

# Magnezyumun Metabolizması ve Ölçümü

## METABOLISM OF MAGNESIUM AND ITS MEASUREMENTS

Taner ÖZGÜRТАŞ\*, Türker KUTLUAY\*\*

\* Yrd.Doç.Dr., GATA Biyokimya ve Klinik Biyokimya AD, ANKARA

\*\* Prof.Dr., GATA Biyokimya ve Klinik Biyokimya AD, ANKARA

### Özet

Son yıllarda tıpta magnezyum iyonuna ilgi giderek artmakta, metabolizması ve biyokimyasal özellikleri daha detaylı olarak incelenmektedir. Teknolojik gelişmeler de magnezyum iyonunun ölçümünü kolaylaştırmaktadır.

Magnezyum, vücutta katyonlar arasında dördüncü, intraselüler ortamda ise en fazla bulunan ikinci iyon unvanını taşımaktadır. Kalsiyum ve potasyum iyonunun transportundan, sinyal iletimine, enerji metabolizmasından hücre üremesine kadar birçok hücreyel olayda magnezyum önemli rol oynar. İntraselüler magnezyum miktarı ekstraselülerden yaklaşık 10 kat fazladır ve bu yüzden serum total magnezyum ölçümleri vücut magnezyumunu tam olarak yansıtmaz. Buna karşın magnezyumun serbest formu olan iyonize magnezyumun ölçümü, hem hücre içine kolay diffüze olabilmesi hem de vücutta rol oynayan aktif formu olması açısından oldukça anlamlıdır. Dokulardaki magnezyum miktarı farklılık göstermekle birlikte yüksek metabolik aktiviteye sahip olanlarda daha yüksek magnezyum miktarına rastlanmaktadır. Magnezyum ölçümleri serum, doku ve intraselüler serbest magnezyum ölçümleri şeklinde üç ana grupta toplanabilir. Her bir grupta yer alan magnezyum ölçümlerinden ve kullanılan alanlarından daha sonra bahsedilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Magnezyum, Magnezyum metabolizması, Magnezyum Ölçümü

T Klin Tıp Bilimleri 2002, 22:530-534

### Summary

With the recently growing concern metabolism and biochemical characteristics of magnesium have been investigated in details. Technological innovations have also improved the measurement of magnesium ion. Magnesium is the 4<sup>th</sup> cation within the body and the second in intracellular medium with respect to the concentration. Magnesium plays a vital role in a wide range of areas; from the transport of calcium and potassium ion to signal transport, from energy metabolism to cell proliferation. Intracellular magnesium is 10 times greater than found in extracellular space therefore, serum total magnesium is not an indicator of magnesium found in the body. On the contrary, ionized magnesium is essential since it can be diffused into the cell and is the functional form in the body. Magnesium concentrations can be different in each tissue, but increased levels can be found in those with higher metabolic activity. Methods for the measurement of magnesium can be classified into 3 groups as those of serum, tissue and intracellular free magnesium. Measurement of magnesium and their possible application will than be discussed.

**Key Words:** Magnesium, Magnesium metabolism, Magnesium measurement

T Klin J Med Sci 2002, 22:530-534

### Magnezyumun Absorbsiyonu, Ekskresyonu ve Hormonal Kontrolü

Magnezyum (Mg) başlıca deniz ürünleri, fındık, tahıl, yeşil lifli sebzeler ve ette bulunur. Mg'un absorpsiyonuyla ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen mekanizması ve kontrolü hala tam olarak anlaşılammıştır. Ancak serbest yağ asidi, fitat, oksalat ve fosfatın Mg'a bağlanabileceği ve absorpsiyonunu bozabileceği belirtilmiştir (1,2). Diyetle alınan Mg'un (300-350mg) yaklaşık %30-40'ı ileum ve kolondan absorbe edilir. Mg emiliminde pasif sızmaya ilişkin kanıtların bulunması, absorpsiyonda pasif paraselüler bir mekanizmanın rol oynadığını düşündürmektedir (3-7).

Ortalama bir yetişkinde yaklaşık 24 g (1 mol) Mg bulunur. Bu Mg'un % 60'ı kemiklerde -bunun da ancak üçte biri metabolik sıklusa katılır-, yaklaşık % 40'ı yumuşak dokularda (kas) ve ancak % 1'i kanda bulunmaktadır. Normal serum Mg düzeyi 1.7-2.2 mg/dl (0.7-0.9 mmol/L) iken serebrospinal sıvı Mg konsantrasyonu 2.0-2.7 mg/dl (1.0-1.4 mmol/L) dir (1). Serum Mg'unun üçte biri proteine, özellikle albümine bağlı, geri kalan üçte ikisi ise serbest (iyonize) formdadır ve böbrekte filtrasyona uğrayabilir.

