

Fisioter Bras 2020;21(1)Supl2:53-7
<https://doi.org/10.33233/fb.v21i1.3942>

ARTIGO ORIGINAL

Análise da correlação entre carga mental e alteração na frequência dos sinais biológicos *Analysis of the correlation between mind load and change in the frequency of biological signs*

José Ronaldo Veronesi Junior, Ft., D.Sc.

Fisioterapeuta do Trabalho, Ergonomista, Perito Judicial, Doutor em Ciências Biomédicas e CEO do IEDUV

Correspondência: José Ronaldo Veronesi Junior, Instituto Educacional Veronesi - IEDUV, Sala 401, torre A, Centro Empresarial, Av. João Palácio, 300, Eurico Sales 29160-161 Serra ES

Trabalho apresentado na I semana científica do IEDUV – I Seminário de Perícia Fisioterapêutica pelo Método Veronesi, Vitória/ES, 17 a 20 de janeiro de 2019 (Prof. Dr. Francisco Rebelo, Universidade de Lisboa; Prof. Dr. José Ronaldo Veronesi Junior, IEDUV/ Faculdade Delta; Prof. Msc. Cristiane de Oliveira Veronesi, IEDUV/ Faculdade Delta; Prof. Dra. Lisandra Vanessa Martins, UFES)

José Ronaldo Veronesi Junior: veronesi@ieduv.com.br

Resumo

O trabalho é necessário para as condições psicossociais do ser humano, porém com o capitalismo instituído no mundo global a pressão por produtividade e qualidade no mundo empresarial é uma realidade. Esta condição leva a uma fadiga mental devido a uma exigente carga mental. O cansaço mental é uma das causas mais significativas de acidentes na sociedade moderna, tanto no trabalho quanto em condições da vida diária, como no trânsito. Portanto, o que se propõem nesse estudo é correlacionar a carga mental no trabalho com a alteração dos sinais biológicos humano, em especial a frequência cardíaca e as ondas cerebrais. Foi realizado um estudo de caráter teórico-conceitual e exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica em artigos científicos indexados em revistas científicas de grande fator de impacto. Foram pesquisados artigos em inglês, português e espanhol para aqueles que teve relação direta sobre o tema até novembro de 2019. Foram selecionados 41 trabalhos científicos, entre artigos, trabalho de conclusão de cursos de graduação e pós-graduação, dissertação de mestrado e tese de doutorado. O presente estudo mostrou que a carga mental pode gerar quadro de fadiga, sonolência e como consequência gerar uma distração ao ser humano, culminando em erros em suas atividades laborais ou em sua vida diária, podendo ocasionar inclusive acidentes. A carga mental pode ser avaliada por medidas subjetivas como questionário e medidas fisiológicas como a variação da frequência cardíaca e frequência das ondas cerebrais. O presente estudo evidenciou que as ondas cerebrais, beta e teta, são mais ativadas durante a carga mental, e estas ondas atualmente podem ser monitoradas e quantificadas por eletroencefalograma, um equipamento portátil e de fácil uso. Mostrou também que a frequência cardíaca sofre alteração em situações de estresse e carga mental, e que a medida destes sinais pode ser realizada por equipamentos portáteis e de fácil uso como relógios funcionais. Desta forma este estudo apresentou evidências científicas para a avaliação da carga mental com dispositivos portáteis e de fácil uso, por meio de medidas das ondas cerebrais e frequência cardíaca, sendo um fator importante no controle da saúde do trabalhador, como no treinamento do comportamento humano seguro para evitar erros e acidentes.

Palavras-chave: carga mental, ondas cerebrais, frequência cardíaca, sinais biológicos, erro humano.

