



TIBBİ ULTRASONOGRAFİ DERNEĞİ

Karotis ve Vertebral Arter Doppler US Kılavuzu 2026

Önsöz

Bu kılavuz, hastalar için en uygun yaklaşımı sağlamaya çalışan ultrasonografi uygulayıcıları için eğitsel bir araç olarak tasarlanmıştır. Bu kılavuzda belirtilenler söz konusu uygulamaların vazgeçilmez, esnek olmayan, mutlak kuralları değildir; uygulama standardı için yasal bir dayanak olarak tasarlanmamıştır ve bu gerekçeyle kullanılamaz. Bu ve aşağıda belirtilen nedenlerden ötürü Tıbbi Ultrasonografi Derneği, bu kılavuza dayanarak klinik karar veren uygulayıcıların yasal sorumluluğuna ortak değildir.

Herhangi bir özgün uygulama ya da eylem akışı konusundaki en son karar, eldeki tüm koşullar göz önüne alınarak hekim tarafından verilmelidir. Bu nedenle, bu kılavuzda belirtilenlerden farklı bir yaklaşım, standardın altında bir uygulama yapıldığı anlamına gelmez. Tam aksine, sorumluluk sahibi bir uygulayıcı, hastanın durumu, eldeki kaynakların sınırlılığı ya da bu kılavuzun yayımlanmasından sonraki dönemde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler ve bilgi birikimleri doğrultusunda, burada tanımlanan eylem akışlarından farklı bir yöntem uygulama sorumluluğunu üstlenebilir.

Tıbbi uygulamalar yalnızca bilimi değil aynı zamanda hastalıktan koruma, hastalıkların tanısı ve tedavisi ile ilgilenme sanatını da içerir. İnsana dair durumların çeşitliliği ve karmaşıklığı, her zaman en uygun tanıya ulaşmayı ya da herhangi bir tedaviye uygun yanıtın öngörülmesini olanaksız kılmaktadır. Bu nedenle, bu kılavuza bağlı kalınması sayesinde kesin tanıya ulaşılacağı ya da başarılı bir sonuç sağlanacağına garanti edilmediği akılda tutulmalıdır. Bu konudaki tüm beklenti, etkin ve güvenli bir sağlık hizmeti için mevcut bilgi birikimi, eldeki kaynaklar ve hastanın gereksinimlerine dayalı olarak uygulayıcının akılcı bir eylem akışı izleyeceği ile sınırlı olmalıdır. Bu kılavuzların tek amacı uygulayıcılara bu konuda yardımcı olmaktır.

Giriş

Bu kılavuz Tıbbi Ultrasonografi Derneği tarafından, karotis ve vertebral arterlere ait B-mod (gri-skala) ultrasonografi, renkli Doppler, spektral Doppler ve gerektiğinde power Doppler ile değerlendirilmesine dair standartları içerir. Bu doküman, kesin kurallar koymaktan ziyade kanıta dayalı standart yaklaşımı tariflemektedir. Hastanın klinik durumu, mevcut kaynaklar ve hekimin deneyimi doğrultusunda değişiklikler gerekebilir. Ancak burada sunulan yöntemler, uluslararası geçerliliği olan protokoller ile uyumlu minimum kalite standartlarını tanımlar.



TERMINOLOJİ

US	Ultrasonografi
RDUS	Renkli Doppler Ultrasonografi
CCA	Ana karotis arter (<i>“Common Carotid Artery”</i>)
ECA	Eksternal karotis arter (<i>“External Carotid Artery”</i>)
ICA	İnternal karotis arter (<i>“Internal Carotid Artery”</i>)
PSV	Tepe sistolik hız (<i>“Peak Systolic Velocity”</i>)
EDV	Diastol sonu hız (<i>“End Diastolic Velocity”</i>)
IMT	İntima-Media kalınlığı (<i>“Intima-Media Thickness”</i>)
NASCET	<i>“North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial”</i>
SRU	<i>“Society of Radiologists in Ultrasound”</i>

Cihaza Ait Teknik Özellikler

Genel Gereksinimler

Karotis ve vertebral arter Doppler US'de kullanılacak cihazlar, yüksek çözünürlüklü dijital ultrason sistemleri olmalıdır.

Aşağıdaki özellikler teknik olarak önerilmektedir:

Özellik	Tanım
Görüntüleme modu	B-mod (gri skala), Renkli Doppler, Spektral Doppler,
Prob çeşitleri	Lineer yüksek frekanslı (7–15 MHz aralığını kapsamalıdır). Olası en yüksek frekansın tercih edilmesi önerilir. Boyun yapısı veya derinlik nedeniyle yüksek frekans yetersiz kalırsa lineer düşük frekanslı (3–5 MHz) proplar kullanılabilir.
Arşivleme ve raporlama	DICOM uyumlu PACS bağlantısı; görüntü/video saklama kapasitesi
Güvenlik göstergeleri	Ekranında TI (Termal indeks – <i>“Thermal Index”</i>) ve MI (Mekanik indeks – <i>“Mechanical Index”</i>) değerlerinin sürekli gösterimi
	Ultrasonografi incelemeleri, ALARA (<i>“As Low As Reasonably Achievable”</i> Mükün Olan En Düşük Düzey) prensibi doğrultusunda akustik çıkış, tarama süresi ve TI/MI değerleri klinik gereksinime göre en düşük etkin düzeyde tutulacak şekilde gerçekleştirilmelidir.

