

SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE EQUILÍBRIO EM POMBOS (*Columba livia*) APÓS LABIRINTECTOMIA UNILATERAL.

F. R. Oliveira*, N. P. Assis**, R. F. Santana** e L. B. Bagesteiro* e ***

*Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS) / Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, SP, Brasil

**Núcleo de Pesquisa em Neurociência / Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

***Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica / Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

email: leia.bagesteiro@ufrgs.br

Resumo: A manutenção da postura ereta e controle bípede depende do funcionamento apropriado do sistema vestibular. Essa condição tem importante função no desempenho das atividades diárias ou movimentos voluntários, e portanto é de grande interesse desenvolver sistemas de medição que permitam sua avaliação. Após lesão vestibular as respostas dos mecanismos posturais ficam comprometidas, mas podem recuperar-se através da regeneração dos receptores e aferentes vestibulares como é conhecido acontecer em pássaros (modelos animais). Neste trabalho avaliamos a estabilidade postural de pombos no movimento rotacional durante a regeneração após a completa lesão unilateral vestibular. Foram investigados os efeitos em uma, duas, quatro e seis semanas pós-lesão, incluindo diferenças nos deslocamentos angulares da base de suporte (i.e. poleiro) e no tempo de estabilização de movimento. Encontramos que esses comportamentos diminuem gradualmente, e a estabilidade volta a função regular lentamente. Os resultados indicam que o sistema permite quantificar o deslocamento angular durante o controle postural bípede animal.

Palavras-chave: controle de postura, deslocamento angular, sistema vestibular.

Abstract: *The upright position maintenance and bipedal balance control depend on a properly functioning vestibular system. This condition plays an important role for performing everyday tasks or voluntary movements, and therefore it is of great interest to develop systems that allow its evaluation. After vestibular insult postural mechanisms responses are compromised but can recover through the regeneration of vestibular receptors and afferents as is known to occur in birds (animal models). Here we evaluate postural stability in pigeons to rotational motion during regeneration after complete unilateral vestibular loss. One, two, four and six weeks post lesion effects were investigated and included differences in angular displacements of the base of support of the bird (i.e. perch) and stabilizing time duration. We found that these behaviors gradually decreased, and stability slowly returned to regular function. The results indicate*

that system allowed quantifying angular displacement during animal bipedal posture control.

Keywords: *postural control, angular displacement, vestibular system.*

Introdução

Nossa capacidade em desempenhar diversas atividades na vida diária ou nos envolvermos em diferentes ações recreativas e esportivas depende da nossa habilidade em controlar as dimensões múltiplas de postura, balanço e locomoção. A postura ou controle de equilíbrio é considerado a principal função para as habilidades ou movimentos voluntários, porque quase todo movimento que um indivíduo faz é feito de componentes posturais que estabilizam o corpo. A tarefa de controle postural envolve a manutenção do alinhamento da postura do corpo, da estabilidade ou orientação corporal em relação ao ambiente e também serve como um suporte mecânico para ação ou movimento. O tônus postural depende e é modulado através de reflexos (do pescoço, lombares, etc.) e da atividade muscular postural dos membros na função de suporte do corpo. O controle postural ou controle de equilíbrio depende de como as posições das partes do corpo variam no tempo e como são controladas. Os componentes neurais para o controle postural são: processamento sensorial (visual, vestibular e somato-sensorial), processamento central (processo integrativo de alto nível) e componentes efetores (componentes neuromusculares, alinhamento postural, amplitude de movimento, força muscular, potência e resistência muscular). Para manter o corpo em uma determinada posição é necessária uma constante regulação da postura devido às perturbações que o corpo sofre e à sua instabilidade a forças internas e externas [1]. No caso dos movimentos lineares e angulares pode ser percebida através dos órgãos de equilíbrio por meio de sua ativação combinada.

Ao longo dos últimos anos, mecanismos de controle postural tem sido investigados com o auxílio de modelos animais de diferentes complexidades [2, 3, 4, 5, 6]. O bipedismo é característica de poucos animais sejam mamíferos ou aves. O Pombo da espécie

Columba Livia, por ser um animal bípede de mesmo habitat que o homem, por possuir características semelhantes de comportamento como o comportamento materno, assim como estruturais, como a semelhança na predominância dos núcleos vestibulares presentes em uma área grande do tronco encefálico do animal, tornando-o um ótimo exemplar para se utilizar em um estudo sobre o equilíbrio [7, 8, 9].

