

INFLUENZA DELL'ETÀ NELLA TONOMETRIA A RIMBALZO

Donato **ERRICO**, Roberta **RICCARDI**, Alfredo **RUSSO**

Unità Operativa di Oculistica- Azienda Ospedaliera "Cardinale G. Panico", Tricase (LE)

ABSTRACT

Introduction: Corneal biomechanical properties influence tonometric measures in different ways depending on which instruments are used. The views of the various authors are often contradictory of those differences. The aim of this study was to assess the influence of age on rebound tonometry.

Materials and Methods: We selected 61 healthy subjects between 14-78 years of age. They submitted tonometric measures with Goldmann tonometer (Haagh-Streit- Berna) and ICare tonometer (tonometro a rimbalzo - Tiolat, Helsinki, Filland). The differences between the 2 tonometric values were correlated with the age and central cornea thickness.

Results: Mean tonometric values measured with ICare tonometer was 16,31 (sd+/-4,67) mmHg, while mean tonometric values measured with Goldmann tonometer was 16,01 (sd+/-3,23) mmHg. Mean central corneal thickness was 522,78 (SD+/- 44,90) microns (mm).

Analyzed singly tonometric means evidenced a different behaviour of the intraocular pressure

value when it's measured with the two different techniques in function of age. In particular we have got the overestimated values with the rebound tonometer than applanation tonometer in young subjects (overestimated difference 2 mmHg; $p < 0.01$) and underestimated values in subjects older (underestimated difference -1,70 mmHg; $p < 0.01$). Intraocular pressure difference values showed high correlation with age ($r = -0.87$) and good correlation with central corneal thickness ($r = 0.57$). The comparison of two methods showed a good concordance of the values measured with the two different tonometers. The mean differences didn't remove with statistically relevance of the 0 (mean 0,065; sd +/- 2,15).

Conclusions: We hypothesize that different behavior of the rebound tonometer depending on age could be due to histeresys variation that decrease with age. Rebound tonometry can carry out an important role in glaucomatous disease screening.

Ottica Fisiopat 2009; XV: 127-133

INTRODUZIONE

La pressione intraoculare (IOP), pur non essendo considerata la causa esclusiva del danno glaucomatoso, rappresenta il principale fattore di rischio, oltre ad essere un importante indicatore dell'efficacia del trattamento. La tonometria è quindi un'indagine fondamentale per la gestione della malattia.

La tonometria di riferimento è quella ottenuta con il tonometro di Goldmann che si basa sulla legge di Imbert-Fick. La legge di Imbert-Fick¹ prevede che la forza interna di una sfera ideale equivale alla forza necessaria per appianare la sua superficie divisa per l'area di appianazione. La legge parte dal presupposto che la superficie sia asciutta, sottile e flessibile. In realtà la cornea non risponde a nessuno di questi requisiti e nella valutazione tonometrica bisogna considerare l'influenza sia della tensione

superficiale introdotta dal film lacrimale sia della forza necessaria per vincere la rigidità relativa della cornea, indipendentemente dalla pressione intraoculare.

Si può quindi affermare che cornee spesse richiedono maggiore forza di appianazione, cornee sottili minore forza per l'appianazione.

Numerosi Autori²⁻³ hanno riportato una correlazione positiva tra lo spessore corneale e la pressione intraoculare, dimostrando che uno spessore corneale sottile è un fattore di rischio per il glaucoma.

Pur importante, lo spessore corneale non è l'unico fattore che influenza la tonometria Goldmann.

Negli ultimi anni l'attenzione di molti studiosi si è focalizzata sulle caratteristiche biomeccaniche della cornea, che sembrano avere un ruolo di maggior disturbo nella misurazione tonometrica.

Goldmann e Schmidt⁴ hanno riportato che le misurazioni della IOP con

Gli Autori dichiarano di non avere nessun interesse commerciale con le case produttrici delle strumentazioni menzionate nel presente articolo.

