e S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv.in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 DCB Bologna

BOLLETTINO DI OCULISTICA

ITALIAN OPHTHALMOLOGICAL BULLETIN

ANNO 83 - N. 3 - 2004

DIRETTORE
Prof. José Pecori Giraldi

Cappelli Editore
BOLOGNA

LO SPESSORE CORNEALE COME INDICE DI VALUTAZIONE DEL TONO OCULARE

CORNEAL THICKNESS AS AN INDEX IN THE EVALUATION OF OCULAR TONE

A. LUCENTE

Specialista in Oftalmologia
Castrovillari-Italy

RIASSUNTO

Scopo del lavoro:
a) verificare come lo spessore corneale sia variabile nella popolazione sana per tono rilevato;
b) verificare quanto lo spessore corneale può influenzare il dato tonometrico;
c) verificare quanto correggere il tono oculare in base al valore pachimetrico rilevato;
d) individuare il modo più pratico per arrivare a determinare il giusto tono oculare individuale.
Si studiano dei campioni di pazienti diversi per tono giudicati sani dall'osservatore.
Ogni 10 micron di variazione rispetto alla pachimetria media si deve adeguare il tono oculare di 0,56 mmHg in più o in meno rispetto al tono rilevato.
Si delineano, con una rivalutazione del corretto tono oculare misurato, nuove identità cliniche e linee terapeutiche, nel panorama variegato del glaucoma e dell'ipertensione oculare.

PAROLE CHIAVE: *Tono oculare, pachimetria, tonometria integrata, modulo elastico corneale.*

ABSTRACT

It is the purpose of this study to a) verify how corneal thickness is variable in the healthy population with the tone indicated; b) verify how much corneal thickness can influence the tonometric findings; c) verify how much to correct ocular tone based on the pachymetric value observed; d) determine the most practical method to evaluate correct individual ocular tone.
Samples for tone taken from different patients judged to be healthy by the observer are studied. Every 10 microns of variation in relation to mean pachymetry must be adapted to ocular tone of 0.56 mmHg more or less in relation to the tone observed. Based on a re-evaluation of correct ocular tone measured new clinical identities and therapeutic trends in the field of glaucoma and ocular hypertension are delineated.

KEY WORDS: *Ocular tone, pachymetry, integrated tonometry, elastic corneal module.*

Introduzione

Gli studi dell'Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) hanno ormai definitivamente rilevato che lo spessore corneale è determinante per la più giusta valutazione del tono rilevato dalla tonometria, specialmente nel definire come più a rischio i pazienti con cornee più sottili a parità di valore di pressione oculare.

Introduction

Studies conducted for the Ocular Hypertension Treatment Study have definitively revealed that corneal thickness is essential to a correct evaluation of tone measured by tonometry, particularly when it comes to defining how patients with thinner corneas with the same ocular pressure are more at risk.

La tonometria ad applanazione di Goldmann che dal 1957 usiamo per misurare il tono oculare, si basa sulla legge di Imbert-Fick, per cui la cornea è considerata come una membrana fotografica senza resistenza alle sollecitazioni di forze esterne, esercitate nel caso del tonometro ad applanazione, dal pistoncino del tonometro di Goldmann.
Tale semplificazione fisica è stata necessaria per arrivare comunque ad un risultato prossimo alla verità, senza complicazioni derivanti dallo spessore e dalla curvatura della cornea stessa.
Di questa approssimazione ne era consapevole lo stesso Goldmann, ma dall'introduzione del suo tonometro ad applanazione, tali limiti non sono ancora stati superati.
Ehlers nel 1975 individuò che lo spessore era determinante nella valutazione del tono oculare e propose una tabella di conversione che rapportava il valore tonometrico al dato pachimetrico del singolo paziente, con una correzione di 0,7 mmHg ogni 10 micron di variazione dal valore medio pachimetrico che era di 520 micron nella sua casistica.
Altri autori come Dougthy e coll. nel 2000, Feltgen e coll. nel 2001 ed altri ancora, hanno trovato differenti parametri di correlazione con lo spessore. Questi autori considerano veritieri aggiustamenti di 0,2 mmHg circa ogni 10 micron di variazione dello spessore, rispetto al dato medio pachimetrico.
L'Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) ha resi noti i dati clinici su pazienti ipertesi oculari seguiti (1636 pazienti in tutto) per un periodo di 5 anni e, tra quelli diventati glaucomatosi (9,1%) dell'intero gruppo, è emerso, come parametro predittivo per i danni glaucomatosi, lo spessore corneale come nuovo indice da tenere in giusta e nuova considerazione.
Gordon e Brandt nel 2002 hanno evidenziato in modo particolare l'importanza di tale parametro nell'ambito di questo fondamentale studio.
In particolare hanno rilevato che per ogni 40 micron di assottigliamento corneale esiste il 71% in più di possibilità di avere danni al nervo ottico, rispetto agli ipertesi che, durante lo stesso periodo di osservazione, avevano uno spessore corneale maggiore, naturalmente sempre a parità di valore tonometrico rilevato.
Visto che il dato pachimetrico e forse anche anatomico, è fondamentale nella gestione del paziente iperteso e glaucomatoso, e più in generale di ogni paziente che effettua una comune visita oculistica, dal 2000 ho iniziato uno studio clinico e statistico per verificare la dipendenza della pressione oculare dalla pachimetria e dalla curvatura.

