

Úloha horčíka v patogenéze a možnosti suplementácie horčíkom pri glaukóme

Juraj Sekáč

Glaukóm je progresívna chronická neuropatia zrakového nervu, ktorá vedie k postupnej strate zraku. Patogenéza glaukómu je multifaktoriálna. Veľmi závažným rizikovým faktorom straty gangliových buniek a poškodením vrstvy nervových vlákien sietnice je vaskulárna dysregulácia prietoku krvi okom a oxidačný stres. Horčík je považovaný za jednu z látok, ktoré môžu byť nápomocné pri liečbe glaukómu. Zlepšuje prietok krvi okom, má neuroprotektívnu funkciu a chráni bunku pred oxidačným stresom a apoptózou. Zlepšenie prietoku krvi okom a prevencia straty gangliových buniek predisponujú horčík na vhodného kandidáta pre suplementáciu pri glaukóme.

Kľúčové slová: glaukóm, horčík, oxidačný stres, neuroprotektia, perfúzia oka, vaskulárna dysregulácia, suplementácia horčíkom

The role of magnesium in the pathogenesis and possibilities of magnesium supplementation in glaucoma
Glaucoma is a progressive, chronic neuropathy of the optic nerve, leading to gradual vision loss. The pathogenesis of glaucoma is multifactorial. A significant risk factor for ganglion cell loss and damage to the retinal nerve fibre layer is vascular dysregulation of ocular blood flow, as well as oxidative stress. Magnesium is considered one of the substances that can be helpful in the treatment of glaucoma. It improves ocular blood flow, exhibits neuroprotective properties, and protects cells from oxidative stress and apoptosis. Improving ocular blood flow and preventing ganglion cell loss make magnesium a suitable candidate for supplementation in glaucoma.

Keywords: glaucoma, magnesium, oxidative stress, neuroprotection, ocular perfusion, vascular dysregulation, magnesium supplementation

Oftalmol. prax 2025; 4 (2): XX-XX

Úvod

Glaukóm je druhou najčastejšou príčinou straty zraku vo vyspelých krajinách a trpí ním približne 2,5 – 3 % populácie nad 40 rokov. V patofyziológii glaukómového ochorenia sa uplatňuje viacero procesov vedúcich k apoptóze retinálnych gangliových buniek a k zmenám vo vrstve nervových vlákien sietnice a na zrakovom nerve, typickým pre glaukóm. Tieto zmeny vedú k ireverzibilnému poškodeniu zrakových funkcií a v konečnom štádiu až k úplnej slepote. Cieľom liečby je zachovať adekvátne zrakové funkcie a čo najlepšiu kvalitu života pacienta. Výber terapie sa riadi typom glaukómu, stupňom poškodenia zraku, rizikovými faktormi, pridruženými ochoreniami a vekom pacienta^(1–3).

Klasifikácia a liečba glaukómu

Glaukómy na základe anatomických, fyziologických, patofyziologických a etiologických súvislostí rozdeľujeme do viacerých skupín. Podľa etiopatogenetických súvislostí (príčiny vzniku) ich delíme na glaukómy detského veku, primárne glaukómy (príčina nie je známa) a sekundárne glaukómy vznikajúce na podklade iného očného alebo celkového ochorenia. Podľa anatomických pomerov v oku delíme glaukómy na kongenitálne (vrodené; charakterizované porušeným vývojom trámčiny – trabekulodysgenézou), glaukómy s otvoreným uhlom a glaukómy s uzavretým dúhovkovo-rohovkovým uhlom⁽⁴⁾.

Každá skupina glaukómu má svoje špecifiká a charakteristické črty pri výbere najvhodnejšieho terapeutického postupu.

Liečba glaukómu sa vo všeobecnosti rozdeľuje na konzervatívnu, laserovú a chirurgickú. Konzervatívna liečba predstavuje prvotnú liečbu pri všetkých typoch glaukómov. Ďalej závisí od konkrétneho typu glaukómu a rozsahu štrukturálnych a funkčných zmien, ako rýchlo, prípadne či vôbec budú použité ďalšie, invazívnejšie metódy liečby^(4–6).

