

The impact of stimulation rates in vestibular evoked myogenic potential testing

Interferência da taxa de estímulo na avaliação do potencial evocado miogênico vestibular

Aline Tenório Lins Carnaúba¹, Otávio Gomes Lins², Ilka do Amaral Soares³, Kelly Cristina Lira de Andrade¹, Pedro de Lemos Menezes⁴

Keywords:

acoustic stimulation;
vestibular evoked
myogenic potential;
vestibular function
tests.

Palavras-chave:

estimulação acústica;
potencial evocado
motor;
testes de função
vestibular.

Abstract

Vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) have been used in complementary otoneurological assessment, but the use of VEMP in clinical settings is limited. VEMPs can be used to assess vestibular function, particularly of the saccule, the inferior vestibular nerve, and/or the vestibular nucleus. **Objective:** To verify the highest possible - and reliable - stimulation rate to obtain VEMPs. **Method:** The VEMPs of 18 subjects were acquired using stimulation rates ranging between 5.1 and 40.8 stimuli per second. Study design: cross-sectional contemporary cohort study. **Results:** Latencies were kept unaltered and amplitudes were progressively reduced as stimulation rates were increased. However, ANOVA and the Kruskal-Wallis test failed to find statistically significant differences between the tested parameters. The study further indicated that when stimulation rates of 5.1 and 10.2 stimuli per second were compared, no statistically significant differences were observed in latency. **Conclusion:** The highest reliable stimulation rate observed in the group of young adults with normal hearing included in this study was 10.2 stimuli per second.

Resumo

Os potenciais miogênicos evocados vestibulares (VEMP) vêm sendo empregados como exame complementar para estudos otoneurológicos, ainda pouco explorados clinicamente. Esse potencial avalia a função vestibular, especificamente do sáculo, nervo vestibular inferior e/ou núcleo vestibular. **Objetivo:** Verificar a maior taxa de estímulos possível (e confiável) na obtenção do VEMP. **Método:** Foi registrado o potencial em 18 sujeitos, variando-se a taxa de estímulos entre 5,1 e 40,8 estímulos/s. Forma de estudo: Estudo de coorte contemporânea com corte transversal. **Resultados:** As latências se mantiveram constantes e as amplitudes foram progressivamente reduzidas com o aumento da taxa de estimulação. Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os parâmetros simultaneamente, quando aplicados os testes ANOVA e Kruskal-Wallis. Os dados obtidos nesta pesquisa demonstraram que, quando comparadas as taxas de estimulação de 5,1 e 10,2 estímulos/s, houve ausência de diferença estatisticamente significativas para o parâmetro latência. **Conclusão:** Conclui-se que a maior taxa de estimulação confiável é a de 10,2 estímulos/s, para a amostra estudada de adultos jovens ouvintes normais.

¹ Fonoaudióloga. Mestranda em Saúde da Comunicação Humana pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

² Doutor em Medicina (Neurologia) pela UNIFESP Professor Adjunto da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

³ Doutoranda em Neuropsiquiatria e Ciência do Comportamento. Professora Assistente da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas - UNCISAL.

⁴ Doutor em Física aplicada à Medicina pela USP Professor Titular da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas - UNCISAL.

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

Endereço para correspondência: Aline Tenório Lins Carnaúba. Av. Prof. Moraes Rego, nº 1235. Cidade Universitária. Recife - PE. Brasil. CEP: 50670-901.

E-mail: alinel_tenorio@hotmail.com

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) do BJORL em 31 de agosto de 2012. cod. 10431.

Artigo aceito em 29 de maio de 2013.

INTRODUÇÃO

O potencial miogênico evocado vestibular (VEMP) é considerado um exame complementar para a avaliação da função vestibular, especificamente do sáculo, nervo vestibular inferior e/ou núcleo vestibular¹⁻⁶.

As respostas são captadas na musculatura cervical, por meio de eletrodos de superfície. O traçado obtido por estimulação sonora é constituído por dois complexos de ondas bifásicas: p13 e n23^{1,7-11}. Em relação ao tipo de estímulo utilizado, pode-se obter o VEMP por meio de estimulação acústica por via aérea, por via óssea e estimulação galvânica⁴.

As características das respostas dependem do tipo de estímulo e frequência aplicados. Os estímulos sonoros utilizados podem ser do tipo *tone burst*¹¹⁻¹⁵ ou *clicks*^{16,17}. Frequências baixas promovem respostas mais homogêneas, sendo mais efetiva a frequência de 500 Hz^{6,12,18-20}. A resposta é analisada pela seleção dos picos e avaliação das amplitudes e latências^{21,22}.

