

R. Brancato  
B. Lumbroso  
L. Pierro



# L' Occhio e la luce

**GHEDINI EDITORE**  
milano

## Valutazione della sensibilità al contrasto mediante registrazioni di Potenziali Evocati Visivi da pattern reversal in soggetti normali, afachici con correzione ottica e pseudofachici (IOL)

P. Rizzo, V. Parisi

II Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", Cattedra di Ottica Fisiopatologica

Il meccanismo della visione è fra l'altro legato alla "luminanza" degli stimoli visivi: ciascun stimolo, per essere percepito, deve possedere una "luminanza" tale da raggiungere la "soglia" di stimolazione dei fotorecettori retinici. Pertanto solo ad un determinato valore di luminanza lo stimolo visivo innesca i processi biochimici che daranno luogo alla produzione del potenziale d'azione dei fotorecettori, con conseguente eccitazione, attraverso le cellule bipolari, delle cellule ganglionari e, quindi, veicolazione dell'informazione visiva, tramite le vie ottiche, alla corteccia cerebrale visiva.

La "luminanza" dello stimolo visivo può essere assoluta, se lo stimolo luminoso viene proiettato su uno schermo oscuro, oppure differenziale, se lo stimolo luminoso viene proiettato su uno schermo con intensità luminosa inferiore allo stimolo stesso (Saraux e Biais, 1983).

L'esame della acuità visiva, tramite la tabella di Snellen e l'esame del campo visivo sia statico che cinetico, forniscono informazioni sulla funzionalità retinica e sulla integrità delle vie ottiche. Tuttavia l'utilizzazione di tecniche particolari, quale la "sensibilità al contrasto" (per contrasto si intende un rapporto di luminanza tra due stimoli visivi:  $L_{max} - L_{min} / L_{max} + L_{min}$  %), possono fornire ulteriori informazioni sulla funzionalità delle vie ottiche.

Se consideriamo un reticolo formato da barre chiare e scure, l'occhio sarà in grado di discriminare come separate le due bande se esisterà tra di esse una luminosità differenziale tale da produrre sulla retina differenti distribuzioni di luminanza, ovvero di contrasto.

Un altro parametro sono le dimensioni delle barre: definiremo come Frequenza Spaziale di 1 ciclo per grado l'alternanza di una barra chiara ed una scura all'interno di un grado di arco visivo. Diminuendo la dimensione delle barre, aumenterà la frequenza spaziale ed il minimo contrasto, per cui si può percepire ancora una determinata frequenza spaziale, è la "soglia" di contrasto per quella frequenza spaziale; mentre la "sensibilità al contrasto" è l'inverso della soglia di contrasto (Berardi, 1988).

Il sistema visivo dell'uomo presenta la massima sensibilità al contrasto per frequenze spaziali intorno ai 3 cicli/grado. Aumentando la frequenza spaziale del reticolo, la sensibilità al contrasto diminuisce.

La percezione del contrasto è legata alla presenza dei campi recettivi On-Off, cioè la capacità delle cellule ganglionari di eccitarsi all'apparire o allo scomparire dello stimolo visivo. Anche il corpo genicolato e la corteccia sono organizzati secondo lo schema di zone eccitatorie ed inibitorie, per cui tutte le strutture delle vie ottiche sono coinvolte nell'elaborazione della sensibilità al contrasto (Maffei e Mecacci, 1979).

Un metodo soggettivo per la valutazione della sensibilità al contrasto consiste nel presentare al soggetto in esame un modello visivo strutturato, cioè uno schermo su cui vengono proiettate delle barre bianche e nere o delle lettere; successivamente viene diminuito il contrasto dei simboli presentati ed interpellato il soggetto in esame fino a che il livello di contrasto abbia percepito il simbolo in modo distinto (Neetens e Smet, 1986). Questo tipo di test ha dato interessanti risultati: infatti in alcuni soggetti la sensibilità al contrasto può risultare alterata anche in presenza di buona acuità visiva.

