

COERÊNCIA ESPECTRAL DO ELETROENCEFALOGRAMA EM PACIENTES SUBMETIDOS A TRANSPOSIÇÃO TENDINOSA

Estudo pré e pós-operatório

Julio Guilherme Silva^{1,5}, Irocy Guedes Knackfuss², Cláudio Elidio Portella^{1,6}, Victor Hugo do Vale Bastos^{1,5,6}, Dionis de Castro Dutra Machado^{1,5}, Luis Basile^{7,8}, Roberto Piedade¹, Pedro Ribeiro^{1,3,4}

RESUMO - A transferência tendinosa do músculo tibial posterior é intervenção cirúrgica bastante utilizada na ortopedia para correção do pé caído por seqüela de hanseníase. Poucos modelos propuseram investigações mais significativas sobre os fenômenos plásticos cerebrais nas transferências tendinosas. O presente estudo teve como objetivo analisar a coerência espectral (CE) na Eletroencefalografia (EEG) em pacientes submetidos a transferência do tendão do tibial posterior pela técnica de Srinivasan através da EEG quantitativa (EEGq). A amostra foi composta de quatro sujeitos com pé caído devido a seqüela de hanseníase. Os parâmetros de CE do EEG foram quantificados no momento pré e pós-operatório. Os resultados mostraram que houve efeito principal para o fator momento, significativo, no par de eletrodos C3-CZ, com aumento da coerência. Entretanto, os achados da ANOVA não revelaram interação significativa entre bandas versus momento. A recuperação funcional promovida por tal cirurgia parece gerar alterações corticais.

PALAVRAS-CHAVE: EEGq, coerência, transferência tendinosa, hanseníase, pé caído, integração sensorio-motora.

EEG spectral coherence at patients submitted to tendon transfer surgery: study pre and post surgery

ABSTRACT - Tendon transfer of the tibialis posterior muscle is a surgical intervention widely employed in orthopedics for the correction of drop foot caused by leprosy. However, few models have proposed a thorough investigation of the brain plasticity phenomenon during tendon transfer. Thus, the present study aimed at analyzing EEG spectral coherence (SC) in patients submitted to tendon transfer of the tibialis posterior muscle by Srinivasan's technique and quantitative EEG (EEGq). The sample consisted of four subjects with drop foot caused by leprosy. The SC parameter was evaluated in two experimental moments: pre and post-surgery. Results demonstrated a main moment effect for the C3-CZ electrode pair. Specifically, a significant increase in coherence values was observed. However, the ANOVA did not indicate a significant band/moment interaction. It can be assumed that coherence augmentation indicates that functional rehabilitation promoted by this specific surgery yields cortical alterations.

KEY WORDS: qEEG, coherence, tendon transfer, leprosy, drop foot, motor sensory integration.

As transferências tendinosas são procedimentos cirúrgicos que têm o intuito de restabelecer funcionalidade do segmento acometido por lesões nervosas periféricas. Um dos pioneiros neste procedimento foi Ober¹ e, posteriormente, surgiram outras propostas²⁻⁵. Uma das técnicas mais utilizada foi desenvolvida por

Srinivasan⁶ para correção do pé caído em função da paralisia do músculo tibial anterior. Dentre as etiologias desta enfermidade no pé, destacam-se as paralisias por hanseníase. Assim, a transferência tendinosa para correção do pé caído é um dos tratamentos mais preconizados nas debilidades musculares pro-

¹Laboratório de Mapeamento Cerebral e Integração Sensorio-motor, IPUB Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (UFRJ); ²Departamento de Traumatologia e Ortopedia, Faculdade de Medicina (FM), UFRJ; ³Departamento de Biociências da Atividade Física, Escola de Educação Física e Desportos (EEFD), UFRJ; ⁴Universidade Castelo Branco (PROCIHM); ⁵Curso de Fisioterapia da Fundação Educacional Serra dos Órgãos - FESO, Teresópolis RJ, Brasil; ⁶Curso de Fisioterapia UNIABEU; ⁷Departamento de Psiquiatria, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Brasil (USP); ⁸Universidade Metodista, São Paulo SP, Brasil.

Recebido 12 Setembro 2005, recebido na forma final 8 Dezembro 2005. Aceito 6 Fevereiro 2006.

