

Karpal Tünel Sendromu Cerrahisinde Komplikasyonlar ve Yönetimi

Metehan Küçükkurt¹

Gönül Güvenç²

Özet

Karpal tünel sendromu (KTS) cerrahisi yaygın uygulanmasına rağmen persistan semptomlar, rekürrens ve cerrahiye bağlı komplikasyonlar nedeniyle klinik açıdan tartışmalı bir alan olmaya devam etmektedir. Literatürde karpal tünel gevşetme (Carpal tunnel release – CTR) sonrası komplikasyon oranları %2–25 arasında değişmektedir. En sık karşılaşılan sorunlar pillar ağrı, persistan semptomlar ve rekürren karpal tünel sendromudur. Majör sinir yaralanmaları nadir olmakla birlikte en ciddi komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Revizyon cerrahisi uygulanan hastalarda klinik iyileşme oranları %60–80 arasında bildirilmektedir. KTS cerrahisinde görülen komplikasyonların büyük bölümü önlenabilir niteliktedir. Uygun hasta seçimi, ayrıntılı anatomik bilgi, dikkatli cerrahi teknik ve yapılandırılmış rehabilitasyon programları cerrahi başarıyı belirleyen ana faktörlerdir. Persistan ve rekürren olgularda multidisipliner yaklaşım ve modern görüntüleme yöntemleri ile desteklenen revizyon cerrahisi etkili sonuçlar sağlayabilmektedir. Bu derlemede açık, endoskopik ve ultrason rehberli karpal tünel gevşetme (USG guided CTR) tekniklerine ait komplikasyonlar, revizyon cerrahisi yaklaşımları ve uzun dönem klinik sonuçlar hakkında yayımlanmış çalışmaların ışığında KTS cerrahisinde görülen erken ve geç dönem komplikasyonlarının, bu komplikasyonların patofizyolojik temellerinin, risk faktörlerinin ve güncel yönetim stratejilerinin literatür eşliğinde bütüncül olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

- 1 Arş. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Muğla/ Türkiye, metehankucukkurt@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-8467-0253
- 2 Doç. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Muğla/ Türkiye, drgonul35@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9382-8610

1. Giriş

Karpal tünel sendromu (KTS), median sinirin el bileği düzeyinde transvers karpal ligament altında kronik olarak sıkışması sonucu gelişen ve üst ekstremitenin en sık görülen tuzak nöropatisi olarak tanımlanmaktadır. Toplum temelli çalışmalarda prevalansının %3–6 arasında değiştiği bildirilmekte ve kadınlarda erkeklere oranla daha sık görülmektedir (1, 2). Özellikle 40–60 yaş arası popülasyonda hormonal, metabolik ve mesleki faktörlere bağlı olarak insidans belirgin şekilde artmaktadır (3).

Klinik olarak KTS; gece saatlerinde şiddetlenen paresteziler, el ayasında ağrı, kavrama gücünde azalma ve ince motor becerilerde bozulma ile seyretmektedir. Hastalığın ileri evrelerinde tenar kaslarda atrofi ve belirgin motor kayıp gelişebilmektedir (4). Uzamış median sinir kompresyonunun geri dönüşsüz aksonal hasar ile ilişkili olduğu gösterildiğinden, erken tanı ve uygun tedavi stratejileri klinik açıdan büyük önem taşımaktadır (5).

Konservatif tedavi yöntemleri hafif ve bazı orta dereceli olgularda semptom kontrolü sağlayabilse de, elektrodiagnostik olarak orta-ileri derecede tutulum saptanan, belirgin motor defisiti bulunan veya konservatif tedavilere yanıt vermeyen hastalarda cerrahi dekompresyon önerilmektedir (6). Cerrahi sonuçlar genel olarak başarılı olmakla birlikte, persistan semptomlar, rekürrens ve cerrahiye bağlı komplikasyonlar hastaların fonksiyonel durumunu ve memnuniyetini olumsuz etkileyebilmektedir (7).

Bu derleme, KTS cerrahisinde görülen komplikasyonları patofizyolojik, klinik ve cerrahi açıdan ele almayı ve güncel literatür ışığında yönetim yaklaşımlarını sistematik biçimde sunmayı amaçlamaktadır.

2. Anatomi Ve Patofizyolojik Temeller

2.1. Karpal Tünel Anatomisi

Karpal tünel, dorsalde karpal kemikler, volarde ise transvers karpal ligament ile sınırlanan rijit bir fibro-ossöz kanaldır. Kanal içerisinde median sinir ile birlikte dokuz fleksor tendon (dört fleksor digitorum superficialis, dört fleksor digitorum profundus ve bir fleksor pollicis longus) yer almaktadır (8).

Normal koşullarda karpal tünel içi basınç istirahatte 2–10 mmHg arasında değişirken, el bileğinin fleksiyon ve ekstansiyonu sırasında bu basıncın 30–40 mmHg'ye kadar yükseldiği gösterilmiştir (9). KTS olgularında ise intrakanal basıncın istirahatte bile sürekli yüksek olduğu ve bu durumun median sinirde kronik iskemiye yol açtığı bildirilmiştir (10).

Median sinirin rekürren motor dalı klasik olarak fleksor retinakulumun distalinde radial yönde seyrederek; ancak intraligamentöz veya transligamentöz gibi anatomik varyasyonlar oldukça sıktır (11). Bu varyasyonlar cerrahi sırasında sinir yaralanması riskini artırmaktadır. Palmar kutanöz dal ise fleksor retinakulumun proksimalinde yüzeysel seyri nedeniyle açık cerrahi sırasında dikkat gerektiren yapılardandır (12).