Mg homeostazında birincil organ böbrektir. İdrarla atılan günlük Mg miktarı ortalama olarak erkekler için 150, kadınlar için 120 mg dır (8,9). Mg böbrekte filtrasyon ve

reabsorbsiyon işlemlerine tabii tutulur (2). Serum Mg'unun yaklaşık %75'i glomerüler membrandan filtrasyona uğrar, filtrasyona uğrayan Mg'un %15'i proksimal tüplerden, büyük kısmı (%50-60'ı) ise Henle kulpunun çıkan kolu tarafından reabsorbe edilir. Normal şartlar altında filtrasyona uğrayan Mg'un sadece %3 ila 5'i idrarla atılır. Diüretikler, sisplatin, gentamisin ve siklosporin gibi bazı ilaçlar Mg'un reabsorbsiyonunu önleyerek atılımını arttırılabilir (10,11). Mg düzeyinin yaşa bağlı değiştiği ve ileriki yaşlarda hem serum hem de idrar Mg düzeyinin azaldığı bildirilmiştir (12).

Mg'un hormonal kontrolüne ilişkin birçok çalışma olmasına rağmen konu tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Hatta hormonal kontrolünün yetersizliği sebebiyle Mg vücudun "yetim" iyonu olarak tanımlanmıştır (13). Mg'un regülasyonunda gastrointestinal sistem (GİS) ve kemik dokusu da rol oynamaktadır ancak temel organ böbrektir. Paratiroid hormon (PTH) ve kalsitonin böbrekten Vitamin D (Vit-D) ise bağırsaklardan Mg reabsorbsiyonunu artırır (5,14-18). İnsulin ve glukagon Mg metabolizmasında birbirine zıt rol oynarken (19,20) aldosteronun Mg sekresyonu üzerine hafif bir etkisi vardır. Ayrıca antidiüretik hormon, ve seks steroidleri gibi bir kısım hormonların da Mg regülasyonunda etkili olabileceği bazı yayınlarda belirtilmiştir (13,21).

### Magnezyumun Fizyolojik Rolü

Mg hücre içi nükleus, mitokondri ve endoplazmik retikulum organellerinde homojen olarak dağılmıştır. Sitoldeki Mg'un çok büyük bir kısmı ATP ile kompleks yapmış, çok az bir kısmı (%5) ise serbest formda bulunmaktadır. Mg'un plazma membranlarından transportu net olarak bilinmemekle birlikte Na<sup>+</sup>, Mg değiştirici bir molekül aracılığı ile olduğu sanılmaktadır. Mg'un hücre içine girişi ve çıkışı hücre içi cAMP aracılığıyla olmaktadır. Hücre içi cAMP miktarı arttıkça Mg hücre dışına çıkarken cAMP miktarı azaldıkça hücre içine Mg girişi olmaktadır (22).

Mg kofaktör olarak 300'den fazla enzimatik reaksiyonda rol oynar (23-26). Hücre içerisinde rol oynadığı reaksiyonlar arasında, özellikle enerji metabolizmasını ilgilendiren fosfat gruplarının ve reaksiyonlarının aktive edilmesinin yanında, glikoliz, oksidatif fosforilasyon, nükleotid metabolizması, protein sentezi ve plazma membranlarına bağlanacak moleküllerin seçimi gibi intermedier metabolizmanın regülasyonunda görev alır (2,6,24). Mg aynı zamanda, iyon transportunda görev alan pompaları, taşıyıcı molekülleri ve kanalları kullanarak sinyal iletimini ve intraselüler kalsiyum ve potasyum konsantrasyonlarını da modüle eder (6,27,28). Bu işi yaparken Mg hücre için çok önemli iki pompada aktif olarak rol oynar. Bunlardan ilki Na-K ATPaz pompasıdır. Bu pompa gradient farkına rağmen Na'u hücre dışına K'u ise hücre içine sokma görevini üstlenir,