Goldmann applanation tonometry that we have been using since 1957 to measure ocular tone is based on the Imbert-Fick law, so that the cornea is considered to be a photographic membrane without resistance to stress of outside forces, exerted in the case of applanation tonometry using the Goldmann tonometer's probe.
This physical simplification was necessary to arrive at a result that was close to the truth, without complications deriving from the thickness and the curvature of the cornea itself.
Goldmann himself was aware of this approximation, but since the introduction of his applanation tonometer these limits still have not been overcome.
In 1975, Ehlers stated that thickness is determined in the evaluation of ocular tone and proposed a conversion table that related the tonometric value to the pachymetric value for each individual patient, with a correction of 0.7 mmHg every 10 microns of variation from the mean pachymetric value that was 520 microns in his series.
Other authors, like Dougthy et al. in 2000, and Feltgen et al. in 2001 and still others, have observed different parameters for correlation with thickness.
These authors consider adjustments equal to 0.2 mmHg about every 10 microns of variation in thickness to be correct, as compared to the mean pachymetric value.
The Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) has revealed clinical data for patients with ocular hypertension (1636 patients in all) observed for a period of 5 years.
Of those that became glaucomatous (9.1%), corneal thickness as a new index to be considered emerged as a predictive parameter for glaucoma.
In 2002, Gordon and Brandt revealed the particular importance of this parameter within this essential study.
In particular, they revealed that for every 40 microns of corneal thinning there is a 71% chance of having damage to the optic nerve, as compared to hypertense subjects who, during the same period of observation, had a greater corneal thickness, naturally always equal to the tonometric value observed.
As the pachymetric data is perhaps also anatomical, it is essential in the management of the hypertense and glaucomatous patient, and more generally in each patient that has a routine eye examination. Since 2000, I began a clinical and statistical study to verify the dependence of ocular pressure on pachymetry and curvature.

Materiali e metodi

Si è misurato il tono oculare a 514 pazienti tutti di razza bianca, giudicati sani dall'osservatore, di età varia da 6 a 84 anni, non sottoposti ad alcuna procedura chirurgica oftalmologica, con tonometria ad applanazione di Goldmann, allo stesso orario (dalle 8 alle 11), per almeno tre volte, a distanza di tempo variabile da 7 a 30 giorni di intervallo tra le varie misurazioni, eseguite con la stessa strumentazione in tutti pazienti e dallo stesso operatore. Si è preso come riferimento il tono medio rilevato e si sono scartati i pazienti che presentavano una differenza di tono tra i due occhi superiore a due millimetri di mercurio (una tacca alla ghiera circolare del tonometro ad applanazione).
Si sono suddivisi i pazienti in due gruppi di età: maggiore o minore di anni 30.
Si sono estrapolati dal gruppo complessivo, i pazienti che avevano un tono oculare uguale o maggiore di 18 mmHg, cioè gli ipertesi, ma sempre giudicati sani dall'osservatore e si è verificato il tono e la pachimetria media di tale gruppo.
Si è studiato infine un nuovo gruppo di 204 pazienti con 12 mmHg di tono oculare o inferiore e verificato la loro pachimetria ed il tono medio.
Il pachimetro usato per tutti i pazienti è un pachimetro a ultrasuoni a contatto (Altair Opticon) ed il valore è preso al centro dell'area pupillare della cornea, facendo guardare il paziente, previamente anestetizzato con novocaina allo 0,4% (una sola goccia nel sacco congiuntivale), in posizione primaria, e puntando la penna del pachimetro perpendicolarmente all'area corneale centrale pupillare. I valori pachimetrici sono stati presi come valore medio tra i due occhi di ciascun paziente, venendo scartati i pazienti con differenze superiori a 5 micron tra i due occhi, trovando d'altra parte, molto raramente differenze significative tra le due cornee dei singoli pazienti studiati (sono stati scartati solo quattro pazienti tra tutti quelli presi globalmente in considerazione nello studio, avendo un valore superiore a 5 micron tra le due cornee).
I dati complessivi sono stati analizzati con il metodo dei minimi quadrati per correlare il tono con la pachimetria.

Risultati

Dal grafico dei minimi quadrati si è evidenziato una correlazione di R^2 del 27%. Ciò significa che la retta di regressione tracciata e trovata giustifica solo il 27% di tutti i dati osservati e che quindi, il valore pachimetrico può determinare una

Material and methods

Ocular tone was measured in 514 white patients judged to be healthy by the observer, with age ranging from 6 to 84 years, not submitted to any opthalmologic surgical procedure, with Goldmann applanation tonometry, at the same time (from 8 to 11), at least 3 times, with an interval of 7 to 30 days between the various measurements, using the same instrumentation in all of the patients and by the same operator. Mean tone measured was taken as a reference and patients who presented with a difference in tone between the two eyes that was greater than 2 millimeters of mercury (one mark on the circular dial of the tonometer of the applanation tonometer).
The patients were divided by age: over or under 30 years.
Patients with an ocular tone that was equal to or greater than 18 mmHg, that is hypertense patients, but always judged to be healthy by the observer, were extrapolated, and we observed tone and mean pachymetry for the group.
A new group of patients was then studied, numbering 204 with 12 mmHg or less of ocular tone, and we verified their pachymetry and mean tone.
The pachymetry used for all of the patients was a contact ultrasound pachymetry (Altair Opticon) and the value is taken from the center of the pupillary area of the cornea, asking the patient who has previously been anesthetized with novocaine 0.4% (1 drop in the conjunctival sac), in a primary position, and pointing the pen of the pachymeter perpendicualr to the central pupillary corneal area. Pachymetric values were taken as a mean value between the two eyes of each patient. Patients with a difference exceeding 5 microns between the two eyes were eliminated; we rarely found significant differences between the two corneas for the individual patients studied, as they had a value that exceeded 5 microns between the two corneas).
Overall data were analyzed using the method of minimum squares to correlate tone with pachymetry.

