

**KONU 32**

---

**SIVI-ELEKTROLİT METABOLİZMASI  
BOZUKLUKLARI**

---

**Müjdat YENİCESU**

Böbrek sıvı, asit-baz ve elektrolit dengesinin düzenlenmesinde hayati rol oynayan organlardan birisidir. Böbrek yetmezliğinde sıvı, asit-baz ve elektrolit dengesi bozuklukları sık karşılaşılan sorunlardır. Ayrıca diyaliz tedavisinin kendisi de sıvı, asit-baz ve elektrolit dengesi bozukluklarına yol açar. Bu konuda hemodiyaliz hastalarında karşılaşılan hipervolemi, hipovolemi, sıvı-elektrolit dengesizlikleri ve asit-baz metabolizması değişikliklerinden bahsedilecektir.

**HİPERVOLEMİ**

Hemodiyaliz hastalarında sık karşılaşılan bir sorundur. Özellikle ülkemizdeki hemodiyaliz hekimlerinin en sık karşılaştığı problemlerden birisidir. Hipervoleminin en sık nedeni fazla oral veya parenteral sıvı alınmasıdır. Hipervolemi hastaya yapılması gereken ultrafiltrasyon miktarının artmasına yol açar. Bir diyaliz seansında yapılması gereken ultrafiltrasyon miktarı artınca, hipotansiyon, kas krampları, kan akımının azaltılması ile ilişkili yetersiz diyaliz gibi sorunlar ortaya çıkar ve diyaliz tedavisi planlanandan daha erken ve yeterli ultrafiltrasyon yapılmadan sonlandırılabilir. Bu durum hipervoleminin devam etmesine katkıda bulunur ve bir kısır döngü oluşur. Hastanın yaşam kalitesi olumsuz etkilenir. Bu nedenlerle hastalarda hipervolemi önlenmeli, hastalar 'Kuru Ağırlık'larına ulaştırılmalıdır (Bakınız Konu 27). Hemodiyaliz tedavisinde etkili yöntemler ultrafiltrasyon ve hastanın fazla sıvı almasının önlenmesidir.

**HİPOVOLEMİ**

Kusma, ishal gibi sıvı kayıpları, ağızdan yeterli sıvı alamama veya fazla ultrafiltrasyon gibi nedenlerle hastada hipovolemi gelişebilir. Hipovolemi, hipotansiyon ve arteriyovenöz fistül tıkanması gibi komplikasyonlara yol açabilir, bu nedenle gelişmesi önlenmeli, gelişmişse tedavi edilmelidir.

## HİPONATREMİ

Hiponatremi, hemodiyaliz hastalarında sık karşılaşılan bir elektrolit bozukluğudur. Bu hastalarda hiponatreminin en sık nedeni ağızdan fazla sıvı alınması veya fazla intravenöz (İV) hipotonik sıvı verilmesidir. Hemodiyaliz hastalarında diğer bir hiponatremi nedeni ise ciddi hiperglisemidir. Ciddi hiperglisemisi bulunan hemodiyaliz olgularında serum glukoz konsantrasyonundaki her 100 mg/dl'lik artış hücre içi (intracellular) alandan hücre dışı (extracellular) alana sıvı geçişi sonucu serum sodyum konsantrasyonunda 1.3 mEq/L azalmaya neden olur.

Hiperglisemiye bağlı ozmotik diürez gerçekleşmediğinden artmış plazma atılamaz, dolayısıyla hiponatremi devam eder. İnsülin uygulaması ile hipergliseminin düzeltilmesi sıvı dağılımını yeniden düzenleyerek hiponatremiyi iyileştirir.

