Endoüroloji Bülteni 2013;6:26-31
DOI: 10.5350/ENDO2013060106

# Perkütan Nefrolitotominin Böbrek Fonksiyonlarına Etkisi

Tuna Mut[1], Mehmet Çetinkaya[1], Sanem Mut[2], Bülent Yazıcı[2]

[1]Muğla Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Üroloji bölümü, Muğla
[2]Muğla Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp bölümü, Muğla

Üriner sistem taş hastalığı ülkemizde endemik olarak görülmekte ve günlük üroloji pratiğinde önemli bir yer tutmaktadır. İnsan hayatının herhangi bir döneminde üriner sistemde taş gelişim riskinin %1-15 oranında olduğu rapor edilmiştir (1). Semptomatik üriner sistem taşları yüksek oranda spontan pasaj ile düşürülmektedir; düşürülmediği durumlarda ise farklı taş ekstraksiyon operasyonları gerekmektedir.

Perkütan nefrolitotominin tarihsel gelişimi, Rupel ve Brown'un 1941 yılında cerrahi olarak hazırlanmış bir nefrostomi traktından böbrek taşını ekstrakte etmesi ile başlamıştır. İlk perkütan nefrostomi ise Goodwin ve ark.'ları tarafından 1955 yılında gerçekleştirilmiştir (2,3). Nefrostomi traktından ilk perkütan nefrolitotomi (PNL) ise 1976 yılında Fernstrom ve Johansson tarafından gerçekleştirilmiş olup, bu yeni teknik yıllar içerisinde ABD, Britanya ve Batı Almanya'da daha fazla gelişme kaydetmiştir (4-9). PNL operasyonu genellikle yüksek taş yükü, kompleks renal taşlar, ESWL'ye dirençli sert taşlar (sistin ve bruşit) ve diğer tedavi modalitelerinin başarısız olduğu durumlarda endikedir. Kanama, ektravazasyon, sepsis, renal hasar ve diğer ciddi komplikasyon insidansının az olması nedeniyle PNL, böbrek taşı cerrahisinde güvenli ve etkili bir yöntem olarak kabul görmektedir. Bunun yanında postoperatif morbidite, iyileşme periyodu, hastane giderleri ve hasta memnuniyeti açısından sahip olduğu avantajlar açık cerrahi yerine tercih edilmesini sağlamıştır. (10-16).

Diğer taraftan üriner sistem taş hastalığında uygulanacak cerrahi modalitesinin böbrek fonksiyonlarına olan etkisi optimal tedavinin seçilmesinde önem arz etmektedir. Bu derlemenin amacı transparankimal bir girişim olan PNL operasyonunun böbrek fonksiyonlarına olan etkisini gözden geçirmektir.

## PNL'nin Genel Populasyonda Böbrek Fonksiyonlarına Olan Etkisi

PNL tekniği ve sonuçlarına ilişkin yeterli klinik veri olmakla birlikte; böbrek fonksiyonları üzerine olan etkisi konusunda yetersiz ve çelişkili bilgi birikimi mevcuttur. PNL'de kaliksiyel sisteme giriş sırasında kullanılan dilatasyon yöntemlerinin çeşitliliği, işlem öncesinde var olan obstrüksiyonun dekomprese edilip/edilmediği, kontrolateral normal fonksiyonu olan böbreğin kompansatuar katkısının olup/olmadığına göre ameliyat sonrası ilgili ünitede renal fonksiyon değerlendirmesi değişkenlik gösterebilmektedir. Böbrek fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler iki ana başlık altında toplanacak olursa; Morfolojik/histolojik yöntemler [hayvan deneylerinde organ/doku incelemesi, intravenöz piyelografi (İVP), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) ve ultrason (US) gibi görüntüleme] ve fonksiyonel incelemelerdir [dimerkaptosüksinikasit (DMSA), dietilen triamin pentasetik asit (DTPA), merkaptoasetiltrigilisin (MAG3) sintigrafisi tahmini glomerül filtasyon oranı (GFR), renal plazma akımı, rezidiv indeks, üriner enzimler]. Bu kadar çeşitli inceleme yöntemi, böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesinde farklı bir karmaşaya yol açmaktadır.

