

Magnéziumpótlás hatása a kalcium- és magnéziumszintekre, valamint a redox-homeosztázisra normolipidaemiás és alimentárisan előidézett hyperlipidaemiás patkányokban*

Virág Viktória¹ ■ May Zoltán dr.¹ ■ Kocsis Ibolya dr.²
Blázovics Anna dr.³ ■ Szentmihályi Klára dr.¹

¹Magyar Tudományos Akadémia, Kémiai Kutatóközpont, Anyag- és Környeztkémiai Intézet, Budapest

²Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Központi Laboratórium, Budapest

³Semmelweis Egyetem, Gyógyszerész-tudományi Kar, Farmakognóziás Intézet, Budapest

A magnéziumpótlás egyre népszerűbb az egészségre és az egészséges életmódra való törekvés miatt. Nem ismertek azonban a magnéziumpótlás metabolikus hatásai egészségesekre és valamilyen betegségben szenvedők esetében. *Célok:* A szerzők a magnézium-malát hatását vizsgálták a kalcium- és magnéziumszintekre, az antioxidáns paraméterekre normolipidaemiás és hyperlipidaemiás patkányokban. *Módszerek:* A négy csoportba (kontroll, kontroll-kezelt, hyperlipidaemiás, hyperlipidaemiás-kezelt) osztott kísérleti állatok hím Wistar patkányok ($n = 40$; 150–200 g ttm) voltak. A kontroll- és kontroll-kezelt csoportok kontrolltápot, míg a hyperlipidaemiás és hyperlipidaemiás-kezelt csoportok zsírdús tápot (2% koleszterin, 20% napraforgóolaj, 0,5% kólsav) kaptak. A kilenc napig tartó kezelést követően automata analízátorral rutin laboratóriumi paramétereket, ICP-OES műszerrel fémiontartalmat, valamint spektrofotometriás és luminometriás módszerekkel redoxparamétereket határoztak meg. *Eredmények:* Kontrollállatok esetében a magnézium-malát a legtöbb esetben nem eredményezett szignifikáns változást a mért paraméterekben. A magnézium-malát-kezelés szignifikánsan csökkentette a glükózkoncentrációt, az alkalikus foszfatáz és amiláz aktivitását a hyperlipidaemiás csoportban. Szignifikánsan alacsonyabb indukált kemilumineszcenciás intenzitás volt kimutatható a hyperlipidaemiás-kezelt patkányok plazmájában és erythrocytaiban. Magnéziumpótlásra a szervek magnéziumkoncentrációja nem emelkedett meg szignifikánsan, azonban a kalcium/magnézium koncentráció aránya csökkent. *Következtetések:* Rövid ideig adott nagy mennyiségű magnézium hatására kontrollpatkányokban a normális homeosztázis miatt a legtöbb esetben nem változtak szignifikánsan a mért értékek, ugyanakkor a hyperlipidaemia befolyásolta a fémhomeosztázist, a rutin laboratóriumi paramétereket és a redoxrendszert. Bár a változások többsége kedvező volt, kiemelendő, hogy magnéziumpótlásnál körültekintően kell eljárni, különösen metabolikus eredetű betegségek esetében. Orv. Hetil., 2011, 152, 1075–1081.

Kulcsszavak: hyperlipidaemia, magnézium, kalcium, redox-homeosztázis

*A „Prof. Fehér János Emlékére” Alapítvány pályázatán díjat nyert munka.

