

EFEITO DO MÉTODO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS EM ELETROENCEFALOGRAMAS E PERFUSÃO SANGUÍNEA MICROCIRCULATÓRIA DE ESTUDANTES NO ENSINO DE FISIOLOGIA DO ESPORTE

EFFECT OF THE PROBLEM-BASED LEARNING METHOD ON STUDENT ELECTROENCEPHALOGRAMS AND MICROCIRCULATORY BLOOD PERFUSION IN THE TEACHING OF SPORTS PHYSIOLOGY

EFFECTO DEL MÉTODO DE APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN ELECTROENCEFALOGRAMAS Y PERFUSIÓN SANGUÍNEA MICROCIRCULATORIA DE ESTUDIANTES EN LA ENSEÑANZA DE LA FISIOLÓGÍA DEL DEPORTE

Xiaoli Liu^{1,2} 
(Professor Associado)
Huan Zhu² 
(Professor)
Shufeng Zhou² 
(Assistente)
Yong Peng² 
(Professor)
Mei Yang² 
(Professor)
Fen Chen² 
(Assistente)
Xiaoming Li³ 
(Professor Associado)

1. Xihua University, Departamento de Educação Física, Chengdu, Sichuan, China.
2. Hubei Minzu University, Departamento de Educação Física, Enshi, Hubei, China.
3. Lishui University, Faculdade de Formação de Professores, Lishui, Zhejiang, China.

Correspondência:

Xiaoming Li
Xueyuan Road; Lishui, Zhejiang, China, 32300. zjslxlm@163.com

RESUMO

Introdução: Aplicação do método de aprendizagem baseada em problemas (PBL) ao ensino da fisiologia do esporte. **Objetivos:** Este estudo explorou o mecanismo do método PBL para ampliar o interesse e a eficácia da aprendizagem dos estudantes. **Métodos:** Vinte estudantes do sexo masculino da Faculdade de Educação Física da Universidade Hubei Minzu foram divididos randomicamente em um grupo PBL (10) e um grupo de método de ensino tradicional (TTM). Durante o teste, os participantes do grupo TTM ficaram sentados e em silêncio ouvindo o professor experiente, enquanto os do grupo PBL ficaram sentados e participaram de uma discussão em grupo de 20 minutos de acordo com a orientação do mesmo professor. A pressão parcial do oxigênio transcutâneo (TcPO₂), a perfusão sanguínea microcirculatória (MPB) e a potência das bandas alfa e beta foram monitoradas no início e durante o teste. **Resultados:** A média do escore do questionário do grupo PBL foi significativamente maior do que a do grupo TTM. No grupo PBL, o poder alfa dos estudantes diminuiu em termos estatísticos nos canais F3, T3, P3 e O1 e o poder beta dos estudantes aumentou nos canais F7, F3, T3, C3, P3 e O1 em comparação com os valores basais. **Conclusão:** O PBL pode ser um mecanismo eficaz de aprendizagem, uma vez que os estudantes ficam ativamente engajados no ensino da fisiologia do esporte. **Nível de Evidência I; Estudos terapêuticos - Investigação dos resultados do tratamento.**

Descritores: Método de ensino; Eletroencefalograma; Microcirculação.

ABSTRACT

Introduction: Applying the problem-based learning (PBL) method to the teaching of sports physiology. **Objective:** This study explored the mechanism of the PBL method to improve the interest and learning effectiveness of students. **Methods:** Twenty male students at the Physical Education College of Hubei Minzu University were randomly divided into a PBL group (10) and a traditional teaching method group (TTM). During the test, the subjects in the TTM group sat quietly listening to the experienced teacher, while the subjects in PBL group sat quietly and participated in a 20-minute group discussion under the guidance of the experienced teacher. Transcutaneous partial pressure of oxygen (TcPO₂), microcirculatory blood perfusion (MBP), and alpha- and beta-band power were monitored at the beginning of and during the test. **Results:** The mean of the PBL-group quiz score was significantly higher than that of the TTM group. In the PBL group, the alpha power of the students decreased statistically in the F3, T3, P3, and O1 channels and the beta power of the students increased statistically in the F7, F3, T3, C3, P3, and O1 as compared to the baseline values. **Conclusion:** PBL can be an effective learning mechanism, since the students are actively engaged in the teaching of sports physiology. **Level of Evidence I; Therapeutic studies - Investigating treatment results.**

Keywords: Teaching method; Electroencephalogram; Microcirculation.

