



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

José Eduardo Lattari Rayol Prati

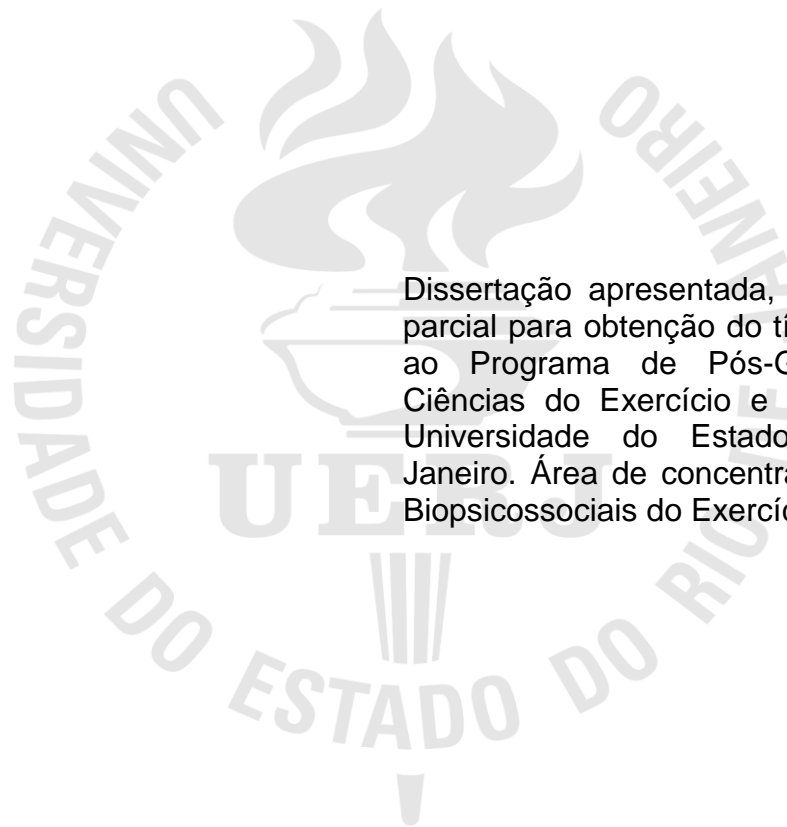
**Efeito agudo do exercício aeróbio prescrito e auto-ajustado sobre o
humor e a atividade cortical**

Rio de Janeiro

2015

José Eduardo Lattari Rayol Prati

Efeito agudo do exercício aeróbio prescrito e auto-ajustado sobre o humor e a atividade cortical



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Andréa Camaz Deslandes

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

P913 Prati, José Eduardo Lattari Rayol.
Efeito agudo do exercício aeróbio prescrito e auto-ajustado sobre o humor e a atividade cortical / José Eduardo Lattari Rayol Prati. – 2015.
54 f. : il.

Orientadora: Andréa Camaz Deslandes.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios aeróbicos – Aspectos fisiológicos – Teses. 2. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos – Teses. 3. Eletroencefalografia – Teses. 4. Afeto (Psicologia) – Teses. 5. Humor (Psicologia) – Teses. I. Deslandes, Andréa Camaz. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 612.766.1:159.942.5

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

José Eduardo Lattari Rayol Prati

Efeito agudo do exercício aeróbio prescrito e auto-ajustado sobre o humor e a atividade cortical

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício.

Aprovada em 10 de agosto de 2015.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Andréa Camaz Deslandes (Orientadora)
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Sérgio Eduardo de Carvalho Machado
Universidade Salgado de Oliveira

Rio de Janeiro

2015

RESUMO

PRATI, José Eduardo Lattari Rayol. *Efeito agudo do exercício aeróbio prescrito e auto-ajustado sobre o humor e a atividade cortical*. 2015. 54f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Apesar da intensidade ideal de esforço sugerida para melhores respostas afetivas estar próxima ao limiar de lactato, comparações entre intensidade prescrita e auto-ajustada podem indicar que a intensidade não é a única variável influenciadora do comportamento. Além disso, o uso de medidas eletroencefalográficas pode contribuir na compreensão da relação entre exercício e humor. A presente dissertação buscou investigar estas questões através de dois artigos. Investigar como as alterações na atividade cortical influenciam no estado de humor induzido pelo exercício. Os estudos foram retirados das bases de dados MEDLINE / PubMed, ISI Web of Knowledge e SciELO. A pesquisa foi realizada usando os seguintes termos: assimetria do EEG, sLORETA, exercício, afeto, humor e emoções e os respectivos termos em inglês EEG asymmetry, sLORETA, exercise, affection, mood and emotions. Assim, foram selecionados 11 estudos que devidamente cumpriram os critérios de avaliação. Nove dos 11 estudos encontrados usaram a assimetria frontal, quatro utilizaram a potência absoluta e relativa e um utilizou a sLORETA. No que diz respeito às alterações na atividade cortical e humor induzido pelo exercício, seis estudos atribuíram esses resultados as diferentes intensidades, um a duração, um ao tipo de exercício e um ao nível de condicionamento cardiorrespiratório. Comparar o afeto e a assimetria frontal de alfa em função do exercício aeróbio prescrito (EP) e auto-ajustado (AA). Método 2: Vinte participantes ativos foram submetidos a um teste de esforço submáximo para estimar o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{máx}$). Nas três visitas subsequentes, EP (50% de $PVO_2\text{max}$), auto-ajustado (AA) e uma condição de controle foram realizados, de forma aleatória. O exame eletroencefalográfico (EEG) foi realizada antes e após o exercício. A Escala de Sensação (ES), escala de ativação (EA) e frequência cardíaca (FC) foram registradas antes, durante e depois de cada condição. A escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada durante e depois de cada condição. A FC e PSE apresentaram valores mais elevados nas condições de EP e AA, em comparação com o controle, sem diferenças entre as condições de EP e AA. Durante o exercício, houve aumento da FC nas condições de EP e AA relativamente aos níveis pré exercício e após 20 minutos de repouso (P20). A PSE em ambas as condições de exercício foram superiores ao controle. A PSE foi maior durante o exercício comparada relativamente aos níveis pré e pós exercício. Para a ES, a condição AA apresentou valores mais elevados em comparação com as condições de EP e Controle. A EA apresentaram valores mais elevados nas condições de EP e AA em relação ao controle. Não houve interação entre condição e momento ou efeito principal para condição e momento para assimetria frontal de alfa ($\ln F_4 - \ln F_3$). A condição AA proporcionou melhores respostas afetivas em relação às condições de EP e controle. Em geral, as medidas do EEG mostraram evidências contraditórias de sua capacidade de prever ou modular o estado de humor através de uma intervenção de exercícios. Entretanto, o exercício físico demonstrou ser um estímulo capaz de promover melhora do afeto e provocar mudanças no estado de humor. O AA demonstrou ser promissor no melhora do afeto positivo comparado ao EP.

Palavras-chave: Exercício. Intensidade. Auto-ajustado. Afeto. Humor.

Eletroencefalografia.

ABSTRACT

PRATI, José Eduardo Lattari Rayol. *Acute effect of aerobic prescribed and self-adjusted exercise on mood and cortical activity*. 2015. 54f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Although the optimal intensity of effort suggested for better affective responses to be close to the lactate threshold, comparisons between prescribed and self-adjusted intensity may indicate that the intensity is not the only influential variable of behavior. Furthermore, the use of EEG measures can contribute to the understanding of the relationship between exercise and mood. This dissertation investigates these issues developed through two articles. To investigate how changes in cortical activity influence mood state induced by exercise. The studies were selected from MEDLINE/ PubMed, ISI Web of Knowledge and SciELO. The survey was conducted using the following terms: EEG asymmetry, sLORETA, exercise, affection, mood and emotions. Thus, 11 studies that adequately met the criteria were selected. Nine of the 11 studies used the frontal asymmetry found four used the absolute and relative power and used the sLORETA. With regard to changes in cortical activity and mood induced by exercise, six studies have attributed these results to different intensities, one duration, one type of exercise and the level of cardiorespiratory fitness. Compare affection and frontal alpha asymmetry as a function of aerobic prescribed (PE) and self-selected exercise (SS). Twenty active participants underwent a submaximal exercise test to estimate maximal oxygen consumption ($VO_2\text{max}$). In the three subsequent visits, PE (50% of $PVO_2\text{max}$), SS and a control condition were performed, in a randomized order. The electroencephalography (EEG) was performed before and after exercise. The Feeling Scale (FS), Felt Arousal Scale (FAS) and heart rate (HR) were recorded before, during and after each condition. The ratings of perceived exertion (RPE) was recorded during and after each condition. The HR and RPE showed higher values in the PE and SS conditions compared to control, with no differences between the PE and SS conditions. During the exercise there was an increase in HR in the PE and SS conditions compared to pre and after 20 minutes (P20). The RPE in both exercise conditions were superior to control. The RPE was higher during exercise compared to pre and post exercise. For the FS, the condition SS presented higher values compared to the PE and Control conditions. The FAS condition presented higher values in the PE and SS conditions compared to control. There was no interaction between condition and moment, or main effect for condition, and moment for the frontal asymmetry alpha ($\ln F_4 - \ln F_3$). The SS provided better affective responses compared to PE and control conditions. Overall, the measures of EEG showed contradictory evidence of their ability to predict or modulate mood through an exercise intervention. However, exercise demonstrated to be a stimulus capable to promote improvement of affect and changes mood. The SS has shown promise in improving the positive affect compared to the PE.

Keywords: Exercise. Intensity. Self-selected. Affect. Mood. Electroencephalography.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	8
1	ESTUDO 1 – EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO SOBRE O HUMOR E ATIVIDADE CORTICAL EM JOVENS SAUDÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA (ARTIGO CIENTÍFICO)	15
2	ESTUDO 2 - EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO PRESCRITO E AUTO-AJUSTADO SOBRE O AFETO E ASSIMETRIA FRONTAL ELETROENCEFALOGRÁFICA (ARTIGO CIENTÍFICO)	35
	CONCLUSÃO	54

INTRODUÇÃO

O exercício físico é um importante meio para manutenção da saúde através da melhoria de diversas funções físicas e mentais que podem contribuir nesse processo (GARBER et al, 2011; MATTA MELLO PORTUGAL et al, 2013). As características ideais do exercício necessárias para promover benefícios tanto na saúde física quanto mental são um dos desafios da ciência atual (KESANIEMI et al, 2001). Existe uma dependência de uma ótima configuração de exercício para que os benefícios sejam alcançados, onde diversas variáveis de treino devem ser definidas, como a modalidade de exercício (aeróbio, força, flexibilidade e treinamento neuromotor), a frequência semanal, a intensidade, a duração, o tipo, as repetições, as séries, o volume de treino e a progressão do treinamento (GARBER et al, 2011).

Independente dos benefícios que o exercício físico possa gerar, promover a adesão a programas de exercício físico constitui um dos maiores desafios na área das ciências do exercício. Foi demonstrada que uma melhor resposta afetiva provocada por uma única sessão de exercício aeróbio pode ser preditiva do nível de engajamento dos participantes no período próximo de seis a 12 meses (WILLIAMS et al, 2008). Neste contexto, espera-se que uma melhor compreensão do efeito de diferentes configurações do exercício sobre o estado afetivo possa contribuir para o aumento dos índices de adesão à sua prática.

A resposta afetiva provocada por uma única sessão de exercício tem sido instrumento de grande interesse na literatura (REED & ONES, 2006; STYCH & PARFITT, 2011; BARTLETT et al, 2011; SHEPPARD & PARFITT, 2008). Algumas variáveis foram investigadas buscando elucidar a configuração ideal de exercício que promova melhoria no estado afetivo, como a intensidade (STYCH & PARFITT, 2011; BARTLETT et al, 2011; SHEPPARD & PARFITT, 2008), o tempo de avaliação após o exercício (FOCHT & KOLTYN, 1999; ARENT et al, 2007), o intervalo de descanso (BIBEAU et al, 2009) e o tipo de exercício (WERNECK et al, 2010). Neste sentido, a variável mais investigada é a intensidade de esforço, cuja configuração ideal para uma resposta afetiva positiva é de intensidades moderadas de exercícios aeróbios, sendo próxima ao limiar ventilatório e/ou lactato (REED & ONES, 2006; EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 1999). Foi proposto que existe uma relação entre intensidade de esforço e o estado afetivo caracterizado pelo formato do “U invertido”,

onde tanto exercícios aeróbios de altas e baixas intensidades não são ideais para a promoção de melhores respostas afetivas (EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 1999; LIND, EKKEKAKIS & VAZOU, 2008; PARFITT, ROSE & BURGESS, 2006; ROSE & PARFITT, 2007). Já em intensidades próximas e abaixo do limiar de lactato existe uma grande variabilidade nas respostas afetivas (EKKEKAKIS, HALL & PETRUZZELLO, 2005). Apesar da grande variabilidade, em intensidades abaixo do limiar de lactato, a resposta dominante será de afeto positivo. As respostas afetivas serão altamente variáveis, envolvendo prazer ou desprazer, quando a intensidade do exercício físico aproxima-se da transição do metabolismo aeróbio para anaeróbio (EKKEKAKIS, HALL & PETRUZZELLO, 2005). Portanto, generalizar uma intensidade como a ideal em promover melhores respostas afetivas não parece ser adequado (EKKEKAKIS, 2003). O auto-ajuste da intensidade de esforço pode ser uma alternativa viável em selecionar uma intensidade adequada que atinja zonas de prescrição para melhoria do condicionamento cardiovascular e afetiva (EKKEKAKIS, 2009). Comparado ao exercício prescrito, o exercício auto-ajustado apresenta maior capacidade de gerar melhores respostas afetivas positivas (EKKEKAKIS, 2009; HAILE et al, 2013). Os possíveis mecanismos que podem explicar a resposta afetiva ao exercício estão relacionados a fatores cognitivos e aferências interoceptivas. Em intensidade acima do limiar ocorre uma predominância das aferências interoceptivas como sinais de quimiorreceptores, mecanorreceptores, nociceptores articulares, termorreceptores, barorreceptores e vários viscerosceptores no coração, pulmões e órgãos internos. Em intensidades próximas e abaixo do limiar de lactato, os fatores cognitivos são predominantes na mudança do afeto, tais como auto-eficácia e autonomia percebida (EKKEKAKIS, 2009).

