

パターン視覚誘発電位による調節力その他覚的検討

—正常人における加齢による変化—(図10, 表1)

山本 修一・安達恵美子・黒田 紀子(千葉大学医学部眼科学教室)

Aging Effects on Accommodation Measured with Pattern VECs

Shuichi Yamamoto, Emiko Adachi-Usami and Noriko Kuroda

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Chiba University

要 約

パターン視覚誘発電位(PVECP)は defocusing により、振幅低下および頂点潜時の延長が生じることが知られている。本研究では PVECP を用いて、調節力その他覚的測定を試み、加齢による変化について検討した。17~63歳の正常人43名を対象とし、眼前に1D刻みに装着させた凹レンズを調節刺激として transient PVECP を記録、負荷前の P_{100} 振幅を100%としてレンズ負荷に対する相対振幅曲線を求め、外挿法により他覚的調節力を算出、次の結果を得た。1) 凹レンズ負荷の増強により相対振幅は直線的に低下したが、その減弱率は加齢にともなって著しく上昇した。2) PVECP により測定した他覚的調節力は加齢とともに低下し、特に40歳を境にして有意な低下が認められた。3) 他覚的調節力は近点計により測定した自覚的調節力より約3D高い値を示した。4) 凹レンズ負荷の増強により P_{100} 頂点潜時は全対象で延長が認められたが、40歳以上の群で著しい延長が認められた。(日眼 92:981-986, 1988)

キーワード：他覚的調節力測定、パターン視覚誘発電位、加齢変化

Abstract

Changes in the accommodation power with aging were measured with pattern reversal VECs in 43 normal subjects. Transient VECs were recorded by increasing minus power lenses in 1D steps in front of the eye, up to the range where no PVECP was recordable. It was found that the amplitude of the P_{100} component attenuated linearly with increased accommodation stimulus. The regression line was calculated from the PVECP amplitude vs. accommodation stimulus (in D) plots and the accommodation power was determined by extrapolating the line to $0\mu V$ amplitude. The gradient of the regression line increased as the age increased. The obtained accommodation measured with PVECPs attenuated significantly in the groups over 40 years of age, together with remarkable delay of P_{100} peak latencies. The accommodation determined subjectively was found to be smaller in approximately 3D than that obtained by PVECP measurements. The present study demonstrated the possibility of objective measurement of accommodation. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 981-986, 1988)

Key words: Accommodation, Pattern VEC, Aging

I 緒 言

調節力を他覚的に測定しようとする試みは、これまで

で赤外線オートメーターを用いた Campbell ら^{1)~3)}の方法を始めとして、Autorefractometer を改造した装置によって準静的特性を測定する鵜飼ら⁴⁾の方法な

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 山本 修一(昭和63年1月18日受付)

Reprint requests to: Shuichi Yamamoto, M.D. Dept. of Ophthalmol., School of Med., Chiba Univ.

1-8-1 Inohana, Chiba 280, Japan

(Accepted for publication January 18, 1988)

ど、数多くの報告がなされており、その臨床応用の報告⁵⁾も見られる。しかしそれらのいずれもが、複雑な調節のメカニズムの一部分を捉えているにすぎないため、自覚的な調節力との間にずれが認められている。一方、パターン視覚誘発電位（以下 PVECP と略す）は defocusing により、振幅低下、頂点潜時の延長、およびコントラスト閾値の上昇が生じることが知られており⁶⁾⁷⁾、瞳孔系、水晶体系のみならず、未解明の中核メカニズムをも含めた、より総合的な調節力の他覚的解析の一助となることが期待される。本研究では PVECP を用いて、調節力の他覚的測定を試み、合わせて加齢による変化について検討した。

II 対象および方法

対象は矯正視力1.0以上の17～63歳の男子19名、女子24名の計43名であり、その年齢分布は表1に示す。

刺激として白黒テレビモニター上に発生させた反転市松模様（TPS7900、クレークト社製）を用いた。反転頻度は3rev/sec、コントラスト80%、平均輝度39.1 cd/m²、観察距離が42.5cmとした。この距離において画面視野は27°×39°、チェックサイズは14'である。関電極として頭皮上 Oz の位置に脳波用銀板皿電極を装着、不関電極は両耳朶を短絡して用いた。誘導された電位は1.5～100Hz の帯域で増幅し（AVB-9、日本光電製）、100回加算、解析時間は200msec とした（ATAC350、日本光電製）。Oz 電極からの電位が上向きにふれる成分を陽性として XY レコーダー（RW-21

