



Kienböck hastalığı

Kienbock's disease

Haluk Özcanlı, Ahmet Bora Yeter

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Antalya

Kienböck hastalığı (Lunatomalazi) lunatumun avasküler nekrozu ile seyreden, el bilek ekleminde ilerleyici ağrı ve fonksiyon kaybına neden olan bir tablodur. Kienböck hastalığının tedavisinin planlanması ulnar varyans, hastalığın evresi, artroz bulgularının varlığı veya yokluğu ve hastanın yaşı ya da beklentileri gibi hastaya bağlı faktörlere bağlıdır. Radyolojik görünüm çoğunlukla klinik ile uyumlu olmamasına rağmen birkaç farklı cerrahi tedavi yöntemi tanımlanmıştır. Hastalığın erken evrelerinde eklem yüzlerinin dengelenmesi, tekrar kanlanmanın sağlanması, karpal kemikler arası artrodezler, kısmi ya da tam kapitatum kısaltma gibi dekompresyon uygulamaları tanımlanmıştır. Hastalığın geç evrelerinde denervasyonlar, üst dizi karpektomisi veya el bilek eklem artrodezi gibi kurtarıcı uygulamalar tedavide yardımcı yöntemlerdir.

Anahtar sözcükler: Artrit; Kienböck hastalığı; osteonekrozis; el bileği.

Kienbock's disease (Lunatomalacia) is an avascular necrosis of a lunate that can lead to progressive pain and dysfunction of wrist joint. The treatment plan of Kienbock's disease is determined by ulnar variance, stage of the disease, presence or absence of arthritic changes and patient related factors such as age and the expectations of the patient. Although radiographic appearance does not always correlate with the clinical findings, several surgical techniques have been described. Joint leveling, revascularization, intercarpal arthrodesis and decompression procedures such as total or partial capitatum shortening have been described in the early stages of the process. Salvage procedures such as denervation, proximal row carpectomy or wrist arthrodesis might be helpful in the advanced disease.

Key words: Arthritis; Kienbock disease; osteonekrozlar; wrist.

Kienböck hastalığı (Lunatomalazi), Lunatumun ilerleyici osteonekrozudur. İlk olarak Peste^[1] tarafından 1843 yılında kadavralarda tanımlanmıştır. Ancak 1910 yılında radyolojik özelliklerini ilk kez tanımlayan Avusturyalı radyolog Robert Kienböck'ün^[2] adıyla anılmaktadır. Yüz yıl önce tanımlanmış olmasına rağmen hastalığın nedeninin kesin olarak ortaya konamamış olması ve tanımlanmış çeşitli tedavi yöntemlerine rağmen, yeterli uzun dönem karşılaştırmalı çalışmalar olmaması nedeniyle tanı ve tedavi sürecinde hem hasta hem de hekim açısından ciddi zorluklarla karşılaşmaktadır.

Etyoloji

Lunatumun hastalık sürecinde fragmentasyonu ve çökmesi histolojik olarak osteonekroza ikincil olarak ortaya çıkmaktadır. Etyoloji mekanik, vasküler ve

travmatik olmak üzere üç ana başlıkta değerlendirilebilir. Son yıllarda bölgesel vasküler ve anatomik nedenler ön planda düşünülmektedir.^[3] Hulthen,^[4] 1928 yılında 23 Kienböck hastasında yaptığı çalışmada %78 oranında negatif ulnar varyans saptamış ve bunu genel nüfusla karşılaştırdığında sadece %23 oranında gözlendiğini tespit etmiştir. Bu bulgudan yola çıkarak distal radio-ulnar ekleminde ulnanın kısa olmasından dolayı, radio-lunat eklem üzerinden daha fazla yük aktarıldığını, lunatumun kapitatum ve radius arasında olması gerekenden daha fazla yüke maruz kaldığını, sonuçta tekrarlayan mikrokırık gelişimine bağlı olarak Kienböck hastalığı oluşma riskinin arttığını bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda Ulnar varyans ve kısmen azalmış radial inklinasyonun Kienböck hastalığının oluşmasındaki etkileri gösterilmiştir.^[4] Kienböck hastalığı ve negatif ulnar varyans ilişkisi birçok çalışmayla

desteklenmesine rağmen, bu ilişkinin anlamlı olmadığını gösteren çalışmalar da vardır.^[5-7]