AUTORE CORRISPONDENTE

Dott. Donato Errico
Unità Operativa di Oculistica
Pia Fondazione di Culto e Religione
Azienda Ospedaliera "Cardinale G. Panico"
Via Pio X, 3
73039 Tricase, Lecce

PAROLE CHIAVE:

tonometria a rimbalzo, isteresi.

KEY WORDS:
rebound tonometer, corneal hysteresis.

la tonometria Goldmann oltre allo spessore corneale possono essere modificate dalla curvatura corneale, dal modulo di elasticità e dal film lacrimale.

In uno studio condotto su pazienti ipermetropi sottoposti a cheratoplastica Kymionis e coll⁵ hanno rilevato come la IOP venisse sottostimata con la tonometria Goldmann, concludendo che la procedura chirurgica poteva alterare l'integrità corneale, inclusa la rigidità e l'elasticità.

Il tonometro ICare (Tiolat, Helsinki, Finland), introdotto recentemente in commercio, è un tonometro a rimbalzo che si basa sul principio impatto/induzione⁶. È dotato di una sonda in acciaio, rivestita ad un'estremità, con una lunghezza di 50 mm e un diametro 1,4/1 mm, che viene espulsa ad una distanza 4-8 mm dalla cornea attraverso un sistema di magneti coassiali, il rimbalzo sulla cornea produce una variazione di voltaggio in un solenoide che viene a sua volta convertito in un segnale digitale. L'influenza che i fattori biomeccanici, lo spessore corneale e la tensione superficiale indotta dal film lacrimale hanno sulle misurazioni con il tonometro a rimbalzo hanno generato opinioni non univoche.

Vari Autori hanno dimostrato, utilizzando la tonometria Goldmann come gold-standard, che le misurazioni erano influenzate dallo spessore corneale. Nakamura e coll⁷, hanno confrontato l'ICare con altri tonometri non a contatto e hanno descritto che lo spessore e la rigidità corneale influenzavano il dato tonometrico.

In uno studio condotto su 125 pazienti, Chui e coll⁸ hanno

dimostrato come, più che lo spessore corneale sia il fattore biomeccanico a influenzare la misurazione della IOP. Nello studio sono state eseguite misurazioni tonometriche al centro e alla periferia della cornea (3 mm dal limbus) e sono state valutate rigidità e isteresi corneale. Dai dati è emerso che il valore tonometrico è maggiormente correlato alle proprietà biomeccaniche della cornea e scarsamente influenzato dallo spessore corneale.

L'errore introdotto dalla tensione superficiale dovuta al film lacrimale, per l'ICare è ininfluenza, dimostrando, in questo caso, di comportarsi come un tonometro non a contatto.

Nel presente lavoro si vuole valutare se esistono delle correlazioni tra tonometria I-Care ed età del paziente.

MATERIALI E METODI

In questo studio sono stati reclutati 61 soggetti sani (61 occhi) (37 donne, 24 uomini) di età compresa tra i 14 e i 78 anni (media età 45, 47 anni; SD \pm 16.66) in assenza di patologie oculari e sistemiche (con particolare attenzione a malattie reumatiche o connettiviti). Ciascun soggetto è stato sottoposto ad una prima visita oculistica completa (R.A.), con misurazione del visus, esame del fondo oculare (stereoscopico con lente +90 Volk), test di Schirmer, tonometria Goldmann (Haagh-Streit-Berna), esame del campo visivo (Humphrey 24-2; Zeiss) ed a pachimetria corneale ad ultrasuoni (Tomey SP 3000, Tomey Corporation, Nishi-ku, Nagoya-Japan). Nessuno dei pazienti aveva un'anamnesi positiva per traumi o per chirurgia oculare. Dopo aver appurato

l'idoneità dei soggetti selezionati allo studio è stato assegnato loro un numero identificativo.

I criteri d'inclusione nello studio erano stati fissati in: Visus corretto di 10/10 con difetto di vista non superiore a +/- 1.50 D, test di Schirmer 1 superiore a 15 mm, assenza sul fondo oculare di alterazioni riconducibili a malattie sistemiche (diabete, malattie reumatiche) e l'assenza di alterazioni del campo visivo.

