical potentials (PVECP) in normal young and elderly subjects. The subjects had a visual acuity of 1.0 or better and were divided into the young group and elderly group. PVECPs were responses to a black and white checkerboard pattern stimulus displayed on a television monitor. The reversal rate of a pattern was 3 times/sec. The pupil was dilated with cyclopentolate and an artificial pupil of 6, 5, 4, 3 and 2mm in diameter was used. The contrast of a pattern was varied in 7 steps of 80, 60, 40, 20, 10, 5 and 2.5% for each pupil and the check size was kept constant as 30 minutes. The PVECP contrast threshold (T) by latency was defined as the contrast necessary for obtaining a criterion P100 latency of the upper limit of age matched normal subjects with 4mm artificial pupil size. Pupillary area was represented by A and there was a correlation of $\log T = -k \log A + C$, where C was constant. The obtained contrast threshold was higher in the elderly group than in the young group, but the differences were small with small pupil size. There were fewer differences in contrast threshold between young and elderly group in small pupil. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92:1185—1189, 1988)

Key words: Contrast threshold, PVECP, Pupil size, Aging, Peak latency

別刷請求先: 280 千葉市亥鼻 1—8—1 千葉大学医学部眼科学教室 藤本 尚也 (昭和63年 3 月10日受付)

Reprint requests to: Naoya Fujimoto, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Chiba Univ.

1-8-1 Inohana, Chiba 280, Japan

(Accepted for publication March 10, 1988)

I 緒 言

パターン視覚誘発電位 (PVECP) の P100成分の頂点潜時は縮瞳させると延長することが知られている¹⁾²⁾。一方瞳孔径と視力については自覚的感度を用いたり、理論的に推定して報告されている^{3)~5)}。今回 PVECP の頂点潜時から他覚的にコントラスト閾値を求めそれと瞳孔径との関係、また対象を若年群と高年齢群に分け、高年齢群の特性について検討したので報告する。

II 方 法

対象は眼疾患のない正常者22例22眼で、視力1.0以上、屈折異常±3D以内である。年齢によって20~30歳、平均 23.3 ± 3.10 (標準偏差) 歳の若年群11例、55~70歳、平均 60.9 ± 5.58 歳の高年齢群11例の2群に分けた。

TV モニターに1秒間3回反転する白黒の市松模様の刺激を呈示し、被検査眼を1%サイクロペントレイトで散瞳し、完全矯正下にその中心部を固視させた。不関電極を耳朶、関電極をOzにおき、その電位差を記録した。チェックサイズ30', 刺激視野 $7^\circ \times 12^\circ$ 、平均輝度 39.1 cd/m^2 で、コントラストは80, 60, 40, 20, 10, 5, 2.5%と7段階に変化させた。人工瞳孔6, 5, 4, 3, 2mmと5段階を使用した。観察距離は1.7mとした。

100msec 付近の陽性波 P100の頂点潜時、振幅を測定した。

III 結 果

1. P100頂点潜時とコントラストの関係

図1, 2から若年群、高年齢群とも各瞳孔径において、コントラストが低下するにつれ P100頂点潜時が延長し、コントラストをC、潜時をLとすると、 $L = -k \log C + c$ (定数) の回帰直線がえられ、すべて相関係数 $r = -0.95 \sim -1.0$ と高度の相関を示した。若年群では同じコントラストにおいて各瞳孔径の潜時は、瞳孔が小さくなるにつれ潜時が延長した。高年齢群では同様にコントラストが10%をこえたと瞳孔が小さくなるにつれ潜時が延長した。若年群の当科の人工瞳孔4mmのP100頂点潜時の正常値 109.0 ± 6.1 (標準偏差, SD) msec から正常値+2SD, 121msecを正常の上限値とし、この潜時をえる各瞳孔径のコントラスト、つまり正常の潜時を得る最低限のコントラストを潜時によるコントラスト閾値とした。同様に高年齢群の正常値

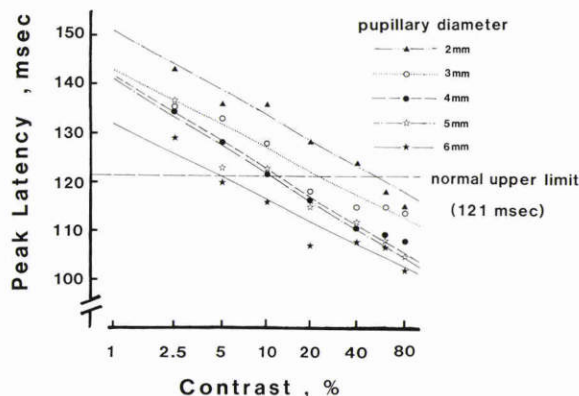


図1 若年群の各瞳孔径における潜時
コントラストが低下するにつれ各瞳孔径とも潜時が延長した。同じコントラストでは瞳孔径が小さくなるほど潜時が延長した。水平破線は正常上限の潜時 (121 msec)。