Dentre muitos tipos de exercícios físicos, as maiores melhorias no estado de humor são causadas por exercícios aeróbicos, rítmicos, que utilizem grandes grupos musculares, com intensidade de baixa à moderada (WERNECK et al, 2006). Werneck et al. (2010) demonstraram que não existe diferença nas respostas de humor entre as condições prescrita e auto-ajustada. As intensidades prescritas foram de 60-65% da frequência cardíaca máxima, 85-90% da frequência cardíaca máxima e uma intensidade auto-ajustada. Os resultados do humor revelaram que houve um efeito principal somente para o momento, com aumento dos níveis de fadiga e distúrbio total de humor e uma diminuição do vigor pós-exercício.

Alguns estudos utilizaram associações de medidas eletroencefalográficas (EEG) com as respostas afetivas, avaliando o efeito agudo do exercício físico, podendo contribuir na compreensão da relação entre exercício e humor (WOO et al, 2009; WOO et al, 2010; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2010; HALL et al, 2000; MORAES et al, 2011; PETRUZZELLO & TATE, 1997; PETRUZZELLO, HALL & EKKEKAKIS, 2001; ODA et al, 1999). A medida de assimetria frontal de alfa é a mais utilizada. De acordo com a teoria de Davidson et al (1990) o aumento de alfa nas áreas do córtex frontal direita está relacionado com aspectos afetivos positivos e comportamento de aproximação, enquanto o aumento de alfa no córtex frontal esquerdo está relacionado com aspectos afetivos negativos e comportamento de afastamento. Nos estudos com exercício, a medida de assimetria cortical foi utilizada como preditora (HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2010; HALL et al, 2000) ou sendo alterada em função do exercício (SCHNEIDER & STRUDER, 2009; MIERAU et al, 2009; MORAES et al, 2011). Como preditora do estado de humor, Petruzzello e Tate (1997) demonstraram que na condição de 70% do VO_2 máx uma maior ativação frontal esquerda foi preditiva no afeto positivo imediatamente após o exercício. Hall, Ekkekakis e Petruzzello (2010) verificaram que imediatamente após o exercício, na condição abaixo do limiar ventilatório, assimetrias fronto-mediais (F4-F3) e fronto-laterais (F8-F7) foram preditivas na maior excitação energética pós-condição. Hall, Ekkekakis e Petruzzello (2007) observaram que maior atividade do córtex frontal esquerdo foi preditiva tanto no cansaço como na calma. A assimetria frontal sendo alterada em função do exercício demonstrou que o exercício com diferente intensidade e duração pode influenciar em uma mudança assimétrica e respostas de humor (SCHNEIDER & STRUDER, 2009; MIERAU et al, 2009).

A potência absoluta pode ser avaliada na investigação das alterações corticais geradas pelo exercício (HALL et al, 2000). A potência absoluta é definida como a intensidade total de energia, em faixas de frequência diferenciadas, em um determinado eletrodo situado em uma determinada região (NIEDERMEYER E, SILVA, 2010). O exercício físico além de aumentar a potência absoluta em alfa, também foi capaz de aumentar a potência absoluta em todas as bandas de frequência (delta, teta, alfa, beta), não sendo exclusividade um aumento na banda

de frequência alfa (HALL et al, 2000). Por exemplo, em um estudo realizado por Moraes et al. (2011) foram vistos que um teste máximo aeróbio em uma bicicleta ergométrica foi suficiente para provocar um aumento na potência absoluta de beta (14 a 30Hz) em eletrodos frontais (Fp1, F3 e F4) e centrais (C4). Contudo, os autores não verificaram diferença significativa na potência de alfa após o exercício (MORAES et al, 2011). Um estudo realizado por Oda et al. (1999), em bandas de baixa frequência (delta e teta) a potência relativa diminuiu no pós-exercício, já nas bandas alfa e beta aumentou após o exercício. Além desses resultados, no estudo de Fumoto et al. (2010) demonstraram redução na potência relativa de teta (4-8Hz) e aumento no alfa rápido (10-13Hz), sendo que nenhuma alteração foi observada para alfa lento (8-10Hz) e beta (13-30Hz).

Outra medida de análise recente do EEG, utilizada dentro de pesquisas relacionadas a exercício físico e humor é a tomografia cerebral eletromagnética de baixa resolução padronizada (sLORETA). Estudos recentes têm investigado o efeito agudo do exercício sobre a atividade cortical usando o sLORETA (SCHNEIDER & STRUDER, 2009; MIERAU et al, 2009; BRUMMER et al, 2011a; BRUMMER et al, 2011b). Na pesquisa realizada por Moraes et al. (2011), indivíduos jovens saudáveis realizaram 20 minutos de exercício aeróbio e foram avaliados pela escala POMS antes e após o exercício. Os resultados demonstraram que os sujeitos jovens tiveram uma diminuição significativa na raiva e um aumento no vigor, além disso, apresentaram aumento na potência de alfa e na potência de beta-1 (13 a 18Hz) e beta-2 (18 a 30Hz) em áreas relacionadas a aspectos emocionais.

Considerando a relevância de se determinar o efeito da intensidade prescrita e auto-ajustada sobre o afeto e humor, e a necessidade de utilização de técnicas de investigação mais robustas, a presente dissertação tem como objetivo avaliar o efeito agudo de uma sessão de exercícios aeróbios com intensidade prescrita e auto-ajustada sobre o afeto, humor e a atividade cortical. Para tal, são apresentados dois artigos científicos abordando essa temática.

REFERÊNCIAS

ARENT SM, et al. The Impact of the Testing Environment on Affective Changes Following Acute Resistance Exercise. *J Appl Sport Psychol*, 2007. 19(3): p. 364-78.

BARTLETT JD, et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci*, 2011. 29(6): p. 547-53.

BIBEAU WS, et al. Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect. *J Strength Cond Res*, 2010. 24(8): p. 2184-91.

BRUMMER V, et al. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity. *Med Sci Sports Exerc*, 2011a. 43(10): p. 1863-72.

BRUMMER V, et al. Primary motor cortex activity is elevated with incremental exercise intensity. *Neuroscience*, 2011b. 181: p. 150-62.

DAVIDSON RJ, et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology: I. *J Pers Soc Psychol*, 1990. 58(2): p. 330-41.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Acute aerobic exercise and affect: current status, problems and prospects regarding dose-response. *Sports Med*, 1999. 28(5): p. 337-74.

EKKEKAKIS P, HALL EE, PETRUZZELLO SJ. Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities: an alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations. *J Sports Sci*, 2005. 23(5): p. 477-500.

EKKEKAKIS P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Med*, 2009. 39(10): p. 857-88.

EKKEKAKIS P. Pleasure and displeasure from the body: Perspectives from exercise. *Cogn Emot*, 2003. 17(2): p. 213-39.

FOCHT BC, KOLTYN KF. Influence of resistance exercise of different intensities on state anxiety and blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*, 1999. 31(3): p. 456-63.

FUMOTO M, et al. Ventral prefrontal cortex and serotonergic system activation during pedaling exercise induces negative mood improvement and increased alpha band in EEG. *Behav Brain Res*, 2010. 213(1): p. 1-9.

HAILE L, et al. Session perceived exertion and affective responses to self-selected and imposed cycle exercise of the same intensity in young men. *Eur J Appl Physiol*, 2013. 113(7): p. 1755-65.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Predicting affective responses to exercise using resting EEG frontal asymmetry: does intensity matter? *Biol Psychol*, 2010. 83(3): p. 201-6.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry. *Biol Psychol*, 2007. 75(2): p. 194-200.

HALL EE, et al. Resting frontal asymmetry predicts self-selected walking speed but not affective responses to a short walk. *Res Q Exerc Sport*, 2000.71(1): p. 74-9.

GARBER CE, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 2011. 43(7): p.1334-59.

KESANIEMI YK, et al. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc*, 2001. 33(6 Suppl): S351-58.

LIND E, EKKEKAKIS P, VAZOU S. The Affective Impact of Exercise Intensity That Slightly Exceeds the Preferred Level 'Pain' for No Additional 'Gain'. *J Health Psychol*, 2008. 13(4): p. 464-68.

MATTA MELLO PORTUGAL E, et al. Neuroscience of exercise: from neurobiology mechanisms to mental health. *Neuropsychobiology*, 2013. 68(1): p. 1-14.

MIERAU A, et al. Improved sensorimotor adaptation after exhaustive exercise is accompanied by altered brain activity. *Physiol Behav*, 2009. 96(1): p.115-21.

MORAES H, et al. The effect of acute effort on EEG in healthy young and elderly subjects. *Eur J Appl Physiol*, 2011. 111(1): p. 67-75.

NIEDERMEYER E, SILVA FHL Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields. Lippincott Williams & Wilkins, 5th edition; 2010.

ODA S, et al. Relaxation effects in humans of underwater exercise of moderate intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1999. 80(4): p. 253-59.

PARFITT G, ROSE EA, BURGESS WM. The psychological and physiological responses of sedentary individuals to prescribed and preferred intensity exercise. *Br J Health Psychol*, 2006.11(Pt 1): p. 39-53.

PETRUZZELLO SJ, HALL EE, EKKEKAKIS P. Regional brain activation as a biological marker of affective responsivity to acute exercise: influence of fitness. *Psychophysiology*, 2001. 38(1): p. 99-106.

PETRUZZELLO SJ, TATE AK. Brain activation, affect, and aerobic exercise: an examination of both state-independent and state-dependent relationships. *Psychophysiology*, 1997. 34(5): p. 527-33.

REED J, ONES DS. The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc*, 2006. 7(5): p. 477-514.

ROSE EA, PARFITT G. A quantitative analysis and qualitative explanation of the individual differences in affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities. *J Sport Exerc Psychol*, 2007. 29(3): p. 281-309.

SCHNEIDER S, STRUDER HK. Monitoring effects of acute hypoxia on brain cortical activity by using electromagnetic tomography. *Behav Brain Res*, 2009. 197(2): p. 476-80.

SHEPPARD KE, PARFITT G. Acute affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities in young adolescent boys and girls. *Pediatr Exerc Sci*, 2008. 20(2): p. 129-41.

STYCH K, PARFITT G. Exploring affective responses to different exercise intensities in low-active young adolescents. *J Sport Exerc Psychol*, 2011. 33(4): p. 548-68.

WERNECK FZ, et al. Efeito agudo do tipo e da intensidade do exercício sobre os estados de humor. *Rev Bras Ativ Saúde*, 2010. 15(4): p. 211-17.

WERNECK FZ, et al. Efeitos do exercício físico sobre os estados de humor: uma revisão. *Rev Bras Psicol Esp Exerc*, 2006. p. 22-54

WOO M, et al. Examining the exercise-affect dose-response relationship: does duration influence frontal EEG asymmetry? *Int J Psychophysiol*, 2009. 72(2): p. 166-72.

WOO M, et al. The influence of exercise intensity on frontal electroencephalographic asymmetry and self-reported affect. *Res Q Exerc Sport*, 2010. 81(3): p. 349-59.

WILLIAMS DM, et al. Acute Affective Response to a Moderate-intensity Exercise Stimulus Predicts Physical Activity Participation 6 and 12 Months Later. *Psychol Sport Exerc*, 2008. 9(3): p. 231-45.

1 ESTUDO 1- EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO SOBRE O HUMOR E ATIVIDADE CORTICAL EM JOVENS SAUDÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

Introdução: Electroencephalography has been used to establish the relationship among cortical activity, exercise and mood, such as asymmetry, absolute and relative power. Objetivo: O objetivo deste estudo foi investigar como as alterações na atividade cortical influenciam no estado de humor induzido pelo exercício. Métodos: A estrutura dos métodos seguiu as propostas de itens de relatório preferidos em revisões sistemáticas e meta-análises. Os estudos foram retirados das bases de dados MEDLINE / PubMed, ISI Web of Knowledge e SciELO. A pesquisa foi realizada usando os seguintes termos: assimetria do EEG, sLORETA, exercício, afeto, humor e emoções. Resultados: Com base nos critérios definidos, um total de 727 artigos foram encontrados (666 no Pubmed, 54 no ISI Web of Science, 2 no Scielo e 5 em outras fontes de dados). Assim, foram selecionados 11 estudos que devidamente cumpriram os critérios de avaliação. Nove dos 11 estudos encontrados usaram a assimetria frontal, quatro utilizaram a potência absoluta e relativa e um utilizou a sLORETA. No que diz respeito às alterações na atividade cortical e humor induzido pelo exercício, seis estudos atribuíram esses resultados as diferentes intensidades, um a duração, um ao tipo de exercício e um ao nível de condicionamento cardiorrespiratório. Conclusões: Em geral, as medidas do EEG mostraram evidências contraditórias de sua capacidade de prever ou modular o estado de humor através de uma intervenção de exercícios.

Palavras chave: potência absoluta e relativa, exercício aeróbio, humor, assimetria, cérebro

ACUTE EFFECTS OF EXERCISE ON MOOD AND EEG ACTIVITY IN HEALTHY YOUNG SUBJECTS: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Background: Electroencephalography has been used to establish the relationship among cortical activity, exercise and mood, such as asymmetry, absolute and relative power. **Objective:** The purpose of this study was to systematically review the influence of cortical activity on mood state induced by exercise. **Methods:** The Preferred Reporting Items in Systematic reviews and Meta-Analyses was followed in this study. The studies were retrieved from MEDLINE/PubMed, ISI Web of Knowledge and SciELO. Search was conducted in all databases using the following terms: EEG asymmetry, sLORETA, exercise, with affect, mood and emotions. **Results:** Based on the defined criteria, a total of 727 articles were found in the search conducted in the literature (666 in Pubmed, 54 in ISI Web of Science, 2 in SciELO and 5 in other data sources). Total of 11 studies were selected which properly met the criteria for this review. Nine out of 11 studies used the frontal asymmetry, four used absolute and relative power and one used sLORETA. With regard to changes in cortical activity and mood induced by exercise, six studies attributed this result to different intensities, one to duration, one to type of exercise and one to fitness level. **Conclusion:**In general, EEG measures showed contradictory evidence of its ability to predict or modulate psychological mood states through exercise intervention.

