



Nörogörüntüleme

Dr. Serra SENCER

İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Radiodiagnostik Anabilim Dalı

ÖZET

Nöroradyolojik görüntüleme yöntemleri ve terapötik işlemler son yıllarda hızla gelişmektedir. Bu yazının ilk yarısında nöroradyolojik görüntüleme yöntemlerinin, daha ziyade yoğun bakım hekimlerini ilgilendiren yönleri ve son gelişmeler özetlenmekte, ikinci yarısında ise nörotrauma ve iskemik ve hemorajik stroktaki nöroradyolojik bulgulara degenilmektedir.

SUMMARY

Neuro-imaging and neuro-intervention have been evolving rapidly during the recent years. In the first part of this article, neuroradiological imaging methods are summarized with special emphasis on the features most relevant for the intensive care unit physician and recent advances, and in the second part, neuroradiological findings of neurotrauma, and ischemic and hemorrhagic stroke are discussed.

GİRİŞ

Nöroradyoloji, genel radyoloji içinde son yıllarda en hızlı gelişen dal olarak öne çıkmaktadır. Tanısal ve terapötik amaçlı tüm modern nöroradyolojik işlemler, ülkemizin önde gelen radyoloji kliniklerinde uygulanmaktadır.

Yoğun bakım hastaları pek çok yönden genel nöroradyoloji disiplini içinde özel bir yere sahip olan hastalardır. Bu hastalara uygulanacak tanısal ve terapötik radyolojik girişimlerin hızlı, güvenli, daha az aşamada kesin tanıya götüren ve minimal invazif nitelikte olması tercih edilir. Kullanılan cihazların da yine bu hasta grubuna hizmet için uygun özellikleri (aneztezi ve monitorizasyon ekipmanı için uygun böülümlere sahip çekim odaları, MR ile uyumlu monitör ve tüpler, oksijen bağları, hasta transportunu kolaylaştıran geçit ve taşıyıcılar, vb) bulunması gereklidir. Bu bağlamda, nöroradyoloji kliniğinin nörolojik bilimler hizmeti veren ve nörolojik yoğun bakımın bulunduğu bina içinde hatta

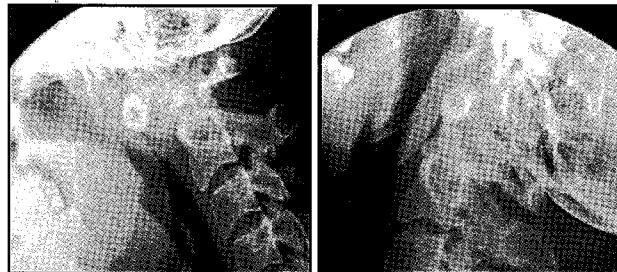
yakın komşulukta bulunması büyük önem taşımaktadır. Yine nöroradyoloji kliniğinde çalışan doktor, teknisyen, hemşire ve personelin, nörolojik yoğun bakım konseptine alışkin ve donanımlı olmaları, incelenen bu özel hasta grubuna ait özelliklerini iyi bilmeleri verilen radyoloji hizmetinin kalitesini artıracaktır. Elde edilen görüntülemenin en hızlı şekilde raporlanması ve görüntüleme datasının uygun elektronik ileti ve arşiv sistemleri ile yoğun bakım birimine iletilmesi ve daha sonraki değerlendirmeler için arşivlenmesi de büyük önem taşımaktadır.

Yukarıda degenildiği gibi nöroradyolojide son yıllarda gelişen tanısal ve girişimsel işlemlerin bir kısmı nörolojik yoğun bakım hastaları için büyük önem taşırken, diğerleri bu hasta grubunda fazla kullanılmamaktadır. Bu tartışmada, önce nöroradyolojik görüntüleme yöntemleri konuya ilgili yönleri vurgulanarak tanıtılacak, yazının ikinci bölümünde ise belli hastalık gruplarındaki nöroradyolojik bulgular irdelenenecektir.

A) Nöroradyolojik Görüntüleme Yöntemleri :

Direkt Radyograflar

Nöroradyoloji kapsamında yer alan direkt radyograflar, kranyumun anteroposterior (AP) ve lateral grafileri ile kolon vertebralın (servikal, dorsal ve lomber bölgeler) AP, lateral ve gerekli olduğu hallerde sağ ve sol anterior oblik grafileridir. Direkt radyograflerden ayrıca miyelografide ve perkütan injeksiyon, biyopsi, vertebroplasti gibi girişimsel işlemlerde de yararlanılır. Direkt radyograflar özellikle dislokasyon, spondilolistezis ve postürül deformite gibi durumlarda fonksiyonel olarak (fleksiyon ve ekstansiyon sırasında) (Şekil 1 a ve b) elde edilebilirler. Direkt radyografler kolay, ucuz, tekrarlanabilir, noninvazif olduklarından birçok hastalıkta birinci sırada tercih edilen inceleme yöntemidirler. Özellikle travmada ve kas iskelet sistemi'ne ait pek çok hastalık grubunda değerini korumaktadır. Yoğun bakım hastalarında taşınabilir röntgen cihazları ile hasta yatağında, müdahale veya pozisyon değişikliği gerekmeksiz çektilebilir ve kolaylıkla istenen sıklıkta tekrarlanabilirler. Tanısal amaçla yapılan direkt



Şekil 1a ve b: Atlantoaksiyal dislokasyon düşünülen hastada fleksiyon (a) ve ekstansiyon (b) pozisyonunda elde edilmiş lateral servikal grafiler izlenmektedir.

radyografik incelemelerin hastanın aldığı doz açısından zararlı etkisi gösterilmemiştir. Son olarak, yüksek uzaysal rezolüsyonları sayesinde tarama testi olarak büyük kolaylık sağlarlar (1).

Radyografilerin yukarıda sayılan üstünlükleri yanında pek çok zayıf yönü de mevcuttur. Öncelikle, bu incelemelerde yumuşak doku ve detaylarının sınırlı olarak değerlendirilebilmesi, kesit anatomisinin görülememesi, kemik iliğindeki değişikliklerin (metastaz, primer tümör tutulumu, infeksiyon) ancak geç dönemde bulgu vermesi, hasta yatağında elde edilen grafilerin suboptimal nitelikte olabilmeleri ve fonksiyonel incelemelerin yapılamaması istenmeyen özelliklerdir. Bilgisayarlı Tomografide (BT) kesit anatomisi de görüldürken kortikal kemikle beraber yumuşak doku da incelenebilir. Manyetik Rezonans Görüntülemede (MRG) ise kemik iliği/medullotrabeküler kompartman hassas olarak değerlendirilebilir (2). Son yıllarda dijital radyografinin kullanımına girmesi ve çekim sonrası işlemlerle direkt radyografilerin optimalizasyonuna çalışılmaktadır.

Miyelografi (BT-miyelografi ve MR-miyelografi)

İntratekal olarak yapılan kontrast madde enjeksiyonu sonrasında birçok projeksiyonda direkt film çekilmesi



Şekil 2: Obstetrik brakial pleksus yaralanması olan çocuk hastanın miyelografik BT incelemesinde sol nöral foramende psödomeningosel kesesi izlenmektedir.