In un secondo accesso sono state eseguite, a doppio cieco, prima la tonometria ICare (R.R.). Con il tonometro ICare sono state eseguite due serie di sei misurazioni, sono state considerate valide solo quelle serie che non facevano comparire sul display la linea di deviazione standard. Delle due serie è stata estrapolata la media in modo da avere un dato unico. Successivamente (10 minuti) è stata eseguita la quantificazione del tono oculare con tonometria ad applanazione secondo Goldmann (E.D.). I valori tonometrici sono stati registrati separatamente su due distinti file in corrispondenza del numero identificativo.

È stata eseguita prima la tonometria a rimbalzo e poi quella ad applanazione per evitare che lo spostamento dell'umor acqueo indotta da quest'ultima potesse far sottostimare le misurazioni con l'ICare.

Al termine dello studio, i valori pressori registrati con il Goldmann e con l'ICare, i dati pachimetrici e l'età del paziente sono stati riportati su un unico foglio di lavoro.

I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica con l'Anova ad una via per lo studio della varianza, alla valutazione della probabilità statistica con il t-test per dati appaiati (il livello

di significatività statistica è stato fissato per $p = 0.05$). Per valutare la relazione tra IOP e l'età e la IOP con lo spessore corneale i dati sono stati sottoposti all'analisi della regressione lineare. Per lo studio della correlazione tra IOP e età e IOP e spessore corneale è stato utilizzato il test di Pearson. Per la valutazione della concordanza tra i due strumenti è stato utilizzato il metodo di Bland-Altman⁹.

RISULTATI

La media dei valori tonometrici misurati con il tonometro ICare era di 16,31 (sd +/- 4,67) mmHg, mentre la media dei valori registrati con il tonometro di Goldmann era di 16,01 (sd +/- 3.23) mmHg.

Lo spessore corneale centrale medio era di 522,78 (sd +/- 44,90) microns (mm).

Dalla valutazione dei singoli dati tonometrici è emerso che le differenze nelle misurazioni ottenute con i due tonometri non si registrava una costante sovrastima, come riportato da molti autori¹⁰, ma una sovrastima e una sottostima in funzione dell'età del soggetto. Questo trend era confermato anche se la differenza tra le due tonometrie veniva rapportata con lo spessore corneale centrale.

Analizzando, infatti le medie dei valori pressori registrati con i due tonometri la differenza era di +0,30 mmHg, ben al di sotto dei valori riportati da altri autori¹⁰.

Analizzando separatamente le medie delle tonometrie in sovrastima e in sottostima il dato era statisticamente significativo (differenza in sovrastima 2 mmHg; $p < 0.01$, differenza in sottostima -1,70 mmHg; $p < 0.01$).