Pihtilaşma bozuklukları, azalmış arteriyel akım ve artmış venöz basınç vasküler mekanizmalar arasında sayılabilir. Lunatumun besleyici damarları genellikle eklem olmayan kemik yüzlerinden gerçekleşir. Yapılan çalışmalarda %7-23 arası lunatumda tek volar arteriyel besleyici damar varlığı tanımlanmıştır. Tek bir besleyici arter ve kısıtlı kemik içi damar dallanmaları varlığında akut ya da kronik travma etkisiyle osteonekroza yatkınlık oluşabileceği düşünülmektedir.^[8,9] Jensen ve ark.,^[10] Kienböck hastalarında kemik içi basıncın yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Daha sonra yapılan bir anatomik çalışmada lunatumun venöz akımında oluşabilecek sorunların artmış kemik içi basınca, bunun da osteonekroza yol açabileceği gösterilmiştir.^[11]

Klinik tanı

Lunatum avasküler nekrozu 20-40 yaş arası erkeklerde siktir ve kliniğe genellikle el bilek ağrısı, şişlik, hareket açıklığında azalma ve günlük aktiviteleri gerçekleştirmede güçlük yakınması ile başvururlar. Genellikle tek taraflıdır ve travma öyküsü yoktur.

Görüntüleme yöntemleri ve sınıflandırma

Hastalığın tanısı genellikle belirgin radyolojik görünümün ortaya çıktığı üçüncü evrede konur.



Şekil 1. Manyetik rezonans görüntülemesinde azalmış sinyal intensitesi.

Direkt grafiler ulnar varyans, karpal yükseklik, radial inklınasyon ve dejeneratif değişikliklerin değerlendirilmesi açısından son derece önemlidir. Ulnar varyansın tam olarak değerlendirilmesi için omuz 90°, dirsek 90° ve önkolun nötral pozisyonda olması önemlidir. Hastalığın başlangıcında direkt grafiler tamamen normaldir, daha sonra lunatumda yaygın skleroz ortaya çıkar. Hastalığın ilerleyen dönemlerinde lunatumda çökme oluşur, bunu kapitatumun yukarıya yönelmesi, skafoidin yer değiştirmesi ve sonrasında hızla gelişen yaygın artroz bulgularının ortaya çıkması takip eder. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) direkt radyolojik bulguların olmadığı hastalığın erken dönemlerinde etkilidir. Özellikle T1 ağırlıklı kesitlerde düşük sinyal intensiteleri, T2 ağırlıklı kesitlerde ise hiperintens görünüm izlenir (Şekil 1).

En sık Lichtman'ın radyolojik bulgulara göre tanımlanmış olduğu sınıflandırma kullanılmaktadır (Tablo 1).^[12] Birinci evrede direkt grafiler normaldir, fakat MRG'de difüz sinyal intensite değişiklikleri vardır. İkinci evrede direkt grafilerde lunatumda difüz skleroz vardır. Üçüncü evre ikiye ayrılır: Evre IIIA'da lunatumda çökme vardır (genellikle hastalığın ilk tanımlandığı dönemdir). Evre IIIB'de lunatumdaki çökmeye kapitatumun proksimale yer değiştirmesi ve sakafolunat açının 60°'nin üzerine çıkması ile karpal yükseklik azalması eşlik eder. Evre IV'de lunatumdaki çökmeye radiokarpal ve midkarpal artroz eşlik eder (Tablo 1).

