مجلهٔ دانشکده پزشکی تهران
۱۳۵۰/۲۵۴/۲۹

متابولیسم منیزیم

دکتر قاسم محتاط * دکتر حسن محمدیها*

مدتی است که مقدار طبیعی منیزیم در انسان وتغییرات آن درحالات بیماری موردبحث محافل علمی دنیا است. پیشرفت قابل توجه در روش اندازه گیری این فلز درمایعات بدن و بافتها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی باعث شد که بتوان کمترین مقدار این فلز را در بافتها، خون وسرم اندازه گیری کرد. به این ترتیب امکان بررسی ومطالعه درباره نقش منیزیم دراعمال حیاتی انسان سالم وتغییرات مقدار آن درحالات مرضی فراهم گردید.

مقدار منیزیم در بدن شخص بالغ ۲۱ تا ۲۸ گرم یادرحدود ۲۰۰۰ میلی اکی والان است بنابراین از لحاظ کمیت در بین کاتیونهای بدن انسان ردیف چهارم را پس از سدیم و پتاسیم و کلسیم احراز مینماید ومقدار آن در بین کاتیونهای داخل سلولی در ردیف دوم میباشد.

نیمی ازمقدار کل منیزیم بدن دراستخوانها جایگزین شده ونیم دیگر بین عضلات وبافتها بقرارزیر پراکنده شده است:

کبد و عضلات مخطط محتوی ۲۰ - ۱۵ mEq در هر کیلوگرم.

اریتروسیتها بین ۶-۴/۴ mEq درلیتر خون.

به کمک اندازه گیریهای دقیق بروش اسپکتروفتومتر جذب اتمی مقدار منیزیم درسرم عادی ۶/۱-۲/۱ میلی اکی والان در لیتر تعیین شده است (۲۶و۱۵) در روش اندازه گیریهای مختلف برحسب طرزعمل این مقدار با ۱۵٪ اختلاف نشان داده شده است.

طبق آزمایشهائیکه برروی ۴۰ نفر شخص سالم (۲۰ نفر مرد و ۲۰ نفرزن) بروش اسپکتروفتومتر جذب اتمی در آزمایشگاه شیمی پاتولژی گروه بیوشیمی انجام شده حدمتوسط مقدارمنیزیم درخون زنان ایرانی ۰/۲۶۹۴ ± ۲/۰۹۷۵ میلی گرم درصد که حداقل آن ۱/۸ وحداکثر ۲/۷ میلی گرم درصداست وحدمتوسط مقدارمنیزیم درسرم مردان ایرانی ۰/۲۰۲۲ ± ۲/۰۸ میلی گرم درصد که حداقل ۱/۸ وحداکثر ۲/۶ میلی گرم درصد میباشد.

منیزیم درسرم بصورت یونی یابصورت ترکیب باپروتئین‌ها و یا بصورت ترکیب کمپلکس است [۴] منیزیم اولترافیلترابل ۱/۳۰-۱/۳۵ میلی اکی والان درلیتر است که ازاین مقدار ۱/۰۳ میلی اکی والان مربوط به منیزیم یونی است بنابراین ۶۰٪ منیزیم تام سرم بصورت یونی میباشد.

مقدارمنیزیم مایع نخاع بیش از پلاسما است وبطورمتوسط ۲/۴-۳/۳ میلی اکی والان درلیتر می باشد. مقدارمنیزیم درشیرهٔ معدی ۱-۳ میلی اکی والان درلیتر است.

مقدار منیزیم در عرق $\frac{1}{6}$ تا $\frac{2}{3}$ میلی اکی والان درلیتر بوده و در شرایط مختلف مقدار دفع آن از طریق پوست تغییر محسوسی نمیکند.

