

As funções do controle postural durante a postura ereta

The function of postural control during standing

Luis Mochizuki⁽¹⁾
Alberto Carlos Amadio⁽²⁾

RESUMO: O controle postural é o controle do arranjo dos segmentos corporais baseado em informações dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial. Acredita-se que o nível de importância das informações sensoriais seja modulável e redundante. O conjunto de informações sensoriais cria um quadro de referências. O quadro de referências controla os parâmetros do controle postural, como o equilíbrio, em relação à atração gravitacional. O controle da postural se baseia no monitoramento da representação interna da postura, o esquema corporal, que é uma representação geométrica do corpo humano, uma representação cinética do corpo, principalmente das forças aplicadas no apoio e uma representação da orientação do corpo em relação à gravidade. As funções do controle postural são suporte, estabilidade e equilíbrio. O objetivo desta revisão de literatura foi discutir os principais aspectos biomecânicos e de controle motor que estão associados aos sistemas sensoriais no controle da postura ereta. A separação anatômica dos sistemas sensoriais envolvidos com o controle postural e a degradação significativa das informações sensoriais, quando fechamos os olhos ou permanecemos em superfícies móveis ou macias sugerem que o sistema nervoso tem a habilidade de mudar discretamente a fonte principal de informação sensorial.

DESCRITORES: Postura, Manipulação da coluna. Literatura de revisão. Equilíbrio/

fisiologia. Sistema sensorial. Atividade motora/fisiologia.

ABSTRACT: The postural control is the control of the body segments based in information of the visual, vestibular and somatossensorial. There are evidences that the level of importance of the sensorial information is tunable and redundant. The anatomical separation of the sensorial systems and the significant degradation of the sensorial information, when we close the eyes or when we stand on moving, unstable or soft support suggest that the nervous system has the ability to discretely change the principal source of sensorial information. The set of sensorial information creates a picture of references. The frame of reference controls the parameters of the postural control in relation to the gravitational field. The postural control is based on the monitoring the internal representation of posture, the body image, which is a geometric and kinetic representation of the human body, how the forces and gravity are applied to the body. The functions of the postural control are support, stability and balance. The aim of this paper was to discuss the relation between biomechanical and motor control aspects and sensorial systems for the control of standing posture.

KEYWORDS: Posture. Manipulation spinal. Review literature. Equilibrium/physiology. Sensory system. Activity motor/physiology.

⁽¹⁾Doutor em Educação Física.

⁽²⁾ Livre Docente e Doutor em Ciência do Esporte.

Endereço para correspondência: Mochizuki Luis. Laboratório de Biomecânica, Escola de Educação Física e Esporte USP. Avenida Mello Moraes, 65 - Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil, CEP 05508-900.
E-mail: mochi@usp.br

INTRODUÇÃO

O controle postural é o controle do arranjo dos segmentos corporais baseado em informações sensoriais de diferentes fontes. Estas informações permitem formar uma representação interna do mundo externo, relatando e reconhecendo a posição e o movimento de cada parte do corpo. O controle postural usa informações dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial^{35,49,68,76}. Observa-se que abundância de informações é um fato que garante a estabilidade postural mesmo na deficiência de um sistema. Acredita-se que o nível de importância das informações sensoriais seja modulável e redundante^{22,33,45,49,63,70}. A modulação de informação sensorial depende de estados de atenção e também da saúde de cada um dos sistemas sensoriais. Contudo, ainda é polêmico como estas informações se integram para o controle postural, como estas informações sensoriais são aproveitadas para o controle do equilíbrio e como as diferentes funções do controle postural podem ser identificadas através da biomecânica e contribuir para uma melhor aplicação clínica dos conceitos formados. Como conseqüência, o objetivo deste artigo foi discutir os principais aspectos biomecânicos e de controle motor que estão associados ao controle da postura ereta.

1 As informações sensoriais para o controle postural

A separação anatômica dos sistemas sensoriais, envolvidos com o controle postural e a degradação significativa das informações sensoriais quando fechamos os olhos ou permanecemos em superfícies móveis ou macias, sugerem que o sistema nervoso tem a habilidade de mudar discretamente a fonte principal de informação sensorial⁴⁹. Estes autores assumem que a transição de uma fonte sensorial para outra fonte é ajustada por uma simples dica sensorial, escolhida em uma lista limitada de opções, ao invés da combinação de dicas sensoriais ou de aspectos gerais do ambiente. Isso significa que o controle postural não usa todas as informações sensoriais disponíveis, mas as escolhe. A transição de fontes sensoriais corresponde, por exemplo, a passar da dominância da informação visual para a somatossensorial⁴⁸. Conseqüentemente, o sistema nervoso escolhe a fonte principal para controlar a postura⁴⁹ e, quando faz a transição de uma fonte de percepção para outra, isso acontece de forma abrupta, assim usa uma informação sensorial de cada vez. Massion e Woollacott⁴⁷ propõem que a dominância de um sistema sensorial sobre o outro é uma das formas utilizadas pelo sistema nervoso para evitar conflitos de informações.

A estabilidade postural depende da noção da posição e movimento do corpo em relação ao campo gravitacional, e do ambiente onde ele se encontra³⁵. O conjunto de informações sensoriais cumpre esta função criando um quadro de referências³⁶. Por exemplo, a visão informa o

movimento do corpo em relação a um objeto para respostas adequadas, a fim de garantir estabilidade^{27,39}. O controle da postura ereta precisa de uma variável para monitorar o corpo e atuar, se necessário. Quando o vetor gravidade é usado como quadro de referência⁴⁷ temos o quadro de referência geocêntrico. Para controle da postura ereta, com o uso de informações baseadas na referência geocêntrica, dois tipos de força atuam: as musculares que atuam contra a ação da força gravitacional e as forças que atuam para estabilizar o centro de massa do corpo (COM) sobre o suporte. O quadro de referências controla os parâmetros do controle postural, como o equilíbrio, em relação à atração gravitacional. Para a postura ereta, Massion⁴⁶ sugere que as variáveis que constroem o quadro de referências são o eixo vertical (formado pela cabeça e tronco e dependente da configuração geométrica do corpo) e/ou o alinhamento da projeção vertical do COM na base de apoio (depende da configuração geométrica e das propriedades inerciais do sistema). Outro parâmetro de equilíbrio é a margem de segurança para o movimento do centro de pressão das forças aplicadas no apoio (COP). Patton et al.⁶¹ mostram aumento na margem de segurança com o treinamento. Os autores sugerem que o sistema nervoso pode usar as margens de segurança em controle de *feedback* e antecipação.

