

Nöroendovasküler İşlemlerde Gelişen Vasküler Komplikasyonlar, Önleme ve Yönetim

Engin Kayıkçı¹

Özet

Nöroendovasküler girişimler, akut iskemik inme ve intrakraniyal anevrizmalar başta olmak üzere serebrovasküler hastalıkların tedavisinde önemli kazanımlar sağlamıştır. Bununla birlikte, bu işlemler doğaları gereği ciddi vasküler komplikasyon riskleri taşımaktadır. Literatürde nöroendovasküler tedavilere bağlı perioperatif komplikasyon oranları %4–29 arasında bildirilmektedir. Bu komplikasyonların farkında olunması, erken tanınması, uygun şekilde yönetilmesi ve önleyici stratejilerin uygulanması, hasta sonuçlarının iyileştirilmesinde kritik öneme sahiptir.

Komplikasyon riski; uygulanan girişimsel teknik, kullanılan cihazlar ve hastaya özgü vasküler anatomik özelliklere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. En sık bildirilen komplikasyonlar arasında distal embolizasyon, de novo stenoza, damar perforasyonu, diseksiyon, vazospazm ve vasküler erişim yerine bağlı hematomlar yer almaktadır. Akım yönlendirici stentler gibi bazı endovasküler tedaviler, ikili antiplatelet tedavi gereksinimi nedeniyle sistemik hemorajik komplikasyon riskinde artışla ilişkilidir.

Nöroendovasküler işlemler sırasında gelişen vasküler komplikasyonlar, intrakraniyal ve ekstrakraniyal olarak sınıflandırılır. İntrakraniyal komplikasyonlar hemorajik, iskemik ve mekanik/yapısal alt gruplara ayrılır. Damar perforasyonu veya rüptürüne bağlı subaraknoid ve intraserebral kanamalar en ağır klinik sonuçlara yol açan komplikasyonlardır. Trombüs fragmentasyonu, yeni arteriyel oklüzyonlar ve hemodinamik bozulmalar başlıca iskemik mekanizmaları oluşturur. Ekstrakraniyal komplikasyonlar çoğunlukla femoral veya radial vasküler erişime bağlı gelişir.

Vasküler komplikasyonlar mortalite, morbidite, yoğun bakım yatışı ve rehabilitasyon süresini olumsuz etkiler. Özellikle intrakraniyal damar

1 Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Sağlık Bakanlığı, Etlik Şehir Hastanesi, Ankara, Türkiye
enkayikci@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1297-1071

perforasyonu yüksek mortalite ve ağır sakatlık riski taşır. Komplikasyonların önlenmesinde dikkatli cihaz manipülasyonu, uygun erişim teknikleri, ultrason rehberli ponksiyon ve deneyimli operatör varlığı temel belirleyici faktörlerdir.

1. Arteriyel Diseksiyon

1.1. Tanım ve Patofizyoloji

Arteriyel diseksiyon, nöroendovasküler girişimler sırasında damar duvarının katmanlarının ayrılmasıyla meydana gelen bir vasküler komplikasyondur[1]. Bu durum, genellikle kateter veya kılavuz tel manevraları sırasında damar duvarına uygulanan mekanik hasar sonucu ortaya çıkar[1]. EVT gibi işlemler sırasında diseksiyon insidansı %0.6 ila %3.9 arasında bildirilmiştir. Diseksiyonun ilerlemesi, tromboz oluşumuna yol açarak lümeni daraltabilir veya en kötü senaryoda damar duvarının dış tabakası olan adventisya yırtarak hayatı tehdit eden kanamaya (perforasyon/rüptür) neden olabilir[2][3].

1.2. Risk Faktörleri

Diseksiyon, mikrokateter veya daha büyük cihazların değişim manevraları sırasında kılavuz telin kazara hareketi nedeniyle serebral arterlerde gelişebilir[4]. Ayrıca, stent retriever'in geri çekilmesi gibi mekanik trombektomi (MT) manevraları da diseksiyon için potansiyel bir komplikasyondur[5]. İCA tortiyozitesi, iyatrojenik diseksiyon için önemli bir risk faktörüdür[6]. Tortiyozite, damar duvarında bağ dokusu değişiklikleri ve zayıflık olduğunu gösteren bir "görsel işaret" olarak kabul edilebilir, bu da damarın diseksiyona karşı daha duyarlı olmasına neden olur[6]. Aterosklerotik damar duvarındaki değişiklikler ve damar duvarının kırılganlığı arteriyel diseksiyon riskini artırır[6]. Diseksiyonlar, intrakraniyal damarlara göre servikal damarlarda (%83) daha yaygın olarak rapor edilmiştir (%17)[1]. Şiddetli aterosklerotik değişiklikleri olan hastalarda sütür aracılı kapama sistemleri (örneğin Perclose ProStyle) kullanılırken, tunika media katmanının çekilme yaralanması sonucu diseksiyon benzeri lezyon (damar duvarı avülsiyonu) oluşabilir[7].

1.3. Tanı

Arteriyel diseksiyon, dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA) ile teşhis edilir.

Anjiyografik bulgular şunları içerebilir:

İntimal Flep ve Çift Lümen: Diseksiyon, damar duvarının katmanlarının ayrılması nedeniyle bir intimal flep veya çift lümen görünümü şeklinde ortaya çıkabilir[2].

Stenoz: Diseksiyonun neden olduğu damar daralması, anjiyografide “string sign” olarak da adlandırılan yeni gelişen stenoz şeklinde görülebilir[2].

Psödoanevrizma: Diseksiyonun ilerlemesi, psödoanevrizma oluşumuna yol açabilir[2].

Kontrast Ekstravazasyonu: Diseksiyonun adventisya tabakasını delerek rüptüre neden olması durumunda, anjiyografide kontrast maddenin ekstravazasyonu görülür[2].

1.4. Önleme

Diseksiyonun önlenmesi, mekanik travmayı en aza indirmeye odaklanır. İyatrojenik diseksiyon riski, özellikle damar tortiyozitesinin fazla olduğu durumlarda, kılavuz tel ve kateterlerin nazik ve dikkatli manevrasıyla azaltılır[2][6]. Kılavuz telin kazara hareketini ve perforasyon/diseksiyon riskini azaltmak amacıyla Center Wire gibi, ucu sabitlenmiş stent şeklinde tasarlanmış değişim telleri geliştirilmiştir[4]. Bu cihazların sivri uçlu distal tel ucu olmaması, damar yaralanması potansiyelini düşürür[4]. Şiddetli aterosklerozlu hastalarda kapama sistemleri kullanılırken, aşırı ligasyon kuvvetinden kaçınılması ve uygun suture gerginliği sağlandıktan sonra kanamaya tolerans gösterilmesi, damar duvarı avülsiyonu/diseksiyon benzeri lezyon riskini önler[7].

1.5. Yönetim

Diseksiyon yönetimi, diseksiyonun ilerleyişine, yol açtığı komplikasyonlara ve kanama riskine bağlıdır:

1.5.1. Stabil Diseksiyon ve Tromboz Yönetimi:

Diseksiyon küçük bir intimal flep içeriyorsa ve hemodinamik bozukluğa neden olmuyorsa, dikkatli gözlem yeterli olabilir[2]. Diseksiyonun ilerlemesi ve lümen stenoz veya hemodinamik bozukluk oluşturması durumunda, damarın bütünlüğünü sağlamak için stent yerleştirilmesi gerekli hale gelebilir[2]. Diseksiyonun tetiklediği tromboembolik olayları önlemek için çift antiplatelet tedavi (DAPT) uygulanır[8][9]. Ancak, stent yerleştirilmesi sonrası DAPT başlanması, özellikle kanama riski yüksek olan hastalarda semptomatik intrakraniyal hemoraji (sICH) riskini artırabilir[2]. Platelet

hiper yanıtı gösteren hastalarda postoperatif kanama komplikasyonları riski 3.2 kat artmaktadır[8].

1.5.2. Acil Yaklaşım (Perforasyon/Kanama Yönetimi):

Diseksiyonun damar rüptürüne yol açması durumunda, hayati önem taşıyan bu komplikasyonda amaç hızlı ve etkili hemostazı sağlamaktır[3]. Kanama süresinin 20 dakikadan uzun sürmesi, hastanın sağkalım olasılığını ciddi ölçüde düşürür[10]. Kanamanın anında durdurulması için en güvenilir yöntem, rüptür bölgesine uyumlu bir balon şişirilmesidir. Bu, ekstrasvazasyonu tamamen durdurur[3]. Eğer balon hemen kullanılamıyorsa, perforasyon bölgesindeki akışı yavaşlatmak ve pıhtı oluşumunu teşvik etmek amacıyla geçici parent arter koillemesi bir alternatif olabilir, ancak bu yöntem büyük perforasyonlarda daha az etkilidir[3]. Kanama balon veya geçici koil ile durdurulamazsa veya rüptür bölgesi kritik değilse, hasarlı damar segmentinin kalıcı olarak tıkanması (koil veya sıvı embolik ajanlarla) son çare olarak düşünülmelidir[3]. Kanama durumunda, pıhtılaşmayı desteklemek için damar içi heparin antikoagülasyonunun derhal geri çevrilmesi ve devam eden kanamayı azaltmak için kan basıncının düşürülmesi gerekir[2][3].

2. Embolik Komplikasyonlar

2.1. Tromboemboli

Tromboembolik olaylar, nöroendovasküler cerrahi sırasında hastanın klinik seyrini olumsuz etkileyebilen majör bir komplikasyondur[1]. Bu komplikasyonlar, girişim yapılan damarda veya yeni bir damar yatağında tıkanıklığa yol açarak iskemik inmeye neden olabilir. Tromboembolik olayların endovasküler işlemler sonrası insidansı %2 ila %15 arasında geniş bir yelpazede rapor edilmiştir[11]. Rüptüre anevrizmaların koil embolizasyonu sırasında meydana gelen tüm komplikasyonların yaklaşık %80'ini tromboembolik olaylar oluşturur[12]. Koilleme sonrası iskemik inme ve geçici semptomlar dahil olmak üzere toplam tromboembolik komplikasyon oranı %12.9 civarındadır[13]. Akım yönlendirici stent yerleştirilmesi, stent içi tromboz veya gecikmiş parent arter oklüzyonu (DPAO) riski taşır[14]. FD tedavisi gören hastalarda DPAO'ya bağlı semptomatik inme vakaları bildirilmiştir[15]. Akut iskemik inme (Aİİ) tedavisi sırasında pıhtının parçalanmasına bağlı olarak yeni bir damar yatağına distal embolizasyon oranları %4 ila %6 arasında değişmektedir[1]. Antikoagülan kullanan veya kullanmayan hastalarda yeni alanlara embolizasyon oranları benzer bulunmuştur (sırasıyla %4.1 ve %3.8)[16]

2.1.1. Risk Faktörleri

Platelet fonksiyon testi sonuçlarına göre, platelet hiporeaktivitesinin tromboembolik komplikasyonlar için bağımsız bir belirleyici olduğu bulunmuştur[9]. Hiporeaktif hastaların, normal yanıt veren hastalara kıyasla tromboembolik komplikasyonlar için 2.23 kat daha yüksek riske sahip olduğu meta-analizlerle tespit edilmiştir[9]. Büyük anevrizma çapı[11], mikrokater lümeninden aspirasyon yapılmaması[17] ve prosedür süresinin uzaması[18], tromboembolik komplikasyonlar için risk faktörleri olarak gösterilmiştir.

