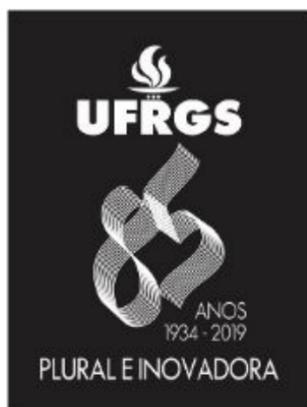


Percurso do Tempo

DANÇA UFRGS . 10 ANOS



Percurso

do Tempo

DANÇA UFRGS . 10 ANOS

Porto Alegre - RS
2020

Cláudia Da Ronch, Marilda Machado Spindola, Marco Aurélio Vaz, Lucas Fürstenau de Oliveira, Jeam Marcel Geremia e Ricardo Demétrio de Souza Petersen

Efeitos da aprendizagem em dança: estudo comparativo entre bailarinas e voleibolistas através do sinal eletroencefalográfico

Cláudia Da Ronch*, Marilda Machado Spindola**, Marco Aurélio Vaz***, Lucas Fürstenau de Oliveira****, Jeam Marcel Geremia***** e Ricardo Demétrio de Souza Petersen*****
clodaronch@hotmail.com

RESUMO

Com o objetivo de investigar os padrões de processamento cortical decorrente da aprendizagem em dança, comparamos bailarinas e voleibolistas altamente habilidosas em suas modalidades. Participaram do estudo 14 mulheres experts em balé ($22,9 \pm 1,8$ anos) e voleibol ($20,1 \pm 1,6$ anos). Através do parâmetro da principal componente da frequência no ritmo alfa extraído do sinal EEG evocado pelas tarefas de observação e imaginação de movimentos referentes às duas modalidades, por meio de oito eletrodos (F3, F7, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz) conectados ao escalpo, foram encontradas diferenças significativas ($\leq 0,05$) entre os grupos nos eletrodos C3 e F3, relacionados com a preparação e inicialização do movimento voluntário na variável que reflete a capacidade ou desempenho de processamento cortical. O que nos permite afirmar que a aprendizagem em dança resulta em um processamento cortical distinto devido à forma como as informações sensoriais são processadas para gerar os movimentos voluntários executados na dança.

Palavras-chave: Dança. Habilidade motora. Voleibol. Eletroencefalografia.

ABSTRACT

In order to investigate the patterns of cortical processing resulting from dance learning, we compared highly skilled dancers and volleyball players in their modalities. Fourteen women experts in ballet (22.9 ± 1.8 years) and volleyball (20.1 ± 1.6 years) participated in the study. Through the parameter of the main frequency component in the alpha rhythm extracted from the EEG signal evoked by the observation and imagination tasks of movements for both modalities, through eight electrodes (F3, F7, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz) connected to the scalp, significant differences (≤ 0.05) were found between groups in electrodes C3 and F3, related to the preparation and initiation of voluntary movement in the variable that reflects the capacity or performance of cortical processing. This allows us to state that dance learning results in distinct cortical processing due to the way sensory information is processed to generate the voluntary movements performed in dance.

Keywords: Dance. Motor skill. Volleyball. Electroencephalography.

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID), Departamento de Educação Física, Porto Alegre-RS, Brasil; **Universidade de Caxias do Sul (UCS), Centro de Ciências Exatas, da Natureza e de Tecnologia, Bento Gonçalves-RS, Brasil; ***Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID), Departamento de Educação Física, Porto Alegre-RS, Brasil; ****Universidade de Caxias do Sul (UCS), Centro de Ciências Humanas, Caxias do Sul-RS, Brasil; *****Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Educação Física e Desportos, Santa Maria-RS, Brasil; *****Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID), Departamento de Educação Física, Porto Alegre-RS, Brasil;

INTRODUÇÃO

A dança tem sua origem, provavelmente, associada à evolução do *Homo sapiens*. É universalmente praticada em todas as sociedades e cultuada com diferentes formas e funções, como meio de expressão humana ao longo da nossa história (BACHNER-MELMANN, 2005; HANNA, 1979 apud BLÄSING *et al.*, 2012). A dança requer uma complexa coordenação mental na sua prática, revelando-se uma fonte auspiciosa para a investigação da integração entre movimento e cognição (BLÄSING *et al.*, 2012). Essa integração representa a interação de vários sistemas neurais que compõe o sistema nervoso (SN), desde a captação e transdução de estímulos sensoriais, o processamento destes e a resposta resultante em forma de comportamento voluntário. Alguns autores têm se referido a essa integração sensoriomotora na dança como os efeitos neurobiológicos decorrentes do aprendizado dessa arte (VASSILIS e KELLER, 2011). Atualmente a dança tem sido utilizada para além dos benefícios físicos que promove, pois se vislumbrou sua capacidade de uso como uma ferramenta de neuroreabilitação e de sociabilização (CALIL *et al.*, 2007; RIBEIRO e BRAGA, 2011). O interesse científico nessa arte extrapolou as áreas da cinesiologia e biomecânica, primeiras abordagens de pesquisa, e ampliou a investigação para os aspectos subjacentes da neuroplasticidade resultante com o aprendizado em dança, surgindo assim, a linha de pesquisa da Neurociência da dança.