Results

The graph of minimum squares showed a correlation of R^2 equal to 27%. This means that the regression staight line traced and found justifies only 27% of all of the data observed and that the pachymetric value may thus determine a

variazione del tono rilevato del 27%. Si deve correggere il valore tonometrico di 0,56 mmHg ogni 10 micron di variazione rispetto al valore medio pachimetrico, che è di 554 micron.
Il valore pachimetrico tra i diversi gruppi e soprattutto tra gli ipertesi con tono oculare uguale o maggiore di 18 mmHg ed i pazienti con tono inferiore o uguale a 12 mmHg, è sensibilmente diverso e statisticamente rilevante. Si fa presente la necessità di progettare una strumentazione per il rilievo del tono oculare idonea, condividendo i dati dello spessore e della curvatura corneale in un algoritmo che, riferendosi ad un Data Base, possa arrivare alla determinazione del tono oculare individuale, scevro da influenze anatomiche della cornea. A tal proposito l'autore ha presentato richiesta per brevetto nazionale (2002) ed internazionale (2003).

Discussione

Il dato pachimetrico è definitivamente emerso come fondamentale nell'OHTS per la valutazione dei pazienti ipertesi.
Il primo intento di questo lavoro è di determinare il valore pachimetrico medio di un pool di pazienti (fig. 1, fig. 2), ritenuti sani dall'osservatore, con un tono oculare non superiore a 27 mmHg.
I pazienti in studio hanno evidenziato un valore pachimetrico medio di 554 micron, come altri studi hanno da tempo individuato come valore pachimetrico medio di soggetti sani presi a caso, senza patologie oculari.
È stato trovato in questo gruppo un valore tonometrico medio di 16 mmHg.

variation in tone observed equal to 27%. Tonometric value must be corrected 0.56 mmHg every 10 microns of variation as compared to the mean pachymetric value, that is, 554 microns.
The pachymetric value between the different groups and above all between hypertense patients with ocular tone that was equal to or greater than 18 mmHg and patients with a tone that was less than or equal to 12 mmHg is sensitively different and statistically relevant.
We observe the need to plan instrumentation for the finding of suitable ocular tone, dividing the data for corneal thickness and curvature in an algorithm that, referring to a data base, may arrive at the determination of individual ocular tone, without anatomical influences of the cornea.
For this purpose the author has presented a request for national (2002) and international (2003) patents.

Discussion

The pachymetric data definitively emerged as essential to OHTS for an evaluation of hypertense patients.
The first purpose of this study was to determine the mean pachymetric value for a pool of patients (Fig. 1, Fig. 2), believed by the observer to be healthy, with an ocular tone that did not exceed 27 mmHg.
The patients in the study showed a mean pachymetric value of 554 microns, as in other studies that have for some time now shown the mean pachymetric value in healthy subjects studied at random without eye pathologies.

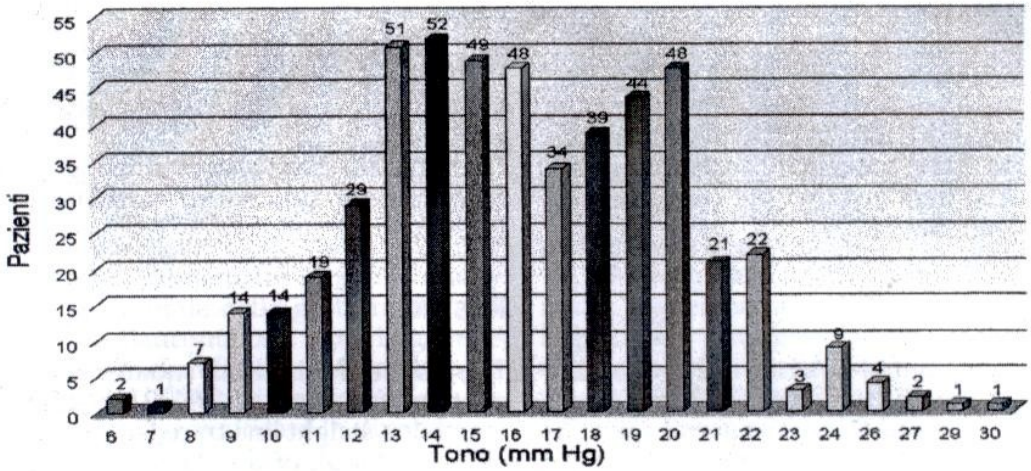


Fig. 1 - 514 pazienti per valore di Tono misurato.

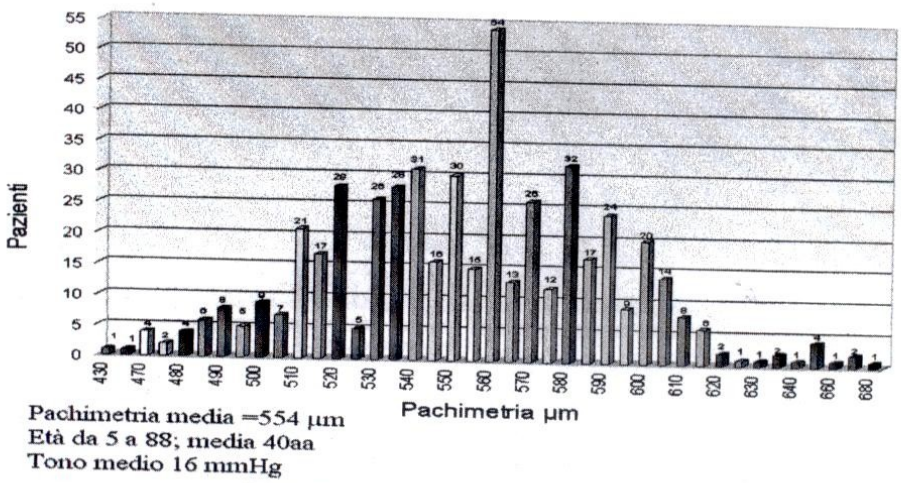


Fig. 2 - 514 pazienti per valore pachimetrico.

