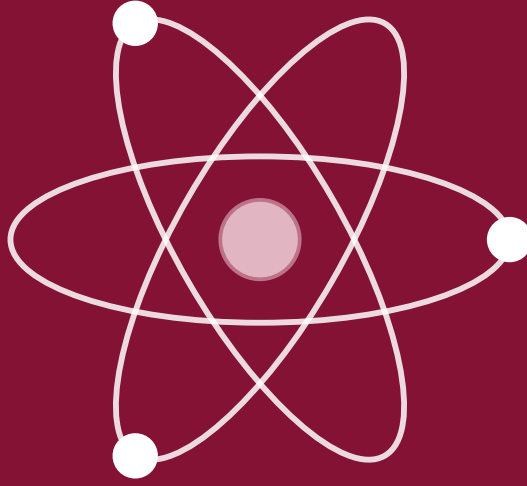


ULUSAL

MEDİKAL FİZİK BÜLTENİ

2026 / SAYI:03



EDİTÖRLER

Baş Editör

Tülay MEYDANCI

Nükleer Tıp Editör Grubu

Songül BARLAZ US

Yasemin PARLAK

Can GÜNEŞ

Radyoloji Editör Grubu

Songül BARLAZ US

Ayşegül YURT

Ayça ÇAĞLAN

Radyoterapi Editör Grubu

Oğuzhan AYRANCIOĞLU

Esil KARA

Osman Vefa GÜL

İrem AYDIN

Bülten Sorumlusu

Oğuzhan AYRANCIOĞLU

Bülten $\LaTeX$ Tasarımı

Recep KANDEMİR

İçindekiler

ÖNSÖZ	3
DERNEKTEN HABERLER	4
BİLİM KÖŞEŞİ	9
PLANLANAN ETKİNLİKLER	23
YENİ ÜYELER	26
TARİH KÖŞESİ	28
İÇİMİZDEN BİRİLERİ	31
EĞİTİM, KURS ve TOPLANTILAR	39
İLETİŞİM	45

ÖNSÖZ

Değerli Meslektaşlarımız,,

Yılın en sıcak günlerini yaşadığımız bu dönemde, hepimiz yoğun geçen bir çalışma temposunun ardından kısa da olsa dinlenme ve yenilenme fırsatı buluyoruz. Yaz ayları, yalnızca günlük koşuşturmacaya ara verdiğimiz bir dönem değil; aynı zamanda düşünmek, planlamak ve yeni hedefler belirlemek için de önemli bir zaman dilimi sunuyor.

Medikal Fizik Derneği olarak bizler de bu dönemi, sonbaharda gerçekleştireceğimiz bilimsel ve mesleki faaliyetlerin hazırlık süreci olarak değerlendiriyoruz. Eylül ayıyla birlikte eğitimlerimiz, bilimsel toplantılarımız, çalışma komisyonlarımız, mesleğimizin gelişimine yönelik girişimlerimiz ve yeni projelerimizle yine dolu dolu bir döneme başlayacağız.

Geçtiğimiz yıllarda olduğu gibi önümüzdeki dönemde de temel önceliğimiz; mesleğimizin bilimsel gelişimini desteklemek, ulusal ve uluslararası standartlarla uyumunu güçlendirmek, meslektaşlarımız arasındaki dayanışmayı artırmak ve özellikle genç meslektaşlarımızın mesleki gelişimine katkı sağlamaktır. Bu hedef doğrultusunda, 10 Ekim 2026 tarihinde ilk kez düzenleyeceğimiz Medikal Fizik Kariyer Günleri, bizler için ayrı bir heyecan taşımaktadır. Kariyer Günleri'ni planlarken amacımız yalnızca öğrencilerimizi ve genç meslektaşlarımızı mesleğin farklı çalışma alanlarıyla tanıştırmak olmadı. Aynı zamanda onların kariyer planlamalarına katkı sağlayacak, farklı sektörlerle buluşmalarına imkân verecek, deneyimli meslektaşlarımızın bilgi ve tecrübelerinden yararlanabilecekleri güçlü bir paylaşım ortamı oluşturmayı hedefledik. İnaniyoruz ki mesleğimizin geleceğini şekillendirecek en önemli güç; araştıran, sorgulayan, kendini sürekli geliştiren ve dünyadaki gelişmeleri yakından takip eden gençlerimizdir. Genç meslektaşlarımızın ortaya koyacağı her yeni fikir, geliştireceği her proje ve üstleneceği her sorumluluk yalnızca kendi kariyer yolculuklarına değil; medikal fiziğin ülkemizde daha güçlü bir meslek olarak gelişmesine, sağlık hizmetlerinin niteliğinin yükselmesine ve sektörümüzün geleceğine de önemli katkılar sağlayacaktır. Bu nedenle Kariyer Günleri'ni yalnızca bir etkinlik olarak değil; gençlerimizin vizyonunu geliştirecek, akademi, kamu, özel sektör ve endüstri arasında güçlü köprüler kuracak, mesleğimizin geleceğine yatırım niteliğinde bir başlangıç olarak görüyoruz. İlkini gerçekleştireceğimiz bu organizasyonun, önümüzdeki yıllarda gelenekselleşerek ülkemiz medikal fizik camiasının en önemli buluşmalarından biri hâline geleceğine yürekten inanıyorum.

