

# Tonometría no invasiva. Precisión, ventajas y limitaciones (II)

Jorge M. Martins Jorge - O.D. - José M. González-Méijome - O.C. n° 17.669

## Otros usos de los tonómetros actuales

El caso más novedoso y significativo ha sido la aplicación del principio de la tonometría neumática a la medida de las propiedades biomecánicas de la córnea. Esto se ha conseguido con el tonómetro Ocular Response Analyzer (Reichert, USA).<sup>34,47</sup> El funcionamiento de este sistema es similar a un tonómetro neumático estándar en su primera fase de medida. Tras conseguir el primer aplanamiento del centro de la córnea, el impulso neumático continúa hasta crear una ligera concavidad y luego se reduce al mismo ratio hasta que la córnea pasa por un segundo punto de aplanamiento de nuevo. Esto sucede en 200 milisegundos (ms).

En el primer punto de aplanamiento, el sistema registra un valor de PIO equivalente al obtenido con cualquier otro sistema del mismo tipo. Si la córnea fuese un cuerpo puramente elástico y su deformación y re-conformación por medio de la presión neumática dependiese ex-

clusivamente de la PIO del ojo, el segundo punto de aplanamiento se obtendría exactamente con el mismo valor de presión que se alcanzó con el primer aplanamiento.

No obstante, tras la deformación, la córnea sufre un retraso en su capacidad para recuperar su forma original e incluso tras alcanzar la presión del punto de primera aplanación la córnea continúa siendo ligeramente cóncava. A este retraso se le denomina histéresis corneal (en inglés CH). Otro parámetro también relacionado es el factor de resistencia corneal (en inglés CRF). Esto significa que está tardando más de lo esperado en recuperar su forma original que si fuese perfectamente elástica.

Este retraso se asocia a las propiedades corneales que rigen su capacidad de deformación y recuperación y se considera que son representativas de las propiedades biomecánicas de la córnea. Su uso ya ha sido aplicado con éxito en la determinación de las propiedades de córneas con queratocono,<sup>34,48</sup> dis-

trofia de Fuchs,<sup>34</sup> tras cirugía refractiva,<sup>49,50</sup> el efecto del edema inducido por LC,<sup>51</sup> tras cirugía de catarata,<sup>52</sup> para determinar su papel como factor de riesgo para el daño visual en el glaucoma y para determinar si influye en la respuesta corneal a la terapia refractiva corneal con lentes de contacto.<sup>53</sup> No obstante, según nuestra experiencia, no se puede considerar que las propiedades biomecánicas de la córnea puedan ser factores independientes que condicionen las medidas de la PIO.

En la **Figura 6** se puede observar que las córneas más gruesas tienen valores de coeficiente de resistencia corneal (CRF) e histéresis corneal (CH). Esto sugiere alguna relación de dependencia entre el espesor corneal y los coeficientes de resistencia (componentes elástica y viscosa del comportamiento corneal frente a estímulos externos). Sea como fuere, lo realmente interesante es que, al considerar estos factores, el instrumento ORA es capaz de proporcionar un valor de PIO corregido (IOPcc en la **Figura 6**), cuyo valor no depende del espesor corneal (córneas gruesas no presentan valores significativamente diferentes de las córneas delgadas), al contrario del parámetro considerado equivalente al valor proporcionado por el tonómetro de Goldman (IOPg en la **Figura 6**). En un estudio reciente de los autores, se ha comprobado que al menos una parte de las variaciones diurnas de la PIO podría justificarse por la variación de las propiedades biomecánicas de la córnea, ya sea por alteraciones biológicas, ya sea por alteraciones de espesor u otras que puedan tener a su vez impacto en los propios coeficientes CH y CRF.<sup>25</sup>