O controle postural se baseia no monitoramento da representação interna da postura, o esquema corporal⁴⁷. O esquema corporal é uma representação geométrica do corpo humano, uma representação cinética do corpo, principalmente das forças aplicadas no apoio e uma representação da orientação do corpo em relação à gravidade. Com esse esquema corporal a linha de gravidade é controlada. A representação geométrica do corpo permite a comparação da atual postura com a postura esperada, de forma que os ajustes posturais surgem sempre que há discrepância entre essas posturas. A representação cinética inclui o monitoramento das condições do apoio e a mensuração da inércia dos segmentos corporais. Quando alterada esta função, os ajustes podem ser afetados. Dietz et al.²⁰ mostram que em ambiente aquático as respostas posturais estão ausentes.

2 As funções do controle postural

Massion⁴⁶ considera que o controle postural serve para se contrapor à ação da força gravitacional aplicada em cada segmento corporal, mantendo a postura desses segmentos estável durante a execução de um movimento em alguma parte do corpo. Além disso, a partir das informações sensoriais sobre a postura, Massion⁴⁶ sugere a formação de um quadro de referência do corpo, um mapa detalhando a posição de cada segmento do corpo no espaço para auxiliar a percepção do ambiente e o planejamento do movimento do corpo. Desta forma, Massion⁴⁶ sugere que o controle

postural tem uma função antigravitacional e uma função de auxiliar os mecanismos de percepção e ação do movimento.

Rothwell⁶⁸ também indica as funções do controle postural: suporte, estabilidade e equilíbrio. A função de suporte dos segmentos corporais é controlar a atividade muscular para suportar o peso do corpo contra a atração gravitacional. A função de estabilidade é suportar e estabilizar segmentos do corpo quando outras partes entram em movimento, i.é, manter estável o resto do corpo enquanto um segmento realiza um movimento. E a função de equilíbrio é manter o corpo sobre sua base de apoio, principalmente em uma postura ereta. A atividade postural permite estabilizar e otimizar os esforços para que a pretendida posição seja mantida e que sejam promovidos os ajustes necessários por causa de alterações na posição de alguma parte do corpo²⁵.

2.1 Função do controle postural: suporte e equilíbrio

O suporte de cada segmento corporal ocorre pela ação de estruturas passivas (ossos, articulações e tendões) e estruturas ativas (músculos). O controle desse suporte é desempenhado pelo controle postural. Para manter uma postura, é preciso forças musculares em cada articulação do corpo para contrabalançar todas as forças e momentos de força externos que têm a tendência de deslocar os segmentos para outras posições. A soma vetorial das forças e momentos em cada articulação necessita ser zero para manter uma postura. Como a magnitude e direção das forças externas aplicadas são pouco previsíveis, a tarefa de controle não é simples. Além disso, o equilíbrio mecânico é somente atingido momentaneamente e o sistema está constantemente oscilando em torno desses pontos de equilíbrio mecânico. Quando a quantidade de força externa aplicada é estimada, os sistemas sensoriais podem apresentar informações conflitantes sobre a mesma situação. Para resolver este conflito de informações, Loeb et al.⁴², Mergner e Rosemeier⁵⁰ e Morasso et al.⁵¹ sugerem uma estrutura hierárquica no fluxo de informações sensoriais. Esta estrutura hierárquica depende da velocidade resposta e de quais parâmetros são realmente controlados.

No caso do equilíbrio na postura ereta, o principal parâmetro de regulação é a posição do COM³⁵. A forma de modificar a posição do COM é modificar a distribuição de massa do sistema, que no caso do corpo humano acontece quando é mudada a posição dos segmentos corporais. Basicamente, o movimento do COM ocorre pela ação de forças aplicadas no corpo ou pela inércia. As perturbações na base de apoio utilizadas nos estudos sobre postura ereta têm auxiliado no conhecimento das estratégias de regulação do equilíbrio^{17,55} e o efeito da aplicação de perturbações em diferentes partes do corpo⁶⁶. Essas perturbações na postura podem implicar em ajuste postural antecipatório (APA) ou

compensatório (APC). A posturografia dinâmica aborda a postura com perturbações. Outra forma de estudar a regulação do equilíbrio é analisar o balanço postural. O balanço postural é a oscilação observada no COM quando uma pessoa permanece parada. Os estudos que se referem ao balanço postural sem a aplicação de perturbações na postura ereta parada são conhecidos como estudos de posturografia estática.

2.2 Função do controle postural: estabilização

Um sistema estável é aquele cujas características gerais (como média e desvio padrão) não se alteram sob um regime de perturbações. Em um sistema instável, a perturbação modifica o comportamento do sistema de forma pouco ou não previsível. O ajuste postural busca manter estável a postura para a preparação durante ou após a realização de um movimento.

O sistema nervoso central busca preservar a estabilidade da postura a partir de duas ações^{46,64}: ajuste postural antecipatório e ajuste postural compensatório^{39,56}. Bouisset¹⁰ comenta que o movimento pode ser separado em três fases: a preparação, a realização e a efetuação do movimento. O envolvimento do controle postural é evidenciado na primeira e terceira fases. Na preparação para o movimento, APA permite preparar o corpo para as possíveis perturbações causadas pelo deslocamento dos segmentos corporais. O ajuste postural compensatório garante a estabilidade após a perturbação causada pelo movimento.

O APA é o nome genérico para toda atividade postural que acontece antes da realização de um movimento que causa uma perturbação no equilíbrio do corpo, conhecido como movimento focal, ou que acontece antes de uma perturbação externa que pode levar ao desequilíbrio. Sua latência não é alta (no máximo 200 ms). O APA é modulado pela percepção voluntária do início da tarefa², evidenciado pela atividade agonista/antagonista ou sinergista^{57,59,68} ou pela cinética do movimento. Por outro lado, APC é o nome genérico para toda atividade postural que acontece após a realização do movimento focal ou da perturbação externa, podendo estar ou não associado aos próprios ajustes posturais do movimento focal.

