

# Estudo comparativo entre as medidas da pressão ocular dos tonômetros de rebote, pneumático e de Goldmann

## *Comparative study between ocular pressure measurements made by rebot tonometer, pneumatic tonometer, Goldmann tonometry*

Hilkias Adachi Araujo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8816-1957>

Joao Pedro Vedovelli de Araujo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6063-3438>

Felipe Beltrão de Medeiros<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4665-9543>

Paulo Bernardo Ferreira Rebelo<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2332-7463>

Hilton Arcoverde Gonçalves de Medeiros<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0074-7748>

### RESUMO

**Objetivo:** Comparar o resultado entre dois tipos de tonômetros, tendo como padrão ouro a tonometria de aplanção, relacionando com a espessura corneana e suas validações como instrumentos de rastreio populacional. **Métodos:** Estudo transversal comparativo, realizado com 400 olhos do ambulatório de oftalmologia da Adachi Oftalmologia, em Macapá (Amapá), entre os valores médios da pressão ocular medidos pelo tonômetro Icare®, o Tonômetro Pneumático e o Tonômetro de Aplanção de Goldmann em função da espessura corneana. Foram divididos conforme a ECC em 3 grupos. Grupo 1: 260 olhos com ECC < 530µ; grupo 2: 217 olhos com ECC entre 530µ e 590µ; e, grupo 3: 157 olhos com ECC > 590µ. **Resultados:** A ECC média obtida na paquimetria foi de 557µ, variando de 651µ a 477µ (desvio padrão de 32,9). A PIO média obtida pela TP foi de 19,4 mmHg (com desvio padrão de 2,32); pelo Icare® foi de 16,7mmHg (desvio padrão de 2,12); e, na TAG foi de 15,5 mmHg (desvio padrão de 2,02). Para paquimetrias inferiores a 530µ e superiores a 590µ a PIOm não diferiu significativamente entre a TAG e Icare® (p = 0,232), sendo estatisticamente significativa diferença obtida para córneas com ECC entre 530 e 590 µ. A PIOm obtida pelo TP foi significativamente maior do que a pressão ocular média dos TAG e Icare® (p < 0,001 para ambos) em todos os grupos. **Conclusões:** Os três métodos podem ser utilizados em campanhas de rastreamento, porém o Icare® se mostrou mais confiável que a TP, com valores obtidos estatisticamente mais confiáveis quando comparados à TP. Existe suficiente concordância entre o Icare e a TAG para recomendar o seu uso.

**Descritores:** Pressão intraocular; Glaucoma; Córnea; Tonometria; Paquimetria

### ABSTRACT

**Objective:** To compare the result between two types of tonometers, using as gold standard the aplanation tonometry, relating to the corneal thickness and its validations as instruments of population screening. **Methods:** A comparative cross-sectional study was carried out with 400 eyes from the ophthalmology clinic of Adachi Ophthalmology, in Macapá (Amapá), between the mean values of ocular pressure measured by the Icare® tonometer, the Pneumatic Tonometer and the Goldmann Flattening Tonometer as a function of corneal thickness. They were divided according to ECC in 3 groups. Group 1: 260 eyes with ECC < 530µ; group 2: 217 eyes with ECC between 530µ and 590µ; and, group 3: 157 eyes with ECC > 590µ. **Results:** The mean ECC obtained in pachymetry was 557µ, ranging from 651µ to 477µ (standard deviation of 32.9). The mean IOP obtained by PT was 19.4 mmHg (with a standard deviation of 2.32); by Icare® was 16.7mmHg (standard deviation of 2.12); and in the TAG it was 15.5 mmHg (standard deviation of 2.02). For pachymetry less than 530µ and greater than 590µ, PIOm did not differ significantly between TAG and Icare® (p = 0.232), and a statistically significant difference was obtained for corneas with ECC between 530 and 590 µ. The IOP obtained by the PT was significantly higher than the mean ocular pressure of the TAG and Icare® (p < 0.001 for both) in all groups. **Conclusions:** All three methods can be used in screening campaigns, but Icare® proved to be more reliable than TP, with values obtained statistically more reliable when compared to TP. There is sufficient agreement between Icare and TAG to recommend its use.