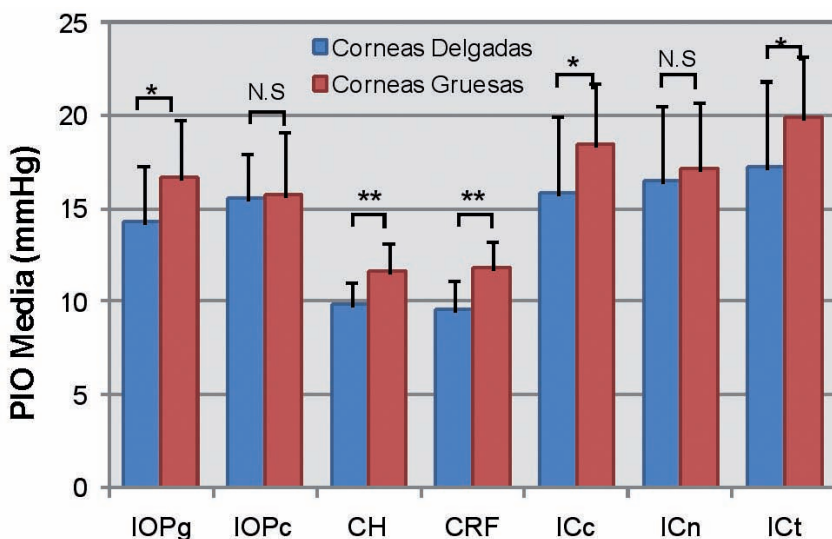


Figura 6. Diferencias en el valor medio de la presión intraocular en una población normal con espesor corneal menor y mayor de 540 micras (valor de la media estadística de la muestra).<sup>45</sup>

## Exactitud y fiabilidad de las técnicas

Aunque ambos conceptos a menudo son confundidos o usados in-

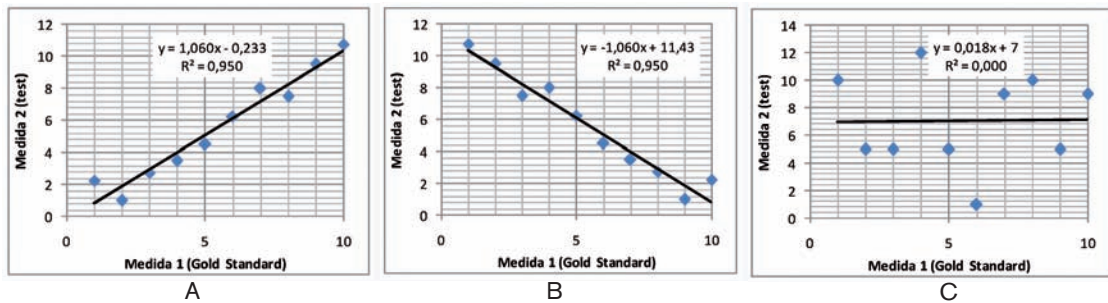


Figura 7. Gráficos de regresión demostrando una correlación positiva (A), correlación negativa (B) y ausencia de correlación (C).

distintamente, tienen un significado completamente distinto. La exactitud (en inglés “*accuracy*”) de una medida viene dada por la desviación de esa medida obtenida con un determinado instrumento en relación al valor verdadero determinado por técnicas ya contrastadas o proporcionadas por instituciones de calibración de pesos y medidas.

La fiabilidad (en inglés “*reliability*”), también llamada repetibilidad (en inglés “*repeatability*”), viene dada por la desviación entre medidas repetidas obtenidas con el mismo instrumento en las mismas condiciones de observación. Así pues, podemos tener un instrumento altamente repetible (obtiene valores muy similares cuando se repiten las medidas en una misma muestra o sujeto), pero poco exacto, por ejemplo porque cometa un error sistemático de sobreestimación o infraestimación de la medida.

Este error a su vez puede ser sistemático o aleatorio. El error sistemático puede determinarse e introducir un sistema de corrección que nos proporcione “una medida más exacta” a partir de la obtenida con el instrumento (curva de calibración). Los errores aleatorios no se pueden predecir tan fácilmente y a menudo dependen de varios factores o de la asociación de los mismos. Una de las consecuencias de la repetibilidad de una técnica es su capacidad para detectar diferencias significativas entre dos poblaciones o grupos clínicos. Cuanto mayor sea la desviación estándar de las medidas en relación al valor medio del parámetro que deseamos medir, y cuanto menor sea la diferencia que queremos detectar, mayor tendrá que ser el tamaño de la muestra.

La exactitud de las técnicas que se utilizan en ciencias biomédicas es siempre un aspecto difícil de evaluar, ya que muy raramente se puede extraer el tejido u órgano para ser medido con instrumentos de fiabilidad contrastada (por ejemplo, un micrómetro mecánico para medir el espesor de la córnea y compararlo con un parquímetro de uso clínico; o la medida de la PIO con un manómetro que requiere la conexión y perfecto sellado de la cámara anterior del ojo al instrumento, para luego comparar los valores con los obtenidos por el tonómetro clínico). En algunos casos, la comparación todavía se complica más, ya que los tejidos pueden alterar sus propiedades al ser removidos (como es el caso del espesor corneal).