مطالعاتی که در روی حیوانات انجام گرفته نشان میدهد که منیزیم در روده کوچك جذب میگردد[۱]

درانسان مصرف ۲۸ میلیگرم ازراه خوراکی وزمان پیدایش آن درپلاسما این موضوع رامعلوم میسازد. منحنی‌های این ایزوتوپ بین ۲ تا ۸ ساعت پس از مصرف خوراکی اندازه گیری شده است[۷]

جذب منیزیم در روده بزرگ انجام نمیشود ولی از وارد کردن منیزیم ازراه رکتوم هیپرمنیزیمی مشاهده شده است. معمولا یك سوم مقدار منیزیم مصرف شده ازراه خوراکی در روده کوچك جذب میشود.

* گروه بیوشیمی دانشکده پزشکی دانشگاه تهران

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-18]

در روی ۱۳ نفر افرادیکه از راه دهان تغذیه میشدند نتیجه باین‌ترتیب بوده‌است ازغذای محتوی ۲۰ میلی‌اکی والان منیزیم ۴۴/۲٪ روزانه جذب شد و از غذای محتوی ۱/۹ میلی اکی والان ۷۵/۸٪ و از غذای محتوی ۴۷ میلی اکی والان ۲۳/۷٪ جذب شد پس مقدار جذب این عنصر از طریق روده نسبت عکس بامقدار آن دارد یعنی هرچه مقدارآن درغذاکمتر باشدبه نسبت بیشتری‌جذب میگردد. وقتیکه ازراه وریدی‌تزریق شود ۱ تا۲٪ آن در مدفوع دیده شده‌است. مقدار منیزیم مدفوع مربوط به منیزیم اندوژن است [۱۴]

پروتئین های اغذیه باعث ازدیاد جـذب منیزیم میشود و هرچه مقدار پروتئین بیشتر باشد احتیاج به جذب منیزیم بیشتر است. ویتامین D درجذب منیزیم دخالت داشته و درازدیاد جذب آن مؤثراست. چربیها و مشتقات امونیاکی و اسیدفتیك جـذب منیزیم را ازطریق روده کم میکنند.

اگرمقدار منیزیم اغذیه‌کم باشد فسفاتها درجذب‌آن مؤثر نیستند ولی‌اگر مقدار منیزیم درغذا زیاد باشد فسفاتها جذب‌آن راکاهش میدهند .

دفع‌منیزیم ازطریق ادرار درشخص بالغ درحدود ۱۰میلی اکی‌والان در روزاست‌که برحسب‌مقدارآن دراغذیه مصرفی‌مقدار دفع‌آن نیز متغیر است هنگامیکه جذب منیزیم در روده‌ها کمتر شود دفع آن از راه ادرار کاهش می‌یابد و حداقل دفع اجباری روزانه این عنصر ۱ تا ۲ میلی‌اکی والان در روز است . مقدار منیزیم‌اولترافیلترابل ۶۵ تا ۸۵٪ منیزیم پلاسما است‌که بوسیله گلومرولها صاف شده و درلوله های ادراری ۹۰ تا ۹۸٪ آن مجددا جذب میگردد ومحل جذب‌آن درهمان محل جذب مجدد کلسیم می‌باشد. هورمون پاراتورمن دراین عمل دخالت دارد در صورتیکه گلوکاگن و هورمون انتی دیورتیك عمل عکس انجـام میدهند.[۱۳]

رابطه منیزیم‌باغدد‌داخلی ـ درهیپرپاراتیروئیدیسم و در مواردیکه غده پاراتیروئید تومور داشته باشد مقدار منیزیم خون کاهش‌یافته ودفع‌آن ازطریق ادرارافزایش می‌یابد پس‌ازبرداشتن تومور مقدار منیزیم درخون بالارفته وطبیعی میشود درهرصورت افزایش ترشح پاراتورمن باعث کم شدن مقدار منیزیم در خون میشود[۹و۱۰] پاراتورمن باعث‌زیادشدن جذب منیزیم ازروده‌ها شده در نتیجه مقدارآن درمدفوع کاهش‌می‌یابد. آزمایشهای انجام شده تایید مینمایند که مقدار منیزیم پلاسما در ترشح پاراتورمن موثر است و در موارد هیپومنیزیمی در موش سفید مقدار ترشح پاراتورمن افزایش یافته و منجر به هیپوکلسمی و هیپوفسفاتمی میشود[۱۲]

