

La Nuova Stampa Medica Italiana

Rassegna di Medicina e Chirurgia



Estratto dal VOLUME 14 - N. 1

Gennaio, Febbraio, Marzo 1994

Abbreviazione secondo norme ISO:

Nuova stampa med. ital.

International Serials Data System:

ISSN: 0393-4160



EDIZIONI UNIVERSITARIE ROMANE

Via Michelangelo Poggioli n. 3 - 00161 ROMA

tel. (06) 491503-4940658 fax 4453438



UNA NUOVA METODICA DI STUDIO COMPUTERIZZATO DELL' "HAZE" CORNEALE CONSEGUENTE A FOTOABLAZIONE CON LASER AD ACCIMERI

MASSIMO LOMBARDI

Abstract

We propose a methodology of computerized quantitative analysis of the keratic transparency; in particular, we have studied the eventual opacity (HAZE) present after treatment of the myopia by excimer laser, in order to obtain an objective, practical mensuration which is filable and valuable during the course of the time even by different researchers. Through EOS-1000, an instrument produced by the Japanese Nidek, 8 non-treated eyes and 8 by postoperative Haze have been examined, obtaining an image through infrared retroillumination of the cornea which has been analyzed by means of a microprocessor. We have so produced a Cartesian diagram representing the quantitative mensuration of the keratic transparency. Such diagram was similar (a sole peak) in the non-treated eyes and in six operated eyes, to confirm the validity of the treatment by excimer which usually leaves a certain uniformity of the keratic transparency, even if in presence of Haze. Two treated eyes presented a forked peak, but with a range of minimum value between the two tops, enough to say that we can consider the mean value as the sole result of the examination. We are carrying on a reasearch concerning this subject, upon which we shall inform later on. The simplicity of the graph allows an easy analysis, interpetation and filing of the data, even if found by different researchers. It has also been possible to make a map of the treated cornea area, thus pointing out the most opaque zones. This allows, for instance, the valuation of those cases having a better or worse visus as to what one can expect examining the post-treatment opacity by usual optical means, as the slit lamp.

Key words: Scheimpflug photography, retroillumination photography, image analysis, reproducibility, consistency, densitometry, anterior eye segment, computer, myopia, photorefractive keratectomy, excimer laser, ablation, haze.

Introduzione

La trasparenza corneale può essere compromessa per le più svariate ragioni, ne abbiamo esperienza quotidiana durante la pratica professionale: alterazioni traumatiche, congenite, infettive ed

altre ancora, sono tutte cause di perdita di limpidezza, rilevabile con i comuni mezzi ottici, quali la lampada a fessura (10). Tali situazioni, però, per la loro frequenza e per la compromissione del visus che possono provocare, meriterebbero un'analisi più accurata di quella eseguibile con strumenti tradizionali. In particolare

CASA DI CURA "VILLA SPERANZA" - ROMA



sarebbe utile poter esprimere un giudizio quantitativo sulla trasparenza corneale, sia attraverso uno o pochi valori standardizzati, riproducibili e comparabili nel tempo (il che consentirebbe di confrontare tra loro i dati dello stesso paziente o quelli di pazienti diversi, per ricerca o semplice routine clinica), sia tramite una mappa bidimensionale della cornea dove siano evidenti in maniera immediata le zone al di sotto di un dato valore di trasparenza. Tutto ciò sarebbe particolarmente utile in tutti i casi dove il danno è iatrogeno, tra i quali spiccano i trattamenti con laser ad eccimeri per l'importanza assunta in questi ultimi tempi.

Proprio della valutazione oggettiva delle alterazioni corneali eventualmente presenti utilizzando tale metodica si tratterà nel nostro lavoro.

Il laser ad eccimeri consente di correggere l'occhio miopico attraverso un rimodellamento della superficie anteriore della cornea, variandone di fatto il raggio di curvatura. Intervendendo, tuttavia, sullo stroma corneale si dà spesso luogo ad una reazione fibrotica (HAZE) di vario grado, che influenza la qualità della visione post operatoria, a volte peggiorandola, dato che il trattamento interessa proprio la parte centrale della cornea, cioè quella deputata alla visione. Si comprende, quindi, come sia importante poter misurare oggettivamente e precisamente il fenomeno, come detto sopra. Potremmo in tal modo analizzare meglio, ad esempio, quei casi in cui, pur osservando un basso grado di opacità, si ha una rilevante compromissione del visus.