2.2. Patofizyoloji

KTS'de temel patofizyolojik mekanizma median sinirin kronik mekanik baskıya maruz kalmasıdır. Bu baskı, ilk aşamada intranöral venöz konjesyon ve ödemle sonuçlanmakta, ilerleyen süreçte mikrovasküler perfüzyon bozulmakta ve sinir iletiminde yavaşlama meydana gelmektedir. Uzun süreli kompresyon segmental demiyelinizasyon ve sonunda aksonal dejenerasyona yol açmaktadır (14).

Fleksör tendon kılıflarında gelişen tenosinovit ve sinovyal hipertrofi, kanal hacmini daha da azaltarak patolojik süreci hızlandırmaktadır. Diyabet mellitus, romatoid artrit ve amiloidoz gibi sistemik hastalıklarda bu süreç daha agresif seyretmekte ve cerrahi sonrası iyileşme sınırlı kalabilmektedir.

3. Tanı

3.1. Klinik Değerlendirme

KTS tanısı öncelikle ayrıntılı anamnez ve fizik muayeneye dayanır. Tinel belirtisi, Phalen manevrası ve el elevasyon testi gibi provokasyon testleri tanısız duyarlılığı artırmaktadır. Gece parestezileri erken ve tipik bir bulgu olup, tenar atrofi genellikle geç evrelerde ortaya çıkmaktadır (17).

3.2. Elektrofizyolojik İncelemeler

Elektromiyografi ve sinir iletim çalışmaları, KTS tanısında yaygın olarak kullanılan objektif yöntemlerdir. Median sinirde distal motor latans uzaması ve duysal iletim hızında yavaşlama tipik bulgular arasındadır (18). Ayrıca bu incelemeler proksimal sinir patolojilerinin ayırıcı tanısında da önemlidir.

3.3. Görüntüleme Yöntemleri

Yüksek çözünürlüklü ultrasonografi (USG) median sinirin kesit alanının ölçülmesine olanak sağlayarak tanıya katkıda bulunmaktadır. Median sinir kesit alanı için 10–12 mm² den büyük değerler patolojik olarak kabul edilmektedir. Manyetik rezonans nörografi ise özellikle revizyon cerrahisi planlanan olgularda perinöral fibrozis ve sinir bütünlüğünün değerlendirilmesinde değerli bilgiler sunmaktadır (20).

4. Tedavi Yaklaşımları

4.1. Konservatif Tedavi

Hafif ve bazı orta dereceli olgularda gece splinti kullanımı, nonsteroid antiinflatuvar ilaçlar ve lokal steroid enjeksiyonları semptom kontrolü sağlayabilmektedir. Steroid enjeksiyonlarının uzun dönem etkinliği sınırlı olup cerrahiye alternatif olarak görülmemelidir (21).

4.2. Cerrahi Tedavi

KTS cerrahisinde temel amaç fleksor retinakulumun tam olarak kesilerek median sinir üzerindeki basının ortadan kaldırılmasıdır. Açık, endoskopik ve ultrason rehberli minimal invaziv teknikler en sık kullanılan cerrahi yöntemlerdir. Bu tekniklerin her biri farklı avantajlar ve riskler içermektedir (22).

5. Cerrahi Komplikasyonlar

Karpal tünel gevşetme (Carpal tunnel release – CTR) cerrahisi genel olarak güvenli bir girişim olmakla birlikte, erken ve geç dönemde ortaya çıkabilen komplikasyonlar hastaların fonksiyonel sonuçlarını ve memnuniyetini belirgin şekilde etkileyebilmektedir. Literatürde bildirilen komplikasyon oranları %2 ile %25 gibi geniş bir aralık arasında değişmektedir. Bu durumun; hasta seçimi, cerrahi teknik, cerrah deneyimi ve takip süresindeki farklılıklarla beraber cerrahi başarı/komplikasyon tanımları için belirli bir standardizasyon bulunmamasına bağlanmaktadır (23, 25).

Cerrah deneyimi ve öğrenme eğrisi özellikle endoskopik ve ultrason rehberli minimal invaziv teknikler açısından belirleyici bir faktördür . Minimal invaziv tekniklerle yapılan çalışmalarda erken dönemde daha az ağrı ve daha hızlı işe dönüş bildirilse de, bu sonuçların çoğunlukla yüksek hacimli ve deneyimli merkezlerden geldiği unutulmamalıdır (19, 21). Gerçek hayat verilerinde, özellikle cerrahi öğrenme eğrisinin erken safhasında inkomplet dekompresyon ve geçici sinir yaralanması riskinin yüksek olduğu gösterilmiştir (19, 20).

Hasta ile ilişkili faktörler de cerrahi sonuçlar üzerinde önemli rol oynamaktadır. Diyabet, romatoid artrit, amiloidoz gibi sistemik hastalıklar ile uzun süreli semptom öyküsü; sinir dokusunun rejenerasyon kapasitesini azaltıp cerrahi sonrası fonksiyonel iyileşmeyi sınırlayarak persistan karpal tünel sendromu gibi geç dönem komplikasyonlarla karışabilen kliniğe yol açabilmektedir. (5, 8). Bu tür olgularda cerrahinin temel hedefi, çoğu zaman tam iyileşmeden ziyade semptom şiddetini azaltmak ve ilerleyici sinir

hasarını durdurmak olmalıdır. Preoperatif danışmanlık sürecinde bu gerçekçi hedeflerin hastaya açıkça anlatılmaması, mediko-legal anlaşmazlıklara zemin hazırlayabilmektedir (25, 29).