GFR'nin hesaplanmasında kullanılan serum kreatinin değeri; GFR'nin 60mL/min/1,73m2 olduğu değerlerde bile normal sınırlarda kalabilmektedir (17,18,19). Bu nedenle fonksiyonel incelemeler zaman içerisinde ön plana çıkmıştır. Bunlardan birisi yaklaşık GFR hesaplamasında kullanılan 99mTc-DTPA'dır. Bu madde proksimal tubüllere bağlanarak renal korteksin görüntülenmesini sağlamaktadır. Diğer bir ajan olan MAG3 ise; tubüllerden sekrete edilerek renal plazma akımı ile renal fonksiyonu göstermektedir (20).

PNL'nin böbrek fonksiyonlarına etkisi genel olarak bu ajanların böbrekte tutulum veya sekrete edilme miktarlarının preoperatif ve postoperatif farklılıkları olarak değerlendirilmiştir.

Bu konudaki öncü çalışmalardan birinde (1982) Alken ve ark.'ları, 131I-ortoiyodohippurat ile yaptıkları fonksiyonel çalışmada 12 PNL hastasının 10'unda %10'luk bir iyileşme saptarken; diğer iki hastada ise %3 ve %5'lik düşüş olduğunu bildirmişlerdir (21). Marberger ve ark.'ları da aynı ajanla 18 hastanın preoperatif dönemde ve postoperatif 12-43 aylar arasında böbrek fonksiyonlarını değerlendirmiştir. Hastaların böbrek fonksiyonlarında %7,6±2,8 artış saptanmış ancak bu durumun mevcut olan obstrüksiyonun kaldırılması ile bağlantılı olduğu ifade edilmiştir (22). Mayo ve ark.'ları, 15 hastada prospektif olarak gerçekleştirilen çalışmalarında pre-operatif ve post-operatif 24. saat kreatinin klirensini ve 99mTc-DMSA ile separe böbrek fonksiyonunu değerlendirmişler ve böbrek fonksiyonunun non-enfekte taşlarda değişmediğini, enfekte taşlarda ise anlamlı bir şekilde arttığını saptamışlardır (23). Ekelund ve ark.'larının nonosbrüktif, nonenfeksiyöz taşlar için yapılan unilateral PNL hastalarında 99mTc-DTPA ile böbrek fonksiyonunun değerlendirildiği çalışmalarında; birinci günde orta derecede düşen kreatinin klerensinin 14. günde başlangıç değerlerine geri döndüğü saptanmıştır (24). Schiff ve ark.'larının aynı ajanla prospektif olarak değerlendirdiği 33 hastada, postoperatif 3. ve 12. aylarda yapılan sintigrafik incelemelerde anlamlı bir fonksiyonel değişiklik saptanmamıştır. Bununla birlikte, subgrup analizleri sonrasında postoperatif 90. günden önceki ve sonraki değerlendirmelerde sırasıyla istatiksel olarak anlamsız bir fonksiyon kaybı (-%3,4) ve artışı (%0,7) izlenmiştir (25). Trinchieri ve ark.'ları operasyon sonrasında 24.saatte müdahale edilen 11 böbreğin idrarında NAG seviyelerini araştırmış ve bir fark saptamamışlardır (26). Urivetsky ve ark.'ları ise 42 hastayı içeren prospektif çalışmalarında üriner lizozomal aktiviteyi hemen operasyon sonrası ve 1. ile 3. günlerde karşılaştırmışlardır. Hastaların %69'unda bir farklılık saptanmazken, %19'unda intaoperatif yükselen değerlerin postoperatif olarak zamanla normale döndüğü, %12'sinde ise; preoperatif yüksek değerlerin postoperatif dönemde normale döndüğü saptanmıştır (27). Saxby ve ark.'ları, unilateral PNL yapılan hastalarda preoperatif, 24. saatte ve 2. haftada kreatinin klerensi ile prostoglandin-F2$\alpha$ değerlerini karşılaştırmıştır. Kreatinin klirensinde bir fark saptanmazken, 24.saatte yükselen prostoglandin seviyesinin 2.haftada normale döndüğü bulunmuştur (28). Shen ve ark.'ları 20 PNL operasyonu geçiren hastanın idrarında ß2-mikroglobulin (ß2 MG) seviyesini araştırmışlardır (29). ß2-MG'nin normalde %99,9 oranında proksimal tubüllerden absorbe edildiği; absorbsiyonunun %1 oranında azaldığı durumda idrarda 30 kat artacağı kabul edilmektedir (30). PNL operasyonu geçiren vakaların idrarında postoperatif birinci günde anlamlı derecede yükselen ß2-MG değerleri üçüncü günden sonra normal değerlere dönmüştür. Chatham ve ark.'larının MAG3 sintigrafisi ile 19 hastada yaptığı çalışmada hastaların %47'sinde böbrek fonksiyonu stabil, %37'sinde artmış %16'sında ise azalmış olarak rapor edilmiştir (31). Aynı ajanla Al-Kohlany ve ark.'ları staghorn taşlarda açık cerrahi ile PNL'nin etkilerini postoperatif 3. ile 14. aylarda split GFR ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada hastaların %91'inde fonksiyonun stabil kaldığı ya da arttığı saptanmıştır (32). Moskowitz ve ark.'larının staghorn taş için unilateral PNL geçiren 88 hastada Spect 99mTc-DMSA yaptığı çalışmada; girişim yapılan ve kontrolateral böbrekte preoperatif ve postopetratif tutulum açısından fark saptanmamıştır (33). Operasyon gerçekleştirilen böbreğin total fonksiyonel volümünde ve girişim yapılan polün fonksiyonel volümünde ise istatiksel olarak anlamlı azalma saptanmıştır.