**Keywords:** Intraocular pressure; Glaucoma; Cornea; Tonometer; Pachymeter

<sup>1</sup> Adachi Oftalmologia, Macapá, AP, Brasil.

<sup>2</sup> Clínica de Olhos João Eugenio, Brasília, DF, Brasil.

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Recebido para publicação em 30/08/2018 - Aceito para publicação em 15/03/2019.

## INTRODUÇÃO

O envelhecimento progressivo da população provoca uma elevação na incidência de Glaucoma, o que demanda por melhor nos métodos de rastreamento populacional. A medição da pressão intra-ocular (PIO) é o principal método de rastreamento, de diagnóstico e de acompanhamento de pacientes portadores de Glaucoma. Tradicionalmente a Tonometria de Aplanção de Goldman (TAG) é considerada o padrão ouro. No entanto, em sua concepção foi normatizada uma córnea com aproximadamente 500 $\mu$  de espessura.<sup>(1)</sup> Com a evolução da tecnologia permitindo a medição precisa da espessura central corneana (ECC) e com as modernas técnicas de cirurgias refrativas, que levam a um afinamento deste tecido, tem-se descrito alterações da PIO, variando conforme a espessura corneana.<sup>(2)</sup>

A espessura corneana e sua relação com o glaucoma ficou bem demonstrado pelo Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS)<sup>(2)</sup>, o qual apontou como fator preditivo de glaucoma. Segundo o estudo, pacientes com córneas mais finas possuem maior probabilidade de evolução para glaucoma, hipótese esta também levantada por outros estudos.<sup>(3-5)</sup>

Em 1973, Forbes<sup>(6)</sup> introduziu um novo método de medição da pressão ocular, sem contato corneano, os tonômetros pneumáticos (TP). Estes produzem um jato de ar que levando à aplanção corneana. Concomitantemente projeta um feixe de luz colimado, sendo captados pelo receptor do aparelho. Um pico de recepção de luz atinge seu nível máximo quando a córnea é aplanada, indicando o valor da PIO.

Diversas formas de aferição da PIO têm sido propostas com a finalidade de diminuir a dependência da espessura corneana. Recentemente um tonômetro que não produz deformação na córnea foi lançado no mercado, o Tonômetro de Pascal ou tonômetro de contorno dinâmico (TCD) teoricamente não é influenciado pela ECC. A extremidade do cilindro do tonômetro, que entra em contato com a córnea, possui uma superfície côncava funcionando como um sensor permitindo uma medição da PIO, sem causar deformação corneana.<sup>(7)</sup> Porém sua difícil manipulação e curva de aprendizado, o tornam pouco aplicável em unidades de rastreamento populacional.<sup>(8)</sup>

Para esses fins, o método ideal deve ser rápido, prático, com pequena curva de aprendizado, ter boa reprodutibilidade dos resultados, possuir boa acurácia e preferencialmente não ser afetado pela espessura central corneana (ECC).

Também introduzido recentemente, o tonômetro de rebote Icare (Tiolat Oy, Helsinky, Finland) (Figura 1) utiliza uma sonda muito leve que é usada para fazer contato momentâneo e suave com a córnea. Ele registra a PIO em função da desaceleração de uma sonda de haste. O dispositivo permite aferição em pacientes resistentes como crianças, no leito e em campanhas de rastreamento, pela praticidade e baixa curva de aprendizado, não requerendo instilação de colírio anestésico.

## OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi comparar o Tonômetro de rebote Icare®, o Tonômetro Pneumático e o Tonômetro de Goldman, relacionando com a espessura corneana e a validação do Tonômetro de rebote Icare® como instrumento de rastreamento populacional.



Figura 1: Foto do modelo iCare TAO1i utilizado.

## MÉTODOS

Foram selecionados aleatoriamente 200 pacientes adultos (400 olhos), do ambulatório de oftalmologia da Clínica Adachi Oftalmologia (Macapá, AP), sendo 110 do sexo masculino e 90 do sexo feminino. A média da idade dos pacientes foi de 49 anos (variando de 38 a 61 anos).

Foi realizado estudo transversal comparativo entre os valores da pressão ocular medidos pelo Icare® modelo TAO1i (Tiolat Oy, Helsinky, Finland), o Tonômetro Pneumático CT 60 (Topcon, Japan) e o Tonômetro de Aplanção de Goldmann (Nikon, Japan) e para o exame da espessura corneana foi utilizado o Paquimetro de não-contato Oculus (Oculus company, Wetzlar, Germany).

