

Nuovi strumenti diagnostici in oftalmologia

# Il tonometro di Pascal

Pierluigi Trabucchi

*Dall'appianazione all'aderenza dei  
profili.*

Il tonometro di Pascal è un nuovo tonometro  
*digitale* a contatto, in grado di effettuare  
*misurazioni dirette* trans-corneali della  
PIO, *indipendenti dalla struttura bio-*  
*meccanica corneale*

# Il problema

Rendere la tonometria il più possibile oggettiva, cioè svincolata dall'osservatore e soprattutto indipendente dalle caratteristiche bio-meccaniche corneali, in particolare dallo spessore.

# La soluzione

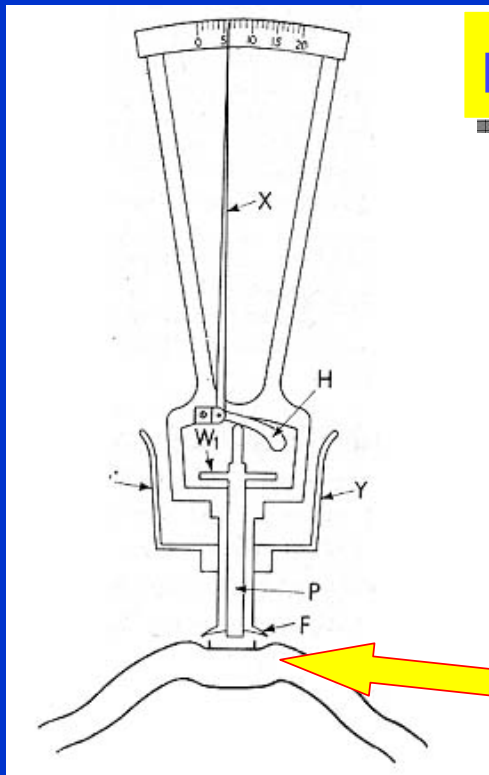
Rilevare la PIO non mediante una forza applicata, indentante o appplanante ma tramite un sensore elettronico in grado di misurare i valori pressori con un contatto minimo tra sonda e bulbo, tale da non deformare la struttura corneale.

Tale sistema è detto “ Contour matching”  
(aderenza dei profili)

