

ANÁLISE DA COMPLACÊNCIA INTRACRANIANA MEDIANTE ESTRESSE CARDIOVASCULAR AO LONGO DA VIDA

Diego Rocha Cardoso¹, Alinne Alves Oliveira²

RESUMO

A complacência intracraniana (CIC) é compreendida como a capacidade de adaptação do crânio às distensões dos seus constituintes básicos. O sistema de monitorização Brain4care® se baseia no uso de um sensor que se acopla de maneira não invasiva, permitindo o monitoramento em tempo real da CIC. Estudos anteriores indicam que a pressão intracraniana (PIC) aumenta com o envelhecimento. Dado que a PIC e a CIC são duas variáveis interdependentes, pode-se inferir que a complacência também diminui com o avanço da idade. O objetivo deste estudo foi identificar, de forma não invasiva, os valores da Complacência Intracraniana (CIC) em indivíduos adultos de diferentes faixas etárias, e analisar como essa variável se comporta a cada intervalo de idade. A medida da CIC foi realizada em 400 indivíduos, dividida em quartis por faixa etária: 18 a 24 anos (grupo 1 – G1); 25 a 48 anos (grupo 2 – G2); 49 a 69 anos (grupo 3 – G3) e 70 a 100 anos (grupo 4 – G4). O teste de Kolmogorov–Smirnov foi usado para verificar normalidade das variáveis estudadas. As diferenças entre grupos e seus respectivos intervalos de confiança 95% foram calculadas usando um modelo linear misto considerando os grupos (1, 2, 3 e 4) como fator fixo e o sexo como fator randômico. O nível de significância adotado foi de $p < 0.05$. Nossos resultados indicaram que foi possível identificar mudanças significativas na complacência intracraniana (CIC) e nas variáveis pressóricas ao longo das diferentes faixas etárias. A partir da quinta década de vida foi observado alterações nessas variáveis e na relação P2/P1, com valores elevados no grupo 3 e ainda maiores no grupo 4. Também foi observada uma redução na CIC, evidenciando o impacto do envelhecimento sobre esses parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: Brain4care, complacência intracraniana, crânio, monitoramento, pressão intracraniana.

ANALYSIS OF INTRACRANIAL COMPLACENCY DURING CARDIOVASCULAR STRESS THROUGHOUT LIFE

ABSTRACT

Intracranial compliance (ICC) is understood as the skull's ability to adapt to the distension of its basic components. The Brain4care® monitoring system uses a non-invasive sensor, allowing real-time monitoring of ICC. Previous studies indicate that intracranial pressure (ICP) increases with aging. Given that ICP and ICC are two interdependent variables, it can be inferred that compliance also decreases with advancing age. The objective of this study was to non-invasively identify intracranial compliance (ICC) values in adults of different age groups and analyze how this variable behaves at each age interval. ICC was measured in 400 individuals, divided into quartiles by age group: 18 to 24 years (group 1 – G1); 25 to 48 years (group 2 – G2); 49 to 69 years old (group 3 - G3) and 70 to 100 years old (group 4 - G4). The Kolmogorov–Smirnov test was used to verify

¹ Bolsista, Av. José Moreira Sobrinho, s/n - Jequiezinho, Jequié - BA, 45205-490

² Professora Doutora do departamento de saúde I da Universidade estadual do Sudoeste da Bahia. Av. José Moreira Sobrinho, s/n - Jequiezinho, Jequié - BA, 45205-490

the normality of the studied variables. The differences between groups and their respective 95% confidence intervals were calculated using a linear mixed model considering groups (1, 2, 3, and 4) as a fixed factor and sex as a random factor. The significance level adopted was $p < 0.05$. Our results indicated that it was possible to identify significant changes in intracranial compliance (ICC) and blood pressure variables across the different age groups. From the fifth decade of life onward, changes were observed in these variables and in the P2/P1 ratio, with high values in group 3 and even higher in group 4. A reduction in ICC was also observed, evidencing the impact of aging on these parameters.

KEYWORDS: Brain4care, intracranial compliance, skull, monitoring, intracranial pressure.