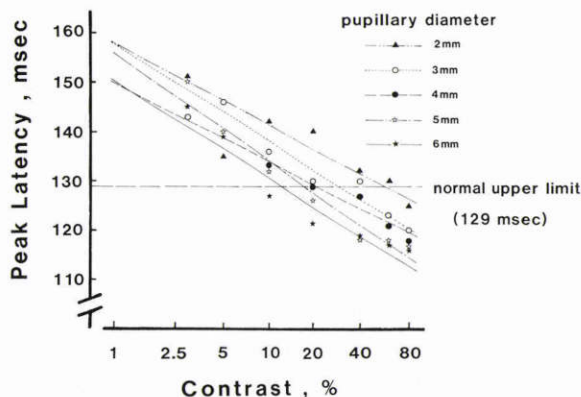


図2 高年齢群の各瞳孔径における潜時
コントラストが低下するにつれ各瞳孔径とも潜時が延長した。同じコントラストでは10%以上で瞳孔径が小さくなるほど潜時が延長した。水平破線は正常上限の潜時 (129msec)。

$114.3 \pm 7.3 \text{ msec}$ から129msecを正常の上限値とし、コントラスト閾値を求めた。コントラスト閾値をTとし、人工瞳孔からえられた瞳孔面積をAとしてその関係を求めると図3のように若年群では $\log T = -\log A + 2.22$ ($r = -0.981$)、高年齢群では $\log T = -0.68 \log A + 2.08$ ($r = -0.996$)と各々瞳孔面積とコントラスト閾値は高度の相関を示した。言い換えれば、 $\log TA^k = \text{定数}$ の関係が成立する。すなわち瞳孔径とコントラスト閾値は対数軸で逆数関係を示した。つまり瞳孔が大きくなるにつれ、コントラスト閾値が減少した。さらに若年群の方がコントラスト閾値に対する瞳孔径

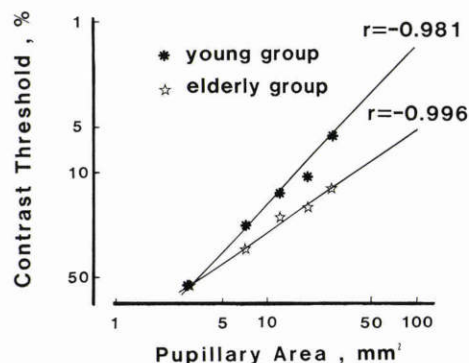


図3 若年群の瞳孔面積とコントラスト閾値
瞳孔面積が大きくなるにつれコントラスト閾値が低下した。瞳孔面積をA、コントラスト閾値をTとすると $\log T = \log A + 2.22$ の関係がなりたち、相関係数 $r = -0.981$ となった。

高齢群の瞳孔面積とコントラスト閾値、瞳孔面積が大きくなるにつれコントラスト閾値が低下した。瞳孔面積をA、コントラスト閾値をTとすると $\log T = -0.68 \log A + 2.08$ と関係がなりたち、相関係数 $r = -0.996$ となった。若年群と比べると瞳孔面積が大きくなるとコントラスト閾値の上昇は著しくなった。