RESUMEN

Introducción: Aplicación del método de Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), a la enseñanza de la fisiología del deporte. **Objetivos:** Este estudio exploró el mecanismo del método PBL para ampliar el interés y la eficacia del aprendizaje de los estudiantes. **Métodos:** Veinte estudiantes varones de la Facultad de Educación Física de la Universidad de Hubei Minzu fueron divididos aleatoriamente en el grupo PBL (10) y en un grupo de método de enseñanza tradicional (TTM). Durante la prueba, los participantes del grupo TTM permanecieron sentados y escuchando en silencio al profesor experimentado, mientras que los del grupo PBL permanecieron sentados y participaron en un debate de grupo de 20 minutos de acuerdo con la orientación del mismo profesor. La presión parcial de oxígeno transcutáneo



(TcPO₂), a perfusão sanguínea microcirculatoria (MBP) e a potência de las bandas alfa e beta se monitorizaram al inicio y durante la prueba. Resultados: La puntuación media del cuestionario del grupo PBL fue significativamente mayor que la del grupo TTM. En el grupo PBL, la potencia alfa de los estudiantes disminuyó estadísticamente en los canales F3, T3, P3 y O1 y la potencia beta de los estudiantes aumentó en los canales F7, F3, T3, C3, P3 y O1 en comparación con los valores de referencia. Conclusión: El PBL puede ser un mecanismo de aprendizaje eficaz, ya que los estudiantes participan activamente en la enseñanza de la fisiología del deporte. **Nivel de evidencia I; Estudios terapéuticos - Investigación de los resultados del tratamiento.**

Descriptor: Método de enseñanza; Electroencefalografía; Microcirculación.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012021_0317

Artigo recebido em 05/07/2021 aprovado em 20/02/2022

INTRODUÇÃO

A fisiologia do esporte, um ramo da fisiologia, desempenha um papel de ponte entre o esporte e o conhecimento médico. Os estudantes formados em educação física precisam adquirir conhecimentos fisiológicos e melhorar sua compreensão com relação à medicina esportiva por meio do aprendizado neste curso. Contudo, o ensino de fisiologia esportiva enfrenta algumas dificuldades únicas em comparação com outras matérias teóricas ou de habilidades para a educação física (EF). Por exemplo, os graduados em esportes não têm formação médica, dificultando seu entendimento. A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) é definida como “aprendizagem que resulta do processo de trabalhar a compreensão ou resolução de um problema” sob a orientação de um tutor experiente.¹ Em comparação com métodos tradicionais de ensino e transmissão passiva de informações, essa abordagem estimula os alunos a desempenhar um papel ativo no processo de aprendizagem, o que pode melhorar a capacidade do estudante de explicar fenômenos fisiológicos no campo esportivo.

Numerosos estudos descobriram que no ensino de fisiologia, o modo PBL apresenta certas vantagens na melhoria do efeito de aprendizagem dos alunos.^{2,3} Um estudo de Durand *et al.*, sugeriu que a PBL tem impacto positivo na aprendizagem dos estudantes e os motiva a serem autodidatas nas aulas práticas.² Bhattacharya demonstrou que a PBL era viável mesmo em uma configuração tradicional, apesar de recursos limitados, horários rígidos e pouca interação entre várias disciplinas nas aulas de graduação.³ Além disso, Carvalho *et al.* constataram que a aprendizagem ativa pode fortalecer os objetivos ao longo da vida dos alunos.⁴ Dessa forma, a PBL é um método de ensino eficaz no campo da fisiologia.