En lo concerniente a la exactitud de las medidas tonométricas, se suelen usar modelos animales para comparar las medidas de manómetros con las obtenidas por los tonómetros.

En un trabajo realizado en el Instituto Bascon Palmer Eye Institute de Miami, Stoiber y colaboradores encontraron que el TNC era el más indicado en términos de exactitud para obtener la PIO de ojos de gato enuleados.<sup>54</sup> Resultados similares fueron encontrados en España por Acosta y colaboradores en ojos de cadáver<sup>55</sup> y por Acosta y colaboradores en ojos de conejos.<sup>56</sup>

En la actualidad, los tonómetros neumáticos han alcanzado niveles elevados de precisión en la medida, gracias a los métodos electroópticos de detección de la aplanación y al control preciso de la presión neumática ejercida. Gracias a ello es posible detectar diferencias muy pequeñas en la PIO, que permiten inclu-

so sincronizar la medida con el ritmo cardíaco y determinar las diferencias en la PIO en diversas fases del ritmo cardíaco.<sup>30</sup>

En los estudios clínicos, ante la imposibilidad de llevar a cabo estos estudios de exactitud, se mide el grado de concordancia de la técnica objeto de estudio con un instrumento que se asume que sea el más indicado para la obtención de la medida. A este instrumento se le llaman “gold standard” y en el caso de la tonometría todavía hoy está representado por el tonómetro de aplanación de Goldmann (TAG). No obstante, en estos casos no se debe hablar de exactitud, sino de grado de concordancia (en inglés “*agreement*”).

En la **Tabla 1** se ha hecho alusión a la fiabilidad de las distintas técnicas. En la evaluación de un nuevo método de medida mediante un nuevo dispositivo, en ocasiones se recurre al estudio de la correlación entre las medidas del nuevo método y el método usado como referencia, cuya representación suele hacerse a través de los gráficos de regresión. Una correlación cuyo coeficiente de correlación ( $r$ ) se considera más fuerte cuanto más próxima esté de  $+1$  o de  $-1$ , mientras que el cuadrado de este valor o coeficiente de determinación ( $r^2$ ) será más próximo de  $+1$  cuanto más fuerte sea la correlación (**Figura 7**).

No obstante, tanto el valor como la apariencia de los gráficos pueden ocultar errores sistemáticos en la medida o disimular el verdadero comportamiento del instrumento en la población analizada. Por ejemplo, en la **Figura 8A** la correlación es perfecta. No obstante, el instrumento 2 que estamos testando (test) mide siste-

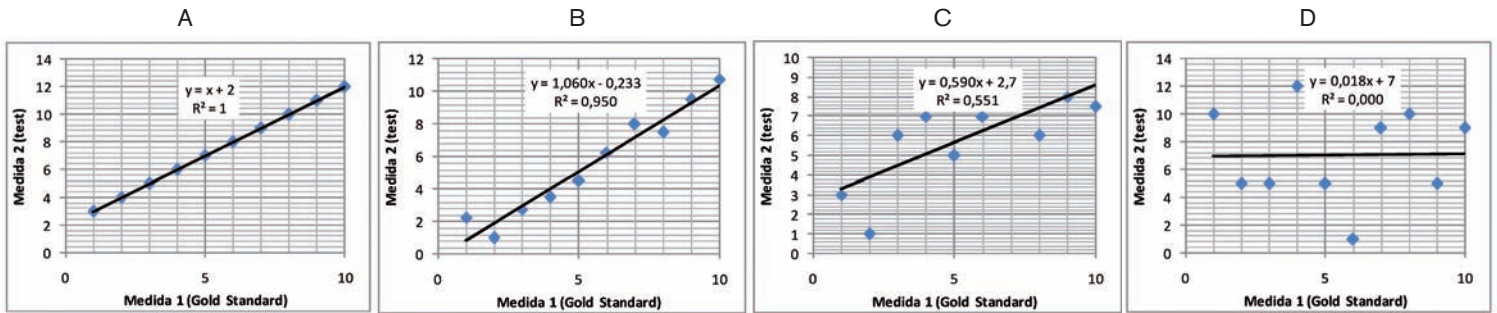


Figura 8. Gráficos de regresión representando diferentes situaciones: error sistemático de 2 unidades, dando una correlación perfecta (A); correlación alta y valores similares entre ambos métodos pero ligeramente inferiores para el instrumento evaluado (B); correlación moderada y tendencia del instrumento testado para dar valores más elevados que el de referencia (C); ausencia de correlación entre los valores de ambos métodos (D).

máticamente 2 unidades más que el instrumento 1 considerado como referencia (Gold Standard). Siendo el coeficiente de determinación  $= 1$ , en el 100% de los casos podemos predecir el valor que daría el instrumento Gold Standard a partir del valor obtenido con el instrumento test.

