

Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz

"Yapay zeka günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçası olacak"

Algoritmalar

Yapay zeka tıbbın tüm dallarında vazgeçilmez bir araç haline gelebilir

Dr. Murat Dinçer

"Ne kadar hassas görürseniz tanı kabiliyetiniz de o kadar artıyor"

Mamografi

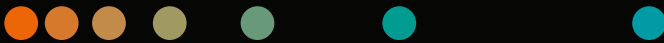
Tetkikler daha konforlu hale gelirken kişiye özel tanı imkanı da sunuluyor

inovasyon

Radyoloji



MRC için yapay zeka



BioMatrix teknolojili MAGNETOM Vida

3 Tesla MR görüntülemeye
insan doğasını yakalayın

[siemens.com/vida](https://www.siemens.com/vida)



Dünyanın
ilk
BioMatrix
sistemi

Artan tetkik talep ve çeşitliliği ve maliyet baskısı MR görüntülemeye zorluklar getirmektedir. 3T MR görüntüleme, hasta çeşitliliğini (çocuk, yaşlı, obez, zayıf, vb.) daha iyi yönetmeye, her hasta tipinde aynı güçlü sonuçları vermeye ve tüm bunları yaparken de verimliliği arttırmaya ihtiyaç duyar.

BioMatrix teknolojisine sahip ilk MR sistemi olan MAGNETOM Vida, MR görüntülemenin günümüzde karşı karşıya olduğu zorluklarla başa çıkacak şekilde donatılmıştır. BioMatrix teknolojisine sahip Magnetom Vida daha az sayıda çekim tekrarı, öngörülebilir hasta planlaması, tutarlı ve yüksek kalitede kişiselleştirilmiş MR tetkikleri demektir.

- Benzersiz magnet ve gradyan gücüyle **3T performansını katlayın**
- GO teknolojileriyle **3T'da verimliliği arttırın**
- Inline Compressed Sense ile **3T'da yepyeni klinik yetkinlikler kazanın**



SOMATOM go.Top

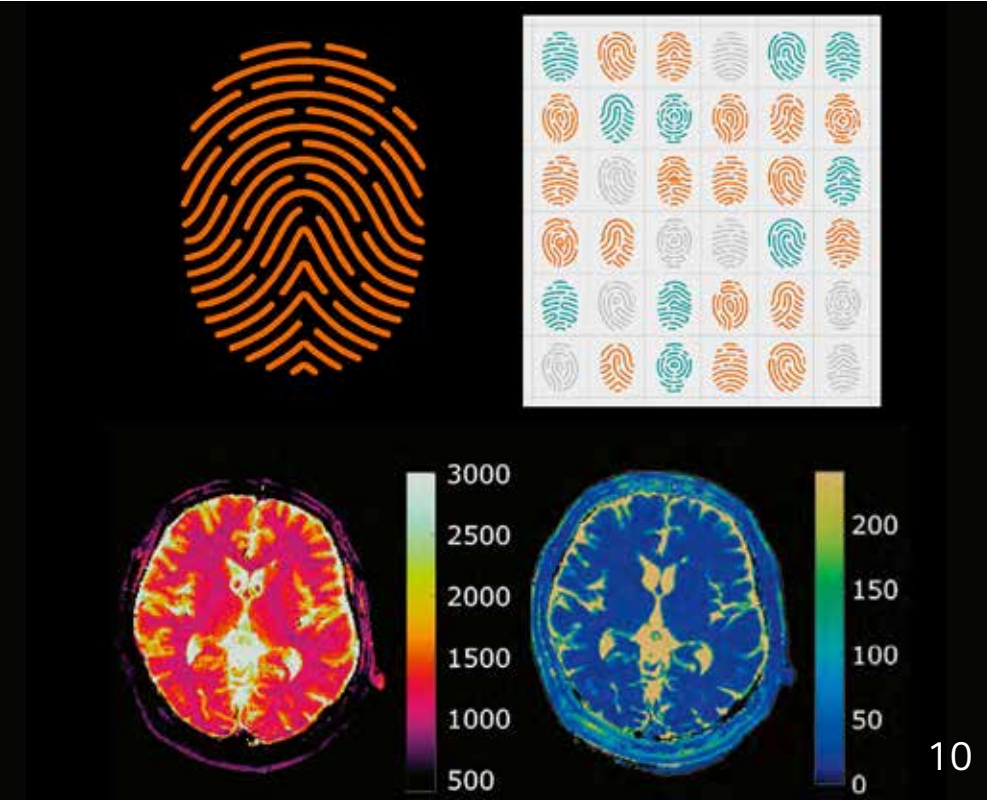
İleri düzey bilgisayarlı tomografi prosedürlerinde fark yarattın

SOMATOM® go. ailesinin bir üyesi olan SOMATOM go.Top'ın özellikleri arasında; tablet tabanlı benzersiz bir mobil iş akışı, GO teknolojimizin sunduğu kullanım rehberi ve Kalay Filtre düşük doz teknolojisi gibi benzersiz yenilikler yer alıyor.

Kardiyak ve Dual Energy görüntüleme de dahil olmak üzere klinik spektrumun tamamında SOMATOM go.Top ile mükemmel sonuçlar alarak BT'de başarınızı artırın.

siemens.com/somatom-go-top





MRG için yapay zeka

Heinrich von Busch, Ph.D.
Siemens Healthineers, Erlangen, Almanya

İş birliği demişken...



"İleride radyoloğun, patoloğun ve laboratuvar hekiminin görevleri birbirinden farklı olmayabilir. Belki de görevimiz, tanıya ilişkin bilgileri bütünsel entegre etmek olacak ve tanı bölümlerinde yakın iş birliği içinde çalışacağız." (s.46)

Dr. Bram Stieltjes,
İsviçre'deki Basel Üniversite Hastanesi Radyoloji ve Nükleer Tıp Kliniği Araştırma Koordinasyonu Direktörü



"Laboratuvar pratiği ve klinik pratiğini içeren yeni bir klinik yöntemi yerleştirmek için ortak çalışmak gerekiyor. Nihayetinde en önemli faktör, her bir uzmanlık alanından bilgi aktaracak öncüler saptamak." (s.60)

Dr. Nicholas Mills,
Edinburgh Üniversitesi Kardiyoloji Bölüm Başkanı ve İskoçya Kraliyet Reviri Konsültan Girişimsel Kardiyoloğu



"Uygulamalı bilim insanları, laboratuvar hekimleri ve pratisyen hekimler için günümüz dünyasında başarının anahtarı birlikte çalışmak. Kimse bu işi tek başına yapamaz; o günler çok geride kaldı." (s.61)

Dr. Fred Apple,
Hennepin Healthcare/Hennepin County Tıp Merkezi Klinik & Adli Toksikoloji Laboratuvarı Müdür Yardımcısı

- 15 3D ASL perfüzyon: Japon ensefalitinde aktivite biomarker'ı
- 18 Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz: "Yapay zeka günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçası olacak"
- 20 Manyetik rezonans parmak izi (fingerprinting) ile doku segmentasyonu ve parsiyel volüm tahmini
- 30 Bronkopnömoni komplikasyonlu pediatrik primer tüberküloz
- 32 AI-Rad Companion toraks görüntülemeyi nasıl destekliyor
- 34 Dr. Murat Dinçer: "Ne kadar iyi, ne kadar hassas görürseniz, tanı kabiliyetiniz de o kadar artıyor"
- 38 Kemik iliği ödemli vertebral kompresyon kırığı
- 40 Mamografiyi hasta için daha konforlu ve daha hassas hale getirmek
- 44 Algoritmalar: geleceğin tıbbını şekillendirmeye tamamen hazır
- 47 Hassas radyasyon tedavisi çağında klinik radyoloji ve radyasyon onkolojisi arasında iş birliğinin önemi
- 54 Sol alt ekstremitenin arteriovenöz malformasyonu
- 56 Pediatrik beyin tümörlerinde perfüzyon görüntüleme: pseudo-continuous arteriyel spin etiketleme iş başında
- 58 Yüksek-hassasiyetli troponin I testleri: daha hızlı eleme, daha güvenli doğrulama
- 62 Dr. Matthias May: "SOMATOM go. serisi sayesinde hasta planını hangi cihazda yapmamız gerektiğini düşünmek zorunda kalmayacağız"
- 64 İnsülinomaların BT görüntülemesi – çift fazlı mı dinamik mi?
- 66 Dünya genelinde ölümlerin 4'te 1'i kan pıhtıları ile ilgilidir
- 68 Yapay zeka çağında desteklenmiş çoklu-organ raporlama



Dergi Yönetim Yeri: Yakacık Yolu No: 111 34870 Kartal-İstanbul Tel: 444 0 633 Faks: 0216 459 20 31
e-Posta: inovasyon.tr@siemens.com Yönetim: Siemens Healthcare Sağlık A.Ş. Adına Sahibi Ceyda Gezer Kayış
Genel Yayın Direktörü (Sorumlu): Enis Sonemel Yayın Editörü: Prof. Dr. Mehmet Ertürk Fotoğraflar: Barış Tekin, Recep Özgür Özcan
Yayın Türü: Yaygın-sürekli-üç ayda bir İçerik ve Tasarım Uygulama: Konak Medya Cebesoy Sokak Aziz Apt. No: 13 D: 4 34734
Sahrayıcedit-Kadıköy / İstanbul e-Posta: bilgi@konakmedya.com Telefon: 0216 350 03 03 Web: www.konakmedya.com
Baskı ve Cilt: PrintCenter Sultan Selim Mahallesi Libadiye Sokak No:3 4. Levent 34415 İstanbul Tel: 0212 371 0 300 Faks: 0212 280 96 04

Hassas tıbbın, tedaviye yaklaşımımızı yeniden tanımlayacak en önde gelen dönüştürücü güç olduğuna inanıyoruz.

Enis Sonemel
Genel Müdür
Siemens Healthineers Türkiye

Değerli dostlarımız,

Siemens Healthineers Türkiye Genel Müdürü olarak bu sayfalardan sizlere ilk kez seslenmenin mutluluğunu yaşıyorum. Daha önce olduğu gibi, bundan sonra da sağlık teknolojilerindeki yenilikleri İnovasyon dergimiz aracılığıyla sizlerle paylaşmaya devam edeceğiz. Bu yenilikler arasında özellikle bir tanesi bizim için çok önemli: hassas ve kişiselleştirilmiş tıbbiye yönelik çözümler.

Ortalama yaşam süresi gelişmiş ülkelerde 80, gelişmekte olan ülkelerde ise 75 yıla ulaşırken, sağlık hizmetlerinin hem daha çok sayıda kişiye hem de daha uzun süreyle verilmesi gerekiyor. Bunu yaparken de esas olan sağlık kuruluşlarının yüksek kalitede bakımı uygun maliyetlerle sunması. Bu noktada, Siemens Healthineers olarak odaklandığımız dijitalizasyon büyük bir imkan sunuyor. Dijital ortamdaki sağlık verilerini kullanarak ve birbirine bağlayarak hastaya özgü tanı doğruluğunu artırma, tanı tutarlılık, kişiselleştirilmiş bakım ve girişimsel tedavi adımları üzerinde önemle duruyoruz. Hassas tıbbın, tedaviye yaklaşımımızı yeniden tanımlayacak en önde gelen dönüştürücü güç olduğuna inanıyoruz.

Bu yöndeki çalışmalarımızla ve özellikle de “hassas görüntüleme” teknikleri geliştirmedeki öncülüğümüzle, saygın araştırma şirketi Frost&Sullivan tarafından “Global Vizyoner İnovasyon Liderliği” ödülüne layık görüldük. Bu çabamızın takdir edilmesinin gururunu yaşarken, her hastaya doğru zamanda doğru tedaviyi sunma hedefimiz doğrultusunda ilerliyoruz.

Hassas tıbbın yetkinliklerini genişletmede, tedaviye yaklaşımımızı dönüştürmede ve tüm bunları yaparken hasta deneyimini iyileştirmede en önemli desteğin dijitalleşen sağlık hizmetlerinden geleceğini biliyoruz. Bu desteğin temelinde verinin üretilmesi, toplanması ve çözümlenmesi yatıyor. Bu yüzden yapay zeka, makine öğrenmesi ve derin öğrenme alanlarındaki çalışmalarımız her sene yeni ürünlere dönüşüyor.



Dergimizin bu sayısında özellikle MR görüntüleme yapay zeka uygulamalarına yer veriyoruz. Ayrıca, FDA onayını almış olduğumuz AI-Rad Companion algoritmamızın radyolojiye neler kazandıracığını örneklerle anlatıyoruz. Bu konunun özellikle radyologların iş yükünü azaltmak ve tanı doğruluğunu artırmak açısından ilginizi çekeceğine inanıyorum.

Bunun yanı sıra BT'deki gelişmeleri ve olgu örneklerini, mamografide kaydedilen aşamayı, sağlık yazılımlarının kazandırdığı avantajları ve farklı hasta gruplarına ilişkin çok sayıda olguyu da dergilerimizin sayfalarında bulabileceksiniz.

Her adımımızda insan sağlığının kutsallığı inancıyla hareket ederken, dergimiz İnovasyon'da da aynı yaklaşımı benimsiyoruz. Bu çabamıza katkıda bulunmak ve dergimizi daha da geliştirmek için öneri ve değerlendirmeleriniz varsa inovasyon.tr@siemens.com adresine bekliyoruz.

Saygılarımla,

Enis Sonemel
Genel Müdür
Siemens Healthineers Türkiye

*“TÜRKRAD, meslektaşları
bir araya getiriyor, genç
meslektaşlarımızın
camiamıza ısınmasına
yardım ediyor.”*

Dr. Şükrü Mehmet Ertürk
Yayın Editörü

Değerli meslektaşlarım,

İnovasyon'un bu sayısı muhtemelen TÜRKRAD 2019 sürerken elinize ulaşmış olacak. TÜRKRAD, yani Türk Radyoloji Derneği'nin ulusal kongresi bu sene 5-10 Kasım 2019 tarihleri arasında Antalya'da düzenleniyor. Kongre Bilimsel Kurul Başkanı Dr. Kader Karlı Oğuz ve parçası olmaktan büyük gurur duyduğum Türk Radyoloji Derneği Merkez Yönetim Kurulu'ndaki arkadaşlarımla hepsi ve özellikle Başkanımız Dr. Tuncay Hazirolan özveri ile çalışarak çok güzel, doyurucu ve derinlikli bir program hazırladılar.

Bu senenin belki de en önemli özelliği, açılış konuşmasını dünyaca ünlü bilim insanı Dr. Kamil Uğurbil'in yapması. Uğurbil, İstanbul Robert Koleji'nde lise eğitimini tamamladıktan sonra Columbia Üniversitesi'nde lisans, yüksek lisans ve fizik/kimyasal-fizik alanında doktora yaptı. Bir müddet AT&T Bell laboratuvarlarında çalıştı ve sonra da 1979 senesinde Columbia Üniversitesi'ne öğretim üyesi olarak döndü. Uğurbil, 1982 yılında Minnesota Üniversitesi'ne geçti ve şu anda dünyanın en önde gelen araştırma merkezlerinden biri olarak kabul edilen MR araştırma laboratuvarını kurdu. Dr. Kamil Uğurbil özellikle fonksiyonel MR ile ilgileniyor, 7 Tesla MR görüntülemeye odaklanıyor ve "The Brain Initiative: The Human Connectome" projesinin liderlerinden biri olarak çalışıyor.

Hocamızı biraz daha yakından tanıyabilmeniz için bugüne kadar aldığı ödüllerden bazılarını da sıralamak isterim: Richard Ernst Ödülü (ETH, Zürih); ABD National Academy of Medicine üyeliği; American Academy of Arts and Science üyeliği; ABD National Academy of Inventors üyeliği; ABD NIH Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN initiative) Çalışma Grubu üyeliği; Altın Madalya, International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM); ABD İnsan Beyni Konnektom Projesi Ana Araştırmacısı; National Institute of Mental Health (NIMH) üyeliği; Fahri Doktora (Doctorate Honoris Causa), Maastricht Üniversitesi, Hollanda; Fahri Doktora (Doctorate Honoris Causa), Utrecht Üniversitesi, Hollanda; Irma T. Hirschl Career Scientist Ödülü; Hammett Ödülü, Özgün ve Seçkin Araştırma Alanında; Columbia Üniversitesi Graduate Faculties Alumni Scholar.

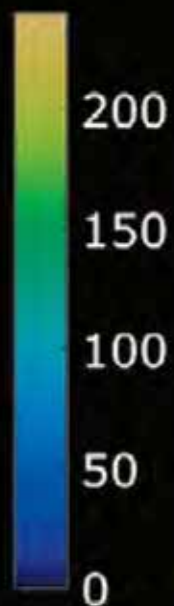
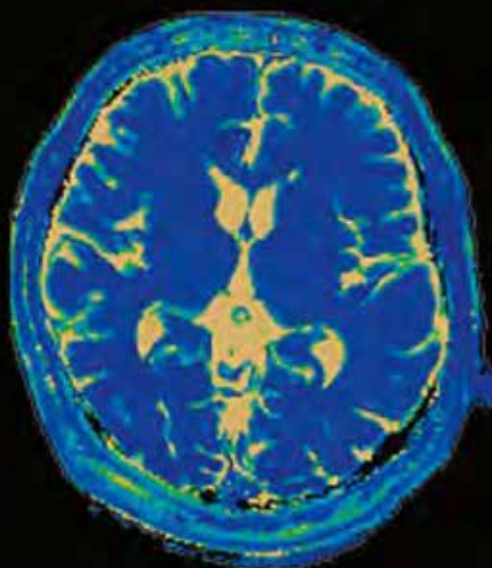
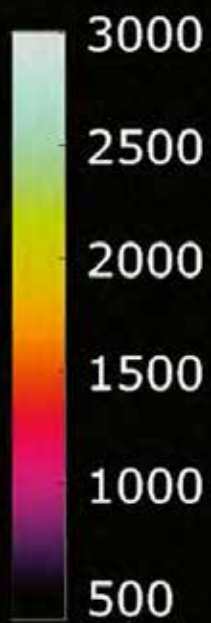
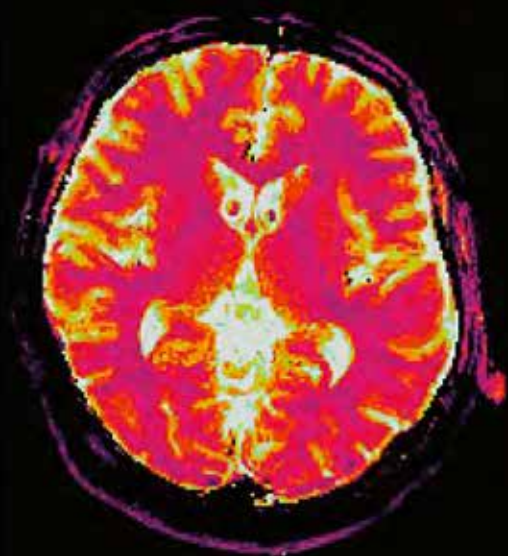


Kongre boyunca birbirinden değerli Türk ve yabancı konuşmacıları dinleme fırsatı da bulacağız. Ama kongrenin en az bilimsellik kadar önemli bir özelliği daha var: TÜRKRAD, her geçen gün daha çok mad-dileşen ve sanallaşan dünyamızda, meslektaşları ve uzun zamandır birbirlerini görmeyen dostları bir araya getiriyor, samimi sohbetlere fırsat tanıyor, genç meslektaşlarımızın camiamıza ısınmasına yardım ediyor.

Son olarak, kongreye katılanların basılı versiyona ulaşabildiği, gelemeyenlerin ise online okuyabilecekleri *İnovasyon*'un bu yeni sayısının da en az önceki-ler kadar derinlikli ve doyurucu olduğunu vurgula-mak istiyorum.

Saygılarımla,

Dr. Şükrü Mehmet Ertürk
Yayın Editörü



Geçtiğimiz birkaç yılda hem bilgisayar donanımlarında hem de algoritmalarda meydana gelen gelişmeler, özellikle de karmaşık nöral ağların öğretilmesine uygun yöntemlerin ortaya çıkışı (Derin Öğrenme), pek çok uygulamada makine öğrenimi ve otomasyon için yeni olasılıklar doğurdu. Bu, Manyetik Rezonans görüntüleme, post-processing ve yorumlama ve hatta genel olarak radyoloji için de geçerli. Bu yazıda, son gelişmelerin kısa bir genel değerlendirmesini sunmayı amaçlıyoruz.

MRG için yapay zeka

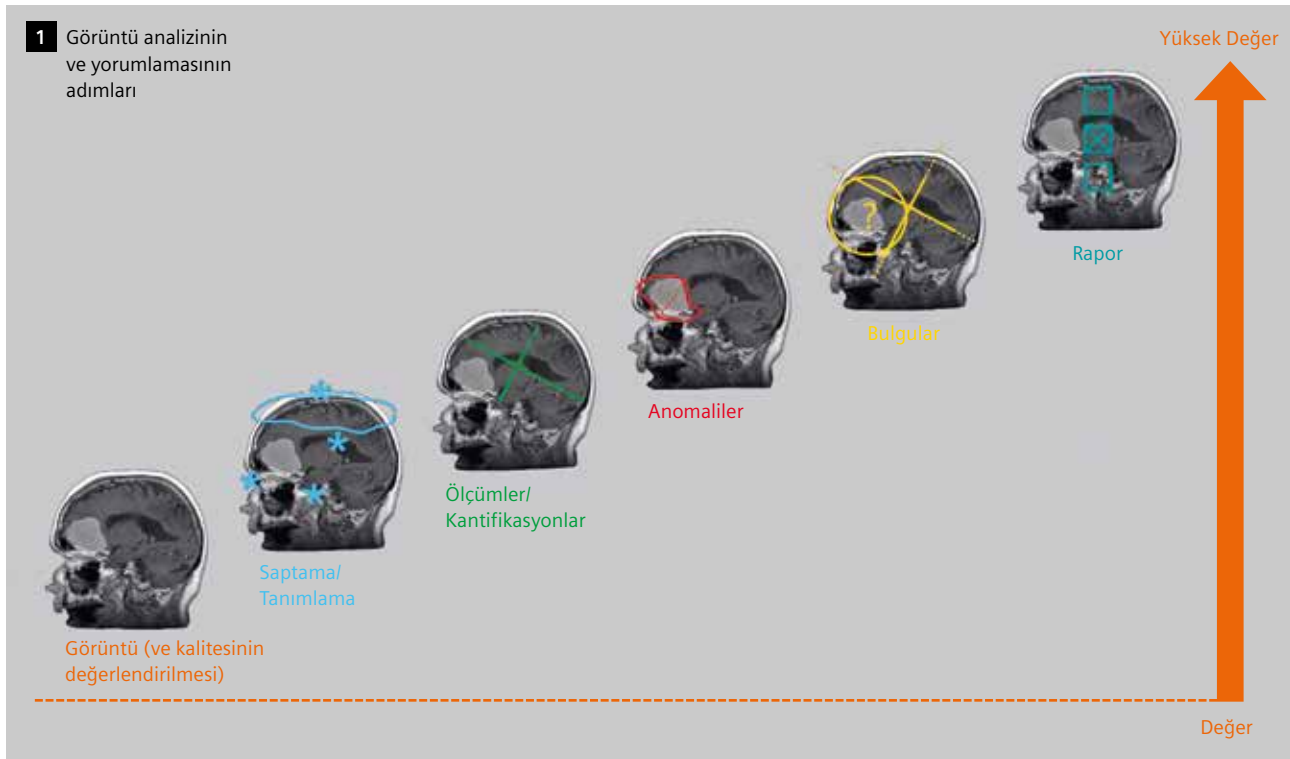
Heinrich von Busch, Ph.D.
Siemens Healthineers, Erlangen, Almanya

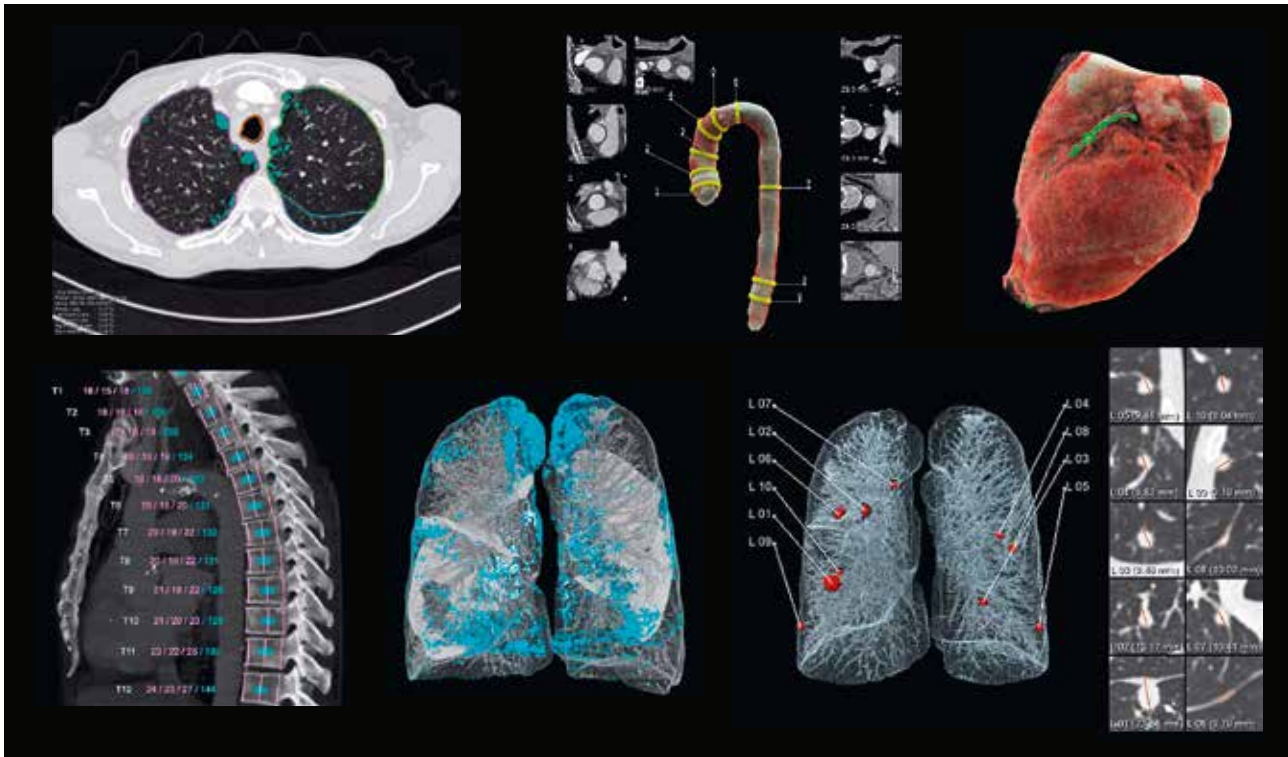
2016'da bilgisayar uzmanı Geoffrey Hinton "Artık radyologlara eğitim vermeyi bırakmalıyız," [2] önerisinde bulundu, zira kısa bir süre içinde bu disiplin, insanların okuma performansını aşabilecek yeni akıllı algoritmaların gelişileyle hükümsüz hale gelecekti. Hinton'ın bu sözleri hatırı sayılır bir ilgi gördü ve camiada sayısız hararetili tartışma doğurdu. Fakat 2019 yılındaki duruma baktığımızda, radyolojinin yakın bir zamanda ortadan kalkabileceği düşüncesi, birkaç nedenden dolayı hiç de ikna edici değil. Bu nedenlerden biri, radyolojide pek çok unsurun, sınırları tanımlanmış bir "havuz" içinde sorun çözmenin çok ötesinde olması. Basitçe ifade edecek olursak, gerçekten de her türlü karmaşık bilişsel işte insanların yerini alabilecek bir "genel yapay zeka" olmadığı sürece (ki bu henüz ufukta bile görünmeyen bir gelişme), radyoloğun yerini alabilecek hiçbir algoritma bulunmuyor. Bununla beraber, anatomik yapıların ve organların saptanması ve tanımlanması ve onlara denk gelen kantitatif parametrelerin çıkarılması başta olmak üzere, son derece standart hale gelmiş ve tekrarlı işler için yapay zeka (AI) destekleyici araçlar sunarak radyolojide iş akışlarını pek çok bakımdan iyileştirmeyi vaat ediyor. Doğrusu bu da büsbütün yeni bir konsept değil. Siemens'in Dot Engines çözümünün sunduğu MRG muayenesi planlama desteğinde olduğu gibi tıbbi görüntülere uygulanan makine öğrenimi algoritmalarına dayalı araçlar uzun yıllardır klinik olarak yaygın kullanımda. Yeni olan ise, son teknik gelişmelerin bu tür araçların performansını, yararlılıklarını öncekinden çok daha fazla sayıda olguda kullanılabilecek bir düzeye çıkarmayı vaat etmesi.

Radyolojideki en yeni AI araçlarını ele almadan önce, AI'nın ulaştığı noktaya ilişkin heyecan verici pek çok karakteristik özelliği örnekleyen makine-tabanlı bir sorun çözme olgusuna bakalım

– strateji oyunları. Özellikle satranç uzun zamandır bilişsel yetinin mihenk taşı kabul ediliyor. Bu yüzden, IBM'in Deep Blue'sunun 1997 yılında o dönemdeki dünya satranç şampiyonu Garri Kasparov karşısında kazandığı zafer, makine zekasında bir dönüm noktası olarak görülmüştü. Hızlıca ileriye sarıp 2017 yılına, Google DeepMind'in Go oyununa yönelik AlphaGo Zero [3] yazılımının son sürümüne bakalım ve kat edilen yolu düşünelim. Go'nun hamle başına satrançtan çok daha fazla seçenek sunmasının yanı sıra ilgili mekanizmaların iç çalışması da ancak bu kadar farklı olabilirdi. Deep Blue yalnızca satranç hamlelerinin ultra hızlı hesaplanması için özel olarak tasarlanmış entegre devrelere dayanıyordu ve satranç ustalarının oyunlarından oluşan geniş kütüphaneye eğitilmişti. AlphaGo Zero ise genel nöral ağ donanımı kullanıyordu ve Go oyununu, genel kurallardan başlamak üzere, kendisi oynayarak öğreniyordu. Bu yaklaşımla, en başarılı insan oyuncuların bulunduğu düzeyi geride bırakması yalnızca birkaç gün sürdü.

Bu düpedüz etkileyici bir başarı; ama yapay zekayı "gerçek yaşam" görevleriyle ilişkili olarak ele almak ve sınırları belli, kısıtlı bir girdi parametresi kümesi, net bir başarı ölçüsü bulunan Satranç ve Go gibi oyunların, algoritmanın eğitiminde kullanılabilecek büyük veri hacimleri oluşturmaya çok elverişli olduğunu fark etmek önemli. Radyolojideki raporlamada ise çok büyük girdi parametresi kümeleri (yüksek çözünürlüklü 3D görüntü verileri gibi), hem kişiler arasındaki hem de görüntüleme işleminin kendisindeki kayda değer çeşitlilik (MRG başta olmak üzere), genellikle pek de kusursuz olmayan bir referans standardı ve tabii ki eğitim olgularına ancak kısıtlı bir erişim söz konusu. Bu gözlemlere dayanarak, taramada yapılanlar gibi iyi standardize edilmiş, yüksek hacimli raporlama işlerinin AI desteğine uygun olduğu hipotezini ortaya atmak





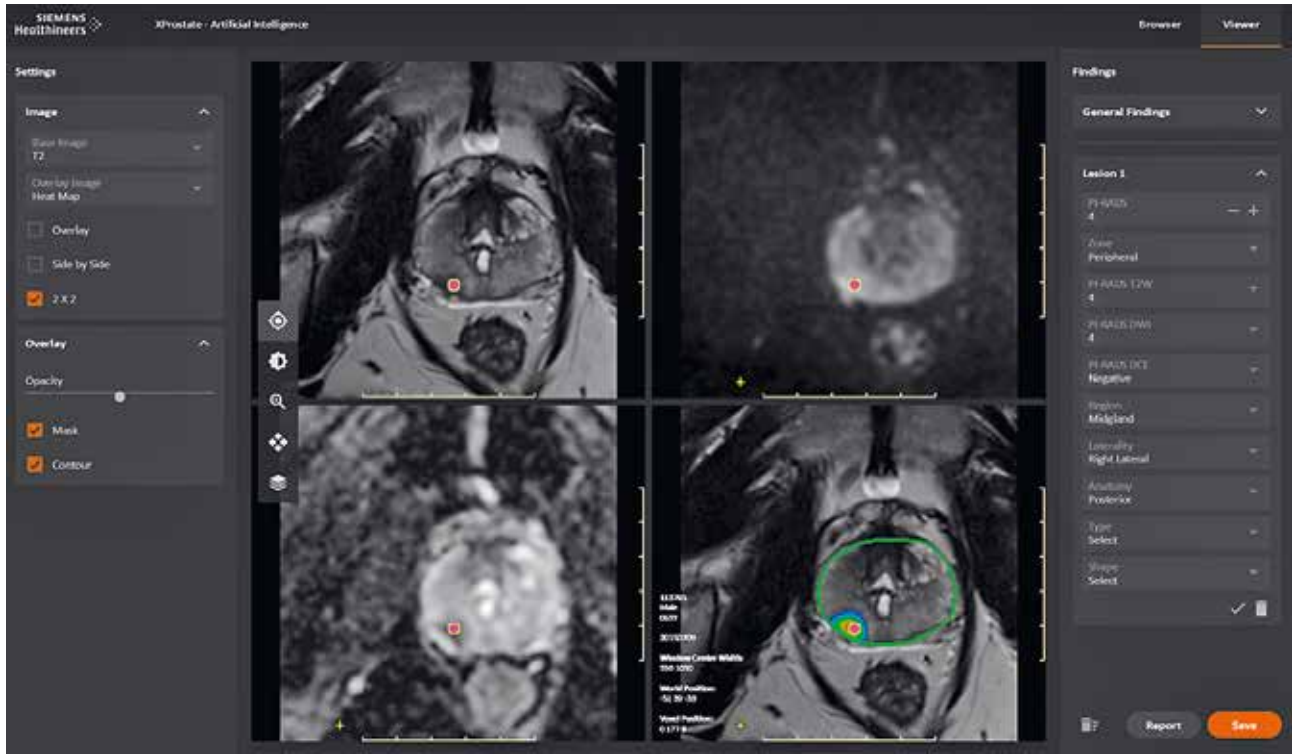
2 AI-Rad Companion platformuna ait Göğüs BT² sonuçları

çok cazip görünüyor. Gerçekten de göğüs BT taramalarının ve X-ışınli mamogramların okunmasında kullanılan otomatik araçlar, radyoloji için piyasaya sürülmüş ilk yüksek profilli AI ürünleri arasında yer alıyor.

AI'nın kullanıldığı MR görüntüleme ile ilgili pek çok olgu için (muayene planlamasından görüntü rekonstrüksiyonuna, raporlamaya ve klinik karar desteğine kadar) özellikle görüntü analizine ve yorumlamasına ve AI araçlarının bu süreçte farklı düzeylerde nasıl fayda sağlayabileceğine odaklanalım (Şekil 1). Bir radyoloji raporunun girdisi bir görüntü kümesidir ve sonuca birkaç adımda ulaşılır. İlk adım, görüntü kalitesinin değerlendirilmesi. Sonra, görüntüdeki anatomik yapıların lokalizasyonu ve tanımlanması geliyor. Bu tür sonuçlar, otomatik tarama planlaması ya da radyoterapi için organların sınırlarının belirlenmesi gibi desteklerle klinisyenleri zahmetli işlerden kurtardıkları için çok faydalı olabiliyor. Ardından, organ volümetrisinde olduğu gibi, saptanan morfolojik yapıların ölçülmesi ve kantifiye edilmesi geliyor - ki bu noktada otomasyon ancak rutin okumada verimli oluyor. Bir başka adım da görüntüdeki anomalileri saptıyor ve ardından bu anomalilerin klinik açıdan anlamlılığını değerlendiriyor. Bilgisayar destekli algılama (CADE) ve bilgisayar destekli tanı (CADx) alanına işte bu noktada giriş yapıyoruz. Sıra bulguların ve sonuçların bir araya getirilmesiyle klinik rapor hazırlanmasına geliyor. Tipik olarak bu, yalnızca görüntülerden elde edilen bilgilere dayanarak ulaşılacak en yüksek soyutlama düzeyidir; pek çok olguda rapor ve elbette ki klinik takip tavsiyeleri için, görüntülemenin ötesinde ilave girdiler gerekiyor (hasta anamnezinden ve laboratuvar tetkiklerinden elde edilen bilgiler gibi).

Şimdi, AI araçlarının radyologların hizmetine nasıl sunulabileceğine bakalım. Siemens Healthineers olarak AI'nın klinik uygulamadaki başarısının yalnızca algoritmaların münferit performanslarına ve sağlıklarına değil, aynı ölçüde radyoloji iş akışına sorunsuzca entegre edilmelerine de bağlı olduğuna inanıyoruz. Vizyonumuzun bir örneği, AI'ı rutin, PACS-tabanlı okumaya dahil etmeye yönelik platformumuz AI-Rad Companion¹. Bu platformdaki ilk uygulama toraks BT²'si için görüntülerden, değerlendirmelerden ve kantifikasyonlardan oluşan kapsamlı bir paket olacak. teamplay altyapımıza dayanarak, sonuçlar muayene tamamlanır tamamlanmaz otomatik olarak oluşturulacak ve ekstra DICOM görüntü serisi olarak olguya eklenecek. Bu şekilde, okumayı yapan kişinin olguyu açmak için tercih ettiği herhangi bir görüntüleyiciden orijinal görüntülerle birlikte sonuçlara kolaylıkla erişmesi mümkün olacak. Göğüs BT'si örneğinde analizler karaciğeri², aortu², kalbi² ve omurgayı³ kapsıyor ve yalnızca muayenenin istenmesinin asıl nedeni olan organı veya organları değil, görüntüde yer alan diğer anatomileri de ele alıyor. Şekil 2'de çıktıların örnekleri yer alıyor. Akciğer için, değerlendirmeler büyüklüklerinin ölçülmesi de dâhil olmak üzere şüpheli akciğer nodüllerinin tespitini ve de hem akciğerin tamamı için hem de her bir akciğer lobu için ayrı ayrı, akciğer içindeki düşük X-ışını atenuasyon hacimlerinin görselleştirilmesini ve kantifikasyonunu kapsıyor.

Kalp için, kalp volümünün ve özellikle de koroner kalsifikasyonların görselleştirmesi ve kantifikasyonu hazırlanıyor. Aort için bir segmentasyon yapıp görselleştiriliyor ve farklı konumlardaki çapların ölçümü yapılıyor. Omurga için³ vertebral yapılar otomatik olarak segmente ediliyor, görselleştiriliyor,



3 Çok parametrelili prostat MRG'nin AI ile değerlendirilmesi için prototip

etiketleniyor ve hem yükseklik hem de kemik dansitesi bakımından ölçülüyor. Bütün bu değerlendirmeler, farklı BT taramalarının ve çekim protokollerinin girdilere dayanıklı olacak ve kontrast maddeler kullanılarak ya da kullanılmadan çalışabilecek şekilde tasarlandı.

Göğüs BT görüntüleme, okuma sürecinde zamandan tasarruf sağlamak ve tutarlı görüntü kalitesini desteklemek amacıyla tasarlanmış AI fonksiyonelliklerini sunmayı planladığımız ilk alan. Geleceğe dair vizyonumuz hakkında bir fikir vermek için, çok parametrelili prostat MRG'sinin AI ile analizini hedef alan ve görüntü okuma için yukarıda bahsedilen analiz adımlarının hepsini, yapılandırılmış bir raporun hazırlanmasına kadar kapsamasını istediğimiz, geliştirme aşamasındaki bir başka uygulamayı ele alalım. Burada da amaç yine zaman tasarrufu sağlamak ve tutarlı kaliteyi desteklemek. Şekil 3'te, özel olarak MRG okuması için ayarlanmış minimal kullanıcı arayüzünün ekran fotoğrafı yer alıyor. Bu prototipte AI algoritmaları, sonuçlar yapılandırılmış bir rapor halinde düzenlenmeden önce, okumayı yapan kişinin kontrol edip varsa gerekli düzeltmeleri yapması için, genel olarak prostatın ve prostatın çevresindeki bölgenin otomatik segmentasyonunu, şüpheli olduğu septanın lezyonların haritasını ve bunların PI-RADS sınıflandırması için öneriler sunuyor. ●

AI'nin dâhil olduğu uygulama senaryoları burada belirtilenlerden çok daha fazla; örneğin daha etkin görüntü rekonstrüksiyonunda, hasta triyajında ve klinik karar desteğinde de kullanılabilir.

Bütün bu uygulamalarda AI'nin ortak özelliği, genellikle sınırları belli, tekrarlı işlerde destekleyici bir rol oynaması. Çok iyi standartize edilmiş bazı bağlamlarda güçlü araçlar olmakla beraber, bu uygulamaların radyoloğun elinde yalnızca yeni bir araç kümesi olması, radyoloğun yerini almaktansa ona yardım etmesi bekleniyor. Hatta birkaç yıl içinde, tıpkı satranç programlarında olduğu gibi kullanımları ve faydaları o kadar yaygın hale gelebilir ki artık onlara "AI" bile demeyebiliriz.