Con l'avvento delle metodiche elettrofisiologiche, come i Potenziali Visivi Evocati, è stato valutato che la risposta cerebrale ad uno stimolo strutturato (pattern) diminuiva al diminuire del contrasto dello stimolo visivo presentato (Spekreijse et al., 1973; Jones e Keck, 1978; Bobak et al., 1984; Kayazawa et al., 1983; Hunter et al., 1985; Saraux et al., 1986; Korth e Rix, 1987).

Alla luce di tali presupposti, lo scopo della nostra ricerca è quello di valutare il ruolo svolto dai mezzi diottrici, ed in particolare dal cristallino o suoi sostituti, nella sensibilità al contrasto, analizzando le eventuali modificazioni della risposta bioelettrica cerebrale evocata con stimoli visivi a contrasto decrescente, effettuando registrazioni di PEV su soggetti normali, afachici con correzione ottica tradizionale (occhiali) e pseudoafachici (corretti con IOL).

## Soggetti e metodi

Sono state effettuate registrazioni di PEV su 3 gruppi di soggetti:

**1° gruppo:** soggetti normali; 16 persone (età media  $58,7 \pm 4,9$  anni) in cui l'esame oftalmoscopico non rilevava alcuna patologia oculare, del disco ottico o dei mezzi diottrici (32 occhi);

**2° gruppo:** soggetti afachici con correzione ottica; 10 persone (età media  $60,3 \pm 5,8$  anni) in cui l'esame oftalmoscopico non rilevava alcuna patologia della retina o del disco ottico; in tutti i soggetti il visus corretto era di almeno 7/10 (10 occhi);

**3° gruppo:** soggetti pseudoafachici con IOL: 10 persone (età media  $60,5 \pm 4,8$  anni) in cui l'esame oftalmoscopico non rilevava alcuna patologia retinica o del disco ottico; l'acuità visiva era di almeno 7/10 (10 occhi).

In tutti i tre gruppi di soggetti abbiamo utilizzato il medesimo test diagnostico.

I soggetti in esame venivano fatti sedere in una stanza semi-oscuro ed isolata acusticamente; erano sfati precedentemente informati sul tipo di esame e sulla sua utilità a fini diagnostici.

Successivamente veniva effettuata la registrazione del PEV di base adottando la seguente metodica:

- lo stimolo visivo era del tipo a scacchiera (checkboard pattern reversal) in cui i singoli elementi si alternano, in modo cadenzato nel tempo, in un monitor TV;
- la frequenza spaziale era di 3 cicli/grado, avendo i singoli elementi del pattern dimensioni di 0,33 cm di lato ed essendo l'osservatore posto ad una distanza di 114 cm dallo schermo; il monitor TV sottendeva un angolo complessivo di 25° di arco visivo;
- il contrasto tra gli elementi bianchi e neri dello schermo era del 50%;
- la frequenza temporale era di 2 Hz (stimolazione transient);
- elettrodi a coppetta di argento clorurato venivano fissati con collodion, previa scarificazione della cute, sullo scalpo secondo la seguente disposizione: esploranti in Oz, O1, O2; riferente in Fpz; terra al braccio sn (Oz, O1, O2, Fpz: sistema internazionale EEG 10-20); la resistenza interelettrodica veniva mantenuta inferiore ai 3 KOhm;
- il segnale bioelettrico veniva amplificato (guadagno 20dB), filtrato (banda passante 1-100 Hz) e sottoposto a processo di averaging (100 eventi privi di artefatti per ogni trial); il tempo di analisi era di 500 msec (apparecchio Caldwell 7400).

Ogni tracciato veniva ripetuto almeno due volte e sovrapposto per controllare la ripetibilità delle onde valutate. Ciascuna stimolazione veniva effettuata monocolarmente previa occlusione dell'occhio controlaterale con una benda nera.

Ogni variazione negativa del potenziale all'ingresso del primo amplificatore è stata sempre indicata da una deflessione verso il basso della traccia.

La risposta "transient" è caratterizzata da una serie di onde fra le quali sono distinguibili tre picchi a polarità alternante negativa-positiva-negativa, che, nel soggetto normale, hanno latenze medie rispettivamente di 75, 100 e 145 msec.

