

ULUSAL MEDİKAL FİZİK BÜLTENİ

O C A K 2 0 2 6 / S A Y I : 8



Ulusal Medikal Fizik Bülteni Medikal Fizik Derneği Yayınıdır.

EDİTÖRLER

Baş Editör

Ali DOĞAN

Nükleer Tıp Editör Grubu

Songül BARLAZ US

Mustafa DEMİR

Meral HIÇÜRKMEZ

Radyoloji Editör Grubu

Songül BARLAZ US

Ayşegül YURT

Asena YALÇIN

Radyoterapi Editör Grubu

Evren OZAN GÖKSEL

Halil KÜÇÜCÜK

Oğuzhan AYRANCIOĞLU

Bülten Sorumlusu

Abdullah YEŞİL

Tasarım

Abdullah YEŞİL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	4
DERNEKTEN HABERLER	6
BİLİM KÖŞESİ	14
EĞİTİM KURS VE TOPLANTILAR.....	37
PLANANAN ETKİNLİKLER.....	38
YENİ ÜYELER	39
TARİH KÖŞESİ	40
İÇİMİZDEN BİRİLERİ	46
İLETİŞİM	48

ÖNSÖZ

Sevgili Meslektaşlarımız,

Bu satırları yazarken içimde aynı anda hem bir veda hüznü hem de tarifsiz bir gurur taşıyorum. Medikal Fizik Derneği Başkanlığı görevim boyunca sizlerle birlikte attığımız her adım, yaşadığımız her zorluk, kazandığımız her başarı benim için unutulmaz bir yolculuk oldu. Bugün, bu yolculuğun bu sayısında sizlere seslenirken, geriye dönüp baktığımda “iyi ki birlikte yürüdük” demenin derin huzurunu yaşıyorum.

Başkanlık sürecimiz boyunca; yalnızca derneğimizin değil, ülkemizdeki medikal fizik mesleğinin geleceği adına çok kritik eşikler aştık. Bilimsel üretkenliği, mesleki dayanışmayı ve kurumsal gücümüzü her zamankinden daha görünür hale getirdik. Yıl boyunca düzenlediğimiz online toplantılar, bölgesel buluşmalar, uygulamalı kalite kontrol kursları, workshoplar, bilimsel toplantılar ve eğitim programları, mesleki gelişimin dinamik bir ekosistem haline gelmesini sağladı. Yüzlerce meslektaşımızın bu faaliyetlerde bir araya gelişi, bilgi paylaşımının ve karşılıklı desteğin en güzel örneklerini oluşturdu.

Görev süremizin en önemli başlıklarından biri ise, hiç kuşkusuz özlük haklarımız ve mesleki tanınırlığımız için yürütülen yoğun mücadele oldu. Sağlık Bakanlığı, YÖK, Cumhurbaşkanlığı, Ombudsmanlık ve ilgili tüm kurumlarla kurulan temalar; hazırlanan dilekçeler, raporlar ve başvurular; pilot dava süreçleri... Tüm bunlar, medikal fiziğin hak ettiği konuma ulaşması için kararlılıkla yürütülen bir mücadelenin kilometre taşları oldu. Bu süreçte sizlerin hem maddi hem manevi desteği, attığımız her adımın en büyük güç kaynağıydı.

Ayrıca mesleğimizin kurumsal kimliğini güçlendirmek adına tüzük çalışmalarımızı tamamladık. Derneğimizin demokratik yapısını geliştirirken, gelecekte “**Türk Medikal Fizik Derneği**” adıyla anılmasının önünü açan önemli değişiklikleri hayata geçirdik. Bu süreç, sadece bir isim değişikliğinden çok daha fazlasıydı; mesleğimize duyduğumuz saygının, ulusal kimliğimizle bütünleşen bir aidiyet duygusunun ifadesiydi.

Görev sürem boyunca en büyük heyecanlarımdan biri olan 20. Ulusal Medikal Fizik Kongresi hazırlıkları ise bana ayrıca umut verdi. Bilimsel programından genç araştırmacı desteklerine, uluslararası katkılardan sektör iş birliklerine kadar büyük bir emek ve özveriyle şekillenen bu kongre, mesleğimizin yarınlarına ışık tutacak nitelikte bir organizasyon haline geldi. Geride bıraktığımız kongredeki her oturum, ortak çabamızın ve mesleğimize duyduğumuz inancın parlak bir izi olarak hafızalarda yer aldı.

ÖNSÖZ

Sizlerle birlikte büyük ve güçlü bir topluluk olduğumuzu defalarca gördük. Öğrencilerimizi cesaretlendirdik, genç meslektaşlarımıza kapılar açtık ve alanımızın üç temel bileşeni olan Radyoterapi, Nükleer Tıp ve Diagnostik Radyoloji için aynı çatı altında bütünsel bir yaklaşım geliştirdik.

Bugün görevim sona ererken, kalbimde sadece şu duygu var: Minnettarlık. Bu mesleğe, bu topluluğa, bu dayanışmaya...

Birlikte bir derneği değil, bir aileyi büyüttük. Her birinizin emeği, katkısı ve güveni, bu görevin en büyük onuru oldu.

Yeni dönemle birlikte daha güçlü, daha görünür ve hak ettiği saygıyı gören bir Medikal Fiziğe hep birlikte ulaşacağımıza inancım tamdır.

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bilimle, dostlukla ve sağlıkla kalın.

Ali DOĞAN
Medikal Fizik Derneği Başkanı

DERNEKTEN HABERLER

Derece/Kademe ve Mevzuat Çalışmaları...

Aynı kadro ve unvanla görev yapan, lisans mezuniyeti fizik olan meslektaşlarımızın yaşadığı derece/kademe mağduriyetine ilişkin olarak, derneğimizin de müdahil olduğu bir dava lehimize sonuçlanmıştır. Bu kazanım, Anayasa'ya aykırılık teşkil eden özlük hakları mağduriyetlerinin ele alınabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu süreçte, mağduriyet yaşayan meslektaşlarımızla planlı şekilde hareket edilmesi; 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu'nda değişiklik talebi ile maaş ve yan hakların altı yıllık eğitim esas alınarak düzenlenmesine yönelik çalışmaların sürdürülmesi hedeflenmektedir. Derneğimiz, hukuki süreçlerin yanı sıra ilgili kurumlarla iletişimi de etkin biçimde yürütmektedir.

Meslek Tanımı, Eğitim ve Akademik Süreçler...

2023–2025 dönemi Medikal Fizik Derneği Yönetim Kurulu, meslek tanımının “Medikal Fizik Uzmanı” terminolojisine uyumlu hâle getirilmesine yönelik çalışmalarını sürdürmektedir. 1219 sayılı Kanun ve iş–görev tanımları yönetmeliğine ilişkin çalışmalar Ekim 2024 itibarıyla tamamlanmış olup sonuçlar beklenmektedir. Sürecin bazı aşamalarının Meclis yetkisinde olması nedeniyle zaman aldığı bilinmektedir.

Eğitim alanında Yükseköğretim Kurulu ve Üniversiteler Arası Kurul nezdindeki çalışmalar ile Danıştay ve Sağlık Bakanlığı ile yürütülen mesleki unvan temelli hukuki süreçler devam etmektedir. Bu kapsamda, Kamu Denetçiliği Kurumu'nun lehimize verdiği karar önemli bir dayanak oluşturmaktadır.

DERNEKTEN HABERLER

Değerli Meslektaşlarımız,
Medikal Fizik Derneği olarak tüm meslektaşlarımızın Dünya Medikal Fizik
Günü'nü kutluyoruz. Bu vesile ile meslektaşımız Namık KAYALILAR' ın mesajını
sizlerle paylaşıyoruz.

Radyoterapinin Görünmeyen Gücü: Medikal Fizikçi

Radyoterapi, milimetrelerin hayatı değiştirdiği bir alandır. Dozun bir miktar fazlası bir organı riske atabilir; bir miktar eksikliği ise tümör kontrolünü etkileyebilir. İşte tam bu denge noktasında, çoğu zaman sahnenin arkasında sessizce çalışan bir meslek grubu vardır: **Medikal Fizikçiler.**

Bizler için bu iş yalnızca cihaz kontrolü, plan optimizasyonu ya da kalite güvence (QA) prosedürleri değildir. Bu iş, bir hastanın güvenliğine dokunmak; bir annenin, bir babanın, bir çocuğun umutlarını taşıyan tedaviyi doğru ve güvenli biçimde ulaştırmaktır.

Her gün:

- Bir planın arkasındaki matematiğe değil, insanın arkasındaki hikâyeye bakarız.
- Bir görüntü kaymasına yalnızca “mm hatası” olarak değil, bir hastanın geleceğini etkileyebilecek bir risk olarak yaklaşıyoruz.
- Doktorun klinik niyetini, teknikerin emeğini ve hastanın sabrını tek bir noktada buluştururuz: **güvenli ve doğru tedavi.**

Radyoterapi salonunda ışın düğmesine basılmadan önce, o ışının güvenli olduğundan emin olan kişi medikal fizikçidir. Bir cihazın yalnızca çalıştığını değil, **doğru ve güvenli çalıştığını** onaylayan da odur. Bir planı sadece kabul etmeyen; gerektiğinde saatlerce yeniden optimize ederek en iyisine ulaşmaya çalışan da.

Çoğu zaman görünmeyiz... Ancak her fraksiyonda, her dozda ve her iyileşme hikâyesinde görünmez bir imza olarak var oluruz.

Teknolojinin hızla geliştiği bu dönemde — adaptif planlama, yapay zekâ destekli optimizasyon, small-field teknikler ve kompleks IGRT süreçleri — medikal fizikçinin rolü daha da kritik hâle gelmiştir. Çünkü tüm bu gelişmelerin ardında hâlâ insanın sezgisi, tecrübesi ve vicdanı yer almaktadır.

Biz medikal fizikçiler, bilimin soğuk formüllerini insan hayatına sıcak bir dokunuşa dönüştüren sessiz bir gücüz. Ve arka planda kalsak da, her başarılı radyoterapi tedavisinin görünmeyen mimarı olmaya devam ederiz.

DERNEKTEN HABERLER

Teknik Bir Uzmanlıktan Öte: Duygusal ve Etik Bir Sorumluluk

Medikal fizik, teknik bir uzmanlık alanı olmanın ötesinde, yüksek düzeyde duygusal dayanıklılık ve etik sorumluluk gerektiren bir meslektir. Medikal fizikçi her hastayı birebir görmeyebilir; ancak her hastanın tedavisini hisseder ve taşır.

Bir tedavinin ilk günü ile son günü arasında, dışarıdan bakıldığında yalnızca zaman vardır. Oysa bir medikal fizikçi için bu süreç; yüzlerce parametrenin, binlerce verinin ve onlarca kritik kararın toplamıdır.

Radyasyon geri dönüşü olmayan bir tedavi aracıdır. Bu geri dönüşsüzlüğün ağırlığı, fizikçinin omzunda görünmeyen bir yük olarak taşınır.

Her kalite kontrol formu, her ölçüm ve her çıkış doğrulaması, bir insanın yaşamına küçük de olsa dokunan bir iz bırakır. Uykusuz geçen geceler çoğu zaman bir cihazdan değil; bir insanın hayatına yanlış dokunma ihtimalinin yarattığı sorumluluk duygusundan kaynaklanır.

Son Söz

Bu yazı, radyoterapi alanında görev yapan bir medikal fizik uzmanı olarak; mesleğimizin taşıdığı bilimsel sorumluluğu, etik yükümlülüğü ve insan hayatına doğrudan dokunan yönlerini paylaşmak amacıyla kaleme alınmıştır. Bununla birlikte, sağlık hizmetlerinin yalnızca radyoterapi ile sınırlı olmadığı; radyoloji, nükleer tıp, tıbbi görüntüleme, radyasyon güvenliği ve araştırma-geliştirme gibi pek çok farklı alanda da, yine çoğu zaman görünmeyen ancak kritik roller üstlenen, bilimi insan sağlığı için kullanan medikal fizik uzmanlarının katkılarının son derece değerli olduğu açıktır.

Bu vesileyle; bilgi, sorumluluk ve etik ilkeler doğrultusunda mesleğini icra eden tüm medikal fizik uzmanı meslektaşlarıma **Medikal Fizik Günü**'nü kutluyor; sağlık hizmetlerine sundukları katkılarının artarak devam etmesini ve hep birlikte güvenli, nitelikli ve insan odaklı bir sağlık sistemi için çalışmayı temenni ediyorum.



Yazar Hakkında

Mesleki kariyerine Neolife Tıp Merkezi'nde başlamış; burada 8 yıl, ardından Acıbadem Maslak Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Kliniği'nde 6 yıl Medikal Fizik Uzmanı olarak görev yapmıştır. Kariyerini hâlen Romanya'da, OncoSystem SRL bünyesinde sürdürmektedir.

Mesleki kariyerinin yanı sıra, 16 yıl boyunca profesyonel olarak yüzme sporu ile ilgilenmiş; uluslararası geçerliliğe sahip, yüzme federasyonu akreditasyonlu antrenörlük diplomasına sahip olup 8 yıl süreyle yüzme antrenörlüğü yapmıştır.

Namık Kayalılar

OncoSystem SRL – Romania
Product Manager & Chief Medical Physicist

DERNEKTEN HABERLER

20.Ulusal Medikal Fizik Kongresi'ni başarıyla gerçekleştirdik...

20. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 6–9 Kasım 2025 tarihleri arasında başarıyla gerçekleştirilmiştir. Kongreye yaklaşık 300 medikal fizik uzmanı ve medikal fizik yüksek lisans öğrencisi katılmış, toplam katılımcı sayısı yaklaşık 400 kişiye ulaşmıştır. Bilimsel programa toplam 84 bildiri gönderilmiş; 25'i sözel bildiri, 10'u sunulu poster ve 34'ü e-poster olarak sunulmuştur.

Türk Radyoloji Derneği Başkanı Sayın Deniz Akata ve Dr.Gökçe Kaan Ataç, Türkiye Nükleer Tıp Derneği'nden Dr.Tunç Öneş, Dr.Fuat Dede ve Dr.Nazım Coşkun, Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği'nden Dr.İlknur Bilkay Görken, Dr.Mustafa Cengiz, Dr.Serra Kamer ve Dr.Şule Karabulut, Radyoterapi Teknikerleri Derneği'nden Abdülkadir Arslan kongremize temsil ve bilimsel katkılarıyla destek vermiştir.