I pazienti con tono uguale o superiore a 18 mmHg (fig. 3, fig. 4), estrapolati dal gruppo complessivo, presentano una pachimetria media di 574 mmHg, significativamente diversa dalla media dei pazienti con tono medio di 16 mmHg e pachimetria di 554 micron. Questi pazienti ipertesi hanno un valore pachimetrico medio che nel 75% è superiore a 550 micron, valore che si riscontra invece nella popolazione globalmente considerata, con tono oculare medio di 16 mmHg.
I pazienti di questo gruppo di ipertesi hanno un tono medio di 20 mmHg.
Già questa differenza sembra non trascurabile ai fini di una possibile relazione tra il tono e lo spessore corneale.

A tonometric value of 16 mmHg was found in this group.
Patients with tone that was equal to or greater than 18 mmHg (Fig. 3, Fig. 4), extrapolated from the overall group, present a mean pachymetry of 675 mmHg, which is significantly different from the mean for patients with a mean tone of 16 mmHg and pachymetry of 554 microns. These hypertense patients have a mean pachymetric value that in 75% is greater than 550 microns, a value that is instead observed in the overall population considered, with a mean ocular tone of 16 mmHg.
The patients in this group of hypertense subjects has a mean tone of 20 mmHg.
This difference does not seen negligible for the

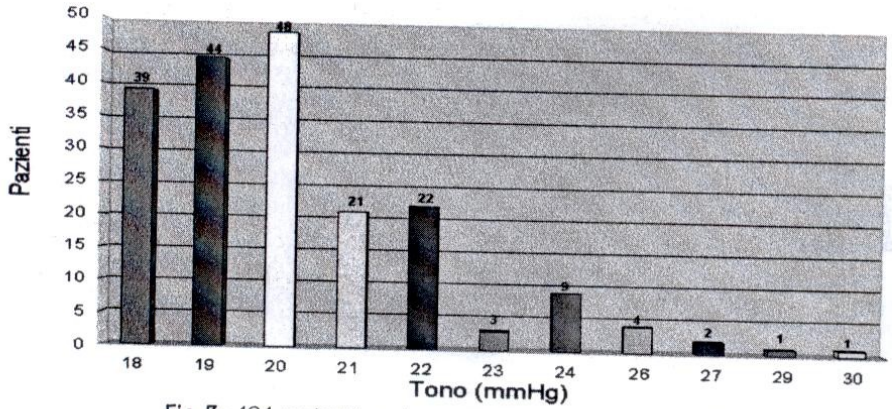


Fig. 3 - 194 pazienti con tono superiore ≥ 18 mmHg (dai 514).

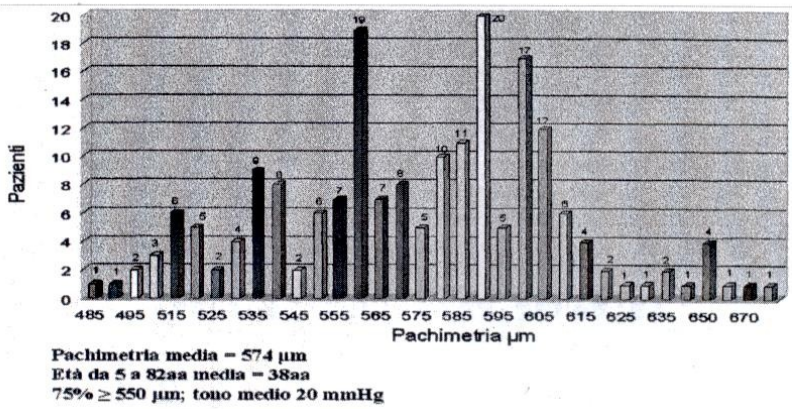


Fig. 4 - Paki su 194 pazienti con tono ≥ 18 mmHg (dai 514).

Per contro i 204 pazienti ipotesi oculari (fig. 5, fig. 6), omogenei al gruppo preso in studio precedentemente sia per età che per distribuzione del sesso e della razza, giudicati sani dall'osservatore, mostrano un valore tonometrico medio di 10 mmHg ed un valore di spessore medio di 516 micron, ben 58 micron più sottile del gruppo degli ipertesi. Solo il 15 % di questi pazienti hanno una pachimetria uguale o superiore a 550 micron; nel 85% hanno valori di spessore corneale più bassi, anche in maniera considerevole. Questa differenza pachimetrica e tonometrica è non irrilevante statisticamente ed anche dal punto di vista clinico.
Con il metodo dei minimi quadrati una relazione tra il tono e lo spessore corneale è stata evidenziata con una retta di regressione che cresce al crescere dello spessore, trovando una correzione del dato tonometrico ogni 10 micron di

purposes of a possible relationship between tone and corneal thickness.
On the contrary, the 204 patients with ocular hypertension (Fig. 5, Fig. 6), homogeneous to the group taken into consideration previously in terms of age, and distribution of sex and race, judged to be healthy by the observer, showing a mean tonometric value of 10 mmHg and a mean value for thickness equal to 516 microns, as many as 58 microns thinner than in the hypertense group. Only 15% of these patients had a pachymetry that was equal to or greater than 550 microns; in 85% they had lower values for corneal thickness, even to a considerable extent.
This pachymetric and tonometric difference is not statistically irrelevant even from a clinical point of view.
Using the method of minimal squares a rela-

