

Artigo original

Protótipo didático demonstra o efeito da pressão intracraniana sobre a pressão de perfusão cerebral*Didactic prototype demonstrates the effect of intracranial pressure on cerebral perfusion pressure***Marcus Roberto Magalhães Cassani¹, Victor Toledo Guillarducci², Rodrigo Hohl³,
Carlos Alberto Mourao-Junior⁴, Akinori Cardozo Nagato⁵**

Cassani MRM, Guillarducci, VT, Hohl R, Mourão-Júnior CA, Nagato AC. Protótipo didático demonstra o efeito da pressão intracraniana sobre a pressão de perfusão cerebral / *Didactic prototype demonstrates the effect of intracranial pressure on cerebral perfusion pressure*. Rev Med (São Paulo). 2022 nov.-dez.;101(6):e-196560.

RESUMO: A pressão de perfusão cerebral (PPC) resulta da diferença entre pressão arterial média e pressão intracraniana (PIC). A compreensão dos princípios biofísicos que explicam como a PIC influencia a PPC exigem abstração e podem ser explicados por analogia utilizando protótipos de baixo custo. *Objetivo:* Apresentar um protótipo didático desenvolvido com materiais recicláveis que mostre a influência da PIC sobre a PPC. *Método:* Foi construído um protótipo com uma garrafa PET de 200 ml, ultrapassada por 6cm de uma bola de látex (padrão 5:150cm), simulando, respectivamente, o crânio e um vaso cerebral. Uma seringa de 10ml foi conectada ao PET para reduzir o volume do sistema e elevar a pressão no seu interior. Um bulbo de látex, com válvula unidirecional, foi conectado à bola através de um equipo de duplo lúmen, no qual um dos ramos foi utilizado para direcionar fluxo de ar para a bola. Para demonstrar a variação de pressão no interior do PET (ΔP_1) e da bola de látex (ΔP_2) foram utilizados dois manômetros aneróides (M1 e M2, respectivamente) conectados com mangueiras de látex. Todas as conexões foram vedadas com silicone. *Resultados:* A compressão do êmbolo da seringa reduziu o volume do sistema e aumentou $\Delta P_1 = 30\text{mmHg}$, implicando colapso da bola, elevação da resistência à passagem do

fluxo de ar (com um aumento de $\Delta P_2 = 30\text{mmHg}$ em M2) quando o bulbo era pressionado. Uma maior sensação de esforço manual para comprimir o bulbo foi percebida com ΔP_1 aumentado. O protótipo permitiu a analogia intuitiva garrafa PET /crânio e bola/ vaso sanguíneo, sendo possível perceber como a elevação da PIC altera a PPC. *Conclusão:* Protótipos com materiais de baixo custo são ferramentas intuitivas e de fácil acesso que podem ser utilizados para ilustrar didaticamente os fenômenos biofísicos fundamentais da PIC sobre a PPC em humanos.

Palavras-chave: Estudo de prova de conceito; Pressão intracraniana; Circulação cerebrovascular; Biofísica.

ABSTRACT: Cerebral perfusion pressure (CPP) results from the difference between mean arterial pressure and intracranial pressure (ICP). The comprehension of the biophysical principles that explain how ICP influences CPP dynamics requires abstraction and can be explained by analogy using low-cost prototypes. Objective: To come up with a didactic prototype developed with recyclable materials that shows the influence of ICP on CPP. Method: A prototype was built with a 200 ml PET bottle,

1. Laboratory of Immunopathology and Experimental Pathology, Center for Reproductive Biology - CRB, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brazil. <https://orcid.org/0000-0003-2788-5024>. E-mail: marcusroberto20@gmail.com

2. Laboratory of Immunopathology and Experimental Pathology, Center for Reproductive Biology - CRB, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brazil. <https://orcid.org/0000-0003-1371-5817>. E-mail: gvictortoleado@yahoo.com

3. Physiology Department, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. <https://orcid.org/0000-0003-3194-9289>. E-mail: hohlrodrigo@gmail.com