**Tablo 1.** Magnezyumun Fizyolojik Rolü (2,3)

<b>Direk Enzim Aktivitesine Etkisi</b>
Kinaz (Hekzokinaz, Kreatin Kinaz, Protein Kinaz, Fosfofruktokinaz, Kreatin kinaz)
ATPaz veya GTPaz (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> ATPaz, Ca <sup>++</sup> ATPaz)
Siklazlar (Adenilat Siklaz, Guanilat Siklaz)
5-Fosforibozil-pirofosfat sentataz
Adenilat Siklaz
<b>Membran Üzerindeki Etkisi</b>
Sinirsel iletim
Kalsiyum Kanal Aktivasyonu
Potasyum Transportu

ancak çalışması için enerjiye yani ATP'ye ihtiyaç duyar. ATP ancak ortamda Mg iyonu varlığında hidrolize uğrayarak pompa için gerekli enerjiyi sağlar. Mg'un görev aldığı diğer pompa Kalsiyum-ATPaz pompasıdır. Bu pompa da hücre içi kalsiyumu gradient farkına rağmen dışarı atarken enerji kullanır ve enerji kaynağı olan ATP yine Mg varlığında hidrolize olabilir. Mg'u kofaktör olarak kullanan enzimatik reaksiyonlar hücre siklusu açısından da büyük önem taşımaktadır (3). Tablo-1'de Mg'un rol oynadığı bazı reaksiyonlar ve etkilediği enzimler görülmektedir.

### Magnezyum Eksikliği (Hipomagnezemi)

Mg transport fonksiyonlarında, sinyal iletiminde, enzim aktivitesinde, enerji metabolizmasında, nükleik asit ve protein sentezinde ve biyolojik membranların korunmasında rol oynadığı için eksikliği tıbbi olarak önem taşır. Hipomagnezemi, Mg fazlalığına (hipermagnezemi) göre daha sıklıkla görülür. Hastaneye başvuranların yaklaşık % 11'inde Mg eksikliği görülür (1). Hatta bu oran yoğun bakım hastalarında %65'e kadar yükselmektedir (2). Klinik olarak görülen hipomagnezemi, GİS'ten veya böbrekten Mg kaybına bağlı olarak ortaya çıkar. Normal beslenenlerde Mg eksikliği hemen hemen hiç görülmez (2). Hipomagnezemi nedenleri Tablo 2'de görülmektedir.

Klinik olarak Mg eksikliğin erken semptomları arasında; iştahsızlık, bulantı, kusma, letarji ve halsizlik sayılabilir. Eğer Mg eksikliği şiddetlenirse, parestezi, kas krampları, irritabilite, dikkatte azalma ve mental konfüzyon görülebilir (3). Mg'a ait bu semptomların ortaya çıkışında hipokalsemi ve hipokaleminin de rolü vardır (3).

İskemik kalp hastalığı, konjestif kalp yetmezliği, ani ölüm, kardiyak aritmiler, diyabetin komplikasyonları, preeklampsi/eklampsi ve hipertansiyon gibi birçok hastalığın patogeneğinde de Mg eksikliğin rol oynadığı düşünülmektedir (3).

### Magnezyum Yüksekliği (Hipermagnezemi)

Hipermagnezemi musküler hipotoni ile kendini

**Tablo 2.** Magnezyum Eksikliğinin Nedenleri (2)

<b>Gastrointestinal Hastalıklar</b>
Uzamış nazogastrik sonda işlemi
Malabsorbsiyon sendromları
Büyük bağırsak rezeksiyonları
Akut ve kronik diyare
İntestinal ve biliyer fistül
Malnütrisyonlar
Akut hemorajik pankreatitler
<b>Kan Transfüzyonu</b>
<b>Neonatal primer hipomagnezemi</b>
Primer hipomagnezemi
<b>Hiperkalsemi</b>
<b>Metabolik asidoz</b>
<b>Alkol</b>
<b>Renal Kayıp</b>
Kronik parenteral sıvı tedavisi
Ozmotik diürez - Glukoz (Diabet)
- Mannitol
- Üre
<b>Renal Hastalıklar</b>
Kronik piyelonefrit, glomerülofrit
Akut tübüler nekrozun diüretik fazı
Postobstrüktif nefropati
Renal tübüler asidoz
Post renal transplantasyon
<b>İlaçlar</b>
Diüretikler
Aminoglikozidler
Sisplatin
Siklosporin
Amfoterisin B
Kardiyak glikozidler

gösterirse de böbrek yetmezliğine bağlı olarak ortaya çıkan hiperkalsemi olmaksızın nadiren görülür. Hipermağnezemi'deki bulgular hipotansiyon, miksiyon güçlüğü, depresyon ve komadır. Hipermağnezemi nedenleri arasında başta kronik böbrek yetmezliği, iatrojenik nedenler, tedavi öncesi diyabetik koma ve hipotiroidizm gelmektedir (29).

