

Uso da tonometria de ar em pesquisas populacionais – comparação com o tonômetro de Goldmann em indivíduos com suspeita de hipertensão ocular

Air-Puff Tonometry in population research – a comparison with Goldmann tonometer in individuals with suspected ocular hypertension

Luiz Augusto Tolomei¹, Mitsuo Hashimoto¹, Caroline Ferreira da Silva Mazeto¹, Augusto Tomimatsu Shimauti¹, Maria Rosa Bet de Moraes Silva¹, Carlos Roberto Padovani², Silvana Artioli Schellini¹

RESUMO

Objetivo: Avaliar a utilidade do tonômetro de ar (TA) em estudos populacionais em indivíduos suspeitos de hipertensão ocular, comparando os valores com os fornecidos pelo tonômetro de aplanção de Goldmann (TG). **Métodos:** Estudo transversal, de amostra probabilística, composta por 11.452 indivíduos e²⁰ anos, compondo-se uma subamostra dos que apresentaram valores de pressão intraocular (PIO) obtidos com o TA e²⁰mmHg, nos quais a PIO foi repetida com o TG. Os resultados dos dois tonômetros foram comparados considerando sexo, cor da pele referida, lateralidade, relação escavação/disco (\hat{A} 0,6; entre e^{0,6} e <0,8; e^{0,8}) e diagnóstico. Foram consideradas três situações: não-portadores de glaucoma (NG), suspeitos (SG) e portadores de glaucoma (CG). Para comparação entre as medidas foi utilizado o teste t de Student para amostras pareadas e o teste de correlação de Pearson para avaliar a associação entre PIO, idade e tonometria. **Resultados:** Foram detectados 198 indivíduos (339 olhos) com PIOe²⁰mmHg com o TA, que tiveram a medida repetida com o TG. Foram considerados 233 olhos como NG, 47 olhos como SG e 19 olhos como CG. Em olhos com escavação e^{0,8}, a medida com TA e TG foram semelhantes. Nos NG e SG, o TA superestimou os valores. Houve associação entre aumento da PIO e aumento da idade com os dois tonômetros. **Conclusão:** Valores de PIO são superiores com TA comparados ao TG, principalmente quando a PIO é normal. Há concordância entre os métodos quando a PIO é alta e a escavação do nervo óptico é aumentada, o que valida a aplicação do TA em campanhas populacionais.

Descritores: Tonometria ocular/métodos; Glaucoma; Hipertensão ocular/epidemiologia

ABSTRACT

Purpose: to evaluate the use of air tonometer (TA) in population studies in individuals suspected of ocular hypertension, comparing values with those provided by the Goldmann Tonometer (GT). **Methods:** a cross-sectional study was done using a probabilistic sample consisting of 11,452 individuals e²⁰ years old. A subsample composed by the individuals with IOP values obtained with TA e²⁰ mmHg was selected, in which IOP was repeated with the GT. The results of both tonometers were compared considering gender, referred color of skin, laterality, cup-to-disc ratio (\hat{A} 0.6; e^{0.6} and <0.8; e^{0.8}) and diagnosis, considering three situations: without glaucoma (NG), suspected glaucoma (SG) and patients with glaucoma (CG). The Student t test was used for paired samples and the Pearson correlation test to evaluate the association between IOP, age and tonometry. **Results:** we identified 198 individuals (339 eyes) with IOP e²⁰mmHg with the TA, who had the measures repeated with the GT. Two hundred and thirty-three eyes were considered as NG, 47 eyes as SG and 19 eyes as CG. In eyes with cup-to-disc ratio e^{0.8}, the TA and GT measurements were similar. In NG and SG, the TA overestimated values. There was an association between increased IOP and increasing age with both tonometers. **Conclusion:** IOP values are higher with TA compared to GT, especially when IOP is normal. There is agreement between the methods when IOP is high and the optic nerve excavation is increased, which validates the application of TA in population campaigns.