Os pacientes foram orientados a realizarem as medições de PIO sob os três diferentes métodos. Todos tiveram as pressões oculares medidas pelos mesmos técnicos e foram submetidos a exame de paquimetria de não contacto imediatamente antes das medições. Os exames foram realizados de forma sucessiva e com intervalo máximo de 15 minutos entre eles, em condições normais, sem midríase farmacológica. A sequência utilizada foi Paquimetria, TP, tonometria pelo Icare® e TAG. Para realização deste último, foram instilados colírios anestésico e corante fluoresceína imediatamente antes da aferição.

Os colírios utilizados no estudo foram o cloridrato de proximetacaína 0,5% (Visonest®, Allergan) como anestésico e a fluoresceína sódica (Allergan).

Como critérios de exclusão foram adotadas doenças oculares pré-existentes, histórico de cirurgia ocular e histórico familiar de glaucoma.

Para verificação da normalidade das variáveis se utilizou o teste de Kolmogorov-Smirnov e para comparação dos valores médios de pressão entre os tratamentos empregou-se o teste não paramétrico de Friedman. Nos casos, em que o teste de Friedman foi significativo empregou-se o teste de Dunn-Bonferroni<sup>(9)</sup> para comparações múltiplas.

## RESULTADOS

Na nossa amostra, os valores da ECC obtidos na paquimetria foram de 557 $\mu$ , variando de 651 $\mu$  a 477 $\mu$  (desvio padrão de 32,9). O média da medição da pressão ocular obtido pela TP foi de 19,4 (com desvio padrão de 2,32); na tonometria obtida pelo Icare® a média foi 16,7 (desvio padrão de 2,12); e, na TAG obteve-se a média de 15,5 (desvio padrão de 2,02).

Os resultados foram estratificados conforme a espessura central corneana (ECC) e divididos em 3 grupos. Grupo 1: 260 olhos

com  $ECC < 530\mu$ ; grupo 2: 217 olhos com ECC entre  $530\mu$  e  $590\mu$ ; e, grupo 3: 157 olhos com  $ECC > 590\mu$  e apresentados na tabela 1.

**Tabela 1**  
**Valores médios de pressão intra-ocular, por tratamento e paquimetria**

Paquimetria	Tratamento*			Teste Friedman p – valor	Teste Dunn – Bonferroni P-valor		
	TAG (1)	ICare (2)	TP (3)		(1) X (2)	(1) x (3)	(2) X (3)
< 530	15,19±0,20	15,10±0,23	17,00±0,24	< 0,001	0,232	< 0,001	< 0,001
530 – 590	14,73±0,23	15,22±0,27	17,59±0,27	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001
> 590	15,40±0,25	15,60±0,30	19,33±0,32	< 0,001	0,527	< 0,001	< 0,001

Para paquimetrias inferiores a  $530\mu$  a pressão ocular média não diferiu significativamente entre a TAG e Icare® ( $p = 0,232$ ). A pressão ocular média no tonômetro pneumático foi significativamente maior do que a pressão ocular média dos TAG e Icare® ( $p < 0,001$  para ambos).

Quando da Paquimetria entre  $530$  e  $590\mu$  a pressão ocular média no Icare® foi significativamente maior do que a pressão ocular média pela TAG ( $p = 0,003$ ) e a pressão ocular média no tonômetro pneumático foi significativamente maior do que a pressão ocular média medidas pela TAG e pelo Icare® ( $p < 0,001$  para ambos).

Nos pacientes com paquimetrias maiores que  $590\mu$  a pressão ocular média não diferiu significativamente entre os TAG e Icare® ( $p = 0,527$ ), enquanto a pressão ocular média da medida pelo tonômetro pneumático foi significativamente maior do que a pressão ocular média medida pela TAG e pelo Icare® ( $p < 0,001$  para ambos).

Na comparação do método aplanção com Icare® uma vez que para a paquimetria maior que  $590\mu$  e para paquimetria menor que  $530\mu$  não houve diferença significativa, podemos usar os valores de “p” para dizer que os resultados foram mais similares na seguinte ordem: paquimetria maior que  $590\mu$ , seguido de paquimetria menor que  $530\mu$ .

