

CAMILA DE GIACOMO CARNEIRO BARROS

**Efeitos da substituição vestibular eletrotátil na
reabilitação de pacientes com arreflexia vestibular
bilateral**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do Título
de Doutor em Ciências.

Programa de Otorrinolaringologia.

Orientadora: Profa. Dra. Roseli Saraiva Moreira Bittar

São Paulo

2011

CAMILA DE GIACOMO CARNEIRO BARROS

**Efeitos da substituição vestibular eletrotátil na
reabilitação de pacientes com arreflexia vestibular
bilateral**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do Título
de Doutor em Ciências.

Programa de Otorrinolaringologia.

Orientadora: Profa. Dra. Roseli Saraiva Moreira Bittar

São Paulo

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Barros, Camila de Giacomo Carneiro

Efeitos da substituição vestibular eletrotátil na reabilitação de pacientes com arreflexia vestibular bilateral / Camila de Giacomo Carneiro Barros. -- São Paulo, 2011.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Otorrinolaringologia.

Orientadora: Roseli Saraiva Moreira Bittar.

Descritores: 1.Doenças vestibulares/reabilitação 2.Equilíbrio postural
3.Feedback sensorial

USP/FM/DBD-078/11

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais Arakem e Celia, referências de caráter e delicadeza. Seus ensinamentos e seu amor são alicerce da minha história. Sem vocês meus sonhos e conquistas não valeriam a pena. Obrigada por acreditarem tanto em mim e pela ajuda de sempre. Amo muito vocês.

Aos “Pedros”, amores da minha vida: meu filho por mobilizar o que há de melhor em mim e me encorajar a cada manhã e meu esposo pelo companheirismo, compreensão e incentivo.

Ao meu irmão Christiano, o grande precursor de tudo isso que estou vivendo. Obrigada por ser exemplo de formação e aprimoramento contínuos. Toda minha admiração e amizade.

AGRADECIMENTOS

Agradeco

Aos pacientes que participaram desta pesquisa, por sua colaboração e força de vontade.

Ao Prof. Dr. Ricardo Ferreira Bento, professor titular do Departamento de Otorrinolaringologia do HCFMUSP e ao Prof. Dr. Aroldo Miniti, pelo incansável incentivo à pesquisa.

À minha orientadora Dra. Roseli Saraiva Moreira Bittar, idealizadora desta pesquisa, por seus ensinamentos que ultrapassam a esfera da Otoneurologia e por sua participação tão competente e minuciosa. Obrigada por nossa convivência e por ter me conduzido com sabedoria, esperança e compromisso.

Ao Dr. Yuri Danilov, neurocientista da Universidade de Wisconsin, exemplo de excelência como pesquisador, por sua facilidade em compartilhar conhecimento e por sua participação em nossa pesquisa.

Aos meus pais, Arakem e Celia, ao meu esposo Pedro e meu filho Pedro, ao meu irmão Christiano, minha cunhada Geisa e ao meu sobrinho (que ainda não nasceu) minha gratidão pelo conforto de me sentir em família.

Ao Dr. Marco Aurélio Bottino pelo voto de confiança ao me receber no Ambulatório de Otoneurologia e pela alegria de conviver com um verdadeiro cavalheiro.

Aos amigos Dra. Lucinda Simoceli, Dra. Maruska Santos e Dr. Italo Roberto Torres de Medeiros, otorrinolaringologistas, fontes de motivação e exemplos de dedicação profissional. Com certeza grandes amigos: sem a parceria e o carinho de vocês teria sido muito mais difícil. Obrigada pelo acolhimento e pela deliciosa convivência.

Ao Prof. Dr. Luiz Ubirajara Sennes pelo apoio e coordenação da Pós-Graduação e por cada sorriso de incentivo durante minha jornada.

Aos membros da banca do exame de qualificação: Dr. Marco Aurelio Bottino, Dr. Italo Roberto Torres de Medeiros e Dr. Michel Burihan Cahali por suas preciosas correções e sugestões no aperfeiçoamento desta pesquisa.

Aos amigos e companheiros de pós-graduação, em especial Dra. Patrícia Arena Abramides e Dr. Mário Edvin Greters, pelo respeito, amizade e incrível disponibilidade.

À Maria Elisabete Bovino Pedalini, fonoaudióloga, por ter me apresentado à Dra. Roseli e por todo seu entusiasmo e colaboração no início da pós-graduação.

Ao Henrique Torres, meu analista, por me mostrar os encantos das calmarias e tempestades da vida.

Ao Dr. Edigar Rezende de Almeida e Dra. Signe Schuster Grasel, pela receptividade no setor de Eletrofisiologia da Audição. Obrigada pela oportunidade e pelo aprendizado.

À Dra. Maria Cecilia Lorenzi pela análise estatística dos resultados desta pesquisa, por sua prontidão e objetividade.

Aos demais colegas do Setor de Otoneurologia, Sandra Bastos de Magalhães, Eliane Söhsten, Juliana Anauate, Arlindo C. Lima Neto e Jeanne Oiticica pela respeitosa convivência.

Aos médicos residentes de otorrinolaringologia do HCFMUSP e demais pós-graduandos por participarem da minha formação e dividirem conhecimento.

À auxiliar de enfermagem Milva T. Luciano Braz por sua paciência e dedicação ao lidar com os pacientes e toda equipe médica do Setor de Otoneurologia.

Ao Prof. Dr. José Antonio Aparecido de Oliveira por todo seu conhecimento e por ser um exemplo como ser humano, otologista e pesquisador. Tenho orgulho de ter sido sua aluna.

À Profa. Dra. Wilma T. Anselmo-Lima, coordenadora da Divisão de Otorrinolaringologia do Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da FMRP-USP, por participar diretamente da construção de quem sou hoje. Admiro sua postura motivada e inspiradora. Minha gratidão por me dar a chance de retornar a Ribeirão Preto.

À Pofa. Dra. Fabiana Cardoso Pereira Valera, docente da Divisão de Otorrinolaringologia do Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da FMRP-USP, por ser uma grande amiga e conselheira. Agradeço por dividir sua experiência comigo e por toda orientação profissional. Suas palavras me fortaleceram e tornaram possível o sonho de seguir a carreira acadêmica.

Aos demais docentes da Divisão de Otorrinolaringologia do Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da FMRP-USP: Profa. Dra. Myriam de Lima Isaac, Prof. Dr. Miguel Angelo Hyppolito e Prof. Dr. Edwin Tamashiro, pela confiança e amizade. Obrigada por sua paciência e por me receberem tão bem, além de tornarem o ambiente de trabalho tranquilo e responsável. Tenho muito a aprender com vocês.

À Maria Marilede Alves, Lucivânia Lima da Silva e Maria Márcia Alves, queridas secretárias do Departamento de Otorrinolaringologia do HCFMUSP pela paciência, colaboração e alegria em seu trabalho burocrático e fundamental na execução e conclusão desta pesquisa.

À Maria Cecília Onofre, secretária do Departamento de Otorrinolaringologia da FMRP-USP por sua descontração, incrível capacidade de resolução de problemas e detalhada formatação deste trabalho.

Ao Departamento de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo por acolher tantos mestres e inspirar aqueles que pretendem seguir no aprendizado e no ensino.

A Sra. Elettra Greene pela colaboração na tradução e publicação deste trabalho.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudos, que contribuiu para financiar este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

SUMMARY

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVO.....	23
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3.1. Arreflexia vestibular bilateral.....	26
3.2. Tratamento da AVB por meio da reabilitação vestibular.....	29
3.3. Outras modalidades de tratamento da AVB.....	31
3.4. Desenvolvimento do equipamento Brainport®.....	36
4. CASUÍSTICA E MÉTODO.....	40
4.1. Casuística.....	41
4.2. Metodologia.....	42
4.2.1. SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	42
4.2.1.1 Avaliação Clínica.....	42
4.2.1.2 Avaliação Funcional do Equilíbrio.....	43
4.2.2. INTERVENÇÃO NO GRUPO DE ESTUDO.....	45
4.2.2.1 O equipamento de estimulação.....	46
4.2.3. Análise Estatística.....	53
5. RESULTADOS.....	54
6. DISCUSSÃO.....	59
6.1 Metodologia.....	61
6.1.1 História Clínica e Exame Otoneurológico.....	61
6.1.2 Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC).....	63
6.2 Resultados.....	65

7. CONCLUSÃO	70
8. ANEXOS.....	72
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE ABREVIATURAS

AVB	Arreflexia vestibular bilateral
BFA	<i>biofeedback</i> auditivo
DHI	<i>Dizziness Handicap Inventory</i>
EAV	Escala Análogo-Visual
EGV	Estimulação galvânica vestibular
FV	<i>feedback</i> vibrotátil
HCFM-USP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
ICM	Interface cérebro-máquina
IE	Índice de Equilíbrio
PDC	Posturografia Dinâmica Computadorizada
PRPD	Prova Rotatória Pendular Decrescente
R	Remissão
RP	Recuperação Parcial
RV	Reabilitação vestibular
RVO	Reflexo vestibulo-ocular
SNC	Sistema Nervoso Central
SR	Sem Recuperação
TIS	Teste de Integração Sensorial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Condições de estimulação Sensorial no Teste de Integração Sensorial (TIS)	45
Figura 2: Equipamento BrainPort [®] : dispositivo intraoral e controlador.....	47
Figura 3: Detalhe da face de contato com a superfície da língua da placa de eletrodos, utilizando moeda como referência	48
Figura 4: Posição do estímulo em função do posicionamento e movimentação cefálicos	49
Figura 5: Fluxograma representativo da intervenção nos grupos de estudo.	52
Figura 6. Gráfico representativo da distribuição dos pacientes de acordo com a EAV	58

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Representação dos pacientes: gênero, idade e etiologias da AVB 55
- Tabela 2.** Médias dos valores individuais obtidos na condição 5 do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort® 56
- Tabela 3.** Médias dos valores individuais obtidos na condição 6 do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort® 57
- Tabela 4.** Médias dos valores obtidos no IE do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort® 57

RESUMO

Barros CGC. *Efeitos da substituição vestibular eletrotátil na reabilitação de pacientes com arreflexia vestibular bilateral*. São Paulo, 2011. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

O presente estudo avaliou a eficácia do equipamento de *biofeedback* eletrotátil lingual (BrainPort[®]) como substituto sensorial para o aparelho vestibular em pacientes com arreflexia vestibular bilateral (AVB) que não obtiveram boa resposta à terapia convencional de reabilitação vestibular (RV). Sete pacientes com AVB foram treinados a usar o equipamento. A estimulação na superfície da língua foi criada por um padrão dinâmico de pulsos elétricos e o paciente capaz de ajustar a intensidade de estimulação e centralizar o estímulo na placa de eletrodos. Os pacientes foram orientados a continuamente ajustar a orientação do posicionamento da cabeça e a manter o padrão de estímulos no centro da placa. Tarefas posturais que apresentavam dificuldade progressiva foram realizadas durante o uso do equipamento. A distribuição do índice de equilíbrio do teste de integração sensorial (TIS) pré e pós-tratamento mostrou valores médios de 38.3 ± 8.7 e 59.9 ± 11.3 , respectivamente, indicando melhora significativa estatisticamente ($p=0,01$). O aparelho de *feedback* eletrotátil lingual melhorou significativamente o controle postural no grupo de estudo, superando a melhora obtida com a RV convencional. O sistema de *biofeedback* eletrotátil foi capaz de fornecer informações adicionais sobre o posicionamento da cabeça em relação à orientação vertical gravitacional na ausência da aferência vestibular, melhorando o controle postural. Pacientes com AVB podem integrar a informação eletrotátil no controle da postura com o objetivo de melhorar a estabilidade após a RV convencional. Estes resultados foram obtidos e verificados, não apenas pelo questionário subjetivo, mas também pelo índice de equilíbrio do TIS. As limitações do estudo foram o tamanho reduzido da amostra e a curta duração do seguimento. Os presentes achados mostram que a substituição sensorial mediada pelo *feedback* eletrotátil lingual pode contribuir para a melhora do equilíbrio nesses pacientes se comparada à RV.