Keywords: Tonometry, ocular/methods; Glaucoma; Ocular hypertension/epidemiology

¹ Departamento de Oftalmologia, Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, SP, Brasil.

² Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho realizado na Faculdade de Medicina de Botucatu –UNESP e financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo.

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Recebido para publicação em 03/12/2015 - Aceito para publicação em 31/03/2016

INTRODUÇÃO

O glaucoma é a primeira causa de cegueira irreversível, com prevalência mundial para o ano de 2013 estimada em 3,54% entre indivíduos de 40 a 80 anos⁽¹⁾.

Embora esteja bem estabelecido que o glaucoma é uma doença multifatorial, a pressão intraocular (PIO) continua sendo considerada o principal fator de risco para o desenvolvimento da doença⁽²⁾. O tratamento do glaucoma baseia-se unicamente na redução da PIO, pois, no presente momento, existe pouca evidência para dar suporte a terapias alternativas.

A PIO pode ser estimada por muitos tipos de tonômetros, como o de aplanção de Goldmann (TG), o tonômetro de não-contato a jato de ar (TA) portátil ou de mesa, o tonômetro de Perkins, o Tono-Pen, o tonômetro de Pascal (tonometria de contorno dinâmico), o ORA (Ocular Response Analyzer) e os tonômetros transpalpebrais⁽³⁾.

A medida da PIO pela aplanção da córnea é baseada no princípio de Imbert-Fick, em que uma esfera ideal de parede muito fina terá sua pressão interna determinada pela força (em gramas) necessária para aplanar sua superfície dividida pela área de aplanção (em milímetros)⁽⁴⁾. No entanto, a córnea não é uma esfera ideal e sua espessura e elasticidade podem interferir na força necessária para realizar a aplanção. Assim, a PIO pode ser subestimada em córneas finas e superestimada em córneas espessas⁽⁵⁾.

Apesar disso, o TG é considerado o padrão-ouro para a mensuração da PIO⁽⁶⁾. Este método determina a pressão ocular usando uma peça cilíndrica, formada por dois prismas, com uma área de contato fixa (7,35 mm²), sendo que apenas a força para aplanar a córnea é variável. Esta área foi escolhida pois, ao contato com a superfície corneana, consegue anular ou aproximar de zero a resultante de duas forças opostas: a força de atração gerada pela tensão superficial do filme lacrimal e a força de repulsão, gerada pela elasticidade corneana.

Um método objetivo, também baseado no princípio da aplanção, é a tonometria de não-contato a sopro ou tonômetro a jato de ar (TA). O princípio da obtenção da medida é semelhante ao do TG, ou seja, a força do jato de ar gerado por um sistema pneumático deforma a córnea, levando a aplanção do local. O sistema detecta a aplanção através de um feixe de luz colimado, emitido sobre a córnea. O receptor, então, detecta os raios de luz paralelos e coaxiais refletidos pela córnea. A redução da curvatura corneana pelo jato de ar aumenta o número de raios que são detectados pelo receptor, até se atingir um pico máximo de recepção de luz. Quando o jato de ar começa a produzir uma concavidade na córnea, a quantidade de raios de luz captada no receptor volta a diminuir, a emissão de ar é desativada e a PIO é, então, determinada⁽⁷⁾.

A confiabilidade das medidas da PIO com o TG e o TA sabidamente sofre influência da curvatura e da espessura central da córnea. Estes parâmetros poderiam influenciar mais as medidas realizadas com o TA⁽⁸⁾, mas sobre isso não há consenso⁽⁹⁾.

O TA é um aliado no exame de crianças, nos projetos de campo ou nos estudos populacionais, pela rapidez e praticidade relativa durante o exame, já que dispensa o uso de colírio de fluoresceína e anestésico tópico, necessários quando se usa o TG. Além disso, o TA não necessita de posicionamento em lâmpada de fenda, reduzindo o risco de contaminação com secreções e a medida efetuada não é dependente do examinador. No entanto, os valores obtidos são tidos como menos precisos do que os fornecidos pelo TG e ainda há dúvidas sobre a efetividade de seu uso.