Abstract

Work is necessary for the psychosocial conditions of the human being, but with capitalism instituted in the global world the pressure for productivity and quality in the business world is a reality. This condition leads to mental fatigue due to a demanding mental load. Mental tiredness

is one of the most significant causes of accidents in modern society, both at work and in conditions of daily life, such as traffic. Therefore, the purpose of this study is to correlate the mental load at work with the alteration of human biological signals, especially heart rate and brain waves. A theoretical-conceptual and exploratory study was carried out, where it was given through bibliographic research in scientific articles indexed in scientific journals of high impact factor. We searched articles in English, Portuguese and Spanish for those who had a direct relationship on the subject until November 2019. We selected 41 scientific papers, including articles, undergraduate and graduate studies, master's thesis and doctoral thesis. . The present study showed that mental load can cause fatigue, drowsiness and as a consequence generate distraction to the human being, resulting in errors in their work activities or in their daily life, and may even cause accidents. Mental burden can be assessed by subjective measures such as a questionnaire and physiological measures such as heart rate variation and brain wave frequency. The present study showed that brain waves, beta and theta, are most activated during mental loading, and these waves can now be monitored and quantified by electroencephalogram, a portable and user-friendly equipment. It also showed that heart rate changes under stress and mental load, and that these signals can be measured by portable and easy-to-use equipment such as functional watches. Thus, this study presented scientific evidence for the assessment of mental load with portable and easy-to-use devices through brainwave and heart rate measurements, being an important factor in the control of workers' health, as in the training of safe human co-behavior. to avoid mistakes and accidents.

Key-words: mental load, brainwave, heart rate, biological signals, human error.

Introdução

O trabalho é uma necessidade para manter as condições psicossocial da vida do ser humano, importante para o bem-estar psicológico trabalhadores. Porém com o Capitalismo instituído no mundo global, o trabalho passou a ser dado como um fator de aquisições de bens materiais, de riqueza e de recursos. Levando assim a condições inadequadas no trabalho, com grande exigência e pressão por produtividade, qualidade, prazos, devido à grande competitividade que o mercado impõe. Dessa forma, o padrão de trabalho atual frequentemente tem se mostrado nocivo para a saúde do trabalhador, levando a vários problemas, dentre eles, o aumento da carga mental e como consequência a fadiga mental.

A fadiga é definida como dificuldade em iniciar ou sustentar atividades voluntárias, pode ser classificada como física ou mental. A fadiga mental pode ser definida como um estado psicobiológico causado por períodos prolongados de atividade cognitiva decorrente a uma carga imposta de forma contínua. O cansaço mental é uma das causas mais significativas de acidentes na sociedade moderna, tanto no trabalho quanto em condições da vida diária, como no trânsito. O esforço mental, a carga mental, é influenciada pelo ambiente externo e por fatores cognitivos internos, dessa forma deve se considerar uma variável contínua e não somente por um diagnóstico transversal. Existem várias formas de avaliar a carga mental no trabalho, desde métodos subjetivos por meio de questionários, à métodos objetivos como eletroencefalograma e frequência cardíaca.

Portanto, o que se propõem nesse estudo é correlacionar a carga mental no trabalho com a alteração dos sinais biológicos humano, em especial a frequência cardíaca e as ondas cerebrais.

Objetivos

Avaliar a correlação entre a carga mental com os sinais biológicos: frequência cardíaca e ondas cerebrais. Avaliar a correlação entre a carga mental e a variação da frequência cardíaca. Avaliar a correlação entre a carga mental e a variação nas ondas cerebrais.

Material e métodos

Para analisar a correlação entre a carga mental e a alteração na frequência dos sinais biológicos, o presente estudo foi de caráter teórico-conceitual e exploratório, onde foi dado por meio de pesquisa bibliográfica em artigos científicos indexados em revistas científicas nas bases de dados do google acadêmico: (<https://scholar.google.com.br>), utilizando a combinação dos seguintes descritores: em português (carga mental, ondas cerebrais, frequência cardíaca, fadiga

mental, sinais biológicos). Na base PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>) utilizando a combinação dos seguintes descritores: (mental load, brain waves, heart rate, mental fatigue and biological signs). Foram pesquisados artigos em inglês, português e espanhol para aqueles que teve relação direta sobre o tema até novembro de 2019. Foram selecionados 41 trabalhos científicos, entre artigos, trabalho de conclusão de cursos de graduação e pós-graduação, dissertação de mestrado e tese de doutorado.