Ortam

Karotis ve vertebral arter Doppler US incelemelerinin gerçekleştirileceği ortam hem hasta konforunu hem de uygulayıcının ergonomik çalışma koşullarını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Ortamın düzeni, yalnızca görüntü kalitesini değil, aynı zamanda işlem güvenliğini ve hijyen koşullarını da doğrudan etkiler.

Oda Özellikleri

- İnceleme odası, hastanın ve cihazın rahat hareketine olanak tanıyacak genişlikte olmalıdır.
- Oda sıcaklığı ve havalandırma sistemi, hasta ve hekimin konforu açısından uygun şekilde ayarlanabilir olmalıdır.
- Oda, dış ışık girişini kontrol edebilecek biçimde karartılabilir olmalı; ekran yansımalarını azaltacak bir aydınlatma düzenine sahip olmalıdır.
- İnceleme sırasında mahremiyetin korunması esastır. Kapıda, uygulama sırasında girişleri önleyici uyarı sistemi veya kilit mekanizması bulunmalıdır. Perde ya da paravan ile mahremiyet sağlanabilir.
- Ortam sessiz olmalı, dikkat dağıtıcı unsurlardan arındırılmış olmalıdır.

Hijyen ve Enfeksiyon Kontrolü

- Her hastadan sonra prob yüzeyleri üretici önerilerine uygun şekilde dezenfekte edilmelidir.
- Enfeksiyon açısından yüksek riskli hastalarda tek kullanımlık prob kılıfları kullanılmalıdır.
- Jel kaplarının tek kullanımlık veya pompalı sistemlerle bulaşı önleyecek biçimde düzenlenmesi önerilir.
- Hasta yatağı, her kullanım sonrasında yenilenebilen örtü veya tek kullanımlık kağıt havlu sistemi ile kaplanmalıdır.

Mobilya ve Ergonomi

- Hasta yatağı, hastanın çıkışını kolaylaştıracak yükseklikte ve gerektiğinde baş kısmı yükseltilebilir nitelikte olmalıdır.
- Uygulayıcı için yüksekliği ve pozisyonu ayarlanabilir tekerlekli sandalye kullanılmalıdır.
- Gerektiğinde kullanılmak üzere hasta sandalyesi ve basamak sistemi bulunmalıdır.
- Uzun süreli incelemelerde ergonomik pozisyon korunmalı; monitör hizası göz seviyesine yakın tutulmalıdır.

Odalarda Bulunması Gereken Temel Donanımlar

- Probdan cilde ses dalgalarının penetrasyonunu kolaylaştıran uygun viskozitede jel
- Kâğıt havlu / tek kullanımlık örtü
- El antiseptiği, temizleme malzemeleri ve atık kutuları
- Gerektiğinde kullanılmak üzere prob kılıfı
- Gerektiğinde kullanılmak üzere eldiven ve maske

Hazırlık

- Yapılacak inceleme konusunda hastanın bilgilendirilmesi önerilir.
- Boyun bölgesi açık olmalıdır. Takı ve aksesuarların çıkarılması istenir.

İnceleme Tekniği

Karotis Arter US Yöntemi

Genel Değerlendirme

- Karotis arterlerin incelenmesine genellikle ana karotis arter (CCA) ile başlanır. Prob, boyunun alt kısmında supraklaviküler bölgeye transvers düzlemde yerleştirilir. CCA proksimal segmentinden itibaren bifurkasyonuna kadar uzun eksende takip edilir.
- Sağ ve sol karotis sistemde transvers planda ve uzun eksende görüntüleme yapılır.
- CCA'nın değerlendirilmesinin ardından internal (ICA) ve eksternal karotis arterler (ECA) ayrı ayrı değerlendirilir.

Gri-Skala US ile Yapısal Değerlendirme

- Ekstrakraniyal karotis arterlerin morfolojik değerlendirilmesi, intima-media kalınlığı ("*intima-media thickness, IMT*") ölçümü, aterosklerotik plakların saptanması ve karakterizasyonu ile Doppler inceleme öncesinde anatomik referansın oluşturulması amaçlanır.
- İntima-media kalınlığı (IMT) ölçümü:
 - Ana karotis arter (CCA) uzun eksende, duvarlar birbirine paralel olacak şekilde görüntülenmeli, oblik kesitlerden kaçınılmalıdır. Lümen-intima ve media-adventisya arasındaki iki hiperekojen çizgi net olarak ayırt edilmelidir.
 - Ölçüm tercihen ana karotis arterde (CCA), karotis bifurkasyonundan 1 cm proksimalde, plak içermeyen düzgün duvar segmentinde, proba uzak olan derindeki duvardan yapılmalıdır.
 - İntima-lümen ve media-adventisya arası mesafe ölçülmelidir.
 - Fokal plak alanlarından IMT ölçümü yapılmamalıdır.
 - Komşu segmentteki IMT değerinin %50'sinden ya da toplam 1,5 mm'den daha fazla duvar kalınlık bölgeleri fokal plak olarak tanımlanıp, internal eko yapısı, kalsifikasyon oranı, yüzey düzensizliği gibi özellikleri ile değerlendirilmelidir. Her olgu için karotis arterlerin ekstrakraniyal segmentlerinde gözlenen en kalın fokal plak konum ve kalınlık değerinin raporda bildirilmesi önerilir.
 - Otomatik veya yarı otomatik yazılımlar kullanılabilir.