5.1. Erken Dönem Komplikasyonları (0-14 Gün)

5.1.1. Sinir Yaralanmaları

Median sinirin ana trunkusu veya dallarının yaralanması, CTR cerrahisinin en ciddi komplikasyonları arasında yer almaktadır. Açık cerrahi sonrası majör sinir yaralanması oranı %0.1–0.5 iken, endoskopik tekniklerde geçici nöropraksi oranlarının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (24). En sık etkilenen yapılar rekürren motor dal, palmar kutanöz dal ve dijital dallardır.

5.1.1.1. Risk faktörleri:

- Anatomik varyasyonlar (transligamentöz motor dal, düşük seyirli bifid median sinir vb.)
- Yetersiz görüş alanı, derin disseksiyonda agresif makas kullanımı
- Endoskopide deneyim eksikliği, yanlış portal yerleşimi
- USG rehberli teknikte yetersiz sinir görüntüleme deneyimi

5.1.1.2. Klinik Bulgular:

Postoperatif erken dönemde Median sinir dermatomunda tam veya parsiyel hipoestezi, şiddetli elektriklenme tarzı ağrı, bazen spontan nöropatik ağrı veya tenar kaslarda beklenmeyen motor kayıp sinir yaralanması açısından uyarıcı olmalıdır. Elektrofizyolojik inceleme ve yüksek çözünürlüklü USG ile yaralanmanın yeri ve tipi (nöropraksi, aksonotmezis, nörotmezis) değerlendirilebilir.

5.1.1.3. Yönetim:

Şüpheli minör yaralanma / nöropraksi durumunda; ağrı kontrolü, el bileği splinti, yakın klinik–elektrofizyolojik takip (6–8 hafta) önerilir. Kanıtlanmış parsiyel/komplet kesilerde mümkünse erken mikronörocerrahi onarım (ilk 24–72 saat) önerilmektedir. Segment defektinde sinir grefti (sural sinir, sinir tüpü) uygulaması ve Ağrılı nöroma varlığında rezeksiyon + uç uca onarım veya sinir uçlarının kas içine gömülmesi uygulanabilecek diğer cerrahi tedaviler olarak öne çıkmaktadır. Tam kesilerin erken dönemde mikrocerrahi onarımı fonksiyonel sonuçları anlamlı derecede iyileştirmektedir (26).

5.1.2. Vasküler Yaralanma ve Hematom

Palmar arkus ve küçük perforan damarlar cerrahi sırasında hasar görebilir. Majör damar yaralanması nadirdir. Yetersiz hemostaz ya da antikoagülan kullanımı sonrası da gelişebilen hematoma, median sinir üzerinde sekonder basıya yol açarak semptomların artmasına neden olabilir. Küçük hematomlar konservatif izlenebilirken, nörolojik bozulma eşlik eden olgularda cerrahi drenaj gereklidir (13).

5.1.2.1. Risk Faktörleri:

- Anatomik varyasyonlar (Aberran vasküler dallar, yüksek yerleşimli palmar arkus vb.)
- Kanama diyatezi, antikoagulan ve antiagregan kullanımı
- Endoskopide deneyim eksikliği, yanlış portal yerleşimi
- Yetersiz görüş alanı, derin disseksiyonda agresif makas kullanımı

5.1.2.2. Klinik Bulgular:

- Artmış ağrı ve gerginlik hissi
- Parmak hareketlerinde kısıtlılık
- İlerleyen dönemde venöz dolaşımda bozulma ile beraber el bileği distalinde ödem
- Şiddetli olgularda akut nörolojik kötüleşme

5.1.2.3. Yönetim:

- Küçük hematomlarda: elevasyon, elastik bandajın gevşetilmesi, soğuk uygulama
- Belli büyüklüğün üzerindeki veya nörolojik defisite yol açan hematomlarda: erken cerrahi drenaj ve debridman

Enfekte hematoma, derin enfeksiyon ve tenosinovite zemin hazırlayabilir; bu nedenle profilaktik veya kültür sonucuna göre antibiyoterapi uygulanmalıdır.

5.1.3. Enfeksiyon

Karpal tünel sendromu cerrahisi sonrası enfeksiyon oranı genellikle %0.3–6.4 arasında bildirilmiştir. Çoğu yüzeysel enfeksiyon şeklindedir ve oral antibiyotiklerle tedavi edilebilir. Derin enfeksiyon, tenosinovit veya osteomyelit oldukça nadirdir. (28).

5.1.3.1. Risk Faktörleri:

- Diyabet, obezite, sigara kullanımı
- Romatoid artrit, immünsüpresyon
- Uzun süreli cerrahi süresi, geniş doku disseksiyonu

5.1.3.2. Klinik Bulgular:

- Skar dokusu ve çevresinde şiddetli ağrı, ödem, hiperemi ve ısı artışı
- Yara yerinde pürülan akıntı
- Parmak hareketlerinde kısıtlılık
- Şiddetli olgularda nörolojik kötüleşme

5.1.3.3. Yönetim:

- Hafif yüzeysel enfeksiyonlar: lokal bakım, oral antibiyotik
- Abse veya derin enfeksiyon: cerrahi drenaj, kültür alınması, parenteral antibiyoterapi
- Nadiren skar revizyonu ve derin dokuların debridmanı gerekebilir

Yüzeysel enfeksiyonlarda yara kültürü ve cerrahi drenaj yapılan hastalarda abse kültürü için örnek alınması ve kültür sonucuna göre antibiyoterapinin gereği halinde revizyonu erken iyileşmenin sağlanabilmesi için büyük önem taşımaktadır.