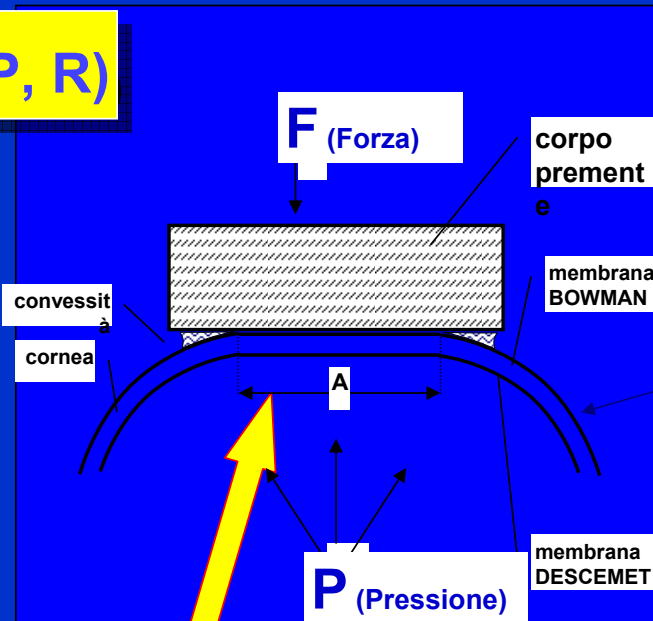
# Tonometri a forza

Tonometria a indentazione

Tonometria ad applanazione



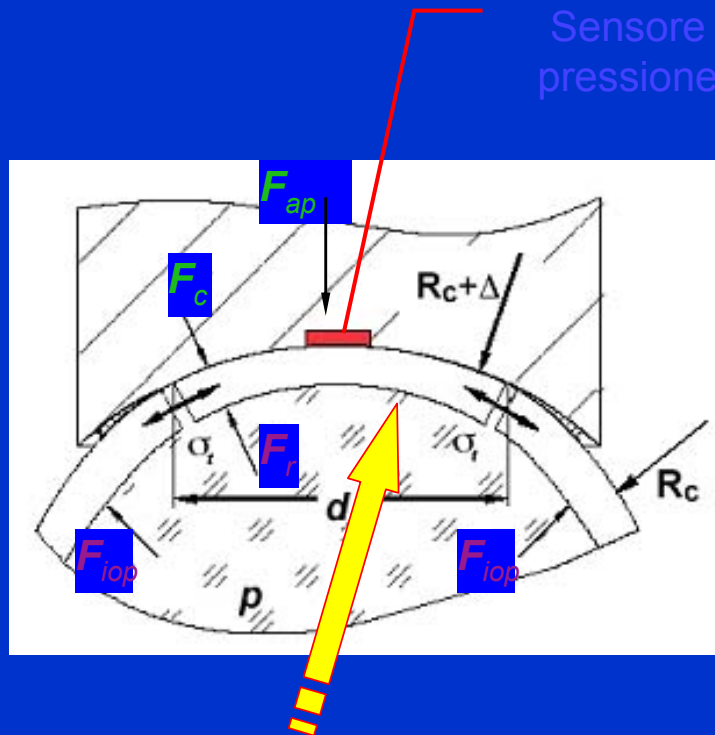
$$F = f(P, R)$$



*La cornea è distorta!*

# DYNAMIC CONTOUR TONOMOMETRY

## Aderenza profili



Equilibrio delle forze:

$$F_{iop} + F_r + F_c + F_{ap} = 0$$

pressione rigidità capillare apposizione

Cornea è libera da tensioni e forze pieganti

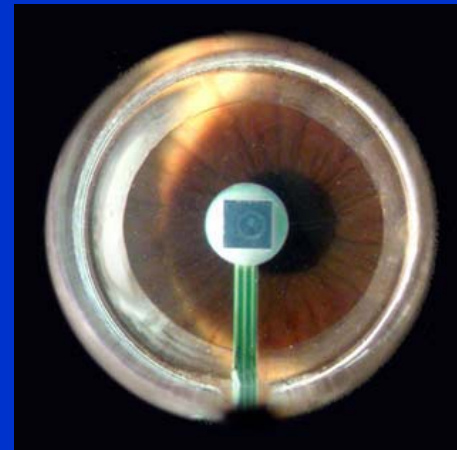
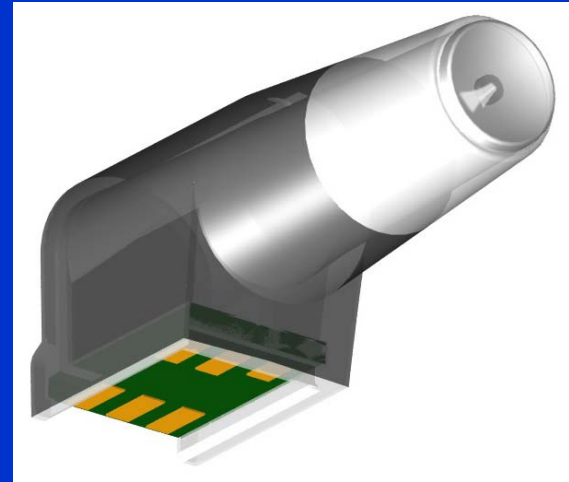
- La sonda del tonometro ha una superficie concava che permette alla cornea di assumere una forma corrispondente a quella in cui le due superfici corneali sono sottoposte alla medesima pressione. In quel momento viene effettuato il rilievo.
- Tale misurazione è indipendente dal diametro dell'area valutata.

Caratteristica fondamentale dello strumento  
è il nuovo sensore elettronico associato alla  
particolare conformazione della sonda



# La punta Sensor Tip PASCAL

- Superficie concava della punta per una perfetta aderenza dei profili
- Sensore della pressione incorporato
- Trasparenza della punta per un controllo visivo dell'interfaccia punta-cornea per il centraggio e il controllo



# Cappucci protettivi SensorCap



- I cappucci SensorCap proteggono il paziente
- I cappucci SensorCap proteggono la punta
- Facilità d'uso grazie all'applicatore





