



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org.br



ARTIGO ORIGINAL

Accuracy of peripheral arterial tonometry in the diagnosis of obstructive sleep apnea^{☆,☆☆}

José Antonio Pinto^{a,b,*}, Luciana Balester Mello de Godoy^{a,b}, Renata Coutinho Ribeiro^a,
Elcio Izumi Mizoguchi^a, Lina Ana Medeiros Hirsch^{a,b}, Leonardo Marques Gomes^{a,b}

^a Departamento de Otorrinolaringologia, Hospital São Camilo, Pompéia, São Paulo, SP, Brasil

^b Núcleo de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço e Medicina do Sono de São Paulo (NOSP), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 30 de janeiro de 2014; aceito em 8 de outubro de 2014

KEYWORDS

Polysomnography;
Obstructive sleep
apnea syndrome;
Diagnosis

Abstract

Introduction: The use of handheld devices that assess peripheral arterial tonometry has emerged as an auxiliary method for assessment and diagnosis of obstructive sleep apnea syndrome.

Objective: To evaluate the accuracy of peripheral arterial tonometry in the diagnosis of obstructive sleep apnea.

Methods: Contemporary cohort cross-sectional study. Thirty patients with suspected obstructive sleep apnea underwent peripheral arterial tonometry and assisted nocturnal polysomnography concomitantly.

Results: The mean apnea/hypopnea index by peripheral arterial tonometry was significantly higher than that by polysomnography ($p < 0.001$), but the values of both sleep studies were significantly correlated ($r = 0.762$). There was a high correlation between variables: minimum oxygen saturation ($r = 0.842$, $p < 0.001$), oxygen saturation $< 90\%$ ($r = 0.799$, $p < 0.001$), and mean heart rate ($r = 0.951$, $p < 0.001$). Sensitivity and specificity were 60% and 96.2% (AUC: 0.727; $p = 0.113$), respectively, when at a threshold value of 5 events/h. In severe cases (≥ 30 events/h), the result was a sensitivity of 77.8% and a specificity of 86.4% (AUC: 0.846, $p = 0.003$).

Conclusion: Peripheral arterial tonometry is a useful portable device for the diagnosis of obstructive sleep apnea; its accuracy is higher in moderate and severe cases.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.07.005>

* Como citar este artigo: Pinto JA, de Godoy LBM, Ribeiro RC, Mizoguchi EI, Hirsch LAM, Gomes LM. Accuracy of peripheral arterial tonometry in the diagnosis of obstructive sleep apnea. Braz J Otorhinolaryngol. 2015;81:473-8.

☆☆ Instituição: Núcleo de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço e Medicina do Sono de São Paulo (NOSP), São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: japorl@uol.com.br (J.A. Pinto).

PALAVRAS-CHAVE

Polissonografia;
Síndromes da apneia
do sono;
Diagnóstico

Acurácia da tonometria arterial periférica no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono**Resumo**

Introdução: A utilização de dispositivos portáteis, que avaliam a tonometria arterial periférica, surge como método adjuvante para avaliação e diagnóstico da síndrome da apneia obstrutiva do sono.

Objetivo: Avaliar a acurácia da tonometria arterial periférica no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono.

Método: Estudo de coorte contemporânea com corte transversal. Trinta pacientes com suspeita de apneia obstrutiva do sono foram submetidos a tonometria arterial periférica e a polissonografia noturna assistida simultaneamente.

Resultados: A média do índice de apneia/hipopneia pela tonometria arterial periférica foi significativamente maior do que a da polissonografia ($p < 0,001$), porém os valores de ambos os estudos do sono foram significativamente correlacionados ($r = 0,762$). Houve alta correlação entre as variáveis: saturação mínima de oxigênio ($r = 0,842$, $p < 0,001$), saturação de oxigênio $< 90\%$ ($r = 0,799$, $p < 0,001$) e média de frequência cardíaca ($r = 0,951$, $p < 0,001$). A sensibilidade e especificidade foram 96,2% e 60% (AUC: 0,727, $p = 0,113$), respectivamente, quando limiar de 5 eventos/hora. Nos casos graves (≥ 30 eventos/hora), o resultado foi uma sensibilidade de 77,8% e uma especificidade de 86,4% (AUC: 0,846, $p = 0,003$).