fig. 1

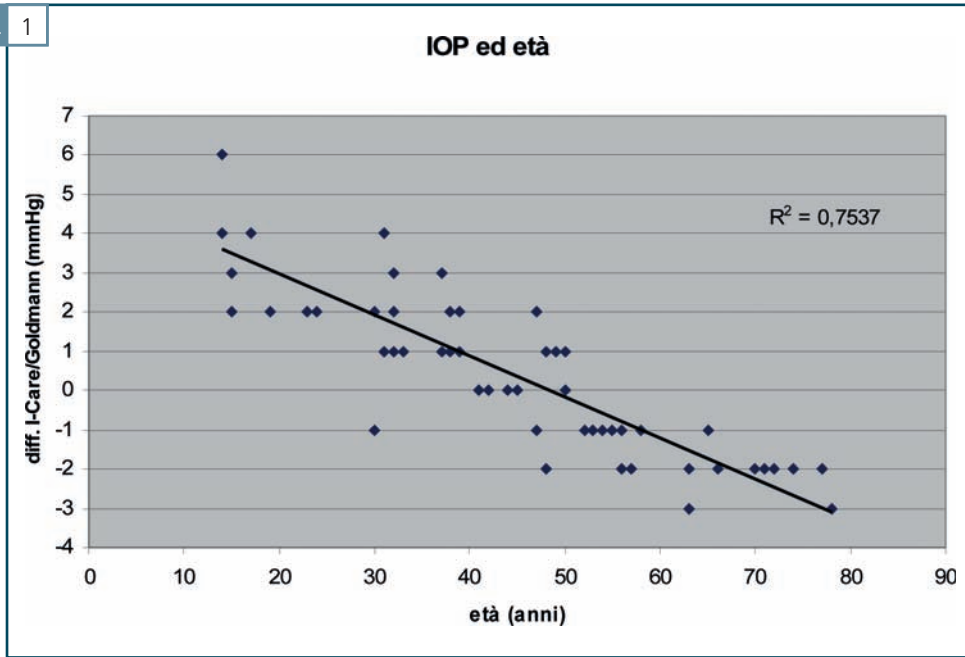
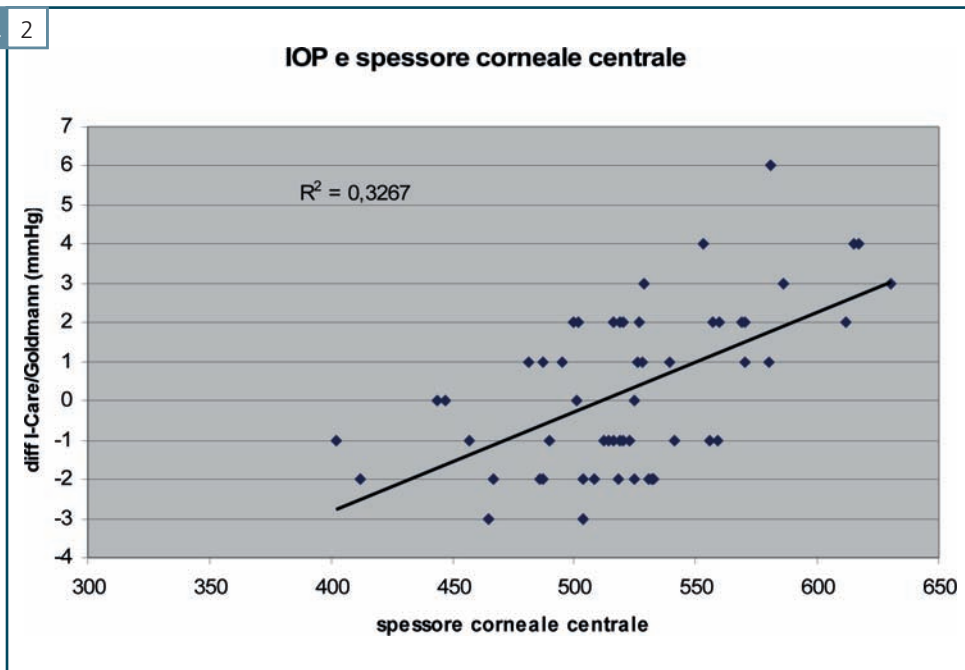


fig. 1
 Regressione lineare
 tra età e IOP
 ($r = -0,87$).

fig. 2
 Regressione lineare
 tra spessore
 corneale centrale e
 IOP ($r = 0,57$).

fig. 2



Confrontando i valori delle differenze della pressione oculare con l'età si otteneva una elevata correlazione ($r = -0,87$). Anche tra differenza di IOP e spessore corneale centrale esisteva una buona correlazione ($r = 0,57$) seppur meno forte rispetto a quella ottenuta in funzione dell'età. Nella figura 1 è riportato il grafico di regressione lineare tra le differenze della IOP tra i due tonometri con l'età. La regressione è molto significativa ($R^2 = 0,75$) e dimostra

come il tonometro ICare, rispetto al Goldmann, tende a sovrastimare il dato nei soggetti giovani mentre tende a sottostimarli nei soggetti più anziani. La tendenza appare invertirsi intorno ai 45-50 anni. In figura 2 descrive la regressione lineare tra la differenza di IOP e lo spessore corneale centrale. Anche in questo caso la tendenza è di sovrastima a spessori corneali più alti, mentre una sottostima per spessori corneali più bassi con