Keywords: absolute and relative power, aerobic exercise, mood, asymmetry, brain

INTRODUÇÃO

A configuração dos exercícios aeróbios que promovem melhores respostas positivas sobre o humor tem sido bem descrita na literatura (REED & ONES, 2006). Em relação aos exercícios de força, as respostas sobre o humor são inconclusivas para variáveis como intensidade (ROCHELEAU et al, 2004; BARTHOLOMEW et al, 2001; ARENT et al, 2007), tipo de contração (MILLER et al, 2009), ordem dos exercícios (BELLEZZA et al, 2009), intervalo de recuperação (BIBEAU et al, 2010) e duração do exercício (ROCHELEAU et al, 2004). Ainda assim, parece que uma única sessão de atividade física, independente do tipo, é capaz de reduzir significativamente a perturbação total de humor, tensão, depressão raiva e confusão, o mesmo não ocorrendo sem a prática da atividade física (MCGOWAN et al, 1991). Algumas revisões têm demonstrado que as melhorias no estado psicológico de humor, de forma aguda após a intervenção do exercício, utilizaram-se de medidas com questionários auto-relatados (REED & ONES, 2006; EKKEKAKIS et al, 1999; YEUNG, 1996). Esses instrumentos de medidas do humor, utilizados em muitos estudos, carecem de uma explicação biológica que possa explicar os mecanismos neurofisiológicos associados às mudanças no estado de humor em função do exercício. Nesse sentido, a atividade cortical cerebral avaliada após uma sessão de exercícios tem sido utilizada para fornecer resultados objetivos e biologicamente plausíveis de como o exercício influencia os estados de humor (WOO et al, 2009; HALL et al, 2010).

Algumas medidas do eletroencefalograma (EEG) têm sido utilizadas para estabelecer a relação entre atividade cortical, exercício e humor, dentre elas a assimetria e a potência absoluta e relativa. A assimetria da atividade cortical reflete uma distribuição não-balanceada de energia (potência) entre pares de eletrodos homólogos (SCHOMER & SILVA, 2010). Esta medida parece servir como uma variável relacionada às respostas e distúrbios emocionais, e um concomitante estado dependente de respostas emocionais (COAN & ALLEN, 2004). Segundo Coan e Allen (2004), a assimetria pode assumir propriedades de traço, sendo preditora de respostas emocionais ou pode ser provocada e modulada pelas respostas emocionais. A modulação das respostas emocionais ocorre em função de diversos estímulos provocados (COAN & ALLEN, 2004). Outra variável bastante investigada é a potência absoluta, definida como a intensidade total de energia em

um determinado eletrodo situado em uma determinada região, em faixas de frequência diferenciadas e a potência relativa, definida como uma porcentagem do total de energia do escalpo para cada faixa de frequência, respectivamente (SCHOMER & SILVA, 2010). Quando analisadas bandas de frequências lentas (por exemplo, entre 8 e 12 hz, denominada alfa), a diminuição da ativação cortical é associada ao aumento na potência absoluta desta banda de frequência, e isso reflete um estado de diminuição da ansiedade e relaxamento (PETRUZZELLO et al, 1991). Estas variáveis têm sido utilizadas para substanciar a predição (WOO et al, 2010) e modulação das respostas de humor após uma sessão de exercícios (SCHNEIDER et al, 2009a; FUMOTO et al, 2010; ODA et al, 1999). Contudo, as diferenças metodológicas impostas ao exercício físico, como intensidade e volume, determinam diferentes resultados sobre as respostas de humor e assimetria do EEG (WOO et al, 2009; HALL et al, 2010; SCHNEIDER et al, 2009a). Além disso, as respostas ocorridas avaliando a potência têm restringido as análises somente a uma determinada banda de frequência, o que poderia influenciar nos resultados (CRABBE & DISHMAN, 2004).

Uma recente técnica de análise do EEG, utilizada em pesquisas relacionadas ao exercício físico e ao humor é a tomografia eletromagnética cerebral de baixa resolução padronizada (sLORETA). Esta técnica representa um avanço na resolução espacial dos sinais eletroencefalográficos (PASCUAL-MARQUI, MICHEL & LEHMANN, 1994). No entanto, embora alguns estudos tenham investigado o efeito do exercício no cérebro usando sLORETA (SCHNEIDER & STRUDER, 2009; MIERAU et al, 2009; BRUMMER et al, 2011a; BRUMMER et al, 2011b; SCHNEIDER et al, 2009b), somente um estudo relacionou estas alterações com os efeitos agudos do exercício sobre o humor (MORAES et al, 2011).

Assim, devido às diferenças metodológicas, sobretudo nas diferentes técnicas de análise da atividade cortical, usadas com as medidas humor e afeto para verificar a influência aguda do exercício, faz-se necessário fornecer uma revisão mais precisa sobre o que os estudos apontam sobre o tema. Em uma revisão anterior, foi observada que são necessárias análises em várias bandas de frequência e eletrodos, para se observar resultados mais expressivos em relação ao exercício e o EEG (CRABBE & DISHMAN, 2004), sem estabelecer relação entre EEG, exercício e humor. Além disso, os eletrodos de interesse do EEG tem sido confinado ao fronto-medial (F3-F4) (WOO et al, 2009), já que algumas pesquisas não tem visto efeito

específico no córtex posterior (PETRUZZELLO & TATE, 1997). Outro fator relevante é o uso de técnicas de análises mais sofisticadas, como a tomografia eletromagnética de baixa resolução padronizada (sLORETA)

Portanto, o objetivo da presente revisão foi investigar na literatura como as alterações na atividade cortical influenciam no estado de humor e afeto, geradas em função do exercício.

MÉTODOS

Critérios de elegibilidade

A estruturação dos métodos do presente estudo seguirão as propostas do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (LIBERATI et al, 2009). Desta forma, será adotada a abordagem PICOS (população, intervenção, grupo a ser comparado, resultado e desenho da pesquisa), para a determinação da elegibilidade.

- 1- Tipo de estudo- ensaios clínicos randomizados e não randomizados que avaliaram os efeitos agudos do exercício sobre o estado de humor e afeto utilizando a eletroencefalografia como instrumento de medida;
- 2- Tipos de participantes- adultos jovens saudáveis homens e/ou mulheres, ativos ou não fisicamente, sem qualquer doença mental ou neurológica, com idade entre 18 e 35 anos;
- 3- Tipos de intervenção- serem submetidos a uma modalidade de exercício físico, não específico, comparando os efeitos agudos dentre as intervenções propostas, podendo consistir de um grupo controle, sobre o estado de humor e afeto utilizando o eletroencefalograma e as escalas como instrumentos de medida;
- 4- Tipos de medidas mensuradas- para as variáveis de humor e afeto foram analisadas escalas subjetivas de humor e afeto, com as dimensões positivas e negativas. Para as medidas do eletroencefalograma (EEG) serão analisadas as medidas de assimetria frontal e parietal, potência e a tomografia eletromagnética de baixa resolução (sLORETA).

Fontes de informação

Para a coleta dos estudos serão acessadas as bases de dados eletrônicas MEDLINE/PubMed, ISI Web of Knowledge e SciELO. Especialistas no tema do presente estudo também foram contactados para envio de artigos. Para encontrar artigos adicionais, foram examinadas todas as tabelas de evidências de revisões sistemáticas anteriores e consultadas as referências de ensaios clínicos randomizados e controlados, quando necessário. Além disso, também foram analisadas as referências de todos os artigos selecionados. As buscas foram encerradas no dia 10 de janeiro do ano de 2013.

Busca

Em todas as bases de dados foram feitas as combinações dos termos: EEG, assimetria, sLORETA, exercício, com afeto, afetivo, humor e emoções.

Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada por dois avaliadores independentes, que em caso de divergências buscaram um consenso quanto à seleção. A avaliação consistiu na filtragem dos estudos, a partir da análise do título, seguido pela análise do resumo e depois do artigo completo. Na necessidade de resolver possíveis discordâncias entre os dois avaliadores, um terceiro avaliador foi solicitado para o devido fim. Artigos relevantes completos foram obtidos e avaliados com critérios de inclusão e exclusão, descritos abaixo.

Coleta dos dados

Os seguintes dados foram extraídos dos artigos: tamanho da amostra, características dos participantes, tipo do exercício, configuração dos exercícios (intensidade, tempo do exercício e duração total), escalas de afeto e humor utilizadas, medidas do eletroencefalograma (EEG) e principais resultados significativos. Além destes, diversas outras informações sobre os métodos e resultados foram coletadas. Estes procedimentos foram realizados por dois investigadores independentes, que chegaram a um consenso em caso de divergência.

Crêterios de exclusão

Foram excluídos os artigos que não tinham nenhuma interven o efetiva de exercício, os que se utilizaram de outra interven o associada ao exercício físico que pudessem criar um risco de viés no estudo, medidas de humor que são mediram a dimensão negativa (IDATE), as amostras compostas de idosos, crianças e adolescentes, indivíduos com doença mental ou neurológica, os que não detalharam o procedimento estatístico aplicado, ou não apresentaram os resultados das variáveis afetivas e das medidas específicas do EEG.

Risco de viés nos estudos

Para a avalia o do risco de viés de cada artigo incluído, foram analisadas: a presença de critérios de elegibilidade dos participantes da amostra; a distribui o aleatória dos participantes, os resultados de todos os momentos a partir da análise de mais de 85% da amostra, presença do grupo controle, apresenta o de resultados intergrupos e da variabilidade dos resultados.

RESULTADOS

Com base nos critérios definidos, um total de 727 artigos foram encontrados na pesquisa realizada (666 em Pubmed, 54 na Base ISI Web of Science, 2 no Scielo e 5 em outras fontes de dados). Destes, 82 artigos foram removidos por duplicatas, totalizando 645 artigos. Após uma avalia o pelo título e resumo, 622 artigos foram excluídos, pois não estavam relacionados com o tema proposto. Vinte e três artigos permaneceram, e após uma avalia o pelo critério de elegibilidade, 12 artigos foram excluídos (ver figura 1). Assim, foram selecionados 11 estudos que devidamente cumpriram os critérios para esta revisão (Figura 1).

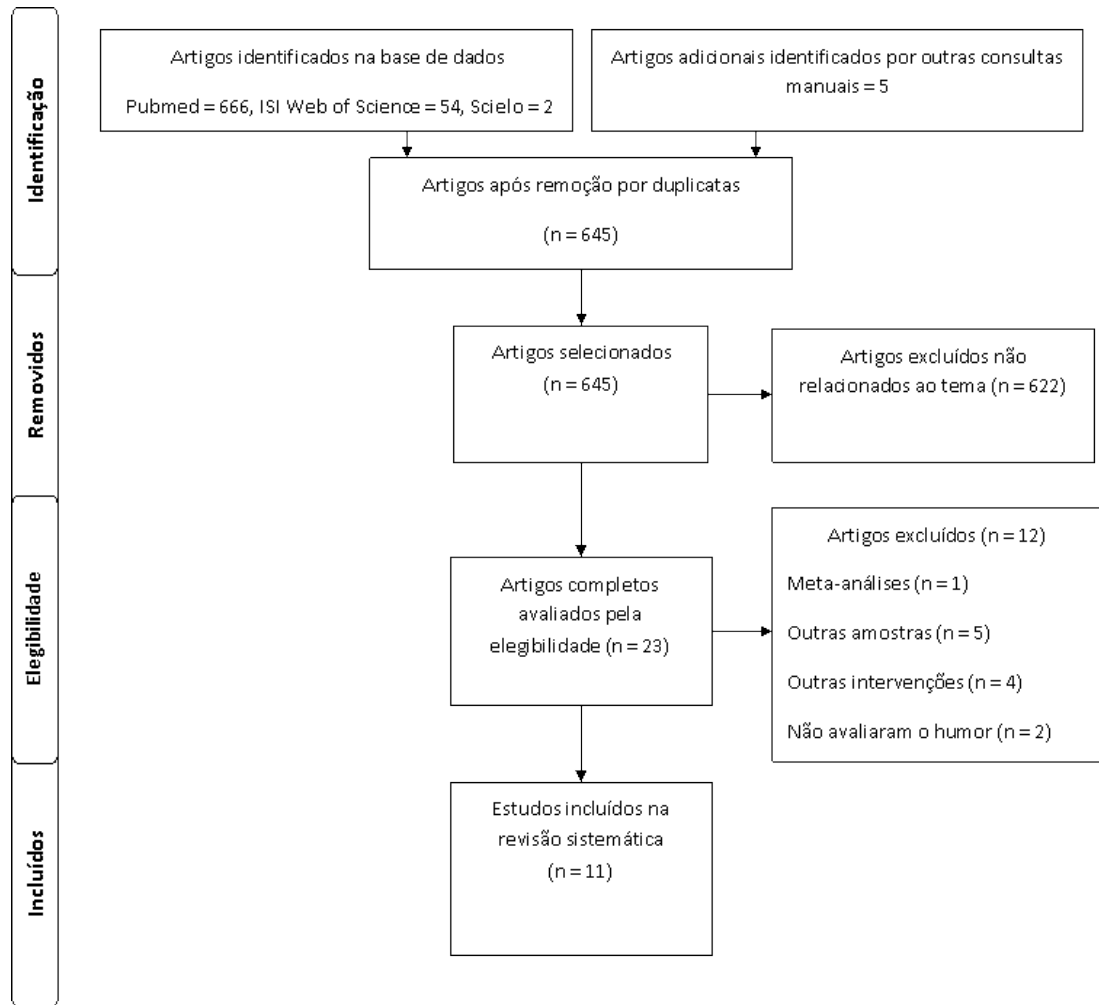


FIGURA 1. Fluxograma da seleção dos estudos.