Assim, a análise estatística do grupo geral revela que houve diferença estatisticamente significativa entre a medição dos três métodos ( $p > 0,05$ ), ainda que a TAG e o Icare® seja muito próxima, em determinados pacientes pode haver discrepância de valores.

## DISCUSSÃO

Em países com grandes desproporções geográficas onde existe dificuldade de acesso dessa população à atenção básica e prevenção secundária, é fundamental a realização de campanha de detecções de patologias silenciosas, entre elas o glaucoma. No entanto, a TAG torna extremamente pouco produtiva a sua realização nesses eventos, havendo necessidade de métodos mais ágeis e com acurácia comprovada.

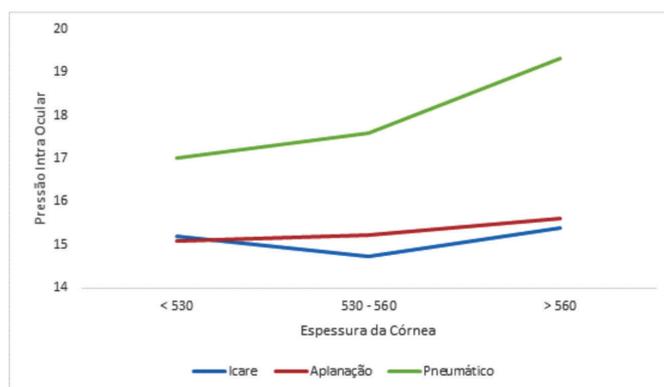
Já foi demonstrado por outros autores que a medição da pressão intraocular sofre influência da espessura corneana central, sendo um importante fator preditivo para a acurácia do método.<sup>(10,11)</sup>

A ECC possui a capacidade de interferir no resultado tonometria devido a força necessária para seu aplanamento, podendo haver falsas elevações em córneas espessas e valores baixos em córneas finas.<sup>(12)</sup> Tonnu e cols. após testar diversos

métodos correlacionando com a ECC, encontrou que a TP é mais influenciada pela ECC apresentando os níveis pressóricos mais altos.<sup>(13)</sup>

Diversos autores já demonstraram a comparabilidade entre a TAG e o tonômetro Icare®,<sup>(14-16)</sup> no entanto não relacionaram com a espessura central corneana, e utilizaram um novo modelo do tonômetro Icare®. O modelo por nós escolhido possui como principal característica a fácil manipulação, que o torna apto para campanhas de rastreamento. Trata-se de um modelo com baixa curva de aprendizado, e extrema agilidade para realização de tarefas mais complexas como medição de pressão ocular em crianças, idosos com dificuldade de locomoção e pacientes no leito.

Quando buscamos concordância entre os métodos utilizados, o que mais se aproximou da TAG foi o Icare®. Ao examinar sob a ótica da ECC (Figura 2) no grupo com  $530 < ECC < 590$ , a PIOM encontrada foi de  $14,73 \pm 0,23$  pela TAG e de  $15,22 \pm 0,27$  pelo Icare®, sendo mais semelhantes entre si que os valores obtidos pela TP, ainda que com diferença estatisticamente significativa. Isso o coloca em uma melhor posição que a TP para utilização com fins de detecção de níveis pressóricos normais, aumentando a confiabilidade do exame em sistemas de rastreamento.



**Figura 2:** PIOM comparativa entre os três grupos de ECC, com os três aparelhos.

Em nossa série, encontramos o disposto recentemente por Kato<sup>(17)</sup>, e verificamos uma concordância entre as PIOM medidas pela TAG e Icare, com uma leve tendência a subvalorizar, enquanto que a TP possui uma discordância com tendência a sobrevalorizar a PIO.

## CONCLUSÕES

Em nosso trabalho encontramos diferença estatisticamente significativa entre os métodos utilizados nos pacientes com córneas com espessura central entre 530 e 590 $\mu$ , no entanto quando comparamos fora deste espectro de espessura central, a TAG foi coincidente com a medição pelo tonômetro Icare®. A tonometria pneumática apresentou resultados discrepantes, sendo estatisticamente significativa em todos os 3 grupos. Concluimos que os três métodos podem ser utilizados em campanhas de rastreamento, porém em pacientes com córneas com espessura inferior a 530 $\mu$  e superior a 590 $\mu$  o Icare® se mostrou mais confiável que a TP, assim, estatisticamente, os valores obtidos pelo Icare® são mais confiáveis quando comparados à TP. Existe suficiente concordância entre o Icare e a TAG para recomendar o seu uso.