2.2.1 Estabilização através do ajuste postural antecipatório

A primeira evidência sobre APA é dada por Belen'kii et al.⁸. E a primeira comparação do APA em pessoas com diferentes tipos de lesão cerebral é dada, em seguida, por Pal'tsev e El'ner⁶⁰. O APA é uma ação pré-programada (considerada como ajuste superestimado ou subestimado que busca prever a magnitude da perturbação), iniciada voluntariamente e desencadeada centralmente³⁹.

Belen'kii et al.⁸ propõem que o APA surge para manter o equilíbrio com o mínimo gasto de energia e surge em grupos musculares que estão associados ao equilíbrio postural e ligados a cadeia cinemática a qual pertence a parte em movimento do corpo. Décadas depois, Chabran et al.¹³ mostram que, quando o APA atua em muitas articulações, serve para minimizar as oscilações ao longo da cadeia cinemática, sugerindo a importante relação entre APA e a própria geração das sinergias que controlam e executam os movimentos.

Massion⁴⁶ indica como prováveis estruturas neurais envolvidas no APA os núcleos da base e o cerebelo³⁸. O APA tem natureza de controle central⁹ e conservadora^{3,56}. Este conservadorismo é justificado na sua ausência quando a perturbação ocorre durante a postura unipodal⁵⁶ ou quando a base de apoio é menor³ ou quando se reduz informação sensorial disponível por causa dos olhos fechados⁵; em uma situação de instabilidade postural, o ajuste antecipatório pode maximizar o efeito da perturbação. São funções do APA^{46,68}: minimizar as perturbações posturais; preparar a postura para o movimento; ajudar a realização do movimento; desenvolver momentos de inércia para se opor aos momentos intersegmentares que criam instabilidades no movimento; e favorecer a atividade muscular necessária para fazer a tarefa, seja por mecanismos de facilitação da atividade neuromuscular ou pelo aumento da atividade eletromiográfica. O APA é um curto movimento realizado antes da ação motora que minimiza as perturbações na postura induzidas pelo movimento⁵⁴. Assim, ocorre a aceleração do corpo na direção contrária à perturbação em razão do movimento de um segmento corporal³⁹.

As respostas observadas quando uma perturbação é aplicada na postura ereta sobre uma base de apoio instável sugerem que o controle do movimento focal e do APA são diferenciados³. Considerando o sistema, Commissaris e Toussaint¹⁶ sugerem uma associação do controle do movimento focal e do ajuste postural⁵ associam o deslocamento do COP originado pelo APA à atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos do tornozelo.

Wolf et al.⁷⁸ consideram que, quando há instabilidade na base de apoio e quando os músculos associados ao movimento focal e ao ajuste postural são idênticos, o mesmo comando central pode desempenhar diferentes papéis, subdividindo-se para o controle do movimento focal e para o controle dos ajustes posturais.

O APA caracteriza-se por deslocamentos prévios ao movimento focal do COP e de segmentos do corpo, preferencialmente na direção oposta à perturbação, e também pela pré-ativação de músculos relacionados à sinergia e cadeia cinemática associada à perturbação. Para a observação do APA é necessária uma perturbação suficiente para causar deslocamento considerável do COM^{16,73,74}. Caso contrário, a resposta é pequena e difícil de ser observada. Para o

controle da postura ereta, o deslocamento do COP é decorrente da necessidade de gerar momento de força e força de reação do solo (FRS) aplicados ao corpo para contrabalançar o deslocamento do COM, para garantir a estabilidade do sistema. No início da marcha, o deslocamento do COP no APA serve para preparar o movimento dos membros inferiores, gerando propulsão⁷.

Aruin³ discute a composição do APA: interação da tarefa postural, a expectativa da perturbação e a ação motora. Realizando uma série de experimentos, manipulando estas variáveis (fixando duas e variando a outra), Aruin³ mostra que o APA depende da intensidade da perturbação, da estabilidade postural, do plano da perturbação e instabilidade, da área de suporte, da velocidade do movimento e da percepção do início da perturbação.

Os estudos relacionados ao APA variam tais fatores e verificam o efeito resultante. Um fator importante é que a perturbação deve ser percebida pelo indivíduo e desencadeada por ele para haver uma melhor caracterização do APA. Aruin³ indica que o APA varia a intensidade de resposta em relação ao plano de perturbação, a posição do COM em relação à base de apoio, a área de suporte, a velocidade do movimento, a intensidade e expectativa pela perturbação, o tipo de ação motora e ação motora. O escalonamento do APA surge por causa do nível de expectativa da perturbação^{4,11,23,74,75}. Para uma mesma ação motora, observamos o APA em diferentes músculos¹⁰ com a mesma ordem de ativação/inibição de músculos. O APA pode ser observado para diferentes tipos de movimentos focais¹⁸.

Ao estudar diferentes tarefas motoras e variações dentro de uma mesma tarefa motora, Crenna e Frigo¹⁸ mostram correlação entre a modulação da latência dos músculos ativados durante APA. É interessante notar que mesmo a partir de diferentes latências, o resultado físico é o deslocamento para trás do COP. Woollacott et al.⁸⁰ sugerem uma redução da latência dos músculos associados ao ajuste postural com a repetição da execução do movimento focal.

A flexibilidade das respostas posturais é ajustada pelas condições iniciais³². Em condições iniciais alteradas, a invariância entre sinergia e estratégia postural é quebrada. Assim, a sinergia se modela para manter a estratégia escolhida⁴³.

2.2.2 Estabilização através do ajuste postural compensatório

Quando o APA não minimiza os efeitos da perturbação, o controle postural usa outra estratégia para garantir a estabilidade do sistema^{13,73,74}; o APC é desencadeado e regulado pelo APA³¹ e depende da informação sensorial disponível e das condições do ambiente.

Mecanismos diferentes estão disponíveis para controlar a postura e eles simplesmente dependem da natureza de

controle: respostas voluntárias ou automáticas. As respostas automáticas para controlar postura incluem o APC. Estas respostas posturais produzem forças líquidas aproximadamente iguais e na direção oposta às forças de perturbação⁴³.