Cieľom liečby je znížiť vnútroočný tlak na hodnotu „cieľového tlaku“, t. j. najvyššiu hodnotu, pri ktorej nedochádza k ďalšiemu poškodeniu alebo progresii glaukómu. Táto individuálna hodnota sa určuje pred začatím liečby^(4,7,8). Ďalším cieľom je znížiť kompresiu nervových vlákien v zrakovom nerve a zlepšiť perfúzný tlak, aby sa zabránilo progresii straty nervových vlákien. Dôležité je tiež minimalizovať nežiaduce účinky a komplikácie liečby^(2,5). Konzervatívna liečba antiglaukomatikami znižuje vnútroočný tlak, zlepšuje pulzný a retinálny prietok krvi a môže mať aj neuroprotektívny charakter. Keďže pri vzniku a progresii glaukómových zmien pôsobí viac mechanizmov, samotná stabilizácia vnútroočného tlaku často nestačí. Priestor preto dostáva **suplementácia** látkami s vazoregulačným a neuroprotektívnym účinkom^(1,3,5).

Horčík ako intracelulárny kation a jeho funkcia v patogenéze glaukómu

Horčík je druhý najrozšírenejší intracelulárny kation; normálna hladina v sére je 1,7 – 2,2 mg/dl, koncentrácia v komorovom moku oka je približne 6,7 mg/l. U pacientov s glaukómom bola opísaná hodnota okolo 3 mg/l^(9,10).

V bunkách prebieha množstvo riadených reakcií v presnom slede. Pri ich zlyhaní dochádza k vzniku voľných kyslíkových radikálov a rozvoju oxidačného stresu. Za fyziologických okolností je organizmus schopný tieto procesy vyvažovať pomocou antioxidantov. Prebytok voľných radikálov však vedie k zvýšenej koncentrácii glutamátu, aktivácii NMDA receptorov a k uľahčenému vstupu vápnika cez vápnikové kanály do bunky⁽⁹⁾. Pri normálnom membránovom potenciáli sú póry vápnikových kanálov blokované iónmi horčíka; pri jeho nedostatku sú kanály voľne priepustné, čo vedie k nadmernému prítoku vápnika a jeho intracelulárnemu hromadeniu^(11,12). Zmeny intracelulárneho prostredia vedú k ovplyvneniu mitochondriálnej membrány, uvoľneniu cytochrómu c a aktivácii katabolických enzýmov až po fragmentáciu DNA. Gangliová bunka sa zvráti, vznikajú apoptotické telieska a dochádza k degradácii bunkových štruktúr^(9,12). Prítok vápnika do gangliových buniek sietnice zohráva hlavnú úlohu pri trvalom poškodení buniek; antagonisti kalciových kanálov znižujú NMDA-mediovanú neurotoxickú v týchto bunkách⁽¹³⁾.

Horčík pôsobí ako fyziologický blokátor kalciových kanálov, reguluje ich vodivosť a obmedzuje prítok vápnika, čím chráni gangliové bunky sietnice. Inhibuje uvoľňovanie glutamátu a môže sa podieľať na ochrane neurónov pred oxidačným stresom a apoptózou^(9,13,14). Je potrebný pre biosyntézu glutatiónu (jeho vyčerpanie sa spája so zníženou antioxidačnou aktivitou), ovplyvňuje aktivitu superoxidodismutázy v tkanivách sietnice a je kofaktorom viacerých enzýmových reakcií, napríklad aktívneho transportu sodíka výmenou za draslík^(15,16). Z uvedeného vyplýva, že horčík chráni gangliové bunky kombinovaným pôsobením na napätovo závislé kalciové kanály, syntézu glutatiónu, peroxidáciu lipidov a reguláciu kľúčových enzýmových reakcií⁽⁹⁾.