O objetivo do presente estudo foi avaliar se um tipo de TA é eficiente e confiável para a avaliação da PIO em estudos populacionais e na identificação dos indivíduos que possuem PIO aumentada, comparando os valores obtidos com o padrão-ouro, o TG.

MÉTODOS

Desenho do estudo: estudo transversal, comparativo, observacional, de amostra probabilística, do qual participaram 11.452 pessoas, residentes em 12 cidades da região centro-oeste do Estado de São Paulo, entre os anos de 2005 até 2009. Os indivíduos foram convidados a participar da pesquisa e compareceram voluntariamente a mutirões de atendimento oftalmológico. Todos foram informados a respeito do intuito da pesquisa e assinaram termo concordando em participar.

Técnica de exame: todos os indivíduos foram submetidos a exame ocular que seguiu sequência padronizada, iniciando-se pela anamnese, avaliação da acuidade visual, PIO, biomicroscopia, fundoscopia e, por fim, refração objetiva automatizada (NIDEK – ARK 700, Japão) e subjetiva em refrator manual (Refrator Greens Nidek Rt 600, Japão). Os examinadores receberam treinamento, a fim de padronizar os exames e reduzir variações interpessoais nas avaliações.

Os indivíduos com idade ≥ 20 anos e que apresentaram valores de PIO > 20 mmHg obtidos com o TA (NIDEK – Modelo SL3000, Japão) constituíram uma subamostra que teve a avaliação da PIO também por TG. Para a realização da medida com TG foi instilada uma gota de colírio anestésico de proximetaína 0,5% (Anestalcon® - Alcon, SP, Brasil), seguida de uma gota de colírio de fluoresceína sódica 1% (Allergan, SP, Brasil), sendo o indivíduo posicionado em lâmpada de fenda (Topcon SL1E, Japão) para a medida com o TG (AT-900, Haag Streit, Suíça).

Foram excluídos os demais participantes que apresentaram PIO ≤ 20 mmHg, com idade inferior a 20 anos, aqueles em uso de medicação antiglaucomatosa e os que não concordaram em realizar os exames.

A PIO média e o desvio-padrão foram estudados com relação à lateralidade, ao sexo, à cor da pele referida, à escavação do nervo óptico e à idade. De acordo com os valores de PIO obtidos com o TG e pelo exame do disco óptico, que classificou a relação escavação/disco (E/D) vertical como $< 0,6$ entre $\geq 0,6$ e $< 0,8$ e $\geq 0,8$, os indivíduos foram classificados como não-portadores de glaucoma (NG), suspeita de glaucoma (SG) e portadores de glaucoma (CG).

Análise estatística: os resultados foram comparados dentro de cada grupo utilizando o teste t de Student (MS Excel 2007) para amostras pareadas e a correlação entre as medidas obtidas e parâmetros do estudo foi feita pelo método de correlação linear de Pearson. A análise de regressão logística foi realizada para avaliar a relação entre os métodos.

RESULTADOS

Foram detectados 198 indivíduos (339 olhos) que apresentaram PIO ≥ 20 mmHg na aferição feita por TA em pelo menos um dos olhos, os quais tiveram a PIO novamente aferida pelo TG. Destes, 59,5% eram do sexo feminino, com idade mínima de 20 e máxima de 88 anos (51,6 \pm 14,6 anos).

A média da PIO obtida com o TA foi de 22,77 \pm 2,05 mmHg e com o TG foi de 17,79 \pm 3,78 mmHg. O valor mínimo considerado para inclusão com o TA foi de 20 mmHg e o máximo observa-

do durante os exames foi de 30 mmHg. Com o TG, o mínimo foi 9 mmHg e o máximo 35 mmHg.

A distribuição dos indivíduos segundo o critério de classificação adotado resultou: 233 olhos NG, 47 olhos SG e 19 olhos CG. Em 40 olhos não foi possível determinar o diagnóstico clínico por falta de dados da relação E/D.