2.2. Hava Embolisi

Hava embolisi, kateter sistemlerinin uygun şekilde hazırlanmaması sonucu ortaya çıkan ciddi bir emboli türüdür. Nöroendovasküler işlemler sırasında hava kabarcıklarının dolaşıma girmesiyle embolik inme meydana gelebilir[19]. Geleneksel stent retriever'ların (Center Wire gibi özel cihazların aksine) değişim teli olarak kullanıldığı durumlarda özel önlemler alınmazsa hava embolisi riski oluşabilir[4]. Bu, prosedür sırasında sistemin hava geçirmez bütünlüğünün sağlanmasının önemini vurgular.

2.3. Cihaz İlişkili Emboli

Anevrizma içerisine yerleştirilen coillerin yetersiz sarılması veya anevrizma boynundan herniasyonu nedeniyle parent artere düşmesi veya distale embolize olması riski mevcuttur[19]. Nadiren de olsa FD veya stent materyalinin parçalanması veya deplase olması sonucu distal embolizasyon meydana gelebilir[19]. Kılavuz tellerin (coated wires) arteriyotomi iğnesinden geri çekilmesi, telin kaplamasının sıyrılmasına yol açarak embolik komplikasyonlara neden olabilir[19]. Dural Arteriyovenöz Fistül (DAVF) embolizasyonu sırasında, embolik ajan çok dar bir kanaldan yeterince yavaş ve sürekli akış koşullarında venöz tarafa geçmesiyle pulmoner embolizm dahil ciddi venöz oklüzyon riskleri taşır[20]. Karotis arter stentlemesi sırasında, karotis filtresinin yerinde kalması veya parçalanması nadir bir komplikasyondur[21].

2.4. Önleme

Embolik komplikasyonların önlenmesi, ilaç yönetimine, aseptik ve dikkatli cihaz kullanımına dayanır. Nöroendovasküler cerrahide tromboembolik riski azaltmak için çift antiplatelet tedavi (DAPT) standart olarak uygulanır[8]. Akut distal orta serebral arter tıkanıklığı olan hastalarda düşük doz aspirin kullanımının, semptomatik intrakraniyal kanamayı

önemli ölçüde artırmadan, fonksiyonel sonuçları iyileştirdiği ve 90 günlük mortaliteyi düşürdüğü gösterilmiştir[22]. Girişimsel prosedürler sırasında tromboembolizmi önlemek için hedeflenen Aktive Pıhtılaşma Zamanı (ACT), genellikle anevrizma embolizasyonunda 250 ila 300 saniye ve stentleme prosedürlerinde 300 ila 350 saniye arasındadır[19]. Rüptüre anevrizmaların coil embolizasyonunda, heparin bolusu, ilk coil güvenli bir şekilde anevrizmaya yerleştirildikten sonraya ertelenmelidir[19]. Heparin kaynaklı trombositopeni (HIT) durumunda Argatroban (direkt trombin inhibitörü) gibi alternatif antikoagülanlar kullanılmalı ve ACT ≥ 200 saniye üzerinde tutulmalıdır[23].

EVT için hazırlanan tüm sheath ve kateter sistemlerinin hava kabarcıklarından veya yabancı cisimlerden tamamen arındırılması esastır, çünkü bunlar embolik inmeye yol açabilir[19]. Kaplamalı kılavuz teller, embolik komplikasyon riskini azaltmak için arteriyel erişim iğnesinden geri çekilmemelidir; bu, kaplamanın sıyrılmasını önler[19]. Karotid arter stentlemesi sırasında plak embolizasyonunu önlemek için distal embolektomi koruma cihazları (filtreler) kullanılır[21]. Mekanik trombektomi sırasında distal embolizasyon riskini azaltmak için balon kılavuz kateterler ve distal aspirasyon kateterleri kullanılması önerilir[2]. Stent retriever ve aspirasyon kateterinin kombinasyon halinde kullanılması, stent retriever'ın damar duvarına uyguladığı mekanik gerilimi ve dolayısıyla post-trombektomi SAK riskini düşürerek önleyici bir faktör olabilir[24].

2.5. Yönetim

Embolik komplikasyonların yönetimi, akut iskemik olayın çözülmesi, komplikasyona neden olan yabancı cisimlerin çıkarılması veya sabitlenmesi üzerine kuruludur. Akut iskemik olaylarda (örneğin koilleme sırasında oluşan distal oklüzyon) tıkanıklık bölgesine mikrokateterler ilerletilerek aspirasyon trombektomisi veya stent retriever ile mekanik trombektomi yapılmalıdır[12]. Özellikle distal ve tortuöz damarlardaki tıkanıklıklar için küçük iç çapa sahip mikrokateterler ile aspirasyon denenebilir[12]. Tıkanıklık durumunda glikoprotein IIb/IIIa inhibitörleri veya rekombinant doku plazminojen aktivatörü (t-PA) intra-arteriyel olarak hızla uygulanabilir[12][11]. Glikoprotein IIb/IIIa inhibitörleri ile yapılan kurtarma tedavisi, fibrinolitik ajanlara kıyasla daha güvenli kabul edilir[11]. Antiplatelet ilaçların geri çevrilmesi platelet transfüzyonu ile sağlanabilir[19]. Parent artere sarkan coiller stent kullanılarak damar duvarı ile stent arasında hapsedilebilir ve damar lümeni yeniden açılabilir (rekanalizasyon)[25]. DAVF embolizasyonu sırasında oluşan embolizan iplikleri gibi yabancı cisimler, snare gibi cihazlarla transvenöz yolla yakalanıp çıkarılabilir[20]. Nadir durumlarda perforan

artere sıkışan mikro kılavuz tel, snare ile yakalanıp çıkarılmalıdır. Ancak bu işlem, küçük bir SAK riski taşır[26]. Akım çevirici tedavi sonrası gecikmiş parent arter oklüzyonu durumunda, anevrizma tamamen tıkanana kadar uzun süreli antiplatelet tedaviye devam edilmesi kritik öneme sahiptir[15].

3. Vazospazm

Nöroendovasküler girişimler sırasında vazospazm insidansının %3,9 ile %23 arasında olduğu bildirilmiştir[1]. Vazospazm, serebral kan akışını azaltabilir, stent retriever cihazlarının takılması gibi manevralarda zorluklara yol açabilir ve potansiyel olarak genişlemiş enfarktüs veya inme tekrarına neden olabilir[1].

3.1. Nedenleri

Vazospazm anjiyografide arteriyel damar duvarının konsantrik kasılması olarak algılanır[1]. Vazospazm genellikle damar duvarının tahriş edilmesi veya anatomik zorluklar nedeniyle ortaya çıkar: İyatrojenik vazospazm, kılavuz tel veya kateter manipülasyonu sırasında damar duvarının mekanik tahrişi nedeniyle oluşur[1]. Özellikle stent retriever veya aspirasyon cihazlarının intrakranyal enstrümantasyonu sırasında meydana gelebilir[1]. Vazospazm, mekanik trombektomi sırasında veya anjiyografi sırasında kılavuz kateter yerleştirilmesiyle ilişkili potansiyel bir komplikasyondur[27]. Dar bir parent arter içinde, damar çapına göre büyük kalibreli kılavuz kılıf/kateter kullanılması, anlamlı mekanik vazospazm için tek risk faktörüdür[18]. Girişim sırasında balon, kateter veya stentlerin geçişi sırasında damar duvarıyla artan çarpışma potansiyeli nedeniyle tortiyoz arterlerde vazospazm olasılığı daha yüksektir[6]. Genç hastalar ve çoklu trombektomi denemesi yapılan hastalar vazospazma daha yatkın olabilir[1]. Subaraknoid Kanama (SAK) Sonrası: Anevrizmal SAK sonrası hastaların %30 ila %70'inde anjiyografik vazospazm görülür ve %20 ila %30'unda vazospazma bağlı gecikmiş iskemik nörolojik defisitler gelişebilir[28].

3.2. Tanı

Vazospazmın tanısı esas olarak anjiyografik görüntülemeye ve klinik bulgulara dayanır. Vazospazm, kontrast madde ile yapılan anjiyografide damar duvarının konsantrik kasılması olarak görülür[1]. Bir çalışmada, mekanik vazospazm, parent arter çapında %10 veya daha fazla daralma olarak tanımlanmıştır[18]. Prosedürün duraklatılmasını gerektiren bir durum anlamlı mekanik vazospazm olarak kabul edilebilir[18].

3.3. Önleme

Vazospazmın önlenmesi, mekanik tahrişi azaltmaya ve farmakolojik önlemlere odaklanır. İyatrojenik vazospazm riski, kılavuz tel ve kateterlerin nazik ve dikkatli manevrasıyla en aza indirilebilir[1][6]. Özellikle tortiyoz segmentlerden geçerken dikkatli olunmalıdır[6]. Mekanik vazospazmı önlemek için, girişimci büyük kalibreli kılavuz kılıf/kateteri proksimalde tutmalı ve sadece daha iyi takip edilebilirliğe sahip orta kateteri distale ilerletmelidir[18]. Ayrıca, parent arterden daha büyük kılavuz sistem kullanmaktan kaçınılmalıdır[18]. Bazı nörogirişimciler vazospazmı önlemek amacıyla kalsiyum kanal blokerleri gibi vazodilatörleri rutin olarak kateter yıkama solüsyonlarına eklerler[1]. Ancak, rutin kullanımın hipotansiyon ve serebral çalma (steal) fenomeni riskleri nedeniyle tavsiye edilmediği de belirtilmiştir[2]. Yüksek anksiyete skoruna sahip hastalarda vazospazm riskini azaltmak için trankilizanların profilaktik olarak uygulanması önerilir[27]. Profilaktik önlemler arasında ılık kompresler veya ısı uygulaması da etkili bulunmuştur[27].

3.4. Yönetim

Vazospazmın yönetimi, genellikle intraarteriyel vazodilatörler ve dirençli vakalarda balon anjiyoplasti ile yapılır.

Kalsiyum kanal blokerleri, tespit edilen vazospazmı çözmek için intraarteriyel olarak uygulanabilir[1]. Kalsiyum kanal blokörleri ve diğer vazodilatörler sistemik hipotansiyona neden olabilir[2][1]. Bu nedenle ilaç infüzyonu sırasında kan basıncı yakından izlenmeli ve gerekirse karşı önlemler alınmalıdır[2]. Nikardipin: 0,1 mg/ml konsantrasyonunda seyreltilerek ve damar başına maksimum 5 mg doza kadar 1 ml halinde, yavaşça uygulanması önerilir[19]. Bir çalışmada, nikardipinin 10 ml fizyolojik salin ile seyreltilmiş 1 mg dozunun 5 dakikadan fazla bir sürede intraarteriyel uygulanması önerilmiştir[27]. Verapamil: Genellikle ilk tercih edilen ajan olarak kullanılır. 5 ila 10 mg intraarteriyel olarak yavaş infüzyon şeklinde (2 ila 10 dakikada) uygulanır; toplam doz 20 mg'a kadar çıkabilir[19]. Lidokain: İntraarteriyel lidokain enjeksiyonu da vazospazmı hafifletmek için etkili bir yöntemdir[27]. Papaverin: Kısa süreli etkiye sahip bir vazodilatördür, ancak kısa etki süresi ve hipotansiyon/ICP artışı gibi yan etkileri nedeniyle kalsiyum kanal blokörleri daha güvenilir kabul edilir[19].