Referanslar

- 1 Russell SJ, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2010.
- 2 Hinton G. On Radiology. [video file]. 2016 Nov 24. <https://www.youtube.com/watch?v=2HMPRXstSvQ>
- 3 Silver D, Schrittwieser J, Simonyan K et al. Mastering the game of Go without human knowledge. Nature [Internet]. 2017 Oct 19; 550: 354–359. <https://www.nature.com/articles/nature24270>



İletişim

Heinrich von Busch, Ph.D.
Onkoloji için Yapay Zeka Ürün Müdürü
Siemens Healthineers
SHS DS DAT AI
Hartmannstr. 17
91052 Erlangen, Almanya
Mobil: +49 162 2883167
heinrich.von_busch@siemens-healthineers.com

¹AI-Rad Companion Motorunun 510(k) izni vardır.

²BT Göğüs, Kalp ve Aort 510(k) izni beklemektedir.

³Devam eden çalışma: Bu uygulama halen geliştirme sürecindedir ve ABD'de veya başka ülkelerde satışta değildir. İlerleyen zamanlarda satışa sunulacağı garanti edilemez.

3D ASL perfüzyon: Japon ensefalitinde aktivite biomarker'ı

Dr. Babu Peter Sathyanathan, D.N.B

Barnard Radyoloji Enstitüsü, Madras Tıp Üniversitesi, Chennai, Hindistan

Giriş

Sivrisinek yoluyla bulaşan, flaviviral endemik bir ensefalit olan Japon ensefaliti (JE) hâlâ Uzakdoğu'nun ve Güneydoğu Asya'nın bazı ülkelerinde büyük bir sağlık sorunu olarak görülüyor. Çoğu JE'li hasta gribe benzer semptomlar, anoreksi, bulantı, kusma, ense sertliği, hemiparezi, konvülsiyon ve/veya değişken mental durumla hastaneye başvuruyor. Endemik bölgelerde en fazla 15 yaşından küçük çocuklar bu hastalıktan etkileniyor. JE'deki en tutarlı ve karakteristik MR görüntüleme bulguları, hemoraji olsun ya da olmasın, her iki talamusta da bilateral simetrik T2 hiperintensite-ler oluyor.

Olgu raporu

Daha önce herhangi bir sağlık sorunu olmayan 62 yaşında erkek hasta Rajiv

Gandhi Devlet Genel Hastanesi, Madras Tıp Üniversitesi, Chennai, Hindistan'daki acil servise getirildi. Zihni bulanıklık ve bir gündür tekrar eden yeni ortaya çıkmış nöbet ve ateş şikayeti vardı. Muayenenin ardından hasta başta huzursuzdu fakat sonra mahmurlaştı ve sözlü komutlara yanıt vermeyi bıraktı. Hastaneye girişinin ardından hiçbir nöbet veya ateş epizodu yaşamadı.

Hasta beyin MRG'si için Barnard Radyoloji Enstitüsü'ndeki 3T MRG Merkezi'ne sevk edildi. Hastaneye yatışının ikinci gününde 3T MAGNETOM Skyra (Siemens Healthineers, Erlangen, Almanya) ile MR görüntüleme gerçekleştirildi. Kurumun standart beyin protokolünün A (T1a sagittal, T2a aksiyel, FLAIR koronal, DWI, MR anjiyogram) yanı sıra, kontrastlı inceleme ve FLAIR Q2TIPS yöntemiyle PASL kullanılarak 3D ASL perfüzyon gerçekleştirildi.

Difüzyon kısıtlayıcı ve ASL'de artmış perfüzyonlu unilateral jiral ödem için radyolojik ayırıcı tanı şunları kapsıyor:

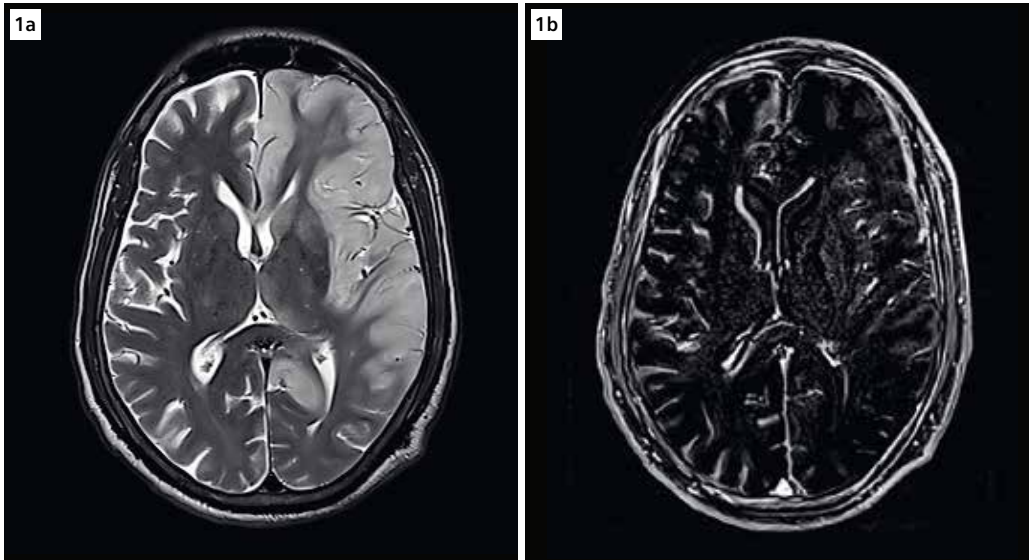
1. Ensefalit
2. Enfarktüs

Takip MRG'si

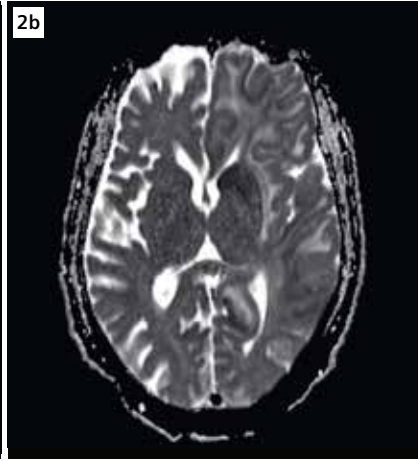
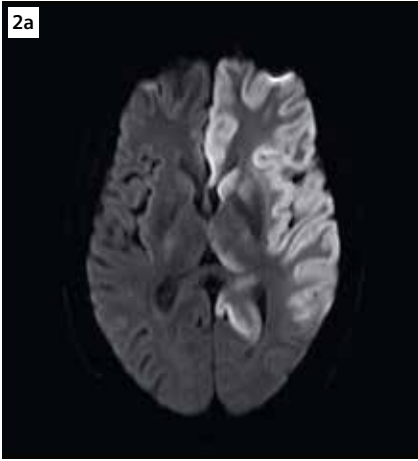
Empirik antibiyotiklerle, antikonvülsanlarla ve ödeme karşı alınan tedbirlerle tedavinin ardından, hastanın durumu klinik olarak iyiye gitti ve hasta bilinçli, oryantasyonu yerinde ve ambülan hale geldi. Üç hafta sonra, takip MRG'si gerçekleştirildi.

Tartışma

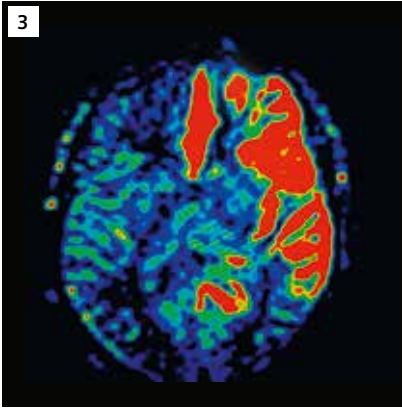
Bu yazıda ele alınan olgu 62 yaşında erkek hastayla ilgili olmakla birlikte, JE ağırlıklı olarak çocuklarda ve genç erişkinlerde görülüyor. JE'li hastalar genellikle başta asemptomatik oluyor. Birkaç



- 1** (1A) T2a sol frontoparieto-temporal bölgede kayda değer jiral ve sol kaudat, putamen ve talamusta hiperintensite olduğunu gösteriyor. (1B) T1 kontrastı çıkarılmış görüntü, beyin parenkiminde anormal büyüyen hiçbir alan olmadığını gösteriyor.



2 (2A) DWI; (2B) ADC sol frontoparieto-temporal bölgede ve sol derin gri maddede difüzyon kısıtlaması olduğunu gösteriyor.



3 ASL görüntüsü, sol frontoparieto-temporal bölgede artmış serebral kan akışı olduğunu gösteriyor.

günün ardından, tipik olarak non-spesifik febril hastalık, koriza, diyare ve kasılmalarla hastaneye başvuruluyor. Hastaların durumu ilerliyor ve meningoensefalit ortaya çıkarsa ense sertliği, kaşeksi ve konvülsiyon gibi semptomlar görülüyor. Hasta hayatta kalırsa, iyileşme aşamalı olarak ve kimi zaman da kalıcı nörolojik hasar semptomlarıyla gerçekleşiyor.

JE tanısı, temel ve destekleyici kriterlere dayanıyor [1]. Temel kriterlere göre, hastalar akut ensefalitik sendromla başvurmalı. Bu da herhangi bir yaşta kişinin, yılın herhangi bir zamanında, akut ateş başlangıcı ve mental durumunda değişiklik ve/veya yeni nöbet başlangıcı yaşaması biçiminde tanımlanıyor. Destekleyici kriterler arasında işe şunlar yer alıyor:

1. Hasta bilinen bir JE-endemik bölgeden geliyorsa
2. MAC ELISA kullanılarak serumda ve serebrospinal sıvıda JE-virüsüne-özgü IgM'ler tespit edildiyse
3. Uygun düşen klinik ve epidemiyolojik geçmişle birlikte BT veya MRG taramalarında talamik lezyonlar görülüyorsa

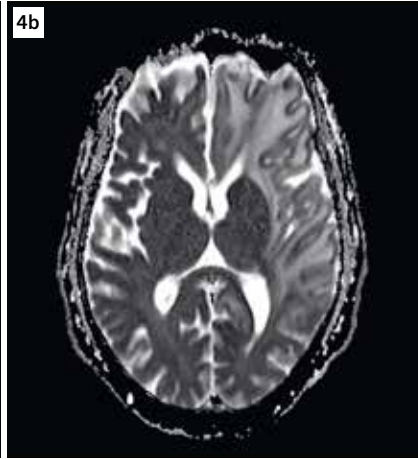
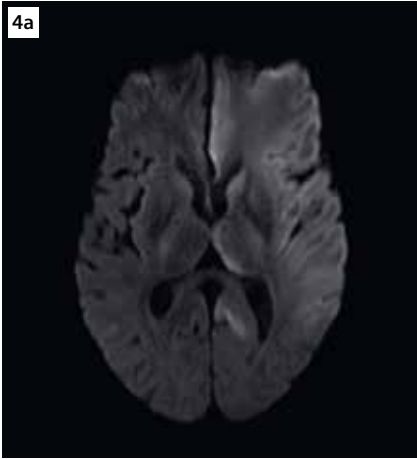
Hastalığın doğrulanması için, hastaların temel kriterlerin hepsine ve üç destekleyici kriterden herhangi birine uyuyor olması gerekiyor [1].

Akut JE hastalarının beyinlerinde meydana gelen patolojik değişiklikler ağırlıklı olarak bilateral talamusalarda, siyah maddede, bazal gangliyonda, beyin sapında, serebellumda, serebral kortekste ve beyaz maddede olmak üzere glial nodüllerle ve keskin sınırlı nekrotik odak noktalarıyla karakterize oluyor [2]. MR görüntüleme bulguları bu alanlardaki patolojik değişiklikleri yansıtıyor [3, 4]. JE'de en tutarlı karakteristik bulgu, MR görüntülemeye her iki talamik lezyonun kanamalı veya kanamasız olarak bilateral dahilidir [4]. JE'de unilateral lezyon bildirimleri son derece nadir görülüyor [2, 5].

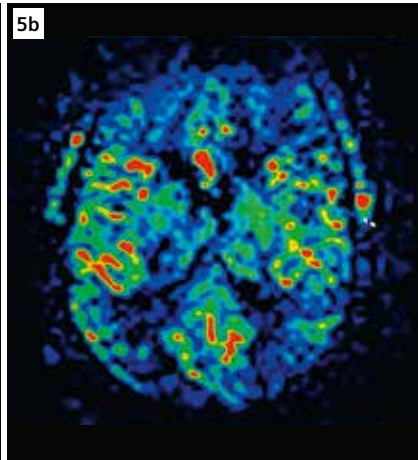
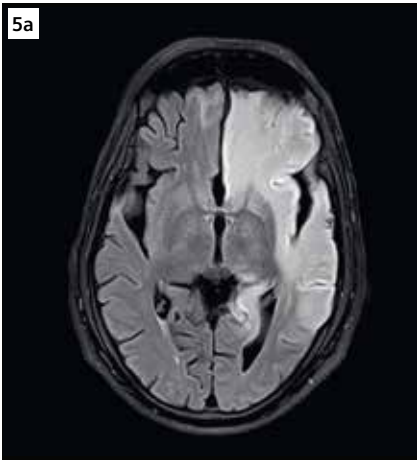
Bizim ele aldığımız olguda, ASL'de difüzyon kısıtlamalı T2 hiperintensitesi ve artmış perfüzyon gösteren, sol frontoparietotemporal jirusun ve sol derin gri maddenin (kaudat çekirdek, putamen ve talamus) görülüyor. ●

Yaş	Cinsiyet	No.	Hastane	Numune	Alınma tarihi	Tetkik	Sonuç
62	Erkek	MS-5787	RGGGH	Kan & BOS	29.12.2016	HSV	negatif
						CMV	negatif
						VZV	belirsiz
						HBSAg	negatif
						EBV	negatif
						JE serum	pozitif
							pozitif

Tablo 1: Seroloji raporu



4 (4A) DWI; (4B) ADC sol frontoparieto-temporal lobda ve derin gri maddede kolaylaştırılmış difüzyonla ADC değerlerinin normalleşmesini gösteriyor.



5 (5A) Aksiyel FLAIR görüntüsü persistan jiral ödem gösteriyor. (5B) ASL görüntüsü sol frontoparieto-temporal lobda ve derin gri maddede azalmış serebral kan akışıyla perfüzyonun normalleştiğini gösteriyor.

Bunun bir enfarktüs olup olamayacağı konusuna gelince: Difüzyon kısıtlamasıyla birlikte bu kadar büyük çapta hemisferik tutulumu rağmen, hiçbir nörolojik defisit bulunmuyor. Ayrıca, enfarktüste genellikle perfüzyonun azalması söz konusu oluyor. Bizim olgumuzda ise herhangi bir nörolojik defisit olmadan artmış perfüzyon söz konusu, bu nedenle enfarktüs olma ihtimali daha düşük.

Takip görüntülemesinde T2a ve FLAIR sekanslarında dirençli sinyal değişiklikleri görüldü. Bununla birlikte, ASL perfüzyonuyla birlikte azalmış serebral kan akışı ve kolaylaştırılmış difüzyon gözlemlendi.

Temporal lob tutulumu, herpes simp- leks ensefalitinde (HSE) JE'den çok daha yaygın. Bu, JE ile HSE'nin ayırt edilmesi

açısından bazı sorunlara yol açabiliyor. HSE'de görülen tipik MR görüntüleme bulgusu, kanama ve kontrastlılıktan bağımsız olarak mediyal temporal loblar, insüler korteksler ve inferolateral frontal loblar gibi limbik sistemlerde bilateral asimetrik T2 hiperintensitesidir. Unilateral temporal lob tutulumu HSE'de de görülüyor, fakat tipik olarak talamus, bazal gangliyon ve siyah madde gibi de-

rin gri maddede bulunmuyor. Dolayısıyla, ele aldığımız olguda temporal lobun, talamusun, siyah maddenin ve bazal gangliyonun eşzamanlı tutulumu bunun JE olma ihtimalinin HSE'den daha yüksek olduğuna işaret ediyor. ●

Sonuç

Unilateral talamus, kaudat çekirdek, putamen ve frontoparieto-temporal lob tutulumu olan nadir bir JE olgusunu ele aldık. ASL perfüzyonu bu hastalarda hastalık aktivitesinin değerlendirilmesi için faydalı bir biomarker olabiliyor. Bildiğimiz kadarıyla, Japon ensefalitli hastaların takibi için ASL perfüzyonu kullanımına dair hiçbir rapor bulunmuyor.

Teşekkür

Yazar, Dr. Kanmani Kiruba'ya destekleri için teşekkür eder.

Referanslar

- 1 Basumatary LJ, Raja D, Bhuyan D, et al. Clinical and radiological spectrum of Japanese encephalitis. J Neurol Sci. 2013;325(1-2):15-21.
- 2 Handique SK, Das RR, Barman K, et al. Temporal lobe involvement in Japanese encephalitis: problems in differential diagnosis. AJNR Am J Neuroradiol. 2006;27(5):1027-31.
- 3 Kalita J, Misra UK. Comparison of CT scan and MRI findings in the diagnosis of Japanese encephalitis. J Neurol Sci. 2000;174(1):3-8.
- 4 Kumar S, Misra UK, Kalita J, et al. MRI in Japanese encephalitis. Neuroradiology. 1997;39(3):180-4.
- 5 Yakushiji Y, Kurohara K, Tanaka A, et al. A case of Japanese encephalitis presenting with unilateral lesions in diffusion-weighted MRI. Rinsho Shinkeigaku. 2001;41(9):602-5.



İletişim

Dr. Babu Peter Sathyanathan, D.N.B
Radyoloji Profesörü
Barnard Radyoloji Enstitüsü
Madras Tıp Üniversitesi
Rajiv Gandhi Genel Hastanesi
Chennai Merkez Trenyolu İstasyonu'nun
karşısı, Chennai, Tamilnadu, Hindistan
drbabupeter@gmail.com

“Yapay zeka günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçası olacak”

Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı, Nöroradyoloji Birimi Sorumlusu ve TÜRKRAD 2019 Bilimsel Kurul Başkanı Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz, radyolojinin geleceğine ilişkin beklentilerinin yanı sıra üniversite-sanayi iş birliği konusundaki görüşlerini de *İnovasyon* okurlarıyla paylaşıyor.

Türkiye'nin radyoloji alanındaki en büyük etkinliği olan TÜRKRAD Uluslararası Katılımlı Radyoloji Kongresi bu yıl 40. kez düzenleniyor. Bilimsel rotasını her yıl farklı bir uzmanın çizdiği Kongre'de bu yıl da Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı, Nöroradyoloji Birimi Sorumlusu Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz Bilimsel Kurul Başkanı olarak görev yapıyor.

TÜRKRAD 2019'un Bilimsel Başkanı olarak programı oluştururken neleri amaçladınız?

TÜRKRAD 2019 programı, bilimsel yetkinliği çok yüksek, karşılıklı fikir alışverişlerine açık bir Bilimsel Kurul

tarafından oluşturuldu. Kişisel olarak benim tek katkımda radyolojideki güncel konuları yakalayan, uluslararası platformlardaki gibi yüksek kalitede, dopdolu bir program için hazırlık yapmak oldu. Radyologlar olarak işimiz sadece hazır görüntüleri değerlendirmek değil; bu nedenle tekniklerin uygulanmasından görüntülerin işlenmesi aşamasına dek tüm konuların kapsama alınmasına, genç araştırmacılara bilim yolunda ışık tutacak konuların, özel temalı kursların yer almasına dikkat ettik. Radyoloji pratiğinde ve hukuksal zeminde yaşayabileceğimiz sorunlara da değinmek istedik. Türk Radyoloji Derneği (TRD) Yönetim Kurulu'nun özverili desteğiyle gerçekten içimize sinen bir bilimsel program oluşturabildik ve bunu zevkli bir sosyal program ile de zenginleştirdik. Tüm emeği geçenlere bu vesileyle bir kez daha teşekkür etmek isterim.

Türkiye’de radyoloji sizce nasıl bir seviyede bulunuyor?

Çok dinamik olan ve sürekli yenilenme gerektiren radyoloji uzmanlığı, Türkiye’de tartışmasız en başarılı uzmanlık dallarından biri. TRD bölgesel ve ülke çapındaki eğitimler anlamında çok faal; zaman darlığı yaşayan hekimlerin eğitimine çok önemli bir katkıda bulunuyor. Elektronik ortamdaki kurs, konferans ve olgu sunumları da kesinlikle eğitimi besleyici özellikte. Fakat işimizin önemli bir parçası olan günlük hasta hizmetinde yapılacak iyileştirmelerle hekim ve hastanın işinin kolaylaşacağını, nihayetinde de radyolojinin kalitesinin daha da artırılacağını düşünüyorum.

Türkiye’de radyolojide kadın-erkek eşitliği istenen düzeyde mi?

Kadınların etkisi, diğer profesyonel iş sahalarına kıyasla tıbbın tüm dallarında daha olumlu bir düzeyde. Radyolojide aydınlık bir tablo görülüyor. TRD üyelerine bakmak bize bu anlamda iyi bir fikir vere-



Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz,
Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı,
Nöroradyoloji Birimi Sorumlusu

bilir: Üyelerde erkek/kadın oranı 1,55 (2685/1727). Öğretim üyeleri arasında bu oran, annelik ve diğer sosyal koşullar nedeniyle 2,24'e (346/154) yükseliyor maalesef.

Kişisel olarak, mesleğimizde kadınların sayısı arttıkça yapılan işlerdeki özenin, ciddiyetin artacağına ve iş ortamlarımızın da renkleneceğine inanıyorum. Çalıştığım Hacettepe Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda erkek/kadın oranının 1 olması, bölümümüzün en yoğun çalışan alt birimlerinden biri olan, sorumlusu bulunduğum Nöroradyoloji Birimi'nde de ekibimizin tamamen kadınlardan oluşmasına dayanarak bunu büyük bir samimiyetle söylüyorum. Erkek ve kadınların omuz omuza, birbirlerini tamamlayarak çalıştığı ortamların artması gerekiyor Türkiye'de. Ancak böyle yükselebiliriz.

Üretken bir bilim insanısınız; sizce radyoloji alanında Ar-Ge faaliyetleri kısa vadede nereye odaklanacak?

Radyoloji alanındaki gelişmelerin çok yönlü devam edeceğini düşünüyorum. Çalışmalar görüntü eldesi çeşitliliğinin artırılması, kısa sürede fakat hızlı görüntü eldesine olanak veren teknikler, dokunun fizyolojik, fonksiyonel ve moleküler düzeydeki durumunun görüntülenmesi ve tabii ki bunları mümkün kılan cihaz ve donanımlar üzerinde yoğunlaşacak. Biz hekimlerin daha etkili zaman kullanımını ve daha doğru karar verebilmesini sağlayacak yapay zeka uygulamaları giderek artacak ve günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçası olacak. Bu uygulamaları hastalıkların yalnızca tespiti değil, hastalıkların seyrinde ve tedaviye yanıtın öngörülmesinde de kullanır hale geleceğiz.

Türkiye'de üniversite-endüstri ilişkileri sizce istenen düzeyde mi?

Birçok üniversitemiz endüstriyle iş birliği halinde. Fakat bunun henüz istenen, olması gereken düzeye geldiğini düşünmüyorum. Radyoloji hekimlerinin bilimde ve mesleki uygulamada eksikleri tespit ederek farklı fen ve mühendislik dallarıyla birlikte çalışmaları ve endüstriyle buluşarak bu çalışmaların ürün ve kazanca dönüştürülmesine katkıda bulunmaları gerekiyor. Dolayısıyla Siemens gibi endüstri liderleriyle iletişim halinde olmak bizim için çok önemli. Tam da bu nedenle TÜRKRAD 2019'da Aselsan tarafından desteklenen, farklı konular üzerine odaklanarak çalışan bilim insanların bir araya geldiği, tartıştığı ve çalışmalarını anlattığı "Laboratuvardan Kliniğe" isimli bir toplantı da organize ettik. ●



Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz
UMRAM'da da araştırmacı
profesör olarak görev
yapıyor.

Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz kimdir?

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'ndeki eğitiminden sonra aynı üniversitenin Radyoloji Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimi alarak 2000 yılında uzman olan Prof. Dr. Kader Karlı Oğuz tüm çalışmalarını Nöroradyoloji alanında yaptı. 2001'de Johns Hopkins Üniversitesi'nde fonksiyonel MRG teknikleri üzerine çalıştıktan sonra Türkiye'deki ilk yüksek Tesla (3T) cihazda ileri MR görüntüleme ile klinik çalışmalar yürüttü. Halen HÜTF Radyoloji Anabilim Dalı, Nöroradyoloji Birimi Sorumlusu olan Prof. Dr. Oğuz, aynı zamanda Ulusal Manyetik Rezonans Araştırma Merkezi'nde (UMRAM) araştırmacı profesör olarak görev yapıyor. Önde gelen yayınlarda editörlük ve uluslararası dergi hakemliğinin yanı sıra Radyoloji, Manyetik Rezonans, Nöroradyoloji ve Pediatrik Nöroradyoloji eğitiminde de aktif rol alıyor.

Manyetik rezonans parmak izi (fingerprinting) ile doku segmentasyonu ve parsiyel volüm tahmini

Dan Ma¹; Anagha Deshmane²; Debra McGivney¹; Irene Wang³; Chaitra Badve¹; Vikas Gulani¹; Mark Griswold¹

¹Radyoloji, Case Western Reserve Üniversitesi, Cleveland, OH, ABD

²Manyetik Rezonans Merkezi, Max Planck Biyolojik Siberetik Enstitüsü, Tuebingen, Almanya

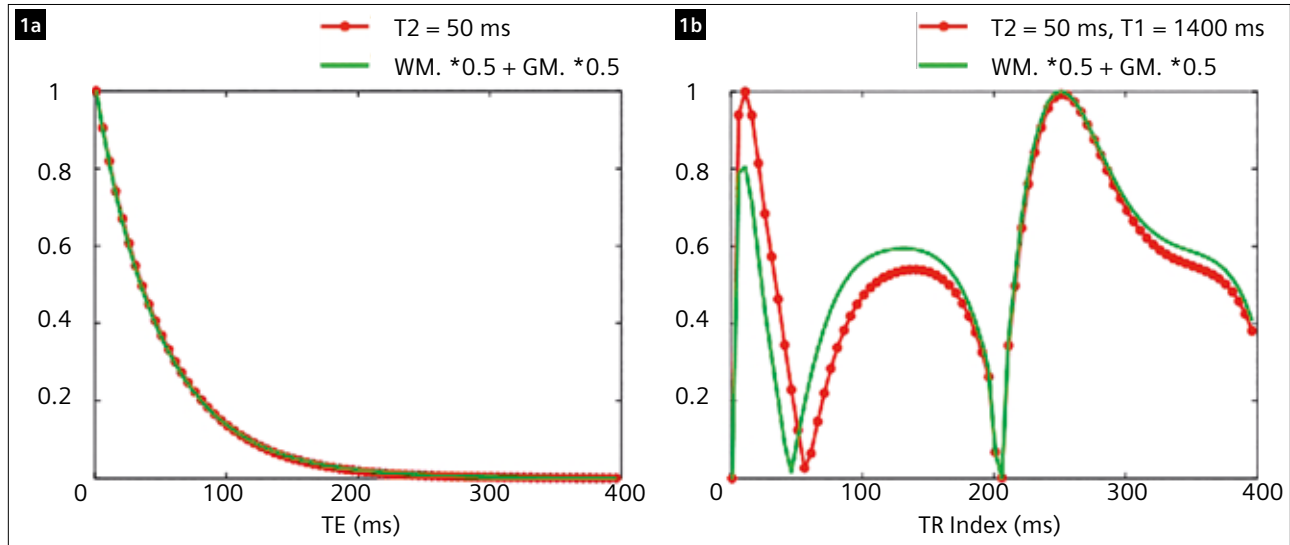
³Epilepsi Merkezi, Cleveland Kliniği, Cleveland, OH, ABD

Giriş

Son zamanlarda hassas tıbbı ve kişiye özel tanıya olan talep, radyomics'e ve MRG ile etkili kantitatif görüntülemeye ilginin artmasına yol açtı. Bu amaçla, yakın zamanda meydana gelen teknolojik gelişmeler arasında anatomik volümetri, kantitatif relaksometri ve dokuların difüzyon ve perfüzyon gibi mikrostrüktürel ve fonksiyonel özelliklerinin kantifikasyonu yer alıyor. Özellikle de doku segmentasyonu, çeşitli nörolojik hastalıkların tanısında ve karakterizasyonunda kullanılmış olan kantitatif volümetrik tahminlerin ve volüm-bazlı post-processing işlemlerinin temeli haline geldi. Örneğin multipl skleroz [1], beyin plastisitesi [2, 3], demans [4] ve epilepsi [5, 6] global ve lokal beyin volümüyle ve kortikal kalınlık değişimleriyle ilişkilendiriliyor. Anatomik segmentasyon ayrıca cerrahide subtalamik nükleus (STN) [7] gibi subkortikal yapıları hedeflemek amacıyla da kullanılıyor.

Parsiyel volüm (PV) etkisi, MRG de dahil olmak üzere görüntü çözünürlüğü kısıtlı olan her türlü görüntüleme yönteminde yaygın bir zorluk ve özellikle hem kantitatif haritalama hem de kantitatif görüntü analizi açısından güçlük yaratıyor. Görüntü çözünürlüğü anatomik yapının boyutunun altındaysa, örneğin görüntü vokselleri doku sınırlarını kaplıyorsa, bazı voksellerde birden çok doku tipi bulunabiliyor. Kontrastın ya da karışık vokselin sinyali, her bir doku bileşeninin ağırlıklı ortalaması olduğu için PV etkisi MR görüntülerinde bu arayüzlerde bulanıklığa yol açıyor. Kantitatif görüntüleme ve görüntü post-processing işlemlerinde her bir vokselin tek ve saf bir doku tipi içerdiği varsayımı yanlış sınıflandırmaya yol açabiliyor ve bu nedenle de özellikle doku sınırlarında, fark edilmesi güç olan kimi özellikler ya da doku değişimleri maskelenebiliyor.

Her bir görüntü vokselinde sinyal evriminin (örneğin bir gevşeme eğrisinin) tek bir doku özelliğiyle (mesela T1 ve/veya T2) karakterize olduğunun varsayılması, karışık voksellerde doku özelliği kantifikasyonunda hatalara yol açabiliyor.



1 Konvansiyonel T2 haritalama (1A) ve MRF (1B) ile elde edilen sinyal eğrilerinin karşılaştırılması. MRF kullanılarak PV etkisinden elde edilen sinyal, saf dokudan elde edilenden daha belirgin.

Tek bir vokselle içindeki doku özelliklerinin analizi için arzu edilen anatomik ölçeğe bağlı olarak, olası vokselle kompozisyonlarına ilişkin birtakım varsayımlarda bulunulabilir. Bu yazı, bir vokseldeki her bir dokunun ayrı bir bileşen olarak modellendiği, bileşenler arasında hiçbir kimyasal alışverişin olmadığı yavaş alışveriş rejimindeki birden çok doku bileşeni ile ilgilidir. Ağırlıklı olarak, her bir vokselin beyin dokusu segmentasyonu için gri madde (GM), beyaz madde (WM) ve BOS gibi saf dokulardan [8-10] ya da karaciğerde yağ fraksiyon tahmini için su ve yağdan gelen [11] karışık sinyaller içerdiği varsayılarak çok bileşenli PV modelleri kullanıldı. Bu yöntemler sonucunda ya sert eşikli doku sınıflandırması ya da yumuşak eşikli doku fraksiyon haritaları elde edildi; bunlar da doku volümü hesaplaması [6], görüntü özelliği ekstraksiyonu [12, 13] ve hastalık tanısı için kullanılabiliyor. Ayrıca, çok bileşenli PV modelleri mikrostrüktürel özelliklerin analizinde de kullanıldı. Örneğin, çoklu T2 bileşenleri uzun zamandır insan beyni [14] analizinde dikkate alınıyor. Burada genellikle miyelin çift katmanları arasında bölümlere ayrılmış su protonları, hücre içi ve hücre dışı su ve serbest sıvı (genellikle BOS'ta) da dahil olmak üzere üç bileşen varsayılıyor. PV analizinden elde edilen sonuçlar, her bir vokseldeki üç bileşenin volüm fraksiyonundan oluşuyor. Bu sonuçlar da hızlı gevşeyen bileşenlerden (miyelin suyu) toplam su içeriğine giden T2'li sinyallerin yüzdesi olarak tahmin edilen miyelin su fraksiyonunu (MWF) hesaplamakta kullanılabiliyor. MWF beyaz madde mikrostrüktürü için, özellikle de miyelin jenerasyonu/dejenerasyonu için önemli bir marker; bu yüzden MWF'de meydana gelen bir değişiklik, yaşa bağlı nöral doku değişimleriyle [15, 16] ve multipl skleroz [17] ve şizofreni [18, 19] gibi nörodejeneratif hastalıklarla ilişkilendiriliyor.

PV tahmin yöntemleri, birden çok doku bileşenini tek bir voksel içinde ayırtmak üzere ya kontrastlı görüntüleri ya da kantitatif MRG taramalarını esas alan çok bileşenli sinyal modelleri kullanıyor. İlk durumda, bir ya da daha fazla kontrastlı ağırlıklı görüntü alınıyor ve görüntü kontrast varyasyonlarının düzenlenmiş istatistiksel modellerine [8, 20, 21] dayanarak PV tahmin ediliyor. PV tahmini için kantitatif MR kullanmanın artışı, T1 ve/veya T2 gibi bir veya daha fazla temel doku özelliğiyle karakterize olan sinyal değişiminin ek bir zaman alanı sağlaması. Daha sonra PV etkileri, elde edilen sinyal evriminin birden çok doku bileşeninin karışımı olduğu varsayılarak modellenilebiliyor. Örneğin MWF tahminleri, çoklu bir spin-eko çekiminden [19] multi-ekspansiyonel T2 gevşemesine dayanıyor ve beyin dokusu segmentasyonu da inversiyon telafili Look-Locker çekiminden [22] multi-ekspansiyonel T1 gevşemesine veya çok parametrelili haritalama taramalarına [10, 23] dayanıyor. Bunun ardından her bir bileşenin doku fraksiyonu kantitatif sonuçlar arasında ara değerlendirme yapılarak [10] ya da bir invers sorun çözülerek [22, 23] tahmin ediliyor.

MR Parmakizi (fingerprinting) (MRF) [24] PV etkilerini analiz etmek ve çoklu doku bileşenlerini saptamak için yeni imkânlar sağlayan kantitatif bir MR yöntemi. Öncelikle, MRF

asla durağan istikrarlı durumda kalmayan ve çoklu doku özelliklerine bağlı olarak eşsiz sinyal varyasyonları gösteren sinyal evrimleri oluşturmak üzere pseudo rastgele çekim örüntüleri kullanıyor. Bu iki özellik, farklı dokular arasında daha tutarsız sinyaller elde etmeye yardımcı oluyor ve bu da doku ayırma yetisini iyileştirebiliyor. Örnek olarak, Şekil 1'de konvansiyonel bir T2 haritalama yöntemi ile (sol) ve MRF (sağ) ile elde edilmiş sinyaller karşılaştırılıyor. Konvansiyonel yöntemle elde edilen sinyallerin hepsi üstel bir örüntü izlediklerinden, genellikle gürültü varken birbirlerinden ayırtılamıyor. Eşit miktarda gri ve beyaz madde içeren karışık sinyal (yeşil) farklı T2'li başka bir tek tip dokudan elde edilen sinyal (kırmızı) gibi 'görünüyor'. MRF'de, değişken çekiminden ve çoklu parametre hassasiyetinden dolayı sinyaller bu kadar basit bir evrim göstermediğinden, karışık sinyalin diğer saf-doku sinyallerinden farklı olma ihtimali daha yüksek oluyor. İkinci olarak, sinyal modeli Bloch eşitliklerine dayanarak oluşturulduğundan, çoklu doku özelliklerinden ve karıştırıcı etkenlerden (B0, kesit profili ve B1 vs. [25-28]) kaynaklanan etkiler açıklanabiliyor. Dolayısıyla PV sonuçları daha sağlam ve sistem kusurlarına daha az bağlı olabiliyor. Son olarak, önceden tanımlanmış bir sözlüğü temel alan örüntü tanıma işlevinin de invers yöntemlere dayanan konvansiyonel yöntemlere kıyasla MRF-tabanlı PV analizini (PV-MRF) gürültüye daha az duyarlı hale getirebileceğini gösteren birkaç örnek vereceğiz [23]. İlerleyen kısımlarda, çoklu PV-MRF yöntemlerinin teorileri ve uygulamaları tanıtılacak ve ardından birkaç yeni nöro-görüntüleme uygulaması ele alınacak.

Parsiyel volüm sinyal modeli ve konvansiyonel PV analizi

Hem konvansiyonel kantitatif MR'da hem de MRF'de, Şekil 1B'de görüldüğü gibi, elde edilen sinyal az sayıda bilinen doku bileşeninden elde edilen sinyallerin ağırlıklı toplamı olarak modelleniyor. İncelenen bir anatominin bileşen dokularını m ile ifade ettiğimizi varsayalım. $d_i \in \mathbb{C}^{1 \times t}$ ise, t bir MRF taramasından ya da başka bir T1 veya T2 haritalama deneyinden elde edilmiş olan zaman noktalarının sayısı olmak kaydıyla, $1 \leq l \leq m$ bileşen dokusu için MRF sinyal evrimini temsil etsin. Bu m bileşen sinyal evrimlerini bir $D_{sub} \in \mathbb{C}^{m \times m}$ altsözlüğünde topluyoruz. Vokselle sinyal evrimi, bileşen türlerinin sinyal evrimlerinin ağırlıklı toplamı olarak modellenilebiliyor:

$$s_i = \sum_{l=1}^m w_{i,l} d_l = D_{sub} W_i \quad (1)$$

$w_{i,l}$ voksel i 'deki l dokusunun ağırlığını gösteriyor.

Örneğin, normal beyin dokularında, $m = 3$ 'ü GM, WM ve BOS'u temsil etmek üzere modelleyebiliriz. Bileşen sayısı, hastalık ya da komplike anatomi durumlarında artabiliyor.

Her bir dl bileşeninin sinyali simüle edilebiliyor ve T1, T2 ve proton dansitesi (M0) gibi doku özellikleri ile karakterize oluyor. Bu doku özelliklerinin değerleri literatürden ya da grup analizinden alınabiliyor veya aynı şahıstan elde edilmiş kantitatif haritalar esas alınarak tahmin edilebiliyor. İkinci yaklaşım daha kişiye özgü olduğu için bireysel fizyolojik varyasyonları hesaba katıyor. Örneğin, modellenen dokuların karakteristik gevşeme özelliklerini saptamak için haritalanmış gevşeme sürelerinin birden çok histogramından faydalanmak mümkün oluyor [22, 24].

Alternatif olarak, karakteristik {T1, T2} özelliklerini temsil eden k kümeleri veren bir MRF taramasından elde edilmiş T1 ve T2 haritaları üzerinden gevşeme özellikleri benzer vokselleri saptamak için MRF ile k-ortalama kümelemesi kullanılabilir. Sonrasında, o doku kümelerine denk gelen özellikler, PV modelindeki bileşenler olarak seçilebiliyor [23]. Histogramların ya da doku kümelerinin sayısının bileşen dokuların T1 ve T2 değerlerini ve dolayısıyla da PV analizinin isabetliliğini etkileyeceğini dikkate almak gerekiyor.

Temsili doku özellikleri belirlendikten ve D_{sub} sinyalleri simüle edildikten sonra (örneğin Bloch eşitlikleriyle), bu doğrusal model çözülerek bir vokselle içindeki her bir bileşenin parsiyel volümü ya da doku fraksiyonu tahmin ediliyor. Sinyal ağırlıklarını hesaplamak için genellikle Moore-Penrose pseudo inversi uygulanıyor:

$$W_i = (D_{sub}^H D_{sub})^{-1} D_{sub}^H S_i \quad (2)$$

Burada H üst simgesi Hermit eşleniğini veya kompleks transpoz operatörü gösteriyor. Bunun ardından ağırlıklar, toplamaları birim büyüklüğü verecek şekilde normalize ediliyor ve sonuç bir doku fraksiyonu olarak yorumlanabiliyor.