Foram encontrados 11 artigos que usam o EEG, avaliando variáveis como assimetria (n=9), potência (n=4) e sLORETA (n=1) combinadas com medidas de avaliação de humor (Tabela 1). A modalidade de exercício mais utilizado foi o aeróbio (n=10), sendo que somente uma pesquisa utilizou uma intervenção de exercício subaquático (n=1). Os tipos de ergômetros utilizados foram esteira (n=7) e bicicleta ergométrica (n=3). As intensidades mínima e máxima utilizadas nos estudos, foram de 45% e 85% do $VO_{2máx}$, respectivamente, sendo que as durações foram de 10 minutos até 60 minutos. Um total de sete trabalhos avaliaram homens e mulheres (n=7), dois apenas mulheres (n=2) e um somente com homens (n=1). Em uma pesquisa, não foram especificados o sexo da amostra (n=1). As idades dos sujeitos variaram em uma média entre 20 a 32 anos. Quanto ao estado de treinamento dos sujeitos, quatro estudos não reportaram esta informação (n=4), sendo que destes quatro estudos, três demonstraram os valores médios do $VO_{2máx}$,

tanto em homens quanto em mulheres. Em três estudos os sujeitos foram classificados como ativos (n=3), em um como moderadamente ativos (n=1) e em três estudos como não participantes regulares de treinamento aeróbio (n=3). Os eletrodos utilizados para as análises nas pesquisas foram os centrais (Cz, C3 e C4), frontais (Fp1, F3 e F4) parietais (Pz, P3 e P4) e temporais (T5 e T6) (Tabela 1).

Tabela 1. Estudos que investigaram os efeitos agudos do exercício sobre o humor e atividade cortical em jovens saudáveis

Estudo	Sujeito (idade e sexo)	Exercício (Intervenções)	Medida de Humor	Medida do EEG	Principais Resultados (Humor)	Principais Resultados (EEG)
Moraes et al (2011)	19 jovens (20 a 30 anos)	Aeróbio (Bicicleta) 20 min (80% da FC _{máx_prev})	POMS	sLORETA e Assimetria frontal	↓DTH ↑Vigor ↓Raiva	Pós ↑ Pot α (A24) ↑ Pot β1(A33) ↑ Pot β2(A23)
Woo et al (2010)	17 m (M= 21±0,8 anos)	Aeróbio (Esteira) 30 min. (45%, 60% e 75% VO _{2max} e Cont)	POMS	Potência absoluta e Assimetria frontal	>Vigor 45%, 60% e 75% VO _{2max} ≠ entre as condições	>Assimetria Frontal 45%, 60% e 75% VO _{2max} ≠ entre as condições; >Pot α HFD Vs HFE 45%, 60% e 75% VO _{2max}
Hall, Ekkekakis & Petruzzello (2010)	14 m (M= 21,2±2,0 anos) e 16 h (M= 21,5±2,5 anos)	Aeróbio (Esteira) 15 min. (20% acima do LV, LV, 10% abaixo do LV e Cont)	AD ACL	Assimetria frontal	Pós 0 ↑EE e ET 10% acima do LV, LV, 20% abaixo LV ≠ entre as condições	20% abaixo do LV – Assimetria (F4-F3) Preditora em 12,6% da EE no pós 0; Assimetria (F8-F7) Preditora em 15,8% da EE pós 20 min; 10% acima do LV- Preditora em 15,7% da EE no pós 0 e 13,7% no pós 5 min;

Fumoto et al (2010)	10 sujeitos (M=32±2,2 anos), 9 h e 1 m	Aeróbio (Bicicleta) 15 min (Int. AA)	POMS	Potência relativa	↓T ↓C	Pós ↑%Pot α2 (Cz e Pz) ↓%Pot θ (Cz e Pz) Durante ↓%Pot θ (Cz e Pz) ↑%Pot α1 (Cz) ↑%Pot α2 (Cz e Pz) ↓%Pot β (Cz e Pz)
Woo et al (2009)	16 m (M=21±0,9 anos)	Aeróbio (Esteira) 15 min, 30min, 45 min (60% VO _{2max}) e Cont	POMS	Assimetria frontal	>Vigor 30 min vs 45 min e Cont ≠ Cont, 15 min e 45min	> Assimetria Frontal com 30 min. vs 15 min., 45 min e Cont (δ, θ, α e β1)
Schneider et al (2009)	9 m (M=32,44±9,55 anos) e 15 h (M=28,73±6,06 anos)	Aeróbio (Esteira) 21 à 60 min 50-55% VO _{2pico} , 80-85% VO _{2pico} e Int AA	Mood Meter ®	Potência absoluta e Assimetria frontal	Pós0 80-85% VO _{2pico} ↓PEF, PTP, EFP e Rec; Pós 15 min 80-85% VO _{2pico} ↑Calma; Pós 0 Int AA ↓EFP e Rec;	Pós0 ↑Pot α1 50-55% VO _{2pico} ; Pós 15 min ↓Pot α1 50-55% VO _{2pico} ; Pós 15 min ↓Pot β1 ≠ entre as condições; Pós 15 min e pós 0 ↓Pot β2 80-85% VO _{2pico} e Int AA, nos eletrodos F7, C3, C4, P8 e O2. Correl. da Pot α1 e α2 com PEF 50-55% VO _{2pico} ;

Hall, Ekkekakis & Petruzzello (2007)	13 m (M= 23,2±2, 8 anos) e 17 h (M= 24,4±4, 1 anos)	Aeróbio (Esteira) Duração não reportada Intensidade de esforço máximo	AD ACL	Assimetria frontal	Pós0 ↑Energia Pós10 e Pós 20 ↓ Energia; Pós0 ↓ Cansaço Pós10 ↑Cansaço Pós 20 ↑Cansaço; Pós10 e Pós 20 ↓Tensão; Pós0 ↓Calma Pós10 ↑Calma Pós 20 ↑Calma	Preditora em 18% da Calma no pós 10 e 13% no pós 20; Preditora em 21% do Cansaço no pós 10 e 16% no pós 20;
Petruzzello et al. (2001)	69 sujeitos (M= 21,4±2, 91 anos), 31 m e 38 h	Aeróbio (Esteira) 30 min (75% VO _{2max}) (Alto condicionamento vs baixo-moderado condicionamento)	AD ACL	Assimetria frontal	Pós 0 ↑EE, ET ≠ alto Vs baixo-moderado condicionamento Pós 0, Pós 10 e Pós 20 ↑EE (TE) Alto condicionamento > baixo-moderado condicionamento	≠ Assimetria entre alto e baixo-moderado condicionamento (Alto condicionamento) Preditora em 11,7% da EE no pós 10 e 24,4% da Energia no pós 10;
Hall et al (2000)	42 indivíduos (M= 22,4±2, 2 anos), 19 m e 23 h	Aeróbio (Esteira) 2 dias com os mesmos procedimentos 10 min (Int AA)	AD ACL	Assimetria frontal	1º e 2º dia Pós0 e 15 ↑EE; 2º dia Pós0 ↑ET;	Não foi preditora do Afeto no pós 0 e pós 15
Oda et al (1999)	8 h (M= 23,0±1, 9 anos)	Subaquático 60 min	POMS	Potência relativa	↑Vigor ↓T ↓D	Pós 0 ↑%Pot α e %Pot β ↓% Pot θ e %Pot δ
Petruzzello & Tate (1997)	20 indivíduos (M=	Aeróbio (Bicicleta) 30 min	AD ACL	Assimetria frontal	Pós 30 ↓Ansiedade 70% VO _{2max}	70% VO _{2max} ⁻ Preditora em 23% do afeto

22,6±3, 3 anos), sendo 5 m e 15 h	(55% VO _{2max} , 70% VO _{2max} e Cont)	positivo no pós 0
---	--	----------------------

M- média; h- homens; m- mulheres; AD ACL- “*Activation–Deactivation Adjective Checklist*”; MoodMeter®- programa computacional de humor; POMS- Perfil do Estado de Humor; %- porcentagem; min- minutos; FC_{máx_prev}- frequência cardíaca máxima prevista (220-idade); VO_{2max}- volume de oxigênio máximo; ↓- diminuição; ↑- aumento; >- maior; ≠ - sem diferença; LV- Limiar Ventilatório; Con - controle (sem exercício); Int AA- Intensidade Auto-ajustada; VO_{2pico}- volume de oxigênio de pico; Pot α- potência de alfa; Pot α2- potência de alfa 2 (10-13Hz) Pot β1- potência de beta 1 (13-18 Hz); Pot β2- potência de beta 2 (18-30 Hz); Pot δ- potência delta; Pot θ- potência teta; (A24)- área 24 de Brodmann; (A33)- área 33 de Brodmann; (A23)- área 23 de Brodmann; T- Tensão; D- Depressão; DTH- Distúrbio Total de Humor; C- Confusão; EE- excitação energética; ET- excitação de tensão; TE- Tamanho de efeito; PEF- Percepção do Estado Físico; PTP- Percepção da Tensão Psicológica; EFP- Energia Física Percebida; Rec- recuperação; Vs- versus; HFD- Hemisfério frontal direito; HFE- Hemisfério frontal esquerdo; Cz- eletrodo central; Pz- eletrodo parietal; Pós 0- imediatamente após o exercício; Pós 5- 5 minutos após o exercício; Pós 10- 10 minutos após o exercício; Pós 15- 15 minutos após o exercício; Pós 20- 20 minutos após o exercício; Pós 30- 30 minutos após o exercício; Correl.- correlação

Especificamente, os estudos que usaram a análise da assimetria tiveram como objetivo investigá-la como preditora (isto é, antes do exercício) (n=5) e moduladora (isto é, após o exercício) (n=4) das respostas de humor. Em quatro estudos, a assimetria foi preditora no estado de humor, sendo que em uma pesquisa não foi possível uma predição. Em dois estudos, a assimetria foi modulada em função do exercício, sendo que em duas pesquisas nenhuma assimetria foi verificada. A potência absoluta ou relativa foi utilizada como moduladora (n=4) das respostas de humor em função do exercício. Para medidas de humor, em cinco estudos foram utilizados o questionário POMS, em cinco estudos uma Lista de adjetivos de ativação e desativação (AD ACL) e somente em uma pesquisa utilizou-se um programa computacional (Mood Meter®), que consistia de três sub-escalas, onde a percepção do estado físico, percepção da tensão psicológica e percepção do estado motivacional eram avaliadas (Tabela 1).

A avaliação do risco de viés revelou que sete dos onze artigos selecionados atenderam entre 3 a 5 critérios. Somente quatro artigos não atenderam a quatro critérios (Tabela 2).

Tabela 2. Risco de viés dos artigos que investigaram os efeitos agudos do exercício sobre o humor e atividade cortical em jovens saudáveis.

Estudo	CE	GC	R	RA	RI	RMV
Moraes et al (2011)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Woo et al (2010)	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Hall, Ekkekakis & Petruzzello. (2010)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Fumoto et al (2010)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Woo et al (2009)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Schneider et al (2009a)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Hall, Ekkekakis & Petruzzello (2007)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Petruzzello, Hall & Ekkekakis (2001)	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Hall et al (2000)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Oda et al (1999)	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Petruzzello	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

& Tate

(1997)

CE- critério de elegibilidade; GC- grupo controle; R- randomização; RA: resultados de 85% da amostra; RI: resultados intragrupos; RMV- resultados de medidas de variabilidade.

DISCUSSÃO

O objetivo da presente revisão foi investigar na literatura o efeito do exercício sobre o humor e atividade cortical em jovens saudáveis. No geral, as medidas de análise do EEG apresentaram provas contraditórias sobre sua capacidade em prever ou modular estados psicológicos de humor mediante a intervenção de exercício.

Os estudos que investigaram a assimetria como preditora encontraram resultados significativos na relação de causalidade na melhora do humor em quatro estudos (HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2010; PETRUZZELLO & TATE, 1997; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007; PETRUZZELLO, HALL & EKKEKAKIS, 2001). Entretanto essa melhora foi dependente da intensidade do exercício e do nível de condicionamento dos sujeitos. Por outro lado, um estudo não previu melhora do humor (HALL et al, 2000) e um demonstrou tanto melhora quanto piora no estado de humor (HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007).

Já considerando a assimetria como moduladora foi observado modificações significativas após a intervenção de exercício com 30 minutos de duração e com diferentes intensidades (45%, 60% e 75% VO_{2max}), no qual também foi observado um aumento no vigor (WOO et al, 2009; WOO et al, 2010). Entretanto, em outro estudo a intervenção de exercício aeróbio realizado na bicicleta ergométrica com diferentes intensidades (50-55% VO_{2pico} , 80-85% VO_{2pico} e intensidade auto-selecionada) não foi capaz de gerar nenhuma mudança na assimetria, apesar de diversas alterações terem ocorrido no estado de humor (SCHNEIDER et al, 2009a). Já em outra pesquisa, vinte minutos de exercício aeróbio na bicicleta ergométrica, com intensidade aproximada de 80% da frequência cardíaca máxima prevista, não houve correlação da assimetria com as respostas no estado de humor avaliado pelo POMS (MORAES et al, 2011).

A potência absoluta de alfa também parece ser modulada pelo exercício, com aumento no hemisfério frontal direito após o exercício aeróbio, com um subsequente aumento no vigor, e sem diferença entre as intensidades impostas ao exercício

(WOO et al, 2010). Também foram observadas correlações entre o aumento de alfa em áreas parietais e pré-frontais, e a percepção do estado físico foi correlacionada com reduções nas subescalas tensão e confusão (SCHNEIDER et al, 2009a; FUMOTO et al, 2010). Novamente, a configuração do exercício influenciou diretamente essas respostas. A potência relativa de alfa também foi aumentada após uma sessão de exercício subaquático, com subseqüentes aumentos no vigor e diminuições na tensão e depressão (ODA et al, 1999). Apesar disso, nenhuma intensidade do esforço foi mencionada nesta pesquisa. Moraes et al. (2011), verificaram um aumento na potência de alfa e beta-1 (13-18Hz) no giro do cíngulo anterior e área cíngulo, e aumento de beta-2 (18-30Hz) no giro cíngulo posterior após o exercício de intensidade moderada, com o uso das técnicas de sLORETA. Houve diminuição no distúrbio total de humor, aumento significativo no vigor e uma diminuição da raiva nos jovens com idades entre 20 a 30 anos.