Elbette tüm bu çalışmalar, yalnızca Dernek Yönetim Kurulu'nun değil; komisyonlarımızın, gönüllü üyeleriimizin, akademisyenlerimizin, öğrencilerimizin ve mesleğine gönül vermiş tüm meslektaşlarımızın ortak emeğiyle hayat bulmaktadır. Her katkı, her fikir ve her gönüllü çaba, mesleğimizin geleceğine bırakılan kıymetli bir izdir.

Önümüzdeki dönemde de bilimsel üretimi teşvik etmeye, eğitim faaliyetlerimizi artırmaya, ulusal ve uluslararası iş birliklerimizi geliştirmeye ve mesleğimizin hak ettiği konuma ulaşması için kararlılıkla çalışmaya devam edeceğiz. Çünkü güçlü bir meslek örgütü; yalnızca yürüttüğü faaliyetlerle değil, üyelerinin ortak hedeflere olan inancı ve dayanışmasıyla büyür.

Bu vesileyle tüm meslektaşlarımıza huzurlu, sağlıklı ve keyifli bir yaz dönemi diliyorum. Eylül ayında başlayacak yoğun çalışma takvimimizde ve özellikle 10 Ekim'de gerçekleştireceğimiz I. Medikal Fizik Kariyer Günleri'nde sizlerle bir araya gelmeyi sabırsızlıkla bekliyoruz. Geleceği inşa edenler, bugünün sorumluluğunu üstlenenlerdir. Medikal Fizik Derneği olarak biz de mesleğimizin geleceğini; bilimden, etik değerlerden ve gençlerimizin heyecanından güç alarak hep birlikte inşa edeceğimize yürekten inanıyoruz.

Sevgi ve saygılarımla,

Tülay Meydancı
Medikal Fizik Derneği Başkanı

DERNEKTEN HABERLER

Medikal Fizik Derneği – Advances in Medical Physics and Applied Sciences (AMPAS) Yeni Sayısı (2026; 2(2)) Yayında

Değerli Meslektaşlarımız,

Medikal Fizik Derneği'nin uluslararası hakemli bilimsel yayını **Advances in Medical Physics and Applied Sciences (AMPAS)** dergisinin yeni sayısı yayımlanmıştır.

Bu sayıda; medikal fizik, radyoterapi, görüntüleme teknolojileri, nükleer tıp, biyomedikal mühendisliği ve ilişkili alanlarda yürütülen güncel bilimsel çalışmalar ile akademik araştırmalara yer verilmiştir.

Titiz bir hakem değerlendirme sürecinin ardından yayıma hazırlanan bu sayı, bilimsel literatüre katkı sunmayı ve ilgili disiplinlerdeki akademik tartışmalara yeni bakış açıları kazandırmayı hedeflemektedir. Bilimsel üretime emek veren değerli yazarlarımıza, hakemlerimize ve editöryal kurulumuza katkıları için teşekkür ederiz. Bu vesileyle, medikal fizik ve ilişkili alanlarda çalışmalarını sürdüren araştırmacı ve akademisyenleri, bilimsel çalışmalarını AMPAS'ın gelecek sayılarında değerlendirilmek üzere dergimize göndermeye davet ederiz.

Dergimize <https://ampasjournal.com/> bağlantısına giderek ulaşabilir, yayın yükleme süreçleri ile ilgili bilgilere erişebilirsiniz.

Adv Med Phy App Sci, 2026; 2(2) Sayısı Yayınları:



- A Machine Learning-Based Model for the Prediction of Xerostomia after Head and Neck Radiotherapy
- Investigation of Radiation Shielding Parameters of Certain Glass Materials Using Different Methods
- Evaluation of the Effect of Patient-Specific Factors on Setup Errors in Different Patient Groups Treated with Image-Guided Radiotherapy
- Radiation Dose Optimization and Parameter Trends in Digital Radiography: A Two-Period Comparative Analysis
- Equipment of the Nuclear Medicine Hot Laboratory, Radiation Protection, and Quality Control Tests

Adv Med Phy App Sci, 2026; 2(2) Sayısı Yazarları:

Fazlı Yağız **YEDEKÇİ**, Melek Tuğçe **YILMAZ**, Sezin **YÜCE SARI**, Mustafa **CENGİZ**, Gökhan **ÖZYİĞİT**, Gözde **YAZICI**, Turan **ŞAHMARAN**, Nuray **YAVUZKANAT**, Esin **GÜNDEM**, Ayça **ÇAĞLAN**, Elif **ÖNAL**, Kadir **TAŞPINAR**, Gökçe Kaan **ATAÇ**, Ebru **SANHAL**, Kaan **ALİŞAR**, Tolga **İNAL**, Aslıhan **ALHAN**, Gürdoğan **AYDIN**, Sinem **COŞKUN**, Mustafa **DEMİR**.