4. Physiology Department, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. <https://orcid.org/0000-0001-7199-5365>. E-mail: camouraojr@gmail.com

5. Physiology Department, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. / Laboratory of Immunopathology and Experimental Pathology, Center for Reproductive Biology - CRB, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. <https://orcid.org/0000-0002-7398-0834>. E-mail: akinori.nagato@ufjf.br

Corresponding Author: Prof. Dr. Akinori Cardozo Nagato. Laboratory of Immunopathology and Experimental Pathology, Center for Reproductive Biology - CRB, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. Campus Universitário s/n, São Pedro. Postal code: 36036-900. E-mail: akinori.nagato@ufjf.br

overpassed by a 06 cm latex ball (standard: 5:150 cm), simulating respectively, the skull and a single cerebral vessel. A 10 ml syringe was connected to the PET in order to reduce the volume of the system and increase the pressure inside it. A latex bulb, containing an unidirectional valve, was connected to the latex ball through a double-lumen tube, in which, one of the branches was used to direct an airflow to the latex ball. To demonstrate the pressure variation inside the PET ($\Delta P1$) and inside the latex ball ($\Delta P2$), two aneroid manometers (M1 and M2, respectively), connected with latex hoses, were used. All connections have been sealed with silicone. Results: The syringe plunger compression reduced the system volume and increased $\Delta P1 = 30\text{mmHg}$, resulting in

INTRODUÇÃO

A circulação de sangue cerebral possui peculiaridades inerentes ao fato de o sangue percorrer dentro de um compartimento anatômico, o crânio - um fato exclusivo no corpo humano que exige um estudo de variáveis específicas. A pressão de perfusão cerebral (PPC) é a pressão do sangue durante a sua passagem no leito cerebrovascular¹, e seu valor é estimado a partir do resultado da diferença entre a pressão intracraniana (PIC), a pressão dentro da cavidade em si, e a pressão arterial média (PAM), que se refere à média entre a variação da pressão arterial sistólica e diastólica ao longo de um ciclo cardíaco^{2,3}. Reduções da PPC ocorrem quando há uma elevação da PIC, como em casos de trombose dos seios venosos ou da veia jugular, aumento do volume cerebral, aumento do volume sanguíneo cerebral, edema cerebral, hematoma subdural, hematoma epidural, empiema ou abscesso cerebrais, pneumoencefalo hipertensivo⁴, e/ou quando ocorre a redução da PAM, por exemplo em casos de hipotensão ortostática⁵ e pós-prandial⁶. Por outro lado, elevações da PPC se dão quando a PAM está elevada, como em casos de hipertensão arterial idiopática ou secundária a doenças renais, endócrinas, obesidade e síndrome da apneia do sono⁷, e/ou quando a PIC está reduzida, por exemplo em casos de uso de terapias com agentes farmacológicos, como manitol ou solução salina hipertônica⁸.

A estabilidade da PPC com valores em torno de 50 mmHg² é importante para manter um fluxo sanguíneo cerebral (FSC) satisfatório e garantir a oferta de oxigênio e nutrientes para o sistema nervoso central. Valores abaixo de 50 mmHg reduzem o FSC e levam à isquemia - um fenômeno caracterizado pela redução da perfusão cerebral^{2,3}. O aumento da PIC não acompanhado pelo aumento da PAM reduz o FSC³ por indução de resistência vascular causada por uma força externa ao vaso sanguíneo, que tende a reduzir o diâmetro vascular.

Em adultos, uma elevação suprafisiológica da PIC,

a collapsed ball and increased resistance to the air flow (with an increase of $\Delta P2 = 30\text{mmHg}$ in M2) when the bulb was pressed. The perceived handgrip effort to compress the bulb was higher when $\Delta P1$ was increased. The prototype allowed a direct intuitive comparison between the PET/skull and the ball/blood vessel, and it was also possible to see how the elevation of the ICP plays an important role in the CPP. Conclusion: Prototypes with low-cost materials are intuitive and easily accessible tools that can be used to didactically illustrate the fundamental biophysical influence of ICP on CPP in humans.