Successivamente veniva diminuito, in modo progressivo, il contrasto degli elementi del pattern: 50, 25, 12.5, 7, 3.5, 2, 1, 0.5%, diminuendo la luminosità della componente bianca ed aumentando la luminosità della componente nera del pattern; per ogni livello di contrasto sono state realizzate registrazioni di PEV secondo la stessa metodica usata nell'esame di base.

## Risultati

Al fine di valutare eventuali modificazioni indotte dall'afachia più correzione ottica o dalla pseudoafachia (IOL) nella "sensibilità al contrasto", abbiamo preso in considerazione e paragonati tra di loro (T di Student) i risultati provenienti dai tre

gruppi, analizzando le modificazioni dei PEV al diminuire del contrasto e, per ciascun livello di questo, abbiamo preso in esame i seguenti parametri: tempo di latenza P100, dispersione temporale N75/-N145, voltaggio N75/P100 e P100/N145.

### Soggetti normali

**Latenza P100:** nell'esame di base il tempo di latenza della P100 era, in tutti i soggetti presi in esame, nei limiti della norma ( $103.74 \pm 10.03$  msec per limiti max - media + 2 S.D. - di 123 msec); al diminuire del contrasto è stato osservato un parallelo e progressivo aumento del tempo di latenza della P100 (contrasto del 12.5%:  $108.75 \pm 12.83$  msec; contrasto del 3.5%:  $116.69 \pm 8.19$  msec; contrasto del 1%:  $136.32.32 \pm 4$  msec; contrasto dello 0.5%:  $146.87 \pm 5.8$  msec).

**Dispersione temporale N75-N145:** nell'esame di base era, in tutti i soggetti presi in esame, nei limiti della norma ( $65.24 \pm 7.9$  msec per limiti max di 76.7 msec); al diminuire del contrasto è stato rilevato un parallelo e progressivo aumento del tempo di dispersione temporale (contrasto del 12.5%:  $72.07 \pm 9.9$  msec; contrasto del 3.5%:  $78.44 \pm 10.00$  msec; contrasto del 1%:  $83.11 \pm 9.2$  msec; contrasto dello 0.5%:  $83.11 \pm 9.2$  msec).

**Voltaggio N75/P100 e P100/N145:** nell'esame di base l'ampiezza del PEV era, in tutti i soggetti presi in esame, nei limiti della norma (V. N75/P100:  $11.33 \pm 6.1$  microVolt per Lim. max di 13.3; V. P100/N145:  $10.65 \pm 5.87$  per Lim. max di 14.6 microVolt); al diminuire del contrasto è stata osservata una parallela e progressiva riduzione dell'ampiezza del PEV, con drastica diminuzione - più del 50% - passando dal contrasto del 3.5% a quello dello 0.5% (Tab. I, Figg. 1, 2).

### Soggetti afachici con correzione ottica e pseudoafachici con IOL

In tutti i soggetti presi in esame di questi due gruppi, il PEV di base risultava essere nei limiti della norma, presentando valori compresi nel range dei valori normali ottenuto sui soggetti di controllo. Al diminuire del contrasto, abbiamo rilevato le medesime modificazioni dei PEV riscontrate nel gruppo di controllo. Inoltre, separatamente per ciascun livello di contrasto utilizzato, i valori riscontrati nei soggetti di questi due gruppi - pur aumentando la P100 e la N75-N145, nonché diminuendo l'ampiezza N75/P100 e P100/N145 - differivano in modo così lieve da quelli rilevati nel gruppo di controllo, per cui non esistevano, con questo, variazioni statisticamente significative ( $P > 0.05$ ) (Tab. I, Fig. 1).

### Discussione e conclusioni

In tutti i soggetti presi in esame, al diminuire del contrasto, è stato rilevato un aumento parallelo del tempo di latenza della P100 e della dispersione temporale, mentre si è osservata una diminuzione dell'ampiezza del PEV.

Le variazioni da noi riscontrate al diminuire del contrasto, pressoché uguali nei tre

Tab. I: Riepilogo delle variazioni dei parametri del PEV al diminuire del contrasto.