Os valores médios e desvio-padrão da PIO obtidos pelo TA foram diferentes e superiores aos valores obtidos pelo TG, tanto no sexo feminino como no masculino, com diferença estatística (tabela 1).

Tabela 1

Distribuição da média e desvio padrão dos valores da PIO obtida pelo TA e TG de acordo com os sexos

| Sexo | Método | | Valor de P |
|-----------|--------------|--------------|------------|
| | TA | TG | |
| Feminino | 22,69 (2,05) | 17,70 (3,55) | p<0,001 |
| Masculino | 22,86 (2,05) | 17,89 (4,01) | p<0,001 |

Com relação à cor da pele referida, para brancos, negros ou pardos, os valores médios da PIO obtidos com o TA foram diferentes e superiores aos valores obtidos com o TG, com diferença estatística (tabela 2).

Tabela 2

Distribuição da média e desvio padrão dos valores da PIO obtida pelo TA e TG de acordo com a cor da pele referida

| Cor | Método | | Valor de P |
|--------|--------------|--------------|------------|
| | TA | TG | |
| Branco | 22,85 (2,11) | 17,65 (3,93) | p<0,001 |
| Negro | 22,38 (0,77) | 19,54 (3,91) | p<0,05 |
| Pardo | 22,30 (1,79) | 17,63 (2,53) | p<0,001 |

Os valores obtidos para o olho direito e esquerdo foram superiores e significativamente diferentes com o TA, quando comparados com o TG (tabela 3).

Tabela 3

Distribuição da média e do desvio padrão dos valores da PIO obtida pelo TA e TG de acordo com o olho avaliado

| Olho | Método | | Valor de P |
|----------|--------------|--------------|------------|
| | TA | TG | |
| Direito | 22,72 (1,99) | 17,75 (3,74) | p<0,001 |
| Esquerdo | 22,78 (2,10) | 17,83 (3,72) | P<0,001 |

Analisando a PIO obtida com ambos os tonômetros, relacionando à escavação do disco óptico, para as escavações <0,6 e entre ≥ 0,6 e <0,8 os valores expressos pelo TA foram significativamente superiores aos do TG. Quando a escavação foi ≥ 0,8, os valores médios de PIO obtidos com o TA e o TG concordaram (tabela 4).

Na concordância dos métodos de avaliação da PIO por TA e por TG de acordo com o diagnóstico estabelecido, levando-se em conta a PIO e a relação escavação-disco, houve concordância entre TA e TG nos indivíduos que apresentavam dados compa-

tíveis com glaucoma. Quando houve suspeita de glaucoma ou quando não havia glaucoma, os valores médios obtidos com o TA foram maiores que os obtidos com o TG (tabela 5).

Tabela 4

Distribuição da média e do desvio padrão dos valores da PIO obtida pelo TA e TG de acordo com a morfologia da pupila óptica

| Olho | Método | | Valor de P |
|-------------------------|--------------|--------------|------------|
| | TA | TG | |
| Escavação < 0,6 | 22,88 (2,14) | 18,13 (3,53) | p<0,001 |
| Escavação ≥ 0,6 e < 0,8 | 23,29 (2,07) | 19,58 (5,40) | p<0,001 |
| Escavação ≥ 0,8 | 23,82 (2,71) | 23,91 (4,21) | p<0,05 |

Tabela 5

Distribuição da média e desvio padrão dos valores da PIO obtida pelo TA e TG segundo diagnóstico clínico

| Diagnóstico | Método | | Valor de P |
|----------------------|--------------|--------------|------------|
| | TA | TG | |
| Glaucoma | 24,26 (2,60) | 24,68 (4,92) | p<0,05 |
| Não Glaucoma | 22,46 (1,82) | 16,48 (2,53) | p<0,001 |
| Suspeita de Glaucoma | 23,49 (2,39) | 20,19 (4,17) | p<0,001 |
| Indeterminado | 22,88 (2,05) | 19,23 (2,87) | p<0,001 |

A medida de associação linear entre PIO e idade mostrou que, com o aumento da idade, houve aumento da PIO obtida com o TA, o mesmo ocorrendo com o TG. Também, quando houve PIO aumentada com o TA, houve associação com PIO aumentada com o TG (tabela 6).