Keywords: Proof of concept study; Intracranial pressure; Cerebrovascular circulation; Biophysics.

sustentada com valores de pelo menos de 20 mmHg, por mais de 20 minutos^{2,3,9}, caracteriza o quadro de hipertensão intracraniana (HIC). Embora as causas sejam multivariadas, de um modo geral, a HIC é induzida por elevações do volume do líquido, do sangue ou da massa encefálica^{2,3}.

Os primeiros a realizarem a monitorização da PIC foram os franceses Jean Guillaume e Pierre Janny. A medida estimada foi realizada por transdução eletromagnética, a partir de sinais de pressão do líquido cefalorraquidiano ventricular que era gerado a partir da interrupção do fluxo do líquido por contrapressão¹⁰. O aperfeiçoamento das novas técnicas de mensuração da PIC na área clínica garantiu uma monitorização mais acurada, com menor risco de infecções e hemorragias^{10,11}, o que vem contribuindo na condução dos pacientes que necessitam desse monitoramento.

A complexidade dos fenômenos biofísicos e fisiológicos relacionados à manutenção da PIC exige do estudioso grande abstração, sobretudo, porque há dificuldade de invasão intracraniana para compreensão dos fatos. Protótipos de ensino têm sido utilizados como importantes ferramentas didáticas para demonstrar como os fenômenos isolados ocorrem no organismo^{12,13} e facilitar a aquisição do conhecimento.

O presente estudo teve como objetivo apresentar um protótipo didático de ensino produzido com materiais recicláveis que mostrasse a relação da PIC com a PPC e permitisse estabelecer analogias com os princípios anátomo-fisiológicos envolvidos na dinâmica da perfusão cerebral.

MATERIAL E MÉTODOS

Na construção do protótipo foram utilizados: um recipiente de politereftalato de etileno (PET) de 200 ml, 06 cm de uma bola de látex padrão 5:150 cm, uma seringa de 10 ml, dois manômetros aneroides (M1 e M2), um equipo de duplo lúmen, mangueiras de látex e silicone para colar e vedar o sistema (Figura 1).

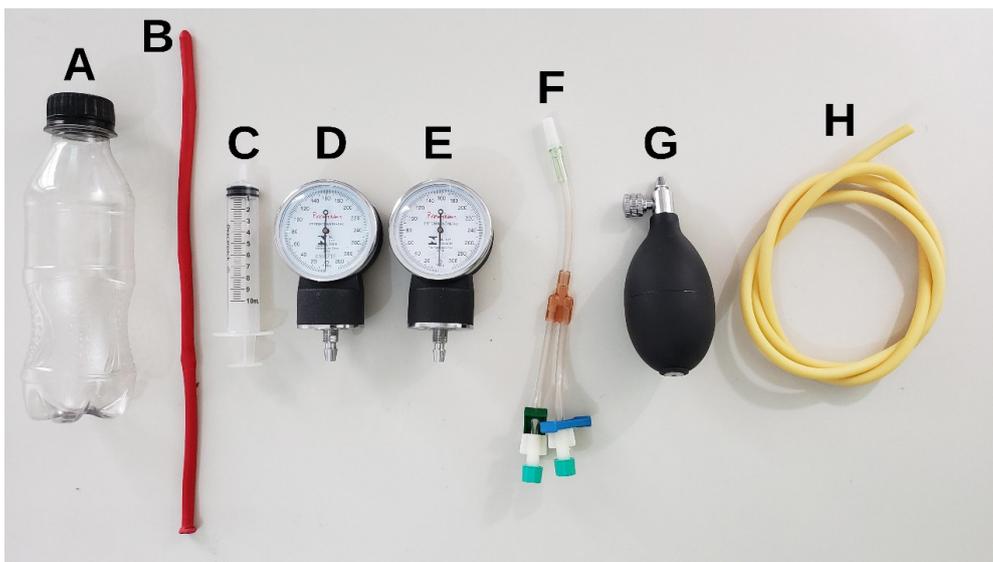


Figura 1 – Materiais utilizados para a construção do protótipo. (A) garrafa PET de 200 ml. (B) bola de látex - padrão: 5: 150 cm. (C) seringa 10 ml. (D e E) manômetro aneróide – 0 a 300 mmHg. (F) equipo de duplo lúmen. (G) bulbo de látex. (H) mangueiras de látex.