Purtroppo, però, i sistemi finora usati per studiare l'haze si basavano su un controllo eseguito "ad occhio" alla lampada a fessura, in riferimento ad una scala da 0 (assente) a 4 (massima opacità) (3, 8, 14), totalmente, quindi, dipendente

dall'esperienza dell'esaminatore, influenzata da parametri soggettivi e descrivibile con difficoltà ad altri ricercatori (3, 7).

Materiali e Metodi

Per ottenere, dunque, una misurazione e valutazione più standardizzata e riproducibile dell'haze, abbiamo pensato di rivolgerci ad un'analisi di immagine computerizzata.

Per questa abbiamo usato l'EOS-1000, un nuovo apparecchio della giapponese Nidek, fino ad oggi utilizzato solamente nello studio del cristallino (1, 12, 13, 16), della camera anteriore e dell'angolo camerulare (2, 6, 12, 15).

L'apparecchio consta di una telecamera CCD che produce immagini in bianco e nero della porzione di segmento anteriore esaminato, sia in sezione secondo il principio di Scheimpflug (risultandone, di fatto, un'immagine simile ad un preparato istologico; il principio enuncia che, dovendo fotografare una sezione di un oggetto che possiede una profondità, dotato di una certa trasparenza, se disponiamo il piano fotografico e quello dell'oggetto a 90 gradi e il piano delle lenti che costituiscono l'obiettivo a 45 gradi da ognuno dei piani suddetti, quando questi tre piani si incontrano in un punto, otterremo un'immagine a fuoco), sia in retroilluminazione all'infrarosso. Queste due tecniche sono note da tempo, ma hanno sempre richiesto apparecchi separati, spesso procedure complesse e, comunque, non sono mai state usate per il nostro scopo (5, 9, 11, 17, 18).

Il paziente fissa una mira all'interno della macchina con in asse la telecamera, al fine di mantenere un buon allineamento. La posizione dell'occhio dell'esaminato e le varie fasi per l'acquisizione delle immagini vengono controllate tramite un monitor.

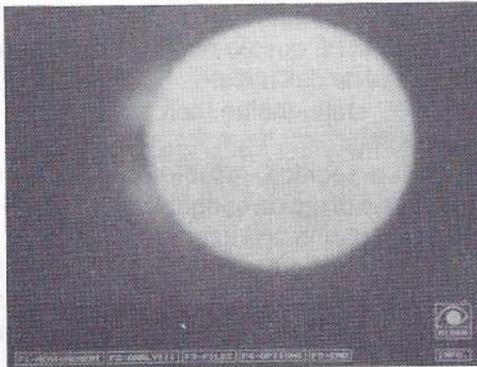


Figura 1a - Immagine fotografica in retroilluminazione all'infrarosso del paziente "A".

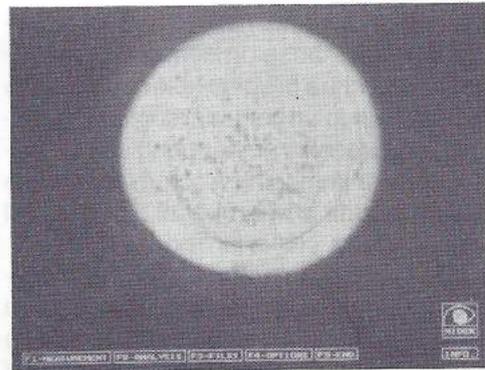


Figura 1b - Immagine fotografica in retroilluminazione all'infrarosso del paziente "B".

Si ottiene, così, un vero e proprio "fotogramma" singolo, che viene elaborato tramite computer attraverso diversi programmi; a noi particolarmente interessa l'analisi dell'immagine ripresa in retroilluminazione, da cui si ricavano dati interessanti per il nostro lavoro (Figure 1a ed 1b).