Conclusão: A tonometria arterial periférica é um dispositivo portátil útil no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono e sua acurácia é maior nos casos moderados e graves.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

A síndrome da apneia obstrutiva do sono (SAOS) é um distúrbio respiratório do sono (DRS) caracterizado por episódios recorrentes de obstrução total ou parcial da via aérea superior durante o sono, os quais levam a hipoxemia intermitente, hipercapnia transitória e despertares frequentes, associados a sinais e/ou sintomas clínicos.¹ Estima-se que a prevalência da SAOS na população adulta seja de 2 a 4%.² Um estudo epidemiológico recente demonstrou uma elevada prevalência de SAOS na população adulta de São Paulo (32,8%).³

Os sinais e sintomas mais comuns da SAOS são ronco, sonolência diurna excessiva, pausas respiratórias durante o sono e alterações cardiovasculares, como hipertensão arterial, doença cardíaca isquêmica, acidente vascular cerebral, insuficiência cardíaca, arritmias e morte súbita.⁴ O diagnóstico precoce deve ser preconizado. Prejuízos das funções cognitivas, como concentração, atenção e memória, e da função executiva são frequentemente observados, além de alterações de humor, como irritabilidade, depressão e ansiedade.⁵ O diagnóstico adequado e o tratamento correto da SAOS levam a melhorias importantes na sintomatologia, reduzindo os riscos associados à doença.^{6,7}

A polissonografia (PSG) é considerada o padrão ouro no diagnóstico da SAOS, que combina a monitorização noturna das fases do sono com o registro contínuo de fluxo aéreo, movimentos ventilatórios torácico e abdominal, ritmo cardíaco, saturação de oxigênio, ronco, tônus muscular e movimento das pernas.^{3,8} O número de eventos (apneias ou hipopneias) por hora de sono é conhecido como índice de apneia e hipopneia (IAH), sendo largamente utilizado para avaliar a gravidade da síndrome.⁹

Há diversos dispositivos portáteis utilizados para avaliação e diagnóstico da SAOS, alguns dos quais avaliam a tonometria arterial periférica (TAP), um sinal fisiológico das alterações do sistema nervoso autônomo que ocorrem durante o sono. Além da TAP, esses monitores portáteis avaliam a frequência cardíaca, a saturação do oxigênio e a actigrafia. O algoritmo automático analisa a amplitude do sinal TAP que, associada às variações da frequência cardíaca e da saturação de oxigênio, identifica os eventos respiratórios. O resultado desse algoritmo determina o índice de apneia/hipopneia (IAH) e o índice de distúrbio respiratório (IDR) usando padrões específicos de sinal.^{10,11}

Estudos do sono com PSG demandam um custo elevado, pois exigem um laboratório do sono completo e uma equipe especializada. Portanto, métodos diagnósticos alternativos estão sendo desenvolvidos, a exemplo da tonometria arterial periférica, que possibilita a sua realização no próprio domicílio, com o objetivo de reduzir os custos e manter a mesma eficiência no diagnóstico das patologias.^{3,10} O custo entre os dois métodos diagnósticos foi significativamente diferente (média PSG \$2252.73, DP 877.40; média TAP \$895.74, DP 975.00; $p < 0,001$).¹²

O objetivo do trabalho foi avaliar a acurácia da tonometria arterial periférica (TAP) no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono.