Foram feitos dois orifícios de 6mm de diâmetro no PET para fixar a bola de látex internamente no PET, um na região central da base do PET e o outro na região central da tampa. Um terceiro orifício foi feito látero-inferiormente no PET para acoplar uma seringa através de uma mangueira para que o volume do PET pudesse ser alterado e, conseqüentemente, modificada a sua pressão interna. Um quarto orifício foi feito na região lateral média do PET para acoplar o manômetro M1 e permitir a medida

da pressão interna do PET. A partir do orifício da tampa, um equipo de duplo lúmen foi conectado à bola de látex. Um ramo do equipo foi acoplado ao bulbo de látex, contendo uma válvula unidirecional, e outro ramo foi conectado ao manômetro M2, para, respectivamente, propulsionar um fluxo de ar em direção à bola e medir a pressão no seu interior (Figura 2). Todas as conexões foram devidamente vedadas com silicone.

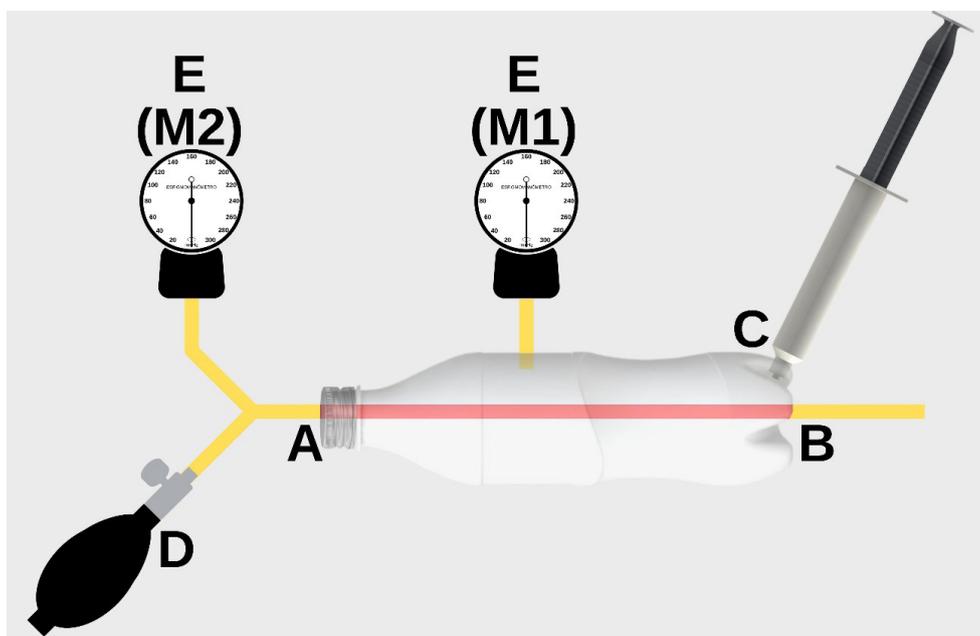


Figura 2 - Idealização do protótipo de perfusão cerebral. (A e B) bola de látex fixada ao PET por meio de orifícios na região central da tampa (A) e central inferior do PET (B). (C) seringa acoplada látero-inferiormente ao PET. (D) bulbo de látex acoplado ao equipo de duplo lúmen. (E) manômetros M1 e M2 acoplados, respectivamente, para medir a pressão no interior do PET e no interior da bola de látex.