Derneğimiz, genç meslektaşların bilimsel etkinliklere katılımını teşvik etmek amacıyla Medikal Fizik Yüksek Lisans programında öğrenim gören 28 ikinci sınıf öğrencisine kongre katılım desteği sağlamıştır.

Kongremiz bilimsel ve sosyal açıdan verimli bir şekilde tamamlanmış, TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. ELEKTA, ONCOTECH, MEDİTEL, VARIAN, EPSİLON ELEKTRONİK, EPSİLON LANDAUER, GE Healthcare, PROKAL, EDH, NUKLEON, BİYOMALZEME, RADON ve MNT firmalarına, ayrıca Fizik Mühendisleri Odası'na katkıları ve destekleri için teşekkür ederiz.

DERNEKTEN HABERLER



DERNEKTEN HABERLER



DERNEKTEN HABERLER



DERNEKTEN HABERLER

İlk kez çevrimiçi Genel Kurulumuzu gerçekleştirdik...

Değerli Türk Medikal Fizik Derneği Üyeleri,

13 Aralık 2025 tarihinde ilk kez çevrim içi olarak gerçekleştirilen Türk Medikal Fizik Derneği Genel Kurulu sonucunda, 2025–2027 dönemi Dernek Başkanlığı ile Yönetim Kurulu, Denetleme Kurulu ve Etik Kurulu aşağıdaki şekilde oluşmuştur.

Dernek Başkanı

- Tülay Meydancı

Başkan Yardımcısı

- Evren Ozan Göksel

Yönetim Kurulu Asil Üyeleri

- Songül Barlaz Us
- Elif Önal
- Oğuzhan Ayrancıoğlu
- Yusuf Ziya Hazeral
- Serpil Yöndem

Yönetim Kurulu Yedek Üyeleri

- Ezgi Işıktaş Acar
- Ahmet Özgür Kasapgil
- Deniz Erkal
- Burcu Arslan

Denetleme Kurulu Asil Üyeleri

- Halil Küçücük
- Mehmet Ertuğrul Ertürk
- Recep Kandemir

Denetleme Kurulu Yedek Üyeleri

- Kansu Şengül
- Sevim Şahin
- Ayca Şengül

Etik Kurul Asil Üyeleri

- Tülay Ercan
- Cemile Ceylan
- Ali Doğan

Etik Kurul Yedek Üyeleri

- Öznur Şenkesen
- Zeynep Özen

Yeni dönemde görev alan tüm kurul üyelerimizi tebrik eder, derneğimize ve camiamıza hayırlı olmasını dileriz.

Saygılarımızla,
Türk Medikal Fizik Derneği

BİLİM KÖŞESİ

RADYOTERAPİDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI: ÜRÜN SEÇİMİNDEN KLİNİK KULLANIMA KADAR BÜTÜNCÜL VE SİSTEMATİK BİR YAKLAŞIM

Doç.Dr. Fazlı Yağız YEDEKÇİ
Hacettepe Üniversitesi-ANKARA

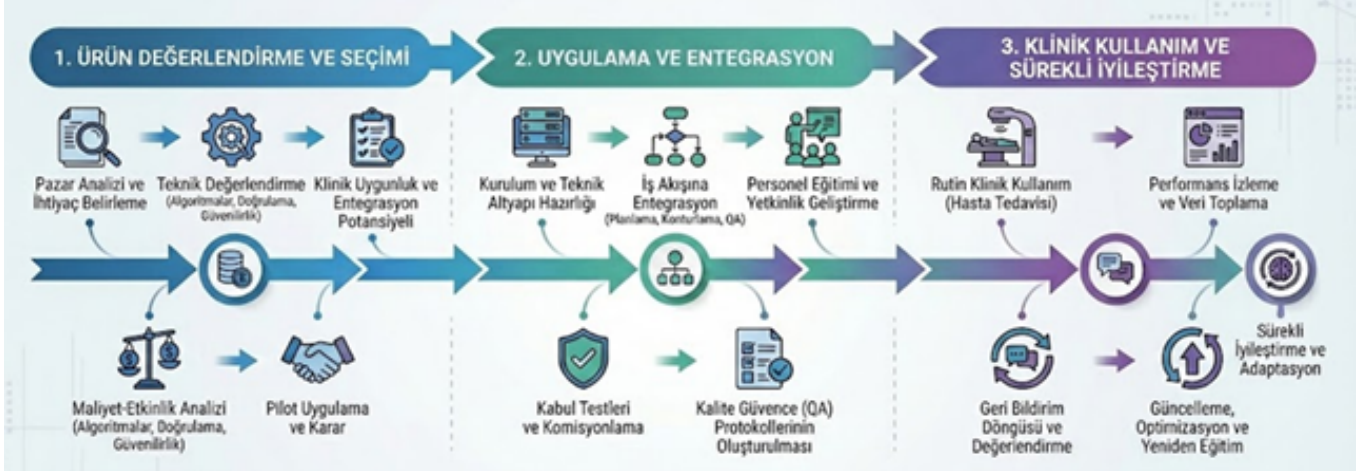
Yapay zekâ (YZ), son yıllarda tıpta özellikle görüntüleme ve tedaviye yönelik karar destek sistemlerinde hızla yaygınlaşarak, klinik uygulamalarda somut bir dönüşüm yaratmaya başlamıştır. Radyoterapi özelinde bu dönüşüm, yalnızca teorik potansiyelle sınırlı kalmamakta; konturlama, tedavi planlama, görüntü sentezi ve kalite güvence gibi iş akışlarının birçok aşamasında doğrudan katkı sağlayan YZ tabanlı çözümlerle klinik pratiğe entegre edilmektedir. Rutin iş süreçlerinin otomasyonu, hasta güvenliğinin artırılması, tedavi sürelerinin kısaltılması ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının desteklenmesi, bu teknolojik ilerlemenin temel kazanımları arasında yer almaktadır.

Ancak YZ sistemlerinin radyoterapi uygulamalarına entegrasyonu, yalnızca klinik etkinlik boyutuyla değerlendirilmemeli; aynı zamanda hasta güvenliği, etik uygunluk, yasal düzenlemeler ve kalite güvencesi açısından çok katmanlı bir şekilde yönetilmelidir. Bu kapsamda, Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) tarafından yayımlanan Training Course Series No. 83 (TCS-83) adlı rehber, medikal fizikçilerin radyoterapi süreçlerindeki merkezi rolünü yeniden tanımlayarak dikkat çekici bir çerçeve sunmaktadır. TCS-83'e göre, medikal fizikçiler yalnızca fiziksel doğruluk ve cihaz kalibrasyonu ile değil; aynı zamanda yeni teknolojilerin değerlendirilmesi, kalite güvence sistemlerinin kurulması, klinik entegrasyon süreçlerinin yönetilmesi ve sürekli eğitimin sağlanmasında da anahtar bir rol oynamaktadır.

YZ sistemlerinin klinik uygulamalara entegrasyonu bağlamında medikal fizikçilerin sorumlulukları daha da genişlemektedir. Algoritmaların klinik doğrulama çalışmalarının tasarımı, performans metriklerinin değerlendirilmesi, model çıktılarının tutarlılığının sağlanması ve şeffaflık (explainability) ilkeleri doğrultusunda karar süreçlerinin analiz edilmesi bu yeni sorumluluk alanları arasındadır. Ayrıca YZ sistemlerinin etik kullanımı, veri mahremiyeti, siber güvenlik ve kullanıcı eğitimi konularında da medikal fizikçiler, teknoloji ile hasta güvenliği arasında köprü görevi görmektedir.

Bu çalışma, YZ tabanlı sistemlerin radyoterapide güvenli, etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanıma alınabilmesi için ürün seçiminden klinik entegrasyona, performans doğrulamasından kalite güvencesine kadar izlenmesi gereken aşamaları bütüncül ve sistematik bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır (Şekil1).

BİLİM KÖŞESİ



Şekil1. Ürün seçiminden klinik kullanıma kadar bütüncül ve sistematik yaklaşım

1. Ürün Seçim Süreci

YZ tabanlı sistemlerin radyoterapi iş akışına entegre edilmesi, yalnızca teknolojik bir yenilik değil; aynı zamanda klinik güvenlik, etik uygunluk ve operasyonel verimlilik açısından stratejik bir karardır. Bu nedenle, söz konusu sistemlerin seçim süreci multidisipliner bir bakış açısıyla, çok katmanlı değerlendirme kriterleri temelinde yürütülmelidir. Karar süreci; klinik ihtiyaç analizi, teknik doğrulama, maliyet-yarar dengesi, entegrasyon kolaylığı ve yasal uyumluluk gibi temel başlıklar altında ele alınmalıdır.

1.1. Klinik Uygunluk ve İhtiyaca Dayalı Değerlendirme

Bir YZ sisteminin seçiminde öncelikle çözüm sunmayı vaat ettiği klinik problemin tanımlanması ve bu problemin mevcut iş akışı içerisindeki yeri netleştirilmelidir. Sistem, yalnızca yenilikçi olmasıyla değil, aynı zamanda spesifik klinik süreçlerde gerçek bir fayda üretip üretmediğiyle değerlendirilmeli; kullanıcıların bilgi düzeyi, iş yükü ve klinik beklentileriyle ne derece örtüştüğü dikkate alınmalıdır. Ayrıca, mevcut cihaz altyapısı ve yazılım ekosistemiyle olan etkileşimi de göz önünde bulundurularak, sistemin klinik pratikte işlevsel olup olmayacağı sorgulanmalıdır.

1.2. Performans ve Güvenilirlik Değerlendirmesi

Bir YZ sisteminin klinik güvenilirliği, yalnızca geliştirici firmanın sunduğu verilerle değil, bağımsız ve çok merkezli doğrulama çalışmalarıyla desteklenmelidir. CE ve FDA onayları, sistemin düzenleyici gereklilikleri karşıladığını gösterse de, gerçek dünya performansı klinik hasta çeşitliliğini yansıtan ortamlarda ayrıca test edilmelidir. Harici doğrulama setleriyle elde edilen nicel performans metrikleri (örneğin Dice katsayısı, AUC (Area Under the Curve), hata oranı) ve klinisyen geri bildirimleri ürünün klinik geçerliliğini güçlendirir. Özellikle farklı hasta popülasyonlarında gösterdiği tutarlılık ve adaptasyon becerisi, sistemin yaygın kullanımı açısından belirleyicidir.

BİLİM KÖŞESİ

1.3. Sabit Sürüm Modeller ve Sürekli Öğrenen Sistemler Arasındaki Farklar

YZ sistemleri genellikle iki ana kategoriye ayrılır: sabit sürüm (static/frozen) modeller ve sürekli öğrenen (continual learning) sistemler. Sabit sürüm modeller, eğitim verisiyle oluşturulmuş ve klinik testleri tamamlanmış kararlı algoritmalarıdır. Bu sistemler, regülasyon açısından daha öngörülebilir olup, doğrulanabilir ve standartlaştırılmış çıktılar üretmeleriyle klinik güvenlik açısından avantaj sağlar. Öte yandan sürekli öğrenen sistemler, klinik kullanım sırasında yeni verilerden öğrenerek algoritmayı günceller. Bu adaptasyon potansiyeli sayesinde değişken hasta gruplarına daha uygun sonuçlar üretebilir; ancak bu sistemlerde model sapması (drift), önyargı oluşumu (bias) ve açıklanamaz karar mekanizmaları gibi önemli etik ve güvenlik riskleri de beraberinde gelir. Bu nedenle sürekli öğrenen modellerin klinik kullanımı, çok daha sıkı bir gözetim ve izleme sistemi gerektirir.

1.4. Entegrasyon, Altyapı Gereksinimleri ve İş Akışı Uyumu

Bir sistemin klinik değer üretmesi, yalnızca kendi iç işleyişine değil, aynı zamanda mevcut klinik altyapıya sorunsuz bir şekilde entegre olmasına da bağlıdır. Sistem gereksinimleri açısından; donanım uyumluluğu (GPU, CPU, RAM), ağ altyapısı (veri aktarım hızı ve bant genişliği) ve depolama ihtiyaçları dikkatle değerlendirilmelidir. Bununla birlikte sistemin, mevcut planlama yazılımları, görüntüleme cihazları ve hasta bilgi sistemleri (HIS, PACS, TPS) ile ne derece entegre olabildiği, pratik uygulama başarısının temel belirleyicisidir. İş akışına entegre olmayan sistemler, zaman kazancı yerine ilave karmaşıklık ve iş yükü yaratabilir.

1.5. Maliyet, Yatırım Getirisi ve Sürdürülebilirlik

YZ sistemlerinin değerlendirilmesinde toplam sahip olma maliyeti (TCO) dikkate alınmalı; yalnızca ilk satın alma maliyeti değil, aynı zamanda bakım sözleşmeleri, lisans ücretleri, kullanıcı eğitimi ve yazılım güncellemeleri gibi sürdürülebilirliğe dair unsurlar da hesaplanmalıdır. Sistemin sağladığı klinik fayda ve zaman tasarrufu, doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülerek yatırım getirisi (ROI) analizleri yapılmalıdır. Ayrıca, teknolojik evrim hızla ilerlediğinden, sistemin uzun vadeli uyarlanabilirliği ve üretici desteği de stratejik seçim kriterleri arasında yer almalıdır.