Balon Anjiyoplasti (PTA), farmakolojik ve hemodinamik girişimlere yanıt vermeyen inatçı vazospazmı endikedir[19][28]. PTA, proksimal büyük arterlerdeki vazospazmın tedavisinde etkilidir[28]. PTA, damar lümenini genişletir, serebral kan akışını artırır ve nörolojik fonksiyonu iyileştirir[28].

Tedaviye erken başlanması (nörolojik kötüleşme başlangıcından itibaren 6 saat içinde), nörolojik iyileşme ile ilişkilidir[28]. PTA'nın stroke veya ölüm riski gibi komplikasyon oranları %2-5 arasında bildirilmiştir[28].

Önemli bir proksimal vazospazm gözleendiğinde ve düzeltilebilir bir orta büyüklükte bir damar tıkanıklığı kaldığında, vazospazmı klinik olarak önemsiz gören girişimciler hemen EVT'ye devam etme eğilimindedir[1]. Ancak vazospazmı önemli görenler, vazodilatör tedaviyi başlattıktan sonra EVT'ye devam etmeden önce vazospazmın gerilemesini beklemeyi tercih eder[1]. Bu, optimal yönetim stratejileri konusunda fikir birliği olmadığını göstermektedir[1].

4. Arteriyel Rüptür

Damar rüptürleri veya perforasyonları, cihazların manipülasyonu sırasında damar duvarına uygulanan mekanik kuvvetler sonucu meydana gelir[3][2]. Girişim sırasında, özellikle cihaz değişim manevraları esnasında kılavuz telin kazara hareketi nedeniyle serebral arterlerde perforasyon gelişebilir[4]. Japonya'da 2012-2016 yılları arasında yapılan ulusal bir takip çalışmasında, kılavuz tellerden kaynaklanan 264 perforasyon olayı rapor edilmiş ve bunların %9,9'u ölümle sonuçlanmıştır[4]. Bu durumlar genellikle, teli geride bırakarak mikrokateri çıkarırken ya da lezyonun zorlukla geçildiği anlarda mikrotelin damar duvarına uyguladığı mekanik zorlanmadan kaynaklanır[5]. Anevrizma coilleme sırasında anevrizma içi rüptürler mikrotel, mikrokater veya coil tarafından tetiklenebilir[11]. Mikrokater kaynaklı perforasyonlar, özellikle sert pıhtıların zorlanarak geçilmesi veya tortiyoze arterlerde mikrokater gövdesinin bükülmesi ve damar duvarını delmesi sonucu ortaya çıkabilir[29]. Örneğin, mekanik trombektomi sırasında mikrokater gövdesinin İCA duvarını delerek iyatrojenik karotikokavernöz fistül (CCF) oluşturduğu vakalar bildirilmiştir[29].

Stent retriever ilişkili perforasyonlar, özellikle akut iskemik inme trombektomileri sırasında, pıhtının çıkarılması esnasında veya cihazın çekilmesi sırasında meydana gelebilir[2]. Damar tortiyozesinin yüksek olduğu durumlarda stent retriever cihazının geri çekilmesi sırasında oluşan damar gerilmesi nedeniyle CCF gibi vasküler yaralanmalar rapor edilmiştir[5][6]. Ayrıca, stent retriever'ın geri çekilmesi sırasında küçük perforan arterlerin mekanik traksiyon sonucu avülsiyonu meydana gelebilir; bu durum, DSAda kontrast sızıntısı görülme bile anjiyografik olarak gizli SAKa yol açabilir[2].

Balon anjiyoplasti sırasında, özellikle vazospazm tedavisinde kullanılan balonların, stenoz olmayan damar segmentlerinde aşırı şişirilmesi sonucu damar rüptürü riski mevcuttur[19].

4.1. Önleme

Perforasyon/rüptür, hastanın yaşamını tehdit eden sonuçlar doğurduğundan, önleyici tedbirler büyük önem taşır. Girişimciler, özellikle tortiyoz bölgelerde, daima nazik ve ihtiyatlı manevralar uygulamalıdır[6].

Mikrotel geri çekilirken, mikrokater perforasyonunu önlemek için telin yavaşça ve floroskopi altında çıkarılması önerilir. Perforasyon riskini azaltmak için, mikrotelin oklüzyonu geçtikten sonra damar duvarını delmesini önlemek amacıyla, ucunun J şeklinde veya yuvarlatılmış olarak kullanılması tavsiye edilir[2]. Center Wire gibi, sivri uçlu distal tel ucu olmayan özel değişim telleri, mikrotel perforasyonunu önlemek amacıyla geliştirilmiştir[4]. Stent retriever cihazını yerleştirirken, mikrokaterden dışarı itmek yerine mikrokateri geri çekerek konuşlandırmak, özellikle bifurkasyon bölgelerinde perforasyon riskini azaltır[2].

Stent retriever ile aspirasyon kateterinin birlikte kullanıldığı kombine tekniklerin kullanılması, stent retriever'ın damar duvarına uyguladığı mekanik gerilimi azaltarak, post-trombektomi SAK oluşumunu önlemede belirgin bir önleyici faktör olduğu tespit edilmiştir[24].

Damar anatomisinin non-invaziv görüntüleme (BT/MR) ile önceden değerlendirilmesi, yaklaşımın planlanması ve komplikasyon riskinin azaltılması için önemlidir[2].

4.2. Yönetim

İntrakraniyal damar perforasyonu meydana geldiğinde, hayati sonuçları önlemek için kanamanın 20 dakika içinde durdurulması kritik öneme sahiptir[3][10]. Yönetim, kanamayı durdurmaya ve intrakraniyal basıncı kontrol altına almaya odaklanır. Heparin antikoagülasyonu derhal durdurulmalı ve Protamin Sülfat ile geri çevrilmelidir[3][11]. Devam eden kanamayı hafifletmek için agresif kan basıncı düşürülmesi sağlanmalıdır[3][2].

Rüptür bölgesine uyumlu bir balonun şişirilmesi kanamayı anında durdurarak en etkili hemostaz yöntemini sunar[2][3]. Kılavuz kateter balonu ile proksimal akımın geçici olarak kesilmesi (balon oklüzyonu), ancak kollateral akımın (örneğin AComA) bulunmadığı durumlarda etkili olabilir. Eğer güçlü bir AComA kollateral akımı varsa, proksimal oklüzyon hemostazı

sağlayamaz ve kanama devam eder. Rüptür bölgesindeki parent artere geçici koil yerleştirilmesi, damarı kalıcı olarak tıkamadan kanamayı yavaşlatmak için bir seçenektir. Bu teknik, küçük ila orta boy perforasyonlarda etkilidir, ancak büyük perforasyonlarda yetersiz kalır ve balon tamponadı kadar kanamayı durdurucu değildir. Koil yerleştirme, özellikle halihazırda mikrokater yerleştirilmişse, balon hazırlamaktan daha hızlı uygulanabilir.

Etkilenen damar segmentinin kalıcı olarak tıkanması (detache edilen koiller veya sıvı embolik ajanlar kullanılarak) en son çare olarak düşünülmelidir. Kalıcı damar oklüzyonu, geçici önlemlere göre kanamayı daha hızlı durdurur (ortalama 4 dakikalık farkla). Özellikle boyun damarlarında (servikal) veya arteriyovenöz fistüllerde rüptür oluşursa, kaplı stentler (stent-graft) kullanılarak perforasyonun üzeri kapatılabilir. Eğer rüptür, konuşlandırılmış bir stentin olduğu yerde meydana gelirse, ikinci bir stent, perforasyon bölgesini kapatmak için birincinin üzerine teleskopik olarak yerleştirilebilir. İntrakraniyal rüptür durumlarında kaplı stent (stent-graft) kullanımı, perforan arterlerin tıkanma riski nedeniyle oldukça kısıtlıdır.

DSA'da kanama ekstravazyonunun yayılımını gösteren BT taraması, intrakraniyal kanamanın boyutunu ve yerini göstererek acil nöroşirürjikal girişim (EVD veya hematoma drenajı) gerekliliğine karar vermede yardımcı olur.

5. Vasküler Erişim Komplikasyonları

Nöroendovasküler girişimlerdeki vasküler erişim komplikasyonları, hem hastanın morbidite ve mortalite oranlarını etkileyen hem de prosedürün lojistik ve teknik başarısını belirleyen önemli bir risk grubunu temsil eder. Nöroendovasküler işlemler sırasında erişim yerine bağlı komplikasyonlar, genellikle girişimsel yöneme bağlı olarak değişmekle birlikte, majör risklerin bir parçasıdır. Randomize kontrollü çalışmalarda, kasık hematoma en sık bildirilen erişim yeri komplikasyonudur ve oranlar %2 ila %10 arasında değişmektedir[2].

5.1. Femoral / Radial Giriş Komplikasyonları

Femoral arter nöroendovasküler işlemler için geleneksel erişim yolu olmasına rağmen, kanama, pseudoanevrizma ve AVF gibi komplikasyon riskleri taşır[30]. Ayrıca, femoral arteriyel sheathlerin işlem sonrası uzun süre yerinde tutulması da komplikasyonlarla ilişkilendirilmiştir[31]. Bir kohort çalışmasında, femoral arter sheathinin uzun süre tutulduğu hastaların %50'sinde komplikasyonlar (kanama dahil) ve ekstübasyon gecikmesi gibi dolaylı sorunlar gözlemlenmiştir, bu komplikasyonların sıklığı kateterin yerinde kalma süresiyle doğru orantılı olarak artmıştır[31].

Radial arter femoral artere kıyasla minör erişim yeri kanama komplikasyonları riskini önemli ölçüde azaltmaktadır[32]. Ancak, radial arterin nadir görülen bir komplikasyonu radial arter oklüzyonudur (yaklaşık %4 oranında)[33][19].

Anatomiye erişim açısından avantajlı olan distal radial arter, ponksiyona bağlı komplikasyon riskini (%17,0) taşır[33]. Bu komplikasyonlar genellikle minör hematoma, arteriyel spazm/oklüzyon ve nöropatiyi içerir[33]. Düşük Vücut Kitle İndeksi (BMI) ($< 24,8 \text{ kg/m}^2$) bu tür ponksiyonla ilişkili komplikasyonlar için bağımsız bir risk faktörü olarak belirlenmiştir[33].

5.1.1. Pseudoanevrizma

Psödoanevrizma, femoral arter ponksiyonunun ciddi bir komplikasyonudur. Nöroendovasküler tedavi sonrası femoral psödoanevrizma insidansı %0 ila %2 arasında rapor edilmiştir[30]. Psödoanevrizmalar, ponksiyon bölgesinde subkutan hematoma, şişlik, ağrı veya nabız atışı olan kitle (pulsating mass) gibi klinik bulgularla ortaya çıkabilir ve tanı ultrasonografi veya kontrastlı BT ile konur[30]. Femoral arter erişimi sonrasında sütür aracılı kapama sistemleri kullanılırken, damarın tunika media katmanının çekilmesiyle oluşan diseksiyon benzeri bir lezyon veya damar duvarı avülsiyonu sonrası psödoanevrizma oluşumu riski bildirilmiştir[7].