Resultados e discussão

O sistema nervoso central é composto de mais de cem bilhões de neurônios, no qual ocorre de forma contínua uma comunicação entre eles, chamado de sinapse nervosa. Esse sistema é responsável por 20% do consumo do oxigênio corporal em condições de homeostase, porém em condições de maiores exigências esse consumo aumenta [1].

A carga mental é a relação entre o excesso de informações cognitivas imposto ao ser humano e a capacidade que cada um tem para processar tais informações. Segundo a ISO 10075, carga mental de trabalho é quando o ambiente de trabalho apresenta aspectos como excesso de informação, trabalho contínuo com imput de dados, fadiga e monotonia. A carga mental pode ser considerada como subcarga mental, em casos de monotonia e sobrecarga mental em caso de fadiga por excesso de informação [2]. A carga de trabalho mental é um fator chave que influencia a ocorrência de erro humano, em particular, carga mental no trabalho excessivamente alta ou baixa podem levar os operadores a negligenciar informações críticas [3].

A quantidade total de esforço mental que é usado na memória de trabalho, denominada carga de memória de trabalho, é frequentemente investigada em níveis discretos por meio de questionários. No entanto, como a carga da memória de trabalho é influenciada pelo ambiente externo e por fatores cognitivos internos, considerá-la uma variável contínua é uma abordagem mais realista. O estudo de Astrand [4] mostrou que a carga de memória de trabalho (e possivelmente também atenção e esforço) extraída em uma escala contínua, da atividade oscilatória do EEG, prediz o desempenho de tarefas comportamentais de tentativa a tentativa.

No estudo de Sonnleitner [5] foi utilizado eletroencefalograma para medir as ondas cerebrais durante o ato de dirigir com e sem uma tarefa secundária que causaria uma distração. Os resultados mostraram que ocorreu uma maior alteração da frequência das ondas cerebrais durante a tarefa de condução associado a tarefa secundária, quando comparado somente em conduzir o veículo, e concluiu que a distração do motorista é responsável por um número substancial de acidentes de trânsito, e essa distração pode ser dada por uma condição de carga mental. Tanto em situação de sobrecarga mental quanto em subcarga mental, ocorre uma oscilação na frequência das ondas cerebrais.

O estudo de Tanaka [6] demonstrou que a execução de uma tarefa contínua de indução de fadiga mental causa alterações na ativação do córtex pré-frontal e se manifesta com um aumento do poder da frequência da onda beta nessa área do cérebro, além de sonolência. O estudo de Chen [7] mostrou que atividade de cálculo altera a frequência das ondas cerebrais, aumentando assim a carga mental. A modulação das oscilações das ondas beta pelo exame de eletroencefalograma em humano tem sido observada principalmente quando os indivíduos realizam tarefas cognitivas que requerem interação sensoriomotora [8]. Segundo estudos de Santos [1] as ondas beta estão relacionadas diretamente com o estado de vigia, com a atenção e concentração, condições fisiológicas diretamente relacionada ao imput de informações cognitivas dadas em situação de carga mental no trabalho. O estudo de Simonetti [9] relacionou a onda beta com o estado de ansiedade, uma situação que pode estar diretamente relacionada a carga mental, em especial em situação temporal para cumprimento de prazos.

Vários estudos relataram uma relação funcional entre a potência espectral na banda da onda teta analisada pelo eletroencefalograma e a carga de memória ao processar informações visuais ou semânticas [10]. Estudos de Li [11] e Jacobs [12] mostraram que as ondas tetas são atividades para a busca da memória mental, situação essa fundamental para as demandas cognitivas do trabalho. Tanto Ned [13] quanto Santos [1] relatam que a onda teta em adulto está relacionada ao estresse emocional na presença de frustração e desapontamento, situações encontradas na demanda de trabalho mental, seja por ter maior capacidade do que exigência (subcarga mental) ou quando não tem capacidade para atender a exigência (sobrecarga mental). Nos últimos anos, a aquisição dos dados por eletroencefalograma encontrou seu importante papel no domínio médico e na neuropsicologia para o entendimento do comportamento mental humano [14].