### Dilatasyon Sayısı Ve Çapının Etkisi

PNL'nin en önemli basamağı, pelvikalisiyel sisteme kılavuz tel ile girişin sağlanması ve ardından bu yolun farklı tekniklerle dilatasyonudur. Bazı çalışmalarda böbrekteki fonksiyonel değişikliklerin yanı sıra morfolojik değişiklikler de araştırılmıştır. Webb ve Fritzpatrick 31 köpek ile yaptıkları hayvan çalışmasında 15 nefrostomi ve 16 PNL işleminin morfolojik etkilerini postoperatif 48. saat ve 6. haftada İVP ile; fonksiyonel etkisini ise kreatinin klerensi ile değerlendirmiştir (34). Kreatinin klirensinde herhangi bir fark saptanmaz iken nefrostomi traktının erken dönemdeki ödematöz görüntüsü 6. haftada lineer bir skar dokusu şeklinde iyileşmiştir. Clayman ve ark.'ları domuz

modelinde balon ve ardışık amplatz dilatasyonunun oluşturduğu böbrek hasarını histolojik olarak değerlendirmiş, ortalama kortikal volüm hasarını fotografik planimetri tekniği ile %0,13- 0,16 oranında saptamışlardır (35). Travis ve ark.'ları tavşanlarda 24F nefrostomi traktını oluşturmak için tek rijit, ardışık amplatz, metal teleskopik ve balon dilatatör kullanmış ve 48.saat ile 6.haftada nefrektomi ile morfolojik değerlendirme gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, gruplar arasında herhangi bir fark saptanmamış; ayrıca IVP ile 48. saatte parankimal hasar gözlenmezken 6.haftada lineer skar formasyonu tespit edilmiştir (36). Traxier ve ark.'larının gerçekleştirdiği domuz çalışmasında yine fotografik planimetri tekniği ile parankimal skar formasyonu değerlendirilmiştir. 28F ve 11F' e kadar dilatasyon ve 24. saat sonunda alınması planlanarak drenaj için 22F ve 8F nefrostomi tüpü kullanılmıştır (37). İstatiksel fark olmasa da; klasik dilatasyonda skar %0,63 iken, mini dilatasyonda %0,91 olarak belirlenmiştir. Ünsal ve ark.'ları 50 hastada farklı dilatasyon yöntemlerini postoperatif 3 ve 6. ayda 99mTc-DMSA ile karşılaştırmıştır (38). Böbrek fonksiyonları hastaların % 74'ünde korunurken, %16'sında artış, %10'unda ise azalma saptanmıştır. 99mTc-DMSA'da saptanan 9 yeni kortikal defektin 6'sının operasyon tarafıyla uyumlu olduğu belirtilmiştir. Handa ve ark.'ları PNL için gerçekleştirilen dilatasyonun böbrekler üzerine olan fonksiyonel etkisini domuzlarda yaptığı çalışmalar ile araştırmıştır (39). Akut etki çalışmasında 30F' e kadar ardışık amplatz ya da balon dilatasyon tekniği kullanılmıştır. Dilatasyon işlemi GFR, renal plazma kan akımı ve üriner sodyum ekskresyonu ile değerlendirilen böbrek perfüzyon ve filtrasyonunda yaklaşık %50 oranında gerilemeye sebep olmuş ve bu durum postoperatif 5. saate kadar sürmüştür. Bu etki balon dilatasyonunda biraz daha fazla ise de; istatiksel olarak fark saptanmamıştır. Etkinin sadece girişim yapılan değil her iki böbrekte olduğu akut dönemde 4 domuzda tüm eksretuar fonksiyonların durması ile gözlenmiştir. Buna karşın Kılıç ve ark.'larının prospektif Doppler ultrasonografi çalışmasında rezistif indeksin 1.gün, 3.-6.-12. aylarda tedavi uygulanan böbreğin giriş sağlanmayan polünde istatiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı ancak kontrolateral böbrekte değişmediği saptanmıştır (40). Handa ve ark.'larının çalışmasında renal filtrasyon ve perfüzyonun 3.günde normal değerlerine döndüğünü saptamıştır.