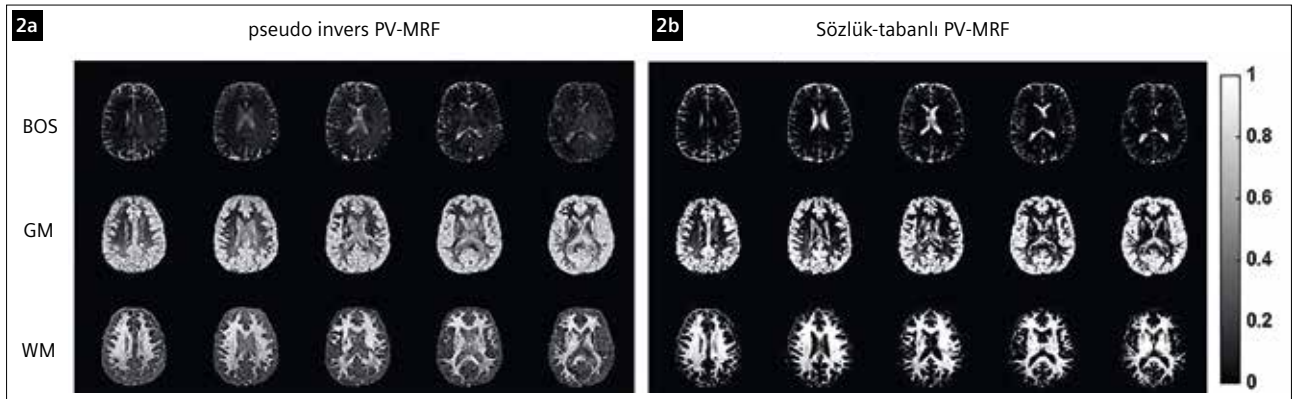
PV-MRF ile doku segmentasyonu ve parsiyel volüm kantifikasyonu

Bahsedilen invers problemi çözmek için yüksek SNR gerekiyor ve bu da k-alamı örnekleme hızının çok hızlı olması ve bundan dolayı artefaktların fazlasıyla örtüşmesi nedeniyle genellikle MRF’de elde edilemiyor. Daha fazla doku bileşeni olduğu varsayıldığında, sonuçlar hataya daha da meyilli oluyor. Sözlük eşleştirmesinde nispeten yüksek hata toleransı olduğu gösterildiğinden, yeni bir sözlük-tabanlı PV-MRF ileri sürülmüş ve aşırı uyum hatalarının etkisini azalttığı gösterilmiştir [23]. Dolayısıyla PV-MRF, en küçük kareler yöntemi ile uyumlu bir problem, örüntüyle eşleşen bir probleme çevirerek MRF konseptini benimsiyor. Bu problemde ağırlıklar, bileşen dokuların bütün olası kombinasyonlarını içeren yeni bir sözlükte kapsamlı bir arama yapılarak saptanıyor. Bu amaçla, öncelikle bütün olası ağırlık kombinasyonlarını gösteren bir ağırlık tablosu $\tilde{W} \in R^{m \times h}$ oluşturuluyor; h, ağırlık kombinasyonlarının sayısını ifade ediyor. Sonra da ayrı bir PV sözlüğü oluşturuluyor:

$$D_{pv} = D_{sub} \tilde{W} \in C^{t \times h} \quad (3)$$

Burada her bir D sütunu belli bir ağırlık kombinasyonunda olan m sayıda modellenmiş bileşen dokudan hesaplanan karışık bir doku sinyal evrimi içeriyor. Son olarak, elde edilen sinyal PV sözlüğündeki bütün sinyallerle eşleştirilerek doku fraksiyonları tahmin ediliyor. En yüksek iç ürüne denk gelen ağırlık kombinasyonu seçiliyor ve çoklu doku fraksiyonu haritalarına çeviriliyor.

Şekil 2’de pseudo invers (2A) ve sözlük tabanlı (2B) PV-MRF yöntemleri kullanılarak MRF sinyallerinden tahmin edilen doku fraksiyon haritaları karşılaştırılıyor. Aynı kişiye ait, 3T MAGNETOM Prisma’da çekilmiş beş 2D kesitten elde edilen GM, WM ve BOS haritaları görülüyor. Her 2D MRF taramasının sekans parametreleri şöyle: görüş alanı = 300 x 300 mm², vokselle çözünürlüğü = 1.2 x 1.2 x 5 mm³, TA = 31 saniye [29].



2 Parsiyel volüm model inversiyonu (2A) ve sözlük-tabanlı PV-MRF (2B) ile MRF ile konvansiyonel analiz kullanılarak parsiyel volüm tahmini karşılaştırması. Sözlük eşleştirmesi, pseudo invers hesaplamaya kıyasla MRF sinyallerindeki gürültüye benzer artefaktlara daha dayanıklı olduğu için dokular daha iyi ayırt edilip doku fraksiyon tahminleri daha isabetli bir şekilde yapılabilir [23].

PV-MRF saf dokuları segmente etmenin yanı sıra, derin gri madde yapılarında GM ve WM karışımlarını da görselleştirebiliyor. Bununla birlikte, pseudo invers ile çıkarılan PV fraksiyon haritaları, GM ve WM haritalarında artık BOS katkıları olduğunu gösteriyor. Sözlük tabanlı PV-MRF haritaları saf dokuların daha iyi ayırt edilmesini sağlıyor.

Şekil 3'te T1, T2 proton yoğunluğunun yanı sıra GM, WM ve BOS fraksiyon haritaları da dahil olmak üzere, sağlıklı bir gönüllüden 3T MAGNETOM Prisma sistemi kullanılarak alınmış altı 3D kantitatif haritanın tamamının bir örneği ve parsiyel volüm sözlüğü gösteriliyor. Haritaların hepsi, aynı veri kümesinden elde edildiğinden doğal olarak ortak kayıtlıdır. 3D MRF taraması için sekans parametreleri şöyle:

görüş alanı = 300 x 300 x 144 mm³, vokselle çözünürlüğü = 1.2 x 1.2 x 1.2 mm³ izotropik, TA = 12 dakika [30].

Sözlük tabanlı PV-MRF kullanarak doku fraksiyon haritaları çıkarmak için GM, WM ve BOS olmak üzere üç doku bileşeni varsayılıyor. Kantitatif haritalar esas alınarak doku kompozisyonlarını analiz etmek için k = 7 iken haritalandırılmış T1 ve T2 değerlerinin K-ortalamları kümelemesi kullanılıyor. Sonra üç küme manuel olarak seçiliyor ve modellenen doku bileşenlerinin karakteristik gevşeme süreleri saptanıyor. Onlar da sonradan D_{sub} and D_{pv} 'nin oluşturulmasında kullanılıyor.

Bayes modeline dayalı PV-MRF

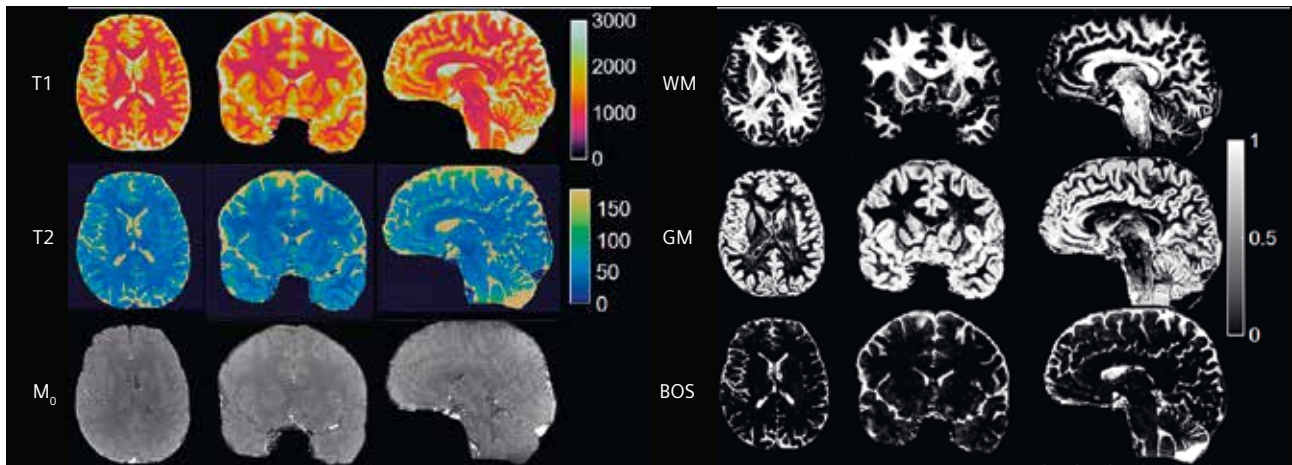
Çoğu segmentasyon yöntemi beynin yalnızca üç doku bileşeninden oluştuğunu varsayıyor (GM, WM ve BOS) ve her vokseli bu üç dokunun ağırlıklı toplamı biçiminde temsil etmek için bu varsayımı kullanıyor. Fakat hastalıklı veya sağlıklı bir dokunun bu üç dokudan oluşmayıp PV modelinde temsil edilmeyen farklı bir bileşen içerebildiği patoloji vakalarında bu yaklaşımın sınırlayıcı yanı ortaya çıkabiliyor. Bu durumda, voksel sinyallerine sabit bir model dayatmak, hatalı doku fraksiyonu hesaplamalarıyla sonuçlanıyor ve hastalıklı doku düzgün bir şekilde karakterize edilemiyor.

Hem hastalıklı hem de sağlıklı dokulardaki varyasyonların nedenlerini açıklayabilmek ve sabit bir doku modelinin kısıtlamalarını azaltmak için, yakın zamanda sinyal evrimlerinin kaç adet ya da hangi doku tipinin voksel sinyalini kapsadığına dair hiçbir ön varsayım olmadan, daha kapsamlı bir sözlüğe sığdırıldığı Bayesçi çerçeveyi kullanan bir model ileri sürüldü [31]. Bu yöntemde, sinyal evrimi yine denklem (1)'de olduğu gibi sözlük öğelerinin ağırlıklı toplamı olarak modelleniyor, fakat W_i ağırlıklarının pek çoğunun sıfır olması, yani seyrek vektör olması gerektiği varsayımıyla, daha kapsamlı bir doku tipi alt-sözlüğü kullanılıyor.

$$s_i = DW_i \quad (4)$$

Burada D simüle edilmiş sinyal evrimlerinin eksiksiz MRF sözlüğünü temsil ediyor ve $n \gg t$ olmak kaydıyla, $t \times n$ büyüklüğünde oluyor. Fakat bu, eksik belirtilmiş bir problemdir ve lineer en küçük kare yöntemiyle çözülmesi, seyrek olmayan W_i ağırlık vektörüyle sonuçlanacaktır. İstenen sonucu elde etmek için, W_i 'nin üstüne seyreklik destekleyici bir öncel yerleştirilerek, sinyali temsil etmek için yalnızca birkaç önemli girdi ile algoritma, sinyal evrimi sözlüğe uyacak şekilde yönlendiriliyor. Bu modeli bir voksel sinyal evrimine uygulamanın sonucu, sinyalin karakteristiklerini en iyi tarif eden sözlük girdilerinin ve onlara denk gelen ağırlıkların dağıtılması oluyor; voksel sonucu da T1, T2 çiftlerini ve en kayda değer biçimde katkıda bulunan sözlük girdilerine denk gelen ağırlık değerlerini içeren bir matris oluyor.

Bu yöntemin bir epilepsi hastasında 3D MRF çekimine uygulanmış bir örneği Şekil 4'te gösteriliyor. Saçılım grafiği, bir T1 haritasından biri saf beyaz madde (kırmızı), biri saf gri madde (mavi), biri beyaz ve gri madde karışımı (yeşil) ve biri de epileptik lezyon (siyah) içeren dört pikselin Bayesçi MRF sonuçlarını gösteriyor. Bu Bayes modelini kullanmanın başlıca avantajı, lezyon kümesinin sabit bir doku modeline uymaya zorlanmamasıdır, zira model o lezyonun gevşeme özellikleri



3 Tek bir 3D MRF taramasından elde edilmiş, ortak kayıtlı 3D izotropik T1, T2, M0 haritalarını ve GM, WM, BOS doku fraksiyon haritalarını veren altı kantitatif harita [30].

ni içermiyor olabilir. Lezyon, iki saf dokununkinden (kırmızı ve mavi) farklı tek bir küme olarak gösterilirken, PV pikseli ise iki saf dokudan elde edilen kümelerle çıkan iki ayrı yeşil küme ile tanımlanıyor. Bu yaklaşım bize lezyonları tespit ve karakterize etmek için tamamen yeni bir araç sunuyor.

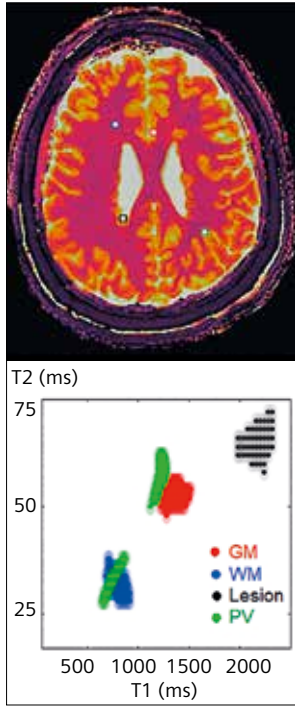
Bayesçi MRF yönteminin başlıca özelliği, sinyal evrimlerinin, önceden tanımlanmış gevşeme özellikleri olan sabit bir modele uymaya zorlanmaması. Bununla birlikte, bu serbestlik, vokseller üzerinde, benzer doku yapıları içinde bile az oranda çeşitlilik gösterebilen dağılımlarla sonuçlanıyor. Sonuçlar en etkin biçimde, Bayesçi MRF sonuçları üzerinden hesaplanan doku fraksiyon haritaları kullanılarak özetleniyor. Bu amaçla, Bayes modelinden vökel bakımından elde edilen sonuçlar görüntünün tamamı ya da 3D volüm üzerinde birleştiriliyor ve T₁, T₂ ve ağırlık matrisleri kümesine uygulanan bir Gauss karışık modeli kullanılarak gruplanıyor. Bayesçi analizde sabit doku modelleri olmadığı için, olası doku dağılımlarının tamamını temsil etmek üzere yeterince büyük bir K sayısında Gauss dağılımı seçmek daha doğru oluyor.

Normal bir gönüllüde, hastalık olgusuna kıyasla daha az Gauss dağılımı olması beklenebilir. Karışım modeli, bir olasılığın K Gauss dağılımlarının her biri için T₁, T₂ uzayındaki her bir nokta ile ilişkilendirilmesine imkân sağlıyor. Gauss olasılık yoğunluklarını bir maske olarak kullanarak doku fraksiyon haritaları, hesaplanmış ağırlığın denk gelen olasılıklarla çarpılmasıyla hesaplanabiliyor. Bu haritalar, her bir vökel için K sınıflarının her birinde fraksiyonun bire eşit olacağı şekilde normalleştiriliyor.

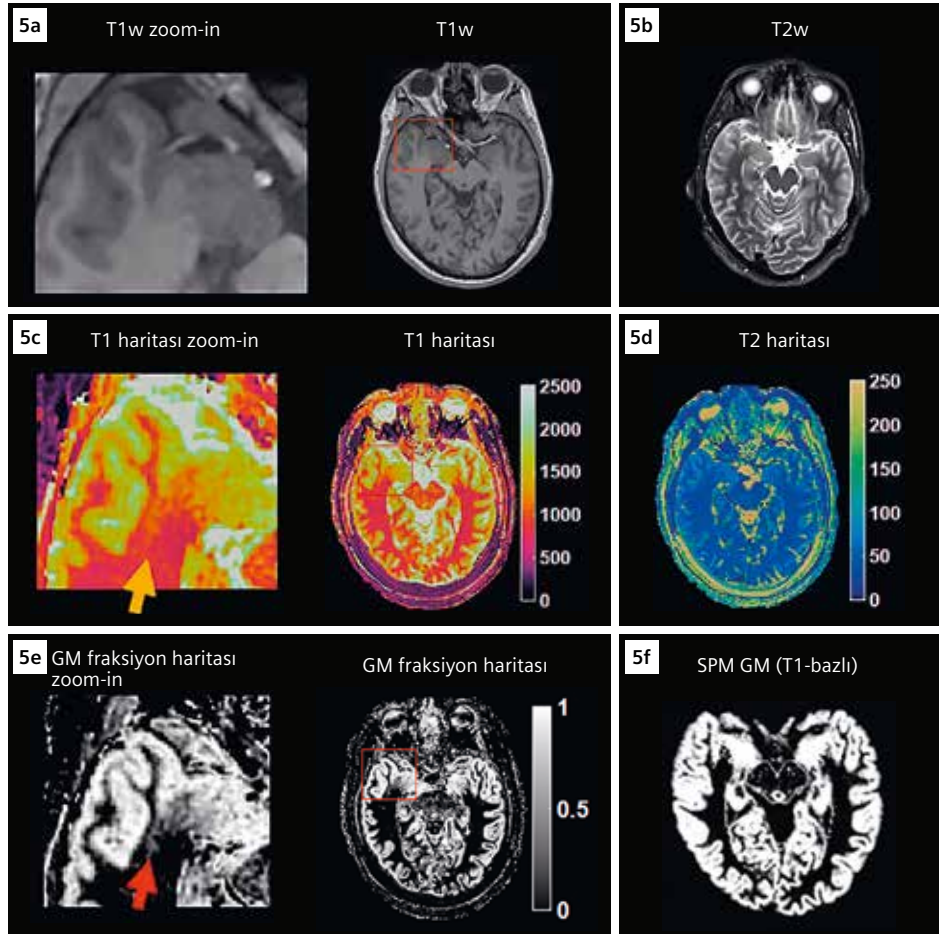
Nöro-görüntüleme için potansiyel klinik uygulamalar

Epilepsi

Konvansiyonel MRG silik lezyonların varlığını ve büyüklüğünü fark etme yetisi bakımından özellikle de fokal kortikal displazide (FCD) sınırlı kalabiliyor. Potansiyel epilepsi ameliyatı adaylarının %50'ye varan bir kısmına, ameliyatı yönlendirecek saptanabilir bir lezyon olmadığından 'negatif MRG' tanısı koyuluyor. Grubumuz yakın zamanda, 3D tam beyin MRF ve PV-MRF tekniklerinin epilepsi hastalarında lezyonların tespit



4 Sağ temporal paryetal epilepsili bir hastadan elde edilen Bayesçi MRF sonuçlarının örneği. Sağlıklı dokularda (GM ve WM), GM ve WM sınırındaki PV dokusunda ve epileptik modüle yer alan dört pikselin doku kompozisyonları analiz edildi. Sonuçlar lezyonu sağlıklı dokulardan da PV etkilerinden de ayırdı.



5 Sağ temporal lob epilepsili hasta. (5A, B) Klinik taramalarda elde edilen T1a ve T2a görüntüleri; (5C, D) 3D MRF taramasında elde edilen T1 ve T2 haritaları; (5E, F) PV-MRF ve T1a-tabanlı SPM segmentasyonundan elde edilen GM fraksiyon haritası. MRF'den tespit edilen potansiyel epilepsi patolojisi (yakınlaştırılmış) konvansiyonel MR taramalarında görülmemiştir [30].

ve karakterizasyonuna yardımcı olabileceğini [30] gösterdi. İlk olarak, T1, T2 ve proton yoğunluk haritalarını, 1.2 mm izotropik görüntü çözünürlüğü ile eşzamanlı olarak kantifiye etmek için hızlı ve tam beyin 3D MRF taraması uygulandı. İzotropik 3D haritalar, farklı konumlarda bulunan ve birden çok doku özelliği olan lezyonların saptanmasını sağladı. İkinci olarak gri madde, beyaz madde ve BOS haritaları oluşturmak için aynı verilere sözlük tabanlı PV-MRF [23] uygulandı. Bu haritalar tek bir vokselde birden çok doku bileşenini ayrıştırabilirdi ve doku sınırları boyunca yeni kontrastlar sağladı. Tek bir taramadan elde edilebilen bütün haritalar Şekil 3'te gösteriliyor.

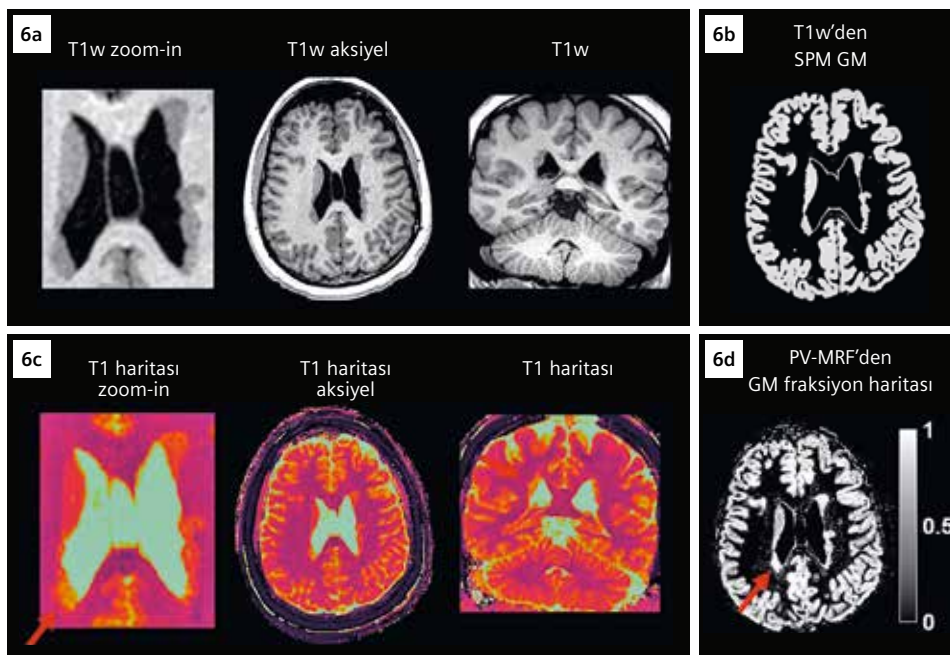
Şekil 5'te de sağ temporal lob epilepsili bir hastanın MRF bulguları yer alıyor. Klinik MRG, sağ amigdalanın hiperintens FLAIR sinyali ile büyütüldüğünü, sağ temporal lobun ise başka türlü bir görsel kontrol ile görülemeyeceğini gösterdi (Şekil 5A, B). Şekil 5C–E'de gösterildiği gibi, MRF haritaları daha önceden görülmemiş bir sinyal anomalitesi 'kuyruğu'na ek olarak amigdala hiperintensitesini ortaya çıkardı. T1 haritasında, T1 değerinde çok belirgin olmayan bir artış (Şekil 5C) ve sağ superior temporal bölgenin GM fraksiyon haritasında (Şekil 5E) gri madde fraksiyonunun artmış olduğu görüldü; bunlar potansiyel anomalite belirtiydi. Şekil 5E ve 5F'de, T1-ağırlıklı görüntülerin MRF'sinden ve SPM segmentasyonundan elde edilen GM fraksiyon haritaları karşılaştırılıyor. MRF esas alınarak çıkarılan GM haritası, çok belirgin olmayan doku anomalitesini saptamanın yanı sıra, beynin çeşitli yerlerindeki daha geniş gri madde fraksiyonu varyasyonlarını da gösterdi; bunların ise farklı kortikal bölgeler arasındaki temel sitostruktur farklılıklarına denk geldiği düşünülüyor. Konvansiyonel MRG'de bu anomalitenin kayda değer şekilde göze çarpmamasına rağmen, anomalitenin lokasyonu interiktal ve iktal EEG lo-

kalizasyonu ile son derece uyumlu. Cerrahi numunelerin histopatolojisinde, kortikal gelişimde hafif malformasyon görüldü.

Şekil 6'da, bilinen bilateral periventriküler heterotropisi olan sağ temporo-paryetal epilepsili bir başka hastanın MRF ve PV-MRF sonuçları yer alıyor. Şekil 6A ve 6B'de gösterildiği üzere hem klinik MRG taramalarında hem de T1-ağırlıklı görüntülerin SPM segmentasyonu kullanılarak yapılan post-processing analizinde nodüller eşdağılımlı bir sinyal yoğunluğu gösterdi. Şekil 6C ve 6D'de hem MRF T1 haritası hem de PV-MRF GM fraksiyon haritaları sağ oksipital boynuzdaki nodüllerde değerlerin artmış olduğunu gösterdi. Bu belirgin sinyal anomalitesi, konvansiyonel MRG taramalarında fark edilebilir değildi. Hasta, birden çok beyin bölgesini hedef alan stereotaktik EEG (SEEG) ile invazif değerlendirmeye girdi. MRF ve PV-MRF'in anomalie sinyalleri gösterdiği nodüller, interiktal SEEG bulgularıyla ve tipik bir nöbetin iktal başlangıcıyla tutarlıydı. Sağ oksipital boynuzdaki elektrotların elektrikli stimülasyonu habitüel avralar ortaya çıkardı.

Erken çocuklukta beyin gelişimi

Chen ve diğ. yakın zamanda MRF ve sözlük tabanlı PV-MRF'yi UNC/UMN Bebek Konektom Projesi'ne [16] kayıtlı olan, doğumdan beş yaşa kadar sağlıklı çocuklar için erken beyin gelişimine ilişkin değişiklikleri karakterize etmek amacıyla uyguladı. MRF taramalarından çıkarılan T1 ve T2 haritalarına ek olarak, sözlük tabanlı PV-MRF kullanarak miyelin suyu, hücre içi/dışı su ve serbest su içeren üç bölmeli bir modelden doku fraksiyonu tahminleri yapmak suretiyle miyelin su fraksiyonu (MWF) haritaları da çıkardılar. Farklı yaşlardaki beş kişiden elde edilen temsili T1, T2 ve MWF haritaları Şekil 7'de yer alıyor. Yaş arttıkça, hem T1 hem T2 değerleri düşerken, MWF



6 Sağ temporo-paryetal epilepsili hasta. MRF aktif/epileptojenik heterotopik nodülleri, aktif olmayan/ epileptojenik olmayan nodüllerden ayırt edebildi (6A) Klinik taramadan elde edilen aksiyel ve koronal T1a görüntü. (6B) Buna teka-bül eden MRF'den elde edilmiş T1 haritası. (6C) T1a-tabanlı SPM segmentasyonundan elde edilen GM fraksiyon haritası. (6D) PV-MRF'den elde edilen GM fraksiyon haritası [30].

artıyor. 28 çocukta elde edilen sonuçlara göre, R1 (1/T1) ve R2 (1/T2) yaklaşık 20 aya kadar belirgin bir artış gösteriyor, ardından bütün WM bölgelerinde daha yavaş bir artış gerçekleşiyor. Yaklaşık 6 aya kadar MWF göz ardı edilebilir bir düzeyde kalıyor ve sonrasında gitgide artıyor. Ayrıca, R1 ve MWF yörüngelerinde, farklı beyaz madde bölgelerinde kayda değer değişiklikler gözlemlendi ve erken beyin gelişimi sırasında miyelinasyon için uzamsal örüntüler daha önce post-mortem beyin dokularından elde edilmiş olan bulgularla son derece uyumluydu [32].

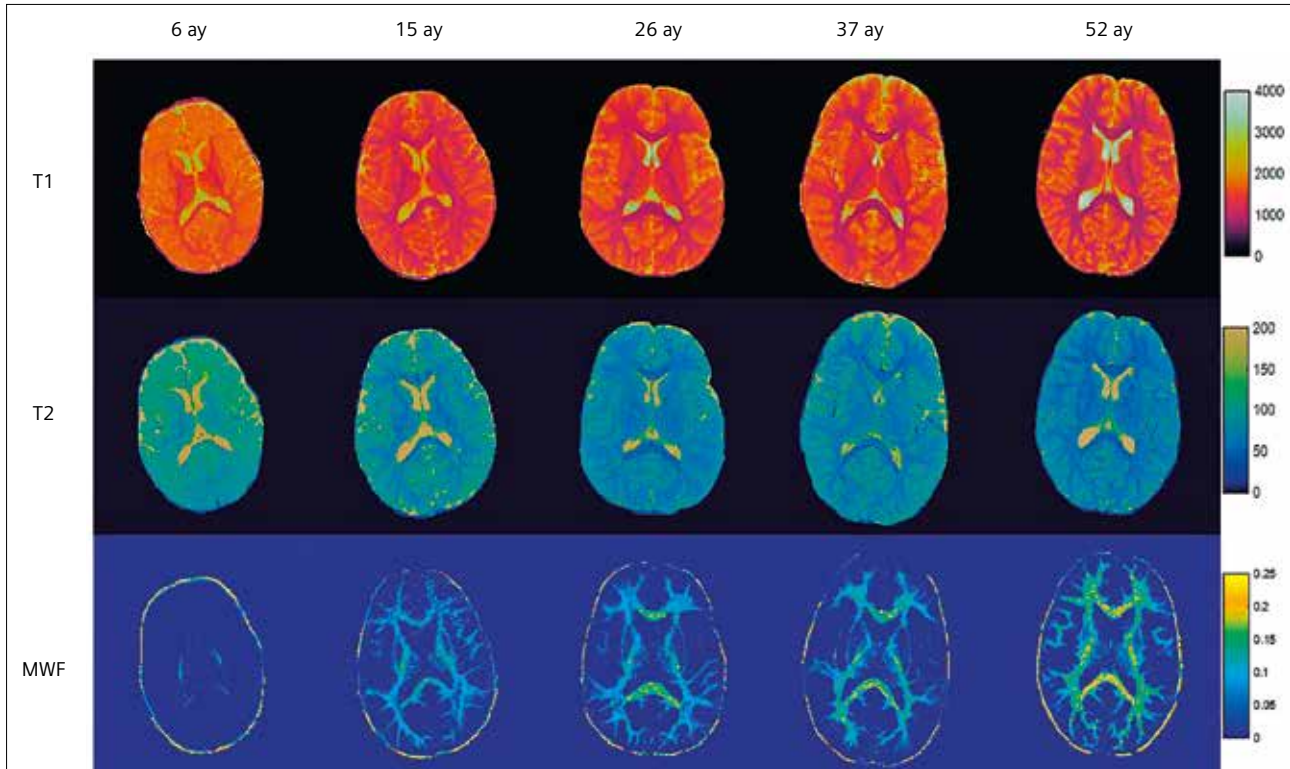
Beyin tümörleri

Safhaya bağlı olarak, beyinde ortaya çıkan ya da metastaz yapan kanserler heterojen olabiliyor – solid selüler neoplazma bölgeleri, ödem, enflamasyon, kistler ve nekroz içerebiliyor. Bununla birlikte, PV modelinin karmaşıklığı arttıkça, parsiyel volüm modellerinin inversiyonu için pseudo invers hesaplamalardan yararlanan konvansiyonel yaklaşımlar da isabetliliği daha düşük olan doku fraksiyon tahminleri ile sonuçlanıyor. Üstelik, normal doku segmentasyonunun ya da mikrostrüktür değerlendirmesinin aksine, heterojen doku bölmelerinin gevşeme özellikleri her hasta için kolaylıkla belirlenemediği veya literatürden edinilemediği için bu karmaşık PV modellerini kurmak zor olabiliyor. Dolayısıyla, tümörlerde PV analizi için birden çok hastalık dokusu tipini kapsayan, geniş kapsamlı bir parsiyel volüm modelinin titizlikle oluşturulması şart.

Beyin tümörünün içindeki ve etrafındaki bölge gibi heterojen dokularda saf dokular, haritalandırılmış T1 ve T2 değerlerinin k-ortalamları kümelemesi için tekil dokuları saptamaya yetecek kadar vokseli kaplamayabiliyor. Bayesçi MRF analizi özellikle bu senaryolarda değerli bir yöntem oluyor. Şekil 8'de gliyoblastom beyin tümörü (GBM) tanısı konmuş bir hastanın üç farklı kesitinden elde edilen sonuçlar yer alıyor. Yazılı rızası alınmış hasta, $1.2 \times 1.2 \times 3 \text{ mm}^3$ lük görüntü çözünürlüğü ile 3D-MRF FISP taramasına sokuldu. Bayesçi sonuçlara bir Gauss karışım modeli uygulandı ve $K = 14$ Gauss dağılımı bulundu. Şekil 8'de bu dağılımlardan 8'inin ağırlık haritaları, (soldan sağa) beyaz madde, iki gri madde sınıfı, BOS ve tümör patolojisi ile ilişkili iki kümeye denk gelecek şekilde gösteriliyor. Geri kalan sekiz doku dağılımı haritası ise beyni çevreleyen yağ ve kemik gibi başka dokulara karşılık geliyordu ya da gösterilen altı dağılıma kıyasla çok küçük ağırlıktaydı.

Bayesçi MRF ve sözlük tabanlı PV-MRF birlikte çalışıyor. T1 ve T2 sürelerinin k-ortalaması kümelerini kullanmak yerine veya buna ek olarak Bayesçi MRF, beyin tümörünün içindeki ve etrafındaki sağlıklı ve hastalıklı dokuların gevşeme sürelerini belirlemeye yardımcı olabiliyor.

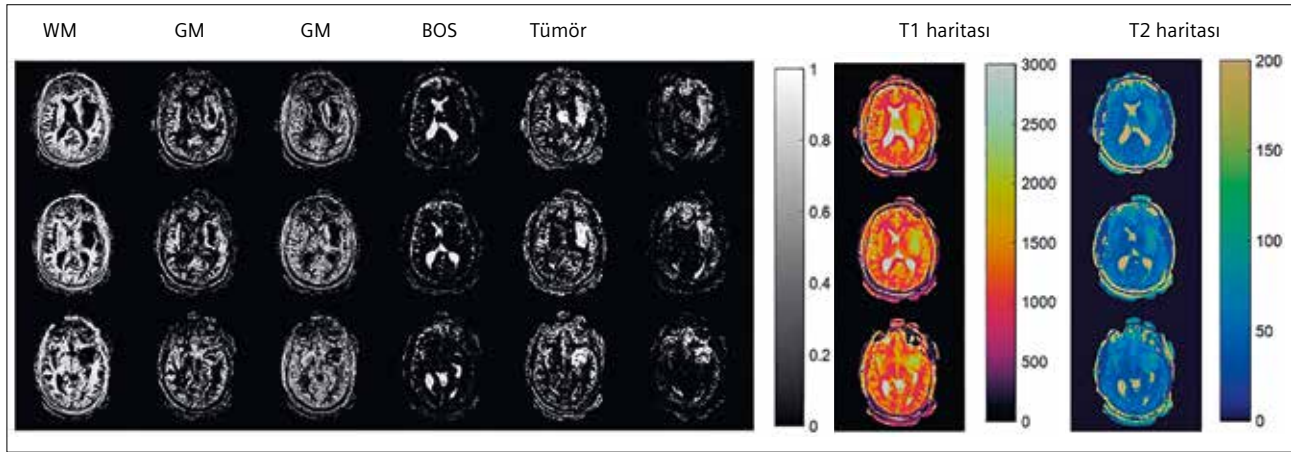
Bu bilgi de hastalıklı doku fraksiyonlarının segmentasyonunda ve tahmininde kullanılmak üzere sözlük tabanlı PV-MRF için D_{sub} ve D_{pv} oluşturmak için kullanılabilir. Şekil 9'da beyinde



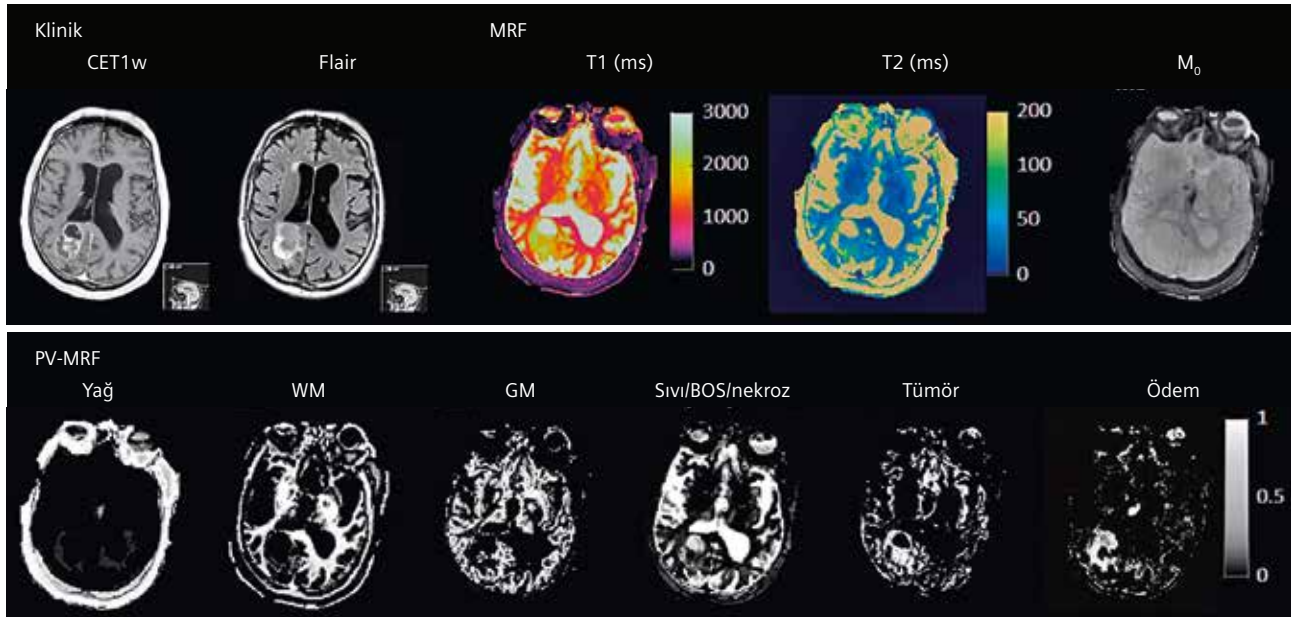
7 Farklı yaşlardaki beş kişiden elde edilen temsili T1, T2 ve MWF haritaları. Korpus kallosumun genusunu ve spleniumunu kapsayan benzer kesit lokasyonu seçildi. Yaş arttıkça T1 de T2 de azalırken, MWF arttı [16].

küçük hücreli akciğer kanseri metastazlı bir hastada sözlük tabanlı PV-MRF [23] kullanılarak yapılan doku segmentasyonu ve parsiyel volüm tahmininin bir örneği yer alıyor; tarama 3T MAGNETOM Prisma sisteminde 3D MRF ile yapıldı. Klinik olarak alınmış FLAIR ve kontrastlı T1-ağırlıklı görüntüler kistik ve nekrotik bileşenleri ve etrafı ödemli olan büyüyen bir tümörü gösteriyor. MRF T1, T2 ve M0, 3D haritalarını veriyor. Bunlardan, normal görünen beyin dokuları (yağ, GM, WM, BOS) ve hastalıklı dokular için ayrı gevşeme süreleri, k-ortalamları kümelemesi ile saptanabiliyor ve bu bölgelerde yapılacak Bayes-

çi MRF analizi ile doğrulanabiliyor. Altı doku bileşeninin bütün olası kombinasyonlarını içeren genişletilmiş bir parsiyel volüm sözlüğü hem normal dokuların hem de solid büyüyen bileşenler, kistik bileşenler ve çevreleyen ödem de dahil olmak üzere tümör dokularının segmentasyonunu ve volüm fraksiyon tahminini mümkün kılıyor. Unutmamak gerekir ki sözlük tabanlı PV-MRF Şekil 9'da [23] gösterildiği üzere kantitatif doku volüm fraksiyon haritaları verirken, Şekil 8'de örneklenen Bayesçi MRF görselleştirme, her bir vokselin belirlenen doku sınıfına karşılık geldiğine ilişkin ağırlıklı olasılıkları görselleştiriyor.



8 Solda gliyoblastomlu bir hastaya ait üç farklı kesit için altı parsiyel volüm haritası gösteriliyor. Bu yöntem hangi tip dokuların bulunduğu dair herhangi bir varsayımda bulunmadığı için, elde edilen küme etiketleri son adımda atandı. Soldan sağa beyaz madde, gri madde, gri ve beyaz madde karışı ve wm/gm parsiyel volüm, BOS, katı tümör ve tümör çevresinde yer alan bir miktar beyaz madde görülüyor. İki lezyon bulunduğu dikkat ediniz. En sağda, her bir kesit için karşılık gelen T1 ve T2 haritaları yer alıyor [33].



9 Beyinde küçük hücreli akciğer kanseri metastazının sözlük tabanlı PV-MRF ve 3D MRF çekimi kullanılarak yapılmış segmentasyonu. Sözlük eşleştirme, genişletilmiş çok bileşenli modellerin kullanılmasını ve parsiyel volüm analizine kıyasla daha çok doku tipinin segmentasyonunu mümkün kılıyor[23].

Geliştirilmiş sentetik görüntüleme

Kimi zaman, hastanın yeterince uyumlu olmaması veya tarama süresi kısıtlamaları dolayısıyla tanı için birtakım kontrast ağırlıklandırmalarından yararlanma imkanı olmuyor. Altta yatan doku MR özelliklerinin MRF gibi yöntemlerle kantitatif olarak haritalandırılması, sentetik MRG'yi mümkün hale getiriyor. İstenen kontrastta yeni görüntüler elde etmek için hastayı tekrar taramaya sokmak yerine, bu görüntüler sentezlenebiliyor ya da bilinen eşitlikler altta yatan doku özellikleri T1, T2 ve M0'a uygulanarak çevrimdışı hesaplanıp kantitatif MRG ile haritalandırılabilir. Bu yaklaşımla, görüntü kontrastı uzun tarama süreleri olmadan lezyonların ayırt edilebilmesi için optimize edilebiliyor. Sentetik görüntüleme, şu anda standart klinik uygulama olan birden çok ağırlıklı kontrastlı görüntüleri yorumlamadan kantitatif haritalara geçişi kolaylaştırmakta da yararlı olabilir.

Tipik T1- ve T2-ağırlıklı görüntüleri hesaplamak kolayken, sıvısı azaltılmış inversiyon telafisi (FLAIR) gibi yaygın kullanılan ileri kontrast ağırlıklandırmalarının sentetik MRG'si, parsiyel volüm etkilerinden dolayı hâlâ güçlük yaratıyor. Bu güçlük, Şekil 10'da örneklendiriliyor. Bir FLAIR sekansında görüntü, sıvının magnetizasyonu sıfırlandığında ve vöksel sinyaline etki etmediğinde alınıyor. Bununla birlikte, parsiyel volüm içeren vöksellerde, haritalandırılmış T1 ve T2 değerleri sıvılarla ilişkilendirilen uzun gevşeme sürelerinden etkileniyor. Bu nedenle, haritalandırılmış MRF gevşeme sürelerinden elde edilen sentetik FLAIR görüntüsünde, sıvı parsiyel volümlerinin haritalandırılmış gevşeme sürelerini kirllediği sulkuslarda kontrast yetersiz oluyor.

