



# Avaliação do Controle Postural em Adultos Jovens Através da Posturografia Dinâmica Foam-Laser e Plataforma de Força

*Evaluation of the Postural Control in Young Adults by use of Foam-Laser Dynamic Posturography and Power Platform*

Eduardo Alexandre Loth<sup>1</sup>  
Carlos Eduardo Albuquerque<sup>1</sup>  
Adriano Policam Ciena<sup>2</sup>  
Ângela Garcia Rossi<sup>1</sup>

1. Laboratório do Grupo de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos (GELRF) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Cascavel - Paraná.  
2. Universidade de São Paulo no Programa de Morfologia.

## Correspondência:

Rua: Rio de Janeiro, 713 - Edifício Resid. Leblon - apto 23 - Centro CEP 85801-030 - Cascavel - Paraná

## RESUMO

Uma das tarefas mais importantes do sistema do controle postural humano é a manutenção do equilíbrio do corpo sobre a base de apoio fornecida pelos pés. Como um sensor de gravidade, o sistema vestibular é uma das ferramentas mais importantes do sistema nervoso no controle da postura. Quando há um desequilíbrio neste sistema o indivíduo passa a apresentar um conjunto de sintomas no qual a vertigem geralmente é preponderante. Objetivou-se no presente estudo avaliar e correlacionar o controle postural de adultos jovens através da posturografia dinâmica Foam-Laser (FLP) e plataforma de força. Para a realização do estudo participaram 31 voluntários (19 homens e 11 mulheres) sendo submetidos à avaliação do controle postural através da posturografia dinâmica Foam-Laser e plataforma de força simultaneamente. Para análise dos dados registrados na plataforma de força, utilizou-se o programa MATLAB<sup>®</sup> 7.4. Os resultados da FLP foram obtidos através da fórmula matemática para cálculos de ângulos de oscilações apresentados. Os resultados revelaram que houve forte correlação entre os valores obtidos nos testes de organização sensorial (SOT) e a área de deslocamento do centro de pressão (CP) registrada pela plataforma de força em todos os SOT. Nos SOT III, V e VI, respectivamente, observou-se forte correlação entre os resultados dos exames da FLP e plataforma de força, com  $r = -0,78$ ,  $r = -0,70$  e  $r = -0,80$ . Conclui-se que a FLP é um método eficaz para avaliação do equilíbrio, e seus resultados demonstraram forte correlação com a área de deslocamento do centro de pressão.

**Palavras-chave:** controle postural, estabilometria, posturografia dinâmica, plataforma de força.

## ABSTRACT

One of the most important tasks of the human postural control system is to keep the body balanced on the base of support provided by the feet. As a gravity sensor, the vestibular system is one of the most important tools of the nervous system in the control of the posture. When there is a malfunction in this system the individual starts to present a group of symptoms in which the vertigo generally is preponderant. The present study had as objective to correlate the results of the postural control evaluation in young people obtained through the Dynamic Posturography Foam-laser (FLP) and platform force. For the accomplishment of the study were invited 31 volunteers (19 men and 11 women) that were submitted to the evaluation of the postural control through the Dynamic Posturography Foam-laser and power platform simultaneously. The results revealed that there was strong correlation among the values obtained in the tests of sensorial organization (TOS) and area displacement pressure center (PC) at power platform in all TOS. In TOS III, V e VI respectively, correlation was observed strong enters the results of the examinations in FPL and power platform, with  $r = -0,79$ ,  $r = 0,70$  and  $r = -0,80$ . This study concludes that the FLP is a very useful method for evaluation of the balance, and this results show strong correlation with pressure center displacement area.

**Keywords:** postural control, stabilometry, posturography dynamic, power platform.

## INTRODUÇÃO

O controle postural é exercido pela convergência extremamente acurada dos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo. Atuante em todo o momento, o controle postural é responsável por permitir ações simples do cotidiano dos homens. No entanto, uma das tarefas mais importantes do sistema do controle postural humano é a do equilíbrio do corpo sob a pequena base de apoio fornecida pelos pés<sup>(1)</sup>.