Apesar dos estudos terem encontrado evidência para a atividade cortical medida pela assimetria e potência como preditora e moduladora das respostas do humor geradas pelo exercício, foram observados resultados divergentes, os quais podem ser explicados pela diferentes metodologias do exercício físico.

Intensidade

Parece que a assimetria frontal pode ser preditora na melhoria do afeto positivo imediatamente após o exercício com intensidades próximas ao limiar ventilatório, o qual parece ser um marcador fisiológico ideal em promover melhores respostas afetivas. Isso foi confirmado em um estudo comparativo entre 55% do VO_{2max} , 70% do VO_{2max} e grupo controle, com resultados significativos na condição de 70% do VO_{2max} (PETRUZZELLO & TATE, 1997). Por outro lado, Schneider et al. (2009a) não observaram resultados significativos para intensidades baixas (50-55% do VO_{2pico}) e altas (80-85% do VO_{2pico}) de exercício. O tempo de medida do humor após o exercício parece ser importante para que a assimetria possa ser preditora. Por exemplo, na condição acima do LV, a assimetria médio-frontal e fronto-lateral, respectivamente, previram aumento na variação da excitação energética tanto imediatamente após (15,7%) e 5 minutos após (13,7%). Já na condição abaixo do LV, a assimetria frontal previu um aumento na variação da excitação energética em 12,6% imediatamente após o exercício, e 15,8% após 20 minutos do término do

exercício (HALL, EKKEKAKIS E PETRUZZELLO, 2010; HALL, EKKEKAKIS E PETRUZZELLO, 2007).

A assimetria frontal, como moduladora, proporcionou aumento no vigor sem diferenças entre três intensidades impostas (45%, 60% e 75% do $VO_{2máx}$) (WOO et al, 2010). Apesar desse aumento na assimetria frontal, nenhuma diferença foi encontrada entre as condições, sendo somente diferente da condição de controle em repouso. Também não foi visto nenhuma modulação da assimetria frontal sobre humor em uma intensidade de 80% da frequência cardíaca máxima prevista pela idade, apesar de ter ocorrido diminuição no distúrbio total de humor, um aumento significativo no vigor e uma diminuição da raiva (MORAES et al, 2011). Quanto os resultados de potência, foi observada uma relação significativa entre a potencia de alfa (10-13Hz), em áreas parietais, e a percepção do estado físico, no exercício de baixa intensidade com 50-55% do VO_{2pico} (SCHNEIDER et al, 2009a).

Em um exercício extenuante, a assimetria frontal com maior atividade esquerda (F4-F3) previu a calma, mas também o cansaço. Ainda assim, o momento de calma e cansaço só ocorreram 10 e 20 minutos após o exercício, novamente sugerindo um tempo mínimo para alcançar esses estados psicológicos (HALL, EKKEKAKIS E PETRUZZELLO, 2007).

Em exercícios com intensidades auto-selecionadas, novamente a assimetria frontal do EEG não foi suficiente para predizer mudanças no estado afetivo (SCHNEIDER et al, 2009a; HALL et al, 2000). O uso da potência relativa permitiu observar alguns resultados interessantes que ocorreram em exercícios com intensidade auto-selecionada, como uma redução na tensão e confusão, com tendência de aumento no vigor foram acompanhados de um aumento na ativação de alfa (10-13Hz) no córtex pré-frontal (FUMOTO et al, 2010). Schneider et al. (2009a) demonstraram que, apesar do aumento da potência de alfa, nenhuma correlação ocorreu entre atividade do EEG e medidas de humor com intensidades auto-selecionadas. Ainda assim, os estudos acima carecem de um grupo controle para que fossem feitas comparações entre as condições.

Tipo de exercício

O único estudo que utilizou outro tipo de intervenção de exercício foi feito por Oda et al. (1999), no qual foi investigado o efeito de exercícios subaquáticos sendo capaz de gerar aumento no vigor e diminuições na tensão e depressão no momento

pós-exercício, associados com um aumento na potência relativa de alfa. Apesar disso, as mudanças que ocorreram no humor após o exercício sendo moduladas pelo aumento na ativação de alfa não foram confirmadas, pois também houve aumento na potência relativa de beta. Além disso, nenhum tipo de correlação foi feita entre potência relativa, dentro das respectivas bandas de frequência, e sub-escalas de humor.

Tempo de duração do exercício

A assimetria frontal, como moduladora, proporcionou aumento no vigor após 30 minutos de exercício aeróbico, com 60% do $VO_{2máx}$. Entretanto, na condição de 15 e 45 minutos, nenhuma assimetria frontal modulou o estado de humor (WOO et al, 2009). Os resultados dão suporte para a relação dose-resposta entre a duração do exercício e afeto caracterizada pelo “U” invertido.

Nível de condicionamento

O condicionamento cardiovascular pode estar relacionado à assimetria de repouso como preditora no humor. Os participantes com alto condicionamento aeróbico exibiram assimetria frontal de repouso como preditora na excitação energética (ativação) e energia após 10 minutos ao término do exercício (PETRUZZELLO, HALL & EKKEKAKIS, 2001). Nos participantes com baixo-moderado condicionamento aeróbicos não houve fator preditivo da assimetria frontal de repouso no estado de humor. Talvez, a intensidade relativa do esforço tenha sido muito alta para os indivíduos de baixo-moderado condicionamento, o que para os indivíduos de alta condição aeróbia a intensidade relativa pode ter sido suficiente para provocar as respostas afetivas esperadas.

sLORETA, exercício e humor

O uso da tomografia eletromagnética cerebral de baixa resolução padronizada (sLORETA) foi utilizado no estudo feito por Moraes et al. (2011). Nesse estudo, jovens realizaram 20 minutos de exercício na bicicleta ergométrica utilizando uma intensidade de 80% da frequência cardíaca máxima prevista pela idade. Os sujeitos foram avaliados antes e 15 minutos após uma única sessão de exercício aeróbico, utilizando o questionário POMS, e o exame eletroencefalográfico (EEG) após o exercício. Houve um aumento na potência de alfa área 24 de Brodmann após o

exercício e um aumento na potência de beta 1 na área 33 de Brodmann e aumento na potência de beta 2 na área 23 de Brodmann. Isso é particularmente interessante, pois estas áreas de Brodmann estão relacionadas em estados emocionais. Os jovens demonstraram diminuição no distúrbio total de humor, um aumento significativo no vigor e uma diminuição da raiva. Apesar disso, só foi verificado uma correlação inversa entre a assimetria frontal de repouso e o estado de ansiedade. Ressalta-se que este foi o primeiro estudo que utilizou uma medida mais sofisticada do EEG, a sLORETA, para demonstrar a influência do exercício sobre o estado de humor. Entretanto, algumas limitações devem ser ressaltadas nesse estudo, como a intensidade sendo baseada na frequência cardíaca máxima predita pela idade e a falta de uma condição controle.

Sendo assim, parece que após uma sessão de exercício físico o estado de humor pode ser parcialmente mediado pelo padrão de atividade assimétrica do córtex frontal pré-esforço físico. Entretanto, não é possível definir uma relação de causa-efeito entre as alterações de humor e as modificações da atividade cortical geradas pelo exercício. O uso de ensaios clínicos randomizados que utilizem todas as possibilidades de medidas do EEG, uma correta configuração das variáveis de treino e escalas apropriadas de estados de humor tornam-se necessários para o avanço no conhecimento desta área.

REFERÊNCIAS

ARENT SM, et al. The Impact of the Testing Environment on Affective Changes Following Acute Resistance Exercise. *J Appl Sport Psychol*, 2007. 19(3): p. 364-78.

BARTHOLOMEW JB, et al. Psychological States Following Resistance Exercise of Different Workloads. *J Appl Sport Psychol*, 2001. 13(4): p. 399-410.

BELLEZZA PA, et al. The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *J Strength Cond Res*, 2009. 23(1): p. 203-8.

BIBEAU WS, et al. Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect. *J Strength Cond Res*, 2010. 24(8): p. 2184-91.

BRUMMER V, et al. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity. *Med Sci Sports Exerc*, 2011a. 43(10): p. 1863-72.

BRUMMER V, et al. Primary motor cortex activity is elevated with incremental exercise intensity. *Neuroscience*, 2011b. 181: p. 150-62.

COAN JA, ALLEN JJ. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biol Psychol*, 2004. 67(1-2): p. 7-49.

CRABBE JB, DISHMAN RK. Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. *Psychophysiology*, 2004. 41(4): p. 563-74.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Acute aerobic exercise and affect: current status, problems and prospects regarding dose-response. *Sports Med*, 1999. 28(5): p. 337-74.

FUMOTO M, et al. Ventral prefrontal cortex and serotonergic system activation during pedaling exercise induces negative mood improvement and increased alpha band in EEG. *Behav Brain Res*, 2010. 213(1): p. 1-9.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Predicting affective responses to exercise using resting EEG frontal asymmetry: does intensity matter? *Biol Psychol*, 2010. 83(3): p. 201-6.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry. *Biol Psychol*, 2007. 75(2): p. 194-200.

HALL EE, et al. Resting frontal asymmetry predicts self-selected walking speed but not affective responses to a short walk. *Res Q Exerc Sport*, 2000.71(1): p. 74-9.

LIBERATI A, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*, 2009. 151(4): p. 65-94.

McGOWAN RW, PIERCE EF, JORDAN D. Mood alterations with a single bout of physical activity. *Percept Mot Skills*, 1991. 72(3 Pt 2): p. 1203-9.

MIERAU A, et al. Improved sensorimotor adaptation after exhaustive exercise is accompanied by altered brain activity. *Physiol Behav*, 2009. 96(1): p.115-21.

MILLER PC, et al. The influence of muscle action on heart rate, RPE, and affective responses after upper-body resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 2009. 23(2): p. 366-72.

MORAES H, et al. The effect of acute effort on EEG in healthy young and elderly subjects. *Eur J Appl Physiol*, 2011. 111(1): p. 67-75.

ODA S, et al. Relaxation effects in humans of underwater exercise of moderate intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1999. 80(4): p. 253-59.

PASCUAL-MARQUI RD, MICHEL CM, LEHMANN D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *Int J Psychophysiol*, 1994.18(1): p. 49-65.

PETRUZZELLO SJ, HALL EE, EKKEKAKIS P. Regional brain activation as a biological marker of affective responsivity to acute exercise: influence of fitness. *Psychophysiology*, 2001. 38(1): p. 99-106.

PETRUZZELLO SJ, TATE AK. Brain activation, affect, and aerobic exercise: an examination of both state-independent and state-dependent relationships. *Psychophysiology*, 1997. 34(5): p. 527-33.

PETRUZZELLO SJ, et al. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. Outcomes and mechanisms. *Sports Med*, 1991. 11(3): p. 143-82.

REED J, ONES DS. The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc*, 2006. 7(5): p. 477-514.

ROCHELEAU CA, et al. Moderators of the relationship between exercise and mood changes: Gender, exertion level, and workout duration. *Psychol Health*, 2004. 19(4): p. 491-506.

SCHNEIDER S, et al. EEG activity and mood in health orientated runners after different exercise intensities. *Physiol Behav*, 2009a. 96(4-5): p. 709-16.

SCHNEIDER S, et al. Changes in brain cortical activity measured by EEG are related to individual exercise preferences. *Physiol Behav*, 2009b. 98(4): p. 447-52.

SCHNEIDER S, STRUDER HK. Monitoring effects of acute hypoxia on brain cortical activity by using electromagnetic tomography. *Behav Brain Res*, 2009. 197(2): p. 476-80.

SCHOMER DL, SILVA FHL. Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields. Lippincott Williams & Wilkins, 5th edition p. 1296; 2010.

YEUNG RR. The acute effects of exercise on mood state. *J Psychosom Res*, 1996. 40(2): p. 123-41.

WOO M, et al. Examining the exercise-affect dose-response relationship: does duration influence frontal EEG asymmetry? *Int J Psychophysiol*, 2009. 72(2): p. 166-72.

WOO M, et al. The influence of exercise intensity on frontal electroencephalographic asymmetry and self-reported affect. *Res Q Exerc Sport*, 2010. 81(3): p. 349-59.

2 ESTUDO 2 - EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO PRESCRITO E AUTO-AJUSTADO SOBRE O AFETO E ASSIMETRIA FRONTAL ELETROENCEFALOGRÁFICA

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi comparar o afeto e a assimetria frontal do eletroencefalograma durante exercício prescrito (EP) e auto-ajustado (AA). Vinte participantes ativos foram submetidos a um teste de esforço submáximo para estimar o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{máx}$). Nas três visitas subsequentes, EP (50% de $PVO_2\text{max}$), auto-ajustado (AA) e uma condição de controle foram realizados, de forma aleatória. O exame eletroencefalográfico (EEG) foi realizada antes e após o exercício. A Escala de Sensação (ES), escala de ativação (EA) e frequência cardíaca (FC) foram registradas antes, durante e depois de cada condição. A escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada durante e depois de cada condição. A FC e PSE apresentaram valores mais elevados nas condições de EP e AA, em comparação com o controle, sem diferenças entre as condições de EP e AA. Durante o exercício, houve aumento da FC nas condições de EP e AA relativamente aos níveis pré exercício e após 20 minutos de repouso (P20). A PSE em ambas as condições de exercício foram superiores ao controle. A PSE foi maior durante o exercício comparada relativamente aos níveis pré e pós exercício. Para a ES, a condição AA apresentou valores mais elevados em comparação com as condições de EP e Controle. A EA apresentaram valores mais elevados nas condições de EP e AA em relação ao controle. Não houve interação entre condição e momento ou efeito principal para condição e momento para assimetria frontal de alfa ($\ln F_4 - \ln F_3$). A condição AA proporcionou melhores respostas afetivas em relação às condições de EP e controle. Em geral, nenhuma assimetria frontal de alfa foi observada devido a uma intervenção de exercícios, onde nós questionamos a sua capacidade preditiva ou de alterar o estado afetivo.