RESULTADOS

Cada objeto utilizado na construção do protótipo teve a finalidade de simular, de forma didática e reducionista, alguns componentes anatomofuncionais importantes envolvidos na dinâmica da perfusão cerebral. O PET representou o crânio, a bola de látex simulou um único vaso sanguíneo cerebral, a seringa foi utilizada para

induzir o aumento da pressão intracraniana (análoga à hipertensão intracraniana), o bulbo de látex representou o propulsor do fluxo sanguíneo para o cérebro (coração), o espaço entre o a bola de látex e o PET correspondeu ao compartimento cerebral, preenchido por massa encefálica e líquido, e o ar, contido no interior da bola, fez alusão ao sangue (Figura 3).

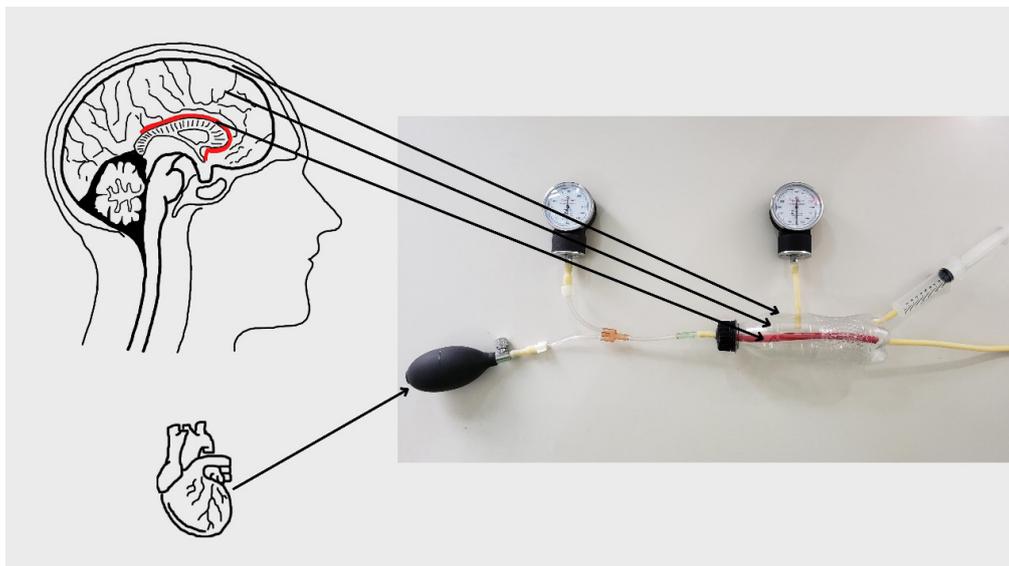


Figura 3 - Analogia entre o protótipo e elementos anatômicos do crânio, vasos cerebrais. O PET representou o crânio. A bola de látex simulou um único vaso sanguíneo cerebral (artéria pericalosa). O bulbo de látex representou o coração. O espaço entre o a bola de látex e o PET correspondeu ao compartimento cerebral, preenchido por massa encefálica e líquido.

A compressão do êmbolo da seringa reduziu o volume no interior do PET e aumentou a pressão que foi registrada no manômetro M1 (valor mensurado = 30 mmHg), resultando em colapso vascular (bola de látex) e aumento da resistência ao escoamento de ar imprimido ao pressionar o bulbo conectado ao equipo de duplo lúmen. A elevação da resistência causou aumento da pressão no interior da bola, registrado no manômetro M2 (valor mensurado = 30 mmHg). Adicionalmente, a percepção do esforço manual para comprimir o bulbo foi maior quando a pressão no interior do PET estava aumentada, representando, analogamente, uma elevação da pós-carga, que corresponde a um maior esforço cardíaco para bombear o sangue e vencer a resistência imposta à sua ejeção para manutenção do FSC adequado.

DISCUSSÃO

O protótipo construído no presente estudo permite demonstrar de forma, didática, intuitiva e direta como a elevação do PIC pode resultar em um impacto sobre os vasos sanguíneos, elevando a PPC e, concomitantemente, elevando o trabalho para o coração manter o fluxo encefálico.