A avaliação do controle postural representa uma tarefa desafiadora, porém apresenta implicações de grande valia para profissionais

de diversas áreas, como a otoneurologia, fonoaudiologia, fisioterapia, desportiva e outras. As oscilações corporais de uma pessoa podem ser avaliadas com a utilização de diversos métodos, mas a *Foam-Laser Dinamic Posturography*, idealizada por Castagno<sup>(2)</sup>, denominada FLP avalia as funções vestibulares, proprioceptivas e visuais por meio de Posturografia Dinâmica”.

Castagno<sup>(2)</sup> relata que a FLP é um método análogo ao Equitest of Neurocom Int Inc, Clackams, Oregon, EUA, com a finalidade de testar o Sistema de Organização Sensorial (SOT) em seis posições distintas,

com escores que variam com valor mínimo de zero e máximo de 100%, dependendo das oscilações corporais.

Loth *et al.*<sup>(3)</sup> utilizaram este método e a sua associação com a plataforma de força no intuito de avaliar a influência do sistema vestibular no equilíbrio de adultos jovens e observaram forte correlação entre os métodos.

Visto o exposto acima, objetivou-se no presente estudo avaliar e correlacionar o controle postural de adultos jovens através da posturografia dinâmica Foam-Laser e plataforma de força.

## MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Biomecânica do Curso de Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), após aprovação no comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), conforme registro número 19366/2006 e aprovado pelo parecer 226/2006, durante o período de 18 a 26 de março de 2006. Os 30 participantes do estudo (19 homens e 11 mulheres), acadêmicos do Curso de Educação Física da UFSM, foram selecionados aleatoriamente, com a média de  $21,17 \pm 1,45$  anos.

Para inclusão dos sujeitos no estudo, obedeceu-se os seguintes critérios: qualquer acadêmico do Curso de Educação Física da UFSM/RS, com idade entre 18 a 30 anos e que concordassem em assinar de livre arbítrio o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram excluídos aqueles que apresentassem amputação de algum membro, doença neurológica conhecida, traumas ortopédicos agudos e deficientes visuais graves.

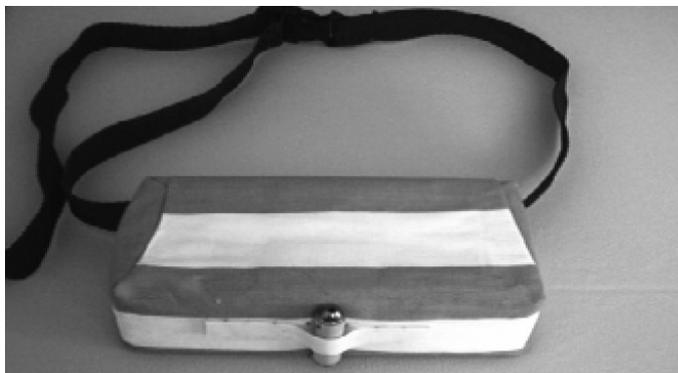
Em seguida, os voluntários foram submetidos à avaliação do controle postural através de plataforma de força (OR6-6, Advanced Mechanical Technology Incorporation, EUA) e FLP, simultaneamente. Para tanto, cada participante foi posicionado dentro de uma cabine de 1m<sup>2</sup>, com 2m de altura, posicionada sobre uma plataforma de força, recoberta com um tecido constituído de listras laranjas e beges de 10cm e uma almofada de espuma de densidade média com 10cm de espessura (figura 1).



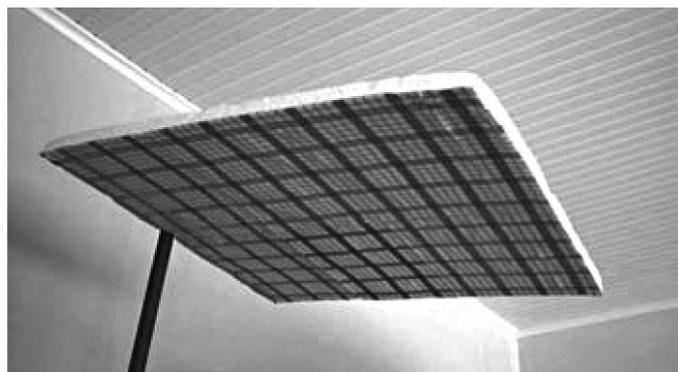
**Figura 1.** Cabine da Foam-Laser Dynamic Posturography proposto por Castagno (1994).