اثر هورمونهای فوق‌کلیوی در متابولیسم منیزیم بخوبی روشن‌نیست. درمورد تزریق Doca مقدارمنیزیم سرم‌کاهش‌میابد وسدیم‌سرم‌خون زیادمیشود. اگرغده فوق‌کلیوی حیوان برداشته شود دفع این‌عنصر از ادرار ومدفوع افزایش‌می‌یابد. طبق‌نظریه هورتن Horton وهمکاران[۱۱] تزریق‌الدسترن‌باعث دفع‌پتاسیم ومنیزیم‌میگردد[۸] ولی‌مقدارمنیزیم‌سرم تغییر نمیکند. طبق‌نظریه برخی ازمحققین درهیپرالدسترونیسم‌کاهش‌مقدار منیزیم نیزدیده شده‌است.

درهیپرتیروئیدی مقدارمنیزیم پلاسماکاهش یافته ودفع‌آن از ادرار زیاد میشود درهیپوتیروئیدی مقداراین عنصر در پلاسما افزایش‌یافته ودفع‌آن ازادرارکم میشودبه‌عقیده‌بعضی هورمونهای تیروئید باعث تسهیل عبوریون منیزیم از جـدار سلولی میشود . کلسیتونین هیچگونه اثری درمتابولیسم منیزیم ندارد. [۹و۱۰]

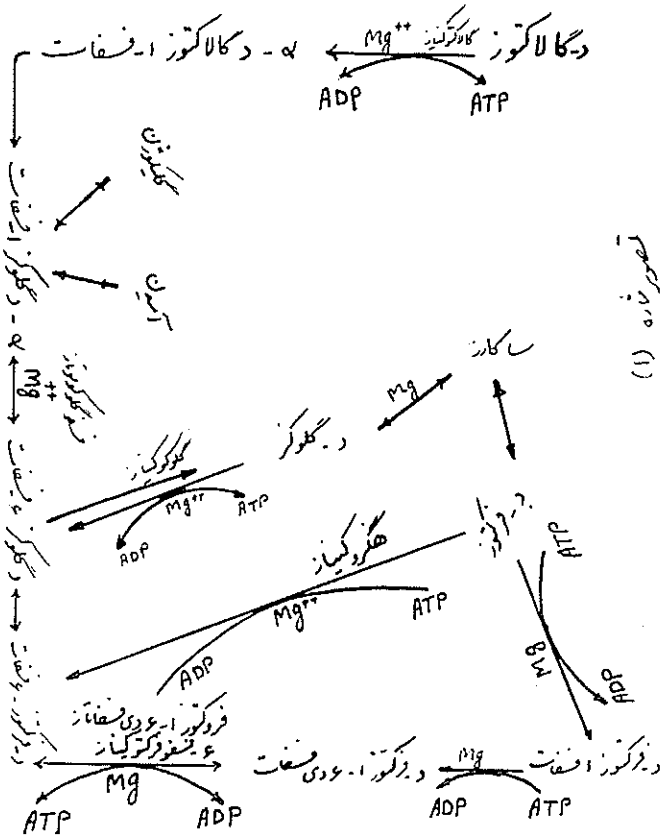
درهیپرکلسمی‌که با تزریق املاح‌کلسیم در حیوان ایجاد شودمقداردفع منیزیم ازطریق ادرار زیادشده ومقدارآن درپلاسما کاهش می‌یابد درهیپوکلسمی مقدارمنیزیم پلاسما زیاد میشودولی درمواردیکه هیپوکلسمی دراثرخوردن مقدار زیادی فسفات‌تولید شده باشد مقدار منیزیم تغییر نمیکند.