En el caso de la **Figura 8B**, aunque la correlación no es perfecta, se puede decir que ambos instrumentos miden valores similares y que el instrumento de test mide en general valores ligeramente inferiores que el Gold Standard. El coeficiente de correlación es de  $r=0,975$  y su coeficiente de determinación es de  $r^2=0,950$ . Del primero podemos decir que es una correlación fuerte y del segundo podemos derivar información más precisa, ya que nos muestra que un 95% de la variabilidad de la medida con el nuevo método depende del valor medido con el método de referencia, por lo que se puede obtener con bastante fiabilidad el valor de uno a partir del otro.

No obstante, a la luz de esta información no sabemos cómo se comporta el nuevo método en relación al de referencia en cada uno de los sujetos estudiados, si la diferencia entre ambas técnicas es mayor o menor para valores más altos o más bajos de la variable estudiada, si existe un error sistemático en la medida, o cuál será el margen de error en el que se incluyan un cierto número de sujetos, por ejemplo el 95% de la población.

Para ello se utilizan los gráficos de Bland-Altman<sup>57,58</sup> que representan la diferencia entre ambos métodos A y B para cada sujeto en el eje “y” en

función del valor medio obtenido con ambos métodos representado en el eje “x” (**Figura 9**). Además de la representación de cada punto correspondiente a la diferencia B-A a cada sujeto evaluado, en estos gráficos se representa la diferencia media entre ambas técnicas (positiva si hay una tendencia para  $A > B$ ; negativa si la tendencia es que  $B > A$ ) y el intervalo de confianza 95%, que nos muestra entre qué valores de diferencia B-A se puede esperar que esté un 95% de la muestra y cuyo cálculo se obtiene por las siguientes fórmulas:

- Límite superior = diferencia media + 1,96 x desviación estándar de la diferencia
- Límite inferior = diferencia media - 1,96 x desviación estándar de la diferencia

En el ejemplo **Figura 9B** observamos ahora que la mayoría de los sujetos se encuentra muy cerca de la línea horizontal que pasa por el valor de la diferencia media entre ambos instrumentos. Se observa también que existen algunos sujetos para los que el nuevo método proporciona valores más altos o más bajos que el método de referencia y alejados de la diferencia media. Además concluimos que para un 95% de la población la diferencia estará entre +4,25 y -3,5 (intervalo de 7,75 mmHg). Por último, podemos decir que para valores más bajos de PIO el método A mide valores superiores, y para valores más altos de PIO el método A mide valores inferiores al método B. Podríamos además saber si esta tendencia es estadísticamente significa-

tiva, aplicando los tests estadísticos apropiados.

También se puede determinar el comportamiento de la técnica conociendo qué proporción de pacientes presenta valores dentro de un determinado rango en relación a los obtenidos por el “gold standard”. Utilizando esta metodología, Fernandes et al concluyeron que para un 83% de los pacientes en su muestra los valores dados por el instrumento sometido a evaluación (test) diferían en menos de 3 mmHg de las proporcionadas por el instrumento de referencia (gold standard).<sup>7</sup>

Tras lo explicado anteriormente, podemos concluir que la evaluación de las diferencias individuales a través de los gráficos de Bland-Altman nos proporciona más información acerca de las prestaciones de un determinado método que la evaluación de la correlación entre las medidas. En la **Tabla 3** se muestran los parámetros estadísticos anteriormente referidos para la comparación de distintos instrumentos. Se observa que el intervalo de confianza varía significativamente, según se trate de uno u otro método y también de si se ha realizado el estudio en pacientes con PIO normal o con HTO o glaucoma cuya PIO se mantiene controlada farmacológicamente.