O estresse mental é um dos maiores problemas das sociedades modernas. Em uma situação de estresse, o organismo humano redistribui suas fontes de energia para evitar um dano tecidual, isso ocorre devido o princípio da homeostase. Este princípio é feito pelo Sistema Nervoso Autônomo Simpático e Parassimpático, que é responsável pelo alerta durante uma situação de risco, e que atua diretamente no aumento ou diminuição da Frequência Cardíaca, de acordo com a situação encontrada [15].

O estudo de Dimitriev [16] que o estresse mental provoca aumento imediato na pressão sanguínea e na frequência cardíaca, o estudo concluiu que as condições de estresse, tem interferência no controle fisiológico da frequência cardíaca, isso devido o princípio da homeostase feita pelo Sistema Nervoso Autônomo. O estudo de Hughes [17] mostrou que a carga de trabalho cognitiva afeta o desempenho humano, gerando um estresse mental, e que nessas condições ocorrem uma variabilidade da frequência cardíaca. O estudo de Can [18] avaliou vinte e um participantes de um concurso de programação algorítmica por nove dias utilizando avaliação da frequência cardíaca, condutância da pele e acelerômetro. Os resultados mostraram que houve correlação entre o estresse da competição devido a carga cognitiva relativamente alta e a alteração nos sinais biológicos. O trabalho de Thielmann [19] apresentou uma revisão de estudos científicos recentes para analisar o estresse em cirurgões durante as cirurgias, utilizando parâmetros fisiológico como frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca. Os resultados apresentados foram que os cirurgões quando estressados tiveram um aumento na frequência cardíaca e uma baixa expressão da variabilidade da frequência cardíaca. Essas alterações na frequência cardíaca explicitada pelos artigos estão relacionadas a ansiedade e a sobrecarga mental, onde o Sistema Nervoso Autônomo atua para buscar a homeostase em prol da defesa do organismo.

Conclusão

Nos dias atuais com o advento da indústria 4.0, as exigências cognitivas estão sendo cada vez maior, e como consequência ocorre uma carga mental associado a um estresse mental decorrente as condições do trabalho. O presente estudo mostrou que a carga mental pode gerar quadro de fadiga, sonolência e como consequência gerar uma distração ao ser humano, culminando em erros em suas atividades laborais ou em sua vida diária, podendo ocasionar inclusive acidentes. A carga mental pode ser avaliada por medidas subjetivas como questionário e medidas fisiológicas como a variação da frequência cardíaca e frequência das ondas cerebrais.

O presente estudo evidenciou que as ondas cerebrais, beta e teta, são mais ativadas durante a carga mental, e estas ondas atualmente podem ser monitoradas e quantificadas por eletroencefalograma, um equipamento portátil e de fácil uso. Mostrou também que a frequência cardíaca sofre alteração em situações de estresse e carga mental, e que a medida destes sinais pode ser realizada por equipamentos portáteis e de fácil uso como relógios funcionais.

Desta forma este estudo apresentou evidências científicas para a avaliação da carga mental com dispositivos portáteis e de fácil uso, por meio de medidas das ondas cerebrais e frequência cardíaca, sendo um fator importante no controle da saúde do trabalhador, como no treinamento do comportamento humano seguro para evitar erros e acidentes. Considerando que este estudo foi de caráter teórico-conceitual e exploratório, sugere-se que novos estudos de caráter experimental sejam realizados para novas descobertas e assim dar sentido ao princípio da lógica das ciências: fazer ciência para estimular a própria ciência.