Método

Trata-se de uma pesquisa de estudo de coorte histórica com corte transversal, simples cego, realizada em um hospital privado na cidade de São Paulo. Foram realizadas polissonografias de noite inteira em ambiente hospitalar simultanea-

mente ao registro da tonometria arterial periférica com o Watch-PAT-200® (Itamar Medical Ltd., Caesarea, Israel) em pacientes com suspeitas de AOS (sintomas como roncos, sonolência excessiva diurna, apneia testemunhada durante o sono pelo cônjuge). Ao todo, 33 pacientes foram submetidos a monitorizações de outubro a novembro de 2013. Dentre eles, três pacientes foram excluídos por problemas operacionais, nos quais não houve interferência técnica. Os pacientes passaram por avaliação clínica criteriosa, a fim de excluir aqueles com apneia central ou mista, doença pulmonar moderada a grave, doenças neuromusculares e insuficiência cardíaca congestiva. Foram avaliados e comparados parâmetros da arquitetura do sono e medidas respiratórias analisadas pela polissonografia e pelo Watch-PAT. A leitura dos exames foi realizada por dois médicos com experiência em medicina do sono.

As polissonografias foram estagiadas conforme as normas do manual da Academia Americana de Medicina do Sono (AASM) de 2007, sendo a apneia definida como redução maior que 90% do fluxo aéreo por pelo menos 90% do episódio, com duração mínima de 10 segundos medida por um sensor térmico.¹³ Para hipopneia, foi utilizada regra “alternativa”, que consiste na redução do fluxo aéreo maior que 50% acompanhada de dessaturação do oxigênio maior que 3% e/ou despertar,¹ sendo melhor visualizada pela cânula nasal.

O Watch-PAT consiste em um dispositivo colocado no pulso da mão não dominante do paciente, conectado a um *probe* posicionado no dedo indicador do mesmo lado do paciente. Há um sensor de ronco e um de posição fixados com adesivos na fúrcula esternal e no tórax, além de um oxímetro colocado no dedo anelar também da mão não dominante do paciente. O *software* específico do aparelho (zzzPat®) faz a leitura do exame. O algoritmo do zzzPAT é baseado em 14 características extraídas de duas séries da amplitude da TAP e dos períodos interpulso (PIP). Esses dados, associados à actigrafia, permitem o estadiamento do sono em vigília, sono leve, sono profundo e sono REM.

Na análise estatística, foram descritos as médias e desvios padrão das variáveis contínuas da PSG noturna assistida e do Watch-PAT utilizando-se a correlação de Spearman e o Bland-Altman. A acurácia foi analisada através das curvas ROC. O programa estatístico utilizado foi o SPSS 18ª versão. O valor de *p* foi considerado significativo quando $p < 0,05$. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa de nossa instituição sob o número 437.912.

Resultados

Foram avaliados 30 pacientes adultos com suspeita de SAOS, sendo 20 (66,7%) do sexo masculino e dez (33,3%) do sexo feminino, com idade média de $42,8 \pm 12,32$ anos, variando de 24 a 71 anos. Houve alta correlação entre os valores das seguintes variáveis da PSG noturna assistida e da tonometria arterial periférica: IAH ($r = 0,762$, $p < 0,0001$), saturação mínima oxigênio ($r = 0,842$, $p < 0,0001$), saturação de oxigênio menor que 90% ($r = 0,799$, $p < 0,001$) e frequência cardíaca média ($r = 0,951$, $p < 0,0001$) (tabela 1 e fig. 1). Por meio do gráfico de Bland Altman do IAH da TAP (WP) vs. IAH da PSG, nota-se uma boa concordância entre os valores de IAH (fig. 2).

Tabela 1 Correlação de Spearman entre os valores dos parâmetros da polissonografia laboratorial (PSG lab) e da tonometria arterial periférica (TAP)

Parâmetros	PSG lab × TAP	<i>p</i>
	Correlação de Spearman (<i>r</i>)	
IDR	0,688	< 0,001
IAH	0,762	< 0,001
N1 e N2 (sono superficial)	0,459	0,014
N3 (sono profundo)	0,264	< 0,001
REM	0,543	< 0,001
Saturação mínima O ₂	0,842	< 0,001
Saturação média O ₂	0,683	< 0,001
Saturação de O ₂ menor que 90%	0,799	< 0,001
Frequência cardíaca mínima	0,668	< 0,001
Frequência cardíaca média	0,951	< 0,001

IDR, índice de distúrbio respiratório; IAH, índice de apneia/hipopneia.