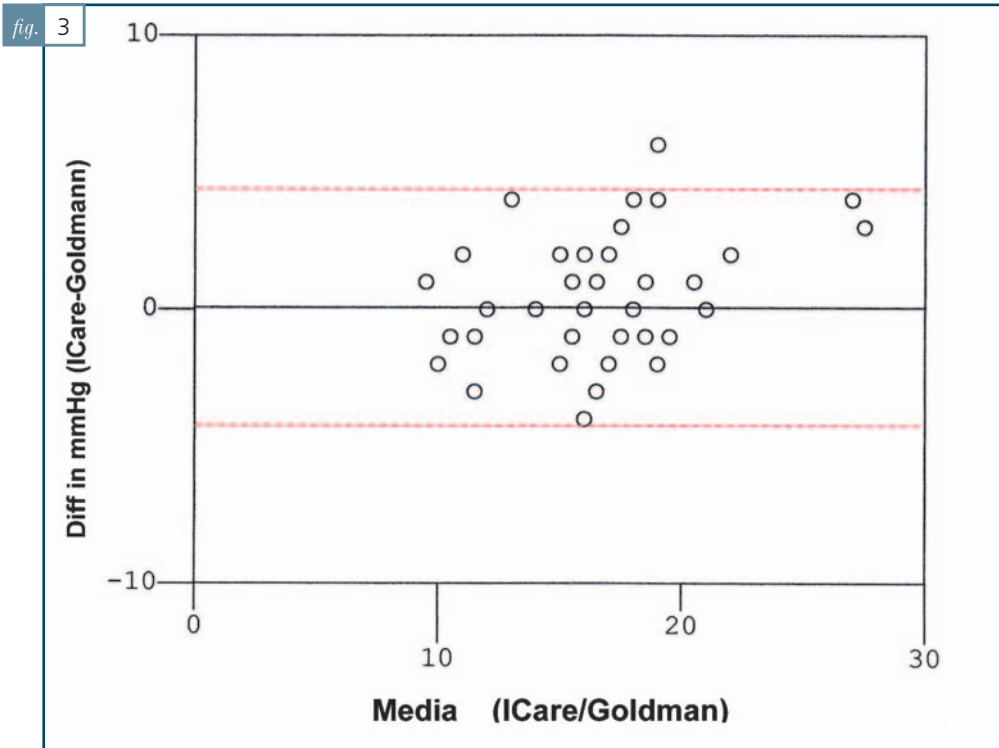


fig. 3
Grafico di Bland-Altman per il confronto tra le due metodiche tonometriche (media 0,06).

tendenza all'inversione del dato a valori di spessore corneale centrale intorno a 500 microns. In figura 3 il grafico di Bland-Altman, per il confronto delle due metodiche, mostra una buona concordanza dei dati ottenuti con i due strumenti con media delle differenze che non si discosta statisticamente dallo 0 (media 0,065; SD \pm 2,15). La maggior parte delle differenze cadono all'interno dei limiti del 95%.

CONCLUSIONI

Lo stroma rappresenta il 90% dello spessore corneale, ed è costituito da una rete di fibre collagene disposte 200-300 lamelle parallele¹¹. Per la sua conformazione il collagene stromale è quindi il principale responsabile delle caratteristiche biomeccaniche della cornea.

L'elevato affastellamento delle fibre collagene nei 3 mm centrali spiega l'elevata resistenza opposta dalla cornea alle comuni metodiche di misura del tono oculare¹².

Con l'aumentare dell'età vi è un aumento dell'area di incrocio delle lamelle per un continuo e progressivo deposito di collagene, il

crescere dell'area di incrocio tra le fibrille aumenterebbe l'irrigidimento corneale¹³.

González-Méijome e collaboratori in uno studio su 217 soggetti hanno evidenziato come, per tonometrie eseguite alla periferia temporale della cornea, il tono oculare misurato con l'ICare risultasse più basso nei soggetti anziani rispetto a quelli di mezz'età e giovani¹⁴.

Isteresi è un termine fisico che indica la capacità di un materiale elastico di ritornare alla sua forma naturale dopo essere stato deformato da una forza esterna¹⁵. Il termine isteresi corneale è il parametro della viscoelasticità corneale.