Tabela 6

Medida de associação linear entre variáveis de interesse, comparando-se PIO e idade

| Associação | Método | |
|----------------------|-----------------------------------|------------|
| | Coefficiente de correlação linear | Valor de P |
| Idade X PIO | 0,160 | p<0,01 |
| Idade X PIO Goldmann | 0,164 | p<0,01 |
| PIO X PIO Goldmann | 0,296 | p<0,001 |

Considerando as hipóteses diagnósticas formuladas a partir dos dados obtidos, a prevalência de CG e SG foi de 0,07 % e 0,2%, respectivamente.

O TG excluiu 53,53% de olhos da faixa de anormalidade (PIO e" 20 mm de Hg), previamente indicada pelo TA.

DISCUSSÃO

O principal motivo da realização do presente estudo foi determinar se há diferenças relevantes entre as medidas de PIO obtidas com o TA e o TG e que influenciem na prática clínica, em especial quando se realiza trabalhos de campo, situação na qual o TA é muito útil e não se tem à disposição todo o arsenal propedêutico necessário para o diagnóstico definitivo e se faz

necessário separar os possíveis portadores de PIO elevada, nos quais se deve realizar toda a propedêutica armada.

Apesar dos dois tonômetros seguirem o mesmo princípio, o uso do TA para verificação da PIO é muito mais simples, com vantagens sobre o TG, já que pode ser utilizado sem o uso de colírios e não há contato com o bulbo ocular, o que lhe confere menor chance de transmissão de infecções. Pode ser utilizado sem a necessidade de posicionamento especial, em indivíduos que possuem alergia aos colírios necessários para o uso do TG, em pacientes com dificuldade de colaborar com o examinador mantendo os olhos parados, nos que possuem edema de córnea e em pós-operatório de cirurgias do segmento anterior do olho.⁽¹⁰⁾

Os participantes da presente pesquisa não necessariamente possuem queixas oftalmológicas, tendo sido escolhidos por sorteio e recebido convite para participação. Utilizando o critério de PIO elevada, foi observada uma prevalência de 1,72% de indivíduos com suspeita inicial de glaucoma, que foram reavaliados com TG e análise da relação E/D. Após essa reavaliação, a prevalência de SG foi de 0,2% e de CG de 0,07%. Há poucos estudos populacionais brasileiros, principalmente envolvendo indivíduos não institucionalizados, e não há dados epidemiológicos regionais sobre prevalência de glaucoma. Os dados existentes na literatura, em geral, foram obtidos em ambulatórios de hospitais universitários ou campanhas dirigidas, constando 7,3% de portadores de glaucoma na cidade de São Paulo em amostra populacional de outra faixa etária (40 a 87 anos, com média de idade de $58,24 \pm 10,88$ anos)⁽¹¹⁾, dado muito superior ao apontado no presente estudo. Estudo populacional realizado na região Sul do Brasil encontrou uma prevalência de 3,4% de portadores de glaucoma em indivíduos acima de 40 anos, faixa etária em que a prevalência de glaucoma é maior⁽¹²⁾. A prevalência de PIO ≥ 21 mmHg em uma população do leste europeu foi ainda maior, de cerca de 30,8% e os sinais morfológicos compatíveis com neuropatia foram observados em 0,92% dos indivíduos examinados⁽¹³⁾. Nossos valores são muito inferiores, provavelmente devido ao fato da nossa população ter sido selecionada ao acaso, com inclusão de indivíduos jovens, e não se tratar de amostra de conveniência.