Nouralizadeh ve ark.'larının kreatinin değeri normal olan 94 hastada prospektif olarak gerçekleştirdiği çalışmada da GFR'nin ilk 48 saat içerisinde azaldığı ancak 72.saatte de hafif bir yükselmenin olduğu; bu etkinin yaş, kilo, operasyon süresi, taş boyutu ve tek/multipl giriş ile farklılık göstermediği ifade edilmiştir (41). Yine Handa ve ark.'larının çoklu ve tek girişin fonksiyonel anlamda farklılığını araştırdığı domuz çalışmasında da; GFR düşüşleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (42). Aynı araştırıcıların retrospektif tek/multipl girişim yapılan 33 hastalık çalışmasında 24 ve 48. saatte kreatinin konsantrasyonunda artış ve GFR'de azalma bildirilmiştir. Aynı grubun retrospektif unilateral/bilateral, tek/çoklu girişin yapıldığı 576 kişilik çalışmasında da; kreatinin seviyesindeki artışın giriş sayısından bağımsız olduğu ifade edilmiştir (42,43). Buna karşın Desai ve Hegarty'nin retrospektif 40 hastayı değerlendirdiği çalışmalarında çoklu girişin yapıldığı vakalarda anlamlı derecede kreatinin artışı, klirens azalması saptanırken tek girişin yapıldığı vakalarda fonksiyonel değişiklik saptanmamıştır (44) .

### PNL'nin Soliter Böbrekli Hastalardaki Etkisi

Çalışmalarda kontralateral böbreğin, unilateral PNL operasyonu sırasında kompansatuar etki gösterip/göstermediği bir tartışma konusu olmaktadır. Bunun en objektif değerlendirmesi ise soliter böbrekli olgulardaki araştırmalardır. Segura ve ark.'larının çalışmasında soliter böbrekli 15 olguda böbrek fonsiyonunda farklılık saptanmazken, Streem ve ark.'ları beş PNL olgusunun 1. ay kontrollerinde stabil ya da azalmış serum kreatinin değerleri saptamıştır (45,46). Liou ve ark.'larının 18 hastalık çalışmasında ise 68 aylık takip sonrası serum kreatinin değerinde ya da GFR'de anlamlı bir değişiklik olmadığı, preopearatif serum kreatinin değeri ile GFR'deki artış arasında da pozitif korelasyon bulunduğu saptanmıştır (47). Jones ve ark.'ları 53 hastalık retrospektif serisinde hemen PNL sonrası böbrek fonksiyonlarının stabil kaldığını bildirmişlerdir (48). Chandhoke ve ark.'larının 36 ve 65. aylarda takiplerini gerçekleştirdiği 7 hastanın ikisinde GFR'de anlamlı düşüş, birinde artış, dördünde ise değişiklik olmadığı