Dr. Julio Guilherme Silva - Rua Filgueiras Lima 68 1104 - 20950-050 Rio de Janeiro RJ - Brasil. E-mail: jgsilva@hucff.ufrj.br

vocadas pela hanseníase. Neste contexto, poucas investigações foram realizadas referentes à re-aprendizagem motora nas transferências. Especificamente, experimentos que fazem discriminação do processo de re-aprendizado motor, nos momentos pré e pós-operatórios, nas lesões nervosas periféricas através da eletroencefalografia quantitativa (EEGq)⁷. Diversos experimentos tentam elucidar a dinâmica e o funcionamento cortical quando indivíduos incorporam procedimentos motores⁷⁻¹². Dentre as bandas de frequência mais diretamente relacionadas com tarefas motoras destacam-se: a banda de frequência alfa (8-12 Hz), por envolver aspectos cognitivos e de atenção ao executar e/ou aprender uma tarefa motora^{13,14}; beta (13 Hz) por ter relação direta com os processos somestésicos e motores.

Análises quantitativas do EEG destacam a coerência como uma variável relevante para possíveis interpretações sobre o comportamento conjugado de eletrodos (co-ativação). Tal variável pode ser definida como a medida da covariância da potência espectral, dentro de bandas de frequência específicas entre os pares de eletrodos do EEG¹⁵. A coerência é um indicador eletrofisiológico da relação entre áreas corticais^{16,17}. A presença de dados estatísticos significativos na análise da coerência evidencia a co-ativação de duas áreas cerebrais para uma determinada tarefa. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar modificações na coerência em pacientes submetidos a transferência do tendão do tibial posterior através da EEGq nas bandas alfa e beta nas áreas fronto-centrais.

MÉTODO

Amostra – Foram selecionados 4 sujeitos (2 homens e 2 mulheres), pacientes do serviço de Ortopedia e Traumatologia do HUCFF/UFRJ com pé caído devido à hanseníase. Todos possuíam acometimento no pé direito com ausência do movimento de dorsiflexão e eversão. A idade dos pacientes variou de 20 a 71 anos (média 49,75 / DP ± 21,4). Foi aplicado um questionário para identificação e exclusão dos sujeitos que pudessem contaminar o estudo. A anamnese teve por objetivo identificar determinantes biológicos que poderiam alterar o EEGq, tais como: fadiga, medicamentos, horas de sono, temperatura corporal, pressão arterial. Os sujeitos foram orientados a não fumar, beber café, refrigerante e não ingerirem álcool no mínimo por 10 horas antes do exame. Foram excluídos do estudo os sujeitos que sofreram tratamento fisioterápico e ortopédico prévio para correção do pé caído. Outros fatores de exclusão foram: úlceras plantares e deformidades rígidas do pé, indivíduos que possuíam qualquer comprometimento do sistema nervoso central como déficit motor ou estivessem sob uso de medicamentos psicotrópicos ou psicoativos. Este experimento foi aprovado pela comissão de ética do HUCFF / UFRJ sob o número 228/04 com CIC 193/04.

Desenho experimental – Este trabalho foi uma pesquisa do tipo ensaio clínico controlado. A análise comparou as fases de evolução e as possíveis modificações no córtex cerebral entre o período pré e pós-operatório. Foram consideradas duas fases para o desenvolvimento deste experimento. A primeira fase consistiu na realização de um EEGq dos sujeitos antes do procedimento cirúrgico. Após a intervenção cirúrgica, os integrantes da amostra ficaram 6 semanas imobilizados e, logo após retirado aparelho gessado realizou-se uma segunda medida eletroencefalográfica. A análise do EEGq teve duração total de 10 minutos (olhos fechados), pré e pós-operatório. No pré-operatório os pacientes tentavam fazer a dorsiflexão em 5 blocos de 10 movimentos durante a captação do EEG. No pós-operatório, com o movimento já restabelecido, também foram feitas a mesma quantidade de blocos e repetições que no primeiro momento.

