

A contribuição visual para o controle postural

The visual contribution for the postural control

Antonio Vinicius Soares¹

RESUMO

Objetivo. O objetivo desta revisão de literatura foi levantar e discutir estudos sobre a contribuição visual para o controle postural, aspecto este, notoriamente necessário para o controle motor como um todo. **Método.** Foram revisados livros e artigos indexados nas bases de dados *Scielo*, *Lilacs*, *PubMed Central*, *Medscape Neurology*, publicados de 1987 a 2009, em inglês e português. **Resultados.** Revisaram-se os aspectos mais relevantes sobre a visão como um sistema sensorial especial; a sua relação com os sistemas somato-sensorial e vestibular; os centros neurais integradores e as vias descendentes para o controle postural. Em seguida, foram abordados aspectos quanto à contribuição visual para o sistema de controle postural ao longo do desenvolvimento, pesquisas sobre o controle postural em cegos e em pacientes com distúrbios neurológicos. **Conclusão.** Embora a Teoria Ecológica proposta por James Gibson ainda considerada nova no campo da fisioterapia, os achados teóricos e de pesquisa poderão, com o tempo, avançar o suficiente para explicar como o sistema musculoesquelético é utilizado para restringir e organizar habilidades funcionais.

Unitermos. Visão, Equilíbrio Músculo-esquelético, Postura.

Citação. Soares AV. A contribuição visual para o controle postural.

ABSTRACT

Objective. The objective of this review of literature was to raise and discuss studies on the visual contribution for the postural control, this aspect, notoriously necessary to motor control as a whole. **Method.** We reviewed books and articles indexed in databases *Scielo*, *Lilacs*, *PubMed Central*, *Medscape Neurology*, published from 1987 to 2009, in English and Portuguese. **Results.** It was also reviewed is the most relevant aspects of the vision as a special sensory system; its relationship with the vestibular and somato-sensory systems, and neural centers integrators and pathways descendants to postural control. Following, then aspects were discussed about the contribution to the visual system of postural control through the development, research on postural control in blind and neurological patients. **Conclusion.** Although the James Gibson's Ecologic Theory is considered new to the Physical Therapist, the theoretic and research findings can explain how the musculoskeletal system is used to restrict and organize the functional abilities.

Keywords. Vision, Musculoskeletal Equilibrium, Posture.

Citation. Soares AV. The visual contribution for the postural control.

Trabalho realizado no Núcleo de Pesquisas em Neuroreabilitação – NUPEN da Associação Catarinense de Ensino – ACE, Joinville-SC, Brasil.

1. Fisioterapeuta, Mestre em Ciências do Movimento Humano, Coordenador do Núcleo de Pesquisas em Neuroreabilitação – NUPEN da Associação Catarinense de Ensino – ACE, Professor do Bom Jesus/IELUSC, Joinville-SC, Brasil.

Endereço para correspondência:

Núcleo de Pesquisas em Neuroreabilitação – NUPEN
Associação Catarinense de Ensino – ACE
R São José, 490, Centro
CEP 89202-010, Joinville-SC, Brasil.
E-mail: vinicius.soares@ace.br

Revisão
Recebido em: 19/05/09
Aceito em: 27/08/09
Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

O controle postural normal exige uma intrínca da interação entre os diversos sistemas sensoriais, centros neurais integradores, vias descendentes de controle e sistema músculo-esquelético. Cabe lembrar, que estes aspectos intrínsecos do indivíduo, interagem com outros, relacionados com o ambiente e com as demandas naturais exigidas no contexto que resultará a ação ou tarefa.

Nesta revisão o controle postural foi abordado em sentido amplo, considerando-se a orientação postural como a capacidade de manter adequadamente a relação entre os segmentos do corpo e entre o corpo e o ambiente, para execução de uma determinada tarefa; e ainda, a estabilidade postural, ou equilíbrio, definida como a capacidade de manter o centro de massa dentro dos limites da base de apoio, denominados limites da estabilidade. Estes limites não são fixos e modificam-se de acordo com a tarefa a ser executada, a biomecânica individual e a demanda ambiental¹.

Dos vários componentes inerentes ao indivíduo envolvidos no controle postural estão os sistemas sensoriais. Dentre àqueles implicados diretamente com esta função estão os sistemas visual, vestibular e somatossensorial, em especial as informações proprioceptivas e cutâneas plantares².

A visão predomina sobre todos os sistemas sensoriais, e os seres humanos realmente tendem sempre que possível, utilizar e confiar principalmente na visão para muitas funções simples e complexas que exigem controle coordenado^{3,4}.

É por meio da visão que obtemos as mais relevantes informações sobre o ambiente que estamos. Também através da visão temos diversas referências da forma, tamanho, cor, posição e movimento de tudo que está à nossa volta, permitindo o controle dos mais variados movimentos necessários para a execução da ação ou tarefa específica em qualquer ambiente^{1,3,5}. Contudo, existem diversas questões importantes sobre o tema ainda passíveis de investigação, como por exemplo: como cada modalidade sensorial contribui para o controle postural? Existe predominância de uma modalidade sensorial sobre as demais? Qual a contribuição da visão para o sistema de controle postural ao longo do desenvolvimento? Como funciona o sistema de controle postural em cegos e em pacientes com distúrbios neurológicos?

O objetivo desta revisão é tentar elucidar estas intrigantes questões levantadas sobre a contribuição visual para o controle postural.

MÉTODO

Foram revisados livros e artigos indexados nas bases de dados *Scielo*, *Lilacs*, *PubMed Central*, *Medscape Neurology*, publicados de 1987 a 2009, em inglês e português. Foram pesquisados os seguintes unitermos: visão e controle postural, visão e equilíbrio, equilíbrio, controle postural, orientação postural, estabilidade postural, informações sensoriais e controle postural.