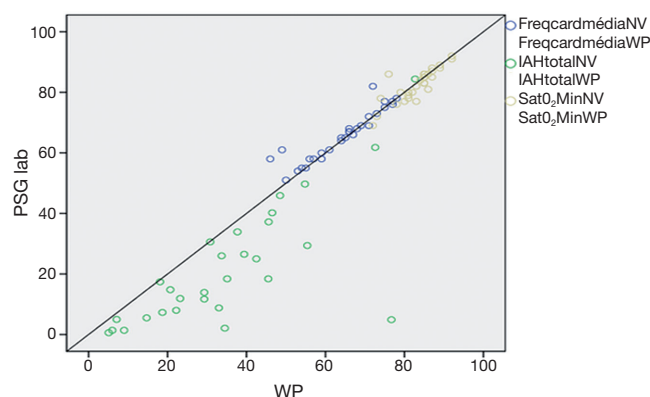


Figura 1 Correlação de Spearman entre IAH, saturação mínima de oxigênio e frequência cardíaca média da PSG laboratorial e da tonometria arterial periférica (WP).

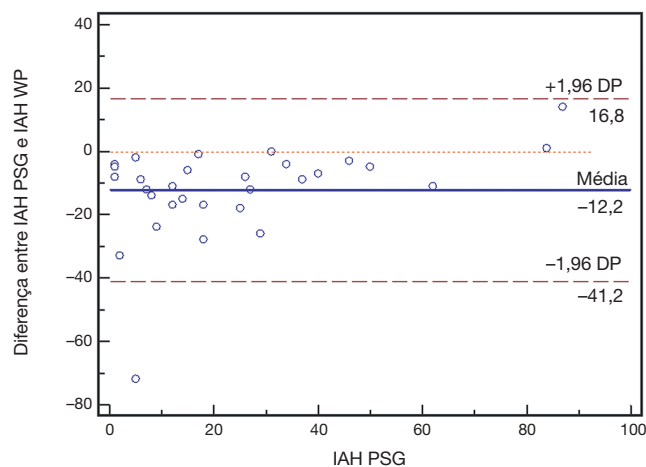


Figura 2 Gráfico Bland-Altman da diferença entre IAH da PSG e IAH da TAP (WP) em relação à polissonografia laboratorial (IAH total PSG Lab).

Diferentes valores de corte do IAH foram estabelecidos para analisar a sensibilidade e a especificidade do exame de tonometria arterial periférica. Para IAH ≥ 5 eventos/hora, a sensibilidade foi de 96,2% e a especificidade de 60% (AUC de 0,727, $p = 0,113$) (fig. 3). Para IAH ≥ 10 eventos/hora, a sensibilidade foi de 70% e a especificidade de 73,7% (AUC de 0,761, $p = 0,018$). Para IAH ≥ 15 eventos/hora, a sensibilidade foi de 82,4% e a especificidade de 78,6% (AUC de 0,805, $p = 0,004$) (fig. 4). Para um IAH ≥ 20 eventos/hora, a sensibilidade foi de 84,6% e a especificidade de 83,3% (AUC de 0,861, $p = 0,001$) (fig. 5). Para um IAH ≥ 30 eventos/hora, a sensibilidade foi de 77,8% e a especificidade de 86,4% (AUC de 0,846, $p = 0,003$). Nota-se que a acurácia da TAP é maior quando o valor do IAH é maior do que 20 eventos/hora, quando comparado a notas de corte menores.