S、理化電機製）により記録した。被験者は屈折異常を5m 下で完全矯正後、自然瞳孔下でその眼前に2D から1D 刻みにマイナス方向に球面レンズを装着させ負荷とし、PVECP が記録されなくなるまで負荷を重ねた。

このような条件下にて得られた VECP の100msec 付近の陽性波（P₁₀₀）の振幅を測定、0power で得られた P₁₀₀ 振幅を100%として、各々のレンズ負荷時の相対振幅を算出、レンズ負荷に対する相対振幅曲線を求めた。この曲線から相対振幅0%に外挿させたレンズパワーを求め、観察距離が42.5cm であるためこれに相当する2D を加えて他覚的調節力とした。また近点距離計（半田屋製）を用いて自覚的調節力を測定し、PVECP から算出した他覚的調節力と比較した。

III 結 果

1. 相対振幅曲線に見る加齢の影響

全対象において凹レンズ負荷の増強により相対振幅は直線的に低下したが、その傾き係数は年齢により差が認められた。以下、代表例で詳述する。

図1に25歳女性の PVECP を示す。-1D の負荷で最大振幅を示し、負荷の増加につれて振幅はゆるやかに減弱、-7D 以降急激な低下を示した。外挿法により振幅0%となるレンズパワーを-13.6D と算出、観察距離が42.5cm であるため、この絶対値に2D を加えて他覚的調節力を15.6D と算定した（図2）。図3は49歳女性の PVECP であるが、凹レンズ負荷の開始とともに相対振幅は減弱し、かつその傾き係数は増大した（図4）。63歳女性の場合にはこの現象は著しく、すでに-1D の負荷で VECP 波形は記録不能となった（図5、6）。

同様の手法で得た、1D 負荷に対する各年齢群の相対振幅の減弱率を相対振幅曲線の傾き係数と比較すると19歳以下で6.5、20～29歳で6.5、30～39歳で8.3、40～49歳で18.5、50歳以上では20.7となり、加齢にともなって著しく増大しており、特に40歳を境に大きく変化した。

2. PVECP による他覚的調節力の加齢変化

図7は PVECP により測定した他覚的調節力を年齢別にプロットしたものであり、図8は10歳毎に分類した各年代群の平均値および標準誤差である。他覚的調節力は加齢とともに下降しており、特に40歳を境にして有意な低下が認められた。

3. 自覚的調節力との比較

近点距離計によって測定した自覚的調節力と

表1 実験対象の年齢分布および性別

Age\Sex	Male	Female
-19y	3	1
20-29y	3	12
30-39y	6	2
40-49y	3	3
50y-	4	6
Total	19	24