Effects of magnesium supplementation on the calcium and magnesium levels, redox homeostasis in normolipidemic and alimentary induced hyperlipidemic rats

Magnesium supplementation is quite popular because of intention of health and healthy lifestyle. However, there is no information on the metabolic effects of magnesium supplementation in healthy people and in different diseases. *Aims:* Authors examined the effects of magnesium-malate on calcium, magnesium levels, and antioxidant parameters in normolipidemic and hyperlipidemic rats. *Methods:* Male Wistar rats (n = 40; 150-200 g) were divided into 4 groups (control, control-treated, hyperlipidemic, hyperlipidemic-treated). Rats in the control and control-treated groups were fed with normal diet, while hyperlipidemic and hyperlipidemic-treated groups were fed with fat rich diet (2% cholesterol, 20% sunflower oil, 0.5% cholic acid). After the 9-day-long diet the following parameters were measured: routine laboratory parameters with automatic analyser, metal content using ICP-OES, and redox-parameters using spectrophotometric and luminometric methods. *Results:* Magnesium-malate failed to produce significant changes in the measured parameters in control animals in most cases. Magnesium-malate decreased significantly serum glucose concentration, alkaline phosphatase and amylase activities in the hyperlipidemic group. Significantly low induced chemiluminescent activity was measured in the plasma and erythrocytes of hyperlipidemic group. The magnesium supplementation did not increase significantly magnesium concentration in different organs although the calcium/magnesium concentration ratio was decreased. *Conclusions:* In control animals there was no significant change in the measured parameters in most cases after dietary supplementation with a large amount of magnesium for a short period of time, but magnesium supplementation affected the metal homeostasis, routine laboratory parameters and redox system in hyperlipidemic animals. Although several changes were favorable, it should be emphasized that magnesium supplementation must be applied watchfully particularly in metabolic diseases. *Orv. Hetil., 2011, 152, 1075–1081.*

Keywords: hyperlipidemia, magnesium, calcium, redox-homeostasis

(Beérkezett: 2011. április 19.; elfogadva: 2011. május 13.)

Rövidítések

ALB = albumin; ALP = alkalikus foszfatáz; ALT = alanin-aminotranszferáz; AMY = amiláz; ASE = aszkorbinsav-ekvivalens; AST = aszpartát-aminotranszferáz; CCD = félvezető detektor; CHOL = koleszterin; DPPH = 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil; GGT = gamma-glutamil-transzferáz; GLU = glükóz; ICP-OES = induktív gerjesztésű plazma optikai-emissziós spektrométer; IL-1, IL-6 = interleukinek; INF- α , - β = interferonok; MÁB = Pest Megyei Állat-egészségügyi és Élelmiszer-ellenőrző Állomás; ORCA = optimalizált Rowland-körös elrendezés; RLU = relative light unit (%); rpm = (revolutions per minute) fordulat/perc; TG = triglicerid; TGF- β = tumor-növekedési faktor- β ; TP = totál protein; UA = húgysav

A magnézium kulcsfontosságú az élő szervezetek működéséhez, elengedhetetlen a szénhidrátok, lipidek, fehérjék és nukleinsavak szintéziséhez, metabolizmusához. Alapvető funkciót tölt be számos ion aktív transzport-folyamatában, enzimreakciókban, az antioxidáns rendszer fenntartásában [1].

Az alacsony magnéziumszint (hypomagnesaemia) néhány betegség kialakulásában kockázati tényezőként szerepel, mint például diabetes, szív- és érbetegségek [2, 3, 4]. Számos betegség esetében, feltételezhetően következetesen kialakult magnéziumszint-csökkenést re-

gisztráltak, mint például zsírmájban, alkoholos és nem alkoholos eredetű májcirrhosisban, vagy említhetjük az elhízást is. Ezekben az esetekben a csökkent magnéziumszint kimutatható a szérumban, erythrocytában, lymphocytában, és gyakran különböző szervekben is (például máj, szív- és vázizom, csontok). A csökkent magnéziumszint maga után vonja a redox-homeosztázis megváltozását, a szabadgyök-termelődés növekedését.