Discussão

O método de avaliação da tonometria arterial periférica utilizado distingue sono REM de sono NREM. No sono REM, há atenuação da amplitude do sinal PAT em relação ao sono NREM.¹⁴ Como no sono profundo, a variabilidade do sinal PAT é menor do que no REM, e o sono superficial tem maior variabilidade do que no REM, e o registro também é capaz de distinguir o sono NREM profundo do NREM superficial.¹⁵ Hedner et al. demonstraram que o sinal do PAT é útil para diferenciar vigília do sono e para a estratificação em estágios de sono leve, profundo e REM. Houve significância estatística entre o N3 e o sono REM no presente estudo.¹⁶ O tempo de sono é essencial para determinar o IDR verdadeiro. A tonometria arterial detecta o estado de sono/vigília e o estágio do sono REM através do “tempo total de sono”, o que proporciona uma estimativa acurada da arquitetura do sono. A detecção do tempo de sono automático por este método diagnóstico é determinado a partir do tempo total de registro (tempo de vigília + tempos de sinais inválidos). Há vários estudos de validação da TAP como método diagnóstico de SAOS. Schnall et al. relataram uma alta correlação entre os valores de IAH na polissonografia laboratorial e da TAP ($r = 0,92$, $p < 0,0001$).¹⁷ Outros autores também encontraram alta

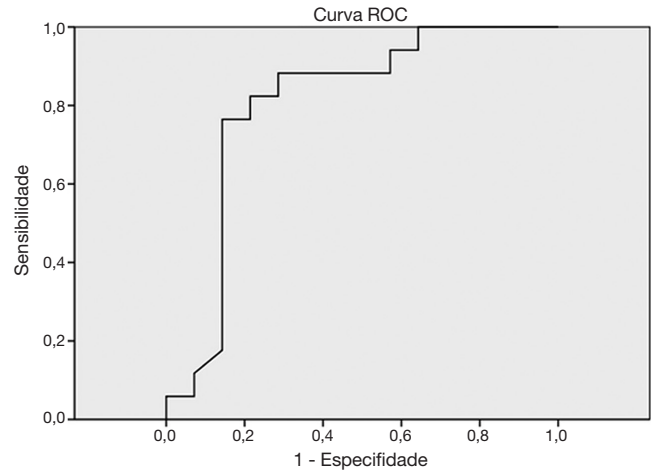


Figura 4 Curva ROC com a nota de corte de IAH ≥ 15 eventos/hora (AUC: 0,805).

correlação entre os valores de IAH da TAP e da polissonografia laboratorial.^{5,8-11,14-16} Pang et al. encontraram uma boa correlação do IAH ($r = 0,9288$, $p < 0,0001$) e da saturação mínima de oxigênio ($r = 0,9891$, $p < 0,0001$) entre a PSG e o monitor portátil que avalia a TAP,¹⁸ e O'Donnell et al. induziram, de forma experimental, obstrução das vias aéreas superiores, e concluíram que a obstrução do fluxo de ar característica de pacientes com SAOS resulta em atenuação do sinal da TAP.¹⁹

A grande diferença entre esse monitor portátil e os demais existentes é que a identificação dos eventos respiratórios, tais como apneia e hipopneia, é realizada por meio de variações do sinal do tônus arterial periférico, sem necessidade de medidas convencionais de fluxo aéreo e esforço respiratório.⁸⁻¹¹ Entretanto, a tonometria arterial periférica não distingue apneias de hipopneias. Choi et al. encontraram uma alta correlação com a gravidade do IAH (Kendall tau - $b = 0,897$, $p < 0,001$) e a PSG.⁵ Enquanto a gravidade da SAOS é definida pela soma dos dois eventos em relação ao tempo total de sono, essa não distinção é pouco relevante, já que