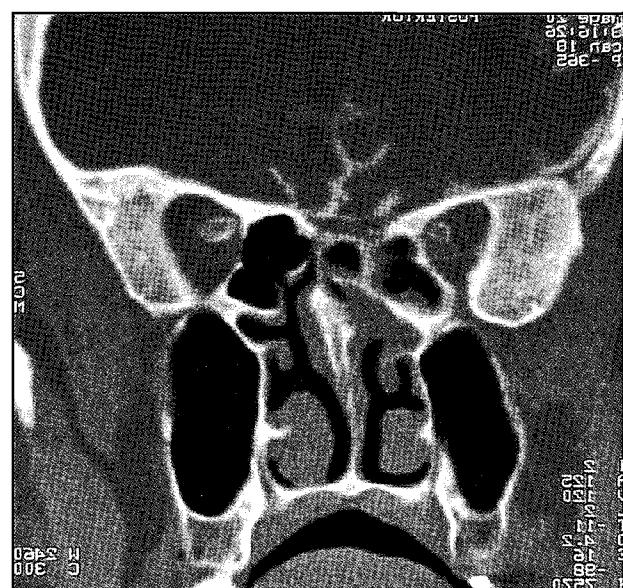
esasına dayanan bu yöntem, MRG öncesi dönemde spinal bölgenin en önemli inceleme yöntemlerinden biri sayılmaktadır.

Günümüzde miyelografi, BT'de kullanılan noniyonik suda erir, iyodlu kontrast maddeler ile yapılmakta ve miyelografi sonrası yapılan BT çekimleri (BT-miyelografi) (Şekil 2) sayesinde sadece intradural anatomiyi değil, kökler ve ilerisiyle, kesit anatomisini de gösterebilmektedir. Son yıllarda MRG kontrast maddes-



Şekil 3: Travma geçirmiş olan erişkin hastada yapılan miyelografik MR incelemede sol nöral foramende psödomeningosel ve nöromalformasyon izlenmektedir.

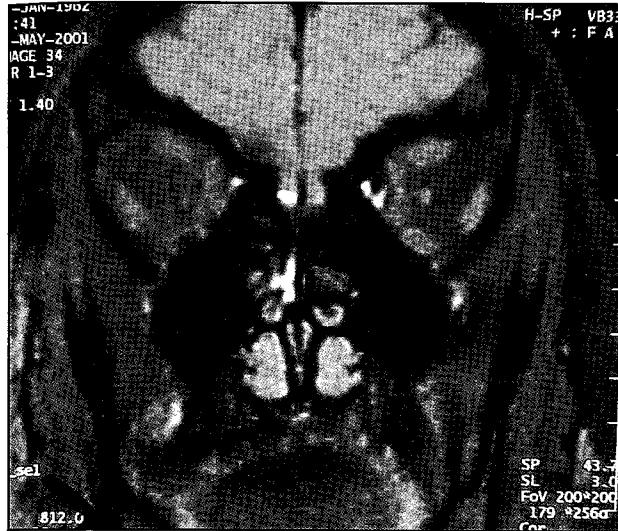
olan gadolinium da intradural olarak uygulanabilmekte ve ardından yapılan MR çekimleriyle MR-miyelografi (Şekil 3) mümkün olmaktadır. Bu yöntem, miyelografi ve BT-miyelografiye göre daha üstün yumuşak doku rezolüsyonuna sahiptir, iyonizan radyasyon kullanılmaz, iyod allerjisi olan kimselerde uygulanabilir ve kullanılır.



Şekil 4: Travma geçirmiş olan kadın hastanın koronal plandaki BT-sisternografi işleminde sisternalarda kontrast madde ve kafa kaidesindeki defect izlenmektedir.



yapı detayını da gösterebilme ve multiplanar rekonstrüksiyon avantajlarına sahiptir (Şekil 4). Bununla beraber, özellikle göz lensinin bulunduğu bir bölgede, ince kesitlerle ve iki kez inceleme yapılması hastanın aldığı işin dozunu artıracaktır (7).



Şekil 5: Spontan BOS rinoresi olan genç erkek hastanın koronal plandaki MR sisternografi imajında sol nazal kavite içine kontast madde geçiş gösterilmiştir.

MR-sisternografide ise aynı prensipler geçerli olup, gadolinyumlu MR kontrast maddesi kullanılır ve çekimler genellikle sadece kontrast madde sonrası yapılır. Bu tatkikte iyonizan radyasyon yoktur, daha az miktarda kontrast madde kullanılır ve duyarlılığın biraz daha fazla olduğu gösterilmiştir (Şekil 5) (8). Buna karşılık, özellikle travmada kemik kırıklarının veya kafa kaidesine ait detayların gösterilmesi için BT'nin de ek olarak uygulanması gereklidir.

Transfontanel Ultrasonografi (USG)

Ön fontanelin açık olduğu (0 ila ortalama 18 ay arası) bebeklerde, bu açılığa uygun özellikte USG probunun uygulanması yoluyla gerçekleştirilen transkranyal USG yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile ventrikül boyutları, derin ve subkortikal ak madde, derin gri madde değerlendirilebilir. Hasta başında uygulanan, kolay tekrarlanabilir, iyonizan radyasyon içermeyen, ucuz ve kolay bir yöntemdir. Buna karşın arka çukur, korteks optimal olarak değerlendirilemez ve operatörün deneyim ve bilgisine bağımlı bir testtir. Tarama için uygun bir test olmakla beraber BT veya MR'in yerini tutamaz. Prematür veya genel durumu bozuk olan ve BT/MR odasına götürülemeyen bebeklerde ilk adım yöntemi olarak değerini korumaktadır (9).

Doppler USG:

Doppler USG, damar duvarı, kanın hareket hızı, yönü ve akım karakterinin değerlendirildiği önemli bir vasküler

görüntüleme yöntemidir. Hasta başında uygulanması, kolay, hızlı, ucuz, noninvazif, kolay tekrarlanabilir olması ve vasküler yapılara ait yüksek duyarlılık ve özgünlüğe sahip bir test olması nedeniyle yoğun bakım hastalarında büyük önem taşımaktadır (10). Karotis komünis arterleri bifurkasyonlar ve vertebral arterlerin boyun segmentleri kolaylıkla değerlendirilebilir. Aterosklerotik plakların karakterizasyonu başarıyla yapılabılır ve taze/eski trombuslar ayrımlanabilir. Ayrıca beyin ölümü gelişen hastalarda da önemli bir test olarak öne çıkmaktadır. Dezavantajları arasında; operatöre bağımlı bir test olması, ileri darlıklarda yanlıltıcı sonuçlar elde edilebilmesi, kısa boyunlu veya bifurkasyonların yüksekte yerleştiği ya da tortüöz damarlı hastalardaki değerlendirme zorlukları olması sayılabilir (11). Noninvazif vasküler görüntülemede önemli bir test olmakla beraber vasküler görüntülemede tanının altın standarı kateter anjiyografisi olmaya devam etmektedir.

Transkranyal Doppler USG ise yoğun bakım ünitelerinde önemli görevde sahip bir yöntemdir. Bu yöntemde özel bir prob, bu konuda deneyim sahibi bir USG operatörü ve hastanın probun dayanarak bilginin elde edileceği uygun bir temporal kemik penceresine sahip olması, testin başarısı için şarttır (12). Bu yöntemde özellikle karotis interna arterinin kafa içindeki bifurkasyonu ve Willis poligonu çevresindeki damarlara ait akım özelliklerini değerlendirilebilir. Transkranyal Doppler son yıllarda vazospazmin değerlendirilmesi ve takibi, karotis test oklüzyonu ve endovasküler girişimler sırasında kafa içi perfüzyonun değerlendirilmesi gibi endikasyonlarla yoğun olarak kullanılmaktadır (13).