Burada da MRF sinyal evrimlerinin tekiliği avantaj sağlıyor: PV-MRF ile her bir vökseldeki sıvı parsiyel volümlerinin kantifikasyonunun yanı sıra sıvı sinyallerinin denk gelen katkısı da ölçülen vöksel sinyalinden çıkarılabilir. Geriye kalan sıvı-dışı dokuların sinyal evrimlerini yansıtan öteki vöksel sinyali tekrar MRF sözlüğü ile eşleştirilebilir ve bunun sonucunda elde edilen T1 ve T2 haritaları sentetik FLAIR görüntüsünü hesap-

lamakta kullanılabiliyor. Bu yaklaşım, post-processing sonrasında her bir vökseldeki sıvı katkısını "sıfırlayarak" sentetik FLAIR'in kontrastını iyileştiriyor [34].

Sonuç

MRF ile birden çok doku özelliğini hızlı, sağlam ve eş zamanlı olarak kantifiye etmek mümkün. Üstelik pseudo rastgele MRF sekansı ile oluşturulan tekil sinyal şekilleri, vöksel sinyali evrimine olan çoklu bileşen katkılarına ilişkin daha fazla bilgi sağlıyor. Sözlük tabanlı PV-MRF kullanılarak, sağlıklı ve hastalıklı dokuların ve mikrostrüktürlerin parsiyel volümleri sağlam bir şekilde segmente ve tahmin edilebiliyor. Tümörlerdeki hastalıklı dokular da dahil olmak üzere, bileşen dokuların özellikleri, kantitatif MRF sonuçlarının k-ortalamaları kümelemesi veya alt-vöksel kompozisyonlarının ileri Bayesçi analiziyle belirlenebiliyor. MRF, Bayesçi MRF ve PV-MRF bir arada kullanıldığında konvansiyonel ağırlıklı MR'da görünmeyebilen, fark edilmesi güç doku değişiklikleri hakkında yeni ve klinik açıdan amaca uygun bilgiler sunabiliyor. ●



10 PV-MRF ile geliştirilmiş sentetik MRG. Sıvısı azaltılmış inversiyon telafisi (FLAIR) sekansında, sıvının magnetizasyonu sıfırlanıyor ve elde edilen görüntüdeki sinyali etkilemiyor (solda). MRF parametre haritaları esas alınarak hesaplanan sentetik FLAIR görüntüleri sulkuslar gibi BOS parsiyel volümleri içeren bölgelerde bozuk kontrast gösteriyor, çünkü bu vöksellerdeki gevşeme süreleri sıvının etkilerini yansıtıyor. Sıvı fraksiyonlarının PV-MRF ile tahmini ve vöksel sinyal evrimine olan fraksiyonel sıvı katkısının ortadan kaldırılması, bu parsiyel volüm vöksellerinde gevşeme sürelerinin çok daha isabetli bir şekilde tahmin edilebilmesine imkan vererek sentetik FLAIR görüntülerinde daha iyi bir kontrast sağlıyor [34].

¹Geliştirilme aşamasında: Bu uygulama şu anda geliştirilmeye devam etmektedir ve ABD'de ve başka ülkelerde satışa sunulmamıştır. İleride satışa sunulacağı da garanti edilemez.

Referanslar

- 1 Warfield, S. K. et al. Automated segmentation of multiple sclerosis lesion subtypes with multichannel MRI. *Neuroimage* 32, 1205–1215 (2006).
- 2 Pundik, S., Scoco, A., Skelly, M., McCabe, J. P. & Daly, J. J. Greater Cortical Thickness Is Associated With Enhanced Sensory Function After Arm Rehabilitation in Chronic Stroke. *Neurorehabil. Neural Repair* (2018).
- 3 Busch, V., Gaser, C. & Busch, V. Changes in grey matter induced by training Newly honed juggling skills show up as a transient feature on a brain-imaging scan. *Nature* 427, 311–312 (2004).
- 4 Barnes, J., Ourselin, S. & Fox, N. C. Clinical application of measurement of hippocampal atrophy in degenerative dementias. *Hippocampus* 19, 510–516 (2009).
- 5 Adler, S. et al. Towards in vivo focal cortical dysplasia phenotyping using quantitative MRI. *NeuroImage Clin.* 15, 95–105 (2017).
- 6 Hong, S. J., Bernhardt, B. C., Schrader, D. S., Bernasconi, N. & Bernasconi, A. Whole-brain MRI phenotyping in dysplasia-related frontal lobe epilepsy. *Neurology* 86, 643–650 (2016).
- 7 Li, N. et al. Optimization and comparative evaluation of nonlinear deformation algorithms for atlas-based segmentation of DBS target nuclei. *Neuroimage* 184, 586–598 (2018).
- 8 Choi, H. S., Haynor, D. R. & Kim, Y. Partial volume tissue classification of multichannel magnetic resonance images-a mixel model. *IEEE Trans. Med. Imaging* 10, 395–407 (1991).
- 9 Alfano, B. et al. Unsupervised, automated segmentation of the normal brain using a multispectral relaxometric magnetic resonance approach. *Magn. Reson. Med.* 37, 84–93 (1997).
- 10 West, J., Warntjes, J. B. M. & Lundberg, P. Novel whole brain segmentation and volume estimation using quantitative MRI. *Eur. Radiol.* 22, 998–1007 (2012).
- 11 Reeder, S. B., Cruite, I., Hamilton, G. & Sirlin, C. B. Quantitative Assessment of Liver Fat with Magnetic Resonance Imaging and Spectroscopy. *J. Magn. Reson. Imaging* (2011).
- 12 Huppertz, H. J. et al. Voxel-based 3D MRI analysis helps to detect subtle forms of subcortical band heterotopia. *Epilepsia* 49, 772–785 (2008).
- 13 Wang, I. & Alexopoulos, A. MRI postprocessing in presurgical evaluation. *Curr. Opin. Neurol.* 29, 168–174 (2016).
- 14 Whittall, K. P. et al. In Vivo Measurement of T2 Distributions and Water Contents in Normal Human Brain. *Magn. Reson. Med.* 37, 34–43 (1997).
- 15 Guttmann, C. R. G. et al. White matter changes with normal aging. *Neurology* 42, 5–5 (1998).
- 16 Chen, Y. et al. MR Fingerprinting enables quantitative measures of brain tissue relaxation times and myelin water fraction in early brain development. *Neuroimage* 186, 782–793 (2019).
- 17 Monohan, E. et al. Measuring longitudinal myelin water fraction in new multiple sclerosis lesions. *NeuroImage Clin.* 9, 369–375 (2015).
- 18 Flynn, S. W. et al. Abnormalities of myelination in schizophrenia detected in vivo with MRI and post-mortem with analysis of oligodendrocyte proteins. *Mol. Psychiatry* 8, 811–820 (2003).
- 19 Honer, W. G. et al. 48 echo T2 myelin imaging of white matter in first-episode schizophrenia: Evidence for aberrant myelination. *NeuroImage Clin.* 6, 408–414 (2014).
- 20 Shattuck, D. W., Sandor-Leahy, S. R., Schaper, K. A., Rottenberg, D. A. & Leahy, R. M. Magnetic Resonance Image Tissue Classification Using a Partial Volume Model. *Neuroimage* 13, 856–876 (2001).
- 21 Bonar, D. C., Schaper, K. A., Anderson, J. R., Rottenberg, D. A. & Strother, S. C. Graphical analysis of MR feature space for measurement of CSF, gray-matter, and white-matter volumes. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 17, 461–70
- 22 Shin, W. et al. Automated brain tissue segmentation based on fractional signal mapping from inversion recovery Look-Locker acquisition. *Neuroimage* 52, 1347–1354 (2010).
- 23 Deshmene, A. et al. Partial volume mapping using magnetic resonance fingerprinting. *NMR Biomed.* (2019). doi:10.1002/nbm.4082
- 24 Liao, C. et al. Detection of Lesions in Mesial Temporal Lobe Epilepsy by Using MR Fingerprinting. *Radiology* 288, 804–812 (2018).
- 25 Ma, D. et al. Slice profile and B1 corrections in 2D magnetic resonance fingerprinting. *Magn. Reson. Med.* 78, 1781–1789 (2017).
- 26 Buonincontri, G. & Sawiak, S. J. MR fingerprinting with simultaneous B1 estimation. *Magn. Reson. Med.* 76, 1127–1135 (2016).
- 27 Cloos, M. A. et al. Multiparametric imaging with heterogeneous radiofrequency field: Additional material. *Nat. Commun.* 7, (2016).
- 28 Körzdörfer, G. et al. Magnetic resonance field fingerprinting. *Magn. Reson. Med.* 81, 2347–2359 (2019).
- 29 Jiang, Y., Ma, D., Seiberlich, N., Gulani, V. & Griswold, M. a. MR fingerprinting using fast imaging with steady state precession (FISP) with spiral readout. *Magn. Reson. Med.* (2014).
- 30 Ma, D. et al. Development of high-resolution 3D MR fingerprinting for detection and characterization of epileptic lesions. *J. Magn. Reson. Imaging* 1–14 (2018). doi:10.1002/jmri.26319
- 31 McGivney, D. et al. Bayesian estimation of multicomponent relaxation parameters in magnetic resonance fingerprinting. *Magn. Reson. Med.* 80, 159–170 (2018).
- 32 Hertz-Pannier, L. et al. The early development of brain white matter: A review of imaging studies in fetuses, newborns, and infants. *Neuroscience* 276, 48–71 (2014).
- 33 McGivney D., Jiang Y, Ma D, Badve C., Gulani V., Griswold M. Segmentation of brain tissues using a Bayesian estimation of multicomponent relaxation values in magnetic resonance fingerprinting. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 26 (2018) No. 1022.
- 34 Deshmene, A. et al. Accurate Synthetic FLAIR Images Using Partial Volume Corrected MR Fingerprinting. in *Proc.Intl.Soc.Mag.Reson.Med* (2016).

İletişim

Dan Ma
Radyoloji Bölümü
Case Western Reserve Üniversitesi,
Tıp Fakültesi
11100 Euclid Ave
Cleveland, OH 44106
ABD
Tel.: +1 216-844-3916
dxm302@case.edu



Bronkopnömoni komplikasyonlu pediatrik primer tüberküloz

Dr. Xing Liu; Dr. Xi Zhao*

Radyoloji Bölümü, Zhengzhou Üniversitesi Hastanesi, Zhengzhou, Çin Halk Cumhuriyeti

*Siemens Healthineers Çin

Hastanın hikayesi

10 gündür ara sıra ortaya çıkan balgamlı paroksizmal öksürük, nefes darlığı, göğüs darlığı ve ağrısı şikayetiyle 11 yaşında erkek çocuğu hastaneye yatırıldı. Fiziksel sağlığı zayıftı ve hipertansiyon, bronkopnömoni, idiyopatik pulmoner fibroz ve primer tüberküloz öyküsü vardı. Fiziksel muayenede bilateral hırıltılı nefes sesleri ve sağ akciğerde yaygın ralin eşlik ettiği dispne görüldü. Daha ayrıntılı değerlendirme için BT göğüs muayenesi istendi.

Tanı

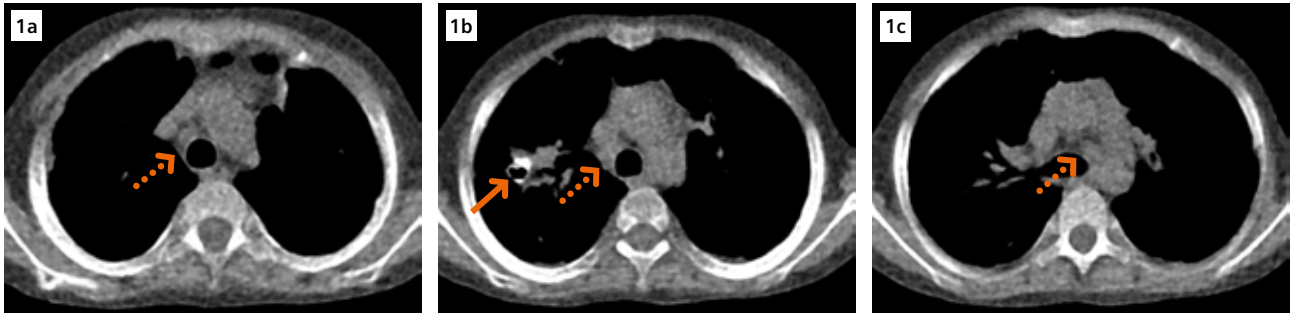
BT görüntülerinde, söz konusu bölgelerde buzlu cam opasiteleri (GGO), hiperenfasyon alanları ve bronşiyal duvar kalınlaşması gösteren, bilateral, homojen olmayan pulmoner dansiteler görüldü. Sağ üst lobun apikal segmentinde bulanık marjinal bir konsolidasyon alanı ve hava bronkogramı saptandı. Burada $0,8 \times 0,5$ mm büyüklüğünde, periferik

kalsifikasyonlu bir oyuk bulundu. Her iki akciğerde başka kalsifiye odak noktaları da görüldü. Mediastende birden çok büyümüş lenf nodu görüldü. Hiçbir plevral efüzyon belirtisine rastlanmadı. Bronkopnömoni komplikasyonlu primer tüberkülozdan şüphelenildi ve anti-tüberküloz ilaçları ve antibiyotik içeren bir tedavi planlandı.

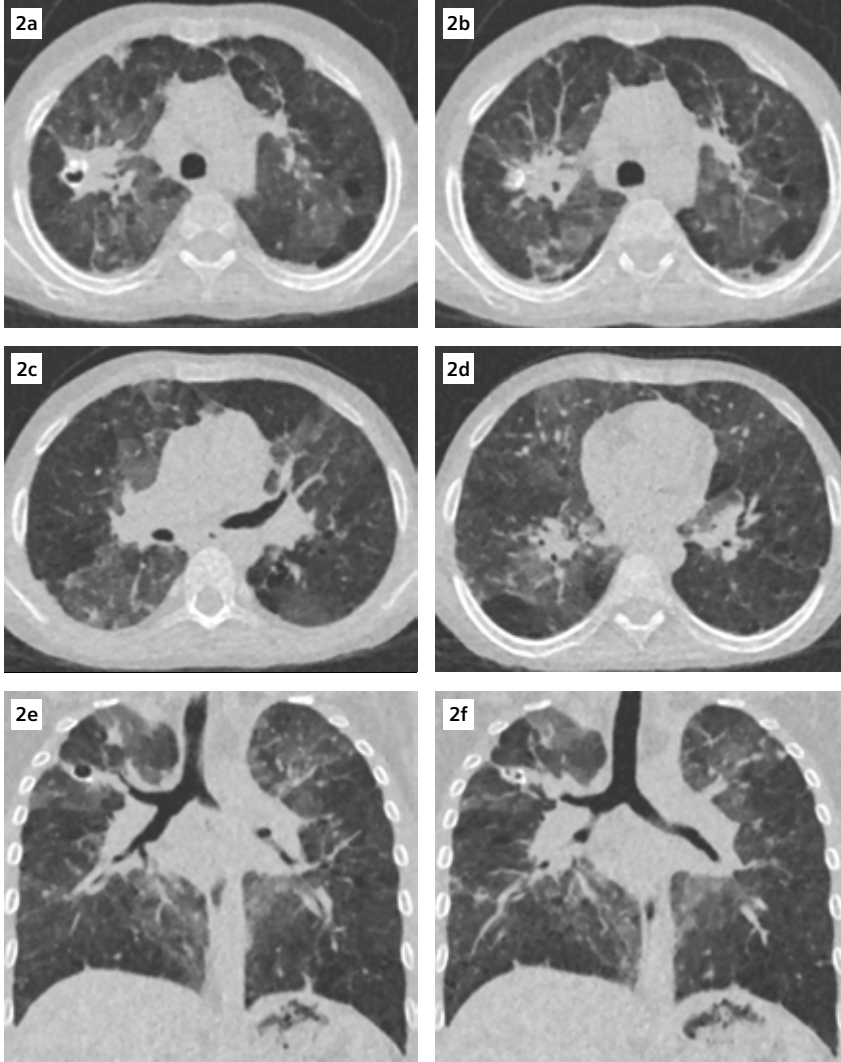
Yorumlar

BT görüntüleme, pediatrik pulmoner enfeksiyonlarda kilit rol oynuyor. Standart bir göğüs radyografisi, spesifik bakımından yetersiz kalıyor. İsabetli bir tanı koyabilmek için genellikle başta bir tarama yapılıyor ve çoğu durumda da tedavi sonuçlarını izlemek için takip taramaları isteniyor. Dolayısıyla her bir taramada uygulanan radyasyon dozunun optimizasyonu bilhassa önem taşıyor. Bu olguda CARE Dose 4D (otomatik kontrollü tüp akım modülasyonu) ve

ADMIRE (Gelişmiş Modelli Yinelemeli Rekonstrüksiyon) gibi standart doz azaltma teknikleri uygulandı. İlâveten, gelişmiş bir teknik olarak her iki tüpe de uygulanan iki özel kalay filtreli Selective Photon Shield (SPS) (Selektif Foton Kalkanı) benimsendi. Filtreler X-ışını spektrumunu optimize ediyor ve hava/yumuşak doku kontrastını kayda değer ölçüde iyileştiriyor. Yalnızca 0,026 mSv toplam etkin doz kullanıldı; bu oran standart bir X-ışını muayenesinin doz aralığı içinde bulunuyor. Bir başka önemli nokta olarak da benzersiz ultra hızlı tarama modu Turbo Flash'ı vurgulamak istiyoruz. Hasta dispne dolayısıyla iş birliği yapmadığı için göğüs taramasını tamamlamak üzere bu mod kullanıldı. Yalnızca 0,43 saniyede mükemmel bir diagnostik görüntü kalitesi elde ettik. SPS ve Turbo Flash modu kombinasyonu, rutin olarak gerçekleştirilen ultra düşük dozlu pediatrik akciğer BT taramaları açısından büyük bir potansiyel sunuyor. ●



1 Mediasten pencereci aksiyel görünüm, birden fazla büyümüş lenf nodunu (noktalı oklar) ve sağ üst lobun (ok, Şekil 1b) apikal segmentinde, içinde periferik kalsifikasyonlu bir oyukun bulunduğu bir konsolidasyon alanını gösteriyor.



2 Akciğer pencereci aksiyel (Şekil 2a–2d) ve koronal (Şekil 2e–2f) görünüm, bilateral coğrafi GGO'lar, hiperenflasyon alanları ve bronşiyal duvar kalınlaşması gösteriyor. Sağ üst lobun apikal segmentinde, içinde periferik kalsifikasyonlu bir oyuk bulunan, hava bronkogramı belirtisi olan bir konsolidasyon alanı görülüyor.

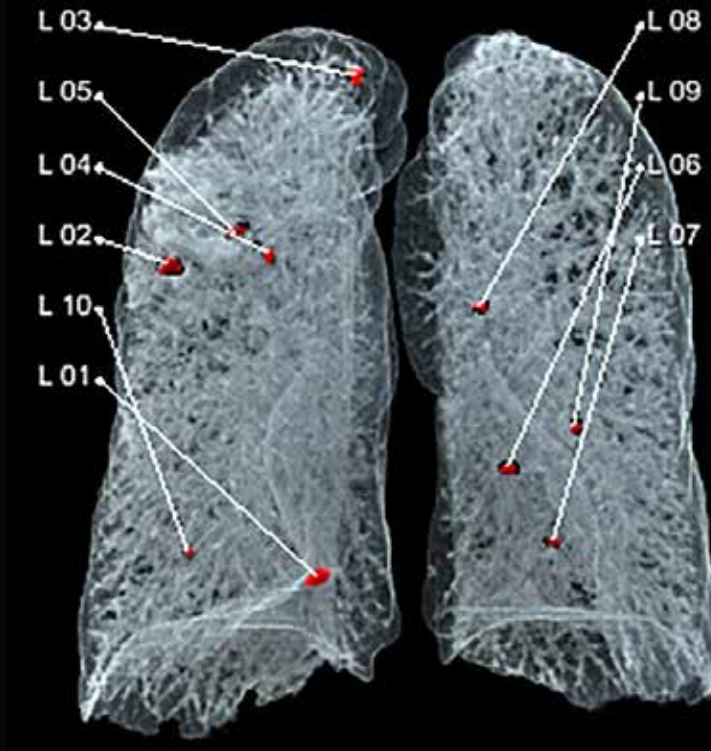
Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanın ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

Klinik uygulamada ADMIRE kullanımı; yapılan klinik işleme, hastanın kilosuna, anatomik lokasyona ve klinik uygulamaya bağlı olarak BT'de hastaya verilen dozu azaltabilir. Söz konusu klinik işleminde diagnostik görüntü kalitesi için uygulanması gereken uygun doz, radyolog ve hekim konsültasyon sonrası belirlenmelidir.

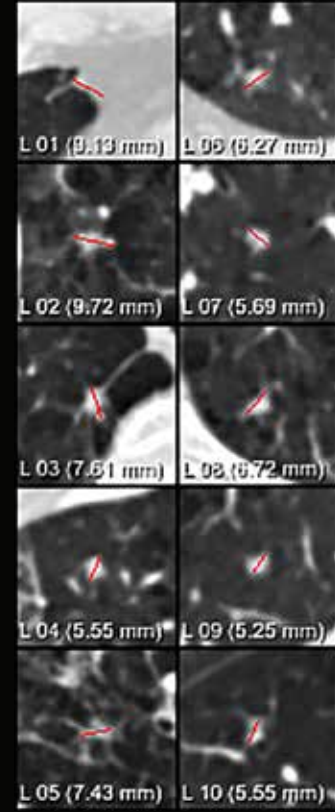
İnceleme Protokolü

Tarayıcı	SOMATOM Force
Tarama alanı	Toraks
Tarama modu	Turbo Flash
Tarama uzunluğu	219 mm
Tarama yönü	Kranio-kaudal
Tarama süresi	0,43 s
Tüp voltajı	100 / Sn100 kV
Etkin mAs	10 mAs
Doz modülasyonu	CARE Dose4D
CTDI _{vol}	0,04 mGy
DLP	0,9 mGy cm
Rotasyon süresi	0,026 mSv*
Pitch	0,25 s
Kesit kolimasyonu	2
Kesit genişliği	192 × 0,6 mm
Rekonstrüksiyon artışı	1 mm
Rekonstrüksiyon kerneli	0,7 mm
Reconstruction kernel	BI57 / Br40 ADMIRE 3

*Tahminler 0.013 dönüştürme katsayısı kullanılarak yapılmıştır ve rapor edilen DLP'yi (32 cm) DLP'ye (16 cm) dönüştürürken 2,2 ilave katsayı kullanılmıştır.



AI-Rad Companion Göğüs BT, göğüs görüntülerinin okunmasını ve raporlanmasını desteklemek için otomatik görselleştirme sağlıyor.



AI-Rad Companion¹ toraks görüntülemeyi nasıl destekliyor

2019 yılında sağlık sektöründe en çok tartışılan başlıklardan biri “Yapay Zeka” ya da kısaca “AI” oldu. Peki ama yeni teknolojilerin günlük iş akışlarına entegre edilmesinin nesi bu kadar tartışmalı? Görünen o ki bilgisayarların radyologların işlerini (hatta belki ileride kişisel yaşamlarını da) ele geçirmesinden endişe ediliyor. Tabii ki bu doğru değil. AI-Rad Companion çözümünün amacı insanları işinden etmek değil, akıllı otomasyonla radyologların günlük çalışmalarına destek olmak.

Bütün tartışmalara rağmen, ortaya pek bir şey çıkmış ya da AI klinik rutin iş akışında kendine bir yer bulmuş değil. Daha doğrusu bugüne kadar değildi. Siemens Healthineers, göğüs BT görüntülerinin analizine yarayan akıllı bir algoritma ile klinik post-processing alanında yeni bir çağa adım atıyor.

AI-Rad Companion neler yapabiliyor?

Bu iyi eğitilmiş algoritma radyologlara pek çok şekilde yardımcı olabiliyor; örneğin torasik aortun çapını ölçüyor ya da akciğerdeki şüpheli lezyonları öne çıkarıyor. Liste daha da uzuyor ve AI-Rad Companion Göğüs BT aşağıdaki rutin adımları işleyebiliyor:

- Anatomilerin ve anomalilerin öne çıkarılması
- Anatomilerin ve anomalilerin kantifikasyonu

- Anatomilerin ve anomalilerin ölçülmesi (aort çapı gibi)
- Bulguların doğrudan PACS'e gönderilen yapılandırılmış bir rapor haline getirilmesi

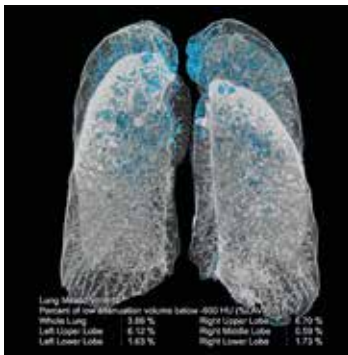
AI-Rad Companion ile radyologlar iş akışı optimizasyonu ve otomasyonu sayesinde iyileştirilmiş okuma desteğine sahip olacak.

Peki ya insanlar?

O halde radyologlar yakın zamanda işlevsiz mi kalacak? Kesinlikle hayır! AI-Rad Companion'ın rutin okuma ve ölçüm görevlerini yaparken tüm kontrolü ele geçirme riski yok çünkü veri kümelerini PACS'e gönderim sürecindeki otomasyon yapılandırabiliyor. Tercih edilen kullanıcı etkileşimi düzeyine bağlı olarak, ilave bir onay diyalogu sayesinde kullanıcı belirli sonuçların PACS'e gönderilip gönderilmemesine karar verebiliyor.

Ayrıca kullanıcıların AI-Rad Companion'ı klinik rutinlerine uygularken yeni görevlere ve iş akışlarına göre uyarılama yapmaları gerekebiliyor. Her zaman olduğu gibi, tarih tekrerrür etmeye meyilli: Her endüstriyel devrimle ve her yeni makineyle birlikte insanların da becerilerine ilişkin derinlemesine bilgilerini yeni bir alanda kullanması gerekiyor. Fakat bu gelişme, bir tehdit olmaktan ziyade bir fırsat.

Dolayısıyla klinik rutinde kullanımı kolay, kapsamlı çözümlerin bulunması, AI uygulamalarını ilerletmek ve sunduğu avantajlardan tam anlamıyla faydalanmak açısından kritik bir ön koşul oluşturuyor. Bu, özellikle de AI'yı hoş karşılayan ama kendilerini teknoloji öncüleri olarak görmeyen çok sayıda radyolog için geçerli. Güncel bir piyasa değerlendirmesinde, "Bir teknoloji çözümünü erkenden benimseyenler belli bir iş sorunu ya da klinik sorun için, ayrı ayrı ürünler ve teknolojilerden tek noktadan toplu sonuç alabilmek istiyor. Bu çözümlerin mevcut altyapılarına sorunsuzca entegre olabilmeleri gerekiyor," vurgusu yapıyor (Harris 2018).



İşe yaradığının kanıtı: Akciğer parenkiminin kantifikasyonu ve aort çaplarının ölçülmesi gibi anatomilerin ve anomalilerin otomatik görselleştirmesi.

Siemens Healthineers AI-Rad Companion Göğüs BT ile hastaneler mevcut IT altyapılarıyla ve dolayısıyla da günlük iş akışlarıyla sorunsuz entegrasyon sağlayabiliyor. Ayrıca kurum-ıçi bir çözümünde aktif geliştirme aşamasında olmasına karşın, göğüs BT için AI-Rad Companion'ın bu ilk versiyonu şimdilik teamplay bulutunda² çalışıyor. Bu altyapıyı kullanarak verilerin hastanenin yahut kurumun her yerinde şeffaf ve erişilebilir kılınmasına yönelik mevcut ve başarısı kanıtlanmış stratejiyi izliyoruz.

Peki ya hasta verilerinin güvenliği?

Mahremiyete ve güvenliğe verilen büyük önemle, hasta verileri bu çözümde şifrelenmiş olarak, yerel yönetmeliklere uygun şekilde ve bölgesel sunucularda depolanıyor. Kısa bir süre içinde kapsamlı bir klinik AI görüntü-okuma algoritmaları paketine dönüşmesi planlanan bu çözüme istikrarlı, güvenli ve güvenilir bir teknik ortam sağlayabilmek için büyük gayret gösteriliyor.

Genetik gibi daha veriye dayalı alanlar hâlihazırda AI'nın rahatlıkla vazgeçilmez bir araca dönüşebileceğini zaten gösteriyor. Radyologlar da AI'nın potansiyelinden sonuna kadar faydalanarak vakitlerini hastalara daha iyi hizmet sunmaya ayırma özgürlüğünü elde edebilecek. Rutin adımları AI gerçekleştirirken onlar da en önemli unsura odaklanabilecekler: hastaya. ●

Referanslar

- [1] Lee CS, Nagy PG, Weaver SJ, Newman-Toker DE. Cognitive and System Factors Contributing to Diagnostic Errors in Radiology. Am J Roentgenol. 2013; 201(3):611-7.
- [2] Harris S (December 16, 2017) "AI at RSNA – What a Difference a Year Makes". <https://www.signifyresearch.net/medical-imaging/ai-rsna-difference-yearmakes/> (accessed June 12, 2018)

¹AI-Rad Companion 510(k) iznini beklemektedir ve henüz ABD'de yahut başka ülkelerde ticari olarak satışa sunulmamıştır.

²Söz geçen ürünler/özellikler/hizmetler bütün ülkelerde ticari olarak kullanıma sunulmamıştır. Hizmetler çeşitli ülkelerdeki yönetmelikler nedeniyle veya başka nedenlerle pazarlanmıyorsa, hizmet sunumu garanti edilemez. Lütfen ayrıntılı bilgi için Siemens Healthineers Türkiye ile irtibata geçin.

“Ne kadar iyi, ne kadar hassas görürseniz, tanı kabiliyetiniz de o kadar artıyor”

İstanbul’un önde gelen görüntüleme merkezlerinden Medica Tıp Merkezi, görüntülemede en son teknolojileri kullanmaya önem veriyor. Medica Yönetim Kurulu Başkanı Dr. Murat Dinçer, kurumun hizmetlerini ve radyolojiye bakış açısını *İnovasyon* okurlarıyla paylaşıyor.

2001 yılından bu yana İstanbul’da görüntüleme hizmetleri sunan Medica Tıp Merkezi, kullandığı teknolojileri sürekli yenileyerek hem tanı doğruluğunda hem de hasta memnuniyetinde yüksek bir seviye yakalıyor. Medica’nın kurucusu ve Yönetim Kurulu Başkanı Radyolog Dr. Murat Dinçer, kurumun yaptığı çalışmaları ve vizyonunu anlatmanın yanı sıra, özellikle teknolojinin radyologlara sunduğu avantajları ve yeni teknolojilerden yararlanmanın önemini vurguluyor.



Dr. Murat Dinçer, Medica Tıp Merkezi Yönetim Kurulu Başkanı



Medica Tıp Merkezi'nin kuruluş öyküsünü kısaca anlatır mısınız?

Bir radyolog olarak, en son teknoloji cihazların bulunduğu bir radyoloji merkezi açma hedefiyle, Mayıs 2001'de Medica'yı kurdum. O dönemde de kullandığımız cihazların hepsi Siemens markalıydı: 1,5 Tesla MR, açık MR, spiral BT, X-ray, mamografi, kemik dansitometreyle başladık. Zaman içinde teknolojiler değişti ve biz de 3 Tesla MR'a geçtik. Sanıyorum Türkiye'deki ilk 3 Tesla MR'lardan biriydi cihazımız. Aynı dönemde 16 kesit tomografiye, 2 yıl sonra da 64 kesit tomografiye geçtik. Kısa bir süre önce de makine parkurumuzu tamamen yenilemeye karar verdik ve bu yolda gerekli adımları attık.

Diğer taraftan, görüntüleme hizmetlerimizin yurt dışında da ilgiyle takip edilmesinden gurur duyuyoruz. New York Presbyterian Hospital yetkilileri, kendilerine Türkiye'den çok hasta geldiğini ve birçoğunun elinde bizim dosyalarımızın olduğunu, raporlarımızdaki görüntülemenin ve raporlamanın çok beğenildiğini söylediler. Yaptığımız görüşmeler sonucunda bu hastaneyle afilyasyon anlaşması imzaladık.

Ayrıca çok deneyimli bir ekibimiz olduğunu da vurgulamak isterim. Özellikle de radyolog ve teknisyen arkadaşlarımız kurulduğumuz günden beri bizimle. Elbette bu arkadaşlarımızın kariyer geçmişi çok daha uzun yıllara dayanıyor. Ben ekibimle gurur duyuyorum; çok düzgün, çok çalışkan ve çok bilgili bir ekip.

Medica kendini özellikle Kadın Sağlığı Referans Merkezi olarak konumlandırıyor. Bununla ne kast ediyorsunuz?

Kadın Sağlığı Referans Merkezi tanımı, ağırlıklı olarak meme çalışmalarımızdan geliyor. Memeyle ilgili her zaman en üst düzey cihazları kullandık ve bu işi çok deneyimli bir ekiple yapıyoruz. Merkezimizde jinekolog arkadaşlarımızdan da destek alıyoruz.

Parkurunuzdaki cihazlardan bahseder misiniz?

MR cihazımızı ülkemize ilk defa gelen, Siemens Healthineers'ın en üst modeli 3 Tesla MAGNETOM Vida modeliyle yeniledik. Bu cihaz bize çok üst düzeyde manyetik rezonans görüntüleme yapma imkânı verecek. Özellikle de multiparametrik prostat MR görüntülemesiyle prostat kanseri tanısında bize çok yardımcı olacağına inanıyorum.

BT sistemimizi ise SOMATOM Force modeliyle yeniledik. Bu cihaz şu anda dünyanın en düşük dozda X-ray veren BT sistemi. Sıra kesit sayısı 384 ama dijital olarak ölçümlendiğinizde 1152 kesite tekabül ediyor. Benim için burada önemli olan, cihazın hızı ve hastalara verilen X-ray dozunun çok düşük olması. SOMATOM Force çift tüp, çift dedektör teknolojisiyle bir tam tur dönüşünü 0,25 saniyede tamamlıyor. Bu da özel-

likle beta-blocker kullanımına gerek kalmadan koroner anjiyo tetiklerinde çok faydalı oluyor. Önceleri 90, 100, 110 nabızda çok zorlanırken, şimdi hiç sorun yaşamıyoruz.

Ayrıca mamografi cihazlarımızı da yine Siemens Healthineers markalı MAMMOMAT Revelation ile yenileyerek dünyanın en az X-ray veren mamografi sistemini kurumumuza kazandırdık. Bu cihaz aynı zamanda meme biyopsisi işlemlerini de çok kolaylaştırdı. Eskiden meme biyopsisi yapılırken parçanın doğru yerden alınıp alınmadığını tespit etmek sıkıntılı olabiliyordu. MAMMOMAT Revelation ise hassasiyetle alınan parçanın doğrudan sistem üzerinde 20 saniyede taranmasını sağlıyor. Yani parçayı doğru yerden aldıysanız hastayı saniyeler içinde rahatlatabiliyorsunuz ve yaptığınız işten emin oluyorsunuz. Daha önceleri, parça doğru yerden alınmadıysa hasta tekrar makineye alınırdı ama hastayı aynı şekilde ve aynı pozisyonda odaklamak hemen hemen imkansızdı. Artık böyle bir problemimiz yok.



MAMMOMAT Revelation

Bunun yanı sıra ultrason sistemlerimizi de ACUSON Sequoia modeliyle değiştirerek görüntü kalitesini çok yükselttik. Yakın zamanda PET/BT'yi de değiştirecek ve böylece tüm makinelerimizi yenilemiş olacağız. Bildiğim kadarıyla Avrupa'da, hatta dünyada bu cihazların hepsine birden sahip başka bir merkez yok.

Tüm cihazlarınız Siemens Healthineers markalı. Bunun nedeni nedir?

Siemens Healthineers çok saygın bir marka. Teknolojik anlamda çok üstün sistemler sunuyor ve bize sadece bugünkü gelişmeleri değil, daima bir sonraki aşamayı da gösteriyor. Samiyetle söyleyebilirim ki Siemens bizi hiç yarı yolda bırakmadı. Kalitesi, satışı ve teknik ekiplerinin gösterdiği ilgi, müşteri memnuniyetine verdikleri önem nedeniyle son parkur yenilememizi de yine Siemens Healthineers ile gerçekleştiriyoruz.

Son dönemde görüntüleme teknolojilerinde yaşanan gelişmeler hakkında ne düşünüyorsunuz?

Özellikle MR açısından bakacak olursak sürelerin kısalması, sessiz çalışma ve X-ray dozunun azaltılması önemli gelişmeler. MR'da hastanın cihazdaki video sistemiyle istediği videoları izleyebilmesi veya içeride özel havalandırma olması gibi hasta konforunu artıran birçok unsur var. Bir de çekim süreleri artık çok kısa. Şu an en çok çekilen bel, boyun ve beyin MR'larını normal şartlarda, hastaya kontrast verilmemişse 8 dakika içerisinde bitirebiliyoruz. Eskiden bu çekimler 40 dakikaları bulurdu. Şimdi 8-10 dakikada bu işlem bitiyor, üstelik tam da olması gerektiği gibi yapılıyor.

Peki bu gelişmeler radyologlara nasıl yansıyor?

Tabii ki radyologlara oldukça pozitif yansıyor. Siz ne kadar iyi, ne kadar hassas görürseniz, tanı kabiliyetiniz de o kadar artıyor. Bu, bizler gibi özel merkezlerde çalışanlar için çok olumlu bir durum fakat hastanelerde hizmet alımında görevli, uzaktan çalışan ve çok düşük ücretler karşılığında MR veya tomografi okuyan radyolog arkadaşlarımızın durumunu da dile getirmek isterim. Sadece sayılardan değil, kaliteden de bahsetmemiz gerekiyor. Günde 150-200 rapor okuyan doktorlar var ve bunun sağlıklı olması mümkün

değil. Bu sorunun radyoloji derneklerimiz tarafından hassasiyetle ele alınması gerektiğini düşünüyorum.

Teknolojiden bundan sonraki beklentileriniz nelerdir?

Bilgisayarlı tomografide çok iyi noktalara gelindi, artık çok düşük dozda çekim yapılabiliyor. MR tarafında ise hasta konforu konusu var. Biraz daha geniş, bir daha kısa magnetli, daha çabuk inceleme süreleri sunan, daha az gürültülü modeller var. Ancak genel anlamda gantri darlığı ve klostrofobi için henüz hiçbir sistem bir çözüm sunabilmiş değil.

Diğer taraftan dünyada giderek artan Alzhemier ve prostat hastalıkları için bazı yazılım şirketleriyle yürüttüğümüz bazı çalışmalar var. Bu çalışmalarla, cihazlara ilave olarak yazılımları da getirerek çok daha iyi tanımlar sunmak istiyoruz.

Kadın sağlığı açısından periyodik taramanın önemi ile ilgili mesajlarınızı alabilir miyiz?

Meme kanserinde erken tanı çok önemli. Özellikle 40 yaşından sonra her yıl mamografi ve meme ultrasonu yaptırmak gerekiyor. Mamografide artık hastanın aldığı X-ray dozu gerçekten çok düştü. Fayda dengesine baktığımızda mamografiyi düzenli, periyodik yaptırmının çok önemli olduğunu görüyoruz. 1 veya 2 mm'lik bir tümör ilk taramada görülmeyebilir. Bir sene içinde bu tümör 4 mm oluyor ve kesinlikle görülebilecek hale geliyor. Ancak 5 sene ara verilirse o tümör santimetre seviyelerine gelebilir. O bakımdan elle muayeneyle yetinmemek lazım.

Son olarak Medica'nın 2020 hedeflerini öğrenebilir miyiz?

Yeni yatırımlarımızın hem doktorlarımızı hem de hastalarımızı mutlu ederek Medica'yı daha iyi yerlere getireceğini düşünüyorum. Bununla birlikte ülkemizdeki ekonomik koşulların iyileşmesi de özel sektör sağlık kuruluşlarının daha iyi noktalara gelmesine yardımcı olacaktır. İnsanlar harcamalarını azaltmak durumunda kaldıklarında koruyucu sağlık masraflarını düşürmekle işe başlıyor. Hastalandıktan sonra da maalesef çoğu zaman iş işten geçiyor. Bu anlamda ekonomik koşullarla birlikte kamu sağlığının da iyileştiği bir dönem yaşamayı diliyoruz. ●



Dr. Murat Dinçer kimdir?

Tıp eğitimini İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi'nde tamamladıktan sonra Gesi-Kayseri'de 2,5 yıl mecburi hizmet yapan Murat Dinçer, 1984 yılında Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde radyoloji ihtisasına başladı. İhtisasının 2 yılını ABD'deki Georgetown Üniversitesi'nde ve National Institute of Health'te geçirdi. Bu süreçte Türkiye için çok yeni olan manyetik rezonans görüntülemeye odaklandı ve tezini bu konuda yazdı. Türkiye'ye döndükten sonra, ülkemizde MR okuyan ilk kişilerden biri olarak özel sektörde çalışmaya başladı. 1989 yılında başladığı serbest radyoloji kariyerine, 2001'de kurduğu Medica Tıp Merkezi'nde devam ediyor.

Kemik iliği ödemli vertebral kompresyon kırığı

Kang Chen, RT; Yuanjun Wang, RT; Yilin Huang, RT; Dr. Xier Zhang; Dr. Zhenping Deng; Dr. Xi Zhao*

Radyoloji Bölümü, Chengdu 2 Numaralı Halk Hastanesi, Chengdu, Çin Halk Cumhuriyeti

*Siemens Healthineers Çin

Hastanın hikayesi

79 yaşında erkek hasta bir taraftan diğerine dönerken artan bel ağrısı şikayetiyle hastaneye getirildi. Bilinen metastazi olmayan akciğer kanseri nedeniyle ameliyat olmuştu ve herhangi bir travma yahut yaralanma öyküsü yoktu. Daha ayrıntılı değerlendirme için Dual Enerji (DE) BT istendi.