Na região posterior do voluntário, foi acoplado um cinto de náilon, ajustável à cintura do paciente, contendo uma caneta que emitia um feixe de laser, direcionado para uma escala em centímetros fixada acima

da cabine, no plano horizontal (figuras 2 e 3). Este feixe de laser permitiu avaliar o deslocamento anteroposterior durante os SOT.

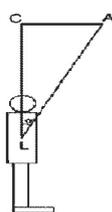


**Figura 2.** Cinto confeccionado em tecido de náilon e isopor, com encaixe nas extremidades ajustáveis ao nível da cintura do participante, com caneta de feixe de laser acoplado.



**Figura 3.** Escala em centímetros fixada acima da cabine, a fim de anotar o maior deslocamento em centímetros para realização cálculo da FLP.

Para obtenção dos resultados, durante cada SOT, mediu-se a distância em cm entre a fonte luminosa (caneta laser) fixada no voluntário e o anteparo disposto acima da cabine de tecido (papel centimetrado); esta distância representa a medida entre as letras C e L e o deslocamento anteroposterior máximo do avaliado, através do feixe de luz no papel centimetrado, durante a realização de todos os SOT. Esta distância representou a medida entre as letras C e A da fórmula contida na figura 4.



I. O cálculo do ângulo do balanço anterior é realizado pela aplicação da fórmula para o valor de 90°.

$$\text{sen } \alpha = \frac{CA}{AL}$$

$$AL^2 = CA^2 + CL^2$$

$$AL = \sqrt{CA^2 + CL^2}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{CA}{\sqrt{CA^2 + CL^2}}$$

$$\alpha = \text{sen } \alpha \cdot 180 / \pi$$

$$\alpha = \left( \frac{CA}{\sqrt{CA^2 + CL^2}} \right) \cdot 180 / \pi$$

II. O mesmo valor é usado para calcular o ângulo β correspondente ao balanço posterior.

III. Ambos os ângulos (α - β) são adicionados para representar o total das oscilações do centro da gravidade.

III. A fórmula é utilizada para indicar as oscilações que concordam com o formato de contagem do equilíbrio do SOT (100% = nenhum balanço - 0% = queda ou desvio máximo do balanço 12,5°).

$$\text{Balanço (\%)} = 100 - \{100 \cdot (\alpha + \beta) / 12,5\}$$

\* = multiplicação (x)

**Figura 4.** Fórmula matemática para o cálculo do ângulo de oscilação corporal proposta pela técnica da posturografia dinâmica Foam-Laser (Castagno, 1994).

Os SOT I, II e III foram realizados com o participante na posição ortostática, pés juntos e braços ao longo do corpo. Os SOT IV, V e VI foram realizados com o voluntário na mesma posição anterior, porém, colocando o mesmo sobre uma almofada de espuma de 10cm de espessura de densidade média, com a finalidade de atenuar a propriocepção do examinado. As posições II e V foram realizadas com os olhos fechados. Durante os SOT III e VI a cabine é lentamente inclinada, aproximadamente 20° para frente, durante 10s e após retorna a posição inicial também em 10s.

Para análise dos dados registrados na plataforma de força, utilizou-se o programa MATLAB® 7.4, que calculou a área de deslocamento do centro de pressão em cm<sup>2</sup>. Os resultados da FLP foram obtidos através da fórmula matemática para cálculos de ângulos de oscilações apresentados na figura 4. Para avaliar o grau de associação entre os resultados, foi utilizado o índice de correlação de Spearman, adotando-se o nível de significância de 5% com  $p > 0,05$  através do software GraphPad Prism® versão 3.0.

## RESULTADOS

A análise dos resultados obtidos através da FLP indicam que a média dos escores, da amostra, declinaram de 88,27 pontos para 80,27 e 76,51 pontos, respectivamente, até o SOT III. Sendo que na quarta posição deste exame observou-se uma elevação na média dos resultados para 81,04 pontos, e tornou a declinar nas duas últimas posições, com a média de 68,83 e 64,86 pontos, conforme disposto na tabela 1.