1.6. Mevzuat Uyumu, Etik Değerlendirme ve Veri Güvenliği

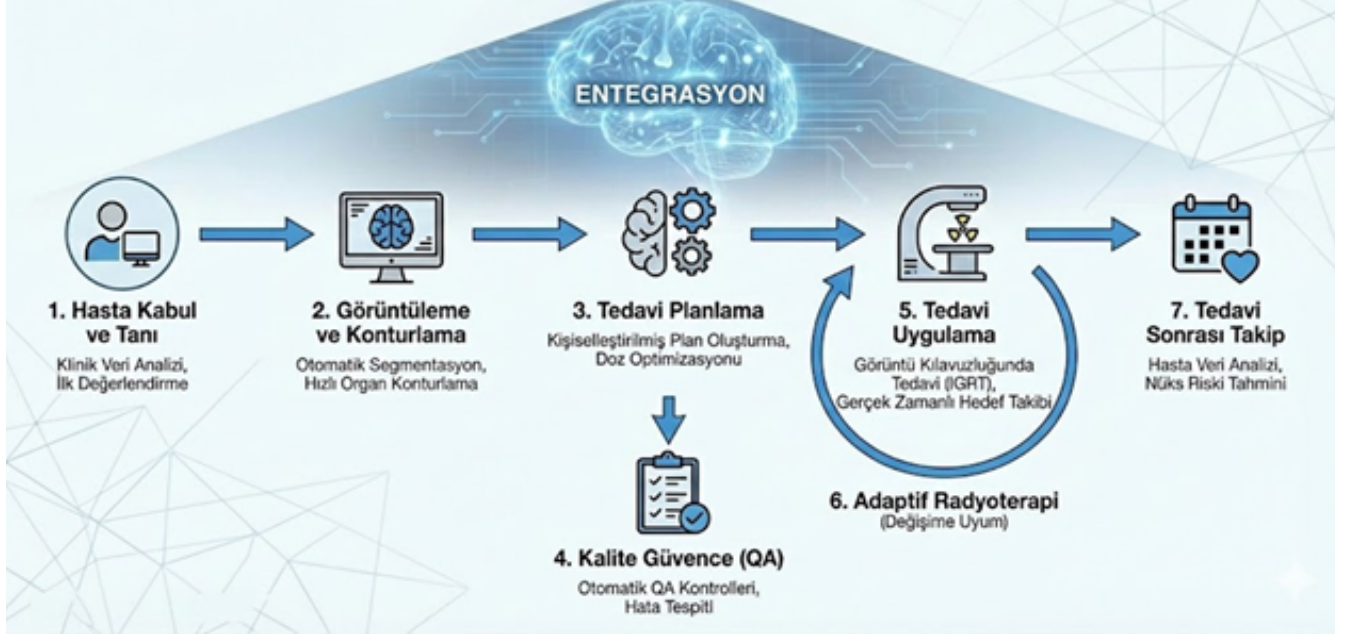
YZ tabanlı sistemlerin kullanımı, hasta verilerinin işlenmesi ve depolanmasını da içerdiğinden, veri mahremiyeti ve etik sorumluluk konuları kritik bir öneme sahiptir. Sistemlerin KVKK (Türkiye), GDPR (AB) ve HIPAA (ABD) gibi yerel ve uluslararası veri koruma yasalarına tam uyum göstermesi gereklidir. Kullanıcı verisinin anonimleştirilmesi, yetkisiz erişime karşı siber güvenlik protokolleri, veri işleme izinlerinin belgelenmesi ve üretici firma tarafından verilerin ne şekilde kullanıldığının şeffaf biçimde açıklanması, etik güvenlik açısından zorunludur. Ayrıca bu alanda çalışan klinik ekiplerin etik ilkelere dair eğitilmesi ve kullanım politikalarının yazılı hale getirilmesi önerilmektedir.

Bu çok katmanlı değerlendirme süreci, YZ sistemlerinin yalnızca teknik performansına değil, klinik uygulanabilirliğine, hasta güvenliğine ve organizasyonel sürdürülebilirliğe dayalı olarak şekillendirilmelidir. Sağlıklı bir ürün seçim süreci, klinik başarıyı doğrudan etkileyen en önemli yapı taşlarından biridir.

BİLİM KÖŞESİ

2.Klinik İş Akışında Yapay Zekânın Entegrasyonu ve Uygulama Alanları

YZ teknolojileri, radyoterapi iş akışının neredeyse her aşamasında uygulama alanı bularak hem klinik verimliliği hem de tedavi kalitesini artırma potansiyeli sunmaktadır. Bu entegrasyon; tanı ve görüntülemeden tedavi planlamasına, uygulamadan kalite güvencesine kadar uzanan çok boyutlu bir dönüşümü beraberinde getirmiştir (Şekil2).



Şekil2. Yapay Zeka uygulamalarının klinik iş akışına entegrasyonu

2.1. Otomatik Konturlama

YZ'nin radyoterapidaki en yaygın ve olgunlaşmış uygulama alanlarından biri, hedef hacimlerin ve risk altındaki organların segmentasyonudur. Özellikle derin öğrenme temelli konvolüsyonel sinir ağları (CNN) kullanılarak geliştirilen otomatik segmentasyon algoritmaları, manuel segmentasyona kıyasla önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca bu algoritmalar, kullanıcılar arası değişkenliği azaltarak daha tutarlı ve standardize konturlar elde edilmesini mümkün kılar.

2.2. Tedavi Planlama

YZ algoritmaları, radyoterapi planlarının oluşturulmasında da etkin bir rol üstlenmektedir. Geleneksel optimizasyon süreçlerini destekleyen bu algoritmalar, hasta özelinde daha hızlı ve kaliteli plan üretimini mümkün kılarken, aynı zamanda planlar arasında karşılaştırılabilirliği artırmaktadır. Bazı ticari sistemlerde, geçmiş verilerden öğrenerek “knowledge-based planning (bilgiye dayalı planlama)” yaklaşımıyla hekim ve fizikçiye öneriler sunan modeller yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler sayesinde, tedavi kalitesi kişiselleştirilebilirken, planlar arasındaki tutarsızlıklar da minimize edilebilmektedir.

BİLİM KÖŞESİ

2.3. Sentetik BT Üretimi

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme, yumuşak doku kontrastı açısından avantaj sağlasa da doz hesaplamalarında kullanılabilmesi için genellikle BT görüntüsüne gereksinim duyulur. Bu bağlamda YZ, MR görüntülerinden sentetik BT (sBT) oluşturmak için kullanılmakta; böylece iki modalite arasındaki boşluk yapay olarak kapatılmaktadır. Sentetik BT üretimi, hem anatomik doğruluk hem de dozimetrik güvenilirlik açısından değerlendirilerek klinik uygulanabilirliğini hızla artırmaktadır.

Benzer şekilde son yıllarda, tedavi sırasında elde edilen konik ışınlı BT (CBCT) görüntülerinden sBT üretimi de giderek önem kazanmaktadır. CBCT, görüntü artefaktları ve HU doğruluğundaki sınırlamalar nedeniyle doğrudan doz hesaplamasında kullanılamasa da YZ tabanlı modeller düşük kaliteli CBCT'yi anatomik ve HU açısından güvenilir bir sBT'ye dönüştürerek adaptif radyoterapiye olanak sağlamaktadır. Hem MR-tabanlı hem de CBCT-tabanlı sBT üretimi, anatomik doğruluk ve dozimetrik güvenilirlik açısından değerlendirildiğinde, klinik uygulanabilirliğini hızla artıran bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

2.4. Adaptif Radyoterapi

Günlük görüntülemelerle hasta anatomisindeki değişikliklerin izlenmesi ve tedavi planlarının bu değişikliklere göre güncellenmesi, adaptif radyoterapinin temelini oluşturur. YZ, bu süreci otomatikleştirerek hem deformasyonların hassas şekilde değerlendirilmesine hem de yeni planların hızlı bir şekilde oluşturulmasına imkân tanır. Gerçek zamanlı analiz yetenekleri sayesinde adaptif tedaviler daha uygulanabilir hale gelmiş ve klinik rutine entegrasyonu kolaylaşmıştır.

2.5. Kalite Güvence ve Hasta Konumlandırma

YZ algoritmaları ayrıca kalite güvence (QA) ve hasta pozisyon doğruluğunun artırılması gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Görüntü eşleme, otomatik hata tespiti ve düzeltme algoritmaları, tedavi öncesi ve sırasında pozisyon doğruluğunu kontrol etmeye yardımcı olur. Ayrıca plan-doz-verifikasyon süreçlerinde, beklenen ve ölçülen doz dağılımlarının karşılaştırılması gibi görevlerde de YZ sistemlerinden yararlanılmaktadır.

Bu çok yönlü entegrasyon süreci, sadece teknik düzeydeki gelişmeleri değil, aynı zamanda etik, yasal ve organizasyonel yapıların da yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. YZ sistemlerinin güvenilirliği, şeffaflığı (explainability), veri güvenliği ve kullanıcı sorumluluğu gibi alanlarda güçlü bir yönetim modeli oluşturulmadan, bu teknolojilerin klinik uygulamada sürdürülebilir ve güvenli şekilde kullanımı mümkün değildir. Bu nedenle YZ'nin entegrasyonu, yalnızca bir teknoloji transferi değil, aynı zamanda kültürel ve sistemik bir dönüşüm olarak ele alınmalıdır.

BİLİM KÖŞESİ

3. Kabul Aşaması

YZ tabanlı sistemlerin klinik ortamlarda kullanılabilmesi, yalnızca teknolojik olarak geliştirilmiş olmalarına değil, aynı zamanda sağlık hizmeti sunumunda güvenilir, tutarlı ve kabul edilebilir performans göstermelerine bağlıdır. Bu nedenle, klinik uygulamaya geçişten önce gerçekleştirilen kabul aşaması, hem bilimsel geçerliliği olan metriklerle desteklenmeli hem de doğrudan klinik pratikle örtüşen nitel analizleri içermelidir. Kabul süreci, sistemin yalnızca teknik olarak doğru sonuçlar üretip üretmediğini değil, aynı zamanda bu sonuçların klinik karar süreçlerinde kullanılabilirliğini de değerlendirmeyi hedeflemelidir.

3.1. Nicel Değerlendirme: Objektif Performans Göstergeleri

YZ sistemlerinin ilk değerlendirme adımı, objektif ve tekrarlanabilir sayısal metrikler üzerinden yapılmalıdır. Bu metrikler, uygulama alanına göre çeşitlilik göstermekle birlikte, aşağıdaki örnekler temel alınabilir:

Otomatik segmentasyon uygulamalarında:

Dice Benzerlik Katsayısı (DSC): YZ ile oluşturulan segmentasyonun manuel referansla örtüşme oranını ifade eder.

Hausdorff Mesafesi (HD): YZ konturu ile referans kontur arasındaki maksimum mesafeyi belirler ve geometrik hassasiyet hakkında bilgi verir.

Volümetrik farklılıklar: Yapay ve manuel konturların kapsadığı hacimlerin karşılaştırılması.

Tedavi planlamasında:

Konformite İndeksi (CI): Hedef hacmin doğru şekilde kapsanıp kapsanmadığını ölçer.

Homojenlik İndeksi (HI): Doz dağılımının hedef hacim içinde ne kadar eşit olduğunu gösterir.

Max/Min/Ortalama Doz: Radyobiyojik olarak kritik parametrelerdir.

Sentetik BT üretiminde:

Yapısal Benzerlik İndeksi (SSIM) ve Tepe Sinyal-Gürültü Oranı (PSNR): Görüntü kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılır.

Geometrik Doğruluk: Organ şekilleri, boyutları ve pozisyonlarının karşılaştırılması.

Dozimetrik Uyum: HU değerlerinin gerçek BT'ye benzerliği ve bu verilerin doz hesaplamalarına etkisi.

Nicel değerlendirme, sistemin teknik doğruluğunu sayısal olarak ortaya koyarken, sonuçların istatistiksel anlamlılığı da değerlendirme raporlarına dahil edilmelidir.

BİLİM KÖŞESİ

3.2. Nitel Değerlendirme: Klinik Kabul Edilebilirlik

YZ sistemlerinin klinik ortamlarda uygulanabilirliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri, ürettiği çıktının klinik karar vericiler tarafından “kabul edilebilir” bulunup bulunmadığıdır. Bu nedenle nitel değerlendirme süreci mutlaka şu unsurları içermelidir:

- Klinik uzmanlar (radyasyon onkologları, medikal fizikçiler, radyoterapi teknikerleri) tarafından yapılan görsel incelemeler ve karşılaştırmalı değerlendirmeler.
- YZ çıktıları ile manuel işlemler yan yana getirilerek, gerekirse düzeltme ihtiyacı, zaman kazancı ve hata oranı analiz edilmelidir.
- Değerlendirme süreci yapılandırılmış formlar, skor tabloları ve kör inceleme protokolleri ile daha objektif hale getirilebilir.
- Kullanıcı deneyimi ve yorumları da kalite değerlendirmesinin bir parçası olarak belgelenmelidir.

Bu analizler, teknolojik olarak “başarılı” kabul edilen bir sistemin, klinik bağlamda neden yetersiz bulunabileceğini ortaya koyabilir.

3.3. Minimum Hasta Sayısı ve Pilot Uygulamalar

Kabul sürecinin güvenilir olabilmesi için sistemin yeterli sayıda farklı hasta verisi üzerinde test edilmesi gerekir. Literatürde genel eğilim, 10 ila 20 hasta içeren bir doğrulama setiyle pilot çalışmaların yürütülmesidir. Bu sayede sistemin hem teknik doğruluğu hem de klinik tutarlılığı hakkında ilk fikir edinilebilir.

Ancak sonuçlarda yüksek varyans gözlemleniyorsa, örneklem büyüklüğü artırılmalı, özellikle hasta popülasyonundaki anatomik farklılıklar, tümör lokalizasyonu ve görüntü kalitesi gibi değişkenlerin YZ performansı üzerindeki etkileri analiz edilmelidir. Farklı hastane ortamlarında veya farklı cihazlarla elde edilen verilerle yapılacak çok merkezli pilot çalışmalar, sistemin genellenebilirliğini test etme açısından büyük önem taşır.

Kabul aşaması, YZ sisteminin yalnızca “çalıştığını” değil, aynı zamanda klinik uygulamada güvenle kullanılabilir olduğunu ortaya koyan en kritik değerlendirme adımıdır. Bu süreç ne kadar dikkatli ve sistematik yürütülürse, klinik kullanım sürecinde karşılaşılabilecek belirsizlikler ve riskler de o denli azaltılmış olur.

4. Klinik Kullanım Öncesi Hazırlık

YZ tabanlı sistemlerin radyoterapi uygulamalarında güvenli, etkili ve etik biçimde kullanılabilmesi için yalnızca teknolojik altyapı değil, aynı zamanda kullanıcı eğitimi, etik farkındalık ve kurumsal sorumluluk paylaşımı da titizlikle planlanmalıdır. Klinik başarıya ulaşmak için YZ sistemlerinin “nasıl çalıştığını anlamak” kadar, “nasıl güvenli kullanılır hale getirileceğini” de bilmek gerekir. Bu noktada insan faktörü, teknolojinin başarısı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

BİLİM KÖŞESİ

4.1. Eğitim

YZ sistemlerinin klinik ortamlarda etkin biçimde kullanılabilmesi için, kullanıcıların bu teknolojilerin temel işleyiş mantığını anlaması önemlidir. Eğitim programları aşağıdaki konuları kapsayacak şekilde yapılandırılmalıdır:

YZ'nin öğrenme yapısı: Denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme yöntemleri hakkında temel bilgiler.