Tanı

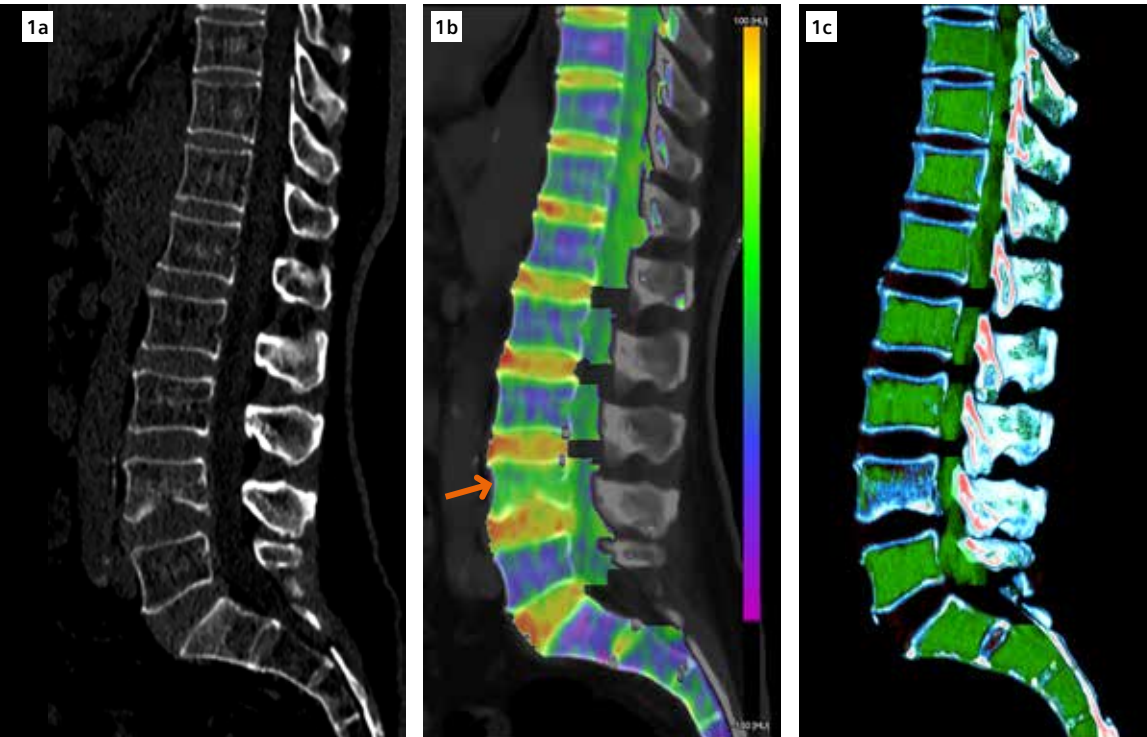
Konvansiyonel lineer harmanlanmış BT görüntüleri omurlarda tipik bir osteoporotik doku ve ayrıca 4. lomber omurda (L4) taban plağı deformasyonu gösteri-

yordu. L4 omurunda kemik iliği ödemiyle (BME) tutarlı diffüz sinyal artışı, DE sanal kalsiyumsuz görüntülerde (VNCa) görünür oldu. BME şüphesi, daha sonra bütün omurganın durumunu değerlendirmek için çekilen MRG ile doğrulandı. Herhangi bir metastaz veya başka anormali belirtisi bulunmadı. L4'te osteoporozla ilişkili taze bir vertebral fraktürden şüphelenildi.

Yorumlar

Vertebral kompresyon kırıkları genellikle osteoporozdan, travmadan ya da malignitelerden kaynaklanıyor. İnteristiyal su içeriğinde artışla gözlemlenen kemik

iliği ödemi (BME), MRG'de kemik iliği sinyalinde net bir artış olarak görünüyor ve bu da akut jenezle tutarlılık gösteriyor. Vertebral kompresyon kırıklarında BME'nin erken tanısı, vertebroplastiye uygun olan ya da komplikasyonun ilerlemesini önlemek için aktiviteye son vermesi gereken hastaların belirlenmesine yardımcı olabiliyor. Yapılan çalışmalar DE BT VNCa tekniğinin osteoporotik vertebral kompresyon kırıklarında BME'yi isabetli bir şekilde, MR görüntülemeye kıyasla yüksek bir isabetlilikle tanımlayabildiğini gösteriyor. [1,2] Böylece, kontrendikasyonu olan yahut MR erişimi kısıtlı olan hastalar açısından fayda sağlayabiliyor. DE BT farklı ener-



1 Konvansiyonel lineer harmanlanmış BT görüntüsünün sağıtal MPR'si (Şekil 1a) omurlarda tipik osteoporotik doku ve L4 omurunda taban plak deformasyonu gösteriyor. DE VNCa görüntüsü (Şekil 1b) L4 omurunda ödeme işaret eden (ok) ve 3D perspektifte değerlendirilebilen (Şekil 1c) daha parlak bir kemik iliği sinyali veriyor.

ji düzeylerine ait kütle azalım katsayısı bilgilerini kullanarak etkili bir ayrımı mümkün kılıyor. Vertebral kompresyon kırıklarında BME kansellöz kemikten kal-siyum çıkarılarak görünür hale getiriliyor. Özel bir filtre tekniği (Selektif Foton Kalkanı) BME'nin daha iyi tanımlanabil-mesi için enerji spektrumlarının ayrılı-ğını iki farklı kV ayarında artırıyor. Böyle bir durumda BME'nin açıklıkla görüntü-lenmesi, doktorların osteoporozla ilişkili taze vertebral kompresyon kırığı tanısını kesin olarak koyabilmelerine yardımcı oluyor. ●

Referanslar

- [1] M. Kaup et al. Dual-Energy CT-based Display of Bone Marrow Edema in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: Impact on Diagnostic Accuracy of Radiologists with Varying Levels of Experience in Correlation to MR Imaging. Radiology 2016; 280:510–519
- [2] C-K. Wang et al. Bone Marrow Edema in Vertebral Compression Fractures: Detection with Dual-Energy CT. Radiology 2013; 269:525–533

İnceleme Protokolü

Tarayıcı	SOMATOM Drive
Tarama alanı	Lumbar Omurga
Tarama modu	Dual Enerji
Tarama uzunluğu	318,5 mm
Tarama yönü	Kranio-kaudal
Tarama süresi	14 s
Tüp voltajı	100 / Sn140 kV
Etkin mAs	131 / 105 mAs
Doz modülasyonu	CARE Dose4D
CTDI _{vol}	9,56 mGy
DLP	320,2 mGy cm
Rotasyon süresi	0,5 s
Pitch	0,6
Kesit kolimasyonu	32 × 0,6 mm
Kesit genişliği	1,5 mm
Rekonstrüksiyon artışı	1,0 mm
Rekonstrüksiyon kerneli	Q34



- 2 T1-tse (Şekil 2a), T2-tse (Şekil 2b) ve T2-tse-fs (Şekil 2c) sekanslarında elde edilen MR görüntüleri L4 omurunda, kemik iliği sinyalinin yoğunluğunda BME'yi doğrulayan net bir artış olduğunu gösteriyor.

Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

Mamografiyi hasta için daha konforlu ve daha hassas hale getirmek

Mamografi hastalar için bir endişe kaynağı olabiliyor. Danimarka'da bir üniversite hastanesi, meme tetkiklerini daha konforlu hale getirirken iyileştirilmiş tanı isabetliliği sağlayan kişiye özel tanı imkanı da sunmaya büyük önem veriyor.

Yazı: Niels Anner | Fotoğraflar: Robert Wengler

Hastanede sessiz, dostane bir ortam hâkim. Yine de radyografi uzmanı Julie Hauge Andersen'e göre, Odense Üniversitesi Hastanesi Mamografi Bölümü'nde sağlık hizmeti alan pek çok kadın tahmin edilebileceği gibi endişeli, hatta korku içinde. Bazı hastalar tetkik sırasında memenin sıkıştırılmasını son derece rahatsız edici bulurken, bazıları da bulguların malign bir tümöre işaret edebileceğinden korkuyor. Hauge Andersen ve çalışma arkadaşı Melika Khanzadeh, bu gibi durumlarda iyi iletişimin kilit rol oynadığını biliyorlar. Hastalara tetkikin nasıl yapılacağını açıklıyor ve memenin sıkıştırılmasının hassas X-ışını görüntüleri elde etmek açısından zorunlu olduğunu anlatıyorlar. "Tanı kalitesinin yüksek olması için görüntünün çok net olması gerektiğini açıklıyoruz," diyor Khanzadeh. Hastalarla iletişim çok önemli olmakla birlikte bölüm, hasta deneyiminin gelişmesine yardımcı olmak amacıyla yeni teknolojileri de benimsiyor.

Basitleştirilmiş iş akışı sayesinde tamamen hastaya odaklanma

Hauge Andersen ve Khanzadeh, MAMMOMAT Revelation sisteminin kurulmasıyla şimdiden birkaç gelişme görmüş. Basitleştirilmiş iş akışı ve iyileştirilmiş görüntü kalitesi, radyografi ekibinin işini kolaylaştırmış. Khanzadeh, daha hızlı sonuçların ve 2D mamografiden 3D meme tomosentezine sorunsuz geçişin zaman tasarrufu sağ-

ladığını söylüyor: "Ve bu zamanı hem hastalarla iletişime hem de memenin doğru yerleştirilmesine ayırabiliyoruz." İş akışının bu şekilde optimize edilmesi yalnızca bölüme fayda sağlamakla kalmıyor, hasta deneyiminin geliştirilmesine de katkıda bulunuyor.

Memeye göre optimum sıkıştırma

Radyoloji teknisyenleri, en önemli noktanın, hastaların kendilerini mümkün mertebe rahat hissetmeleri olduğunu söylüyor. Yeni sistemin esnek yükseklik ayarı, kurumun daha kişiye özel ve konforlu bir tetkik imkânı sunmasına yardımcı oluyor. Çoğu hastanın rahatsızlık verici bulunduğu meme sıkıştırma işleminde büyük bir fark olduğunu hastalar da görüyor. Yumuşak kenarlı yeni sıkıştırma kanatları, kasların üstündeki baskıyı azaltıyor. "Pek çok hastamız farkı hemen hissettiğini söyledi," diyor Khanzadeh. Yuvarlatılmış kanatlar sayesinde elin daha rahat girmesi ve çıkmasıyla da memeyi elle yerleştirmenin daha kolay olduğunu ekliyor. Hastalar sistemin sunduğu daha nazik sıkıştırma işleminden memnuniyet duyuyor. Kanat dirençle karşılaşır karşılaşmaz sıkıştırma otomatik olarak yavaşlıyor ve sistem, basıncı hastanın memesine göre ayarlıyor. Bu sayede gereksiz basınç önlenirken optimum görüntü kalitesi elde ediliyor. "2D tetkikte de 3D'de de aynı sıkıştırma kanadını kullanabiliyoruz," diyor Khanzadeh. "Bu da gerekli adımların azalmasını ve daha rahat bir tetkiki mümkün



Daha konforlu mamografi taramaları: Radyografi uzmanı Melika Khanzadeh MAMMOMAT Revelation'ın hasta dostu tasarımını gösteriyor.

kılıyor. Ve optimum sıkıştırmayı hastadan ya da teknisyenden bağımsız olarak elde ettiğimiz için iş akışımızı daha da optimize edebiliyoruz.”

Daha esnek iş akışları sayesinde hastaneye gidiş sayısı azalıyor

Danimarka halk sağlığı sisteminin idaresinde ki hastanede, hasta sayısı sürekli olarak artıyor. “Hasta girdi çıktımız yüksek,” diyor uzman radyolog Dr. Lisbet Brønsro Larsen. Her gün, medede küçük kitle gibi semptomları olan kadınlar tanı için bölüme sevk ediliyor. Yeni sistemde mamografi, tomosentez ve biyopsi de dâhil olmak üzere çeşitli yöntemler etkin bir şekilde uygulanabiliyor ve isabetli bir tanıyı desteklemekte kullanılıyor. Bu aynı zamanda, bölümün ultrason gibi tanıya yönelik ileri tetkiklere ilişkin karar almasına ve bunları planlamasına da yardımcı oluyor. “Özellikle tomosentez kullanımı ileride iş süreçlerimizi daha esnek hale getirecek. Ve hastaların hastaneye bu kadar çok gelmeleri gerekmeyecek,” diyor Larsen.



“Özellikle tomosentez kullanımı ileride iş süreçlerimizi daha esnek hale getirecek. Ve hastaların hastaneye bu kadar çok gelmeleri gerekmeyecek.”

Lisbet Brønsro Larsen, Uzman Radyolog

Daha düşük dozla daha yüksek görüntü kalitesi

Hastanenin en son görüntüleme teknolojisini kullanması uzman doktora gayet doğal görünüyor. On yıldan uzun zaman önce mamografi çığır açtığında da Larsen bir öncüydü: “Elbette hastalarımıza en iyi, en etkin ve en yumuşak tetkiki sunmak istiyoruz fakat aynı zamanda klinik tanının gelişmesine de katkıda bulunmak istiyoruz. MAMMOMAT Revelation önceden kullandığımız bütün sistemlerden daha iyi bir görüntü kalitesi sunuyor.” Bu sistem tomosentez görüntülerini 50°’lik bir açı aralığıyla çeşitli izzüşümler olarak elde ediyor. Bunun sonucunda, 3D görüntüler daha keskin ve daha ayrıntılı oluyor ve böylelikle radyoloğun 2D’ye kıyasla daha çok sayıda lezyonu görebilmesine olanak veriyor. Ayrıca, PRIME Technology isimli yazılım-tabanlı saçılma önleyici çözüm sayesinde, 2D mamogramlarda radyasyon dozu yüzde 30’a kadar azaltılabiliyor.

Kişiyi özel tanı için entegre meme dansitesi değerlendirmesi

Personel yeni sisteme tümüyle alıştıktan sonra, iş akışlarını daha da özelleştirmek ve daha kişiyi özel tetkikleri mümkün kılmak için ilave çözümlerin kullanıma alınması planlanıyor. Her kadında farklı olan meme dansitesi buna bir örnek. Meme dansitesi fazla olan kadınlarda görüntüleme daha zor oluyor. Meme dansitesini bilmek, tomosentez gibi daha ileri tanı yöntemlerinin planlanmasında faydalı olabiliyor. Bu sistemle, artık meme dansitesi ölçümü doğrudan çekim iş istasyonu ekranında, otomatik olarak yapılabiliyor. Bu, hastanenin iş akışlarını adapte etmesine yardımcı olacak. Mesela meme dansitesi yüksek olan hastalara, hemen tomosentez yapılabilecek. Eskiden böyle bir durumda hastanın tekrar randevu alması gerekiyordu. Hastane yakın zamanda politikalarını buna uygun olarak düzenleyecek. Zamandan tasarruf sağlayan ve daha kısa sürede tanı veren bu gelişme, hem hastalar hem de çalışanlar için bir avantaj olacak.

Tek bir sistemde ileri tanı

Lisbet Brønsro Larsen’e göre tomosentezin sağladığı daha yüksek tanı isabetliliği önemli bir fayda. Sistemin 50 derecelik geniş açısı sayesinde, tesiste yüksek derinlikli çözünürlük elde edilebiliyor ve böylelikle yüksek dansiteli meme dokusunda bulunan, 2D’de görülmeyen lezyonların tespit edilmesi mümkün oluyor. Bu yeni sistemle, Larsen’in ekibi tomosentez rehberliğinde

Uzman radyolog
Dr. Lisbet Brønso
Larsen ve
radyografi uzmanı
Melika Khanzadeh
Odense Üniversite
Hastanesi'nde yeni
MAMMOMAT
Revelation
tarayıcının başında.

biyopsiler de gerçekleştirebiliyor. Bu, özellikle de genelde küçük olan ve isabetli biyopsinin güç olduğu mikrokalsifikasyonlarda büyük fayda sağlıyor. Bu hizmetler eskiden bölüm bünyesinde sunulmuyordu ve dolayısıyla hastaların MRG gibi başka bir bölümden ayrıca randevu alması gerekiyordu. Aynı biyopsi işlemi sırasında, doku örneklerinin taraması da yapılabiliyor. Diğer sistemler kullanıldığında doku taramasının başka bir sistemle yapılması gerekiyor ve bu da tetkik süresini uzatıyor. Artık radyolog ve teknisyen işlem boyunca hastanın yanında kalabiliyor ve memenin sıkıştırılma süresi de kısaltılabiliyor. "Tomosentezli biyopsi tetkiki son derece isabetli ve iş akışı da kolay," diyor Melika Khanzadeh. "Biyopsiler hastalar için çok stresli olabildiğinden, bu bizim için harika bir çözüm ve sıkıştırma süresini kısaltıyor."

Larsen ve ekibi için bir diğer yenilik de kontrastlı X-ışını görüntülemenin mümkün olması. Larsen, tümör tedavisi görmekte olan bazı hastalarla fonksiyonel görüntüleme üzerine bir çalışma yapmayı planlıyor. Bu yeni teknolojinin ileride

"Tomosentezli biyopsi tetkiki son derece isabetli ve iş akışı da kolay."

Melika Khanzadeh, radyografi uzmanı

bazı MRG tetkiklerinin yerini alacağını ve böylelikle hastaların artık hastaneye tekrar gelmesine gerek kalmayacağını anlatıyor. Bu yeni çok-işlevli cihazlar hastaların bekleme sürelerini ve buna bağlı kaygılarını azaltıyor ve aynı zamanda da daha hassas bir tanıyı mümkün kılıyor. ●

Niels Anner Kopenhag'da yaşayan bağımız bir gazetecidir. Kuzey Avrupa'da iş dünyası, bilim, teknoloji ve toplum üzerine yazılar yazmaktadır.

Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

Algoritmalar: geleceğin tıbbını şekillendirmeye tamamen hazır

Tıbbın bütün disiplinlerinde, yapay zeka ve makine öğrenimi çoğu insanın hayal edebileceğinin çok ötesinde bir dönüşüme yol açacak. Radyoloji görüntülerinin değerlendirilmesine yardımcı olan algoritmalar daha başlangıç. AI, tıbbın tüm dallarında vazgeçilmez bir araç haline gelebilir.

Yazı: Philipp Grätzel von Grätz

Oturma odalarımızdaki sanal asistanlardan akıllı yatırım algoritmalarına, yazılım-tabanlı trafik kontrolünden sürücüsüz araçlara kadar hiçbir alanda yapay zekadan (AI) ve makine öğreniminden kaçış yok. Şu anda bu konu politik düzeyde de ele alınıyor. Çin, Yeni Nesil Yapay Zeka Geliştirme Planı'nı Temmuz 2017'de açıkladı. Mart 2018'de Fransa Cumhurbaşkanı Emmanuel Macron, hükümetin 2022 yılına kadar AI'ya toplam 1,5 milyar Euro yatırım yapacağını duyurdu. Nisan 2018'de İngiliz hükümeti, 1 milyar pound değerinde AI Sektör Anlaşması politika belgesini düzenledi. Mayıs'ta sıra İsveç'teydi. Alman hükümeti AI stratejisini 2018'in sonunda açıkladı. Avrupa düzeyinde ise, Avrupa Komisyonu Nisan 2018'de bir Avrupa AI Stratejisi oluşturdu ve bir yıl sonra da Avrupa AI etik ana esasları taslağını hazırladı.

Artan işlem gücü sayesinde AI için pratik kullanım alanları

AI'nın ilerlemesi tıp alanında da görülebiliyor. İnovasyon şirketleri ve teknoloji odaklı tıp kurumları, koruyucu hekimlikten taramaya, tanıdan tedaviye ve hastalık yönetimine kadar hemen hemen tüm sağlık hizmetleri alanlarında akıllı algoritmalar geliştiriyor, test ediyor ve giderek artan bir şekilde uyguluyor.

Aynı zamanda, düzenleyici kurumlar da dikkatlerini bu konuya yöneltiyor. Şubat 2019'da ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tıpta kullanılacak AI uygulamalarının ruhsatlarına ilişkin bir müzakere belgesi yayınladı. Belge, güncellemeler sırasında eğitilen ve yeniden eğitilen "basit" uygulamalarla ilgili değil; bu tür çözümler zaten mevcut ve düzenleyici kurumlar tarafından onaylı. Yeni FDA inisiyatifi daha ziyade, gerçek zamanlı olarak öğrenen ve sürekli olarak algoritmalarını değiştiren, bu nedenle de geleneksel yazılım çözümlerinden daha farklı yönetmeliklere tabi olmaları gereken, daha gelişmiş AI sistemleriyle ilgili.

Şu anda FDA'nın da ele almakta olduğu "statik" ve "dinamik" AI arasındaki ayrım, yapay zekanın çok geniş kapsamlı ve tanımı belirsiz bir terim olduğunu gösteriyor. Bugün, insanlar AI'dan söz ettiklerinde genellikle yapay nöral ağlar kullanan özel bir makine öğrenimi biçimi olan derin öğrenmeyi kastediyorlar. Bu yöntem, dünya Go şampiyonunu yenmeyi başaran Google algoritması aracılığıyla tanındı. Fakat aslında nöral ağlar onlarca yıldır var. İsviçre Basel Üniversite Hastanesi Radyoloji ve Nükleer Tıp Kliniği'nde Araştırma Koordinasyonu Başkanı olan Dr. Bram Stieltjes, "En büyük değişim işlem gücünde yaşandı," diyor. "Gücün artması uzun zamandır var olan algoritmaların pratik kullanıma sokulmasına olanak verdi." Nöral ağların eğitilmesindeki temel unsur olan grafik kartlar da çok daha güçlü hale geldi.

"Radyolojide matematiksel devrim"

Nöral ağların bu şekilde eğitilmesi -ki bu iş genellikle on binlerce veri seti içerir- özellikle de algoritmaların artık belli meselelerde radyologlardan daha iyi iş çıkardığı radyoloji alanında öne çıktı. Almanya'daki Mannheim Üniversitesi Tıp Merkezi Klinik Radyoloji ve Nükleer Tıp Bölüm Başkanı Profesör Stefan Schönberg, "radyolojide matematiksel bir devrim"den söz ediyor. "Görüntü analizi başka bir şey," diyor. Fakat radiomics çağında, algoritmalar artık yüksek çözünürlük kullanıp çok boyutlu veri kümeleri içinde veri kümelerini tek tek voksellere kadar araştırarak eleme yapıyor. "Görüntülere mi yoksa tamamen istatistiksel parametrelere mi bakıyor olduğumuz hiç net değil," diyor Schönberg.

Uzmanlar, zaman zaman medyanın da gündeme getirdiği gibi, algoritmaların radyologların yerini alabileceği korkusunu taşıyor. Almanya, Essen Üniversite Hastanesi Tanısal ve Girişimsel Radyoloji ve Nöroradyoloji Enstitüsü'nden Prof. Dr. Michael Forsting, "Çoğu radyolog AI'yı bir tehdit olarak değil, bu alana faydalı olacak bir gelişme olarak görüyor," diyor. Forsting'e göre, algoritmalar sürekli tekrarlanan, vakit alan işleri üstlenebilir ve böylelikle radyologların günlük iş yükünü azaltabilir. "Mesela biz burada, Essen'de, beyindeki multipl skleroz lezyonlarının sayımını otomatik hale getirdik. Kemik yaşının belirlenmesinde ve erken felç tespitinde de algoritmalarından yararlanıyoruz."

AI'nın laboratuvarlarda yer edinmesi

Kendi kendine öğrenen algoritmalar diğer tanı disiplinlerinde de önümüzdeki birkaç yıl içinde kapsamlı bir değişime yol açabilir. En ön sırada, henüz tam olarak değerlendirilmemiş muazzam hacimde veri kümeleri üreten patoloji yer alıyor. Almanya'daki Charité Berlin Patoloji Enstitüsü'nden Prof. Dr. Frederick Klauschen, Federal Alman Patologlar Derneği'nin bir etkinliğinde, "AI sayesinde verimlilik artışı kesinlikle ilk adım olacak," diyor. Örneğin patologlar çok yakında algoritmaların hücre çekirdeklerinin sayılması işini devralabileceğini düşünüyor. Bu da kendilerine ve çalışma arkadaşlarına, daha karmaşık işlere ayırabilecekleri zamanı kazandıracak.

Klauschen orta vadede de algoritmaların, AI olmadan yapılması zor analizler de dâhil olmak üzere, pek çok farklı değerlendirmede kullanılacağını düşünüyor. Örneğin, kendi kendine öğrenen algoritmaların kanser hastalarında karmaşık biomarker örüntülerini tanımda insanlardan daha başarılı olduğu yönünde işaretler var. Böylece, hassas tıpta hangi hastaların immünoterapiye yanıt vereceğini öngörmek için tek tek parametrelerin yerine bu örüntüler kullanılabilir.

Biomarker'lar konusunda da AI algoritmalarının, patoloji ve radyolojiden sonra üçüncü büyük tanı alanı olan laboratuvar tıbbında bir takım gelişmeleri tetikleme ihtimali yüksek. 200 klinik laboratuvar yöneticisi ile yapılan bir Siemens Healthineers anketinde, on kişiden yedisinin önümüzdeki dört yıl içinde AI'nın in vitro tanı (IVD) alanına geçeceğini söyledi. Hatta katılımcıların onda dokuzu kadar yüksek bir oranda, AI'nın sağlık sektörü üzerinde kayda değer



Almanya'daki
Mannheim
Üniversitesi Tıp
Merkezi'nde Klinik
Radyoloji ve Nükleer
Tıp Bölüm Başkanı
Prof. Dr. Stefan
Schönberg.



Almanya, Essen
Üniversite
Hastanesi'ndeki
Tanısal ve Girişimsel
Radyoloji ve
Nöroradyoloji
Enstitüsü'nden
Prof. Dr. Michael
Forsting.



Almanya'daki
Charité Berlin
Patoloji
Enstitüsü'nden
Prof. Dr. Frederick
Klauschen.

bir uzun vadeli etki yaratacağı sonucu çıktı. Her iki kişiden biri ise AI uygulamalarını laboratuvar tıbbında zaten kullanıyordu.[1]

Tanı uzmanlarına ihtiyaç kalmayacak mı?

Laboratuvarlarda, operasyonel süreçleri destekleyen algoritmalara yönelik bir ilgi var. Örneğin, tanı sistemlerinin laboratuvarlar arası karşılıklı takibinde AI, arıza gerçekleşmeden önce sorunları tespit ederek önleyici bakım programlarının yapılmasına imkan verebiliyor. Klinik açıdan ise algoritmalar laboratuvar tıbbında tanı-



Dr. Bram Stieltjes,
İsviçre'deki Basel
Üniversite Hastanesi
Radyoloji ve Nükleer
Tıp Kliniği Araştırma
Koordinasyonu
Direktörü

İş birliği demişken...

"İleride radyoloğun, patoloğun ve laboratuvar hekiminin görevleri artık birbirinden farklı olmayabilir. Belki de görevimiz, tanıya ilişkin bilgileri büsbütün entegre etmek olacak ve tanı yapbozunun bütün parçalarını mümkün olduğunca kısa sürede bir araya getirmek için entegre tanı bölümlerinde yakın iş birliği içinde çalışacağız."

ya ilişkin kararlara ve aynı zamanda, patolojide olduğu gibi, karmaşık biomarker örüntülerine dayalı tahminsel analize uygun. Algoritmaların özellikle ümit vaat eden bir kullanımı da tanıya ilişkin bilgilerin bütüncül analizidir. Bunun için, algoritmalar laboratuvar, elektronik hasta kayıtlarından, görüntülemelerden ve bazen de patolojiden elde edilen verileri harmanlıyor. Basel Üniversite Hastanesi'nden Bram Stieltjes AI-destekli bu "disiplinlerarasılığı", algoritmaların tanıya ilişkin alanlarda klinik uygulamayı doğrudan etkileme yollarından biri olarak görüyor: "İleride radyoloğun, patoloğun ve laboratuvar hekiminin görevleri artık birbirinden farklı olmayabilir. Belki de görevimiz, tanıya ilişkin bilgileri büsbütün entegre etmek olacak ve tanı yapbozunun bütün parçalarını mümkün olduğunca kısa sürede bir araya getirmek için entegre tanı bölümlerinde yakın iş birliği içinde çalışacağız."

AI ve anlatı-tabanlı tıp

Radyoloji, patoloji ve biyokimya –bütün bunlar halihazırda pek çok alanda yüksek ölçüde dijitalleştirilmiş, çok teknik alanlar. Dolayısıyla tıbbi AI'ya ilişkin çokça tartışmanın bu alanlarda yaşanması şaşırtıcı değil.

Radyolojinin çok ötesindeki tıbbi AI uygulamalarının ele alındığı Tıpta Yükselen Teknolojiler Yıllık

Kongresi'nin (ETIM) sorumlusu Michael Forsting, bunun geçici bir durum olduğunu düşünüyor: "Uzun vadede teknik disiplinler anlatı-tabanlı ve klinik tıptan çok daha az değişecek."

Peki neden? "Çünkü çoğu hata teknik olmayan alanlarda gerçekleşiyor ve AI hataları azaltabiliyor," diyor Forsting. Örneğin sese, yüz ifadesine ve duruşa göre kesin olmayan depresyon tanısı koyabilen algoritma-tabanlı uygulamalardan bahsediyor. Bu algoritmalar, klinik çalışmalarda giderek daha çok test ediliyor. Mesela psikiyatrist olmayan bir doktorun tamamen fiziksel bir rahatsızlıktan mustarip olduğu düşünülen bir hastayı muayene ettiği durumlarda çok faydalı olabilirler.

Amerikalı ve Alman genetikçiler ve biyoenformatikçiler, 2019'un başında *Nature Medicine* dergisinde oldukça farklı bir kullanım alanından söz etti. Bilim insanları yüz fotoğrafları üzerinden nadir görülen genetik hastalıkları tespit etmek üzere eğitilmiş, DeepGestalt isimli bir algoritma ağı geliştirdi.

Bu algoritma, 200'ün üstünde genetik sendromu kapsayan, 17.000 hasta fotoğrafı ile eğitildikten sonra, insan genetik konsültasyonlarında ki tipik bir hasta grubuna ait 502 yüz fotoğrafını analiz etti. On hastadan dokuzunda, doğru tanı ilk on öneri içinde yer alıyordu.[2] DeepGestalt, özellikle kalıtsal hastalık uzmanlarının bulunmadığı bölgelerde muazzam bir fayda sağlayabilir. Forsting'e göre, "AI anlatı-tabanlı ve klinik tıpta müthiş iyileşmeler ortaya çıkarabilir." ●

Philipp Grätzel von Grätz Berlin'de yaşayan, tıp eğitimi almış bağımsız bir yazardır. Özellikle biyotıp, tıbbi teknolojiler, sağlıkta IT ve sağlık politikalarıyla ilgilenmektedir.

Referanslar

- [1] From Automating Muscle to Augmenting the Brain. How Artificial Intelligence Will Change the Clinical Laboratory. Siemens Healthineers/Siemens Healthcare Diagnostics Inc., Tarrytown, NY, July 2018. <https://www.siemens-healthineers.com/news/mso-ai-will-change-clinical-laboratory.html>. Last accessed May 14th, 2019
- [2] Nat Med. 2019 Jan;25(1):60-64.

Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

Hassas radyasyon tedavisi çağında klinik radyoloji ve radyasyon onkolojisi arasında iş birliğinin önemi

Amish Lakhani, MBBS MA (Cantab) FRCR¹; Yat Man Tsang, BSc MSc PhD²; Roberto Alonzi, BSc MBBS MRCP FRCR MD³; Anwar R. Padhani, MBBS FRCP FRCR¹

¹Uzman Radyolog, Paul Strickland Görüntüleme Merkezi, Mount Vernon Hastanesi, Northwood, Middlesex, İngiltere

²Uzman Radyoloji Teknisyeni – Uzman Servis, Mount Vernon Hastanesi, Northwood, Middlesex, İngiltere

³Uzman Klinik Onkolog, Mount Vernon Hastanesi, Northwood, Middlesex, İngiltere

Giriş

Radyasyon tedavisi, pek çok kanser hastasının süreç yönetiminde temel bir bileşen. Kanser hastalarının %50'sinden fazlasında primer tedavi, lokal kontrol ve palyasyon için kullanılabiliyor [1]. Kanserli atlatan hastaların %40'ında radyasyon tedavisinin tedavi rejiminin ayrılmaz bir parçası olduğu görülüyor. Dolayısıyla bu tedavi modalitesi uygun maliyetli bir çözüm olarak ortaya çıkıyor [2].

Radyasyon tedavisinin başarısında, radyasyon onkoloğunun tümörün sınırlarını isabetli bir şekilde belirleme becerisi kilit rol oynuyor. Bu sayede, kansere uygulanan radyasyon dozu azami düzeye çıkarılırken komşu normal dokularda doz toksisitesi asgari düzeye indiriliyor. Bu, yoğunluk modülasyonlu radyoterapi (IMRT) ve stereotaktik vücut radyasyon tedavisi (SBRT) gibi son derece konformal radyasyon tedavisi sunma yöntemlerinde meydana gelen teknolojik gelişmelerle gitgide daha mümkün hale geliyor. Radyoterapi yöntemlerindeki ilerlemelere paralel olarak, kantitatif fonksiyonel biomarker'larla manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve yeni izleyiciler-

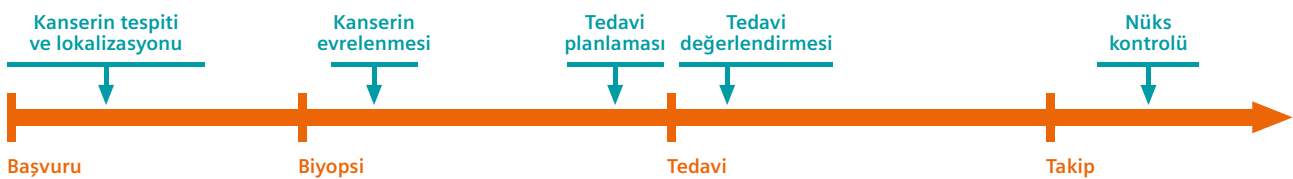
le pozitron emisyon tomografi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT) gibi yeni nesil tekniklerin gelişmesiyle birlikte görüntüleme alanında da teknolojik ilerlemeler yaşanıyor. Görüntülemedeki bu ilerlemeler sayesinde tümörün lokasyonunun ve kapsamının tespit edilmesinde hassasiyet ve spesifite iyileşiyor [3]. Bu yazıda, bu ilerlemelere ilişkin örneklerle dikkat çekecek ve klinik radyoloji ve radyasyon onkolojisi bölümleri arasındaki iş birliğinin tedavi etkinliğini nasıl artırdığını göstereceğiz.

Kanser hastasının rotasında görüntüleme

Görüntüleme; kanserin tespiti ve lokalizasyonundan tedavinin sona ermesinin ardından rekürans için takibe kadar, hasta rotasının neredeyse her aşamasının ayrılmaz bir parçasıdır (Şekil 1). Prostat kanserini örnek alarak, görüntüleme alanında meydana gelen teknolojik ilerlemelerle tümör mikroortamının ve normal dokuların nasıl görüntülenebildiğini ve isabetli ve başarılı radyasyon tedavileri için bundan nasıl faydalanabileceğimizi göstereceğiz.

Multiparametrik prostat MRG'si (mp-MRG) artık prostat kanseri şüphesi duyulan hastalarda rutin olarak kullanılıyor [4]. mpMRG sayesinde, birbirinden farklı biyolojik özellikleri tanımlamak için birden çok MRG sekansından faydalanabiliyoruz: Morfolojik T1 ve T2-ağırlıklı sekanslar bize anatomiye dair bilgi veriyor; difüzyon-ağırlıklı görüntüleme (DWI) sellüler dansite ve nekroz konusunda bilgilendiriyor; spektroskopik hücre proliferasyonunu ve normal glandüler dokuların yenilenmesini saptıyor; dinamik kontrast artırma (DCE) ise perfüzyon ve vasküler permeabilite hakkında bilgi veriyor. Bu özelliklerden faydalanarak prostat kanserini isabetli bir şekilde tespit etmek, lokalize etmek ve lokal olarak evrelendirmek mümkün. mpMRG füzyon teknikleri yoluyla biyopsiye kılavuzluk etmek ve/veya biyopsiyi yönlendirmek açısından da önemli ve gerekirse cihaz içinde biyopsi için de MRG kullanılabiliyor.

Eğer bir hastaya pelviste lokalize prostat kanseri tanısı konmuşsa, pelvik radyoterapi, oligometastazların varlığında bile uygun bir tedavi seçeneği olabiliyor. mpMRG'nin klinik olarak anlam-



1 Görüntüleme (yeşil oklar) kanser hastasının rotasının (turuncu ok) başından sonuna kadar ayrılmaz bir parçasıdır.

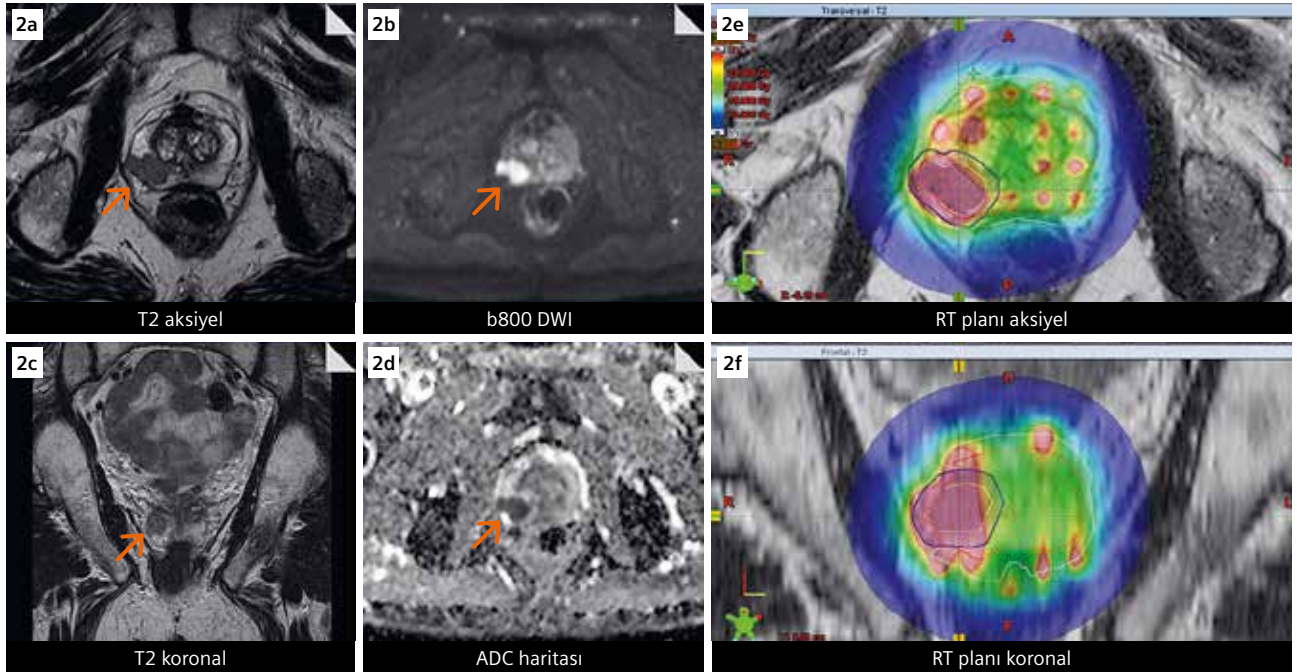
lı prostat kanserini (csPC) tespit etme oranlarının yüksek olduğu gösterilmiş-se de [5], birden çok çalışma, bilinen prostat kanserli hastalarda intraprostatik hastalığın volümünü ve kapsamını eksik değerlendirebildiğini gösterdi [6]. Radyoterapi planlaması sırasında prostat bezinin tamamını brüt tümör volümüne (GTV) dâhil etmek işte bu yüzden önemli. Bununla birlikte, fokal radyasyon tedavisi uygulanabilecek olan daha agresif indeks lezyonlarının saptanmasında, mpMRG'nin güvenilirliğinden de faydalanmak mümkün (Şekil 2). Bu örnekte mpMRG, dominant sağ taraflı indeks lezyonunu anatomik ve DWI üzerinde açık bir şekilde gösteriyor, bu da hastanın biyolojik olarak optimize edilmiş radyoterapiye girmesini mümkün kılıyor; planlama bilgisayarı için optimizasyon yazılımı, dominant indeks lezyonuna uygulanan dozu fokal bir destekle en üst düzeye çıkaracak ve bezin geri kalanına verilen dozu tanımlı bir tavanla sınırlandıracak şekilde programlandı.