Descritores: doenças vestibulares/reabilitação, equilíbrio postural, *feedback* sensorial

SUMMARY

Barros CGC. *Effects of electrotactile vestibular substitution on rehabilitation of patients with bilateral vestibular loss*. São Paulo, 2011. (Thesis) “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”.

The present study evaluated the effectiveness of electrotactile tongue biofeedback (BrainPort®) as a sensory substitute for the vestibular apparatus in patients with bilateral vestibular loss (BVL) who did not have a good response to conventional vestibular rehabilitation (VR). Seven patients with BVL were trained to use the device. Stimulation on the surface of the tongue was created by a dynamic pattern of electrical pulses and the patient was able to adjust the intensity of stimulation and spatially centralize the stimulus on the electrode array. Patients were directed to continuously adjust head orientation and to maintain the stimulus pattern at the center of the array. Postural tasks that present progressive difficulties were given during the use of the device. Pre- and post-treatment distribution of the sensory organization test (SOT) composite score showed an average value of 38.3 ± 8.7 and 59.9 ± 11.3 , respectively, indicating a statistically significant improvement ($p = 0.01$). Electrotactile tongue biofeedback significantly improved the postural control of the study group, even if they had not improved with conventional VR. The electrotactile tongue biofeedback system was able to supply additional information about head position with respect to gravitational vertical orientation in the absence of vestibular input, improving postural control. Patients with BVL can integrate electrotactile information in their postural control in order to improve stability after conventional VR. These results were obtained and verified not only by the subjective questionnaire but also by the SOT composite score. The limitations of the study are the small sample size and short duration of the follow-up. The current findings show that the sensory substitution mediated by electrotactile tongue biofeedback may contribute to the improved balance experienced by these patients compared to VR.

Descriptors: vestibular diseases/ rehabilitation, postural, *feedback*

1. INTRODUÇÃO

A arreflexia vestibular bilateral (AVB) é uma disfunção do equilíbrio causada pela falência do sistema vestibular periférico e resulta em múltiplos problemas no controle da postura, instabilidade à marcha e dificuldades na manutenção da postura ereta. Sua prevalência atinge de 1 a 2% de todos pacientes que completam testes de eletroneistagmografia (McGath et al., 1989).

As etiologias mais comuns da AVB incluem toxicidade por drogas, traumatismo crânio encefálico, meningite, labirintite, tumores bilaterais, otosclerose e diversos outros fatores, incluindo a senescência (Brandt, 1996). Os principais sintomas descritos pelos pacientes portadores de AVB são oscilopsia e desequilíbrio. A oscilopsia corresponde à ilusão de que objetos estacionários se movem nos sentidos ântero-posterior e supero-inferior e ocorre porque o reflexo vestibulo-ocular comprometido torna-se incapaz de manter o alvo fixo na fóvea (Zee, Leigh, 1983). A manutenção do controle postural requer uma percepção precisa do ambiente e utiliza-se de referências vestibulares, visuais e proprioceptivas. Em pacientes com AVB, o desequilíbrio aumenta em ambientes escuros e superfícies irregulares. Na ausência de um sistema vestibular funcional, o Sistema Nervoso Central (SNC) tem dificuldade em integrar a informação conflitante dos sistemas visual e proprioceptivo e promover os comandos motores apropriados.

Até hoje, o tratamento de escolha para a AVB tem sido a reabilitação vestibular (RV), efetiva em pouco mais de 50% dos casos. Uma vez

realizada a terapia, o resultado final é limitado (Gillespie, Minor, 1999; Herdman, 2000). Nos últimos anos, outras opções de tratamento incluem os procedimentos de *biofeedback*, método de treinamento psicofisiológico por meio de equipamentos eletrônicos. Um sistema de *feedback* aplica um estímulo adicional (galvânico, auditivo, vibrotátil) ao paciente enquanto ele realiza treinamento para melhorar a estabilidade corporal e o controle da postura (Scinicariello et al., 2001; Kentala et al. 2003; Dozza et al., 2005).

Apesar da exclusão da informação periférica, os pacientes com diagnóstico de AVB conservam os mecanismos centrais de integração sensorial. Sendo assim, um receptor artificial de movimento poderia ser conectado às estruturas cerebrais relacionadas à percepção, integração e emissão de respostas referentes ao equilíbrio corporal, promovendo uma reorganização do SNC e restabelecimento da função comprometida. Esse equipamento substituiria o órgão vestibular periférico (Bach-y-Rita, 2005).

Foi com esse propósito que Tyler, Danilov e Bach-y-Rita (2003) desenvolveram um sistema de substituição vestibular e demonstraram que a coordenação postural pode ser restabelecida usando uma interface cérebro-máquina (ICM) que emprega padrão único de estimulação eletrotátil na superfície da língua. A ICM teria o objetivo de promover a adaptação e a interação entre dois sistemas e fornecer às pessoas com danos sensoriais e motores a possibilidade de usar o SNC por meio de estímulos artificiais, e assim, restabelecer habilidades perdidas. A idéia do *neurobiofeedback* foi possível por meio de um equipamento denominado BrainPort[®], capaz de utilizar a plasticidade neuronal e substituir o órgão comprometido.

O equipamento BrainPort® transmite ao cérebro informações sobre a posição da cabeça, que habitualmente são fornecidas pelo sistema vestibular. Para tanto, utiliza-se de um canal de substituição sensorial: a superfície da língua. A utilização da língua como órgão sensorial ideal está bem estabelecida e embasada em suas características anatômicas: densidade e sensibilidade elevadas de fibras nervosas, além das propriedades biofísicas que lhe conferem boa recepção e manutenção do contato elétrico (Picard, Olivier, 1983). O posicionamento da cabeça é informado pelo sistema de acelerômetro que integra a placa de eletrodos em contato com a superfície lingual e funciona como aferência sensorial. Para o cérebro interpretar corretamente a informação de um aparelho de substituição sensorial, não é necessário que a informação seja apresentada da mesma forma que o sistema sensorial natural. É necessário apenas codificar precisamente os potenciais de ação provenientes de um canal de informação alternativo. Com o treinamento, o cérebro aprende a interpretar adequadamente as informações e utilizá-las de acordo com os dados da percepção natural e normal (Bach-y-Rita et al., 1998).

2. OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo:

Avaliar a eficácia do equipamento de *biofeedback* eletrotátil na língua (BrainPort[®]) como substituto sensorial do sistema vestibular em pacientes com AVB que não obtiveram boa resposta à RV convencional.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Arreflexia vestibular bilateral (AVB)

A AVB, descrita inicialmente por Dandy, em 1941, é uma condição que resulta em significativa incapacidade funcional. Os pacientes relatam desequilíbrio, principalmente em ambientes escuros e superfícies irregulares, e oscilopsia - ilusão de que objetos estacionários estão se movendo ou borramento visual.

Quando existe suspeita de vestibulopatia bilateral, o diagnóstico pode ser sugerido por dois métodos de investigação: o teste *head-thrust* (Halmagyi, Curthoys, 1988), que avalia de maneira simples a função do reflexo vestibulo-ocular (RVO) durante a movimentação rápida da cabeça e irrigação do canal auditivo externo com registros oculográficos - eletro-nistagmografia ou videonistagmografia. Embora útil no diagnóstico, o teste calórico bi termal não é muito sensível na identificação de vestibulopatia bilateral porque pode ser afetado por fatores não fisiológicos como o tamanho e forma dos canais auditivos externos e o fluxo sanguíneo local (Jen, 2009). Os testes rotacionais são os melhores métodos quantitativos para avaliação da função vestibular, pois permitem uma estimulação em altas faixas de frequência, consideradas fisiológicas. (Kaplan et al., 2001).

Em revisão retrospectiva de 255 pacientes, Zingler et al. (2007) apontam que as causas definidas ou prováveis de vestibulopatia bilateral são determinadas em cerca de 50% da população estudada. Os achados concordam com os resultados encontrados por Vibert et al. (1995) em 52

pacientes, mas contradizem Rinne et al. (1998) que determinam a provável causa da perda bilateral da função vestibular em 80% de 53 pacientes estudados.

A ototoxicidade causada por antibioticoterapia com aminoglicosídeos isolados ou combinados a outros agentes ototóxicos corresponde à etiologia mais frequente na maioria dos estudos (Vibert et al., 1995; Rinne et al., 1998; Zingler et al., 2007). Outras causas de AVB incluem meningite, traumatismo crânio encefálico, doenças autoimunes, infecção labiríntica, neoplasia e até fatores relacionados ao envelhecimento (Brandt, 1996). A AVB idiopática tem apresentação variável, pode estar associada à migrânea ou Doença de Ménière e aparece em cerca de metade dos casos no estudo de Zingler et al. (2007). Alguns autores consideram que defeitos genéticos envolvidos na neurodegeneração poderiam ser pistas importantes na determinação da causa das vestibulopatias bilaterais idiopáticas (Brantberg, 2003; Jen et al., 2004).

Em relação à idade, os pacientes podem apresentar vestibulopatia bilateral desde a juventude até faixas etárias mais elevadas, mas a média de idade na qual o diagnóstico é estabelecido está ao redor da sexta década (Baloh et al., 1989; Telian et al., 1991). Quanto ao gênero, parece haver um predomínio masculino em relação ao feminino na proporção de 3:2 no estudo com maior amostragem (Zingler et al., 2007).

É importante mencionar que a maior parte das casuísticas da literatura considera vestibulopatia bilateral não só a ausência, mas também a redução de respostas à irrigação calórica. Sendo assim, seria possível dividir

a vestibulopatia bilateral em AVB propriamente dita (vestibulopatia bilateral “completa”) e em vestibulopatia bilateral incompleta. A AVB corresponde a uma condição que é responsável por apenas 1 a 2% de todos os indivíduos submetidos a estudos eletronistagmográficos (McGath et al., 1989).

A AVB impõe aos pacientes limitações que prejudicam a adequada deambulação, comprometendo seu deslocamento, além de prejuízo à leitura e direção de veículos, sintomas secundários ao desequilíbrio e à oscilopsia. Outro aspecto que torna a AVB uma condição com notável morbidade é a porcentagem do número de quedas nos pacientes acometidos, significativamente maior se comparados aos indivíduos com disfunções vestibulares unilaterais (Herdman et al., 2000). Os autores comentam que, atualmente, está estabelecido que a incidência de quedas associa-se mais ao decréscimo da função vestibular do que ao envelhecimento propriamente dito. Para pacientes com idade em torno dos 65 anos ou mais, com comprometimento vestibular unilateral, a incidência de quedas não difere daquela observada para indivíduos da comunidade pareados por idade. Isso pode ocorrer por conta do sistema vestibular remanescente, capaz de fornecer sinais suficientes para prevenir as quedas nestes pacientes. Em contraste, pacientes com idade entre 65 e 74 anos, acometidos por perda vestibular bilateral, apresentam incidência de quedas (63,6%) significativamente maior daquela esperada para a população da comunidade (25%) com mesma faixa etária (Campbell et al., 1981, Herdman et al., 2000).

3.2 Tratamento da AVB por meio da reabilitação vestibular

A RV é hoje um método amplamente difundido no tratamento de pacientes com alteração do equilíbrio corporal e teve seu início na década de quarenta com Cawthorne e Cooksey que preconizam a aplicação de exercícios físicos para tratar pacientes com alterações vestibulares decorrentes de procedimentos cirúrgicos e traumatismos crânio-encefálicos (Cawthorne, 1945; Cooksey, 1946).

As metas dos programas de terapia de RV são facilitar a adaptação às alterações da função vestibular, melhorar a estabilidade à marcha, amenizar os sintomas relacionados ao desequilíbrio, corrigir a dependência exagerada das aferências visuais e somatossensoriais, reduzir ou erradicar a ansiedade e somatização decorrentes da desorientação associada às perturbações do equilíbrio, promover o retorno às atividades diárias e, finalmente, restabelecer o condicionamento neuromuscular (Black, Pesznecker, 2003).