Uma característica marcante dos bailarinos é a sua consciência corporal. Os bailarinos necessitam monitorar continuamente a posição do tronco e membros em relação uns aos outros e ao espaço (HÄNGGI *et al.*, 2010). Supõe-se que o aprendizado em dança desenvolve uma habilidade espacial onde se cria uma relação de referência do corpo interna. Segundo a classificação das habilidades motoras de Schmidt e Wrisberg (2001), pode-se caracterizar o controle recrutado para executar os movimentos na dança como sendo um sistema de controle de circuito fechado e como tendo maior importância dos elementos motores. Outra caracterização possível é em relação à previsibilidade ambiental. Na dança há um predomínio de habilidades fechadas. O bailarino relaciona-se com um espaço estável, quer seja o palco, a sala de aula, ou mesmo outro bailarino. Será que essa característica da dança, que possibilita ao bailarino desenvolver um foco interno é a variável responsável pelo desenvolvimento dessa consciência corporal mais marcante? O que aconteceria se comparássemos a habilidade motora de bailarinos com a habilidade motora desenvolvida por atletas que pratiquem uma atividade onde a percepção espacial desempenha um papel diferente da recrutada na dança? Por exemplo: jogadoras de vôlei necessitam monitorar seu corpo em relação a um objeto móvel (habilidade aberta), quer seja a bola quer sejam as outras jogadoras, desenvolvendo uma habilidade espacial onde a relação de referência do corpo é externa e não havendo tempo para detecção e correção de erros com base em informações sensoriais.

O controle motor é um sistema constituído estruturalmente por quatro subsistemas que modulam, através de diferentes contribuições, o movimento. Os movimentos voluntários são resultado da consolidação de diferentes conexões sinápticas, fruto da aprendizagem motora do indivíduo (PURVES *et al.*, 2005), fornecendo uma fonte importante para investigação científica acerca dos padrões de processamento cortical envolvidos na prática de habilidades específicas.

Durante o aprendizado motor é possível perceber diferentes fases de aprendizado na execução do ato motor. O controle motor migra de um estágio, que é inicialmente explícito, para um estágio praticamente autônomo. Em termos de comportamento, esta automação é caracterizada pela execução mais veloz e coordenada dos movimentos, assim como uma diminuição na ocorrência de erros. Corticalmente, para obter esse controle mais refinado, a integração sensoriomotora é fundamental. Essa integração consiste no contínuo processamento, pelo sistema motor, das aferências sensoriais que preparam para o ato motor e melhoram a execução de atividades de controle motor fino (MINC *et al.*, 2010).

O processamento neural é responsável por todo ato cognitivo, e é baseado em processos eletrofisiológicos que transmitem a informação de um neurônio para outro, disparados por potenciais de ação (VARELA *et al.*, 2001). Os potenciais pós-sinápticos são, provavelmente, os principais responsáveis pela geração de campos elétricos extracelulares que podem ser registrados graficamente através de eletrodos fixados ao couro cabeludo (GANONG, 2003). Essa técnica é chamada de eletroencefalografia (EEG).

Medidas com base na EEG têm atuação destacada na formação dos conceitos atuais sobre os aspectos cognitivos de desempenho de habilidades específicas (HATFIELD *et al.*, 2004). Suas vantagens residem na sua resolução espaço-temporal (potencialmente 1 cm e menos de 1 milésimo de segundo) e na possibilidade de obter as medidas da função cortical nas mesmas condições em que a tarefa é normalmente efetuada. Estudos sobre desempenho de habilidades específicas têm focado nas comparações entre pares de eletrodos homólogos e entre grupos que variam no nível de habilidade. Normalmente esses estudos envolvem atletas de elite que tenham treinado para seus esportes durante vários anos. Tais participantes altamente motivados oferecem oportunidade de observar padrões estáveis de ativação cortical que evoluíram ao longo de um extenso período de treinamento. A literatura apresenta inúmeros estudos onde o foco de comparação é o grau de habilidade dos praticantes de uma mesma modalidade (DEENY *et al.*, 2003; HATFIELD *et al.*, 2004; HAUFLENER *et al.*, 2000). Essa comparação pode ser estendida a indivíduos, equivalentemente habilidosos, mas que diferem na modalidade praticada, como uma forma de investigar diferenças inerentes às práticas específicas.