RESULTADOS

Inicialmente, esta revisão aborda os aspectos mais relevantes sobre a visão como um sistema sensorial especial; a sua relação com os sistemas somatossensorial e vestibular; os centros neurais integradores e as vias descendentes para o controle postural. Em seguida são abordados aspectos quanto à contribuição visual para o sistema de controle postural ao longo do desenvolvimento, e finalmente, discute algumas pesquisas sobre o controle postural em cegos e em pacientes neurológicos.

O papel da visão no sistema de controle postural

A visão é um sistema sensorial especial que utiliza os estímulos luminosos para a conversão em impulsos nervosos visuais. Os olhos, os órgãos responsáveis pela recepção destes estímulos luminosos refletidos pelo ambiente, possuem alguns componentes importantes que merecem citação inicial. O trajeto da luz pelo olho se inicia com a passagem pela córnea, depois pupila, cristalino, corpo vítreo e finalmente é concluído na retina, onde se localizam os receptores visuais: os bastonetes e cones^{3,6}. Um aspecto muito importante dessas estruturas neurais é quanto a fotorrecepção diferenciada entre os bastonetes e cones. Os bastonetes são muito sensíveis à luz e a variação da imagem projetada, por isso são mais importantes em condições de baixa luminosidade. Porém, os bastonetes são insensíveis às cores e não possuem capacidade de detecção de detalhes e contornos dos objetos. Os cones, sensíveis quando existe mais luminosidade possuem maior acuidade na detecção da forma e variações cromáticas^{2,3}.

Também relevante nesta revisão inicial é a compreensão quanto ao campo visual, compreendido numa região angular de 200 graus na horizontal e 160 graus na vertical⁴. A visão central chamada também de focal ou foveal, permite detectar a imagem com altíssima resolução, é capaz apenas de processar informação somente em áreas muito pequenas, de cerca de 2 a 5 graus. A detecção da informação no campo visual fora desses limites é chamada de visão periférica ou ambien-

tal⁴. As informações do campo visual periférico parecem ser mais importantes para o controle postural do que as informações focais^{1,3}. O feedback visual permite menor variabilidade dos deslocamentos do centro de pressão na postura ortostática de longa duração⁷. O sistema visual também contribui para manter o balanço natural dentro dos limites da base de apoio, informando como manter o alinhamento da cabeça e do tronco quando o centro de massa é perturbado pela translação da base de apoio⁷.

Na Teoria Ecológica proposta por James Gibson⁸, o papel da visão no controle postural é considerado além da teoria dos dois modos da visão (visão focal e visão ambiental). Assim, a informação óptica para o controle postural depende também da estrutura geométrica que os raios de luz formam no campo de fluxo óptico. Esta interpretação ecológica da percepção visual desafia a tradicional teoria de duplo modo da visão quando considera a percepção de automovimento não somente resultando da sensibilidade nas regiões central e periférica da retina, mas também da estrutura do campo do fluxo óptico, o qual pode ser radial ou lamelar. Em um estudo utilizando o experimento da sala móvel, com crianças de cinco meses até a idade da marcha independente, quando a sala movia-se na direção da criança, elas jogavam o corpo para trás, como um ajuste compensatório criado pelo movimento da sala¹. Este é apenas um dos experimentos que permite verificar os efeitos da manipulação ambiental com repercussão na maleabilidade de resposta do sistema de controle postural. Existe sugestão que o controle postural é mantido e influenciado pelos campos de fluxo de força, como investigado nos estudos com plataforma de força ou plataformas móveis, que basicamente analisam os deslocamentos do centro de pressão (Center of Pressure – COP) ou de parâmetros cinemáticos, mas também do campo de fluxo óptico, ainda menos investigado, tal como quando o ambiente move-se em torno do sujeito⁸. A informação captada na forma de um campo de fluxo óptico, não somente informa sobre o ambiente, mas também informa quanto à orientação do corpo dentro deste. Esta informação foi chamada de “expropriocepção visual”, e tem sugerido que esta pode ser usada para a manutenção do controle postural⁸.

Integração sensorial implicada no sistema de controle postural

O controle postural exige uma intrincada contribuição multissensorial, com integração de várias partes do sistema nervoso e a elaboração de respostas

motoras complexas, que são necessárias para manutenção desta função.

São três sistemas sensoriais cruciais para o controle postural, vestibular, somatossensorial e visual. Estes sistemas sensoriais provêm informações relativas ao “endireitamento” ou falta de “endireitamento”, ou seja, a posição em relação à gravidade e ao meio ao redor².

O sistema vestibular provê informações relativas à posição da cabeça em relação à gravidade e aos movimentos lineares e rotatórios da cabeça. O sistema somatossensorial conta com informações proprioceptivas, especialmente aquelas associadas às articulações e músculos axiais, que fornecem informações sobre os movimentos e posições do corpo. Também são importantes as informações oriundas das regiões plantares. Já o sistema visual provê informações sobre a posição do corpo em relação ao meio externo, dando informação global do corpo, suas partes e o meio no qual se encontra⁶.

Estes três sistemas sensoriais possibilitam que o sistema nervoso central (SNC) intacto produza posturas apropriadas, que são bastante dinâmicas, pois se alteram constantemente, mesmo com discretas perturbações. São utilizadas nos mecanismos de ajustes antecipatórios, na previsão e antecipação para responder a perturbações futuras, e nos ajustes compensatórios, envolvendo respostas diante de perturbações atuais do equilíbrio. Postura “estável”, não significa “imóvel” ou fixa e, portanto, a orientação postural e equilíbrio, devem ser interpretados a luz da dinâmica, não da estática⁹.

Como os três sistemas sensoriais são integrados ao longo de toda a vida, isso ainda não é bem compreendido. Os sistemas visual e somatossensorial são primariamente mais sensíveis a estimulação de baixas frequências, como no balanço postural que é inferior a 0.5 Hz, e na marcha, inferior a 1.0 Hz. Assim, especialmente o sistema visual apresenta mais recursos do que o sistema vestibular, o qual parece ser mais sensível aos movimentos de alta frequência⁸. Outro aspecto importante da contribuição visual é quanto ao limiar de percepção do balanço postural, onde se verifica que o limite de percepção de movimentos do sistema visual é maior que o do sistema proprioceptivo em baixas velocidades de movimento (1 mrad/s), mas em velocidades mais altas (3 mrad/s) esses limites de percepção são semelhantes⁷.