### Magnezyum Ölçümü

Mg temel olarak intraselüler bir katyondur, ekstraselüler ortamda bulunan kısmı, total vücut Mg'unun ancak %1'i kadardır. Bu nedenle serum total Mg ölçümü, intraselüler Mg miktarını yansıtmayabilir, ancak yine de Mg durumunu tanımlamada en sıklıkla kullanılan testtir.

Günümüzde total Mg ölçümünde referans metot Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrisidir (1,30). Ancak birçok laboratuvar da rutin serum total Mg ölçümünde kolorimetrik yöntemler kullanılmaktadır (calmagit, metilthymol blue, formazon boyası, magon gibi) (31-33).

Son yıllarda total Mg ölçümüne ek olarak iyonize Mg ölçümü de klinik laboratuvar testleri arasına eklenmiştir. İyonize Mg, Mg seçici elektrotla referans elektrodun bir arada bulunduğu elektrokimyasal bir sistem içerisinde potansiyometrik yöntemle ölçülür (3,34). Yeni geliştirilen likit membran-bazlı iyon selektif elektrot yöntemi kalsiyum interferansından etkilenmediği için oldukça güvenilirdir. Ayrıca bu yöntemle 0.7 mg/dl (0.3 mmol/L)'ye kadar düşük limitlerde iyonize Mg ölçümü yapılabilmektedir ancak daha düşük Mg seviyelerinde bu yöntemin kullanımı sınırlıdır (1,35). Ölçüm güçlüklerine rağmen iyonize Mg analizinin popülaritesi gün geçtikçe artmaktadır, özellikle spastik kolon, kardiyak cerrahi, iskemik ve hemorajik stroke, eklampsi ve hemodiyaliz gibi bazı klinik vakalarda total Mg ölçümüne üstünlük sağlamaktadır (36-41).

Eritrosit, lökosit Mg ölçümleri ile kas biyopsileri dokulara ait total Mg düzeyleri hakkında önemli bilgiler vermektedir. Eritrosit Mg ölçümleri, oldukça kolay ve güvenilir ölçümler olmasına karşın serum veya lökosit Mg düzeyleri ile iyi bir korelasyon göstermeyebilir (42). Lökosit Mg ölçümlerinin ise kas Mg düzeyleri ile iyi bir korelasyon gösterdiği saptanmıştır (43). Kaslar, yapılarında total vücut Mg'unun yaklaşık %30'unu bulundurmaları nedeniyle Mg ölçümlerinde önemli bir kaynaktır. Ancak kas biyopsilerinin invaziv testler olması ve maharet gerektirmesi yanında testin zaman alıcı ve masraflı oluşu, zorunlu haller dışında kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle primer olarak araştırma maksatlı kullanılır (5).

İntraselüler ya da sitozolik serbest Mg ölçümleri için fluorensans prob, nükleer manyetik rezonans (NMR) spektrometri, iyon selektif mikroelektrod ve metalokromik indikatör yöntemleri gibi birçok yöntem mevcuttur (3). Ancak bu yöntemler birtakım dezavantajlara sahiptirler. Örneğin metalokromik indikatör yönteminde asıl güçlük hücre içindeki kalsiyum, sodyum ve pH interferanslarıdır (25). Ayrıca bu tekniklerin özel enstrümanlar gerektirmesi klinik laboratuvar ölçümlerinde kullanımlarını kısıtlamaktadır.

NMR spektrometri yönteminde, ATP ve ATP'nin Mg'la yaptığı komplekslerin spektrum farkından faydalanarak serbest Mg ölçümü yapılmaktadır. Enstrüman güçlüğü aşıldığı takdirde bilinen en spesifik serbest Mg ölçüm yöntemidir (44).

Fluorensans prob yönteminde, plazma membranına penetre olan probun yardımı ile iki eksitasyon dalga boyu arasındaki fluorensans oranı ölçülür. Bu yöntemle ölçümde, fluorensans ilaçların varlığı ve hücre siklusu sırasındaki poliaminlerin konsantrasyon değişiklikleri ölçüm duyarlılığını oldukça etkilemektedir (45).