Em relação à prática clínica, o VEMP apresenta diversas características favoráveis a sua utilização: é um exame objetivo, não invasivo, de fácil execução, de baixo custo, rápido e não traz desconforto para o paciente^{3,14}. Porém, ainda não há consenso relacionado à padronização para obtenção desse potencial, sendo grande a heterogeneidade dos protocolos utilizados²³. A taxa de estimulação mais recorrente e mais utilizada é 5 Hz; contudo, taxas maiores, se confiáveis, deixariam o protocolo exame mais rápido.

Com isso, tem-se como objetivo verificar qual a maior taxa de estímulos possível (e confiável) na obtenção do VEMP.

MÉTODO

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, mediante o Parecer nº 990/09. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação na pesquisa.

Fizeram parte do estudo 18 indivíduos (36 orelhas), que foram selecionados considerando-se os seguintes critérios de inclusão: idades entre 18 e 35 anos e limiares auditivos iguais ou inferiores a 20 dBNA com diferenças entre as orelhas, por frequência, iguais ou inferiores a 10 dB. O número de participantes foi obtido utilizando-se o cálculo do tamanho da amostra para médias de população infinita, com parâmetro de erro alfa igual a 0,05, desvio-padrão de 9 µV e erro tolerável de 3 µV.

Foram excluídos aqueles que apresentavam exposição a ruído ocupacional ou de lazer, cirurgias na orelha média e/ou interna, mais de três infecções de orelha externa e/ou média no ano corrente, uso de medicação ototóxica, presença de alterações sistêmicas que poderiam contribuir para afecções cócleo-vestibulares, como

diabetes, hipertensão arterial, alterações hormonais e presença de zumbido, vertigens, tonturas ou outras alterações cócleo-vestibulares.

Inicialmente, foi aplicado um questionário para a triagem dos participantes. Logo após, foram realizados os seguintes procedimentos: otoscopia, audiometria tonal liminar e VEMP.

Para o registro dos potenciais, foram utilizados eletrodos de superfície colocados sobre a pele, após limpeza prévia da mesma, sendo o eletrodo positivo localizado no terço médio do músculo esternocleidomastóideo (ECM) ipsilateral à estimulação, enquanto o eletrodo negativo foi posicionado na altura do tendão do músculo, logo acima da clavícula, e o eletrodo terra, na linha média frontal. Para obtenção do registro no músculo ECM, o paciente permaneceu sentado, com rotação lateral máxima de cabeça para o lado contralateral ao estímulo.

No exame de VEMP, foram promediados 200 estímulos *tone burst* na frequência de 500 Hz, variando a taxa de estimulação em 5,1, 10,2, 20,4 e 40,8 estímulos/s na intensidade de 95 dBNA, apresentados por meio de fones de inserção ER-A3. Utilizando-se um filtro passa banda configurado entre 5 e 1000 Hz, com exibição de 10 a 25 µV por divisão. As taxas de estimulação não foram números inteiros para que os potenciais não fossem adquiridos em fase com a frequência da rede elétrica, que no Brasil é 60 Hz^{24,25}. Os registros foram realizados em janelas de 40 ms por apresentar tempo suficiente para englobar todas as respostas^{14,15}.

Para realizar a interpretação dos achados, as respostas foram analisadas por meio da morfologia, demarcando-se as ondas p13 e n23 pelas latências dos primeiros picos positivo e negativo por dois autores/avaliadores. As discrepâncias apresentadas pelos autores/avaliadores foram esclarecidas por um terceiro autor/avaliador.

Método estatístico

Os dados foram tabulados e processados pelo aplicativo para microcomputador *Predictive Analytics Software* (PASW® *Statistics*) versão 17.0. Para a descrição dos dados, fez-se uso da apresentação tabular e gráfica das médias, dos desvios-padrão e dos percentis.

A normalidade das amostras, quanto às latências e amplitudes das ondas p13 e n23, foi observada utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para a comparação entre as taxas de estimulação (5,1, 10,2, 20,4 e 40,8 estímulos/s), no que se refere às latências e amplitudes das ondas do VEMP, foram utilizados os testes ANOVA, com comparação entre os pares por meio do teste de Tukey, e Kruskal Wallis, a depender das amostras apresentarem curva normal ou não normal, respectivamente. Para aprofundar a análise das amplitudes, foi utilizado o teste de Mann-Whitney com a finalidade de comparar as taxas de estimulação e verificar se ocorre ou não diferença

estatisticamente significativa entre as mesmas. Os valores foram considerados significativos para $p \leq 0,05$ e o valor do erro beta admitido foi de 0,1.