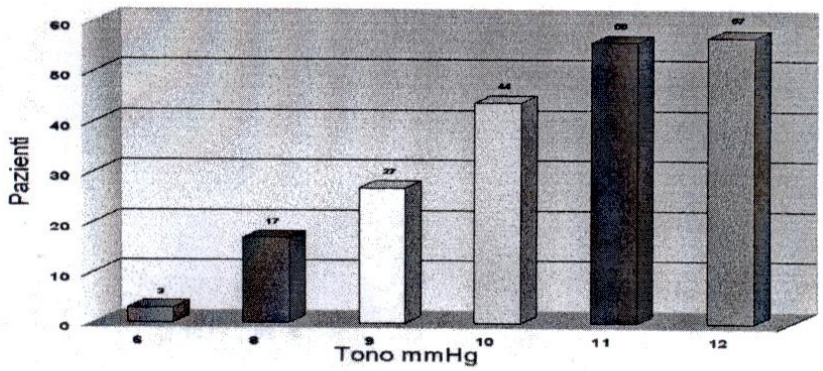
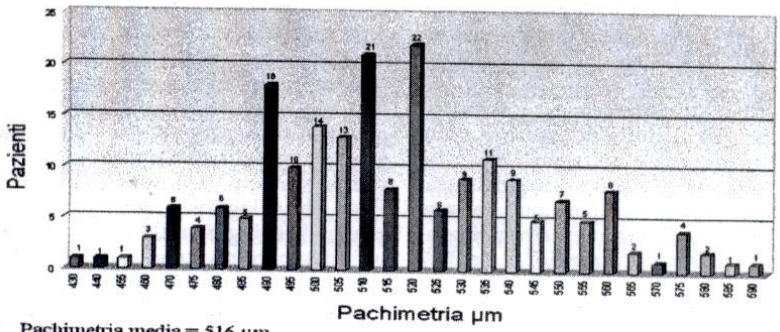


Fig. 5 - 204 pazienti con tono ≤ 12 mmHg (nuovo gruppo).

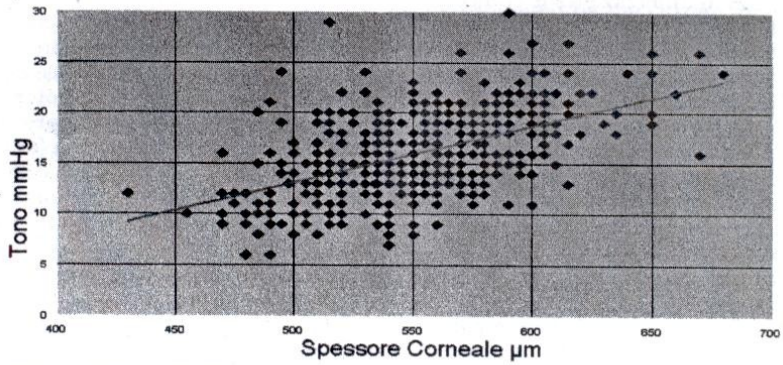
variazione, rispetto alla pachimetria media di 554 micron, di 0,56 mmHg (fig. 7) .
Tale correzione è meno forte rispetto a quella di Ehlers che è di 0.7mmHg ogni 10 micron di variazione dello spessore medio, che nel suo studio del 1975 era di 520 micron.
Il dato tonometrico quindi perde di importanza come dato assoluto e veritiero sia nell'individuare correttamente i veri pazienti ipertesi che quelli normali, con dati tonometrici spesso alti, perchè rilevati in cornee di spessore elevato o, viceversa, rilievi di toni falsamente bassi, perché rilevati su cornee poco spesse.
Così anche nella diagnosi di glaucoma normotensivo, prescindere dal dato pachimetrico e

tionship between tone and corneal thickness was observed with a regression straight line that grows as thickness grows, finding a correction of the tonometric data every 10 microns of variation, as compared to the mean pachymetry of 554 microns of 0.56 mmHg (Fig. 7).
This correction is less strong if compared to that of Ehlers which is 0.7 mmHg every 10 microns of variation in mean thickness, which in his study conducted in 1975 was 520 microns.
Thus, the tonometric data loses importance as an absolute and true data in correctly determining patients with hypertension and normal ones, with tonometric values that are often high, because they are observed in corneas of



Pachimetria media = 516 µm
Età da 5 a 86aa media = 40aa
15%≥ 550 µm; tono medio 10 mmHg

Fig. 6 - 204 pazienti con tono ≤ 12 mmHg (nuovo gruppo).



Tono = -14,63 + 0,056 Paki ; (tono = a + b Paki + e)
± 0,56 mmHg ogni 10 µm
514 pazienti osservati
Pachimetria media 554 µm

Fig. 7 - Dipendenza Tono-Spessore.

della curvatura della cornea sembra, con i dati a nostra disposizione, oltremodo approssimativo ed erroneo.
Anzi, prescindere da questi dati, cioè dal rilievo dello spessore e della curvatura, deve far escludere la possibilità di porre diagnosi di glaucoma sine-ipertensione.
Questa patologia, alla luce dei dati emersi dagli studi pubblicati e da questa ricerca, deve essere completamente rivista e ristudiata, acquisendo dignità di patologia originale ed a sé stante, solo se non si prescinde dalle caratteristiche anatomiche corneali nella rilevazione del dato tonometrico.
Trovare papille glaucomatose con toni normali non sarà, da ora in poi, sufficiente ad etichettare un paziente glaucomatoso come glaucoma normotensivo, anche se presenta contemporaneamente quei caratteri di patologia generale tanto frequenti in questi pazienti, cioè ipotensione arteriosa, fenomeno di Raynaud, placche alle carotidi ecc.
Anche il giudizio diagnostico e terapeutico cambia tenendo conto dello spessore e della curvatura nel giudizio sul tono indicato dalla tonometria. Nella mia casistica, con lo studio statistico effettuato, il tono oculare può variare, rispetto al dato rilevato dal *tonometro* nei confronti del valore pachimetrico medio, di un 30% circa.
Questo risultato vuol evidenziare come il giudizio clinico sul valore tonometrico di un paziente può cambiare notevolmente, considerando anche il dato anatomico corneale specifico.
La differenza dello spessore corneale e del tono tra i diversi gruppi presi in considerazione non è irrilevante statisticamente.
Trovare 58 micron di differenza tra le cornee dei pazienti ipertesi e dei pazienti ipotesi non mi sembra dato secondario, soprattutto se si tiene conto dei dati dell'OHTS, dai quali emerge che già una differenza di 40 micron di spessore in meno rispetto alla media, determina un aumento del 71% in più di possibilità di danno sul nervo ottico tra i pazienti ipertesi a distanza di 5 anni che presentano queste cornee sottili, rispetto ai pazienti con identico valore tonometrico, ma con cornee più spesse.
La necessità di una misura dello spessore corneale è quindi indispensabile per una giusta valutazione del reale valore tonometrico e per un più affidabile giudizio prognostico.
È chiaro che misurare a tutti la pachimetria può risultare difficile e non sempre possibile, soprattutto nelle strutture pubbliche.
Ma l'importanza di valutare il giusto dato tonometrico ci deve spingere quantomeno a porci il