Parece haver frequentemente uma redundância sensorial para manutenção do controle postural. Portanto, não se pode subestimar um sistema sensorial em

relação aos demais. Contudo, algumas pesquisas têm verificado a interação entre as modalidades sensoriais envolvidas no controle postural. Parece haver uma interdependência entre visão e somatossensação quando se apresenta ambos estímulos simultaneamente e em condições alteradas (oscilatórias) e se observa que o sistema nervoso é capaz de selecionar simultaneamente duas modalidades sensoriais para manter a estabilidade postural nos sujeitos testados¹⁰. Em um estudo com pacientes com lesão por “chicote” cervical crônica pareados com sujeitos normais, avaliou-se a mobilidade cervical e o controle postural, e observou-se uma redução da mobilidade cervical por mecanismo protetor da região examinada e dos ajustes posturais, os quais exibiam maior dependência da visão para manter o controle postural¹¹.

Quanto à interação visual/vestibular, num estudo com gatos recém-nascidos submetidos à desaferentação vestibular através de labirintectomia bilateral, os animais quando avaliados na fase adulta apresentavam alterações no equilíbrio dinâmico e na locomoção na ausência de pistas visuais ou sob confusão luminosa (iluminação estroboscópica), porém, embora não fossem normais estas funções eram compensadas suficientemente pela visão¹². O papel da visão na compensação vestibular na função posturocinética foi estudado em quinze gatos adultos após neurectomia vestibular uni e bilateral, boa compensação foi observado em todos os animais estudados¹³. Em humanos esta compensação vestibular após alterações como Doença do “Movimento” que causa náuseas, vertigem e desequilíbrio, melhoram com exercícios de habituação visual-vestibular e treinamento do equilíbrio¹⁴, bem como em pacientes com Vertigem Posicional Paroxística Benigna, submetidos à reabilitação vestibular^{15,16}.

Centros neurais integradores

Várias partes do sistema nervoso central estão envolvidas em processos integrativos do controle postural. Dentre as mais importantes está o tronco encefálico por integrar informações oriundas do aparelho vestibular nos núcleos vestibulares da ponte e bulbo, mantendo conexões recíprocas com o cerebelo, este de crucial relevância no processamento de informações provenientes da medula espinhal através dos tratos espinocerebelares anterior, que transmite informações da medula espinhal tóracolombar, e rostroespinocerebelar, que transmite informações da medula espinhal cervical^{2,17,18}. Estas informações não se tornam conscientes, elas são utilizadas para ajustes inconscientes nos movimentos e no controle postural². Além das diversas

informações proprioceptivas de todo corpo, o cerebelo recebe ainda, informações visuais e auditivas¹⁸. Ainda no tronco encefálico, também merece menção à formação reticular que origina os tratos reticuloespinhais (mais detalhes adiante).

No cérebro humano, várias áreas parecem estar relacionadas com o controle postural, uma delas está localizada na região posterior da Ínsula. Pacientes com lesões nestas áreas mostram disfunção vestibulovisual em termos da percepção visual da inclinação vertical, porém sem inclinação da postura corporal, consequentemente, apresentam uma perda do equilíbrio lateral¹⁹. Existe também a descrição de uma pequena área denominada córtex vestibular, localizada no lobo parietal na parte anterior da área 40 de Brodmann, próxima a área somestésica da cabeça². Outros trabalhos mostram o importante papel do tálamo pósterolateral, como sendo uma área fundamentalmente envolvida no controle postural quanto à orientação do corpo em relação à gravidade^{19,20}.

Poucas pesquisas têm investigado o papel do controle cognitivo da postura corporal²¹. Como observado nos pacientes com síndrome da heminegligência secundária a Acidentes Vasculares Cerebrais (AVCs), observa-se negligência espacial na estabilização corporal, indicando uma possível assimetria hemisférica para o controle postural como um conceito emergente, e congruente com a dominância do hemisfério direito (junção têmporoparietal) para a atenção e/ou representação espacial corporal, podendo representar um modelo de esquema postural corporal²².

Embora muito se tenha evoluído no conhecimento do controle postural com base nas pesquisas do campo das neurociências, várias questões relevantes carecem ainda de investigação. Com isso, outros modelos de controle postural com bases físico-matemáticas utilizando ambiente computacional são propostos²³, exemplo disso é o modelo de ativação neural do controle postural humano durante a postura ereta como um modelo biomecânico simples chamado de “Pêndulo Invertido”. Este modelo considera o corpo na posição ereta similar a um pêndulo invertido na direção ântero-posterior, o corpo no plano sagital, representado por dois segmentos rígidos, os pés e o resto do corpo. Para perturbações que deslocam o corpo para frente, a ordem de resposta dos músculos associados ao tornozelo, joelho e quadril, se assemelham as estratégias do quadril. A vantagem em considerar a postura ereta quieta como um pêndulo invertido é associar ao centro de pressão o movimento do centro de massa²³. A simulação computacional deste modelo tenta reproduzir

como o controle neural produz a dinâmica muscular de ativação verificada empiricamente, podendo definir os parâmetros de ativação e relaxamento muscular²³.