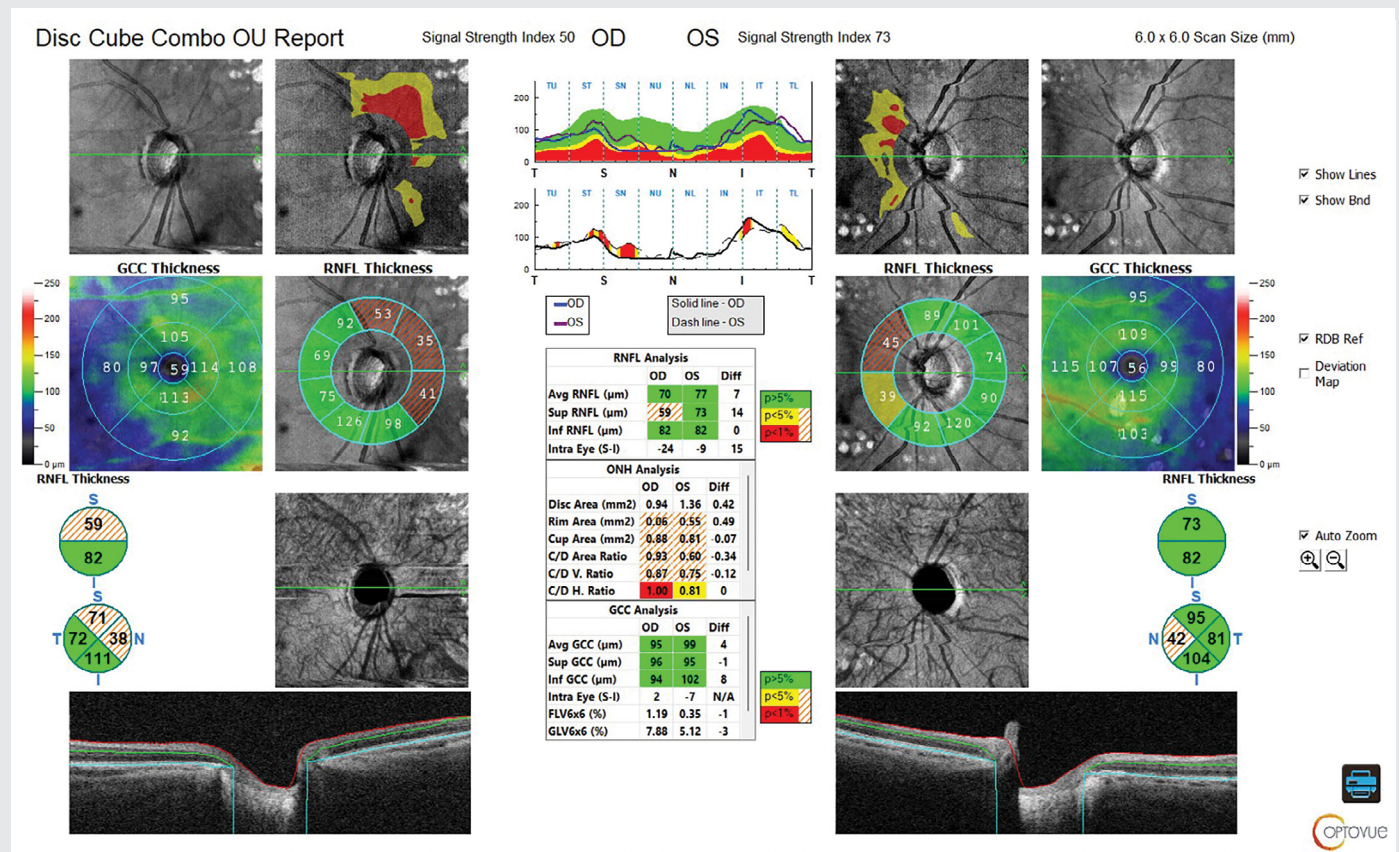
Vplyv suplementácie horčíka pri liečbe glaukómu

Jedna z hypotéz o vzniku glaukómovej optickej neuropatie poukazuje na úlohu vaskulárnej dysfunkcie. Nedostatočné prekrvenie a následná hypoxia prispievajú k zvýšenému oxidačnému stresu a k väčšiemu pôsobeniu endotelínu-1, ktorý patrí medzi najsilnejšie vazokonstriktory. Medzi stopovými prvkami má práve horčík schopnosť zlepšovať mikrocirkuláciu, a to moduláciou endotelových mechanizmov cez endotelín-1 a dráhy oxidu dusnatého. Zároveň pôsobí neuroprotektívne tým, že blokuje nadmerný vstup vápnika cez NMDA receptory a znižuje uvoľňovanie glutamátu. Experimentálne bolo preukázané, že horčík tlmí vazokonstrikciu vyvolanú ET-1 a podporuje prežívanie gangliových buniek sietnice^(17,18). Horčík sa považuje za kľúčový stopový prvok pre funkčnú stabilitu očných tkanív; ako kofaktor mnohých enzýmov reguluje metabolizmus a pomáha udržiavať rovnováhu medzi oxidačným stresom a antioxidačnou obranou. Môže tak chrániť pred vaskulárnymi poruchami, cytoskeletovými zmenami v trabekulárnej sieťovine a patologickým ukladaním extracelulárneho matrixu zvyšujúcim odpor odtoku komorového moku⁽¹⁹⁾.