Indivíduos praticantes de uma modalidade com predomínio de determinadas características, devem desenvolver processamentos sensoriais e comandos motores eferentes específicos resultantes da aprendizagem motora nessa modalidade. Portanto, modalidades que diferem exatamente em relação a como seus praticantes necessitam processar as informações sensoriais, nas metas a serem alcançadas pelos seus movimentos e no tipo de sistema de controle utilizado na prática dessas, devem resultar em integrações sensoriomotoras distintas. Essas distintas integrações sensoriomotoras podem ser entendidas como sendo o padrão de ativação cortical inerente à prática da habilidade motora específica.

O EEG é válido para mensurar o aprendizado motor e estudar diferentes estratégias cognitivas envolvidas no processo (LUFT e ANDRADE, 2006). Uma das limitações da técnica de EEG na investigação de estratégias cognitivas envolvidas em habilidades motoras é o fato de o registro do equipamento ser muito sensível aos movimentos do indivíduo. Uma forma de se evitar essa limitação é modelar o experimento com base na teoria de simulação de ação.

A possibilidade de acessar experimentalmente estados cognitivo-mentais caracterizados pela ausência de ação externa representa uma grande possibilidade para as neurociências. Essa possibilidade é denominada teoria da simulação de ação (JEANNEROD, 2001). No campo da cognição motora humana, percebeu-se que a ação motora envolve uma etapa interna (cognitivo-mental). A ativação do sistema motor durante as etapas internas é um pré-requisito para a teoria da simulação da ação: é o que dá ao estado cognitivo-mental seu conteúdo motor. Sendo assim, a ação simulada é definida como a representação interna da programação motora sem a presença do movimento externo. Essa ação simulada pode ser entendida como sendo uma imagem motora, que é definida como sendo uma simulação mental do movimento (NEUPER *et al.*, 2005). A simulação de ação é reflexo da atividade em áreas associadas ao sistema de neurônios-espelho (RIZZOLATTI e CRAIGHERO, 2004), resultando no estado cognitivo-mental. A literatura tem demonstrado que a imagem mental de ações motoras pode reproduzir padrões replicáveis de EEG sobre as principais áreas sensoriomotoras.

Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar os padrões de processamento cortical em uma tarefa de simulação motora comparando indivíduos experts com habilidades percepto-motoras distintas. Este estudo justifica-se na necessidade de investigação de aspectos cognitivos mais específicos, buscando melhorar a identificação e compreensão das adaptações neurais decorrentes de processamento neural específico relativo às aprendizagens motoras distintas. Desta forma, pretende-se contribuir para as descobertas sobre padrões de organização e funcionamento do controle motor humano. Especificamente, a proposta deste estudo é o de comparar, através do uso de EEG, o padrão de atividade eletroencefálica (integração sensoriomotora) entre bailarinas e voleibolistas experts durante um teste de observação de ação e de imaginação de ato motor. Foi modelado um experimento onde a cognição motora das participantes foi avaliada, com a finalidade de fornecer evidências que corroborem com a ampliação do uso da dança para além do seu valor artístico, utilizando-a como um meio de neuroreabilitação e socialização.

Materiais e Métodos | Amostra e desenho experimental

Participaram do estudo 14 mulheres destros, experts em balé e vôlei. O grupo com aprendizagem em dança (AD) foi composto por sete bailarinas de nível avançado da escola de Ballet Vera Bublitz (Porto Alegre-RS) com média de idade de $22,9 \pm 1,8$ anos. O grupo com aprendizagem em vôlei (AV) foi composto por sete voleibolistas com média de idade de $20,1 \pm 1,6$ anos, pertencentes aos dois principais times participantes do campeonato regional do estado do Rio grande do Sul. O grupo AD foi composto por bailarinas clássicas devido ao fato de que essa modalidade proporciona uma composição homogênea de grupo, uma vez que o balé clássico é uma técnica extremamente decodificada e universalmente ensinada. As bailarinas tinham pelo menos oito anos de formação, com um mínimo de duas horas diárias de prática, cinco vezes por semana, e as voleibolistas tinham uma média de cinco anos de experiência com um mínimo de quatro horas diárias de prática, três vezes por semana (FRASSON *et al.*, 2007). Como critério de exclusão não participaram do estudo bailarinas que já houvessem jogado vôlei, nem voleibolistas que já houvessem praticado balé, assim como, indivíduos com patologias em estado agudo. Todas as participantes foram instruídas a não fumar, ingerir álcool, chá, refrigerante e não utilizar drogas nas 24 horas anteriores à coleta de dados (LUCK, 2005). Todas as participantes não apresentaram histórico de distúrbios neurológico, psiquiátrico ou osteomuscular e forneceram o consentimento em participar do estudo por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade de Caxias do Sul (UCS) de acordo com as diretrizes estabelecidas na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Instrumentos de Pesquisa

Para a aquisição de dados foi utilizado o equipamento de eletroencefalografia desenvolvido no laboratório de Biossinais (UCS). Os métodos de desenvolvimento, assim como a validação do equipamento de eletroencefalografia encontram-se em Carra *et al.* (2007).