Renkli ve Spektral Doppler US ile Hemodinamik Değerlendirme

- Renkli Doppler US, damar açıklığı, akım yönü ve hızını saptamak için temel rol oynar. Transvers düzlemde, proba açısı verilerek CCA boyunca ve bifurkasyon bölgesinde renkli Doppler ile lümeninde renk dolumu kontrol edilir. PRF ve renk kazanç ayarları optimize edilmelidir.
- Renkli akım haritası, darlık alanlarında renk karmaşası ("*aliasing*") veya jet akımı segmentlerini saptayarak maksimum hız bölgelerini belirlemeye yardımcı olur.
- Tıkanmaya yakın darlık ("*near-occlusion*") durumlarında rezidüel lümeninde akımı göstermek için power Doppler ya da mikrovasküler US kullanılabilir.

- Uzun ekseninde damar lümenine paralel şekilde en yüksek sinyali almak için olası en dar açı ile örnekleme yapılır. Örnekleme penceresinde açı düzeltme imleci akıma paralel olacak şekilde yerleştirilerek açı düzeltmesi yapılır. Açı düzeltmelerinde 60 derecenin üzerindeki açılarda küçük hataların hız hesaplamasını ciddi oranda bozacağı unutulmamalıdır. Tutarlı sonuçlar için tüm uygulayıcıların aynı açı düzeltme tekniğini kullanması uygun olur.
- CCA için proksimal ve distal (bifurkasyona yaklaşık 2-3 cm uzaklıktaki) segmentlerden örnekleme yapılır.
- ICA için bulbustan hemen sonraki proksimal ICA ile görüntülenebiliyorsa orta ve distal servikal ICA segmentlerinde ölçümler alınır.
- ECA için genelde orijin/proksimal kısımdan örnekleme yeterlidir.
- Ölçüm noktalarında tepe sistolik hız (PSV) ve diyastol sonu hız (EDV) değerleri ölçülür.
- Karotis arter darlığı saptandığında ayrıntılı Doppler US değerlendirme yapılır. Tepe sistolik hız (PSV) ölçümü darlık düzeyi ve/veya distalinde en yüksek hızın elde edildiği segmentte gerçekleştirilmelidir. Ayrıca darlık distalinde akımın yeniden laminer karakter kazanıp kazanmadığı ve post-stenotik türbülans varlığı değerlendirilmelidir. Hemodinamik olarak anlamlı darlıklarda, darlık distalindeki ICA'da "tardus-parvus" (sistolik tabandan tepe noktasına çıkma süresi uzamış, düşük amplitüdü) akım deseni izlenebilir. Bu bulgu distal akımdaki azalmayı ve proksimal darlığın hemodinamik etkisinin belirgin olduğunu yansıtır.

ICA ve ECA Ayrımı

- ICA genellikle posterolateral yerleşimlidir ve servikal segmentinde dal vermez.
- ECA çoğunlukla anteromedial yerleşimlidir ve servikal segmentinde dallar verir.
- Spektral Doppler dalga deseni ICA-ECA ayrımında temel kriterdir:
 - ICA, düşük dirençli akım deseni gösterir; görece yüksek diyastolik akım izlenir.
 - ECA, yüksek dirençli akım deseni gösterir; düşük diyastolik akım ve belirgin sistolik zirve izlenir.
- Temporal arter kompresyon manevrası, ECA'nın tanınmasında yardımcıdır: Yüzeysel temporal arter üzerine parmakla hafif vuru yapıldığında ECA spektral dalga deseninde osilasyonlar ("tapping" artefaktı) oluşur; ICA'da bu bulgu izlenmez.
- Renkli Doppler US incelemede, ECA'da dallanma izlenir.
- ECA'da akım yön değişiklikleri daha belirgindir. ICA'da ise daha düzgün ve laminer akım deseni izlenir.
- Anatomik varyasyonlar veya ileri derecede darlık varlığında ayırım güçleşebileceğinden, gri-skala, renkli ve spektral Doppler bulguları birlikte değerlendirilmelidir.

Vertebral Arter Ultrasonografi Yöntemi

Genel Değerlendirme

- Vertebral arterlerin V1 segmenti subklavian arterden çıktığı seviye ile servikal vertebraların transvers foramenlerine girdiği bölgede gösterilebilir. V2 segmenti C4-C6 servikal vertebraların transvers foramenleri arasında uzun ekseninde taranarak kesintili olarak görüntülenebilir.
- Renkli Doppler, vertebral arter akımının saptanmasına yardımcı olur; normalde vertebral arterde akım, CCA ile aynı yönde yani kranyale doğru olmalıdır.