La telecamera ha una profondità di campo assai ridotta, fatto che obbliga l'operatore a focalizzare manualmente il piano corneale, ma che consente un esame più preciso in quanto limitato alla zona che interessa. Dall'immagine della cornea, nel nostro caso, o, comunque, da

quella di qualsiasi altro elemento del segmento anteriore oculare, se ne ricava un diagramma cartesiano, con in ascissa una scala di trasparenza graduata da 0 (assenza di passaggio della luce riflessa dal fondo oculare) a 255 (massimo passaggio), e in ordinata una serie di linee che indicano, per ogni unità della scala di trasparenza, la misura dell'area dell'immagine che presenta appunto quella trasparenza (Figure 2a e 2b). I punti dove terminano le linee formano un grafico dove si evidenziano uno o più picchi, di cui l'apice indica l'area con una data facilità ad essere attraversata dalla luce riflessa



Figura 2a - Grafico illustrativo.

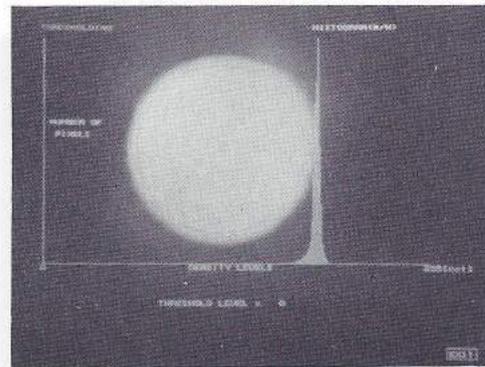


Figura 2b - "Fotogramma" di un occhio normale e relativa elaborazione grafica.



più rappresentata nella figura e la larghezza della base un certo range di trasparenza, che è misurabile. A questo punto selezionando un valore di soglia sul grafico, l'apparecchio sovrappone all'immagine un'altra immagine a colori, dove sono rappresentati come opachi i punti al di sotto di detta soglia luminosa.

Per il nostro studio abbiamo considerato otto occhi di soggetti con cornee sane non trattate e otto che avevano subito l'intervento con laser ad eccimeri con successiva comparsa di haze (in tutto sedici pazienti), ed abbiamo usato il programma di esame in retroilluminazione, focalizzando la cornea ed analizzando l'immagine così ottenuta. Abbiamo curato

di scegliere soggetti con cristallini trasparenti, affinché questo non disturbasse la misurazione dell'haze.

E' stata, inoltre, cercata la massima midriasi.

La tecnica, assolutamente non invasiva e di rapida esecuzione, non causa alcun danno agli esaminati.

Nostro scopo era dimostrare che si poteva ottenere una mappa dell'haze ed inoltre studiare i picchi di trasparenza dell'immagine così ottenuta.

Risultati

In sei soggetti trattati con laser ad eccimeri è risultato un grafico (Figura 3a) che presentava un unico valore di picco.

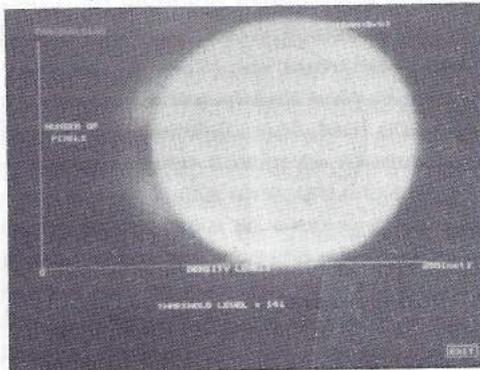


Figura 3a - Stesso caso della figura 1a.

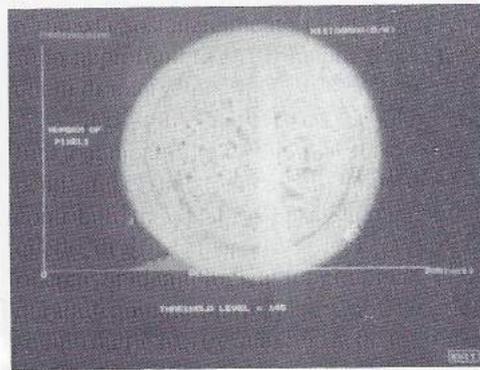
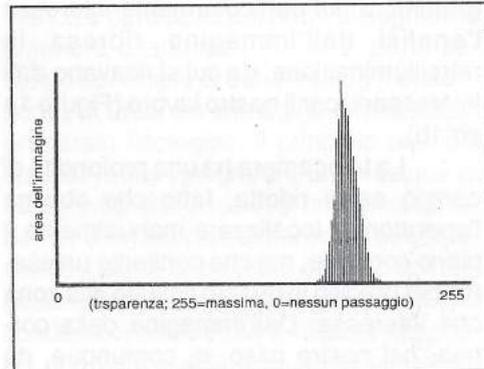


Figura 3b - Stesso caso della figura 1b.