دراثرتزریق املاح منیزیم به حیوان مقدارکلسیم خون‌کم شده و دفع‌کلسیم و منیزیم از طریق ادرار افزایش می‌یابد باین ترتیب جذب مجددآنها از مایع صاف شده گلومرولی بستگی به غلظت این‌دوعنصر دارد وزیادبودن یکی ازآنها مانع جذب‌عنصر دیگر بمیزان طبیعی‌میشود. درمورد تزریق داخل وریدی فسفاتها درانسان مقاردفع‌کلسیم ومنیزیم ازطریق ادرار کاهش می‌یابد و دفع فسفات نیز کم‌میشود میتوان نتیجه گیری‌کرد‌که جذب مجدد کلسیم و منیزیم درکلیه‌ها بوسیله مکانیسم مشابهی انجام میگیرد بنظر بعضی محققین‌مکان جذب‌این‌عنصر درلوله‌های اداری‌مشترك است درموارد کمبود کلسیم مقدار منیزیم جذب شده بیش از حد طبیعی بوده و در موارد کمبود منیزیم مقدار جـذب کلسیم زیاد میشود .

بیوشیمی‌منیزیمـ منیزیم درسیستم انزیمی بعنوان یك‌فعال کننده شرکت میکند . مهمترین این انزیم‌ها گروه انتقال‌دهنده فسفاتها میباشدکه درنقل وانتقال فسفات‌از ATP و ADP منیزیم نقش مهمی‌را ایفاء میکند وچون ATP و ADP درفعل‌وانفعالات زیادی شرکت میکند بنابراین منیزیم دراغلب پدیده های حیاتی

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-18]

موثراست ازآنزیم‌هائیکه باعث نقل‌وانتقال فسفات میشوندمیتوان هگزوکیناز را نام برد که گلوکز را به گلوکزشش فسفات‌تبدیل میکند وفسفوگلوکوموتاز که گلوکزیك فسفات را به گلوکزشش فسفات تبدیل مینماید. آنزیم های دیگریکه منیزیم درآنها نقش مؤثری دارند فسفوفروکتوکینازوشش فسفوگلوکونیك دهیدروژناز وگلیسروکیناز وگلیسروفسفاتاز و سه فسفو گلیسریك یك کیناز وفسفوانول‌پیروات ترانس فسفریلازوغیره‌را میتوان‌نام‌برد که هریك‌ازاین‌آنزیم‌هابه‌نحوی درمتابلیسم‌قندها شرکت‌میکنند. درکلیه فعل وانفعالاتی‌که پیروفسفات تیامین شرکت نماید یون های‌منیزیم ضروریست[۵] منیزیم درعمل‌آنزیم‌انولاز نیز دخالت داردکه یکی از آنزیم های مهم متابلیسم قندها میباشد در تصویر شماره(۱) قسمتی‌ازفعل وانفعالات متابولیسم قندها و آنزیم های مربوطه وباشرکت منیزیم نمایش داده شده‌است،



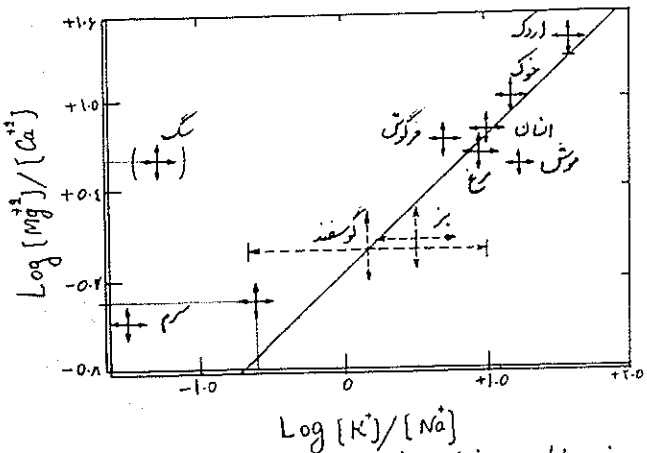
تصویر شماره (۱)