Spektral Doppler ve Akım Yönü

- Her iki vertebral arterde en azından orta servikal segmentte spektral Doppler ölçümü yapılır.
- Mümkün olan en dar açıyla örnekleme yapılır. Akıma paralel açı düzeltilmesi yapıldıktan sonra PSV ve EDV değerleri ölçülür. Vertebral arterler için özgül bir eşik hız değeri olmamakla birlikte, normalde PSV genellikle 20-60 cm/sn aralığındadır.
- Ölçülen PSV değerlerinde iki taraf arasında belirgin fark varsa, düşük olan tarafta proksimal darlık olasılığı düşünülür. Özellikle vertebral arter çıkışında (subklavian arterden çıktığı segment) olabilecek bir darlık, Doppler'de distal segmentte düşük hız ve "*tardus-parvus*" dalga deseni ile kendini gösterebilir. Bu durumda subklavian arter de incelenmeli, RDUS'da renk saçılması ya da yüksek hızda jet akım gibi darlığı destekleyen bulgular aranmalıdır.
- Vertebral arterde en kritik parametrelerden birisi de akım yönüdür. Normalde her iki vertebral arterde akım antegrad (beyine doğru) olmalıdır. Eğer bir vertebral arterde ters yönde (retrograd) akım saptanırsa, subklavian çalma fenomeni düşünülür. Subklavian çalma fenomeninde akım ters yöne dönmeye önce midsistolik çökme ile kendini gösteren kısmi çalma bulguları, vertebral dalga deseninde erken sistolik yavaşlama veya duraklama görülebilir (tavşan işareti - "*bunny sign*"). Bu durumda hasta ipsilateral kol egzersizi yaparken ya da kol manşonla 2-3 dakika iskemik bırakılıp, sonrasında birden manşon gevşetilerek inceleme tekrarlanarak akımın tümü ile tersine dönüp dönmediğine bakılabilir.

İleri US Teknikleri

- **Mikrovasküler Akım Görüntüleme:** Çok yavaş akımları ve küçük damarlardaki akımları daha iyi ortaya koyabilmesi nedeniyle, karotis ve vertebral arterlerin değerlendirilmesinde tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılabilir. Karotis arter plaklarının morfolojik değerlendirilmesinde, plak içi neovaskülarizasyonun saptanmasında ve ülserasyon alanlarının gösterilmesinde yararlıdır. Plak içinde veya yüzeyine yakın izlenen düzensiz mikrovasküler akımlar, yüksek riskli (kırılgan-instabil "*vulnerable*") plak ile ilişkilendirilmiş olup, bu bulgular embolik olay riski açısından ek bilgi sağlayabilir. Mikrovasküler akım görüntüleme, bu amaçla gri-skala ve konvansiyonel Doppler incelemeyi takiben, kontrast madde kullanılmaksızın uygulanmalıdır. Bu teknik tıkanmaya yakın darlık durumlarında lümeninde ince rezidüel akımı saptayabilir.
- **US Elastografi:** Elastografi, doku sertliğini ölçerek karotis arter duvarı ve plakların sertlik özelliklerini değerlendirmeyi amaçlar; yumuşak ve lipidden zengin, yüksek riskli plakların saptanmasında potansiyel yarar gösterse de standart protokol ve eşik değerler bulunmadığından günümüzde klinik rutinde değil, daha çok araştırma amaçlı kullanılmaktadır.
- **Kontrastlı Ultrasonografi (CEUS):** CEUS, mikrokabarcıklı intravenöz kontrast ajanlar kullanarak damarlardaki kan akımını daha detaylı göstermeyi amaçlar. CEUS aterosklerotik plak içindeki neovaskülarizasyonu görüntüleyerek plağın yüksek riskli olup olmadığı hakkında ipucu verebilir. Ayrıca karotis diseksiyonu şüphesinde yalancı lümen ve gerçek lümeni ayırt etmede veya ülseratif plakların daha iyi görselleştirilmesinde kullanılabilir. Ancak, Türkiye'de halen CEUS ajanlarının yasal olarak klinik kullanımı onaylanmadığından, bu yöntem yaygın kullanılamamaktadır. Buna rağmen, uluslararası

standartlara uygun kılavuzlarda CEUS'un karotis değerlendirmesinde önemli bir potansiyeli olduğu vurgulanmakta, özellikle kritik darlıklarda 'tıkanıklık' ile 'tıkanmaya yakın darlık' ayırımında çok faydalı olduğu belirtilmektedir.

- **Yapay Zeka Uygulamaları:** Karotis US'de yapay zeka uygulamaları, gri-skala görüntülerde otomatik intima-media kalınlığı (IMT) ölçümü, plakların otomatik saptanma ve sınıflandırması, lümen–duvar segmentasyonu, spektral Doppler analizi, hemodinamik olarak anlamlı darlık varlığının tespit edilmesi ve ölçüm tekrarlanabilirliğinin artırılması amacıyla kullanılabilir.
- **Nabız dalga hızını ölçen arteriyel sertlik değerlendirmeleri, vektör akım görüntüleme, üç boyutlu US** gibi yeni teknolojiler, karotis arter US'de damar duvarı biyomekaniği, yaşlanması ve hemodinamiğine ilişkin ek bilgi sağlayan tamamlayıcı yöntemler olup, güncel kılavuzlarda henüz rutin kullanımda önerilmemektedir.