O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de equilíbrio de animais bípedes (i.e. pombo) ao longo de 4 semanas após labirintectomia a esquerda (lesão induzida nos órgãos de equilíbrio do sistema vestibular) através da variação do deslocamento angular numa base de suporte específica (i.e. poleiro).

Materiais e métodos

Sistema de aquisição e coleta de dados – O sistema (Fig.1a) utilizado para avaliar a manutenção do equilíbrio dos pombos foi constituído por um transdutor potenciométrico (para monitoramento do deslocamento angular para a manutenção do equilíbrio na base de apoio do animal, ou seja, o poleiro), fonte de alimentação e um condicionador de sinais em conjunto com uma placa de aquisição de dados (conversor A/D - National Instruments USB-6009) via USB conectado a um computador portátil. Foi elaborado um programa em LabVIEW para a aquisição e visualização instantânea dos dados, e também o seu armazenamento em arquivo. A taxa de aquisição foi de 1000Hz. Cada animal foi colocado na caixa de observação (Figs.1b e 1c) sobre o poleiro móvel conectado ao transdutor potenciométrico para a coleta do deslocamento angular realizado pelo animal para a manutenção do controle de equilíbrio. Cada animal teve 3 tentativas para a aquisição dos dados com duração do tempo em que o animal permanecer no poleiro ou até o animal se estabilizar neste (com variação mínima de deslocamento angular).

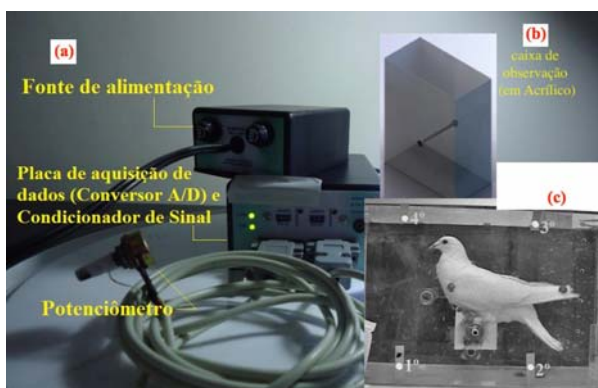


Figura 1: (a) Componentes do sistema de medição; (b) ilustração da caixa de observação; (c) imagem de um animal posicionado no poleiro.

Animais – Foram utilizados 30 pombos (*Columba livia*) adultos, de ambos os sexos (conforme PP 13259324 aprovado pela CEUA), os quais foram

distribuídos em 5 grupos: grupo controle (GC) e 4 grupos experimentais, 1 semana (1S), 2 semanas (2S), 4 semanas (4S), e 6 semanas (6S) após cirurgia (labirintectomia). A Tabela 1 mostra as massas corporais (g) dos animais para cada condição avaliada. Cada um dos animais a serem utilizados no estudo foram colocados diariamente na caixa de teste (Fig.1), para que ficassem familiarizados com o ambiente de medida. Essa familiarização foi feita por um período de 15 minutos num total de cinco dias, sendo que os animais nunca haviam sido expostos a uma situação de equilíbrio em poleiro previamente.

Tabela 1: Grupos de animais e respectivas massas corporais (média \pm desvio padrão).

Grupo	Massa Cirurgia (g)	Massa Perfusão (g)
1 semana	298,8 \pm 39,3	303,8 \pm 20,2
2 semanas	285,0 \pm 27,8	312,0 \pm 47,2
4 semanas	297,5 \pm 22,6	316,3 \pm 27,8
6 semanas	297,5 \pm 22,6	271,0 \pm 45,5
Controle	-	271,0 \pm 45,5

Procedimento Cirúrgico – Após a ambientação os animais que compõe cada um dos grupos experimentais foram submetidos ao procedimento cirúrgico, que foi realizado da seguinte forma: uma anestesia intramuscular (composta de ketamina (relaxante muscular) e xilazina (anestésico)), com o animal desacordado e posicionado num estereotáxico (imobilização da cabeça), foi então realizada a tricotomia da região do procedimento (lateral esquerda da cabeça); e em seguida foi feito o corte próximo à região dos olhos até a região abaixo do bico (possibilitando o acesso à região do crânio e do pescoço). Então uma pequena porção de músculos da região do pescoço foi retirada, para que a calota craniana na região do osso temporal ficasse exposta, e fosse possível visualizar o labirinto vestibular e as regiões de interesse (utrículo, sáculo e regiões ampulares dos canais), permitindo assim a lesão do sistema vestibular na região ampular e macular do aparelho. Finalizando com a limpeza do local e o fechamento com grampo cirúrgico para recuperação do animal.