A magnézium különböző stressz által okozott kellemtelen, káros tünetek enyhítésére, megszüntetésére, valamint a stressz okozta megbetegedések megelőzésére, illetve adjuváns kezelésére alkalmas. Így segítheti az idegesség, ingerültség, idegi kimerültség, szorongás, félelem, depresszió, szétszórtság, alvászavar, fejfájás, légszomj, szív működési zavar megszüntetését. A központi idegrendszerre hatva javítja a tanulási készséget és a memóriát. Ajánlják terhes és szoptató anyáknak, serdülő gyermekeknek, nagymértékű szellemi és fizikai igénybevétel esetén menedzsereknek, egyetemi tanulóknak, élsportolóknak, alkoholistáknak (alkoholos italokat fogyasztóknak), idősebb korúaknak.

A különböző magnéziumkészítmények vény nélkül bárhol beszerezhetők, patikákban, gyógynövény- és élelmiszerboltokban. Az egészséges életmódra való törekvés miatt túlzott mértékű fogyasztásuk is előfordul-

hat, ami ugyanúgy káros lehet, mint a magnéziumhiány, bár az erre vonatkozó adatok elég hiányosak. Magnézium-szulfát intravénás túladagolása esetében írtak le kellemetlen mellékhatásokat, mint hányingert és hasmenést [5, 6]. Különösen veszélyes lehet a magnézium nagy mennyiségben történő fogyasztása metabolikus megbetegedésben szenvedők esetében, mint például májbetegknél. A lassan népbetegségnek számító elhízásban is megváltozik a fémemetabolizmus, ezért kérdésként merül fel, hogy különböző stressz okozta megbetegedések megelőzésére vajon ugyanolyan kedvező lehet a magnéziumpótlás elhízott egyéneknél is, mint teljesen egészségeseknél.

Munkánk célja az volt, hogy patkányokban megvizsgáljuk, vajon magnéziumpótlással milyen mértékben befolyásolható a kalcium- és magnéziummetabolizmus, illetve a redox-homeosztázis normolipidaemiában és hyperlipidaemiában.

Módszerek

Hím Wistar patkányokat ($n = 40$; 150–200 g ttm) négy csoportra osztottuk. Az első csoportba tartozó állatok kontrolltápot kaptak (Biofarm Farm Promt Kft., BFP, Gödöllő). A második csoportba tartozó állatok szintén kontrolltápot, valamint magnézium-malát-kiegészítést (200 mg Mg/ttmkg ad libitum) kaptak. A harmadik csoportba tartozó állatok zsírdús tápot (2% koleszterint, 20% napraforgóolajat és 0,5% kólsavat tartalmazott), míg a negyedik csoportba tartozó állatok zsírdús tápot és magnézium-malát-kiegészítést (200 mg Mg/ttmkg ad libitum) kaptak. A fenti diétát kilenc napig tartottuk fenn.

A 243/1998 számú (XII. 31). XXVIII. előírásokat figyelembe véve történt az állatok tartása és a kísérletek végrehajtása. Az állatházban állandó hőmérsékletet és páratartalmat, illetve 12 óra sötét–12 óra világos circadián ritmust biztosítottunk. A vizsgálatokat a Pest Megyei Állat-egészségügyi és Élelmiszer-ellenőrző Állomás (MÁB 1.81.4/2006) engedélyezte. A hyperlipidaemia kialakulását a májenzimek megemelkedésével detektáltuk.

A kilenc napig tartó kezelést követően a patkányokat Nembuthallal (35 mg/ttmkg) altattuk. Az állatokat narkózisban a vena cava kanülálásával elvéreztettük és vérüket vákuumcsövekben felfogtuk a további vizsgálatokhoz, szerveiket a későbbi vizsgálatokhoz előkészítettük.

A vér előkészítése

A vérmintákat +4 °C-on tartottuk a plazma-, szérum- és erythrocytaszeparálás megkezdéséig. A szérum és a plazma esetében a vér alakos elemeit 2800 rpm-en, 10 percig történő centrifugálással távolítottuk el. Centrifugálás után a sejtmentes felülúszót elkülönítettük és a kémiai analízisek elvégzéséig –25 °C-on tároltuk. Alva-

dásgátolt vérminta esetében a maradék vörösvértestet a fehérvérsejtek és a thrombocyták eltávolítása érdekében három alkalommal mostuk jeges, izotóniás sóoldattal. Minden mosás után 10 percig 2800 rpm-en centrifugálást végeztünk. Az így kapott mintát a hemoglobin tekintetében azonos koncentrációra (1 g%-ra) állítottuk be.