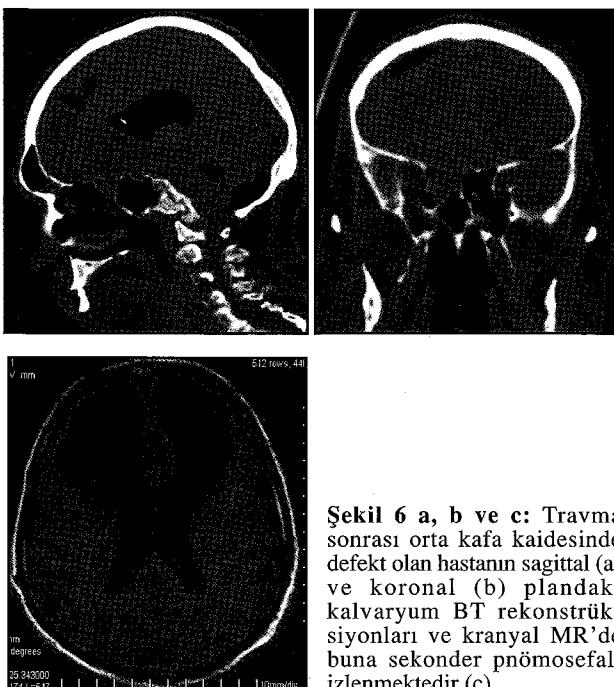
Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT, dünyada ve ülkemizde son 30 yıldır başta nöroradyoloji alanında olmak üzere tüm sistemlerde önemli hizmetler vermiş bir yöntemdir. Belli bir kollimasyona (kesit kalınlığı) ayarlanmış röntgen tüplerinin hasta çevresinde dönerken çakardıkları şuanın hasta vücudundan geçen ugradığı değişikliğin röntgen detektörlerine yansımıası sonucunda dijital olarak edinilen bilgi bilgisayarda daha sonra görüntü haline getirilir. Günümüzde datayı kesit değil hacim halinde toplayan spiral ve multidetektör BT (MDBT) cihazları bu yöntemin daha da gelişmesine imkan tanımıştır (14). BT teknolojisindeki gelişmeler baş dönürücü hızla olmaktadır ve özetlenmeleri bu yazının sınırları içinde mümkün değildir, bu nedenle yalnız ilgili noktalar vurgulanacaktır.

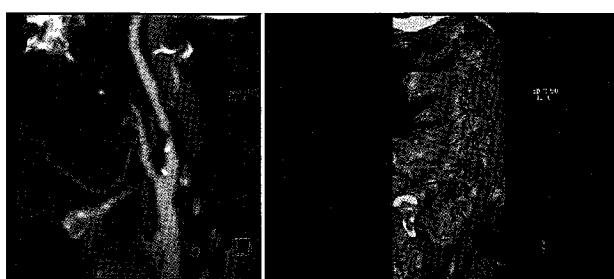
- Yeni jenerasyon cihazlarda inceleme süresi kısalmıştır. Örneğin kranyumun taraması 20 saniyede tamamlanmaktadır. Genel durumu bozuk, koopere olmayan veya çocuk yaşta hastalarda bu özellik önemlidir. Ayrıca hastaların hareketsiz kalmaları veya nefes tutmaları gereken süre de ileri derecede kısalmıştır (15).



- Alınabilen kesit kalınlığı incelmiş (örn. 0.5 mm), bu nedenle özellikle pozisyon verilmesi mümkün olmayan yoğun bakım hastalarında, kesitlerin tek planda alındıktan sonra uzak konsolda uygun plan, biçim ve kalınlıkta rekonstrükte edilmesi mümkün hale gelmiştir (15).



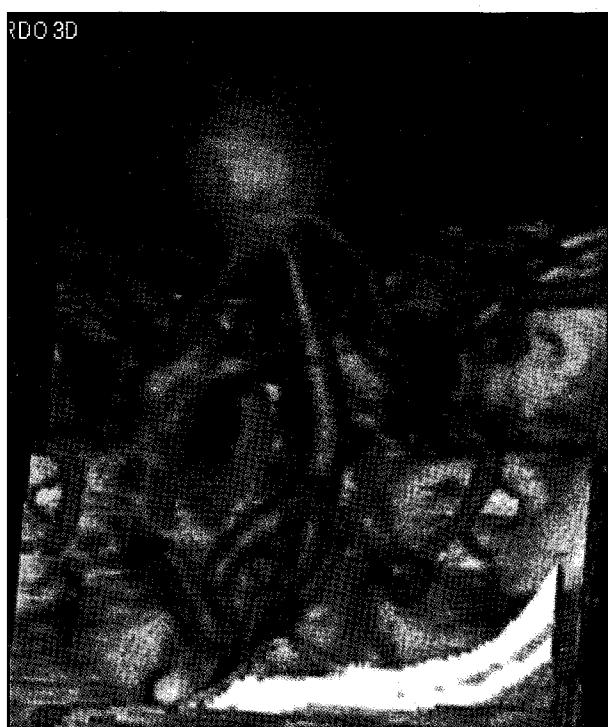
- BT program yazılımlarındaki gelişmeler multiplanar, yüzey ve üç boyutlu rekonstrüksiyonların en iyi kalitede yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu özellikler, kalvaryum, kafa kaidesi, yüz ve omurga kırıkları olan hastalarda büyük yardım sağlamaktadır (15) (Şekil 6a, b ve c).



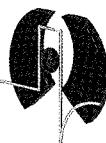
- BT anjiyografi (BTA) özellikle MDBT'nin ticari kullanıma yoğun olarak girmesi nedeniyle daha da başarıyla yapılır hale gelmiştir. BTA, intrakranyal ve boyun arter ve venlerini başarıyla gösterir. Bu incelemede bolus tarzında iv kontrast injeksiyonu gereklidir ancak invazif kateterizasyon gerekmeyez. İşlem süresi en fazla 25 saniyedir ve yüksek yoğunluklu kontrast maddelerinin kullanılması ile gereken ilaç miktarı da azalmıştır. BTA, intrakranyal anevrizma ve stenozlar, boyun damarlarının aterosklerotik, travmatik veya vaskülitik hastalıklarında, diseksiyon, tromboz, vb durumlarda yoğun olarak



kullanılmakta ve son derece başarılı sonuçlar alınmaktadır (Şekil 7, 8 ve 9) (16). Yukarıda sayılan özellikler bu testin yoğun bakım hastaları için de ideal bir inceleme konumuna getirmiştir.



• BT- perfüzyon tetkiki son yıllarda, yine MDBT'ye sayesinde yapılr hale gelmiştir. Özellikle hiperakut ve akut dönem iskemik strok tanısında perfüzyonu bozucu bölgenin gösterilebilmesi hem tedavi yaklaşımı hem de прогноз açısından büyük önem taşır (17). Bu testin BTA'da olduğu gibi bolus tarzında iv kontrast enjeksiyonu ve uygun yazılım programlarının bulunması esastır.



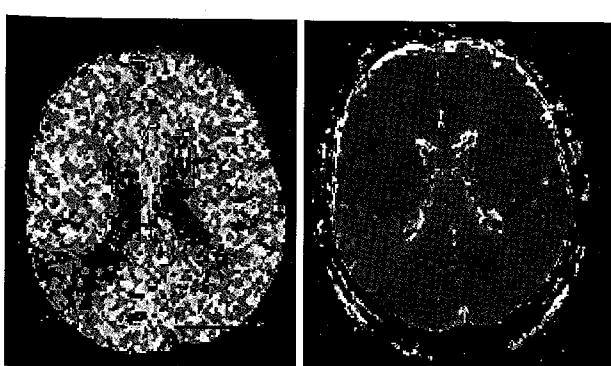
- Yeni jenerasyon BT cihazlarının çekim kabinleri, hasta masası ve gantri (röntgen tüp ve detektörlerinin içinde yer aldığı yuvarlak açıklık) konfigürasyonu daha az hantal, yoğun bakım hastası ve teçhizatın giriş ve manipülasyonuna daha uygun hale getirilmiştir.