Tedavi

Kienböck hastalığının tedavisinde konservatif tedaviden el bilek artrodezine uzanan çok sayıda tedavi yöntemi tanımlanmıştır. Uygulanan cerrahi yöntemler başlıca üç ana grupta değerlendirilebilir; (i) biyomekanik olarak lunatum üzerindeki yükü azaltan ameliyatlara, (ii) biyolojik yöntemler (vasküler kemik greftleri) ve (iii) kurtarıcı ameliyatlara (Tablo 2).^[4]

Tedavinin planlanmasında hastalığın evresi, ulnar varyans, hastanın yaşı ve beklentileri önemlidir. Konservatif tedavinin hastalığın seyrinde etkili

Tablo 1. Lichtman evrelemesi

Evre I	Direkt grafiler normal, manyetik rezonans görüntülemesinde azalmış intensite
Evre II	Direkt grafide lunatumda skleroz (+), yükseklik kaybı (-)
Evre IIIA	Lunatumun eklem yüzünde çökme (+), karpal dizilim ve yükseklik normal
Evre IIIB	Evre IIIA + Kapitatumun proksimale migrasyonu, skafoid kemik fleksiyonu, skafolunat açısı >60°, karpal yükseklikte azalma (+)
Evre IV	Lunatumun eklem yüzünde çökme, midkarpal ve radiokarpal artroz

Tablo 2. Kienböck hastalığı tedavi şeması

Evre	Ulna (-)	Ulna (+)
Evre I	İmmobilizasyon	İmmobilizasyon
Evre II	Radius kısaltma Ulna uzatma Revaskülarizasyon	Kısmi/tam kapitatum kısaltma Radius kapalı kama osteotomisi Revaskülarizasyon
Evre IIIA	Radius kısaltma Ulna uzatma Revaskülarizasyon	Kısmi/tam kapitatum kısaltma Radius kapalı kama osteotomisi Revaskülarizasyon
Evre IIIB	Radius kısaltma Skafotrapeziotrapezoid/skafokapitat artrodez Üst dizi karpektomisi	Skafotrapeziotrapezoid/skafokapitat artrodez Üst dizi karpektomisi
Evre IV	Üst dizi karpektomisi El bilek artrodezi	Üst dizi karpektomisi El bilek artrodezi

olmadığı ancak hastalığın birinci evresinde ya da diğer evrelerde cerrahi tedaviye geçmeden önceki süreçte kısa süreli uygulandığında gelişmiş olan enflamasyonun ve yakınmaların azaldığı bildirilmiştir.^[13-15]

Radial kısaltma

Mekanik olarak lunatumun üzerindeki yükün azaltılması, çökme ve hastalığın ilerlemesinin engellenmesi amacıyla eklem yüzeylerini dengeleyici yöntemler tercih edilir. Eklem yüzeylerinin dengelenmesi için nötral ya da +1 mm ulnar varyans oluşturulmaya çalışılır. Negatif ulnar varyansın düzeltilmesi işlemi ulnanın uzatılması ya da radiusun kısaltılması yoluyla yapılır (Şekil 2, 3). Eklem yüzeylerinin dengelenmesi için en sık uygulanan yöntem radial kısaltmadır, evre II, IIIA ve IIIB'de kullanılabilir. Bu tekniğin avantajları eklem dışı, uygulanması kolay ve etkili bir yöntem olmasıdır.^[13,16-18]

Nakamura ve ark.^[19,20] yaptıkları çalışmalarda Kienböck hastalığının tüm aşamalarında radial kısaltma yönteminin kullanılabilirliğini ancak 4 mm üzerindeki kısaltmalarda ulnar taraf el bilek ağırlarının ortaya çıkabileceğini bildirmişlerdir. Trumble ve ark.^[17]



Şekil 2. Ameliyat öncesi görünüm 2 mm (-) ulnar varyans ve Evre IIIA.