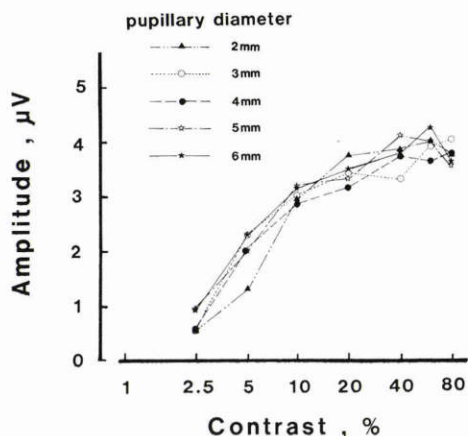


図4 若年群の各瞳孔径における振幅
コントラスト20%以下ではコントラストの低下とともに振幅が低下した

の影響が大きいことが明らかとなった。この現象は瞳孔径が大きいほど著しかった。瞳孔径2mmでは若年群と高齢群でコントラスト閾値の差は小さかった。

2. 振幅とコントラストとの関係

図4、5のように若年群、高齢群とも各瞳孔径において、コントラストが低下するにつれ、特に20%以下で振幅が減弱する傾向を示した。しかし同じコント

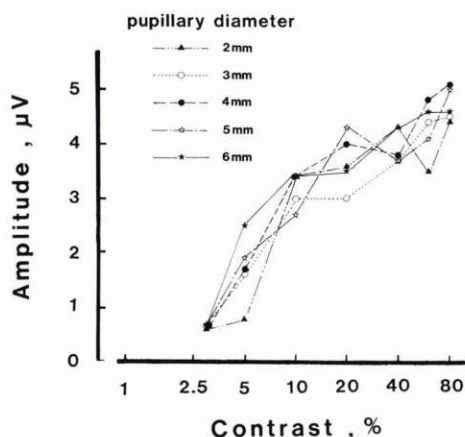


図5 高齢群の各瞳孔径における振幅
コントラスト20%以下ではコントラストの低下とともに振幅が低下した

ラストにおいて各瞳孔径による振幅は一定の傾向を示さなかった。また若年群、高齢群では同じコントラスト、同じ瞳孔径では振幅に差がみられなかった。振幅によるコントラスト閾値は基準値をいずれとしても各瞳孔径による差は統計学的に意義を認めなかった。

IV 考 按

潜時によるコントラスト閾値は若年群、高齢群とも瞳孔径が大きくなるにつれ、低くなった。これは網膜にはいる入射総光量の差と考えられる。網膜照度は瞳孔面積に比例して大きくなり、その網膜照度が潜時によるコントラスト閾値を決定している。両群のコントラスト閾値が瞳孔径が大きくなるにつれ接近してくるのは網膜照度よりもむしろ Stiles Crawford 効果に関連していると考えられる。高齢群の方が瞳孔径2mm以上においてコントラスト閾値が高かった。これは年齢による網膜感度の低下⁴⁾と考えられる。これを裏づける結果として高齢群では、瞳孔面積が増すにつれ、若年群に比べコントラスト閾値は高くなっているが人工瞳孔2mmではその差は小さく、小さな瞳孔では若年群に近いという結果である。瞳孔径が大きくなることにより網膜照度がより高くなることから、これは老化による角膜、水晶体の混濁による差明効果の増大か、網膜レベルでの感度の低下を意味すると考える。

瞳孔径と視力においては回折を考慮すると散瞳で良好となり、瞳孔径と自覚的格子稿の空間的解像力においては低い輝度では散瞳で有利に、高い輝度では縮瞳で収差の影響を抑え有利となる⁵⁾。瞳孔径と自覚的コ

表1 若年群のP100頂点潜時一覧
数値の下方のnは測定できた波形の数、空欄はn=11
(Mean±S.E.)

Contrast (%) Pupillary Diameter (mm)	80	60	40	20	10	5	2.5
6	102±3.1	107±3.4	108±2.9	107±4.3	116±3.3	120±4.4 n=10	128±7.0 n=6
5	105±3.4	108±3.6	112±3.6	115±5.2	123±5.3	123±5.1 n=10	137±9.8 n=5
4	108±3.7	109±3.2	111±3.1	116±3.2	122±3.3	128±4.1 n=10	135±5.8 n=5
3	114±4.1	115±2.7	115±3.0	118±3.0	128±5.0	133±2.8	136±5.5 n=5
2	115±3.8	118±3.6	124±3.2	128±3.2	136±5.2	136±6.7 n=7	143±12.8 n=3

(msec)

表2 高年齢群のP100頂点潜時一覧
数値の下方のnは測定できた波形の数、空欄はn=11
(Mean±S.E.)

Contrast (%) Pupillary Diameter (mm)	80	60	40	20	10	5	2.5
6	116±2.0	117±2.8	119±3.0	121±2.4	127±3.7	139±3.0	145±7.0 n=4
5	117±3.6	118±4.2	118±2.9	126±4.0	132±4.1	140±5.9 n=7	150±3.8 n=4
4	118±4.1	121±3.6	127±3.8	129±4.3	133±4.6	131±2.7 n=8	138±5.6 n=5
3	120±4.1	123±3.3	130±4.0	130±4.7	136±3.8	146±3.0 n=7	143±8.0 n=3
2	125±2.6	130±3.0	132±3.2	140±2.6	142±4.0	135±5.8 n=4	151±8.3 n=3

(msec)

表3 若年群の振幅一覧
測定できなかった波形は振幅0とした
(Mean±S.E.)