O uso de protótipos didáticos tem se mostrado

uma estratégia de ensino viável, que contribui para que o ensino se torne mais dinâmico e atrativo aos alunos, ao promover a dinamização das aulas e facilitar a obtenção e assimilação do conteúdo¹²⁻¹⁴. Além disso, o uso do material reciclável representa uma alternativa de fácil acesso, baixo custo e grande aplicabilidade¹²⁻¹⁴, que contribui para conscientização acerca da reutilização de materiais^{12,14}. Essa facilidade na acessibilidade dos recursos para a construção destes protótipos didáticos viabiliza a inclusão destes modelos em programas básicos de ensino educacionais, e não apenas universitários, pois é possível a partir das observações aplicar conceitos de ciências básicas e fenômenos físicos que podem ser amadurecidos posteriormente de forma específica pelo estudante segundo suas orientações vocacionais.

As aulas práticas com estratégias de ensino ativas são de fundamental importância, uma vez que permitem que o aluno se envolva, entenda, explore e aplique os conceitos ensinados, possibilitando a construção de novos conhecimentos a partir de conceitos prévios¹⁵. Essa dinâmica facilita a compreensão e fixação do conteúdo por parte dos alunos^{12,15}. Neste sentido, o protótipo desenvolvido pode contribuir importantemente como uma ferramenta pedagógica dentro dos programas de ensino de disciplinas das áreas da saúde, no ensino superior,

cujos conteúdos mais complexos abordados necessitem de estruturação preliminar com base em mecanismos biofísicos e fisiológicos sobre a PIC, PPC e FSC.

O modelo apresentado proporciona uma demonstração didática e interativa acerca da influência da PIC sobre a PPC, incluindo a possibilidade de analogia com o aumento do trabalho do músculo cardíaco (uma observação que pode ser percebida pelo esforço do usuário e gera mais um ponto de reflexão). Estudos anteriores apontam estratégias de ensino visuais como um bom recurso de aprendizagem, facilitando a aquisição de conhecimentos na educação médica^{16,17}. Nesse sentido, a observação do funcionamento do protótipo, possibilita a visualização da dinâmica da perfusão cerebral e a aquisição desse conhecimento através de uma memória visual, o que é importante, tendo em vista a dificuldade de estudo desses fenômenos *in vivo*, devido à complexidade anatomofisiológica da região cerebral e ao seu difícil acesso.

A HIC é uma condição muito comum em pacientes com hipertensão arterial e pacientes gravemente enfermos nas unidades de terapia intensiva (UTI) e, dessa forma, o entendimento das bases biofísicas e fisiológicas envolvidas no aumento da PIC é necessária para o manejo correto dos pacientes nessa condição. Há muitos mecanismos associados a condições comuns que podem levar ao aumento da PIC, como trauma cranioencefálico, neoplasia cerebral, hidrocefalia, meningites, dentre outros^{18,19} e que podem resultar de alguma forma na variação da PPC. A compreensão e fundamentação preliminar, isoladamente, sobre os conceitos e os mecanismos básicos envolvidos nas mudanças da PIC sobre a PPC é importante, sobretudo, quando múltiplas variáveis (que compõem a realidade do contexto fisiológico real) exigirem ainda mais abstração do estudioso. Por exemplo, pequenas artérias e arteríolas se dilatam quando a PPC reduz e, em contrapartida, ocorre uma vasoconstrição quando a PPC está aumentada, contudo, essa relação não é linear e está limitada à capacidade de

dilatação e constrição dos vasos²⁰. Portanto, quando um desses volumes (sangue, líquido ou massa encefálica), isoladamente, está alterado, os demais devem compensar para garantir a PIC, caso contrário, desencadeia-se o quadro de HIC³.