Resultados

A figura 2 ilustra uma tentativa representativa de um animal de cada um dos grupos medidos. Já é possível visualizar diferentes amplitudes de movimento, bem como tempos de estabilização. As figuras 3 e 4 mostram as curvas do deslocamento angular das três tentativas, juntamente com a respectiva média, de dois animais representativos de dois grupos diferentes (GC e 4S) dentre os avaliados, permitindo visualizar o processo de estabilização dos pombos durante a exposição ao poleiro. As curvas apresentadas correspondem ao perfil

dos animais durante o tempo de estabilização no poleiro, ou seja são representativas de cada tentativa específica, e ilustram o comportamento característico dos animais dentre os testes realizados nos experimentos conduzidos no estudo. Fica claro as diferentes amplitudes de movimento para cada um dos grupos e também o tempo necessário para o processo de estabilização no poleiro.

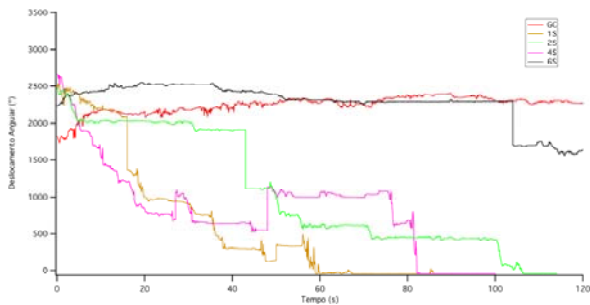


Figura 2: Curvas representativas de um animal de cada grupo avaliado.

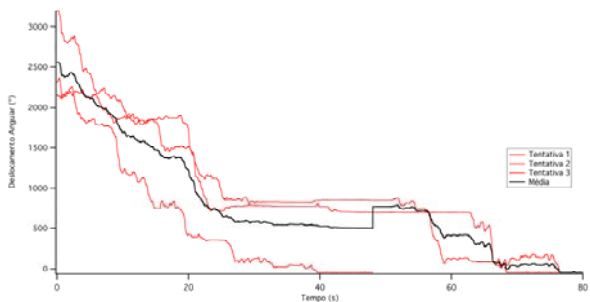


Figura 3: Curvas dos deslocamentos angulares de cada uma das tentativas para um animal representativo do grupo controle.

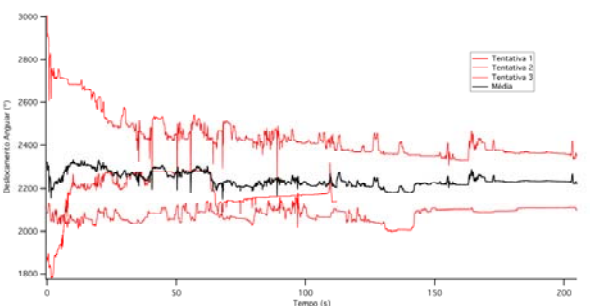


Figura 4: Curvas dos deslocamentos angulares de cada uma das tentativas para um animal representativo do grupo de 4 semanas.

O processamento das 3 tentativas e cálculo da respectiva média foi realizado para todos os animais de cada grupo. A figura 5 mostra as curvas médias de um animal representativo de cada grupo. Ficando evidenciado as diferenças entre os animais e seus processos de estabilização (estratégia adotada pelo animal a fim de manter o equilíbrio no poleiro em

resposta ao giro deste), tanto nas amplitudes dos deslocamentos, como nos percentuais de tempo decorrido.

A tabela 2 mostra as médias obtidas dentre as repetições de cada animal pertencente a cada um dos grupos do experimento das amplitudes de movimentos dos testes realizados.

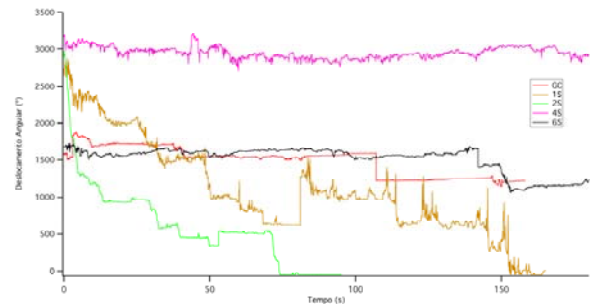


Figura 5: Deslocamentos angulares médios para animais representativos de cada grupo avaliado.