RESULTADOS

A amostra estudada foi composta por 18 indivíduos (36 orelhas), sendo 12 do gênero feminino (24 orelhas) e seis do gênero masculino (12 orelhas). Verificou-se faixa etária entre 21 e 27 anos, média de idade de 23,03 anos e desvio-padrão de 1,33 anos.

O VEMP foi registrado, por meio da estimulação e captação unilateral, com morfologia adequada, em 100% das orelhas utilizando a taxa de estimulação de 5,1 estímulos/s; em 96,87% com 10,2 estímulos/s; em 86,11% com 20,4 estímulos/s e em 72,22% com 40,8 estímulos/s, com estímulo *tone burst* na frequência de 500 Hz.

A normalidade das amostras, quanto às latências e amplitudes, foi observada utilizando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov; entretanto, não foi constatada distribuição normal para a latência de p13 quando utilizadas as taxas de estimulação de 10,2 e 40,8 estímulos/s. Por esse motivo, testes não paramétricos tiveram que ser utilizados.

No traçado do exame, foi realizada marcação das ondas, determinando-se as latências e amplitudes absolutas de p13 e n23. A Tabela 1 apresenta dados referentes a esses parâmetros por taxa de estimulação, independente das orelhas.

Como pode ser observado na Tabela 1, no que concerne aos parâmetros de p13 e n23, as latências se mantiveram constantes e as amplitudes foram progressivamente reduzidas com o aumento da taxa de estimulação. Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os parâmetros simultaneamente, quando aplicados os testes ANOVA e Kruskal-Wallis.

A análise das amplitudes foi aprofundada, comparando-se as taxas de estimulação entre si. O teste de Mann-Whitney revelou, para a onda p13, diferenças

estatisticamente significativas entre 5,1 e 20,4 estímulos/s ($p = 0,03$) e entre 5,1 e 40,8 estímulos/s ($p = 0,01$). Para a onda n23, a amplitude foi estatisticamente diferente apenas entre 5,1 e 40,8 estímulos/s ($p = 0,02$), não apresentando significância para 5,1 e 20,4 estímulos/s ($p = 0,06$).

No Gráfico 1, pode ser observada a comparação entre as amplitudes de acordo com a taxa de estimulação utilizada.

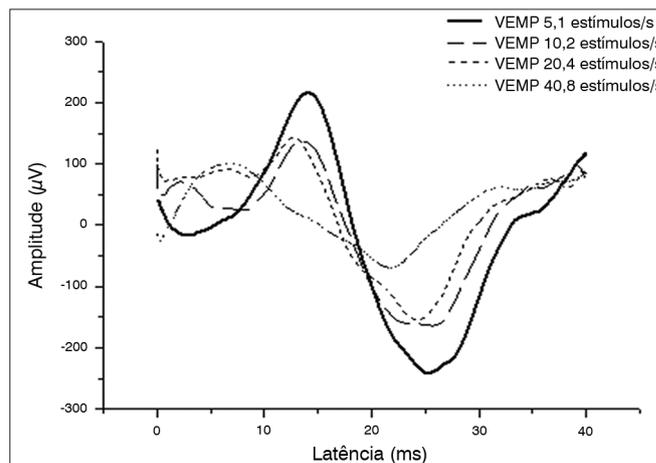


Gráfico 1. Comparação entre as amplitudes de acordo com a taxa de estimulação utilizada.

DISCUSSÃO

As respostas obtidas nessa amostra demonstraram que é possível registrar de forma consistente as ondas p13 e n23, no domínio do tempo, em todas as taxas de estimulação utilizadas e apresentaram resultados similares a outros estudos^{15,26}.

Comparando os parâmetros do VEMP com a literatura, observaram-se resultados similares quanto aos valores de latência e amplitude para a taxa de 5,1 estímulos/s^{6,27}. Com relação às demais taxas de estimulação, estudos referem que a latência e a amplitude tendem

Tabela 1. Latências e amplitudes do VEMP, por taxa de estimulação.

		Latência (ms)		Amplitude (µV)	
		p13	n23	p13	n23
5,1 estímulos/s	Média	14,10	24,80	260,43	-328,72
	DP	1,99	2,43	5,68	8,22
10,2 estímulos/s	Média	14,11	24,65	77,03	-103,11
	DP	2,15	2,52	3,53	1,80
20,4 estímulos/s	Média	14,20	24,20	60,12	-86,93
	DP	2,74	3,18	2,43	3,71
40,8 estímulos/s	Média	14,84	24,11	27,92	-23,42
	DP	2,71	4,12	2,15	2,57
Valor de p		0,19**	0,54*	0,06*	0,14*

* Teste ANOVA; ** Teste Kruskal-Wallis.

a diminuir com o aumento da taxa de estimulação, não concordando com o presente estudo em termos de latência^{15,26}.