Vias descendentes para o controle postural

Dentre as vias neurais descendentes com importância especial no controle postural, estão os *tratos vestibuloespinais*, que se originam nos núcleos vestibulares no tronco encefálico, em especial o *vestibuloespinal lateral* originado no núcleo vestibular lateral. Os núcleos vestibulares recebem aferências do sistema vestibular (canais semicirculares, utrículo e sáculo). Outros tratos descendentes importantes são os *tratos retículoespinais*, com origem na formação reticular pontina do tronco encefálico. A Formação Reticular recebe aferências de diversas áreas do sistema nervoso central. Estes dois tratos descendentes influenciam principalmente os motoneurônios do grupo ventromedial da coluna anterior da substância cinzenta da medula espinhal². Estes motoneurônios agem sobre os músculos axiais e de cinturas, estando, portanto, envolvidos em amplo sentido com o controle da postura e equilíbrio^{17,18}. Merece ainda menção a contribuição do *trato córticoespinal* para os músculos eretores da coluna vertebral em humanos²⁴.

Desenvolvimento do sistema de controle postural

Para alguns pesquisadores do desenvolvimento humano, o comportamento motor surge principalmente através da prática. Para outros, este desenvolvimento é guiado por maturação endógena e seleção de conexões neurais predeterminadas, como num modelo de gerador de padrão central (GPC)²⁵. Em um estudo conduzido para verificar os efeitos do treinamento no desenvolvimento dos ajustes posturais na posição sentada, os pesquisadores selecionaram vinte bebês saudáveis em três faixas etárias: 5-6, 7-8 e 9-10 meses, que foram treinados diariamente sentados na borda da cama, com a apresentação de brinquedos feita pelos pais. Foram feitas análises cinemáticas numa plataforma móvel com registros simultâneos de eletromiografia – EMG (músculos esternocleidomastoídeo, reto abdominal, reto femoral, isquiotibiais e eretores da coluna). O treinamento consistiu de perturbações do equilíbrio autogeradas pelo alcance dos objetos oferecidos pelos pais à beira da cama, sem que houvesse quedas. Os resultados após três meses de treinamento dos bebês mostraram padrões cinemáticos mais estáveis quando comparados aos bebês não treinados sob vários aspectos. Este estudo demonstra evidências neurofisiológicas que o treinamento pode facilitar o desenvolvimen-

to do controle postural. Os efeitos ocorreram nos dois níveis do modelo do GPC postural: 1) o treinamento facilitou a seleção de respostas mais adequadas, com padrões de respostas específicas, e 2) a aceleração do desenvolvimento da modulação de respostas²⁵.

Num estudo com oitenta e duas crianças de 3 a 6 anos de idade utilizando-se da posturografia (Equi Test[®]), os pesquisadores investigaram a estabilidade postural nos estágios precoces para obter valores normativos do desenvolvimento desta função. As crianças foram testadas em três condições visuais: olhos abertos, olhos vendados e com o ambiente visual movendo de acordo com o balanço do corpo²⁶. Os resultados da pesquisa mostraram que as crianças com três anos ignoram pistas visuais enganosas para manter o equilíbrio. Os dados sugerem ainda que, a predominância visual-vestibular para somatossensorial-vestibular do controle do equilíbrio se dá após os três anos de idade, quando o papel da visão aumenta gradativamente. Isto ocorre provavelmente entre seis e sete anos de idade^{1,9,26}.

Num estudo com cento e quarenta e oito crianças os pesquisadores investigaram os mecanismos de controle postural, suas variações com a ausência das aferências visuais e seu desenvolvimento, em crianças de 7 a 11 anos de idade. Grupos de 7, 9 e 11 anos foram estudados utilizando-se da posturografia quantitativa numa plataforma de força em duas condições: olhos abertos e fechados, por 60 segundos de coleta em cada experimento. Os resultados desta pesquisa confirmam a hipótese de um desenvolvimento não linear do controle postural ao longo do desenvolvimento e que, certamente uma clara transição ocorre entre 9 e 11 anos de idade, onde as crianças apresentam padrões eficazes de controle, mesmo com os olhos fechados. O que não foi observado nos grupos de 7 e 9 anos pela análise dos deslocamentos do COP. Embora tenha se observado que no grupo das crianças com 9 anos tenha ocorrido uma seleção mais madura das aferências proprioceptivas para o controle postural, o que resultaria em um aumento das contribuições de alta frequência para manutenção da estabilidade postural²⁷.

Os dados desta pesquisa sugerem que crianças menores de 9 anos necessitam mais das aferências visuais para o controle postural do que crianças mais velhas, o que se traduziu por maiores oscilações do COP quando com os olhos fechados²⁷. Existem evidências de que o ponto crítico no desenvolvimento do controle visual da estabilidade é em torno dos 10 anos de idade²⁷. Embora alguns autores sugiram que mudanças no desenvolvimento no controle postural sejam decorrentes de mudanças no processo de integração sensorial²⁸.

Com isso, nos primeiros anos de vida, as crianças são mais dependentes da informação visual em detrimento das informações somatossensoriais e vestibulares, e apenas ao redor dos sete anos de idade é que elas passariam a integrar as informações provenientes destes três canais sensoriais da mesma forma que adultos²⁸.

O papel da visão gradativamente aumenta em importância nos adultos das idades de 20 a 60 anos, quando a estabilidade diminui 30% quando os olhos são fechados. Naqueles acima de 60 anos de idade, 50% da estabilidade é perdida com o fechamento dos olhos, assim tornando a visão um fator importante no equilíbrio do idoso⁹.

O equilíbrio de idosos com e sem comprometimento visual foi estudado em sessenta e seis idosos de ambos os sexos, com idade entre 69 e 94 anos, através da Escala de Equilíbrio de Berg. Foram classificados em quatro grupos quanto à visão: normal, leve comprometimento, moderado comprometimento e cegueira funcional. Os escores dos testes de todos os grupos com comprometimento visual foram significativamente correlacionados com piores desempenhos nos teste de equilíbrio. Quanto maior o déficit visual, pior foi o desempenho do idoso no teste²⁹. Os achados deste estudo sugerem que intervenções precoces sejam feitas na detecção e tratamento do déficit visual do idoso, bem como, do envolvimento deste, em programas de atividade física com ênfase para o treinamento do equilíbrio, de forma a reduzir o risco de quedas e consequentes morbidades²⁹. Em outro estudo com um grupo de vinte idosos com idade entre 63 e 84 anos (dez homens e dez mulheres), utilizou-se um protocolo de 5 posições ortostáticas diferentes, com olhos fechados e abertos. Analisou as oscilações do COP numa plataforma de força e verificou que na posição livre dos pés com olhos abertos, houve menor variabilidade das oscilações do COP, porém, em algumas outras posições dos pés houve maior variabilidade com os olhos abertos³⁰. Isto não está em congruência com outros trabalhos utilizando metodologia semelhante²⁸.