Tabela 2: Amplitude máxima dos deslocamentos angulares para os grupos de animais testados (média \pm desvio padrão).

Grupo	Deslocamento (°)
1 semana	1790 \pm 424
2 semanas	1723 \pm 396
4 semanas	1275 \pm 305
6 semanas	1004 \pm 308
Controle	860 \pm 155

A análise preliminar dos dados de marcadores neuroquímicos presentes nos núcleos vestibulares mostrou que ao longo de 4 semanas após labirintectomia a esquerda, os pombos com menor tempo após a cirurgia apresentaram uma redução da expressão de indicadores coincidindo com variação maior em relação ao deslocamento angular no poleiro móvel e um maior tempo para alcançar a estabilização (equilíbrio).

Discussão

O sistema vestibular está envolvido na percepção do posicionamento e aceleração da cabeça no espaço. Distúrbios deste sistema podem gerar quadros clínicos conhecidos popularmente como labirintite. Portanto a fim de avaliar o controle de equilíbrio ao longo de 4 semanas após labirintectomia a esquerda mediu-se a rotação de um poleiro móvel acoplado a um transdutor potenciométrico. Adicionalmente, foi iniciada uma avaliação preliminar das mudanças na expressão de marcadores neuroquímicos presentes nos núcleos vestibulares.

Os dados obtidos parecem indicar que a lesão no sistema vestibular permite observar alguma mudança de comportamento no controle de equilíbrio, que pode

corresponder progressivamente ao tempo decorrido após cirurgia, sugerindo também algum tipo de recuperação. De acordo com os resultados obtidos para as amplitudes de movimento, é razoável sugerir que os diferentes grupos experimentais parecem apresentar alguma estratégia característica para a manutenção do equilíbrio no poleiro em resposta ao seu giro, assim como alguma compensação.

Outro ponto a salientar é que com a utilização da caixa de teste os animais não podiam usar nenhuma outra estratégia complementar (como apoiar o rabo ou asas) para auxiliar no equilíbrio, significando que prioritariamente a manutenção da posição foi obtida com o uso dos músculos das pernas.

Conclusão

O sistema usado para análise de equilíbrio das aves, composto pelo transdutor potenciométrico, mostrou-se capaz de obter as curvas de deslocamento angular durante o processo de avaliação dos animais. A princípio, a labirintectomia resultou em prejuízo para as reações de equilíbrio, que tenderam a ser normalizadas ao longo do tempo. Enquanto que as modificações na expressão dos marcadores nos núcleos vestibulares ainda precisam ser aprimoradas e mostrar relações importantes para a manutenção do equilíbrio. Mas ainda é necessário experimentos adicionais a fim de esclarecer a função de cada canal específico que atua no sistema em estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem M. M. Tsuruta pelo auxílio nas medições.

Referências

- [1] Rothwell JC. Control of Human Voluntary Movement. Chapman and Hall; 2nd edition (1993), London, UK.
- [2] Beloozerova IN, Sirota MG, Orlovsky GN, and Deliagina TG. Activity of pyramidal tract neurons in the cat during postural corrections. *J Neurophysiol* 2005; 93: 1831-44.
- [3] Lyalka VF, Zelenin PV, Karayannidou A, Orlovsky GN, Grillner S, and Deliagina TG. Impairment and recovery of postural control in rabbits with spinal cord lesions. *J Neurophysiol* 2005; 94: 3677-90.
- [4] Muir GD, Chu TK. Posthatching locomotor experience alters locomotor development in chicks. *J Neurophysiol.* 2002; 88(1):117-23.
- [5] Muir GD, Gowri KS. Role of motor and visual experience during development of bipedal locomotion in chicks. *J Neurophysiol.* 2005; 94(6):3691-7.
- [6] Schepens B and Drew T. Strategies for integration of posture and movement during reaching in the cat. *J Neurophysiol* 2003; 90: 3066-86.
- [7] Haque A, Zakir M, Dickman JD. Recovery of gaze stability during vestibular regeneration. *J Neurophysiol* 2008; 99(2): 853-65.
- [8] Zakir M, Huss D, Dickman JD. Afferent innervation patterns of the saccule in pigeons. *J Neurophysiol* 2003; 89: 534-50.
- [9] Necker R, Janssen A, Beissenhirtz T. Behavioral evidence of the role of lumbosacral anatomical specializations in pigeons in maintaining balance during terrestrial locomotion. *J Comp Physiol A.* 2000; 186(4):409-12.