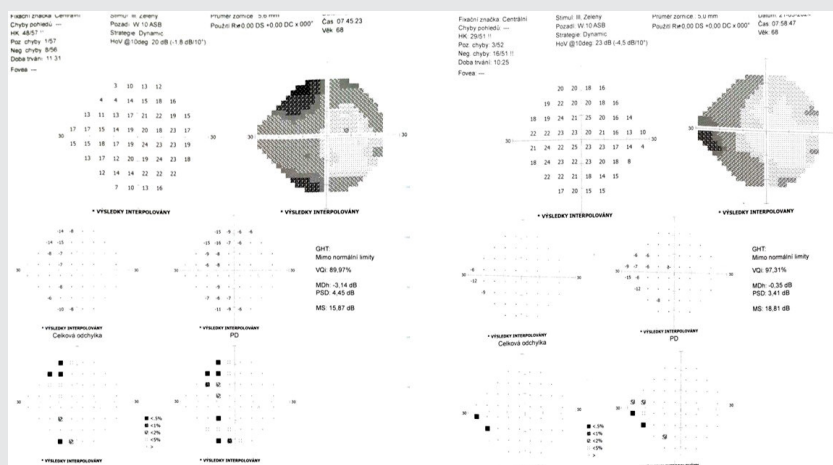
Gaspar a spol. pozorovali pri suplementácii horčíka u pacientov s primárnym glaukómom s otvoreným uhlom zlepšenie rýchlosti toku erytrocytov a zvýšenie kapilárnej perfúzie⁽²⁰⁾. V inej štúdii (Aydin a kol.) sa pri 1,5-mesačnom podávaní 300 mg magnéziu citrátu pacientom s normotenzným glaukómom nezaznamenali zmeny v hemodynamike orbitálnych ciev⁽²¹⁾.

Vysoká koncentrácia horčíka vytvára v oku neuroprotektívny a antiapoptotický potenciál pôsobenia nielen na sietnicu a zrkovú nerv, ale aj na trabekulárnu trávčinu a rohovku. Z toho vyplýva, že suplementácia horčíkom môže predstavovať vhodný

Obrázok 1. OCT RNFL a GCC (zdroj: Nemocnica Malacky – prístroj OCT Solix Optovue)



Obrázok 2. Perimeter z 12/2024 (vľavo) a 6/2025 (vpravo) (zdroj: Nemocnica Malacky – prístroj Optopol)



doplnok liečby pri glaukóme a pri degeneratívnych ochoreniach sietnice či rohovky⁽¹⁹⁾.

Kazuistika

Prezentujeme 69-ročnú pacientku liečenú približne 10 rokov na primárny glaukóm s otvoreným uhlom. V roku 2019 absolvovala bilaterálnu operáciu katarakty; odvtedy je najlepšie korigovaná zrková ostrosť 1. V liečbe je kombinácia prostaglandínového analógu a betablokátoru s neuroprotektívnym účinkom. Vnútroočný tlak je kompenzovaný na hodnotách 15 – 17 mmHg. Zobrazovacie vyšetrenia vrstvy nervových vlákien sietnice a komplexu gangliových buniek uvádzame na **obrázku 1**. Pacientka postupne udávala nepríjemné tiky v horných mihalniciach a horšie videnie do diaľky pri slabšom osvetlení. V decembri 2024 sme preto **pridali suplementáciu horčíkom** – preparát oxidu horečnatého a uhličitanu horečnatého (Magnosolv®) v dávke 1× denne. Asi po týždni sa objavili hnačky, ktoré vymizli po úprave spôsobu podania: pacientka rozpustený granulát popíjala postupne v malých dávkach počas asi 30 minút. Pri kontrole v júni 2025 sme vyšetřili periférne zorné pole – došlo k zlepšeniu periférneho videnia (**obrázok 2**). Zanikli aj tiky v mihalniciach a pacientka udávala kvalitnejší spánok.

Diskusia

Horčík je stopový prvok so zásadným významom pre činnosť nervového a cievneho systému. V posledných rokoch sa jeho potenciál skúma aj v súvislosti s glaukómovou optickou neuropatiou. Patogenéza glaukómu je multifaktoriálna – okrem zvýšeného vnútroočného tlaku zohráva dôležitú úlohu vaskulárna dysfunkcia, oxidačný stres a excitotoxicita sprostredkovaná glutamátom. Suplementácia horčíkom sa preto javí ako perspektívny podporný prístup, ktorý môže ovplyvniť viacero z týchto patofyziologických mechanizmov.