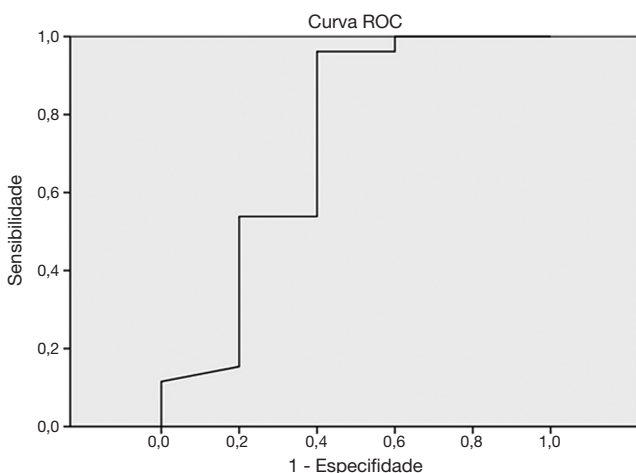


Figura 3 Curva ROC com a nota de corte de IAH ≥ 5 eventos/hora (AUC: 0,727).

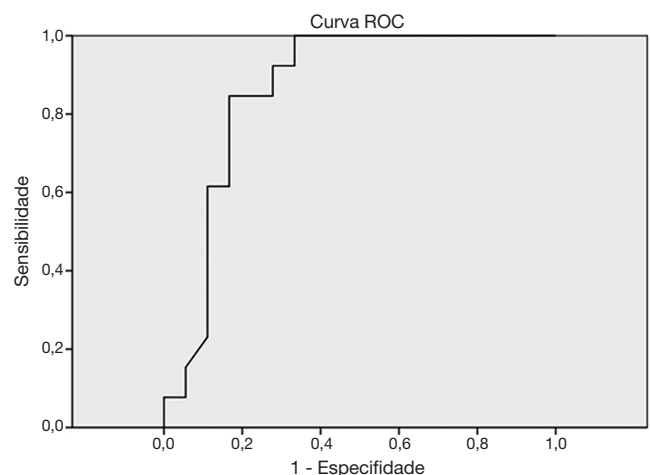


Figura 5 Curva ROC com a nota de corte de IAH ≥ 20 eventos/hora (AUC: 0,861).

as apneias e as hipopneias levam a consequências clínicas semelhantes.

No presente estudo, encontrou-se boa correlação entre os valores do IAH, saturação mínima de oxigênio e frequência cardíaca média quando se compararam os parâmetros da polissonografia laboratorial e da tonometria arterial periférica. Houve uma boa concordância entre os valores de IAH nos dois registros. A sensibilidade e a especificidade dos valores do IAH obtidos pela TAP foram maiores quando o IAH era maior do que 20 eventos/hora. Ceylan et al., quando compararam pacientes com SAOS leve e moderada a grave, de acordo com o IAH, encontraram sensibilidade e especificidade de 88,2 e 80,0%, respectivamente. Houve uma alta concordância entre a PSG e a TAP em relação ao IAH, ao índice de distúrbio respiratório e ao índice de dessaturação de oxigênio.²⁰

O dispositivo de avaliação da tonometria arterial periférica tendeu a superestimar os valores de IAH em casos leves de SAOS (figs. 3 e 4). Em nosso estudo, houve sensibilidade maior ao RERA. Algumas vezes, a diminuição do nível de saturação é muito lenta e quase imperceptível, o que poderia justificar a presença de RERAs, ainda mais se houver uma ressaturação ao final da medição do algoritmo. Suspeita-se também que a TAP e a resposta da frequência cardíaca de um paciente grave durante uma apneia sejam diferentes das de um paciente com grau leve. Ademais, nota-se que o índice de ressaturação pode variar significativamente em diferentes segmentos de tempo de um mesmo indivíduo.²¹ Este fato não reduz a utilidade do aparelho portátil, pois dados clínicos associados a uma triagem prévia permitem que haja uma alta sensibilidade no diagnóstico da SAOS, o que permite que potenciais doentes não sejam excluídos. Pode-se inferir que a acurácia desse monitor portátil é melhor no caso de pacientes com alta probabilidade de apresentar SAOS moderada ou grave. No entanto, no caso de pacientes com suspeita de outro distúrbio do sono além dos DRS, deve-se indicar a polissonografia laboratorial como método diagnóstico.^{22,23}