Ölçüm ve Değerlendirme Kriterleri

İntima-Media Kalınlığı (IMT):

- Distal CCA duvarında ölçülen IMT, subklinik aterosklerozun değerlendirilmesi, kardiyovasküler riskin invaziv olmayan şekilde öngörülmesi, takiplerde progresyonun izlenmesi için kullanılabilir.
 - Normal IMT: < 0,9-1,0 mm
 - Artmış IMT: 1,0 – 1,5 mm (≥1.0 mm kalınlaşma olarak rapor edilir).
- IMT yaşla birlikte artış gösterir. Ayrıca IMT değerleri cinsiyet ve popülasyona göre değişebilir. Gerektiğinde yaş ve cinsiyete göre persentil nomogramları kullanılabilir.

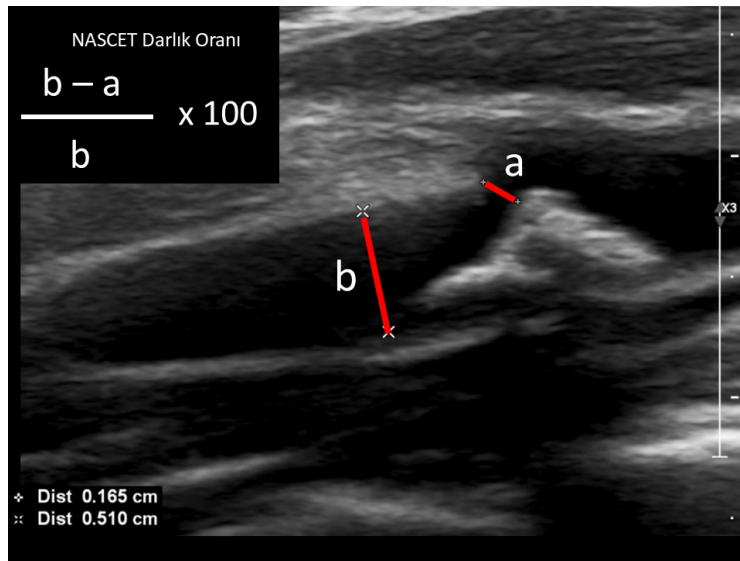
Plak Değerlendirmesi

- Aşağıdakilerden en az biri varsa, bölgesel kalınlaşma plak olarak kabul edilir:
 - Duvar kalınlığı ≥1,5 mm
 - Komşu duvardan ≥0,5 mm lümeneye doğru çıkıntı
 - Komşu IMT'nin ≥%50'sinden fazla kalınlaşma
- Ölçüm düzlemi olarak uzun eksen görüntü tercih edilir. Gerekirse kısa eksen ile doğrulama yapılır. Damar eksenine paralel, oblik olmayan düzlem seçilmelidir.
- Ölçümün gri-skala US ile, renkli Doppler modu kapalıyken yapılması önerilir. Plak kalınlığı, media-adventisya ara yüzünden plak yüzeyinin lümeneye bakan en çıkıntılı noktasına kadar ölçülür.
- Kalsifik plaklarda akustik gölge varsa, gölge olmayan net sınırdan ölçüm yapılır.
- Ölçümün en az 2–3 kez tekrarlanarak en büyük değerin kaydedilmesi önerilir.
- Maksimum plak kalınlığı (mm) ve plak uzunluğu ölçülür.
- Morfolojik değerlendirme yapılır.
 - Ekojenite: hipoekoik / hiperekoik / izoekoik (sternokleidomastoid kasa göre)
 - İç yapı: homojen / heterojen
 - Yüzey: düzgün / düzensiz / ülserasyon şüphesi
 - Kalsifikasyon varlığı

- Plak kalınlık ölçümü darlık derecesinin yerine geçmez. Hemodinamik anlamlılık için ICA PSV/EDV ölçülmelidir.
- Renkli Doppler, plağın daralttığı lümeni ve olası ülserasyon alanlarını gösterebilir.

Karotis Darlık (Stenoz) Derecelendirmesi

- Karotis arterlerde darlık değerlendirilmesi ve darlık oranı tek başına gri-skalada izlenen daralmaya göre değil, hemodinamik inceleme ve Doppler hız kriterlerine göre yapılmalıdır.
- Karotis arter plak ölçümü ve darlık derecelendirmesinde NASCET (“North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial”) kriterleri, lümen çapına dayalı oranlama prensibini tanımlar.
- NASCET’e göre darlık derecesi, en dar yerindeki lümen çapının, distal ICA’daki normal lümen çapına oranı kullanılarak hesaplanır.
- Alan ölçümü NASCET tanımlamalarının bir parçası değildir. Alana dayalı darlık yüzdesi gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılığı düşük ve referans standart olan anjiyografi veya BT anjiyografi ile uyumsuz olduğundan önerilmemektedir.
- Ölçüm Tekniği (gri-skala US ile destek amaçlı)
 - En dar lümen uzun ekseninde belirlenir.
 - Distal ICA’da plaksız, normal segment referans alınmalıdır.
 - Oblik ölçümlerden kaçınılmalıdır.
 - Kalsifiye plaklarda akustik gölgeye dikkat edilmelidir.
- NASCET Darlık Formülü:
 - Darlık (%) = $(D_{\text{distal}} - D_{\text{darlık}}) / D_{\text{distal}} \times 100$
 - $D_{\text{darlık}}$: En dar segmentteki rezidüel lümen çapı
 - D_{distal} : Stenozun distalinde, duvarlar paralel hale geldikten sonra ölçülen normal damar çapı