Classicamente, a avaliação da PIO usando o TA tem resultados menos fidedignos que os obtidos com o TG⁽¹⁴⁾. Assim, a verificação da PIO usando o TA se justifica em avaliações de triagem, tal qual foi feito no presente estudo, quando a primeira avaliação foi feita pelo TA, com confirmação pelo TG nos casos em que a PIO era suspeita (≥ 20 mmHg), e os indivíduos foram direcionados para a propedêutica armada no hospital universitário.

A PIO média nos indivíduos que tiveram PIO acima de 20 mmHg com o TA foi de $22,77 \pm 2,05$ mmHg e com o TG foi $17,79 \pm 3,78$ mmHg, observando-se ainda que a variabilidade com o uso do TG foi maior que a obtida com o TA. Nossos resultados confirmam que o TA superestima a PIO em cerca de 4 a 5 mmHg. A comparação do tonômetro de não contato XPERT NCT *air-puff* com o TG também apontou variação semelhante à obtida com o NIDEK que foi aqui utilizado, com faixa de superioridade de valores fornecidos pelo XPERT NCT da ordem de 4,0 a 5,85 mmHg.⁽¹⁵⁾

O presente estudo mostrou diferença estatística entre os TG e TA, o que está de acordo com a grande maioria de pesquisas que comparam os dois tipos de tonômetros. Os níveis de PIO parecem ser determinantes da concordância entre os métodos. Um estudo que avaliou a PIO variando de 6 a 40 mmHg com diferentes tonômetros encontrou concordâncias variáveis con-

forme os níveis pressóricos, com valores superestimados ou subestimados⁽¹⁴⁾. Segundo outros autores, a diferença entre os métodos é mais importante quando a PIO excede os 24 mmHg com TG e a concordância entre os métodos é vista principalmente quando os valores de PIO estão abaixo de 20 mmHg⁽¹⁶⁾. Os resultados do presente estudo concordam com os achados da literatura, que mostram que os valores obtidos com TA são superiores aos obtidos com TG. No entanto, um aspecto importante do presente estudo foi a comparação dos valores obtidos pelo TA e pelo TG nos portadores de glaucoma, que mostrou claramente uma maior associação entre os métodos. Nestes indivíduos, o TA mostrou uma acurácia aumentada quando se tratou de indivíduos com PIO realmente elevada, confirmada pelo TG.

Um fator limitante do estudo foi a falta da avaliação da espessura corneana, já que há diferenças entre os métodos dependentes da espessura e da curvatura corneana^(8,9). Pesquisa recente apontou que a resistência corneana à aplanção é o principal fator preditivo de concordância entre as medidas obtidas com diferentes tonômetros⁽¹⁷⁾ e que os valores obtidos com TG e TA sofrem o mesmo tipo de variação por serem ambos os tonômetros dependentes do mesmo mecanismo de aferição da PIO⁽⁹⁾. Entretanto, por tratar-se de estudo populacional e de triagem, a paquimetria da córnea não fazia parte da propedêutica.

Os dados apontam que valores obtidos com os tonômetros TG e TA podem ser comparáveis, apesar dos valores obtidos com ambos os métodos não serem idênticos⁽¹⁸⁾.

Outros fatores não considerados na análise comparativa dos tonômetros do presente estudo, como os erros de refração, não influenciam os níveis de PIO obtidos com o TA e TG⁽¹⁹⁾.

Os TAs devem ser considerados pela sua eficiência na detecção da PIO elevada, indicativa de glaucoma. Muitos são os pontos positivos a favor do uso dos TAs em estudos populacionais, tais como o uso mais simples, a maior rapidez no atendimento, dispensa do uso de colírios anestésico e fluoresceína, redução do risco de contaminação por contato de secreções de diferentes pacientes, ausência de abrasão corneana, maior conforto e possibilidade de utilização por assistentes de oftalmologistas⁽¹⁶⁾. Embora seja necessária a confirmação da medida com TG nos casos em que a PIO excede os limites considerados como valores de normalidade, a TA é muito útil como método de triagem.