Bir başka olgu örneğinde (Şekil 3), multidisipliner bir ekibin (MDT) değerlendirmesinin ardından, organla sınırlı prostat kanseri olan bir hastanın son derece konformal SBRT ile tedavi edilebileceğine karar verildi. MDT'de, raporlayan radyolog prostat volümünü, indeks lezyonunun lokasyonunu tarif etti ve tümörün organla sınırlı olduğunu doğruladı. Radyasyon onkoloğu optimum tedavi planını seçti. Radyoloğun tümörün brüt ekstraprostatik kapsamı riskini dikkatle değerlendirmesi önemli bir konu. Tümör organla sınırlı görünse bile, tümör-kapsül temas uzunluğunda artış söz konusu değilse, giderek artan bir mikroskopik ekstraprostatik kapsam riski bulunuyor [7]. Hatta klinik olarak organla sınırlı tümörlerin %20-50'sinde sonunda prostatektomide ekstraprostatik kapsama ulaşıyor (genellikle mikroskopik) [8]. Eğer böyle bir düşünce varsa ve radyasyon onkoloğu bundan haberdar edildiyse, tümörün bulunduğu yerdeki tedavi marjinleri genişletilebiliyor

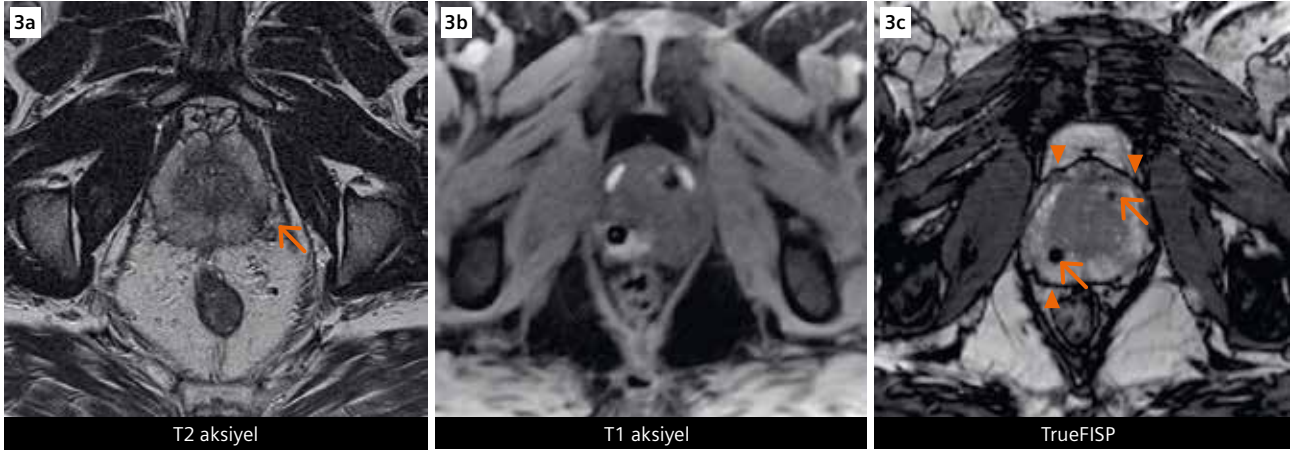
ve bez çevresindeki başka noktalarda tedavi marjinleri daha sıkı tutularak radyoterapi alanındaki komşu normal dokular da dahil olmak üzere potansiyel yan etkiler minimize edilebiliyor. Girişimsel radyolog dinamik hedef takibine yardımcı olması için referans oluşturacak marker'lar kullandı. Bunun ardından, radyoterapi planlaması için bu marker'ları ve prostatın hatlarını görselleştirmek amacıyla yine MRG yapıldı.

Radyasyon onkolojisi ile klinik radyoloji iş birliğiyle, raporlama yapan radyologlar, raporları radyasyon tedavisi görmekte olan bir hasta için ilgili olabilecek geçerli pozitif ve negatif bulguları verecek şekilde amaca uygun olarak düzenleyebiliyor.

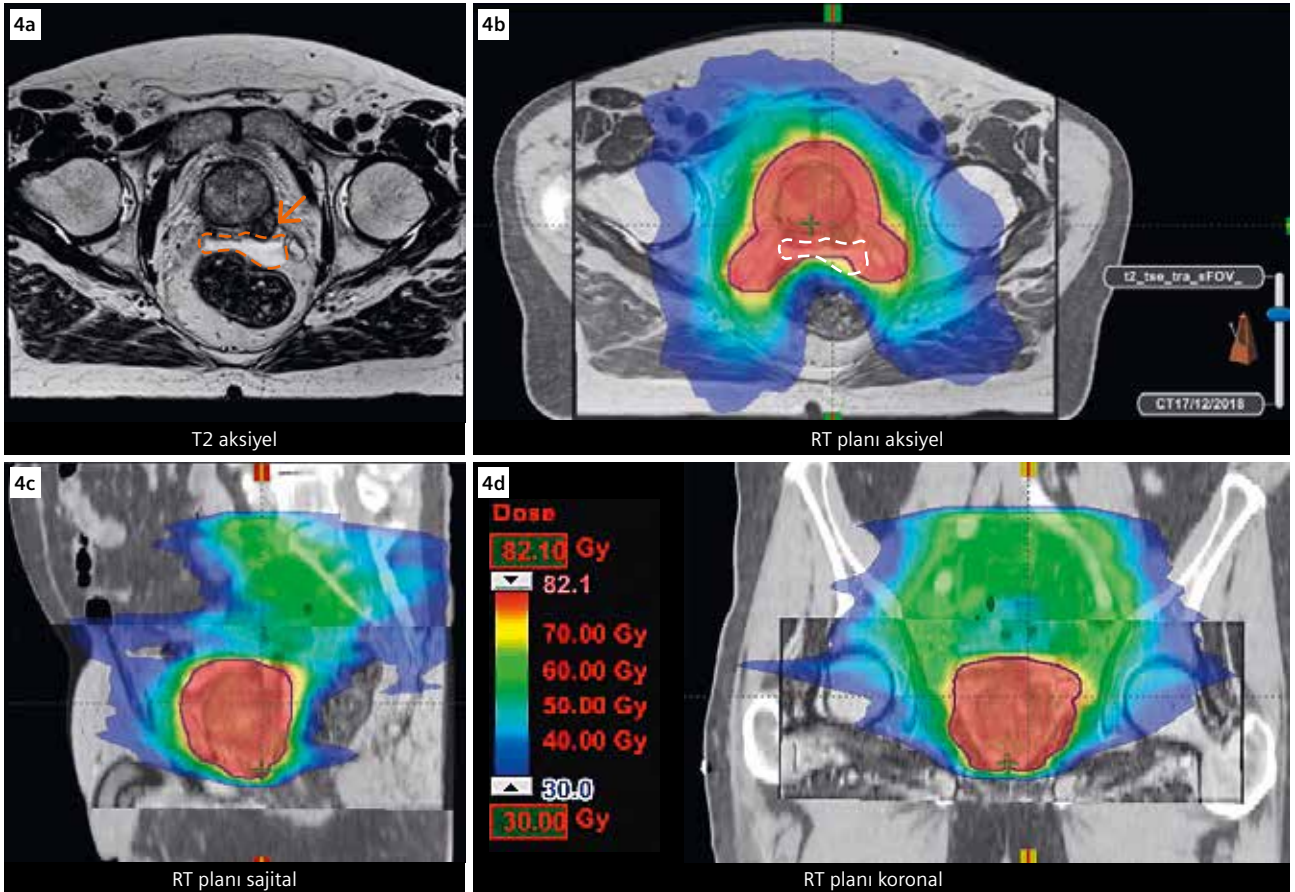
Şekil 4'te klinik radyoloğun posterior prostatik lezyonun rektuma yaslanmış olduğunu ve dolayısıyla da harici ışın radyasyon tedavisinin tercih edilmesi halinde, hastanın daha büyük bir rektal toksisite riski taşıdığını be-



2 75 yaşında, PSA'sı (18 ng/mL) yüksek erkek hasta. mpMRG ile görüntüleme (2A-D) ve kemik taraması sonucunda, sağ periferik bölgede (oklar) T3a N0 M0 (ekstra-prostatik genişleme, fakat lenf nodu ya da uzakta metastatik hastalık alanları yok) evrelendirmeli şüpheli bir prostatik lezyon bulundu. Hasta MR-yönlendirmeli ve sistematik biyopsiye girdi ve sonuçta maksimum 4+3'lük Gleason skoruyla 5/12 pozitif biyopsi (hepsi sağ taraflı) görüldü. Genel anesteziyle brakiterapi kateterleri takıldı ve hasta, bezin tamamına, dominant sağ taraflı indeks lezyonuna bir fokal takviyeyle yüksek dozlu brakiterapi aldı (2E, F).



- 3** 62 yaşında, yüksek PSA'lı (9 ng/mL) erkek hasta sol periferik bölgede organla sınırlı indeks lezyonu (ok) gösteren bir mpMRG'ye girdi (3A). Hastanın durumu MDT değerlendirmesinde ele alındı ve SBRT yapılmasına karar verildi. Girişimsel radyolog referans marker'larını ekledi ve radyoterapi planlaması için MRG yapıldı. T1-ağırlıklı aksiyel görüntüleme (3B) referans marker'larının eklenmesinin ardından hemoraji gösterdi ve TrueFISP sekansı da (3C) radyasyon tedavisine yardımcı olmak üzere, prostat hatlarını (ok başları) ve referans marker'larının (oklar) lokasyonunu açık bir şekilde gösterdi.



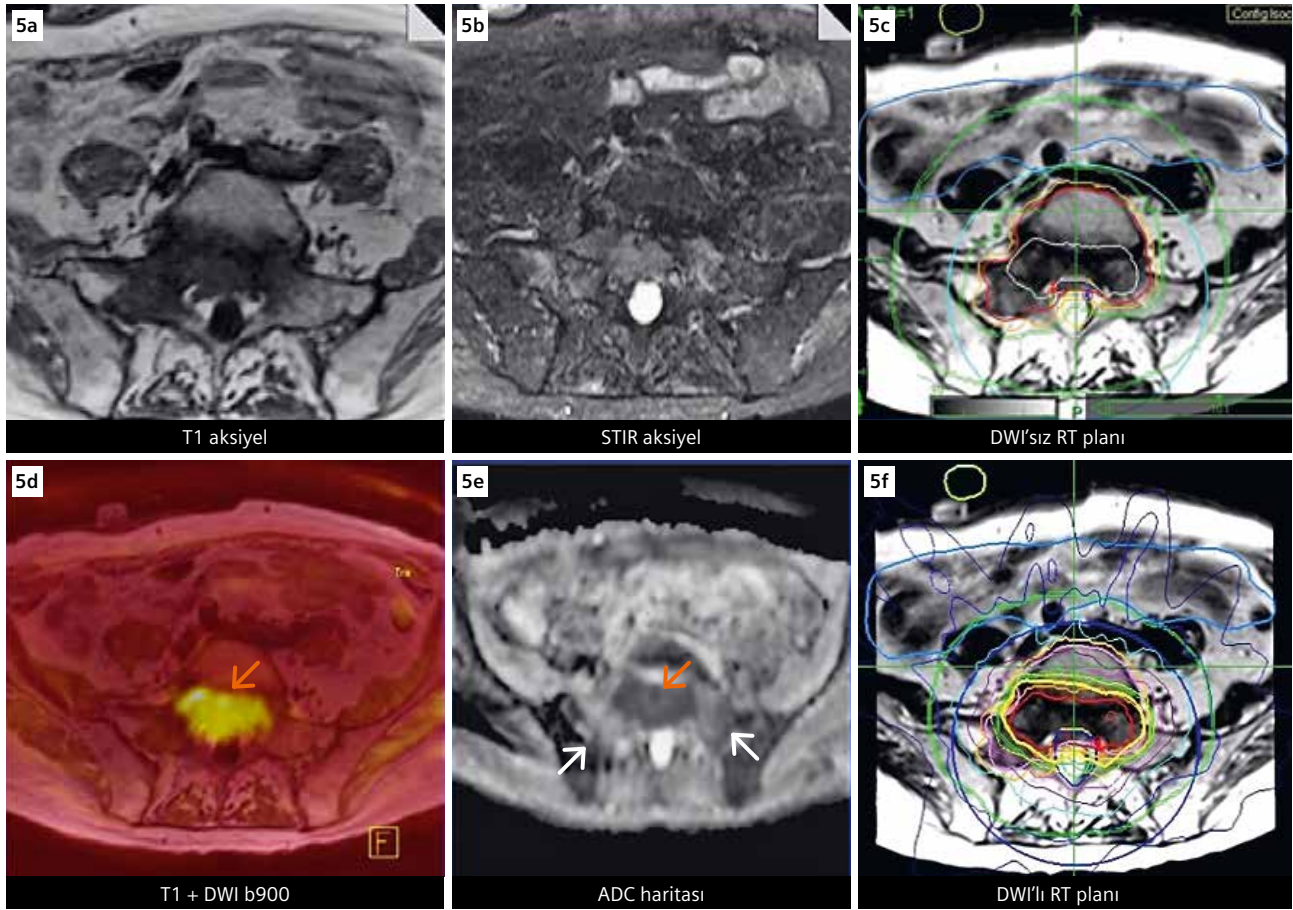
- 4** 73 yaşında, iliyak nodüllü prostat kanseri tanısı koyulmuş erkek hasta harici ışın radyoterapisine (EBRT) sevk edildi (4A). T2-ağırlıklı aksiyel sekans sol posterior periferik bölgede (ok) başta rektuma yaslanmış olan bir indeks lezyonunu gösteriyor. Prostat beziyle rektum arasına bir rektal aralayıcı (sınırları kesik çizgilerle gösterilmiştir) yerleştirildi ve hasta radyasyon tedavisi planlaması için taramalardan geçti (4B-D). Bunlar rektal aralayıcının, prostat bezine uygulanan doz yoğunluğundan taviz verilmeden rektuma minimal doz uygulanabilmesini nasıl sağladığını gösteriyor.

lirttiği bir olgu yer alıyor. Bu durum, raporda ve MDT değerlendirmesinde belirtildi ve ardından, radyasyon onkoloğunun posterior prostatik tümörü isabetli bir şekilde tedavi ederken rektal toksisite riskini azaltabilmesini sağlamak amacıyla, hastanın prostatıyla rektumu arasına biyolojik olarak parçalanabilen bir balon aralayıcı yerleştirildi. Hasta, rektal toksisite geliştirmeden, radyoterapi ile başarılı bir şekilde tedavi edildi. Tedaviden üç yıl sonra, hastada biyokimyasal rekürans ve pelvisin kemikli kısmında ağrı oluştuğu için yalnızca morfolojik sekanslı bir pelvik MRG uygulandı (Şekil 5A,

B). Görüntüleme sonucunda, S1 vertebral gövde içinde her iki sakral alara uzanan şüpheli bir lezyon olduğu görüldü. Radyasyon tedavisi düşünüldü ve BT-tabanlı radyoterapi tedavisi planı yapıldı. Fakat MDT, başka metastatik hastalık alanları olması ihtimalini bertaraf etmek amacıyla radyasyon tedavisinden önce WB-DWI kullanılarak tüm vücut (WB) MRG ile yeni nesil görüntüleme yapılmasına karar verdi (Şekil 5D, E). Başka hiçbir metastatik hastalık alanı saptanmadıysa da DWI sekansları daha önce vertebral gövdenin posterior bölümünde görülen sinyal anomalisinin aktif hipersellüler

hastalığın göstergesi olduğunu, her iki sakral alarda görülen sinyal değişikliğinin ise, hastanın önceden görmüş olduğu hormon tedavisinin iyi bilinen bir yan etkisi olan bilateral sakral yetersizlik kırıklarından kaynaklandığını gösterdi.

Bu da BT'ye dayanılarak radyasyon tedavisi uygulanmasına karar verilmiş olan alanı kaydadeğer ölçüde değiştirdi ve gelişmiş görüntüleme tekniklerinden elde edilen değerli bilgiler sayesinde, malign olmayan dokulara uygunsuz dozların uygulanmasını önledi.



5 Şekil 4'teki hasta, üç yılın ardından artan pelvik ağrıyla başvurdu. Morfolojik T1A (5A) ve STIR (5B) sekansları ile pelvis MRG'si yapıldı. Bu, S1 vertebral gövdenin posterior kısmında her iki sakral alara uzanan şüpheli bir lezyon olduğunu gösterdi. Bu standart pelvik MRG'den elde edilen bilgiler kullanılarak bir radyoterapi planı yapıldı (5C). MDT'nin değerlendirmesinin ardından, başka bir metastaz hastalık alanı olmadığından emin olmak amacıyla hastanın DWI'lı bir WB-MRG'ye girmesine karar verildi. Başka metastatik bölgeler olmadığı görüldü, fakat bu gelişmiş incelemeden elde edilen fonksiyonel veriler, b900 DWI sekansında yüksek sinyal (5D) ve ona karşılık gelen ADC haritasında düşük sinyal (5E) biçiminde S1 vertebral gövdede posterior olarak aktif hastalık olduğunu gösterdi. Bu da aktif hipersellüler hastalığa işaret ediyor (turuncu oklar). Ancak, her iki sakral alardaki sinyal değişiklikleri ADC haritasında yüksek sinyal (beyaz oklar) gösterdi (5E). Bu, üç yıl önce uygulanmış olan hormon tedavisine sekonder olduğu varsayılan bilateral sakral yetersizlik kırıklarından kaynaklanan ödeme bağlı T2-shine-through'ya işaret ediyor. WB-MRG'den elde edilen fonksiyonel bilgilerin eklenmesi, radyoterapi planının kaydadeğer ölçüde değiştirilmesini (5F) ve metastatik olmayan bölgelere uygulanacak dozun minimize edilmesini sağladı.

Son örneğimizde, son derece konformal SBRT'nin, oligorekürant hastalıklı bir prostat kanseri hastasında androjen deprivasyon tedavisini (ADT) ertelemek üzere başarılı bir şekilde tekrarlı olarak kullanıldığı bir olgu ele alıyoruz (Şekil 6, 7). Hasta daha önce, operasyon sonrası histolojide patolojik ekstraprostatik hastalık nedeniyle radikal prostatektominin ardından pelvik radyoterapi görmüş. Hasta, pelvik EBRT'nin bir yıl sonrasında, biyokimyasal reküransla başvurmuş. Klinik radyolog için daha önce görülen radyasyon tedavisine ve potansiyel yan etkilere ilişkin bilgi sahibi olmak hayati önem taşıyordu, çünkü pelvik MRG daha önce radyasyon tedavisi uygulanmış olan alanın hemen üstünde kemik iliği atrofisi biçiminde

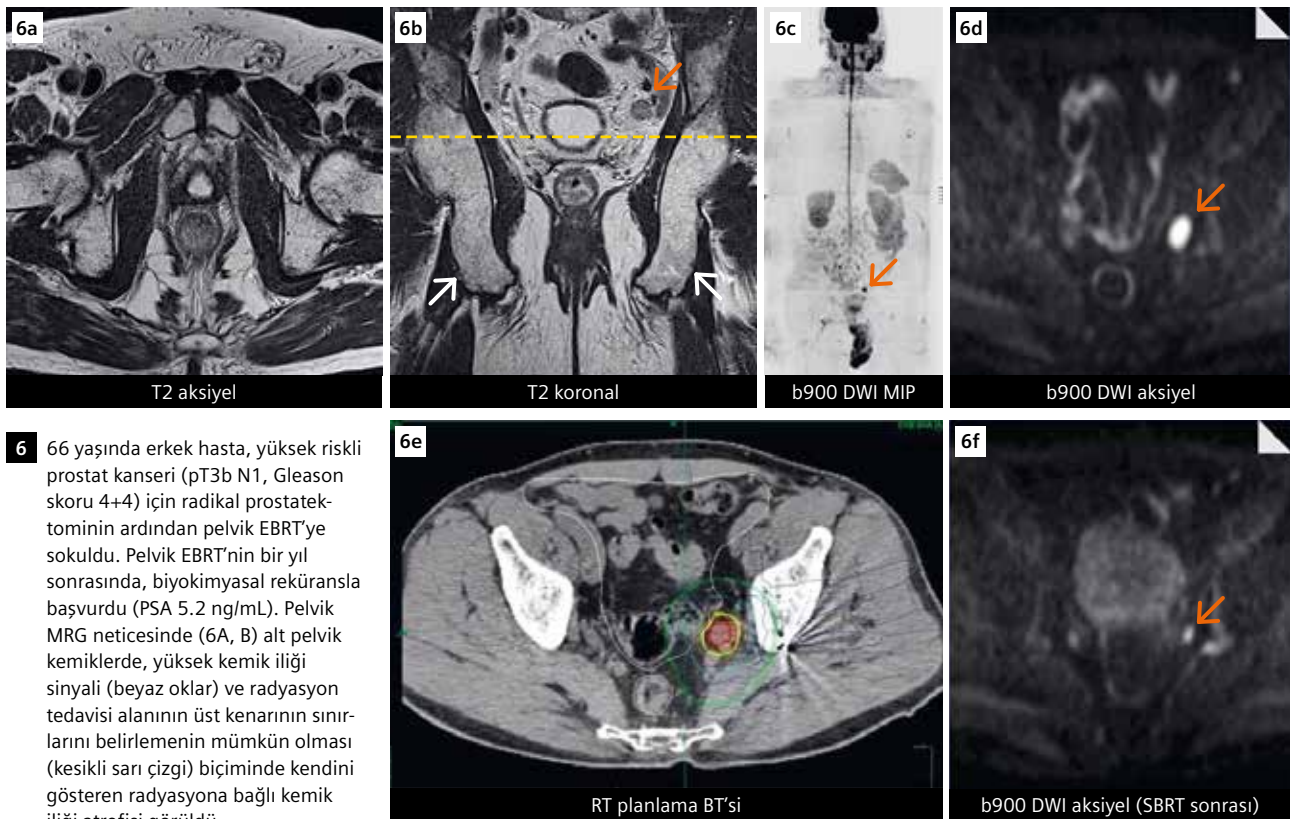
görünen şüpheli bir lenf nodu olduğunu gösterdi (Şekil 6). WB-DWI içeren WB-MRG'li yeni nesil görüntüleme ile başka hiçbir metastatik hastalık alanı olmadığı doğrulandı ve MDT değerlendirmesinin ardından hastaya SBRT yapılması uygun bulundu.

DWI'lı takip WB-MRG'si ve PSA'da meydana gelen düşüş, tedavinin başarısını doğruladı. Şekil 7, hastanın yeni nesil görüntüleme teknikleriyle ve PSA izlemiyle nasıl takip edildiğini ve oligometastatik hastalık geliştirip sonraki yıllar içinde üç seferde ablatif radyasyon tedavisi teknikleriyle tedavi edildiğini gösteriyor. Dolayısıyla, birbirlerinin uzmanlık alanlarında meydana gelen teknolojik ilerlemeleri anlayan ve kullanan klinik radyolo-

ji ve radyasyon onkolojisi uzmanları arasındaki yakın iş birliği sayesinde, ADT kullanımı başarıyla ertelendi ve böylelikle osteoporoz ve metabolik sendrom gibi potansiyel yan etkilerin başlaması önlenildi [9].

Alternatif radyasyon tedavisi teknikleri

DWI'lı WB-MRG gibi yeni nesil görüntüleme teknikleri, bir hastanın farklı radyoterapi tedavilerine uygunluğunun değerlendirilmesinde de son derece değerli olabiliyor. Radium-223 (^{223}Ra) tercihen kemik döngüsü yüksek olan bölgelerden, özellikle de aktif kemik metastazlarının bulunduğu bölgelerden alınan kalsiyum-mimetik



Prostatektomi yatağında lokal reküransa dair hiçbir belirti görülmedi. Fakat, daha önce radyoterapi uygulanmış alanın hemen üstünde, hastalık alanı olma şüphesi yüksek bir yuvarlanmış sol internal iliak lenf nodu (turuncu ok) vardı.

DWI'lı WB-MRG neticesinde (6C: b900 DWI MIP, 6D: b900 DWI aksiyel) bunun tek aktif hastalık alanı (ok) olduğu doğrulandı ve böylelikle referans marker'ının eklenmesinin ardından hasta SBRT'ye girdi (6E: planlama BT'si). Tedaviden üç ay sonra yapılan takip WB-MRG'sinde (6F: b900 DWI aksiyel) PSA'de meydana gelen düşüşle tutarlı bir şekilde, SBRT ile başarılı ablatif tedavi görüldü.

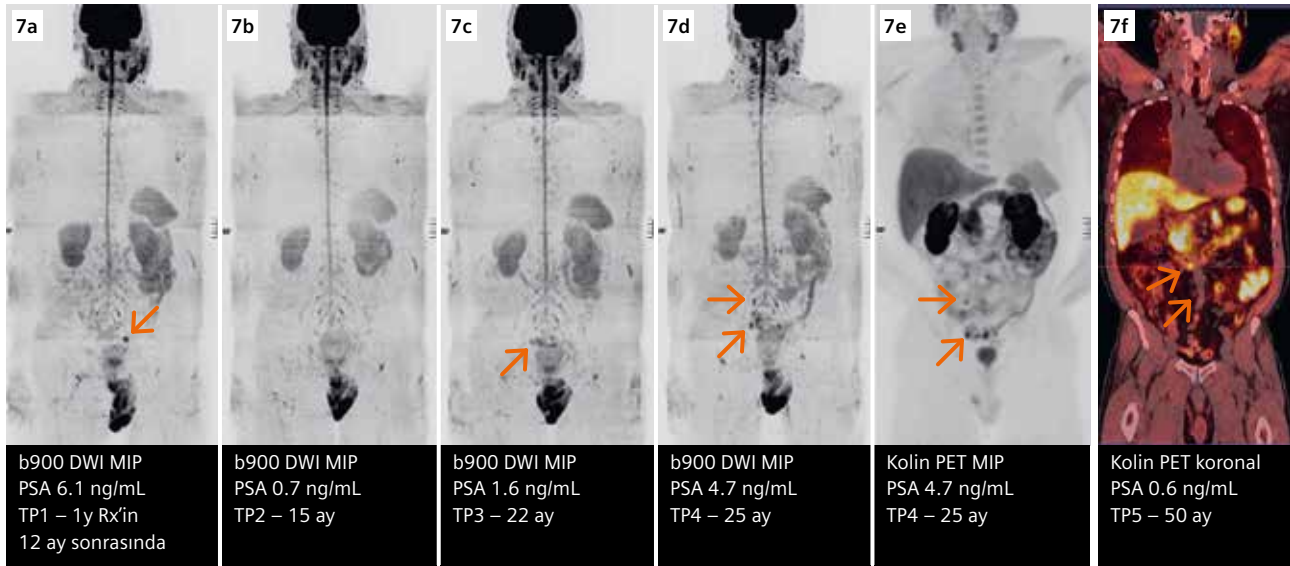
bir alfa parçacığı emitörüdür [10]. Bu nedenle, ^{223}Ra kemik metastaz hastalığı olan ve 3 cm'nin altında yumuşak doku katmanı olmayan prostat kanseri hastalarında uygun bir tedavi yöntemi. DWI'lı WB-MRG ve galyum- ve florür-etiketli prostat-spesifik membran antijeni (PSMA) gibi yeni izleyicilerle yapılan PET/BT'nin spesifitesinin ve hassasiyetinin kemik ve yumuşak doku metastatik hastalığının tespit edilmesinde BT ve kemik taramaları gibi konvansiyonel görüntüleme tekniklerinden daha yüksek olduğu gösterildi [12, 13]. Dolayısıyla, bu daha ileri görüntüleme teknikleri bu alternatif radyasyon tedavisi teknikleri için hasta seçiminin isabetli olması açısından hayati önem taşıyabiliyor.

Sonuçlar ve ileriye dönük yönlendirmeler

Gelişmiş radyasyon tedavisi ve görüntüleme teknikleri daha yaygın olarak benimsendikçe, klinik radyologlar ve radyasyon onkologları birbirlerinin uzmanlık alanlarındaki yeni görüntüleme ve tedavi gelişmelerinden haberdar olmalıdır. Hastalardan daha iyi neticeler elde etmeye ve yan etkileri azaltmaya yönelik hassas radyasyon tedavisi vaadinin yerine getirilebilmesi için, görüntüleme hassasiyetinin yüksek olması gerekiyor. Bu, tümör olasılık haritalarını ve heterojenite alanlarını göstermek amacıyla kantitatif görüntüleme biomarker'larının radyasyon planlaması görüntülemesi üzerinde haritalandırılabilirdiği multi-

parametrik fonksiyonel görüntüleme yöntemleriyle mümkün oluyor. Görüntüleme, radyasyon tedavilerinin etkinliğinin ve potansiyel yan etkilerinin değerlendirilmesi için de kullanılıyor.

Yeni nesil görüntüleme tekniklerinin kullanılması, spesifik hedefli farmakoterapileri, ^{177}Lu PSMA tedavisi gibi spesifik hedefli tanı testlerine dayanarak birleştiren teranostik gibi yeni tedavi gelişmelerinin kullanımının kolaylaştırılmasında kilit rol oynayacak [13]. Klinik radyoloji ve radyolojik onkoloji bölümleri arasında yakın iş birliği, yüksek hassasiyetli tedavi gelişmelerinin kanser hastaları için kişiye özel tıp uygulamalarını mümkün kılmasını yardımcı olacak. ●



7 Bu görüntü dizisi, yeni nesil görüntüleme tekniklerinin Şekil 6'daki hastanın ADT kullanımını ertelemeye yönelik ileri radyasyon tedavisi tekniklerini mümkün kılacak şekilde nasıl kullanıldığını gösteriyor.

(7A) Prostatektomiden ve pelvik EBRT'den 12 ay sonra yapılan WB-DW MRG MIP, SBRT ile tedavi edilmiş radyoterapi alanının üstünde bir soliter sol internal iliyak lenf nodu (ok) olduğunu gösterdi.

(7B) SBRT'den üç ay sonra yapılan WB-MRG, sol internal iliyak lenf nodunun başarılı bir şekilde tedavi edildiğini gösterdi, PSA'daki düşüş de bunu destekledi.

(7C) PSA'da meydana gelen yükselme nedeniyle yedi ay sonra yapılan WB-MRG, sağ internal iliyak bölgede raporda belirsiz olduğu belirtilen fakat yakın izlem gerektiren silik bir fokus (ok) olduğunu gösterdi.

(7D) Üç ay sonra yapılan takip WB-MRG'si, daha önceden belirsiz olan sağ internal iliyak lenf nodunda büyüme ve iki nodal metastazla tutarlı (oklar) yeni bir sağ internal iliyak lenf nodu gösterdi.

(7E) Aynı zamanda yapılan bir kolin-PET/BT incelemesi, PSA'da meydana gelen yükselmeye de tutarlı olan bu bulguları (oklar) doğruladı. İki SBRT tedavisi daha yapıldı ve sonrasında yapılan WB-MRG ve kolin-PET/BT incelemelerinde hiçbir aktif hastalık bölgesi görülmedi, PSA da 0.02 ng/mL'ye düştü.

(7F) Daha önceki SBRT tedavilerinden iki yıl sonra, hastanın PSA'sı 0.6 ng/mL'ye çıktı ve kolin-PET/BT incelemesinde yine SBRT ile tedavi edilen iki yeni pozitif retroperitoneal lenf nodu (oklar) tespit edildi.

Üçüncü SBRT tedavilerinin bir yıl sonrasında, yeni bir biyokimyasal yetmezlik meydana geldi ve görüntülemelerde hiçbir kesin hastalık bölgesi görülmedi. Hastayla yapılan görüşmenin ardından, görüntüleme ve radyasyon tedavisi tekniklerinde meydana gelen bu ilerlemeler sayesinde dört yıl boyunca ertelenebilmiş olan ADT tedavisi sonunda başlatıldı.

Referanslar

- 1 R. Atun, D. A. Jaffray, M. B. Barton, F. Bray, M. Baumann, B. Vikram, T. P. Hanna, F. M. Knaul, Y. Lievens, T. Y. M. Lui, M. Milosevic, B. O'Sullivan, D. L. Rodin, E. Rosenblatt, J. Van Dyk, M. L. Yap, E. Zubizarreta, and M. Gospodarowicz, "Expanding global access to radiotherapy," *Lancet Oncol.* 2015; 16(10):1153-86.
- 2 R. Baskar, K. A. Lee, R. Yeo, and K. W. Yeoh, "Cancer and radiation therapy: Current advances and future directions," *Int. J. Med. Sci.* 2012;9(3):193-9.
- 3 A. R. Padhani, F. E. Lecouvet, N. Tunariu, D. M. Koh, F. De Keyzer, D. J. Collins, E. Sala, S. Fanti, H. A. Vargas, G. Petralia, H. P. Schlemmer, B. Tombal, and J. de Bono, "Rationale for Modernising Imaging in Advanced Prostate Cancer," *Eur. Urol. Focus.* 2017;3(2-3):223-239.
- 4 H. U. Ahmed, A. El-Shater Bosaily, L. C. Brown, R. Gabe, R. Kaplan, M. K. Parmar, Y. Collaco-Moraes, K. Ward, R. G. Hindley, A. Freeman, A. P. Kirkham, R. Oldroyd, C. Parker, and M. Emberton, "Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study," *Lancet.* 2017;389(10071):815-822.
- 5 N. L. Hansen, T. Barrett, C. Kesch, L. Pepdjonovic, D. Bonekamp, R. O'Sullivan, F. Distler, A. Warren, C. Samel, B. Hadaschik, J. Grummet, and C. Kastner, "Multicentre evaluation of magnetic resonance imaging supported transperineal prostate biopsy in biopsy-naïve men with suspicion of prostate cancer," *BJU Int.* 2018;122(1):40-49.
- 6 S. Borofsky, A. K. George, S. Gaur, M. Bernardo, M. D. Greer, F. V. Mertan, M. Taffel, V. Moreno, M. J. Merino, B. J. Wood, P. A. Pinto, P. L. Choyke, B. Turkbey, "What Are We Missing? False-negative Cancers at Multiparametric MR Imaging of the Prostate," *Radiology.* 2018;286(14):186-195.
- 7 E. Baco, E. Rud, L. Vlatkovic, A. Svindland, H. B. Eggesbø, A. J. Hung, T. Matsugasumi, J.-C. Bernhard, I. S. Gill, and O. Ukimura, "Predictive Value of Magnetic Resonance Imaging Determined Tumor Contact Length for Extracapsular Extension of Prostate Cancer," *J Urol.* 2015 Feb;193(2):466-72.
- 8 A. Gallina, F. K. Chun, N. Suardi, J. A. Eastham, P. Perrotte, M. Graefen, G. Hutterer, H. Huland, E. A. Klein, A. Reuther, F. Montorsi, A. Briganti, S. F. Shariat, C. G. Roehrborn, A. De Taille, L. Salomon, and P. I. Karakiewicz, "Comparison of stage migration patterns between Europe and the USA: an analysis of 11 350 men treated with radical prostatectomy for prostate cancer," *BJU Int.* 2008 Jun;101(12):1513-8.
- 9 P. Sountoulides and T. Rountos, "Adverse Effects of Androgen Deprivation Therapy for Prostate Cancer: Prevention and Management," *ISRN Urol.* 2013 Jul 25;2013:240108. doi: 10.1155/2013/240108.
- 10 S. Dadhania, R. Alonzi, S. Douglas, A. Gogbashian, R. O. B. Hughes, D. Dalili, N. Vasdev, J. I. M. Adshead, and T. I. M. Lane, "Single-centre Experience of Use of Radium 223 with Clinical Outcomes Based on Number of Cycles and Bone Marrow Toxicity," *Anticancer Res.* 2018 Sep;38(9):5423-5427.
- 11 G. Shen, H. Deng, S. Hu, and Z. Jia, "Comparison of choline-PET / CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a meta-analysis," *Skeletal Radiol.* 2014 Nov;43(11):1503-13.
- 12 M. Eiber, T. Maurer, M. Souvatzoglou, A. J. Beer, A. Ruffani, B. Haller, F. Graner, K. Hubert, U. Habernhorn, M. Eisenhut, H. Wester, J. E. Gschwend, and M. Schwaiger, "Evaluation of Hybrid 68 Ga-PSMA Ligand PET/CT in 248 Patients with Biochemical Recurrence After Radical Prostatectomy," *J Nucl Med.* 2015 May;56(5):668-74.
- 13 L. Emmett, K. Willowson, J. Violet, J. Shin, A. Blanksby, and J. Lee, "Lutetium 177 PSMA radionuclide therapy for men with prostate cancer: a review of the current literature and discussion of practical aspects of therapy," *J Med Radiat Sci.* 2017 Mar;64(1):52-60.

İletişim

Amish Lakhani, MBBS MA (Cantab)
 FRCR Paul Strickland Görüntüleme Merkezi
 Mount Vernon Hastanesi
 Northwood
 Middlesex HA6 2RN
 İngiltere
 amish.lakhani@stricklandscanner.org.uk



Sol alt ekstremitenin arteriovenöz malformasyonu

M.S. Carlos, RT; D.G. Silva, BS; P. Bertolazzi, BS; Dr. A.L. Bonomo
Radyoloji Bölümü, Clinica Salles, Sao Mateus, Espirito Santo, Brezilya

Hastanın hikayesi

Sol alt ekstremitede uzun süreli ağrı yaşayan 67 yaşında erkek hasta check-up istemiyle hastaneye başvurdu. Ağrı çoğunlukla yürüyüş sonrasında ya da uzun süre ayakta durunca ortaya çıkıyordu. İlgili herhangi bir lokal şişme yoktu. Medikal öyküsünde, uzun süredir kontrol altında olan hipertansiyon dışında dikkate değer bir şey yoktu. Değerlendirme için Runoff BT anjiyografi (CTA) istendi.

Tanı

CTA görüntüleri, dilate sol femoral arter ve damar gösteriyordu. Bunlar yine dilate olan popliteal arter ve damarla birlikte, niduslu bir dolaşık ve acılı vasküler ağ oluşturunuyordu. Anomali görülen damarlar posterior olarak vurguluydu ve hiçbir intraartiküler veya intraosseöz ekstsansiyon belirtisi yoktu. Arteriovenöz iletişim belirgindi, bu da bir arteriovenöz malformasyona (AVM) işaret ediyordu.

Hastaya vasküler embolizasyon uygulandı ve takipte genel durumunun iyi olduğu, semptomlarının iyileştiği görüldü.

Yorumlar

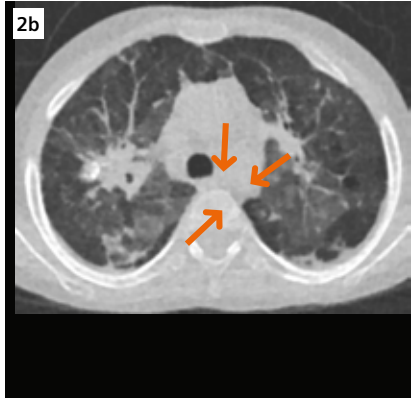
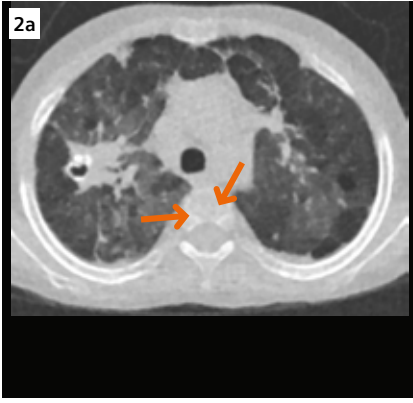
AVM'ler kapiler yatakların yüksek direncini atlatarak merkezi bir nidus üzerinden doğrudan iletişim sağlayan, kanın yolunu değiştirerek arteriyelden venöz dolaşıma geçiren ve yüksek akış-

lı bir lezyona yol açan arterlerden ve damarlardan oluşmuş vasküler malformasyonlardır. Tek başına ya da cerrahi rezeksiyonla birlikte embolizasyon, AVM'ler için primer tedavi seçeneği olarak kabul ediliyor. Görüntülemenin değerlendirilmesi, karakterizasyon ve sonrasında uygulanacak tedavinin planlanması açısından hayati önem taşıyor. Runoff CTA sayesinde AVM ve spesifik kas ve kemiklerle olan ilişkisi de dâhil olmak üzere alt ekstremitelerin tamamı tek bir tarama ile vasküler açıdan değerlendirilebiliyor. Bu olguda, ayrıntılı ve hızlı damar değerlendirmesine imkan veren *syngo.via* platformu sayesinde ortogonal düzlemlerin yanı sıra aksiyel ince kesitlerin de görüntü rekonstrüksiyonu yapılabilirdi. Cinerematic rendering tekniği (cVRT) kullanılarak elde edilen üç boyutlu, gerçeğe benzer görüntüler derinlikte ve şekil algılarında iyileşme sağlıyor. ●

1 cVRT görüntüsü, arteriyel fazda alt ekstremitelerin tamamının vasküler genel görünümünü veriyor. Dilate sol femoral arter ve damarın yanı sıra popliteal arter ve damar, niduslu bir dolaşık ve acı veren vasküler ağ oluşturuyor.



Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.