5.1.4. Pillar Ağrı ve Skar Hassasiyeti

Pillar ağrı, transvers karpal ligamanın kesilmesine bağlı biyomekanik değişiklikler sonucu tenar ve hipotenar bölgelerde gelişen ödem sonucu bu bölgelere yük bindiğinde hissedilen mekanik ağrıdır. Genellikle cerrahi sonrası ilk haftalarda belirgin olup çoğu hastada 3–6 ay içinde geriler; kalıcı olması cerrahi memnuniyeti olumsuz etkileyebilir (29).

5.1.4.1. Risk Faktörleri:

- Cerrahi süresinin uzaması, uzun süreli turnike kullanımı
- Geniş doku disseksiyonuna bağlı cerrahi travma
- Diyabet ve sigara kullanımının mikrovasküler dolaşım üzerine olan olumsuz etkisi
- Cerrahi sonrası dönemde hasta uyumsuzluğu

5.1.4.2. Yönetim ve Önleme:

- Cerrahi süresinin ve turnpike kullanımının kısa tutulması
- Ameliyat sonrası ilk günlerde el elevasyonu
- Kısa süreli (5–7 gün) el bileği splinti, parmak hareketlerinin erken başlanması
- NSAİİ, buz uygulaması ve ödem kontrolü
- Gerekirse erken fizyoterapi ve desensitizasyon teknikleri

5.2. Geç Dönem Komplikasyonları (Haftalar - Aylar - Yıllar)

5.2.1. Persistan Karpal Tünel Sendromu

Cerrahi sonrası semptomların hiç düzelmemesi persistan KTS olarak tanımlanır. En sık neden inkomplet dekompresyondur. Özellikle distal transvers karpal ligament segmentinin tam kesilmemesi literatürde sık vurgulanan bir teknik hatadır (30).

5.2.2. Rekürren Karpal Tünel Sendromu

Başlangıçta klinik iyileşme sağlandıktan aylar veya yıllar sonra semptomların yeniden ortaya çıkması rekürren KTS olarak tanımlanır. Başlıca nedenler perinöral fibrozis ve yoğun skar dokusudur. Rekürrens oranları %3–20 arasında değişmektedir (31). Literatürdeki birçok çalışmada takip sürelerinin 6–12 ay ile sınırlı olduğu düşünüldüğünde bu oranların rekürren KTS, perinöral fibrozis ve kronik nöropatik ağrı gibi daha geç dönemde ortaya çıkabilen komplikasyonlar için belirtilen oranlardan daha fazla olabileceği unutulmamalıdır (20, 22).

5.2.3. Nöroma

Palmar kutanöz dal veya küçük motor dalların yaralanması sonrası ağrılı nöroma gelişebilir. Lokalize, palpasyonla tetiklenen ağrı tipiktir. Cerrahi rezeksiyon ve sinir ucunun kas içine gömülmesi yaygın olarak uygulanan yaklaşımlardır (32).

5.2.4. Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu

Kompleks bölgesel ağrı sendromu (KBAS), cerrahi sonrası %1–5 oranında görülebilen ve ciddi fonksiyonel kayıpla seyreden bir durumdur. Erken tanı, fizyoterapi ve nöropatik ağrı tedavisi prognoz açısından kritik öneme sahiptir (33).

Tablo 1. Karpal Tünel Cerrahisi Sonrası Komplikasyonlar ve Yaklaşım

Komplikasyon	Zaman	Başlıca Neden	Yönetim
Sinir yaralanması	Erken	Anatomik varyasyon	Erken onarım
Hematom	Erken	Yetersiz hemostaz	Drenaj
Enfeksiyon	Erken	Sistemik riskler	Antibiyotik/Drenaj
Persistan KTS	Geç	İnkomplet dekompresyon	Revizyon
Rekürren KTS	Geç	Fibrozis	Nöroliz
Nöroma	Geç	Sinir dalı hasarı	Rezeksiyon

6. Persistan ve Rekürren KTS’de Revizyon Cerrahisi

CTR cerrahisi uygulanan hastaların yaklaşık %2–12’sinde revizyon cerrahisi gerekebilmektedir (30). Persistan ve rekürren KTS olgularında cerrahi başarısızlığın yalnızca “yanlış teknik” veya “eksik gevşetme” ile açıklanması çoğu zaman yetersizdir. Bu hasta grubunda “double crush” sendromu, servikal radikülopati, brakiyal pleksus düzeyinde patoloji veya eşlik eden periferik nöropatilerin yeterince araştırılmaması önemli bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Proksimal düzeyde sinir iletiminin bozulduğu durumlarda, distal dekompresyon tek başına semptomları tam olarak düzeltemeyebilir; bu durum cerrahi sonrası memnuniyetsizliğe ve “başarısız CTR” algısına yol açmaktadır (6, 22).