elevated thickness or, on the contrary, findings for falsely low tones, because they are observed in corneas that are not very thick. Thus also in a diagnosis of normotensive glaucoma, apart from the pachymetric data and curvature of the cornea seems, with the data available, too approximate and erroneous.
Rather, if we do not consider these data, that is, findings for thickness and curvature, we may exclude the possibility of diagnosing glaucoma without hypertension.
In light of the data that emerged from the studies published and from this research study, this pathology must be completely considered once again, returning to the original pathology in itself only if we do not move away from the anatomical corneal features in the observation of tonometric values.
From now on, finding glaucomatous papillas with normal tones will not be sufficient to label a patient glaucomatous, as glaucoma with normal tension even if it presents at the same time features of general pathology that are so frequent in such patients, that is arterial hypotension, Raynaud's phenomenon, plates in the carotids, etc.
Even the diagnostic and therapeutic results change keeping in mind thickness and curvature in judgement on tone indicated by tonometry. In my series, with the study conducted, ocular tone may vary, in relation to the data observed by *tonometry* as compared to mean pachymetric value, by about 30%.
This result shows how a clinical opinion on tonometric value in a patient can change considerably, also considering the specific anatomical corneal data.
The difference between corneal thickness and tone in the different groups taken into consideration is not statistically irrelevant.
To find 58 microns of difference between corneas in hypertense and hypotense patients does not seem to be of secondary importance, particularly if we consider data for OHTS from which it emerges that there is a difference of 40 microns in thickness less as compared to the mean value, determined by an increase by 71% more chance of damage to the optic nerve in hypertense patients after 5 years who present thin corneas, as compared to patients with an identical tonometric value, but with thicker corneas.
The need to measure corneal thickness is therefore indispensable for a correct evaluation of real tonometric value and for a more reliable prognosis.
It is evident that measuring pachymetry in

quesito se lo spessore corneale è nella media, già con un approssimato giudizio alla lampada a fessura, che può avvertirci se siamo in presenza di uno spessore troppo alto o basso o di una cornea troppo curva o piatta, troppo ampia o piccola. Naturalmente è questo un primo giudizio clinico assolutamente approssimativo e si rende necessario, in un secondo tempo, un esame più preciso dello spessore e della curvatura corneale.
Infatti il dato della curvatura e dell'ampiezza bianco-bianco, non è da trascurare, anche se meno importante dello spessore, per quanto riguarda la loro possibile influenza sul tono rilevato.
A parità di spessore, un maggiore diametro bianco-bianco corneale, può far flettere maggiormente la cornea alla forza esterna che agisce sulla sua superficie; così una maggiore curvatura darà più resistenza alla cornea stessa che si fletterà meno, con più elevati e falsi valori al tonometro. Non trascurabile è la possibilità di riscontro nella pratica clinica di cheratoconi iniziali, che possono falsare in senso di una diminuzione il tono rilevato al tonometro. Anche il riscontro di toni ai limiti della norma deve far ben pensare se vengono rilevati su cornee con un diametro bianco-bianco molto ampio, come nei pazienti miopi, specialmente se miopi elevati, perché queste valutazioni tonometriche potrebbero essere sottostimate, per la eccessiva flessibilità corneale presente in questi pazienti, sempre a parità di spessore.
Sia nel caso di cheratoconi iniziali con spessori corneali conservati, che dei pazienti miopi elevati, il valore tensionale rilevato potrebbe essere quindi sottostimato dall'attuale tonometro ad applanazione con conseguente possibilità di futuri danni papillari.
Come si può ben intuire il problema da affrontare in futuro sarà quello di avere tonometri sempre più efficaci, che valutino contemporaneamente anche il dato pachimetrico e della curvatura corneale, in un algoritmo che elabori, sulla base di Data-Base in archivio, il dato tonometrico individuale, per arrivare infine al tono integrato individuale.
Dalla disamina dei pazienti si evince altresì che quelli con età minore di 30 anni hanno valori pachimetrici superiori a quelli con età superiore a 30 anni (tab. I). Tale differenza è di ben 33 micron a favore dei pazienti più giovani e ciò può giustificare il più frequente riscontro di ipertoni in tale gruppo, per il frequente riscontro di cornee maggiormente spesse, rispetto ai pazienti con età più matura.
D'altra parte, ritrovare nei meno giovani spessori corneali più bassi, fa considerare che il tono