Due recenti studi hanno descritto come la Lasik riduca significativamente l'isteresi corneale, riflettendo cambiamenti delle proprietà viscoelastiche della cornea indotte dalla chirurgia¹⁶⁻¹⁷.

La chirurgia della cataratta eseguita in cornea chiara riduce l'isteresi corneale pur aumentando lo spessore corneale centrale¹⁸.

In un recente studio sono state comparate le variazioni dell'isteresi monitorizzate nelle 24 ore in un gruppo di soggetti di età compresa tra 50 e 80 anni e confrontate

con un altro gruppo di soggetti di età compresa tra 20 e 25 anni. Pur non registrando variazioni nelle 24 ore dell'isteresi corneale, veniva dimostrato un calo dell'isteresi con il progredire degli anni¹⁹. Nel presente studio si è evidenziato come la tonometria a rimbalzo tenda a sovrastimare il dato tonometrico nei soggetti giovani rispetto alla tonometria ad applanazione, mentre il valore viene sottostimato al crescere dell'età con un'inversione tra i 40-50 anni. Questo dato è in accordo con quanto riportato da Elsheikh A e collaboratori²⁰ i quali, oltre ad evidenziare una diminuzione dell'isteresi corneale all'aumentare dell'età hanno dimostrato come l'effetto dell'isteresi sia maggiore quando sulla cornea sono applicate forze veloci. Riteniamo che la tonometria a rimbalzo sia maggiormente influenzata dalle proprietà elastiche della cornea sia per la brevità dell'impatto della sonda sia per la ridotta superficie di contatto. Al contrario la tonometria ad applanazione sia meno influenzata dall'elasticità corneale e più dallo spessore perché come tipo di forza applicata è più graduale e con una superficie di contatto maggiore. L'affidabilità del tonometro ICare, come mostrato dal grafico di Bland-Altman, non sembra essere particolarmente differente dal tonometro Goldmann, pur essendo influenzato da caratteristiche biomeccaniche diverse della cornea. La tonometria a rimbalzo, oltre ad avere un valido utilizzo nello screening della malattia glaucomatosa, svolge un ruolo essenziale nella valutazione tonometrica di soggetti allettati o poco collaboranti.

RIASSUNTO

Introduzione: le proprietà biomeccaniche della cornea influenzano le misurazioni tonometriche in modo differente a seconda del tipo di strumentazione usata. Le opinioni dei vari Autori spesso sono contrastanti circa le cause di queste differenze. Lo scopo dello studio è di valutare qual è l'influenza dell'età sulla tonometria a rimbalzo.

Materiali e metodi: sono stati selezionati 61 soggetti sani di età compresa tra 14 e 78 anni. Sono stati sottoposti a misurazioni tonometriche con il tonometro di Goldmann (Haagh-Streit-Berna) e con il tonometro ICare (tonometro a rimbalzo - Tiolat, Helsinki, Finland). Le differenze dei valori tonometrici sono stati correlati con l'età e lo spessore corneale.

Risultati: la media dei valori tonometrici misurati con il tonometro ICare era di 16,31 (sd +/- 4,67) mmHg, mentre la media dei valori registrati con il tonometro di Goldmann era di 16,01 (sd +/- 3,23) mmHg. Lo spessore corneale centrale medio era di 522,78 (sd +/- 44,90) microns (mm).

Analizzando separatamente le medie delle tonometrie emerge un differente comportamento, rispetto all'età, delle due tecniche tonometriche. In particolare si avevano dei valori in sovrastima del tonometro a rimbalzo rispetto alla tonometria ad applanazione, nei soggetti giovani (differenza in sovrastima 2 mmHg; $p < 0.01$) e dei valori in sottostima nei soggetti più anziani (differenza in sottostima -1,70 mmHg; $p < 0.01$). Correlando i valori delle differenze della pressione oculare con l'età si

ottenneva una elevata correlazione ($r = -0.87$) Anche tra differenza di IOP e spessore corneale centrale esisteva una buona correlazione ($r = 0.57$). Il confronto delle due metodiche, mostra una buona concordanza dei dati ottenuti con i due strumenti con media delle differenze che non si discosta in modo statisticamente significativo dallo 0 (media 0,065; SD +/- 2,15).