Sağlık Bakanlığı ile ilgili Hukuki Sürecimize İlişkin Bilgilendirme

Derneğimiz tarafından, Kamu Denetçiliği Kurumu'nun (Ombudsmanlık) 14.02.2025 tarihli Tavsiye Kararı doğrultusunda, "Medikal Fizik Uzmanı" meslek tanımının oluşturulması ve ilgili mevzuatın güncellenmesi amacıyla Sağlık Bakanlığına yapılan başvurunun zımnen reddedilmesi üzerine açılan dava hakkında Ankara 25. İdare Mahkemesi kararını vermiştir. Mahkeme, idarenin yasal düzenleme yapmaya yargı kararıyla zorlanamayacağı gerekçesiyle davanın reddine karar vermiştir. Ancak kararın gerekçesi incelendiğinde, mesleğimiz açısından son derece önemli kazanımlar içerdiği görülmektedir.

Öncelikle mahkeme kararında, Kamu Denetçiliği Kurumu'nun; tıp ve teknolojideki gelişmeler doğrultusunda "Medikal Fizik Uzmanı" adıyla meslek tanımının yapılması ve mevzuatın güncellenmesi yönündeki tavsiye kararı ayrıntılı şekilde yer almış ve bu husus yargı kararına geçirilmiştir. Daha da önemlisi, Sağlık Bakanlığı mahkemeye sunduğu savunmada; sağlık mesleklerine ilişkin mevzuat çalışmalarının başlatıldığını ve Sağlık Fizikçilerinin de bu çalışmalar kapsamında değerlendirildiğini resmen beyan etmiştir. Böylece Bakanlık, mesleğimize ilişkin düzenleme ihtiyacını reddetmemiş; aksine, bu konuda yürütülen bir çalışma bulunduğunu yargı makamı önünde ifade etmiştir. Mahkeme de kararında, Bakanlığın Kamu Denetçiliği Kurumu'nun tavsiye kararı doğrultusunda çalışma yürüttüğünü değerlendirmiş; ancak bu çalışmaların tamamlanmasına mahkeme kararıyla zorlanamayacağı gerekçesiyle davayı reddetmiştir. Bu nedenle verilen karar, mesleğimizin haklı taleplerinin reddedildiği şeklinde değerlendirilmemelidir. Aksine, Kamu Denetçiliği Kurumu'nun tavsiye kararının ve Sağlık Bakanlığı'nın bu doğrultuda çalışma yürüttüğüne ilişkin beyanının yargı kararına yansımaları, yürüttüğümüz mücadelenin önemli bir aşamasını oluşturmaktadır.

Derneğimiz, mesleğimizin ulusal ve uluslararası standartlara uygun biçimde tanımlanması, görev, yetki ve sorumluluklarının açık şekilde düzenlenmesi ve hak ettiği yasal statüye kavuşturulması amacıyla hukuki ve idari girişimlerini aynı kararlılıkla sürdürmeye devam edecektir.

Bugüne kadar destek veren tüm meslektaşlarımıza teşekkür ediyor, gelişmeler hakkında sizleri bilgilendirmeyi sürdüreceğimizi belirtmek istiyoruz.

YÖK ile ilgili Hukuki Mücadelemiz Anayasa Mahkemesi'nde Devam Ediyor

Medikal Fizik Derneği olarak, Kamu Denetçiliği Kurumu'nun (Ombudsmanlık) 14.02.2025 tarihli Tavsiye Kararı doğrultusunda; mesleğimizin uluslararası standartlara uygun şekilde tanımlanması, "Medikal Fizik Uzmanı" meslek tanımının oluşturulması ve ilgili mevzuatın güncellenmesi amacıyla başlattığımız hukuki süreç kararlılıkla devam etmektedir.

Bilindiği üzere Kamu Denetçiliği Kurumu, yaptığı kapsamlı inceleme sonucunda; tıp ve teknolojide yaşanan gelişmeler doğrultusunda "Medikal Fizik Uzmanı" meslek tanımının oluşturulması ve ilgili mevzuatın güncellenmesi yönünde Sağlık Bakanlığına tavsiye kararı vermiştir. Bu karar, Derneğimizin uzun yıllardır dile getirdiği haklı taleplerin bağımsız bir kamu kurumu tarafından da uygun bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu tavsiye kararına rağmen gerekli düzenlemelerin yapılmaması üzerine Derneğimiz tarafından açılan dava, mahkemeler tarafından işin esası incelenmeden, dava açma süresine ilişkin usul gerekçesiyle sonuçlandırılmıştır. Dolayısıyla yargılama, mesleki taleplerimizin haklılığı veya haksızlığı hakkında verilmiş bir karar niteliğinde değildir. Öte yandan, Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu kararında üç üye, davanın süre yönünden reddedilmemesi ve uyuşmazlığın esasının incelenmesi gerektiği yönünde karşı oy kullanmıştır. Bu karşı oylar, ileri sürdüğümüz hukuki görüşlerin yargı içinde de önemli ölçüde karşılık bulduğunu göstermektedir.