**Tabela 1.** Apresentação dos resultados através de medidas de tendências centrais e medidas de dispersão em percentual (%), obtidos na melhor resposta do exame de posturografia dinâmica *Foam-Laser*.

	SOT I	SOT II	SOT III	SOT IV	SOT V	SOT VI
<b>M</b>	88,27	80,27	76,51	81,04	68,83	64,86
<b>DM</b>	4,60	8,35	6,74	8,50	10,86	15,91
<b>Máx</b>	95,51	90,65	86,52	90,45	86,91	91,35
<b>Mín</b>	73,85	55,71	63,45	47,91	41,96	33,93
<b>VR</b>	90	83	82	79	60	54

A tabela 2 mostra os resultados obtidos através da plataforma de força e indicam que a média dos escores aumentaram da primeira para a segunda posição. Porém, nos SOT III e IV observa-se redução da média da área de deslocamento do CP. Nos demais SOT, verificou-se que as médias dos escores voltaram a obedecer à ordem crescente.

**Tabela 2.** Apresentação dos resultados através de medidas de tendências centrais e medidas de dispersão da área de deslocamento do CP em cm<sup>2</sup> registrados pela plataforma de força.

	SOT I	SOT II	SOT III	SOT IV	SOT V	SOT VI
<b>Média</b>	0,88	2,10	1,86	1,56	3,56	6,56
<b>Desvio padrão</b>	0,64	1,66	0,97	0,97	1,55	4,31
<b>Máximo</b>	1,98	5,72	3,95	4,29	8,10	14,78
<b>Mínimo</b>	0,17	0,32	0,47	0,19	0,89	0,73

Após realizar análise de correlação para avaliar o grau de associação dos resultados obtidos pelo grupo experimental entre as condições da FLP com a área de deslocamento do CP registrada pela plataforma de força, observou-se moderada correlação entre os SOT I, II e IV, respec-

tivamente, com  $r = -0,60$ ,  $r = -0,64$  e  $r = -0,63$ .

Nos SOT III, V e VI, respectivamente, observou-se forte correlação entre os resultados dos exames da FLP e plataforma de força, com  $r = -0,78$ ,  $r = -0,70$  e  $r = -0,80$  (tabela 3).

**Tabela 3.** Apresentação dos índices de correlação (IC) dos resultados obtidos através da realização da posturografia dinâmica *Foam-Laser* (FLP) e a média da área do deslocamento do centro de pressão (CP) em cm<sup>2</sup> obtida, simultaneamente, com a plataforma de força do grupo experimental.

	SOT I	SOT II	SOT III	SOT IV	SOT V	SOT VI
<b>PD</b>	88,27	80,27	76,51	81,04	68,83	64,86
<b>CP</b>	0,88	2,10	1,86	1,56	3,56	6,56
<b>IC</b>	-0,60	-0,64	-0,78	-0,63	-0,70	-0,80
	$p0,004^*$	$0,0001^*$	$0,0001^*$	$0,0002^*$	$0,0001^*$	$0,0001^*$

O sinal negativo (-) e o asterisco (\*) indicam, respectivamente que a correlação é inversamente proporcional e o valor de p.

## DISCUSSÃO

Observou-se neste estudo que a análise das médias da FLP e da área de deslocamento obtidas na plataforma de força, apresentaram-se inversamente proporcionais. Justificando-se porque as médias da FLP decrescem enquanto as da plataforma de força aumentam. No entanto, ocorreu uma inversão destes resultados durante o SOT IV, no qual observou-se aumento na média dos escores, enquanto que nos registros da plataforma de força houve uma inversão nas médias dos escores nos SOT III e IV. Dados semelhantes foram descritos por Mendonça *et al.*<sup>(4)</sup> que também observaram inversão dos valores médios no SOT IV.