Baseada em dois princípios fisiológicos: adaptação e substituição, a RV orienta exercícios de forma repetitiva, com grau de dificuldade progressivo, envolvendo não só movimentação ocular e cefálica, bem como dos membros. A adaptação vestibular procura aperfeiçoar o uso da informação dos órgãos vestibulares, por exemplo, na recalibração do RVO em resposta à degradação da acuidade visual. Na presença de hipofunção vestibular bilateral, a visão é prejudicada durante a movimentação cefálica porque os objetos se movem na retina. O cérebro interpreta esse “deslizamento” de imagens na retina como sinal de erro e recalibra o reflexo

para reduzir o erro. Sendo assim, os exercícios de RV que promovem adaptação orientam os pacientes fixarem o olhar em objetos enquanto movimentam a cabeça. As estratégias de substituição envolvem aferências sensoriais e/ou outras respostas além daquelas que participam diretamente do controle vestibular. Exemplos dos sistemas compensatórios incluem somatossensorial, reflexo cérvico-ocular e os sistemas de perseguição e sacadas. A substituição dos movimentos oculares rápidos pré-programados procura compensar respostas vestíbulo-oculares reduzidas e o uso de pistas visuais e proprioceptivas objetiva manter a postura e a marcha (Gillespie, Minor, 1999).

Embora haja um consenso sobre a importância de exercícios para a reabilitação de pacientes com problemas vestibulares, é recente a evidência do benefício das técnicas de RV por meio de estudos prospectivos e controlados (Horak et al., 1992; Krebs et al., 1993; Herdman et al., 1995). O programa de exercícios personalizado, baseado em problemas identificados ao longo de toda avaliação clínica, mostrou-se eficaz no tratamento. A supervisão e personalização da terapia de exercícios resultam em maior alcance na remissão dos sintomas (85%) comparada com um programa genérico, não supervisionado, a ser realizado em casa pelos pacientes (64%) (Shepard, Telian, 1995).

Brown et al. (2001) avaliam a eficácia da RV em pacientes com perda da função vestibular bilateral, classificada de acordo com a severidade do acometimento. Dos treze pacientes estudados, nove apresentam função vestibular ausente ou com perda funcional severa. Os resultados da RV

foram benéficos em até 55% dos pacientes, porém não houve mudança para o risco de quedas.

Mais recentemente, Bittar et al. (2005) estudam oito pacientes com AVB confirmada pela prova calórica bi termal submetidos ao programa de RV e observam melhora clínica em 87,5% dos casos. Os autores consideram que, apesar de não haver expectativa de recuperação completa do equilíbrio corporal, a RV é um potente recurso terapêutico para esse distúrbio.

3.3 Outras modalidades de tratamento da AVB

A manutenção do controle da postura requer uma percepção precisa do ambiente utilizando as informações dos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo, a integração e o desenvolvimento de comandos motores efetivos e, por fim, a execução destes comandos pelo sistema músculo-esquelético. O equilíbrio depende dos três sistemas sensoriais trabalhando adequadamente. Na ausência das aferências vestibulares, seja dos canais semicirculares ou dos órgãos otolíticos, a postura dependerá das informações proprioceptivas e visuais. Assim, inicia-se o processo de substituição sensorial. Entretanto, como cada um destes sistemas tem sua própria velocidade e limitações de frequência não há substituição completa para a AVB (Goebel et al., 2009).

Provavelmente, o sistema de substituição sensorial mais conhecido até hoje é o Braille, que possibilita a “leitura” de informações por meio da ponta dos dedos, substitutos sensoriais (Tobin, 1971). Com o treinamento,

os indivíduos são condicionados a usar a informação proveniente de um equipamento de substituição sensorial recuperando informações de um sistema danificado. Assim, o SNC é capaz de reorganizar um dano ou perda sensorial.

Apesar da exclusão da informação periférica, os pacientes com AVB conservam mecanismos centrais de integração sensorial para manterem a estabilidade postural. Portanto, seria possível conectar um receptor artificial de movimento às estruturas cerebrais relacionadas à percepção, integração e emissão de respostas referentes ao equilíbrio corporal, promovendo assim uma reorganização do mapa cortical e posterior compensação do sistema lesado (Bach-y-Rita, Kercel, 2003).

Desde que se demonstrou que a atividade elétrica cerebral gerada por um conjunto de neurônios corticais pode ser utilizada diretamente no controle de um manipulador robótico, as pesquisas com ICM têm experimentado um crescimento impressionante (Lebedev, Nicolelis, 2006). Hoje em dia, as ICM projetadas para estudos experimentais e clínicos podem traduzir sinais neuronais brutos em comandos motores capazes de reproduzir o movimento de mãos e braços. Entretanto, para atingir este objetivo, um longo caminho foi percorrido na criação de aparelhos implantáveis biocompatíveis, métodos para fornecer ao cérebro *feedback* sensorial até próteses artificiais controladoras de sinais cerebrais.

A compensação central aliada à substituição sensorial poderia reduzir o prejuízo, mas seria improvável a possibilidade de restaurar a plena funcionalidade na AVB. Um potente mecanismo de ajuda para estes

pacientes seria um labirinto artificial para recuperar o *feedback* das acelerações linear e angular da cabeça ou corpo para o cérebro. Inúmeras pesquisas trabalham no desenvolvimento de tal equipamento. Algumas delas tentam melhorar o desempenho no equilíbrio e postura de humanos utilizando estimulação galvânica vestibular, *feedback* auditivo, *feedback* visual, estimulação eletrotátil da língua ou *feedback* vibrotátil (Janssen et al., 2010).

A estimulação galvânica vestibular (EGV) tem sido sugerida na melhora do controle do equilíbrio nos casos de déficits labirínticos. A EGV é uma técnica na qual pequenas correntes são enviadas via transcutânea para as terminações nervosas aferentes do sistema vestibular através de eletrodos posicionados sobre as mastóides. A aplicação de correntes alternadas promove uma mudança na percepção vestibular da posição dos indivíduos e uma correspondente influência no controle da postura (Scinicariello et al., 2001). Entretanto, a habituação ao estímulo galvânico é a maior preocupação que modifica e reduz o impacto da EGV. Além disso, alguns pacientes reportaram náusea e dor na pele sob os eletrodos nas ocasiões de prolongada estimulação (Balter et al., 2004).

Na busca de tecnologias geradoras de informações de movimento desenvolveu-se um protótipo de sistema de *biofeedback* auditivo (BFA) capaz de fornecer informação sensorial, semelhante à do sistema vestibular. O BFA converte em tempo real as acelerações horizontais do tronco em som estéreo modulado por frequência, nível e oscilações laterais. Em estudo com nove pacientes com perda vestibular bilateral severa, os resultados indicam

que o BFA reduziu a oscilação da postura e que o som pôde substituir, ao menos parcialmente, a falta de informação sensorial vestibular (Dozza et al., 2005). Em pesquisa com pacientes portadores de doenças otolíticas, Basta et al. (2008) aplicam a tecnologia do BFA em treze pacientes submetidos a um programa de exercícios de reabilitação vestibular durante duas semanas e observam que cerca de 85% dos pacientes apresentam redução significativa na oscilação do tronco e que os controles normais não obtiveram melhora no desempenho do controle da postura.

O *feedback* visual pode ser utilizado na terapia de reabilitação vestibular com a utilização da posturografia. Durante a aplicação do teste de limite de estabilidade, que avalia o controle voluntário do centro de massa corporal em oito direções distintas, o paciente é desafiado a movimentar seu corpo e pode se observar como um ponto central no monitor à sua frente. Em estudo com pacientes submetidos à cirurgia para schwannoma vestibular, Hirvonen et al. (2005) verificam que o *feedback* visual é importante na avaliação e seguimento destes pacientes, interferindo no prognóstico do controle postural. Outro método de *feedback* visual é a aplicação da realidade virtual na reabilitação do equilíbrio corporal. Suárez et al. (2006) discutem a possibilidade de tratamento de idosos com queixa de desequilíbrio, ao verificarem a redução da oscilação e a melhora do comportamento postural de vinte e seis pacientes submetidos a um programa personalizado de RV utilizando a realidade virtual, durante seis semanas.

A estimulação eletrotátil na língua também se apresenta como um sistema de *feedback* interessante para promover uma adequada substituição vestibular. Não só pela melhora do equilíbrio e postura, como também pela demonstração de efeito residual após a remoção do equipamento (Danilov, 2004).

O *feedback* vibrotátil (FV) no tronco estimula vários receptores cutâneos e tem sido usado em aplicações militares para combate em navegação e orientação suporte para pessoas cegas (Ram, Sharf, 1998). Vários pesquisadores utilizam o FV em condições de déficits vestibulares. Kentala et al. (2003) estudam seis pacientes com déficit vestibular uni ou bilateral por meio da Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC) e verificam que o uso de uma prótese de equilíbrio vibrotátil no dorso reduz a oscilação ântero-posterior e melhora o desempenho nas condições 5 e 6 do Teste de Integração Sensorial (TIS) da PDC. Em estudo com nove pacientes com perda vestibular unilateral é aplicada a tecnologia do FV e os autores concluem que, embora houvesse melhora da estabilidade postural durante a marcha tandem (em linha reta com o calcanhar de um pé tocando os dedos do outro), o equipamento de FV não facilitou a recalibração do desempenho motor na melhora funcional em curto prazo (Dozza et al., 2007). A estimulação vibrotátil em equipamento instalado na cabeça mostra-se efetiva na melhora do equilíbrio em cinco pacientes com perda vestibular bilateral severa, em estudo que verifica o desempenho destes pacientes submetidos à análise por meio das condições 5 e 6 do TIS da PDC. No mesmo estudo

foi analisada a percepção da vertical visual que se mostra inalterada após a estimulação vibrotátil (Goebel et al., 2009).

Outra modalidade de tratamento seria baseada na recuperação sensorial, por meio de próteses, substituindo os órgãos sensoriais lesados. Della Santina et al. (2007) propõem uma prótese vestibular semi-implantável que codifica os movimentos cefálicos em três dimensões como estimulação elétrica dos nervos ampulares. Aplicada em chinchilas tratadas com gentamicina intratimpânica - que resulta em ablação vestibular bilateral -, a prótese compensou o RVO em múltiplos planos. Os autores propõem, ainda, progressão na seletividade da estimulação por meio da melhora no design dos eletrodos, técnica cirúrgica e protocolo de estímulo para, finalmente, poder restaurar a função do RVO até o alcance completo do comportamento normal.

3.4 Desenvolvimento do equipamento Brainport®

Há quarenta anos, um projeto para explorar a plasticidade cerebral tardia despertou dois questionamentos: Seria possível para uma pessoa que nunca enxergou aprender a enxergar como um adulto normal? O cérebro seria suficientemente plástico para desenvolver inteiramente um novo sistema sensorial? A resposta mais direta a estes questionamentos foi “sim”, demonstrada pelos estudos de Bach-y-Rita et al. (1969). Segundo os autores, nós enxergamos com o cérebro, e não com os olhos. É o cérebro quem recria as imagens por meio dos padrões de pulsos que percorrem as aferências neurais. Para tanto, seria necessário apresentar a informação de

um equipamento na forma de energia que pudesse ser mediada por receptores nas ICM. As ICM recebem e processam o componente sensorial, previamente assimilado pelos receptores originais que estão lesionados. Essas informações fornecem às pessoas com danos sensoriais e motores a possibilidade de usar o SNC por meio de estímulos artificiais com a finalidade de restabelecer habilidades perdidas. Esse processo corresponde à substituição sensorial.

Os estudos de substituição sensorial são baseados nos conceitos de plasticidade cerebral. Embora tenham sua origem em experimentos para testar a capacidade do cérebro de reorganizar-se após a introdução de um sistema sensorial previamente inexistente, os resultados preliminares também sugerem a possibilidade de aplicação prática para pessoas com perdas sensoriais.

Nesse contexto, surge um sistema de substituição vestibular que demonstra que a coordenação postural pode ser restabelecida utilizando uma ICM que emprega um padrão único de estimulação eletrotátil na superfície da língua (Tyler, Danilov, Bach-y-Rita, 2003). Essa nova forma de *biofeedback* desenvolveu-se por meio do aparelho BrainPort[®] que atua como um substituto sensorial.