2 Oblik MPR görüntüleri AVM'yi ispatlar nitelikte arteriovenöz iletişimleri (oklar) gösteriyor.

3 Farklı ön ayarlarla alınan cVRT görüntüleri AVM'nin posterior görünümünü ayrıntılı olarak veriyor.



İnceleme Protokolü

Tarayıcı	SOMATOM go.Now		
Tarama alanı	Alt Ekstremiteler	Pitch	1,4
Tarama modu	Spiral	Kesit kolimasyonu	16 × 0,7 mm
Tarama uzunluğu	115 cm	Kesit genişliği	1,5 mm
Tarama yönü	Cranio-caudal	Rekonstrüksiyon artışı	1,0 mm
Tarama süresi	58 s	Rekonstrüksiyon kerneli	Br40
Etkin mAs	38 mAs	Kontrast	300 mg/mL
Doz modülasyonu	CARE Dose4D	Volüm	60 mL + 40 mL + 30 mL
CTDI _{vol}	3,11 mGy	Akış hızı	4,0 mL/s + 2,8 mL/s + 3,0 mL/s
DLP	364 mGy cm	Başlangıç gecikmesi	Abdominal aortta renal düzeyde + 10s 100 HU'lu Bolus İzleme
Rotasyon süresi	0,8 s		

Pediatric beyin tümörlerinde perfüzyon görüntüleme: pseudo-continuous arteriyel spin etiketleme iş başında

Giovanna Stefania Colafati¹; Chiara Carducci¹; Ioan Paul Voicu^{1,2}; Antonio Napolitano³

¹Görüntüleme Bölümü, Nöroradyoloji Birimi, Bambino Gesù Çocuk Hastanesi, Roma, İtalya

²Hematoloji/Onkoloji ve Kök Hücre Nakli Bölümü, Bambino Gesù Çocuk Hastanesi, IRCCS, Roma, İtalya

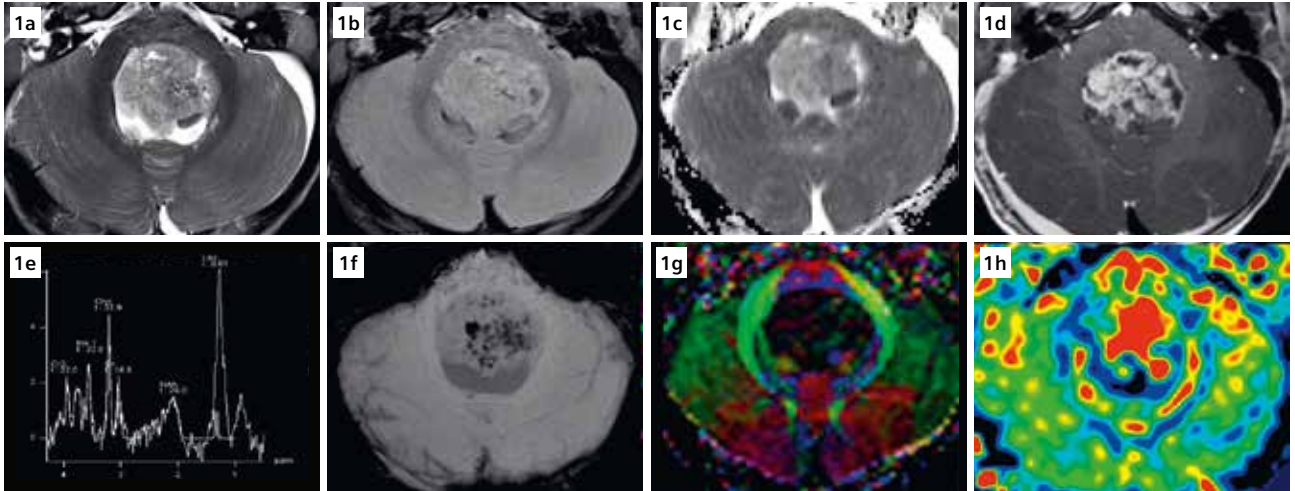
³Medikal Fizik Birimi, Risk Yönetimi Girişimi, Bambino Gesù Çocuk Hastanesi, Roma, İtalya

Hastanın hikayesi

Mide bulantısı ile ilişkili yürüme ve denge problemleri olan 2 yaşında erkek hasta¹ Acil Servisimize getirildi. Beyin BT'sinde posterior fossada bir kitle görüldü.

Lezyonu karakterize etmek amacıyla hasta MAGNETOM Skyra 3T (Siemens Healthineers, Erlangen, Almanya) ile beyin ve omurga MRG'sine sokuldu. Kurumumuzda kullanılmakta olan protokolde, konvansiyonel 2D ve 3D sekansların yanı sıra Pseudo-Conti-

nuous Arteriyel Spin Etiketleme (PCASL) sekansı² (Şekil 1) da dâhil olmak üzere kontrast maddenin endovenöz olarak enjekte edilmesinin öncesinde ve sonrasında alınan gelişmiş sekanslar da yer alıyor.



1 Lezyonun multiparametrik MR görüntülemesi (1A aksiyel T2-ağırlıklı; 1B aksiyel FLAIR; 1C ADC haritası; 1D aksiyel yüksek-çözünürlüklü 3D T1-ağırlıklı Gradyan Eko Sekansı (MPRAGE) rekonstrüksiyonu; 1E Spektroskopi; 1F aksiyel Suseptibilite-Ağırlıklı Görüntüleme (SWI); 1G Difüzyon Tansör Görüntüleme'den (DTI) elde edilen Fraksiyonel Anizotropi renk haritası; 1H 3D arka plan bastırılmış Gradyan ve Spin-Eko'lu (GRASE) Pseudo-Continuous Arteriyel Spin Etiketleme (PCASL)²). Posterior fossa kitlesi görülüyor (1A–D, 1F–H). Lezyon solid büyüyen bileşenler (1A, B, D), nekrotik kısımlar (1D), difüzyon gücü kısıtlı bölgeler (1C) ve kalsifikasyonlarla tutarlı düşük sinyalli odak noktaları (1F) dolayısıyla heterojen bir görünüm sergiliyor. Spektroskopiye Kolin artışı, N-asetilaspartat azalması ve laktatlar ve lipitlerde bir tepe noktası (1E) görülüyor. Lezyon içinde düşük FA değerleri (1G) görülüyor. PCASL serebral kan akışı (CBF) renk haritaları (1H) lezyon içinde yüksek CBF değerleri olduğunu gösteriyor.

¹MR taramasının fetüslerin ve iki yaşından küçük bebeklerin görüntülenmesinde güvenli olduğu kesin olarak kabul edilmemiştir. Sorumlu hekimin, MR muayenesinin faydalarını başka görüntüleme prosedürlerinin faydalarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi gerekir. Not: Bu uyarı, yazarların görüşünü ifade etmemektedir.

²Devam etmekte olan çalışma. Bu ürün halen geliştirme aşamasındadır ve ABD'de veya başka ülkelerde satışa değildir. İlerleyen zamanlarda satışa sunulacağı da garanti edilemez.

PCASL sekansının ayrıntıları

Pseudo-Continuous etiketleme, prototip sekans² ile 1500 ms'lik etiketleme süresi ve ardından 1500-ms'lik etiketleme sonrası gecikme (inversiyon süresi 3000 ms) kullanılarak gerçekleştirildi. TR 4,6 saniye, turbo faktörü = 14 ve EPI faktörü = 21 olmak üzere 3D arka plan-bastırılmalı Gradyan ve Spin-Eko (GRASE) sekansı ile tam beyin görüntüleri elde edildi. Sekans için, Serebral Kan Akışı (CBF) kantifikasyonunda kullanılan M0 da dâhil olmak üzere 6 dakikalık bir çekim süresi gerekti. Diğer ASL parametreleri şöyleydi: TE 15,6 ms; FOV 192 x 192 mm; matris 64 x 64; ölçümler 6 ve segmentler 6. CBF kantifikasyonu için sırasıyla 1650 ms'lik ve 1330 ms'lik T1 kan ve T1 doku kullanıldı. Dairesel 2D ilgi alanları (ROI'ler) ortalama 50 mm² alan içerisinde, lezyonun en perfüze alanına manuel olarak konumlandırıldı. CBF'ye ek olarak, serebellar hemisferin normal görünümü gri maddesindeki bir başka ROI içerisindeki ortalama değerle normalize edilerek rCBF de hesaplandı.

Kantitatif analizde, sırasıyla 58 mL/min/100 g ve 1,9'luk CBF ve rCBF değerleri elde edildi. Çocuk, cerrahi lezyon rezeksiyonuna alındı. Histolojide, 2016 Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırmasına göre ikinci derece ependimom görüldü.

Sonuç

MRG, pediatrik beyin tümörlerinin non-invazif incelemesinde önemli bir rol oynuyor. Hem konvansiyonel hem de gelişmiş sekanslar, tanı sırasında cerrahi planlama, cerrahi sonrası, tedaviye yanıtın izlenmesi ve ilerleyen kontroller için faydalı bilgiler elde edilmesini sağlıyor. Bugün pediatrik popülasyona yönelik Perfüzyon-Ağırlıklı Görüntüleme (PWI) teknikleri arasında özellikle tamamen non-invazif ve tekrarlanabilir bir perfüzyon tekniği olan ve arteriyel kandaki su moleküllerini endojen izleyici olarak manyetik yöntemle "etiketlemek" suretiyle görüntü oluşturan arteriyel spin etiketlemeye (ASL) [1-3] ilgi giderek artıyor. ASL, başlıca üç proton etiketleme tekniği kullanılarak oluşturulabiliyor: sürekli etiketleme (CASL), atımlı etiketleme (PASL) ve pseudo-con-

tinuous etiketleme (PCASL) [4]. ISM-RM Perfüzyon Çalışma Grubu ve Avrupa Demansta ASL Konsorsiyumu'nun ortak makalesi, pseudo-continuous etiketleme, arka plan bastırması, vasküler ezme/kırma gradyanları olmadan bölümlendirilmiş üç boyutlu okuma ve hem etiket/kontrol farkı görüntülerinin hem de serebral kan akışının mutlak birimlerle basitleştirilmiş bir model kullanılarak hesaplanmasını ve sunulmasını öneriyor [5].

ASL ile beyin tümörü perfüzyonunun değerlendirilmesi, çocuklar üzerinde erişkin popülasyondan farklı bir etki oluşturabiliyor. Özellikle de CBF sinyalinin erişkinlere kıyasla daha iyi bir sinyal-gürültü oranıyla daha yüksek olması avantajından dolayı, bu popülasyonda endovenöz gadolinyum uygulaması olmadan sağlam kantitatif perfüzyon verileri elde etmek mümkün oluyor. Bu da gadolinyum doku akümülyasyonuna ilişkin güncel endişeleri önleyebiliyor [3]. ASL'nin potansiyel avantajlarından biri de sekansın başarısız sedasyon veya hastanın hareket etmesi durumlarında tekrarlanabilir olması [1].

Kantitatif ASL-kökenli CBF ve rCBF değerlerinin pediatrik tümör değerlendirilmesinde ve derecelendirmesinde faydalı olduğu kanıtlandı ve tümör alt tiplerinin ayırt edilmesi açısından, kantitatif CBF değerleri en yaygın kullanılan kontrastlı serebral kan volümüne benzer bir tanı isabetliliği gösterdi [3]. Ayrıca ASL CBF değerlerinin mikrovasküler dansite ile kayda değer ölçüde bağdaştığı belirtildi [1]. Hastamızdan elde ettiğimiz kantitatif CBF değerleri de literatür ile uyumluydu.

ASL görüntülemenin tanıdan takibe kadar kullanışlı bir araç olduğu görülüyor. Beyin tümörlü pediatrik hastaların rutin tetkiklerinde bu görüntülemenin uygulanması dikkate alınmalı. ●

Referanslar

- 1 Yeom KW, Mitchell LA, Lober RM et al. Arterial spin-labeled perfusion of pediatric brain tumors. *AJNR Am J Neuroradiol* 2014;35(2):395-401. doi: 10.3174/ajnr.A3670.
- 2 Dangouloff-Ros V, Deroulers C, Foissac F, et al. Arterial Spin Labeling to predict brain tumor grading in children: correlations between histopathologic vascular density and perfusion MR imaging. *Radiology*.2016 Nov;281(2):553-566. Epub 2016 Jun 3.
- 3 Morana G, Tortora D, Staglianò S et al. Pediatric astrocytic tumor grading: comparison between arterial spin labeling and dynamic susceptibility contrast MRI perfusion. *Neuroradiology*. 2018 Apr;60(4):437-446. doi: 10.1007/s00234-018-1992-6. Epub 2018 Feb 16.J.-C.
- 4 Ferré, E. Bannier, H. Raoult et al. Arterial spin labeling (ASL) perfusion: techniques and clinical use. *Diagn Interv Imaging*. 2013 Dec;94(12):1211-23. doi: 10.1016/j.diii.2013.06.010. Epub 2013 Jul 11.
- 5 Alsop DC, Detre JA, Golay X et al. Recommended implementation of arterial spin-labeled perfusion MRI for clinical applications: A consensus of the ISMRM perfusion study group and the European consortium for ASL in dementia. *MagnReson Med*. 2015 Jan;73(1):102-16. doi: 10.1002/mrm.25197. Epub 2014 Apr 8.

İletişim

Dr. Giovanna Stefania Colafati
Bambino Gesù Çocuk Hastanesi
Görüntüleme Bölümü
Nöroradyoloji Birimi
Largo S. Onofrio 4
Roma, İtalya (00165)
gstefania.colafati@opbg.net



Yüksek-hassasiyetli troponin I testleri: daha hızlı eleme,* daha güvenli doğrulama

Yüksek hassasiyetli troponin testlerinin bir hastanede başarılı bir şekilde uygulanması için ekip çalışması şart – ve bunun ertelenmemesi gerekiyor. Bu tür testlerle, miyokard enfarktüsleri daha isabetli bir şekilde tespit edilebiliyor ve düşük riskli hastalar daha çabuk saptanabiliyor. Bu da acil servisin üzerindeki baskıyı azaltırken hasta güvenliğini ve hasta memnuniyetini de artırıyor.

Yazı: Philipp Grätzel von Grätz
Fotoğraflar: Christiane von Enzberg



Bir hastanın miyokard enfarktüsü (MI) geçirip geçirmediği, acil servis doktorlarının yanıtlaması gereken en yaygın ve klinik olarak en ilgili sorulardan biri. Ve aldatıcı bir soru: Edinburgh Üniversitesi Kardioloji Bölüm Başkanı ve İskoçya'daki Edinburgh Kraliyet Reviri Konsültan Girişimsel Kardiyoğlu Prof. Dr. Nicholas Mills, "Göğüs ağrısıyla acil servise gelen her on hastadan dokuzu aslında kalp krizi geçirmiyor," diyor. Klinik muayene de ECG de "gerçek" bir MI'ı güvenilir şekilde saptamıyor: "Bu yüzden, biomarker olarak kesinlikle kardiyak troponine güveniyoruz."

Troponin testiyle bir paradigma değişikliği gerçekleşiyor. Hassasiyeti çok daha az olan mevcut testlerin yerine yüksek hassasiyetli troponin testlerini kullanan hızlı eleme yöntemleri, örneğin Avrupa Kardioloji Topluluğu'nun¹ ana esaslarına* dâhil edildi. Ve Mills bunun çok doğru olduğunu söylüyor: "Bir acil servis hekimine sunulan avantajlar çok açık: Daha hızlı karar alabiliyor ve düşük riskli olduğu saptanan hastaları daha güvenli bir şekilde taburcu edebiliyoruz. Bu da acil servis bölümlerinin üstündeki baskıyı hafifletiyor ve ağır hastalara ayıracabilecek zamanı kazandırıyor."

"Geçiş yapmamak için geçerli bir sebep yok"

Bariz avantajlarına rağmen, bu yeni ve daha iyi testler biraz yavaş kabul görüyor. Yakın zamanda dünya genelinde 2000 hastanede yapılan bir anket, bu hastanelerin yaklaşık yüzde 40'ında yüksek hassasiyetli troponinin kullanılmakta olduğunu gösterdi. Ama Mills bu sayının hızla artmasını bekliyor: "Son yıllarda farklı üreticiler mükemmel yüksek hassasiyetli troponin I testleri geliştirdiler. Kanımca, önümüzdeki birkaç yıl içinde, yüksek hassasiyetli testler çok daha yaygınlaşacak. Bu geçişi yapmamak için gerçekten hiçbir geçerli sebep yok."

İskoçya'da çoğu hastane bu geçişi yaptı. Bu bağlamda Mills kısa süre önce, daha kapsamlı High-STEACS araştırması çerçevesinde yeni Siemens Healthineers Atellica IM Yüksek Hassasiyetli Troponin I Testi'nin bağımsız değerlendirmesini yayımladı. Atellica Analyzer, Siemens Healthineers'ın dört laboratuvar platformundan biri ve yeni yüksek hassasiyetli troponin I testi bu dört platformla da uyumlu. Atellica Analyzer Mayıs 2017'den beri Avrupa'da kullanılıyor ve Temmuz 2018'de de ABD'deki FDA'dan izin aldı. Mills'in araştırma-

sında akut koroner sendrom şüphesi duyulan 1920 hastada kardiyak troponin ölçümü yapıldı.

"Özetle, test mükemmel sonuçlar ortaya çıkarıyor," diyor Mills. "Kantifikasyon limiti sadece 2 ng/L civarında. Yani artık miyokard enfarktüsü 99. persentilde doğrulamaktan ya da elemekten söz etmiyoruz. Bu testi tam potansiyeliyle kullandığımız farklı bir yaklaşıma geçebiliriz." Bu yaklaşım, miyokard enfarktüslerinin erken elenmesi ve erken doğrulaması için farklı eşik düzeylerinden yararlanan hızlı eleme yollarını kullanıyor. Ve bu yaklaşımla, yalnızca bu eşikler arasındaki hastalarda seri teste başvuruluyor.

Hastaların üçte ikisi taburcu edilmeye uygun bulunuyor

High-STEACS yöntemi, başvuru sırasında troponin I konsantrasyonu 5 ng/L'nin altında olan hastalarda, ECG'de iskemi belirtileri göstermedikleri takdirde, miyokard enfarktüsünün daha fazla teste ihtiyaç duyulmadan elendiği iki ila üç saatlik bir yöntemin iyi bir örneği. Bu kural, semptom başlangıcını izleyen iki saat içinde hastaneye gelenler dışında bütün hastalar için geçerli. İki saat içinde gelenlerde ise kardiyak troponin üç saat sonra tekrar test ediliyor. Troponin konsantrasyonları 5 ng/L'nin üstünde ama 99. persentilin altında olan hastalar da hastaneye başvurduktan üç saat sonra tekrar teste tabi tutuluyor.

Mills'e göre, çoğu İskoç hastanesi üç yıldır High-STEACS yöntemini kullanıyor: "Yüksek hassasiyetli troponin I testini High-STEACS çerçevesinde kullandığınızda çok etkili oluyor ve acil servisteki hastaların üçte ikisinin düşük riskli ve taburcu edilmeye uygun olduğunu gösteriyor." High-STEACS yöntemini kullanmak, Mills'in de belirttiği gibi, ESC'nin tavsiye ettiği 99. persentil eşikli sıfır ila üç saatlik yöntemi kullanmaktan çok daha iyi: "Siemens Healthineers Atellica testini bu şekilde kullandığımıza, yalnızca 99. persentili kullanmamız halinde gözden kaçabilecek yüksek riskli hastalarımız beşte bir oranında azalıyor."

Edinburgh Üniversitesi Kardioloji Bölüm Başkanı ve İskoçya Edinburgh Kraliyet Reviri Konsültan Girişimsel Kardiyoğlu Dr. Nicholas Mills (sağda) ve Hennepin Healthcare/Hennepin County Tıp Merkezi Klinik & Adli Toksikoloji Laboratuvarı Müdür Yardımcısı, Kardiyak Biomarker Test Laboratuvarı (CBTL) Hennepin Sağlık Hizmetleri Araştırma Enstitüsü (HHRI) Baş Araştırmacısı, Minnesota Üniversitesi (ABD) Laboratuvar Tıbbı & Patoloji Öğretim Üyesi Dr. Fred Apple (solda), dünyanın tüm hastanelerini yüksek hassasiyetli troponin testlerini gecikmeden uygulamaya davet ediyor.

*Yüksek-hassasiyetli troponin testleri henüz hızlı eleme testi için ABD FDA'dan izin alınmamıştır.

Hastaneler en iyi yolu seçebilir

Mills'in çalışması yalnızca High-STEACS yöntemi değil, Siemens Healthineers testinin yine başarıyla kullanılabildiği bir saatlik ESC yöntemi de değerlendirdi. Ama Mills bir saatlik ESC yönteminin İskoç hastaneleri için pek uygun olmadığını söylüyor: "Çalıştığımız hastanelerden hiçbirinde süreci bir saatte tamamlamamızın mümkün olmadığını gördük. Ayrıca daha ilk testin sonucunu öğrenmeden bir başka kan testi yapma fikrinden şahsen hoşlanmıyorum."



Dr. Nicholas Mills,
Edinburgh Üniversitesi
Kardiyoloji Bölüm Başkanı
ve İskoçya Kraliyet Reviri
Konsültan Girişimsel
Kardiyologu

İş birliği demişken...

"Bence yeni uygulamaya alınan her test için iş birliği kritik bir öneme sahip. Laboratuvar pratiği ve klinik pratiğini içeren yeni bir klinik yöntemi yerleştirmek için ortak çalışmak gerekiyor. Hastanemizde yüksek hassasiyetli troponin testini kullanıma soktuğumuzda, laboratuvar, kardiyoloji ve acil tıp temsilcilerinden oluşan bir grup kurduk. Böylece ortak bir bilgi geliştirdik ve yüksek hassasiyetli testi klinik rutine gerçekten sorunsuzca dahil edebildik. Nihayetinde en önemli faktör, her bir uzmanlık alanından bilgi aktaracak öncüler saptamak. En önemlisi de laboratuvar ekibinin süreçte aktif rol alması gerekiyor. Testi böylece kullanıma sokup da geribildirim beklemeyin!"

Yine de elde farklı seçeneklerin bulunması bir avantaj, çünkü erken eleme yöntemleri kullanmayı planlayan hastanelere yerel ihtiyaçlara en uygun yöntemi seçme imkanı veriyor: "Yöntemden bağımsız olarak, düşük riskli hastaları saptamak için çok düşük kardiyak troponin konsantrasyonları kullanmanın acil servis bölümünde güvenilirliği ve kararları iyileştirme potansiyeli çok büyük," diyor Mills.

Başarılı geçişler: eğitim ve ekip çalışması

Peki hâlâ günümüzün yaygın yöntemlerini kullanan bir hastanede yüksek hassasiyetli troponin testlerine nasıl başarıyla geçilebilir? Hennepin Healthcare/Hennepin County Tıp Merkezi Klinik & Adli Toksikoloji Laboratuvarı Müdür Yardımcısı, Kardiyak Biomarker Test Laboratuvarı (CBTL) Hennepin Sağlık Hizmetleri Araştırma Enstitüsü (HHRI) Baş Araştırmacısı, ABD Minnesota Üniversitesi Laboratuvar Tıbbı & Patoloji öğretim üyesi Prof. Dr. Fred Apple'a göre, kardiyak troponin testinde başarılı dönüşüm projelerinde kilit nokta eğitim ve ekip çalışması: Acil servisteki laborantların, kardiyologların ve ekibin yakın iş birliği içinde çalışması gerekiyor. Yüksek hassasiyetli troponin testinin uygulanmasına ilişkin spesifik tavsiyeler AACCF/IFCC'nin yakın tarihli ortak yayını "Kardiyak Troponinin Akut Koroner Sendromda Kullanımı için Klinik Laboratuvar Uygulama Tavsiyeleri"nde sıralandı. Bu yayında, hem laboratuvarların hem de kardiyoloji ve acil servis bölümlerinin eski dünyadan yeni dünyaya yumuşak bir geçiş yapmalarına yardımcı olacak birkaç net öneri yer alıyor.

Yüksek hassasiyetli troponin I: "Testi pozitif sonuç veren hasta sayısında artış yok"

Dr. Apple, birtakım önyargıların proaktif olarak ele alınmasının önemli olduğunu söylüyor. Bu önyargılardan biri, yüksek hassasiyetli troponin testlerinin, sonunda cath laboratuvarına yönlendirilen hasta sayısında çok büyük artışa yol açtığı. Apple'a göre bu önyargı gerçekten de testi pozitif sonuç veren hastaların sayısında aşırı bir artışa neden olduğu bildirilen ilk yüksek hassasiyetli troponin T testiyle ilişkili. Fakat bunun nedeni, eski "güncel" troponin T testlerinin, troponini yükselen ciddi sayıda hastayı gözden kaçırmış olmasıydı. Apple yakın zamanda kullanıma giren yüksek hassasiyetli troponin I testlerinde durumun tamamen farklı olduğunu söylüyor: "Örneğin Siemens Healthineers'in güncel troponin I tes-

ti çok iyi bir test. Bu yeni yüksek hassasiyetli teste geçmek 'gürültüyü' ortadan kaldıracak ve erken eleme imkanı verecek ama testi pozitif sonuç veren hasta sayısında çarpıcı bir artış görmeyeceğiz."

Profesör Mills bunu deneyimle doğrulayabiliyor: "Yüksek hassasiyetli troponin I testini kullanıma soktuğumuzda, günlük iş akışlarımızda hiçbir farklılık olmadı. Mevcut testte troponin eşığının ne kadar düşük olduğuna bağlı olarak, sonuçları anormal bulunan hastaların sayısı 25'te bir artabilir. Ama bu, günlük düzende fark edebileceğiniz bir şey değil." Ayrıca Mills yüksek hassasiyetli testlerle klinisyenlerin, bu hastalarda gerçekten başka tür bir miyokard rahatsızlığı olduğundan emin olabileceğini vurguluyor: "Böylece bir anjiyograma ihtiyaç olup olmadığı konusunda bir kardiyoloğa görünmelerinin faydası olacak."

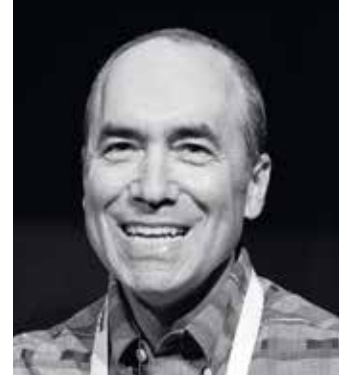
Cinsiyete özgü eşikler sayesinde hassasiyet artışı

Mills'e göre, yüksek hassasiyetli troponin testlerinden büyük fayda görecektir bir başka hasta grubu da kadınlar. Çünkü yüksek hassasiyetli troponin I testleri, mevcut troponin testlerinin aksine, cinsiyete özgü eşik değerler tanımlama imkanı sunuyor: "Konvansiyonel bir tek-eşikli test kullandığımızda, kadınları dezavantajlı hale getiriyoruz. Cinsiyete özgü kriterler benimsemek miyokard enfarktüsü olduğu saptanan kadınların oranını artıracak ve bizim uygun tedaviye mümkün olduğunca erken başlamamıza imkan verecek."

Yüksek hassasiyetli troponin testi hakkında çok sayıda veri olduğunu belirten Fred Apple dünyanın her yerindeki hastaneleri modern testleri gecikmeden kullanıma sokmaya çağırıyor: "Hastanelerin bu yeni teknolojiyi kucaklamaları ve eski testlerden hızla kurtulmaları çok akılcı olur. Kendinizi bir hastanın yerine koyun: Göğüs ağrısıyla hastaneye gittiğinizde, size en iyi sonuçları verecek testin yapılmasını beklersiniz." ●

Philipp Grätzel von Grätz Berlin'de yaşayan, tıp eğitimi almış bağımsız bir yazardır. Özellikle biyotıp, tıbbi teknolojiler, sağlıkta IT ve sağlık politikalarıyla ilgilenmektedir.

Dr. Fred Apple,
Hennepin Healthcare/Hennepin County Tıp Merkezi Klinik & Adli Toksikoloji Laboratuvarı Müdür Yardımcısı, Kardiyak Biomarker Test Laboratuvarı (CBTL) Hennepin Sağlık Hizmetleri Araştırma Enstitüsü (HHRI) Baş Araştırmacısı, Minnesota Üniversitesi Laboratuvar Tıbbi & Patoloji Öğretim Üyesi



İş birliği demişken...

"Uygulamalı bilim insanları, laboratuvar hekimleri ve pratisyen hekimler için günümüz dünyasında başarının anahtarı birlikte çalışmak. Kimse bu işi tek başına yapamaz; o günler çok geride kaldı. Laboratuvar tıbbı stajyerlerimi ve akademi üyelerini eğitirken, klinik ortamlara girmelerini; acil tıp bölümünde, kardiyoloji bölümünde birlikte çalışabilecekleri ve biomarker'ları anlayabilen, benzer anlayıştaki kişileri bulmalarını tavsiye ediyorum. Bütün yanıtları bilen ve bütün kararları veren kişi olmaya çalışmayın. Ekibin bir parçası olarak çalışın. Yeni biomarker'ları başarıyla kullanıma almak için ilgili bütün disiplinler arasında ortak kararlara ihtiyaç var."

¹ ESC, ACC, AHA ve WHF'nin uzman konsensüs belgesinde de yer almaktadır: Dördüncü evrensel miyokard enfarktüsü tanımı (2018)

Ürünün bulunurluğu ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir ve çeşitli yönetmelik gerekliliklerine tabi olabilir.

Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

Dr. Nicholas Mills, iş birlikleri için Siemens Healthineers'dan finansal destek almaktadır.

“SOMATOM go. serisi sayesinde hasta planını hangi cihazda yapmamız gerektiğini düşünmek zorunda kalmayacağız”

Erlangen Üniversitesi Radyoloji Bölümü'nden Dr. Matthias May, Siemens Healthineers SOMATOM go. platformu lansman etkinliği için Türkiye'ye gelerek İstanbul ve Ankara'da sunumlar yaptı.



Dr. Matthias May, Erlangen Üniversitesi Radyoloji Bölümü

Siemens Healthineers, yapay zeka (AI) teknolojileri ile donatılmış SOMATOM go. platformunu İstanbul ve Ankara olmak üzere iki farklı şehirde düzenlediği etkinliklerle tanıttı. Uzun süredir bu platformu kullanan Dr. Matthias May (Erlangen Üniversitesi) ile SOMATOM go. AI teknolojilerinin radyologlara ve rutin iş akışına getirdiği faydalar ve geleceğe yönelik katma değeri üzerine bir röportaj gerçekleştirdik.

Günlük taramalarınızda yapay zeka odaklı mobil iş akışı ne gibi faydalar sağlıyor?

En temel sorumuz, birbirinden farklı hastalara hizmet veriyor olmamız. Üstelik BT cihazları da gün geçtikçe daha karmaşık hale geliyor. Özellikle go. serisinde, geçtiğimiz birkaç yılda son teknoloji cihazlarda gördüğümüz önemli gelişmelerin artık giriş seviyesindeki inceleme araçlarında da mevcut olduğunu görebiliyoruz. Dolayısıyla söz konusu algoritmaların veya tekniklerin tüm dünyadaki hastalara uygulanabilmesini sağlamamız gerekiyor. Erlangen Üniversite Hastanesi'nde gördüğüm kadarıyla (ki dünyanın geri kalanında bu durumun daha da kötü olduğunu varsayıyorum) teknik personelin, hatta radyologların bilgi seviyesi, protokolleri ayarlamak ve bu protokolleri her hastanın ihtiyaçları doğrultusunda en doğru teknolojiyle kullanmak için yeterli değil. Bu nedenle cihaz üzerinde destekleyici bir sistemin yer alması büyük önem taşıyor. SOMATOM go. serisindeki cihazların, personelin protokolleri çalıştırmasını kolaylaştıracak çok sayıda özellik içermesini memnuniyetle karşılıyorum. Yapay zekanın (AI) yanı sıra, protokol yönetimi ve rekonstrüksiyon yönetimi ile ilgili yeni tasarımlar da bu kapsamda yer alıyor. Ardından, tarama sırasında da yer imlerinin kullanılması ve rekonstrüksiyon işleminde elektronik yönlendirme gibi süreçlerde yapay zeka desteği alınıyor. Örneğin, hastanın habitusuna göre tarama aralıkları veya oryantasyonu



uyarlanabiliyor ve okumayı yapan doktor için kullanılabilir sonuçlar büyük bir hızla üretilebiliyor; böylece muayene ile raporun oluşturulması arasında geçen süre kısalıyor.

Söz konusu gelişmeler doğrultusunda gelecekte BT teknolojilerinden ve BT üreticilerinden neler bekliyorsunuz?

Aslında az önce belirttiğim tüm özelliklerin eksiksiz olarak sağlanmasını bekliyorum. SOMATOM go. cihazlara baktığımızda çok sayıda özelliği barındırdığını görüyoruz ve günümüzde yaklaşık yüzde 90 başarı ile çalıştırılabilir. Yüzde 90 diyorum çünkü yapay zeka algoritmalarının hepsinde zaman zaman hatalar görülebiliyor. Üreticilerin de bu algoritmalara gerçekten güvenebilmemiz için daha tutarlı çalışan algoritmalar sağlamaları gerekiyor. Bugün radyoloji personeli hâlâ algoritmaları kontrol etme ihtiyacı hissediyor. Doğruluk seviyesini yüzde 99'un üzerine çıkarttığımızda, cihazın gerçekleştirdiği yapay zeka işlemlerini düzeltmek veya kontrol etmek durumunda kalmayacağımız iş akışları göreceğimize eminim. İdeali bu olacaktır.

Bunu yapabilmek için tarama sistemini hastanelerin dijital bilgi akışlarına daha fazla entegre etmemiz gerekiyor. Mobil unsurlar gibi alternatif yollara açık ilk cihazı ürettik, böylece teknik personel farklı yollarla etkileşime girebiliyor. Radyologlara yönelik etkileşim ile ilgili olarak çok daha fazla olanak görmek istiyorum. Ayrıca elektronik hasta kayıtlarından muayene ve bilgi akışının olması büyük önem taşıyor. Bu uygulama henüz hastaneler tarafından sunulmuyor. SOMATOM go.'nun bu yönde geliştirilmesinin, söz konusu etkileşimlerin hayata geçirilmesi doğrultusunda önemli bir adım olduğunu düşünüyorum. Diğer yönden gelen bilgi akışı için de aynı durum geçerli: Radyologlara sadece görüntü sağlamak yetmiyor; raporlar elle yazıldığı için, radyologların daha standartlaştırılmış çıktıları almalarını kolaylaştırabilirsek, bu bilgiler hasta kayıtlarına eklenebilir ve bu bilgiyi işleyecek olan daha gelişmiş yapay zeka algoritmaları kullanılabilir. Günümüzde yapılandırılmış verileri üretmek için sadece otomatik algoritmalar kullanılıyor, ancak ben doktorların da sistemin tamamıyla daha yapılandırılmış bir şekilde etkileşime girmesi taraftarıyım.

SOMATOM go. platformunun klinik becerilerinizi standart BT'lere kıyasla nasıl değiştirdiğini örneklerle anlatabilir misiniz?

Önceki cihazlar endikasyon iş yükünün yaklaşık yüzde 70-80'ini kapsayabiliyordu. Yeni teknolojilerle birlikte, daha gelişmiş teknikler için daha fazla öneri alacağız. Bu olanaklara ihtiyacımız var. SOMATOM go. serisi sayesinde hasta planını hangi cihazda yapmamız gerektiğini düşünmek zorunda kalmayacağız, çünkü söz konusu algoritmalar go. platformunda da kullanıma hazır olacak, bu şekilde iş akışımız değişecek. Buna kardiyak tarama örnek olarak gösterilebilir. SOMATOM go.All ve SOMATOM go.Top sisteminde kardiyak taramalar çok verimli oluyor. Ayrıca SOMATOM go.Now ve SOMATOM go.Up gibi en küçük versiyonlarda bile Dual Spiral modu ile birlikte Dual Energy kullanılabilir. SOMATOM go.Top sisteminde yer alan Twin Beam ise daha gelişmiş bir teknik. Bu yeni özelliklerin kullanım alanlarının arttığını görüyoruz. Bununla birlikte kardiyak BT ve vasküler BT'de göğüs kafesinin ayrıntılı görünümü, omurga açılardırma ya da eğimli MPR gibi otomatik sonuç sunumlarının cihaz tarafından sağlanması, özel post-processing yapma ihtiyacını azaltıyor ve böylece radyolog inceleme sırasında daha az zaman harcıyor. ●

İnsülinomaların BT görüntülemesi – çift fazlı mı dinamik mi?

Juan Li, MM; Kai Xu, MB; Dr. Liang Zhu; Dr. Hua-dan Xue ve Dr. Zheng Yu Jin
Radyoloji Bölümü, Peking Union Tıp Fakültesi Hastanesi, Pekin, Çin Halk Cumhuriyeti

Hastanın hikayesi

Sık hipoglisemi ataklarından şikayetçi olan 64 yaşında kadın hasta check-up istemiyle yerel bir hastaneye gitti. Klinik testler ve laboratuvar testleri sonucunda endojen hiperinsülinemik hipoglisemi ortaya çıktı. İnsülinoma şüphesiyle rutin abdominal kontrastlı BT gerçekleştirildi fakat herhangi bir tümöre rastlanmadı. Daha sonra kurumumuza sevk edilen hastaya karaciğeri ve pankreasın tamamını kapsayan Dinamik BT yapıldı. Ardından BT verileri kullanılarak farklı temporal fazlar ve fonksiyonel parametrelere haritaları oluşturuldu.

Tanı

Perfüzyon BT görüntüleri, pankreas başında izole, hiperperfüze bir lezyon gösteriyordu. Lezyon arteriyel fazda kayda değer ölçüde büyümüşü, superior pankreatikoduodenal arterden besleniyordu ve $1,8 \times 1,5$ cm büyüklüğündeydi. Karaciğerin kontrastsız fazı, karaciğerden-dalağa negatif atenüasyon oranı ve intrahepatik damarlara kıyasla homojen hipo-atenüasyon gösteriyordu. Bu durum difüz hepatik yağ toplanmasına işaret ediyordu. Safra kesesinde $1,9 \times 1,5$ cm büyüklüğünde, hipodens merkezli bir hiperdens taş görülmüyordu. Karaciğerde ya da komşu lenf nodlarında hiçbir metastaz belirtisi yoktu. Tümör laparoskopiyle alındı ve hasta herhangi bir sorun yaşamadan iyileşti.

Yorumlar

İnsülinomalar en yaygın görülen hiperfonksiyonel pankreatik endokrin tümörlerdir.[1] Ağırıklı olarak tanı, klinik bulgulara ve laboratuvar bulgularına da-

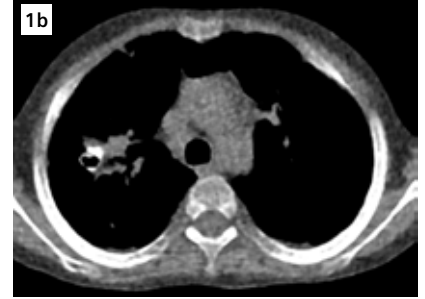
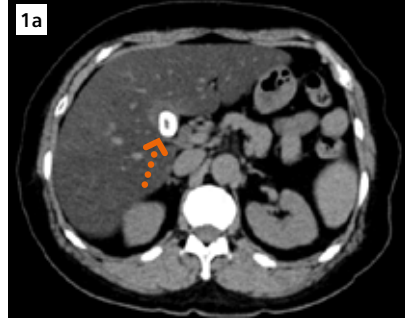
yanılarak yapılır. Tümörün cerrahi olarak çıkarılması en etkin tedavidir. Özellikle tümörün enükleasyonu için laparoskopik yaklaşım düşünülüyorsa, operasyon öncesinde görüntüleme muayeneleriyle tümör lokalizasyonu önemlidir [1–2]. Yayımlanan verilere göre, hatırı sayılır büyüklükteki insülinoma altkümeleri standart çift fazlı BT taramalarında görülmüyor. Bu, insülinomaların büyüme örüntülerinin çeşitlilik göstermesinden ve tümör-parenkim kontrastının süreye bağlı olmasından kaynaklanıyor. Örneğin, geçici hiper-büyümeli (%30,2) [3] veya izo-atenüasyonlu (%24,9) [4] insülinomalar çift fazlı BT taramalarında görüntülenemeyebiliyor. Kurumumuzda, insülinoma şüphesi duyulan olgular da düşük dozlu dinamik BT tarama protokolü kullanılıyor. Elde edilen görüntü verileri, tümör perfüzyonunu değerlendirmekte ve Süre-Atenüasyon Eğrisi'ne (TAC) dayanarak birden çok faz oluşturmakta kullanılıyor. Görüntü kalitesi, syngo.CT Dynamic Angio'nun sunduğu temporal ortalama ve temporal MIP rekonstrüksiyonları kullanılarak kayda değer ölçüde iyileştiriliyor. Uygulanan radyasyon dozu, çift fazlı tarama ile natif taramanın toplamıyla kıyaslanabilecek aralıkta oluyor.[5] İhtiyaç duyulan kontrast madde miktarı da hastanın vücut ağırlığına göre radyasyon uygulayan [3] çift fazlı protokoldekine kıyasla büyük ölçüde azalıyor – bu olguda (158 cm, 63,5 kg, VKİ 25,4), 90 mL yerine 45 mL kontrast madde uygulandı.