A literatura justifica o decréscimo da amplitude com o aumento da taxa de estimulação através de uma possível fadiga no músculo ECM durante o período de teste, pois o exame necessita que o indivíduo apresente uma contração eficiente para obtenção de um bom registro do potencial. Assim, quanto maior o tempo de exposição ao teste, menor será a amplitude²⁷. Outros relatam que diminuição da amplitude seja consequência da habituação do reflexo, pois a alta taxa de disparo provoca uma exaustão nas células sensoriais, necessitando de maior tempo para ativar o primeiro neurônio²⁸⁻³⁰. Entretanto, para evitar cansaço do indivíduo sob teste e, conseqüentemente, fadiga do músculo ECM, a presente pesquisa solicitou que o paciente descansasse durante 1 minuto entre cada captação do exame - ou seja, para cada taxa de estimulação, com a finalidade de evitar fadiga da musculatura e habituação do reflexo.

Quando comparadas as taxas de estimulação de 5,1 estímulos/s com a de 10,2 estímulos/s, pode-se constatar ausência de diferença estatisticamente significativas para o parâmetro latência, concordando com alguns estudos^{15,26}. No entanto, a maioria dos profissionais escolhe a taxa de 5 estímulos/s para a realização do exame, pois possibilita a captação de respostas mais consistentes e facilita a identificação do traçado²⁶.

Por fim, existem indícios que a taxa de repetição de 10,2 estímulos/s para uso clínico seja mais adequada, por produzir uma morfologia adequada, com mesma identificação do traçado e uma amplitude sem diferença estatisticamente significativa, quando comparada à taxa de 5 estímulos/s, e que ainda pode ser observada a olho nu. Além disso, um exame realizado com uma taxa de 10,2 estímulos/s reduz o desconforto da captação, pois diminui o tempo de teste¹⁵. Contudo, ainda será necessário um estudo com uma amostra maior para a confirmação do ajuste sugerido para o protocolo do exame.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a maior taxa de estimulação confiável é a de 10,2 estímulos/s, para a amostra do presente estudo.