Derneğimiz, hukuki mücadelesini burada sonlandırmamış; adil yargılanma ve mahkemeye erişim hakkının ihlal edildiği gerekçesiyle Anayasa Mahkemesi'ne bireysel başvuruda bulunmuştur. Başvurumuz Anayasa Mahkemesi tarafından kayda alınmış olup hukuki süreç yeni bir aşamaya taşınmıştır. Mesleğimizin bilimsel temelleri, uluslararası standartları ve kamu yararı doğrultusun-

da yürüttüğümüz bu mücadele; yalnızca bugünün değil, gelecek kuşak medikal fizik uzmanlarının mesleki haklarını da ilgilendirmektedir.

Medikal Fizik Derneği olarak, mesleğimizin hak ettiği yasal statüye kavuşması, uluslararası standartlarla uyumlu meslek tanımının oluşturulması ve eğitim ile çalışma hayatında yaşanan sorunların giderilmesi amacıyla hukuki ve idari girişimlerimizi aynı kararlılıkla sürdürmeye devam edeceğiz. Süreçte yaşanan tüm önemli gelişmeleri, her zaman olduğu gibi şeffaf bir şekilde meslektaşlarımızla paylaşmayı sürdüreceğiz.

“TÜRK” İsmi Kullanma Sürecinde Önemli Bir Aşama Tamamlandı

Derneğimizin “Türk Medikal Fizik Derneği” adını kullanabilmesine yönelik yürüttüğümüz izin sürecinde önemli bir aşama başarıyla tamamlanmıştır. İstanbul İl Sivil Toplumla İlişkiler Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen inceleme olumlu sonuçlanmış; hazırlanan uygunluk görüşü doğrultusunda İstanbul Valiliği, derneğimizin “Türk” ismini kullanma izni verilmesi talebini değerlendirmek üzere İçişleri Bakanlığına iletmıştır. Şimdi, mesleğimiz adına büyük önem taşıyan bu sürecin olumlu sonuçlanmasını heyecan ve sabırsızlıkla bekliyoruz.

İçişleri Bakanlığınca iznin verilmesi halinde, 5253 sayılı Dernekler Kanunu uyarınca dernek adımız resmen “Türk Medikal Fizik Derneği” olarak değiştirilecek; buna bağlı olarak da tüzüğümüzde gerekli değişiklikler yapılacak ve Genel Kurulumuzun onayına sunulacaktır. Bu gelişmenin, derneğimizin kurumsal kimliğinin güçlenmesine, ulusal düzeyde temsil yetkinliğinin daha da pekişmesine ve mesleğimiz adına yürüttüğümüz çalışmalara önemli katkılar sağlayacağına inanıyoruz.

iARTIST – Advanced Radiotherapy Techniques Symposium (2026): İleri Radyoterapi Teknikleri-nin İstanbul’da Buluştuğu Bilimsel Platform

Türk Radyasyon Onkolojisi Derneği’nin katkılarıyla düzenlenen “iARTIST – International Advanced Radiotherapy Techniques Symposium”, 11–14 Haziran 2026 tarihlerinde İstanbul’da, Wyndham Grand İstanbul Levent’te gerçekleştirildi. İlk kez düzenlenen bu uluslararası sempozyum, ileri radyoterapi tekniklerini yalnızca klinik uygulamaların bir parçası olarak değil, doğrudan bilimsel tartışmanın merkezine yerleştiren özgün bir toplantı olarak dikkat çekiciydi.

Toplantının bilimsel teması, “Improvising with Precision: Jazz & the Art of Radiotherapy” başlığıyla, modern radyoterapinin hem yüksek teknik doğruluk hem de klinik yorum gerektiren yaratıcı yönünü güçlü bir metaforla ortaya koydu. Açılış daveti metninde vurgulandığı gibi sempozyum; görüntüleme, tedavi planlama, adaptif yaklaşımlar, stereotaktik teknikler, yeniden ışınlama stratejileri ve parçacık tedavileri gibi alanlarda yaşanan dönüşümü disiplinler arası bir zeminde tartışmayı amaçlayarak gerçekleştirildi.



Teknolojik Yeniliklerin Merkezde Olduğu Bilimsel Bir Program

iARTIST sempozyumunun en güçlü yönlerinden biri, radyoterapiye teknolojik gelişmeleri bilimsel programın yan başlığı olarak değil, doğrudan merkezine yerleştirmesiydi. Sempozyum başkanı Prof. Dr. Banu Atalar’ın davet mesajında da vurgulandığı üzere, büyük uluslararası toplantılarda çoğu zaman sınırlı süre ayrılan ileri teknolojiler, bu toplantıda hasta sağkalımı, yaşam kalitesi, tedavi doğruluğu ve klinik standartlara etkileriyle birlikte derinlemesine ele alındı.