Baseado nos princípios científicos do controle postural, sugere-se duas explicações para os resultados supracitados. A primeira é que os participantes deste estudo, por gozar de um sistema de controle postural íntegro e por já estarem familiarizados com o teste após terem passado pelos primeiros SOT, seriam capazes de apresentar bom desempenho, mesmo frente a uma situação de desequilíbrio maior, como a imposta pelo SOT IV, no qual os sujeitos permaneciam em pé, sobre uma espuma de 10 centímetros. A segunda explicação consiste no fato de que os participantes podem ter utilizado estratégias do controle postural diferentes para manter o equilíbrio corporal, nas diversas condições da FLP, aumentando seu equilíbrio corporal. Para afirmar os resultados obtidos, Horak *et al.*<sup>(5)</sup> relatam em seus estudos que a estratégia do quadril é útil para responder às perturbações de grandes amplitudes, em que é difícil produzir torque ao nível do tornozelo, como, por exemplo, quando o indivíduo se mantém sobre uma superfície deformável.

De maneira semelhante, outros autores como Diener *et al.*<sup>(6)</sup>, Runge *et al.*<sup>(7)</sup> e Nashner<sup>(8)</sup>, citam que a estratégia do quadril é utilizada para restaurar o equilíbrio em respostas frente às perturbações maiores e mais rápidas do controle postural, ou quando a superfície de apoio for menor que os pés ou deformável.

Após realizada a análise de correlação dos resultados obtidos através dos procedimentos para avaliação do controle postural na amostra, foi possível observar que houve forte índice de correlação negativa (inversamente proporcional) entre a FLP e a área de deslocamento do CP obtida na plataforma de força durante a realização dos SOT – a saber: quanto maior a área de deslocamento do CP registrada pela plataforma de força, maior também a oscilação detectada na FLP. Como os escores da FLP são considerados valores em percentuais, sendo que na ausência total de oscilação corporal o escore obtido é 100%, decrescendo de acordo com o aumento de oscilações. Assim, quanto

maior for a área de deslocamento do CP na plataforma de força, menor será o escore obtido na FLP, o que determina índice de correlação negativa entre as análises.

No entanto, não foi encontrado na literatura consultada, nenhum estudo que utilizou a plataforma de força em estudos envolvendo a FLP, impossibilitando a comparação dos resultados obtidos neste estudo com os achados de outros autores. Porém, observou-se forte índice de correlação dos resultados da FLP com a plataforma de força em todos os SOT.

Baseados nos resultados deste estudo, observou-se que a FLP apresenta um método útil para análise do controle postural que avalia a influência dos sistemas envolvidos neste complexo mecanismo, e sua aplicação na clínica de reabilitação de pacientes com distúrbios de equilíbrio deve ser utilizada.

A FLP utilizada neste estudo também serviu de ferramenta diagnóstica para Yassue *et al.*<sup>(9)</sup>, que encontraram alterações no equilíbrio de idosos portadores de diabetes melito através da FLP. A autora sugeriu que esta técnica constitui-se em uma ferramenta muito sensível para avaliação do equilíbrio em diabéticos.

Outros estudos, como os de Savoldi *et al.*<sup>(10)</sup>, utilizaram a FLP com o objetivo de encontrar um método para avaliar a propriocepção de pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior do joelho. Os autores concluíram que a FLP é um método útil para avaliar a propriocepção nestes pacientes. Para avaliar o efeito da baixa acuidade visual sobre o equilíbrio de pacientes com catarata senil, Rubin<sup>(11)</sup> utilizou a FLP como complemento da avaliação por vectoeletronistagmografia computadorizada.

Castagno<sup>(2)</sup> relata que a técnica da posturografia dinâmica Foam-Laser não pode substituir completamente a posturografia dinâmica computadorizada. Se o custo for considerado, poucos dólares podem ser necessários para adquirir uma cabine de tecido, uma caneta laser e um pedaço de espuma de média densidade. Por outro lado, a posturografia dinâmica computadorizada custa aproximadamente 80.000 dólares. Para o mesmo autor Voorhess<sup>(12)</sup> relata que a FLP não pode detectar as latências que são úteis no diagnóstico neurológico, tão pouco executar análise se a estratégia do quadril ou do tornozelo está sendo utilizada e nem marcar o deslocamento do centro de gravidade. Entretanto, é uma técnica simples, barata e útil, que produz a análise do teste de organização sensorial muito comparável aos obtidos com o EquiTest®.

Zammit *et al.*<sup>(13)</sup> relatam que os métodos convencionais, como prova calórica, testes rotatórios e eletrovectonistagmografia, podem definir várias formas de vertigem avaliando o componente vestibular; porém, a posturografia dinâmica computadorizada fornece informações também sobre o sistema visual e proprioceptivo.