Muitos métodos foram usados para avaliar os efeitos do ensino com a PBL. A avaliação por testes de múltipla escolha tornou-se a maneira mais comum de medir a capacidade de ensino eficaz do educador e avaliar o desempenho dos alunos.⁵ Como estratégia de verificação, a avaliação programática e o teste de progresso ganharam um lugar definido no contexto da PBL.⁶ Paralelamente, utilizou-se uma pesquisa por meio de questionário para avaliar o *feedback* dos efeitos do ensino.⁷ No entanto, todos os métodos de avaliação se concentram nos resultados educacionais ou nos sentimentos subjetivos dos estudantes. Ainda não conhecemos os mecanismos pelos quais os estudantes são mais ativos no PBL. Neste estudo, avaliamos o desfecho da aprendizagem com um pequeno questionário e testamos o eletroencefalograma (EEG) dos estudantes e a perfusão cerebral durante a aula de PBL na busca de alterações da eletrofisiologia neural e o consumo de energia.

MÉTODOS

Participantes

Vinte estudantes saudáveis do sexo masculino (20,2 ± 0,4 anos), cuja nota final no exame de anatomia esportiva foi 90 ou mais, participaram voluntariamente do estudo no Departamento de Educação Física da Universidade Hubei Minzu. Antes da inscrição, os voluntários

participaram de uma reunião de triagem e assinaram o consentimento para participar do estudo que foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Hubei Minzu (No. 2020035). Os participantes foram selecionados com relação a contraindicações do estudo com um questionário de exclusão. Os critérios de exclusão incluíram: medicamentos de venda livre ou prescritos; diagnóstico de qualquer doença física ou mental; uso de suplementos alimentares, uso de produtos recreativos e/ou de tabaco (incluindo cigarro eletrônico).

Os 20 participantes foram divididos randomicamente em grupo PBL (10) e grupo TTM (10). Todos os testes experimentais foram realizados em cerca de 25 minutos, das 09h00 às 11h00 ou das 14h00 às 16h00, em um sábado e um domingo. Os participantes do grupo TTM receberam o método de ensino tradicional. Antes da aula, os alunos do grupo TTM fizeram 20 minutos de leituras obrigatórias sobre o conteúdo do curso e os participantes do grupo PBL assistiram ao vídeo do microcurso do curso correspondente. Durante o teste, os participantes do grupo TTM ficaram sentados e em silêncio, ouvindo o professor experiente, enquanto os do grupo PBL sentaram e participaram de uma discussão em grupo de 20 minutos de acordo com a orientação do mesmo professor. A pressão parcial do oxigênio transcutâneo (TcPO₂) e perfusão sanguínea microcirculatória (MBP) foram monitoradas continuamente a partir do córtex pré-frontal dos participantes por sensores (Monitor de fluxo sanguíneo com Laser Doppler de duas vias, de sexta geração, PF6000, Suécia). Os valores de MBP e TcPO₂ registrados por 15 segundos a partir dos 15 segundos antes do teste foram extraídos como valores basais e os aos 17 minutos depois o teste foram extraídos como os valores do teste. O EEG foi monitorado de forma não invasiva por touca de EEG (Neuracle, China). Depois do teste, um questionário foi aplicado para avaliar os efeitos de aprendizagem.

Registro e análise do EEG

Os sinais do EEG foram registrados com o sistema NeuSen. Uamp (Neuracle, China) com frequência de amostragem de 1000 Hz. Dezesesseis eletrodos foram dispostos de acordo com o sistema internacional 10-20 (F3/4, F7/8, C3/4, T3/4, P3/4, T5/6, O1/2, Pz, Oz) com REF e Teste/GND. A impedância dos eletrodos foi mantida abaixo de 10 kΩ em todas as derivações.

A partir do 5º segundo antes do teste e a partir do 17º minuto depois do teste, o sinal de EEG de 5 segundos foi extraído como valor basal e valores do teste.⁸ A potência das bandas alfa e beta dos canais F7, P2, F3, T3, C3, P3, Pz e O1 do sinal de EEG foram usadas como características da avaliação do efeito de aprendizagem dos participantes.⁹

Os dados de EEG registrados foram filtrados no início, para remover o ruído da linha de energia de 50 Hz, filtro de passagem de banda para 0,05 - 50 Hz. Em seguida, o sinal de EEG foi decomposto com a transformada Wavelet (ondaleta) com a base na wavelet de Morlet. Esse método corresponde a uma transformada de Fourier janelada com tamanho de janela adaptável, dependendo da respectiva frequência. As escalas wavelet correspondem às frequências de Fourier de 2 a 60 Hz em etapas

de 0,5 Hz. O espectro da wavelet resultante foi elevado ao quadrado para obter o espectro de potência e foi calculado sobre a faixa de frequência alfa de 8 a 13 Hz e a faixa de frequência beta de 14 a 24 Hz.¹⁰