A utilização de uma prática pedagógica didática é imprescindível, uma vez que, a metodologia adotada para o ensino exerce um papel relevante no processo de aprendizagem, que, muitas vezes, se equipara à importância do conhecimento em si^{21,22}. O professor exerce um papel importante na consolidação do processo ensino-aprendizagem, sendo ele o gerenciador dos recursos didáticos e o responsável pelo estímulo e motivação ao aprendizado²³⁻²⁵. A renovação de técnicas didáticas tem sido apontada como ferramenta importante para manter o interesse do aluno, e facilitar a aquisição ou atualização do conhecimento. No presente estudo, mostramos que mesmo com o uso de materiais de baixo custo, sem rebuscada tecnologia, é possível e viável, promover uma ferramenta que possa servir de orientação para uma discussão intuitiva de pontos complexos que exigem muita abstração e são de difícil visualização *in vivo*. Até aqui nos limitamos a ilustrar didaticamente os fenômenos biofísicos fundamentais da PIC sobre a PPC em humanos. Sugerimos que o protótipo seja testado como ferramenta didática e que seja até mesmo aperfeiçoado para demonstrar outras variáveis, como a vazão do fluido que passa pela bola de acordo com a pressão no interior do PET.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossas observações nos levam a sugerir que o protótipo tem potencial como ferramenta didática para promover discussões sobre os princípios fundamentais biofísicos e fisiológicos observados na geração, manutenção e variação da PIC, promovendo base para discussões mais amplas sobre tópicos avançados que cercam o tema.

Participação dos autores: M.R.M.C., V.T.G. e A.C.N. - idealizaram, desenharam e construíram o protótipo, incluindo a construção do protótipo para obtenção de dados; M.R.M.C. e A.C.N. realizaram os testes. M.R.M.C., V.T.G., R.H., C.A.M.J. e A.C.N. - analisaram e interpretaram os resultados; M.R.M.C. - preparou as figuras. Todos os autores redigiram e revisaram o manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito.

Declaração de financiamento: O presente estudo foi financiado com recursos próprios.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse com relação à pesquisa, autoria e publicação deste artigo.

Disponibilidade de dados: Os autores declaram não haver geração de dados que necessitam ser disponibilizados.

REFERÊNCIAS

- Smith M. Cerebral perfusion pressure. Br J Anaesth. 2015;115(4):488-90. doi: <https://doi.org/10.1093/bja/aeV230>
- Giugno KM, Maia TR, Kunrath CL, Bizzi JJ. Tratamento da hipertensão intracraniana. J Pediatr (Rio J). 2003;79(4):287-96. doi: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572003000400005>
- Schwan G, Saraiva CAS. Pressão intracraniana, pressão arterial média e fluxo sanguíneo cerebral de um paciente neurológico durante atendimento fisioterapêutico na UTI. Fisioter Bras. 2009;10(1):59-63. doi: <https://doi.org/10.33233/fb.v10i1.1501>