Hemodiyaliz uygulaması ile kullanılan diyalizatın sodyum konsantrasyonuna bağlı olarak serum sodyum konsantrasyonunda değişiklik olacağı aşıkardır. Burada hemen hiponatremik bir hemodiyaliz olgusunun serum sodyum konsantrasyonunun uğrayacağı değişikliğin derinliği ve hızı akla getirilmelidir. Serum sodyum düzeyinde hemodiyalizle gelişecek değişikliğin başlıca belirleyicileri diyaliz öncesi serum sodyum konsantrasyonu, diyaliz sıvısının sodyum konsantrasyonu ve yapılan diyalizin etkinliğidir. Hiponatreminin hızla düzeltilmesinin fatal olarak sonuçlanabilen ozmotik demiyelinizasyon sendromuna neden olduğu bildirilmekle birlikte hemodiyaliz olguları için bu komplikasyonla ilgili olarak yeterli bir bilgi birikimi yoktur. Bu alanda yeterli veri olmasa da ciddi (diyaliz öncesi serum sodyum <125 mEq/L) ve uzun süreli hiponatremisi olan olgularda diyaliz solüsyonunun sodyum düzeyinin hastanın plazma düzeyinden 15-20 mEq/L'den daha fazla olmaması ve birkaç gün içerisinde yapılan peşpeşe diyalizlerle hiponatreminin düzeltilmesi önerilmektedir. Diyaliz öncesi serum sodyum konsantrasyonu >125 mEq/L olan olgularda ise 140 mEq/L olarak hedeflenen diyaliz sonrası serum sodyum düzeyine erişmek için basit bir formülle (140+140-diyaliz öncesi serum sodyum düzeyi) diyaliz solüsyonu için gerekli sodyum konsantrasyonu hesaplanabilir. Örneğin diyaliz öncesi serum sodyum düzeyi 132 mEq/L olan bir hastada diyaliz solüsyonunda sodyum konsantrasyonu (140+8 = 148) mEq/L olmalıdır.

Nadiren, hemodiyaliz tedavisinin kendisi de hiponatremi nedeni olabilir. Teknik bakımı yeterli yapılmamış veya bozukluğu giderilememiş hemodiyaliz makineleri ile yapılan diyaliz de hiponatremiye yol açabilir. Bu durumda aynı makine ile diyaliz yapılan tüm hastalarda hiponatremi izlenir.

Hiponatremi, acil hemodiyaliz endikasyonlarından birisidir ve acil hemodiyaliz gerektiren hiponatremilerin en önemli nedeni İV hipotonik sıvı uygulamasıdır. Bu nedenle böbrek yetmezliği olsun veya olmasın, özellikle ağzdan beslenemeyen hastalara İV sıvı verilirken dikkatli olunmalı ve hiponatremi gelişmesi önlenmelidir.

## **HİPERNATREMİ**

Hemodiyaliz olgularında hipernatremi, hiponatremiye oranla daha nadirdir. Hipernatremi genellikle dehidratasyon veya diyaliz solüsyonunun hazırlanmasındaki hatadan kaynaklanır.

Hipernatremiyi düşük sodyum konsantrasyonlu diyaliz solüsyonu kullanarak tedavi etmek beraberinde önemli komplikasyon riskleri taşır. Bu nedenle diyaliz solüsyonunun sodyum düzeyinin diyaliz öncesi serum sodyum konsantrasyonundan 3-5 mEq/L'den daha düşük olması önerilmez. Eğer düşük sodyum düzeyli diyaliz solüsyonu kullanmak yoluyla hipernatremi süratle tedavi edilmeye çalışılırsa hipotansiyon, adale krampları ve disequilibrium (dengesizlik) sendromu gibi ciddi komplikasyonlar gelişebilir. Ciddi hipernatremik hemodiyaliz olgularının tedavisi için serum sodyum düzeyinden 3-5 mEq/L kadar düşük sodyum içeren diyaliz solüsyonu kullanılarak diyaliz yapılmalı, hemodiyalizi takiben yavaş bir şekilde izotonik veya hafifçe hiponatrik sıvılar uygulanmalıdır. Şiddetli üremi ve hipernatreminin birlikte olduğu hastalarda önce üreminin şiddeti azaltılmalı, hipernatremi daha sonra düzeltilmelidir.

## **HİPOKALEMİ**

Hemodiyaliz olgularında hipokalemi kardiyak disritmilere zemin hazırlaması, ani ölüme neden olabilmesi nedeniyle çok tehlikelidir. Akut diyaliz gerektiren nonoligürik akut böbrek yetmezlikli olgularda hipokalemi nadir değildir. Beslenme bozukluğu bulunan kronik böbrek yetmezlikli oligürik hastalarda da hipokalemi bulunabilir.

