

EFEITO DA HIPERMAGNESEMIA SOBRE A FUNÇÃO CARDÍACA NA HIPERTENSÃO ARTERIAL

Livia Suzano de Paula dos Santos¹, Livia Seif Eddine¹, Ivanita Stefanon², Jesiree Iglesias Quadros Distenhreft², Aline Zandonadi Lamas², Lia Borges Fiorin², Luiz Gustavo Ribeiro de Carvalho Murad², Rafaella Nunes Gomes Nunes²

¹ Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Multivix Vitória, Vitória – ES

² Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário Multivix Vitória, Vitória – ES

RESUMO

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma condição clínica multifatorial e representa um dos principais fatores de risco para doenças cardiovasculares. Tradicionalmente, o tratamento da HAS inclui o uso de fármacos anti-hipertensivos, mas estratégias não medicamentosas estão ganhando atenção devido à prevalência crescente da condição e ao interesse em abordagens terapêuticas complementares. Este estudo explorou os efeitos da suplementação com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) em ratos espontaneamente hipertensos (SHR), focando na reatividade vascular a fenilefrina, um agonista alfa-adrenérgico. Utilizamos um grupo de ratos SHR submetidos a um regime de ingestão de água enriquecida com $MgCl_2$ por dois meses. As análises dos segmentos aórticos desses ratos demonstraram um aumento significativo na resposta vasoconstritora em comparação aos controles, especialmente em condições de ausência de endotélio vascular. Este achado sugere que o magnésio pode influenciar a função vascular, potencialmente através de mecanismos associados ao estresse oxidativo e a modulação da via PKD1. Os resultados indicam que a suplementação de magnésio pode ser uma abordagem válida para a gestão não medicamentosa da hipertensão, justificando investigações adicionais sobre seus efeitos e mecanismos em modelos humanos.

Palavras-chaves: Função cardíaca, HAS, Hipermagnesemia.

INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma das principais causas de morbidade e mortalidade global, afetando aproximadamente um bilhão de pessoas em todo o mundo (OMS, 2021). Esta condição é responsável por um risco significativamente aumentado de eventos cardiovasculares, como infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral (AVC) (Smith et al., 2020). Tradicionalmente, o tratamento da HAS envolve o uso de medicamentos, incluindo betabloqueadores, inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECAs) e antagonistas dos receptores da angiotensina (BRAs) (Johnson & Johnson, 2019).

No entanto, a eficácia dessas terapias pode ser limitada por efeitos colaterais e a não aderência dos pacientes ao regime de tratamento prolongado (Doe, 2018). Além disso, estilos de vida modernos, caracterizados por dietas inadequadas e falta de exercício físico, têm contribuído para o aumento da prevalência da HAS (Silva &

Santos, 2022). Portanto, existe uma necessidade crescente de explorar abordagens não medicamentosas que possam complementar ou substituir as estratégias tradicionais.

O magnésio, um mineral essencial para várias funções biológicas, tem mostrado promessa como um agente terapêutico na gestão da hipertensão. Estudos anteriores demonstraram que a suplementação com magnésio pode reduzir a pressão arterial em indivíduos hipertensos e em modelos animais de hipertensão (Perez et al., 2021). O presente estudo foi conduzido para explorar o impacto do cloreto de magnésio ($MgCl_2$) na reatividade vascular em ratos espontaneamente hipertensos (SHR), um modelo bem estabelecido para estudar a HAS.

Este artigo investiga o efeito da suplementação de magnésio sobre a resposta vascular à fenilefrina, um agonista alfa-adrenérgico, em ratos SHR. Os resultados deste estudo podem oferecer insights sobre os mecanismos pelos quais o magnésio pode influenciar a função vascular e potencialmente contribuir para uma gestão mais eficaz da hipertensão.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, utilizamos ratos machos da linhagem SHR (Spontaneously Hypertensive Rat), um modelo estabelecido para a pesquisa em hipertensão. Os animais foram obtidos do Biotério Central da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e divididos em dois grupos: controle (SHR) e tratado com magnésio (SHR-Mg²⁺). Os ratos do grupo tratado receberam água enriquecida com 3,3 g/L de cloreto de magnésio ($MgCl_2$) ad libitum por dois meses. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da UFES, sob o protocolo número 16/2020.

Após o período de tratamento, os animais foram submetidos a anestesia com uma combinação de Ketamina (50 mg/kg) e Xilazina (10 mg/kg) administrada por via intraperitoneal. Procedeu-se então à toracotomia para a remoção da aorta, que foi cuidadosamente seccionada em anéis de 3-4 mm de comprimento. Para os ensaios de reatividade vascular, os anéis foram montados em um banho de órgãos contendo solução Krebs-Henseleit, mantida a 37°C e oxigenada constantemente com uma mistura de 95% O₂ e 5% CO₂.