Sonuç olarak, yoğun bakım hastalarının nöroradyolojik incelemelerinde bugüne dek zaten kullanılmakta olan BT incelemesi, yukarıda sayılan yenilikler ile yerini sağlamıştır ve ilk tercih edilen yöntem olma konumunu pekiştirmiştir.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG ülkemizde son 15 yıldır ticari kullanımda bulunan ve halihazırda nöroradyolojinin bir çok alanında en önemli tanı yöntemidir. MR'ın uzun çekim süreleri, MR'a özel kontrendikasyonların varlığı, MR'la uyumlu tüp ve monitörlerin yaygın olmaması, MR'ın geçtiğimiz yıllar içinde yoğun bakım veya anestezi gerektiren hastalarda ya da genel durumu bozuk, klostrofobik, gebe, yaşlı veya çocuk hastalarda kullanımını kısıtlamıştır. Bu durum değişmektedir. MR artık acil, yoğun bakım ve pediatri servislerine de hizmet veren bir tetkik olma yolundadır. MR'daki (konuya ilgili) yenilikler aşağıda özetlenmiştir:

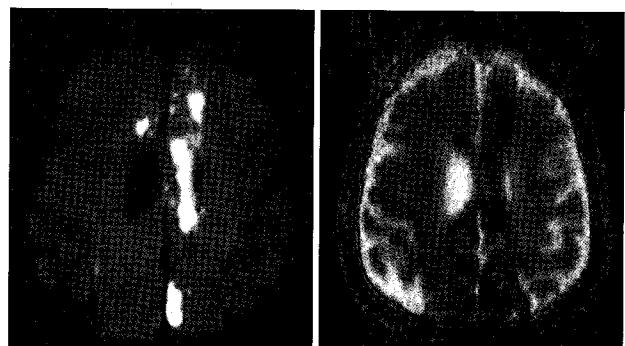
- Yüksek ana manyetik alan (1.5 Tesla ve üzeri) gücü olan MR üniteleri yaygınlaşmıştır. Bu özellik çekilen filmlerin kalitesini artırmakla kalmamış, tek seansta incelenen vücut bölgeleri genişlemiş ve inceleme süreleri kısaltmıştır (18).
- Yeni MR kontrast maddeleri (dokuya spesifik, yoğun etkili, değişik fiyatlarda) piyasaya çıkmış; bu özellik birçok incelemeyi kolaylaştırmıştır (19).
- MR cihaz ve çekim kabinlerinin fiziksel özellikleri geliştirilmiştir; daha kısa tünel boyu, dışarıyı gören ayna veya uyarı sistemleri, müzik yayını, daha sessiz gradyentler, manyetik alan kalkanının genişletilmesi, daha iyi çekimler yapabilen açık MR üniteleri gibi. Bu



Şekil 10: SAK sonrası vazospazm nedeniyle interne edilen hastanın perfüzyon ağırlıklı MR incelemesinde sağ parietal bölgede perfüzyon defekti mevcuttur

ozellikler, daha geniş bir hasta kitlesinin çekime uyumunu sağlamaktadır. Ayrıca artık vücut içi metal protez ve cihazlar tamamen MR ile uyumlu materyalden üretilmektedir.

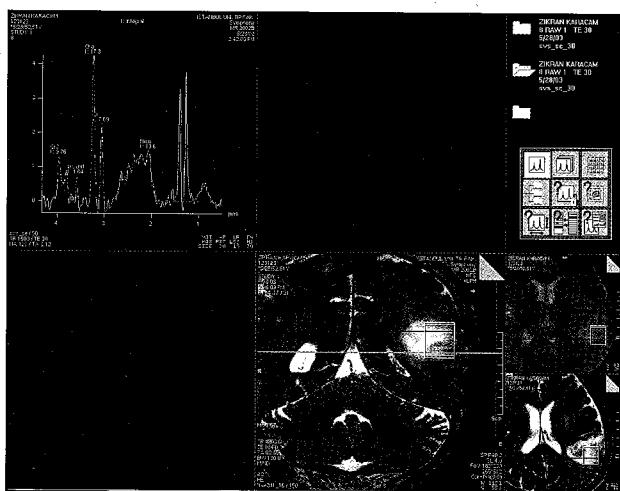
- MR ile uyumlu tüp, monitör vb cihazlar yaygınlaşmıştır.
- Ekoplanar çekim sekansları varlığı sayesinde kullanılanma giren difüzyon ağırlıklı inceleme (DWI; diffusion weighted imaging) ve perfüzyon MR sekansları



Şekil 11: İskemik strok nedeniyle izlenen hastanın difüzyon ağırlıklı MR görüntülerinde hiperakut anterior serebral arter infarkti ile uyumlu bölge izlenmektedir.

(PWI; perfusion weighted imaging) özellikle hiperakut ve akut strok hastalarında infarkt bölgesinin detaylı ve duyarlı biçimde saptanması ve iskemik penumbra tesbiti gibi daha önce mümkün olmayan değerlendirmelerin yapılmasını sağlamaktadır (Şekil 10 ve 11) (20).

- Fonksiyonel MR (fMRI)'da belli işlevler sırasında yapılan MR incelemesinde ilgili beyin bölgesindeki kan akımı değişikliklerinden belli işlev merkezlerinin net olarak saptanması mümkün olmaktadır. Bu, özellikle motor korteks, konuşma merkezi gibi önemli bölgeler



Şekil 12: Sol parietal bölgede tümör olarak düşünülen lezyon mevcut olan hastada MRS'de laktat varlığı gösterilerek infarkt tanısına ulaşılmıştır.

komşuluğundaki patolojilerin preoperatif değerlendirmesinde büyük önem taşımaktadır (21).



Şekil 13: Kontrastlı MRA incelemesinde arkus aortadan Willis poligonuna dek görüntü alınmıştır.

- MR spektros-kopide (MRS, manyetik rezonans spektroskopisi) belirlenen inceleme bölgesinde mevcut olan önemli beyin metabolitlerinin (N-asetyl aspartaz, kolin, kreatin, glutamat gibi) oransal miktarları saptanmaktadır. Bu biyokimyasal bilgi özellikle tümörlerde, metabolik beyin hastalıklarında, iskemide ve daha birçok patolojik süreçte önemli ek bilgiler sağlamaktadır (Şekil 12) (22).

- Kontrastlı MR anjiografisinin (MRA) mümkün hale gelmesi daha geniş bir bölgenin (arkus aorta-Willis poligonu arası), bir dakikanın altında çekim süresinde incelenmesine olanak sağlamıştır (Şekil 13) (23).
- Özel sekansların kullanıma girmesi (kanamaya duyarlı sekanslar, MR-miyelografi, MR-nörografi vb) birçok patolojik sürecin incelenmesini kolaylaştırmaktadır (24).

Sonuç olarak, acil birimleri, travma merkezleri veya yoğun bakım ünitelerinde genellikle sık tercih edilmeyen MR tatkiki giderek bu birimlere de hizmet verir hale gelmektedir.

Kateter Anjiyografisi (DSA, dijital substraksiyon anjiyografisi)

Vasküler lezyonlarda tanının altın standarı kateter anjiyografisidir. Anjiyografi günümüzde dijital substraksiyon anjiyografisi (DSA) olarak uygulanmaktadır. DSA

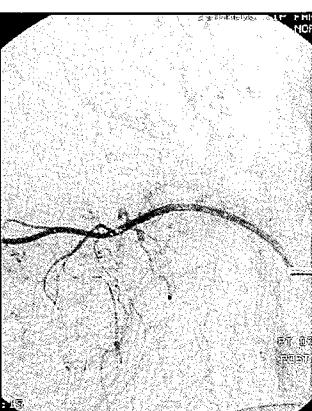


Şekil 14: Vertebrubaziler oklüzyon nedeniyle DSA ve intraarteriyel tromboliz yapılan hastanın işlem öncesi ve sonrası görüntüleri izlenmektedir.