En general, los tonómetros neumáticos presentan una buena correlación con los valores obtenidos con la tonometría de Goldman. Se observa también una diferencia significativa entre el comportamiento de las versiones más antiguas (años 90) y las

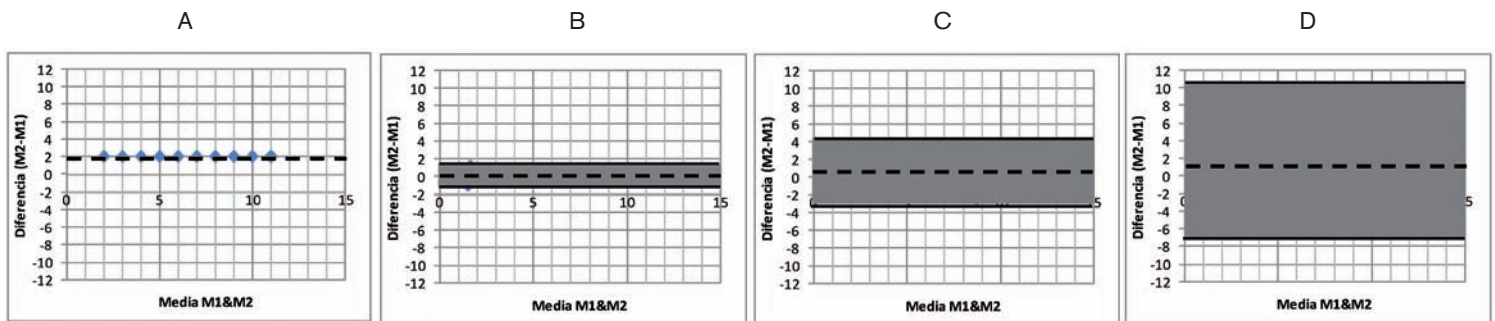


Figura 9. Gráficos de Bland-Altman correspondientes a las regresiones de la figura 8. El error sistemático de 2 unidades permite predecir invariablemente los valores exactos de un instrumento a partir del otro, esto es, el valor que sería equivalente al proporcionado por el “gold standard” cuando se mide el parámetro en cuestión con el instrumento testado, ya que el intervalo de confianza 95% es “0” (A); intervalo de confianza estrecho mostrando que en el 95% de los casos evaluados con el instrumento de test, las diferencias con respecto al instrumento de referencia estarán entre -1,38 y 1,58 unidades, con una diferencia media de 0,1 unidades (B); intervalo de confianza moderado demostrando que en un 95% de los casos medidos con el instrumento de test, las diferencias con respecto al instrumento de referencia estarán entre -3,53 y 4,43 unidades, con una diferencia media de 0,45 unidades (C); intervalo de confianza amplio mostrando que en el 95% de los casos las diferencias entre ambos métodos estarán entre -7,22 y 10,44 con una diferencia media de 1,6 unidades. En ningún caso se observan tendencias significativas (línea roja) que hagan pensar que el valor de la diferencia entre ambos métodos dependa del valor medido (que sea más alto o más bajo).

versiones más modernas lanzadas al mercado en la presente década, como es el caso de los tonómetros Reichert Xpert y Reichert AT550.<sup>59,60</sup> También se observa una buena concordancia entre los valores de la PIO obtenidos con TAG y tonometría ICare (ver **Tabla 2**). En ambos casos, la concordancia entre las técnicas referidas y la TAG disminuye para pacientes con hipertensión<sup>59</sup>.

## Conclusiones

- La posibilidad de medir la PIO sin recurso al uso de fármacos hace que actualmente el óptico-optometrista y otros profesionales no médicos puedan realizar una determinación precisa de este parámetro, siendo por ello una pieza fundamental en el combate a los daños provocados por la hipertensión ocular, que puede conducir a daños irreparables en la visión. Actualmente existen múltiples instrumentos (incluso de contacto) que pueden ser utilizados por estos profesionales.
- La presión intraocular elevada NO es sinónimo de glaucoma. La PIO elevada es un signo que se puede identificar con el tonómetro, pero para que exista glaucoma tiene que estar presente la patología del nervio óptico o neuropatía, pudiendo esta existir aunque la PIO sea baja o estar ausente aunque la PIO sea elevada. Todo ello tiene que ver con la facilidad o dificultad con que la irrigación sanguínea del fondo de

ojo acceda al interior del globo ocular a través de la arteria central de la retina (perfusión sanguínea). Para una explicación simplificada de la fisiología del control de la PIO se recomienda consultar el libro de García-Resúa y Yebra-Pimentel.<sup>2</sup>