Análise estatística

Os resultados depois das intervenções de tipo de ensino entre os dois grupos foram verificados por análise univariada para avaliar a significância do fator de grupo (ou seja, grupo TTM *versus* grupo PBL) e o fator temporal (ou seja, basal *versus* durante o teste). Caso os resultados fossem significativos, mais análises estatísticas seriam realizadas. Os dados basais e durante o teste intragrupo foram analisados usando o teste *t* pareado. Os dados basais ou durante o teste entre os grupos foram comparados usando o teste *t* para dois grupos independentes. A análise estatística foi realizada no software SPSS 25.0. Todos os dados das variáveis contínuas foram relatados como média do grupo \pm desvio padrão (DP) da média. O valor de $P < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

RESULTADOS

Comparação do desempenho dos estudantes no teste dos dois tipos de métodos

A comparação do escore notas do questionário dos alunos nos dois métodos foi feita usando o teste *t* independente (Tabela 1). O escore médio do grupo PBL foi maior que o do grupo TTM, e a diferença foi significativa ($P = 0,026$).

Alterações de potência de banda alfa e beta em dois grupos

Não houve interação entre grupo e tempo na potência alfa. A potência alfa nos canais F3, T3, P3 e O1 diminuiu significativamente durante o teste com relação ao basal no grupo PBL (Tabela 2). A potência alfa basal nos canais F7 e Pz no grupo PBL foi significativamente maior do que no grupo TTM, mas não houve diferença significativa durante o teste.

Tabela 1. Comparação do desempenho dos estudantes no teste dos dois tipos de métodos.

Método de ensino	Escore dos estudantes	Teste t	P
PBL	90,3 \pm 3,9	2,419	0,026
TTM	85,0 \pm 5,7		

Tabela 2. Alterações de potência alfa e beta nos dois grupos.

	Grupo PBL		Grupo TTM		Signif.		
	Basal	Valor do teste	Basal	Valor do teste	Tempo x Grupo	Tempo	Grupo
F7	1,29 \pm 0,68 \ddagger	0,81 \pm 0,35	0,93 \pm 0,48	0,89 \pm 0,41	0,131	0,83	0,036
Pz	0,49 \pm 0,35 \ddagger	0,17 \pm 0,11	0,19 \pm 0,14	0,14 \pm 0,06	0,058	0,13	0,014
F3	1,49 \pm 1,65*	0,80 \pm 0,59	1,21 \pm 1,26	0,81 \pm 0,52	0,071	0,006	0,102
T3	1,21 \pm 0,21*	0,79 \pm 0,17	1,25 \pm 0,34	0,94 \pm 0,12	0,489	0,001	0,138
C3	0,99 \pm 0,83	0,37 \pm 0,18	0,51 \pm 0,47	0,37 \pm 0,19	0,095	0,12	0,181
P3	1,09 \pm 0,71*	0,36 \pm 0,17	0,70 \pm 0,66	0,46 \pm 0,23	0,099	0,003	0,428
O1	1,24 \pm 0,46*	0,74 \pm 0,30	1,28 \pm 0,34	0,91 \pm 0,16	0,534	0,001	0,347

*Diferença significativa com relação aos dados basais ($P < 0,05$). \ddagger Diferença significativa entre os diferentes grupos na mesma hora ($P < 0,05$).

Tabela 3. Alterações de potência beta nos dois grupos.

	Grupo PBL		Grupo TTM		Signif.		
	Basal	Valor do teste	Basal	Valor do teste	Tempo x Grupo	Tempo	Grupo
F7	3,57 \pm 152*	5,71 \pm 1,01	4,48 \pm 2,13	5,47 \pm 1,00	0,202	0,002	0,589
Pz	0,99 \pm 0,59	1,24 \pm 0,63 \ddagger	0,85 \pm 0,60	1,03 \pm 0,65	0,797	0,176	0,032
F3	3,77 \pm 1,26*	5,11 \pm 1,00	4,11 \pm 1,30	4,58 \pm 1,58	0,045	0,001	0,862
T3	2,36 \pm 1,41* \ddagger	3,42 \pm 0,98	2,66 \pm 1,62*	3,44 \pm 1,09	0,754	0,047	0,009
C3	2,10 \pm 0,50*	3,40 \pm 0,74	2,05 \pm 0,79	2,37 \pm 1,08	0,04	0,002	0,072
P3	2,38 \pm 0,63*	3,08 \pm 0,67	2,10 \pm 0,50	2,43 \pm 0,65	0,363	0,017	0,247
O1	2,17 \pm 0,85*	4,36 \pm 1,31	2,93 \pm 1,16*	4,42 \pm 1,22	0,278	0,001	0,329