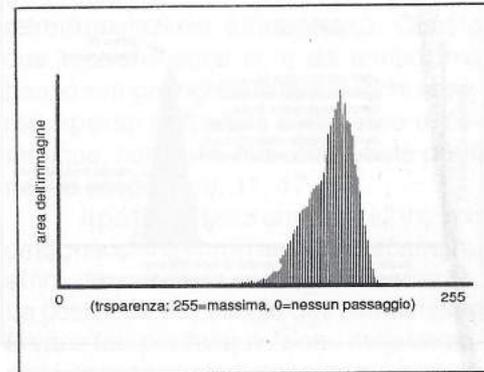




Tabella 1 - Riepilogo dei risultati della ricerca

Paziente	Sesso	Età	Occhio	Picco Massimo	Il Picco	Media
1	M	27	L	140		140
2	M	28	L	147		147
3	F	18	R	178		178
4	F	32	R	154	151	152.5
5	M	26	R	162		162
6	M	21	R	147	144	145.5
7	F	53	R	152		152
8	M	20	R	185		185

Valore Medio di trasmissione luce: 157.75

Negli altri due casi si aveva pure un solo picco, ma bifido (Figura 3b), con una punta di valore più alto ed una di valore inferiore, ma evidente. Si tratta di soggetti in cui il trattamento ha lasciato un'opacità irregolare. Anche qui, tuttavia, la differenza di trasmissione della luce riflessa espressa dai due apici è così lieve da poter essere ragionevolmente assimilata ad un valore unico a metà tra i due. Stiamo eseguendo un'analisi matematica riguardo a questo aspetto della questione, di

cui, però tratteremo in futuro in altra sede.

Il valore di luminanza medio (ottenuto facendo la media del valore medio degli apici dei singoli picchi) era di 157,75/255 (Tabella 1).

Nei soggetti normali si è pure evidenziato un unico picco (Figura 2b).

Per quelli trattati, selezionando un determinato valore all'interno del picco, è stato possibile estrapolarne una mappa dei punti al di sotto di detto valore di trasparenza (Figure 4a e 4b).

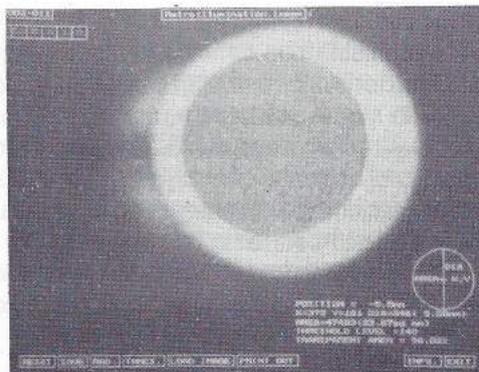


Figura 4a - Stesso caso delle figure 1a e 3a.



Figura 4b - Stesso caso delle figure 1b e 3b.



Discussione

Un primo risultato che balza agli occhi è che in sei casi su otto l'esame ha evidenziato un unico valore di picco, reperto simile ai soggetti normali e che è espressione della sostanziale uniformità della trasparenza corneale residua, pur in presenza di haze, a conferma dell'utilità e dell'accuratezza del trattamento con eccimeri. Anche nei restanti due casi non vi era una grande differenza di trasparenza tra i due apici, come detto prima; comunque, tutti i grafici davano un ristretto numero di dati su cui lavorare, fatto che sottolinea la possibilità di una facile e pratica analisi. Elaborare calcoli, infatti, solamente su uno o pochi picchi, consente di dare ad ogni haze una certa misura (identificabile con l'apice del picco stesso, dato che questo è il valore di trasparenza più rappresentato), che è infinitamente più precisa, standardizzata e valutabile nel tempo di quella ottenibile con le precedenti metodiche.