Az erythrocyták szeparálása 2500 rpm-en centrifugálással történt +4 °C-on, háromszori izotóniás sóoldatos mosást követően. Az így kezelt erythrocytamintát hemoglobinnra nézve 1 g%-ra állítottuk be.

Májhomogenizátum készítése

A máj vértartalmát izotóniás sóoldattal többszörös mosással távolítottuk el, majd a májszövetet Potter-Elvehjem-készülékkel jeges hűtés mellett homogenizáltuk. A májhomogenizátumok fehérjetartalmát 10 mg/ml-re állítottuk be, 0,15 M KCl-oldattal *Lowry* szerint [7].

Rutin laboratóriumi vizsgálatok

A rutin laboratóriumi paramétereket szérumból mértük Hitachi 717 analizátorral. Meghatároztuk az aszpartát-aminotranszferáz (AST), alanin-aminotranszferáz (ALT), az alkalikus foszfatáz (ALP), albumin (ALB), amiláz (AMY), teljes protein (TP), glükóz (GLU), koleszterin (CHOL), triglicerid (TG) és húgysav (UA) koncentrációit diagnosztikus készletek (Dialab, Randox, Roche) segítségével a gyártó útmutatásai alapján.

Fémiontartalom meghatározása

A vért, a májhomogenizátumot és a szervmintákat 10 ml 65%-os salétromsavval és 5 ml 30%-os hidrogénperoxiddal roncsoltuk nyitott rendszerű blokkroncsolóban. A kalcium- és magnéziumtartalom meghatározása induktív gerjesztésű plazma optikai-emissziós spektrométerrel (ICP-OES, Spectro Genesis, Kleve, Németország) történt. A készülék szimultán és automatikus spektrométer, félvezető detektorrendszerrel (CCD). A készülék optikai részében ORCA-rendszert (optimalizált Rowland-körös elrendezés) alkalmaztak [8].

Redoxparaméterek vizsgálata

Redukálóképesség

A redukálóképesség meghatározása plazmából történt, a Fe(III)→Fe(II) átalakulás alapján 700 nm-en *Oyaizu* módszere szerint. A minta redukálóképességét aszkorbinsav-ekvivalensben (ASE) adtuk meg.

H-donor-aktivitás

A H-donor-aktivitás meghatározása plazmából történt *Hatano* módszere alapján 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil

1. táblázat | Rutin laboratóriumi paraméterek patkányszérumban (átlag±SD, n = 10)

	Kontroll	Kontroll+Mg-malát	Hyperlipidaemiás	Hyperlipidaemiás+Mg-malát
ALP (U/l) ²	584,88±102	525,5±84,4	1382±150	1113±141
AST (U/l) ²	123,43±45,9	110,0±37,0	145,8±43,2	112,7±24,1
ALT (U/l)	65,43±18,60	52,13±15,28	71,38±19,75	57,67±6,73
Amiláz (U/l) ²	2520±512	2523±397	4094±1082	3185±317
Albumin (g/l) ¹	28,25±1,06	30,70±1,76	32,50±1,51	31,88±1,73
Totál protein (g/l) ¹	50,75±2,75	52,00±1,82	54,1±2,42	54,22±3,15
Glükóz (mmol/l) ²	7,63±0,98	7,81±0,59	8,68±0,58	8,08±0,64
Koleszterin (mmol/l) ¹	1,67±0,38	1,77±0,31	5,48±1,83	4,68±1,30
Triglicerid (mmol/l) ¹	0,573±0,285	0,569±0,192	1,22±0,42	1,41±0,33
Húgysav (μmol/l)	114,6±20,4	97,3±15,2	131,0±31,4	123,0±29,1
GGT (U/l)	0,125±0,817	0,300±1,059	0,000±1,054	0,400±1,350