Mg metabolizmasını tanımlamada kan Mg ölçümleri gibi üriner Mg ölçümleri de oldukça sınırlı bilgi vermektedir. Çünkü Mg atılımı diyetten ve diğer birçok faktörden etkilenmektedir. Şiddetli Mg eksikliğinde üriner atılım oldukça düşer ve Mg yükleme testi sonrasında Mg retansiyonu oldukça artar. İntravenöz Mg yükleme testleri güvenilir olmalarına karşın oldukça zahmetli testlerdir (46).

Sonuç olarak, Mg durumunu tanımlamaya yönelik birçok test olmasına rağmen bunların etkinlikleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle amaca yönelik test seçimi önem kazanmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Henry JB. Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods, 19<sup>th</sup> ed. Philadelphia; W.B.Saunders Company 1996, p 197-8.
- Rude RK. Magnesium metabolism and deficiency. Endocrinology and Metabolism Clinics of North America 1993 ; 22(2) : 377-95.
- Saris NL, Mervaala E, Karppanen H, et al. Magnesium An Update on Physiological, Clinical and Analytical Aspect. Clinica Chimica Acta 2000; 294:1-26.
- Shils ME. Magnesium. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, editors, Modern nutrition in health and disease, 8<sup>th</sup> ed, Philadelphia: Lea & Febiger. 1994; 164-84.
- Quamme GA. Renal magnesium handling: New insights in understanding old problems. Kidney Int 1997; 52:1180-95.
- Beyenbach KW. Transport of magnesium across biological membranes. Magnes Trace Elem 1990; 9: 233-54.
- Kayne LH, Lee DBN. Intestinal magnesium absorption. Miner Electrolyte Metab 1993; 19:210-17.
- Elin RJ. Laboratory Tests for The Assessment of Magnesium Status in Humans. Magnes Trace Elem 1991; 10:172-81.
- Danielson BG, Johansson G, Ejunghall S. Magnesium metabolism in healthy subjects. Scand J Urol Nephrol 1979; 51(suppl): 49-73.
- Abe M, Sherwood L. Regulation of parathyroid hormone secretion by adenylyl cyclase. Biochem Biophys Res Comm 1972; 48:392-98.
- Abraham A, Shaoul R, Shimonovitz S, et al. Serum magnesium levels in acute medical and surgical conditions. Biochemical Medicine 1980; 24:19-21.
- Güneral F, Sunguroğlu K. Influence of Age and Sex On Copper, Zinc and Magnesium Concentrations in Plasma, Erythrocytes and Urine of Healthy Adults. Tr. J. of Med. Sci. 1997; 27: 217-21.
- Goldman A, Van Fossan D, Baird E. Magnesium deficiency in celiac disease. Pediatrics 1962; 29: 231-48.
- Morel F. Sites of hormone action in the mammalian nephron. Am J Physiol 1981; 240: F159-64.
- Bailly C, Roinel N, Amiel C. Stimulation by glucagon and PTH of Ca and Mg reabsorption in the superficial distal tubule of the rat kidney. Eur J Physiol 1985 ; 403: 28-34.
- Zofkova I, Kancheva RL. The relationship between magnesium and calciotropic hormones. Magnes Res 1995; 8:77-84.
- Carpenter TO. Mineral regulation of Vitamin D metabolism. Bone Miner 1989; 5: 259-69.
- Poujeol P, Touvay C, Roinel N, Rouffignac C. Stimulation of renal magnesium reabsorption by calcitonin in the rat. Am J Physiol 1980; 239: F524-32.
- Jacomella V, Sauser A, Truttmana AC, Siegenthaler BV, Capillo S, Bianchetti MG. Free plasma magnesium following glucose loading in healthy humans Acta Diabetol 1997; 34: 235-7.
- Rossier M-C, Truttman AC, Vigier RO, Stoffel PB, Bianchetti MG. Free and total circulating magnesium following glucagon injection in humans. Magnes Res 1999; 12: 175-9.
- Guideri G, Lühr D, Horowitz S. Enhanced incidence of isoproterenol-induced ventricular fibrillation in the magnesium-deficient rat. J Am Coll Nutr 1985; 4:139-45.
- Andrea MP, Romani AM, Scarpa A. Regulation of cellular magnesium. Frontiers in Bioscience 2000; 5: 720-34.
- Grubbs RD, Maguire ME. Magnesium as a regulatory cation: Criteria and evaluation. Magnesium 1987; 6: 113-27.
- Wacker W, Parisi A. Magnesium metabolism. N Engl J Med 1968; 278: 658-63.
- Romani AM, Scarpa A. Regulation of cell magnesium. Arch Biochem Biophys 1992; 298: 1-12.
- Altura BM. Basic Biochemistry and Physiology of Magnesium; A Brief Review. Magnes Trace Elem 1991; 10:167-71.
- Flatman PW. Mechanism of magnesium transport. Annu Rev Physiol 1991; 53: 259-71.
- Agus ZS, Morad M. Modulation of cardiac ion channels by magnesium. Annu Rev Physiol 1991; 53: 299-307.
- Wallach J. Interpretation of Diagnostic Tests: A synopsis of laboratory medicine fifth edition, Little, Brown and Company 2000; pg 49.
- Elin RJ. Determination of Serum Magnesium Concentration by Clinical Laboratories. Magnes Trace Elem 1991; 10: 60-6.
- Henry RJ, Cannon DC, Winkelman JW. Clinical chemistry principles and techniques, ed 2, New York, Harper & Row Publishers, Inc, 1974.
- Gindler EM, Heth DA. Colorimetric determination with bound "Calmagite" of magnesium in human blood serum. Clin Chem 1971; 17: 663 (Abstract).
- Hulanicki A. Magnesium: chemical properties and methods of determination. Clin Chem Enzym Commun 1993; 5: 135-42.
- Malinowska E, Meyerhoff M. Potentiometric response of magnesium selective membrane electrode in the presence of nonionic surfactants. Anal Chim Acta 1999; 382: 265-75.
- Shirey TL. Ionized Magnesium. Clinical Chemistry News 1993; 19(5):13.
- Maj-Zurawska M, Hulanicki A, Drygieniec D et al. Ionized and total magnesium level in blood serum and plasma of healthy and ill adults. Electroanalysis 1993; 5: 713-7.
- Kulpmann WR, Rademacher E, Bornscheuer B. Ionized magnesium concentration during liver transplantation, resection of the liver and cardiac surgery. Scand J Clin Lab Invest 1996; 56(224): 235-43.
- Altura BM, Altura BT. Magnesium in cardiovascular biology. Sci Am Sci Med 1995; 2: 28-37
- Altura BT, Memon ZI, Zhang A et al. Low levels of serum ionized magnesium are found in patients early after stroke which result in rapid elevation in cytosolic free calcium and spasm in cerebral vascular muscle cells. Neurosci Lett 1997; 230: 37-40.