12–13 Haziran tarihlerindeki oturumlarda stereotaktik radyocerrahi, adaptif radyoterapi, yeniden

ışınlama, proton tedavisi, yapay zekâ destekli iş akışları, yüzey kılavuzlu radyoterapi ve ileri görüntüleme teknikleri gibi başlıklar öne çıktı. Özellikle **“Advances in Spectral X-Ray Imaging for Radiotherapy”**, **“AI in ART”**, **“Advances in Proton Therapy”** ve **“Clinical Improvements through Technical Advancements in SGRT”** oturumları, medikal fizik açısından dikkat çekici bilimsel içerikler sundu. Toplantının bir diğer dikkat çekici yönü, **“Industry Symposium”** oturumlarının bilimsel programla güçlü biçimde bütünleşmesiydi. Helikal tomoterapi, online adaptif radyoterapi, proton tedavisi, yapay zekâ destekli konturlama, entegre (bütünleşmiş) tedavi platformları ve robotik radyocerrahi gibi konular, yalnızca teknoloji tanıtımı çerçevesinde değil; klinik uygulama, iş akışı, kalite güvencesi ve hasta güvenliği açısından da tartışıldı.



Bu yönleriyle iARTIST 2026; İstanbul'un kıtaları ve kültürleri birleştiren atmosferinde radyasyon onkologları, medikal fizik uzmanları, radyoterapi teknikerleri, araştırmacılar ve endüstri temsilcilerini buluşturarak, uluslararası akademik bir eğitim ve tartışma platformu gibi verimli bir ortam yaratmış; gerek ileri teknolojilere erişimi sınırlı gerekse modern teknikleri kullanan merkezler ve genç meslektaşlar için güçlü bir deneyim paylaşımı ve uluslararası uzmanlarla etkileşim fırsatı sunan kapsayıcı yapısıyla, radyoterapinin teknolojik geleceğine odaklanan dinamik, yenilikçi ve ilham verici bir bilimsel toplantı olarak öne çıkmıştır.

BİLİM KÖŞEŞİ

RADYASYON ONKOLOJİSİNDE RADYOGENOMİK TABANLI KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ RADYOTERAPİ MÜMKÜN MÜDÜR?

Doç. Dr. Serhat ARAS,

Medikal Fizik Uzmanı

Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi

Biyolojik–matematiksel birleşik yaklaşımlar, yalnızca prognoz tahmininin ötesine geçerek gerçek anlamda hassas onkolojik tedaviyi mümkün kılar. Kişiselleştirilmiş ve hassas tıbbın (precision medicine) özü, yalnızca hasta seçimi değil, terapötik pencerenin bireysel düzeyde optimize edilmesidir. Holistik bir model, her hasta için, tümör ve risk altındaki sağlıklı organlar özelinde bireysel doz–yanıt ilişkilerinin belirlenmesine olanak tanır; bu yaklaşım radyoterapi ile sınırlı olmayıp tüm onkolojik tedavi paketini kapsar. Bireyselleştirilmiş doz–yanıt eğrileri, radyasyon dozlarının ve ilaç kombinasyonlarının (kemoterapi, immünoterapi vb. gibi) optimal toksisite ve tam yanıt hedefiyle planlanmasını sağlar. Çok sayıda parametre arasındaki etkileşimlere dair kazanılan içgörüler, yeni biyolojik yolların ve ağların keşfine zemin hazırlayarak hedef keşfine yönelik yeni araştırmaları teşvik edecektir (1).

Hassas tıp, her birey için genetik yapı, çevresel faktörler ve yaşam tarzı farklılıklarını dikkate alarak en doğru tedavi ve korunma stratejisini hedefler. Bu yaklaşım, tedavilerin hasta popülasyonunun genel yanıtı veya toleransına göre uygulandığı, bireysel farklılıkların büyük ölçüde göz ardı edildiği “herkese uyan tek tip” geleneksel yaklaşımdan ayrılır. Standart tedavilerle genellikle yalnızca hastaların bir kısmında kür sağlanabilmektedir (2-3).

Hassas tıp kavramı bütünüyle yeni değildir. Örneğin, akciğer kanserinde radyoterapi planlamasında hastanın bireysel anatomisi ve tümörle ilişkisi temel alınarak hedef hacimler belirlenir; reçete edilen dozlar çoğu zaman risk altındaki organların toleranslarıyla sınırlandırılır (4). Ancak bu fiziksel parametrelerin, hasta ve hastalığı daha bütüncül bir yaklaşımla ele alma sürecinin yalnızca başlangıcı olduğu açıktır. Radyoterapi uygulamalarında radyasyon dozu ve normal doku toksisite riski klinik pratikte çoğunlukla genel kabul görmüş standart yöntemlere dayandırılmaktadır. Benzer şekilde, adjuvan radyoterapi kararları da bireysel (kişiselleştirilmiş) hasta biyolojisinden ziyade randomize çalışmaların grup sonuçlarına göre verilmektedir. Bu yaklaşım, genel popülasyonda lokal kontrolü maksimize etmek ve toksisiteyi minimize etmek açısından etkili olmakla birlikte, bireysel hasta için bazı kısıtlılıklara sahiptir. Örneğin bir hastanın tümörü nispeten düşük bir radyasyon dozu ile lokal olarak kontrol altına alınabilecekken, yine de popülasyon genelinde en yüksek kontrolü sağlamak amacıyla belirlenen yüksek doz uygulanabilmektedir. Aynı histolojiye sahip bir başka hastada ise lokal kontrol sağlanabilmesi için standart radyoterapi protokollerinin ötesinde ek kombine tedaviler ile tedavinin daha da yoğunlaştırılması gerekebilir.