NASCET Darlık ölçüm örneği $(5,1 - 1,6) / 5,1 \times 100 = \% 68$

US Pratiği İçin Kısa Notlar

- NASCET kriterleri anjiyografi temellidir.
- US, NASCET ölçümünü doğrudan çap ölçümüyle değil, hemodinamik (Doppler hız) kriterleriyle dolaylı olarak uygular. Darlık yüzdesi Doppler hız kriterlerine dayalı belirtilmelidir. Plak morfolojisinin ayrıca detaylı raporlanması önerilir.
- En önemli parametre, internal karotis arter (ICA) tepe sistolik hızıdır (PSV).
- Hız kriterleri için uluslararası kabul görmüş kılavuzların kullanılması önerilir. (Doppler parametrelerini içeren detaylı tablo bu kılavuzda *Karotis Arter Darlığı* başlığı altında bulunabilir). Raporda klinik karar vermeyi kolaylaştıracak darlık kategorilerinin <%50 darlık, %50-69 darlık, %70 üzeri darlık, tıkanmaya yakın darlık ve tam tıkanma şeklinde belirtilmesi önerilir. NASCET kriterlerine karşılık gelecek şekilde % darlık aralığı verilebilir; ancak US ölçümleri anjiyografik yüzdeyle bire bir aynı olmayacağından aralık belirtmek daha doğrudur.
- Klinik kararların, US bulguları BT/MR anjiyografi ile korele edilerek alınması önerilir.

Akım Desenleri

Doppler US sadece hız ölçümü değil, dalga şekli analizi de sağlar. Patolojilerin değerlendirilmesinde dalga desenlerinin tanınması önemlidir.

- **Yüksek dirençli dalga deseni**
 - Diyastolde sifıra yakın akım, keskin sistolik zirve ile karakterizedir.
 - ECA'nın normal desenidir.
 - ICA'da yüksek dirençli görünüm patolojik olabilir (distal direnç artışına, örn. kranial damarlarda vazospazm veya distal tıkanıklığa işaret edebilir).
- **Düşük dirençli dalga deseni**
 - Sürekli diyastolik akım akışı mevcuttur.
 - ICA ve vertebral arterlerin normal akım desenidir.
 - ECA'da bu şekilde bir düşük direnç deseni görülürse, distalinde AV fistül, eksternal-internal kollateralizasyon veya arteriyel vazodilatasyon düşünülür.
- **“Tardus-parvus” dalga deseni**
 - Akselerasyon (sistolik tabandan tepeye yükselme) süresi uzamış, PSV'si düşük, basık şekilli dalga desenidir.
 - Proksimalinde ciddi bir darlık veya aort kapak darlığı gibi durumlarda, distal damarda görülür.
- **Çentikli dalga deseni**
 - Midsistolde küçük bir çentiklenme veya yavaşlama ile karakterize tavşan şekilli dalga deseni (*“bunny waveform”*) genellikle vertebral arterde parsiyel subklavian çalma belirtisidir. Tam almada ise vertebral dalga deseni tamamen ters sistolik akım gösterir.

DEĞERLENDİRME KONULARI – TEMEL HASTALIKLARIN US BULGULARI

1. Aterosklerotik Plak

- Plaklar, arter lümenine doğru çıkıntı yapan, komşu intima-media kalınlığının %50'sinden fazla kalınlığa ulaşan odaklar olarak tanımlanır.
- En sık bifurkasyon ve ICA başlangıcı düzeyinde yerleşim gösterir.
- Morfolojik olarak homojen/heterojen, hipoeoik/hiperekoik/izoekoik, kalsifiye özellikte olabilir.
- Yüzeyi düzgün ya da düzensiz olabilir, yüzey ülserasyonu bulunabilir.
- Plak yüzeyindeki uzun eksenli ve derinliği en az 2 mm olan konkav defektler "ülserasyon" olarak kabul edilir. Tabanı belirgin hipoeoik olan konkaviteler de, 2 mm'den daha sığ olsalar bile ülser açısından ciddi kuşku oluşturur. Plak ülserasyonu distal vasküler emboli için yüksek riskli kabul edilir ve raporda belirtilmeleri önerilir.
- **Yüksek riskli plak** kavramı, internal kanama, rüptür, ülserasyon veya embolizasyona eğilimli, inme ve geçici iskemik atak riski yüksek aterosklerotik plakları tanımlar.
 - Gri-skala US bulguları: Hipoeoik veya heterojen yapı, düzensiz plak yüzeyi veya ülserasyon şüphesi
 - Doppler US bulguları: Plak komşuluğunda türbülant akım ve lokal hız artışı görülebilir.
 - İleri US teknikleri: Mikrovasküler akım görüntüleme veya CEUS ile plak içi neovaskülarizasyon saptanması, yüksek riskli plak olarak kabul edilebilir; elastografi ile düşük sertlik değerleri destekleyici bulgu olabilir.
 - Klinik yorum: Yüksek riskli plak bulguları, darlık derecesinden bağımsız olarak klinik önem taşıyabilir; ancak bu bulgular tek başına tedavi kararında belirleyici olmayıp klinik veriler ve diğer görüntüleme yöntemleriyle birlikte değerlendirilirdir.