Karpal tünel sendromunda revizyon cerrahisi, primer girişime göre daha karmaşık ve öngörülmesi güç bir süreçtir. Bu nedenle revizyona karar verirken, yalnızca semptomların varlığı değil; semptomların tipi, başlangıç zamanı, önceki cerrahinin tekniği ve objektif tanısal bulgular birlikte değerlendirilmelidir (20, 22). Literatürde revizyon cerrahisinin başarısı primer cerrahiye kıyasla daha düşük olduğu bildirilmekle beraber revizyon cerrahisi sonrası bildirilen klinik iyileşme oranlarının %60–80 arasında değişmesi, doğru endikasyon ve uygun cerrahi stratejinin önemini ortaya koymaktadır (20, 22, 23).

İlk basamakta, hastanın semptomları üç ana kategoriye ayrılmalıdır:

1) Cerrahi sonrası hiç düzelmeyen veya yalnızca minimal düzelme gösteren “persistan” olgular

2) Başlangıçta belirgin iyileşme olup daha sonra semptomların yeniden ortaya çıktığı “rekürren” olgular

3) Cerrahi sonrası yeni başlayan veya kötüleşen semptomları olan hastalar (22).

Persistan olgularda en sık neden inkomplet dekompresyon iken; rekürren olgularda perinöral fibrozis ve skar dokusuna bağlı dinamik kompresyon ön plandadır (20, 22, 23). Yeni başlayan semptomlarda ise çoğu zaman motor dal veya kutanöz dal yaralanması, nöroma ya da kompleks bölgesel ağrı sendromu gibi komplikasyonlar akla gelmelidir (24, 26).

Revizyon öncesinde elektronöromyografi (ENMG), ultrasonografi ve MR nörografi kombinasyonu ile ayrıntılı değerlendirme önerilmektedir (31). ENMG, median sinir iletimini objektif ölçerken; ultrason ve MR, sinir kalınlığı, skar dokusu, perinöral fibrozis ve olası anatomik varyasyonlar hakkında bilgi verir (16, 20). Görüntüleme bulgularının klinik tablo ile uyumlu olmaması durumunda, yalnızca semptomlara dayanarak agresif cerrahi revizyon planlanması uygun değildir.

Revizyon sırasında temel hedef, median sinirin güvenli şekilde ortaya konması, çevresindeki skar dokusundan arındırılması (nöroliz) ve varsa sağlam transvers karpal ligaman segmentlerinin tamamen gevşetilmesidir (23). Skar dokusu nedeniyle normal anatomik planların bozulmuş olması, disseksiyon sırasında sinir yaralanması riskini artırdığı için mikrocerrahi prensipler altında çalışmak kritik önem taşır (24). Yüzeyel nöroliz çoğu zaman yeterli olmakla birlikte, internal nöroliz yalnızca seçilmiş olgularda ve deneyimli ellerde uygulanmalıdır; aksi takdirde intranöral hasar riskinde artış söz konusudur (23, 24).

Sinirin tekrar skar dokusu içinde hapsolmasını önlemeye yönelik stratejiler, modern revizyon cerrahisinin önemli bir parçasıdır. Hypothenar yağ yastığı flebi perinöral fibrozisi azaltmak amacıyla sık kullanılan bir tekniktir ve klinik iyileşme oranlarını artırdığı bildirilmiştir (32). Alternatif olarak kollajen veya ven greftleri ile sinir sarılması uygulanabilir (33). Ancak bu materyallerin uzun dönem üstünlüğüne ilişkin kanıt düzeyi henüz sınırlıdır (23).

Revizyon olgularında postoperatif rehabilitasyon süreci, primer cerrahiye kıyasla daha uzun ve daha dikkatli planlanmalıdır. Ödem kontrolü, sinir ve tendon gliding egzersizleri, skar mobilizasyonu ve kademeli kuvvetlendirme, rehabilitasyon programının temel bileşenleridir (34). Bu süreçte aşırı agresif veya erken güçlendirme çabaları, skar oluşumunu artırarak istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Bu nedenle cerrah ve fizyoterapi ekibi arasında yakın iletişim, revizyon cerrahisinin uzun dönem başarısı için vazgeçilmezdir (27).

Sonuç olarak revizyon karpal tünel cerrahisi, “standart bir tekrar operasyon” olarak değil, bütüncül ve bireyselleştirilmiş bir karar süreci olarak ele alınmalıdır. Doğru hasta seçimi, uygun tanısal araçların kullanımı

ve mikrocerrahi prensiplere dayalı cerrahi stratejiler, revizyonun fonksiyonel başarısını belirleyen ana unsurlardır (20, 23, 24).

7. Komplikasyonların Önlenmesi

7.1. Preoperatif Dönem

- Komorbiditelerin (DM, RA, tiroid hastalıkları, koagülopati) kontrolü
- Sigaranın bırakılması, obezite yönetimi
- Hastaya cerrahinin faydaları, sınırlılıkları, komplikasyon riski ve rekürrens olasılığı hakkında ayrıntılı bilgilendirme (mediko-legal açıdan da kritik)

7.2. İntraoperatif Dönem

- Anatomik varyasyonların bilinmesi ve insizyon planlamasının buna göre yapılması
- Loupe büyütme veya mikroskop kullanımı ile sinir ve dallarının korunması
- Nazık doku disseksiyonu, minimal elektrokoter kullanımı
- Yeterli hemostaz; ancak sıkı bandajlamadan kaçınma
- ECTR ve USG rehberli tekniklerde, öğrenme eğrisi gözetilerek deneyimli cerrah gözetiminde başlanması