Aquisição de dados – O sinal eletroencefalográfico foi captado em uma sala preparada com isolamento acústico e elétrico. Durante a aquisição do sinal as luzes foram reduzidas na sala. Os sujeitos sentavam-se confortavelmente em uma cadeira com suporte para os braços a fim de minimizar artefatos musculares durante a captação do sinal de EEG. Para a captação do dado eletrocortical, foi utilizado o aparelho Braintech 3000 (EMSA - Instrumentos Médicos, Brazil), sistema que utiliza uma placa conversora analógico-digital (A/D) de 32 canais com resolução de 12 bits, colocada em um slot ISA de um Pentium III – com um processador de 750 Hz. Quanto aos eletrodos, utilizou-se uma touca cuja disposição obedece ao sistema internacional 10-20 proposto por Jasper¹⁸, incluindo os eletrodos de referência binauricular¹⁹. O tamanho da touca utilizada estava de acordo com o perímetro craniano de cada sujeito (toucas de tamanhos variados). O software para aquisição é denominado EEG-Captação (Emsa-DELPHI 5.0). O sinal adquirido em um determinado eletrodo será resultante da diferença entre o potencial elétrico dele no escalpo e a referência pré-estabelecida. Foram verificados, a priori, os níveis de impedância de cada eletrodo, cujos valores deveriam estar entre 5-10K ohms (Ω) e mantidos nesses padrões. Trechos de sinal contaminados por artefatos foram inspecionados com a utilização de um programa de visualização denominado EEG Telas (Emsa-Delphi 5.0). Na seqüência, os sinais do EEGq foram processados pelo Programa Neurometrics (NxLink, Ltd., USA), e foram extraídas as variáveis de coerência na distribuição de energia nas bandas de frequência alfa e beta.

Procedimento da tarefa motora – Para marcar o início do movimento de dorsiflexão, tanto no período pré como no pós-operatório, foi estipulado que a tarefa começaria após o toque do examinador na face lateral do antebraço esquerdo do paciente. Um intervalo de dois minutos foi dado entre cada bloco, no intuito de evitar fadiga muscular em qualquer aspecto. Os sujeitos realizaram a dorsiflexão do pé até o máximo do limite de amplitude articular. As regiões de coxa e perna tinham um apoio na sua face posterior de forma que o pé ficasse em suspensão e o joelho na posição de extensão com o pé na posição neutra. Como a

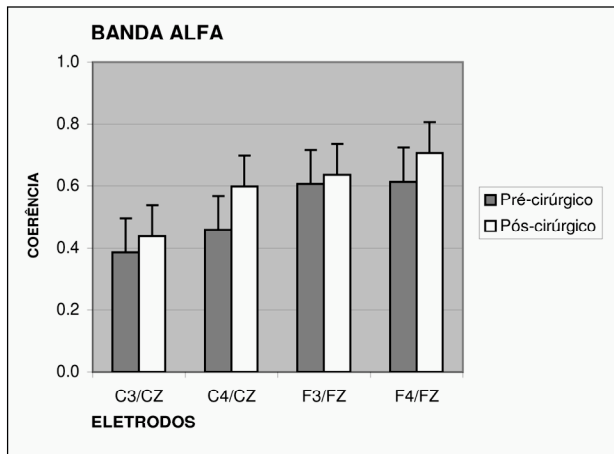


Fig 1. Médias e desvio-padrão de coerência em alfa.

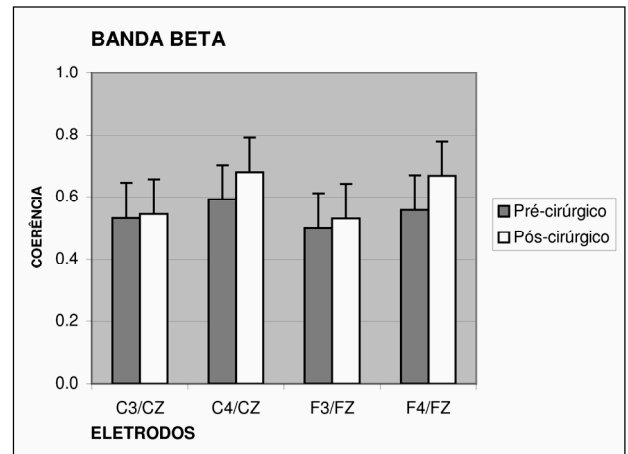


Fig 2. Médias e desvio-padrão de coerência em beta.

dorsiflexão inexistente no momento pré-operatório optamos em deixar o membro inferior envolvido com o experimento na posição supracitada. Isso para minimizar os artefatos musculares, mesmo que na tentativa da realização da tarefa. Sendo assim, a marcação específica no EEG dos blocos de movimentos só foi feita por um goniômetro no período pós-operatório. Este era fixado ao tornozelo, respeitando os pontos anatômicos para sua colocação. No eixo central do goniômetro estava acoplado um potenciômetro. Através deste, foi possível marcar cada movimento do tornozelo no EEG por meio de um canal auxiliar. Nesse experimento o goniômetro somente registrava a dorsiflexão do pé, porém não marcava os graus de amplitude articular para cada bloco da tarefa.