De acordo com meta-análise recente publicada por Yalamanchali S. et al., foi demonstrada alta correlação entre IDR e IAH ($r = 0,889$ [IC de 95%, 0,862-0,911], $p < 0,001$). Estudos comparando o IDR entre PAT e PSG tiveram uma correlação combinada de 0,879 (IC 95%, 0,849-0,904, $p < 0,001$); enquanto que aqueles que comparavam o IAH foi de 0,893 (0,857-0,920, $p < 0,001$); já nos que comparavam o índice de dessaturação do oxigênio (IDO) encontrou-se 0,942 (0,894-0,969, $p < 0,001$).²⁴ Estudo com crianças mostrou que o sinal da TAP foi significativamente maior naquelas com SAOS em comparação com controles, indicando aumento do tônus simpático durante a vigília.²⁵ A rigidez arterial também se correlacionou com perturbações do sono (índice de excitação) e saturação média de O_2 , refletindo melhor o impacto cardiovascular pela AOS do que pela IAH na PSG convencional. O aumento da rigidez arterial (AS) é amplamente reconhecido como um determinante de risco cardiovascular e também tem sido relacionado a SAOS.²⁶

Existem algumas limitações neste estudo. A avaliação da tonometria arterial foi realizada em laboratório do sono, e não na residência do paciente. O uso desse dispositivo portátil é indicado para monitoramento domiciliar, então, novos estudos devem ser feitos com o objetivo de avaliar a reprodutibilidade desses resultados fora do ambiente do labora-

tório do sono. Entretanto, realizando-se os dois exames simultaneamente, elimina-se a possível variação dos resultados que poderia ocorrer de uma noite para a outra. Outra limitação é a de que a população avaliada é pequena e não houve grupo controle sem sinais e sintomas de apneia obstrutiva do sono. Mais estudos devem ser realizados com um número maior de indivíduos.

Conclusão

Os parâmetros respiratórios obtidos pela tonometria arterial apresentaram uma boa correlação e acurácia, quando comparados com a polissonografia, sendo que o IAH acima de 20/hora apresentou melhor sensibilidade e especificidade. A tonometria arterial periférica é uma opção de grande valia para o diagnóstico de AOS, especialmente nos casos de pacientes com alta probabilidade de AOS moderada ou grave. Por se tratar de um dispositivo portátil de fácil manuseio, cujos resultados são prontamente disponibilizados e interpretados, seria uma opção para otimizar a identificação de pacientes com suspeita de AOS e, consequentemente, para que o tratamento dessa doença seja o quanto antes preconizado.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. International classification of sleep disorders, second edition: diagnostic and coding manual. Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine; 2005.
2. Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J, Weber S, Badr S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med*. 1993;328:1230-5.
3. Tufik S, Santos-Silva R, Taddei JA, Bittencourt LR. Obstructive sleep apnea syndrome in the São Paulo epidemiologic sleep study. *Sleep Med*. 2010;11:441-6.
4. Kim J, In K, Kim J, You S, Kang K, Shim J, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in middle-aged Korean men and women. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170:1108-13.
5. Choi JH, Kim EJ, Kim YS, Choi J, Kim TH, Kwon SY, et al. Validation study of portable device for the diagnosis of obstructive sleep apnea according to the new AASM scoring criteria: watch-PAT 100. *Acta Otolaryngol*. 2010;130:838-43.
6. Shahar E, Whitney CW, Redline S, Lee ET, Newman AB, Nieto FJ, et al. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: cross-sectional results of the Sleep Heart Health Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:19-25.
7. Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler T, Alessi CA, Bailey D, Coleman J Jr, et al. Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005. *Sleep*. 2005;28:499-521.
8. Hedner J, Pillar G, Pittman SD, Zou D, Grote L, White DP. A novel adaptive wrist actigraphy algorithm for sleep-wake assessment in sleep apnea patients. *Sleep*. 2004;27:1560-6.
9. Ayas NT, Pittman S, MacDonald M, White DP. Assessment of a wrist-worn device in the detection of obstructive sleep apnea. *Sleep Med*. 2003;4:435-42.
10. Barone D. The Watch-Pat in the sleep laboratory. Itamar Medical Ltd.; 2005.