5.1.2. Hematom

Erişim yeri komplikasyonlarının en sık görülen şekli olan hematomlar kasık hematomu ve retroperitoneal hematoma olarak iki ana kategoriye ayrılabilir. Kasık hematomu genellikle femoral arter sonrası gelişen minör kanama olup, %2 ila %10 sıklıkta bildirilmiştir[2]. Retroperitoneal hematoma Femoral arter kateterizasyonunun nadir fakat potansiyel olarak ölümcül bir komplikasyonudur[31]. Teşhisi zor olabilir ve bir kohort çalışmasında, uzun süre tutulan femoral arter sheathleri sonrasında retroperitoneal kanama vakaları bildirilmiştir[31].

5.1.3. AV Fistül

Arteriyovenöz Fistül (AVF), arter ile ven arasında anormal bir bağlantı oluşmasıyla karakterize edilir[30][31]. Bu durum, femoral arter ponksiyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkabilen ciddi bir komplikasyondur[30].

5.2. Önleme

Radial arteri tercih edilmesinin femoral artere kıyasla kanama riskini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir[32]. Ayrıca, ultrason rehberliğinde vasküler erişim sağlanması, kasık hematomu, psödoanevrizma ve AVF insidansını en aza indiren temel bir önleyici tedbirdir[2][19]. Şiddetli aterosklerotik değişiklikleri olan hastalarda, sütür aracılı kapama sistemleri (closure devices) kullanılırken, aşırı ligasyon kuvvetinden kaçınılması önerilir. Bunun yerine, uygun sütür gerginliği sağlandıktan sonra kanamaya tolerans gösterilmelidir[7].

Distal radial arter girişi uygulanan hastalarda, düşük BMI bağımsız bir komplikasyon risk faktörü olduğundan, bu popülasyonda ponksiyon sırasında daha fazla dikkat gösterilmesi veya alternatif erişim yollarının kullanılması gerekebilir[33].

Femoral arter sheathlerinin uzun süre (örneğin, bir gecedan fazla) yerinde tutulmasının kanama ve ekstübasyon gecikmesi gibi komplikasyon riskini artırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle sheathlerin mümkün olan en kısa sürede çıkarılması önerilir[31].

5.3. Yönetim

Femoral psödoanevrizma için ilk tercih edilen radikal tedavi yöntemi genellikle ultrason rehberliğinde kompresyon onarımı olarak kabul edilir[30]. Bu işlem sırasında, ponksiyon bölgesi üzerindeki kan akışını bloke etmek için ultrason probu ile doğrudan kompresyon uygulanır[30]. Ancak işlemin başarısızlık nedenleri arasında yüksek fiziksel aktivite ve geniş boyun çapına sahip psödoanevrizmalar yer alır[30]. Yüksek fiziksel aktiviteye sahip hastalarda işlem başarısını artırmak için sedatif ve analjezikler kullanılarak işlem sırasında ve sonrasında istirahat sağlanmalıdır[30]. Cerrahi veya endovasküler onarım, bu işlemin başarısız olduğu durumlarda son çare olabilir[2][30].

Minör kasık hematomları çoğunlukla gözlem veya yeniden kompresyon ile yönetilir[2]. Retroperitoneal hematoma gibi majör kanama durumlarında, antikoagülasyonun geri çevrilmesi, IV sıvı ve gerekirse eritrosit süspansiyon transfüzyonu gibi destekleyici bakım hayati önem taşır[19][31]. Şiddetli retroperitoneal hematoma varlığında vasküler cerrahi konsültasyonu zorunludur[19].

Radial arter oklüzyonu genellikle asemptomatik olmasına rağmen[33], genellikle düşük molekül ağırlıklı heparin veya cerrahi müdahale gerektiren durumlarda vasküler cerrahi konsültasyonu ile yönetilir[19].

6. Stent ve Cihaz İlişkili Komplikasyonlar

Nöroendovasküler girişimlerde kullanılan stentler, akım yönlendiriciler ve coiller gibi cihazlar, tedavi sonuçlarını doğrudan etkileyebilecek benzersiz komplikasyon riskleri taşımaktadır.

6.1. Stent ve Cihaz Maldeployment

Nöroendovasküler girişimler sırasında stentin veya cihazın hedef damar içine veya anevrizma içine tam olarak yerleştirilememesi (maldeployment), prosedürün başarısını tehlikeye atan ve ciddi komplikasyonlara yol açabilen önemli bir teknik sorundur[25]. Stent yetersiz yerleşimi, genellikle cihazın yanlış konumlandırılması, damar anatomisine tam olarak adapte olamaması veya cihazın yerleştirme işlemi sırasında sapması sonucu ortaya çıkar[25]. Stent maldeployment, genellikle vasküler akımın tehlikeye atılmasıyla sonuçlanan akut iskemik olaylara yol açar.

Bifurkasyon anevrizmalarında kullanılan WEB cihazları gibi intrasakküler cihazlarda, cihazın üç boyutlu pozisyonunu iki boyutlu biplan floroskopide doğru bir şekilde saptamadaki zorluk, yetersiz yerleşime katkıda bulunabilir[25]. WEB cihazının migrasyonu veya anevrizma dışına tamamen çıkması da rapor edilmiş cihaz komplikasyonlarıdır[25].

WEB cihazının anevrizma boynuna yanlış yerleştirilmesi, cihazın damar çıkışını kapatmasına neden olabilir[25]. Kullanım talimatları, damar kökeninin %50'den fazlasının cihazla kapatılmasına izin verilmemesi gerektiğini belirtir, aksi takdirde akım kısıtlaması veya trombotik komplikasyon riski oluşur[25].

6.2. Stent Migrasyonu

Cihaz migrasyonu, yetersiz yerleşimi takiben veya prosedürün ilerleyen aşamalarında cihazın yerinden kaymasıdır.

WEB cihazlarında, cihazın ayrılmasından (detachment) sonra konum değiştirmesi veya anevrizma kesesinden tamamen çıkarak çevre damarlara doğru ekstrüde olması (dışarı fırlaması) gibi durumlar rapor edilmiştir[25]. Göç eden cihaz, ebeveyn arterin bütünlüğünü tehlikeye atarak akut tıkanıklığa veya inmeye neden olabilir.

Tamamen yerinden çıkan cihazların tedavisinde, cihazı yakalamak ve çıkarmak için snare veya alligator clamp gibi cihazlar kullanılır[25]. Alternatif olarak, cihazı damar duvarına sabitlemek ve akımı sürdürmek için stent yerleştirilmesi gerekebilir[25].

6.3. Flow Diverter Komplikasyonları

Akım yönlendirici stentler, genellikle anevrizmanın tedavisinde kullanılsa da ciddi sistemik ve nörolojik komplikasyon riskleri barındırır.

FD yerleştirilmesi, coil embolizasyonuna kıyasla daha yüksek sistemik hemorajik komplikasyon insidansı ile ilişkilendirilmiştir[14]. FD ile ilişkili komplikasyonlar arasında gastrointestinal kanama ve solunum yolu kanaması oranlarının coillemeden anlamlı ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur[14].

FD yerleştirilmesi sonrası stent içi tromboz veya gecikmiş parent arter oklüzyonu riski mevcuttur[14][15]. Anevrizma tamamen tıkanana kadar uzun süreli DAPT sürdürülmediğinde, bu durum antiplatelet tedavisinin kesilmesinden aylar sonra bile semptomatik inmeye yol açabilir[15].

Paraklinoid anevrizmaların FD ile tedavisinden sonra, kranial sinirleri besleyen küçük dalların (örneğin inferolateral trunk) FD tarafından örtülmesi sonucu okülomotor sinir felci gibi komplikasyonlar gelişebilir[34]. Bu komplikasyonun insidansının yaklaşık %3 olduğu tahmin edilmektedir[34].

Anevrizmalar Acomm, Pcomm veya MCA'dan kaynaklanıyorsa, önemli dallanma damarlarını tıkama potansiyeli nedeniyle FD yerine coil embolizasyonu tercih edilmektedir[14].

6.4. Balon Komplikasyonları

Balon kateterler hem anevrizma embolizasyonuna yardımcı olmak hem de vazospazm gibi komplikasyonları yönetmek için kullanılırken, mekanik hatalara karşı hassastır. Balonun damar içine yanlış veya aşırı şişirilmesi (overinflation), özellikle compliant balonlarda damar duvarına gereğinden fazla basınç uygulayarak rüptür/perforasyon riskini artırır[35]. Balon kateter, emboli oluşumu için bir yüzey görevi görebilir ve çoklu cihaz kullanımı (coil kateteri ile birlikte) tromboembolik olay riskini artırır[35]. Balon kateter sistemine kan veya hava kabarcığı girmesi, kontrastın yetersiz görünmesine ve dolayısıyla balonun amaçlanandan fazla şişirilerek rüptüre yol açmasına neden olabilir[35]. Örneğin, balon şişirme hacminin ambalaj üzerinde belirtilen maksimum hacmi aşmaması hayati öneme sahiptir[35].

6.5. Cihaz Kırılması / Ayrılması

Cihazların yapısal bütünlüğünün bozulması veya istem dışı olarak sistemden ayrılması ciddi sonuçlar doğurur. Coillerin manipülasyon veya bir stente takılması (snagging) sırasında gerilmesi (stretched coils), telin fraktürüne ve distal damarlara doğru göç etmesine neden olabilir. Parçalanmış

bobinleri geri çekmek zor ve tehlikelidir[35]. Mekanik trombektomi sırasında mikrotelin, pıhtının ötesindeki küçük perforan arterler içine istem dışı ilerlemesi sonucu sıkışıp kalması nadir fakat ciddi bir komplikasyondur. mikrotel tutulması kurtarma sırasında SAK riski taşır[26].

Stent retriever cihazlarının işlem sırasında istem dışı ayrılması, nadir bir komplikasyondur. Genellikle artan sayıda trombektomi girişimi ve zorlu anatomik çekme manevraları ile ilişkilidir ve semptomatik intrakraniyal hemoraji riskini artırır[2].

Karotis arter stentlemesi sırasında karotis filtresinin tutulması, genellikle yetersiz stent yerleşimi veya stent kırığı nedeniyle karotis filtresinin geri çekilmesini engelleyen nadir bir komplikasyondur[21].

6.6. Önleme

Geleneksel mikro kılavuz tellerin neden olduğu perforasyon ve diseksiyon riskini azaltmak için, Center Wire gibi, ucunda sepet şeklinde stent bulunduran ve sivri distal tel ucu olmayan değişim telleri geliştirilmiştir. Bu cihazlar, mikrokater değişim manevraları sırasında damar bütünlüğünü korur[4].

Stent retriever ile aspirasyon kateterinin birlikte kullanıldığı kombine tekniklerin, stent retriever'ın damamı gerilmesini azaltarak post-trombektomi SAK oluşumunu önlemede anlamlı bir faktör olduğu gösterilmiştir[24].

WEB cihazı gibi kompleks cihazların yanlış konumlanmasını önlemek için, ayırmadan önce 3D rotasyonel anjiyografi ile cihaz pozisyonunun teyit edilmesi önerilir[25].