Numa amostra de oitocentos e vinte e cinco pacientes idosos com idade média de 81,9 anos admitidos para o serviço de reabilitação por doença aguda ou procedimento cirúrgico, a mobilidade funcional foi avaliada através do “Timed Get Up & Go Test”. Os autores verificaram que 72,6% dos pacientes apresentaram marcha insegura com risco de quedas. Estes pacientes apresentaram problemas comuns, como fraqueza nos membros, confusão mental, déficit auditivo e déficit visual, além da história pregressa de quedas e uso contínuo de medicamentos³¹. Vários estudos têm

investigado o risco de quedas em idosos utilizando como instrumento o “Timed Get Up & Go Test” e a Escala de Equilíbrio de Berg. Estes estudos têm demonstrado que este instrumento é prático, rápido e válido para esta população de interesse³²⁻³⁴. Quanto às intervenções terapêuticas para melhorar o equilíbrio e reduzir o risco de quedas em idosos, algumas pesquisas têm demonstrado os benefícios da hidroterapia como sendo uma boa escolha^{35,36}.

Cegueira e Controle Postural

O controle postural em crianças portadoras de deficiências visual (PDV) nas faixas etárias entre três e onze anos foi investigado em vinte e uma crianças divididas em três grupos (3-5, 6-8 e 9-11 anos) que foram pareadas com vinte e uma crianças sem comprometimento visual (SCV). O controle postural foi avaliado durante a posição ereta quieta utilizando-se de dois emissores infravermelhos de um sistema optoeletrônico de análise de movimento (Optotrack 3020®, 3 D Motion Measurement System, NDI) que foram afixados na criança com fita adesiva. Um emissor foi posicionado na parte posterior da cabeça e o outro na parte posterior do tronco, na altura estimada do centro de massa corporal (2ª vértebra lombar). Cada criança realizou seis tentativas de 25 segundos cada, permanecendo na posição ereta dentro de uma pequena sala (L: 1,2; P: 1,2; A: 2,6 m) olhando para um brinquedo (10x6 cm) na altura da cabeça, em duas condições, olhos abertos e olhos fechados. De uma forma geral os resultados desta pesquisa indicaram que com o aumento da idade ocorreu uma redução na oscilação corporal. Entretanto, esta redução foi diferente entre os grupos estudados. Nas crianças SCV verificou-se que tanto para direção médio-lateral como anteroposterior, houve aumento da oscilação corporal com a privação da visão. Nas crianças PDV não houve aumento da oscilação corporal nesta condição. O estudo indica ainda que o desenvolvimento do controle postural em crianças PDV passa por uma reorganização entre as idades seis e oito anos e o desempenho nos níveis das crianças SDV somente é alcançada mais tarde, ao redor dos nove e onze anos. Também como era esperado, tendo em vista que a informação visual era diminuída, nenhum efeito da visão foi encontrado para as crianças PDV, diferentemente das crianças SDV, assim caracterizando uma maior utilização da informação visual para melhorar o desempenho do sistema de controle postural durante a manutenção da postura ereta²⁸. Em outro estudo, foram avaliadas vinte crianças com cegueira congênita e vinte crianças com visão normal,

pareadas por idade e sexo. Foi avaliado o desenvolvimento neuropsicomotor dos dois grupos de crianças através do exame neurológico evolutivo. As crianças portadoras de deficiência visual tiveram pior desempenho nas provas que avaliaram o equilíbrio e a coordenação motora apendicular, quando comparadas com as crianças de visão normal³⁷. Esta pesquisa indica que o déficit visual compromete o desenvolvimento neuropsicomotor da criança³⁷. Num estudo biomecânico do controle postural em cegos, nove sujeitos com idade entre 19 e 24 anos com cegueira total congênita foram pareados com sujeitos sem alteração visual. Os pesquisadores avaliaram o controle postural através dos deslocamentos do COP numa plataforma de força, o tempo de reação com botão para aperto da mão com os deslocamentos da plataforma, e registros EMG de músculos do membro inferior direito. Não houve alterações quanto aos registros EMG entre os grupos; os sujeitos cegos tiveram significativamente mais rápidos os tempos de reação gerados pelos deslocamentos da plataforma em translação para frente e para trás, mas não para a rotação da plataforma para baixo (platiflexão dos tornozelos). A amplitude EMG do músculo gastrocnêmio de um dos sujeitos cegos foi menor quando comparado ao sujeito vidente com os olhos fechados. A diferença no tempo de reação entre os grupos sugere que embora a cegueira não afete o reflexo de estiramento espinhal, pode afetar o ato voluntário mediado pelo córtex motor. Estes resultados sugerem que o controle postural durante perturbações não foi afetada pela perda da visão ao nascimento³⁸. Outro estudo com dois experimentos diferentes, foi apresentado no experimento 1, um delineamento longitudinal de um ano de estudo, duzentos e vinte e cinco sujeitos com idade entre 50 e 82 anos foram avaliados em duas condições, com olhos abertos e olhos fechados. Houve uma alta correlação do equilíbrio com os índices funcionais da idade (capacidade vital e volume expiratório forçado). No experimento 2, foram incluídos vinte e dois sujeitos com comprometimento visual com idade entre 19 e 84 anos. Os sujeitos videntes equilibraram-se por mais tempo quando comparados com os sujeitos com deficiência visual. Não houve diferença entre os cegos congênitos daqueles com perda visual adquirida³⁹.