Şekil 15: Internal karotis arter proksimalinde ileri darlık mevcut olan hastanın stent yerleştirilmesi öncesi ve sonrası DSA görüntüleri izlenmektedir.

invazif bir yöntem olup literatürde % 0.5 ile 4 arasında komplikasyon oranı bildirilmektedir (25).



Şekil 16: Spinal arteriyovenöz malformasyonu mevcut olan hastanın embolizasyon öncesi ve sonrası görüntüleri izlenmektedir.

Ancak başta birimimizde olmak üzere, DSA'nın yoğun olarak uygulandığı birçok merkezde bu oran çok daha düşüktür.

DSA ünitelerinde tanışsal serebral ve spinal anjiyografı yanında endovasküler girişimler (anevrizma, vasküler malformasyon ve tümör embolizasyonu, acil endikasyonlar yapılan epistaksis ve diğer organ kanama embolizasyonları, balon anjiyoplasti ve stentleme, test amaçlı ve kalıcı damar oklüzyonları, vb) yapılmaktadır (Şekil 14, 15 ve 16).

DSA ünitelerinin fiziksel özellikleri, yazılım programları, kullanılan kontrast madde, kateter ve embolizasyon

ajanlarındaki gelişmeler sayesinde acil ve elektif tanı ve terapötik işlemler daha hızlı, güvenli ve yaygın biçimde uygulanır hale gelmiştir (26).



B) Nörolojik Yoğun Bakımda Önem Taşıyan Hastalık Gruplarında Görüntüleme Bulguları

Kranyoserebral travma

Kranyoserebral travmada patolojinin daha kolay anlaşılması için en sık kullanılan sınıflama biçimini, olayı primer ve sekonder hasar olarak ayırmaktır (Tablo 1). (27).

Tablo1: Kranyoserebral travmada sınıflama (27)

Primer hasar	Sekonder Hasar
Kafatası kırıkları, skalp lezyonları	İntrakranial herniasyonlar
Ekstraserebral lezyonlar	Travmatik iskemi ve infarktlar
Epidural kanama Subdural kanama Subaraknoid kanama	
İntaaksiyel lezyonlar	Diffüz beyin ödemi
Diffüz aksonal hasar Kortikal kontüzyon Derin gri madde hasarı Beyin sapı hasarı Intraventriküler, koroid pleksus kanamaları	
Hipoksik hasar	

Travmada hasarın oluşma mekanizması ise temel olarak projektil-penetrant hasar ve künt travma olarak incelenebilir.

Projektil hasarların görüntülemesinde kurşunun geçiş yolu, kemik-çekirdek parçaları dahil olmak üzere yaranın yaygınlığı, emboli ve saçılıan parçaların yerlesimi ve damarsal hasar incelenmelidir (27). Travmatik lezyonların tümünde BT ilk seçilecek görüntüleme yöntemidir; bu tatkikte yukarıda sayılan nöral doku hasarı değerlendirilir ve kemik ve metalik fragmanlar da kemik penceresinde ayrıca değerlendirilebilir. Damarsal hasardan kuşkulanan hastalarda DSA tanının altın standartı olmakla beraber BTA ve durumu uygun hastalarda MR-MRA değerlendirme bilgiler verebilir (28).

Künt kafa travmasında ise, kafanın ani deselerasyonu, açısal akselerasyonu veya rotasyonu hasarın oluşmasına yol açar. Bu tip travmada hasar daha yaygın, ağır ve genellikle bilateral ve multiplidir. Oluşan intraaksiyel hasar temelde kortikal kontüzyonlar, diffüz aksonal hasar, beyin sapı ve penetrant arterler çevresinde oluşan yaralanmalar biçimindedir. Bu tip hasarda BT'nin yumuşak doku çözümleme gücü lezyonların görüntülenmesine yetmeyecektir. Bu nedenle ağır nörolojik durumu olan bu tip hastalarda görüntüleme negatif kalabilir. Öte yandan, MR'de uygulanan özel sekanslar (gradyent eko, difüzyon ve anjiyografik sekanslar) bu lezyonları çok iyi gösterebilecekken hastanın genel durumu MR'a girmeye müsaade etmeyecektir.

Primer beyin hasarlarından skalp hematomları genellikle önemli değildir. Ancak skalpteki laserasyon superfisyal temporal, posterior auriküler veya oksipital arter dallarından birinde psödoanevrizma veya arteriyovenöz fistüle yol açmışsa o zaman uygun koşullarda anjiyografik tetkik yapmak gereklidir. Durumun aciliyetine uygun zamanlama ile tedavi yapılır. Bu lezyonların tedavisinde endovasküler yöntemler, cerrahiden daha az invazif olmaları ve yüksek başarı oranları nedeniyle giderek daha çok tercih edilmektedirler (29).

Kafatası kırıkları lineer, çökme veya diastatik tipte olabilirler ve kafatası kemikleri veya kafa kaidesini ilgilendirirler. Çökme kırıkları daha çok parenkimal hasara yol açarken, lineer kırıklara epidural veya subdural kanamaların eşlik ettiği gösterilmiştir.

Epidural ve subdural kanamalar, kranyoserebral travmada sık rastlanan ve önde gelen morbidite ve mortalite sebepleridir. Bu lezyonların tanı ve takibinde nöral doku ve kemik yapıya uygun pencerede incelenen kontrastsız BT tetkiki ilk tercih edilen yöntemdir (27). Epidural ve subdural hematomlara ait klinik ve radyolojik özellikler Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Epidural ve subdural kanamaların klinik ve radyolojik özellikleri (27)

	Epidural Kanama	Subdural Kanama
Sıklık	Tüm travmaların %1-4'ü, % 10 fatal	Tüm travmaların %10-20'si, % 30 fatal
Etyoloji	En sık, kırığın neden olduğu meningea media arter yaralanması	Kortikal venlerin gerilmesi veya yırtılması
Yerleşim	Kafatası ile dura arasındadır, Sütürleri aşamaz, dura yapışma yerlerini yırtabilir, % 95 supratentorial, % 5 bilateral	Dura ile araknoid arasındadır, Sütürleri aşar, dura yapışma yerlerini aşamaz, Çocuk istismarı vakalarında genellikle interhemisferik, parafalsin ve bilateraldır, % 95 supratentorial, % 15 bilateral
BT	Bikonveks şekillidir, beyin korteksini iter, Genellikle hiperdens, nadiren mikst hipo ve hiperdenstir	Akut: Hilal tarzında, % 60 hiperdens, anemi veya koagulopatide izodenstir Subakut: İzodenstir, çevresel membran oluşturmuş olabilir Kronik: Hipodenstir, kontrast tutan membran vardır, loküle ve/veya mikst dansitededir, nadiren kalsifiye olabilir
MR	Bikonveks, Hematomla beyin arasında itilen dura görülebilir, MR'a genellikle başvurulmaz. Tani aracı BT'dir.	Hiperakut: T1 A izo, T2A hiperintens Akut: T1A ve T2A hipointens Subakut: T1A ve T2A hiperintens Kronik: Değişken, T2A hiper, T1A izointens



Travmatik subaraknoid kanama (SAK) ağır kafa travmalarının birçoğunda diğer bulgulara eşlik edebilir. Bu durumda da kontrastsız kranyal BT en iyi görüntüleme yöntemidir. SAK'ta sisterna, sulkus ve fissürler, dura veya yerine göre ventriküler içinde kana ait yüksek dansite izlenir. MR'da birçok yeni sekansta (FLAIR, gradyent eko, ekoplanar görüntüleme, vb) SAK yüksek duyarlılıkla saptanabilmekle beraber, hastaların genel durumu itibarıyla genellikle BT ilk ve tek uygulanan yöntemdir (30).