FD sonrası sistemik kanama riskini azaltmak için, platelet fonksiyon testi ile takip edilen kişiselleştirilmiş DAPT rejimleri önerilir. Genotip rehberliğinde uygulanan modelin, DAPT komplikasyonlarını %37 oranında azalttığı bildirilmiştir[19].

6.7. Yönetim

Gelişen tromboembolik olaylar, GpIIb/IIIa inhibitörleri (örneğin Tirofiban) veya mekanik trombektomi ile derhal yönetilmelidir[25][35]. Anevrizma tamamen tıkanana kadar uzun süreli DAPT sürdürülmelidir[15]. Kurtarma stentlemesi, tıkalı damarı yeniden açmak ve cihazı yeniden konumlandırmak için yeterli radyal kuvvete sahiptir[25].

Mikrotel tutulması, genellikle heparin geri çevrilerek ve hipotansiyon kontrolü altında snare kullanılarak dikkatlice çıkarılır, bu esnada SAK riski göz önünde bulundurulmalıdır[26]. Tamamen göç etmiş WEB cihazları

snare veya kısıpaca alınarak geri çekilebilir veya parent damar duvarına karşı stentlenerek stabilize edilebilir[25]. Endovasküler yolla çıkarılamayan karotis filtreleri için, dual antiplatelet tedavi altında bile açık cerrahi (karotis endarterektomi) yapılabilir[21].

Prosedürel kanama durumunda, dolaşımdaki heparin, protamin sülfat ile derhal geri çevrilmelidir[11][35]. Perforasyon sonrası aktif kanamanın 20 dakika içinde durdurulması, hastanın sağkalım olasılığını artırmak için kritik öneme sahiptir. Kalıcı damar oklüzyonu (coil veya sıvı embolik ajanlarla) geçici önlemlere göre daha hızlı hemostaz sağlar[10].

7. Non-Target Embolizasyon

Hedef dışı embolizasyon (HDE), nöroendovasküler işlemler sırasında yanlışlıkla normal damar yatağına pıhtı, cihaz parçaları veya sıvı embolik ajanların kaçması sonucu ortaya çıkan ciddi komplikasyonları ifade eder.

7.1. AVM / AVF Embolizasyonu Esnasında

Arteriovenöz Malformasyon (AVM) ve Dural Arteriovenöz Fistül (DAVF) embolizasyonu sırasında hedef dışı embolizasyon, genellikle embolik ajanın istenmeyen damarlara geçişiyle oluşur.

Liquid embolizasyonu, DAVF tedavisinde yerleşik bir yöntemdir. Ancak Liquid'in migrasyonu, normal venöz drenajı bozarak ve pulmoner embolizm riskini artırarak komplikasyonlara yol açabilir[20]. Bir olgu raporunda, transarteriyel embolizasyon sırasında juguler vende aniden yumak benzeri bir yapı oluştuğu bildirilmiştir. Deneysel doğrulamaya göre, bu durum Liquid'in çok küçük bir delikten (şant noktasından) yeterince yavaş ve sürekli akış koşulları altında enjekte edilmesiyle meydana gelir[20]. Sıvı embolik ajanların kullanılması, serebral veya spinal inmeye, venöz drenaj bozukluğuna veya pulmoner embolizme neden olan hedef dışı embolizasyon riskini artırır[35]. AVM veya tümör embolizasyonunda kullanılan küçük partiküllü (500 μm 'den küçük) Polivinil Alkol gibi partiküllü embolik ajanların, "tehlikeli" anastomozlara nüfuz etme olasılığı yüksektir. Bu durum, serebral iskemiye veya körlüğe yol açabilir ve bu nedenle önerilmez[35].

7.2. Anevrizma koilleme esnasında coil sarkması

Coil herniasyonu veya migrasyonu, anevrizma coilleme işlemlerinin yaygın ve ciddi tromboembolik komplikasyonlarından biridir. Coil protrüzyonu, trombüs oluşumuna yol açarak parent arter trombozu ve distal tromboembolizm riskini artırır[35]. Coil migrasyonu, anevrizmanın boyun/dome oranının yetersiz olması veya framing (çerçeve) coilin yeterince

örülmemesi sonucu, genellikle tek bir coil veya coil kütlesi halinde arter lümeni içine düşerek fonksiyonel bir tromboemboli olarak göç etmesidir[35]. WEB cihazı gibi intrasakül akım modifikasyon cihazları da anevrizma kesesinden çıkarak parent damara veya dallanan arterlere tamamen ekstrüde olabilir[25]. Yeniden konumlandırma sırasında coilin kırılması meydana gelirse, parçalar proksimale aortaya kadar veya distale küçük serebral damarlara doğru göç edebilir ve trombojenik bir yumak oluşturabilir[35].

7.3. Önleme

Hedef dışı embolizasyon ve cihaz migrasyonunun önlenmesi hem prosedürel tekniklere hem de farmakolojik risk yönetimine odaklanır. Stent veya akım yönlendirici kullanımı, perioperatif ve uzun süreli çift antiplatelet tedavi (DAPT) gerektirir[35]. Tromboprofilaksinin etkinliğini sağlamak için, hastaların klopidoğrele yanıtı ölçülmelidir. Düşük trombosit reaktivitesi gösteren hastaların (genellikle 230–240 PRU ve üzeri) tromboembolik komplikasyon riskinin 2.23 kat daha yüksek olduğu bulunmuştur[9].

FD sonrası anevrizma tam olarak tıkanmadıysa, cihaz endotelle kaplanana kadar uzun süreli antiplatelet tedaviye devam edilmesi, gecikmiş parent arter oklüzyonu riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir[15]. Genotipe dayalı modellerin DAPT ile ilişkili kanama komplikasyonlarını %37 oranında azalttığı öngörülmüştür[36].

Bifurkasyon anevrizmalarında WEB cihazı kullanılırken, ayrılma (detachment) öncesinde 3D rotasyonel anjiyografi çekilmesi, cihazın karmaşık anatomideki konumunu tam olarak doğrulamaya yardımcı olarak hatalı yerleşim ve migrasyon riskini azaltır[25].

Sıvı ajanlar enjekte edilirken, ajanın mikrokater etrafında katılaşmasını sağlamak ve proksimal reflüyü önlemek için enjeksiyonun yavaşlatılması veya kısa süreli duraklatılması (en fazla 2 dakika) önerilir. Bu, ajanın daha derin AVM/DAVF nidusuna yönlendirilmesine yardımcı olur[19][35].

7.4. Yönetim

Hedef dışı embolizasyon veya cihaz migrasyonu durumlarında acil yönetim, genellikle endovasküler trombüs çıkarılması, ajanın yerinde sabitlenmesi veya cihazın geri çekilmesini içerir.

Akut tromboembolik komplikasyonlarda, genellikle ilk adım, glikoprotein IIb/IIIa inhibitörlerinin (örneğin tirofiban veya abciximab) intra-arteriyel olarak hızla uygulanmasıdır. Tirofiban, kısa yarı ömrü nedeniyle kanama riski açısından daha güvenli kabul edilir[11][35].

Farmakolojik çözülmeye yanıt vermeyen veya kritik lümen tıkanıklığı oluşturan pıhtılar için stent retriever veya aspirasyon cihazlarıyla MT uygulanır[35]. Distal ve tortiyoz damarlardaki tıkanıklıklarda, geleneksel aspirasyon kateterlerinin başarısız olduğu durumlarda, mikrokateterlerle temas aspirasyonu kurtarma yöntemi olarak başarıyla kullanılmıştır[12]. Arter lümenine herniye olan coil/cihaz parçaları, snare cihazları kullanılarak çıkarılabilir[35].

Geri çekilmenin riskli olduğu veya kısmi herniasyonun olduğu durumlarda, intraarteriyel stentler kullanılarak coil parçası damar duvarına sabitlenir ve arter lümeni korunur[25][35]. WEB cihazı nedeniyle tıkanan damarlarda da intraarteriyel stent ile rekanalizasyon sağlanmıştır[25].

Antiplatelet ilaçlar kullanan hastalarda cihaz migrasyonu sonucu cerrahi müdahale gerekirse, kanama riskine karşı trombosit transfüzyonu ile antiplatelet ajanlar tersine çevrilmelidir.

8. Venöz Komplikasyonlar

Nöroendovasküler işlemler sırasında venöz sistemle ilgili komplikasyonlar, özellikle akut iskemik olaylar veya kompleks vasküler malformasyonların tedavisi sırasında ortaya çıkabilir. Bu komplikasyonlar çoğunlukla sinüs trombozları, erişim zorlukları veya cihazların venöz yapıya zarar vermesi şeklinde kendini gösterir.

8.1. Sinüs Trombozu

Serebral venöz tromboz (CVT), genç kadınlarda yaygın olarak görülen ve fokal nörolojik defisit, papilödem, nöbet, şiddetli baş ağrısı ve koma gibi değişken semptomlara yol açabilen ciddi bir inme nedenidir. CVT'nin standart tedavisi sistemik antikoagülasyondur; bu genellikle rekanalizasyon ve semptomatik iyileşme sağlar[35].

Hastanın klinik durumunun sistemik antikoagülasyon tedavisine rağmen kötüleştiği veya nörolojik gerileme gösterdiği durumlarda, lokal trombolitik ajan infüzyonu ve/veya mekanik trombektomi gibi endovasküler girişimler düşünülmelidir[35]. Lokal tromboliz (doku plazminojen aktivatörü (tPA) gibi ajanlarla) yüksek rekanalizasyon oranları sağlasa da, hemorajik dönüşüm ve hematoma genişlemesi riskini artırır[35]. Özellikle önceden var olan hemorajik venöz enfarktüs varsa, lokal tromboliz uygulanmamalıdır[35].

8.2. Venöz Perforasyon

Venöz perforasyon ve hasar, özellikle trombozun giderilmesi veya vasküler malformasyonların transvenöz yolla embolizasyonu sırasında meydana

gelebilir. Venöz sinüsler genellikle arteriyel damarlara göre daha fazla mekanik travmaya dayanıklı olsa da, MT cihazları ile yapılan manipülasyonlar kortikal drenaj venlerinin perforasyonuna yol açabilir[35]. Bu tür perforasyonlar kanama ve nörolojik hasara neden olabilir. Venöz perforasyon oluştuğunda, heparin antikoagülasyonu derhal geri çevrilmeli ve hastaya bilgisayarlı tomografi taraması yapılmalıdır[35].

8.3. Dural Sinüs Giriş Komplikasyonları

Dural sinüslere erişim ve manipülasyon, özellikle anevrizma veya DAVF gibi lezyonların drenajını hedef alırken komplikasyonlara neden olabilir. DAVFlerin transvenöz yolla oblitere edilmesi hedeflendiğinde, venöz sinüsün hipoplazisi, trombozu veya stenozu nedeniyle fistülün venöz drenajına erişim kısıtlanabilir[35]. DAVF embolizasyonunda, embolik ajan bazen venöz tarafa kaçabilir; bu durum pulmoner embolizm dahil ciddi venöz oklüzyon riskleri taşır[20].