CONCLUSÃO

O TA mostrou-se método eficiente em apontar indivíduos portadores de PIO elevada. Apesar dos valores superestimados em indivíduos com PIO normal, este método deve ser considerado para exames populacionais, com a ressalva de que existe necessidade de se repetir medidas que ultrapassem os valores conhecidos para a normalidade.

REFERÊNCIAS

1. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121(11):2081-90.
2. American Academy of Ophthalmology. Practicing Ophthalmologists Curriculum: glaucoma, basic and clinical science Course. 2007-2008. San Francisco: AAO; 2007. p.22-5.
3. Torres RJ. Tonometria. In: Alves MR, coordenador. *Semiologia básica em Oftalmologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2013. p. 111-7.

4. Benjamin WJ. Borish's Clinical refraction. 2nd ed. Butterworth-Heinemann; 2006. p. 501-3.
5. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol.* 1975;53(1):34-43.
6. Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol.* 1993;38(1):1-30.
7. Forbes M, Pico Jr G, Grolman B. A noncontact applanation tonometer -description and clinical evaluation. *Arch Ophthalmol.* 1974;91(2):134-40.
8. Tonnu P-A, Ho T, Newson T, Sheikh AEI, Sharma K, Bunce C, et al. The influence of central corneal thickness and age on intraocular pressure measured by pneumotonometry, noncontact tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann applanation tonometry. *Br J Ophthalmol.* 2005;89(7):851-4.
9. Murase H, Sawada A, Mochizuki K, Yamamoto T. Effects of corneal thickness on intraocular pressure measured with three different tonometers. *Jpn J Ophthalmol.* 2009;53(1):1-6.
10. Yücel AA, Stürmer J, Gloor B. Comparison of tonometry with the Keeler air puff non-contact tonometer "Pulsair" and the Goldmann applanation tonometer. *Klin Monbl Augenheilkd.* 1990;197(4):329-34.
11. Pova CA, Nicolela MT, Valle AL, Gomes LES, Neustein I. Prevalência de glaucoma identificada em campanha de detecção em São Paulo. *Arq Bras Oftalmol.* 2001;64(4):303-7.
12. Sakata K, Sakata LM, Sakata VM, Santini C, Hopker LM, Bernanrdes R, et al. Prevalence of glaucoma in a south Brazilian population: projeto glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(11):4974-9.
13. Turno-Krecicka A, Nizankowska MH, Pacholska D. Results of screening for primary glaucoma from data in materials from the Medical Diagnostic Center DOLMED in Wroclaw. *Klin Oczna.* 1997;99(3):179-83.
14. Brencher HL, Kohl P, Reinke AR, Yolton RL. Clinical comparison of air-puff and Goldmann tonometers. *J Am Optom Assoc.* 1991;62(5):395-402.
15. Hansen MK. Clinical comparison of the XPERT non-contact tonometer and the conventional Goldmann applanation tonometer. *Acta Ophthalmol Scand.* 1995;73(2):176-80.
16. Farhood QK. Comparative evaluation of intraocular pressure with an air-puff tonometer versus a Goldmann applanation tonometer. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:23-7.
17. Tranchina L, Lombardo M, Oddone F, Serrao S, Lomoriello DS, Ducoli P. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure differences between an air-puff tonometer and the Goldmann applanation tonometer. *J Glaucoma.* 2013;22(5):416-21.
18. Hong J, Xu J, Wei A, Deng SX, Cui X, Yu X, et al. A new tonometer-the Corvis STtonometer clinical comparison with non-contact, and Goldmann applanation tonometers. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(1):659-65.
19. Jara Peñacoba M, López Traynor A, Duce Tello S, Navas Serrano V, González Sanz M, Toledano Fernández N. Comparative study of pneumotonometer and Goldmann tonometer for screening high intraocular pressure in primary care. *Aten Primaria.* 2000;25(7):493-6.

Autor correspondente:

Silvana Artioli Schellini
 Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP.Campus Universitário – Botucatu, São Paulo, Brasil. CEP: 18618-970
 E-mail: sartioli@fmb.unesp.br