INTRODUÇÃO

A complacência intracraniana (CIC) é a capacidade do crânio de adaptar-se às distensões de seus constituintes – massa encefálica, líquido cefalorraquidiano e retorno venoso – variando conforme condições fisiológicas e patológicas (Machado, 2002). Historicamente, a CIC era inferida pela pressão intracraniana (PIC) por meio de exames como tomografia, ressonância magnética, ultrassonografia com Doppler ou métodos invasivos, incluindo catéteres intracranianos associados à drenagem ventricular externa – padrão-ouro atual. Contudo, limitações dessas técnicas impulsionaram métodos não invasivos de monitoramento contínuo (Silva, 2021; De Moraes et al., 2022). Entre eles destaca-se o Brain4care®, que mede indiretamente a PIC pelo deslocamento milimétrico da calota craniana (Silva, 2021). O sistema utiliza um sensor de deformação fixado por faixa ajustável, permitindo registro em tempo real da CIC com três ondas: P1 (impulso sanguíneo cardíaco), P2 (espelhamento encefálico) e P3 (fechamento da aorta). Alterações, sobretudo inversões entre picos, sinalizam redução da complacência (Bueno et al., 2021). A PIC oscila a cada ciclo cardíaco, e suas ondas permitem índices como P2/P1, que estimam indiretamente a CIC (Cardoso et al., 1983; Czosnyka & Pickard, 2004; Kazimierska et al., 2021; Rickli et al., 2021a; Canac et al., 2020). Eventos fisiológicos ou patológicos podem modificar esses componentes e impactar a CIC (Donnelly et al., 2016). O envelhecimento eleva a PIC e reduz a CIC, sugerindo menor capacidade adaptativa craniana (Bueno et al., 2021; França & Silva, 2007). Este estudo objetiva identificar, de forma não invasiva, os valores de CIC em adultos de diferentes faixas etárias para compreender suas alterações ao longo do envelhecimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal, quantitativo e observacional desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Fisiologia Integrativa da Universidade Estadual do Sudoeste da

Bahia (UESB), Campus Jequié. A amostra incluiu 400 indivíduos maiores de 18 anos (idade média 48 anos), de ambos os sexos (237 mulheres). Para reduzir vieses etários, os participantes foram divididos em quartis: 18–24 anos (G1), 25–48 (G2), 49–69 (G3) e 70–100 anos (G4), conforme Oliveira et al. (2018). Foram excluídos indivíduos com disfunções neurológicas ou musculoesqueléticas que inviabilizassem a contração isométrica de preensão manual ou cujo sinal da CIC fosse insuficiente para análise. O recrutamento ocorreu entre estudantes da UESB e em Centros de Referência de Assistência Social (CRAS), após consentimento informado. Foram aferidos pressão arterial, peso, altura e calculado o IMC. A pressão arterial sistólica e diastólica foi medida em repouso com monitor automático validado (OMRON, HEM-742INT; Coleman et al., 2005; Plavnik & Zanella, 2001). A tarefa de preensão manual unilateral foi realizada no braço dominante, em posição sentada, ambiente climatizado e estímulo verbal para força máxima (Rickli et al., 2021b). A CIC foi mensurada por sensor não invasivo Brain4care® acoplado à região temporo-parietal esquerda (Cabella et al., 2016; Frigieri et al., 2018). Dados contínuos foram apresentados como média±desvio padrão; variáveis categóricas como frequência absoluta. Usou-se inspeção gráfica, teste Kolmogorov–Smirnov e modelo linear misto para diferenças entre grupos, adotando $p < 0,05$. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UESB (parecer nº 6.659.893/2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo buscou identificar, de forma não invasiva, os valores da Complacência Intracraniana (CIC) em diferentes faixas etárias. Os participantes foram estratificados por idade para avaliar o comportamento da variável em cada intervalo. Observou-se que as variáveis pressóricas sistêmicas e intracranianas se alteraram a partir da quinta década, com maior pressão arterial e menor complacência a partir do grupo 3 (49–69 anos). O aumento da pressão intracraniana pode restringir o fluxo sanguíneo cerebral e levar à isquemia, sendo influenciado por pressão arterial média, complacência, autorregulação e drenagem venosa (Czosnyka & Pickard, 2004). O envelhecimento, por aumentar a rigidez vascular, eleva PAS e PP e contribui para maior pós-carga cardíaca (Oliveira et al., 2022; Kim, 2023). Alterações no barorreflexo e maior atividade simpática também agravam a hipertensão e reduzem a complacência (Ooi et al., 2024). Em jovens, o tecido cerebral é mais elástico e acomoda aumentos de volume com menores pressões, confirmado pela relação $P2/P1 < 1$ no grupo 1 (Rickli et al., 2021). Em idosos, a menor complacência craniana agrava AVC e demências, pela menor capacidade de compensar alterações de fluxo e edema (Markus, 2004). Mais de

50% dos participantes eram mulheres. A partir do grupo 3, fatores hormonais, como queda de estrogênio e progesterona na menopausa, favorecem rigidez arterial e redução da complacência (Oliveira et al., 2018; Selbac et al., 2018). O estrogênio também influencia a perfusão cerebral e sua queda pode agravar os efeitos da menor complacência, aumentando risco cerebrovascular (Selbac et al., 2018). Tais achados reforçam a importância de monitorar essas alterações para prevenir ou postergar eventos do envelhecimento (Qiu & Fratiglioni, 2015).