*Diferença significativa com relação aos dados basais ($P < 0,05$). \ddagger Diferença significativa entre os diferentes grupos na mesma hora ($P < 0,05$).

Houve interação de potência beta nos canais F3 e C3. A potência beta nos canais F7, F3, T3, C3, P3 e O1 aumentou significativamente durante o teste no grupo PBL (Tabela 3). No entanto, a potência beta aumentou significativamente durante o teste apenas nos canais T3 e O1 no grupo TTM. A potência beta basal no canal T3 no grupo PBL foi significativamente menor do que no grupo TTM.

Alterações de TcpO2 e MBP nos dois grupos

A Tabela 4 mostra as alterações de TcpO2 e MBP nos dois grupos. Durante o teste, a MBP no grupo PBL foi significativamente maior do que no período basal (8,2 PU vs. 11,0 PU), e o valor de MBP foi significativamente maior no grupo PBL do que no grupo TTM durante o teste. Não houve diferença significativa na TcpO2 entre os dois grupos.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo forneceram evidências de aumento da potência beta e de MBP dos estudantes e um efeito melhor da aprendizagem de fisiologia esportiva com o método PBL. Assim sendo, o PBL pode ser um mecanismo eficaz de aprendizagem, porque os estudantes estão ativamente engajados no aprendizado.

Na PBL, os estudantes aprendem discutindo problemas de relevância profissional, aprimorando a integração e a aplicação do conhecimento, o que é considerado uma forma de incentivar os alunos ao aprendizado profundo, visando aumentar seu interesse de modo intrínseco e a entender o que estão aprendendo.¹¹ No grupo PBL, os participantes puderam compreender a teoria básica da fisiologia em um microcurso em vídeo e, a seguir, entender o conteúdo pelo processo de relacionar e estruturar

Tabela 4. Alterações de TcpO2 e MBP nos dois grupos.

	Grupo PBL		Grupo TTM		Signif.		
	Basal	Valor do teste	Basal	Valor do teste	Tempo x Grupo	Tempo	Grupo
MBP (PU)	8,2 \pm 0,5*	11,0 \pm 0,6 \ddagger	8,1 \pm 0,3	9,3 \pm 0,3	0,226	0,025	0,048
TcpO2 (mmHg)	29,5 \pm 2,22	31,1 \pm 3,6	28,8 \pm 2,9	29,1 \pm 2,6	0,315	0,148	0,245

*Diferença significativa com relação aos dados basais ($P < 0,05$). \ddagger Diferença significativa entre os diferentes grupos na mesma hora ($P < 0,05$).

ideias, buscar princípios subjacentes, pesar as evidências relevantes e avaliar criticamente o conhecimento. A partir do questionário, verificou-se que os escores médios dos estudantes foram significativamente maiores no questionário do grupo PBL do que no grupo TTM, de modo que o efeito de aprendizagem do método PBL é melhor do que o do TTM.