- El valor de PIO obtenido con cualquiera de los tonómetros utilizados en clínica es una medida indirecta de la verdadera PIO del ojo, pues lo que medimos en realidad es la tensión de la membrana ocular –normalmente la córnea– y, a través de una serie de aproximaciones que asumen valores definidos para el espesor, curvatura o rigidez de esta membrana, se obtiene la PIO. Así por ejemplo, no se puede asegurar que un valor de PIO baja en un ojo con glaucoma (glaucoma de baja presión) sea en realidad un ojo con baja PIO, pues puede que alguno de los factores de error inherentes a los cálculos esté enmascarando los resultados. Del mismo modo, ojos sin patología del nervio óptico y, por tanto, sin glaucoma no deberán ser medicados aunque su PIO esté por encima de los valores asumidos como normales. Ya existen instrumentos que minimizan esas fuentes de error.
- No existe un valor límite que pueda diferenciar una PIO normal de valores patológicos. Aunque normalmente se asume 21 mmHg, este valor podría ser superior en instrumentos que sabemos que tienden a sobreestimar los valores en relación al to-

nómetro de Goldmann (todavía considerado como “Gold Standard”), y al contrario en los que tienden a subestimar el valor de la PIO. Pero más importante que todo ello es que en función de la situación clínica de cada paciente y ante un caso de patología glaucomatosa, se debe establecer cuál es la “PIO objetivo” para ese paciente y ese será el valor que en ese caso concreto separe lo aceptable de lo no aceptable.

- Se debe elegir bien el método tonométrico que se usa y definir cuál es la tolerancia del error que podemos asumir. Existen instrumentos que pueden proporcionar un comportamiento aceptable como técnicas de screening, pero no son aptos para hacer el seguimiento de un paciente con patología o para determinar la eficacia de fármacos hipotensores. En este trabajo, el lector podrá encontrar parámetros estadísticos y su interpretación en el ámbito clínico que le permitan elegir el mejor método según sus necesidades.
- Existen diversas fuentes de variabilidad de los valores de PIO medidos con tonometría para aumentar el valor (p.e. espesor corneal central grueso, durante la noche/posición acostada, hipertensión arterial,...) o disminuir el valor (p.e. cirugía refractiva, distrofia endotelial de Fuch, queratocono...) y otras situaciones típicamente asociadas con valores más altos de PIO (por ejemplo, miopía). También hay que conside-

Comparación	Autore (año)	N (muestra) / Edad	Diferencia Media (sig.)	IC 95% (límite superior)	IC 95% (límite inferior)	IC 95% (amplitud)
AT550 - GAT	Jorge et al (2003) <sup>59</sup>	44 ojos (G) / 64±15	-0,09±3,30 (N.S)	+6,38	-6,56	12,94
XpertP – GAT	Jorge et al (2002) <sup>60</sup>	35 ojos (N) / 25±2	-0,79±1,61 (*)	+2,29	-2,05	4,39
AT550 - GAT	Jorge et al (2002) <sup>60</sup>	35 ojos (N) / 25±2	0,12±1,11 (N.S)	+2,37	-3,94	6,31
Perkins - GAT	Jorge et al (2002) <sup>60</sup>	35 ojos (N) / 25±2	0,34±1,13(N.S)	+2,56	-1,87	4,43
TopconCT80 - GAT	Ogbuehi (2006) <sup>61</sup>	60 ojos (N) / 23±2	0,2±1,5 (N.S)	+2,74	-3,14	5,88
Icare - GAT	Fernandes (2006) <sup>7</sup>	46 ojos (N) / 23±3	1,34±2,03 (N.S)	+5,32	-2,64	7,96
DCT - GAT	Martínez-de-la-Casa (2006a) <sup>62</sup>	146 ojos (G) / 61±14	4,4±2,6 (-)	+9,5	-0,7	10,2
DCT – Icare	Martínez-de-la-Casa (2006a) <sup>62</sup>	146 ojos (G) / 61±14	3,4±3,3 (-)	+9,8	-3,1	12,9
ICare - GAT	Martínez-de-la-Casa (2006a)	146 ojos (G) / 61±14	1,4±2,67(-)	+6,4	-4,3	10,7
ORAg - GAT	Martínez-de-la-Casa (2006b) <sup>63</sup>	48 ojos (G) / 65±15	7,2±-- (-)	+14,2	+0,3	14,5
ORAcc - GAT	Martínez-de-la-Casa (2006b)	48 ojos (G) / 65±15	8,3±--(-)	+16,1	+0,4	16,5
Icare - GAT	Martínez-de-la-Casa (2006c) <sup>63</sup>	147 ojos (N ) / 64±16	1,8±2,8(-)	+7,3	-3,7	11,0
GAT - TonoPen	Bafa (2001) <sup>64</sup>	99 ojos (G) / 68±--	-0,60±4,25(N.S)	+7,70	-8,9	16,60
Canon TX-10-GAT	Tonnu (2005) <sup>65</sup>	105 ojos (G) / 65±13	-0,7±4,8 (--)			4,8
NT4000 <sub>PM</sub> - GAT	Lam (2004) <sup>66</sup>	31 ojos (N) / 20±--	≈ -0,8±-- (-)	+3,0	-4,4	7,4
NT2000 - GAT	Lam (2004) <sup>66</sup>	31ojos (N) / 20±--	≈ -0,8±-- (-)	+1,9	-5,5	7,4