REFERÊNCIAS

1. Damen MMJ. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP). Clinical application of the threshold. Medical Engineering. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven; 2007.
2. Pollak L, Kushnir M, Stryjer R. Diagnostic value of vestibular evoked myogenic potentials in cerebellar and lower-brainstem strokes. *Neurophysiol Clin*. 2006;36(4):227-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2006.08.014>
3. Rauch SD. Vestibular evoked myogenic potentials. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2006;14(5):299-304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.moo.0000244185.65022.01>
4. Sazgar AA, Dortaj V, Akrami K, Akrami S, Karimi Yazdi AR. Saccular damage in patients with high-frequency sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2006;263(7):608-13. PMID: 16625399 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-006-0038-6>
5. Lütkenhöner B, Stoll W, Basel T. Modeling the vestibular evoked myogenic potential. *J Theor Biol*. 2010;263(1):70-8. PMID: 19896953 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2009.10.036>
6. Akin FW, Murnane OD, Panus PC, Caruthers SK, Wilkinson AE, Proffitt TM. The influence of voluntary tonic EMG level on the vestibular-evoked myogenic potential. *J Rehabil Res Dev*. 2004;41(3B):473-80. PMID: 15543465
7. Halmagyi GM, Colebatch JG, Curthoys IS. New tests of vestibular function. *Baillieres Clin Neurol*. 1994;3(3):485-500.
8. Hong SM, Park DC, Yeo SG, Cha CI. Vestibular evoked myogenic potentials in patients with benign paroxysmal positional vertigo involving each semicircular canal. *Am J Otolaryngol*. 2008;29(3):184-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjoto.2007.07.004>
9. Pérez Guillén V, González García E, García Piñero A, Piqueras Del Rey A, Morera Pérez C, Pérez Garrigues H. Vestibular evoked myogenic potential: a contribution to the vestibular physiology and pathology knowledge. Quantitative patterns in healthy subjects. *Acta Otorrinolaryngol Esp*. 2005;56(8):349-53. PMID: 16285433
10. Shimizu K, Murofushi T, Sakurai M, Halmagyi M. Vestibular evoked myogenic potentials in multiple sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2000;69(2):276-7. PMID: 10960289 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.69.2.276>
11. Colebatch JG, Halmagyi GM. Vestibular evoked potentials in human neck muscles before and after unilateral vestibular deafferentation. *Neurology*. 1992;42(8):1635-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.42.8.1635>
12. Burkard RF, Eggermont JJ, Don M, eds. Auditory evoked potentials: Basic principles and Clinical Application. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
13. Timmer FC, Zhou G, Guinan JJ, Kujawa SG, Herrmann BS, Rauch SD. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) in patients with Ménière's disease with drop attacks. *Laryngoscope*. 2006;116(5):776-9. PMID: 16652086 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlg.0000205129.78600.27>
14. Basta D, Todt I, Ernst A. Normative data for P1/N1-latencies of vestibular evoked myogenic potentials induced by air- or bone-conducted tone bursts. *Clin Neurophysiol*. 2005;116(9):2216-9. PMID: 16043396 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2005.06.010>
15. Sheykhholeslami K, Habiby Kermany M, Kaga K. Frequency sensitivity range of the saccular to bone-conducted stimuli measured by vestibular evoked myogenic potentials. *Hear Res*. 2001;160(1-2):58-62. PMID: 11591491
16. Kelsch TA, Schaefer LA, Esquivel CR. Vestibular evoked myogenic potentials in young children: test parameters and normative data. *Laryngoscope*. 2006;116(6):895-900. PMID: 16735887 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.mlg.0000214664.97049.3e>
17. Huang TW, Su HC, Cheng PW. Effect of click duration on vestibular-evoked myogenic potentials. *Acta Otolaryngol*. 2005;125(2):141-4. PMID: 15880943 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00016480410016900>
18. Cheng PW, Murofushi T. The effects of plateau time on vestibular-evoked myogenic potentials triggered by tone bursts. *Acta Otolaryngol*. 2001;121(8):935-8. PMID: 11813898 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00016480127377>
19. Cheng PW, Murofushi T. The effect of rise/fall time on vestibular-evoked myogenic potential triggered by short tone bursts. *Acta Otolaryngol*. 2001;121(6):696-9. PMID: 11678168 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00016480152583638>
20. Murofushi T, Matsuzaki M, Wu CH. Short tone burst-evoked myogenic potentials on the sternocleidomastoid muscle: are these potentials also of vestibular origin? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999;125(6):660-4. PMID: 10367923 DOI: <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.125.6.660>
21. Stapells DR. Current status of the auditory steady-state responder for estimating an infant's audiogram. In: Seewald RC, Bamford J. A sound foundation through early amplification. Chicago: Ponak; 2005. p.43-59.

-
22. Picton TW, John MS, Dimitrijevic A, Purcell D. Human auditory steady-state responses. *Int J Audiol.* 2003;42(4):177-219. PMID: 12790346 DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/14992020309101316>
 23. Felipe L, Kigman H, Gonçalves DH. Potencial evocado miogênico vestibular. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2012;16(1):103-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.7162/S1809-48722012000100015>
 24. Lins OG. Audiometria fisiológica tonal utilizando respostas de estado estável auditivas do tronco cerebral [Tese de Doutorado]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 2002.
 25. Pauli-Magnus D, Hoch G, Strenzke N, Anderson S, Jentsch TJ, Moser T. Detection and differentiation of sensorineural hearing loss in mice using auditory steady-state responses and transient auditory brainstem responses. *Neuroscience.* 2007;149(3):673-84. PMID: 17869440 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2007.08.010>
 26. Wu CH, Murofushi T. The effect of click repetition rate on vestibular evoked myogenic potential. *Acta Otolaryngol.* 1999;119(1):29-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00016489950181891>
 27. Oliveira AC. Estudo dos potenciais evocados miogênicos vestibulares de estado estável [Tese de doutorado]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2010.
 28. Murofushi T, Curthoys IS. Physiological and anatomical study of click-sensitive primary vestibular afferents in the guinea pig. *Acta Otolaryngol.* 1997;117(1):66-72. PMID: 9039484 DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/00016489709117994>
 29. Murofushi T, Curthoys IS, Topple AN, Colebatch JG, Halmagyi GM. Responses of guinea pig primary vestibular neurons to clicks. *Exp Brain Res.* 1995;103(1):174-8. PMID: 7615033 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00241975>
 30. Murofushi T, Curthoys IS, Gilchrist DP. Response of guinea pig vestibular nucleus neurons to clicks. *Exp Brain Res.* 1996;111(1):149-52. PMID: 8891646 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00229565>