¹Szignifikáns különbség a kontroll- és kontroll-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

²Szignifikáns különbség a hyperlipidaemiás és hyperlipidaemiás-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

ALP: alkalikus foszfatáz, AST: aszpartát-aminotranszferáz, ALT: alanin-aminotranszferáz, GGT: gamma-glutamil-transzferáz

(DPPH) stabil szabad gyök jelenlétében [9]. Az eredményt a gátlás százalékában adtuk meg.

$$\text{Gátlás\%} = \frac{(\text{abszorbancia}_{\text{kontroll}} - \text{abszorbancia}_{\text{minta}})}{(\text{abszorbancia}_{\text{kontroll}})} \times 100$$

Indukált kemilumineszcencia

A kemilumineszcenciás méréseket plazmából és erythrocytából végeztük Berthold Lumat 9501 berendezéssel *Szentmihályi és mtsai* módszere alapján [8]. A reakcióelegy az alábbi összetevőket tartalmazta: hidrogén-peroxid (10⁴ hígítás) 300 μl, mikroperoxidáz (3×10⁻⁴ mmol/l) 300 μl, luminol (7×10⁻⁷ mmol/l) 50 μl és minta (1 mg/ml) 100 μl desztillált vízzel 1 ml-re hígítva (pH = 10,5).

A mintákat nitrátsavval és hidrogén-peroxiddal (5+2 ml) emésztettük, majd desztillált vízzel 10 ml-re történő hígítást követően meghatároztuk az elemtartalmat [10].

Statisztikai számítások

Az eredményekből átlagot és szórást (SD) számoltunk. A két csoport közötti különbség meghatározására Student-féle t-próbát (GraphPAD szoftver verziószám 1.14 [1990]) használtunk. A szignifikanciaszintet p<0,05 értéknél határoztuk meg.

Anyagok

A magnézium-malát a Magnézium-malát nevű étrendkiegészítő tabletta (BiYo-Product, OÉTI 1564/D) komponense.

A vizsgálatok során felhasznált luminolt, mikroperoxidázt és DPPH-t a Sigma Kft.-től vásároltuk. A rutin laboratóriumi vizsgálatokhoz Roche-teszteket használtunk. Az ICP-mérésekhez Spectro multielemes stan-

dardot használtunk. A többi, nem említett vegyületet a Reanaltól vásároltuk.

Eredmények

Rutinparaméterek

Az alkalmazott magnézium-malát a kontrollcsoport rutin laboratóriumi paramétereiben – az albumint kivéve – nem okozott szignifikáns változást (1. táblázat).

A zsírdús tápot fogyasztó állatokban a hyperlipidaemia kialakulását a májparaméterek (ALP és amiláz) szignifikáns eltérése jelezte, ami betudható a zsírdús étrend következtében kialakuló májkárosodásnak. Az amiláz-, albumin-, teljesfehérje-, glükóz- és trigliceridszintek a hyperlipidaemiás csoportban megemelkedtek (1. táblázat).

A hyperlipidaemiás-kezelt csoportban a hyperlipidaemiás csoporthoz képest a magnézium-malát szignifikánsan csökkentette az ALP, az AST, az amiláz és a glükóz szintjét. Egyéb paraméterek (húgysav, kreatinin) csökkenése ugyancsak megfigyelhető volt, de nem mutatott szignifikáns változást a magnézium-malát hatására.

Redoxparaméterek

A plazma redoxparaméterei nem változtak jelentősen a kontrollcsoportban magnézium-malát hatására, viszont az erythrocyta kemilumineszcenciás intenzitás szignifikánsan csökkent (2. táblázat).