O EEG fornece uma base fisiológica para detectar e registrar a atividade das ondas cerebrais e explicar essas gravações em termos de atenção, estado de alerta, concentração e relaxamento.¹² A banda alfa (8-13 Hz) está associada principalmente a processos de inibição, menos atenção e aos mecanismos de consciência e atenção.¹³ Acredita-se que o aumento do poder alfa reflete processos inibitórios corticais,¹⁴ enquanto a diminuição da potência alfa, em especial no pré-estímulo pré-frontal e posterior, está associada à concentração e melhor desempenho nas tarefas.¹⁵ Da mesma forma, o papel da banda beta (14-24 Hz) no processamento atencional visual de cima para baixo é amplamente documentado. A potência beta occipitoparietal está associada a um melhor desempenho em tarefas que recrutam processos atencionais.¹⁶ Quando aumentada, a potência beta também é funcionalmente associada à execução de movimentos voluntários. Watson *et al.* relataram resultados semelhantes de maior alerta e menor fadiga, o que se relaciona com o aumento da potência beta e supressão da potência espectral alfa.¹² Neste estudo, a potência alfa dos participantes diminuiu e a beta aumentou nos dois grupos durante o teste. Contudo, as áreas foram maiores e a amplitude foi mais alta no grupo PBL (Tabelas 2 e 3), o que significa que os estudantes do grupo PBL estavam mais focados e com menos fadiga do que os do grupo TTM.

A principal função do sistema circulatório é transportar materiais por convecção para o corpo todo¹⁷ e controlar o fluxo de acordo com os requisitos que mudam com o tempo e a posição.¹⁸ Entre muitas substâncias que devem ser distribuídas e removidas, o oxigênio é uma das mais críticas. Muitos tecidos, notadamente o cérebro, têm demanda alta e contínua de oxigênio, e sofrem danos rapidamente se o suprimento falhar, portanto, o controle da perfusão cerebral é importante para manter uma homeostase microambiental neuronal adequada, assim como a função autônoma.¹⁹ Sugiura *et al.* relataram que, em comparação com o estado de repouso, um aumento significativo no fluxo sanguíneo cerebral regional foi observado após a leitura de romances em uma mesa.²⁰ Viski *et al.* demonstraram que a leitura isolada resultou no aumento da velocidade do fluxo em aproximadamente 8%-10% na artéria que supre o córtex occipital,²¹ o que indicou haver uma correlação positiva entre a atividade neuronal e o fluxo sanguíneo cerebral. Neste estudo, a MBP dos participantes aumentou

significativamente durante o período de teste em comparação com o período de descanso no grupo PBL. No entanto, a TcPO₂ não mudou significativamente entre o basal e durante o teste nos dois grupos. Isso indicou que o consumo de energia dos participantes aumentou mais no grupo PBL, o que significa mais atividade neuronal no grupo PBL.

Até o momento, este é o primeiro estudo que mostra a associação entre o desempenho com PBL e as características neurofisiológicas dos estudantes. Ele explicou o mecanismo fisiológico pelo qual os estudantes estavam mais concentrados, com menos fadiga e maior atividade neuronal durante as aulas de PBL. A partir do estudo, sabemos que o PBL pode promover a reforma do ensino e acelerar a melhoria de seus resultados, pelo que se pode dizer que é um método eficaz para o ensino de fisiologia do esporte.

A principal limitação do presente estudo foi que os sujeitos permaneceram sentados e em silêncio, o que pode levar à redução das atividades em sala de aula. Em estudos futuros, devemos deixar que os estudantes expressem suas opiniões durante a discussão e estenderemos o tempo de teste para todo o processo de ensino.