A substituição sensorial pode ocorrer por meio dos sistemas sensoriais ou dentro deles. Uma pessoa cega que se utiliza de uma bengala exibe um sistema de substituição sensorial bastante simples, porém capaz de fornecer informações práticas sobre a localização e identificação de objetos. A ICM é a mão onde os receptores são ativados pelo contato da

bengala com os objetos. Em outras palavras, a experiência é traduzida do ponto de contato entre o objeto e a bengala. A ICM é um aparelho conversor de energia, que retransmite a informação de sensores artificiais para uma interface sensorial humana que, por sua vez, transporta informações ao cérebro (Bach-y-Rita, Kerchel, 2003).

O aparelho BrainPort[®] transmite ao cérebro informações sobre o posicionamento da cabeça (normalmente fornecidas pelo sistema vestibular) por meio de um canal de substituição sensorial: a superfície da língua. A utilização da língua como órgão sensorial está bem estabelecida e embasada em suas características: densidade e sensibilidade elevada de fibras nervosas, além de propriedades físicas que conferem recepção e manutenção do contato elétrico (Bach-y-Rita et al., 1998). A extensa representação cortical somatossensorial permite que a língua expresse informações em alta resolução quando comparada à pele, por exemplo, (van Boven, Johnson, 1994). A saliva assegura um contato elétrico altamente eficiente entre os eletrodos e a superfície da língua e ainda dispensa altas voltagens e correntes. Por fim, a língua localiza-se em ambiente protegido (interior da boca), permitindo que o dispositivo seja esteticamente aceitável. A desvantagem, porém, atribui-se ao fato do equipamento impedir atividades diárias simples como conversar e comer (Janssen et al., 2010).

Na experiência de Danilov et al. (2007) com vinte e oito pacientes portadores de vestibulopatia periférica e central, o equipamento BrainPort[®] mostra efeitos consistentes e melhora significativa tanto no equilíbrio, quanto na postura e marcha. Os resultados obtidos com os cinco dias de

treinamento com o aparelho excedem àqueles alcançados previamente pelos exercícios de reabilitação vestibular convencional e treinamento de equilíbrio sozinho, apenas com exercícios tradicionais.

Vuillerme et al. (2008) investigam o efeito do BrainPort[®] no controle postural de oito adultos jovens e saudáveis variando a superfície de apoio (firme e espuma) com e sem a utilização do *feedback*. Os resultados demonstram a habilidade do SNC em integrar uma informação artificial fornecida pela estimulação da língua, uma vez que o desempenho no controle postural foi melhor utilizando o *feedback*.

4. CASUÍSTICA E MÉTODO

O protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em sessão de 17/01/2007 sob o número 1366/06 (Anexo 1).

4.1 Casuística

Nossa amostra foi composta por indivíduos oriundos do Ambulatório de Otoneurologia do Departamento de Otorrinolaringologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFM-USP).

Critérios de Inclusão:

- Maiores de 18 anos;
- Portadores de desequilíbrio corporal secundário à AVB, confirmada pela prova calórica e pelo teste rotacional;
- Resposta inferior a 50% às terapêuticas convencionais de RV;

Critérios de Exclusão:

- Lesões em cavidade oral ou língua, traumas ou cirurgias locais nos últimos três meses;
- Tabagistas;
- Uso de quaisquer implantes elétricos, como marcapassos cardíacos;

- Doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Esclerose Múltipla e Parkinson;
- Lesões ortopédicas de membros inferiores ou outras condições de restrição motora que impedissem a adequada avaliação posturográfica.

Para ser incluído no protocolo foi solicitada autorização prévia ao paciente por consentimento informado (Anexo 2).

4.2 Metodologia

Este estudo foi desenhado como um ensaio clínico prospectivo. Cabe ao médico pesquisador a seleção dos pacientes, avaliação clínica diagnóstica, o teste rotacional, as quantificações clínicas e posturográficas pré e pós-tratamento, bem como a aplicação do treinamento com o equipamento BrainPort®.

4.2.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA

4.2.1.1 Avaliação Clínica

Todos os pacientes foram submetidos, inicialmente, ao protocolo padrão de avaliação do Ambulatório de Otoneurologia do Departamento de Otorrinolaringologia do HCFM-USP (Anexo 3) composto por:

- Anamnese geral;
- Exame Otorrinolaringológico e dos nervos cranianos;
- Avaliação do Equilíbrio estático e dinâmico (Romberg e Fukuda);

- Testes de coordenação (diadococinesia com pronação e supinação alternadas dos antebraços e índex-nariz);
- Exame eletroneistagmográfico completo.

Constatada a ausência de respostas nistágmicas à estimulação calórica (com água) quente (44°C) e fria (30°C) no exame eletroneistagmográfico (System 2000, Micromedical Technologies), os pacientes foram submetidos ao teste rotacional - Prova Rotatória Pendular Decrescente (PRPD) em equipamento CGM-4; Contronic. Para ser incluído na investigação o paciente deveria não apresentar resposta à estimulação de alta frequência dos canais semicirculares horizontais.

4.2.1.2 Avaliação Funcional do Equilíbrio

Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC)

A PDC foi realizada em equipamento Equitest, NeuroCom International Inc. Cada paciente foi submetido ao teste por duas vezes: no primeiro dia do estudo (dia 1) e após o treinamento com o BrainPort® (dia 12). O protocolo utilizado para medição do equilíbrio postural foi o TIS, que avalia a participação dos diversos componentes do equilíbrio corporal e sua integração sensorial. O equipamento permite observar a resposta motora reflexa frente a diversas situações que desafiam a estabilidade corporal. Foram aplicadas seis condições, com e sem conflito sensorial, durante 20 segundos por três vezes cada uma.

- Condição 1 (C1): Paciente em posição ortostática, plataforma fixa e olhos abertos;
- Condição 2 (C2): Paciente em posição ortostática, plataforma fixa e olhos fechados;
- Condição 3 (C3): Paciente em posição ortostática, plataforma fixa, olhos abertos e campo visual móvel;
- Condição 4 (C4): Paciente em posição ortostática, plataforma instável e olhos abertos com campo visual fixo;
- Condição 5 (C5): Paciente em posição ortostática, plataforma instável e olhos fechados;
- Condição 6 (C6): Paciente em posição ortostática, plataforma instável e campo visual em movimento, com olhos abertos.

A partir das condições medidas é possível calcular o Índice de Equilíbrio (IE) que representa a média aritmética das somatórias dos valores das três repetições das C1 e C2 e os dois melhores resultados das C3, C4, C5 e C6.

As condições descritas podem ser visualizadas na Figura 1.

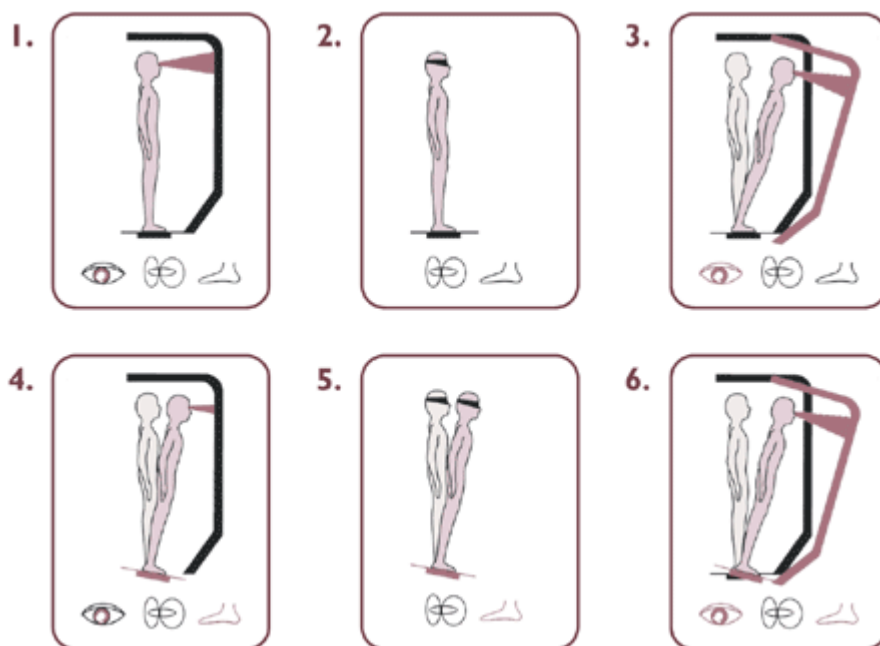


Figura 1. Condições de estimulação Sensorial no Teste de Integração Sensorial (TIS)

Para a análise estatística foram consideradas as condições posturográficas do TIS que avaliam o desempenho do sistema vestibular (C5 e C6) e o IE.

4.2.2 INTERVENÇÃO NO GRUPO DE ESTUDO

Após preencher os critérios de inclusão e exclusão, e passar pelas avaliações clínica e funcional, os pacientes foram convidados a realizar o treinamento com o equipamento BrainPort®.

4.2.2.1 O equipamento de estimulação

O equipamento BrainPort[®] atua como substituto sensorial e sua finalidade é promover uma estimulação na superfície da língua por meio do dispositivo intraoral. A placa de eletrodos desse dispositivo contém um acelerômetro, capaz de detectar a inclinação e movimentação da cabeça. Sendo assim, o desequilíbrio e as oscilações posturais promovem mínimos movimentos da cabeça, captados pelo acelerômetro, e o estímulo se desloca na mesma direção do deslocamento cefálico. A estimulação funciona como referência e informação da oscilação corporal e possibilita autocorreção da postura.

Dois componentes integram o aparelho (Figura 2):

1. Um dispositivo intraoral com um acelerômetro que detecta a inclinação e movimentação da cabeça e uma placa contendo cem eletrodos;
2. Um mecanismo que contém microcontroladores, processador de sinal, bateria, *timer* e controle de uso.

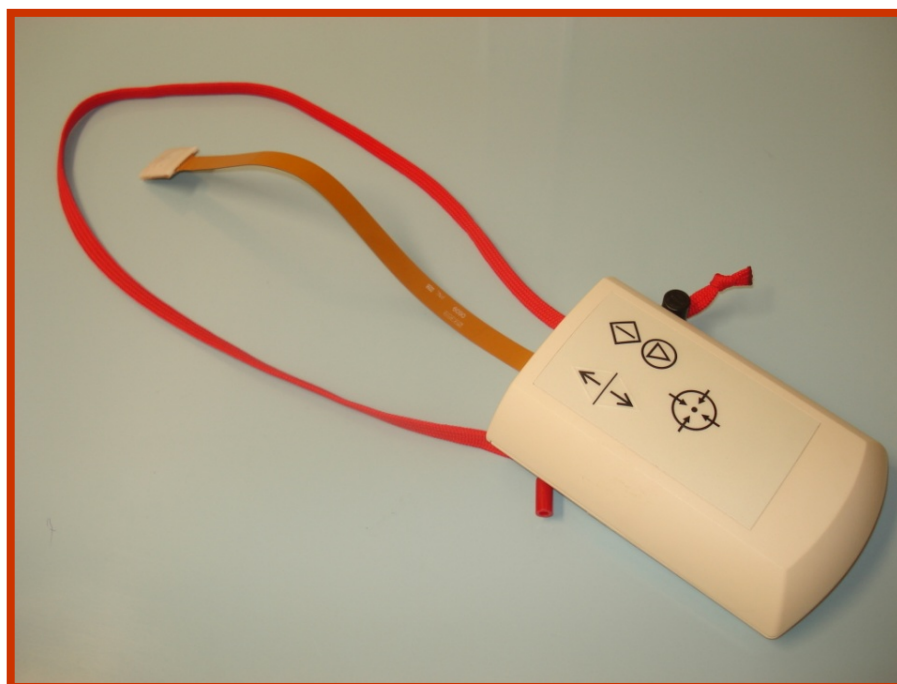


Figura 2. Equipamento BrainPort®: dispositivo intraoral e controlador

O dispositivo intraoral é colocado dentro da cavidade oral e a placa de eletrodos apoiada sobre a superfície lingual. Esta placa apresenta um circuito de 100 eletrodos (10x10) (Figura 3). O uso do equipamento requer uma sessão de orientação na qual o paciente deve aprender como utilizar o estímulo percebido na língua e corrigir sua postura para mantê-lo no centro da placa. A estimulação na superfície lingual é criada por uma sequência de pulsos. O paciente controla o nível de voltagem e um circuito de segurança monitora a saída de estímulos desativando o sistema se o limiar de corrente pré-definido for ultrapassado. O estímulo é indolor e assemelha-se à sensação de provar um líquido gaseificado. O treinamento é iniciado na posição sentada ou ereta com a cabeça centralizada e esta posição gravada

por um sensor que a utiliza como referência-zero. Nesse momento, o estímulo realizado no centro da placa corresponde ao centro da língua. Com o deslocamento corporal, o estímulo também se move e o paciente é instruído a manter a estimulação centralizada - no meio da placa de eletrodos - como resposta à sua correção postural. A posição e movimentação do estímulo correspondem ao posicionamento da cabeça detectado pelo acelerômetro (Figura 4).