40. Handwerker SM, Altura BT, Altura BM. Ionized magnesium and potassium levels in pregnant women with preeclampsia and eclampsia. *J Reprod Med* 1995; 40: 201-8.
41. Huijgen HJ, Sanders R, Van Olden RW, Klous MG, Gaffar FR, Sanders GT. Intracellular and extracellular blood magnesium fraction in hemodialysis patients; is the ionized fraction a measure of magnesium excess? *Clin Chem* 1998; 44: 639-48.
42. Elin RJ. Magnesium metabolism in health and disease. *Dis Mon* 1988; 34:165-218.
43. Dyckner T, Wester PO. Skeletal muscle magnesium and potassium determinations: Correlation with lymphocyte contents of magnesium and potassium. *J Am Coll Nutr* 1985; 4: 619-25.
44. Geven WB, Vogels Mentink GM, Willems JL, et al. P Nuclear magnetic resonance and zero-point titration compared for measuring free magnesium concentration in erythrocytes *Clin Chem* 1991; 37: 2076-80.
45. Günther T, Vormann J, Konstanczak P, Schafer A. Interactions of polyamines in the measurement of free magnesium concentration by mag-fura-2 and P-NMR. *Biochim Biophys Acta* 1994; 1192: 281-5.
46. Cohen I, Laor A. Correlation between bone magnesium concentration and magnesium retention in the intravenous magnesium load test. *Magnes Res* 1990; 3: 271-4.

---

**Geliş Tarihi:** 26.11.2001

**Yazışma Adresi:** Dr.Taner ÖZGÜRТАŞ  
GATA Biyokimya ve Klinik Biyokimya AD,  
06018 Etlik, ANKARA  
chem352000@yahoo.com