PASCAL®  
DYNAMIC CONTOUR TONOMETER

Record No. 62

IOP: 29.1

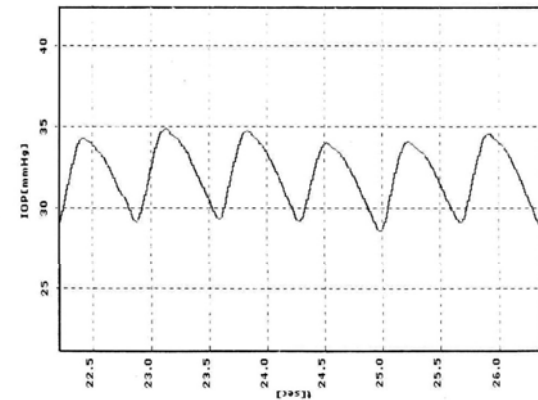
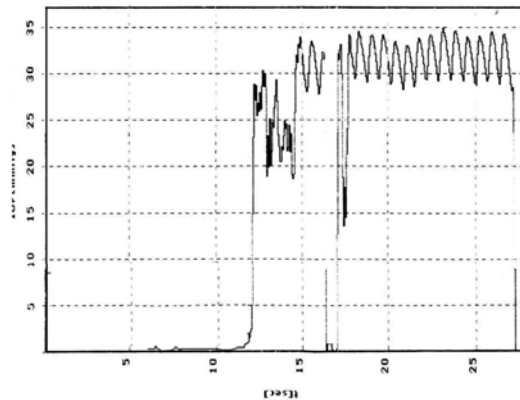
OPA: 5.3

Quality: 1

Patient: *12405*

Eye: *X* OD *OS*

Date: *-4 APR. 2005*



# Peculiarità dello strumento

- Misurazione diretta della PIO, tramite sensore , svincolata dalle caratteristiche meccaniche corneali.

Precisione nel riscontro dei valori pressori in occhi “non standard” per spessore o rigidità e in cornee sottoposte a chirurgia refrattiva.

# Peculiarità dello strumento

- Rilievo digitale dei valori pressori.

La misurazione della PIO è oggettiva, effettuata dal sensore e convertita direttamente in valore numerico, escludendo così le possibili variabili soggettive.

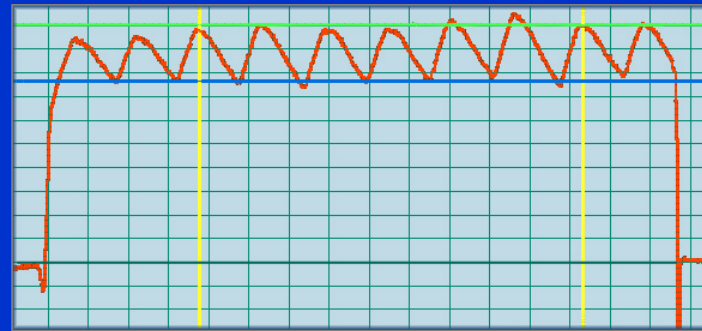
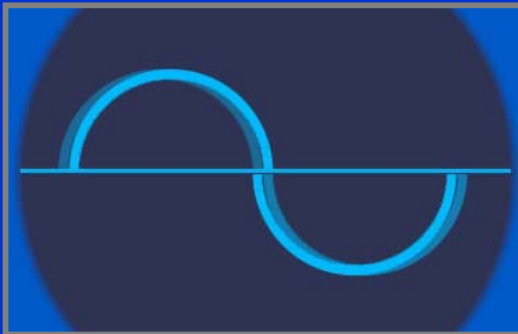
# Peculiarità dello strumento

- Rilievo dinamico della PIO.

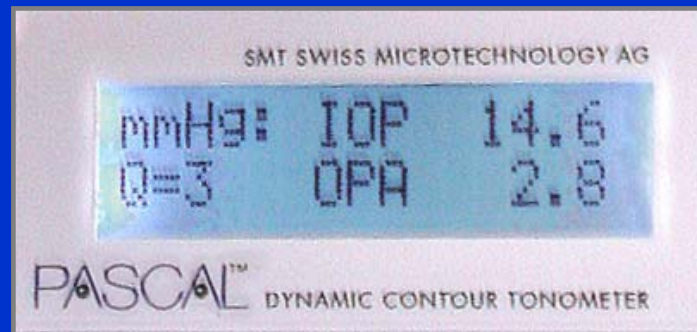
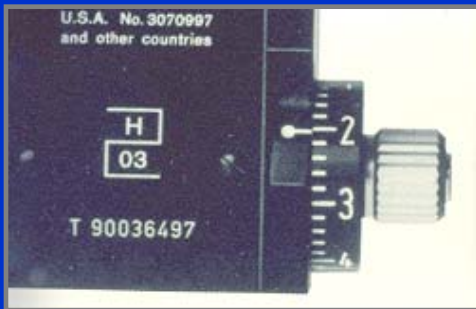
Il sensore registra 100 misurazioni della PIO al secondo e mostra sul display la media di tali valori, nonché l'ampiezza del polso oculare ( da 3 sino a 9 mm hg).