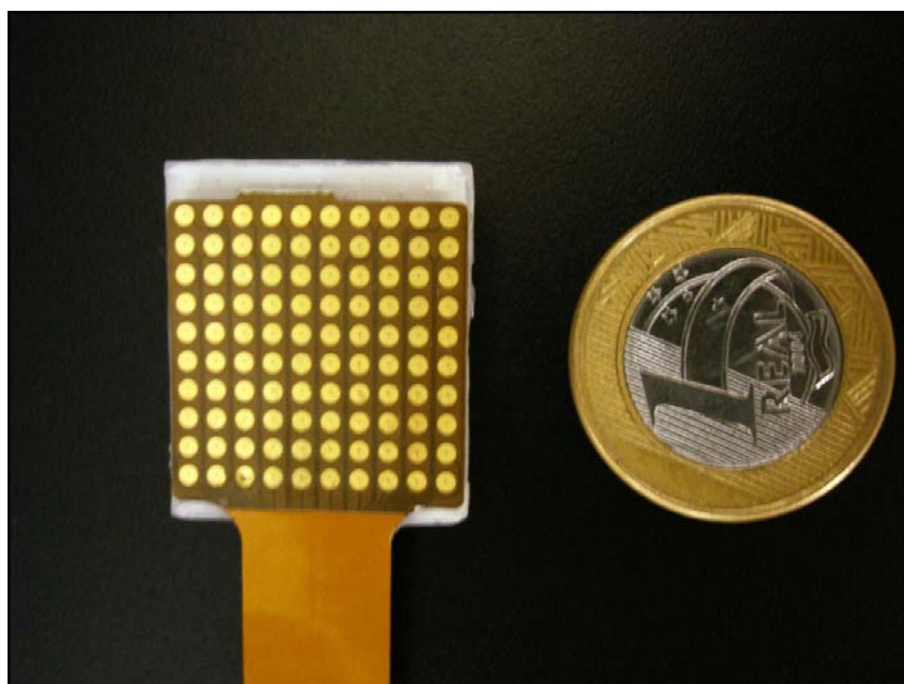


Figura 3. Detalhe da face de contato com a superfície da língua da placa de eletrodos, utilizando moeda como referência

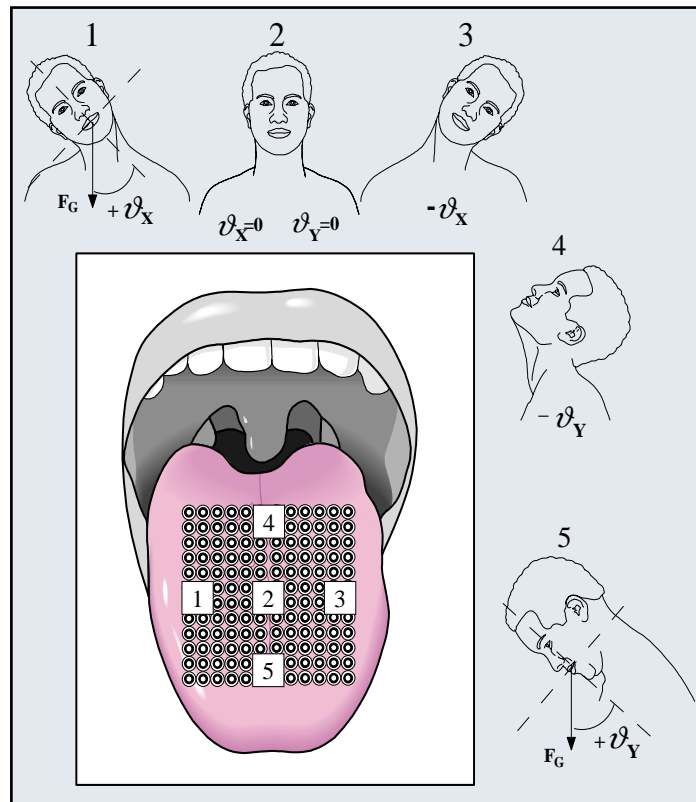


Figura 4. Posição do estímulo em função do posicionamento e movimentação cefálicos

Após o posicionamento do dispositivo intraoral, o paciente é instruído a manter o estímulo no centro da língua.

1- O paciente é orientado com duas informações fundamentais:

- a possibilidade de regular a intensidade do estímulo, com o controle de aumento e diminuição - flechas para cima e para baixo no painel frontal do equipamento;
- o desvio do corpo desloca o estímulo.

2- O comportamento do paciente deve objetivar manter o estímulo no centro da língua porque é nesta posição que sua postura não oscila e, portanto, não são detectados movimentos ou inclinação na cabeça. Caso haja oscilação ou instabilidade postural, o estímulo migrará na superfície lingual e o paciente deverá manter tal estimulação o mais centralizado possível.

A partir do esclarecimento do uso do equipamento, o paciente é desafiado com tarefas posturais padronizadas com dificuldade progressiva, de acordo com a capacidade individual do mesmo, a saber:

- modificação do posicionamento dos pés;
- alteração de superfície - firme ou espuma.

As sessões de treinamento foram padronizadas com a duração de 15 minutos, duas vezes ao dia, com intervalo de três a quatro horas, em dias alternados. O treinamento foi constituído por doze sessões distribuídas em dias alternados por duas semanas (Anexo 4). A pesquisadora recebeu certificação para utilização do equipamento e as tarefas aplicadas aos pacientes durante o treinamento seguiam um protocolo estabelecido pela empresa fabricante do equipamento e desafiavam o equilíbrio dos indivíduos participantes do estudo. Optou-se por treinar o paciente três vezes por semana, por 15 minutos, em dias intercalados, com a finalidade de melhorar a adesão ao estudo, visto que a ida diária ao hospital e o treinamento por período maior tornavam-se exaustivos aos pacientes.

O trabalho de estimulação seguiu o seguinte protocolo:

DIA 1 - avaliação por meio da PDC:

- 1ª sessão de treinamento com o BrainPort® com duração de 15 minutos;
- Intervalo de três a quatro horas;
- 2ª sessão de treinamento.

DIAS 3, 5, 8 e 10 - treinamento com o BrainPort® em duas sessões de 15 minutos, intercaladas por três a quatro horas.

DIA 12 - Duas sessões de treinamento com o BrainPort®.

Finalizado o treinamento, foram realizadas avaliação por meio da PDC e aplicação da Escala Análogo-Visual (EAV).

Com a finalidade de quantificar a evolução subjetiva e individual dos pacientes, foi solicitado a cada um pontuar sua evolução - após o término do treinamento com o BrainPort®. Para tanto, os pacientes foram solicitados a realizar uma autoavaliação mediante uma EAV de acordo com três critérios:

- Remissão (R): corresponde a 100% de alívio dos sintomas;
- Recuperação Parcial (RP): com 50 a 90% de melhora dos sintomas;
- Sem Recuperação (SR): com melhora abaixo de 50%.

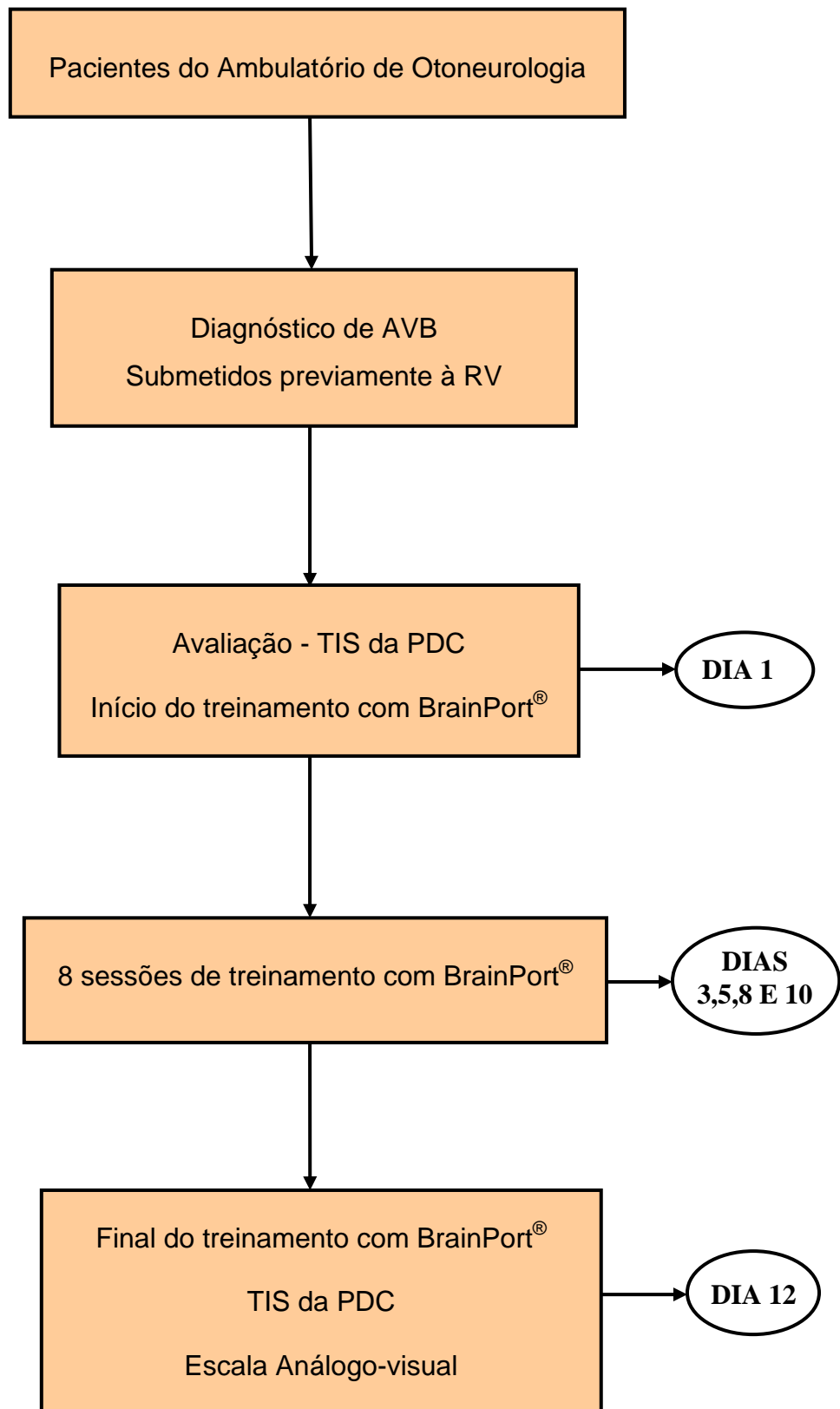


Figura 5. Fluxograma representativo da intervenção nos grupos de estudo

4.2.3 Análise Estatística

Todos os dados de identificação e relativos às avaliações clínicas e posturográficas foram catalogados em fichas individuais.

As variáveis consideradas para a avaliação quantitativa dos achados referentes ao equilíbrio postural foram as medidas da PDC correspondentes às C5, C6 e ao IE. A metodologia de análise incluiu ferramentas de estatística paramétrica utilizando o teste t-Student.