Szignifikánsan alacsonyabb kemilumineszcencia intenzitást mértünk a hyperlipidaemiás-kezelt csoport plazmájában és erythrocytáiban a hyperlipidaemiás csoporttal összehasonlítva, ami emelkedett totálcavengerkapacitást jelzett.

2. táblázat | Redoxparaméterek patkányszérumban (átlag±SD, n = 10)

	Kontroll	Kontroll+Mg-malát	Hyperlipidaemia	Hyperlipidaemia+Mg-malát
<i>Plazma</i>				
Redukálóképesség (μmol AS/g fehérje)	0,780±0,049	0,726±0,085	0,606±0,045	0,637±0,077
H-donor-aktivitás (gátlás%)	35,48±2,34	37,80±1,86	37,16±0,94	35,64±2,25
Kemilumineszcenciás intenzitás (RLU, %) ²	7,70±3,07	6,93±1,01	12,99±0,09	6,14±1,76
<i>Erythrocyta</i>				
Kemilumineszcenciás intenzitás (RLU, %) ^{1,2}	25,93±0,89	22,06±0,58	27,07±0,011	14,70±3,57

¹Szignifikáns különbség a kontroll- és kontroll-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

²Szignifikáns különbség a hyperlipidaemiás és hyperlipidaemiás-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

RLU: relative light unit (%).

3. táblázat | Kalcium- és magnéziumkoncentrációk (μg/g nedves tömeg) patkányok különböző szerveiben (átlag±SD, n = 10)

	Kontroll	Kontroll+Mg-malát	Hyperlipidaemia	Hyperlipidaemia+Mg-malát
<i>Aggy</i>				
Ca	34,88±2,95	34,90±20,41	38,25±17,71	34,72±9,23
Mg	105,8±10,2	110,1±22,6	114,4±18,6	112,1±17,2
Ca/Mg arány	0,330	0,317	0,334	0,310
<i>Vázizom</i>				
Ca	46,95±9,11	42,80±10,47	38,00±5,67	40,86±9,44
Mg ²	154,8±12,4	161,5±11,00	134,9±19,6	176,0±32,8
Ca/Mg arány	0,303	0,265	0,282	0,232
<i>Lép</i>				
Ca	28,83±2,78	31,37±3,28	39,84±5,62	40,95±10,75
Mg	134,6±28,1	134,1±16,2	171,2±24,1	171,2±35,4
Ca/Mg arány	0,214	0,234	0,233	0,239
<i>Szív</i>				
Ca	33,71±7,76	32,63±5,91	39,60±7,88	36,00±4,46
Mg ²	140,9±28,2	140,4±19,6	132,5±36,8	166,4±4,3
Ca/Mg arány	0,239	0,232	0,299	0,216
<i>Thymus</i>				
Ca	23,01±8,12	28,87±4,32	45,35±23,89	33,50±8,08
Mg ^{1,2}	108,6±34,3	139,4±14,8	187,7±50,2	134,7±9,0
Ca/Mg arány	0,212	0,207	0,242	0,248
<i>Tüdő</i>				
Ca	36,35±3,29	37,26±7,38	51,66±11,40	43,72±9,73
Mg	62,5±11,1	64,5±11,0	102,9±18,0	89,2±13,5
Ca/Mg arány	0,582	0,578	0,502	0,467
<i>Máj</i>				
Ca ²	22,06±3,39	23,65±3,24	18,69±1,84	15,26±1,37
Mg ²	154,2±22,0	156,7±22,4	121,6±8,4	103,2±7,9
Ca/Mg arány	0,143	0,151	0,154	0,148

¹Szignifikáns különbség a kontroll- és a kontroll-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

²Szignifikáns különbség a hyperlipidaemiás és a hyperlipidaemiás-kezelt csoport között (p<0,05, t-test).

Elemkoncentrációk

A magnézium adása kontrollállatokban általában nem változtatta meg az elemhomeosztázist, kivételt képez a thymus, amelynek magnéziumkoncentrációja nőtt. A zsírdús diétán tartott állatok esetében kedvező változásokat lehetett megfigyelni: a vázizom és a szív magnézium-, valamint a máj kalciumkoncentrációja nőtt.