Os efeitos da prática de esporte sobre o controle postural também foi investigada em sujeitos cegos em três grupos selecionados, vinte sujeitos cegos atletas ("goal-ball players"), vinte sujeitos videntes, testados com olhos abertos e fechados, e vinte sujeitos cegos sedentários como controle. Utilizaram o Sistema Bio-

dex[®] para avaliar a estabilidade postural dinâmica nos grupos. Embora o desempenho dos sujeitos cegos atletas tenha sido melhor que dos cegos sedentários, houve diferença significativa entre os videntes e os sujeitos cegos atletas⁴⁰.

O Sistema de controle postural em pacientes neurológicos

Um dos comprometimentos mais comuns após lesões no sistema nervoso é sem dúvida o déficit no controle postural, seja quanto ao aspecto da orientação postural, como também da estabilidade postural, ou equilíbrio. Dentre as condições patológicas mais comuns que podem resultar em alterações no controle postural estão o Acidente Vascular Cerebral (AVC), Cerebelopatias, Traumatismo Crânio-encefálico (TCE), Doença de Parkinson e Síndromes Parkinsonianas, Lesões Medulares e Esclerose Múltipla (EM)^{2,6,41,42}. Outras patologias também podem alterar o controle postural, como Lombalgia Idiopática Crônica, Polineuropatias e Vertigem Posicional Paroxística Benigna (VPPB)^{2,6}.

Nos pacientes hemiparéticos por AVC, vários déficits e complicações podem ser esperados. Além do déficit motor muitas vezes marcante, alterações sensoriais, perceptivas, de linguagem, cognitivas, espasticidade, síndrome do ombro doloroso, são bastante comuns^{41,42}. Também muito frequentemente, estes pacientes apresentam alterações no controle postural. Isto se deve em parte ao próprio déficit sensorio-motor, porém, outros distúrbios podem contribuir tais como, a descarga assimétrica de peso nos membros inferiores, podendo sustentar de 61% a 80% do peso corporal no membro não parético⁴³. A relação desta assimetria com a instabilidade postural e a dependência da aferência visual nestes pacientes foi estudada em vinte e oito pacientes hemiparéticos por AVC pareados com vinte e oito sujeitos saudáveis. Todos foram submetidos à posturografia em plataforma de força, em duas condições, olhos abertos e olhos fechados, para avaliar qual a influência da visão na estabilidade postural. Os resultados indicaram uma grande dependência visual durante os testes. Houve uma moderada correlação entre uma grande assimetria na descarga de peso e a velocidade de deslocamento do COP na direção mediolateral. Contrário as predições, àqueles pacientes com leve assimetria apresentaram maior dependência visual que os pacientes mais severos⁴⁴. Outros autores têm direcionado suas pesquisas às outras complicações secundárias do AVC que resultam em grave compro-

metimento do sistema de controle postural, como a Síndrome do “Empurrador”^{20,45}, e a Síndrome da Hemi-negligência²².

Dada a importância e frequente apresentação destes distúrbios, várias pesquisas são destinadas ao desenvolvimento, validação e determinação de propriedades preditivas dos diversos instrumentos de medida utilizados em pesquisas e no ambiente clínico^{46,47}.

Ainda sobre pacientes acometidos por AVC, foram investigados os efeitos do treinamento do equilíbrio através do biofeedback visual em plataforma de força (Balance Master – Neurocom®)⁴³. Treze pacientes hemiparéticos (9 homens e 4 mulheres / idade média 60,4 anos / tempo médio de lesão 115 dias). Os protocolos de tratamento foram, para o grupo controle 50 minutos de fisioterapia convencional, e o grupo experimental 15 minutos de fisioterapia convencional e adicionalmente 35 minutos de treinamento do equilíbrio com biofeedback visual. Todos os pacientes foram atendidos 2 a 3 vezes por semana, durante 4 semanas. Os resultados mostraram que embora os pacientes do grupo experimental melhorassem seu equilíbrio, não houve diferença significativa em relação ao grupo controle⁴³.

Devido à importância do cerebelo no controle postural, verifica-se que cerca de 10% das causas de falta de equilíbrio relatadas pelo paciente são advindas de doença cerebelar⁴⁸. Estes pacientes podem apresentar maior dificuldade na manutenção da estabilidade postural quando são retiradas as aferências visuais. Os pacientes com Lesões Medulares, especialmente nos Traumatismos Raquimedulares, onde é possível estabelecer o nível neurológico e suas potencialidades funcionais, o nível neurológico da lesão é determinante na capacidade de controlar a postura e o equilíbrio. Várias instrumentações biomecânicas são utilizadas para avaliar esta função nestes pacientes⁴⁹. Para verificar estas alterações, foi estudado um grupo de dez pacientes com Esclerose Múltipla na posição sentada numa superfície instável sobre uma plataforma de força durante a execução de tarefas funcionais do tronco⁵⁰. Os autores verificaram que estes pacientes possuem maiores índices de variabilidade do COP quando comparados com sujeitos saudáveis⁵⁰.

O controle postural em crianças em idade escolar com Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) também foi investigado em quinze crianças com idade entre 7 e 11 anos que foram pareadas com crianças sem TDAH. Como instrumento de medida, utilizou-se o escore de equilíbrio da Escala de Desenvolvimento Motor de Rosa Neto. Os resul-

tados revelaram escores mais baixos em crianças com TDAH quando comparadas às crianças sem TDAH⁵¹. Uma abordagem mais específica deste problema deve ser implementada nas escolas e clínicas especializadas.

Numa revisão não sistemática da literatura⁵², diversos trabalhos foram apresentados sobre o controle de tronco e suas implicações na lombalgia. Os autores constataram que esta população de pacientes apresenta vários distúrbios neurofisiológicos e músculoesqueléticos que resultam numa importante alteração do sistema de controle postural⁵².