gözlenmiştir (49). Canes ve ark.'ları 81 soliter böbrekli hastanın retrospektif araştırmasında GFR hesaplanması için MDRD formülünü kullanmış ve 1.gün, ay ve yılda değerler karşılaştırılmıştır. Hastaların %76'sında 3. derece ve üstü böbrek yetmezliği mevcut olup GFR 1.ay ve yılda belirgin artış göstermiştir. Hastaların %56'sının böbrek yetmezliği sınıflamasındaki yeri değişmezken, %7'sinde artış, %37'sinde ise olumlu gerileme saptanmıştır. Bu çalışmada, araştırmacılar ayrıca iki prediktif faktöre dikkat çekmiştir. Kadın cinsiyetinde kan basıncı ve diabet gibi faktörlerden bağımsız olarak birinci yılda böbrek fonksiyonlarındaki artışın erkeklere kıyasla 3 kat daha fazla olduğu ve postoperatif ilk ölçümlerde böbrek fonksiyonlarında saptanan artışın birinci yılda olabilecek artışa öngörü sağladığını ifade etmişlerdir (50).

### Böbrek Yetersizliği Olan Hastalarda PNL'nin Etkisi

Böbrek yetersizliği olan vakalar ile yapılan çalışmalarda Agrawal ve ark.'ları 75 hastayı retrospektif olarak değerlendirmişlerdir. Yazarlar 32'si soliter böbrekli olan 50 hastada dekompresyonla iyileşen böbrek fonksiyonunun taş ekstraksiyonu ile daha da arttığını ifade etmiştir (51). Bilen ve ark.'ları MDRD formülü ile GFR hesaplayarak böbrek yetmezliğini sınıflandırdıkları 185 hastalık serilerinde postoperatif fonksiyon artışının daha ileri evre yetmezliği olan hastalarda daha anlamlı olduğunu ifade etmişlerdir (52). Buna karşın Kukreja ve ark.'ları 84 hastalık serilerinde hastaların %68'inde böbrek fonksiyonlarının stabil kaldığını ya da arttığını ancak yetersizlik grubu yüksek olanların son dönem böbrek hastalığına geçme risklerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (53).

### Çocuklarda PNL'nin Etkisi

Çocuklarda PNL araştırmaları özellikle morbidite ve mortalite yönünde yapılmış olup renal fonksiyonlara olan etkisini araştıran sayılı çalışmalar mevcuttur. Mor ve ark.'ları herhangi bir sintigrafik tetkik ile (99mTc-DMSA /99mTc-DTPA/MAG3) preoperatif ve postoperatif olarak değerlendirdikleri 10 hastanın sadece birinde renal fonksiyon kaybı olduğunu belirtmiştir (54). Desai ve ark.'ları 15 yaşından küçük 56 hastanın İVP'lerini retrospektif olarak değerlendirmiş ve 36 hastada renal fonksiyonda azalma olmadığını ifade etmişlerdir (55). Wadhwa ve ark.'ları 3.ayda 99mTc-DMSA, 99mTc-DTPA ve 99mTc-EDC ile separe fonksiyonları ve GFR'yi değerlendirdikleri 9 renal ünitede yeni skar oluşumu olmadığını ve GFR'de azalma saptanmadığını raporlamışlardır (56). Samad ve ark.'ları ise 56 hastada 99mTc-DMSA ile yaptıkları tetkiklerde yeni skar oluşumunun sadece %5 hastada gerçekleştiğini ifade etmişlerdir (57). Böylece PNL'nin diğer yaş gruplarında olduğu gibi PNL'ye minimal etkisi olduğu söylenebilir.

### Sonuç

PNL sırasında taşın ekstrakte edilerek mevcut obstrüksiyonun kaldırılması ya da enfeksiyonun eradike edilmesi ile birlikte renal fonksiyonda artış olacağı kabul ediliyor olmakla birlikte; gerçekleştirilen operasyonun kendisinin de böbrek fonksiyonlarını olumsuz etkileyebileceği mantıklı bir durumdur. Çalışmaların tümü göz önüne alındığında intraoperatif ve operasyonun ilk günü olarak kabul edilecek akut dönemde kısmi bir renal fonksiyon kaybının gerçekleştiği ancak 3. günden sonra fonksiyonun normale döndüğü kabul edilebilir.