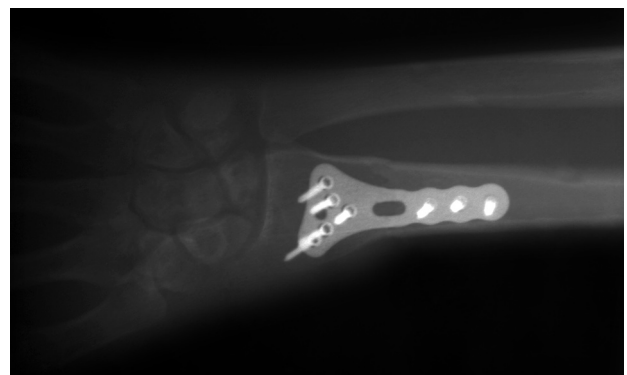
yaptıkları çalışmada 2 mm radial kısaltma yapıldığında büyük oranda lunatum üzerindeki yükün azaldığını 4 mm üzerindeki kısaltmaların ise dekompresyon etkisinin kalmadığını bildirmişlerdir. Evre IIIB'de radial kısaltma tekniğinin uygulanımı tartışmalıdır. Condit ve ark.^[21] çalışmalarında bir grup hastada sonuçların tatminkar olmadığını bildirmişlerse de, diğer birçok çalışmada bu evrede de iyi sonuçlar bildirilmiştir.^[13,16-18,22]

Ulna uzatma

Eklem düzeylerini dengeleyici bir diğer teknik ulna uzatmadır ancak kaynamama riski nedeniyle tercih edilmeyen bir yöntemdir.^[23] Bu istenmeyen durumdan kaçınmak için distraksiyon osteogenesis yöntemiyle uzatma tanımlanmış olmasına rağmen pek sık kullanılan bir yöntem değildir.^[24]

Radius kapalı kama osteotomisi

Ulnar varyansın nötral ya da (+) olduğu durumlarda tercih edilebilecek bir yöntemdir. Radial inklinasyonu azaltacak şekilde yapılan lateral kapalı kama osteotomisi ile radiolunat eklemdaki yük miktarı değişmekle birlikte lunatumun osteotomi sonrası radius tarafından daha iyi kaplanması sonucu lunatum üzerindeki tepe basıncı düşer.^[22,25]



Şekil 3. Ameliyat sonrası görünüm 1 mm (+) ulnar varyans.

Kapitatum kısaltma

İlk olarak Almqvist,^[26] tarafından kapitohamat artrodez ile birlikte tanımlanmış, %83 oranında revaskülarizasyon bildirilmiştir. Kapitatum kısaltma ulnar varyansın nötral ya da (+) olduğu durumlarda tek başına ya da vasküler kemik greftleriyle birlikte uygulanabilen etkin bir yöntemdir.^[4,26,27] Biyomekanik çalışmalarda radiolunat yüklenmeyi belirgin olarak azalttığı ortaya konmuştur.^[28-30] Kapitatum kısaltma komplikasyonları nonunion, implant migrasyonu, proksimal parçanın avasküler nekrozudur.^[31] Moritomo ve ark.,^[32] basit, etkili ve minimal invaziv bir yöntem olarak kısmi kapitatum kısaltma tekniğini tanımlamışlardır.

Biyolojik yöntemler (Vasküler kemik greftleri)

Amaç genellikle lunatumun tekrar kanlanmasını sağlanmasıdır. Bu yöntemin amacı hızlı bir şekilde değişim süreci ve kemik iyileşmesi oluşumu ile birlikte primer kemik iyileşmesini sağlamaktır.^[4] Bunun için uygulanan çeşitli yöntemler tanımlanmıştır. Bunlar: Vasküler pisiform kemik transferi,^[33] iliyak kanattan serbest vasküler kemik transferleri,^[34] pronator quadratus vasküler pediküllü kemik greftleri ve metakarpal arterlerin direkt implantasyonu ve son yıllarda ön plana çıkan distal radiustan 4+5 ekstansör kompartmantal vasküler kemik greftleri sayılabilir.^[35,36] Bu yöntemler tek başlarına ya da diğer tekniklerle [Skafotrapeziotrapezoid (STT) artrodez, skafokapitat (SC) tespitler] birlikte uygulanabilmeleri nedeniyle avantajlıdır.^[35,37] Vasküler kemik transferleri ile birlikte evre IIIA ve IIIB'de eksternal fiksator uygulamaları iyileşme sırasında lunatum üzerindeki mekanik stresi azaltarak iyileşme sürecinde yardımcı olabilir.^[38]