Karar mekanizmaları: Modelin hangi verilerle nasıl eğitildiği, çıktılarının hangi kriterlere göre oluşturulduğu.

Sınırlılıklar: Overfitting, underfitting, genellenebilirlik problemleri, veri kalitesine duyarlılık.

Klinik senaryolarla uygulama: Gerçek hasta verileriyle yapılan vaka temelli eğitimler, kullanıcıların pratik becerilerini artırır.

Bu sayede kullanıcılar, sistemin yalnızca sonuçlarını değil, aynı zamanda kararların arkasındaki mantığı da sorgulayabilir hale gelir ve gerektiğinde müdahale edebilme yetisine sahip olur.

4.2. Etik Kullanım

YZ sistemlerinin yaygınlaşması, beraberinde çeşitli etik tartışmaları da gündeme getirmiştir. Özellikle sağlık alanında kullanılan algoritmalarda şu etik ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır:

Algoritmik önyargılar (bias): Eğitim verilerinde cinsiyet, yaş, etnik köken gibi özelliklere dayalı dengesizliklerin, karar süreçlerinde sistematik hatalara yol açabileceği bilinmelidir.

Adil ve eşit erişim: Tüm hasta grupları için benzer doğrulukta hizmet sunulması gerekir.

Veri mahremiyeti: Kişisel sağlık verilerinin anonimleştirilmesi, sadece izin verilen amaçlarla kullanılması ve güvenli biçimde saklanması gereklidir.

Şeffaflık (explainability): YZ sistemlerinin ürettiği sonuçların, kullanıcılar tarafından açıkça anlaşılabilir olması etik sorumluluk açısından kritik bir gerekliliktir.

Bu ilkelerin klinik uygulamalara entegre edilebilmesi için, sağlık profesyonelleri ve yöneticiler arasında etik rehberlik sağlanmalı; yazılı politika ve protokoller oluşturulmalıdır.

4.3. Sorumluluk Paylaşımı

YZ sistemlerinin güvenli kullanımı, yalnızca kullanıcıya bırakılmamalı; tüm paydaşlar arasında açık bir sorumluluk dağılımı yapılmalıdır:

Geliştirici ekip: Modelin teknik güvenliğini, sınırlarını ve risklerini önceden tanımlamalı; düzenli güncellemeleri sağlamalıdır.

Kullanıcı (klinik ekip): Sistemi doğru bağlamda kullanmalı, çıkan sonuçları değerlendirmeli ve gerektiğinde müdahale etmelidir.

Yönetim: Kurum düzeyinde etik denetim, veri güvenliği politikaları ve kullanıcı destek sistemleri oluşturmalıdır.

BİLİM KÖŞESİ

Bu üçlü yapı içerisinde, özellikle “kritik karar noktalarında insan müdahalesini mümkün kılan” yapılar tesis edilmelidir. Bu ilke, YZ sistemlerinin hiçbir zaman insan kararlarının yerine geçmemesi gerektiği anlayışına dayanır.

Klinik uygulama öncesi hazırlık süreci yalnızca teknolojik bir adaptasyon değil, aynı zamanda kültürel ve mesleki bir dönüşüm sürecidir. Bilinçli kullanıcılar, etik temelli uygulamalar ve net sorumluluk dağılımı sayesinde YZ sistemleri, radyoterapide güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilir hale gelir.

5. Sürekli İzleme, Güncelleme ve Geri Bildirim Mekanizmaları

YZ sistemleri, temel olarak dinamik öğrenme yapıları üzerine inşa edilmiş algoritmalarlardır. Bu nedenle, bir defaya mahsus bir doğrulama ile klinik güvenliğin sürekli olarak sağlanabileceği varsayımı, özellikle uzun vadeli klinik uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Modelin başlangıçta gösterdiği performansın zamanla bozulabileceği, karar kalitesinde sapmalar (model drift) gelişebileceği ve yeni hasta popülasyonlarına karşı duyarlılığının değişebileceği bilinmektedir. Bu bağlamda, YZ sistemlerinin sürdürülebilir güvenliği için sürekli izleme, güncelleme ve geri bildirim döngüleri hayati bir öneme sahiptir.

5.1. Drift İzleme: Zamanla Değişen Performansın Erken Tespiti

YZ modelleri, özellikle sürekli öğrenme kapasitesine sahip sistemler, zaman içerisinde değişen veri dağılımları nedeniyle performans sapmaları (concept drift, data drift) gösterebilir. Bu durum, modelin çıktılarında sistematik hatalara veya klinik olarak kabul edilemez değişikliklere yol açabilir. Dolayısıyla, sapma (drift) tespit algoritmaları aracılığıyla modelin zamana bağlı davranışları düzenli olarak izlenmeli ve klinik kullanımda beklenmeyen değişiklikler veya performans düşüşleri tespit edildiğinde, otomatik uyarı sistemleri devreye girmelidir. Özellikle heterojen hasta gruplarında veya yeni görüntüleme protokollerinin devreye girdiği durumlarda bu izleme daha kritik hale gelir.

5.2. Geri Bildirim Sistemleri: Klinik Deneyimle Desteklenen Sürekli Öğrenme

Klinik kullanıcılardan gelen geri bildirimlerin sistematik olarak toplanması, analiz edilmesi ve gerekiyorsa modele entegre edilmesi hem teknik iyileştirme hem de kullanıcı memnuniyeti açısından çok değerlidir. Bu bağlamda geri bildirimler, yapılandırılmış formlar, puanlama sistemleri ve serbest metin alanları yoluyla kaydedilmelidir. Kullanıcıdan gelen bildirimler sadece sistem çıktılarının doğruluğuna değil; kullanıcı arayüzü, işlem hızı ve entegrasyon kalitesi gibi operasyonel faktörlere de odaklanmalıdır. Kritik geri bildirimler, modelin yeniden eğitilmesi veya karar süreçlerinin düzenlenmesi için veri sağlayabilir. Bu yaklaşım, YZ sistemlerinin kullanıcı odaklı gelişimini destekler.

BİLİM KÖŞESİ

5.3. “İnsan Döngü İçinde” Prensibi: Karar Güvenliğini Sağlama

YZ'nin sağlık hizmetlerinde kullanımı, hiçbir zaman insan karar vericilerin yerini alacak şekilde kurgulanmamalıdır. Bu nedenle, “Human-in-the-loop (HITL)” olarak bilinen ilke, klinik karar süreçlerinde insan uzmanların denetleyici ve onaylayıcı rolünü korur. Bu ilkenin uygulanması şu adımları içerir:

- Kritik karar noktalarında, örneğin bir tümör konturunun kesin sınırının belirlenmesinde, YZ çıktısı ancak klinik uzmanın onayıyla geçerli hale gelmelidir.
- Manuel müdahale olanakları sistemde açıkça tanımlanmalı, kullanıcı istediğinde YZ çıktısını düzenleyebilmeli veya tamamen devre dışı bırakabilmelidir.

Bu prensip, yalnızca klinik güvenliği değil; aynı zamanda kullanıcı sorumluluğu ve hasta hakları açısından da temel bir çerçeve sunar.

Sürekli izleme, güncelleme ve geri bildirim döngüleri, YZ sistemlerinin yalnızca teknik olarak değil, aynı zamanda etik ve klinik olarak da sürdürülebilir olmasını sağlar. Böylece teknoloji, zaman içinde güven kaybına uğramadan, gelişen klinik ihtiyaçlara paralel biçimde evrilerek hizmet vermeye devam edebilir.

Sonuç ve Öneriler

Radyoterapide YZ uygulamaları, klinik süreçleri dönüştürme potansiyeli taşıyan, çok boyutlu bir teknolojik ilerlemenin yansımasıdır. Ancak bu dönüşüm yalnızca algoritmik başarıya ya da yazılım doğruluğuna indirgenemez; aksine, etik, yasal, organizasyonel ve insan faktörüne dayalı unsurların birlikte ele alındığı bütüncül bir yaklaşımı gerektirir. Klinik faydanın en üst düzeye çıkarılması ve hasta güvenliğinin garanti altına alınması, YZ teknolojilerinin doğru, güvenli ve etik bir biçimde uygulanmasıyla mümkündür.

Bu çerçevede aşağıdaki öneriler, YZ tabanlı sistemlerin radyoterapi uygulamalarına entegrasyonunda yol gösterici ilkeler olarak değerlendirilebilir:

- Çok disiplinli değerlendirme komiteleri oluşturulmalı; bu komitelerde medikal fizikçiler, radyasyon onkologları, bilişim uzmanları, etik danışmanlar ve yöneticiler birlikte çalışmalıdır. Ürünlerin satın alma öncesinde pilot çalışmalarla test edilmesi, bağımsız doğrulama verileriyle performansının kanıtlanması sağlanmalıdır.
- Klinik kullanıcılar için yapılandırılmış eğitim programları geliştirilmelidir. Bu programlar, yalnızca sistemin teknik kullanımını değil; aynı zamanda karar mekanizmalarının anlaşılmasını, sınırlarının bilinmesini ve etik farkındalık kazanımını da içermelidir.
- Geri bildirim mekanizmaları sistematik bir şekilde yapılandırılmalı, kullanıcı deneyimleri düzenli olarak toplanarak model geliştirme sürecine entegre edilmelidir. Bu mekanizmalar, hem teknik iyileştirme hem de kullanıcı memnuniyetini artırma açısından önemlidir.
- Veri güvenliği ve yasal uygunluk süreçleri, YZ sistemlerinin kullanım süresi boyunca kesintisiz biçimde denetlenmelidir. KVKK, GDPR ve benzeri düzenlemelere tam uyum sağlanmalı; veri işleme süreçlerinde şeffaflık ve hasta mahremiyeti gözetilmelidir.

Sonuç olarak, radyoterapi alanında YZ'nin sürdürülebilir bir başarıya ulaşabilmesi; teknolojik yeniliklerin klinik gerçeklikle buluştuğu, insan-merkezli ve etik temelli bir uygulama modeliyle mümkündür. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca daha güvenli ve etkin bir tedavi süreci sağlamakla kalmaz, aynı zamanda YZ teknolojilerinin sağlık hizmetlerinde uzun vadeli entegrasyonunu ve kabulünü destekleyen bir temel oluşturur.

BİLİM KÖŞESİ

Referanslar

1. Giraud, Paul, and Jean-Emmanuel Bibault. "Artificial intelligence in radiotherapy: Current applications and future trends." Diagnostic and Interventional Imaging 105.12 (2024): 475-480.
2. Kalsi, Savraj, et al. "The evolving role of artificial intelligence in radiotherapy treatment planning—A literature review." Clinical Oncology 36.10 (2024): 596-605.
3. Kawamura, Mariko, et al. "Revolutionizing radiation therapy: the role of AI in clinical practice." Journal of radiation research 65.1 (2024): 1-9.
4. Wahid, Kareem A., et al. "Artificial intelligence uncertainty quantification in radiotherapy applications— A scoping review." Radiotherapy and Oncology 201 (2024): 110542.
5. Landry, Guillaume, Christopher Kurz, and Alberto Traverso. "The role of artificial intelligence in radiotherapy clinical practice." BJR| Open 5.1 (2023): 20230030.
6. Li, Guangqi, Xin Wu, and Xuelei Ma. "Artificial intelligence in radiotherapy." Seminars in Cancer Biology. Vol. 86. Academic Press, 2022.
7. Santoro, Miriam, et al. "Recent applications of artificial intelligence in radiotherapy: where we are and beyond." Applied Sciences 12.7 (2022): 3223.
8. Mylonas, Adam, Jeremy Booth, and Doan Trang Nguyen. "A review of artificial intelligence applications for motion tracking in radiotherapy." Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology 65.5 (2021): 596-611.
9. Parkinson, C., et al. "Artificial intelligence in radiation oncology: A review of its current status and potential application for the radiotherapy workforce." Radiography 27 (2021): S63-S68.
10. van de Sande, Dennis, et al. "Artificial intelligence based treatment planning of radiotherapy for locally advanced breast cancer." Physics and Imaging in Radiation Oncology 20 (2021): 111-116.
11. Hallows, R., et al. "Safe and ethical artificial intelligence in radiotherapy—lessons learned from the aviation industry." Clinical Oncology 34.2 (2022): 99-101.

BİLİM KÖŞESİ

MIKNATIS GÜCÜ MÜ, ALGORİTMA GÜCÜ MÜ? MRG'NİN GELECEĞİNİ NE BELİRLEYECEK?

Dr. Öğr. Üyesi Sevim ŞAHİN
Fenerbahçe Üniversitesi-İSTANBUL

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), günümüzde hem yüksek çözünürlük arayışının hem de erişilebilir sağlık hizmeti ihtiyacının kesiştiği bir noktada hızla evrilmektedir. Ultra-yüksek alan sistemleri (7T ve üzeri) milimetre altı çözünürlük ve üstün tanısal performans sunarken, düşük-alan ve taşınabilir MR teknolojileri (<0.5T) görüntülemeyi hastanın ayağına götüren yeni bir erişilebilirlik paradigması oluşturmaktadır. Aynı dönemde, akıllı RF coil tasarımları ve yapay zekâ tabanlı rekonstrüksiyon algoritmaları gibi yaklaşımlar da MRG'nin hem teknik kapasitesini hem de klinik etkisini yeniden tanımlamaktadır.

Ultra-Yüksek Alan

Günümüzde dünya üzerinde 100'den fazla olduğu bilinen ultra-yüksek alan sistemler, MRG'nin en temel sınırlayıcı parametresi olan sinyal-gürültü oranını (SNR) dramatik şekilde arttırmaktadır. SNR'nın manyetik alan şiddeti B_0 ile doğrusal, BOLD SNR'nın ise B_0^2 ile artması; anatomik, metabolik ve fonksiyonel görüntülemede büyük bir sıçrama yaratmaktadır.

Bu artış neden kritik?

Mikro-anatomik görüntüleme: Daha küçük damarlar, kortikal tabakalar, ince yapısal detaylar görünür hâle geliyor (Şekil 1).