A Figura 1 apresenta as partes integrantes do equipamento EEG, consistindo em um sistema de touca com eletrodos pré-fixados (24 eletrodos e impedância menor que $3k\Omega$) de acordo com o sistema internacional 10-20% (Sistema Jasper) utilizado para padronizar a captura e identificação do sinal neurofisiológico, juntamente com um sistema adaptador de impedâncias. Foi utilizado gel condutor a base de água, o que permite melhorar a qualidade na aquisição do sinal neurofisiológico. A taxa de aquisição foi de 1000 Hz.



Figura 1 – Equipamento EEG desenvolvido no Laboratório de Biossinais UCS.
Fonte: Arquivo de imagens do Laboratório de Biossinais da UCS.

Procedimentos

A aquisição dos dados ocorreu dentro de uma gaiola de Faraday (sendo o ambiente interno isolado eletricamente do meio externo) e com temperatura, luminosidade e estímulos sonoros controlados, com objetivo de minimizar possíveis interferências sensoriais durante as coletas dos sinais EEG.

Após período de familiarização com os procedimentos de coleta, as participantes foram convidadas a permanecerem sentadas confortavelmente em uma cadeira com encosto para as costas e cabeça posicionadas a uma distância de 90 cm em frente a um monitor de 15 polegadas, conectadas ao sistema de EEG. Os eletrodos foram dispostos nos pontos F3 (área motora suplementar esquerda) e F7 (córtex pré-motor esquerdo), C3, C4 e Cz (córtex motor primário esquerdo, direito e central), P3, P4 e Pz (córtex parietal esquerdo, direito e central) analisando as regiões relacionadas funcionalmente com a produção do movimento voluntário e a aferência sensorial (figura 2). Além de dois eletrodos auriculares, os quais serviam como referência para os demais.

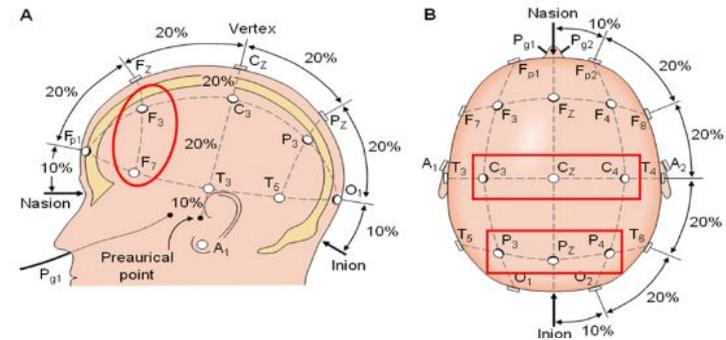


Figura 2 – Sistema Internacional 10-20 visão do lado esquerdo (A) e do topo (B)
 Fonte: Sistema Internacional 10-20 visão do lado esquerdo (A) e do topo (B)
 [BARTOŠOVÁ, VYŠATA e PROCHÁZKA, 2007].

Para evitar resultados decorrentes do estado de ansiedade das participantes, o sinal neurofisiológico foi obtido durante os primeiros cinco minutos do experimento, sendo as participantes orientadas a permanecerem sentadas de maneira o mais confortável possível e de olhos fechados. O sinal neurofisiológico obtido neste momento foi considerado como sinal de base, o qual foi utilizado na normalização dos dados. Após, foram apresentadas às participantes dois vídeos com duração de 20 segundos cada. Um vídeo contendo um movimento específico da dança (VD) e o outro um movimento específico do vôlei (VV). O VD continha uma bailarina realizando um giro (pirueta simples) sobre uma perna terminando sobre com os dois pés no chão (4ª posição), enquanto o VV continha uma jogadora realizando uma recepção com recurso, ou seja, com um rolamento lateral. O estímulo apresentado às participantes do experimento consistiu em dois momentos: o primeiro momento de observação do movimento (i.e.M1; a participante deveria assistir passivamente ao movimento); e o segundo de imaginação do movimento (i.e.M2; a participante deveria imaginar a si própria realizando o movimento assistido). O início e o término deste período de imaginação do movimento foram delimitados por sinais sonoros. A ordem dos vídeos foi randomizada.