علاوه برشرکت‌منیزیم‌درمتابولیسم‌قندهااین‌فلزدرمتابولیسم چربیها، پروتئینهاواسیدهای نوکلئیك شرکت میکند همچنین در سنتزکوانزیم‌ها ودرانتقال ریشه های‌متیل وسولفات‌دخالت‌مینماید ودر اتصال S RNA در روی ریبوزم‌ها شرکت داشته و در فعال شدن اسیدهای آمینه بمنظور اتصال این‌اسید آمینه به S RNA دخالت‌میکند وعمل‌اخیر در دومرحله انجام میشود .

$$pp + \text{انزیم‌امینواسیل‌ادنیلات‌انزیم} \rightleftharpoons ATP + \text{اسیدهای‌امینه} + \text{انزیم} \xrightarrow{Mg^{++}} AMP + \text{انزیم} + \text{امینواسیل SRNA} \rightleftharpoons SRNA + \text{انزیم‌امینواسیل‌ادنیلات}$$

درمرحله اول‌اسیدامینه بوسیله انزیم مخصوص امینواسیل سینتتاز در مجاورت منیزیم وATPفعال می‌شود وفعالیت‌انزیم امینواسیل RNA سینتتازمتناسب بامنیزیم وATPمیباشد .

مطالعات جدید در تعیین مقادیر و نسبتهای کاتیونهائیکه بمقدارزیاد درمایعات بیولژیکی وجود دارند نشان میدهد [۱۸] که غلظت پتاسیم در داخل سلول بیشتر ازسدیم است و درمایعات بیرون‌سلول‌غلظت‌سدیم زیادتراست. مقدارمنیزیم وکلسیم‌درداخل و بیرون سلول مانند پتاسیم و سدیم میباشد یعنی در داخل سلول $\log \frac{K}{Na}$ و $\log \frac{Mg}{Ca}$ متناسب است بعبارت دیگر بازیاد شدن نسبت $\frac{K}{Na}$ نسبت $\frac{Mg}{Ca}$ نیزافزوده‌میشود دراریتروسیت‌های گاو، بز، گوسفند، خرگوش، مرغ، موش، خوك، اردك وانسان‌تغییراین‌دو نسبت دریك‌جهت است (تصویرشماره۲) درصورتیکه درموردسگ این‌دونسبت درجهت عکس‌یکدیگر بوده ومتناسب نمیباشند یعنی درحالیکه نسبت‌منیزیم بر کلسیم درموردسگ‌ازواحدبزرگتراست نسبت‌پتاسیم‌برسدیم کوچکتر از واحد میباشد به عبارت دیگر در اریتروسیت‌این‌حیوان مقدارمنیزیم‌وسدیم زیادبوده ومقادیر کلسیم وپتاسیم کمتر است بدیهی‌است هرچه مقدار منیزیم نسبت به‌کلسیم بیشترباشد نسبت‌منیزیم‌به‌کلسیم ازواحدبزرگتر درنتیجه لگاریتم این‌کسر ازصفر بزرگترخواهد بودوبرعکس هرچه مقدارکلسیم بیشترباشد نسبت از واحدکوچکتر ولگاریتم از صفر کمتر یعنی منفی میشود همین محاسبه درباره نسبت پتاسیم برسدیم نیز صادق است زیادبودن نسبتها دراریتروسیت اردك به‌علت وجود هسته در اریتروسیت و در اثربالا بودن فعالیت متابولیکی است [۱۶] از مطالعه درسایراعضاء حیوانات نیز همین نتیجه عاید میشود بااین تفاوت‌که دراین اعضاء مقدار منیزیم بیشتر ازاریتروسیت‌ها است