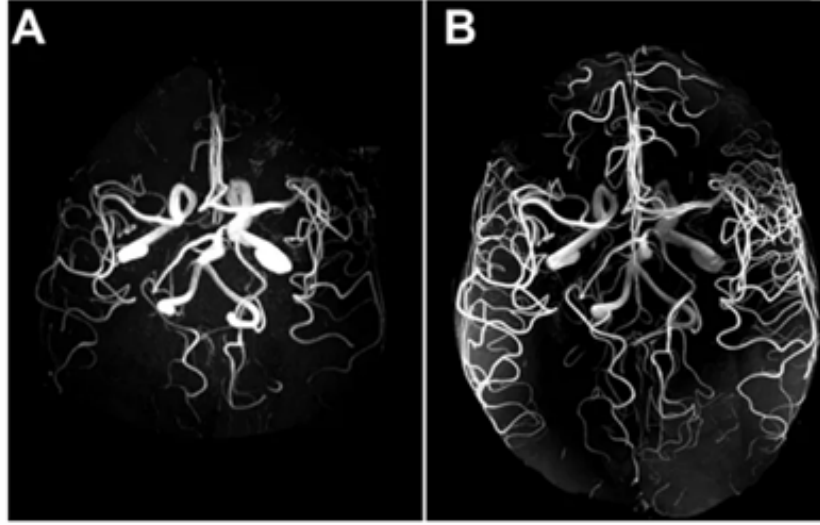
MRS'de spektral çözünürlük: Metabolit sinyallerinin ayrışması belirgin şekilde iyileşiyor, biyokimyasal süreçler daha güvenilir okunuyor.

Difüzyon ve traktografi: Lif yönelimlerinin daha doğru belirlenmesi ve beyaz cevher-gri cevher ara yüzeylerinde belirgin netlik sağlanıyor.

Hızlı protokollerle uyum: GRAPPA (Generalized Autocalibrating Partial Parallel Acquisition) gibi paralel görüntüleme yöntemlerinin daha etkin çalışmasıyla tarama süreleri kısalıyor.

Gelişmiş fonksiyonel MRG: fMRG, beyin kan akışındaki değişiklikleri oksijenlenme üzerinden (BOLD sinyali) ölçerek beyin aktivitesini haritalıyor. Yüksek alan, bu sinyal değişikliklerini çok daha iyi tespit ediyor, böylece beyin fonksiyonlarının haritalanması çok daha doğru hale geliyor.

BİLİM KÖŞESİ



Şekil 1. A. 3 Tesla kontrastsız time-of-flight manyetik rezonans anjiyografisi (TOF MRA) ile intrakraniyal arterlerin görüntülenmesi.

B. 7 Tesla TOF MRA ise daha distal damarların ve daha küçük kalibreli damarların görüntülenmesine olanak sağlar. Kaynak: Mayo Clinic, “7-T MRI: Providing hope by seeing the previously unseen”, 2023.

Sınırlılıklar: Güç Artarken Karmaşıklık da Artıyor

Ultra-yüksek alan sistemler her ne kadar görüntü kalitesinde dikkate değer bir artış sağlasa da beraberinde gelen bazı teknik zorluklar da kaçınılmazdır. Manyetik alan şiddetinin yükselmesi, susceptibility ve chemical-shift artefaktlarının daha belirgin görünmesine yol açar. Bunun yanında, daha güçlü RF alanlarının oluşturduğu SAR (specific absorption rate) kısıtlamaları, özellikle uzun ve karmaşık protokollerde tarama parametrelerini sınırlandırabilir. Hastanın daha yüksek RF enerjisine maruz kalması dokularda ısı artışına neden olabileceğinden, sistem yazılımları SAR'ı güvenli düzeyde tutmak için otomatik olarak optimizasyon yapar; bu da kimi durumlarda tarama süresinin uzamasına neden olabilir.

Yüksek manyetik alanlarda karşılaşılan bir diğer önemli sorun, B_1 inhomojenitesi nedeniyle oluşan bölgesel sinyal dalgalanmalarıdır; bu durum görüntü homojenitesini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca ultra-yüksek alan sistemlerin gerektirdiği süperiletken magnet altyapısının maliyeti, gelişmiş soğutma gereksinimleri ve daha gürültülü, daha kapalı hissettiren cihaz tasarımları, klinik uygulamada ek kısıtlar yaratmaktadır.

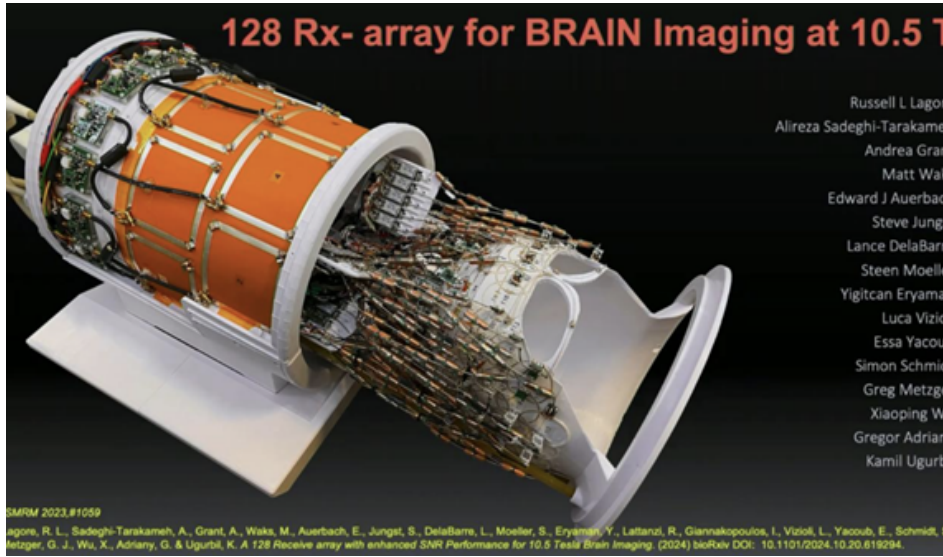
Tüm bu etkenler, ultra-yüksek alan MRG'nin potansiyelinin yalnızca magnet gücünü artırarak değil; RF mühendisliği, coil tasarım inovasyonları ve gelişmiş optimizasyon algoritmalarıyla birlikte ele alındığında tam anlamıyla ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Ultra-yüksek alan sistemlerindeki gelişimin en dikkat çekici örneklerinden biri de 10.5 Tesla beyin görüntüleme için geliştirilen 128 kanallı alıcı (Rx) coil dizisidir. ISMRM 2023'te sunulan bu yenilikçi tasarım, yalnızca SNR'i artırmakla kalmayıp, ultra-yüksek alanlarda ortaya çıkan B_1 inhomojenitesi, yüklenme etkileri ve decoupling zorlukları gibi temel RF mühendisliği problemlerine teknik çözümler sunmaktadır (Şekil 2).

BİLİM KÖŞESİ

Coil geometrisinin yüksek kanal yoğunluğu, adaptif yapısı ve gelişmiş elektronik mimarisi sayesinde, 10.5 T gibi ekstrem manyetik alanlarda dahi beyin dokusunun derin bölgelerinde yüksek duyarlılık, yüzey bölgelerinde ise üstün sinyal kazanımı elde edilebilmektedir. Bu tip gelişmiş diziler, ultra-yüksek alan MRG'nin sınırlarını yalnızca magnet gücüyle değil; coil mühendisliği, malzeme bilimi ve optimizasyon algoritmalarının birleşimiyle genişlettiğini göstermektedir.

Bu çalışma, sinyal toplama verimini iyileştirmenin artık yalnızca manyetik alanı artırmaktan ibaret olmadığını; RF donanım tasarımının ultra-yüksek alanın gerçek potansiyelini açığa çıkaran kritik bileşenlerden biri olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır (1-3).



Şekil 2. 10.5 Tesla beyin MRG için kullanılan 128 kanallı alıcı coil dizisi. Ultra-yüksek alan uygulamalarına yönelik yüksek kanal sayılı RF alıcı tasarımına bir örnek olarak sunulmuştur (Lagore et al., ISMRM 2023).

Akıllı Coil Sistemleri ve SNR Mühendisliği

Ultra-yüksek alan MRG'nin sunduğu teorik avantajların klinik karşılığa dönüşebilmesi, yalnızca magnet gücüne değil; RF coil teknolojisinin ne kadar “akıllı” hâle getirilebildiğine bağlıdır. Bu nedenle güncel yaklaşımlar, coil tasarımını statik bir donanım bileşeni olmaktan çıkarıp, SNR mühendisliği prensipleriyle optimize edilen, adaptif ve veri odaklı bir yapıya dönüştürmektedir.

SNR mühendisliği, coil–doku mesafesi, eleman boyutları, kanal dizilimi, yüklenme davranışı ve B_1 verimliliği gibi parametrelerin sistematik şekilde optimize edilmesini amaçlar. Bu yaklaşım, özellikle 7T ve üzerindeki ultra-yüksek alanlarda RF davranışının karmaşıklaşması nedeniyle kritik önem taşır. Amaç, hem yüzey dokularında hem derin beyin bölgelerinde daha homojen, daha tutarlı ve daha yüksek duyarlılık elde etmektir.

BİLİM KÖŞESİ

Bu doğrultuda geliştirilen akıllı coil sistemleri, bir dizi yenilikçi tasarım bileşenini bir araya getirir:

1. Esnek ve Anatomiye Uyumlu Coil Geometrisi

Geleneksel coil'lerin sabit ve rijit yapısının aksine, yeni nesil flexible coil teknolojileri, coil yüzeyinin anatomik konturlara tam olarak uyum sağlamasını mümkün kılar. Bu uyum, coil-doku mesafesini minimuma indirerek SNR'de anlamlı bir artış sağlar. Özellikle boyun, omurga, toraks ve pediatrik uygulamalarda bu tür adaptif geometrilerin performans avantajı belirgindir.

2. Yüksek Kanal Yoğunluğu ve Geniş Kapsama Alanı

Kanal sayısının artırılması hem paralel görüntüleme kapasitesini güçlendirir hem de daha geniş bir alanda yüksek duyarlılık elde edilmesini sağlar. Ultra-yüksek alanlarda kullanılan 64, 96 ve 128 kanallı diziler, özellikle beyin derin yapılarında sinyal kazanımını iyileştirmek için geliştirilmiştir.

3. Kendi Kendini Decouple Eden RF Elemanları

Yüksek kanal yoğunluğu beraberinde coil elemanları arasındaki karşılıklı etkileşimi (mutual coupling) artırır. Akıllı coil sistemleri bu sorunu:

- kendi kendini decouple eden element tasarımları,
 - optimize edilmiş konfigürasyon geometrileri,
 - gelişmiş matching devreleri
- ile yönetir.

Bu sayede coil dizisi hem daha stabil çalışır hem de yüksek SNR'ı korur.

4. Sensör Entegrasyonu: Akıllı Pozisyonlama

Güncel MR coil tasarımlarında yalnızca RF sinyali toplamakla yetinmeyen, coil'in pozisyonunu ve hastanın fizyolojik durumuna ilişkin belirli parametreleri izleyebilen entegre sensör bileşenleri giderek daha yaygın hâle gelmektedir. Bazı yeni nesil akıllı coil sistemleri, coil-hasta etkileşimi hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak anatomik uyumu optimize eder, hareketten kaynaklanan sorunları azaltır ve tarama boyunca coil performansının daha kararlı bir şekilde korunmasına katkıda bulunur. Bu yaklaşım hem görüntü kalitesinin tutarlılığını artırmayı hem de muayene sürecini daha verimli ve hasta dostu hâle getirmeyi amaçlayan modern bir tasarım eğilimini temsil eder.

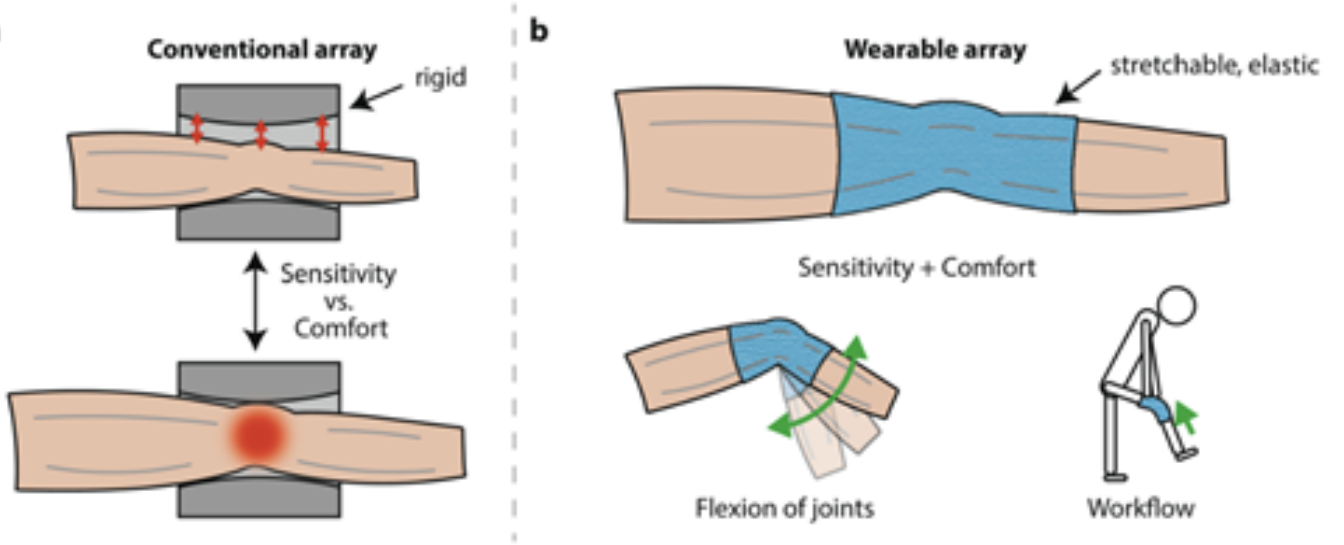
BİLİM KÖŞESİ

Sıvı Metal Tabanlı Giyilebilir Coil Teknolojisi

Akıllı coil sistemlerinin en dikkat çekici örneklerinden biri, son yıllarda geliştirilen sıvı metal tabanlı giyilebilir RF dizileridir. Bu teknoloji:

- Esnek tüpler içinde sıvı metal iletkenler kullanır,
- Coil'in bir kumaş gibi hastanın üzerine yerleşmesini sağlar,
- Coil–doku mesafesini minimal düzeye indirir,
- Anatomik hareketlerle birlikte şekil değiştirerek yüksek SNR'ı korur.