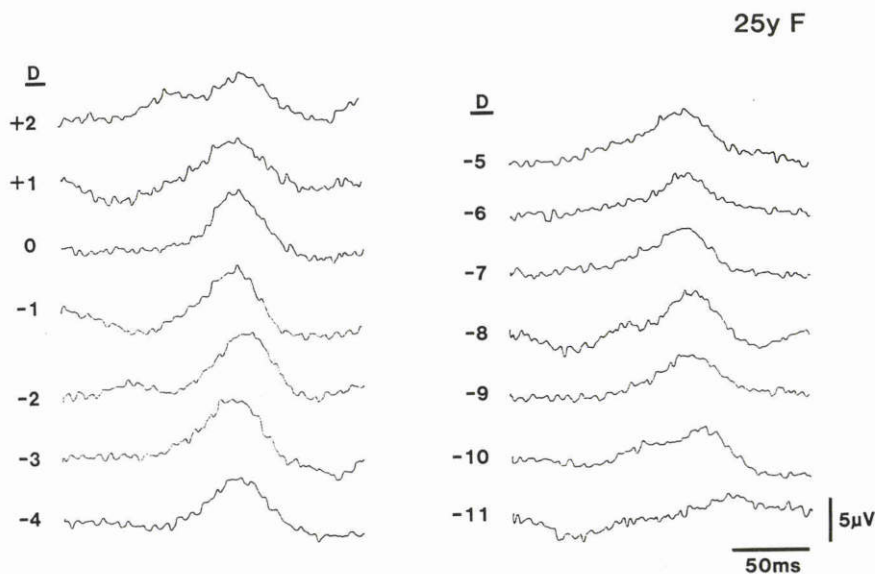


図1 25歳女性の pattern reversal steady-state VECPs. 眼前に+2Dより1D刻みにマイナス方向にレンズを負荷した。

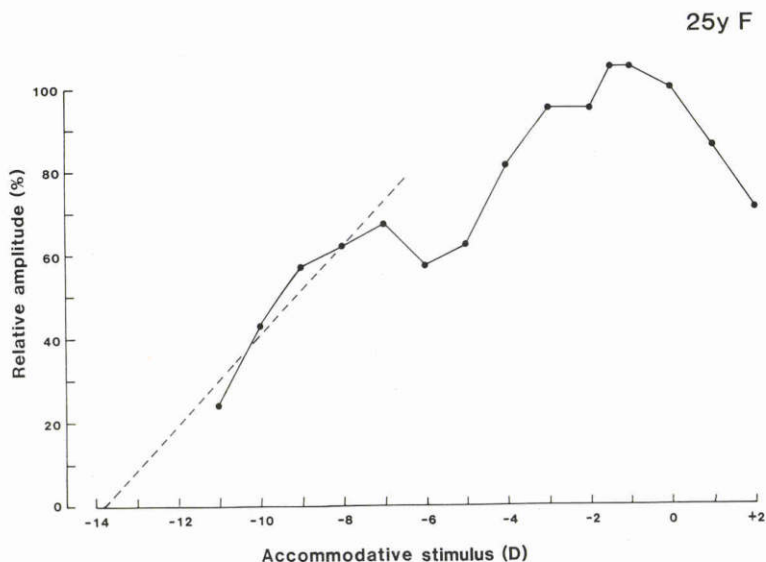


図2 図1と同一症例のレンズ負荷に対する PVECP 相対振幅曲線。点線に示すように外挿法により振幅 0%となるレンズパワーを算出した。

VECP による他覚的調節力の比較を図9に示す。横軸に自覚的調節力を縦軸に他覚的調節力を取り各実験例についてプロットしたところ、相関係数0.76734で有意な相関関係が認められ、また回帰直線は $Y=3.21+1.02X$ となり、他覚的調節力は自覚的調節力よりおよそ3D高い値をとることが明らかとなった。

4. P_{100} 頂点潜時の変化

凹レンズ負荷の増強、すなわち調節刺激の増加による P_{100} 頂点潜時は全実験対象において延長が認められたが、その変化の程度にも加齢により影響が認められた(図10)。39歳以上の群と40歳以上の群を比較すると、-1Dの負荷まで潜時に有意差は認められない

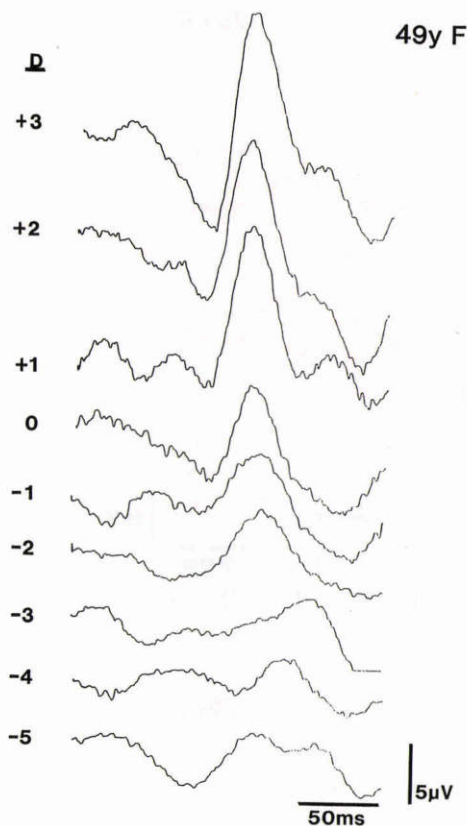


図3 49歳女性の PVECPs.