A percepção de perturbações pode ocorrer por uma mudança da posição do COM e pela mudança do torque nas articulações³⁴. O monitoramento da instabilidade postural desencadeia o processo de ajuste postural compensatório. Essas perturbações inesperadas podem ser compensadas por reflexos musculares que induzem movimentos compensatórios de curta latência envolvendo a ativação de diferentes grupos musculares⁵⁵.

O exemplo típico de APC é a estratégia postural. A estratégia postural é selecionada pelo sistema de controle postural para garantir a estabilidade. A estratégia de manutenção da postura ereta define como o sistema de controle postural controla a instabilidade causada por um movimento da base de suporte ou do corpo. Estudos demonstram que, na postura ereta parada, as estratégias de regulação do equilíbrio se baseiam no controle de movimento de algumas articulações. Para a direção ântero-posterior (AP), três estratégias são conhecidas^{55,76,79}: estratégia do tornozelo, estratégia do quadril e estratégia do passo. Para a direção médio-lateral (ML), há a estratégia de deslocamento do peso.

Alguns estudos^{1,55,77} mostram que o corpo humano em postura ereta parada se comporta como um pêndulo invertido na direção AP. Quando são induzidas perturbações nesta direção, Horak e Nashner³⁴ mostram padrões de atividade eletromiográfica em relação à direção da perturbação. Para perturbações que deslocam o corpo para frente, a ordem de resposta de músculos relacionados ao tornozelo, joelho e quadril é distal-proximal, da mesma forma que é observado em perturbações que levam ao deslocamento posterior do COM, sendo esta é a estratégia do tornozelo. Para perturbações de maior intensidade, ou quando a atividade dos músculos do tornozelo está impedida, é observado que a ordem de ativação muscular se altera, tornando-se proximal-distal, caracterizando a estratégia do quadril.

A vantagem em considerar a postura ereta como um pêndulo invertido é associar ao COP o movimento do COM através da plataforma de força^{38,77}. É controverso, mas COM e COP são distintos. Tem sido mostrado que os deslocamentos do COP e COM são paralelos^{30,76,77}, distintos⁷⁶ e caracterizadores de diferentes fenômenos. Enquanto o deslocamento do COM é causado pelo movimento dos segmentos corporais, o deslocamento do COP surge pela variação da FRS, pela aceleração do COM, pelo momento de inércia do corpo e pelas forças musculares aplicadas no tornozelo.

A amplitude máxima do COP é a representação da oscilação que o corpo apresenta sem modificar a postura

que está sendo mantida. Anteriormente a Winter⁷⁶ e Winter et al.⁷⁷, o principal paradigma experimental para estudo da regulação da postura ereta se baseava na análise do COP mensurado com apenas uma plataforma de força. Este COP, na apresentação de resultado chamado de COP global ou COPG, é resultado das oscilações de FRS e dos momentos de forças aplicados na plataforma de força. Estas forças e momentos mensurados na plataforma de força são formas de resposta às oscilações ocorridas no COM e às forças inerciais de todos segmentos corporais.

Modificando o paradigma experimental clássico, Winter⁷⁶ utiliza duas plataformas de força para mensurar COP. Em cada plataforma está um apoio para estudar separadamente cada um na manutenção da postura ereta. Para conduzir esses estudos, outras posturas são utilizadas, a postura Tandem e de pés em 45°. Então, para se determinar o COP global, soma-se COP de cada apoio ponderado pelo peso relativo (proporção do componente vertical da FRS sob cada apoio e global em cada apoio).

Winter⁷⁶ mostra como separar a contribuição da estratégia do tornozelo e o mecanismo de carga/descarga efetuado pela estratégia do quadril. Assumindo que não existe ativação do mecanismo de carga/descarga, o peso relativo em cada apoio é igual entre si e tem valor de 0,5. Como COP global é a soma ponderada pelos pesos relativos em cada apoio do COP, é simples determinar COP resultante somente pela atuação do tornozelo. COP global produzido pelo tornozelo é calculado pela soma dos COP de cada apoio multiplicado por 0,5. A diferença entre COP global e COP do tornozelo fornece COP produzido pelo movimento do quadril. Quando os apoios estão paralelos, Winter⁷⁶ mostra que esses dois mecanismos de regulação são ortogonais e independentes. Variando o posicionamento dos apoios, verifica-se que as trajetórias destes componentes do COP não são ortogonais e independentes. Por esta razão, Winter⁷⁶ conclui que a análise de difusão¹⁵ é incorreta porque assume o mesmo mecanismo de controle para COP na direção AP (APCOP) e COP na direção médio-lateral (MLCOP). A análise de difusão sugere dois subsistemas de controle postural: um controle aberto, sem o uso de mecanismos de *feedback*, e outro fechado que usa o *feedback* sensorial.

Winter⁷⁶ mostra que a disposição dos apoios pode influenciar a escolha da estratégia de regulação do equilíbrio. Com os apoios posicionados paralelamente, o balanço postural é compensado pelos músculos flexores plantar e dorsal do tornozelo. Quando o balanço assume maior magnitude ou quando estes músculos estão impedidos de agir, a estratégia do quadril é utilizada para restaurar a estabilidade do sistema. Winter⁷⁶ sugere que na direção ML a estratégia do quadril é a principal reguladora do equilíbrio e está relacionada ao mecanismo de aumento de força vertical nos apoios.

Rietdyk et al.⁶⁶ desenvolvem hipóteses sobre estratégias

de controle do equilíbrio postural, adicionando outra forma de transferência bilateral do peso: a inclinação lateral da coluna na região das vértebras L4-L5. Aplicando perturbações na direção ML, o mecanismo de transferência de peso também é realizado por movimentos nessa parte do tronco.