Para a avaliação clínica da autopercepção de efetividade do treinamento, foram consideradas as notas obtidas pela EAV.

O nível de significância empregado nos testes de hipótese foi de 5%, conforme preconizado em estudos biológicos ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

Sete pacientes que preencheram todos os critérios de inclusão foram selecionados para iniciar o protocolo de treinamento. Todos conseguiram completar o período de treinamento e não houve interrupção do protocolo em nenhum deles.

A idade variou entre 35 e 74 anos e a média foi de $56,9 \pm 11,6$ anos. Seis pacientes eram do sexo masculino (85,8%) e um do sexo feminino (14,2%). O gênero, a idade e as etiologias da AVB nos diversos casos estudados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Representação dos pacientes, gênero, idade e etiologias da AVB

Pacientes	Gênero	Idade	Etiologias
1	M	57	Ototoxicidade
2	M	57	Infecção
3	F	74	Ototoxicidade
4	M	61	Idiopática
5	M	54	Traumatismo
6	M	60	Idiopática
7	M	35	Autoimune

O desempenho na C5 do TIS da PDC, pré e pós-treinamento com o BrainPort[®] pode ser observado na Tabela 2. Os valores correspondentes à C6 podem ser visualizados na Tabela 3. Os valores grafados nas tabelas correspondem à média obtida entre as três repetições da condição avaliada.

Os valores são expressos em porcentagem, onde 100% corresponde à melhor resposta possível e “0” significa queda. Todos os pacientes apresentaram valores “0” antes do treinamento com o BrainPort® para as C5 e C6. Sendo assim, a totalidade dos pacientes do grupo de estudo apresentou queda nas três testagens iniciais de C5 e C6 previamente à introdução da intervenção. A média da C5 após o treinamento foi de $51,2 \pm 11,8$ e a da C6, após o treinamento, foi de $57,0 \pm 12,0$. Após o tratamento observamos redução no número de quedas posturográficas em seis pacientes para a C5 e em quatro pacientes para a C6.

Tabela 2 - Médias dos valores individuais obtidos na condição 5 do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort®

Pacientes	C5 - Pré	C5 - Pós
1	0	63,33
2	0	55,33
3	0	23,66
4	0	11,33
5	0	0
6	0	10,33
7	0	50,33

Tabela 3 - Médias dos valores individuais obtidos na condição 6 do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort[®]

Pacientes	C6 - Pré	C6 -Pós
1	0	58,66
2	0	61,33
3	0	48,66
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	13,33

Na Tabela 4 estão representados os valores do Índice Final do Equilíbrio (IE) antes e após o treinamento com o BrainPort[®]. Considerando a média global dos valores iniciais do IE ($38,3 \pm 8,7$) e posteriores ao treinamento ($59,9 \pm 11,3$), verificamos que houve diferença estatisticamente significativa ($p=0,01$). Apenas um paciente (6) não apresentou melhora no IE após o tratamento.

Tabela 4 - Médias dos valores obtidos no IE do TIS da PDC antes e após o treinamento com o BrainPort[®]

Pacientes	IE - Pré	IE - Pós
1	46	70
2	27	74
3	33	65
4	29	50
5	39	50
6	47	45
7	47	65

Os resultados da EAV podem ser visualizados na Figura 6. De acordo com a análise de autopercepção da postura, apenas um paciente (14,20%) refere que não houve recuperação do equilíbrio.

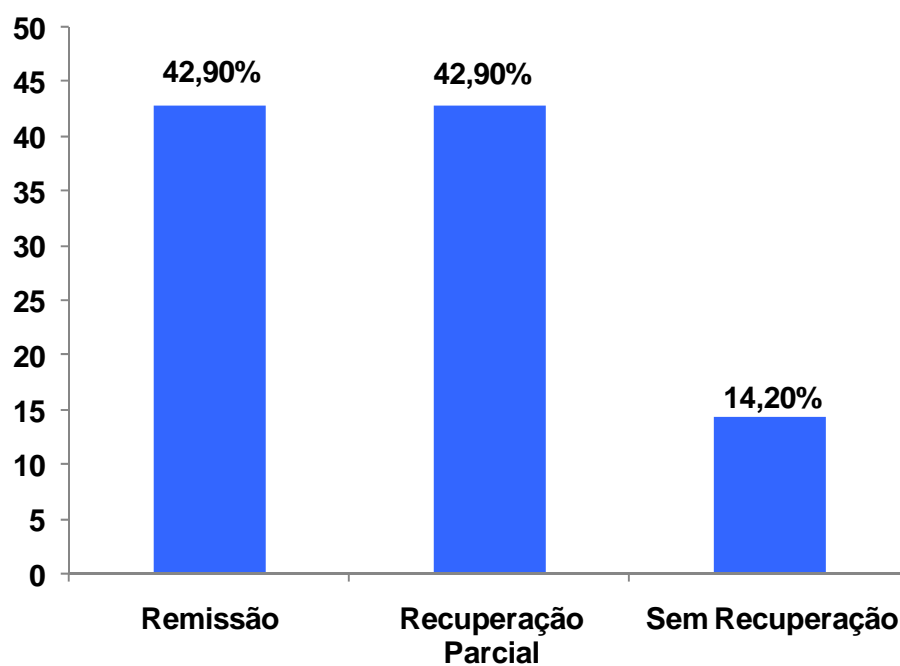


Figura 6. Gráfico representativo da distribuição dos pacientes de acordo com a EAV

6. DISCUSSÃO

As doenças vestibulares resultam na redução do controle da postura e em instabilidade, seja durante a deambulação ou atividades como mover-se da posição sentada para a posição de pé. A tontura, a instabilidade e o desequilíbrio apresentam relação direta com a incidência de quedas, distúrbios psicológicos e psiquiátricos, pânico e até prejuízo cognitivo, particularmente entre os idosos. Sendo assim, fica evidente o impacto destas disfunções na qualidade de vida os pacientes e a responsabilidade na busca de terapêuticas adequadas que controlem os sintomas, reduzam a incapacidade funcional e promovam a compensação vestibular (Mira, 2008).

A AVB é uma condição clínica que impõe inúmeras limitações e oferece poucas possibilidades de melhora. Embora não seja frequente, sua morbidade exige que procuremos métodos de tratamento capazes de oferecer aos pacientes melhor qualidade de vida, mesmo que não haja resolução completa da sintomatologia.

Para compensar a falta de aferência vestibular, os pacientes aprendem a confiar preferencialmente nas pistas somatossensoriais e visuais (Lacour et al., 1997). Por isso, o trabalho da RV em exercícios de adaptação e substituição é considerado válido, mesmo que seja esperado déficit vestibular permanente.

A literatura mundial é concordante em afirmar que os resultados da RV no tratamento de pacientes com AVB são limitados, quando comparados aos resultados em outras patologias vestibulares (Telian et al., 1991). Além

da extensa variabilidade de porcentagens de melhora atribuídas à RV, muitos autores incluem a diminuição da função vestibular em suas casuísticas - prejudicando, assim, a avaliação real dos casos de AVB ou ausência completa da função vestibular.

Diante desse panorama, é imperativa a busca por alternativas no tratamento de pacientes com AVB. São inúmeras as modalidades de substitutos sensoriais e interfaces homem-máquina capazes de fornecer ao indivíduo a informação sensorial de um sistema danificado (Lebedev, Nicoletis, 2006). Entretanto, nenhuma delas ainda é capaz de restaurar a plena funcionalidade.

A proposta terapêutica para distúrbios do equilíbrio corporal utilizando equipamentos de substituição sensorial já foi verificada anteriormente, mas mesclava diferentes níveis de comprometimento vestibular bilateral. Nosso objetivo ao desenhar este estudo foi justamente isolar apenas os casos que apresentassem perda completa da função vestibular bilateral. A utilização de um protocolo de treinamento com um equipamento considerado substituto sensorial verificaria a possibilidade de melhora em pacientes portadores de comprometimento irreversível, definitivo e sem resíduos de função vestibular.

6.1 Metodologia

6.1.1 História Clínica e Exame Otoneurológico

A escolha de pacientes com diagnóstico de AVB foi criteriosa. Tivemos o cuidado de realizar a PRPD - teste considerado padrão-ouro na

determinação diagnóstica da AVB (Kaplan et al., 2001). Os critérios rígidos utilizados em nosso estudo tornaram a seleção da amostra restrita. Optamos também por incluir pacientes com resposta inferior a 50% na RV convencional, mesmo sabendo que tal opção restringiria essa amostra ainda mais. Nosso propósito foi selecionar os pacientes que não apresentassem proposta terapêutica conhecida no campo convencional da reabilitação vestibular. Em nosso serviço de Otoneurologia temos resultados de RV considerados satisfatórios em indivíduos com diagnóstico de AVB, com autopercepção de melhora acima de 50% (Bittar et al., 2005). O que motivou a busca de sujeitos que não alcançaram o nível de 50% de melhora para o treinamento com o BrainPort[®] foi a possibilidade de lhes oferecer melhor qualidade de vida.

Por tratar-se de estimulação eletrotátil por meio de uma placa de eletrodos posicionada no interior da cavidade oral, a presença de implantes elétricos ou marca-passos cardíacos também inviabilizaria o uso do equipamento pelo risco de interferência elétrica. Além disso, qualquer condição capaz de alterar a integridade da mucosa oral e do epitélio lingual impediria a utilização do BrainPort[®] e, portanto, lesões locais recentes e tabagismo foram considerados critérios de exclusão.

Foram ainda considerados critérios de exclusão as doenças neurais degenerativas por envolverem vias centrais do equilíbrio, o que definitivamente constituiria viés na interpretação dos resultados do treinamento. Os indivíduos foram ainda avaliados em função da presença ou não de restrições motoras, que certamente interfeririam nos resultados da

avaliação posturográfica. Nenhum dos indivíduos treinados apresentava limitações orais, neurais ou ortopédicas que inviabilizassem o estudo.

O *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) é um instrumento que permite a avaliação do prejuízo causado pela tontura na qualidade de vida de pacientes portadores de vestibulopatia e tem sua versão adaptada para a língua portuguesa (Castro et al., 2007). Entretanto, acreditamos não ser essa a escala mais adequada para avaliar tratamentos de curta duração como o que utilizamos em nosso estudo. Seria necessário um tempo maior de seguimento dos pacientes. Optamos, portanto, pela EAV em porcentagem, por ser uma quantificação padronizada em nosso serviço, utilizada habitualmente em nossos estudos que nos permitiria a quantificação comparativa com estudos já publicados (Bittar et al., 2005; Venosa e Bittar, 2007)

6.1.2 Posturografia Dinâmica Computadorizada (PDC)

Uma característica importante da PDC como método de avaliação é a propriedade de quantificar, de modo objetivo e preciso, a melhora clínica dos pacientes. Alguns autores questionam o uso da PDC devido à grande variabilidade de resultados entre a população normal, o impacto da instrução e motivação sobre os indivíduos ao realizarem o teste. Também mencionam a contribuição das aferências sensoriais no controle do equilíbrio, que difere consideravelmente entre pacientes e pode ser resultado da função vestibular comprometida em específicas patologias (El Kahky, 2000). Entretanto, concordamos com os autores quando sugerem que a PDC testa diferentes

aspectos do sistema vestibular daqueles avaliados pelos exames de eletronistagmografia e testes rotacionais. A PDC não fornece informações sobre a localização ou a etiologia da doença, mas permite verificar funcionalmente como o indivíduo mantém o seu equilíbrio. Permite ainda uma medida funcional útil na predição dos benefícios que os pacientes podem esperar ao receber uma intervenção terapêutica (Furman, 1994).

Estudo prévio com plataforma de força compara o desempenho do equilíbrio em pacientes sem prejuízo da função vestibular antes e depois de realizarem treinamento com o BrainPort® (Vuillerme et al., 2008). Nesse estudo, os autores verificam que o efeito desestabilizador de uma superfície instável (espuma) é menor na condição que utiliza o *biofeedback*, mas não fornece informações sobre a participação do sistema vestibular no equilíbrio. Observamos que a PDC oferece um panorama de informações bem mais completo quanto aos elementos sensoriais porque agrega os sistemas e não se limita a cálculos de deslocamentos nos eixos ântero-posterior e médio-lateral.