everyone may be difficult and not always possible, particularly in public structures.
But the importance of evaluating the correct tonometric data must at least encourage us to ask the question whether the corneal thickness is average, based on the previous approximate measurement obtained y the lampada a fessure, that may tell us if there is too much thickness or too little thickness in a cornea that is too curved or too flat, too broad or too small. Naturally, this is a first absolutely approximate clinical evaluation and we also need a more accurate examination of corneal thickness and curvature.
In fact, the data for curvature and white-white width is not negligible, even if it is less important than thickness, in terms of their possible influence on the tone observed.
With the same thickness, more corneal white-white diameter can make the cornea flex more to the outside force that acts on its surface; thus, more curvature can provide the cornea with more resistance that will flex less, with higher and falser values with the tonometer. What is not negligible is the possible finding in clinical practice of initial keratocones, that can falsify data in the sense of decreasing values for tone observed by tonometry. The finding of tones at the limit of normal must also interest us if they are found on corneas with a very wide white-white diameter, as in myopic patients, particularly if they are very myopic, because these tonometric evaluations could be underestimated, because of the excessive flexibility of the cornea present in such patients, with the same thickness. In the case of initial keratocones with preserved corneal thickness and in patients with high myopia, the value for tension could be underestimated by the current applanation tonometer with consequent possibility of future papillary damage.
It may clearly be intuited that the problem to be dealt with in the future is that of having tonometers that are more and more efficient, that evaluate at the same time the pachymetric data and that for corneal curvature, in an algorithm that elaborates, on the basis of the data base on file the individual tonometric data in order to arrive at a whole individual tone.
An analysis of the patients also tells us that those under 30 years of age have pachymetric values that are greater than those of patients over 30 years of age (Table I). This difference is as many as 33 microns in favor of younger patients and this may justify the more frequent finding of hypertones in this group, because of the frequent finding of thicker corneas as compared to what is observed in older patients.

Tab. I - *Valori a confronto per differenza di età dei 514 paz.*

Pazienti		Età < di anni 30	Età > di anni 30
		216	298
Paki	Medio	**569**	**536**
	Minimo	470	430
	Massimo	680	615
Tono	Medio	17	17
	Minimo	6	7
	Massimo	30	29

misurato mediamente sia sottostimato rispetto alla realtà e, quindi, più pericoloso ai fini della sua influenza sulla citoarchitettonica papillare.
La cornea ha una propria resistenza, che dipende dallo spessore e dalla curvatura.
La struttura corneale ha cioè un proprio modulo elastico e risponde alle forze esterne con una proporzionata resistenza, fortemente dipendente dallo spessore.
Quanto più la cornea è spessa tanto più resiste alle sollecitazioni esterne con un valore che è, per le strutture elastiche in genere, da considerare con un valore al cubo.
Queste considerazioni emergono sempre più con forza ed evidenza dagli studi multicentrici effettuati ed anche dai risultati di questo studio.
Il tono oculare dovrà essere riconsiderato e diversamente rilevato per riacquistare il significato che gli è proprio, di cardine principale ed indispensabile nella valutazione dei pazienti glaucomatosi ed ipertesi oculari e, in generale, di ogni soggetto sottoposto a visita oculistica.

Conclusioni

Il progresso tecnologico determina ogni giorno nuove conoscenze ed applicazioni sempre più sofisticate sono a nostra disposizione per fini diagnostici e di approfondimento clinico, con indubbie ricadute terapeutiche.
Anche nel glaucoma sono a nostra disposizione oggi nuovi strumenti per lo studio del nervo ottico, con la possibilità di determinare sempre più precocemente danni iniziali dovuti alla pressione oculare.

On the other hand, finding in younger patients lower corneal thicknesses leads us to consider that the tone measured on the average is underestimated in relation to reality and thus more dangerous in terms of its influence on papillary cytostructure. The cornea has its own resistance, that depends on thickness and curvature. Thus, corneal structure has an elastic modulus and it responds to outside forces with proportionate resistence, strongly dependent on thickness.
The thicker the cornea the more it resists outside stress with a value that, in elastic structures in general, may be considered a value per cube.
These considerations are increasingly important backed up by multicentric studies conducted and also by the results of this study. Ocular tone must be reconsidered and observed differently in order to once again acquire its significance as a principal and indispensable hinge in the evaluation of patients with glaucoma and ocular hypertension and in general n subjects submitted to eye examination.
teolytic enzymes and has a violent toxic action that is comparable to that of curare.
In the case observed by us, despite the fact that medical treatment was immediate, the severe clinical findings are certainly provoked by the irritating substances of the sap which are of an isoprenoidic nature, have liofile characteristics, and present affinities for membrane lipids, thus easily penetrating the inside of the cells.
In the case described it is presumed that the previous refractive treatment represented an unfavorable factor, thus provoking the severe clinical findings.
Refractive surgery, thus, did not result in a delay in stromal scarring as two years from treatment had already gone by or of the epithelial one more than one month after PRK as much as in the general sense of weakening of the ocular surface that allowed the sap greater penetration and thus greater toxic action.

Conclusions

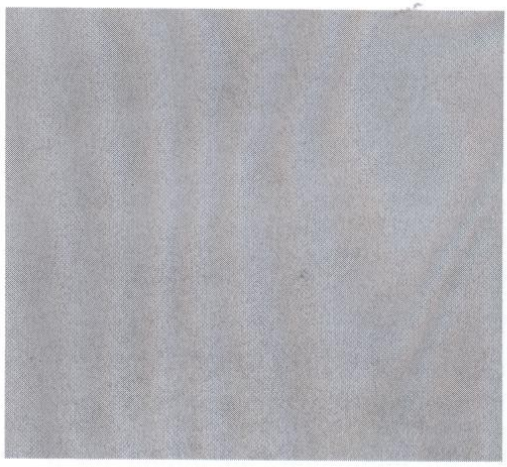
Progress in technology means that each day there is new knowledge and there are new applications that are increasingly sophisticated available to us for diagnosis and clinical study, without doubtless advantages for therapy.
For glaucoma, too, we have new instruments for the study of the optic nerve with the possibility of determining early initial damage due to eye pressure.
These instruments, such as OCT, HRT and GdX,