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Nossos achados sugerem que, a partir da análise conduzida, foi possível identificar mudanças significativas na complacência intracraniana (CIC) e nas variáveis pressóricas ao longo das diferentes faixas etárias. Os resultados destacam que, a partir da quinta década de vida há o aumento da relação P2/P1 e uma redução na CIC, evidenciando o impacto do envelhecimento sobre esses parâmetros.

Portanto, este estudo reforça a importância de monitorar de forma não invasiva, as mudanças na CIC e nas variáveis pressóricas ao longo do envelhecimento, visando à prevenção de distúrbios cerebrovasculares. Embora as informações obtidas sejam introdutórias, elas oferecem uma base para entender os processos fisiopatológicos que se intensificam com a idade e que podem ser críticos para evitar ou retardar futuros problemas de saúde.

Os participantes do estudo incluíram indivíduos saudáveis e indivíduos com comorbidades. Essa heterogeneidade pode limitar a generalização dos resultados, já que as respostas podem variar significativamente entre os grupos.

A medida não invasiva, apesar de confiável, pode sofrer interferências de fatores externos, como movimento de cabeça e mandíbula, que, apesar de ser avaliados através da análise visual dos pesquisadores, pode ter ocorrido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUENO, Bruna França et al. Uma revisão breve sobre pressão intracraniana: um parâmetro clínico a ser considerado. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 50974-50988, 2021.
2. Cabella, B., Vilela, G. H. F., Mascarenhas, S., Czosnyka, M., Smielewski, P., Dias, C., Cardim, D. A., Wang, C. C., Mascarenhas, P., Andrade, R., Tanaka, K., Lopes, L. S., & Colli, B. O. (2016). Validation of a new noninvasive intracranial pressure monitoring method by direct comparison with an invasive

- technique. *Acta Neurochirurgica, Supplementum*, 122, 93–96.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-22533-3_18
3. Canac, N., Jalaieddini, K., Thorpe, S. G., Thibeault, C. M., & Hamilton, R. B. (2020). Review: Pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring. *Fluids and Barriers of the CNS*, 17(1).
<https://doi.org/10.1186/s12987-020-00201-8>
 4. Cardoso, E. R., Rowan, J. O., & Galbraith, S. (1983). Analysis of the cerebrospinal fluid pulse wave in intracranial pressure. *Journal Neurosurg*, 59, 817–821.
 5. Coleman, A., Freeman, P., Steel, S., & Shennan, A. (2005). Validation of the Omron MX3 Plus oscillometric blood pressure monitoring device according to the European Society of Hypertension international protocol. *Devices and Technology*, 10(3), 165–168.
 6. Czosnyka, M., & Pickard, J. D. (2004). Monitoring and interpretation of intracranial pressure. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 75(6), 813–821. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2003.033126>
 7. Frigieri, G., Andrade, R. A. P., Dias, C., Spavieri, D. L., Brunelli, R., Cardim, D. A., Wang, C. C., Verzola, R. M. M., & Mascarenhas, S. (2018). Analysis of a non-invasive intracranial pressure monitoring method in patients with traumatic brain injury. *Acta Neurochirurgica, Supplement*, 126, 107–110.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-65798-1_23
 8. Kazimierska, A., Kasprowicz, M., Czosnyka, M., Placek, M. M., Baledent, O., Smielewski, P., & Czosnyka, Z. (2021). Compliance of the cerebrospinal space: comparison of three methods. *Acta Neurochirurgica*, 163(7), 1979.
<https://doi.org/10.1007/S00701-021-04834-Y>
 9. Kim, H. L. Arterial stiffness and hypertension. *Clin Hypertens* 29, 31 (2023).
<https://doi.org/10.1186/s40885-023-00258-1>
 10. Markus, H. S. (2004). Cerebral perfusion and stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 75(3), 353-61. doi:10.1136/jnnp.2003.025825. PMID: 14966145; PMCID: PMC1738983.
 11. Oliveira, Adriana Camargo et al. Envelhecimento Vascular e Rigidez Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* [online]. 2022, v. 119, n. 4 [Acessado 30 Maio 2024], pp. 604-615. Disponível em:
<https://doi.org/10.36660/abc.20210708>
 12. Ooi, J., Lim, R., Seng, H. et al. Non-invasive parameters of autonomic function using beat-to-beat cardiovascular variations and arterial stiffness in

hypertensive individuals: a systematic review. *BioMed Eng OnLine* 23, 23 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12938-024-01202-6>