Akut hemodiyalize alınan normokalemik veya hipokalemik bir olguda diyaliz sırasında yeterli serum potasyum düzeylerini korumak için diyaliz solüsyonuna 4 mEq/L veya daha yüksek potasyum ilavesi gerekebilir. Diyaliz sırasında gerek

asidozun düzeltilmesi gerekse diyalizattan glukoz emilimi serum potasyumunu düşürücü yönde etkilidir. Bu nedenle diyaliz solüsyonu potasyum düzeyi 4.5 mEq/L'ye ayarlansa bile diyaliz öncesi serum bikarbonat düzeyi 15 mEq/L ve serum potasyum düzeyi 3 mEq/L olan olgulara glukoz içeren intradiyalitik parenteral nütrisyon uygulanması hipokalemi riski nedeni ile zararlı olabilir.

Sürekli hemodiyalize alınan olgularda diyaliz solüsyonuna 2-3 mEq/L potasyum rutin olarak ilave edilir. Digital alan hastalarda hipokalemi eşliğinde disritmi riski daha çok arttığından bu düzey yaklaşık 3 mEq/L olmalıdır. Total parenteral beslenme uygulanan hastalarda da hipokalemi gelişebilir; bu hastalara, serum potasyum düzeyi takibi ile İV potasyum verilmelidir.

## **HİPERKALEMİ**

Hiperkalemi; özellikle diyaliz programını düzenli sürdürmeyen, diyetle K dan zengin besinlerin alınmasına dikkat göstermeyen ve konstipasyon problemi bulunan hemodiyaliz olgularının sorunudur. Hiperpotasemi, ülkemizde hipervolemi ile birlikte diyaliz hastalarında sık karşılaşılan, hayatı tehdit edici boyutlara ulaşan sıvı-elektrolit dengesi bozukluklarından birisidir. Diyabetik hastalarda da sık karşılaşılan bir sorundur. EKG değişiklikleri gösteren ciddi hiperkalemisi bulunan diyaliz olgularına hemodiyaliz başlıyana kadar İV kalsiyum klorür, sodyum bikarbonat, glukoz+insülin solüsyonu verilmelidir. Alternatif bir tedavi yöntemi de İV veya inhaler albuterol gibi betamimetiklerin kullanılmasıdır.

Hemodiyaliz hem konsantrasyon gradiyenti sonucu potasyumu vücuttan uzaklaştırarak hem asidozun düzeltilmesi ve glukoz aracılığıyla potasyumu hücre içine yönlendirerek serum potasyum düzeyini etkili bir şekilde düşürür. Glukoz içermeyen diyaliz solüsyonlarıyla daha fazla miktarda potasyumu uzaklaştırmak mümkün olsa da kronik hiperkalemi problemi olan olgularda 100 mg/dl glukoz içeren diyaliz solüsyonları tercih edilir.

## **HİPOKALSEMİ**

Hemodiyaliz olgularında hipokalsemi sık karşılaşılan bulgular arasındadır. Tedavi olarak oral kalsiyum tuzları ve D vitamini verilir (Bakınız Konu 30). Bazen 3-3.5 mEq/L kalsiyum içeren diyaliz solüsyonlarının kullanılması gerekebilir. Hipokalsemi olgularda konvülsiyon gelişimini kolaylaştırabilir.

## **HİPERKALSEMİ**

Hemodiyaliz olgularında hiperkalsemi sıklıkla kalsiyum ve/veya D vitamini uygulaması sonucu iyatrojenik olarak gelişir. Özellikle fosfat bağlayıcı olarak kullanılan kalsiyum tuzları öğün ile beraber değil de öğünler arasında alınırsa bu komplikasyonun gelişme olasılığı daha fazladır. Alüminyuma bağlı üremik kemik hastalığı bulunanlarda da hiperkalsemi gelişme eğilimi daha fazladır. A vitamini içeren polivitamin preparatlarının kullanılması da hiperkalsemi riski taşır. Paratiroid bezinin otonomi kazanması da hiperkalsemiye yol açabilir. Böbrek hastalığı olmayan olgularda görülen hiperkalsemi nedenleri (tümör, sarkoidoz, multipl miyeloma...) diyaliz olgularında da gelişebilir.