Conclusioni: il differente comportamento del tonometro a rimbalzo a seconda l'età, pensiamo possa essere legato alla variazione dell'isteresi corneale che decresce con l'aumentare dell'età. La tonometria a rimbalzo, può svolgere un importante ruolo nello screening della malattia glaucomatosa.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. *Applanation tonometry and central corneal thickness*. Acta Ophthalmol **53**: 34-43, 1975
- 2) Liu J, Roberts CJ. *Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis*. J Cataract Refract Surg **31**: 146-155, 2005
- 3) Ehlers N. *On corneal thickness and intraocular pressure. II. A clinical study on the thickness of the corneal stroma in glaucomatous eyes*. Acta Ophthalmol (Copenh) **48**: 1107-1112, 1970
- 4) Goldmann H, Schmidt TH. *Über Applanations Tonometrie*. Ophthalmologica **134**: 221-242, 1957
- 5) Kymionis GD, Naoumidi TL, Aslanides IM. *Intraocular pressure measurements after conductive keratoplasty*. J Refract Surg **21**: 171-175, 2005
- 6) Kontiola AI. *A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure*. Acta Ophthalmol Scand **78**: 142-145, 2000
- 7) Nakamura M, Darhad U, Tatsumi Y, Fujioka M, Kusuhara A, Maeda H, Negi A. *Agreement of rebound tonometer in measuring intraocular pressure with three types of applanation tonometers*. Am J Ophthalmol **142**: 332-334, 2006
- 8) Chui W, Lam A, Chen D, Chui R. *The influence of corneal properties on rebound tonometry*. Ophthalmology **115**: 80-84, 2008
- 9) Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet **1**: 307-310, 1986
- 10) Brusini P, Salvetat ML, Zeppieri M, Tosoni C, Parisi L. *Comparison of Icare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients*. J Glaucoma **15**: 213-217, 2006
- 11) Marshall GE, Konstas AG, Lee WR. *Collagens in ocular tissues*. Br J Ophthalmol **77**: 515-524, 1993
- 12) Boote C, Dennis S, Newton RH, et al. *Collagen fibrils appear more closely packed in the prepupillary cornea: optical and biomechanical implications*. Invest Ophthalmol Vis Sci **44**: 2941-2948, 2003.
- 13) Friedenwald JS. *Contribution to the theory and practice of tonometry*. Am J Ophthalmol **20**: 985-1024, 1937
- 14) González-Méjome JM, Jorge J, Queirós A, Fernandes P, Montés-Micò R, Almeida JB, Parafita MA. *Age differences in central and peripheral intraocular pressure using a rebound tonometer*. Br J Ophthalmol **90**: 1495-1500, 2006
- 15) Carbonaro F, Andrew T, Mackey DA, Spector TD, Hammond CJ. *The heritability of corneal hysteresis and ocular pulse amplitude*. Ophthalmology **115**: 1545-1549, 2008
- 16) Ortiz D, Pinerò D, Shabayek MH, et al. *Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes*. J Cataract Refract Surg **33**: 1371-1375, 2007
- 17) Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, et al. *Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic, and noncontact tonometry*. Am J Ophthalmol **143**: 39-47, 2007
- 18) Hager A, Loge K, Fullhas MO, Schroeder B, Wiegand W. *Changes in corneal hysteresis after clear corneal cataract surgery*. Am J Ophthalmol **144**: 341-346, 2007
- 19) Kida T, Liu JH, Weinreb RN. *Effects of aging on corneal biomechanical properties and their impact on 24-hour measurement of intraocular pressure*. Am J Ophthalmol **146**: 567-572, 2008
- 20) Elsheikh A, Wang D, Rama P, Campanelli M, Garway-Heath D. *Experimental assessment of human corneal hysteresis*. Curr Eye Res **33**: 205-213, 2008