Karotiko-kavernöz fistül tedavisinde, konvansiyonel femoral venöz yolların başarısız olduğu durumlarda superior ophthalmic ven yaklaşımı kullanılabilir[35]. Ancak bu yaklaşım hemoraji, oküler iskemi, diplopi ve ptozis dahil olmak üzere önemli orbital riskler taşır ve az da olsa kalıcı körlük riski bildirilmiştir[35]. CCF'lerin %89'u kavernöz ICA'nın kıvrım bölgesinde meydana gelmektedir[29].

8.4. Önleme ve Yönetim

Venöz komplikasyonların önlenmesi ve yönetimi, dikkatli erişim tekniklerine, uygun antikoagülan yönetimine ve acil durumlara hazırlıklı olmaya dayanır.

Venöz sinüslere girişim yaparken, sert cihazların intrakraniyal sinüslere sokulması dikkat edilmesi gereken bir uygulamadır ve kortikal ven perforasyonu riskini artırır[35]. Mikrotel/mikrokaterin venöz sinüsler boyunca dikkatli manipülasyonu bu riski azaltır. Tüm kateter ve kanül sistemlerinin hava kabarcıklarından tamamen arındırılması esastır. Eğer hasta Heparin Kaynaklı Trombositopeni (HIT) tanısıyla acil nöroendovasküler girişime alınacaksa, Argatroban gibi alternatif antikoagülanlar güvenle kullanılmalıdır[23]. Argatroban uygulanırken, initial bolusu (200 µg/kg) takiben, her 30 dakikada bir ACT ölçülmeli ve bu değer ≥ 200 saniye seviyesinde tutulmalıdır[23].

Semptomatik CVT'de, trombolitik ajanların bölgesel infüzyonunu desteklemek veya mekanik aspirasyon yapmak için guide kateterin sinüse yerleştirilmesi ve TPA veya aspirasyonla pıhtının çıkarılması

düşünülmelidir[35]. MTyi takiben, tam sistemik antikoagülasyon (örneğin Düşük Molekül Ağırlıklı Heparin-LMWH) sürdürülmelidir[35].

Venöz sinüs perforasyonu durumunda, kanama genellikle düşük basınçlı venöz sistemde olduğundan katastrofik olmayabilir. Ancak, heparin hemen geri çevrilmeli ve BT taraması yapılmalıdır[35].

Superior oftalmik ven erişimi sonrası CCF kapanışından sonraki ilk birkaç saat içinde, oküler basınç ve orbital konjesyonun paradoksal olarak kötüleşmesi beklenebilir; bu nedenle, cerrahi sonrası ilk 6 saat boyunca oküler basınç ve orbital durum yakından izlenmelidir[35].

9. Kontrast İlişkili Komplikasyonlar

Nöroendovasküler işlemler sırasında iyotlu kontrast maddelerin kullanımı, damar perforasyonundan böbrek fonksiyon bozukluğuna ve alerjik reaksiyonlara kadar çeşitli komplikasyonlara yol açabilir.

9.1. Kontrast Ekstravazasyonu

Kontrast ekstravazasyonu, serebral damar perforasyonunun veya rüptürünün anjiyografik bir bulgusudur[2][3][5]. Minör sızıntılardan SAKa kadar değişebilir ve potansiyel olarak hayatı tehdit eden kanamalara yol açabilir[3]. EVT geçiren hastaların %0,6 ila %4,9'unda vasküler perforasyon nedeniyle ekstravazasyon görülmüştür[2]. Bu tür olaylar, hastaların %50'ye kadar varan oranda ciddi sakatlık veya ölüm riski taşıması nedeniyle en çok korkulan komplikasyonlardandır[2][3].

Damar perforasyonu, genellikle stent retriever ile yapılan manevralar veya mikrokater/mikrotel manipülasyonu sırasında meydana gelir[2][11]. Perforasyonun, özellikle mekanik trombektomi sırasında orta ve distal damar tıkanıklıklarında, geniş damar tıkanıklıklarına göre daha sık meydana geldiği bildirilmiştir[10][37][38][39].

Bazen ekstravazasyon, DSAda belirgin kontrast sızıntısı olmadan da ortaya çıkabilir; bu durum, cihazın mekanik çekme manevrası sırasında küçük perforan arterlerin gerilmesi veya kopması sonucu anjiyografik olarak gizli post-trombektomi SAK olarak adlandırılır[2][24].

9.2. Kontrast Nefropatisi

Kontrast nefropatisi, iyotlu kontrast madde uygulamasının ardından gelişen bir durumdur[40]. Nöroendovasküler cerrahi geçiren hastalarda klinik kontrast nefropatisi insidansı nispeten düşüktür (yaklaşık %0,88)[40]. Bununla birlikte, subklinik kontrast nefropatisi, idrar nötrofil jelatinazla

ilişkili lipokalin gibi erken belirteçler kullanılarak saptanabilir ve bu subklinik hasarın insidansının (%10,4), klinik kontrast nefropatisi insidansından anlamlı ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur[40]. Bu büyük fark, serum kreatinin (Kontrast nefropatisi tanısında kullanılan ana belirteç) hassasiyetinin, nötrofil jelatinazla ilişkili lipokalin gibi biyobelirteçlere kıyasla daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır[40].

Kontrast nefropatisi için bilinen risk faktörleri arasında önceden var olan böbrek fonksiyon bozukluğu (bazal GFR < 60 mL/dak), diyabet mellitus , konjestif kalp yetmezliği, ileri yaş ve karotid arter stenozu bulunur[19][40]. Diabetes mellitus ve karotid arter stenozu, nöroendovasküler cerrahi geçiren hastalarda klinik ve/veya subklinik kontrast nefropatisi gelişimi için bağımsız risk faktörleri olarak belirlenmiştir[40].

9.3. Alerjik Reaksiyonlar

Kontrast maddeye karşı alerjik reaksiyonlar, hafif ürtiker ve kaşıntıdan, hayatı tehdit eden bronkospazm ve şoka kadar değişebilir[19]. Daha önce iyota veya kontrast maddeye karşı advers reaksiyon öyküsü, alerjik reaksiyonların nüksetmesi için en iyi göstergedir[41]. Atopi veya astım öyküsü de risk faktörleri arasındadır[35].

Nörovasküler stentler ve FDler, nikel-titanyum (nitinol) gibi alaşımlar içerir[41]. Metal alerjisi (özellikle nikel) olan hastalarda, stentleme sonrasında artan stent içi stenoz ve geçici iskemik atak, inme riskleri gözlemlenmiştir[41]. Pozitif deri yama testi sonucu olan hastalarda stent içi stenoz (%43) ve TIA/İnme (%38) oranları, negatif test sonucu olanlara göre daha yüksek bulunmuştur[41].

9.4. Önleme ve Yönetim

Kontrast madde ve endovasküler cihaza bağlı komplikasyonların önlenmesi ve yönetimi, acil ve titiz bir yaklaşım gerektirir:

Kontrast madde nefropatisini önlemek için; yüksek riskli hastalarda, prosedürden önce 3 ila 12 saat ve sonrasında 6 ila 24 saat boyunca 1,0 ila 1,5 mL/kg/saat hızında izotonik %0,9 salin ile agresif perioperatif hidrasyon önerilir[19][35]. Diyabet hastalarında, metformin laktik asidoz riskini azaltmak için kontrast madde uygulamasından en az 24 saat önce kesilmelidir[19]. NSAID'ler ve ACE inhibitörleri gibi potansiyel olarak nefrotoksik ilaçlar da durdurulmalıdır[35]. Kontrast madde hacmi sınırlandırılmalıdır[19].

Alerjik reaksiyonların önüne geçmek için; kontrast madde alerjisi öyküsü olan hastalara, reaksiyonları önlemek için difenhidramin ve kortikosteroidlerle (örneğin prednizolon/hidrokortizon) ön tedavi uygulanması zorunludur[35]. Ön tedavinin yetersiz olduğu durumlarda elektif prosedürler ertelenir. reaksiyon gelişen hastalarda hafif reaksiyonlar (ürtiker) genellikle sadece izlem gerektirir. Şiddetli reaksiyonlar durumunda ise derhal genel yaşam destek protokolleri başlatılmalı ve spesifik semptomlara yönelik tedaviler (örn. epinefrin, difenhidramin, ventilasyon desteği) uygulanmalıdır[19].

Kontrast ekstrevasasyonu ve damar perforasyonu durumunda hız ve kesinlik esastır, zira aktif kanamanın 20 dakikadan fazla sürmesi kötü sonuçlarla ilişkilidir[3][10]. Heparin antikoagülasyonu derhal protamin sülfat ile geri çevrilmelidir[2][3]. Devam eden kanamayı azaltmak için kan basıncının agresif bir şekilde düşürülmesi gerekir[2]. Perforasyon bölgesinde uyumlu bir balonun şişirilmesi, ekstrevasyonu anında ve tamamen durdurmak için en güvenilir mekanik hemostaz yöntemidir[3]. Balon mevcut değilse, geçici ebeveyn arter koillemesi küçük ila orta boy perforasyonlarda kanamayı azaltabilir, ancak büyük rüptürlerde etkinliği azalır[2][3]. Proksimal balonu şişirerek akımı durdurma, yalnızca AComA (Anterior Kommunikan Arter) yoluyla kollateral akımın olmadığı durumlarda güvenilir bir yöntemdir[3]. Kalıcı damar oklüzyonu (coiller veya sıvı embolik ajanlar ile) geçici yöntemlere kıyasla daha hızlı kanama durdurma sağlar (ortalama 4 dakikalık farkla) ve son çare olarak düşünülmelidir[10].

10. Radyasyon Kaynaklı Komplikasyonlar

Nöroendovasküler işlemler sırasında kullanılan radyasyon (floroskopi), akut cilt hasarından uzun vadeli vasküler değişikliklere kadar uzanan potansiyel komplikasyon risklerini beraberinde getirir.

10.1. Cilt Hasarı

Endovasküler girişimlerde radyasyona maruz kalmak kaçınılmazdır ve bu maruziyetin cilt üzerindeki etkileri, prosedürün süresine ve uygulanan doza bağlıdır.

Floroskopi sırasında maruz kalınan radyasyon dozuna bağlı olarak ciltte oluşan hasarlar akut komplikasyonlar arasındadır. Radyasyona bağlı eritem için eşik doz 2 Gy, saç dökülmesi için ise 3 Gy olarak kabul edilmektedir[42].

Radyasyon dozunu etkileyen hasta faktörleri önemlidir. Yüksek BMI'ye sahip hastaların, normal BMI'ye sahip hastalara göre üç kat daha yüksek tepe cilt dozlarına maruz kaldığı tespit edilmiştir[42]. Ayrıca, diyabet ve bağ

dokusu bozuklukları gibi eşlik eden hastalıkların varlığı, radyasyona bağlı cilt hasarı riskini artırır[42].

EVTlerde ölçülen dozlar mevcuttur: Distal radial yaklaşım ile başarılı şekilde gerçekleştirilen prosedürlerde ortalama floroskopik süre 12.01 ± 7.63 dakika ve ortalama radyasyon maruziyeti 39.26 ± 27.32 Gy·cm² olarak kaydedilmiştir[33].

Radyasyon kaynaklı cilt hasarını en aza indirmek için girişim sırasında aralıklı floroskopi, son görüntü tutma ve kollimasyon gibi tekniklerin kullanılması önerilir[42]. Ayrıca, radyasyon dozunu azaltmak amacıyla daha yüksek kilovolt ve daha düşük miliamper ayarları ile anti-saçılma ızgaraları uygulanması da faydalı olabilir[42].