Hiperkalsemik olgularda verilen kalsiyum tuzları ve D vitamini preparatları geçici bir süre için kesilir. Hemodiyaliz solüsyonunun kalsiyum düzeyini ayarlamak yoluyla serum kalsiyum düzeyi etkin bir şekilde düşürülebilir. Diyaliz solüsyonunun kalsiyum içeriği azaltılarak (2-2.5 mEq/L) kalsiyum tuzu ve D vitamini tedavisi daha emniyetli bir şekilde sürdürülebilir.

## **HİPOFOSFATEMİ**

Nadir karşılaşılan problemlerden biri olmasına karşılık aritmi ve solunum durması gibi ciddi sonuçları vardır. Özellikle yeterli beslenemeyen, parenteral beslenme uygulanan, aşırı fosfor bağlayıcı ilaç verilen, sık ve etkin hemodiyalize alınan olgular hipofosfatemi gelişme riski taşır. Bu risk faktörlerini taşıyan olguların serum fosfor düzeyleri dikkatle izlenerek gerektiğinde fosfor replasmanı yapılır.

## **HİPERFOSFATEMİ**

Yeterli hemodiyaliz tedavisi uygulanan olguların serum fosfor değerleri 2.5-6 mg/dl arasında olmalıdır. Hiperfosfatemi önlenmesi ve tedavisi için ilgili konuya bakınız (Konu 30).

## **HİPOMAGNEZEMİ**

Hipomagnezemi yeterli beslenmeyen veya parenteral beslenme uygulanan diyaliz olgularında gelişebilen elektrolit bozukluklarından biridir. Hipomagnezemi aritmilere neden olabilir ve parathormonun salınım ve etkisini azaltıcı yönde etkili olur. Risk taşıyan olguların serum Mg yönünden izlenmesi önemlidir.

## **HİPERMAGNEZEMİ**

Bu durum genellikle magnezyum içeren antiasit, laksatif, fosfor bağlayıcı gibi ilaçların kullanılması sonucu gelişir. Hipermağnezeminin başlıca belirtileri hipotansiyon, halsizlik ve bradiaritmilerdir. Tedavide varsa magnezyum içeren ilaçlar kesilmelidir. Hemodiyaliz serum magnezyum düzeyini düşürmede oldukça etkilidir.

## METABOLİK ASİDOZ

Böbrek yetmezliği genellikle metabolik asidozla birlikte görülür. Metabolik asidoz protein katabolizmasını artırır. Asidoz, ayrıca osteopeni oluşmasına da yol açabilir. Hemodiyaliz hastalarında asidozun şiddeti iki şekilde azaltılabilir;

**1.İki diyaliz arası ağızdan alkali vermek:** Bu amaçla yaklaşık 80 mEq sodyum bikarbonat veya sodyum sitrat verilebilir. Ancak, bu yaklaşımın yararı gösterilememiştir, ayrıca alkaloz, hipervolemi, sodyum yüklenmesi gibi yan etkileri vardır.

**2.Hemodiyaliz:** Asidozun şiddetinin azaltılmasında temel tedavi yöntemi diyaliz aracılığı ile hastaya alkali verilmesidir. Bu amaçla hastaya diyaliz esnasında asetat veya bikarbonat verilir; verilen asetatın büyük çoğunluğu özellikle kas hücresi mitokondriumunda, diyalizin bitimini takiben bir saat içinde bikarbonata dönüşür. Bikarbonat diyalizi ile hastaların diyaliz öncesi kan bikarbonat düzeyi asetat diyalizine göre daha yüksektir yani normale daha yakındır. Tablo 1’de hemodiyaliz hastalarında diyaliz öncesi asit-baz değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Hemodiyaliz olgularında diyaliz öncesi asit-baz değerleri

Alkali tipi	pH (mmHg)	pCO <sub>2</sub> (mEq/L)	HCO <sub>3</sub>	Anyon açığı
Bikarbonat hemodiyalizi	7.38 (7.37-7.39)	37 (34-40)	21.4±2.4	16.5±3.5
Asetat hemodiyalizi	7.36 (7.35-7.37)	31 (29-33)	17.2±1.4	16.7±3.5

Asetat ile yapılan hemodiyalizi takiben kan bikarbonat düzeyinin 22-25 mEq/L’ye, bir saat sonra ise 24-27 mEq/L’ye yükselmesi beklenir. Bikarbonat diyalizinde, özellikle yüksek bikarbonat içeren diyalizatla yapılan diyalizde alkaloz riski vardır, bu nedenle diyaliz sonrası serum bikarbonat düzeyi yakın takip edilmeli ve serum bikarbonat düzeyi 27 mEq/L civarında tutulmalıdır.