Para a quantificação da análise funcional da dorsiflexão foi utilizado o modelo de avaliação específica das transferências tendinosas proposto por Yeap, Brich & Singh²⁰ adaptado pelos pesquisadores. Este protocolo de avaliação das transferências tendinosas é composto por 7 categorias com valores distintos que podem totalizar, no máximo, 100 pontos. Na categorização dos resultados considera-se "excelente" o sujeito que apresenta entre 85 a 100 pontos; "bom" de 70 a 84 pontos; "regular" de 55 a 69 pontos e; menor que 55 pontos como "pobre". Já os itens do questionário são: dor (valor máximo de 15 pontos); necessidade de órtese (15 pontos); calçado normal (5 pontos); atividades funcionais (10 pontos); força muscular (25 pontos); amplitude de movimento para dorsiflexão ativa (25 pontos); padrão postural do pé (5 pontos). Como os sujeitos da amostra apresentam anestesia ou hipoestesia no pé acometido, no item dor, consideramos todos com 15 pontos inicialmente nesta categoria.

Localizações espaciais dos eletrodos – Em relação à disposição espacial dos eletrodos foram selecionados os eletrodos localizados nas áreas frontais e parietais. A área frontal foi destacada para estudo em virtude da relação desta com os processos de motivação, planejamento da tarefa e execução do movimento voluntário. A inclusão dos eletrodos parietais justifica-se pelo controle dos mecanismos

de controle sensoriais e espaciais que ocorrem em tais áreas^{21,22}. Assim, esta seleção objetiva comparar os achados eletrofisiológicos entre os hemisférios. Baseado nestas evidências selecionou-se para este experimento os pares de eletrodos F3-FZ, F4-FZ, C3-CZ, C4-CZ.

Análise estatística – Devido ao fato de ocuparem os eletrodos uma posição espacial diferenciada no escalpo, optou-se por uma análise estatística independente. Os dados do EEG foram comparados através de um ANOVA (two-way), em que se analisou o fator: momento (pré e pós-operatório) e bandas (alfa, beta). Para todas as análises foi considerado um p estatístico menor ou igual a 0,05 ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

Os resultados obtidos foram divididos em duas categorias de acordo com a natureza das variáveis observadas: comportamentais e eletrofisiológicas.

Variáveis comportamentais – O resultado de acordo com a escala funcional de Yeap²⁰, mostram que o procedimento cirúrgico foi satisfatório. Após a comparação entre o escore bruto do pré e pós-cirúrgico, 2 sujeitos consideravam-se "bom" antes da cirurgia, mesmo com os déficits motores e, passaram a "excelente" no pós-cirúrgico com o movimento de dorsiflexão já restabelecido. Já os outros dois sujeitos definiram-se o seu estado como "ruim" antes da cirurgia e depois como "bom".

Variáveis eletrofisiológicas – Na análise eletrofisiológica foram considerados os valores de coerência nas bandas alfa e beta. Os resultados do ANOVA (Two-way) demonstraram que momento versus bandas não possuem uma interação significativa ($p = 0,988$). Entretanto, houve efeito principal para o momento no par de eletrodos C3-CZ ($p = 0,014$) (Figs 1 e 2).

DISCUSSÃO

Variável comportamental – Experimentos atuais demonstram que os resultados da transferência do tendão músculo tibial posterior são satisfatórios^{20,21}. Em geral, os pacientes após a cirurgia perdem um grau de força muscular observado através do teste muscular manual. Na transferência tendinosa, a dorsiflexão se faz presente logo após a retirada da imobilização, mesmo que em pequenos graus de movimento. Essa angulação já é suficiente para promover melhora da função do pé durante a marcha. A articulação do tornozelo pode ser considerada como unidade funcional em relação à marcha com uma dorsiflexão de aproximadamente de 6 graus²². Nos sujeitos estudados a transferência promoveu a melhora imediata na função do pé. Mesmo com a presença de edema no pé, o novo posicionamento do segmento foi relatado com o ponto mais positivo no pós-cirúrgico.