No presente estudo, cabe ressaltar que não foi mensurado o deslocamento mediolateral durante os SOT na FLP, fato que poderia gerar maiores informações e, com isso, propiciar maior sensibilidade para o exame, subsidiando ainda sua maior utilidade para avaliação do controle postural em diversas áreas.

Quanto a outros fatores limitantes deste trabalho que merece destaque e que poderá contribuir para outros estudos futuros utilizando a FLP, diz respeito à possibilidade de filmagem do ponto de laser emitido pela caneta no anteparo de papel durante o exame, permitindo dirimir possíveis dúvidas sobre o deslocamento dos sujeitos que possam surgir durante um exame.

No entanto, ao realizar um exame utilizando a FLP, o examinador não deverá ter a pretensão de obter dados sobre a cinética do controle postural, como os obtidos pela plataforma de força, baropodometria eletrônica ou PDC. No entanto, a FLP representa um método que contribui para avaliação do controle postural e diagnóstico em portadores de distúrbios do equilíbrio. É uma ferramenta quantiquantitativa, de baixo custo, sendo este um instrumento de avaliação do equilíbrio corporal, tanto no meio de pesquisa acadêmica quanto clínico.

## CONCLUSÃO

Concluiu-se que os resultados obtidos pela posturografia dinâmica Foam-Laser apresentaram forte correlação com a área de deslocamento do centro de pressão registrado pela plataforma de força nos seis SOT.

A realização deste estudo foi muito importante, por aventurar a consolidação de um novo método quantiquantitativa para avaliar o controle postural e, sobretudo, buscar conhecimento sobre suas restrições e vantagens, servindo de fonte de literatura para estudos futuros que certamente se fazem necessários.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

## REFERÊNCIAS

1. Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med.* 1996;12:635-58.
2. Castagno LAA. New method for sensory organization tests: the foam-laser dynamic posturography. *Rev Bras Otorrin.* 1994;60:287-96.
3. Loth EA, Rossi AG, Cappellesso PC, Ciena AP. Avaliação da influência do sistema vestibular no equilíbrio de adultos jovens através de posturografia dinâmica foam-laser e plataforma de força. *Semina.* 2008;29:57-64.
4. Mendonça AC, Rossi AG, Flores FT, Teixeira CS. Alterações do equilíbrio em indivíduos ex-usuários de álcool e drogas ilícitas. *ACTA ORL/Téc Em Otorrin.* 2006;24:255-8.
5. Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobiol Aging.* 1989;10:727-38.
6. Diener HC, Horak FB, Nashchere LM. Influence of stimulus parameters on human postural response. *J Neurophysiol.* 1989;59:1888-905.
7. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture.* 1999;10:161-70.
8. Nashner LM. Analysis of stance posture in humans. In: Towe AL, Luschei ES. *Motor coordination.* New York, (Handbook of behavioral neurology. Plenum Press, 1981;5:527-65.
9. Yassue MM, Loth EA, Rossi AG, Bertolini GRF. Avaliação do equilíbrio em idosos portadores de diabetes mellitus através de posturografia dinâmica foam-laser. *Anais do 5º Congresso Sul-Brasileiro de Medicina e Esporte, Bento Gonçalves - RS, 2006.*
10. Savoldi AP, Montijo JPR, Loth EA, Bertolini GRF. Avaliação da propriocepção no equilíbrio de indivíduos submetidos à reconstrução do LCA através do método de posturografia dinâmica - Estudo Piloto. *Anais do 2º Congresso SLARD. Foz do Iguaçu - PR, 2006.*
11. Rubin ASB. Estudo do equilíbrio corporal de pacientes com catarata senil antes e após o tratamento cirúrgico. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2002.
12. Voorhess RL. The role of dynamic posturography in neurologic diagnosis. *Laryngosc.* 1989;99:995-1001.
13. Zammit G, Wang-Weigand S, Peng X. Use of computerized dynamic posturography to assess balance in older adults after nighttime awakenings using zolpidem as a reference. *BMC Geriatrics.* 2008;8:1-7.