4. Schizodimos T, Soulountsi V, Iasonidou C, Kapravelos N. An overview of management of intracranial hypertension in the intensive care unit. *J Anesth.* 2020;34(5):741-57. doi: <https://doi.org/10.1007/s00540-020-02795-7>
5. Chisholm P, Anpalaham M. Orthostatic hypotension: pathophysiology, assessment, treatment and the paradox of supine hypertension. *Intern Med J.* 2017;47(4):370-79. doi: <https://doi.org/10.1111/imj.13171>
6. O'Mara G, Lyons D. Postprandial hypotension. *Clin Geriatr Med.* 2002;18(2):307-21. doi: [https://doi.org/10.1016/S0749-0690\(02\)00012-5](https://doi.org/10.1016/S0749-0690(02)00012-5)
7. Kallikazaros IE. Arterial hypertension. *Hellenic J Cardiol.* 2013;54(5):413-15. Disponível em: https://www.hellenicjcardiol.org/archive/full_text/2013/5/2013_5_413.pdf
8. Alnemari AM, Krafcik BM, Mansour TR, Gaudin D. A Comparison of pharmacologic therapeutic agents used for the reduction of intracranial pressure after traumatic brain injury. *World Neurosurg.* 2017;106:509-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.07.009>
9. Toledo C, Garrido C, Troncoso E, Lobo SM. Efeitos da fisioterapia respiratória na pressão intracraniana e pressão de perfusão cerebral no traumatismo crânioencefálico grave. *Rev Bras Ter Intens.* 2008;20(4):339-43. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2008000400004>
10. Sonig A, Jumah F, Raju B, Patel NV, Gupta G, Nanda A. The historical evolution of intracranial pressure monitoring. *World Neurosurg.* 2020;138:491-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.03.028>
11. Lavinio A, Menon DK. Intracranial pressure: why we monitor it, how to monitor it, what to do with the number and what's the future? *Curr Opin Anaesthesiol.* 2011;24(2):117-23. doi: <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e32834458c5>
12. Tobase L, Takahashi RT. Nursing teaching in middle level of a technical course: the use of a facilitator strategy with recyclable material. *Rev Esc Enferm USP.* 2004;38(2):175-80. doi: <https://doi.org/10.1590/S0080-62342004000200008>
13. Nagato AC, Diniz MF, Bandeira ACB, Bezerra FS. Protótipo de ventilação mecânica espontânea e artificial. *Saúde Pesqui.* 2012;5(3):495-500. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/article/view/2453/1806>
14. Martins I, Sampaio A da G, Simões G dos S, Corrêa JGB, Senkio CS, Fujii LC, Vegian MR da C, Oliveira e Campos MAC de, Leite LDP, Paiva CA de, Rodgher S, Koga-Ito CY. Aplicação de protótipo de microscópio de baixo custo como estratégia para o ensino de ciências e conscientização ambiental. *Rev Extensão Inst Federal Catarinense.* 2021;8(15):191-207. doi: <https://doi.org/10.21166/rext.v8i15.1963>
15. Kim AM, Speed CJ, Macaulay JO. Barriers and strategies: implementing active learning in biomedical science lectures. *Biochem Mol Biol Educ.* 2019;47(1):29-40. doi: <https://doi.org/10.1002/bmb.21190>
16. De Oliveira DA, Lessa RS, Robeiro SCS, Vasconcelos PF. The visual practice: the infographic as a facilitating tool for learning in medical school. *Rev Bras Educ Med.* 2020;44(4):1-6. doi: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v44.4-20200158.ING>
17. Mairot LTS, Costa BBG, Heringer TPM, Borges RC, Moura EP. As artes na educação médica: revisão sistemática da literatura. *Rev Bras Educ Med.* 2019;43(4):54-64. doi: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v43n4RB20180146>
18. Stocchetti N, Maas AIR. Traumatic intracranial hypertension. *N Engl J Med.* 2014;370(22):2121-30. doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMra1208708>
19. Rangel-Castillo L, Gopinath S, Robertson CS. Management of intracranial hypertension. *Neurol Clin.* 2008;26(2):521-41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2008.02.003>
20. Czosnyka M, Pickard JD, Steiner LA. Principles of intracranial pressure monitoring and treatment. *Handb Clin Neurol.* 2017;140:67-89. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63600-3.00005-2>
21. Leal RBL. A discussão contemporânea do saber-fazer do professor. Fortaleza: Universidade de Fortaleza. Programa de Capacitação e Atualização Pedagógica Permanente para Docentes da UNIFOR. Curso: A didática do ensino superior; 2004. [mimeo]
22. Gomes AMA. Os saberes e o fazer pedagógico: uma integração entre teoria e prática. *Educar Rev.* 2006;28:231-46. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-40602006000200015>
23. Villani A, Pacca JLA. Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. *Rev Faculdade Educ.* 1997;23(1-2):196-214. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-25551997000100011>
24. Freitas H. Formação de professores no Brasil. *Educ Soc.* 2002;23(80):136-67. doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-73302002008000009>
25. Gouveia MSF. Cursos de ciências para professores de primeiro grau: elementos para uma política de formação continuada. *Educ Filos.* 1994;8(15):123-26. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/EducaaoFilosofia/article/view/1062/963>

Recebido: 11.04.2022

Aceito: 28.09.2022