Variáveis eletrofisiológicas – De acordo com os nossos resultados, houve um efeito principal para momento (pré e pós-cirúrgico) para a variável coerência. Isto reflete a co-ativação da área correspondente ao par de eletrodos C3-CZ. Esta diferença entre os momentos aponta para um agrupamento de populações de neurônios envolvidos com o fenômeno. O aumento da coerência encontrado sugere uma especialização do córtex somato-sensorial²³. Em especial, aumento na coerência entre os momentos pré e pós-cirúrgico indica um acoplamento mais localizado entre áreas centrais (CZ) e áreas centro-temporais (C3) no córtex contralateral ao pé operado. Uma outra vertente de raciocínio estaria associada a um estado de menor esforço mental²⁴⁻²⁵ para realizar a tarefa motora induzida pelo restabelecimento do movimento do pé. Com a memória de procedimento motor (dorsiflexão) pré-existente, o retorno da função dorsiflexora promove uma atividade elétrica cortical importante. Independente de ser no primeiro dia após a imobilização e, com pouca amplitude de movimento, através da EEGq foi possível observar modificações corticais. Assim, nossos achados são relevantes, pois coincidem com outros estudos referentes ao aprendizado de novos padrões e tarefas motoras. As alterações na atividade do córtex ocorrem já nas primeiras 6 a 8 horas da realização de uma tarefa o que sugere a mudança do traçado eletrencefalográfico entre os momentos pré e pós-cirúrgicos²⁶. Nossos resultados estão em sincronia com outras investigações que determinam que a dorsiflexão é um componente primordial da marcha e que promove conexões importantes no sistema nervoso central²⁷. Em

modelos experimentais por meio de ressonância nuclear magnética funcional, o movimento de dorsiflexão ativo promove ativação das áreas do córtex sensorio-motor, área motora suplementar e córtex pré-motor^{28,29}. Com o restabelecimento da função, nossos resultados mostraram que há indícios dos aspectos de incorporação do gesto (re) aprendido no córtex cerebral^{30,31}. Assim, a melhora da atividade dorsiflexora do pé poderá incrementar as informações proprioceptivas e, possibilitar a formação e memorização da tarefa³².

Em conclusão, o ato da transposição tendinosa por si só promove aumento da coerência em áreas motoras nas bandas alfa e beta. Além disso, há melhora da performance motora do gesto em pacientes com pé caído por hanseníase. Mesmo com as limitações deste estudo, como a baixa incidência de pacientes com lesões permanentes no nervo fibular comum e que necessitem deste tipo de intervenção cirúrgica. Além da escassez de serviços especializados nesta intervenção cirúrgica, há necessidade de maiores investigações sobre a neuroplasticidade antes e após transposições tendinosas diversas numa maior amostra. Os achados deste estudo podem servir para otimização de futuras técnicas de fisioterapia para promover melhor reaprendizado motor em pacientes que foram submetidos a esse tipo de cirurgia.

REFERÊNCIAS

- Ober FR. Tendon transplantation in lower extremity. *N Engl J Med* 1933; 209:52-59.
- Gunn DR, Molesworth BD. The use of tibialis posterior as a dorsiflexor. *J Bone Joint Surg* 1957;39:674-678.
- Selvapandian AJ, Brand PW. Transfer of tibialis posterior in foot drop deformity. *Indian J Surg* 1959;21:151.
- Warren AG. The correction of foot drop in leprosy. *J Bone Joint Surg* 1968; 50:629-634.
- De Marchi F, Malerba F, Montrasio AU, Ferrarin M, Rabuffetti M. Tibialis posterior tendon transfer through interosseal membrane in paralysis of the common peroneal nerve. *Foot Ankle Surg* 2001;6:19-25.
- Srinivasan H, Mukherjee SM, Subramaniam RA. Two-tailed transfer of tibialis posterior for correction of drop-foot in leprosy. *J Bone Joint Surg* 1968;50:623-628.
- Mckay DR, Ridding MC, Thompson PD, Miles TS. Induction of persistent changes in the organization of the human motor cortex. *Exp Brain Res* 2002;143:342-349.
- Karni A, Gundela M, Jezard P, Adams M, Turner R, Ungerleider L. Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Science* 1995; 377: 155-158.
- Classen J, Liepert J, Wise SP, Hallett M, Cohen LG. Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *J Neurophysiol* 1998;79:1117-1123.
- Andres FG, Mima T, Schulman AE, Dichgans J, Hallett M, Gerloff C. Functional coupling of human cortical sensorimotor areas during bimanual skill acquisition. *Brain* 1999;122:855-870.
- Sanes JN, Donoghue JP. Plasticity and primary motor cortex. *Annu Rev Neurosci* 2000;23:393-415.
- Ungerleider LG, Doyon J, Karni A. Imaging brain plasticity during motor skill learning. *Neurobiol Learning Memory* 2002;78,553-564.
- Neuper C, Grabner RC, Fink A, Nuebauer AC. Long-term stability and consistency of EEG event-related (de-)synchronization across different cognitive task. *Clin Neurophysiol* 2005;116:1681-1694.