# TONOMETRIA DINAMICA A PROFILO

## Misurazioni della IOP statica e dinamica a confronto



DCT legge i valori sistolici e diastolici della curva della pressione delle pulsazioni oculari in modo costante.



# Le sfide cliniche per i tonometri

- Chirurgia refrattiva
  - LASIK
  - Ablazione della superficie (LASEK, PRK)
- Cheratocono (KC)
- Degenerazione marginale pellucida (PMD)
- Cheratoplastica penetrante (PK)

Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.2003;44:3790-3794

- 60 occhi sottoposti a lasik miopica
- rilievo PIO prima e dopo lasik con GAT e DCT
- dopo lasik: GAT -3mmhg  
DCT valori PIO identici

J.Cataract Refract. Surg. 2004;30:746-751

- Rilievo della PIO in 118 occhi, prima e dopo lasik (a 10 e a 30 gg dall'intervento) con NCT, GAT e DCT  
NCT e GAT: -4.9 mmhg \ -5.4 mmhg  
DCT: non variazioni significative

Invest. Ophthalmol.Vis.Sci. 2004; 45:3118-3121

- Confronto DCT e GAT su 228 occhi sani

Risultati concordanti ( valori mediamente più alti di 1.7 mm hg con il DCT)

Variabilità tra diversi osservatori:

0.44 mmhg con il DCT

1.28 mm hg con il GAT

# Conclusione

- Tonometria ad appianazione
  - la misurazione è influenzata da spessore corneale centrale, raggio corneale, ...
  - è soggetta al giudizio dell'operatore

# Conclusione

- Tonometria a profilo con PASCAL
  - Misura la IOP **in modo diretto e accurato**
  - È indipendente dalle proprietà biomeccaniche della cornea (**spessore corneale centrale, raggio corneale, AS, idratazione, rigidità**)
  - La IOP dinamica fornisce informazioni diagnostiche supplementari: la OPA (**Ocular Pulse Amplitude: ampiezza pulsazioni oculari**)

# “Limiti” dello strumento

- Sonda non sterilizzabile e non decontaminabile
- Necessità dell'impiego di un rivestimento protettivo ( sensor cap)

**Grazie per l'attenzione  
e Buon Natale!**



# Caratteristiche del prodotto

- Tonometro digitale a contatto
- Misurazione della IOP pulsatile in modo
  - diretto (indipendente dalle proprietà biomeccaniche della cornea)
  - continuo
  - preciso
- Risultati in formato numerico: IOP e OPA
- Installazione su lampada a fessura
- Controllo visivo dell'occhio
- Non richiede instillazione di fluoresceina

# PASCAL: dati tecnici

- Montaggio su braccio
- Display LCD retroilluminato 58 x 24 mm
- Range rilevazioni:
  - IOP: 5 - 200 mmHg
  - OPA: > 0,7 mmHg
- Precisione numerica: 0,2 mmHg
- Conversione A/D: 100 Hz / 12 bit
- Tempo di registrazione: da ca. 3 secondi (min) a 2,5 minuti (max)
- Superficie SensorTip: concava per aderire al profilo della cornea

# Distorsione/Variabilità

- Elevata concordanza tra dati GAT e dati DCT
- Letture GAT inferiori di 1,7 mmHg rispetto a letture DCT
- Letture DCT indipendenti dello spessore corneale

	GAT	DCT
<b>Variabilità</b>		
Stesso osservatore	1,11	0,65
Più osservatori	2,38	0,44
<b>Correlazione</b>		
Spessore	P=0.01	nessun
Curvatura	nessuna	nessun
Astigmatismo	nessun	nessun
Lunghezza assiale	nessuna	nessun

*Kaufmann, Thiel et al; IOVS 45;9 (2004); p.3118-3121*

# Influenza delle proprietà della corneale

- Previsioni di appianazione del modello basato sulle misurazioni di IOP:

Curvatura: bassa

Spessore: moderata

Biomeccanica (elasticità): elevata

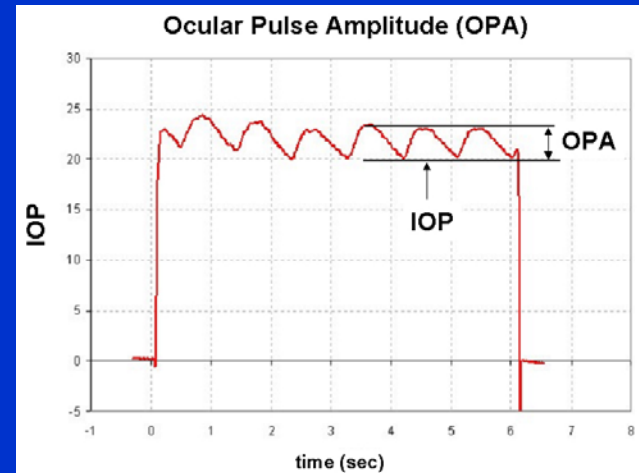
- E' possibile correggere le misure di IOP con una semplice conversione

→ NON IN MODALITÀ LINEARE  
basata sullo spessore?  
immaginate una cornea spessa e morbida e una cornea sottile e dura...

# Ampiezza pulsazioni oculari misurata da PASCAL

Resultati.

- OPA normale : media 3,0 mmHg
- Differenza occhio destro / sinistro: media 0,4 mmHg
- correlazione pos. con IOP +0,12 mmHg / mmHg IOP
- Indipendente dallo spessore corneale



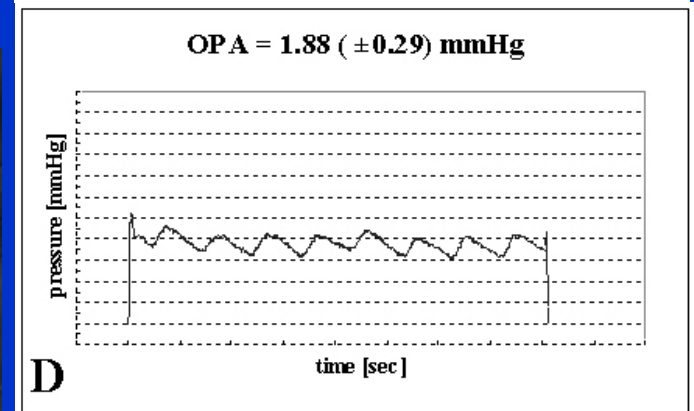
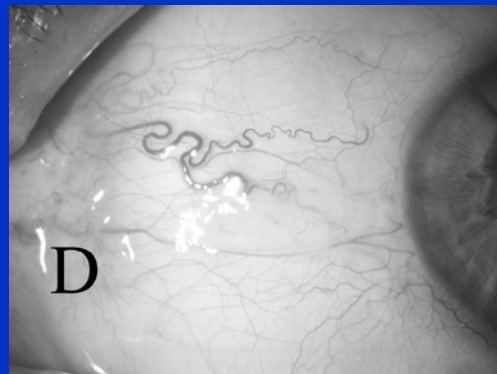
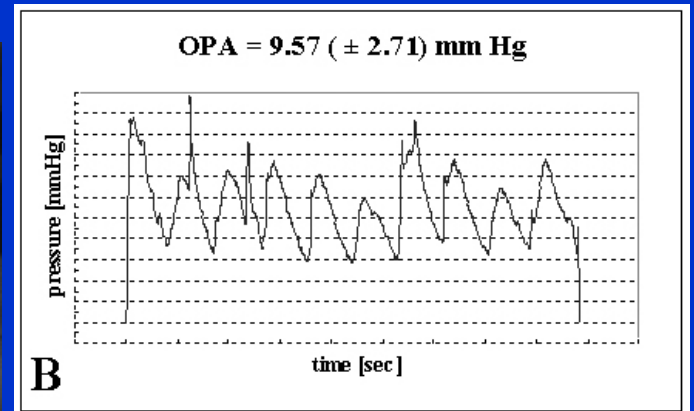
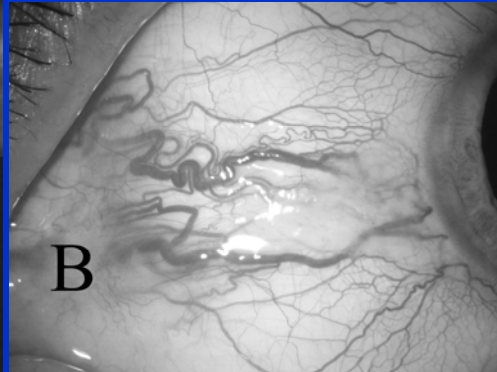
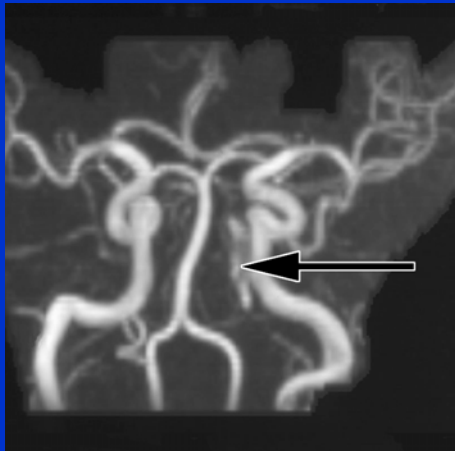
*Kaufmann & Thiel, PASCAL Symposium, ASCRS 2005*