11. Bar A, Pillar G, Dvir I, Sheffy J, Schnall RP, Lavie P. Evaluation of a portable device based on peripheral arterial tone for unattended home sleep studies. *Chest*. 2003;123:695-703.
12. Townsend D, Sharma A, Brauer E, Scattarelli D, McEiver J, Eiken T, et al. Assessing efficacy, outcomes, and cost savings for patients with obstructive sleep apnea using two diagnostic and treatment strategies. *Sleep Diagn Therapy*. 2007;7:1-8.
13. Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson AL Jr, Quan SF. The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and technical specifications. Westchester: American Academy of Sleep Medicine; 2007.
14. Herscovici S, Pe'er A, Pappan S, Lavie P. Detecting REM sleep from the finger: an automatic REM sleep algorithm based on peripheral arterial tone (PAT) and actigraphy. *Physiol Meas*. 2007;28:129-40.
15. Bresler M, Sheffy K, Pillar G, Preisler M, Herscovici S. Differentiating between light and deep sleep stages using an ambulatory device based on peripheral arterial tonometry. *Physiol Meas*. 2008;29:571-84.
16. Hedner J, White DP, Malhotra A, Herscovici S, Pittman SD, Zou D, et al. Sleep staging based on autonomic signals: a multi-center validation study. *J Clin Sleep Med*. 2011;15:301-6.
17. Schnall RP, Shlittner A, Sheffy J, Kedar R, Lavie P. Periodic, profound peripheral vasoconstriction - a new marker of obstructive sleep apnea. *Sleep*. 1999;22:939-46.
18. Pang KP, Gourin CG, Terris DJ. A comparison of polysomnography and the WatchPAT in the diagnosis of obstructive sleep apnea. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;137:665-8.
19. O'Donnel C, Allan L, Atkinson P, Schwartz A. The effect of upper airway obstruction and arousal on peripheral arterial tonometry in obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:965-71.
20. Ceylan T, Firat H, Kuran G, Ardic S, Bilgin E, Çelenk F. Quick diagnosis in obstructive sleep apnea syndrome: WatchPAT-200. *Iran Red Crescent Med J*. 2012;14:475-8.
21. Betito M. [dissertação] Diagnosis of OSA syndrome from PAT and oximetry recordings using fuzzy decision trees. Tel Aviv University; 2004.
22. Pittman SD, Ayas NT, MacDonald MM, Malhotra A, Fogel RB, White DP. Using a wrist-worn device based on peripheral arterial tonometry to diagnose obstructive sleep apnea: in-laboratory and ambulatory validation. *Sleep*. 2004;27:923-33.
23. Berry RB, Hill G, Thompson L, McLaurin V. Portable monitoring and auto-titration versus polysomnography for the diagnosis and treatment of sleep apnea. *Sleep*. 2008;31:1423-31.
24. Yalamanchali S, Farajian V, Hamilton C, Pott TR, Samuelson CG, Friedman M. Diagnosis of obstructive sleep apnea by peripheral arterial tonometry: meta-analysis. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013;139:1343-50.
25. Nisbet LC, Yiallourou SR, Walter LM, Horne RS. Blood pressure regulation, autonomic control and sleep disordered breathing in children. *Sleep Med Rev*. 2014;18:179-89.
26. Cereda CW, Tamisier R, Manconi M, Andreotti J, Frangi J, Pifferini V, et al. Endothelial dysfunction and arterial stiffness in ischemic stroke: the role of sleep-disordered breathing. *Stroke*. 2013;44:1175-8.