11. İşlem Sırasında Hemodinamik Dalgalanmalar ve Vasküler Etkileri

Nöroendovasküler işlemler sırasında kan basıncındaki kontrolsüz dalgalanmalar, hastanın damar bütünlüğünü ve beyin perfüzyonunu doğrudan etkileyerek ciddi komplikasyonlara yol açabilir.

11.1. Hipertansiyon

Kontrolsüz hipertansiyon, özellikle anevrizma rüptürü veya vasküler perforasyon gibi kanamalı olayların şiddetini ve sonuçlarını kötüleştirir. Anevrizma perforasyonunun veya rüptürünün klinik sonuçları, subaraknoid alana minimal kontrast sızıntısından, intrakraniyal hipertansiyon ve ölümle sonuçlanabilen fulminan kanamaya kadar değişebilir[3].

İntraoperatif rüptür durumlarında, anestezi anestezi ve aşırı taşikardi ile kan basıncında ani bir yükselme gözlemlenecektir[35]. İyatrojenik damar perforasyonu meydana geldiğinde, devam eden kanamayı azaltmak ve katastrofik sonuçları önlemek amacıyla, heparinizasyonun derhal geri çevrilmesi (protamin sülfat ile) ve agresif KB düşürülmesi hayati öneme sahiptir[3][11].

Karotid arter stentlemesi sonrası, hiperperfüzyon sendromu olarak bilinen, nöbetler, baş ağrısı ve serebral kanama ile karakterize potansiyel olarak yıkıcı bir komplikasyon gelişebilir[43]. Bu sendromun risk faktörleri arasında hipertansiyon ve yetersiz kollateral dolaşım yer alır[43].

Perforasyon sonrasında kanamayı durdurmak için hızlı ve etkili bir müdahale gerçekleştirilene kadar, nörogirişimcinin kanamayı kontrol altına almak amacıyla KB kontrolü konusunda anestezi ekibine talimat vermesi kritik öneme sahiptir[35].

11.2. Hipotansiyon

İşlem sırasında meydana gelen hipotansiyon, özellikle akut iskemik olaylar veya vazospazm tedavisi gören hastalarda serebral perfüzyonu tehlikeye atabilir. Vazodilatör ajan infüzyonunun neden olduğu intraoperatif hipotansiyon riski nedeniyle, sürekli KB takibi esastır[35]. Vazospazm tedavisi için kullanılan kalsiyum kanal blokerleri (örneğin nimodipin) sistemik hipotansiyon ve serebral çalma (steal phenomenon) riski taşımaktadır[35]. Akut büyük damar oklüzyonu olan bir hastada vazospazmı önlemek için nimodipin gibi vazodilatörlerin profilaktik olarak kullanılması, hipotansiyon ve serebral çalma fenomeni riski nedeniyle önerilmemektedir[2].

Karotid arter stentlemesi prosedürleri sırasında karotis sinüs refleksinin tetiklenmesiyle bradikardi ve hipotansiyonla karakterize hemodinamik depresyon meydana gelebilir[44]. Hemodinamik depresyon, eşlik eden koroner arter hastalığı olan hastalarda miyokardiyal iskekiye yol açabilir[44]. Ciddi sistemik hipotansiyon, nörogirişimselciler tarafından vazospazmın tıbbi tedavisi için olası bir kontrendikasyon olarak kabul edilmektedir[35].

12. Komplikasyonların Erken Tanısı ve Yönetim Algoritmaları

12.1. Check-list

Kontrol listeleri, cerrahi uygulamalarda (örneğin WHO cerrahi kontrol listesi) hata oranını ve advers olayları azaltmada etkili bir araç olarak kabul edilmiştir[35]. Nöroendovasküler işlemler için hazırlanan kontrol listeleri, prosedürün teknik yönlerine, prosedür öncesi hasta taramasına ve işlem sonrası acil değerlendirmeye odaklanır[35].

Prosedür öncesi, temel böbrek fonksiyon testleri (GFR/serum kreatinin) yapılmalı ve önceden böbrek fonksiyon bozukluğu olan hastalar taranmalıdır[35]. Diyabetik hastalarda, kontrast madde verilmeden en az 24 saat önce metforminin kesilmesi gerekir[35].

Kontrast madde alerjisi öyküsü olan hastalarda, kortikosteroidler veya antihistaminiklerle ön tedavi belgelenmelidir; uygun ön tedavi yapılmamışsa elektif vakalar ertelenir[35].

Karotis stentleme veya stent destekli coilleme gibi prosedürler için antiplatelet direnci taraması yapılmalıdır[35]. Klopidoğrel için P2Y12 platelet reaksiyon ünitesi (PRU) değerinin > 237 olması subterapötik kabul edilir[35]. Koagülasyon durumu normal olmalı, INR < 1.4 (warfarin kullanan hastalar için) ve PTT < 40 (heparin kullanan hastalar için) gibi parametreler kontrol edilmelidir[35].

Floroskopik muayene ile femoral başın anatomik referans noktaları kontrol edilmeli ve ağır kalsifikasyon gibi riskler değerlendirilmelidir[35]. Obezite veya önceden erişim sorunları olan hastalarda ultrason rehberliğinde erişim düşünülmelidir[35].

12.2. Post-prosedürel İzlem Protokolü

EVT sonrası takip, komplikasyonların yönetimi ve uzun süreli antiplatelet rejimlerinin sürdürülmesi açısından önemlidir.

Karotid arter stentleme rekanalizasyonu sonrasında, hiperperfüzyon sendromu riskini en aza indirmek için sistolik KB'nin (SBP) < 120 mmHg'nin altında tutulması önerilir. Hastanın nörolojik durumu ve vital bulguları, özellikle ilk 24 saatte sıkı takip edilmelidir[35].

Femoral arteriyel sheathler, giriş bölgesi hematoma, retroperitoneal kanama, pseudoanevrizma veya tromboembolik olaylar gibi komplikasyonlar açısından yoğun bakım ünitesinde yakından izlenmelidir[31]. Sheath çıkarıldıktan sonra lokal kanama/hematoma riski devam eder[35].

Antiplatelet Yönetimi: Stent (FD dahil) yerleştirilen hastalarda, stent trombozu riskini azaltmak için DAPT (örneğin 3-6 ay Klopidoğrel ve ömür boyu Aspirin) başlatılır ve sürdürülür[19]. FD tedavisi gören hastalarda, sistemik kanama riskini (GİS ve solunum yolu kanaması) azaltmak için asit baskılayıcılar ve kişiselleştirilmiş DAPT rejimleri önerilir[14].

Gecikmiş Arter Tıkanıklığı: FD yerleştirilmesi sonrası anevrizmanın tam olarak kapanmadığı durumlarda, stent içi tromboz ve DPAO riskini azaltmak için uzun süreli antiplatelet tedaviye devam edilmesi önemlidir[15].

13. Sonuç

Endovasküler cerrahi, hızlı ilerleyen bir alan olup, komplikasyonları en aza indirmek için teknik uzmanlık ve sürekli adaptasyon gerektirir. Nörogirişimselciler için tecrübenin artması, komplikasyon oranlarında bir azalmaya ve daha iyi teknik sonuçlara yol açmaktadır[35]. Distal radial erişim gibi yeni yaklaşımlarda, düşük BMI giriş bölgesi komplikasyonları için bağımsız bir risk faktörü olduğu bulunmuş, bu da uygun hasta seçimi ve teknik ihtiyatın önemini vurgulamaktadır[33]. Prosedürel komplikasyonlara (diseksiyon veya perforasyon) yol açabilen kılavuz tel kaymasını önlemek için tasarlanan Center Wire gibi yenilikçi cihazların kullanımı, güvenlik ve etkinlik açısından umut verici sonuçlar göstermiştir[4]. Antiplatelet ilaçlara karşı bireysel yanıt değişkenliği göz önüne alındığında, genotipe göre uyarlanmış

DAPT rejimlerinin kullanılması, PED sonrası kanama komplikasyonlarını %37 oranında azaltma potansiyeline sahiptir[36].

Akut ve kronik inme yönetiminde, zamanında müdahale, gelişmiş ekipman ve multidisipliner iş birliği başarılı sonuçlar için esastır[45]. Karotid arter stentleme gibi girişimlerde, eşlik eden koroner arter hastalığı ve perioperatif hemodinamik depresyon (HD) riskini azaltmak için kardiyolog ile yakın iş birliği ve preoperatif koroner arter değerlendirmesi yapılmalıdır[44]. HD riski yüksek olan hastalarda, geçici transkutanöz kardiyak pil veya intra-aortik balon pompası gibi yardımcı tedavilerin kullanılması gerekebilir[44]. İntraoperatif rüptür gibi yaşamı tehdit eden durumlarda, ekip üyelerinin komplikasyonları tanımak ve yönetmek için koordine bir şekilde çalışması hayati öneme sahiptir[35].

Nöroendovasküler alandaki sürekli gelişim göz önüne alındığında, hasta sonuçlarını optimize etmek için multisenter, ileriye dönük kohort çalışmalarına ihtiyaç vardır[14]. Yapay zeka sistemlerinin risk tahmininden tedavi optimizasyonuna kadar radyolojik iş akışlarına entegrasyonu, serebrovasküler hastalıkların klinik yönetimini dönüştürmektedir[36]. Yapay zeka sistemlerinin güvenilirliği, farklı sağlık ortamlarında %93,6 oranında nörogirişim uzman panelleriyle uyum göstererek klinik benimsemeyi desteklemektedir[36]. Yapay zeka'nın gelecekteki rolü, Yapay zeka'nın klinik ihtiyaçları gerçekten karşılayabilmesini sağlamak için teknik araştırmacılar ve klinisyenler arasında yakın iş birliğine bağlıdır[36].