Bir diğer örnek olarak, bazı hastalar standart radyasyon dozu verilse bile ciddi tedavi komplikasyonlarına yol açabilecek germline mutasyonlar taşıyabilir. Son olarak, adjuvan radyoterapi belirli kanser türlerinde lokal kontrolü ve hatta sağkalımı artırabilse de cerrahi sonrası mikroskopik hastalığı olmayan bireysel bir hastada yalnızca akut toksisiteyi, maliyeti ve geç yan etkileri artırabilir. Bu nedenle, hasta popülasyonu için olumlu sonuçlar sağlayan standart radyoterapi paradigmaları; lokal kontrolün sağlanamaması, ciddi yan etkilerin ortaya çıkması ya da terapötik

fayda potansiyelinin bulunmaması durumlarında bireysel hasta için optimal sonuçlar üretmeyebilir. Bireysel hasta sonuçlarını optimize edebilmek için radyoterapinin, farklı histolojiye sahip tümör dokuların radyasyona yanıtını öngörmeye dayalı olarak kişiselleştirilmesi gerekmektedir.

Bu durum, radyoterapinin yalnızca doz ve hacim temelli değil, biyolojik özellikleri de dikkate alan yaklaşımlarla kişiselleştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle tümörlerin intrinsik radyoduyarlılığındaki bireysel farklılıkların ve tedavi sürecinde ortaya çıkan dinamik biyolojik değişimlerin öngörülebilmesi, standart paradigmaların ötesine geçen bir kişiselleştirme gerektirmektedir. Bu bağlamda, invaziv olmayan yöntemlerle elde edilebilen biyobelirteçlerin, tümör biyolojisini gerçek zamanlı yansıtmaya potansiyeli, radyoterapinin bireysel hasta düzeyinde optimize edilmesine yönelik yaklaşımların merkezinde yer almaktadır.

Kişiselleştirilmiş Radyoterapide Radyogenomik veriler neden önemlidir ?

Kandaki ya da tümördeki biyobelirteçlerin, kanserin durumunu yansıtarak radyoterapi dozunun hassas biçimde reçetelenmesine ve tedavi sırasında uyarlanmasına olanak sağlayabilmesi güçlü birer yöntemlerdir. Kanser genomisindeki ilerlemeler literatürde hızla tanımlanmakta ve bu bilgilerin tümörlerin radyasyona duyarlılığını belirlemede nasıl kullanılabileceği tartışılmaktadır (5). Genomik yaklaşımların radyasyon yanıtını öngörmeye önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülse de bazı tümör tiplerinde genomik verilerin güvenilir bir radyo-duyarlılık biyobelirteci sağlamayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bir tümörün genomik analizi ile DNA hasar yanıtına yönelik fonksiyonel testler, radyoterapiye yanıtın öngörülmesinde tamamlayıcı bilgiler sağlayabilse de bu yaklaşımlar kanser içindeki biyolojik heterojeniteyi her zaman yeterince hesaba katmamaktadır. Bu heterojenite; kanser kök hücreleri olarak adlandırılan, farklılaşma düzeyi özgün bir tümör hücre alt popülasyonunun varlığından ya da tümör mikroçevresindeki hipoksi gibi stres faktörlerinden kaynaklanabilir.

Akciğer ve meme kanseri gibi hastalıkların tedavisindeki başlıca güçlüklerden biri tümör heterojenitesidir. Tümörün radyoterapiye yanıtını öngörmek, tedavinin bireyselleştirilmesi açısından kritik bir hedef olmakla birlikte; hangi hastalarda şiddetli akut normal doku toksisitesi ve geç dönem yan etkiler gelişeceğinin tahmin edilmesi de daha kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarına olanak sağlayabilir.

Bu bağlamda radyogenomik veriler, kişiselleştirilmiş radyoterapide kritik bir rol oynamaktadır; çünkü tümör ve normal dokuların genetik altyapısının, radyasyona verilen biyolojik yanıtın önemli bir belirleyicisi olduğu giderek daha net biçimde ortaya konmaktadır. Bu sayede tümörün radyoduyarlılık bilgisi ile radyoterapi dozu, fraksiyonasyonu ve kombine tedavi yaklaşımları biyoloji temelli biçimde optimize edilebilir.