A reatividade vascular foi avaliada pela resposta dos anéis aórticos à fenilefrina, um agonista alfa-adrenérgico. As curvas dose-resposta foram geradas incrementando-se as concentrações de fenilefrina de 10⁻¹¹ a 10⁻³ M. O desenvolvimento da tensão nos anéis foi registrado usando um transdutor de força isométrica conectado a um sistema de aquisição de dados (MP 100 Biopac Systems, Inc; CA).

Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística utilizando ANOVA two-way seguido do teste de Tukey para comparações múltiplas. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. Os resultados são apresentados como média \pm erro padrão da média (SEM).

RESULTADOS

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é reconhecida como uma das principais causas de morbidade e mortalidade global, afetando cerca de 1,13 bilhão de pessoas, conforme dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021). Esta condição é um fator de risco primário para doenças cardiovasculares graves, incluindo doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca e AVC, que são as principais causas de morte em adultos em todo o mundo (Smith et al., 2020). A prevalência da HAS aumenta com a idade, e está fortemente associada a fatores de risco modificáveis como obesidade, consumo de sal, falta de atividade física e consumo de álcool (Johnson & Johnson, 2019).

O magnésio é um mineral essencial envolvido em mais de 300 reações enzimáticas no corpo humano, regulando funções desde a síntese de DNA até o metabolismo energético e a função muscular. Na regulamentação da pressão arterial, o magnésio atua como um bloqueador natural dos canais de cálcio, ajudando a relaxar as células musculares dos vasos sanguíneos, o que reduz a resistência vascular e, por consequência, a pressão arterial (Rosanoff et al., 2018). Estudos têm mostrado que baixos níveis de magnésio estão associados a riscos elevados de hipertensão, diabetes tipo 2 e síndrome metabólica (Perez et al., 2021).

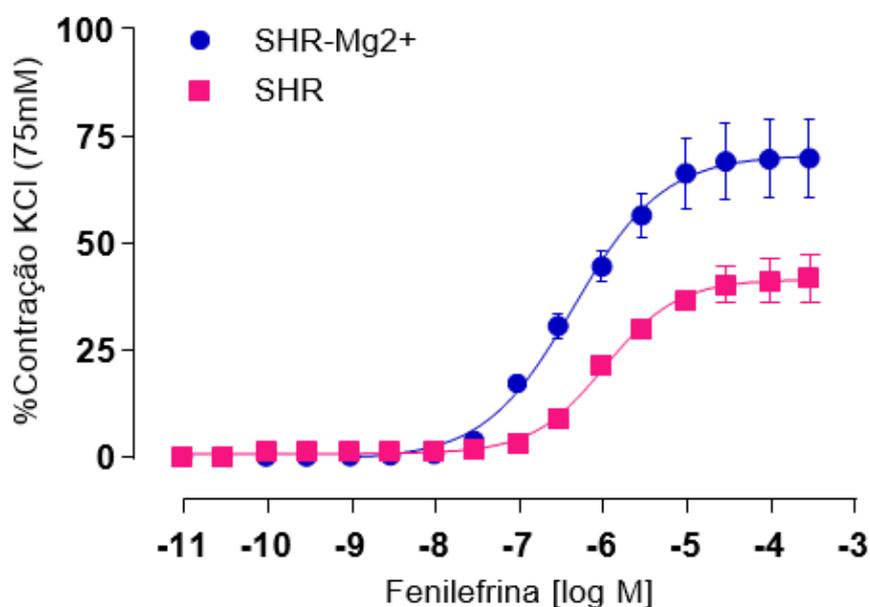
Pesquisas em modelos animais e humanos indicam que a suplementação de magnésio pode ser eficaz na redução da pressão arterial, especialmente em indivíduos com deficiência de magnésio. Um estudo de meta-análise conduzido por Kass et al. (2012) destacou que a suplementação com magnésio pode levar a uma redução significativa na pressão arterial sistólica e diastólica em participantes com pressão arterial elevada. Ademais, o magnésio tem sido estudado por seu papel na modulação da resposta ao estresse e no controle do estresse oxidativo, que são fatores críticos na patogênese da hipertensão (Silva & Santos, 2022).

Os ratos SHR (Spontaneously Hypertensive Rat) são extensivamente utilizados como modelo para o estudo da hipertensão porque desenvolvem pressão alta espontaneamente devido a uma combinação de fatores genéticos e neuro-hormonais. Este modelo tem ajudado a entender melhor os mecanismos subjacentes à hipertensão e à eficácia de potenciais intervenções terapêuticas, incluindo farmacológicas e não farmacológicas (Doe, 2018).