KISMİ KARPAL ARTRODEZLER

Skafotrapeziotrapezoid artrodez

Skafotrapeziotrapezoid artrodez karpal kemiklerin radial kolonunun sabitlenmesi güç aktarımını radioskafoid eklem üzerinden geçirerek radiolunat eklem üzerindeki yükü azaltır. Ancak uzun dönemde radial kolon üzerinden geçen yükler zamanla radiokarpal artroza neden olur.^[39,40] Larsen ve ark.,^[41] meta-analiz çalışmalarında çeşitli nedenlerle yapılan STT artrodezlerde kaynamama oranlarını %0-33 arasında bildirmişlerdir. Kalb ve ark.,^[42] STT artrodezdeki başarısızlık nedenlerini kıkırdakların yetersiz olarak alınması, uygun olmayan tespit ve karpal dizilim sorunlarına bağlamıştır. El bilek hareketlerinde kısıtlılık oluşturmaya rağmen STT artrodez, Kienböck hastalığının geç evrelerinde, ilerleyici karpal çökmeyi önleyen güvenilir bir yöntemdir.^[17,43]

Skafokapitat artrodez

Evre IIIB'de skafoid fleksiyonu sonrası lunatum üzerindeki yüklenmenin arttığı ve bunun da daha hızlı bir şekilde çökmeye neden olarak hastalık seyrini hızlandırdığı gösterilmiştir.^[44] Karpal kemikler arasında yapılan artrodezlerde amaç, skafoid kemiğin uygun pozisyonda sabitlenmesi ve böylece hem karpal yüksekliğin korunması hem de lunatumun üzerindeki yüklenmenin azaltılarak dejeneratif sürecin kısıtlanmasıdır.^[44-46]

Skafokapitat artrodez, STT artrodez kadar başarılı sonuçlar elde edilen bir yöntem olarak tanımlanmıştır.^[46] Bu teknikte el bilek hareketlerinde kısıtlılık daha fazla olmasına rağmen, kaynamama oranları yarı yarıya azdır.^[44] Kaynamama oranlarının düşük olması, artroskopik olarak uygulanabilmesi ve diğer tekniklerle kombine kullanılabilmesi nedeniyle etkin bir tedavi yöntemidir.^[37,44]

Kapitohamat artrodez

Biyomekanik açıdan etkili olmamasına rağmen, hastalığın ileri evrelerinde kapitatumun proksimal hareketini engellemesi nedeniyle, faydalı olduğu düşünülmektedir.^[17]

Oishi ve ark.,^[47] yaptıkları çalışmada el bileği hareket genişliğinin ve kavrama gücünün arttığını göstermişlerdir. Kapitohamat artrodez, el bilek hareketlerini kısıtlamaması ve kolay bir teknik olması nedeniyle kapitatum kısaltma yöntemi ile birlikte kullanılacak bir yöntemdir.^[30]

Kurtarıcı yöntemler

Dördüncü evrede kurtarıcı nitelikte ameliyatlar tercih edilir. Bunlar: Üst dizi karpektomisi, denervasyonlu ya da denervasyonsuz el bilek artrodezi, total el bilek artroplastisidir.^[4,14,15]

Üst dizi karpektomisi

Evre IIIB ve IV'de tercih edilen bir yöntemdir.^[17,48-50] Bu teknikte karmaşık bir eklem hareketleri bütünü basit menteşe eklem haline getirilmektedir. En önemli dezavantajı kemik kısaltılması ve tendonların uzamasına bağlı olarak gelişen kavrama gücü kaybıdır ancak yapılan çalışmalarda uzun dönem takiplerde kavrama gücünün zamanla arttığı gösterilmiştir. Tüm bu belirtilen sorunlara rağmen, yüksek beklentileri olmayan hastalarda uygulanabilecek, ameliyat sonrası el bilek hareket genişliğinde artma ve yeterli kavrama gücü sağlayan sonuçları ile yüz güldürücü bir yöntemdir.^[48-50]