7.3. Postoperatif Dönem

- Kısa süreli immobilizasyon (5–7 gün), sonrasında kontrollü mobilizasyon
- Erken parmak hareketleri ve sinir gliding egzersizleri
- Yara bakımının eğitimi, enfeksiyon belirtileri konusunda hastanın bilgilendirilmesi
- Persistan veya rekürren semptomlarda gecikmeden yeniden değerlendirme

8. Rehabilitasyon ve Uzun Dönem Sonuçlar

Başarılı CTR sonrası çoğu hastada:

- Gece paretezileri 24–72 saat içinde belirgin azalır
- Duyusal iyileşme haftalar–aylar içinde sürer

- Tenar kas gücünün toparlanması ise 6–12 aya kadar uzayabilir

Rehabilitasyon programı; ödem kontrolü, skar mobilizasyonu, sinir ve tendon gliding egzersizleri, kavrama ve ince motor beceri egzersizlerini içermelidir. Uzun dönem takiplerde, cerrahi CTR'nin yaşam kalitesi üzerine etkisinin anlamlı ve kalıcı olduğu gösterilmiştir.

9. Literatür Perspektifi ve Gelecek Yaklaşımlar

Karpal tünel sendromu cerrahisi, uzun yıllardır uygulanan bir girişim olmasına rağmen teknolojik gelişmeler ve yeni görüntüleme olanaklarıyla birlikte yeniden şekillenmektedir. Özellikle minimal invaziv yaklaşımlar, daha küçük insizyon, daha az yumuşak doku travması ve daha hızlı rehabilitasyon gibi teorik avantajlar nedeniyle son dönemde ön plana çıkmıştır (19). Ancak bu tekniklerin uzun dönem klinik etkinliği ve komplikasyon profilleri açısından açık cerrahiye üstünlüğünü ortaya koyan net kanıtlar hâlâ sınırlıdır (19, 21).

Ultrason rehberli karpal tünel gevşetme (USG guided CTR) teknikleri, lokal anestezi altında, çoğu zaman günübirlik işlem olarak uygulanabilmeleri nedeniyle cazip görünmektedir (15). Ultrason, median sinirin kesit alanının ölçülmesine ek olarak; ganglion, tenosinovit, bifid median sinir gibi eşlik eden patolojilerin de gerçek zamanlı olarak saptanmasına olanak tanımaktadır (16). Bununla birlikte USG rehberli prosedürlere ilişkin çalışmaların çoğu küçük hasta serilerinden oluşmakta ve takip süreleri genellikle bir yılın altındadır (15). Bu nedenle USG-rehberli CTR'nin uzun dönem rekürrens oranları ve revizyon ihtiyacı açısından açık veya endoskopik cerrahiye üstün olup olmadığı henüz net değildir.

Endoskopik CTR, minimal invaziv cerrahinin daha eski ve daha yaygın örneklerinden biri olarak literatürde önemli yer tutmaktadır. Çeşitli randomize ve prospektif çalışmalar, endoskopik cerrahinin erken dönemde daha hızlı işe dönüş ve daha düşük skar hassasiyeti ile ilişkili olabileceğini göstermiştir (19). Ancak sınırlı cerrahi görüş alanı ve teknik zorluklar, sinir yaralanması ve inkomplet gevşetme riskini artırabilmektedir (20). Bu nedenle birçok merkezde endoskopik teknikler, özellikle anatomik varyasyon şüphesi olan veya önceki cerrahi geçirmiş hastalarda tercih edilmemekte, bu olgularda açık cerrahiye yönelim devam etmektedir (22).

Revizyon cerrahisinde kullanılan biyolojik ve sentetik materyaller, güncel literatürde dikkat çeken bir diğer konudur. Perinöral fibrozisi azaltmak ve median sinirin yeniden skar dokusu içinde hapsolmasını engellemek amacıyla kollajen kılıflar, ven greftleri ve amniyotik membran gibi çeşitli materyaller kullanılmıştır. Hypothenar yağ yastığı flebi, sinirin vaskülarize bir doku

ile sarılarak korunmasını sağlayan, nispeten basit ve yaygın bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (23). Bu tekniklerin uzun dönem sonuçları umut verici olmakla birlikte, standardize endikasyon ve uygulama kriterlerinin belirlenebilmesi için daha geniş, kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Geleceğe yönelik yaklaşımlar arasında ileri görüntüleme yöntemlerinin ve yapay zekâ tabanlı analizlerin klinik kararlara entegrasyonu ön plandadır. Yüksek çözünürlüklü ultrason ve MR nörografi, özellikle revizyon cerrahisi planlanan hastalarda perinöral fibrozisin derecesi, sinir morfolojisi ve çevre yumuşak dokuların ayrıntılı değerlendirilmesine olanak tanır (20). Buna ek olarak, yapay zekâ destekli görüntü analiz algoritmalarının median sinir kalınlığı, ekojenitesi ve çevresel doku özelliklerini otomatik olarak ölçerek risk stratifikasyonunu destekleyebileceği öngörülmektedir. Henüz klinik rutine girmemiş olsa da bu tür teknolojilerin, operasyon öncesi komplikasyon riskini öngörme ve hasta seçimini iyileştirme potansiyeli bulunmaktadır.