Diffüz aksonal hasar (DAI), genellikle ağır, kapalı kafa travmasında görülür. Hasar, kafanın rotasyonel veya akselerasyon/deselerasyon güçlerine maruz kalması sonucu meydana gelir. Burada, ak madde-gri madde bileşkesinde lober ak madde, korpus kallosum veya beyin sapı yaralanmıştır. Hastanın ağır klinik durumuna karşın BT normal kalır. Sayılan bölgelerde MR, hasarın tipine göre kanama sinyali içeren veya içermeyen yama tarzında lezyonlar gösterir.

Kortikal kontüzyonlar, beynin dura veya kemik çıktınlara çarpması sonucu oluşan yüzeyel punktat veya lober kanamalarıdır. Oluşma mekanizmaları nedeniyle genellikle temporal pol, alt yüzey veya silvian fissür çevresinde oluşurlar. BT'de ilk 24-48 saat içinde lezyonlar giderek daha belirgin hale gelirler. Bunlar fokal ödem ve kanama alanları biçimindedirler ve ilk günlerden sonra ödem ve kitle etkileri giderek azalır. Bu bölgelerde kan beyin bariyerinin bozulmuş olması nedeniyle kortikal kontüzyonlar kontrast tutabilir (27).

Beyin sapı ve derin gri madde hasarı genellikle dorsolateral beyin sapı, periakuaduktal gri madde derin çekirdeklerde oluşur ve burada fizyopatoloji, beyin sapının ani deselerasyon ile tentoryuma çarpmasıdır (27). Derin gri madde hasarı da intraventriküler kanama gibi ağır derecede travmatik beyin hasarında meydana gelen durumlardır.

Kranyoserebral travma sonucunda oluşan sekonder hasarlar genellikle primer lezyonlara göre daha fazla klinik öneme sahiptirler. Bunlarda alta yatan ortak sebep intrakranyal basınç artışı ve beyin, damar, simir ve vasküler yapıların itilerek kranyal kavite içindeki kemik veya dura gibi sert yüzeyle arasında sıkışmasıdır.

Serebral herniasyon, beyin, beyin omurilik sıvısı ve damarların bir kranyal kompartmandan diğerine mekanik deplasmanıdır. En önemli iki herniasyon şekli subfalsin ve desandan transtentorial herniasyondur. Subfalsin herniasyonda girüs singuli falksin alt serbest kenarı altından karşıya doğru yer değiştirir. Bunu takiben görüntülemede aynı taraf lateral ventrikül basıya bağlı daralır, karşı ventrikül ise foramen monro tikanması nedeniyle genişler. Bu tip herniasyonda meydana gelebilecek anterior serebral arter ve derin subependimal ven tikanmalarına bağlı oluşan infarktlar mortalite ve morbiditeyi belirler (27). Desandan transtentorial

herniasyon en sık rastlanan tiptir. Burada temporal lob unkusu önce mediale itilerek tentoryumun serbest kenarı üzerinden protrüde olur. Önce aynı tarafta suprasellar sistermanın yarısı silinir, ardından ise aynı taraf serebellopontin sisterna genişler. Hadise daha ilerlediği zaman ise BT'de tüm bazal sisternalar silinmiş görülür. Oluşan sekonder etkiler oksipital lob, bazal ganglionlar ve mezensefalonda infarktların gelişmesine yol açabilir. Kranyoserebral travma sonrasında oluşan iskemi çoğu yazara göre en önemli klinik hasar sebebidir. Glosgow coma skoru 8 ve altında olan hastaların serebral kan akımlarında genel veya lokal olarak belirgin azalmalar meydana geldiği gösterilmiştir. Tanımlanan hipoperfüzyon alanları perfüzyon MR veya BT çalışmalarında, Xenon BT incelenmelerinde, Single photon emission tomography (SPECT), transkranyal doppler ve MRS çalışmalarında gösterilebilir. Bu alanda pek çok klinik ve deneyel çalışma yapılmaktır ve iskeminin erkenden saptanarak önlenmesi veya tedavisi için çaba sarfedilmektedir (31-32).

Ağır kranyoserebral travma sonrasında oluşan diffüz beyin ödemi sekonder hasarlar arasında en öldürücü olanıdır. Burada beyin ödeminin radyolojik olarak saptanacak ağırlığa gelmesi tedricen ilk 24-48 saat içinde olur. BT'de sulkus ve basal subaraknoid sisternaların silinmesi, ventrikülerin daralması veya tamamen silinmesi ve daha geç dönemde beyin atenuasyon değerinin azalarak hipodens görüntümesi önemli radyolojik bulgular arasındadır (27). Ağır derecede beyin ödeminde, hipoksiden korunan arka çukur oluşumlarının hipondens beyne göre daha yoğun görünmesi nedeniyle 'beyaz cerebellum' bulgusu oluşur.

Serebral travma sonrasında oluşan hipoksi ve hipoperfüzyon primer ve sekonder olarak sınıflanabilir. Primer hipoperfüzyonda etyoloji genellikle penetrant travmanın oluşturduğu primer vasküler hasardır. Sekonder hipoksının henüz fizyopatolojisi iyi bilinmemekle beraber, travma hastalarının % 50'sinde oluşan vazospazmin etkili olduğu düşünülmektedir. Vazospazm özellikle SAK olgularında daha sık görülür ve morbidite ve mortaliteyi belirleyen en önemli etkendir (13).

Kranyoserebral travma sonrasında oluşan vasküler hasarlar Tablo 3'de özetlenmiş olup, noninvazif (BTA, MRA) veya invazif (DSA) vasküler görüntüleme yöntemleri ile ortaya konabilirler (27).

Tablo 3: Kranyoserebral travmanın vasküler komplikasyonları (27).

Arteriyel hasar	Venöz hasar
Transeksiyon	Kortikal ven rüptür/trombozu
Laserasyon	Dural sinüs laserasyon/rüptürü
Subintimal yırtık	
Diseksiyon	
Psödoanevrizma	
Tromboz	
Arteriyovenöz fistül	



İskemik ve hemorajik inme

İnme, intrakranyal iskemi veya kanamayı takiben oluşan nörolojik defisit olarak tanımlanabilir. Dünyada ve ülkemizde önemli bir morbidite ve mortalite sebebidir. Nöroradyolojik görüntülerne, inmeli hastada klinik olarak dışlanması mümkün olmayan inme taklitçisi durumları (tümör, infeksiyon, vb) ayırt etmek, iskemik ya da hemorajik lezyonu ortaya koymak, infarkt açısından riskli dokuyu (penumbra), etyolojik sebebi tanımlamak ve hastayı uygun tedaviye yönlendirmek görevlerini yerine getirir. Akut inmeli hastalarda BT temel ve ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi olmaya devam etmektedir. Akut inmeli hastalarda, klinik elverdiği takdirde kullanılan MR inceleme yapılarak, DWI ile infarktin yaygınlığı, yaşı, PWI ile ise beyinde perfüzyonun bozulduğu alan görülerek infarktin yayılması muhtemel alan ve iskemik penumbra değerlendirilebilir. BTA ve MRA ise strok zemininde yatan vasküler sebebi aydınlatarak hem etyolojiyi belirler, hem de ileride sekonder koruma için yapılması gereken vasküler girişimlere yön verir. Strokun tanışal değerlendirmesinde intraarteriyel tromboliz yapılması düşünülen hastalar haricinde, DSA'ya başvurma zorunluluğu giderek azalmaktadır (33).

İnme etyolojisinde en sık serebral iskemik infarktlar, daha az oranda primer intrakranyal kanama ve nontravmatik subaraknoid kanama yer almaktadır (Tablo 4).