# Significato dell'ampiezza delle pulsazioni oculari

## Ipotesi:

- Riflette il flusso sanguigno verso l'occhio
- Può riflettere la rigidità oculare
- Può indicare un fattore di rischio per il progredire del glaucoma

# Esempio: OPA “anomala” e flusso sanguigno oculare



*Kaufmann et al.  
Klin. Monatsbl. Augen  
2004; 221:431*

# Cheratocono e pellucida

- Tonometro ad appianazione e Tonopen:  
basse letture IOP ( $12,5 \pm 3,9$  mmHg)
  - Correlazione inversa per l'inclinazione corneale
- PASCAL:  $15,7 \pm 3,1$  mmHg
  - Indipendente da CCT e curvatura

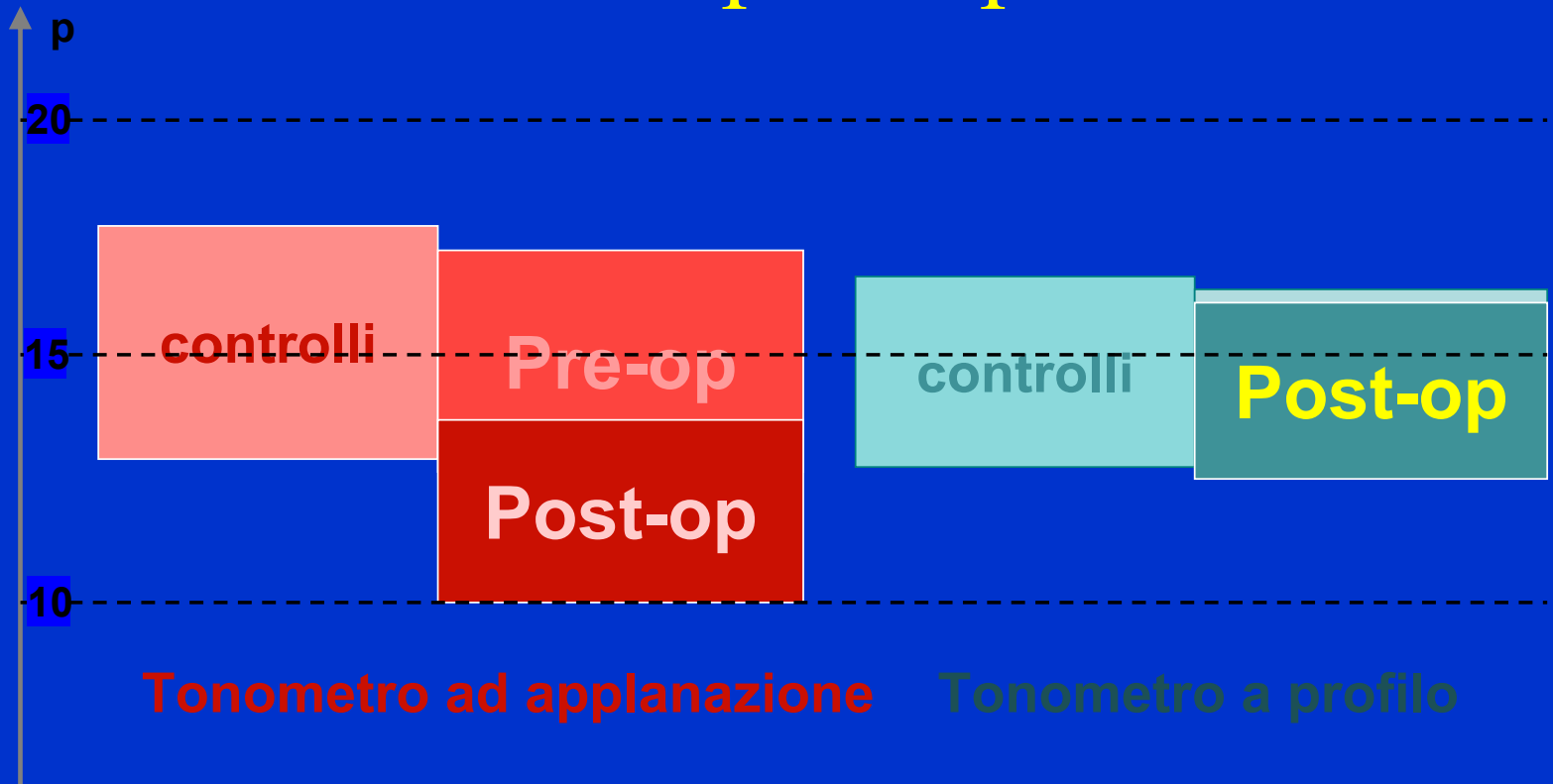
*E. Cohen, Z. Ozbek, PASCAL Symposium, ASCRS 2005*