<b>Tempo di latenza P100</b>			
contrasto	controlli	afachici corretti	pseudoafachici
50.0%	103.74 ± 10	105.44 ± 11 *	104.76 ± 12 *
25.0%	106.72 ± 11	106.99 ± 10 *	107.54 ± 12 *
12.5%	108.75 ± 12	109.82 ± 11 *	108.65 ± 10 *
7.0%	112.10 ± 10	113.32 ± 10 *	112.97 ± 11 *
3.5%	116.69 ± 8	118.76 ± 10 *	117.05 ± 9 *
2.0%	126.07 ± 5	129.12 ± 7 *	127.65 ± 8 *
1.0%	136.32 ± 4	138.46 ± 8 *	137.89 ± 9 *
0.5%	146.87 ± 45	149.02 ± 7 *	148.56 ± 8 *
<b>Dispersione Temporale N75-N145</b>			
contrasto	controlli	afachici corretti	pseudoafachici
50.0%	65.24 ± 7.9	66.07 ± 8.9 *	65.87 ± 8.3 *
25.0%	68.05 ± 6.7	69.09 ± 7.9 *	67.98 ± 7.8 *
12.5%	72.07 ± 9.9	73.08 ± 10.0 *	72.54 ± 8.0 *
7.0%	73.33 ± 11.0	74.78 ± 12.0 *	73.86 ± 12.0 *
3.5%	78.74 ± 10.0	77.98 ± 11.0 *	79.01 ± 10.0 *
2.0%	80.33 ± 9.0	80.65 ± 10.0 *	81.06 ± 9.6 *
1.0%	83.11 ± 9.2	84.56 ± 12.0 *	85.66 ± 11.0 *
0.5%	83.11 ± 9.2	84.56 ± 12.0 *	85.66 ± 11.0 *
<b>Voltaggio P100/N145</b>			
contrasto	controlli	afachici corretti	pseudoafachici
50.0%	10.65 ± 5.8	9.63 ± 4.6 *	9.36 ± 5.6 *
25.0%	9.56 ± 4.6	8.72 ± 4.7 *	8.45 ± 3.8 *
12.5%	9.44 ± 4.6	8.65 ± 4.3 *	8.91 ± 4.1 *
7.0%	7.70 ± 3.1	7.46 ± 3.2 *	7.02 ± 3.1 *
3.5%	7.59 ± 2.6	7.20 ± 2.9 *	6.98 ± 3.0 *
2.0%	4.67 ± 1.2	4.36 ± 2.1 *	4.86 ± 2.8 *
1.0%	3.68 ± 1.3	3.56 ± 1.4 *	3.76 ± 1.9 *
0.5%	3.50 ± 0.8	3.12 ± 1.0 *	3.44 ± 1.2 *
P>0.05: * (T di Student rispetto ai controlli)			
Al diminuire del contrasto, nei tre gruppi di soggetti, abbiamo rilevato: aumento del tempo di latenza P100, aumento della dispersione temporale N75-N145, diminuzione d'ampiezza. I valori riscontrati nel II e III gruppo, separatamente per ciascun livello di contrasto, rientrano nel range delle medie + S.D. ottenuto sui soggetti normali.			

gruppi in esame, ci sembra possano essere ascritte a modificazioni funzionali della retina sensoriale, della neuroretina delle vie ottiche e della corteccia visiva. Invece, in relazione alla frequenza spaziale dello stimolo visivo da noi utilizzata (3 cicli/grado e quindi stimoli di dimensioni molto piccole che non subiscono particolari distorsioni