Palavras chave: Exercício prescrito, auto-ajustado, Afeto, Assimetria frontal do EEG

ACUTE EFFECT OF PRESCRIBED EXERCISE AND SELF-SELECTED ON THE AFFECT AND FRONTAL ELECTROENCEPHALOGRAPHIC ASYMMETRY

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to compare the affect and frontal electroencephalographic asymmetry during prescribed (PE) and self-selected exercise (SS). Twenty active participants underwent a submaximal exercise test to estimate maximal oxygen consumption (VO_{2max}). In the three subsequent visits, PE (50% of PVO_{2max}), SS and a control condition were performed, in a randomized order. The electroencephalography (EEG) was performed before and after exercise. The Feeling Scale (FS), Felt Arousal Scale (FAS) and heart rate (HR) were recorded before, during and after each condition. The ratings of perceived exertion (RPE) was recorded during and after each condition. The HR and RPE showed higher values in the PE and SS conditions compared to control, with no differences between the PE and SS conditions. During the exercise there was an increase in HR in the PE and SS conditions compared to pre and after 20 minutes (P20). The RPE in both exercise conditions were superior to control. The RPE was higher during exercise compared to pre and post exercise. For the FS, the condition SS presented higher values compared to the PE and Control conditions. The FAS condition presented higher values in the PE and SS conditions compared to control. There was no interaction between condition and moment, or main effect for condition, and moment for the frontal asymmetry alpha ($\ln F4 - \ln F3$). The SS provided better affective responses compared to PE and control conditions. In general, no frontal alpha asymmetry was seen due to an exercise intervention, where we question their predictive capacity or change the affective state.

Keywords: Prescribed exercise, self-selected, Affect, EEG frontal asymmetry

INTRODUÇÃO

O afeto é o componente central de todas as valências, positivas ou negativas, incluindo, mas não limitando às emoções e estados de humor (EKKEKAKIS, 2013). O exercício é conhecido por promover respostas emocionais positivas e uma diminuição no estado de raiva, ansiedade, tensão, e um aumento no vigor e prazer (PETRUZZELLO & LANDERS, 1994; PETRUZZELLO, 1991). Vários fatores podem influenciar a resposta afetiva durante o exercício (por exemplo: intensidade e duração) (EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 1999; REED & ONES, 2006). Revisões e meta-análises mostraram que sessões de exercícios realizados em intensidades baixa e moderadas estão relacionadas a respostas afetivas positivas (EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 1999; REED & ONES, 2006; EKKEKAKIS, 2009). De acordo com Ekkekakis e Petruzzello (1999), a intensidade do exercício que gera respostas afetivas positivas estão em intensidades próximas ao limiar ventilatório. Reed e Ones (2006) observaram que a faixa de intensidade deve estar entre 15%-39% do consumo de oxigênio de reserva (VO_2R) e limiar de lactato. Por outro lado, parece que as sessões de exercícios realizados em intensidades acima do limiar de lactato, estão associadas com uma redução nas respostas afetivas positivas (EKKEKAKIS, PARFITT & PETRUZZELLO, 2011).

Uma das medidas fisiológicas que poderiam explicar o padrão de respostas afetivas é a eletroencefalografia (EEG). Especificamente, a medida de assimetria frontal eletroencefalográfica relacionada com o afeto tem sido investigada na área da prescrição do exercício (HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2010; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007; HALL et al, 2000). Esta assimetria frontal particularmente postulada dentro da banda de frequência alfa (8-12 Hz) é a principal base do modelo teórico de Davidson et al (1990). A atividade na banda de frequência alfa é negativamente relacionada com a atividade do córtex subjacente, e o aumento da potência alfa está associada com uma menor atividade cortical (OAKES et al, 2004). A atividade de alfa nas regiões frontais é utilizada para calcular um índice de assimetria (F4-F3) para determinar a atividade no córtex frontal esquerdo versus direito (DAVIDSON et al, 1990).

O modelo proposto por Davidson et al. (1990) demonstra que as respostas afetivas negativas foram associadas com maior ativação do córtex frontal direito e respostas afetivas positivas foram associados com maior ativação do córtex frontal

esquerdo. Tem sido demonstrado que a assimetria frontal do EEG avaliados em repouso antes de uma sessão de exercício pode prever as respostas afetivas após o exercício (HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2010; HALL, EKKEKAKIS & PETRUZZELLO, 2007; PETRUZZELLO, HALL & EKKEKAKIS, 2001; PETRUZZELLO & TATE, 1997). No entanto, outros estudos não encontraram nenhuma relação entre assimetria frontal do EEG e respostas afetivas (HALL et al, 2000; WOO et al, 2010; SCHNEIDER et al, 2009). Os resultados controversos poderia ser explicado pelo efeito de diferentes intensidades utilizadas nestes estudos (WOO et al, 2010; SCHNEIDER et al, 2009).

No contexto da intensidade do exercício, estudos anteriores relataram os benefícios do exercício auto-selecionado para respostas afetivas (PARFITT, ROSE & BURGESS, 2006; ROSE & PARFITT, 2007; LIND, EKKEKAKIS & VAZOU, 2008). A comparação do exercício prescrito (EP) e auto-ajustado (AA) utilizando escalas apropriadas para medir as respostas afetivas podem contribuir para estes resultados controversos na literatura. Além disso, a assimetria frontal do EEG medido em repouso (pré-exercício) e após o exercício pode contribuir para uma melhor compreensão das possíveis mudanças de atividade cortical relacionadas com alterações psicológicas em função do exercício.

O objetivo deste estudo foi comparar as respostas afetivas e a assimetria frontal do EEG durante e após as sessões de EP e AA. A hipótese deste estudo é que a melhoria das respostas afetivas seria alcançada após a condição AA. Em relação às mudanças no EEG, a condição AA iria resultar em maior potência alfa no córtex pré-frontal direita sobre o córtex pré-frontal esquerdo após o exercício através da medida de assimetria frontal em alfa.

MÉTODOS

Participantes

Vinte indivíduos jovens saudáveis, destros, praticantes de atividade física por pelo menos três meses, três vezes por semana em exercícios aeróbicos e que não tinham qualquer doença mental ou músculo-esquelético foram recrutados. Os indivíduos classificados como alto ou moderado risco para a doença cardiovascular, fumantes, ou que estavam tomando qualquer medicação foram excluídos do estudo (ACSM, 2013). Os participantes foram instruídos a não beber álcool ou cafeína 24

horas antes dos testes. Cada participante assinou o termo de consentimento informado e o experimento foi aprovado pelo comitê de ética institucional da Universidade Gama Filho (número 172.2011).

Procedimentos

Os participantes foram submetidos a quatro visitas ao Laboratório de Neurociência do Exercício da Universidade Gama Filho. Na primeira visita, os participantes assinaram um termo de consentimento, responderam ao questionário Estratificação de Risco (ACSM, 2013) e passaram por uma bateria de medidas antropométricas. Em seguida, foi verificada a frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}), durante seis minutos na posição supina. Posteriormente, um teste submáximo foi realizado utilizando uma bicicleta ergométrica para estimar o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) e a potência máxima associada VO_2 máx (PVO_2 máx) (SWAIN et al, 2004). Em visitas posteriores, aplicados em uma ordem aleatória, os participantes foram submetidos a uma condição de controle sem exercício (Con), e duas sessões de exercícios aeróbicos, exercício prescrito (EP) e auto-ajustado (AA). Antes e depois de cada condição, foram registradas as medidas do EEG, psicológicas e fisiológicas. Durante as condições, foram registrados apenas medidas psicológicas e fisiológicas.

Antropometria

As medidas de peso e estatura foram avaliadas. Em seguida, dobras cutâneas foram medidos com um compasso de dobras cutâneas (Sanny®, American Medical do Brasil Ltda., São Bernardo do Campo, SP). A densidade corporal e percentual de gordura corporal foram calculados de acordo com a equação de Jackson e Pollock e Siri, respectivamente (JACKSON & POLLOCK, 1978; SIRI, 1961).

Teste do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx)

O VO_2 máx foi estimado por um protocolo submáximo em uma bicicleta ergométrica, de acordo com Swain et al. (2004). A cadência mantida em todo o teste foi de 60 rpm e a carga inicial (kg) foi ajustada de acordo com o peso corporal dos participantes. Os incrementos foram aplicados até que o alvo de aproximadamente 55% da frequência cardíaca de reserva (FCR) fosse alcançado. A partir deste

momento, a intensidade de esforço foi mantida durante 6 minutos e, em seguida, o teste foi finalizado. A estimativa do VO_2 máx e PVO_2 máx foi realizada de acordo com Swain et al. (2004) pela equação proposta pelo ACSM (ACSM, 2013).

Frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço

A frequência cardíaca foi medida por um monitor de frequência cardíaca (Polar RS 400, Polar® Electro, Finlândia) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada usando a escala de Borg (CR-10) com pontuação de 0 (nenhum esforço) e 10 (máximo absoluto) (BORG, 1998).

Respostas afetivas

A avaliação do afeto foi realizada utilizando a Escala de Sensação (ES) e escala de ativação (EA). A ES consiste em uma medida de prazer e desprazer na sequência de uma pontuação de -5 ("muito ruim") a 5 ("muito bom"), onde o ponto 0 é classificado como "neutro" (HARDY & REJESKI, 1989). A EA é composto por uma medida do estado de excitação com a seguinte pontuação: 1 ("pouco ativado") e 6 ("muito ativado") (SVEBAK & MURGATRYD, 1985).

Aquisição, redução e análise de sinais eletroencefalográficos (EEG)

A captação do sinal eletroencefalográfico foi feita através do aparelho Braintech 3000 (EMSA, local) de 21 canais de EEG. O sistema utiliza uma placa conversora analógico-digital (A/D) com resolução de 12 bits. O EEG sofre filtragem analógica entre 0,01 Hz (passa-altas) e 100 Hz (passa-baixas), sendo amostrado a uma taxa de 240 Hz. Foi utilizada uma filtragem digital Notch de 60 Hz e ainda filtros passa-altas em 0,1 Hz e passa-baixas em 50 Hz (Butterworth de ordem 2).

Vinte eletrodos monopolares foram colocados nas áreas frontais (Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7 e F8), centrais (Cz, C3 e C4), temporais (T3, T4, T5 e T6), parietais (Pz, P3 e P4) e occipitais (Oz, O1 e O2) segundo o protocolo do Sistema Internacional 10/20 (JASPER, 1958). Outros dois eletrodos (A1 e A2) foram posicionados nos lóbulos auriculares com a função de referência (bi-auricular).

Foram verificados os níveis de impedância de cada eletrodo, que deveriam estar entre 5 e 10 KOhms ($K\Omega$). O sinal EEG apresenta normalmente amplitude pico a pico menor que 100 μ V. Por este motivo, foi amplificado com ganho elevado variando de 20.000 a 50.000 vezes, sendo aproximadamente 22.000 vezes no Braintech 3000. Artefatos visuais serão inspecionados com o programa de

visualização de dados Matlab 5.3[®] (The Mathworks, Inc.). Adicionalmente, a estimativa de componentes do sinal pela Análise de Componentes Independentes (ICA) foi aplicada para minimização dos artefatos, como sudorese e tensão muscular. Após a inspeção visual e aplicação do ICA para retirar possíveis artefatos, os sinais eletroencefalográficos foram processados por um *software* desenvolvido no laboratório de Mapeamento Cerebral e Integração Sensório-Motora (UFRJ). Este *software* extraiu dados relevantes ao experimento.

De início, foram extraídas das séries temporais medidas de distribuição de potência no escalpo. A fim de alcançar o objetivo de extrair medidas de potência, foi utilizada uma técnica conhecida como Análise de Fourier (AF) ou Análise Espectral (AE) de séries temporais. A Transformada Rápida de Fourier (FFT) refere-se a uma análise de sinais que repetem a si mesmos em intervalos regulares de tempo. Através da FFT é possível definir o quanto de energia (potência) existe em cada banda frequência. A potência absoluta espectral foi utilizada com janela de 1-s por época de EEG, livres de artefatos (resolução espectral de 0,25 Hz). Foi aplicada a transformação logarítmica (log natural: ln) sobre os valores da potência, já que a potência do EEG não possui uma distribuição normal (gaussiana) entre os sujeitos. Este procedimento aproxima os resultados de uma distribuição normal. Os dados de potência absoluta foram divididos em cinco bandas de frequência (delta=0,5-3,5 Hz; teta = 4–7.5 Hz; alfa = 8–12 Hz; beta = 13–35 Hz; gama >35 Hz).

Os dados de EEG foram analisados pela assimetria cortical de acordo com a hipótese de Davidson et al.(1990).

O cálculo matemático básico na computação da assimetria foi expresso através da equação: Assimetria = LogD - LogE; onde: D refere-se a eletrodos homólogos direitos e E, a eletrodos homólogos esquerdos. Nesse estudo foi utilizada a assimetria dentro da banda de frequência alfa, para os eletrodos F4 e F3. A escolha dos eletrodos fronto-mediais homólogos (F4-F3) foi baseada na predominância desta medida na literatura relacionada ao exercício e ao alto valor de associação entre a atividade dos homólogos entre si e sua associação às respostas afetivas (ALLEN, COAN & NAZARIAN, 2004).