Seleção de trechos de interesse

Os trechos de interesse para análise e obtenção do parâmetro foram definidos como sendo o tempo de execução do gesto motor, durante a observação do movimento (M1), que foi de três segundos para as duas tarefas. Para a imaginação do movimento (M2), foi selecionado um trecho com a mesma duração que o movimento assistido, dois segundos após o sinal sonoro para início da imaginação do mesmo.

Tratamento do Sinal

Os sinais neurofisiológicos capturados em cada ponto foram filtrados analogicamente por meio de um filtro passa-alta 0.01Hz e com amplificação de 15.000 vezes. Após, os sinais neurofisiológicos foram processados digitalmente por meio do software *LabVIEW*. Os sinais digitalizados foram filtrados com um filtro passa-baixa de 100Hz.

Variável de Análise

A variável considerada para o presente estudo foi o parâmetro de principal componente de frequência no ritmo alfa (Hz), através da aplicação da transformada rápida de Fourier (FFT) que possibilita analisar o espectro de frequência resultando no principal ritmo oscilatório no ponto coletado (KLIMESCH, 1996) evocado pelas tarefas refletindo o esforço cognitivo da participante durante a realização das mesmas (SPINDOLA, 2010), representando o processamento cortical envolvido na simulação da ação.

Análise Estatística

Uma ANOVA de dois fatores para medidas repetidas foi utilizada para a comparação entre grupos (AD x AV) e os momentos (M1 x M2) do parâmetro principal componente da frequência no ritmo alfa, nas duas tarefas relativas aos movimentos em dança (VD) e vôlei (VV) em cada um dos oito pontos no escalpo (F3 / F7 / C3 / Cz / C4 / P3 / Pz / P4). Para a localização das diferenças foi utilizado um teste post-hoc de Bonferroni. O nível de significância adotado em todos os testes foi de $\alpha \leq 0,05$.

Resultados

No vídeo contendo o movimento específico da dança (VD) o parâmetro/principal componente da frequência no ritmo alfa extraído da ativação cortical dos grupos (AD e AV) foi avaliado em dois momentos: o primeiro momento relativo à fase de observação do gesto (M1) e o segundo momento relativo à imaginação do gesto (M2). A Figura 3 apresenta a análise posterior à interação de fatores onde foi encontrada diferença significativa entre os grupos no M1 no ponto F3 ($p=0,02$).



Figura 3 – Principal componente da frequência e DP do sinal EEG no ritmo alfa em Hz, dos grupos com aprendizado em dança (AD) e aprendizado em vôlei (AV) nos momentos de observação do movimento (M1) no movimento específico de dança, no ponto F3 onde foi encontrada diferença significativa entre os grupos representado por * ($p \leq 0,05$).

No vídeo contendo o movimento específico de vôlei (VV) o parâmetro/principal componente da frequência no ritmo alfa extraído da ativação cortical dos grupos (TD e TV) foi avaliado em dois momentos: o primeiro momento relativo à fase de observação do gesto (M1) e o segundo momento relativo à imaginação do gesto (M2). A Figura 4 apresenta a diferença significativa encontrada entre os grupos nos pontos C3 ($p=0,03$).

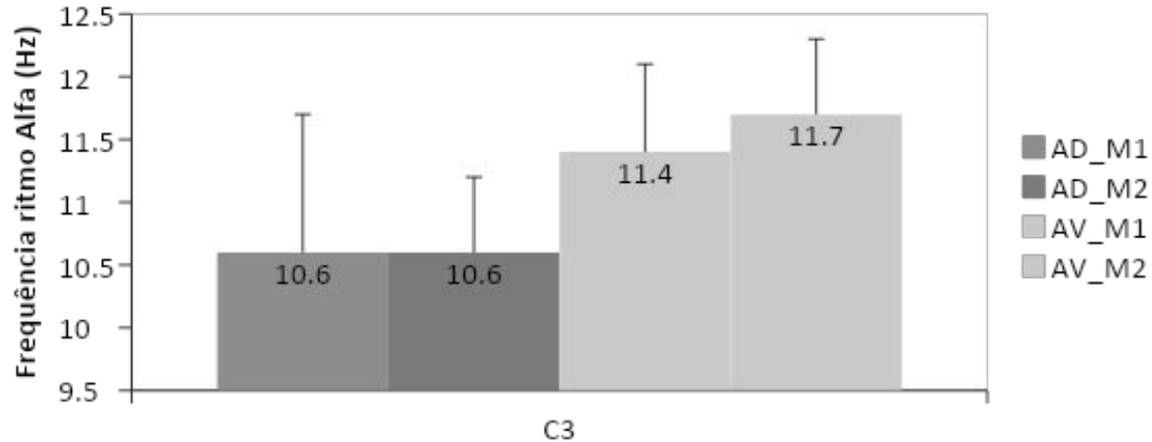


Figura 4 – Principal componente da frequência e DP do sinal EEG no ritmo alfa em Hz, dos grupos com aprendizado em dança (AD) e aprendizado em vôlei (AV) nos momentos de observação do movimento (M1) e imaginação do movimento (M2) no movimento específico de vôlei, no ponto C3 onde foi encontrada diferença significativa entre os grupos representado por $*(p\leq 0,05)$.