Alguns autores apontam a necessidade de teste e reteste nos estudos que envolvem avaliação por meio do TIS para excluir a possibilidade de existir aprendizado ao exame, conferindo, assim, maior credibilidade às respostas após intervenções terapêuticas. Nossa experiência pessoal verifica que não há diferença entre teste e reteste das condições do TIS em pacientes idosos após 30 dias (Simoceli, 2007). Nossas observações confirmam dados da literatura mostrando que não há melhora do desempenho ao exame atribuível ao aprendizado em um período de quatro

semanas. Não há relatos publicados que comparem o exame em intervalos mais curtos (doze dias) como o que utilizamos em nosso grupo de estudo. No entanto, a visível redução do número de quedas torna improvável a premissa de que isso ocorreu simplesmente pelo aprendizado em uma única sessão prévia.

6.2 Resultados

Foram selecionados sete pacientes para a pesquisa. O número reduzido de pacientes estudados se justifica pelo critério rigoroso em confirmar a AVB por meio do teste rotacional. Mesmo em pequeno número, a amostra foi suficiente para testar a hipótese proposta.

Quanto à idade e gênero, nossa população apresentou resultados que se aproximaram aos descritos na literatura. A média de idade ficou bem próxima à sexta década. Ocorreu predomínio do sexo masculino (85,71%) acima daquele de 62% descrito por Zingler et al. (2007), em seu trabalho com 255 pacientes portadores de vestibulopatia bilateral. Acreditamos que este fato ocorreu pelo tamanho reduzido de nossa amostra.

Em relação à etiologia, nossa amostra apresentou a ototoxicidade como causa mais frequente da AVB, corroborando os dados da literatura (Vibert et al., 1995; Rinne et al., 1998; Zingler et al., 2007). A chamada AVB idiopática foi encontrada em dois pacientes e os demais apresentaram etiologia infecciosa - otite média aguda bilateral, AVB pós-traumatismo crânio-encefálico e comprometimento autoimune em processo de conclusão diagnóstica.

A avaliação posturográfica dos pacientes na fase do pré-tratamento demonstra comprometimento no TIS nas C5 e C6, cuja execução adequada é diretamente dependente do sistema vestibular. Todos os pacientes apresentaram valor “zero” (queda) na fase que antecedeu o tratamento nas C5 e C6, o que significa que os pacientes não completaram a avaliação.

Após o treinamento, houve melhora dos índices em seis dos sete pacientes na C5 e em quatro na C6. É importante mencionar que a redução nas quedas durante a execução do exame aconteceu para a maioria dos pacientes após o tratamento. Este achado é compatível com os achados de Danilov et al. (2007) em estudo com pacientes com vestibulopatia de diversas etiologias submetidos a tratamento com equipamento de substituição vestibular eletrotátil. A vivência clínica do nosso grupo de Otoneurologia mostra que a redução do número de quedas na PDC não é produto de aprendizado, mas sim de melhor desempenho do equilíbrio.

Seis pacientes mostraram habilidade em usar a função remanescente do sistema vestibular, evidenciada na melhora significativa da estabilidade postural nos resultados do IE pós-tratamento. Este fato pode sugerir que, mesmo em um órgão vestibular inoperante, existem as informações visuais e proprioceptivas ativadas pela plasticidade neuronal na busca da compensação funcional. Em pesquisa com ratos, Courtine et al. (2008) verificam que circuitos neurais podem ser reorganizados com o objetivo de recuperar funcionalmente áreas lesadas. Vias silenciosas e ainda desconhecidas podem promover a reorganização de conexões sem a necessidade da regeneração neural direta no SNC.

A perda de estruturas sensoriais aferentes pode resultar numa integração imprópria de sinal pelos centros controladores do equilíbrio corporal. Acreditamos que o equipamento foi capaz de ativar áreas envolvidas nesse controle por meio de mecanismos de plasticidade e neuromodulação. Mesmo que os pacientes não tenham alcançado índices próximos à normalidade, a melhora do posicionamento do centro de massa foi considerável.

Diante desses resultados podemos inferir que existem circuitos ainda desconhecidos envolvidos no controle do equilíbrio corporal. Balaban e Thayer (2001) reportam a relação entre a ansiedade e os distúrbios vestibulares e mencionam circuitos envolvendo núcleos vestibulares, parabraquial, córtex infralímbico, hipotálamo e cerebelo. Estas novas vias poderiam ser algumas das diversas relacionadas à rede de transmissão no sistema vestibular central. O envolvimento do sistema de equilíbrio com estruturas do sistema límbico e córtex frontal, que promovem o aprendizado com base na experiência postural e de respostas motoras, é importante na adaptação postural, entretanto contribuem para comportamentos mal-adaptados como ansiedade, medo e fobia. Por isso consideramos complexa a resposta ao tratamento nos pacientes com distúrbios do equilíbrio.

Na busca do esclarecimento dessas dúvidas, estudo posterior ao nosso realiza ressonância funcional em pacientes submetidos à estimulação com equipamento de neuromodulação não invasiva dos nervos cranianos e demonstra que a estimulação eletrotátil lingual é capaz de promover ativação de áreas envolvidas diretamente no equilíbrio corporal além das

regiões-alvo. O estudo sugere que a melhora observada no equilíbrio e no comportamento dos pacientes não ocorre apenas como consequência do melhor posicionamento da cabeça, mas é resultado da própria estimulação. Isso significa que o processo de plasticidade neuronal possui maior alcance do que outrora imaginado e permite ao cérebro maior capacidade na integração das diversas aferências sensoriais (Wildenberg et al., 2010). Estes achados podem justificar as mudanças observadas no equilíbrio, segundo a EAV, mesmo que não tenhamos observado correspondência numérica com os resultados do IE da PDC.

Equipamentos de substituição sensorial como o BrainPort[®] podem representar alternativas à neuroreabilitação. Seis dos sete pacientes retornaram às condições iniciais de autopercepção da tontura após alguns dias da interrupção do uso do equipamento. Efeitos de retenção foram observados clinicamente, mas chamou-nos a atenção o fato de um paciente permanecer assintomático por mais de um ano - data de sua última visita. Por não ser nosso objetivo inicial, não refizemos a PDC nesses pacientes.

A busca por novas tecnologias de neuroreabilitação e a possibilidade de usá-las em casa sem a necessidade de constante supervisão, parece ser um caminho de oportunidades que se inicia e que poderia beneficiar inúmeros pacientes. A neuromodulação lingual por meio de *feedback* portáteis pode ser considerada de difícil utilização a princípio mas, em contrapartida, não sujeita o paciente ao risco de falha súbita de equipamentos implantáveis. A inoperância súbita de um equipamento

implantado incorreria em crise semelhante à falência repentina do sistema vestibular, com todos os seus sintomas característicos.

Não pudemos determinar de que maneira as mudanças ocorreram durante o treinamento com o BrainPort[®], mas foi possível observarmos a melhora objetiva no controle da postura como demonstram os resultados do TIS. Essa melhora do controle postural excedeu àquela alcançada pela RV convencional.

Consideramos que uma das limitações do estudo foi o tempo reduzido de seguimento dos pacientes. No entanto, novas pesquisas com número maior de amostras vão poder elucidar as dúvidas que persistem. Estudos comparativos são indispensáveis para avaliar a aplicabilidade clínica dos equipamentos de *feedback* em pacientes que possuem outras disfunções do equilíbrio e ainda estabelecer o tempo de tratamento necessário para a completa recuperação dos pacientes.

7. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado foi possível concluir que:

O equipamento de *biofeedback* BrainPort® mostrou-se eficaz em integrar as informações posturais recebidas e melhorar a estabilidade e o controle postural em pacientes com AVB após terapia de RV convencional.

8. ANEXOS

ANEXO 1

COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



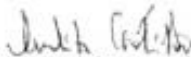
APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 17/01/2007, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **1366/06**, intitulado: "**SUBSTITUIÇÃO SENSORIAL POR MEIO DE INTERFACE HOMEM-MÁQUINA NA RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO CORPORAL**" apresentado pelo **DEPARTAMENTO DE OFTALMOLOGIA E OTORRINOLARINGOLOGIA**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX, 2, letra "c")

Pesquisadoras Responsáveis: Roseli Moreira Saraiva Bittar, Camila de Giacomo Carneiro Barros

CAPPesq, 17 de janeiro de 2007.


PROF. DR. EUCLIDES AYRES DE CASTILHO
Presidente da Comissão de Ética para Análise
de Projetos de Pesquisa

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

HOSPITAL DAS CLÍNICAS
DA
FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO PACIENTE :
- DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : M F
- DATA NASCIMENTO:/...../.....
- ENDEREÇO Nº APTO:
- BAIRRO: CIDADE
- CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)
- 2 RESPONSÁVEL LEGAL
- NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
- DOCUMENTO DE IDENTIDADE :..... SEXO: M F
- DATA NASCIMENTO:/...../.....
- ENDEREÇO: Nº APTO:
- BAIRRO: CIDADE:
- CEP: TELEFONE: DDD (.....)

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **SUBSTITUIÇÃO SENSORIAL POR MEIO DE INTERFACE HOMEM-MÁQUINA NA RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO CORPORAL**

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Dra. Roseli Saraiva Moreira Bittar.....

CARGO/FUNÇÃO: Médico Assistente..... INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 39729.....

UNIDADE DO HCFMUSP: Disciplina de Otorrinolaringologia.....

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO RISCO MÍNIMO RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 2 anos.....

III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA CONSIGNANDO:

1. justificativa e os objetivos da pesquisa: nossa pesquisa pretende verificar se o tratamento que o senhor realizou produziu efeitos benéficos no seu organismo. Este tratamento utiliza um novo aparelho que promove recuperação do equilíbrio através de exercícios que o senhor(a) realizará no hospital.
2. procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais: o senhor(a) vai realizar 2 exames de equilíbrio (Posturografia e Cadeira Rotatória) para saber como está o seu labirinto. A Posturografia é um exame onde o(a) senhor(a) ficará em cima de uma plataforma que oscila e registra o seu equilíbrio em um computador. Depois iniciaremos os exercícios com o novo aparelho e após 2 semanas de treinamento (em dias intercalados, totalizando seis) repetiremos a posturografia para verificarmos se houve melhora da sua tontura. O novo aparelho tem um dispositivo que é colocado como um colar com uma pequena caixa de cerca de 14cm, semelhante a uma carteira, e dele sai uma fita com uma placa que ficará em contato com a língua (como uma pastilha) liberando estímulos que parecem bolhas de um líquido gasoso. Os exercícios duram 15 minutos, em duas sessões diárias e o(a) senhor(a) será acompanhado o tempo todo pelo examinador.
3. desconfortos e riscos esperados: depois dos exames e dos exercícios o(a) senhor(a) pode experimentar um pouco de tontura que é normal e passa rapidamente.
4. benefícios que poderão ser obtidos: a melhora importante da sua tontura.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA CONSIGNANDO:

1. acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para eliminar eventuais dúvidas: o(a) senhor(a) poderá ver seu prontuário e fazer perguntas sobre a pesquisa durante todo o processo de tratamento.
2. liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência: em qualquer

momento que o(a) senhor(a) queira, poderá desistir do projeto sem que isso lhe traga qualquer malefício.

3. salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade: o seu nome será mantido em segredo durante todo o tratamento e não serão divulgadas informações a respeito do seu caso.

4. disponibilidade de assistência no HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa: se, porventura, o(a) senhor(a) achar que a pesquisa o prejudicou de alguma maneira, além de poder desistir o senhor terá todo o auxílio necessário dentro do Hospital das Clínicas.

5. viabilidade de indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa: no caso de ocorrer qualquer dano à sua saúde, está prevista em lei a indenização e acompanhamento médico vitalício.