DCT: digital contour tonometry, también conocido como tonómetro Pascal; ORA: ocular response analyzer; GAT: tonómetro de aplanación de Goldmann; IC 95%: intervalo de confianza 95%; G: glaucomatosos; N: pacientes sanos; N: número de sujetos en el estudio; PIOg: presión intraocular equivalente al tonómetro Goldmann obtenida con el tonómetro ORA; PIOcc: presión intraocular equivalente al tonómetro Goldmann obtenida con el tonómetro ORA.

Tabla 3. Parámetros estadísticos resultantes de la comparación de varios métodos de tonometría.

rar el potencial efecto de factores raciales (los africanos normalmente presentan valores más elevados de PIO que los caucásicos...), el sexo (mujeres adultas con valores de PIO generalmente más elevados), entre otros factores fisiológicos y patológicos a la hora de interpretar los valores de la PIO.

- En general, los tonómetros neumáticos actuales proporcionan niveles de repetibilidad y de concordancia con la tonometría de Goldmann muy altos y pueden ser utilizados en la clínica para

la detección y seguimiento de pacientes con hipertensión ocular.

- Nunca se debe realizar una única medida de PIO con ningún método y especialmente con los tonómetros neumáticos o con la tonometría ICare. En el primer caso se recomienda hacer al menos 3 medidas y promediarlas para obtener un valor final, mientras que en el caso del tonómetro ICare se recomienda hacer 6 medidas y observar la validez de las mismas, determinadas por el propio instrumento mediante la des-

viación estándar de las mismas. En caso de no ser válidas por presentar una gran variabilidad, se recomienda repetir el procedimiento.

- En pacientes con glaucoma, los métodos no invasivos presentan mayor variabilidad en relación a Goldman que en pacientes sanos, por lo que se hace más imperativo que las medidas sean el resultado de varias medidas concordantes.

- Algunos nuevos tonómetros permiten obtener medidas de PIO utilizan-

Tonómetro	Media±SD	Umbral 1	Umbral 2	n1	n2
Goldmann(N)	12.30±2.20	1.00	2.00	63	16
Goldmann (G)	18.98±2.77	1.00	2.00	100	25
Icare (N)	14.76±2.53	1.00	2.00	84	21
Icare (G)	17.94±3.88	1.00	2.00	196	49
Reichert AT550 (N)	12.42±2.08	1.00	2.00	57	15
Reichert AT550 (G)	19.08±3.02	1.00	2.00	119	30
Perkins (N)	12.64±2.41	1.00	2.00	76	19
Perkins (G)	14.59±2.93	1.00	2.00	112	28
Tono-Pen XL (N)		1.00	2.00		
Tono-Pen XL (G)	17.37±3.56	1.00	2.00	165	42
Reichert Xpert (N)	11.51±2.56	1.00	2.00	86	22
Reichert Xpert (G)		1.00	2.00		
TGDC-01 (N)	13.18±4.06	1.00	2.00	215	54
NT4000 (N)	14.76±2.86	1.00	2.00	107	27
Reichert ORA PIOg (N)	15.47±3.43	1.00	2.00	153	39
Reichert ORA PIOc (N)	15.61±3.06	1.00	2.00	120	30

G: glaucomatosos; N: pacientes sanos

Tabla 4. Estimación del número de pacientes que habría que incluir en un estudio, medidas que habrá que realizar (n1, n2) para poder detectar diferencias estadísticamente significativas de 1 mmHg (Umbral 1) o 2 mmHg (Umbral 2) entre dos grupos clínicos. Cuanto menos precisa (repetible) sea la técnica usada, más medidas serán necesarias.

do áreas muy limitadas de la córnea, incluso encontrándose el paciente en decúbito supino, con las ventajas que ello supone frente a otras técnicas que requieren que el paciente se encuentre erecto o sentado o no pueden obtener medidas fiables en córneas con cicatrices centrales.