Discussão

O objetivo deste estudo foi investigar os padrões de processamento cortical, através do parâmetro da principal componente da frequência no ritmo alfa extraído do sinal EEG evocado pelas tarefas de observação e imaginação de movimentos referentes às modalidades de balé e vôlei.

No sentido fisiológico, o espectro EEG reflete o número de neurônios oscilando em sincronia (KLIMESCH, 1999). É também uma medida que reflete a capacidade ou desempenho do processamento cortical, podendo-se assumir como uma representação da integração sensoriomotora no presente estudo onde o foco de investigação está no comportamento motor voluntário. Ao observar a diferença significativa encontrada entre os grupos no vídeo de dança ($p=0,02$) no M1, relativo à observação do movimento, ressalta-se que o grupo de bailarinas (AD) apresentou um ritmo de oscilação alfa mais baixo no ponto F3. O ponto F3 representa a área motora suplementar (SMA) no hemisfério esquerdo, sendo descrita na literatura como uma área envolvida com a preparação e inicialização de movimentos complexos (FREUND e HUMMELSHEIN, 1984). A diferença significativa encontrada entre os grupos no ponto C3 no vídeo de vôlei ($p=0,03$) nos M1 e M2 (observação e imaginação do movimento) reproduziu o mesmo padrão de ativação que o vídeo de dança, onde o grupo AD apresentou um ritmo oscilatório na frequência alfa mais baixo que o grupo de voleibolistas (AV). O ponto C3 representa o córtex motor primário esquerdo que está funcionalmente relacionado à preparação e execução motora, (MINC *et al.*, 2010). Esses resultados fornecem evidências de que apesar dos vídeos apresentarem movimentos de modalidades distintas, o comportamento resultante dos grupos manteve o mesmo padrão de ativação cortical.

A banda de frequência alfa está associada com um maior sincronismo e menor esforço neural, conseqüentemente relacionada com melhor desempenho motor (HATFIELD e HILMAN, 2001). Mesmo a literatura afirmando que a banda alfa está relacionada à eficiência neural, não seria correto afirmar que as bailarinas apresentaram uma oscilação neural mais eficiente que as voleibolistas em ambos os vídeos. Na realidade, a utilização da oscilação no ritmo alfa como um índice de eficiência neural só deve ser empregado quando se está comparando indivíduos de uma mesma modalidade com diferentes graus de habilidade. Os dois grupos foram compostos por participantes altamente habilidosas em suas respectivas modalidades, o que necessariamente foi obtido através de um controle motor mais refinado, sendo a integração sensoriomotora fundamental para esse resultado. Da mesma forma que a literatura tem se referido a essa integração sensoriomotora na dança como os efeitos neurobiológicos decorrentes do aprendizado dessa arte (VASSILIS e KELLER, 2011), pode-se estender esse conceito aos efeitos neurobiológicos decorrentes ao aprendizado em voleibol. No presente estudo, buscou-se responder se habilidades específicas que diferem na forma como seus praticantes processam as informações sensoriais para gerar os movimentos voluntários resultariam em processamentos corticais distintos. Com base nas evidências fornecidas pela literatura e nas obtidas no presente estudo, podemos supor que sim.

As duas modalidades diferenciam-se na maneira como suas praticantes fazem uso da musculatura postural e dos membros e os vídeos de dança e vôlei refletem essas diferenças. As diferenças significativas encontradas entre os grupos no ponto F3 e C3 podem ser tomadas como evidências das distintas integrações sensoriomotoras resultantes dos usos diferenciados dessas musculaturas nas duas modalidades. Acrescentando ainda, o uso diferenciado do espaço em cada modalidade e o fator previsibilidade de ação que também assume caráter diferencial em cada modalidade. Todo aprendizado motor resulta em mudanças na atividade neural, principalmente nas áreas relativas à programação motora (FATTAPOSTA *et al.*, 1996). Essas regiões estão envolvidas com a pré-programação, execução dos movimentos e controle da performance. Aprender sobre o processamento cortical envolvido no comportamento motor voluntário decorrente de modalidades específicas pode gerar melhoras significativas na inter-relação entre sujeito e objeto de aprendizagem (SPINDOLA, 2010). Evidências na literatura sugerem que a participação do córtex motor primário não se restringe ao aprendizado motor, mas participa também em eventos cognitivos (SANES e DONOGHUE, 2000). As mesmas evidências que apontam a plasticidade neural como a propriedade dinâmica do tecido neural que nos possibilita aprender, são as mesmas que nos apontam esse aprendizado como uma possibilidade de retreinamento cognitivo. Nesse sentido, o presente estudo fornece evidências que corroboram com o uso da dança como um eficaz recurso de neuroreabilitação para melhorar aspectos motores, psicológicos e sociais de pacientes portadores de limitações.