2. Karotis Arter Darlığı

- Derecelendirme esas olarak spektral Doppler hız kriterlerine dayanır.
- ICA PSV, ICA EDV ve ICA/CCA PSV oranlarının birlikte değerlendirilmesi önerilir. Oranlamada CCA distalinden elde edilen PSV esas alınmalıdır.
- En önemli parametre, ICA tepe sistolik hızıdır (PSV). Yaygın olarak kabul gören eşik değerlere göre darlık değerlendirmesi yapılması önerilir.
- Doppler hızları mutlaka gri-skalada izlenen morfolojik bulgularla birlikte yorumlanmalıdır.

Darlık Derecelendirmesi (SRU kriterleri)

Darlık Derecesi	ICA PSV (cm/sn)	ICA EDV (cm/sn)	ICA/CCA Oranı
Normal / <%50	<125	<40	<2.0
%50–69	125–230	40–100	2.0–4.0
≥%70	>230	>100	>4.0
Tıkanmaya yakın darlık	Değişken	Değişken	Değişken
Tıkanma	Akım yok	Akım yok	—

Gornik ve ark. (2021) çalışmasında, %50 ICA darlığını öngörmede PSV ≥ 180 cm/sn eşik değerinin, klasik 25 cm/sn eşik değerine kıyasla özgüllüğü ve genel tanılabilirliği artırıldığı gösterilmiştir. Ancak bu yaklaşım, SRU/ACR–AIUM kılavuzlarının yerine geçen yeni bir standart değil, mevcut kriterlerin optimizasyonu olarak önerilmiştir. Raporlamada <%50 darlık için PSV <180 cm/sn sınırı yanlış pozitif sonuçları azaltmayı hedefleyen destekleyici kriter olarak değerlendirilebilir.

Dikkat Edilecek Konular

- Doppler hızları, sadece darlığın derecesine değil, sistemik faktörlere de bağlıdır. Örneğin, ciddi kalp yetmezliği veya düşük ejeksiyon fraksiyonu olan bir hastada, yüksek dereceli bir darlık olsa bile akım hızları beklenenden düşük ölçülebilir; zira kalbin pompaladığı debi düşüktür. Tam tersi şekilde, karşı taraf ICA tıkanıklığı varsa, açık taraftaki ICA’da kompanzasyon olarak artmış akım nedeniyle hızlar gerçekte orta derecede bir darlıkta bile yüksek çıkabilir.
- Tıkanmaya yakın darlık durumlarında, darlık sonrası distal basınç çok düştüğü için darlık içindeki akım hızı paradoksal şekilde azalabilir; ince bir “*ip akım*” görüntüsü oluşur. Bu durumda tek başına sayısal hız değerinden ziyade renkli Doppler, power Doppler ya da mikrovasküler akım görüntüleme bulguları ve akım dalga deseni analizine dayanarak tıkanmaya yakın darlık tanısı konulabilir. Kısaca, tek bir hız eşik değeriyle kesin karar verilmemeli; hastanın klinik durumu, karşı taraf bulguları ve dalga deseni birlikte değerlendirilmelidir. Gerekirse, hız oranları (ICA/CCA oranı gibi) yardımcı kriter olarak kullanılmalıdır.

Diğer Arterler İçin Darlık Kriterleri

- CCA ve vertebral arter darlıklarının derecelendirilmesinde, ICA için kullanılan standart sayısal eşikler geçerli değildir. CCA’da anlamlı darlık genelde nadir olup, ağır plak yüküne bağlı yavaş akım görülürse CCA için de oransal veya segmental hız karşılaştırması yapılabilir.
- Vertebral arterlerde ise sayısal kriter oturmamıştır; darlık varsa ilgili tarafta vertebral arter hızlarının karşı tarafa göre anlamlı derecede düşmesi, dalga deseninin yavaş ve geç zirve yapması gibi bulgulara bakılır.
- ECA için de literatürde kesin hız eşikleri yoktur. ECA’da %50’nin üstünde lümen darlığı genellikle “mevcut” veya “ileri derecede” şeklinde niteliksel raporlanır. ECA darlığı, renkli görüntüde lümen daralması ve spektral değerlendirmede lokal hız artışı ile anlaşılır; post-stenotik türbülansın varlığı tanıyı destekler.

3. Tıkanma Gri-skala incelemede lümen içinde trombüs veya ekojen materyal saptanabilir, damarda çap değişiklikleri izlenebilir.

- Tıkanmada RDUS'de ve spektral Doppler'de lümen içinde akım izlenmez.
- Distal segmentlerde kollateral akım bulguları, “*tardus-parvus*” akım deseni izlenebilir.
- Mümkünse tam ve subtotal oklüzyon ayrımının yapılması önerilir.