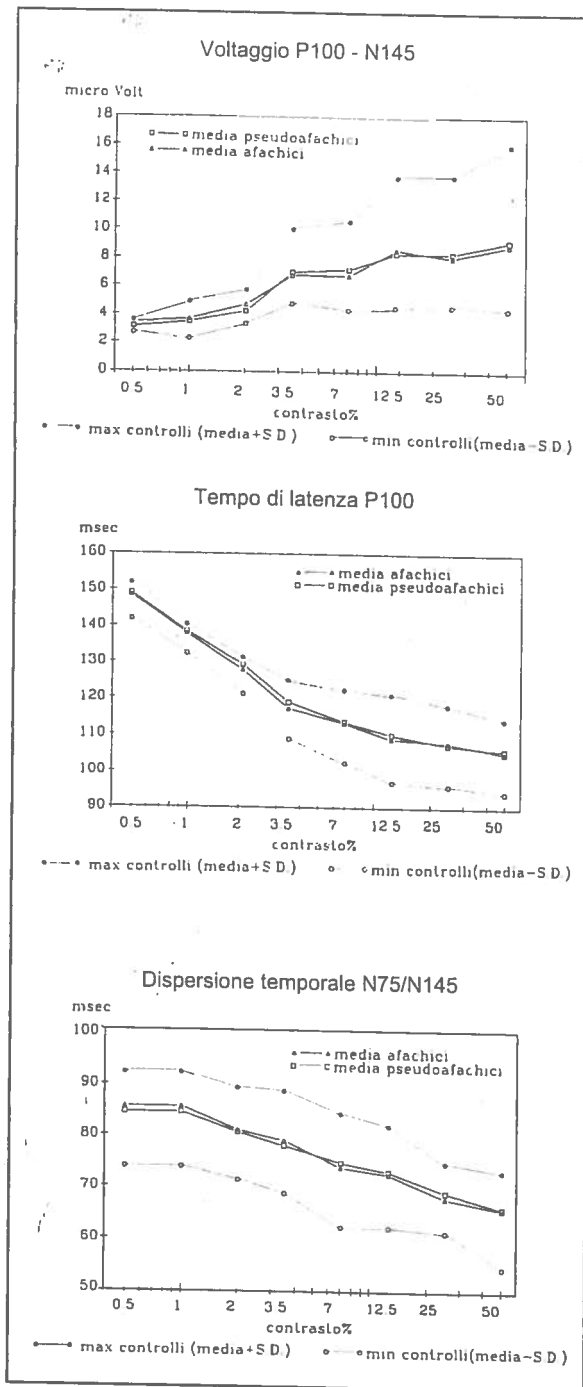


Fig. 1: Rappresentazione grafica dell'andamento dei parametri del PEV nei tre gruppi di soggetti, al diminuire del contrasto.

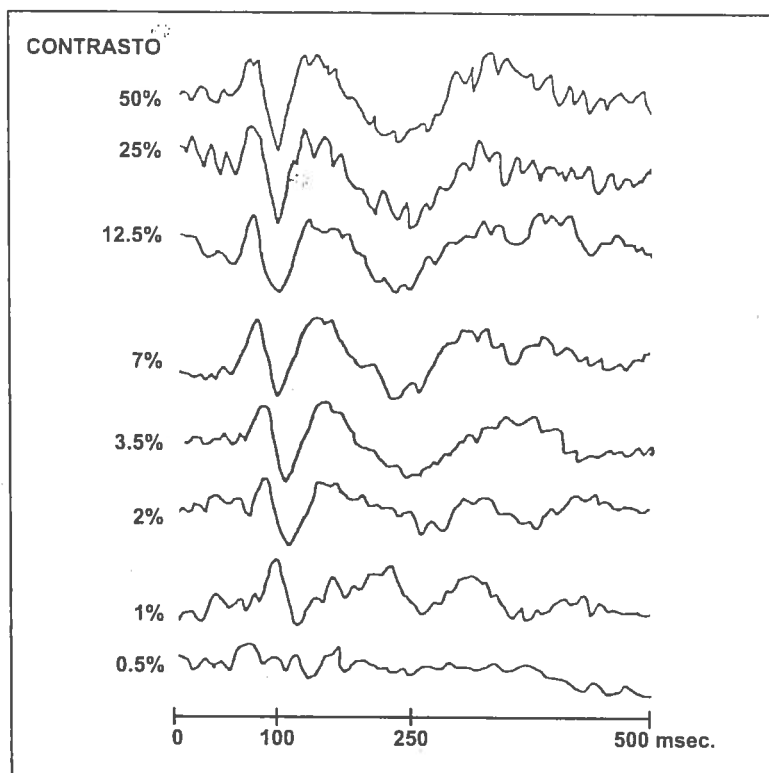


Fig. 2: Esempio di tracciato PEV del soggetto normale R.L.: al diminuire del contrasto si osserva l'aumento di latenza delle onde N75, P100 e N145 e la riduzione dei voltaggi N75/P100 e P100/N145.