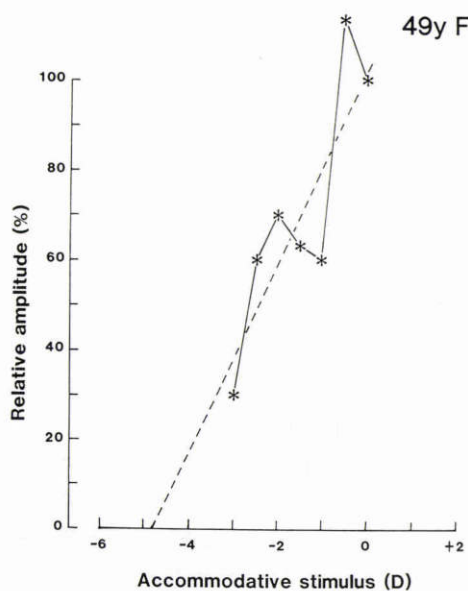


図4 図3と同一症例の PVECP 相対振幅曲線.

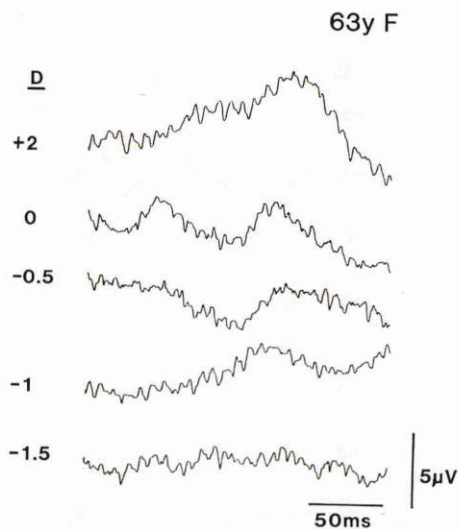


図5 63歳女性の PVECPs.

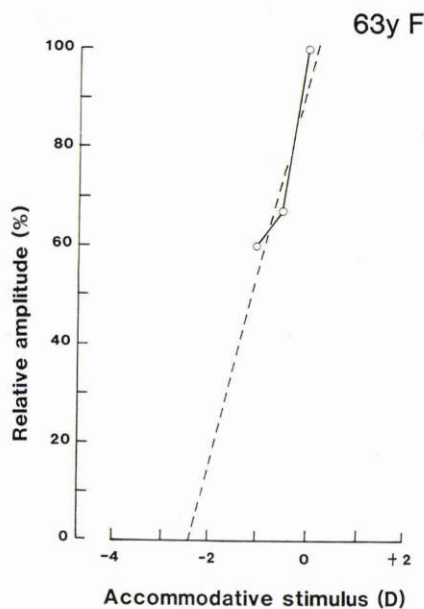


図6 図5と同一症例の PVECP 相対振幅曲線.

が、 $-1.5D$ 以上になると40歳以上の群では潜時が著しく延長し有意差が認められた。詳細については別途報告する。

IV 考 按

調節力を他覚的に測定しその加齢変化の解析の試みは、蒲山⁸⁾や、Millodot⁹⁾によってなされている。蒲山⁸⁾は鵜飼⁴⁾が開発した Autorefractometer を