3 Adaptação dos ajustes posturais

Os mecanismos relacionados ao desenvolvimento dos ajustes posturais provavelmente dependem da experiência anterior. Nashner e McCollum⁵⁵ sugerem que o efeito da repetição no ajuste postural é o ajuste fino da atividade muscular. Entretanto, Hadders-Aldra et al.²⁸, Perrin et al.⁶² e Sveistrup e Woollacott⁷² questionam se o treinamento modifica o desenvolvimento das respostas posturais. Esta possibilidade já havia sido anunciada por Belen'kii et al.⁸. Em particular, os efeitos da transferência das habilidades posturais não estão bem explicados. É importante notar que Hansen et al.²⁸ não encontram diferenças entre os ajustes posturais gerados por diferentes condições de tarefa motora ou mesmo encontram progressivas alterações nos ajustes em uma seqüência de três a cinco repetições. Estes autores sugerem que a modificação no ajuste postural a uma nova perturbação ocorre logo na primeira tentativa da tarefa motora.

A modulação do APA pode ocorrer pelo movimento posterior²⁴. A habituação às perturbações repetidas ocorre independente das conseqüências potenciais da instabilidade¹². Esta habituação ocorre no estudo de Brown e Frank¹² quando, à medida que se repetem as perturbações aplicadas na postura ereta, a amplitude do COP se aproxima mais do limite da base de suporte, no entanto sem causar maior instabilidade postural. Quando o intervalo entre repetidas perturbações é pequeno, a ação do ajuste postural é prejudicada¹⁴. A existência do período refratário para o APA reduz sua eficiência em tarefa com repetição de perturbações porque sua ineficiência causa o acúmulo do efeito das perturbações¹⁴. Do e Yiou²¹ consideram que a performance do movimento focal em tarefas de precisão pode reduzir se o movimento focal ocorrer no período refratário do APA. Estes resultados indicam que APA pode influenciar uma seqüência de movimentos e não apenas o movimento focal.

O APA auxilia o deslocamento do corpo⁷¹. No salto vertical, observa-se deslocamento para trás do COP escalonado com a altura do salto realizado⁴⁰, de forma que APA é usado para se antecipar a uma seqüência de movimentos. De fato, em uma seqüência de saltos verticais, o APA se esciona com a seqüência total dos saltos⁴⁰.

Além da repetição da tarefa, as experiências motoras podem afetar o rendimento do ajuste postural. A ginástica

olímpica e a dança são duas atividades que continuamente requerem uma boa habilidade para controlar o equilíbrio. Mouchnino et al.⁵² mostram que dançarinos têm uma estratégia para o controle postural diferenciada de pessoas sem experiência em tarefas com grande demanda para o controle do equilíbrio. Os autores refletem sobre a incapacidade dos inexperientes em gerar uma resposta semelhante aos dançarinos e sugerem que a coordenação apresentada pelos mesmos é resultante do treinamento de dança, auxiliando a elaboração de um diferente programa motor para resolver o problema de perturbação postural imposto pela tarefa motora do experimento. Em relação às mudanças que ocorrem nos ajustes posturais por causa de repetição da tarefa motora, Horak³² indica que a redução da magnitude da atividade muscular ou a redução da atividade de músculos associadas ao ajuste ou ativação de outros músculos ocorre na busca de uma resposta mais ou menos vigorosa. Entretanto, não é percebida a mudança da latência dos músculos. Outra observação é que o tempo para atingir uma posição estável cai³². E o pico de deslocamento do COP é menor com a progressão das tentativas⁴⁴.

Riach e Hayes⁶⁵ apresentam a existência de uma oscilação decrescente do COM em crianças com idades de 2 a 14 anos. Esta oscilação também é significativamente correlacionada com o peso corporal e estatura. Os autores argumentam que a oscilação do COM diminui através das idades porque crianças jovens não tiram proveito da fixação visual em um objeto estacionário como as crianças mais velhas que usam esta informação para reduzir oscilação do COM. Golomer et al.²⁶ investigam os efeitos da maturação na oscilação postural em indivíduos do sexo feminino que estão na pré-puberdade e pós-puberdade e que treinam ginástica olímpica ou dança. Os autores encontram espectros de frequência do establograma diferentes de acordo com a faixa etária e a atividade física. As frequências com maiores amplitudes mudam em relação à faixa etária, apontando para o possível efeito da maturação na oscilação postural característica. Ledebt et al.⁴¹ sugerem que o aumento da idade favorece o desenvolvimento dos ajustes posturais. Por outro lado, Debu e Woollacott¹⁹ não acham algum efeito significativo da idade em respostas posturais. Schimitz et al.⁶⁹ indicam que o ajuste postural antecipatório em crianças novas (até dois anos) é diferente do padrão em adultos para tarefas de locomoção. Em especial, crianças desta idade apresentam intravariabilidade aumentada.

Hay e Redon³¹ mostram que a antecipação no controle postural aumenta com a idade quando observam-se as respostas posturais em crianças de quatro até nove anos. Este aumento, entretanto, não é monotônico e é acompanhado pelo aumento da consistência no padrão cinemático das respostas posturais.

Mouchnino et al.⁵² estudam a coordenação entre o controle do equilíbrio e a orientação da cabeça e tronco durante o movimento lateral da coxa. Observam que a

seqüência elaborada de coordenação em razão de execução da tarefa apresenta uma fase balística, quando surge um impulso no apoio da coxa a ser elevada. Em seguida, há um componente de ajuste do COM para colocá-lo na posição final, a fase de estabilização. Participam deste estudo dançarinos e pessoas sem experiência com dança. Duas diferenças foram observadas na amostra experimental: a posição final do COM é próxima à posição do COM no fim da fase balística do ajuste para os dançarinos, diferente dos inexperientes que tiveram componente de ajuste bem mais longo; a posição do ajuste nos dançarinos ocorre na direção da base de suporte, provavelmente porque estes têm uma representação interna acurada dos limites de equilíbrio na base de suporte. Em relação a nomeação dessas fases do ajuste postural, Mouchnino et al.⁵³ sugerem que a fase balística na verdade é uma fase de transição de apoios. É durante esta fase que ocorre a transferência do COM para o apoio restante após a elevação da coxa e precede a fase de apoio unipodal, na qual acontece a transferência de peso para a realização do movimento focal. A segunda fase, a fase de estabilização, não depende das condições gravitacionais e é estereotipada.

A transição da fase de duplo apoio, que coincidentemente ocorre na fase de transferência, para a fase de apoio unipodal durante a elevação da coxa depende da velocidade do movimento focal⁶⁷. O nível de velocidade do movimento focal reflete-se na seleção das estratégias utilizadas no ajuste postural. Esta escolha está associada às necessidades mecânicas para transpassar a inércia existente na transição da postura bipodal para unipodal.