Bu yaklaşım, özellikle göğüs, boyun ve pediatrik MR uygulamalarında coil'in vücut formuna mükemmel uyum sağlamasıyla geleneksel coil tasarımlarına göre çarpıcı SNR artışları göstermiştir. Port ve arkadaşlarının 2020'de yayımladığı “Detector Clothes” konsepti, giyilebilir coil tasarımının klinik açıdan uygulanabilirliğini gösteren öncü çalışmalardan biridir (Şekil 3-4) (4).

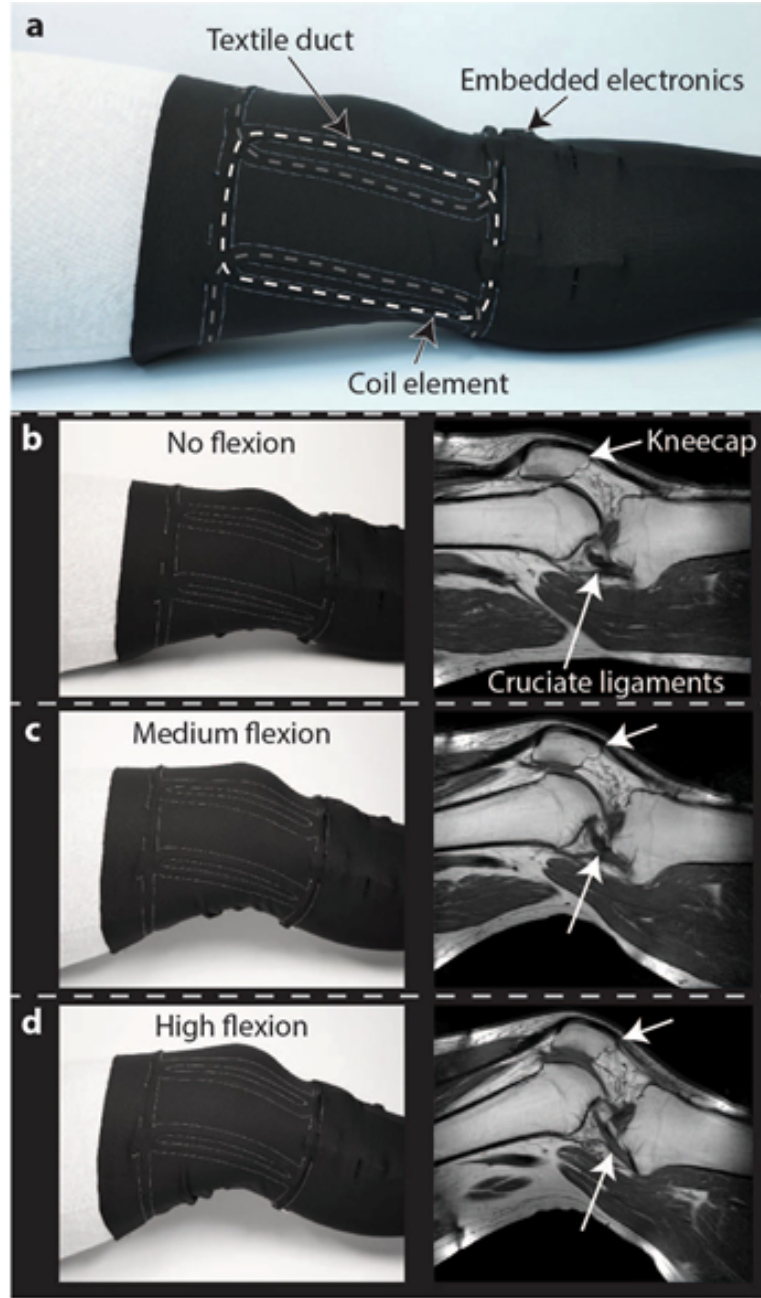


Şekil 3. a) Geleneksel coil dizileri sert yapıdadır ve hastanın anatomisine uyum sağlayamaz. Coil ile vücut arasında mesafe olduğunda duyarlılık azalır; ayrıca sabit boyut ve şekil bazı hastalar için rahatsızlık yaratabilir.

b) Giyilebilir (wearable) coil dizileri esnek ve elastiktir. Hastanın anatomisine uyum sağlayarak hem daha yüksek duyarlılık hem de daha iyi konfor sağlar; eklem hareketlerine izin verir ve hastanın coil'i kendi kendine takabilmesine imkân tanıyarak iş akışını kolaylaştırır.

Kaynak: Port et al., Scientific Reports, 2020.

BİLİM KÖŞESİ



Şekil 4. Diz görüntülemesinde kullanılan giyilebilir (wearable) coil dizisi. a) Tekstil içerisine entegre edilmiş sıvı metal coil elemanlarından oluşan alıcı dizi. b) Diz ekstansiyon pozisyonunda, c) orta derecede fleksiyonda ve d) ileri derecede fleksiyonda elde edilen fotoğraflar ve in vivo görüntüler.

Kaynak: Port ve ark., Scientific Reports, 2020.

Akıllı coil sistemleri; esnek yapıları, yüksek kanal yoğunlukları, sensör destekli optimizasyonları ve sıvı metal gibi yenilikçi malzeme teknolojileriyle MRG'nin sinyal toplama kapasitesini kökten değiştirmektedir. Bu tasarımlar, ultra-yüksek alanların getirdiği RF zorluklarını yönetirken aynı zamanda düşük alan sistemlerinde de SNR'i artırarak erişilebilir MR çözümlerinin gelişmesine katkı sunmaktadır.

BİLİM KÖŞESİ

Yapay Zekâ Destekli Rekonstrüksiyon ve Hızlandırma Teknikleri

MR görüntüleme sürelerini kısaltmak ve görüntü kalitesini artırmak amacıyla geliştirilen yapay zekâ destekli rekonstrüksiyon yöntemleri, günümüzde klinik uygulamaya en hızlı giren teknolojik yeniliklerden biri hâline gelmiştir. Bu yaklaşımda, k-uzayının eksik örneklenmiş bölgeleri derin öğrenme modelleri tarafından tahmin edilerek tamamlanır ve böylece daha kısa sürede yüksek kaliteli görüntü elde edilir (5).

Derin öğrenmeye dayalı bu rekonstrüksiyon teknikleri:

- Eksik k-uzayını doldurarak veri kaybını telafi eder,
- Hareket artefaktlarını azaltır, özellikle pediatrik ve nörolojik çekimlerde avantaj sağlar,
- Kontrast madde dozunun düşürülmesine imkân tanıyabilir,
- Paralel görüntüleme performansını artırarak tarama sürelerini belirgin şekilde kısaltır.

Bu alandaki yöntemlerden biri olan RAKI (Robust Artificial-Neural-Networks for k-Space Interpolation), GRAPPA'nın derin öğrenme tabanlı bir uzantısı olarak geliştirilmiştir. RAKI, taramaya özgü (scan-specific) bir eğitim stratejisi kullanır; yani model, o sırada çekilen hastaya ait kalibrasyon verisiyle eğitilir. Bu yaklaşım, yüksek manyetik alanlarda karşılaşılan RF ve coil kaynaklı değişkenliklere karşı daha dayanıklı bir rekonstrüksiyon sağlar.

Literatürde bildirildiği üzere, CNN (Evrişimli Sinir Ağı) tabanlı rekonstrüksiyonlar görüntü gürültüsünü azaltma, kenar detaylarını koruma ve k-uzayında eksik bilgiyi gerçeğe yakın şekilde doldurma konusunda geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır (6, 7).

Bu teknolojiler, MR görüntüleme sürecinin yalnızca hızlandırılmasıyla sınırlı kalmayıp, düşük SNR koşullarında dahi daha güvenilir görüntüler elde edilmesine katkıda bulunarak hem yüksek alan hem de düşük alan MR sistemlerinde değer yaratmaktadır.

Düşük-Alan ve Taşınabilir MR

MR teknolojisinin gelişimi yalnızca ultra-yüksek alan sistemleriyle sınırlı değildir; diğer uçta yer alan düşük-alan (<0.5 T) ve taşınabilir MR çözümleri, sağlık hizmetine erişimi genişleten yepyeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sistemler, görüntü kalitesinin sınırlarını zorlamaktan ziyade, MR'ı daha ulaşılabilir, daha ekonomik ve daha esnek hâle getirmeyi hedefler.

Düşük-alan MR sistemlerinde SNR ve çözünürlük doğal olarak daha düşük olsa da bu cihazların sunduğu avantajlar birçok klinik senaryoda son derece değerlidir. Rezistif elektromıknatıs kullanımı, düşük enerji tüketimi, minimal altyapı gereksinimi ve kolay zırlama gibi özellikler, bu sistemleri konvansiyonel MR cihazlarının yerleştiremediği ortamlarda dahi kullanılabilir kılar. Daha düşük SAR düzeyleri ve manyetik duyarlılığın azalması ise implant uyumluluğu açısından güvenlik avantajı sağlar.

BİLİM KÖŞESİ

Son yıllarda geliştirilen taşınabilir MR cihazları bu dönüşümün en çarpıcı örneklerindendir. Örneğin Hyperfine'ın 64 mT'lik sistemi, MR'ın yatak başında uygulanabilmesini mümkün kılarak özellikle yoğun bakım, felç değerlendirmesi, pediatrik hastalar ve hareket kısıtlılığı olan bireylerde benzersiz bir kullanım alanı yaratmıştır. Bu cihazlar, hastanın sedasyon veya transfer gereksinimini azaltarak tanıya ulaşma süresini kısaltabilir ve klinik akışın kesintiye uğramasını engelleyebilir.

Düşük-alan sistemlerinin en önemli katkılarından biri de kaynak kısıtlı ülkelerde görüntülemeye erişimin artırılmasıdır. Malawi'de bildirilen klinik örnekler, düşük SNR ve sınırlı çözünürlüğe rağmen düşük-alan MR'ın belirli nörolojik vakalarda anlamlı tanısal değer sunduğunu göstermektedir. Özellikle serebral enfeksiyonlar, pediatrik nöbetler ve travma olgularında taşınabilir MR'ın hastane altyapısına bağımlı olmadan kullanılabilmesi büyük bir avantajdır (8).

Her ne kadar düşük-alan MR'ın klinik validasyonu hâlâ gelişmekte olsa da, bu sistemlerin sunduğu erişilebilirlik, düşük maliyet ve operasyonel esneklik, onu modern görüntüleme ekosisteminin vazgeçilmez bir bileşeni hâline getirmektedir.

Gelecekte yapay zekâ destekli rekonstrüksiyon yöntemlerinin düşük-alan verileriyle birleşmesi, görüntü kalitesindeki sınırlamaları daha da azaltarak bu sistemlerin kullanım alanını genişletecektir. Böylece MRG, yalnızca ileri teknoloji merkezlerin değil, çok daha geniş bir hasta popülasyonunun hizmetine sunulabilir hâle gelecektir.

Güncel gelişmeler, manyetik rezonans görüntülemenin yalnızca manyetik alan gücündeki artışla değil, bütünsel bir teknoloji bileşimiyle ilerlediğini göstermektedir. Ultra-yüksek alan sistemleri tanısal çözünürlüğü güçlendirirken, bu kapasitenin etkin biçimde kullanılabilmesi gelişmiş RF coil tasarımlarını ve sinyal optimizasyon stratejilerini zorunlu kılmaktadır. Yapay zekâ tabanlı rekonstrüksiyon algoritmaları, veri toplama süreçlerini hızlandırarak hem yüksek hem de düşük alan koşullarında görüntü kalitesine anlamlı katkı sağlamaktadır. Öte yandan düşük-alan ve taşınabilir MR çözümleri, görüntülemeyi daha geniş hasta gruplarına ulaştırarak erişilebilirlik boyutunu yeniden tanımlamaktadır. Tüm bu eğilimler birlikte değerlendirildiğinde, MRG'nin geleceğinin tek bir teknolojik eksene değil, donanım, yazılım, malzeme bilimi ve veri odaklı yöntemlerin entegrasyonuna bağlı olarak şekilleneceği açıktır. Bu çok yönlü ilerleme, klinik uygulamalarda daha esnek, daha güvenilir ve daha kapsamlı görüntüleme olanaklarının gelişmesine zemin hazırlayacaktır.

BİLİM KÖŞESİ

Referanslar

1. Tractnig, S., et al. (2024). Ultrahigh-field MRI: Where it really makes a difference. *Die Radiologie*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00117-023-01184-x>
2. Hangel, G., et al. (2024). Implementation of a 7T Epilepsy Task Force consensus imaging protocol for routine presurgical epilepsy work-up: Effect on diagnostic yield and lesion delineation. *Journal of Neurology*, 271, 804–818. <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11988-5>
3. Sotiropoulos, S. N., Hernández-Fernández, M., Vu, A. T., Andersson, J. L., Moeller, S., Yacoub, E., Lenglet, C., Ugurbil, K., Behrens, T. E. J., & Jbabdi, S. (2016). Fusion in diffusion MRI for improved fibre orientation estimation: An application to the 3T and 7T data of the Human Connectome Project. *NeuroImage*, 134, 396–409. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.04.014>
4. Port, A., Luechinger, R., Albisetti, L., et al. (2020). Detector clothes for MRI: A wearable array receiver based on liquid metal in elastic tubes. *Scientific Reports*, 10, 8844. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65634-5>
5. Kiryu, S., Akai, H., Yasaka, K., Tajima, T., Kunimatsu, A., Yoshioka, N., Akahane, M., Abe, O., & Ohtomo, K. (2023). Clinical impact of deep learning reconstruction in MRI. *Radiographics*, 43(6), e220133. <https://doi.org/10.1148/rg.220133>
6. Lin, D. J., Johnson, P. M., Knoll, F., & Lui, Y. W. (2021). Artificial intelligence for MR image reconstruction: An overview for clinicians. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 53(4), 1015–1028. <https://doi.org/10.1002/jmri.27078>
7. Akçakaya, M., Moeller, S., Weingärtner, S., & Ugurbil, K. (2019). Scan-specific robust artificial-neural-networks for k-space interpolation (RAKI) reconstruction: Database-free deep learning for fast imaging. *Magnetic Resonance in Medicine*, 81, 439–453. <https://doi.org/10.1002/mrm.27420>
8. Case-based review of low-field MRI in resource-constrained settings: A clinical perspective from Malawi. (2025). *BJR|Open*, 7(1), tzaf028. <https://doi.org/10.1093/bjro/tzaf028>

DERLEME

NÜKLEER TIP VE MEDİKAL FİZİK İŞ BİRLİĞİNDE YENİ UFUKLAR

Doç.Dr. Nazım COŞKUN

Bilkent Şehir Hastanesi-ANKARA

Nükleer tıp alanında özellikle son 10 yılda radyonüklid tedavilerin yaygınlaşmasıyla önemli bir dönüşüm yaşandı. Prostat kanseri, nöroendokrin tümörler ve karaciğer tümörleri gibi hastalıkların tedavisinde hedefe yönelik radyofarmasötiklerin yaygın olarak kullanılmaya başlanması, nükleer onkoloji alanını hızlı bir şekilde geliştirdi. Bu klinik dönüşüme paralel olarak, medikal fizik alanında da önemli ilerlemeler yaşandı. Yeni nesil dijital dedektörler, geniş görüş alanına sahip PET tarayıcılar ve derin öğrenme tabanlı görüntü işleme yaklaşımları hem görüntüleme kalitesini hem de fiziksel modelleme kapasitesini belirgin biçimde artırdı. Önümüzdeki 10 yıl ise, bu iki alanın ortak çalışmalarının genişleyeceği bir dönem olarak görülüyor.