4. Ateroskleroz Dışı Patolojiler

- **Karotis Arter Diseksiyonu**
 - İntimal flep lümen içi ince ekojenik çizgi şeklinde izlenebilir.
 - RDUS'de çift lümen görünümü saptanabilir.
 - Arter duvarı içindeki (mural) hematom homojen, hipoekoik duvar kalınlaşması şeklinde izlenebilir.
 - Gerçek ve yalancı lümeninde farklı akım desenleri görüntülenebilir.
 - Lüminal daralma veya akım kesilmesi izlenebilir.
 - Distalde “*tardus-parvus*” akım deseni saptanabilir.
- **Vaskülitler** (örn. Dev Hücreli Arterit, Takayasu Arteriti)
 - Genellikle homojen, konsantrik subintimal duvar kalınlaşması izlenir.
 - Transvers düzlemde hipoekoik “*halo bulgusu*” saptanabilir.
 - Lümen daralması, akım hızında artış veya azalma izlenebilir.
- **Radyasyon İlişkili Vaskülopati**
 - Genellikle uzun segmenti etkileyen diffüz duvar kalınlaşması izlenir.
 - Kalsifikasyon minimaldir ya da bulunmaz.
 - Aterosklerozdan farklı olarak plak morfolojisi belirgin değildir.
 - Lümeninde daralma ile PSV artışı saptanabilir.

5. Subklavian Çalma Fenomeni / Sendromu

- Vertebral Arter Akım Bulguları
 - Normal: Tamamen antegrad akım
 - Erken dönem (latent) çalma: Midsistolik çentiklenme, iki tepeli dalga deseni tavşan (“*bunny*”) işareti
 - Kısmi çalma: Midsistolda retrograd, diyastolde antegrad akım
 - Tam çalma: Tüm kardiyak siklus boyunca retrograd akım
- Subklavian Arter Bulguları
 - Sonografik olarak gösterilebilirse, proksimal segmentte belirgin darlık veya oklüzyon
 - Doppler US'de darlığa ikincil yüksek PSV, post-stenotik türbülant akım
 - Distal akımda hız, pulsatilite ve akselerasyonda azalma. Tek taraflı patolojide kontralateral subklavian arterle spektral karşılaştırma yardımcı olabilir.

- Provokatif Manevralar (Seçilmiş Olgularda)
 - Etkilenen kolda el–kol egzersizi veya manşon ile arteriyel tansiyonun üzerindeki basınç ile 2-3 dakika iskemik bırakıp, ardından manşonu ani gevşetmenin hemen sonrasında vertebral arter akımının kısmi ya da tam retrograd akıma dönmesi tanıya yardımcıdır.

Raporlama Önerileri

Rapor standart, yapılandırılmış ve karşılaştırılabilir olmalıdır. Aşağıdaki başlıklar önerilir:

Başlık	İçerik
Gri-skala Değerlendirme	Damar duvarı, lümen, IMT, plak varlığı
Plak Yerleşimi	CCA, bifurkasyon, ICA başlangıcı
Plak Boyutu	Uzun ekseninde plak kalınlığı ve uzunluğu
Plak Morfolojisi	Homojen/heterojen; hipoeoik/izoekoik/hiperekoik; kalsifikasyon
Plak Yüzeyi	Düzgün/ düzensiz yüzey veya ülserasyon şüphesi
Renkli Doppler	Lümen dolumu, akım yönü, renk saçılması (“aliasing”), türbülans
Spektral Doppler	Akım desenleri Darlık varsa hız ölçümleri ve oranları
Darlık Değerlendirmesi	Yok / <%50 darlık/ %50-69 darlık/ %70 üzeri darlık, tıkanmaya yakın darlık / tıkanma şeklinde belirtilmelidir (hemodinamik kriterlere göre)
Tıkanma Bulguları	Lümen içinde akım izlenmemesi, distal kollateral bulguları
Ateroskleroz Dışı Patolojiler	Diseksiyon, vaskülit vb.
Sonuç	Klinik olarak anlamlı darlık varlığı ve derecesi Takip veya gerekiyorsa ek inceleme önerisi

Kaynaklar

- AIUM practice parameter for the performance of an ultrasound examination of the extracranial cerebrovascular system. 2016. Available at: <https://www.aium.org/resources/guidelines/extracranial.pdf>. Accessed May 9, 2021.
- Grant EG, Benson CB, Moneta GL, et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis—Society of Radiologists in Ultrasound consensus conference. Radiology 2003;229: 340–6.
- Gornik HL, Rundek T, Gardener H, et al. Optimization of duplex velocity criteria for diagnosis of internal carotid artery (ICA) stenosis: A report of the Intersocietal Accreditation Commission (IAC) Vascular Testing Division Carotid Diagnostic Criteria Committee. Vasc Med. 2021 Oct;26(5):515-525.
- North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators (NASCET), Barnett HJM, et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. N Engl J Med 1991; 325:445–53
- Scoutt LM, Gunabushanam G. Carotid Ultrasound. Radiol Clin North Am. 2019 ;57:501-18.
- Zierler RE Carotid duplex criteria: What have we learned in 40 years? Semin Vasc Surg 2020; 33:36-46.