Önümüzdeki dönemde KTS cerrahisinde temel hedef, yalnızca daha küçük insizyonlar elde etmek değil, aynı zamanda uzun dönem fonksiyonel sonuçları iyileştiren ve revizyon oranlarını azaltan kişiselleştirilmiş tedavi algoritmaları geliştirmek olmalıdır (19, 22). Bu bağlamda, cerrahi teknik seçiminde; hastanın mesleği, sistemik komorbiditeleri, semptom süresi ve elektrofizyolojik bulgularının birlikte değerlendirilmesi gereken bir “çok parametrelili karar süreci” anlayışı giderek önem kazanmaktadır (6, 22).

10. Mediko-Legal Boyut

CTR dünya genelinde en sık uygulanan el cerrahisi işlemlerinden biri olup, aynı zamanda mediko-legal dava konusu olan operasyonlar arasında da yer almaktadır. Komplikasyon oranlarının düşük olması, her oluşan komplikasyonun ihmal anlamına gelmediği gerçeğini değiştirmez; ancak:

- Yanlış hasta seçimi (non-KTS tanısı, double crush atlanması)
- Yetersiz dekompresyon
- Sinir yaralanmaları
- Yetersiz bilgilendirme ve eksik dokümantasyon

özellikle tartışmalı alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle ayrıntılı bilgilendirilmiş onam, preoperatif ve postoperatif klinik-elektrofizyolojik bulguların gereği gibi kaydedilmesi, mediko-legal açıdan da zorunludur.

11. Sonuç

Karpal tünel sendromu cerrahisi, uygun endikasyon ve doğru teknikle uygulandığında yüksek başarı oranlarına sahiptir. Erken ve geç dönem komplikasyonların çoğu önlenabilir olup, dikkatli cerrahi uygulama ve etkili rehabilitasyon ile azaltılabilir. Persistan ve rekürren olgularda güncel görüntüleme yöntemleri ile desteklenen revizyon cerrahisi fonksiyonel iyileşme sağlayabilir. Bu derleme, karpal tünel sendromu cerrahisinde görülen komplikasyonların büyük ölçüde hasta seçimi, cerrahi teknik ve cerrah deneyimi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Uygun endikasyon, dikkatli cerrahi planlama ve etkili rehabilitasyon, komplikasyon oranlarını azaltmanın temel bileşenleridir. Persistan ve rekürren vakalarda, modern görüntüleme yöntemleri ve mikrocerrahi yaklaşımlar ile planlanan revizyon cerrahisi tatmin edici klinik sonuçlar sağlayabilmektedir.

Kaynaklar

1. Phalen GS. The carpal-tunnel syndrome. Seventeen years' experience in diagnosis and treatment of six hundred fifty-four hands. *J Bone Joint Surg Am.* 1966;48(2):211-228.
2. Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosén I. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA.* 1999;282(2):153-158. doi:10.1001/jama.282.2.153
3. Chammas M, Boretto J, Burmann LM, Ramos RM, Dos Santos Neto FC, Silva JB. Carpal tunnel syndrome - Part I (anatomy, physiology, etiology and diagnosis). *Rev Bras Ortop.* 2014;49(5):429-436. Published 2014 Aug 20. doi:10.1016/j.rboe.2014.08.001
4. Shapiro LM, Kamal RN; Management of Carpal Tunnel Syndrome Work Group; American Academy of Orthopaedic Surgeons. American Academy of Orthopaedic Surgeons/ASSH Clinical Practice Guideline Summary Management of Carpal Tunnel Syndrome. *J Am Acad Orthop Surg.* 2025;33(7):e356-e366. doi:10.5435/JAAOS-D-24-01179
5. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, Hunter DA. Chronic nerve compression--an experimental model in the rat. *Ann Plast Surg.* 1984;13(2):112-120. doi:10.1097/0000637-198408000-00004
6. Huisstede BM, Randsdorp MS, Coert JH, Glerum S, van Middelkoop M, Koes BW. Carpal tunnel syndrome. Part II: effectiveness of surgical treatments--a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(7):1005-1024. doi:10.1016/j.apmr.2010.03.023
7. Padua L, Coraci D, Erra C, et al. Carpal tunnel syndrome: clinical features, diagnosis, and management. *Lancet Neurol.* 2016;15(12):1273-1284. doi:10.1016/S1474-4422(16)30231-9
8. Palmer AK, Toivonen DA. Complications of endoscopic and open carpal tunnel release. *J Hand Surg Am.* 1999;24(3):561-565. doi:10.1053/j.jhsu.1999.0561
9. Gelberman RH, Hergenroeder PT, Hargens AR, Lundborg GN, Akeson WH. The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(3):380-383.
10. Rempel DM, Diao E. Entrapment neuropathies: pathophysiology and pathogenesis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(1):71-75. doi:10.1016/j.jelekin.2003.09.009
11. Duarte ML, Soares OSR, Brasseur JL. Sonography of the Thenar Motor Branch of the Median Nerve: A Pictorial Review. *J Ultrasound Med.* 2025;44(9):1691-1712. doi:10.1002/jum.16705
12. Smith JL, Ebraheim NA. Anatomy of the palmar cutaneous branch of the median nerve: A review. *J Orthop.* 2019;16(6):576-579. Published 2019 Jun 5. doi:10.1016/j.jor.2019.06.010