Teranostik Uygulamalar

Aynı moleküler hedef üzerinden hem görüntüleme hem de tedavi uygulanabilmesini mümkün kılan teranostik uygulamalar, son yıllarda geliştirilen yeni radyofarmasötiklerle birlikte belirgin bir ivme kazandı. PSMA, SSTR ve FAP gibi hedeflere yönelik ajanların farklı kanser türlerinde kullanılabilirliği, teranostiğin yalnızca belirli hastalık gruplarıyla sınırlı bir yaklaşım olmayacağını, hedef biyolojisine dayalı daha geniş bir kullanım alanına doğru ilerlediğini gösteriyor. Ayrıca alfa, beta ve Auger elektronları gibi farklı radyasyon tiplerinin biyolojik etkilerine yönelik artan ilgi, tedavinin fiziksel bileşenlerinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesini ve moleküler düzeyde optimize edilmesini mümkün kılıyor. Bu durum, hangi radyonüklitlerin hangi tümör mikroçevrelerinde daha etkili olabileceğine dair giderek daha fazla veri üretilmesini sağlıyor.

Güncel araştırmalar, teranostik uygulamaların yalnızca radyonüklit seçimiyle değil, aynı zamanda hedefleme biyolojisi, parçacık etkileşimleri, dozimetri modelleri ve yapay zeka tabanlı analizlerin birlikte değerlendirildiği çok katmanlı bir yapıya doğru evrildiğini ortaya koydu. Tümör heterojenitesinin görüntüleme düzeyinde sayısal olarak ifade edilmesi, biyokinetiğe dayalı kişisel doz hesaplarının geliştirilmesi ve tedavi yanıtını öngören derin öğrenme modellerinin oluşturulması giderek daha fazla önem kazanıyor. Bunun yanında pankanser hedeflere yönelik radyofarmasötiklerin araştırılması, teranostik yaklaşımın belirli organ sistemlerinden bağımsız olarak daha geniş hasta gruplarına uygulanabileceğine dair yeni bir çerçeve sunuyor. Klinik pratikte bu tür ajanların kullanımının artması, hasta seçiminden doz optimizasyonuna kadar birçok sürecin biyolojik veriyle daha fazla ilişkilendirilmesini gerektiriyor.

Tüm bu eğilimler, teranostik uygulamaların fizik, biyoloji ve veri bilimini bütünleştirerek gelecekte daha kişiye özgü, biyoenformatik temelli bir sisteme dönüşebileceğini düşündürüyor. Bu dönüşüm, hem tanısal görüntüleme hem de tedavi planlamasını daha nicel, daha öngörülebilir ve daha standardize bir yapıya kavuşturarak, uzun vadede hastalık yönetiminde daha rasyonel ve ölçülebilir karar süreçlerinin oluşturulmasına olanak sağlayabilir.

DERLEME

Yeni Donanımlar ve Yapay Zeka Entegrasyonu

Analog PET dedektörlerinin yerini almaya başlayan SiPM tabanlı dijital dedektörler, zaman çözünürlüğünü ve sinyal doğruluğunu belirgin biçimde artırarak düşük aktivite ve kısa süreli çekimlerde dahi daha net görüntüler elde edilmesini sağladı. Bu gelişimi, görüş alanını metre ölçeğine taşıyan Large-Axial-Field-of-View (LAFOV) ve tüm vücut PET sistemleri izledi. Geleneksel PET'e kıyasla çok daha geniş bir anatomik bölgeyi aynı anda görüntüleyebilen bu sistemler, sadece hız avantajı sunmakla kalmayıp dinamik görüntüleme, farmakokinetik analiz ve düşük dozla yüksek sinyal kalitesi gibi yeni uygulamaları da mümkün kılıyor.

Tüm bu yenilikler sadece görüntüleme kapasitesini artırmakla kalmıyor; nükleer tıp ve medikal fizik işbirliğini de güçlendiriyor. Gelişmiş dedektörler ve geniş görüş alanları, fizik tabanlı modellerin daha doğru uygulanmasını destekleyerek biyolojik yorumlamayı daha güvenilir hale getiriyor. Yakın gelecekte cihaz teknolojisi, yazılım ve fizik modellerinin daha bütünleşik çalıştığı, hem verimli hem de bilgi açısından daha zengin görüntüleme yöntemleri öne çıkacak gibi görünüyor.

Bu teknolojik ilerlemelerin merkezinde konumlanmaya başlayan yapay zeka uygulamaları, nükleer tıp alanında fiziksel problemlerin çözüm ortağı olarak kullanılıyor. Örneğin geleneksel PET ve SPECT rekonstrüksiyon algoritmaları görüntü oluşumundaki fiziksel süreçleri sabit denklemler üzerinden çözerken, derin öğrenme modelleri bu fiziksel ilişkileri veriden öğrenmektedir. Bir model, örneğin düşük sayımlı bir PET verisinde, hangi gürültünün fiziksel süreçlerden kaynaklandığını hangi bileşenlerin gerçek sinyale ait olduğunu ayırt edebilir. Her ne kadar bu süreçler formüllerle ifade edilmese de, sistemin davranışı büyük ölçüde fiziksel gerçekliklerle uyumlu hale gelir. Bir anlamda yapay zeka, fiziğin ayrıntılı denklemlerini görmeden, bu denklemlerin sonuçlarını veriden almayı öğreniyor.

Gelecekte bu yaklaşım sadece görüntü kalitesini artırmakla kalmayıp, nükleer tıp uygulamalarının tamamını etkileyen bir bakış açısına dönüşebilir. Fizik tabanlı yapay zeka modelleri, biyokinetik süreçleri, tümör heterojenitesini ve hatta radyobiyolojik etkiyi hesaba katabilen sistemlere evrilebilir. Bu nedenle nükleer tıpta yapay zekayı konuşurken, aslında yeni bir fizik problem çözme paradigmasını konuşmuş oluyoruz.

Radyobiyoloji Temelli Yaklaşım

Radyobiyoloji alanı uzun yıllar boyunca eksternal radyoterapiye göre şekillenen bir çerçeveye sahipti. Fakat radyoteranostiklerin hızlı gelişimi, bu çerçevenin internal radyonüklit tedaviler için yetersiz kaldığını gösterdi. Bir radyofarmasötüğün hücre düzeyindeki dağılımı, kullanılan radyasyon türü, doz hızının zamana yayılması ve biyolojik yarı ömür gibi değişkenler, klasik radyobiyolojik modellerin sınırlarını zorluyor. Bu nedenle son yıllarda dozimetrik yaklaşımlar absorbe edilen doz miktarının ötesine taşınarak bu dozun hücresel düzeydeki etkisini hesaplamaya yöneliyor.

DERLEME

Alfa, beta ve Auger gibi farklı radyasyon türleri, aynı fiziksel dozu verse bile hücre düzeyinde çok farklı onarım dinamikleri ve hasar paternleri oluşturur. Aynı yaklaşım doz hızına da uzanıyor: internal radyasyonun saatler ve günler boyunca süren düşük doz hızının, hücresel onarım süreçleriyle nasıl etkileştiğini anlamak, klasik dış ışınlamadan çok daha karmaşık bir biyofizik modeli gerektirecek. Bu nedenle modern radyobiyojoloji, fiziksel süreçlerin biyolojik zaman ölçekleriyle birleştiği çok katmanlı bir yapıya doğru evriliyor.

Sonuç

Önümüzdeki yıllarda nükleer tıp ve medikal fizik arasındaki iş birliğinin, klinik uygulamalarda ve araştırma alanlarında daha görünür hale gelmesi beklenmektedir. Teranostik yaklaşımlar, yeni donanımlar, yapay zeka destekli analizler ve radyobiyojoloji temelli doz değerlendirme yöntemlerinin birlikte ele alınması, tanı ve tedavi süreçlerinin daha nicel ve sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Bu çerçevede, nükleer tıbbın fizik, biyoloji ve veri temelli yöntemlerle giderek daha bütüncül bir yapıya doğru ilerlediği ve bu eğilimin gelecekteki klinik ve akademik çalışmaları belirli ölçüde etkileyeceği öngörülebilir.

EĞİTİM, KURS ve TOPLANTILAR



14-15 Ekim 2025 tarihlerinde düzenlenen PTW Clinical School eğitim programı başarıyla gerçekleşmiştir.

Eğitimin gerçekleştirilmesine katkı sağlayan Acıbadem Altunizade Hastanesi'ne, desteği için Meditel firmasına ve değerli bilgi birikimlerini bizlerle paylaşan PTW eğitmenlerine içten teşekkür ederiz.

Ayrıca, yoğun ilgileri ve aktif katılımları için tüm meslektaşlarımıza teşekkür ediyor, benzer eğitim programlarında yeniden bir araya gelmeyi diliyoruz.

PLANLANAN ETKİNLİKLER

TARİH	KONU	KONUŞMACI	MODERATÖR
15 Jan 2026	SGRT Fiziği ve QA	Bora SINDIR Melih ULUER	İ.Faruk DURMUŞ Bora İMRAN Emre ŞANLI
Feb 2026	Vaka Bazlı Off-line ART	Esmâ EFE Gizem BAKICIERLER	
Mar 2026	İleri Hareket Yönetim Yöntemleri		

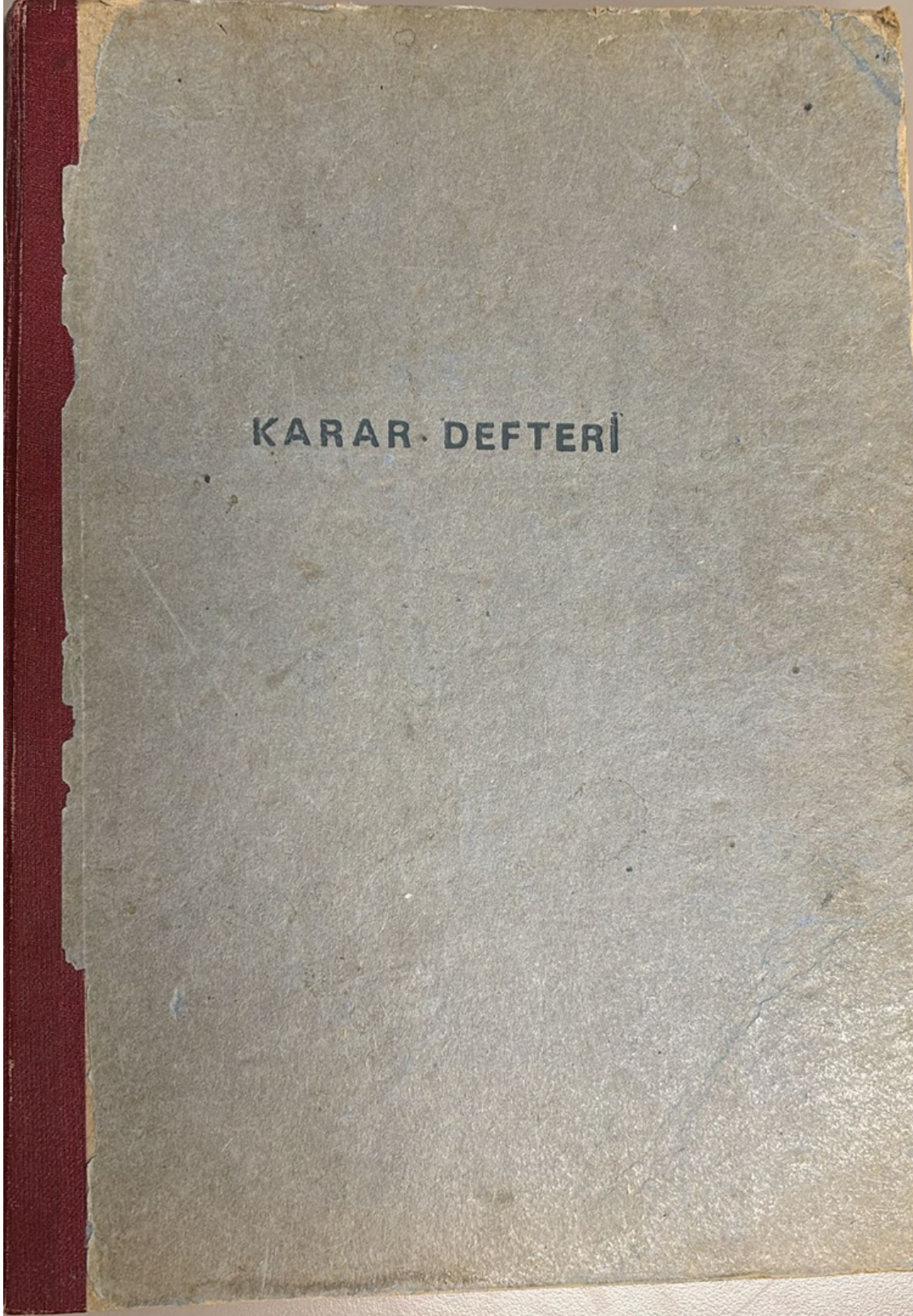
YENİ ÜYELER

Sıra	Adı ve Soyadı	Kurum
1	Emirhan Kemal BAĞRIYANIK	Yedikule Göğüs Hastalıkları Hastanesi
2	Yaprak ERÖZMEN	MEDICALPARK Bahçelievler Hastanesi
3	Serdar ALAY	Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi
4	Ahmet Özgür KASAPGİL	Düzen Laboratuvar Grubu
5	Didem Dilara GÖÇMEZ	Neolife Tıp Merkezi
6	Ayşe DİLAVER AKAR	-
7	Eylem KIRAÇ	Kocaeli Şehir Hastanesi
8	İzel BİLMEZ ERTÜRK	MEDICALPARK Bahçelievler Hastanesi
9	Kaan GÜZSOY	Öğrenci
10	İrem ŞENEL	Öğrenci
11	Hakan ARAS	Öğrenci
12	Altuğ BOZ	Öğrenci
13	Sedef TAŞDEMİR	Öğrenci
14	Gamze AKSU	Öğrenci
15	Seda Nur GÜRKAN	Öğrenci
16	Ömer BEKÇİOĞLU	Öğrenci
17	Elif AKAN	Öğrenci
18	Ayşe OKTAY İLTAŞ	Öğrenci
19	Elif ALKAN	Öğrenci
20	Rahime SÜLÜ	Öğrenci
21	İrem Rukiye ŞAHİNER	Öğrenci
22	Fatih YEŞİL	Öğrenci
23	Yasemin SARIYAZ	Öğrenci

Medikal Fizik Yönetim Kurulu olarak yeni üyelerimize meslek hayatlarında başarılar diliyoruz.