Por fim, cabe lembrar dos pacientes com Vertigem Posicional Paroxística Benigna (VPPB), por ser a patologia mais comum dentre as várias desordens vestibulares periféricas que causam vertigem e consequente perda da estabilidade postural. A influência da reabilitação vestibular foi apresentada em pacientes com VPPB em sete mulheres e um homem¹⁵. Embora o estudo tenha envolvido uma pequena amostra de pacientes com VPPB, o resultado do estudo apresentou significativa diferença do grupo experimental quando comparado ao grupo controle (somente tratamento medicamentoso) com remissão total dos sintomas¹⁵.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão levantou e discutiu diferentes aspectos da contribuição visual para o sistema de controle postural. Foram estudados os aspectos neurais envolvidos, demonstrando a integração sensorial existente e as diferentes formas de análise desta função, do ponto de vista neurofisiológico e dos Sistemas Dinâmicos. Embora a visão desempenhe um papel muito importante sob vários aspectos do desenvolvimento e comportamento humano, não se pode atribuir em todas as condições uma predominância sobre os demais sistemas, mesmo porque, o comportamento motor resulta da interação deste com vários outros, produzindo o mais adequado ou possível comportamento para realização da ação ou tarefa dentro do ambiente que se encontra.

Como relatado anteriormente, o sistema de controle postural emerge como um aspecto fundamental do desenvolvimento humano. Resulta da interação entre as características inerentes ao indivíduo, como os sistemas sensoriais, força muscular, altura, peso corporal, cognição, estado emocional e ainda, do desenvolvimento e maturação neurológica, bem como da tarefa a ser executada e das condições ambientais atuais. Nesta visão da abordagem dos Sistemas Dinâmicos não se atribui nível hierárquico, não existem níveis superiores e inferiores, mas uma interação entre percepção, cognição e ação. Desta forma, o sistema nervoso é visto

como um dos sistemas que interage para produzir o movimento coordenado. Neste contexto, o controle postural deve ser considerado uma habilidade fundamental, pois constitui um pré-requisito para se iniciar qualquer movimento ou manter o equilíbrio durante as atividades funcionais.

O mais importante papel do sistema de controle postural é prover estabilidade para os sistemas sensoriais e motor, o qual aperfeiçoa o influxo de informação sensorial enquanto nos movemos. Por exemplo, a habilidade de mantermos a cabeça e o tronco alinhados em relação à gravidade, permite menores restrições aos graus de liberdade do sistema músculoesquelético na execução de tarefas de diferentes complexidades.

Sem dúvida, uma grande contribuição para a compreensão da visão no sistema de controle postural deriva da Teoria Ecológica proposta por James Gibson⁸. Esta teoria apresenta um novo paradigma, que desperta a investigação dos pesquisadores para considerar este sistema senso-perceptivo não apenas como os olhos e suas conexões neurais, mas também, como algo inserido num ciclo percepção-ação. A assim chamada percepção visual dinâmica, desta forma conecta percepção e ação, desempenhando dupla função percebendo e calibrando os movimentos e simultaneamente informando sobre o próprio comportamento em resposta às demandas do ambiente o qual o sujeito está inserido. Isto permite ao sujeito se auto-organizar em função da tarefa no ambiente, não apenas dependendo de mecanismos internos de controle tal como um programa motor.

Embora esta idéia seja ainda considerada nova no campo da fisioterapia, os achados teóricos e de pesquisa, poderão com o tempo avançar o suficiente para explicar como os sistemas utilizam muitos graus de liberdade disponíveis pelo sistema músculoesquelético para restringir e organizar estes graus de liberdade para produzir habilidades funcionais.

REFERÊNCIAS

1. Shumway-Cook A, Woollacott MA. Controle motor: teoria e aplicações práticas. 2ª. ed. Barueri: Manole, 2003, p.610.
2. Lundy-Ekman L. Neurociência: fundamentos para a reabilitação. 3ª. ed. Rio De Janeiro: Elsevier, 2008, p.477.
3. Teixeira LA. Controle motor. Barueri: Manole, 2006, p.396.
4. Magill RA. Aprendizagem motora: conceitos e aplicações. 5ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000, p.384.
5. Bankoff, ADP, Campelo TS, Ciol P, Zamai CA. Postura e equilíbrio corporal: um estudo das relações existentes. Movimento & Percepção 2006;6:55-70.