Conclusão

Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos nesse estudo utilizando a principal componente da frequência no ritmo alfa, indicam que modalidades específicas que diferem na forma como seus praticantes processam as informações sensoriais para gerar os movimentos voluntários resultam em processamentos corticais distintos.

REFERÊNCIAS

- BARTOŠOVÁ, V.; VYŠATA, O.; PROCHÁZKA, A. Graphical user interface for EEG signal segmentation. In: **Proc. of 15th Annual Conf. Technical Computing**, Prague. 2007. p. 1-6.
- BACHNER-MELMAN, R.; DINA, C.; ZOHAR, A.H.; CONSTANTINI, N. AVPR1a and SLC6A4 gene polymorphisms are associated with creative dance performance. **PLoS Genet** 1(3): e 42. 2005.
- BLÄSING, B.; MERINO-CALVO, B.; CROSS, E.S.; JOLA, C.; HONISH, J.; STEVENS, C.J. Neurocognitive control in dance perception and performance. **Acta Psychologica**, 139: 300-308. 2012.
- CALIL, S. R.; SANTOS, T. A. B. P.; BRAGA, D. M.; LABRONICI, R. H. D. D.. Reabilitação por meio da dança: uma proposta fisioterapêutica em pacientes com sequela de AVC. **Revista Neurociências**, 15: 195-202. 2007.
- CARRA M.; BALBINOT, A.; CHIARAMONTE, M. Desenvolvimento de um protótipo EEG como ferramenta para caracterização de sinais cerebrais em atividades relacionadas a raciocínio lógico. In: II Encontro Nacional de Biomecânica, 2007, Évora. **Actas do II Encontro Nacional de Biomecânicas**, v. I, p. 387-392. 2007.
- DEENY, S.P.; HILLMAN, C.H.; JANELLE, C.M.; HATFIELD, B.D. Cortico-cortical communication and superior performance in skilled maskmen: A coherence analysis. **Journal of sport and exercise psychology**, 25:188-204. 2003.
- FATTAPOSTA, F.; AMABILE, G.; CORDISCH, M.V.; VENANZIO, D.; DI FOTI, A.; PIERELLI, F.; ALESSIO, C.D.; PIAGOZZI, F.; PARISI, A.; MORROCUTTI, C. Long-term practice effects on a new skilled motor learning: an electrophysiological study. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, 99: 495-507. 1996.
- FRASSON, B.V.; RASSIER, D.E.; HERZOG, W.; VAZ, M.A. Relação torque-ângulo e torque-velocidade dos dorsiflexores e flexores plantares de bailarinas clássicas e jogadoras de vôlei. **Revista Brasileira de Biomecânica**, 14: 31-37. 2007.
- FREUND, H. J.; HUMMELSHEIM, H. Premotor cortex in man: Evidence for innervation of proximal limb muscles. **Experimental Brain Research**, 53: 479-482. 1984.
- GANONG, W.F. **Higher Functions of the Nervous System**: Conditioned Reflexes, Learning, Related Phenomena. Review of Medical Book of Physiology. (pp. 259-269). 21a. New York: McGraw Hill. 2003.
- HÄNGGI, J.; HOENECKE, S.; BEZZOLA, L.; JÄNCKE, L. Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dance. **Human brain mapping**, 31: 1196-1206. 2010.