13. Rickli, C., Cosmoski, L. D., dos Santos, F. A., Frigieri, G. H., Rabelo, N. N., Schuinski, A. M., Mascarenhas, S., & Velloso, J. C. R. (2021a). Use of non-invasive intracranial pressure pulse waveform to monitor patients with End-Stage Renal Disease (ESRD). *PLoS ONE*, 16(7), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240570>

Tabelas e Figuras

VARIÁVEIS	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO				
	Total (n 400)	Grupo 1 (n 101)	Grupo 2 (n 100)	Grupo 3 (n 110)	Grupo 4 (n 89)
Sexo (H/M)	163/237	45/56	44/56	32/78	42/47
Idade (anos)	48.1±22.1	21.7±1.7	33.0±6.8	62.2±5.5	76.1±5.4
Peso (kg)	68.5±13.5	66.8±13.2	73.5±15.6*	67.9±12.3	65.9±12.3
Altura (cm)	163.3±10.6	167.7±9.3	167.5±8.8	158.0±10.0 *	160.6±10.8
IMC (Kg/m²)	25.7±4.9	23.8±5.2*	26.1±4.8	27.2±4.2	25.6±4.7
PAS (mmHg)	132.9±20.8	122.1±12.5	123.4±13.5	139. 8±21.2*	146.6±23.1
PAD (mmHg)	76.9±10.8	74.3±9.4	76.4±10.9	79.7±10.2*	77.1±12.3
PP (mmHg)	55.9±18.1	47.8±10.7	47.0±11.5	60.1±17.7*	69.4±20.8*
PAM (mmHg)	95.6±12.2	90.2±9.2	92.0±10.6	99.8±12.2*	100.1±13.4

Grupo 1: 18 a 24 anos; Grupo 2: 25 a 48 anos; Grupo 3: 49 a 69 anos e Grupo 4: 70 a 100 anos, H homem, M mulher, Kg quilograma, cm centímetro, m² metros quadrados, mmHg milímetro de mercúrio. (*) p<0.05 nas comparações entre grupo.

Tabela 1: Média ± desvio padrão dos dados descritivos da população do estudo.

XXIX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica 2025

Desfechos	Grupos (média ±DP)				Diferenças entre grupos					
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	G1 vs G2	G1 vs G3	G1 vs G4	G2 vs G3	G2 vs G4	G3 vs G4
P2/P1 antes	0.94 (±0.14)	1.06 (±0.20)	1.29 (±0.21)	1.28 (±0.20)	-0.12 (-0.19 a - 0.47)*	-0.33 (-0.40 a - 0.26)*	-0.33 (-0.41 a - 0.26)*	-0.21 (-0.28 a - 0.15)*	-0.22 (-0.29 a - 0.15)*	0.01 (-0.08 a 0.07)
P2/P1 isom	1.02 (±0.18)	1.12 (±0.19)	1.35 (±0.24)	1.32 (±0.21)	-0.10 (-0.18 a - 0.03)*	-0.33 (-0.40 a - 0.25)*	-0.31 (-0.39 a - 0.23)*	-0.22 (-0.30 a - 0.15)*	-0.21 (-0.28 a - 0.13)*	0.02 (-0.06 a 0.09)
P2/P1 após	0.95 (±0.15)	1.05 (±0.19)	1.28 (±0.21)	1.25 (±0.20)	-0.11 (-0.17 a - 0.04)*	-0.32 (-0.38 a - 0.25)*	-0.30 (-0.37 a - 0.23)*	-0.21 (-0.28 a - 0.14)*	-0.19 (-0.26 a - 0.12)*	0.02 (-0.05 a 0.08)

Grupo 1 (G1): 18 a 24 anos; Grupo 2 (G2): 25 a 48 anos; Grupo 3 (G3): 49 a 69 anos e Grupo 4 (G4): 70 a 100 anos; vs Versus; DP: desvio padrão, P2/P1: medida indireta da complacência intracraniana, Isom: isometria. (*) $p < 0.05$ na comparação entre grupos.

Tabela 2: Média ± desvio padrão dos desfechos estudados em cada grupo e diferença das médias para a comparação entre os grupos (intervalo de confiança de 95%).