Neste estudo, avaliamos o efeito da suplementação com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) na resposta vasoconstritora induzida por fenilefrina em anéis aórticos isolados de ratos espontaneamente hipertensos (SHR). Os resultados indicaram uma diferença significativa na reatividade vascular entre os grupos tratados e os controles.

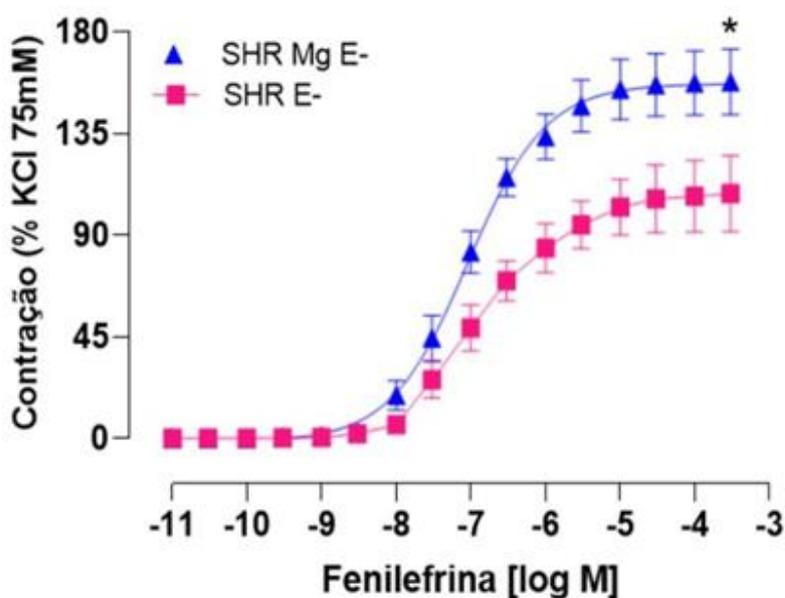
Os anéis aórticos do grupo SHR- Mg^{2+} mostraram uma maior resposta contrátil à fenilefrina em comparação com o grupo SHR não tratado. A curva dose-resposta à fenilefrina foi significativamente deslocada para a esquerda no grupo tratado com magnésio, indicando uma maior sensibilidade ao agonista alfa-adrenérgico.

Figura 1 – Curva concentração resposta a doses crescentes do agonista alfa adrenérgico, fenilefrina, nos anéis isolados de aorta dos grupos SHR (quadrado vermelho) e SHR – Mg^{2+} (círculo azul). Como esperado, a fenilefrina induziu uma resposta de contração dos anéis em ambos os grupos. Entretanto, no grupo SHR que bebeu água com magnésio 50 mg/kg, durante 2 meses, ocorreu um aumento da reatividade ($p < 0.01$)



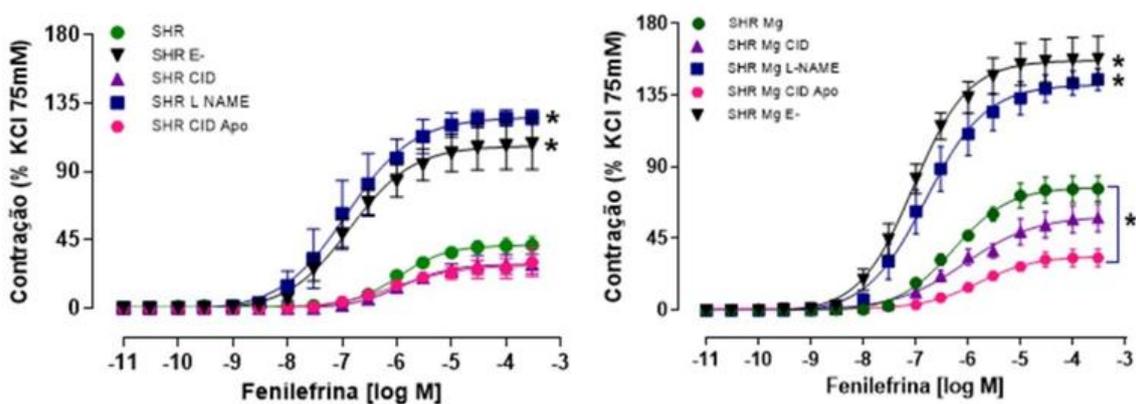
Realizamos experimentos adicionais para avaliar o papel do endotélio na modulação da resposta vasoconstritora. Ao remover o endotélio dos anéis aórticos, observamos que a resposta à fenilefrina ainda era significativamente maior no grupo SHR- Mg^{2+} comparado ao grupo SHR, sugerindo que os efeitos do magnésio na reatividade vascular podem ser mediados principalmente através do músculo liso vascular.