- Factores como la hora del día en la que se mide la PIO influyen significativamente en el valor obtenido. Por ello, se debe anotar en la ficha del paciente o en informes remitidos a otros compañeros u otros profesionales la hora del día a la que se obtiene la medida y comparar valores obtenidos

aproximadamente a la misma hora para hacer un seguimiento longitudinal. ●

#### Acerca de los autores

Jorge M. Martins Jorge

(OD, PhD). Universidade do Minho, Braga, Portugal

José M. González-Méijome

(OD, PhD, FIACLE)

#### REFERENCIAS

- Ortiz D, Pínero D, Shabayek MH, malich-Montiel F, Alio JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1371-5.
- Ortiz D, Pínero D, Shabayek MH, malich-Montiel F, Alio JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1371-5.
- Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, Sanderson JP, Roberts CJ. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic, and noncontact tonometry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:39-47.
- Lu F, Xu S, Qu J et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *Am J Ophthalmol* 2007;143:616-22.
- Hager A, Loge K, Fullhas MD, Schroeder B, Grossherr M, Wiegand W. Changes in corneal hysteresis after clear corneal cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2007;144:341-6.
- Gonzalez-Mejome J, villa-collor c, Queiros A, Jorge J, Parafita M. A pilot study on the influence of corneal biomechanical properties over the short-term in response to Corneal Refractive Therapy for myopia. *Cornea* 2008;27.
- Stoiber J, Fernandez V, Lamar PD, Hitzl W, Fantes F, Parel JM. Ex vivo evaluation of Tono-Pen and pneumotonometry in cat eyes. *Ophthalmic Res* 2006;38:13-8.
- Espana EM, Acosta AC, Nose I et al. Validation of the Barraquer tonometer for high intraocular pressure estimation. *J Refract Surg* 2006;22:580-4.
- Acosta AC, Espana EM, Nose I et al. Estimation of intraocular pressure in rabbits with commonly used tonometers. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2007;38:43-9.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet* 1995;346:1085-7.
- Jorge J, Gonzalez-Mejome JM, az-Rey JA, Almeida JB, Ribeiro P, Parafita MA. Clinical performance of non-contact tonometry by Reichert AT550 in glaucomatous patients. *Ophthalmic Physiol Opt* 2003;23:503-6.
- Jorge J, Diaz-Rey JA, Gonzalez-Mejome JM, Almeida JB, Parafita MA. Clinical performance of the Reichert AT550: a new non-contact tonometer. *Ophthalmic Physiol Opt* 2002;22:560-4.
- Ogbuehi KC. Assessment of the accuracy and reliability of the Topcon CT80 non-contact tonometer. *Clin Exp Optom* 2006;89:310-4.
- Martínez-de-la-Casa JM, García-Feijoo J, Vico E et al. Effect of corneal thickness on dynamic contour, rebound, and goldmann tonometry. *Ophthalmology* 2006;113:2156-62.
- Martínez-de-la-Casa JM, García-Feijoo J, Fernández-Vidal A, Méndez-Hernández C, García-Sánchez J. Ocular response analyzer versus Goldmann applanation tonometry for intraocular pressure measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:4410-4.
- Bafa M, Lambrinkis I, Dayan M, Birch M. Clinical comparison of the measurement of the IOP with the ocular blood flow tonometer, the Tonopen XL and the Goldmann applanation tonometer. *Acta Ophthalmol Scand* 2001;79:15-8.
- Tonnu PA, Ho T, Sharma K, White E, Bunce C, Garway-Heath D. A comparison of four methods of tonometry: method agreement and interobserver variability. *Br J Ophthalmol* 2005;89:847-50.
- Lam AK, Chan R, Lam CH. The validity of a new noncontact tonometer and its comparison with the Goldmann tonometer. *Optom Vis Sci* 2004;81:601-5.