Inoltre è fondamentale poter richiamare e conservare i dati del paziente anche come immagine fotografica, al fine di uno studio oggettivo da parte di ricercatori diversi, di una documentazione più completa e, ancora, di un più facile controllo nel tempo. La possibilità di eseguire una mappa, poi, ci dà delle informazioni sul centro della zona ottica che, sole, possono spiegare quei casi di visione inferiore alle aspettative con haze moderato o superiore con opacità gravi (4, 8). In più possiamo avere un'idea della qualità visiva del nostro paziente, per esempio studiando l'ampiezza e la disposizione delle zone a maggior trasparenza.

Bisogna pure notare che l'accuratezza dell'immagine da analizzare può essere valutata immediatamente, permet-

tendo sempre di ottenere la migliore possibile per l'archiviazione.

Altro punto a favore è la praticità dell'apparecchio dovuta all'uso di luce infrarossa, con minimo fastidio, massima collaborazione da parte dell'esaminato e massima midriasi naturale, senza alcuna interferenza farmacologica. Inoltre il fatto che la mira all'interno della macchina consente di riprendere immagini in linea con l'asse ottico, sotto diretto controllo dell'operatore, è importante per una migliore riproducibilità dei risultati e per un esame più accurato e finalizzato allo studio della parte di cornea attraversata dall'asse ottico. L'utilizzo di un computer, infine, elimina tutti quei complicati processi quali lo sviluppo del film e la densitometria ottica, legati alla fotografia su pellicola (13).

L'utilizzo dello strumento, poi, è molto semplice e non è necessario che l'operatore sia un ricercatore, un fotografo o, comunque, uno specialista.

La riproducibilità e ripetibilità della metodica dovrebbero essere notevoli. Stiamo eseguendo uno studio sull'argomento; tale ipotesi è comunque avvalorata se si considerano i dati in letteratura, limitati all'uso dell'apparecchio in retroilluminazione nell'esame della cataratta (12).

Conclusioni

Crediamo, concludendo, di aver indicato una nuova strada nel monitoraggio e nello studio dell'haze e una nuova metodica nell'utilizzo dell'EOS-1000, allo scopo di ottenere quell'oggettività e quel rigore scientifico da sempre ricercato dagli utilizzatori del laser ad eccimeri.

Confidando di aver raggiunto lo scopo, affidiamo tale ricerca al consenso dei colleghi.



Riassunto

Proponiamo una metodica di analisi quantitativa computerizzata della trasparenza corneale; in particolare abbiamo studiato l'eventuale opacità (HAZE) presente dopo trattamento della miopia con laser ad eccimeri, al fine di ottenere una misurazione oggettiva, pratica, archiviabile e valutabile nel tempo anche da ricercatori diversi. Attraverso l'EAS-1000, un apparecchio prodotto dalla giapponese Nidek, sono stati esaminati 8 occhi non trattati ed 8 con haze post operatorio, ottenendo un'immagine per retroilluminazione all'infrarosso della cornea che è stata analizzata tramite microprocessore. Abbiamo prodotto in tal modo un diagramma cartesiano che rappresenta la misurazione quantitativa della trasparenza corneale. Tale diagramma era simile (un unico picco) negli occhi non trattati ed in sei occhi operati, a conferma della validità del trattamento con eccimeri, che lascia di solito una certa uniformità della trasparenza corneale, pur in presenza di haze. Due occhi trattati presentavano un picco bifido, ma con un scarto di valore minimo tra i due apici, tanto che ne potremmo considerare il valore medio come unico risultato dell'esame. Su questo argomento stiamo eseguendo una ricerca, sulla quale daremo comunicazione in seguito. La semplicità del grafico consente una facile analisi, interpretazione ed archiviazione dei dati, anche se trovati da ricercatori diversi. E' stato pure possibile costruire una mappa dell'area di cornea trattata, evidenziando, in tal modo, le zone più opache. Questo permette, ad esempio, la valutazione di quei casi con visus migliore o peggiore rispetto a quanto ci si aspetterebbe esaminando l'opacità post trattamento con mezzi ottici usuali, quali la lampada a fessura.