Experimentálne práce preukázali, že horčík dokáže modulovať vazokonstrikčný účinok endotelínu-1, zlepšovať mikrocirkuláciu a súčasne pôsobiť neuroprotektívne prostredníctvom blokády nadmerného vstupu vápnika cez NMDA receptory^(17,18). Tieto mechanizmy podporujú prežívanie gangliových buniek sietnice a môžu prispieť k spomaleniu progresie glaukómovej neuropatie⁽¹⁹⁾.

Klinické dôkazy sú zatiaľ obmedzené, no povzbudivé. Gaspar a kol.⁽²⁰⁾ zaznamenali u pacientov s primárnym glaukómom

s otvoreným uhlom po suplementácii horčíka zlepšenie perfúzie a rýchlosti toku erytrocytov. Aydin a kol.⁽²¹⁾, naopak, nepreukázali signifikantné zmeny v hemodynamike orbitálnych ciev pri normotenznom glaukóme, čo poukazuje na potrebu ďalších štúdií s väčším počtom pacientov a dlhším sledovaním. Najnovšie prehľady⁽¹⁹⁾ zdôrazňujú, že horčík môže mať nielen vaskulárny, ale aj antioxidačný a antiapoptotický účinok.

Z praktického hľadiska je suplementácia horčíkom bezpečná a dobre tolerovaná, pričom najčastejším nežiaducim účinkom sú hnačky, ktoré možno zmierniť úpravou aplikačnej formy alebo režimu dávkovania. Výber vhodného preparátu by mal zohľadniť biologickú dostupnosť soli horčíka, toleranciu a komfort pacienta.

Na základe dostupných dát možno suplementáciu horčíkom považovať za perspektívny **doplnok konzervatívnej liečby glaukómu** najmä pri pacientoch s vaskulárnymi rizikovými faktormi alebo prejavmi vazospazmu. Nejde o alternatívu štandardnej liečby, ale o možnosť, ktorá môže podporiť účinnosť antiglaukomatík a zlepšiť kvalitu života pacientov. Ďalšie klinické štúdie sú potrebné na presné definovanie jej miesta v terapeutických odporúčaniach.

Záver

Konzervatívna liečba glaukómu sa zameriava najmä na zníženie vnútroočného tlaku (hlavný rizikový faktor) aplikáciou očných kvapiek, ktoré znižujú tvorbu alebo zvyšujú odtok komorového moku; mnohé majú aj neuroprotektívne účinky. Keďže pri vzniku a progresii glaukómu zohrávajú úlohu aj iné mechanizmy (cievna regulácia, oxidačný stres), **suplementácia horčíkom** predstavuje vhodný doplnok konzervatívnej liečby. Horčík má zásadný význam pre reguláciu bunkových funkcií očných tkanív a ako kofaktor mnohých enzýmových reakcií predstavuje potenciál v liečbe glaukómu i degeneratívnych ochorení sietnice a rohovky. **Suplementácia** nie je alternatívou antiglaukomatík; nemá ich nahrádzať, ale podporovať efekt liečby, zlepšovať výsledky a prispieť k spomaleniu progresie glaukómových zmien. Pri výbere konkrétneho lieku môže pomôcť „rozhodovací mechanizmus“, ktorý zohľadňuje najdôležitejšie faktory účinnosti.

Vyhlásenie o konflikte záujmov: Nemám potenciálny konflikt záujmov.

Adresa pre korešpondenciu:

MUDr. Juraj Sekáč, PhD.
Nemocnica Malacky, Očné centrum
Duklianskych hrdinov 34, 901 22 Malacky
e-mail: sekac.juraj@gmail.com

Literatúra:

1. Kuchynka P, Autrata R, Boguszaková J, Diblík P, Hlinomazová Z, Kocur I, et al. Oční lékařství. Praha: Grada; 2016. 936 s.
2. Rozsival P, Diblík P, Dotfelová D, Hejčmanová D, Hlinomazová Z, Jirásková N, et al. Oční lékařství. 2. Praha: Galén; 2017. 52 s. (Galén).
3. Heissingerová J, Brichová M, Bydžovský J, Diblík P, Dubská Z, Fichtl M, et al. Oftalmologie pro pregraduální a postgraduální přípravu. 2. vydanie. Praha: Maxdorf; 2021. 395 s.
4. European Glaucoma Society. Terminology and Guidelines for Glaucoma. Savona: PubliComm; 2020. 169 s.
5. Mlčák P. Konzervativní léčba glaukomu. Praktické lékařství. 01. apríl 2009; 5 (1): 22-25.
6. Sekáč J, Plesníková P, Jurenová D, Lysková D. Chirurgická liečba sekundárnych glaukómov – naše skúsenosti verus odporúčania Európskej glaukómovej spoločnosti. Zborník vedeckých prác doktorandov Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave [elektronický dokument].: 17-21.
7. Popović-Suić S, Sikić J, Vukojević N, Cerovski B, Nasić M, Pokupeć R. Target intraocular pressure in the management of glaucoma. Coll Antropol. 2005; 29 Suppl 1: 149-151.
8. Sihota R, Angmo D, Ramaswamy D, Dada T. Simplifying „target“ intraocular pressure for different stages of primary open-angle glaucoma and primary angle-closure glaucoma. Indian Journal of Ophthalmology. apríl 2018; 66 (4): 495.
9. Ekici F, Korkmaz Ş, Karaca EE, Sül S, Tufan HA, Aydın B, et al. The Role of Magnesium in the Pathogenesis and Treatment of Glaucoma. Int Sch Res Notices. 2014; 2014: 745439.
10. ESCRS – MAGNÉZIOVÁ TERAPIA A PRIMÁRNÝ GLAKÓM S OTVORENÝM UHLOM [Internet]. [cit 17. august 2025]. Available at: https://escrs.org/channels/eurotimes-articles/magnesium-therapy-and-primary-open-angle-glaucoma?utm_source=chatgpt.com
11. Agarwal R, Gupta SK, Agarwal P, Saxena R, Agrawal SS. Current concepts in the pathophysiology of glaucoma. Indian Journal of Ophthalmology. 2009; 57 (4): 257-266.
12. Sucher NJ, Lipton SA, Dreyer EB. Molecular basis of glutamate toxicity in retinal ganglion cells. Vision Res. december 1997; 37 (24): 3483-3493.
13. Sucher NJ, Lei SZ, Lipton SA. Calcium channel antagonists attenuate NMDA receptor-mediated neurotoxicity of retinal ganglion cells in culture. Brain Res. 14. jún 1991; 551 (1-2): 297-302.
14. Ajith TA. Possible therapeutic effect of magnesium in ocular diseases. J Basic Clin Physiol Pharmacol. 14. november 2019; 31 (2): [/j/bcpp.2019.31.issue-2/jbcpp-2019-0107/jbcpp-2019-0107.xml](https://doi.org/10.1007/s12017-019-0107-7)
15. Szabo ME, Droy-Lefaix MT, Doly M, Braquet P. Ischaemia- and reperfusion-induced Na⁺, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ shifts in rat retina: effects of two free radical scavengers, SOD and EGB 761. Exp Eye Res. júl 1992; 55(1): 39-45.
16. Alberty RA. Effect of pH and metal ion concentration on the equilibrium hydrolysis of adenosine triphosphate to adenosine diphosphate. J Biol Chem. 10. apríl 1968; 243 (7): 1337-1343.
17. Arfuzir NN, Agarwal R, Iezhitsa I, Agarwal P, Ismail NM. Magnesium acetyltaurate protects against endothelin-1 induced RGC loss by reducing neuroinflammation in Sprague dawley rats. Exp Eye Res. máj 2020; 194: 107996.
18. Dettmann ES, Lüscher TF, Flammer J, Haefliger IO. Modulation of endothelin-1-induced contractions by magnesium/calcium in porcine ciliary arteries. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. január 1998; 236 (1): 47-51.
19. Elghobashy M, Lamont HC, Morelli-Batters A, Masood I, Hill LJ. Magnesium and Its Role in Primary Open Angle Glaucoma; A Novel Therapeutic? Front Ophthalmol (Lausanne). 2022; 2: 897128.
20. Gaspar AZ, Gasser P, Flammer J. The influence of magnesium on visual field and peripheral vasospasm in glaucoma. Ophthalmologica. 1995; 209 (1): 11-13.
21. Aydın B, Onol M, Hondur A, Kaya MG, Ozdemir H, Cengel A, et al. The effect of oral magnesium therapy on visual field and ocular blood flow in normotensive glaucoma. Eur J Ophthalmol. 2010; 20 (1): 131-135.

Dátum vypracovania: 09/2025

MAG_25_09_SK