Questi strumenti come l'OCT, l'HRT, il GdX, ci offrono una visione oggettiva dello spessore delle fibre ottiche e del diametro del disco, offrendo informazioni preziose sui vari rapporti tra l'escavazione e la rima neurale.
Enormi sono quindi i dati a disposizione dell'oftalmologo per giudicare sempre più correttamente un paziente e decidere la terapia.
È chiaro che questi dati sono ormai sempre più indispensabili per un corretto giudizio clinico e prognostico.
La determinazione dello spessore corneale sta entrando nella routine clinica dei Reparti Glaucoma e comincia ad essere effettuato nell'uso quotidiano ambulatoriale, anche se molta informazione bisogna fare per rendere maggiormente esplicite le conoscenze a riguardo dell'importanza di tale rilievo strumentale.
Molte sono le difficoltà che devono essere superate per estendere quindi questa pratica universalmente a tutte le visite oftalmologiche.
Il riscontro che il valore pachimetrico sia ormai indispensabile nella valutazione del paziente iperteso e glaucomatoso, è d'altra parte chiaramente scaturito da quanto detto precedentemente.
Le implicazioni cliniche e diagnostiche oltre che terapeutiche sono di conseguenza implicite e forse sconvolgeranno molte idee ormai acquisite da tempo, fornendo la possibilità di riscrivere più veritiere classificazioni.
La necessità di un nuovo metodo per una moderna tonometria è perciò evidente ed impellente, potendo aprire nuovi orizzonti nella prevenzione dei danni glaucomatosi ed evitando false diagnosi e terapie inopportune perché inutili nei falsi ipertesi o troppo tardive, per un danno già avanzato e non rilevato adeguatamente dal tonometro, per una riduzione dello spessore corneale a volte eccessiva, che determina una sottostima del tono rilevato. Spero quindi che questo studio sia di sprone per riconsiderare il tono oculare nella sua giusta dimensione e per sollecitare studi e ricerche al fine di arrivare presto ad una nuova valutazione strumentale del tono oculare, integrato dai dati anatomici corneali e forse anche bulbari, indispensabili per individuare il vero valore tonometrico individuale.

Ringraziamenti

La presente ricerca si è avvalsa della collaborazione preziosa del Dipartimento di Meccanica della Facoltà di Ingegneria dell'Università della Calabria di Cosenza diretto dal Prof. Gaetano

offer us an objective vision of the thickness of optic fibers and of the diameter of the disc, providing precious information on the various relationships between excavation and neural rima.
Thus, there is an incredible amount of data available to the ophthalmologist to more correctly judge a patient and make decisions concerning therapy. And these data are more and more indispensable for a correct clinical and prognostic opinion.
The determination of corneal thickness is becoming clinical routine in centers that treat glaucoma and it is being used more and more in out-patient clinics.
Much work needs to be done, however, to make this practice universal to all ophthalmologic examinations.
The finding of the pachymetric value is indispensable in the evaluation of the hypertense and glaucomatous patient, and it is clearly dependent on what was said before.
The clinical, diagnostic and therapeutic implications are implicit and might upset many previous ideas.
The need for a new method for modern tonometry is thus evident, allowing us to reach new horizons ion the prevention of glaucoma and to avoid false diagnoses and unsuited treatment that is useful in false hypertense patients or carried out too late, to avoid damage that is already at an advanced stage and not picked up correctly by tonometry, because of a thin cornea that means an underestimate of the tone observed. I thus hope that this study will lead to new methods in the instrumental evaluation of ocular tone, integrated by anatomical data for the cornea and perhaps also for the bulbar, required to reveal individual tonometric value.



Florio e sotto la guida del Prof. Guido Danieli.
La loro opera è stata indispensabile per approfondire i dettagli meccanici della cornea.
La parte statistica è stata eseguita in collaborazione con il Prof. Filippo Domma della Facoltà di Statistica della stessa Università.
Ad entrambe le strutture un vivo ringraziamento per la solerzia e la competenza dimostrata.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

1) Eke T., Al-Husainy S., Raynor M.K.: *The spectrum of ocular inflammation caused by euphorbia plant sap.* Arch Ophthalmol, 2000; 118: 13-16.

2) Frohn A., Frhon C., Steuhl K.P., Thiel H.J.: *Eye burns caused by wolf's milk.* Der Ophthalmologe, 1993; 90: 58-61.

3) Furstenberger G., Hecker E.: *On the active principles of the Euphorbiaceae, XII. Highly unsaturated irritant diterpene esters from Euphorbia tirucalli originating from Madagascar.* J Nat Prod, 1986; 49: 386-397.

4) Gundidza M., Sorg B., Hecker E.: *A skin irritant principle from Euphorbia matabelensis Pax.* J Ethnopharmacol, 1993; 39: 209-212.

5) Kinghorn A.D., Evans F.J.:*Skin irritants of Euphorbia fortissima.* J Pharm Pharmacol, 1975; 27: 329-333.

6) Lisch K.: *The effect of the sap of Euphorbiaceae on the eye.* Klin Monatsbl Augenheilkd 1980; 176: 469-471.

7) Paulsen E., Skov P.S., Andersen K.E.: *Immediate skin and mucosal symptoms from pot plants and vegetables in gardeners and greenhouse workers.* Contact Dermatitis, 1998; 39: 166-170.

8) Rossler G.: *Euphorbiae Kertaoconjunctivitis.* Klin Monatsbl Augenheilkd, 1985; 186: 380-381.

9) Scott I.U., Karp C.L.: *Euphorbia sap keratopathy: four cases and a possible pathogenic mechanism.* Br J Ophthalmol, 1996; 80: 823-826.

10) Sood G.C., Sofat B.K., Chandel R.D.: *Injury to the eye by the sap of Euphorbia royleana.* Br J Ophthalmol, 1971; 55: 856-857.

11) Teulieres J.: *Severe burn of the conjunctiva due to the projection of juice of the ornamental plant «Euphorbia».* Bull Soc Ophtalmol Fr, 1962; 62: 552-553.

12) Worobec S.M., Hickey T.A., Kinghorn A.D., Soejarto D.D., West D.: *Irritant contact dermatitis from an ornamental Euphorbia.* Contact Dermatitis, 1981; 7: 19-22.

Autore Corrispondente

Prof. A. LUCENTE
Via dei Glicini, 14
87012 CASTROVILLARI (CE), 14
Tel. 091 1483071
mail: amedeolucente@libero.it