Metabolik asidoz, pratik uygulamada sık karşılaşılan acil hemodiyaliz endikasyonlarından birisidir. Konservatif tedavi ile düzeltilmeyen hastalarda

diyaliz tedavisi yapılmalıdır. Asidozun hızla düzeltilmesi merkezi sinir sisteminde paradoks asidoza yol açabilir. Bu nedenle diyaliz sonrası serum bikarbonat düzeyinin 15-20 mEq/L'yi aşmaması hedeflenir. Ciddi asidozların düzeltilmesinde bikarbonat diyalizi tercih edilmelidir. Hastalara gerekirse diyaliz esnasında İV sodyum bikarbonat da verilebilir.

Öte yandan, diyalizler arası kilo artışı fazla olan olgularda ultrafiltrasyonun yüksek olarak planlanması hastaya bikarbonat transferini olumsuz olarak etkilemektedir, böyle sürekli aşırı kilo artışı gösteren olgularda bikarbonat düzeyi yüksek diyaliz solüsyonları tercih edilmelidir.

## **SOLUNUMSAL ASİDOZ**

Böbrek fonksiyonları normal olan insanlarda solunumsal asidozda böbrek tarafından kompanse edilebilir bir yanıt gelişir ve kan pH'sı normal sınırlarda tutulmaya çalışılır. Böbrek yetmezliği olan hastalarda, normal kişilerde beklenen bu kompanse edilebilir yanıt gelişmez ve hızla kan pH'sı etkilenir. Solunumsal asidozu da olan hemodiyaliz hastalarında tampon madde olarak bikarbonat kullanılması önerilmektedir.

## **METABOLİK ALKALOZ**

Diyaliz olgularında alkalozun en sık nedeni kusma veya nazogastrik aspirasyon, yoğun bakım olgularında ise özellikle total parenteral beslenme sırasında uygulanan laktat veya asetatdır. Alkalozun (özellikle kan pH'sının 7.50'den büyük olması) organizma için asidozdan daha tehlikeli olduğu akılda tutulmalıdır. Eğer diyaliz öncesi bikarbonat düzeyi 28 mEq/L veya daha yüksekse standart asetat veya bikarbonat diyaliz solüsyonları (35-38 mEq/L) kullanılmamalıdır. Bunların yerine alkalozun derecesine uygun olarak 15-28 mEq/L asetat veya bikarbonat içeren diyaliz solüsyonları kullanılmalıdır.

## **SOLUNUMSAL ALKALOZ**

Akut diyaliz endikasyonu olan olguların çoğunda solunumsal alkaloz nedene bağlı olarak vardır. Başlıca solunumsal alkaloz nedenleri pnömoni, akciğer ödemi, akciğer embolisi, karaciğer yetmezliği ve santral sinir sistemi bozukluklarıdır. Diyaliz hastalarında, normal kişilerde izlenen solunumsal alkalozla ilgili kompanse edilebilir değişiklikler tam olarak gelişmez.

Solunumsal alkalozu olan olgularda alkalozun daha da derinleşmesinden sakınmak için hastanın diyaliz öncesi plazma bikarbonat düzeyi normal veya azalmış bile olsa 35-40 mEq/L baz içeren standart diyaliz solüsyonları

kullanılmamalıdır. Tedavideki amaç plazma bikarbonat düzeyini normale getirmek yerine pH'sını normal değerlere taşımak olmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- 1.Ross E, Nissenson AR. Acid-base and electrolyte disturbances. Handbook of Dialysis. Daugirdas JT, Ing TS (eds). Little, Brown and Company, Boston 1994: 401-415.
- 2.Levine DZ. Care of the Renal Patient. 2.ed.,1991.
- 3.Zucchelli P, Santoro A. Correction of acid-base balance by hemodialysis. Kidney International 1993; 43: S179-183.