Magnéziumadás hatására nem minden szerv magnéziumkoncentrációja emelkedett meg szignifikánsan, például a thymus és a máj magnéziumtartalma csökkent. A kalcium/magnézium arány csökkent a kezelt csoportok alábbi szerveiben: agy, vázizom, szív, tüdő (3. táblázat).

Megbeszélés

Az alacsony magnéziumszint (hypomagnesaemia) néhány betegség – például diabetes, szív- és érbetegségek – kialakulásában kockázati tényezőként szerepel. A magnézium alapvető szerepet játszik számos enzim és fehérje szintézisében, valamint az antioxidáns rendszer fenntartásában.

A magnézium felszívódása annak kémiai formájától nagymértékben függ, ezért a kísérletekhez jól felszívódó, szerves kötésben lévő magnéziumvegyületet, magnézium-malátot választottunk, ami a magnézium almasavval alkotott sója. Az almasav majd minden biológiai szervezetben előforduló gyümölcs-sav. Mint katalizátor, alapvető funkciót tölt be az energiatermelés növelésében, valamint a Szent-Györgyi–Krebs-ciklusban, mint közti termék [10].

Rövid idejű, nagy mennyiségű magnézium adása magnézium-malát formájában különböző hatást gyakorolt a normolipidaemiás és hyperlipidaemiás patkányok rutin laboratóriumi és redoxparamétereire, valamint az elem-homeosztázisára.

Kedvezőnek tekinthető, hogy az ALP-, az AST-, az ALT- és a húgysavszintek csökkenését tapasztaltuk mind egészséges, mind hyperlipidaemiás patkányokban magnézium-malát-kezelés hatására, bár a változások nem minden esetben voltak szignifikánsak. A zsírdús tápon tartott állatokban a glükózkoncentráció kedvezően csökkent magnézium-malát hatására. A kreatinin és egyéb paraméterek szignifikáns csökkenése ugyancsak kimutatható volt, de magnézium-malát adagolása nem okozott szignifikáns változást.

Hyperlipidaemiában reaktív oxigénradikálok képződnek, amelyek a májsejtek károsodását okozzák [11]. A hyperlipidaemia kezelésekor lépéseket kell tenni a szabad gyökök csökkentése, valamint az antioxidáns rendszer erősítése érdekében. A magnézium a szignáltranszdukción keresztül hat az antioxidáns rendszerre. A magnéziumhiány indukálta átmeneti intracelluláris kalciumszint-növekedés fokozza egyes citokinek (például interleukin-1 [IL-1], interleukin-6 [IL-6]), különböző növekedési faktorok (tumornövekedési faktor- β

[TGF- β]), valamint interferonok (INF- α , - β) képződését. Az intracelluláris magnéziumszint növekedése a foszfatázok aktiválásán keresztül gátolja a citokinek képződését, amelynek eredményeként a reaktív oxigénradikálok képződése csökken [12, 13]. Kísérleteinkben a magnézium-malát adása növelte a plazma és erythrocyta totálszavenger-kapacitását a zsírdús diétán tartott állatokban.

A magnézium adása nem változtatta meg az elemhomeosztázist a kontrollállatokban, azonban zsírdús diétán tartott állatok esetében kedvező változásokat lehetett megfigyelni. Magnéziumadás hatására nem minden szerv magnéziumkoncentrációja emelkedett meg, azonban a kalcium/magnézium koncentrációarány sok esetben csökkent.

Vizsgálataink eredményei szerint a magnézium *in vivo* hat a redox- és elem-homeosztázisra, amely összességében kedvező változást mutatott. Kedvezőtlen hatásként említhetjük, hogy valamennyi csoportban megfigyelhető volt a GGT emelkedése, ami ugyan nem bizonyult szignifikáns eltérésnek, mégis figyelmet érdemel.