## REFERÊNCIAS

1. Goldmann H, Schmidt T. Uber Applanationstonometrie. *Ophthalmologica*. 1957;134(4):221-42.
2. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 2002;120(6):714-20.
3. Fontes BM, Navajas EV, Melo LA Junior, Fontes ML, Fontes PC. Alteração da pressão intra-ocular aferida pela tonometria de aplanção após laser in situ keratomileusis. *Rev Bras Oftalmol*. 2004;63(5/6):315-20.
4. Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS. Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Arch Ophthalmol*. 2004;122(1):17-21.
5. Meirelles SH, Alvares RM, Botelho PB, Moraes FB, Moreira PB, Villela AC. Relação entre a espessura corneana e a gravidade de defeito de campo visual no glaucoma primário de ângulo aberto. *Arq Bras Oftalmol*. 2006;69(3):313-7.
6. Forbes M, Pico G Jr, Grolman B. A noncontact applanation tonometer. *Sight Sav Rev*. 1973;43(3):155-61.
7. Kanngiesser HE, Kniestedt C, Robert YC. Dynamic contour tonometry: presentation of a new tonometer. *J Glaucoma*. 2005;14(5):344-50.
8. Meirelles SH, Mathias CR, Azevedo GB, Ivares RM, Mattosinho CC, Jardim JS, Bastos CC, Meneses L. Estudo comparativo entre o tonômetro de aplanção de Goldmann e o tonômetro de contorno dinâmico de Pascal no glaucoma primário de ângulo aberto e olhos normais. *Rev Bras Oftalmol*. 2008;67(6):273-80.
9. Dunn OJ. Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics*. 1964;6(3):241-52.
10. Hladíková E, Pluhá ek F, Marešová K. [Comparison of measurement of intraocular pressure by ICARE PRO® tonometer and Goldman applanation tonometer]. *Cesk Slov Oftalmol*. 2014 Jun;70(3):90-3.
11. Halkiadakis I, Stratos A, Stergiopoulos G, Patsea E, Skouriotis S, Mitropoulos P, et al. Evaluation of the Icare-ONE rebound tonometer as a self-measuring intraocular pressure device in normal subjects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2012;250(8):1207-11.
12. Yildiz A, Yasar T. Comparison of Goldmann applanation, non-contact, dynamic contour and tonopen tonometry measurements in healthy and glaucomatous eyes, and effect of central corneal thickness on the measurement results. *Med Glas (Zenica)*. 2018;15(2):152-7.
13. Tonnu PA, Ho T, Newson T, El Sheikh A, Sharma K, White E, et al. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotometry, non-contact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(7):851-4.
14. Hui M, Raniga A, Fraser-Bell S, Salem W, Clement C. Comparison of ICare tonometry to Goldmann tonometry for the measurement of intraocular pressure changes following intravitreal anti-vascular endothelial growth factor injection. *Clin Exp Ophthalmol*. 2018;46(7):821-3.
15. Brusini P, Salvat ML, Zeppieri M, Tosoni C, Parisi L. Comparison of ICare tonometer with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *J Glaucoma*. 2006;15(3):213-7.
16. Valero B, Fénolland JR, Rosenberg R, Sendon D, Mesnard C, Sigaux M, et al. [Reliability and reproducibility of intraocular pressure (IOP) measurement with the Icare® Home rebound tonometer (model TA022) and comparison with Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients]. *J Fr Ophtalmol*. 2017;40(10):865-75.
17. Kato Y, Nakakura S, Matsuo N, Yoshitomi K, Handa M, Tabuchi H, et al. Agreement among Goldmann applanation tonometer, iCare, and Icare PRO rebound tonometers; non-contact tonometer; and Tonopen XL in healthy elderly subjects. *Int Ophthalmol*. 2018;38(2):687-96.

---

### **Autor correspondente:**

Dr. Hilton A. G. Medeiros  
SHIS QI 05, conjunto 09, casa 02. Lago Sul, Brasília - DF.  
CEP: 71615-090