Akut fonksiyon kaybının sadece işlemin uygulandığı böbrekle sınırlı kalıp kalmadığı ise ayrı bir tartışma konusu olmaktadır. Akut dönemde unilateral PNL sırasında kontrolateral böbrekte de fonksiyon kaybının olabileceği bidirilmiştir. Buradaki mekanizma ESWL'de bildirilen patofizyolojiye benzer olabilir. ESWL uygulanan domuz böbreği ile birlikte ESWL'nin uygulanmadığı karşı böbrekte de; vazokonstrüksiyon, ciltte somatosensör sinirlerin uyarılması, reno-renal refleksin uyarılması ve plazma renin, aldesteron seviyesinin yükselmesi bildirilmiştir (58,59,60).

Ancak kronik dönemde PNL operasyonu sonucunda renal fonksiyonlarda düzelme olduğu, skar formasyonunun ciddi fonksiyon kaybı yaratmadığı anlaşılmaktadır. Yine de; farklı hasta popülasyonlarında, yeterli sayıda vakalar ile böbrek fonksiyonlarının daha doğru değerlendirilebildiği çalışmaların yapılması konuya daha fazla açıklık kazandıracaktır.

**Kaynaklar:**


1. Pearle MS, Lotan Y. Urinary lithiasis: etiology, epidemiology,and pathogenesis. In: Wein AJ, Kavoussi LR, Novick AC, Partin AW, Peters CA, editors. Campbell-Walsh urology. 9th ed. Philadelphia: Saunders Company; 2007; 1386-7.
2. Rupel E, Brown R. Nephroscopy with removal of stone following nephrostomy for obstructive calculous anuria. J Urol 1941; 46:177–182.
3. Goodwin WE, Casey WC, Woolf W. Percutaneous trocar (needle) nephrostomy in hydronephrosis. JAMA 1955;157: 891–894.
4. Fernstrom I, Johansson B. Percutaneous pyelolithotomy: a new extraction technique. Scand J Urol Nephrol 1976; 10:257–259.
5. Alken P, Hutschenreiter G, Gunther R, et al. Percutaneous stone manipulation. J Urol 1981; 125:463–466.
6. Clayman RV. Techniques in percutaneous removal of renal calculi: mechanical extraction and electrohydraulic lithotripsy. Urology 1984;23:11–19.
7. Segura JW, Patterson DE, LeRoy AJ, et al. Percutaneous removal of kidney stones: preliminary report. Mayo Clin Proc 1982; 57:615–619.
8. Wickham JE, Kellett MJ. Percutaneous nephrolithotomy. Br J Urol 1981; 53:297–299.
9. Smith AD, Reinke DB, Miller RP, et al. Percutaneous nephrostomy in the management of ureteral and renal calculi. Radiology 1979; 133:49–54.
10. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, et al. Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel summary report on the management of staghorn calculi. The American Urological Association Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel. J Urol 1994;151:1648.
11. Rudnick DM, Stoller ML. Complications of percutaneous nephrolithotomy. Can J Urol 1999;6:872–875.
12. Kim SC, Kuo RL, Lingeman JE. Percutaneous nephrolithotomy: An update. Curr Opin Urol 2003;13:235.
13. Michel MS, Trojan L, Rassweiler JJ. Complications in percutaneous nephrolithotomy. Eur Urol 2007;51:899–906.
14. Preminger GM, Clayman RV, Hardeman SW et al (1985) Percutaneous nephrostolithotomy vs open surgery for renal calculi: a comparative study. JAMA 254:1054–1058.
15. Wolf JS, Clayman RV. Percutaneous nephrolithotomy: What is its role in 1997? Urolithiasis 1997;24:43.
16. Al-Kohlany KM, Shokeir AA, Mosbah A, et al. Treatment of complete staghorn stones: A prospective randomized comparison of open surgery versus percutaneous nephrolithotomy. J Urol 2005; 173:469.
17. Perrone RD, Madias NE, Levey AS. Serum creatinine as an index of renal-function: New insights into old concepts. Clin Chem 1992; 38:1933–1953.
18. Levey AS, Bosch JP, Lewis JB, Greene T, Rogers N, Roth D. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: A new prediction equation. Ann Intern Med 1999; 130:461–470.