# Cheratoplastica penetrante

- Tonometro ad appianazione:            letture IOP decisamente maggiori in occhi PK
- PASCAL:                                    IOP come nei controlli

*E. Cohen, Z. Ozbek, PASCAL Symposium, ASCRS 2005*

# Tonometria pre- e post-LASIK



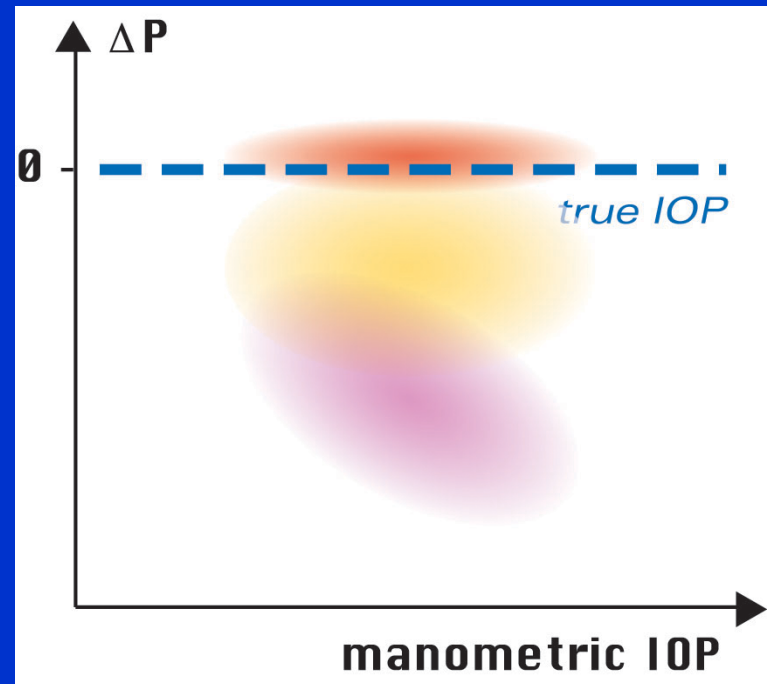
*Kaufmann et al; IOVS 44;9 (2003); p.3790-3794*

# Vantaggi della tonometria dinamica a profilo:

- Misurazione diretta della IOP
- Indipendenza dalle proprietà biomeccaniche della cornea
- Misurazione dinamica
  
- Indipendenza dalla forza
- Indipendenza dall'area di contatto
- Indipendenza dall'operatore

# Distorsione tra tonometri

- Comparazione dei metodi (bulbi cannulati):
  - IOP manometrica "reale"
  - Letture DCT (PASCAL)
  - Letture GAT (Goldmann)
  - Letture PTG (pneumatonofo)



*Stamper, Kniestedt et al., Arch Ophthalmol 2004; 122: 1287-1293*