6. Cohen H. Neurociência para fisioterapeutas. 2ª. ed. Barueri: Manole, 2001, p.494.
7. Mochisuki L, Amadio AC. As informações sensoriais para o controle postural. Fisiot Movim 2006;19:11-8.
8. Wade MG, Jones G. The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. Phys Ther 1997;77:619-28.
9. Smith LK et al. Cinesiologia clínica de Brunnstrom. 5ª. ed. São Paulo: Manole, 1997, p.538.
10. Oie KS, Kiemel T, Jeka JJ. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. Cogn Brain Res 2002;14:164-76.
11. Madeleine P, Prietzel H, Sværre H, Arendt-Nielsen L. Quantitative posturography in altered sensory conditions: a way to assess balance instability in patients with chronic whiplash injury. Arch Phys Med Rehabil 2004;85:432-8.
12. Marchand AR, Amblard B. Early sensory determinants of locomotor speed in adult cats: i. visual compensation after bilabyrinthectomy in cats and kittens. Behav Brain Res 1990;37:215-25.
13. Zennou-Azogui Y, Xerri C, Leonard J, Tighilet B. Vestibular compensation: role of visual motion cues in the recovery of posturo-kinetic functions in the cat. Behav Brain Res 1996;74:65-77.
14. Rine RM, Schubert MC, Balkany TJ. Visual-vestibular habituation and balance training for motion sickness. Phys Ther 1999;79:949-57.
15. Kohler MC, Azevedo VFO, Soares AV. A influência da reabilitação vestibular em pacientes com vertigem posicional paroxística benigna. Fisiot Movim 2006;19:37-47.
16. Redfern MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance. J Anx Dis 2001;15:81-94.
17. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Neuroscience – exploring the brain. 2ª. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2001, p.855.
18. Cosenza, R.M. Fundamentos de neuroanatomia. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2005, p.147.
19. Johannsen L, Broetz D, Karnath HO. Leg orientation as a clinical sign for pusher syndrome. BMC Neurol 2006;6:1-15.
20. Karnath HO, Ferber S, Dichgans J. The neural representation of postural control humans. PNAS 2000;97:13931-6.
21. Carvalho RL, Almeida GL. Aspectos sensoriais e cognitivos do controle postural. Rev Neurocienc 2009;17:156-60.
22. Pérennou DA, Leblond C, Amblard B, Micallef JB, Hérisson C, Pélissier JY. Transcutaneous electric nerve stimulation reduces neglect-related postural instability after stroke. Arch Phys Med Rehabil 2001; 82:440-8.
23. Coelho DB. Modelo de ativação neural do controle postural humano durante postura ereta. Engevista 2005;7:83-90.
24. Nowicky AV, McGregor AH, Davey NJ. Corticospinal control of human erector spinae muscles. Motor Control 2001;5:270-80.
25. Hadders-Algra M, Brogren E, Forssberg H. Training Affects the development of postural adjustments in sitting infants. J Physiol 1996;493:289-98.
26. Foudriat BA, Di'fabio RP, Anderson JH. Sensory organization of balance responses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications. Int J Ped Otorhinolar 1993;27:255-71.
27. Schmid M, Conforto S, Lopez L, Renzi P, Dalessio T. The development of postural strategies in children: a factorial design study. J Neuroeng Rehabil 2005;2:1-11.
28. Bortolaia AP, Barela AMF, Barela JA. Controle postural em crianças portadoras de deficiência visual nas faixas etárias entre 3 e 11 anos. Motriz 2003;9:79-86.
29. Lee HKM, Scudds RJ. Comparison of balance in older people with and without visual impairment. Age and Ageing 2003;32:643-9.
30. Oliveira, E.M. Avaliação biomecânica do equilíbrio do idoso. Dissertação de mestrado em ciências do movimento humano. UDESC, 2006, p.141.
31. Vassallo M, Vignajara R, Sharma JC, Briggs R, Allen SC. Predictors for falls among hospital inpatients with impaired mobility. J R Soc Med 2004;97:266-9.
32. Laessoe U, Hoeck C, Simonsen O, Sinkjaer T, Voigt M. Fall risk in na active elderly population – can it be assessed? J Neg Res Biomed 2007;6:1-11.
33. Ribeiro ASB, Pereira JS. Melhora do equilíbrio e redução da possibili-

- dade de queda em idosos após os exercícios de Cawthorne e Cooksey. *Rev Bras Otorrinol* 2005;71:38-46.
34. Soares AV, Matos FM, Laus LH, Suzuki S. Estudo comparativo sobre propensão de quedas em idosos institucionalizados e não-institucionalizados através do nível de mobilidade funcional. *Fisiot Bras* 2003;4:12-6.
35. Resende SM, Rassi CM, Viana FP. Efeitos da hidroterapia na recuperação do equilíbrio e prevenção de quedas em idosos. *Rev Bras Fisioter* 2008;12:57-63.
36. Bruni BM, Granado FB, Prado RA. Avaliação do equilíbrio postural em idosos praticantes de hidroterapia em grupo. *Mundo Saúde SP* 2008;32:56-63.
37. Navarro AS, Fukujima MM, Fontes SV, Matas SLA, Prado GF. Coordenação motora e equilíbrio não são totalmente desenvolvidos em crianças cegas com 7 anos de idade. *Arq Neuropsiquiatr* 2004;62:654-7.
38. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. *Gait & Posture* 2001;14:36-43.
39. Stones MJ, Kozma A. Balance and age in the sighted and blind. *Arch Phys Med Rehabil* 1987;68:85-9.
40. Aydog E, Aydog ST, Çakci A, Dora MN. Dynamic postural stability in blind athletes using the biodex stability system. *Int J Sports Méd* 2005;27:415-8.
41. Mumenthaler M, Mattle H. *Neurologia*. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007, p.1103.
42. Sanvito WL. *Propedêutica neurológica básica*. São Paulo: Atheneu, 2000, p.162.
43. Geiger RA, Allen JB, O'keffe J, Hicks RR. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Phys Ther* 2001;81:995-1005.
44. Marigold DS, Eng JJ. The relationship of asymmetric weight-bearing with postural sway and visual reliance in stroke. *Gait & Posture* 2006;23:249-55.
45. Chagas EF, Tavares MCGCF. A simetria e transferência de peso do hemiplégico: relação dessa condição com o desempenho de suas atividades funcionais. *Rev Fisioter USP* 2001;8:40-50.
46. Verheyden G, Truijien LVS, Troch M, Nieuwboer A, Lafosse C, De Weerd W. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil* 2006;20:451-8.
47. Tyson S, Desouza LH. Reliability and validity of functional balance tests post stroke. *Clin Rehabil* 2004;18:916-23.
48. Torriani C, Queiroz SS, Sakakura MT, Zicati M, Volpini AF, Trindade AA, et al. Estudo comparativo do equilíbrio de pacientes com disfunção cerebral e com sequelas de acidente vascular encefálico. *RBPS* 2005;18:157-61.
49. Peres MS, Gonçalves CA. Equilíbrio de tronco em pessoas com lesão medular: como mensurar? *Fisiot Brasil* 2001;2:124-30.
50. Lanzetta D, Cattaneo D, Pellegatta D, Cardini R. Trunk control in unstable sitting posture during functional activities in healthy subjects and patients with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:279-83.
51. Suzuki S, Gugelmim MRG, Soares AV. O equilíbrio estático em crianças em idade escolar com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. *Fisiot Movim* 2005;18:49-54.
52. Soares AV, Lima WC, Borges Júnior NG. Controle de tronco: implicações na lombalgia. *Arq Ciênc Saúde Unipar* 2003;7:283-9.