13. Faucher GK, Daruwalla JH, Seiler JG 3rd. Complications of Surgical Release\break of Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review. *J Surg Orthop Adv.* 2017;26(1):18-24.
14. Mackinnon SE. Pathophysiology of nerve compression. *Hand Clin.* 2002;18(2):231-241. doi:10.1016/s0749-0712(01)00012-9
15. Kumar N, Saifi AS, Singh U, Singh DK. USG-Guided Percutaneous Thread Carpal Tunnel Release. *Indian J Radiol Imaging.* 2024;34(4):745-749. Published 2024 Apr 25. doi:10.1055/s-0044-1786179
16. Dobilinskas, A.; Knystautas, S.; Braziulis, K.; Rutkauskas, I.; Pilipaitytė, L. Comparison of the Methods for Diagnosing the Carpal Tunnel Syndrome. *LS* **2023**, 22 (4), 226-233. doi:10.15388/LietChirur.2023.22(4).4.
17. Middleton SD, Anakwe RE. Carpal tunnel syndrome. *BMJ.* 2014;349:g6437. Published 2014 Nov 6. doi:10.1136/bmj.g6437
18. Basiri K, Katirji B. Practical approach to electrodiagnosis of the carpal tunnel syndrome: A review. *Adv Biomed Res.* 2015;4:50. Published 2015 Feb 17. doi:10.4103/2277-9175.151552
19. Liawrungrueang W, Wongsiri S, Sarasombath P. Endoscopic carpal surgery in carpal tunnel syndrome: A systematic review. *SAGE Open Med.* 2023;11:20503121231177111. Published 2023 Jun 8. doi:10.1177/20503121231177111
20. Campagna R, Pessis E, Feydy A, et al. MRI assessment of recurrent carpal tunnel syndrome after open surgical release of the median nerve. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;193(3):644-650. doi:10.2214/AJR.08.1433
21. Li Y, Luo W, Wu G, Cui S, Zhang Z, Gu X. Open versus endoscopic carpal tunnel release: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):272. Published 2020 Apr 27. doi:10.1186/s12891-020-03306-1
22. Benson LS, Bare AA, Nagle DJ, Harder VS, Williams CS, Visotsky JL. Complications of endoscopic and open carpal tunnel release. *Arthroscopy.* 2006;22(9):919-924.e9242. doi:10.1016/j.arthro.2006.05.008
23. Tung TH, Mackinnon SE. Secondary carpal tunnel surgery. *Plast Reconstr Surg.* 2001 Jun;107(7):1830-43; quiz 1844,1933. doi: 10.1007/978-3-540-49008-1_40. PMID: 11391209.
24. Verdecchia N, Johnson J, Baratz M, Orebaugh S. Neurologic complications in common wrist and hand surgical procedures. *Orthop Rev (Pavia).* 2018;10(1):7355. Published 2018 Mar 29. doi:10.4081/or.2018.7355
25. Sajak PMJ, Kaveeshwar S, Aneizi A, et al. Preoperative Expectations in Hand Surgery Patients. *J Hand Microsurg.* 2022;15(4):299-307. Published 2022 Jun 7. doi:10.1055/s-0042-1748782

26. Lundeen AL, Wu EJ. Delayed Repair of Recurrent Motor Branch Injury after Carpal Tunnel Release. *J Hand Surg Glob Online*. 2024;7(2):238-241. Published 2024 Dec 12. doi:10.1016/j.jhsg.2024.11.009
27. Westenberg RE, Oflazoglu K, de Planque CA, Jupiter JB, Eberlin KR, Chen NC. Revision Carpal Tunnel Release: Risk Factors and Rate of Secondary Surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2020;145(5):1204-1214. doi:10.1097/PRS.00000000000006742
28. Sandefur EP, Beck JH, Vest MO, Yu-Shan AA, Vaughn NH, Apel PJ. What Is a Surgical Site Infection After Carpal Tunnel Release?. *J Hand Surg Am*. 2024;49(8):766-771. doi:10.1016/j.jhsa.2023.12.014
29. Ludlow KS, Merla JL, Cox JA, Hurst LN. Pillar pain as a postoperative complication of carpal tunnel release: a review of the literature. *J Hand Ther*. 1997;10(4):277-282. doi:10.1016/s0894-1130(97)80042-7
30. Boya H, Özcan Ö, Özteki N HH. Long-term complications of open carpal tunnel release. *Muscle Nerve*. 2008;38(5):1443-1446. doi:10.1002/mus.21068
31. Decramer A, Heras-Palou C, Van Nuffel M, Lattre T, Degreef I. Management of failed carpal tunnel decompression. *EFORT Open Rev*. 2025;10(6):352-360. Published 2025 Jun 2. doi:10.1530/EOR-2025-0058
32. Strickland JW, Idler RS, Lourie GM, Plancher KD. The hypothenar fat pad flap for management of recalcitrant carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am*. 1996;21(5):840-848. doi:10.1016/S0363-5023(96)80201-2
33. Varitimidis SE, Riano F, Vardakas DG, Sotereanos DG. Recurrent compressive neuropathy of the median nerve at the wrist: treatment with autogenous saphenous vein wrapping. *J Hand Surg Br*. 2000;25(3):271-275. doi:10.1054/jhsb.2000.0379
34. Chmielewska D, Skęczek-Urbaniak A, Kubacki J, Błaszczak E, Kwaśna K. Effectiveness of carpal tunnel syndrome rehabilitation after endoscopic versus open surgical release. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2013;15(5):417-427. doi:10.5604/15093492.1084354