19. Rule AD, Larson TS, Bergstralh EJ, Slezak JM, Jacobsen SJ, Cosio FG. Using serum creatinine to estimate glomerular filtration rate: accuracy in good health and in chronic kidneydisease. Ann Intern Med. 2004 Dec 21;141(12):929-37.
20. Mettler FA Jr, and Guiberteau MJ: Genitourinary system, in Mettler FA Jr, and Guiberteau MJ (Eds): Essentials of Nuclear Medicine Imaging, 4th ed. Philadelphia, WB Saunders, 1998, pp 335-368.
21. Alken P. Percutaneous ultrasonic destruction of renal calculi. Urol Clin North Am. 1982;9:145-151.
22. Marberger M, Stackl W, Hruby W, Kroiss A. Late sequelae of ultrasonic lithotripsy of renal calculi. J Urol. 1985;133:170-173.
23. Mayo ME, Krieger JN, Rudd TG. Effect of percutaneous nephrostolithotomy on renal function. J Urol. 1985;133:167-169.
24. Ekelund L, Lindstedt E, Lundquist SB, et al. Studies on renal damage from percutaneous nephrolitholapaxy. J Urol. 1986;135:682-685.
25. Schiff RG, Lee WJ, Eshghi M, et al. Morphologic and functional changes in the kidney after percutaneous nephrosto-lithotomy. AJR Am J Roentgenol. 1986;147:283-286.
26. Trinchieri A, Mandressi A, Zanetti G, et al. Renal tubular damage after renal stone treatment. Urol Res. 1988;16:101-104.
27. Urivetsky M, Motola J, King L, Smith AD. Impact of percutaneous renal stone removal on renal function: assessment by urinary lysozyme activity. Urology. 1989;33:305-308.
28. Saxby MF. Effects of percutaneous nephrolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy on renal function and prostaglandin excretion. Scand J Urol Nephrol. 1997;31:141-144.
29. Shen P, Wei W, Yang X, Zeng H, Li X, Yang J, Wang J, Huang J. The influence of percutaneous nephrolithotomy on human systemic stress response, SIRS and renal function. Urol Res. 2010 Oct;38(5):403-8.
30. Mcqueen EG (1962) The nature of urinary casts. J Clin Pathol 15:367–370.
31. Chatham JR, Dykes TE, Kennon WG, Schwartz BF. Effect of percutaneous nephrolithotomy on differential renal function as measured by mercaptoacetyl triglycine nuclear renography. Urology. 2002;59:522-525.
32. Al-Kohlany KM, Shokeir AA, Mosbah A, et al. Treatment of complete staghorn stones: a prospective randomized comparison of open surgery versus percutaneous nephrolithotomy. J Urol. 2005;173:469-473.
33. Moskovitz B, Halachmi S, Sopov V, et al. Effect of percutaneous nephrolithotripsy on renal function: assessment with quantitative SPECT of (99m)Tc-DMSA renal scintigraphy. J Endourol. 2006;20:102-106.
34. Webb DR, Fitzpatrick JM. Percutaneous nephrolithotripsy: a functional and morphological study. J Urol. 1985;134:587-591.
35. Clayman RV, Elbers J, Miller RP, et al. Percutaneous nephrostomy: assessment of renal damage associated with semi-rigid (24F) and balloon (36F) dilation. J Urol. 1987;138:203-206.
36. Travis DG, Tan HL, Webb DR. Single-increment dilatation for percutaneous renal surgery: an experimental study. Br J Urol. 1991;68:144-147.
37. Traxer O, Smith TG 3rd, Pearle MS, et al. Renal parenchymal injury after standard and mini percutaneous nephrostolithotomy. J Urol. 2001; 165:1693-1695.
38. Ünsal A, Koca G, Res¸orlu B, et al. Effect of percutaneous nephrolithotomy and tract dilatation methods on renal function: assessment by quantitative single-photon emission computed tomography of technetium-99m-dimercaptosuccinic acid uptake by the kidneys. J Endourol. 2010;24:1497-1502.
39. Handa RK, Matlaga BR, Connors BA, et al. Acute effects of percutaneous tract dilation on renal function and structure. J Endourol. 2006;20:1030-1040.
40. Kiliç S, Altinok T, Altunoluk B, et al. Long-term effects of percutaneous nephrolithotomy on renal morphology and arterial vascular resistance as evaluated by color Doppler ultrasonography: preliminary report. Urol Res. 2006;34:178-183.