Bu yaklaşımla yaşadığımız deneyim ümit vaat ediyor; tanı için ihtiyaç duyulan tümör perfüzyonu, morfolojisi ve vaskülarite bilgileri, karşılaştırılabilir seviyede radyasyon dozu ve daha düşük kontrast madde miktarı kullanılarak tek bir dinamik taramayla elde edilebiliyor. ●

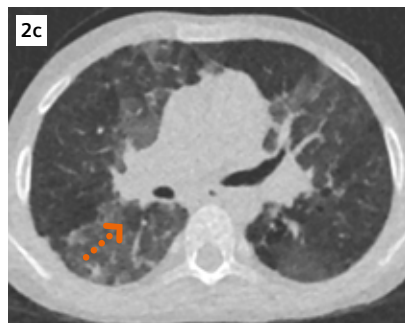
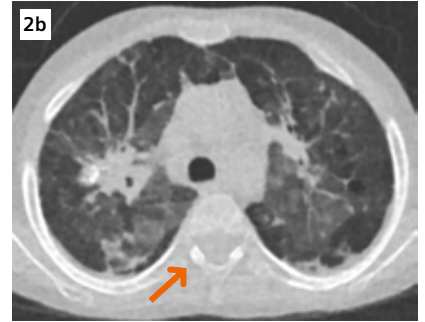
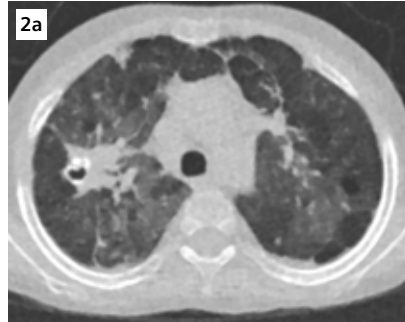
Referanslar

- [1] Falconi M, Eriksson B, Kaltsas G, et al. ENETS Consensus Guidelines Update for the Management of Patients with Functional Pancreatic Neuroendocrine Tumors and Non-Functional Pancreatic Neuroendocrine Tumors. *Neuroendocrinology*, 2016, 103(2): 153-171.
- [2] Dixon E, Pasiaka J L. Functioning and nonfunctioning neuroendocrine tumors of the pancreas. *Curr Opin Oncol*, 2007, 19(1):30-35.
- [3] Zhu L, Wu W, Xue H, et al. Sporadic insulinomas on volume perfusion CT: dynamic enhancement patterns and timing of optimal tumour-parenchyma contrast. *European Radiology*, 2017, 27(8):3491-3498.
- [4] Zhu L, Xue H, Sun H, et al. Isoattenuating insulinomas at biphasic contrast-enhanced CT: frequency, clinicopathologic features and perfusion characteristics. *European Radiology*, 2016, 26(10):3697-3705.
- [5] Zhu L, Xue H, et al. Insulinoma Detection WithMDCT: Is There a Role for Whole-Pancreas Perfusion? *AJR* 2017; 208:306–314 2016, 26(10):3697-3705.

- 1** Natif (Şekil 1a ve 1b), arteriyel (Şekil 1c) ve portal venöz (Şekil 1d) fazların, *syngo*.CT Dynamic Angio ile temporal ortalama rekonstrüksiyon kullanılarak oluşturulmuş aksiyel BT görüntüleri (3 mm) mükemmel görüntü kalitesi sunuyor. Karaciğer, natif fazda (Şekil 1a) intrahepatik damarlara kıyasla karaciğerden-dalağa negatif atenüasyon oranı ile homojen hipo-atenüasyon gösteriyor. Safra kesesinde hipodens merkezli bir hiperdens (noktalı ok) görülüyor. Arteriyel fazda pankreas başında hiper-büyüme lezyon (ok) açık bir şekilde görülüyor.



- 2** BT Perfüzyon görüntüsü (Şekil 2a) pankreas başında, normal pankreatik dokulara kıyasla daha yüksek Kan Akışlı hiper-perfüze lezyon gösteriyor. Sinematik VRT görüntüsü (Şekil 2b) superior pankreatikoduodenal arterden tümöre giden kanı (ok) gösteriyor. MIP görüntüsü (Şekil 2c) normal bir portal venöz sistemi ve hiperdens bir safra kesesi taşı (noktalı ok) gösteriyor. Arteriyel ve portal venöz fazlar, *syngo*.CT Dynamic Angio ile temporal MIP rekonstrüksiyon kullanılarak oluşturuldu.



Siemens Healthineers müşterileri tarafından burada tanımlanan sonuçlar, kuruma özgü koşullarda elde edilmiştir. "Tipik" bir hastane bulunmadığından ve pek çok değişken (örneğin hastanenin ölçeği, olguların karmaşıklığı, BT benimsenme düzeyi) söz konusu olduğundan, diğer kullanıcıların da aynı sonuçları alacağı garanti edilemez.

İnceleme Protokolü

Tarayıcı	SOMATOM Force
Tarama alanı	Karaciğer ve pankreas
Tarama modu	Adaptif 4D spiral
Tarama uzunluğu	176 mm
Tarama yönü	Çift yönlü shuttle
Tarama süresi	45 sn
Tüp voltajı	80 kV
Etkin mAs	80 mAs
CTDI _{vol}	44,14 mGy
DLP	840,3 mGy cm
Rotasyon süresi	0,25 sn
Kesit kolimasyonu	48 x 1,2 mm
Kesit genişliği	1,5/3 mm
Rekonstrüksiyon artışı	1/2 mm
Rekonstrüksiyon kerneli	Br36
Kontrast	370 mg/mL
Volüm	45 mL + 40 mL salin
Akış hızı	5 mL/sn
Başlangıç gecikmesi	6 sn

Dünya genelinde ölümlerin 4'te 1'i kan pıhtıları ile ilgilidir

Kan pıhtılaşma bozukluklarının teşhisine yönelik en geniş hemostaz spesifik test ve sistem portföylerinden birine sahip olan Siemens Healthineers, bu ciddi toplumsal sağlık tehdidine karşı mücadelede klinisyenleri destekliyor.

Tromboz

Bir arter veya damardan oluşan ve kardiyovasküler ölümlerin başta gelen 3 nedeninden biri olan bozukluktur:

kalp krizi, felç ve venöz tromboembolizm (VTE); bunlar çoğunlukla bacaklarda ve akciğerlerde bulunan kan pıhtılarıdır.



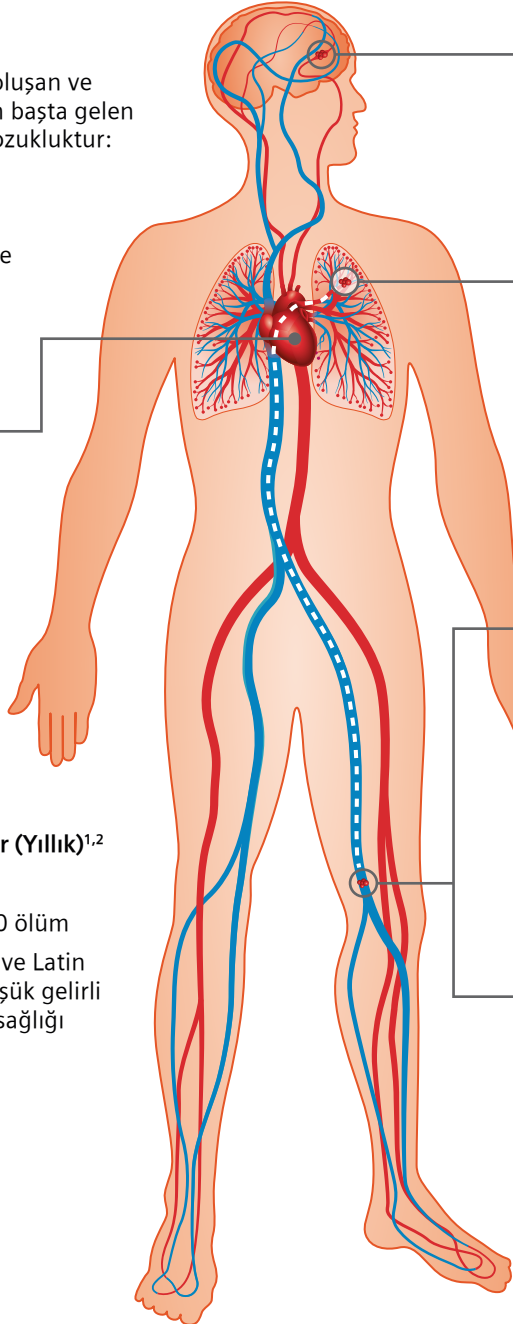
Kalp Krizi

Kalpteki bir arterde kan pıhtısı oluşması, kalbe giden kan ve oksijeni keserek kalp krizine neden olabilir.



VTE'den Kaynaklı Ölümler (Yıllık)^{1,2}

- Avrupa = 500.000 ölüm
- ABD = 100.000-300.000 ölüm
- VTE ayrıca Kuzey Afrika ve Latin Amerika'daki orta ve düşük gelirli ülkelerde ciddi bir halk sağlığı sorunudur.



Felç

Beyne giden bir arterde kan pıhtısı oluştuğunda ve kan akışını engellediğinde karşılaşılan yaygın bir inme tipidir.



Pulmoner Emboli (PE)

Bacağın (veya bazen kolun) derin venlerinde oluşan bir kan pıhtısı akciğere taşındığında pulmoner emboli gelişir ve potansiyel olarak hayati tehlike oluşturur.

Derin Ven Trombozu (DVT)

Bacaklarda (veya kollarda) derin bir venede oluşan kan pıhtısına derin ven trombozu veya DVT denir. DVT önlenmezse veya çabuk tedavi edilmezse ciddi tıbbi sorunlara neden olabilir.



DVT + PE = VTE

Derin ven trombozu (DVT), önlenmezse veya çabuk tedavi edilmezse ilerleyebilir ve kan pıhtısı akciğere giderek acil tıbbi müdahale gerektiren, potansiyel olarak ölümcül bir pulmoner emboliye (PE) yol açar. DVT ve PE birlikte venöz tromboembolizm (VTE) olarak bilinir.



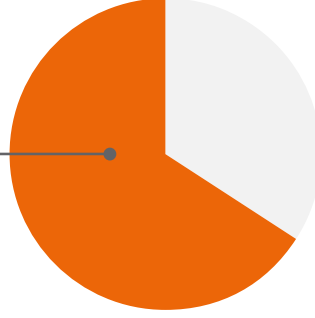
Klinik risk

Bacaktaki kan pıhtılarının üçte ikisinden fazlası, önlenebilir hastane ölümlerinin başlıca nedeni olan hastanede bulunmaktan kaynaklanmaktadır.³

Kalça ve diz ameliyatı ve kanser ameliyatları dahil olmak üzere bazı ameliyatlar hastayı daha yüksek riske maruz bırakmaktadır.

İlave kan pıhtısı tetikleyicileri

- Ailenin kan pıhtısı öyküsü
- Östrojen bazlı ilaç tedavisi
- Hareketsizlik
- Hamilelik veya yeni doğum yapma

**Daha fazla bilgi edinin!**

Siemens Healthineers tromboz teşhisi ve antikoagülan tedavisi hakkında güncel bilgiler sunuyor.

Web sitemizdeki kaynaklar şunları içeriyor:

- Ürün tanıtım belgesi: F1+2 testin klinik endikasyonları
- Ürün tanıtım belgesi: VTE'nin ekarte edilmesi için D-dimer testi
- Web seminerleri: Doğrudan oral anti-koagülan (DOAC) testi
- İnteraktif koagülasyon kaskadları

Ayrıca, tromboz riski karar ağacımızı incelemeyi de unutmayın. Trombotik hastalığa, hızlı ve doğru risk değerlendirmesini zorlaştıran çok çeşitli bozukluklar neden olabilir. En son aracımız, tromboz için tanı yaklaşımlarını detaylandırıyor ve daha iyi hasta yönetimine yardımcı olan trombofili testlerinin nasıl yapılacağı ve yorumlanacağı konusunda en iyi uygulamaları sağlıyor. ●

Referanslar

- 1 Cohen AT, Agnelli G, Anderson FA, Arcelus JL, Bergqvist D, Brecht JG, Greer IA, Heit JA, Hutchinson JL, Kakkar AK, Mottier D, Oger E, Samama MM, Spannagl M. Venous thromboembolism (VTE) in Europe. The number of VTE events and associated morbidity and mortality. *Thromb Haemost.* 2007 Oct;98(4):756-64.
- 2 Heit J, Cohen A, Anderson F. Estimated annual number of incident and recurrent, non-fatal and fatal venous thromboembolism (VTE) events in the US. *Blood.* 2005;106:267A.
- 3 Beckman MG, Hooper WC, Critchley SE, Ortel TL. Venous thromboembolism. *American Journal of Preventive Medicine.* 2010;38(4):S495-S501.



Yapay zeka çağında desteklenmiş çoklu-organ raporlama



Tıbbi görüntülerin yorumlanması için hâlihazırda klinik kullanımda olan birçok bağımsız yapay zekâ (AI) algoritması var. Fakat bu teknolojinin günlük radyoloji uygulamalarında daha geniş kapsamlı olarak uygulanması için hem çoklu- organ görüntü raporlamayı destekleyen ve iyileştiren hem de mevcut iş akışlarına ve IT mimarilerine kolaylıkla entegre edilebilen çok yönlü AI platformlarına ihtiyaç duyuluyor. Bu tür akıllı destek sistemleri radyolojiyi çok daha etkin ve hassas hale getirmeyi, böylelikle de iş yükünü azaltıp daha doğru tanımlara imkan sağlamayı vaat ediyor.

Tıbbi görüntülerin yapay zekâ (AI) yardımıyla yorumlanması klinik bir gerçeklik haline geliyor. Bu teknoloji, tıp kongrelerinde ve medya raporlarında “vizyoner” başlıklar arasında yer alıyor olsa da birçok AI algoritmasının ne kadar kullanışlı ve faydalı olduğu şimdiden görülüyor.

Mesele artık AI’nın prensipte görüntü analizi için avantajlı olup olmayacağı değil. Çoğu uzman bunu zaten kabul ediyor. Günümüzdeki asıl zorluk, radyologların günlük işlerini akıllı yazılımla desteklemek ve böylelikle de bu disiplinin tamamı için önemli ölçüde katma değer artışı elde etmek. Gerçekten de tıbbi görüntülemeye AI hekimin deneyimini iyileştirmeye ve aşırı iş yükü dolayısıyla tükenmişliği önlemeye yardımcı olmayı vaat ediyor. Böylelikle de sağlık hizmetlerinin “dörtlü hedefi”ndeki dördüncü bileşeni koruyor (Bodenheimer & Sinsky 2014). Kimi uzmanlar radyolojinin AI ile “büyüdüğünü” söylüyor (Liew 2018).

Bunun olabilmesi için görüntülemeyi geniş bir organ yelpazesi ve modalitede kolay bir biçimde destekleyen yazılım platformları gerekiyor. Mevcut AI uygulamaları genellikle tek tek görevler için özelleştirilmiş, bağımsız çözümler olmakla birlikte, bu teknolojinin daha kapsamlı bir şekilde uygulanmasının temelinde, mevcut iş akışlarına ve IT mimar-

lerine sorunsuzca entegre edilebilen çok-yönlü destek sistemleri yer alıyor. Signify Research sağlık teknolojileri danışmanlık şirketinin yakın zamanda yaptığı bir analiz, “Tıbbi görüntülemeye AI söz konusu olduğunda, derin öğrenme algoritması kendi başına çözümün tamamı değil, yalnızca bir bileşendir. Ana akım pazarlarda, verimliliği kanıtlanmış, uçtan uca AI ile çalışan çözümlere ihtiyaç duyulacak,” vurgusunu yapıyor. (Harris 2018).

Bu tür entegre AI platformlarını, örneğin göğüs BT’sinde birden çok anatomik yapıyı daha çabuk ve hassas bir şekilde değerlendirmekte veya gelecekte tüm vücut taramalarını değerlendirmekte kullanmaya yönelik stratejiler ortaya çıkıyor. Bu, AI’yı radyolojide farklı bir kesitsel teknoloji haline getirecek ve böylece AI raporlamayı destekleyecek.

“Ana akım pazarlarda, verimliliği kanıtlanmış, uçtan uca AI ile çalışan çözümlere ihtiyaç duyulacak.”

Kaynak: Harris 2018

Tıbbi raporlamada AI şimdiden kısmen gerçeğe dönüştü

Çeşitli uygulama alanlarında yapılan olgu çalışmaları, AI'nın somut avantajlar sağlayabileceğini gösteriyor. AI ile çalışan raporlama hâlihazırda kısmen gerçekliğe dönüşmüş durumda.

Bunun iyi bilinen bir örneği, çocuklarda X-ışınli el görüntülerine dayanarak yapılan kemik yaşı değerlendirmesi. Örneğin, Danimarkalı araştırmacılar bir süredir Avrupa'da onaylı olan ve artık yaklaşık 100 klinikte rutin kullanılan bir görüntü analizi yazılımı geliştirdi (Thodberg ve diğ., 2009, Thodberg 2017). Yakın zamanda derin öğrenme sistemi ile yapılan bir çalışmaya göre, otomatik analiz gerçekten de yaş sonuçlarını bir radyoloğun daha uzun zamanda yapacağı görüntü okuması kadar isabetli bir şekilde verebiliyor (Hyunkwang ve diğ., 2017). Bir diğer algoritmanın da el bileği kırıklarını tespit edebildiği ve böylelikle de acil servis bölümüne bir ortopedi cerrahının uzmanlığını kazandırabildiği kanıtlandı (Derin nöral ağ ile kırık tespitini iyileştirme, klinisyenler Robert Lindsey, Aaron Daluiski, Sumit Chopra, Alexander Lachapelle, Michael Mozer, Serge Sicular, Douglas Hanel, Michael Gardner, Anurag Gupta, Robert Hotchkiss, Hollis Potter, Proceedings of the National Academy of Sciences Ekim 2018, 201806905; DOI:10.1073/pnas.1806905115).

"Neticede AI'yı klinik ortamda benimsemenin ardındaki itici güç, okuma istasyonundaki PACS sistemine entegre AI uygulamalarının kullanılması ve erişilebilirliği olabilir."

Kaynak: Tang ve diğ., 2018

Dikkat çekici bir başka örnek de özellikle tıbbi kaynakları sınırlı olan ve az sayıda radyoloğun bulunduğu bölgelerde, AI-destekli tüberküloz taraması. Gelişmekte olan çok sayıda ülkede, X-ışınli göğüs görüntüleri makinelerce analiz edilerek hastalık olasılığı yüksek olan ve daha fazla teste tabi tutulması gereken hastalar etkin bir şekilde saptanıyor (Philipsen ve diğ., 2015). Tüberküloz tespitine yönelik, ilişkili bir yaklaşım da radyologların yalnızca yapay nöral ağlar tarafından net bir şekilde sınıflandırılmayan göğüs radyografilerini okuması (Lakhani & Sundaram 2017).

Benzer şekilde, diğer görüntüleme modaliteleri için AI uygulamaları, günlük koşullarda değerlerini kanıtladı. ABD'deki bir sağlık zincirinde gerçekleştirilen üç aylık klinik uygulama döneminin göstermiş olduğu gibi, akıllı algoritma sayesinde baş BT'leri saniyeler içinde değerlendirilerek bilinmeyen intrakranial kanama tespit edilebiliyor ve radyolog tarafından hızla yorumlanmak üzere önceliklendirilebiliyor; böylece bazı durumlarda hayat bile kurtarılabilir (Arbabshirani ve diğ., 2018). Pek çok diğer AI uygulaması (örneğin akciğer veya karaciğer kanserlerinin analizi) pratik kullanım için geliştirme aşamasında bulunuyor ve giderek daha çok sayıda algoritma ABD Gıda ve İlaç Dairesi gibi kurumlardan klinik kullanım onayı alıyor.

AI'nın daha kapsamlı uygulanması: entegre rutin çözümlere duyulan ihtiyaç

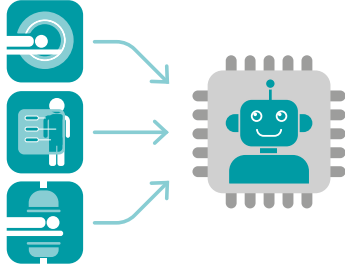
Bu örnekler yapay zekânın radyoloji açısından taşıdığı büyük önemin altını çizse de AI'nın rutin görüntülemelerde daha kapsamlı uygulanmasına hâlâ vakit var. Karşı karşıya olunan güçlüklerden biri, genellikle belli bir organın segmentasyonu gibi yalnızca tek tek görevler gerçekleştiren algoritmaların doğasıyla ilgili. Bradley Erickson ve Mayo Clinic'teki çalışma arkadaşları, derin öğrenmenin durumu üzerine bir makalede, "Makine öğreniminde ve nöral ağlarda geleneksel görüş, belli bir sistemin yalnızca iyi tanımlanmış bir problemi çözebileceği," diye yazıyor (Erickson ve diğ., 2018). "Fakat bir muayenede nadiren tek bir soru olur," diyerek devam ediyorlar. Örneğin bir torasik BT'nin yorumlanması birkaç organla ilgili birden fazla soru içerebilir. Bu, radyologları ya AI kullanımını spesifik olgularla sınırlandırma ya da IT sistemlerine farklı geliştiricilerin çeşitli algoritmalarını entegre etme ikilemi ile karşı karşıya bırakıyor; ikinci durumda kullanışlılık tehlikeye girebiliyor ve uyumluluk sorunlarıyla karşılaşılabilir.

Dolayısıyla klinik rutinde kullanımı kolay, kapsamlı çözümlerin bulunması, AI uygulamalarını ilerletmek ve sunduğu avantajlardan tam anlamıyla faydalanmak açısından kritik bir ön koşul oluşturuyor. Bu, özellikle de AI'yı hoş karşılayan ama kendilerini teknoloji öncülerini olarak görmeyen çok sayıda radyolog için geçerli. Güncel bir piyasa değerlendirmesinde, "Bir teknoloji çözümünü erkenden benimseyenler belli bir iş sorunu ya da klinik sorun için, ayrı ayrı ürünler ve teknolojilerden tek noktadan toplu sonuç alabilmek istiyor. Bu çözümlerin mevcut altyapılarına sorunsuzca entegre olabilmeleri gerekiyor," vurgusu yapılıyor (Harris 2018).

Kavramsal çerçeve

Multimodal çoklu-organ görüntülemeyi destekleyen entegre bir AI platformu için

1 Multimodal Girdi



Her türlü modaliteyle her türlü tetkik için üretilen bütün veriler otomatik olarak entegre AI asistanına gönderilir.

2 Akıllı Gönderim



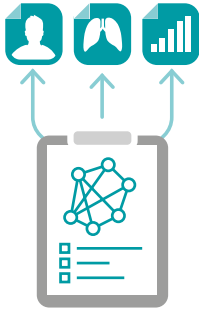
Uygulanacak algoritmalar, veri içeriğine bağlı olarak global bir kitaplıktan otomatik olarak seçilir.

3 Otomatik Sonuç Oluşturma



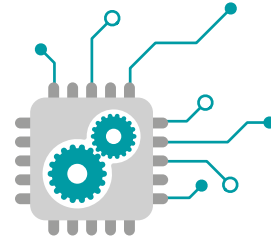
AI ile çalışan görüntü analizleri (ölçümler gibi) gerçekleştirilir ve yapılandırılmış raporlar oluşturulur.

4 Çoklu-Kanal Çıktıları



Sonuçlar uygun hedef sistemlere gönderilir (PACS, RIS, EMR gibi).

5 Sürekli İyileşme



İş ortağı sistemlerindeki web-tabanlı altyapı ve plug-in'ler kullanıcı geri bildirimleri almaya ve algoritma işlevselliğinde sürekli iyileştirmeler yapılmasına imkân verir.

Şekil 1: Sürekli öğrenen algoritmalar koleksiyonundan oluşan bu sistem, kendini mevcut görüntü işleme IT ortamına entegre eder; bulut-tabanlı da olabilir, kurum içinde de kurulabilir (PACS: Resim arşivleme ve iletişim sistemi; RIS: Radyoloji bilgi sistemi; EMR: Elektronik tıbbi kayıtlar)

Özellikle mevcut görüntü arşivleme ve iletişim sistemleri (PACS) ile uyumluluk, AI'nın sağlık kurumlarında başarılı bir şekilde kullanılmasının anahtarı. Kanada Radyologlar Derneği'nin bu teknoloji hakkındaki bir bilgilendirici yazısı da "Neticede AI'nın klinik ortamda benimsemenin ardındaki itici güç, okuma istasyonundaki PACS sistemine entegre AI uygulamalarının kullanılması ve erişilebilirliği olabilir," diyerek bunu doğruluyor (Tang ve diğ., 2018). Başka bir deyişle AI iş akışlarını yeniden icat etmek yerine, radyologların her gün yaptığı işi mümkün olduğu kadar çok sayıda farklı yolla iyileştirmeli ve hızlandırmalı.

Bu sırada AI'nın bu kadar kapsamlı bir şekilde kullanılmasına yönelik çeşitli stratejiler de ortaya çıkıyor. Bir yandan pek çok yazılım sağlayıcısı AI uygulamalarını koordine etmek ya da pazara paketler halinde sunmak üzere iş birliğine giriyor. Bu "AI uygulama mağazaları" hastanelere, radyolojiye ilişkin çok çeşitli meseleler için uygulamaları olan, düzenlenmiş algoritma kitaplıklarına erişim hakkı veriyor (Harris 2017, Signify Research 2018).

Öte yandan büyük şirketlerin daha en baştan çeşitli görüntüleme alanlarını bütün halde kapsayan ve çok-ışlevli destek sunan entegre AI destek sistemleri tasarlamaları yerinde bir karar. Bu, Siemens Healthineers'ın da kapsamlı AI araştırması ve uzmanlığıyla benimsediği bir strateji (Ghesu ve diğ. 2017, Liu ve diğ. 2017, Yang D ve diğ. 2017) (Şekil. 1).

AI desteğinin somut faydaları: göğüs görüntüleme ve fazlası

AI-destekli çok fonksiyonlu görüntü analizine örnek niteliğindeki bir olgu, en önemli radyolojik çalışma alanlarından biri olan göğüs görüntüleme. Örneğin, ABD'de her 1000 Medicare kullanıcısı başına yılda yaklaşık 900 X-ışınlı göğüs muayenesi ve 90 göğüs BT'si gerçekleştiriliyor (Kamel ve diğ. 2017). Özellikle düşük dozlu BT ile akciğer kanseri taraması önümüzdeki yıllarda dünya çapında pek çok ülkede hızlı ve güvenilir raporlamaya duyulan ihtiyacı daha da artırabilir.

Genel olarak uzmanlar tamamen bağımsız tanı algoritmalarının ancak orta ila uzun vadede radyoloji rutininde kendilerine yer bulabileceğini ve yakın gelecekte AI'nın daha ziyade iş akışlarını hızlandırmaya ve raporlamayı kolaylaştırmaya yarayacağını düşünüyor (Loria 2018). Hatta, torasik BT'de çeşitli organlar için otomatik olarak biomarker-tabanlı ölçümler yapmak, anatomik ve patolojik yapıları öne çıkarmak ya da çoğaltılabilir yapılandırılmış raporlar hazırlamak gibi pek çok destekleyici işlev şu anda AI sistemlerine entegre edilebilir durumda. Böylece, kolaylıkla eyleme çevrilebilecek bilgiler elde edilebilir (Şekil. 2).

Sayırsız güncel yazılım geliştirmeleri, örneğin akciğer nodüllerinin tespitini ve sınıflandırılmasını kolaylaştırmayı ve böylelikle de potansiyel olarak kanser taramasını ve tanısını iyileştirmeyi ve yanlış pozitif bulguları minimize etmeyi hedefliyor (Yang

Göğüs BT okuma ve raporlamasında kapsamlı AI desteği ile elde edilen

Örnek faydalar



Okuma ve raporlama iş akışlarının hızlandırılması



Hasta bakımının daha etkili ve daha etkin hale getirilmesi¹



Aort, akciğer nodülleri, kalp, koroner ağaç ve omurlar gibi birden çok yapının kılavuz ve biomarker-tabanlı otomatik ölçümleri



Daha önceki çalışmaların otomatik olarak dikkate alınması ve ilerleme kantifikasyonu (örneğin akciğer nodülleri ve aortik anevrizmalar için)



Sonuçların yapılandırılmış raporlara otomatik transferi ve PACS, RIS ve EMR gibi uygun IT sistemlerine aktarımı



Akciğer loblarının ve tespit edilen nodüllerin, hava yollarının, kalp yapılarının ya da omurların sinematik rendering ile vurgulanması



Kemik mineral dansitesinin, vertebral kırıkların, amfizemin, koroner plağın, kardiyomegalinin ve aortik anevrizmaların karakterizasyonu ve sınıflandırılması



Akciğer RADS, kalsiyum puanı ya da kemik mineral dansite puanı gibi referans değerlerin ve risk puanlarının, okuma ve raporlamaya rehber olmak üzere entegrasyonu

Şekil 2: Göğüs BT okuması ve raporlamasında kapsamlı AI desteği ile sağlanan örnek faydalar

¹medcitynews.com/2018/04/how-radiologists-will-use-ai/

Y ve diğ., 2018). AI ile çalışan akciğer segmentasyonu ile şüpheli lezyonların yerini otomatik olarak saptama ve büyüklüklerini 2D ve 3D olarak ölçme becerisi bile tek başına muazzam bir vakit tasarrufu sağlayabilir (Humphries ve diğ. 2018).

COPD'de hava yolu obstrüksiyonlarını ve amfizemin kapsamını belirlemeye (Das ve diğ., 2018) yahut BT taramalarında pulmoner fibrozun şiddetini kantifiye etmeye (Humphries ve diğ. 2017) yarayan algoritmalar da büyük ümit vaat ediyor. Yine aynı derecede önemli olmak üzere, sinematik rendering gibi AI-destekli 3D görselleştirmeler okuma sürecini basitleştirebilir ve daha sezgisel hale getirebilir (Dappa ve diğ. 2016).

Siemens Healthineers şu anda bu algoritmaların pek çoğunu entegre ederek desteklenmiş çoklu-organ raporlaması için yazılım platformları geliştiriyor. Bu türden organ kapsayıcı bir AI sisteminin öngörülen avantajlarından biri, örneğin kardiyopulmoner hastalıkları değerlendirmenin daha kolay olması ve küçük bulguların gözden kaçırılma sıklığının azalması. Modern tarayıcılar yüksek uzamsal ve zamansal çözünürlüklerinden dolayı, ECG ile senkronize olmayan, kontrastsız torasik BT'ler üzerinde bile kapsamlı kardiyotorasik değerlendirmeler yapılmasını mümkün kılıyor (Marano ve diğ., 2015). Bununla birlikte, Kanadalı radyolog René Kanza ve çalışma arkadaşlarının belirttiği gibi, "radyologlar genellikle rutin bir göğüs BT'sini yorumlarken kalbi gözden geçiriyor" (Kanza ve diğ., 2016). Hatta, koroner kalsifikasyonlar ya da aort dilatasyonu gibi, kardiyak olmayan bir BT'de tespit edilebilen küçük bulguların neredeyse üçte ikisi radyolojik raporlara girmiyor (Secchi ve diğ. 2017, Balakrishnan ve diğ. 2017). Bu durum otomatik görüntü analiziyle ve AI-destekli okuma ile muhtemelen büyük ölçüde önenebilir.

Göğüs BT'lerinde hiç de nadir görülmeyen veya beklenmedik olmayan, fakat yine de tanı açısından kaçabilen ve ciddi klinik sonuçlara yol açabilecek olan torasik kemik tümörleri veya metastazları için de aynı durum geçerli (Jokerst ve diğ., 2016).

Özellikle metastaz tespiti için, ileride yalnızca göğüs gibi ayrı ayrı vücut bölümlerinin değerlendirilmesinde değil, tüm-vücut taramalarında da kullanılabilecek destekleyici AI platformlarının bulunması bekleniyor. Örneğin, meme veya prostat kanserinin ileri safhalarında metastazlar tipik olarak iskelette, akciğerlerde, karaciğerde ya da beyinde gerçekleşiyor. Bu tür tümör lezyonlarının güvenilir bir şekilde tespiti ve kantifikasyonu, tedavi ve prognoz açısından çok önemli ama aynı zamanda da çok emek gerektiren ve hataya meyilli bir süreç.

Bu noktada, daha da geliştirilmiş, entegre AI sistemleri önümüzdeki yıllarda tüm vücut değerlendirmesini kayda değer ölçüde iyileştirebilir.

Öğrenen bir sistemden faydalanmak

Yapay zekâ, öğrenen bir teknolojidir. Bir yandan, bir bütün olarak AI'nın gelişme potansiyeli çok büyük. Yeni yapay nöral ağ mimarileri son yıllarda görüntü analizinde dikkate değer bir ilerlemeyi mümkün kıldı ve bu, çok yüksek ihtimalle gelecekte de devam edecek. Öte yandan, büyük miktarda veriyi işleyerek öğrenmek ve iç parametrelerini ayarlayıp optimize etmek, akıllı algoritmaların doğasında var. Bu optimizasyon süreci, özellikle AI uygulamaları farklı tarayıcılarla ya da görüntüleme protokolleriy-le yahut farklı hasta popülasyonlarında kullanıldığında kilit önem taşıyor.

"Radyologlar genellikle rutin bir göğüs BT'sini yorumlarken kalbi gözden geçiriyor."

Kaynak: Kanza ve diğ. 2016

Dolayısıyla AI sistemlerinin teknolojiye tam olarak yararlanabilmek için düzenli, iyi planlanmış güncellemelere gerek duyduğu çok açık. Örneğin ABD'deki FDA şu anda yapay zekânın bu dinamik yapısını hesaba katan, aynı zamanda da artan teknolojik gelişmeleri güvenli bir şekilde ve klinik faydalar temelinde uygulayabilen bir yönetmelik çerçevesi geliştiriyor (Petro & Lyapustina 2018, Miliard 2018).

AI-destekli raporlama açısından bu, günümüzde somut ve uygulanabilir olan çözümlerin ilerleyen zamanlarda gelişmeye ve iyileşmeye hazır olduğu anlamına geliyor. Bulut-tabanlı altyapılar ve kullanıcı geribildirimleri, algoritmaların hızlı bir şekilde adapte edilmesini ve AI sistemlerine yeni uygulamaların entegre edilmesini mümkün kılacak. Bu nedenle, desteklenmiş çoklu-organ raporlama; kapsamlı, AI destekli tüm-vücut görüntülemeye giden yolda önemli bir mihenk taşı olarak kabul ediliyor. ●

Referanslar

1. Arbabshirani MR, Fornwalt BK, Mongelluzzo GJ et al. (2018) Advanced machine learning in action: identification of intracranial hemorrhage on computed tomography scans of the head with clinical workflow integration. *npj Digital Medicine* 1, article no. 9
2. Balakrishnan R, Nguyen B, Raad R et al. (2017) Coronary artery calcification is common on nongated chest computed tomography imaging. *Clin Cardiol* 40:498-502
3. Bodenheimer T, Sinsky C (2014) From Triple to Quadruple Aim: Care of the Patient Requires Care of the Provider. *Ann Fam Med* 12:573-576
4. Dappa E, Higashigaito K, Fornaro J et al. (2016) Cinematic rendering – an alternative to volume rendering for 3D computed tomography imaging. *Insights Imaging* 7:849-56
5. Das N, Topalovic M, Janssens W (2018) Artificial intelligence in diagnosis of obstructive lung disease: current status and future potential. *Curr Opin Pulm Med* 24:117-123
6. Erickson BJ, Korfiatis P, Kline TL et al. (2018) Deep Learning in Radiology: Does One Size Fit All? *J Am Coll Radiol* 15:521-526
7. Ghesu FC, Georgescu B, Zheng Y et al. (2017) Multi-Scale Deep Reinforcement Learning for Real-Time 3D-Landmark Detection in CT Scans. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. doi: 10.1109/TPAMI.2017.2782687 [Epub ahead of print]
8. Harris S (December 16, 2017) "AI at RSNA – What a Difference a Year Makes". <https://www.signifyresearch.net/med-ical-imaging/ai-rsna-difference-year-makes/> (accessed June 12, 2018)
9. Harris S (February 8, 2018) "Will AI in Medical Imaging 'Cross the Chasm'?" <https://www.signifyresearch.net/medical-imaging/will-ai-in-medical-imaging-cross-the-chasm/> (accessed June 12, 2018)
10. Humphries SM, Yagihashi K, Huck-leberry J et al. (2017) Idiopathic Pulmonary Fibrosis: Data-driven Textural Analysis of Extent of Fibrosis at Baseline and 15-Month Follow-up. *Radiology* 285:270-278
11. Humphries SM, Lynch DA, Charbonnier J et al. (2018) Initial validation of an artificial intelligence radiology assistant for chest CT analysis. Abstract submitted to the 2018 RSNA Annual Meeting (unpublished).
12. Hyunkwang L, Shahein T, Jenny L et al. (2017) Fully Automated Deep Learning System for Bone Age Assessment. *J Digit Imaging* 2017 30: 427-441
13. Jokerst C, McFarland W, Swanson J, Mohammed TL (2016) Thoracic Bone Tumors Every Radiologist Should Know. *Curr Probl Diagn Radiol* 45:71-9
14. Kamel SI, Levin DC, Parker L, Rao VM (2017) Utilization Trends in Noncardiac Thoracic Imaging, 2002-2014. *J Am Coll Radiol* 14:337-342
15. Kang G, Liu K, Hou B, Zhang N (2017) 3D multi-view convolutional neural networks for lung nodule classification. *PLoS One* 12:e0188290
16. Kanza RE, Allard C, Berube M (2016) Cardiac findings on non-gated chest computed tomography: A clinical and pictorial review. *Eur J Radiol* 85:435-51
17. Lakhani P, Sundaram B (2017) Deep Learning at Chest Radiography: Automated Classification of Pulmonary Tuberculosis by Using Convolutional Neural Networks. *Radiology* 284:574-582
18. Liew C (2018) The future of radiology augmented with Artificial Intelligence: A strategy for success. *Eur J Radiol* 102:152-156
19. Liu S, Xu D, Zhou SK et al. (2017) 3D Anisotropic Hybrid Network: Transferring Convolutional Features from 2D Images to 3D Anisotropic Volumes. <https://arxiv.org/abs/1711.08580> (accessed June 12, 2018)
20. Loria K (2018) "Putting the AI in Radiology". *Radiology Today* Vol. 19 No. 1 P. 10. <http://www.radiologytoday.net/archive/rt0118p10.shtml> (accessed June 12, 2018)
21. Marano R, Pirro F, Silvestri V et al. (2015) Comprehensive CT cardiothoracic imaging: a new challenge for chest imaging. *Chest* 147:538-551
22. Miliard M (April 30, 2018) "FDA chief sees big things for AI in healthcare". <http://www.healthcareitnews.com/news/fda-chief-sees-big-things-ai-healthcare> (accessed June 12, 2018)
23. Petro LG, Lyapustina S (April 24, 2018) "US FDA Approaches to Artificial Intelligence". <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=4d832c9d-87be-4307-a1f8-db20124399c8> (accessed June 12, 2018)
24. Philipsen RH, Sánchez CI, Maduskar Pet al. (2015) Automated chest-radiography as a triage for Xpert testing in resource- constrained settings: a prospective study of diagnostic accuracy and costs. *Sci Rep* 5:12215
25. Secchi F, Di Leo G, Zanardo M et al. (2017) Detection of incidental cardiac findings in noncardiac chest computed tomography. *Medicine (Baltimore)* 96:e7531
26. Signify Research (March 12, 2018) Signify Research Show Report from ECR 2018. <https://www.signifyresearch.net/healthcare-it/ecr-2018-post-show-report/> (accessed June 12, 2018)
27. Tang A, Tam R, Cadrin-Chênevert A et al. (2018) Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology. *Can Assoc Radiol J* 69:120-135
28. Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD (2009) The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. *IEEE Trans Med Imaging* 28:52-66
29. Thodberg HH (2017) "October 2017: BoneXpert licensed to 100 hospitals" (press release). <https://www.bonexpert.com/news/latest-news/74-october-2017-bonexpert-licensed-to-100-hospitals> (accessed June 12, 2018)
30. Yang D, Xu D, Zhou SK et al. (2017) Automatic Liver Segmentation using an Adversarial Image-to-Image Network. <https://arxiv.org/abs/1707.08037> (accessed June 12, 2018)
31. Yang Y, Feng X, Chi W et al. (2018) Deep learning aided decision support for pulmonary nodules diagnosing: a review. *J Thorac Dis* 10(Suppl 7): S867-S875



**BioAcoustic™
Görüntüleme
Teknolojisi**

ACUSON Sequoia

Ultrason Sistemleri ile ultrasonu yeni boyutlara taşıyoruz

Satış hakları ve hizmet sürekliliğine ilişkin belirli bölgesel kısıtlamalar nedeniyle, broşürdeki her ürünün dünya genelindeki Siemens satış şirketlerinde bulunabileceği garantisini veremiyoruz. Temin edilebilirlik ve ambalaj ülkeye göre değişmekte olup önceden haber verilmeksizin değiştirilebilir. Burada belirtilen özelliklerin bir kısmı/tamamı Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunmayabilir.

Bu belgede yer alan bilgiler, spesifikasyonların ve opsiyonların yanı sıra standart özelliklerin ve münferit durumlarda her zaman bulunmak zorunda olmayan opsiyonel özelliklerin genel teknik açıklamalarını içermektedir.

Siemens, önceden haber vermeksizin burada yer alan tasarım, ambalaj, özellik ve seçenekleri değiştirme hakkını saklı tutar. Güncel bilgiler için bölgenizdeki Siemens satış temsilcisiyle iletişim kurunuz.

Bu belge içerisinde yer alan tüm teknik veriler belirli sınırlamalar içerisinde değişiklik gösterebilir. Orijinal görüntüler yeniden üretildiklerinde daima belirli bir miktar ayrıntı kaybeder.

Siemens müşterilerinin gerçek deneyimlerine dayanır. Siemens, bu iddiaları desteklemek için verileri dosyada tutar. Ancak, bu ifadeler tüm ürün deneyimlerinin benzer sonuçlar doğuracağını ileri sürmez veya bu yönde bir garanti vermez. Sonuçlar, her bir tesisin ve kullanıcının belirli koşullarına dayalı olarak değişebilir.

Siemens Healthcare Sağlık A.Ş.

Yakacık Cad. No: 111

34870 Kartal-İstanbul

Türkiye

Tel: 444 0 633

www.healthcare.siemens.com.tr

Siemens Healthcare Sağlık A.Ş. tarafından Türkiye'de yayımlanmıştır · ©Siemens Healthcare Sağlık A.Ş., 2019

siemens.com.tr/inovasyon