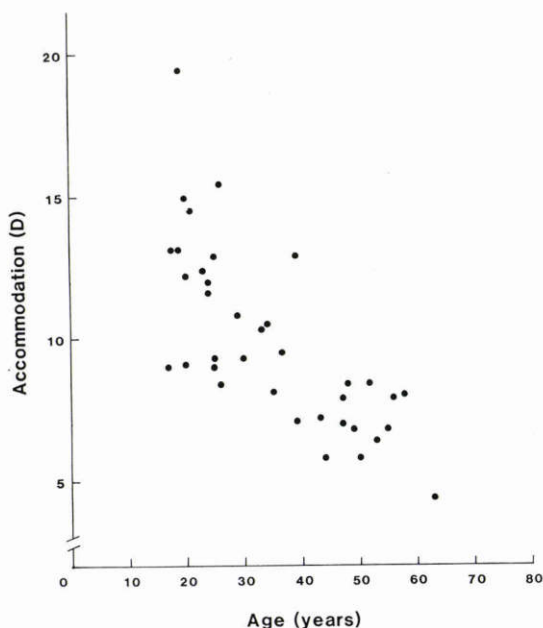


図7 PVECPにより算出した他覚的調節力の全結果。横軸に年齢を縦軸に調節力を示す。

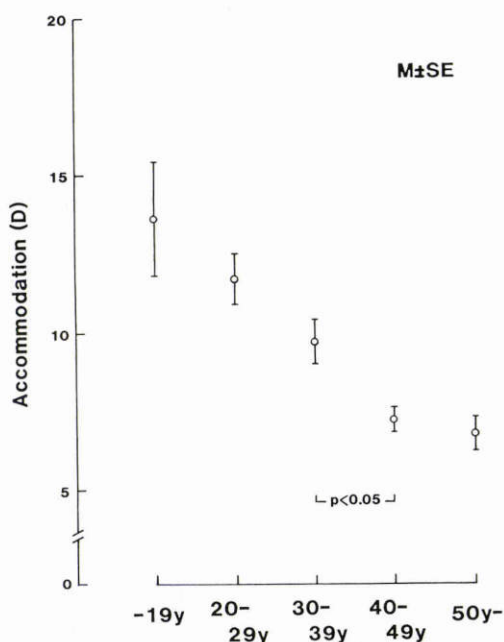


図8 PVECPにより算出した他覚的調節力の年齢別変化。40歳を境にして特に有意な低下を認める。

改造した装置により調節力を他覚的に測定しているが、水晶体による成分のみを捉えているため40歳以上ではほぼ0に近い値となり、加齢変化の詳細な検討は

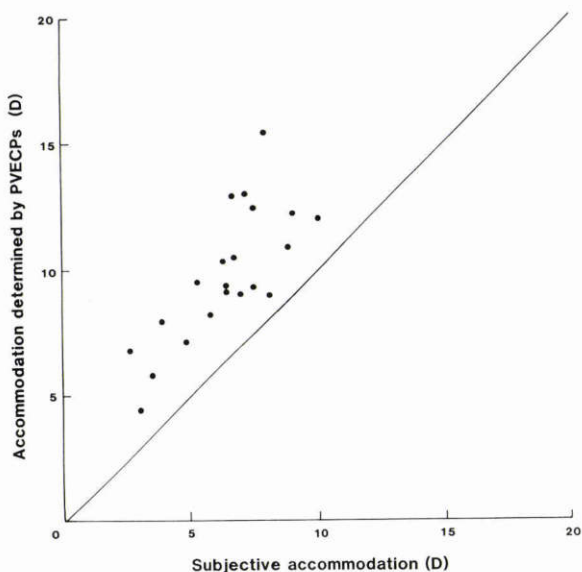


図9 近点計により測定した自覚的調節力とPVECPにより算出した他覚的調節力の比較。

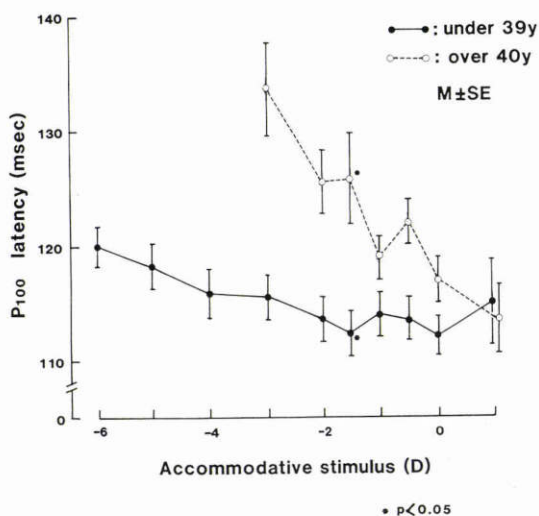


図10 凹レンズ負荷によるP₁₀₀頂点潜時の変化。

●—●は39歳以下の群を、○---○は40歳以上の群を示す。-1.5D以上の負荷で2つの群の間に有意差を認める。

困難と思われる。しかし調節刺激に対する調節反応の比(Ar/As)は35歳を境に低下することを報告している。一方 Millodot⁹⁾は我々の用いた transient PVECPではなく、より高い周波数領域の刺激を対象として steady-state PVECP を用いて調節力他覚的測定を試み、最大振幅に対して30%前後の振幅を示す

レンズパワーを他覚的調節力としている。その値は加齢とともに減少するが、Donders¹⁰⁾や Duane^{ら¹¹⁾}の自覚的検査による値よりやや高くなるとしている。本研究では頂点潜時の変化も合わせて検討するために、3 rev/sec の transient PVECP を用い、外挿法によって相対振幅 0 % のレンズパワーを他覚的調節力とした。その結果、相対振幅の減弱程度、相対振幅曲線から算出した他覚的調節力、そして P_{100} 頂点潜時の何れもが 40 歳を境に大きく変化しており、40 歳前後で調節機能に急激な変化が生じている可能性が示唆された。Millodot^{ら⁹⁾}の報告との差異は刺激条件の差によって生じたものであるが、本研究では自覚的閾値に近い手法をとっているため、より精密な値であると考ええる。