Sessões experimentais

Na segunda, terceira e quarta visitas, cuja ordem foi definida de forma aleatória, os participantes foram submetidos a uma condição controle sem exercício

(Con) e duas condições de exercícios aeróbicos (EP e AA), realizados em bicicleta ergométrica. EP foi realizado em 50% de PVO_2 máx, 60 rpm e uma duração total de 20 minutos. Os participantes foram instruídos pelos avaliadores para manter as rotações e a carga pré-determinada. Na condição AA, os participantes eram livres para escolher a qualquer momento a carga e a rpm. Tanto a carga e as rpm, livremente escolhido pelos participantes, poderiam ser visualizadas a qualquer momento pelos sujeitos durante o exercício. Cabia a cada indivíduo estabelecer a estratégia ("PACE") mais adequado durante os 20 minutos de duração da condição. Na condição AA, o avaliador não interferiu na escolha tanto da carga e as rpm. Na condição Con, os participantes permaneceram sentados confortavelmente em uma cadeira e foi evitado qualquer interação com os participantes para minimizar o risco de alterações nas respostas afetivas. Os participantes não foram informados em qual momento as medidas de afeto e fisiológicas seriam verificadas tanto antes, durante e após o exercício, pois o conhecimento prévio poderia levá-los a alterar a configuração do exercício na condição AA.

Antes do início de cada sessão, os sujeitos foram orientados a permanecerem sentados em uma cadeira confortável e, em seguida, após a colocação manual dos eletrodos, de acordo com o Sistema Internacional 10-20, os indivíduos foram submetidos a exame de EEG com duração de oito minutos. Todos os indivíduos foram instruídos a evitar a execução de movimentos, piscar de olhos e varredura língua. O EEG de repouso foi registrado com os olhos fechados durante oito minutos. Além disso, os participantes foram convidados a responderem a ES e EA, e foi medida a frequência cardíaca. Durante as condições experimentais os sujeitos responderam a ES, EA, PSE (CR-10) e a frequência cardíaca foi registrada a cada seis minutos (D6, D12 e D18). Imediatamente após o término do exercício (P0), após 10 minutos (P10) e após 20 minutos (P20) das condições experimentais, as escalas foram aplicadas (ES, EA e PSE) e a frequência cardíaca medida. O registro do EEG após as condições foi em um tempo médio de 11 minutos, com os mesmos procedimentos do pré-exercício. Esse tempo (11 minutos) foi o necessário para colocação dos eletrodos.

Análise estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi realizado um teste de Shapiro-Wilk, e heterogeneidade, o teste de Levene.

Uma ANOVA de medidas repetidas com entrada para condição (Con x EP x AA) e momento (pré x D6 x D12 x D18 x P0 x P10 x P20) para as seguintes variáveis dependentes: FC, ES e EA.

A percepção subjetiva de esforço, uma ANOVA de medidas repetidas foi realizada com entrada para condição (Con x EP x AA) e momento (D6 x D12 x D18 x P0 x P10 x P20) foi realizada.

Para a assimetria frontal de alfa (InF4-INF3) e potência absoluta de alfa, uma ANOVA de de medidas repetidas com duas entradas, condição e momento (pré-exercício x pós-exercício) foi aplicada.

Um teste post hoc de Bonferroni foi utilizado para determinar as diferenças específicas entre as condições e momentos para cada variável dependente.

A variabilidade interindividual foi feita por uma análise descritiva utilizando os valores percentuais de alterações nas respostas da ES no pré-exercício para durante o exercício (D18)

No caso de esfericidade violado, para todas as ANOVAs com medidas repetidas foi usado um ajustamento de Greenhouse-Geisser. Para todas as análises foi utilizado como nível de significância $p \leq 0,05$, e foi utilizado o pacote estatístico SPSS versão 17 para Windows.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os dados de características dos participantes.

Tabela 1. Análise descritiva dos participantes (média, desvio padrão (DP), valores mínimos e máximos).

Variáveis	Média	± DP	Minímo	Máximo
Idade (anos)	26,5	± 3,8	22	33
Massa (kg)	76	± 10	55,5	93
Estatura (cm)	175,6	± 7,1	164	189
Gordura (%)	14,4	± 5,7	5,4	30
Massa gorda (kg)	11,3	± 5,6	4,3	27
Massa magra (kg)	64,7	± 7,3	51,1	75,5
VO ₂ máx (ml.kg.min ⁻¹)	37,9	± 6,6	31,7	56,1

Frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço

Uma interação significativa entre condição e momento para FC foi demonstrado, $F(12, 192) = 40,218$; $p \leq 0,0001$. Efeito principal para condição, $F(2, 32) = 59,811$; $p \leq 0,0001$, e momento, $F(6, 96) = 200,72$; $p \leq 0,0001$, demonstraram

que as condições EP e AA alcançaram valores mais altos, indicando as condições AA e EP, em comparação com a condição Con ($F = 67,1 \pm 2,2$ batimentos por minuto) ($p \leq 0,0001$). Durante as condições do EP e AA houve um aumento da FC que voltaram aos valores de repouso no momento 20 minutos pós-exercício (D20) (Figura 1).

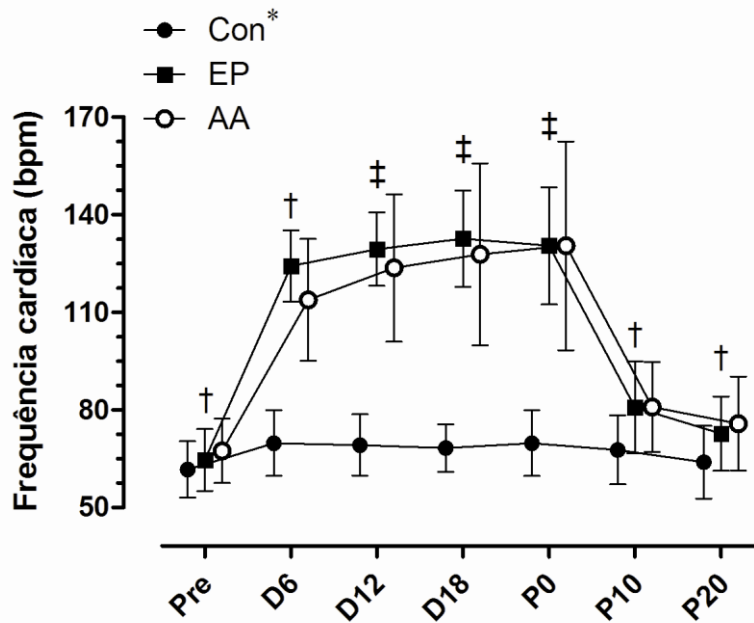


Figura 1. Frequência cardíaca antes, durante e após as condições
 Legenda- Diferença entre: * - diferente do EP e AA. Diferença intra (apenas para EP e AA): † - diferente em todos momentos; ‡ - diferente dos momentos Pre, D6, P10 e P20.

A PSE também demonstrou interação entre condição e momento, $F(10, 180) = 14,289$; $p \leq 0,0001$, efeito principal para a condição $F(2, 36) = 42,960$; $p \leq 0,0001$, e momento, $F(5, 90) = 41,801$; $p \leq 0,0001$. As condições EP e AA atingiram maiores valores de PSE em comparação com a condição Con ($p \leq 0,0001$). Não houve diferença significativa entre as condições EP e AA para a PSE ($p = 0,39$) como se pode ver na Figura 2.

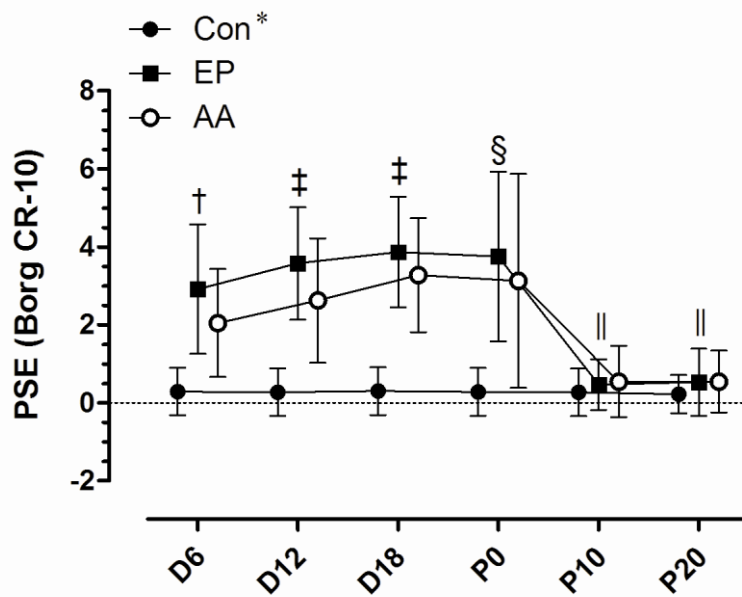


Figura 2. Percepção subjetiva de esforço durante e após as condições.

Legenda- Diferença entre: * - diferente do EP e AA. Diferença intra (apenas para EP e AA): † - diferente de D12, D18, P10 e P20; ‡ - diferente de D6, P10 and P20; § - diferente de P10 and P20; || - diferente de D6, D12, D18 e P0.

Respostas afetivas

Para ES houve interação entre condição e momento, $F(12, 228) = 1,083$; $p = 0,375$. No entanto, verificou-se um efeito principal para condição, $F(2,38) = 5,902$; $p = 0,006$). A condição AA apresentou maiores valores do que o EP ($p = 0,01$) e Con ($p = 0,01$). Não houve diferença significativa entre EP e Con ($p = 1,0$). Não houve efeito principal para momento, $F(6, 114) = 1,415$; $p = 0,215$). O resultado da ES pode ser visto na Figura 3.

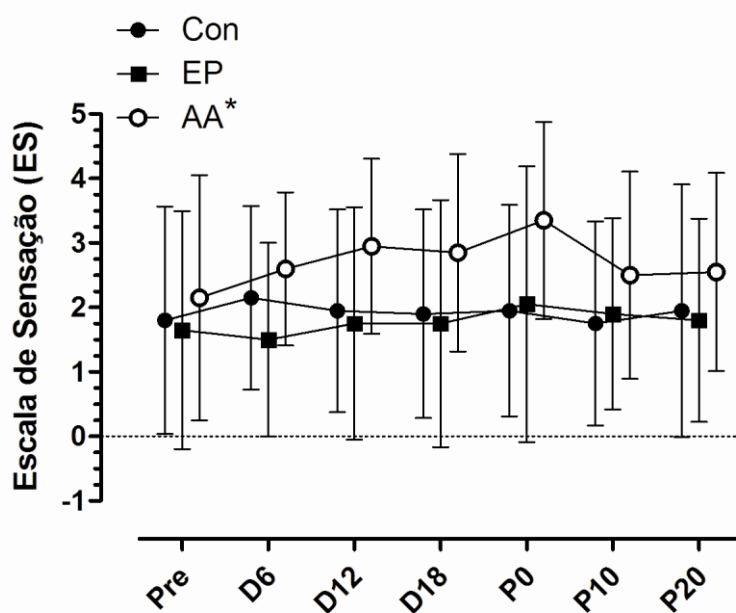


Figura 3. Escala de sensação antes, durante e após as condições.
 Legend- Diferença entre: * - diferente do Con e EP.

Uma interação entre condição e momento, $F(12, 228) = 14,972$; $p < 0,001$, efeito principal para a condição $F(2, 38) = 26,668$; $p < 0,001$, e efeito principal para momento, $F(6, 114) = 33,650$; $P < 0,001$) para a EA foram demonstrados. Quanto às condições, EP e AA apresentaram valores mais elevados para EA do que a condição Con ($p < 0,001$). Em ambas as condições experimentais, EP e AA, houve um aumento na ativação durante a execução do exercício (D6, D12 e D18), em comparação à condição de Con. Estes resultados são mostrados na figura 4.

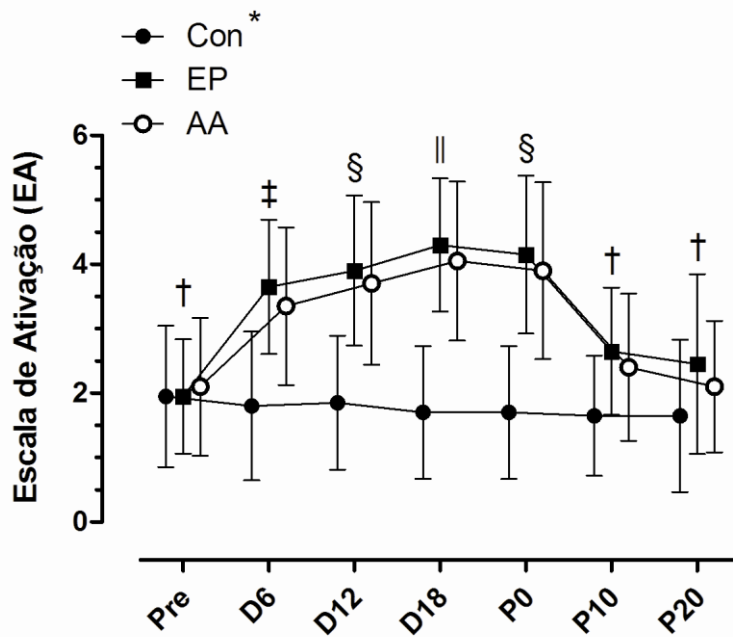


Figura 4. Escala de ativação antes, durante e após as condições. Legenda- Diferença entre: * - diferente do EP e AA. Diferença intra (apenas para EP e AA): † - diferente de D6, D12, D18 e P10; ‡ - diferente de D18, P10 e P20; § - diferente de Pre, P10 e P20; || - diferente de Pre, D6, P10 e P20.

As respostas afetivas foram representadas usando o modelo circunplexo sugerido por Ekkekakis (29) (Figura 5).