El bilek artrodezi

El bilek artrodezi, Kienböck hastalığının tedavisinde, tek başına ya da denervasyonla birlikte, evre IV ve

özellikle ağır işlerde çalışan hastalarda seçilebilecek bir tedavi yöntemidir.^[4,14,15]

DIĞER YÖNTEMLER

Lunatumun eksizyonu ve interpozisyon artroplastisi

İleri evre Kienböck hastalığında lunatum eksizyonu tek başına veya kısmi artrodez ya da implant uygulamaları gibi diğer yöntemlerle kombine olarak yapılabilir. Tek başına lunatum eksizyonu ile geçmişte iyi sonuçlar bildirilmiştir.^[51] Sonraki dönemde oluşabilecek instabilitenin azaltılabilmesi için tendon dolgu gibi organik veya silikon, titanyum, vitalium gibi implantlar kullanılmıştır.^[52,53] Günümüzde silikonun yaygın sinovit oluşturması ve aşırı biyolojik reaksiyon gelişmesi nedeniyle kullanılmamaktadır.^[54]

El bilek denervasyonu

El bilek denervasyonu, anteryor ve posteriyor interosseöz sinirlerin eklem dallarının kesilmesi ile oluşturulur. Tek başına el bilek denervasyonunun Kienböck hastalığının tedavisinde yeri yoktur, genellikle el bilek artrodezi ya da kısmi artrodezleri ile birlikte uygulanabilir.^[55,56]

El bilek artroplastisi

Kienböck hastalığı tedavisinde ileri evrelerde artrodeze ve üst dizi karpektomisine alternatif olarak seçilmiş olgularda kullanılacak bir yöntemdir ancak yüksek komplikasyon oranları nedeniyle tercih edilmemektedir.^[57]