Parole chiave: Scheimpflug photography, fotografia in retroilluminazione, analisi d'immagine, riproducibilità, ripetibilità, densitometria, segmento anteriore dell'occhio, computer, miopia, cheratectomia fotorefrattiva, laser ad eccimeri, haze.

Bibliografia

- 1) **Adamsons I., Taylor I.K., Enger C., Taylor R.H.:** A new method for documenting lens opacities. American Journal of Ophthalmology, 111: 65-70, 1991.
- 2) **Baez A.K., Orengo S., Gangham S., Spaeth L.G.:** Intraobserver and interobserver reproducibility of the Nidek EAS-1000 anterior eye segment analysis system. Ophthalmic Surgery, 23 (8): 426-428, 1992.
- 3) **Ficker A.L., Bates K.A., McG. Steele D.A., Lyons J.C., Milliken B.A., Astin C., Slattey K., Kirkness M.C.:** Excimer laser photorefractive keratectomy for myopia: 12 months follow-up. Eye, 7: 617-624, 1983.
- 4) **Gartry S.D., Kerr Muir G.M., Marshall J.:** Excimer laser photorefractive keratectomy. Ophthalmology, 99: 1209-1219, 1992.
- 5) **Kampfer T., Wegener A., Dragomirescu V., Hockwin O.:** Improved biometry of the anterior eye segment. Ophthalmic Res., 21: 239-248, 1989.
- 6) **Kojima M., Sasaki K.:** Application of a new Scheimpflug camera (EAS-1000) to animal cataract models. Ophthalmic Res.,



- 24 (suppl. 1): 3-9, 1992.
- 7) Lohmann C., Gartry D., Kerr Muir M., et al.:** 'Haze' in photorefractive keratectomy. Its origins and consequences. *Laser Light Ophthalmol.*, 4: 15-34, 1991.
- 8) McDonald B.M., Liu C.J., Byrd J.T., Abdelmegeed M., et al.:** Central photorefractive keratectomy for myopia - partially sighted and normally sighted eyes. *Ophthalmology*, 98: 1327-1337, 1991.
- 9) Meinel R. Ulf:** Comparison between digital and analog image analysis of Scheimpflug photographs. *Ophthalmic Res.*, 22 (suppl.): 71-73, 1990.
- 10) Miglior M., Bagolini B., Boles Carenini B., Orzalesi N., Scullica L., Zingirian M.:** *Oftalmologia Clinica*. Monduzzi Editore.
- 11) Miyauchi A., Mukai S., Sakamoto Y.:** A new analysis method for cataractous images taken by retroillumination photography. *Ophthalmic Res.*, 22 (suppl.): 74-77, 1990.
- 12) Sakamoto Y., Sasaki K., Nakamura Y., Watanabe N.:** Reproducibility of data obtained by a newly developed anterior eye segment analysis system, EAS-1000. *Ophthalmic Res.*, 24 (suppl. 1): 10-20, 1992.
- 13) Sasaki K., Sakamoto Y., Shibata T., Emori Y.:** The multi-purpose camera: a new anterior eye segment analysis system. *Ophthalmic Res.*, 22 (suppl. 1): 3-8, 1990.
- 14) Sher A.N., Chen V., Bowers A.R., Frantz M.J., et al.:** The use of the 193-nm excimer laser for myopic photorefractive keratectomy in sighted eyes - a multicenter study. *Arch. Ophthalmol.*, 109: 1525-1530, 1991.
- 15) Shibata T., Sasaki K., Sakamoto Y., Takahashi N.:** Quantitative chamber angle measurement utilizing image-processing techniques. *Ophthalmic Res.*, 22 (suppl.): 81-84, 1990.
- 16) Shyn K.H., Kim H.C., Kim J.C.:** A photodocumented study on lens thickness and densitometric value according to the type of cataract. *Ophthalmic Res.*, 24 (suppl. 1): 32-35, 1992.
- 17) Vivino A.M., Chintalagiri S., Trus B., Datiles M.:** Development of a Scheimpflug slit lamp camera system for quantitative densitometric analysis. *Eye*, 7: 791-798, 1993.
- 18) West K.S., Rosenthal F., Newland S.H., Taylor R.H.:** Use of photographic techniques to grade nuclear cataracts. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 29 (1): 73-77, 1988.