41. Nouralizadeh A, Sichani MM, Kashi AH. Impacts of percutaneous nephrolithotomy on the estimated glomerular filtration rate during the first few days aftersurgery. Urol Res. 2011 Apr;39(2):129-33.
42. Handa RK, Evan AP, Willis LR, et al. Renal functional effects of multiple-tract percutaneous access. J Endourol. 2009;23:1951-1956.
43. Handa RK, Johnson CD, Connors BA, et al. Renal functional effects of simultaneous bilateral single-tract percutaneous access in pigs. BJU Int. 2010;105:125-128.
44. Hegarty NJ, Desai MM. Percutaneous nephrolithotomy requiring multiple tracts: comparison of morbidity with single-tract procedures. J Endourol. 2006;20:753-760.
45. Segura JW, Patterson DE, LeRoy AJ, et al. Percutaneous removal of kidney stones: review of 1,000 cases. J Urol. 1985;134:1077-1081.
46. Streem SB, Zelch MG, Risius B, Geisinger MA. Percutaneous extraction of renal calculi in patients with solitary kidneys. Urology. 1986;27:247-252.
47. Liou LS, Streem SB. Long-term renal functional effects of shock wave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy and combination therapy: a comparative study of patients with solitary kidney. J Urol. 2001;166:36.
48. Jones DJ, Kellett MJ, Wickham JE. Percutaneous nephrolithotomy and the solitary kidney. J Urol. 1991;145:477-479.
49. Chandhoke PS, Albala DM, Clayman RV. Longterm comparison of renal function in patients with solitary kidneys and/or moderate renal insufficiency undergoing extracorporeal shock wave lithotripsy or percutaneous nephrolithotomy. J Urol. 1992;147:1226-1230.
50. Canes D, Hegarty NJ, Kamoi K, et al. Functional outcomes following percutaneous surgery in the solitary kidney. J Urol. 2009;181:154-160.
51. Agrawal MS, Aron M, Asopa HS. Endourological renal salvage in patients with calculus nephropathy and
52. Bilen CY, Inci K, Kocak B, et al. Impact of percutaneous nephrolithotomy on estimated glomerular filtration rate in patients with chronic kidney disease. J Endourol. 2008;22: 895-900.
53. Kukreja R, Desai M, Patel SH, Desai MR. Nephrolithiasis associated with renal insufficiency: factors predicting outcome. J Endourol. 2003;17:875-879.
54. Mor Y, Elmasry YE, Kellett MJ, Duffy PG. The role of percutaneous nephrolithotomy in the management of pediatric renal calculi. J Urol. 1997;158:1319-1321.
55. Desai MR, Kukreja RA, Patel SH, Bapat SD. Percutaneous nephrolithotomy for complex pediatric renal calculus disease. J Endourol. 2004;18:23-27.
56. Wadhwa P, Aron M, Bal CS, et al. Critical prospective appraisal of renal morphology and function in children undergoing shockwave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy. J Endourol. 2007;21:961-966.
57. Samad L, Qureshi S, Zaidi Z. Does percutaneous nephrolithotomy in children cause significant renal scarring? J Pediatr Urol. 2007;3:36-39.
58. DiBona GF, Kopp UC. Neural control of renal function. Physiol Rev 1997;77:75-197.
59. Connors BA, Evan AP, Willis LR, et al. Renal nerves mediate changes in contralateral renal blood flow after extracorporeal shockwave lithotripsy. Nephron Physiol 2003;95:67-75.
60. Atici S, Zeren S, Aribogan A. Hormonal and hemodynamic changes during percutaneous nephrolithotomy. Int Urol Nephrol 2001;32:311-314.

Yazışma Adresi:
*Mehmet Çetinkaya*
*Muğla Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Üroloji Bölümü*
*Orhaniye Mahallesi, İsmet Çatak Caddesi - Muğla*
*Tel : +90 252 214 13 26*
*Fax: +90 252 212 68 04*
*e-mail: drmemoly@yahoo.com*