TARİH KÖŞESİ

Değerli meslektaşlarımız bültenimizde derneğimizin arşivinde yer alan bizler için çok değerli dokümanları sizlerle paylaşmaya devam ediyoruz. Bültenimizin bu sayısında derneğimizin ilk karar defterini ve dönemin yönetim kurulunun almış olduğu ilk kararları sizlerle paylaşıyoruz.



TARİH KÖŞESİ

1

DEFTERİ

Tarih

T. C. İSTANBUL İKİNCİ NOTERİ
ALİ HAYDAR GÖZÜBÜYÜK
Millet Cad. No. 111/A
Çapa - İstanbul
Tel. : 523 07 04 - 585 61 08

Nº 03371

Adı ve Soyadı : Medikal Fizik Derneği

Başkanın adı ve Soyadı : Valikonağı Cad. Bizim Apt.
No: 10/3 Şişli-İSTANBUL

Azaların adı ve soyadı : Karar Defteri

Defterin Nev'i : 288 sahife

Sahifesi : 1988

Kullanılacağı Yıl : B. O. Vergi Dairesi :

Tastik Nu. : 27 OCAK 1988

Tastik Tarihi :

Sicil Nu. :

İşbu Defter yukarıdaki kayıtlarla tasdik olunur.
İSTANBUL İKİNCİ NOTERİ
ALİ HAYDAR GÖZÜBÜYÜK

Harç N. K. 118 göre tahsil edildi.

Vergi No: 6130518837

TARİH KÖŞESİ

12 ŞUBAT 1988

Türkiye Cumhuriyeti

Y. Nu.: 05770

İstanbul İkinci Noterliği'ne
S İ R K Ü L E R

DERNEĞİN ADI : MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ
Adresi : Valikonacı cad.Bizim ap.No:10/3
Şişli/İstanbul.

Dernek Karar defterinin 4.sahifesinde alınan 10.2.1988 tarihli karar gereğince :

Dernek adına para çekme Yetkisi SEYFETTİN KUTER, İSMAİL ÖZBAY ve NAZMİ OĞUZ'a ait olup, HERHANGİ İKİ KİŞİNİN imzası ile para çekilebileceğinden, aşağıda örneğini vaz ettiğimiz imzalarımızın bizi ilzam edeceğini ve tastikini talep ederiz.

MEDİKAL FİZİK DERNEĞİ
Başkan SEYFETTİN KUTER *[Signature]*
Genel Sekreter İSMAİL ÖZBAY *[Signature]*
Muhasep NAZMİ OĞUZ *[Signature]*

Bu sirküler altındaki imzaların şahıs ve hüviyetleri ibraz ettiği İstanbul ilinden 21.11.1987 tarih, B440680 seri numaralı, 14.05.1970 tarih, 93921 belge no.lu sürücü belgesinden anlaşılan Ali oğlu. 1926 doğumlu SEYFETTİN KUTER, ibraz ettiği İstanbul Üniversitesinden 3062 no ile verilme resimli tastikli kimlik kartından anlaşılan 1951 doğumlu Recep oğlu. İSMAİL ÖZBAY ile ibraz ettiği İstanbul Üniversitesinden verilme resimli tastikli 3097 numaralı kimlik kartından anlaşılan, 1950 doğumlu Mehmet oğlu. NAZMİ OĞUZ'a ait olup, dairede veyanım da imzaladıklarını onaylarım. bindokuz yüzseksenkiz yıl şubat ayının onikinci cuma günü, 12.2.1988 İstanbul 2. Noteri Ali Haydar Gözübüyük

İSTANBUL 2. NOTERİ
ALİ HAYDAR GÖZÜBÜYÜK
Başkanı M. Zuhur Ertan

Harç, Damga Vergisi ve Değerli Kağıt Bedeli Nakden Tahsil Edilmiştir.

TARİH KÖŞESİ

Karar Sıra No:			Karara esas olan evrakın	Mevzuun mahiyeti ve hılasası
Tarih	No:	Nereden gönderildiği		
1	27.1.1988	1	Medikal Fizik Derneği geçici yönetim kurulu toplantısı ve Kurucular Kurulu toplantısı	
Toplantı tarihi <u>27</u> / <u>1</u> / 19 <u>88</u> günü				
Başkanın adı ve Soyadı : <u>Doç. Dr. Seyfettin Kuter</u>				
Azaların adı ve soyadı : <u>Dr. Engin Kanan, Dr. Özdemir Soyberk, Sedat Yaşar, Gökken Kırtıloğlu, Erol Laşın, İsmail Özbay, Gönül Kemikler, Alpar Kalabay, Nazmi Oğuz</u>				
Kararın metni				
1- Toplantı başkanlığına Doç. Dr. Seyfettin Kuter seçildi.				
2- Geçici yönetim kuruluna aşağıdaki üyeler seçilmiştir.				
Başkan : Doç. Dr. Seyfettin Kuter				
Başkan yardımcısı : Dr. Engin Kanan				
Genel Sekreter : İsmail Özbay				
Muhasep : Nazmi Oğuz				
Üye : Gökken Kırtıloğlu				
Üye : Sedat Yaşar				
Üye : Erol Laşın				
3- Dernek kasesinin dikdörtgen biçiminde olmasına,				
4- Dernek adına bağış toplama yetkisinin Nazmi Oğuz, Derviş Emre, Erol Laşın, Sedat Yaşar, Aydın Özgür'e verilmesine,				
5- II. Medikal Fizik Kongresinin 1989 yılı içerisinde Türk Fizik Derneği ve İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü ile beraber düzenlenmesine,				
6- 1988 sonbaharında II. Medikal Fizik eğitim kursunun Atom Enerjisi Kurumu ve İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü işbirliğiyle düzenlenmesine,				

44 Ulusal Medikal Fizik Bülteni

TARİH KÖŞESİ

Karara esas olan evrakın			Mevzuun mahiyeti ve hılasası
Tarih	No:	Nereden gönderildiği	
4			

Toplantı tarihi 8 / 3 / 1988 günü

Başkanın adı ve Soyadı : Doc. Dr. Seyfettin Kuter

Azaların adı ve soyadı : Dr. Engin Kanan, İsmail Özbay, Nazmi Oğuz, Erol Laşin, Gökçen Kırtıloğlu, Sedat Yazar

Kararın metni

1- Fizik Uzmanı Tülay Ercan, Hasan Alkan ve Kadir Özel'in dernek üyeliğine,

2- Dernek Tüzüğü'nün 14 Mart 1988 tarihinde Ulus gazetesinde yayımlanmasına karar verildi.

Başkan	İ. Başkan	Genel Sekreter
Seyfettin Kuter	Engin Kanan	İsmail Özbay
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

Muhasip	Üye	Üye	Üye
Nazmi Oğuz	Gökçen Kırtıloğlu	Erol Laşin	Sedat Yazar
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

İÇİMİZDEN BİRİLERİ

UMUDUM VAR

Bir Şarkının Hikayesi

Med. Fiz. Uzm. İsmail ANATÜRK

Pamukkale Üniversitesi Hastaneleri

Nükleer Tıp Bölümü – DENİZLİ

Aslında her şey küçük bir çocuğa ‘bunda müzik kulağı olabilir’ denmesiyle başladı. İlkokul 4. Sınıfta gidilen 3 aylık saz kursu sonrası sadece kulaktan, yani nota bakmadan dinlemeyle türküler çıkartmaya başlamıştım. İlk büyük konserimi ise 5. sınıfta bir bayram gününde tüm okula ‘Yiğidim aslanım burda yatıyor’ türküsüyle vermiştim. Ne büyüleyici ne heyecanlı bir olaydı benim için. Kafamı kaldırdığımda yüzlerce insanın bana bakıyor olması.. Bütün öğretmenlerim, bütün sınıf arkadaşlarım, ailem...

Daha sonralarında ise sazla olan ilişkim çok daha iyi noktalara geldi ama içimden gelen o ilham dedikleri şeye karşılık vermiyordu. Bunun çözümünü de üniversitenin ikinci yılında kendi kendime gitar çalmayı öğrenerek bulmuştum. Biraz zorlanarak da olsa gitar işini de orta seviyeye getirince içimdeki gelen seslere kulak vermeye başladım. Ama bu işinde bir matematiği vardı ve öyle ha deyince olmuyordu. Birçok denemeler, birçok sözler ve müzikler kaydettim ama yine de şarkı denecek kıvamda olmuyorlardı ve bende daha çok araştırmaya, dinlemeye başladım.

O dönemlerde arkadaşlarla toplanıldığında ve enstrüman çalma imkanının olduğu bütün yerlerde gitar ve saz aktiviteleri devam etti. Yedi süleleden yörük çocuğu bir Antalyalı olarak Konyaaltı sahilinde de söylenmesi gereken tüm şarkılar bağıra çağıra söylendi

Daha sonraları yıllarca çalıştığım Ankara Balgat’ta hastanemize yakın olan bir mekanda iki arkadaşım ile beraber grup kurduk, vokalde bendeniz, gitar ve sazda iki güzel insan. Bir buçuk yıla yakın başka yerlerde dahil olmak üzere gittik geldik, çaldık söyledik...



İÇİMİZDEN BİRİLERİ

Yıllar yılları kovalarken telefonda ses kaydı ile yaptığım kayıtları toplama, birleştirme, düzenleme zamanı gelmişti. Bir anda gelen ilhamla yapılan onca besteden bir tanesi olan ‘umudum var’ın da çıkış şarkım olmasını istedim. Şu anda Denizli ve Türkiye’de tanınan bir Türk Sanat Müziği sanatçısı olan sayın Erol Çifçi hocamın yanına gittim, derdimi meramımı anlattım. Hemen İstanbul’a aranje için giden şarkım usta ellerde daha da güzelleşti. Aylarca üzerine kayıt yaptık, söyledik beğenmedik bir da bir daha derken son haline getirdik. Ama yetmiyordu bir klip lazımdı. Denizli’de tiyatro yaptığım dönemden yönetmen Cemal Cemako Esebalı sana bu klibi hiçbir ücret almadan ben çekeceğim dedi ve sözünde durdu. Bir cumartesi akşamüzeri ben, eşim, ışıkçı arkadaşım ve yönetmenimizle birlikte Antalya Kemer sahillerine vardık ama İbrahim Tatlıses olayını yaşadık, Güneş gidiyordu. Çok hızlı davranmak ve işimizi güzel yapmak zorundaydık. Bir an önce hava kararmadan yapabildiğimiz kadar görüntü aldık. Gecesinde sanki ünlü edasıyla Kemer ay ışığı koyunda işletmelerin içinde bir sürü çekim yaptık. Uyumak için Kemer’in Ovacık yaylasına yani ata toprağına dedemlerin evine vardık, gece saat 1 olmuştu. Sabahın ilk ışıklarında gündüz yayla çekimlerine başladık, çok zorlu, stresli, heyecanlı, eğlenceli bir çekim gününü tamamladık. Ben o kadar iyi olmasam da eşim ve dedem rollerinin hakkını tam tamına verdiler.

Elimizde bir sürü kesit kesit çekim vardı ama bunlar bana bir klip olmuyordu. İyi bir montajcı lazımdı ve bu konuda şanssızlıklarım başladı. Herkes afaki ücretler talep ediyor moralim bozuluyordu. Çok daha ucuza yapan bir montajcı bulup işe başlatmıştık. İlk deneme klibi geldiğinde hayal kırıklığı yaratan bir montaj olmuştu. Çok üzülmüştüm. Hikaye istediğim gibi olmamış, kesitler çok uzun yapılmış, çekim hataları olduğu gibi konmuştu. Ekip olarak yıkılmıştık. Hemen ikinci bir montaj talep ettik ama ilk montajdan daha özensiz bir klip karşımdaydı. Uzun uzun yapılan konuşmalar, beklentiler çok çok daha detaylı bir şekilde anlatıldıktan sonra şuanda yayında olan klibim ortaya çıktı ve içimize sindi. Youtube Netd müzik ile klip tarihi oluşturulduktan sonra artık içim içime sığmıyordu. Klipte dedem, babaannem ve eşim ile oynamıştık ve dünyaya profesyonelce yapılmış, uğraşılmış kalıcı bir anı bırakmak tam da istediğim bi hayaldi.

Bu hayali gerçekleştirilmemde her zaman destek olan biricik eşime, daha sonra aileme sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Umarım daha nice anılar bırakabilirim.



İLETİŞİM

Dernek Adresi:

Osmanağa Mah. Serasker Cad. Sönmez Apt. No:35 Daire:8 Kadıköy/ İSTANBUL

Tel: 0541 902 88 24

Yazışma Adresi:

Turgay Toksoy

Soğanlı Mh. Akıllı Sk. Atış Premium Sitesi No:21 C1/12

Osmangazi / BURSA

İnternet Sayfası İçin:

Editörler:

Turgay Toksoy

Tel: 0 554 985 72 38

e-mail: turkmedikalfizikdernegi@gmail.com

Banka Hesap No:

T.C. Ziraat Bankası, Şehremini Şubesi:

Medikal Fizik Derneği

IBAN: TR66 0001 0008 6602 0167 1250 01