legate ai fenomeni di aberrazione da parte delle lenti correttive o dalle IOL) è apparso che la sostituzione di un mezzo diottrico con una lente oculare o con una IOL tradizionale, non influenzi in modo significativo la sensibilità al contrasto.

La diminuzione del contrasto può essere interpretata come una minore luminosità differenziale dello stimolo luminoso: a livello della retina si avrebbe un abbassamento della soglia di eccitabilità con conseguente riduzione di produzione di potenziale elettrotonico da parte dei fotorecettori e conseguente ritardo dell'eccitazione delle cellule ganglionari; ciò spiegherebbe l'aumento del tempo di latenza e la riduzione d'ampiezza del PEV (Spekreijse et al., 1973; Jones e Keck, 1978; Korth e Rix, 1987).

L'aumento della dispersione temporale può essere correlata ad una ridotta risposta corticale al diminuire del contrasto: infatti la funzionalità delle cellule corticali è in relazione ai segnali On-Off ivi proiettati dal corpo genicolato (Bobak et al., 1988).

In conclusione, i PEV registrati utilizzando stimoli visivi strutturati (pattern reversal) con livelli di contrasto variabili, possono fornire ulteriori informazioni per lo studio della "sensibilità al contrasto" e quindi essere utilizzati come metodica diagnostica della funzionalità delle vie ottiche e delle patologie ad esse connesse, nonché sulle



eventuali modifiche dei mezzi diottrici. Da quanto esposto, se ne deduce che le IOI tradizionali influenzano poco o nulla la sensibilità al contrasto della retina centrale; e si ribadisce pertanto che il loro uso può essere sempre più affidabile per quel che riguarda la percezione degli stimoli visivi.

### Bibliografia

- 1) Berardi N.: Visione. Enciclopedia Medica Italiana, 2129-2159. USES Firenze, 1988.
- 2) Bobak P., Bodis-Wollner I., Harnois C., Thornton J.: VEPs in human reveal high and low spatial contrast mechanism. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 25:980-983, 1984.
- 3) Bobak P., Bodis-Wollner I., Marx M.S.: Cortical contrast gain in human spatial vision. *Journal of Physiology*, 405:421-437, 1988.
- 4) Hunter J.M.: Computerized contrast sensitivity testing in multiple sclerosis. *Optom. Today*, 25:465-467, 1985.
- 5) Jones R., Keck M.J.: Visual evoked response as a function of grating spatial frequency. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 17:652-659, 1978.
- 6) Kayazawa F., Yamamoto T., Itoi M.: Temporal contrast sensitivity in optic neuritis and amblyopia. *Ann. Ophthalmol.* 15:331-334, 1983.
- 7) Kort M., Rix R.: Luminance contrast evoked responses in the human electroretinogram". *Vision Res.* 28:41-48, 1988.
- 8) Maffei L., Mecacci L.: La visione: dalla neurofisiologia alla psicologia. EST Mondadori, Milano, 1979.
- 9) Nectens A., Smet H.: L'emploi de réseaux en neuro-ophtalmologie pour la détermination de la sensibilité au contraste". *Ophthalmologie* 1:31-37, 1987.
- 10) Saraux H., Biais B.: Physiologie oculaire. Masson, Parigi, 142-148, 1983.
- 11) Saraux H., Nordmann J.P., Roullet R., Pelosse B.: Modifications de la sensibilité au contraste chez des patients atteints de sclérose en plaques avec ou sans névrite optique rétrobulbaire. *Ophthalmologie*, 1:39-43, 1987.
- 12) Spekreijse H., Van Der Twell L.H., Zuidema T.H.: Contrast evoked responses in man. *Vision Res.* 13:1577-1601, 1973.