Kaynaklar

- [1] J. Jesser *et al.*, “Treatment practice of vasospasm during endovascular thrombectomy : an international survey,” 2023, doi: 10.1136/svn-2023-002788.
- [2] S. M. Pilgram- *et al.*, “Stroke thrombectomy complication management,” pp. 912–917, 2021, doi: 10.1136/neurintsurg-2021-017349.
- [3] R. Schwab *et al.*, “Evaluation of bail-out techniques for managing cerebral vessel perforation : An experimental study,” 2025, doi: 10.1177/15910199251384352.
- [4] S. Matsumoto *et al.*, “First-in-human trial of Center Wire for neuroendovascular therapy to avoid guidewire-related complications,” 2025, doi: 10.1177/15910199231176709.
- [5] H. Matsumoto, H. Nishiyama, H. Takemoto, Y. Tetsuo, and N. Nakao, “Carotid-cavernous Fistula Caused by Vessel Injury While Withdrawing a Stent Retriever during Mechanical Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke : A Case Report,” vol. 12, no. 5, pp. 235–240, 2018, doi: 10.5797/jnet.cr.2017-0089.
- [6] C. Cases, “tortuous internal carotid artery : A case report,” vol. 11, no. 25, pp. 6005–6012, 2023, doi: 10.12998/wjcc.v11.i25.6005.
- [7] N. Tomura, S. Fushimi, F. Ohgaki, and T. Shuto, “Vessel wall avulsion following incomplete closure with perclose ProStyle : A rare complication,” *J. Vasc. Surg. Cases Innov. Tech.*, vol. 11, no. 1, p. 101679, 2025, doi: 10.1016/j.jvscit.2024.101679.
- [8] D. L. Mitchell, A. Alaraj, L. S. Mcguire, and S. I. Khalid, “Assessing the efficacy of VerifyNow platelet-function testing in predicting postoperative hemorrhagic complications of neuroendovascular surgery : A systematic review and meta-analysis (part 2),” 2024, doi: 10.1177/15910199231225716.
- [9] D. L. Mitchell and L. S. Mcguire, “Assessing the ef fi cacy of VerifyNow platelet-function testing in predicting postoperative thromboembolic complications of neuroendovascular surgery : A systematic review and meta-analysis (part 1),” 2024, doi: 10.1177/15910199231224008.
- [10] V. Schulze-zachau *et al.*, “Insights into vessel perforations during thrombectomy : Characteristics of a severe complication and the effect of thrombolysis,” 2024, doi: 10.1177/23969873241272542.
- [11] Y. K. Ihn, S. H. Shin, S. K. Baik, and I. S. Choi, “Complications of endovascular treatment for intracranial aneurysms : Management and prevention,” 2018, doi: 10.1177/1591019918758493.
- [12] M. Drakopoulou, A. Giannopoulou, P. Zampakis, and V. E. Panagiotopoulos, “Suction thrombectomy using a microcatheter as a salvage met-

- hod for acute distal occlusion during cerebral aneurysm embolization : A case report,” pp. 112–116, 2022, doi: 10.4103/bc.bc.
- [13] I. Akira *et al.*, “Special Theme Topic : Japanese Surveillance of Neuroendovascular Therapy in JR-NET / JR-NET2 — Part II Parent Artery Occlusion for Unruptured Cerebral Aneurysms : The Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET) 1 and 2,” pp. 91–97, 2013, doi: 10.2176/nmc.0a2013-0185.
 - [14] A. Pando *et al.*, “Flow Diverter Assisted Embolization of Ruptured Aneurysms is Associated with Increased Hemorrhagic Complications: Prognostic Factors and Outcomes in Neuroendovascular Treatment of Subarachnoid Hemorrhages,” *World Neurosurg.*, vol. 199, p. 124061, 2025, doi: 10.1016/j.wneu.2025.124061.
 - [15] O. Hidenori, T. Kosuke, N. Senshu, Y. Munetaka, and A. Hajime, “Symptomatic Very Delayed Parent Artery Occlusion After Flow Diversion Stent Embolization,” pp. 350–353, 2016, doi: 10.2176/nmc.cr.2016-0053.
 - [16] H. Salim *et al.*, “Outcomes of mechanical thrombectomy in anticoagulated patients with acute distal and medium vessel stroke,” 2024, doi: 10.1177/23969873241249295.
 - [17] D. R. J. Derdeyn CP, Cross DT 3rd, Moran CJ, Brown GW, Pilgram TK, Diring MN, Grubb RL Jr, Rich KM, Chicoine MR, “Postprocedure ischemic events after treatment of intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils,” *J Neurosurg*, vol. 96, no. 5, pp. 837–43, doi: 10.3171/jns.2002.96.5.0837. PMID: 12008697.
 - [18] D. I. Shigami, W. T. Suruta, M. K. Atsumata, and H. H. Osoo, “Cerebral Infarction after Coil Embolization of Unruptured Cerebral Aneurysms in Anterior Circulation,” pp. 612–621, 2020, doi: 10.2176/nmc.0a.2020-0236.
 - [19] S. H. Khan and A. J. Ringer, *Handbook of Neuroendovascular Techniques*.
 - [20] T. Ioku, T. Ohshima, M. Yokota, and N. Matsuo, “Hairball-Like Migration of ‘ Onyx Threads ’ into the Draining Vein during Transarterial Embolization of a Dural Arteriovenous Fistula : A Case Report and Experimental Validation,” pp. 190–194, 2023.
 - [21] P. Page, D. Niemann, C. Son, and Y. Li, “Case Report Retained distal protection device during carotid artery stenting necessitating carotid endarterectomy : A complication and management considerations,” 2018, doi: 10.4103/sni.sni.
 - [22] B. Musmar *et al.*, “Efficacy and safety of mechanical thrombectomy in distal medium middle cerebral artery occlusion ischemic stroke patients on low-dose aspirin,” vol. 20, no. Ci, pp. 0–2, 2025, doi: 10.1177/17474930251317883.

- [23] T. Ishiguro, "Utilizing Argatroban for Neuroendovascular Therapy in Heparin-Induced Thrombocytopenia : A Case Report and Technical Review," pp. 1–5, 2025, doi: 10.5797/jnet.cr.2025-0090.
- [24] Y. Nariai and T. Takigawa, "Possible Contribution of the Aspiration Catheter in Preventing Post-stent Retriever Thrombectomy Subarachnoid Hemorrhage," pp. 509–518, 2023, doi: 10.1007/s00062-022-01240-4.
- [25] R. Escalante and C. Son, "Rescue Stenting for Inadvertent Branch Vessel Occlusion Following Cerebral Aneurysm Embolization With the Woven EndoBridge Device Case Presentation Case one," vol. 16, no. 5, pp. 6–10, 2024, doi: 10.7759/cureus.59880.
- [26] K. Ishikawa, N. Kato, G. Nagayama, T. Sano, Y. Nakayama, and K. Kazami, "A case of microguidewire entrapment during mechanical thrombectomy for posterior cerebral artery occlusion," vol. 16, no. 126, pp. 1–5, 2025, doi: 10.25259/SNI.
- [27] I. Hideaki *et al.*, "Vasospasm in Neuroendovascular Treatment," pp. 261–265, 2015, doi: 10.2176/nmc.oa.2014-0268.
- [28] H. Kentaro, H. Tomohito, S. Nobuyuki, and N. Izumi, "Special Theme Topic : Japanese Surveillance of Neuroendovascular Therapy in JR-NET / JR-NET2 — Part II Current Status of Endovascular Treatment for Vasospasm following Subarachnoid Hemorrhage : Analysis of JR-NET2," no. December 2006, pp. 107–112, 2014, doi: 10.2176/nmc.st2013-0149.
- [29] S. Miyamoto, N. Kato, T. Yamazaki, S. Yasuda, Y. Matsumaru, and E. Ishikawa, "Direct Carotid-Cavernous Fistula Caused by Internal Carotid Artery Perforation by a Microcatheter Body during Mechanical Thrombectomy," pp. 638–641, 2022.
- [30] H. Hata, H. Ikeda, R. Ishibashi, R. Kaneko, and T. Fujiwara, "Factors for failure of ultrasound-guided compression repair for femoral pseudoaneurysms after neuroendovascular therapy," vol. 36, no. 6, pp. 680–685, 2023, doi: 10.1177/19714009231177382.
- [31] Z. Khan, P. Nattanamai, P. Keerthivaas, and C. R. Newey, "An Evaluation of Complications in Femoral Arterial Sheaths Maintained Post- Neuroangiographic Procedures," vol. 10, no. 2, 2018, doi: 10.7759/cureus.2230.
- [32] A. Teshigawara, T. Ishibashi, Y. Hasegawa, and Y. Murayama, "Therapeutic efficacy and complications of radial versus femoral access in endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms," 2023, doi: 10.1177/19714009221147230.
- [33] W. Wang *et al.*, "Risk factors for puncture - related complications after cerebrovascular angiography and neuroendovascular intervention with distal transradial approach," *BMC Neurol.*, 2024, doi: 10.1186/s12883-024-03940-5.

- [34] A. Higaki, "Oculomotor Palsy after Flow Diverter Treatment for Parac-linoid Aneurysm : Case Report and Literature Review," pp. 1–5, 2025, doi: 10.5797/jnet.cr.2025-0096.
- [35] L. F. Gonzalez *et al.*, *Neurointerventional techniques*.
- [36] H. Zhang *et al.*, "Artificial Intelligence in Cerebrovascular Disease Mana-gement : A Comprehensive Review of Risk Prediction , Diagnosis , The-rapeutic Optimization , and Clinical Translation," no. November, 2025.
- [37] P. M. Schulze-Zachau V, Brehm A, Ntoulas N, Krug N, Tsoakas I, Bla-ckham KA, Möhlenbruch MA, Jesser J, Cervo A, Kreiser K, Althaus K, Maslias E, Michel P, Saliou G, Riegler C, Nolte CH, Maier I, Jamous A, Rautio R, Ylikotila P, Fargen KM, Wolfe SQ, Castellano D, "Incidence and outcome of perforations during medium vessel occlusion compared with large vessel occlusion thrombectomy," *J Neurointerv Surg*, vol. 16, no. 8, p. 775*780, doi: 10.1136/jnis-2023-020531.
- [38] E. H. Ngankou, B. Gory, G. Marnat, and S. Richard, "Thrombec-tomy Complications in Large Vessel Occlusions : Incidence , Predic-tors , and Clinical," no. December, pp. 764–768, 2021, doi: 10.1161/STROKEAHA.121.034865.
- [39] S. A. Mokin M, Fargen KM, Primiani CT, Ren Z, Dumont TM, Brasi-liense LBC, Dabus G, Linfante I, Kan P, Srinivasan VM, Binning MJ, Gupta R, Turk AS, Elijovich L, Arthur A, Shallwani H, Levy EI, "Vessel perforation during stent retriever thrombectomy for acute ischemic stro-ke: technical details and clinical outcomes," *J Neurointerv Surg*, vol. 9, no. 10, pp. 922–928, doi: 10.1136/neurintsurg-2016-012707.
- [40] C. Mitaka, K. Teranishi, M. Wakita, S. Misawa, S. Nojiri, and D. Sa-toh, "Incidences of and risk factors for clinical and subclinical con-trast-associated acute kidney injury in patients who underwent neuro-endovascular surgery," vol. 36, no. 5, pp. 601–609, 2023, doi: 10.1177/19714009231173104.
- [41] D. Vaishnav *et al.*, "Metal allergy and neurovascular stenting : A systema-tic review," 2024, doi: 10.1177/15910199231226283.
- [42] E. R. Ketteler and K. R. Brown, "Radiation exposure in endovascular procedures," *TMTA*, vol. 53, no. 1, pp. 35S-38S, 2011, doi: 10.1016/j.jvs.2010.05.141.
- [43] H. Takami, K. Hanakawa, H. Sato, and K. Tsutsumi, "Contralateral hy-peracute intracerebral hemorrhage after carotid artery stenting with con-tralateral internal carotid artery occlusion," *J. Vasc. Surg.*, vol. 59, no. 3, pp. 821–824, 2014, doi: 10.1016/j.jvs.2013.04.051.
- [44] S. Fukuta, "Preventive Strategies for Perioperative Ischemic Heart Dise-ase during Carotid Artery Stenting," vol. 18, no. 5, pp. 131–136, 2024, doi: 10.5797/jnet.oa.2023-0062.

- [45] Y. Antoniadis, S. A. Khan, S. Nallamotu, and A. Ranganatha, “The Role of Neurosurgical Techniques in Management of Acute and Chronic Stroke : A Comprehensive Literature Review,” vol. 16, no. 7, 2024, doi: 10.7759/cureus.65671.