V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Dra. Camila de Giacomo Carneiro Barros

Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 255

Instituto Central – 6^o. andar- Departamento de Otorrinolaringologia
São Paulo – 05403010
Fone: 3069-6538

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa

São Paulo, de de 200 .

assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome Legível)

ANEXO 3

PROTOCOLO: AMBULATÓRIO DE OTONEUROLOGIA

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME: _____ REGISTRO: _____

SEXO: _____ IDADE: _____ COR: _____ DATA: _____

PROFISSÃO: _____ MÉDICO: _____

2. ANAMNESE

Q.D.:

H.M.A.:

ANTECEDENTES PESSOAIS:

HÁBITOS:

ANTECEDENTES FAMILIARES:

EXAME ORL:

INTERROGATÓRIO PARES CRANIANOS:

3. EXAME DOS PARES CRANIANOS:

4. ESTUDO DA COORDENAÇÃO:

5. ESTUDO DO EQUILÍBRIO:

Estático:

Dinâmico:

TESTE DE BABINSKI-WEIL

TESTE DE FUKUDA

6. PESQUISA DO NISTAGMO

Semi-espontâneo:

Espontâneo:

Prova calórica

ANEXO 4

RELATÓRIO DIÁRIO DO TREINAMENTO

Identificação do paciente _____

Número de série do BrainPort® _____

Data e Horário de início da sessão _____

TREINAMENTO				
	Posição em pé	Posicionamento dos pés	Uso de calçados	Olhos
15 Minutos	<input type="checkbox"/> Superfície firme	<input type="checkbox"/> Juntos	<input type="checkbox"/> Com	<input type="checkbox"/> Abertos
	<input type="checkbox"/> Espuma	<input type="checkbox"/> Separados	<input type="checkbox"/> Sem	<input type="checkbox"/> Fechados

Responsável pelo treinamento

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bach-y-Rita P, Collins CC, Saunders FA, White B, Scadden L. Vision substitution by tactile image projection. *Trans Pac Coast Otoophthalmol Soc Annu Meet.* 1969;50:83-91.

Bach-y-Rita P, Kaczmarek KA, Tyler ME, Garcia-Lara J. Form perception with a 49-point electrotactile stimulus array on the tongue: a technical note. *J Rehabil Res Dev.* 1998;35(4):427-30.

Bach-y-Rita P, W Kercel S. Sensory substitution and the human-machine interface. *Trends Cogn Sci.* 2003;7(12):541-6.

Bach-y-Rita P. Emerging concepts of brain function. *J Integr Neurosci.* 2005;4(2):183-205.

Balaban CD, Thayer JF. Neurological bases for balance-anxiety links. *J Anxiety Disord.* 2001;15(1-2):53-79.

Baloh RW, Jacobson K, Honrubia V. Idiopathic bilateral vestibulopathy. *Neurology.* 1989;39:272-5.

Balter SG, Stokroos RJ, Eterman RM, Paredis SA, Orbons J, Kingma H. Habituation to galvanic vestibular stimulation. *Acta Otolaryngol.* 2004;124(8):941-5.

Basta D, Singbartl F, Todt I, Clarke A, Ernst A. Vestibular rehabilitation by auditory feedback in otolith disorders. *Gait Posture*. 2008;28(3):397-404.

Bittar RS, Pedalini ME, Ramalho JR, Carneiro CG. Bilateral vestibular loss after caloric irrigation: clinical application of vestibular rehabilitation. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*. 2005;126(1):3-6.

Black FO, Pesznecker SC. Vestibular adaptation and rehabilitation. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;11(5):355-60.

Brandt T. Bilateral vestibulopathy revisited. *Eur J Med Res*. 1996;1:361-8.

Brantberg K. Familial early-onset progressive vestibulopathy without hearing impairment. *Acta Otolaryngol*. 2003;123(6):713-7.

Brown KE, Whitney SL, Wrisley DM, Furman JM. Physical therapy outcomes for persons with bilateral vestibular loss. *Laryngoscope*. 2001;111(10):1812-7.

Campbell AJ, Reinken J, Allan BC, Martinez GS. Falls in old age: a study of frequency and related clinical factors. *Age Aging*. 1981;10:264-270.

Castro AS, Gazzola JM, Natour J, Gananca FF. Versao Brasileira do Dizziness Handicap Inventory. *Pro-fono*. 2007;19(1):97-104.

Cawthorne T. The Physiological Basis for Head Exercises. *The Journal of the Chartered Society of Physiotherapy*. 1945;106-107.

Cooksey FS. Rehabilitation in vestibular injuries. *Proc Roy Soc Med*. 1946;39:273-8.

Courtine G, Song B, Roy RR, Zhong H, Herrmann JE, Ao Y, Qi J, Edgerton VR, Sofroniew MV. Recovery of supraspinal control of stepping via indirect propriospinal relay connections after spinal cord injury. *Nat Med*. 2008;14(1):69-74.

Dandy WE. The surgical treatment of Meniere's disease. *Surg Gynecol Obst*. 1941;72:421-425.

Danilov Y. Effects of electrotactile head-based feedback on subjects with bilateral vestibular dysfunction. *Proc Bárány Society*; 2004.

Danilov Y, Tyler ME, Skinner KL, Hogle RA, Bach-y-Rita P. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss. *J Vestib Res*. 2007;17(2-3):119-30.

Della Santina CC, Migliaccio AA, Patel AH. A multichannel semicircular canal neural prosthesis using electrical stimulation to restore 3-d vestibular sensation. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2007;54:1016-30.

Dozza M, Chiari L, Horak FB. Audio-biofeedback improves balance in patients with bilateral vestibular loss. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(7):1401-3.

Dozza M, Wall C 3rd, Peterka RJ, Chiari L, Horak FB. Effects of practicing tandem gait with and without vibrotactile biofeedback in subjects with unilateral vestibular loss. *J Vestib Res.* 2007;17(4):195-204.

El-Kahky AM, Kingma H, Dolmans M, de Jong I. Balance control near the limit of stability in various sensory conditions in healthy subjects and patients suffering from vertigo or balance disorders: impact of sensory input on balance control. *Acta Otolaryngol.* 2000;120(4):508-16.

Furman JM. Posturography: uses and limitations. *Baillieres Clin Neurol.* 1994;3(3):501-13.

Gillespie MB, Minor LB. Prognosis in bilateral vestibular hypofunction. *Laryngoscope.* 1999;109(1):35-41.

Goebel JA, Sinks BC, Parker BE Jr, Richardson NT, Olowin AB, Cholewiak RW. Effectiveness of head-mounted vibrotactile stimulation in subjects with bilateral vestibular loss: a phase 1 clinical trial. *Otol Neurotol.* 2009;30(2):210-6.

Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol.* 1988;45(7):737-9.

Herdman SJ, Clendaniel RA, Mattox DE, Holliday MJ, Niparko JK. Vestibular adaptation exercises and recovery: acute stage after acoustic neuroma resection. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995;113(1):77-87.

Herdman SJ, Blatt P, Schubert MC, Tusa RJ. Falls in patients with vestibular deficits. *Am J Otol.* 2000;21(6):847-51.

Herdman SJ. Vestibular Rehabilitation. F.A. Davis Company, 2000.

Hirvonen M, Aalto H, Hirvonen TP. Postural control after vestibular schwannoma resection measured with visual feedback posturography. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2005;67(6):335-9.

Horak FB, Jones-Rycewicz C, Black FO, Shumway-Cook A. Effects of vestibular rehabilitation on dizziness and imbalance. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1992;106(2):175-80.

Janssen M, Stokroos R, Aarts J, van Lummel R, Kingma H. Salient and placebo vibrotactile feedback are equally effective in reducing sway in bilateral vestibular loss patients. *Gait Posture.* 2010;31(2):213-7.

Jen JC, Wang H, Lee H, Sabatti C, Trent R, Hannigan I, Brantberg K, Halmagyi GM, Nelson SF, Baloh RW. Suggestive linkage to chromosome 6q in families with bilateral vestibulopathy. *Neurology*. 2004;63(12):2376-9.

Jen JC. Bilateral vestibulopathy: clinical, diagnostic, and genetic considerations. *Semin Neurol*. 2009;29(5):528-33.

Kaplan DM, Marais J, Ogawa T, Kraus M, Rutka JA, Bance ML. Does high-frequency pseudo-random rotational chair testing increase the diagnostic yield of the ENG caloric test in detecting bilateral vestibular loss in the dizzy patient? *Laryngoscope*. 2001;111(6):959-63.

Kentala E, Vivas J, Wall C 3rd. Reduction of postural sway by use of a vibrotactile balance prosthesis prototype in subjects with vestibular deficits. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2003;112(5):404-9.

Krebs DE, Gill-Body KM, Riley PO, Parker SW. Double-blind, placebo-controlled trial of rehabilitation for bilateral vestibular hypofunction: preliminary report. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1993;109(4):735-41.

Lacour M, Barthelemy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A, Ouaknine M, Lebedev MA, Nicolelis MA. Brain-machine interfaces: past, present and future. *Trends Neurosci*. 2006;29(9):536-46.

McGath JH, Barber HO, Stoyanoff S. Bilateral vestibular loss and oscillopsia. *J Otolaryngol.* 1989;18(5):218-21.

Mira E. Improving the quality of life in patients with vestibular disorders: the role of medical treatments and physical rehabilitation. *Int J Clin Pract.* 2008;62(1):109-14.

Picard C, Olivier A. Sensory cortical tongue representation in man. *J Neurosurg.* 1983;59(5):781-9.

Ram S, Sharf J. The people sensor: a mobility AID for the visually impaired. *IEEE Wearable Comput.* 1998.

Rinne T, Bronstein AM, Rudge P, Gresty MA, Luxon LM. Bilateral loss of vestibular function: clinical findings in 53 patients. *J Neurol.* 1998;245 (6-7):314-21.

Scinicariello AP, Eaton K, Inglis JT, Collins JJ. Enhancing human Balance control with galvanic vestibular stimulation. *Biol Cybern.* 2001;84:475-80.

Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy. *Exp Brain Res.* 1997;115(2):300-10.

Shepard NT, Telian SA. Programmatic vestibular rehabilitation. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1995;112(1):173-82.

Simoceli L. *Integração sensorial, limite de estabilidade corporal e melhora clínica em idosos vestibulopatas submetidos a dois programas de reabilitação vestibular.* São Paulo. 2007. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 115p.

Suárez H, Suárez A, Lavinsky L. Postural adaptation in elderly patients with instability and risk of falling after balance training using a virtual-reality system. *Int Tinnitus J.* 2006;12(1):41-4.

Telian SA, Shepard NT, Smith-Wheelock M, Hoberg M. Bilateral vestibular paresis: diagnosis and treatment. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991;104(1):67-71.

Tobin MJ. Braille reading. *Nature.* 1971;231(5303):470.

Tyler M, Danilov Y, Bach-Y-Rita P. Closing an open-loop control system: vestibular substitution through the tongue. *J Integr Neurosci.* 2003;2(2):159-64.

Van Boven RW, Johnson KO. The limit of tactile spatial resolution in humans: grating orientation discrimination at the lip, tongue, and finger. *Neurology.* 1994;44(12):2361-6.

Venosa AR, Bittar RS. Vestibular rehabilitation exercises in acute vertigo. *Laryngoscope*. 2007;117(8):1482-7.

Vibert D, Liard P, Häusler R. Bilateral idiopathic loss of peripheral vestibular function with normal hearing. *Acta Otolaryngol*. 1995;115(5):611-5.

Vuillerme N, Pinsault N, Chenu O, Demongeot J, Payan Y, Danilov Y. Sensory supplementation system based on electrotactile tongue biofeedback of head position for balance control. *Neurosci Lett*. 2008;431(3):206-10.

Wildenberg JC, Tyler ME, Danilov YP, Kaczmarek KA, Meyerand ME. Sustained cortical and subcortical neuromodulation induced by electrical tongue stimulation. *Brain Imaging Behav*. 2010;4(3-4):199-211.

Zee DS, Leigh RJ. Disorders of eye movements. *Neurol Clin*. 1983;1(4):909-28.

Zingler VC, Cnyrim C, Jahn K, Weintz E, Fernbacher J, Frenzel C, Brandt T, Strupp M. Causative factors and epidemiology of bilateral vestibulopathy in 255 patients. *Ann Neurol*. 2007;61(6):524-32.