Eredményeinket összefoglalva, hyperlipidaemiás és nem hyperlipidaemiás patkányokban a magnéziumpótlás magnézium-malát formájában kedvező, de részben kedvezőtlen hatásúnak bizonyult az antioxidáns rendszerre. Nem hyperlipidaemiás állatokban a mért értékek a normális homeosztázis miatt általában nem változnak szignifikánsan, ugyanakkor hyperlipidaemiás állatokban a magnézium-malát-kezelés a fémelem-homeosztázison kívül a rutin laboratóriumi paramétereket és a redoxrendszert is befolyásolta. Eredményeink felhívják a figyelmet arra, hogy a magnéziumpótlást körültekintően kell végezni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak dr. Bérczi Istvánnak az adományozott magnézium-malát-komplexért. A munka az ETT 002/02 támogatásával készült.

Irodalom

- [1] Lakatos B., Balla J., Vinkler P. és mtsa: Az esszenciális makrofémionok szerepe az emberi szervezet működésében. Orv. Hetil., 2006, 147, 925–930.
- [2] Hans, C. P., Sialy, R., Bansal, D. B.: Magnesium deficiency and diabetes mellitus. Curr. Sci., 2002, 83, 1456–1463.
- [3] Durlach, J., Durlach, V., Bac, P. és mtsai: Magnesium and aging. II. Clinical data: aetiological mechanisms and physiopathological consequences of magnesium deficit in the elderly. Magnes. Res., 1993, 6, 379–394.
- [4] Suleiman, M. S.: New concepts in the cardioprotective action of magnesium and taurine during the calcium paradox and ischaemia of the heart. Magnes. Res., 1994, 7, 295–312.
- [5] Zygmunt, M., Heilmann, L., Berg, C. és mtsai: Local and systemic tolerability of magnesium sulfate for tocolysis. Eur. J. Obstet. Gyn., 2003, 107, 168–175.
- [6] Buettner, A. U.: Two cases of inadvertent magnesium sulfate overdose. Int. J. Obstet. Anesth., 2011, 20, 92–93.

- [7] *Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. és mtsa:* Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 1951, 193, 265–274.
- [8] *Szentmihályi, K., Blázovics, A., Kocsis, I. és mtsai:* The effect of fat rich diet and alcohol on ion concentration in bile fluid in rats. *Acta Aliment.*, 2000, 29, 359–366.
- [9] *Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T. és mtsa:* Two new flavonoids and other constituents in licore root: their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem. Pharm. Bull.*, 1988, 36, 2090–2097.
- [10] *Guba F.:* Orvosi biokémia. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1988.
- [11] *Blázovics, A., Fehér, E., Fehér, J.:* Role of free radical reactions in experimental hyperlipidemia in the pathomechanism of fatty liver. In: *Free radicals and liver.* Eds: Csomós, G., Fehér, J. Spinger-Verlag, Berlin, 1990, 98–126.
- [12] *Dolmetsch, R. E., Lewis, R. S., Goodnow, C. C. és mtsa:* Differential activation of transcription factors induced by Ca^{2+} response amplitude and duration. *Nature*, 1997, 386, 855–858.
- [13] *Caddell, J. L.:* Geriatric cachexia: a role for magnesium deficiency as well as for cytokines? *Am. Soc. Clin. Nutr.*, 2007, 71, 851–852.

(Virág Viktória,
Budapest, Pusztaszeri út 59–67., 1025
e-mail: viragviki@yahoo.com)

A rendezvények és a kongresszusi híryananyagok leadásának határideje

a lap megjelenése előtt 40 nap, a 6 hetes nyomdai átfutás miatt.
Kérjük megrendelőink szíves megértését.

A híryananyagokat a következő címre kérjük:
Orvosi Hetilap titkársága: Budai.Edit@akkr.hu
Akadémiai Kiadó Zrt.