Biyobelirteçlerin Genetik Tabanlı Radyoterapi ile İlişkisi

Kanser doku biyopsisi, tanı ve moleküler alt tiplemede vazgeçilmezdir; ancak invaziv oluşu, tümör heterojenitesini sınırlı örnekle yansıtabilmesi, tekrarlanabilirliğinin düşük olması ve radyoterapi sürecinde seri örneklemeye elverişsizliği önemli kısıtlardır. Tıbbi veya fonksiyonel görüntüleme tekniklerinde (BT/PET-BT) yanıt değerlendirmesinde temel araç olsa da zamana bağlı gecikmeli radyolojik yanıtlar, erken dönemde biyolojik yanıtı yakalamayı zorlaştırabilir. Bu boşluk, "gerçek zamanlı" tümör biyolojisi izlemi yapabilen dolaşımsal belirteçlere yönelimi güçlendirmiştir.

Tümörlerden ve normal dokulardan periferik kana salınan hücre dışı RNA (cfRNA) profillenmesine yönelik sıvı biyopsiler, kanser hastalarının tanı, izlem ve tedavi stratejilerinde önemli bir paradigma değişimine katkı sağlamaktadır (6). Özellikle dolaşımdaki cfRNA aracılığıyla tümöre özgü genomik değişikliklerin kanda izlenmesi, lokalize ve metastatik kanseri olan hastalarda tedavi kararlarını yönlendirmek için umut verici bir yaklaşım olabilmektedir (7). cfRNA, tümör hücrelerinden köken alan ve kan dolaşımında serbest halde bulunan kısa RNA parçacıklarıdır. cfRNA, hastadaki tüm

tümör hücrelerinden salınabildiği için intra-tümöral heterojenite hakkında benzersiz bilgiler sunar. Geleneksel doku biyopsisiyle karşılaştırıldığında likit biyopsi daha hızlı, daha az invazivdir ve tümör heterojenitesini yansıtmaya açısından daha kapsamlı bilgi sağlayabilir. Ayrıca, cfRNA rutin kan örnekleriyle seri olarak analiz edilebilir; bu da tedavi sırasında insan tümör genomiklerinin dinamik olarak incelenmesine ve tedavi direncinin mekanizmalarının belirlenmesine olanak tanır (8).

Bu teknolojinin, radyoterapi yanıtının öngörülmesi de dâhil olmak üzere klinik onkolojide geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Aynı anatomik bölgeden köken alan ve/veya aynı histolojiye sahip tümörler arasında bile, altta yatan genetik değişiklikler ve tedavilere yanıtlar dramatik biçimde farklılık gösterebilir (9-10).

Teknolojik gelişmeler, yeni nesil dizilemenin maliyetini düşürmüş ve erişilebilirliğini artırmış; bunun sonucunda genomik ve transkriptomik yaklaşımlar, klinik tanı ve insan hastalıklarının incelenmesi için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (11). Özellikle onkoloji alanı, bireysel bir hastanın kanserinde bulunan onkojenik mutasyonları ve bozulmuş sinyal yollarını hedefleyen kişiselleştirilmiş tedavilerin geliştirilmesiyle köklü bir dönüşüm geçirmiştir (12). Bu nedenle, tanı anında genomik ve/veya transkriptomik profilemeye dayalı hassas onkoloji, birçok kanser türünde rutin klinik uygulamaların ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir (13).

Bununla birlikte, son analizler bireysel bir hastanın kanserinde önemli düzeyde genetik ve mikro-çevresel heterojenite bulunabileceğini ortaya koymuş; bu durum kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının uygulanmasını karmaşıkleştirmiştir (14). Kanserli hastaların yaklaşık yarısı radyoterapi almakla birlikte, hasta-özel moleküler profillere dayalı kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımları, radyasyon onkolojisinde sistemik tedavilere kıyasla geri kalmıştır. Modern tıbbî onkolojinin aksine, radyasyon onkolojisi genel olarak moleküler biyoloji temelli tedavi yaklaşımlarından yoksun kalmıştır. Bunun nedenleri çok faktörlüdür. Metastatik tümörlerin aksine, küratif amaçlı radyoterapiye uygun lokalize hastalığı olan hastalarda rutin tümör genotipleme nadiren yapılmaktadır. Ayrıca, radyasyon alanı içindeki lokal kontrol (radyoterapi için en ilgili klinik sonuç) çoğu büyük genomik veri setinde tutarlı biçimde kaydedilmemiştir (15). Bu durum, radyasyon duyarlılığı ile altta yatan moleküler bozukluklar arasındaki ilişkileri analiz etmeyi teknik olarak zorlaştırmaktadır.

Radyasyon yanıtını öngören doğrulanmış belirteçler çok azdır ve günümüzde radyoterapi sırasında tümör ve normal dokuların yanıtını izleyerek adaptif tedaviye olanak sağlayan güvenilir yöntemler bulunmamaktadır. Bu nedenle, aynı evre ve kanser tipine sahip hastalara genellikle aynı radyasyon dozları reçete edilmekte ve bireysel moleküler değişikliklerden yararlanacak kombinasyon tedavileri uygulanmamaktadır (16).