Tablo 4: Strok etyolojisi (27).

Strok Tipi	Oran (%)
İskemik İnfarkt	80
Büyük damar	40-50
Lakünler	25
Kardiak emboli	15
Kanama pihtilaşma bozuklukları	5
Vaskülitler	5
Primer intraserebral kanama 15	
Hipertansif	40-60
Amiloid anjiyopatisi	15-25
Vasküler malformasyon	25
İlaçlar	1-2
Kanama diatezi	<1
Nontravmatik subaraknoid kanama	5
Anevrizma	75-80
Vasküler malformasyon	10-15
Nonanevrizmal SAK	5-15
Diğer	1
Dural sinüs-serebral ven oklüzyonu	

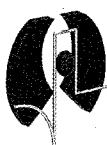
İnme tanısında BT'nin ilk tercih edilen yöntem olmasının nedenleri, çoğu merkezde haftanın yedi günü, 24 saat yapılabilmesi ve intrakranyal kanama ve iskemiyi derhal ayırt edebilmesidir. İskemik infarktin ilk saatlerinde BT'de hiçbir bulgu olamayabilir. İskemik infarktin ilk 48 saati içinde büyük kortikal infarktların % 90'ı görünür

hale gelir. 10-21. günler içinde ise hadise subakut evreye girmiş olup parenkimle izodens olabilir. Kronik dönemde (3. haftadan sonra) ise lezyon ensefalomalazi safhasına girmiş olup keskin konturludur ve BOS dansitesindedir. Son yıllarda multidekktör BT'nin kullanımına girmiş olması nedeniyle BT-perfュzyon incelemeleri yapılmaktadır. Bu incelemede bolus tarzında verilen kontrast maddenin ardından bölgesel serebral kan hacmi, akımı ve ortalama geçiş zamamı haritaları oluşturularak infarktlı dokunun yaygınlık ve diğer fonksiyonel özelliklerini ortaya konabilir (34).

Akut iskemik strokun tanısında MR birçok özelliği ile BT'ye üstünlükler gösterir. Öncelikle, DWI'nın deneysel ve klinik çalışmalarında iskemik olayın başlangıcından sonra dakikalar içinde pozitif hale geldiği gösterilmiştir. Konvansiyonel (T2A ve FLAIR) MR incelemelerde ise 6.saatten itibaren iskemik ödem bulguları ortaya çıkar. DWI incelemektedeki lezyon 24-48 saat içinde genişleyerek en geniş haline ulaşır. Burada temel mekanizma, ilk infarkt alanı çevresinde mevcut olan ve iskemik penumbra olarak tanımlanan alanın, müdahale veya spontan reperfüzyon olmadığı takdirde infarkta gitmesidir. Bu tanımlama klasik infarkt konseptinin bir özeti olup, son çalışmalarla bu teorinin pek çok istisnası bulunduğu gösterilmektedir (35).

MR perfüzyon çalışmalarında bolus tarzında verilen gadoliniumlu kontrast maddenin mikrokapiller düzeyden ilk geçişsi sırasında elde edilen sinyal kaybının grafik haline ve (daha sonra renk skalasına) getirilmesi ile matematiksel olarak rölatif serebral kan akımı (rCBF; relative cerebral blood flow), serebral kan hacmi (rCBV; relative cerebral blood volume), ortalama geçiş zamanı (MTT; mean transit time) ve tepeleme zamanı (TTP; time to peak) hesaplanır. Klasik görüşe göre infarktlı bölgede MTT artarken rCBV ve rCBF azalır. Oysa henüz infarkta gitmemiş dokuda gelen kan akımı (rCBF) azaldığı halde doku MMT'yi artırarak rCBV'yi sabit tutabilir (36).

İskemik infarkt görüntülemesinde, ilgili merkezin elindeki imkanlar ve kullanılan yöntemle olan deneyimi önemlidir. Strok hastasının hastaneye ulaşma zamanına göre en kısa sürede incelemeyi yapmak ve infarkt yeri, yaygınlığı ve büyümeye potansiyeli ile ilgili olarak doğru bilgi edinmek, hastaya uygulanabilecek tromboliz tedavisinin de yararını belirler. Şimdiye dek yapılan intravenöz ve intraarteriyel tromboliz çalışmaları ilk 3-6 saat içinde trombolitik tedavi uygulanan hastaların yarar gördüğü, bu saatlerden sonra tedavi komplikasyonlarının artarak yararın azlığı gösterilmiştir. Bu nedenle nöroradyolojik inceleme yöntemleri hızlı, güvenilir, detaylı ve hassas olmak zorundadır.



İskemik strok görüntülemesinde son yıllarda multimodal MR ve multimodal BT uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Her iki uygulamada da amaç önce kanama-iskemi ayrimı yapmak daha sonra infarktin yaygınlığı ve tehdit altındaki alanı hesaplamak ve ardından anjiyografik çalışma ile vasküler etyolojik sebebi ortaya koymaktır (Tablo 5).

Tablo 5: Multimodal MR ve multimodal BT (34)

	Multimodal BT	Multimodal MR
Kanama/iskemi ayrimı	Kontrastsız BT	Kranyal MR (kanamaya duyarlı gradyent eko incelemeler dahil)
İnfarktlı alanın saptanması	Kontrastsız/kontrastlı BT	Standart kranyal MR ve DWI
Tehdit altındaki alanın saptanması	BT perfüzyon	MR perfüzyon
Vasküler etyolojinin saptanması	BT anjiyografi	MRA

Intraserebral hematomun radyolojik tanı ve tedavi öncesi planlamada kontrastsız kranyal BT çoğu zaman yeterlidir. Ancak altta yatan tümör veya vasküler malformasyondan kuşkulandığında kranyal MR, noninvazif veya invazif vasküler görüntüleme yöntemlerine başvurulabilir. Nontraumatik SAK olgularında ise kranyal BT ve lomber ponksiyonda SAK teşhisi konmasını takiben enerjik olarak DSA yapılmalıdır, çünkü bu olgularda sakküller anevrizmalar en sık etyolojik sebebi oluştururlar. Hastanın genel durumunun ileri derecede bozuk olması, DSA'nın mevcut olmaması gibi durumlarda önce MRA veya BTA'ya başvurulabilir. Daha nadiren DSA ile açıklanamayan parent arter anevrizma ilişkisi, duvara ait kalsifikasyon, kısmi trombus durumlarında DSA'ya ek olarak noninvazif görüntüleme de yapılabilir. SAK'in son yıllarda gelişen MR sekansları sayesinde özellikle gradyent eko ve FLAIR sekanslarda görüntülenebilmesi mümkün hale gelmiştir, ancak yine de SAK düşünülen hastada esas tanı yöntemi BT olmaya devam etmektedir. BT, SAK'a duyarlılığı yanında hızlı ve genel durumu bozuk hastalarda daha güvenli ve pratik bir yöntemdir.