Sveistrup e Woollacott⁷² examinam os efeitos da experiência com respostas automáticas da postura. Dois grupos de crianças (treinadas e não-treinadas) são testados em uma tarefa de sentar e se equilibrar com um apoio seguido

de um movimento para frente ou para trás da superfície de apoio. Seus resultados indicam que o desenvolvimento de parâmetros seletivos das respostas posturais automáticas (ativação funcional e numérica apropriada de músculos posturais) é afetada pela experiência.

Woollacott et al.⁸⁰ examinam os ajustes posturais durante oscilações da base de suporte para inferir o efeito da repetição da perturbação nos ajustes. Eles observam a diminuição da amplitude e redução da latência dos músculos antagonistas em uma seqüência de 16 tentativas e encontram menor aceleração na cabeça e menores deslocamentos da cabeça e ombro nas últimas tentativas.

Os estudos citados nesta parte do texto indicam que os ajustes posturais podem ser modificados pela maturação e pela experiência motora, sugerindo que os ajustes posturais podem ser aprendidos³².

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle postural é responsável por diferentes e importantes funções na postura ereta. Estas funções desempenham papéis importantes no próprio comportamento motor humano e junto com o controle da execução de movimentos voluntários permite o melhor entendimento do controle de uma ação motora. A presença de algum estado patológico no corpo humano pode alterar o comportamento dessas funções, logo é importante ter o conhecimento sobre cada uma das funções do controle postural. Estas informações também são importantes porque os ajustes posturais não resultam de estruturas internas rígidas, mas modificáveis pelo tempo e pela aprendizagem, podendo ser objeto de tratamento em programas de reabilitação neuromotora.

Agradecimentos: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio para execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. AGGASHYAN, R. V.; PAL'STEV, Y. I. Reproduction of certain special aspects of the dynamics of the maintenance of the vertical posture by man using a mathematical model. *Biophysics*, v. 20, n. 1, p. 137-42, 1975.
2. ARUIN, A. S. Anticipatory postural adjustments in health and disease. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 3, p. 8., 1998. Suplemento.
3. ARUIN, A. S.; FORREST, W. R.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, v. 109, p. 350-9, 1998.
4. ARUIN, A. S.; LATASH, M. L. The role of motor action in anticipatory postural adjustments studied with self-induced and externally triggered perturbations. *Exp. Brain Res.*, v. 106, p. 291-300, 1995.
5. ARUIN, A. S.; OTA, T.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments associated with lateral and rotational perturbations during standing. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, v. 11, n. 1, p. 39-51, 2001.
6. ARUIN, A. S.; SHIRATORI, T.; LATASH, M. L. The role of action in postural preparation for loading and unloading in standing subjects. *Exp. Brain Res.*, v. 138, p. 458-66, 2001.
7. ASSAIANTE, C.; WOOLLACOTT, M.; AMBLARD, B. Development of postural adjustment during gait initiation: kinematics and EMG analysis. *J. Motor Behav.*, v. 32, n. 3, p. 211-26, 2000.
8. BELEN'KII, V.Ye.; GURFINKEL, V. S.; PAL'TSEV, Ye. I. Elements of control of voluntary movements. *Biofizika*, v. 12, n. 1, p. 135-41, 1967.
9. BENVENUTTI, F.; STANHOPE, S. J.; THOMAS, S. L.; PANZER, V. P.; HALLETT, M. Flexibility of anticipatory postural adjustments revealed by self-paced and reaction-time arm movements. *Brain Res.*, v. 761, p. 59-70, 1997.