- HATFIELD, B. D.; HAUFLE, A. J.; HUNG, T. M.; SPALDING, T. W. Electroencephalographic studies skilled psychomotor performance. **Journal of clinical neurophysiology**, 21: 144-156. 2004.
- HATFIELD, D.B.; HILLMAN, C.H.; **The psychophysiology of sport**: a mechanistic understanding of the psychology of superior performance. Handbook of sport psychology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 362-386. 2001.
- HAUFLE, A.J.; SPALDING, T.W.; SANTA MARIA, D.L.; HATFIELD, B.D. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in maskmen and novice shooters. **Biological psychology**, 53: 131-160. 2000.
- JEANNEROD, M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. **Neuroimage**, 14: s103-s109. 2001.
- KLIMESCH, W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. **International Journal of psychophysiology** 24: 61-100. 1996.
- _____. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. **Brain Research Reviews**, 29: 169-195. 1999.
- LUCK, S. J. **An introduction to the event-related potential technique**. Cambridge, MA: MIT. 2005.
- LUFT, C.; ANDRADE, A. A pesquisa com EEG aplicada à área de aprendizado motor. **Revista portuguesa de ciências e desporto**. 6(1): 106-115. 2006.
- MINC, D.; MACHADO, S.; BASTOS, V.H.; MACHADO, D.; CUNHA, M.; CAGY M.; BUDDE, H.; BASILE, L.; PIEDADE, R.; RIBEIRO, P. Gamma band oscillations under influence of bromazepam during a sensorimotor integration task: Na EEG coherence study. **Neuroscience Letters**, 469: 145-149. 2010.
- NEUPER, C.; SCHERER, R.; REINER, M.; PFURTSCHELLER, G. Imagery of motor actions: Differential effects of kinesthetic and visual-motor of imagery in single-trial EEG. **Cognitive Brain Research**, 25: 668-677. 2005.
- PURVES, D.; AUGUSTINE G. J.; FRITZPRATICK, D.; KATZ, L. C.; LaMANTIA, S.A.; McNAMARA, J. O.; WILLIAMS, S.M. **Neurociências**. 2^{ed}. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- RIBEIRO, C. R.; BRAGA, D. M. A interferência da dança na qualidade de vida de indivíduos portadores de esclerose múltipla: relato de caso. **Revista Neurociências**, 19: 285-265. 2011.
- RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. **Annual Review of Neuroscience**, 27: 169-192. 2004.
- SANES, J.; DONOGUE, J. P. Plasticity and primary motor cortex. **Annual Review of Neuroscience** 23: 393-415. 2000.
- SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e performance motora**. Uma abordagem baseada no problema. 2^{ed}. Porto Alegre. Artmed: 2001.

SPINDOLA, M. **Habilidade cognitiva espacial**: uma medida com eletroencefalografia. 2010. Tese (doutorado em informática na educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VARELA, F.; LACHAUX, J.P.; RODRIGUES, E.; MARTINERIE, J. The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. **Neuroscience**, 2: 229-239. 2001.

VASSILIS, S.; KELLER, P. E. Capture by motion: Dance, action understanding, and social cognition. **Brain and Cognition**, 77: 231-236. 2011.

VELASQUES, B., FERREIRA, C., TEIXEIRA, S., FURTADO, V., MENDES, E., BASILE, L., CAGY, M., PIEDADE, R., RIBEIRO, P., 2007. Motor learning process. **Arquivos de neuropsiquiatria**, 65(4-a): 951-954.

SOBRE OS AUTORES

CLAUDIA DA RONCH

Bacharelado e Licenciatura em Dança (PUC/PR), Especialização em Cinesiologia (ESEFID/UFRGS), Mestrado em Ciências do Movimento Humano (ESEFID/UFRGS) e doutoranda em Neurociências (UFRGS). Professora do Curso de Licenciatura em Dança da ESEFID-UFRGS. Atuou como diretora de ensaios em companhias profissionais de dança como Ballet Teatro Guaira, Cia. de Danças de MG e Quasar Cia. de Dança.

Marilda Machado Spindola: Graduação em Engenharia Elétrica pela PUCRS, Mestre em Ciências da Computação (UFRGS) e Doutora em Informática na Educação (UFRGS). Professora concursada da UCS CARVI. Professora permanente do PPG - Mestrado Profissional em Ciências e Matemática na UCS.

Marco Aurélio Vaz: Licenciatura em Educação Física (ESEFID/UFRGS), Doutorado em Cinesiologia, Pós-Doutorado em Biomecânica Musculoesquelética e Estágio Sênior (2019) junto a Universidade de Calgary (Canadá). Professor Titular da ESEFID/UFRGS e do PPG em Ciências do Movimento Humano (ESEFID/UFRGS). Coordenador do Setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício da ESEFID-UFRGS.

Lucas Fürstenau de Oliveira: Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas: Neurociências, todos pela UFRGS. Professor da Universidade de Caxias do Sul. Coordena o Curso de Especialização em Neurociências Aplicada à Linguagem e à Aprendizagem.

Jeam Marcel Geremia: Graduação em Educação Física (UFRGS), Especialização em Cinesiologia, Mestrado e Doutorado em Ciências do Movimento Humano, todos pela UFRGS. Professor da ESEFID/UFRGS, vice-líder do Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia (GPBiC/UFRGS), com atuação junto ao setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício.

Ricardo Demétrio de Souza Petersen: Licenciatura em Educação Física (UFRGS), Mestrado pela University of Iowa, Doutorado e Pós-doutorado pela University of Maryland. Professor Titular da UFRGS, com experiência na área de Educação Física, atuando principalmente nos seguintes temas: comportamento motor, coordenação motora, controle motor, aprendizagem motora. Nos últimos anos, tem se dedicado a extensão relacionada a políticas públicas de esporte.