KAYNAKLAR

- Elhassan B, Shin AY. Management of wrist arthritis secondary to advanced Kienbock disease. *Techniques in Orthopaedics* 2009;24:27-31.
- Wagner JP, Chung KC. A historical report on Robert Kienböck (1871-1953) and Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 2005;30:1117-21.
- Allan CH, Joshi A, Lichtman DM. Kienbock's disease: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2001;9:128-36.
- Luo J, Diao E. Kienböck's disease: an approach to treatment. *Hand Clin* 2006;22:465-73.
- Muramatsu K, Ihara K, Kawai S, Doi K. Ulnar variance and the role of joint levelling procedure for Kienböck's disease. *Int Orthop* 2003;27:240-3.
- Chung KC, Spilson MS, Kim MH. Is negative ulnar variance a risk factor for Kienböck's disease? A meta-analysis. *Ann Plast Surg* 2001;47:494-9.
- D'Hoore K, De Smet L, Verellen K, Vral J, Fabry G. Negative ulnar variance is not a risk factor for Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1994;19:229-31.
- Freedman DM, Botte MJ, Gelberman RH. Vascularity of the carpus. *Clin Orthop Relat Res* 2001;383:47-59.
- Gelberman RH, Bauman TD, Menon J, Akesson WH. The vascularity of the lunate bone and Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1980;5:272-8.
- Jensen CH. Intraosseous pressure in Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1993;18:355-9.
- Pichler M, Putz R. The venous drainage of the lunate bone. *Surg Radiol Anat* 2003;24:372-6.
- Lichtman DM, Mack GR, MacDonald RI, Gunther SF, Wilson JN. Kienböck's disease: the role of silicone replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg [Am]* 1977;59:899-908.
- Salmon J, Stanley JK, Trail IA. Kienböck's disease: conservative management versus radial shortening. *J Bone Joint Surg [Br]* 2000;82:820-3.
- Schuind F, Eslami S, Ledoux P. Kienbock's disease. *J Bone Joint Surg [Br]* 2008;90:133-9.
- Beredjikian PK. Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 2009;34:167-75.
- Altay T, Kaya A, Karapinar L, Ozturk H, Kayali C. Is radial shortening useful for Litchman stage 3B Kienbock's disease? *Int Orthop* 2008;32:747-52.
- Trumble T, Glisson RR, Seaber AV, Urbaniak JR. A biomechanical comparison of the methods for treating Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1986;11:88-93.
- Iwasaki N, Minami A, Oizumi N, Yamane S, Suenaga N, Kato H. Predictors of clinical results of radial osteotomies for Kienböck's disease. *Clin Orthop Relat Res* 2003;415:157-62.
- Nakamura R, Horii E, Imaeda T. Excessive radial shortening in Kienböck's disease. *J Hand Surg Br* 1990;15:46-8.
- Nakamura R, Imaeda T, Miura T. Radial shortening for Kienböck's disease: factors affecting the operative result. *J Hand Surg Br* 1990;15:40-5.
- Condit DP, Idler RS, Fischer TJ, Hastings H 2nd. Preoperative factors and outcome after lunate decompression for Kienböck's disease. *J Hand Surg [Am]* 1993;18:691-6.
- Iwasaki N, Minami A, Oizumi N, Suenaga N, Kato H, Minami M. Radial osteotomy for late-stage Kienböck's disease. Wedge osteotomy versus radial shortening. *J Bone Joint Surg [Br]* 2002;84:673-7.
- Trail IA, Linscheid RL, Quenzer DE, Scherer PA. Ulnar lengthening and radial recession procedures for Kienböck's disease. Long-term clinical and radiographic follow-up. *J Hand Surg Br* 1996;21:169-76.
- Kawoosa AA, Dhar SA, Mir MR, Butt MF. Distraction osteogenesis for ulnar lengthening in Kienbock's disease. *Int Orthop* 2007;31:339-44.
- Garcia-Elias M, An KN, Cooney WP, Linscheid RL. Lateral closing wedge osteotomy for treatment of Kienböck's disease. A clinical and biomechanical study of the optimum correcting angle. *Chir Main* 1998;17:283-90.
- Almqvist EE. Kienbock's disease. *Clin Orthop Relat Res* 1986;202:68-78.
- Waitayawinyu T, Chin SH, Luria S, Trumble TE. Capitate shortening osteotomy with vascularized bone grafting for the treatment of Kienböck's disease in the ulnar positive wrist. *J Hand Surg Am* 2008;33:1267-73.
- Horii E, Garcia-Elias M, Bishop AT, Cooney WP, Linscheid RL, Chao EY. Effect on force transmission across the carpus in procedures used to treat Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1990;15:393-400.
- Viola RW, Kiser PK, Bach AW, Hanel DP, Tencer AF. Biomechanical analysis of capitate shortening with capitate hamate fusion in the treatment of Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1998;23:395-401.