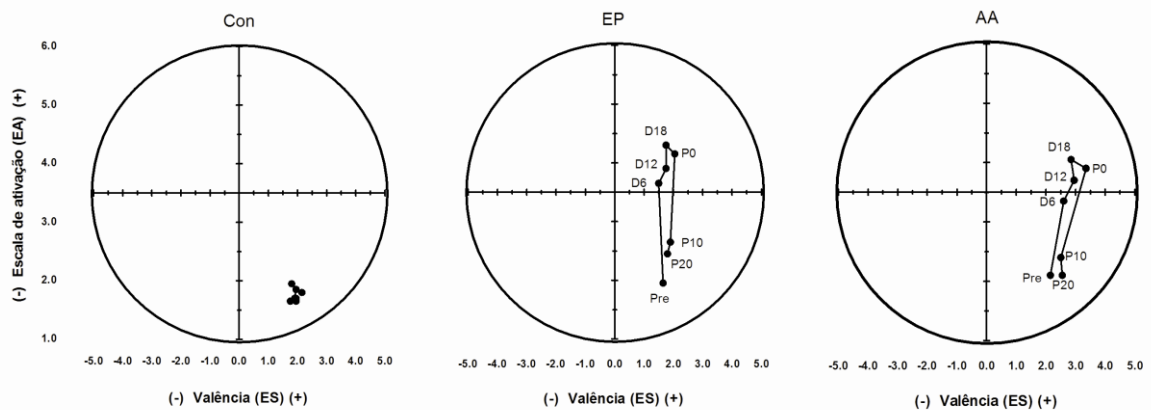


Figura 5. Modelo circunplexo para as condições (Con, EP e AA) nos momentos antes (Pre), durante (D6, D12 e D18) e após (P0, P10 e P20).

Na condição Con, os indivíduos permaneceram no quadrante inferior direito, o que representa um afeto positivo desativado. Na condição de exercício (EP e AA), os sujeitos mantiveram-se dentro do quadrante do afeto positivo ativado durante a

execução do exercício e retornaram para o quadrante direito inferior (afeto positivo desativado) após o final do exercício.

Variabilidade inter-individual

Para avaliar a variação individual nas respostas psicológicas entre cada condição, uma análise descritiva foi realizada utilizando os valores percentuais, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2. Variabilidade inter-individual para ES

	EP	AA	Con
Aumentou			
Número	9	11	5
% mudança	45%	55%	25%
Diminuiu			
Número	7	6	4
% mudança	35%	30%	20%
Sem alteração			
Número	4	3	11
% mudança	20%	15%	55%

Assimetria frontal de alfa (lnF4-lnF3)

Não houve interação entre condição e momento, $F(2, 38) = 0,515$; $p = 0,6$, efeito principal para condição, $F(2, 38) = 2,345$; $p = 0,11$, e momento $F(1, 19) = 2,207$; $p = 0,15$, para assimetria frontal de alfa (lnF4-lnF3).

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar o afeto e a assimetria frontal do eletroencefalograma em sessões de exercício prescrito (EP) e auto-selecionado (AA). Nossos resultados demonstraram que em ambas as condições (EP e AA), FC e PSE eram iguais e apenas superiores à condição controle. Embora não haja nenhuma diferença entre a resposta fisiológica e PSE para as condições de exercício, melhores respostas afetivas foram observados na condição AA, chegando próximo da intensidade mínima recomendada para a melhoria do afeto (EKKEKAKIS, 2009).

A literatura é consistente em demonstrar que o exercício de alta intensidade (acima do limiar ventilatório) gera redução na resposta afetiva (EKKEKAKIS, PARFITT & PETRUZZELLO, 2011; ROSE & PARFITT, 2007; LIND, EKKEKAKIS &

VAZOU, 2008; HAILE et al, 2013). Lind et al. (2008) verificaram que o EP com uma intensidade 10% acima do AA causou diminuição no prazer com 20 minutos de exercício na esteira. Já no AA, o prazer era estável e positivo durante o exercício. No entanto, apesar da hipótese que a imposição da intensidade influencia na resposta afetiva, os resultados de algumas variáveis fisiológicas (% FCpico, % VO₂ no limiar ventilatório, limiar de lactato e PSE) foram maiores na condição de EP. Neste estudo, não podemos dizer que a intensidade de ambas as condições, EP e AA estavam acima do limiar de lactato, uma vez que medições diretas de lactato sanguíneo não foram feitas. No entanto, FC e PSE de ambas as condições, EP e AA, não apresentaram diferenças significativas entre as condições.

Considerando-se que não houve diferença na intensidade do esforço entre as condições experimentais (EP e AA), presume-se que a intensidade não foi o fator predominante na resposta afetiva mais positiva na condição AA encontrada em nosso estudo. Assim, é possível que a autonomia percebida tenha alguma influência sobre a melhor resposta na valência afetiva, mas o fator fisiológico não pode ser ignorado. Estudos prévios que compararam o EP e AA com a mesma intensidade não apresentaram diferenças significativas para as respostas afetivas entre as duas condições (HAILE et al, 2013; OLIVEIRA et al, 2015; WILLIAMS et al, 2013). Uma meta-análise também não mostrou diferenças nas respostas afetivas entre EP e AA realizado na mesma intensidade (OLIVEIRA, DESLANDES & SANTOS, 2015). Outro fator importante, seria a maior variabilidade inter-individual das respostas afetivas em intensidade abaixo e na zona do limiar de lactato (PARFITT, ROSE & BURGESS, 2006; ROSE & PARFITT, 2007; STYCH & PARFITT, 2011). De acordo Ekkekakis, Parfitt e Petruzzello (2011), em exercícios aeróbico de baixa intensidade, fatores cognitivos são predominantes sobre a resposta emocional gerada. Por exemplo, no estudo de Parfitt, Rose e Burgess (2006), alterações positivas foram encontradas na condição AA com 92% dos indivíduos que indicaram aumentos no afeto positivo durante o exercício, sendo que 8% dos sujeitos permanecem inalterados. No nosso estudo, 55% dos participantes foram observados melhoras nas respostas afetivas, 30% diminuíram e 15% permaneceram inalterados. Em contraste os nossos resultados, Stych e Parfitt (2011) demonstraram que apenas 8% dos indivíduos melhoraram o afeto, 42% diminuíram e 50% permaneceram inalterados na condição AA (STYCH & PARFITT, 2011).

Nenhuma alteração ocorreu na assimetria frontal de alfa em nossos resultados, tanto no momento pré e pós-exercício. Esta constatação é contrária ao resultado da Petruzzello e Tate (1997), que mostraram que a assimetria frontal foi preditiva do afeto positivo imediatamente após o exercício utilizando as intensidades próximas ao limiar ventilatório (70% do VO_2 máx). No entanto, com 55% do VO_2 máx e no grupo controle, nenhuma predição foi vista. É possível que a baixa intensidade utilizada no presente estudo ($50,7 \pm 7,8\%$ da FCR) seja responsável para este resultado, uma vez que a assimetria frontal de alfa em repouso está relacionada com as respostas afetivas em intensidade próximas do limiar ventilatório (PETRUZZELLO & TATE, 1997).

Petruzzello e Tate (1997) demonstraram que uma redução na potência de alfa no hemisfério esquerdo (F3) a 20 e 30 minutos após 70% do VO_2 máx e esta condição foi associada com a ansiedade reduzida e respostas melhoradas afetivo. Além disso, estudos prévios têm encontrado que a assimetria do EEG frontal não foi prever as mudanças no estado psicológico (HALL et al, 2000; WOO et al, 2010).

No estudo realizado por Woo et al. (2010), a assimetria frontal medida após o término dos exercícios, foi influenciado pelas intensidades do exercício (45%, 60% e 75% VO_2 máx) e associada com um aumento no vigor, sem diferença entre as intensidades (WOO et al, 2010). Vale ressaltar que na condição controle, não houve alteração no vigor e assimetria frontal. No entanto, apesar das conclusões do estudo de Woo et al. (2010), as medidas de respostas afetivas utilizadas é uma fonte de controvérsia ao longo dos anos. É utilizada a escala POMS, onde alguns autores argumentam que o uso dessa escala é inadequada para o verdadeiro propósito (EKKEKAKIS, PARFITT & PETRUZZELLO, 2011; YEUNG, 1996). Em nosso estudo, onde o afeto foi medido pela utilização da escala de sensação, a condição AA obteve maiores respostas comparadas as outras condições (EP e Con), sendo que nenhuma alteração foi observada na assimetria frontal de alfa. Assim, questiona-se o fato da assimetria frontal ser preditiva ou ser alterada em função do exercício, influenciando diretamente as respostas afetivas.

REFERÊNCIAS

ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.

ALLEN JJ, COAN JA, NAZARIAN M. Issues and assumptions on the road from raw signals to metrics of frontal EEG asymmetry in emotion. *Biol Psychol*, 2004. 67(1-2): p. 183-218.

BORG G. Borg's perceived exertion and pain scales. Human kinetics; 1998.

DAVIDSON RJ, et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology. I. *J Pers Soc Psychol*, 1990. 58(2): p. 330-41.

EKKEKAKIS P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Med*, 2009. 39(10): p. 857-88.

EKKEKAKIS P. The measurement of affect, mood, and emotion: A guide for health-behavioral research. Cambridge University Press; 2013.

EKKEKAKIS P, PARFITT G, PETRUZZELLO SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Med*, 2011. 41(8): p. 641-71.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology: IV. A conceptual case for the affect circumplex. *Psychol Sport Exerc*, 2002. 3(1): p. 35-63.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Acute aerobic exercise and affect: current status, problems and prospects regarding dose-response. *Sports Med*, 1999. 28(5): p. 337-74.

HAILE L, et al. Session perceived exertion and affective responses to self-selected and imposed cycle exercise of the same intensity in young men. *Eur J Appl Physiol*, 2013. 113(7): p. 1755-65.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Predicting affective responses to exercise using resting EEG frontal asymmetry: does intensity matter? *Biol Psychol*, 2010. 83(3): p. 201-6.

HALL EE, EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry. *Biol Psychol*, 2007. 75(2): p. 194-200.

HALL EE, et al. Resting frontal asymmetry predicts self-selected walking speed but not affective responses to a short walk. *Res Q Exerc Sport*, 2000. 71(1): p. 74-9.

HARDY CJ, REJESKI WJ. Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise. *J Sport Exerc Psychol*, 1989. 11(3): p. 304-17.

JACKSON AS, POLLOCK ML. Generalized equations for predicting body density of men. *The Br J Nutr*, 1978. 40(3): p. 497-504.

JASPER H. Progress and problems in brain research. *J Mt Sinai Hosp N Y*, 1958. 25(3): p. 244-53.

LIND E, EKKEKAKIS P, VAZOU S. The Affective Impact of Exercise Intensity That Slightly Exceeds the Preferred Level 'Pain' for No Additional 'Gain'. *J Health Psychol*, 2008. 13(4): p. 464-68.

OAKES TR, et al. Functional coupling of simultaneous electrical and metabolic activity in the human brain. *Hum Brain Mapp*, 2004. 21(4): p. 257-70.

OLIVEIRA B, DESLANDES A, SANTOS T. Differences in exercise intensity seems to influence the affective responses in self-selected and imposed exercise: a meta-analysis. *Front Psychol*, 2015. 6:1105.

OLIVEIRA BR, et al. Self-selected or imposed exercise? A different approach for affective comparisons. *J Sports Sci*, 2015. 33(8): p. 777-85.

PARFITT G, ROSE EA, BURGESS WM. The psychological and physiological responses of sedentary individuals to prescribed and preferred intensity exercise. *Br J Health Psychol*, 2006.11(Pt 1): p. 39-53.

PETRUZZELLO SJ, HALL EE, EKKEKAKIS P. Regional brain activation as a biological marker of affective responsivity to acute exercise: influence of fitness. *Psychophysiology*, 2001. 38(1): p. 99-106.

PETRUZZELLO SJ, LANDERS DM. State anxiety reduction and exercise: does hemispheric activation reflect such changes? *Med Sci Sports Exerc*, 1994. 26(8): p. 1028-35.

PETRUZZELLO SJ, et al. A meta-analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. Outcomes and mechanisms. *Sports Med*, 1991. 11(3): p. 143-82.

PETRUZZELLO SJ, TATE AK. Brain activation, affect, and aerobic exercise: an examination of both state-independent and state-dependent relationships. *Psychophysiology*, 1997. 34(5): p. 527-33.

REED J, ONES DS. The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc*, 2006. 7(5): p. 477-514.

ROSE EA, PARFITT G. A quantitative analysis and qualitative explanation of the individual differences in affective responses to prescribed and self-selected exercise intensities. *J Sport Exerc Psychol*, 2007. 29(3): p. 281-309.

SCHNEIDER S, et al. EEG activity and mood in health orientated runners after different exercise intensities. *Physiol Behav*, 2009. 96(4-5): p. 709-16.

SIRI WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961.

STYCH K, PARFITT G. Exploring affective responses to different exercise intensities in low-active young adolescents. *J Sport Exerc Psychol*, 2011. 33(4): p. 548-68.

SVEBAK S, MURGATRYD S. Metamotivational dominance: a multimethod validation of reversal theory constructs. *J Pers Soc Psychol*, 1985. 48(1): p. 107-16.

SWAIN DP, et al. Validation of a new method for estimating VO₂max based on VO₂ reserve. *Med Sci Sports Exerc*, 2004. 36(8): p. 1421-266.

WILLIAMS DM, RAYNOR HA. Disentangling the effects of choice and intensity on affective response to and preference for self-selected-versus imposed-intensity physical activity. *Psychol Sport Exerc*, 2013. 14(5): p. 767-75.

WOO M, et al. The influence of exercise intensity on frontal electroencephalographic asymmetry and self-reported affect. *Res Q Exerc Sport*, 2010. 81(3): p. 349-59.

YEUNG RR. The acute effects of exercise on mood state. *J Psychosom Res*, 1996. 40(2): p. 123-41.

CONCLUSÃO

Em geral, as medidas do EEG mostraram evidências contraditórias de sua capacidade de prever ou modular o estado de humor através de uma intervenção de exercícios. Entretanto, o exercício físico demonstrou ser um estímulo capaz de promover melhora do afeto e provocar mudanças no estado de humor. O AA demonstrou ser promissor no melhora do afeto positivo comparado ao EP.

A hipótese da assimetria frontal de alfa estar presente após a condição AA não foi confirmada. Talvez a assimetria do córtex frontal pode refletir tanto uma característica de traço, uma vez que nenhuma mudança ocorreu na assimetria frontal após qualquer condição. Pesquisas futuras devem examinar mais profundamente como a assimetria frontal está associada a alterações emocionais, sendo preditiva ou alterada em função do exercício. Melhor entendimento entre assimetria frontal, exercício e afeto pode ajudar a fornecer recomendações práticas a este respeito.