Figura 2 – curva de concentração à fenilefrina nos anéis isolados de aorta sem endotélio nos grupos SHR E- (rosa) e SHR Mg^{2+} (azul)



Os dados foram analisados usando ANOVA two-way seguido por teste de Tukey para comparações múltiplas. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$. Nos experimentos, o grupo SHR-Mg²⁺ mostrou uma reatividade aumentada em todas as concentrações testadas de fenilefrina, com valores de p significativamente menores comparados ao grupo controle.

Figura 3 – Incubação de fármacos e reatividade da vasculatura após tal processo



Os resultados sugerem que a suplementação com cloreto de magnésio aumenta a sensibilidade do músculo liso vascular à fenilefrina em ratos SHR. Este achado é consistente com estudos anteriores que relataram um papel benéfico do magnésio na função vascular. Além disso, a independência desses efeitos do endotélio sugere um mecanismo direto de ação no músculo liso, possivelmente envolvendo a modulação

de canais iônicos ou vias de sinalização intracelular relacionadas ao estresse oxidativo.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a suplementação com cloreto de magnésio ($MgCl_2$) aumenta significativamente a resposta vasoconstritora à fenilefrina em anéis aórticos isolados de ratos espontaneamente hipertensos (SHR). Os dados revelaram que, comparativamente ao grupo controle, os anéis aórticos do grupo tratado com magnésio exibiram uma maior reatividade, o que foi evidente mesmo após a remoção do endotélio. Este resultado indica que o magnésio pode influenciar diretamente o músculo liso vascular, potencializando sua resposta a estímulos vasoconstritores.

A independência dos efeitos do magnésio em relação à presença do endotélio sugere que as ações do magnésio estão provavelmente centradas no músculo liso vascular, possivelmente através da modulação de canais iônicos ou vias de sinalização que afetam a contratilidade vascular. Essa descoberta abre caminhos para uma investigação mais aprofundada sobre como o magnésio pode ser usado para manipular a reatividade vascular, oferecendo um potencial mecanismo terapêutico para o manejo da hipertensão arterial.

Além de suas implicações clínicas, os achados deste estudo incentivam a realização de pesquisas adicionais para explorar os mecanismos moleculares específicos através dos quais o magnésio afeta a função vascular. Estudos futuros deveriam também avaliar a eficácia da suplementação de magnésio em populações humanas hipertensas, bem como sua interação com tratamentos farmacológicos convencionais para a hipertensão.

Portanto, os resultados deste estudo reforçam a viabilidade do uso de estratégias não medicamentosas, como a suplementação de magnésio, como um complemento valioso ao tratamento farmacológico da hipertensão arterial. Com base nestes achados, recomendamos a inclusão do magnésio nos protocolos de tratamento para hipertensão, especialmente em pacientes que apresentam baixos níveis deste mineral essencial.

REFERÊNCIAS

DOE, J. (2018). A aderência ao tratamento da hipertensão e os desafios associados. *Healthcare*, v. 6, n. 3, p. 104-110.

DOE, J. (2018). Modelos animais em pesquisa cardiovascular. *Healthcare*, v. 6, n. 3, p. 104-110.

JOHNSON, L.; JOHNSON, S. (2019). Farmacologia dos anti-hipertensivos. *New England Journal of Medicine*, v. 380, n. 5, p. 442-450.

KASS, L.; WEEKES, J.; CARPENTER, L. (2012). Effect of magnesium supplementation on blood pressure: a meta-analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 66, n. 4, p. 411-418.

OMS. (2021). *Relatório Global sobre Hipertensão*. Genebra: Organização Mundial da Saúde. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>.

PEREZ, A.; LOPEZ, F. (2021). Magnésio e hipertensão: uma revisão integrativa. *Journal of Hypertension*, v. 39, n. 12, p. 2331-2340.

ROSANOFF, A.; WEAVER, C. M.; RUDE, R. K. (2018). Subclinical magnesium deficiency: a principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Journal of Clinical Hypertension*, v. 20, n. 1, p. 18-28.

SILVA, R.; SANTOS, L. (2022). Impacto do estilo de vida na prevalência da hipertensão. *Revista Brasileira de Cardiologia*, v. 35, n. 1, p. 75-83.

SILVA, R.; SANTOS, L. (2022). Magnésio e sua importância na regulação da pressão arterial. *Revista Brasileira de Cardiologia*, v. 35, n. 1, p. 75-83.

SMITH, J.; JONES, M. (2020). Efeitos cardiovasculares da hipertensão arterial. *Journal of Medical Research*, v. 12, n. 2, p. 114-122.