Referências

1. Santos TEB, Redução do eletroencefalograma durante monitorização contínua de paciente crítico. [Dissertação]. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. 2017. 155f. Disponível em: http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0265_2017_03_15.pdf
2. Corrêa FP. Carga mental e ergonomia. [Dissertação] Florianópolis/SC: UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção; 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86036/191674.pdf?sequence=1>
3. Durantin G, Gagnon JF, Tremblay S, Dehais F. Using near infrared spectroscopy and heart rate variability to detect mental overload. Behav Brain Res 2014;259:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.10.042>
4. Astrand, E. Et All. A continuous time-resolved measure decoded from EEG oscillatory activity predicts working memory task performance. J. Neural Eng. 2018. in press <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aaae73>

5. Sonnleitner A, Treder MS, Simon M, Willmann S, Ewald A, Buchner A, Schrauf M. EEG alpha spindles and prolonged brake reaction times during auditory distraction in an on-road driving study. *Accid Anal Prev* 2014;62:110-8. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.026>
6. Tanaka M, Ishii A, Watanabe Y. Physical fatigue increases neural activation during eyes-closed state: a magnetoencephalography study. *Behav Brain Funct* 2015;11(1):35. <https://doi.org/10.1186/s12993-015-0079-3>
7. Chen Z, Zou S, Zhao L. A study of impact on human brain by mental calculation based on principal components analysis. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi* 2010;27(5):1008-10.
8. Herrmann CS, Struber D, Helfrich RF, Engel AK. EEG oscillations: From correlation to causality. *Int J Psychophysiol* 2016;(103):12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003>
9. Simonetti DC, Almeda LS, Guenther Z. Identificação de alunos com altas capacidades: uma contribuição de indicadores neuropsicológicos. *Educ Esp* 2010;23(1):65.
10. Grunwald M, Weiss T, Krause W, Beyer L, Rost R, Gutberlet I, Gertz HJ. Power of theta waves in the EEG of human subjects increases during recall of haptic information. *Neurosci Lett* 1999;260(3):189-92. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(98\)00990-2](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(98)00990-2)
11. Li Y, Umeno K, Hori E, Takakura H, Urakawa S, Ono T, Nishijo H. Global synchronization in the theta band during mental imagery of navigation in humans. *Neurosci Res* 2009;65(1):44-52. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2009.05.004>
12. Jacobs J, Hwang G, Curran T, Kahana MJ. EEG oscillations and recognition memory: theta correlates of memory retrieval and decision making. *Neuroimage* 2006;32(2):978-87. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.02.018>
13. NED GC. Fadiga nos controladores de tráfego aéreo: uma realidade. *Revista Conexão Sipaer* 2016;7(1):35-43.
14. Tomasevic NM, Neskovic AM, Neskovic NJ. Correlated EEG Signals Simulation Based on Artificial Neural Networks. *Int J Neural Syst* 2017;27(5):1750008. <https://doi.org/10.1142/S0129065717500083>
15. Loures DL et al. Estresse Mental e Sistema Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol* 2002;78(5):525-30. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2002000500012>
16. Dimitriev DA, Saperova EV. Heart rate variability and blood pressure during mental stress. *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova* 2015;101(1):98-107.
17. Hughes AM, Hancock GM, Marlow SL, Stowers K, Salas E. Cardiac measures of cognitive workload: a meta-analysis. *Hum Factors* 2019;61(3):393-414. <https://doi.org/10.1177/0018720819830553>
18. Can YS, Chalabianloo N, Ersoy C. Continuous stress detection using wearable sensors in real life: algorithmic programming contest case study. *Sensors* 2019;19(8). <https://doi.org/10.3390/s19081849>
19. Thielmann B, Boeckelmann I. Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Stress in Surgeons - A Review of the Literature. *Zentralblatt fur Chirurgie* 2016.
20. Cardoso MS, Gontijo LA. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. *Gest Prod* 2012;19(4):873-84. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2012000400015>