30. Almquist EE. Capitate shortening in the treatment of Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:505-12.
31. Gay AM, Parratte S, Glard Y, Mutaftschiev N, Legre R. Isolated capitate shortening osteotomy for the early stage of Kienböck disease with neutral ulnar variance. *Plast Reconstr Surg* 2009;124:560-6.
32. Moritomo H, Murase T, Yoshikawa H. Operative technique of a new decompression procedure for Kienböck disease: partial capitate shortening. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2004; 8:110-5.
33. Daecke W, Lorenz S, Wieloch P, Jung M, Martini AK. Vascularized os pisiform for reinforcement of the lunate in Kienböck's disease: an average of 12 years of follow-up study. *J Hand Surg Am* 2005;30:915-22.
34. Gabl M, Lutz M, Reinhart C, Zimmerman R, Pechlaner S, Hussl H, et al. Stage 3 Kienböck's disease: reconstruction of the fractured lunate using a free vascularized iliac bone graft and external fixation. *J Hand Surg Br* 2002;27:369-73.
35. Tamai S, Yajima H, Ono H. Revascularization procedures in the treatment of Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:455-66.
36. Moran SL, Cooney WP, Berger RA, Bishop AT, Shin AY. The use of the 4 + 5 extensor compartmental vascularized bone graft for the treatment of Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 2005;30:50-8.
37. Leblebicioğlu G, Doral MN, Atay A A, Tetik O, Whipple TL. Open treatment of stage III Kienböck's disease with lunate revascularization compared with arthroscopic treatment without revascularization. *Arthroscopy* 2003;19:117-30.
38. Lichtman DM, Roure AR. External fixation for the treatment of Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:691-7.
39. An KN. The effect of force transmission on the carpus after procedures used to treat Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:445-54.
40. Iwasaki N, Genda E, Barrance PJ, Minami A, Kaneda K, Chao EY. Biomechanical analysis of limited intercarpal fusion for the treatment of Kienböck's disease: a three-dimensional theoretical study. *J Orthop Res* 1998;16:256-63.
41. Larsen CF, Jacoby RA, McCabe SJ. Nonunion rates of limited carpal arthrodesis: a meta-analysis of the literature. *J Hand Surg Am* 1997;22:66-73.
42. Kalb K, Fuchs V, Bartelmann U, Schmitt R, Landsleitner B. Experiences with the STT (scapho-trapezio-trapezoid) arthrodesis. A retrospective evaluation. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2001;33:181-8. [Abstract]
43. Meier R, van Griensven M, Krimmer H. Scaphotrapeziotrapezoid (STT)-arthrodesis in Kienböck's disease. *J Hand Surg Br* 2004; 29:580-4.
44. Sennwald GR, Ufenast H. Scaphocapitate arthrodesis for the treatment of Kienböck's disease. *J Hand Surg Am* 1995; 20:506-10.
45. Iwasaki N, Genda E, Minami A, Kaneda K, Chao EY. Force transmission through the wrist joint in Kienböck's disease: a two-dimensional theoretical study. *J Hand Surg Am* 1998; 23:415-24.
46. Pisano SM, Peimer CA, Wheeler DR, Sherwin F. Scaphocapitate intercarpal arthrodesis. *J Hand Surg Am* 1991;16:328-33.
47. Oishi SN, Muzaffar AR, Carter PR. Treatment of Kienböck's disease with capitolunate arthrodesis: pain relief with minimal morbidity. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:1293-300.
48. Croog AS, Stern PJ. Proximal row carpectomy for advanced Kienböck's disease: average 10-year follow-up. *J Hand Surg Am* 2008;33:1122-30.
49. Jebson PJ, Hayes EP, Engber WD. Proximal row carpectomy: a minimum 10-year follow-up study. *J Hand Surg Am* 2003; 28:561-9.
50. De Smet L, Robijns P, Degreef I. Proximal row carpectomy in advanced Kienböck's disease. *J Hand Surg Br* 2005;30:585-7.
51. Blanco RH. Excision of the lunate in Kienböck's disease: long-term results. *J Hand Surg Am* 1985;10:1008-13.
52. Swanson AB, de Groot Swanson G. Implant resection arthroplasty in the treatment of Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:483-91.
53. Ueba Y, Nosaka K, Seto Y, Ikeda N, Nakamura T. An operative procedure for advanced Kienböck's disease. Excision of the lunate and subsequent replacement with a tendon-ball implant. *J Orthop Sci* 1999;4:207-15.
54. Smith RJ, Atkinson RE, Jupiter JB. Silicone synovitis of the wrist. *J Hand Surg Am* 1985;10:47-60.
55. Buck-Gramcko D. Wrist denervation procedures in the treatment of Kienböck's disease. *Hand Clin* 1993;9:517-20.
56. Schweizer A, von Känel O, Kammer E, Meuli-Simmen C. Long-term follow-up evaluation of denervation of the wrist. *J Hand Surg Am* 2006;31:559-64.
57. Strunk S, Bracker W. Wrist joint arthroplasty: results after 41 prostheses. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2009;41:141-7. [Abstract]