نمودار رابطه بین یونهای کم‌ظرفیتی ودوظرفیتی دراریتروسیت‌های حیوانات وانسان
تصویرشماره (۲)

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-18]

خلاصه

منیزیم از نظر کمی چهارمین کاتیون ارگانیسم انسان است که بروش اسپکتروفتومتر جذب اتمی مقادیر و تغییرات آنرا میتوان بسهولت بررسی و اندازه گیری نمود . منیزیم مورد نیاز بدن از راه موادغذائی بویژه ازسبزیجات تأمین میگردد. محل جذب این عنصر دردستگاه گوارشی روده کوچك میباشد ومقدارجذب آن بر حسب میزان آن دراغذیه متفاوت است مقدارمنیزیم سرم زنان ایرانی بطور متوسط ۰/۲۶۹۴ ± ۲/۰۹۷۶ میلی گرم درصد و در سرم مردان ایرانی ۰/۲۰۲۲ ± ۲/۰۸ میلی گرم درصدمیباشد ومقدار منیزیم اولترافیلترابل ۶۵ تا ۸۵٪ پلاسما است که بوسیله گلوبولها صاف شده ودرلوله‌های ادراری مجددا جذب میگردد واکنش‌های هورمونی درتنظم دفع وجذب منیزیم دخالت‌دارد. در هیپرکلسمی مقدار منیزیم در خون کاهش یافته و در هیپوکلسمی مقدارآن افزایش پیدامیکند .

دخالت‌منیزیم در واکنش‌های آنزیمی و بیوسنتزپروتئین‌ها واکثر پدیده های زیستی شناخته شده است لذا بررسی تغییرات آن حائز ارزش کلینیکی است .

REFERENCES :

1 - Aikawa, J.K. *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 100 : 293-1959.

2 - Alcock, N., Mac Intyre, I., and Radde, I., *J. Clin. Path*, 13: 506–1960.

3 - Baker, E.S., Elkinton, I.R., and Clark, I.K , *J. Clin. Investigation*., 38: 1733, 1959.

4 - Baum, P., and Czok,R., *Biochem. Z*, 332: 121–125, 1959

5 – Beechey, R.B , Alcock, N. W., and Mac Intyre, I , *Amer. J. Physiol*,. 201: 1120,1961.

6 – Briscoe, A.M., and Ragan, C., *Nature*., 214: 1132, 1967.

7 - Grahan, L A., Caesar, J.J., and Burger, A,S.V., *Metabolism*., 9 : 646–659, 1960.

8 – Hanna, S , and Mac Intyre, I., *Lancet*., 24, 348–350, 1960.

9 – Hanna, S.,North, K.A., Mac Intyre, I., and Fraser, R., *Brit. Med. J*., 2: 1253,1961.

10– Heaton, F.W., and Pirah, L.N., *Clin. Sci*., 15: 475–479, 1963.

11 - Horton, R., and Bigilieri, E. G., *J. Clin. Endocr*., 22: 1187 - 1192, 1962.

12 – Mac Intyre, I., Boss, S., and Troughton, V.A., *Nature* ., 198: 1058-1060, 1963.

13 – Pullman, T.N., Lavender, A.R., and Aho, I , *Metabolism*., 16 : 358–362, 1967.

14 - Silver; L., Robertson, I.S , and Dahl, L.K., *J. Clin. Investigation*., 39: 425,1960.

15 - Wacker, W.E.C., Lida, C., and Fuwa.K. *Nature*., 202: 659–1964.

16 - Warren, E.C., Wacker, M.D., and Parisi, A.F., *New Eng., J. Med*., 21: 658–1968

17 - Webster, L.T.,Jr., and Davie, E.W., *J. Biol. Chem*., 263 : 479, 1961.

18 - Williams, R.J.P. and and Wacker, W.E.C., *J.A.M.A*., 201: 18–22, 1967.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-18]