Sonuç

Nöroradyolojik görüntüleme yöntemleri ve radyolojik bulgular hakkında kapsamlı bir özet bu metinin sınırlarını aşmaktadır. Ayrıca, yoğun bakım birimindeki hastaların takibinin ağır sorumluluk ve birçok disiplinde bilgi ve deneyim gerektirmesi nedeniyle multidisipliner yaklaşım ve bu bağlamda, radyolojik görüntülemeler için nöroradyoloji departmanı ile konsültasyonlar önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Vogl TJ ve Balzer JO. (1996) Base of skull, nasopharynx and parapharyngeal space. Neuroimaging Clin N Am 6: 357-378
- Ruiz A, Donovan Post MJ, Ganz WI (1995) Inflammatory and infectious processes of the spine. Neuroimaging Clin N Am 5: 401-426
- Tsuchiya K, Katase S, Aoki C, Hachiya J. (2003) Application of multi-detector row helical scanning to postmyelographic CT. Eur Radiol 13: 1438-1443
- Stone JA. (2003) MR myelography of the spine and MR peripheral nerve imaging. Neuroradiology 11: 543-558
- Kirtane MV, Gautham K, Upadhyaya SR. (2005) Endoscopic CSF rhinorrhea closure: our experience in 267 cases. Otolaryngol Head Neck Surg: 132: 208-212
- Domengie F, Cottier JP, Lescanne E, Aesch B, Vinikoff-Sonier C, Gallas S, Herbreteau D. Management of cerebrospinal fluid fistulae: physiopathology, imaging and treatment. J Neuroradiol. 31: 47-59
- Stone JA, Castillo M, Neelon B, Mukherji SK. (1999) Evaluation of CSF leaks: high-resolution CT compared with contrast-enhanced CT and radionuclide cisternography. AJNR Am J Neuroradiol. 20: 706-712
- Aydin K, Guven K, Sencer S, Jenkins JR, Minareci O. (2004) MRI cisternography with gadolinium-containing contrast medium: its role, advantages and limitations in the investigation of rhinorrhoea. Neuroradiology 46:75-80
- Veyrac C, Couture A, Saguiaah M, Baud C. (2001) Brain sonography in 2001. Evaluation of macrocrania in the infant. J Radiol. 82: 717-25
- Buskens E, Nederkoorn PJ, Buijs-Van Der Woude T, Mali WP, Kappelle LJ, Eikelboom BC, Van Der Graaf Y, Hunink MG. (2004) Imaging of carotid arteries in symptomatic patients: cost-effectiveness of diagnostic strategies. Radiology 233: 101-112
- Sabeti S, Schillinger M, Mlekusch W, Willfort A, Haumer M, Nachtmann T, Mullner M, Lang W, Ahmadi R, Minar E. (2004) Quantification of internal carotid artery stenosis with duplex US: comparative analysis of different flow velocity criteria. Radiology 232: 431-9
- Ogasawara K, Inoue T, Kobayashi M, Endo H, Yoshida K, Fukuda T, Terasaki K, Ogawa A. (2005) Cerebral hyperperfusion following carotid endarterectomy: diagnostic utility of intraoperative transcranial Doppler ultrasonography compared with single-photon emission computed tomography study. AJNR Am J Neuroradiol. 26: 252-7
- Vajkoczy P, Horn P, Thome C, Munch E, Schmiedek P. (2003) Regional cerebral blood flow monitoring in the diagnosis of delayed ischemia following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. J Neurosurg. 98: 1227-34
- Cody DD, Moxley DM, Davros W, Silverman PM (2002). Principles of Multislice computed tomography. In: Silverman PM (ed) Multislice Computed Tomography. Lippincott Williams and Wilkins, PA, USA, pp 1-30
- Schmaliss IM, Mancuso AA (2002). Multislice computed tomography of the head and neck. In: Silverman PM (ed) Multislice Computed Tomography. Lippincott Williams and Wilkins, PA, USA, pp 31-116
- Munera F, Soto JA, Nunez D. (2004) Penetrating injuries of the neck and the increasing role of CTA. Emerg Radiol. 10:303-309
- Thurnher MM, Castillo M. (2005) Imaging in acute stroke. Eur Radiol. 15: 408-415
- Lauenstein TC, Goehde SC, Herborn CU, Goyen M, Oberhoff C, Debatin JF, Ruehm SG, Barkhausen J. (2004) Whole-body MR imaging: evaluation of patients for metastases. Radiology 233:



- 139-148
19. Hood MN, Ho VB. (2005) Contrast Agents: Innovations and Potential Applications for Body MR Angiography. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 13: 189-203
 20. Abe O, Aoki S, Shirouzu I, Kunitatsu A, Hayashi N, Masumoto T, Mori H, Yamada H, Watanabe M, Masutani Y, Ohtomo K. (2003) MR imaging of ischemic penumbra. *Eur J Radiol.* 46: 67-78
 21. Rees J. (2003) Advances in magnetic resonance imaging of brain tumours. *Curr Opin* 16: 643-50
 22. Moore GJ. (1998) Proton magnetic resonance spectroscopy in pediatric neuroradiology. *Pediatr Radiol.* 1998 28: 805-814
 23. Ozsarlar O, Van Goethem JW, Maes M, Parizel PM. (2004) MR angiography of the intracranial vessels: technical aspects and clinical applications. *Neuroradiology*
 24. Chappell KE, Robson MD, Stonebridge-Foster A, Glover A, Allsop JM, Williams AD, Herlihy AH, Moss J, Gishen P, Bydder GM. (2004) Magic angle effects in MR neurography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 25: 431-440
 25. Pedersen HK, Bakke SJ, Hald JK, Skalpe IO, Anke IM, Sagsveen R, Langmoen IA, Lindegaard KE, Nakstad PH. (2001) CTA in patients with acute subarachnoid haemorrhage. A comparative study with selective, digital angiography and blinded, independent review. *Acta Radiol.* 42: 43-49
 26. Kirosue H, Okahara M, Tanoue S, Nakamura T, Nagatomi H, Mori H. (2002) Detection of the residual lumen of intracranial aneurysms immediately after coil embolization by three-dimensional digital subtraction angiographic virtual endoscopic imaging. *Neurosurgery* 50: 476-84
 27. Osborne AG (1994) Craniocerebral trauma. In: Osborne AG (ed) Diangostic Neuroradiology. Mosby, St. Louis, USA, pp: 199-247
 28. Koelemay MJ, Nederkoorn PJ, Reitsma JB, Majoor CB. (2004) Systematic review of computed tomographic angiography for assessment of carotid artery disease. *Stroke.* 35: 2306-12
 29. Phadke RV, Venkatesh SK, Kumar S, Tandon V, Pandey R, Tyagi I, Jain VK, Chhabra DK. (2002) Embolization of cranial/spinal tumours and vascular malformations with hydrogel microspheres. An experience of 69 cases. *Acta Radiol.* 43: 15-20
 30. U-King-Im JM, Koo B, Trivedi RA, Higgins NJ, Tay KY, Cross JJ, Antoun NM, Gillard JH. (2005) Current diagnostic approaches to subarachnoid haemorrhage. *Eur Radiol.* (Feb 12) (e-pub ahead of print)
 31. Hertel F, Walter C, Bettag M, Morsdorf M. (2005) Perfusion-weighted magnetic resonance imaging in patients with vasospasm: a useful new tool in the management of patients with subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 56: 28-35
 32. Goldsher D, Shreiber R, Shik V, Tavor Y, Soustiel JF. (2004) Role of multisection CT angiography in the evaluation of vertebrobasilar vasospasm in patients with subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol.* 25: 1493-8.
 33. Fink JN, Caplan LR (2003) The importance of specific diagnosis in stroke patient management. In: David S, Fisher M, Warach S (ed.s) Magnetic Resonance imaging in stroke. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp: 1-14
 34. von Kummer R. (2003) Clinical Efficiency of CT in acute cerebral ischemia. In: David S, Fisher M, Warach S (ed.s) Magnetic Resonance imaging in stroke. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp: 31-46
 35. Donnan GA, Wright PM, Markus R, Phan T, Reutens DC. (2003) In: David S, Fisher M, Warach S (ed.s) Magnetic Resonance imaging in stroke. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp: 191-206
 36. Wintermark M. (2003) Localization of stroke syndromes using diffusion weighted MR imaging. In: David S, Fisher M, Warach S (ed.s) Magnetic Resonance imaging in stroke. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp: 121-134