14. Smith ME, McEvoy LK, Gevins A. Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. *Cog Brain Res* 1999;7: 389-404.
15. Anghinah R, Caramelli P, Takahashi DY, Nitrini R, Sameshima. Estudos da coerência do eletrencefalograma na banda de frequência alfa em indivíduos adultos normais. *Arq Neuropsiquiatr* 2005;63:83-86.
16. Kuks JBM, Vos JE, O'Brien MJ. Coherence patterns of the infant sleep EEG in absence of corpus callosum. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1987; 66:8-14.
17. Nielsen T, Montplaisir J, Lassonde M. Decreased interhemispheric EEG coherence during sleep in agenesis of the corpus callosum. *Eur Neurol* 1993; 33:173-176.
18. Jasper H. The ten-twenty electrode system of the international federation. *EEG and Clinical Neurophysiol* 1958;10:371-375.
19. Neidermeyer E, Lopes Da Silva F. *Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields*, 3rd Ed. New York: Williams & Wilkins, 1987.
20. Yeap JS, Brich R, Singh D. Long-term results of tibialis posterior transfer for drop-foot. *Internat Orthopaedics* 2001;25:114-118.
21. Kandel E, Schwartz S, Jessel TM. *Principles of neuroscience*, 4th Ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
22. Smyrnis N, Thelerits C, Evodkimidis I, Muri RM, Karandreas N. Single-pulse transcranial magnetic stimulation of parietal and prefrontal areas in memory delay arm pointing task. *J Neurophysiol* 2003;89:3344-3350.
23. Soares D. Tibialis posterior transfer for the correction of foot drop in leprosy: long-term outcome. *J Bone Joint Surg* 1996;78:61-62.
24. Magee DA. *Avaliação músculo-esquelética*. São Paulo: Manole, 2003.
25. Salles JI, Bastos VH, Cunha M, Machado D, Cagy M, Furtado V, Ribeiro P. Efeitos neuromoduladores do bromazepam quando indivíduos são expostos a uma tarefa de aprendizagem motora: eletrencefalografia quantitativa (EEGq). *Arq Neuropsiquiatr* Mar 2006: 64:112-117.
26. Bastos VH, Machado D, Cunha M, et al. Medidas eletrencefalográficas durante a aprendizagem da tarefa motora sob efeito do bromazepam. *Arq Neuropsiquiatr* 2005;63:443-451.
27. Karni A, Sagi D. The time course of learning a visual skill. *Nature* 1993; 365:250-252.
28. Dobkin BH, Firestone A, West M, Saremi K, Woods R. Ankle dorsiflexion as an fMRI paradigm to assay motor control for walking during rehabilitation. *NeuroImage* 2004;23:370-381.
29. Sahyoun C, Floyer-Lea A, Johansen-Berg H, Matthews P. Towards an understanding of gait control: brain activation during the anticipation, preparation and execution of foot movements. *NeuroImage* 2004;21: 568-575.
30. Floyer-Lea A, Matthews PM. Distinguishable brain activation networks for short- and long-term motor skill learning. *J Neurophysiol* 2005;94: 512-518.
31. Parsons LM, Sergent J, Hodgson DA, Foxa PT. The brain basis of piano performance. *Neuropsychologia* 2005;43:199-215.
32. Slobounov S, Hallett M, Stanhope S, Shibasaki H. Role of cortex in human postural control an EEG study. *Clin Neurophysiol* 2005;116:315-323.