10. BOUISSET, S. Voluntary movement as perturbation to balance: posturo-kinetic capacity in the able-bodied and the disable. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 3, p. 24, 1998. Suplemento.
11. BOUISSET, S.; RICHARDSON, J.; ZATTARA, M. Are amplitude and duration of anticipatory postural adjustments identically scaled to focal movement parameters in humans? *Neurosci. Lett.*, v. 278, p. 153-8, 2000.
12. BROWN, L. A.; FRANK, J. S. Postural compensations to the potential consequences of instability: kinematics. *Gait Posture*, v.6, p.89-97, 1997.
13. CHABRAN, E.; Fourment, A.; Maton, B.; Ribreau, C. Chronology of upper limb anticipatory postural adjustments associated with voluntary wrist flexions and extensions in humans. *Neurosci. Lett.*, v. 268, p. 13-6, 1999.
14. CHONG, R. K. Y.; HORAK, F. B.; WOOLLACOTT, M. H. Time-dependent influence of sensorimotor set on automatic responses in perturbed stance. *Exp. Brain Res.*, v. 124, p. 513-9, 1999.
15. COLLINS, J. J.; DELUCA, C. J. Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp. Brain Res.*, v. 95, p. 308-18, 1993.
16. COMMISSARIS, D. A. C.; TOUSSAINT, H. M. Anticipatory postural adjustments in a bimanual, whole body lifting task with an object of known weight. *Human Mov. Sci.*, v. 16, p. 407-31, 1997.
17. CORNA, S.; TARANTOLA, J.; NARDONE, A.; GIORDANO, A.; SCHIEPPATI, M. Standing on a continuously moving platform: is body inertia counteracted or exploited? *Exp. Brain Res.*, v. 124, p. 331-41, 1999.
18. CRENNNA, P.; FRIGO, C. A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. *J. Physiol.*, v. 437, p. 635-53, 1991.
19. DEBU, B.; WOOLLACOTT, M. Effects of gymnastics training on postural responses to stand perturbations. *J. Motor Behav.*, v. 20, n. 3, p. 273-300, 1988.
20. DIETZ, V.; HORSTMANN, G. A.; BERGER, W. Significance of proprioceptive mechanisms in the regulation of stance. *Prog. Brain Res.*, v. 80, p.419-23; 395-7, 1989.
21. DO, M. C.; YIOU, E. Do centrally programmed anticipatory postural adjustments in fast stepping affect performance of an associated "touche" movement? *Exp. Brain Res.*, v. 129, p. 462-6, 1999.
22. FITZPATRICK, R.; MCCLOSKEY, D.I. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *J. Physiol.*, v. 478, n. 1, p. 173-86, 1994.
23. FORSSBERG, H.; JUCAITE, A.; HADDERS-ALGRA, M. Shared memory representations for programming of lifting movements and associated whole body postural adjustments in humans. *Neurosci. Lett.*, v. 273, p. 9-12, 1999.
24. GÉLLAT, T.; BRENIÈRE, Y. Adaptation of the gait initiation process for stepping on to a new level using a single step. *Exp. Brain Res.*, v. 133, p. 538-46, 2000.
25. GHEZ, C. POSTURE. IN: KANDEL, E.R; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. (Ed.). *Principles of neural science*. 3. ed. London: Prentice-Hall International, 1991. p. 250-83.
26. GOLOMER, E.; DUPUI, P.; MONOD, h. The effects of maturation on self induced dynamic body sway frequencies of girls performing acrobatics or classical dance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.76, p.140-4, 1997.
27. GUERRAZ, M.; THILO, K. V.; BRONSTEIN, A. M.; GREYSTY, M. A. Influence of action and expectation on visual control of posture. *Cognit. Brain Res.*, v. 11, p. 259-66, 2000.
28. HADDERS-ALGRA, M.; BROGREN, E.; FORSSBERG, H. Training affects the development of postural adjustments in sitting infants. *J. Physiol.*, v. 493, p. 289-98, 1996.
29. HANSEN, P. D.; WOOLLACOTT, M. H.; DEBU, B. Postural responses to changing task conditions. *Exp. Brain Res.*, v. 73, p. 627-36, 1988.
30. HASAN, S. S.; ROBIN, D. W.; SZURKUS, D. C.; ASHMED, D. H.; PETERSON, S. W.; SHIAYI, R. G. Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part II: amplitude and frequency data. *Gait Posture*, v. 4, p. 11-20, 1996.
31. HAY, L.; REDON, C. Feedforward versus feedback control in children and adults subjected to a postural disturbance. *Exp. Brain Res.*, v. 125, p. 153-62, 1999.
32. HORAK, F. B. Adaptation of automatic postural responses. In: BLOEDEL, J. R.; EBNER, T. J.; WISE, S. P. (Ed.). *The acquisition of motor behavior in vertebrates*. Cambridge: MIT, 1996. p.57-87.
33. HORAK, F. B.; HLAVACKA, F. Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity. *J. Neurophysiol.*, v. 86, p. 575-85, 2001.
34. HORAK, F. B.; NASHNER, L. M.; DIENER, H. C. Influence of central set on human postural responses. *J. Neurophysiol.*, v. 62, p. 841-53, 1989.
35. HORSTMANN, G.A.; DIETZ, V. A basic posture control mechanism: the stabilization of the centre of gravity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, v. 76, p. 165-76, 1990.
36. ISABLEAU, B.; OHLMANN, T.; CRÉMIEUX, J.; AMBLARD, B. Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Exp. Brain Res.*, v. 114, p. 584-9, 1997.
37. LANG, C. E.; BASTIAN, A. J. Cerebellar subjects show impaired adaptation of anticipatory EMG during catching. *J. Neurophysiol.*, v. 82, p. 2108-19, 1999.
38. LANSHAMMAR, H.; KARLSSON, A. Analysis of postural strategies using force plate data and inverted pendulum model. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMECHANICS, 15. Jyväskylä, Finland, 1995. *Abstracts*. Jyväskylä, Finland, 1995. p. 530-1.
39. LATASH, m. I. Neurophysiological basis of human movement. Champaign: Human Kinetics, 1997
40. LE PELLE, A.; MATON, B. Anticipatory postural adjustments depend on final equilibrium and task complexity in vertical high jump movements. *J. Electromyogr: Kinesiol.*, v. 10, p. 171-8, 2000.
41. LEDEBT, A.; BRIL, B.; BRENIÈRE, Y. The build-up of anticipatory behaviour. *Exp. Brain Res.*, v. 120, p. 9-17, 1998.
42. LOEB, G. E.; BROWN, I. E.; CHENG, E. J. A hierarchical foundation for models of sensorimotor control. *Exp. Brain Res.*, v.126, p.1-18, 1999.
43. MACPHERSON, J. M. How flexible are muscle synergies. In: HUMPHREY, D. R.; FREUND, H.-J. (Ed.). *Motor control: concepts and issues*. Chichester: John Wiley & Sons, 1991. p.33-47.
44. MAKI, B. E.; WHITELAW, R. S. Influence of expectation and arousal on center-of-pressure responses to transient postural perturbations. *J. Vestib. Res.*, v. 3, p. 25-39, 1993.
45. MASSION, J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog. Neurobiol.*, v. 38, p. 35-56, 1992.
46. MASSION, J. Postural control systems in developmental