調節力の測定には依然として近点距離計による自覚的方法が広く用いられているが、この方法では、視標の移動につれて視角が変化すること、瞬時に視標が移動するため順応が不十分である可能性があること、そして何よりも被験者の判断力によって測定値が左右されるという欠点がある。このため他覚的測定の研究が期待され種々なされてきた。しかしその多くは手法上、水晶体による成分のみを対象とせざるを得ないため、細かな解析は可能であっても必ずしも自覚的屈折力を代弁しうるものとは言えない。一方 PVECP を他覚的測定の手段とした本研究では、各調節負荷刺激に対する測定時間が約 30 sec を要するため一定の刺激に対する順応が十分であり、反応の遅れによる影響を除外することが可能であり、また PVECP は網膜・皮質レベルの像を正確に反映しているため、調節刺激に対する反応を水晶体だけでなく視路も含めてトータルに捕捉しうるものである。しかし凹レンズ負荷によってパターンが小さくなり、かつ測定時間が長いことから患者を対象とした臨床応用という点では問題がある。パターンの大きさの変化については Lovasik^{ら¹²⁾}が詳細な検討をしており、afocal minifying lens によって網膜像を小さくすると PVECP 振幅に変化は無く、潜時が僅かに延長すること、check size の大小は振幅、潜時に影響しないことを報告している。

また本研究において PVECP によって測定した調節力は自覚的なそれよりも 2~3D 高い値を示したが、その理由としては前述したように順応時間の問題の他に、近点計では自覚的なボケを閾値としているのに対して、PVECP では自覚的にはかなり不鮮明であって

も皮質レベルでパターンとして認識されている間は反応が記録されることによると思われる。本実験では振幅 0 % を閾値としたが、最小の計測しうる振幅を閾値とすれば自覚的計測値と同程度の値は容易に求めうると考えられる。しかしながら皮質レベルでのより繊細な情報を捉えるためには振幅 0 % を閾値とする方法が意義深いと思われる。すなわち調節刺激に対する反応には水晶体や瞳孔のみならず、網膜受容器から皮質にいたるレベルでの順応も想定され、PVECP による方法はその解析の有力な手段となることが期待される。

文 献

- 1) Campbell FW, Robson JG, Westheimer G: Fluctuation of accommodation under steady viewing conditions. *J Physiol* 145: 579—594, 1959.
- 2) Campbell FW, Westheimer G: Dynamics of accommodation responses of the human eye. *J Physiol* 151: 285—295, 1960.
- 3) 鈴木昭弘: 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発. *日眼* 75: 1974—2006, 1971.
- 4) 鶴飼一彦, 石川 哲: 調節の準静的特性. *日眼* 87: 1428—1434, 1983.
- 5) 高橋裕昭, 蒲山俊夫: 調節の準静的特性の臨床応用—調節痙攣と調節衰弱の 2 症例の治療経過について—. *眼科* 28: 467—471, 1986.
- 6) 安達恵美子: 屈折異常と視覚誘発電位. *眼科* 24: 337—349, 1982.
- 7) Adachi-Usami E: Comparison of contrast thresholds of large bars and checks measured by VECs and psychophysically as a function of defocusing. *Albrecht V Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 212: 1—9, 1979.
- 8) 蒲山俊夫, 伏屋陽子, 宮崎仁志: 調節の準静的特性における正常者の加齢変化. *日眼* 91: 494—497, 1987.
- 9) Millodot M, Newton I: VEP measurement of the amplitude of accommodation. *Br J Ophthalmol* 65: 294—298, 1981.
- 10) Donders FC: Accommodation and refraction of the eye. London, New Sydenham Society, 204—214, 1864.
- 11) Duane A: Normal values of the accommodation at all ages. *JAMA* 59: 1010—1012, 1912.
- 12) Lovasik JV, Spafford M, Szymkiw M: Modification of pattern reversal VERs by ocular accommodation. *Vision Res* 25: 599—608, 1985.