Contrast (%) Pupillary Diameter (mm)	80	60	40	20	10	5	2.5
6	3.6±0.60	4.3±0.56	3.8±0.55	3.5±0.50	3.2±0.41	2.3±0.39	0.93±0.36
5	3.6±0.43	4.0±0.57	4.1±0.76	3.3±0.58	3.2±0.61	2.0±0.36	0.95±0.36
4	3.8±0.52	3.6±0.65	3.7±0.48	3.2±0.49	2.9±0.58	2.0±0.48	0.57±0.23
3	4.0±0.50	3.9±0.59	3.3±0.49	3.4±0.48	3.0±0.42	2.3±0.39	0.54±0.27
2	3.8±0.53	4.0±0.38	3.9±0.57	3.8±0.61	3.0±0.44	1.3±0.63	0.55±0.30

(μV)

表4 高年齢群の振幅一覧
測定できなかった波形は振幅 0 とした
(Mean±S.E.)

n=11

Contrast (%) Pupillary Diameter (mm)	80	60	40	20	10	5	2.5
6	4.6±0.57	4.6±0.34	4.3±0.50	3.5±0.28	3.4±0.34	2.5±0.20	0.68±0.20
5	5.0±0.46	4.1±0.52	3.7±0.50	4.3±0.40	2.7±0.39	1.9±0.57	0.65±0.30
4	5.1±0.56	4.8±0.95	3.8±0.38	4.0±0.56	3.4±0.42	1.7±0.42	0.66±0.30
3	4.5±0.60	4.4±0.58	3.7±0.52	3.0±0.42	3.0±0.41	1.6±0.51	0.65±0.33
2	4.4±0.56	3.5±0.44	4.3±0.70	3.6±0.42	3.1±0.54	0.77±0.33	0.60±0.30

(μV)

ントラスト感度の低空間周波領域では人工瞳孔2mmで有意に低下している報告³⁾，網膜照度を補正すると2mmでも変化しない報告がある⁷⁾．瞳孔径と視力では高輝度指標 (120cd/m²) では小瞳孔で最高となる報告もある⁸⁾．年齢と自覚的コントラスト感度では高年齢群で低下する⁴⁾．瞳孔径とPVECPでは縮瞳で潜時延長することが知られている¹⁾²⁾．PVECPの潜時でコントラスト閾値を求めると縮瞳，高齢化によって潜時延長し⁹⁾，縮瞳状態，高齢では不利となる．しかし今回の刺激輝度の39.1cd/m²では潜時によるコントラスト閾値において小瞳孔で若年群と差が少ないことがわかった．生理的状态では高齢者は注視してなくても若年群に比べ縮瞳しており，この瞳孔径2mmで高年齢群と若年群に差がないのを説明できないが，小瞳孔状態での慣れの可能性はある．また軽度白内障で自覚的コントラスト感度は眩しさによって影響される¹⁰⁾が小瞳孔でその影響を小さくできる可能性もある．

瞳孔径，および老化におけるPVECPのP100頂点潜時延長をコントラスト閾値によって求められたことは価値あることであり，PVECPの頂点潜時によるコントラスト閾値測定は他覚的感度測定的手段としても有用と考えられる．

References

1) Sokol S, Domar A, Moskowitz A, et al: Pattern evoked potential latency and contrast sensitivity in glaucoma and ocular hypertension, in Spekreijse H, Apkarian PA (eds): Doc Ophthal Proc Series, Vol 27, W Junk Pub, The Hague 79—86, 1981.

2) Penne A, Fonda S: Influence of pupillary size on P100 latency time of pattern-reversal VEP, in Spekreijse H, Apkarian PA (eds): Doc Ophthal Proc Series, Vol 27, W Junk Pub, The Hague, 255—262, 1981.

3) Kay CD, Morrison JD: A quantitative investigation into the effects of pupil diameter and defocus on contrast sensitivity for an extended range of spatial frequencies in natural and homotropinized eyes. Ophthal Physiol Opt 7: 21—30, 1987.

4) Morrison JD, McGrath C: Assessment of the optical contributions to the age-related deterioration in vision. Quart J Exp Physiol 70: 249—269, 1985.

5) Woodhouse JM: The effect of pupil size on grating detection at various contrast levels. Vision Res 15: 645—648, 1975.

6) Riggs LA: Light as a stimulus for vision, in Graham CH (ed): Vision and Visual Perception. New York, John Wiley, 1—38, 1965.

7) Campbell FW, Green DG: Optical and retinal factors affecting visual resolution. J Physiol 181: 576—593, 1965.

8) Atchison DA, Smith G, Efron N: The effect of pupil size on visual acuity in uncorrected and corrected myopia. Am J Optom & Physiol Opt 56: 315—323, 1979.

9) Wright CE, Williams DE, Drasdo N, et al: The influence of age on the electroretinogram and visual evoked potential. Doc Ophthalmol 59: 365—384, 1985.

10) Paulsson LE, Sjöstrand J: Contrast sensitivity in the presence of a glare light. Invest Ophthalmol Vis Sci 19: 401—406, 1980.