CONCLUSÕES

Em resumo, o ensino com o método PBL pode melhorar significativamente a potência beta e a MBP dos estudantes. Comparado com o método TTM, o efeito da aprendizagem é melhor, e os estudantes têm papéis mais ativos e mais atividade neuronal, e sua atenção é mais focada na PBL. Portanto, a PBL pode ser um mecanismo eficaz de aprendizagem, uma vez que os alunos estão engajados ativamente no ensino de fisiologia esportiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos voluntários por sua alegre cooperação durante o estudo. O financiamento para Xiaoli Liu foi fornecido pelo Projeto-Chave do Programa de Pesquisa Científica do Departamento de Educação da Província de Hubei (Concessão No. Q20191901) e Fundação de Ciências Naturais da Província de Fujian (concessão nº 2018J01583) e Projeto de Planejamento de Ciências Sociais de Fujian (concessão nº FJ2018B110), China.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. XL, XL: desenho do estudo, redação, revisão; HZ: análise de dados e redação; SZ: análise estatística; YP, MY e FC: participação em todo o projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Wosinski J, Belcher AE, Dürrenberger Y, Allin AC, Stormacq C, Gerson L. Facilitating problem-based learning among undergraduate nursing students: A qualitative systematic review. *Nurse Educ Today*. 2018;60:67-74.
2. Durand MT, Restini CBA, Wolff ACD, Faria M, Jr., Couto LB, Bestetti RB. Students' perception of animal or virtual laboratory in physiology practical classes in PBL medical hybrid curriculum. *Adv Physiol Educ*. 2019;43(4):451-7.
3. Bhattacharya N, Shankar N, Khaliq F, Rajesh CS, Tandon OP. Introducing problem-based learning in physiology in the conventional Indian medical curriculum. *Natl Med J India*. 2005;18(2): 92-5.
4. Carvalho H, West CA. Voluntary participation in an active learning exercise leads to a better understanding of physiology. *Adv Physiol Educ*. 2011;35(1):53-8.
5. Couto LB, Durand MT, Wolff ACD, Restini CBA, Faria M, Jr., Romão GS, et al. Formative assessment scores in tutorial sessions correlates with OSCE and progress testing scores in a PBL medical curriculum. *Med Educ Online*. 2019;24(1):1560862.
6. van der Vleuten CPM, Schuwirth LWT. Assessment in the context of problem-based learning. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2019;24(5):903-14.
7. Burgess A, Bleasel J, Haq I, Roberts C, Garsia R, Robertson T, et al. Team-based learning (TBL) in the medical curriculum: better than PBL? *BMC Med Educ*. 2017;17(1):243.
8. Zhao C, Guo J, Li D, Tao Y, Ding Y, Liu H, et al. Anticipatory alpha oscillation predicts attentional selection and hemodynamic response. *Hum Brain Mapp*. 2019;40(12):3606-19.
9. Hummel F, Saur R, Lasogga S, Plewnia C, Erb M, Wildgruber D, et al. To act or not to act. Neural correlates of executive control of learned motor behavior. *Neuroimage*. 2004;23(4):1391-401.
10. Moosmann M, Ritter P, Krastel I, Brink A, Thees S, Blankenburg F, et al. Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy. *Neuroimage*. 2003;20(1):145-58.
11. Dolmans D, Loyens SMM, Marcq H, Gijbels D. Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2016;21(5):1087-1112.
12. Watson AW, Okello EJ, Brooker HJ, Lester S, McDougall GJ, Wesnes KA. The impact of blackcurrant juice on attention, mood and brain wave spectral activity in young healthy volunteers. *Nutr Neurosci*. 2019;22(8):596-606.
13. Palva S, Palva JM. New vistas for alpha-frequency band oscillations. *Trends Neurosci*. 2007;30(4):150-8.
14. Zumer JM, Scheeringa R, Schoffelen JM, Norris DG, Jensen O. Occipital alpha activity during stimulus processing gates the information flow to object-selective cortex. *PLoS Biol*. 2014;12(10):e1001965.
15. Klimesch W. α -band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends Cogn Sci*. 2012;16(12):606-17.
16. De Blasio FM, Barry RJ. Prestimulus alpha and beta determinants of ERP responses in the Go/NoGo task. *Int J Psychophysiol*. 2013;89(1):9-17.
17. Secomb TW, Pries AR. The microcirculation: physiology at the mesoscale. *J Physiol*. 2011;589(Pt 5):1047-52.
18. Liu X, Xu D, Hall JR, Ross S, Chen S, Liu H, et al. Enhanced cerebral perfusion during brief exposures to cyclic intermittent hypoxemia. *J Appl Physiol* (1985). 2017;123(6):1689-97.
19. Liu X, Chen X, Kline G, Ross SE, Hall JR, Ding Y, et al. Reduced cerebrovascular and cardioventilatory responses to intermittent hypoxia in elderly. *Respir Physiol Neurobiol*. 2020;271:103306.
20. Sugiura A, Eto T, Kinoshita F, Takada H. [Effect of Reading a Book on a Tablet Computer on Cerebral Blood Flow in the Prefrontal Cortex]. *Nihon Eiseigaku Zasshi*. 2018;73(1):39-45.
21. Viski S, Orgovan D, Szabo K, Rosengarten B, Csiba L, Olah L. Effect of reading on blood flow changes in the posterior cerebral artery in early blind and sighted people—A transcranial Doppler study. *J Neurol Sci*. 2016;363:132-9.