- perspective. *Neurosci. Behav. Rev.*, v. 22, p. 465-72, 1998.
47. MASSION, J.; WOOLLACOTT, M. H. Posture control. In: Bronstein, A. M.; Brandt, T.; Woollacott, M. H. *Clinical disorders of posture and gait*. London: Arnold, 1996.
 48. Maurer, C.; Mergner, T.; Bolha, B.; Hlavacka, F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neurosci. Lett.*, v. 281, p. 99-102, 2000.
 49. McCOLLUM G.; SHUPERT, C. L.; NASHNER, L. M. Organizing sensory information for postural control in altered sensory environments. *J. Theor. Biol.*, v. 180, n. 3, p. 257-70, 1996.
 50. MERGNER, T.; ROSEMEIER, T. Interaction of vestibular, somatosensory and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity conditions: a conceptual model. *Brain Res. Rev.*, v. 28, p. 118-35, 1998.
 51. MORASSO, P. G.; BARATTO, L.; CAPRA, R.; SPADA, G. Internal models in the control of posture. *Neural. Netw.*, v. 12, p. 1173-80, 1999.
 52. MOUCHNINO, L.; AURENTY, R.; MASSION, J.; PEDOTTI, A. Coordination between equilibrium and head-trunk orientation during leg movement: a new strategy built up by training. *J. Neurophysiol.*, v. 67, n. 2, p. 1587-98, 1992.
 53. MOUCHNINO, L.; CINCERA, M.; FABRE, J.-C.; ASSAIANTE, C.; AMBLARD, B.; PEDOTTI, A.; MASSION, J. Is the regulation of the center of mass maintained during leg movement under microgravity conditions? *J. Neurophysiol.*, v. 76, n. 2, p. 1212-23, 1996.
 54. NARDONE, A.; SCHIEPPATI, M. Postural adjustments associated with voluntary contraction of leg muscles in standing man. *Exp. Brain Res.*, v. 69, p. 469-80, 1988.
 55. NASHNER, L. M.; McCOLLUM, G. The organization of postural movements: a formal basis and experimental synthesis. *Behav. Brain Sci.*, v. 8, p. 135-72, 1985.
 56. NOUILLOT, P.; BOUISSET, S.; DO, M. C. Do fast voluntary movements necessitate anticipatory postural adjustments even if equilibrium is unstable? *Neurosci. Lett.*, v. 147, p. 1-4, 1992.
 57. ODDSSON, L. Co-ordination of a simple voluntary multi-joint movement with postural demands: trunk extension in standing man. *Acta Physiol. Scand.*, v. 134, p. 109-18, 1988.
 58. ODDSSON, L.; THORSTENSSON, A. Fast voluntary trunk flexion movements in standing: primary movements and associated postural adjustments. *Acta Physiol. Scand.*, v. 128, p. 341-9, 1986.
 59. ODDSSON, L.; THORSTENSSON, A. Fast voluntary trunk flexion movements in standing: motor patterns. *Acta Physiol. Scand.*, v. 129, p. 93-106, 1987.
 60. PAL'TSEV, Ye. I.; EL'NER, A. M. Preparatory and compensatory period during voluntary movement in patients with involvement of the brain of different localization. *Biofizika*, v. 12, n. 1, p. 142-7, 1967.
 61. PATTON, J. L.; LEE, W. A.; PAI, Y. C. Relative stability improves with experience in a dynamic standing task. *Exp. Brain Res.*, v. 135, n. 1, p. 117-26, 2000.
 62. PERRIN, P.; SCHNEIDER, D.; DEVITERNE, D.; PERROT, C.; CONSTANTINESCU, L. Training improves the adaptation to changing visual conditions in maintaining human posture control in a test of sinusoidal oscillation of the support. *Neurosci. Lett.*, v. 245, n. 3, p. 155-8, 1998.
 63. POPOVIC, D. B. Control of movements. In: BRONZINO, J. D. *The Biomedical engineering handbook*. New Jersey: IEEE, 1993. p. 2099-106
 64. RAMOS, C. F.; STARK, L. W. Postural maintenance during fast forward bending: a model simulation experiment determines the reduced trajectory. *Exp. Brain Res.*, v. 82, p. 651-7, 1990.
 65. RIACH, C. L.; HAYES, K. C. Maturation of postural sway in young-children. *Dev. Med. Child Neurol.*, v. 29, n. 5. p. 650-8, 1987.
 66. RIETDYK, S.; PATLA, A. E.; WINTER, D. A.; ISHAC, M. G., LITTLE, C. E. Balance recovery from medio-lateral perturbations of the upper body during standing. *J. Biomech.*, v. 32, p. 1149-58, 1999.
 67. ROGERS, M. W.; PAI, Y. C. Dynamic transitions in stance support accompanying leg flexion movements in man. *Exp. Brain Res.*, v. 81, p. 398-402, 1990.
 68. ROTHWELL, J. *Control of human voluntary movement*. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1994.
 69. SCHMITZ, C.; MARTIN, N.; ASSAIANTE, C. Development of anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children. *Exp. Brain Res.*, v. 126, p. 200-4, 1999.
 70. SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. The growth of stability: postural control from development perspective. *J. Motor Behav.*, v. 17, n. 2, p. 131-47, 1985.
 71. STAPLEY, P.; POZZO, T.; GRISHIN, A. The role of anticipatory postural adjustments during whole body forward reaching movements. *Neuroreport*, v. 9, p. 395-401, 1998.
 72. SVEISTRUP, H.; WOOLLACOTT, M. H. Practice modifies the developing automatic postural response. *Exp. Brain Res.*, v. 114, p. 33-43, 1997.
 73. TOUSSAINT, H. M.; COMMISSARIS, D. A. C.; HOOSEMANS, M. J. M.; OBER, M. J.; BEEK, P. J. Anticipatory postural adjustments before load pickup in a bimanual whole body lifting task. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 29, n. 9, p. 1208-15, 1997.
 74. TOUSSAINT, H. M.; MICHIES, Y. M.; FABER, M. N.; COMMISSARIS, D. A. C.; VAN DIEËN, J. H. Scaling anticipatory postural adjustments dependent on confidence of load estimation in a bimanual whole-body lifting task. *Exp. Brain Res.*, v. 120, p. 85-94, 1998.
 75. WING, A. M.; FLANAGAN, J. R.; RICHARDSON, J. Anticipatory postural adjustments in stance and grip. *Exp. Brain Res.*, v. 116, p. 122-30, 1997.
 76. WINTER, D. A. *A B C of balance during standing and walking*. Waterloo: Graphic Services, 1995.
 77. WINTER, D. A.; PRINCE, F.; FRANK, J. S.; POWELL, C.; ZABJEK, K. F. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet standing. *J. Neurophysiol.*, v. 75, n. 6, p. 2334-43, 1996.
 78. WOLF, S. D.; SLIPJER, H.; LATASH, M. L. Anticipatory postural adjustments during self-paced and reaction-time movements. *Exp. Brain Res.*, v. 121, p. 7-19, 1998.
 79. WOOLLACOTT, M. H.; SHUMWAY-COOK, A. Changes in posture control across the life span: a systems approach. *Phys. Ther.*, v. 70, p. 799-807, 1990.
 80. WOOLLACOTT, M. H.; VON HOSTEN, C.; RÖSBLAD, R. Relation between muscle response onset and body segmental movements during postural perturbations in humans. *Exp. Brain Res.*, v. 72, p. 593-604, 1988.

Recebido para publicação: 05/09/2002

Aceito para publicação: 15/10/2002