Son yıllarda, sıvı biyopsinin sağladığı avantajlar nedeniyle tümör yükünü ve tümörün kan mikroçevresini yansıtan kan temelli biyobelirteçlere ilgi giderek artmaktadır. Radyasyon yanıtına yönelik biyobelirteçler genellikle görüntüleme araçlarına veya tümör biyopsisinden elde edilen bilgilere dayanmaktadır. Ancak akciğer, meme, prostat kanseri gibi doku biyopsileri sıklıkla küçük, heterojen ve tekrarlanması zor örneklerdir. Ayrıca radyoterapi sürecinde tümör biyolojisi dinamik olarak değişir ve bu değişimi seri doku biyopsileriyle izlemek hem pratik hem de hasta refahı açısından uygulanabilir değildir.

Son zamanlarda likit biyopsi kavramı, solid tümörlerde hastalık biyolojisinin non-invaziv olarak değerlendirilmesi açısından önemli bir paradigma değişimi yaratmıştır. Yeni nesil dizileme teknolojilerinin gelişmesi, likit biyopsi uygulamalarının duyarlılığını ve kapsamını önemli ölçüde artırmıştır (17). Tümör hücrelerinin fonksiyonel durumu, radyoduyarlılığı ve tedaviye adaptif yanıtı, büyük ölçüde transkriptomik düzeydeki hassas analizlerle belirlenmektedir. Bu bağlamda, RNA-dizileme (RNA-Sequencing) ve transkriptomik analizler, tümörün gerçek zamanlı fonksiyonel durumunu yansıtarak moleküler düzeyde daha kapsamlı ve ayrıntılı biçimde aydınlatılması açısından kritik ve tamamlayıcı bir yaklaşım sunmaktadır. Radyoterapi, DNA hasarı oluşturanın

ötesinde; hücrel stres yanıtları, immün ilişkili sinyal yolları ve hücrel hayatta kalım ve ölüm yollarını düzenleyen geniş kapsamlı gen ekspresyon değişikliklerini tetiklemektedir. Bu bağlamda, likit biyopsi temelli transkriptomik profillemeye, radyoterapiye ilişkin erken moleküler yanıtın, radyo-dirençli klonal popülasyonların ve normal doku toksisitesiyle ilişkili biyolojik süreçlerin karakterize edilmesine önemli katkılar sağlayabilir.

Erdoğan, T., Eker, İ., Öztürk, D., Tuğlu, Ö., Kar, Y. D., & Eroğlu, N. (2026). Dosimetric results of whole body irradiation with MOSFET dose tracking to eliminate interfractional variations. *Radiation and Environmental Biophysics*.

Kaynakça

- [1] De Ruyscher D, Jin J, Lautenschlaeger T, She JX, Liao Z, Kong FS. Blood-based biomarkers for precision medicine in lung cancer: precision radiation therapy. *Transl Lung Cancer Res*. 2017 Dec;6(6):661-669. doi: 10.21037/tlcr.2017.09.12. PMID: 29218269; PMCID: PMC5709133.
- [2] Eberhardt WE, De Ruyscher D, Weder W, Le Péchoux C, De Leyn P, Hoffmann H, Westeel V, Stahel R, Felip E, Peters S; Panel Members. 2nd ESMO Consensus Conference in Lung Cancer: locally advanced stage III non-small-cell lung cancer. *Ann Oncol*. 2015 Aug;26(8):1573-88. doi: 10.1093/annonc/mdv187. Epub 2015 Apr 20. PMID: 25897013.
- [3] Bradley JD, Paulus R, Komaki R, Masters G, Blumenschein G, Schild S, Bogart J, Hu C, Forster K, Magliocco A, Kavadi V, Garces YI, Narayan S, Iyengar P, Robinson C, Wynn RB, Koprowski C, Meng J, Beitler J, Gaur R, Curran W Jr, Choy H. Standard-dose versus high-dose conformal radiotherapy with concurrent and consolidation carboplatin plus paclitaxel with or without cetuximab for patients with stage IIIA or IIIB non-small-cell lung cancer (RTOG 0617): a randomised, two-by-two factorial phase 3 study. *Lancet Oncol*. 2015 Feb;16(2):187-99. doi: 10.1016/S1470-2045(14)71207-0. Epub 2015 Jan 16. PMID: 25601342; PMCID: PMC4419359.
- [4] van Baardwijk A, Wanders S, Boersma L, Borger J, Ollers M, Dingemans AM, Bootsma G, Geraedts W, Pitz C, Lunde R, Lambin P, De Ruyscher D. Mature results of an individualized radiation dose prescription study based on normal tissue constraints in stages I to III non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol*. 2010 Mar 10;28(8):1380-6. doi: 10.1200/JCO.2009.24.7221. Epub 2010 Feb 8. PMID: 20142596.
- [5] Blomain ES, Moding EJ. Liquid Biopsies for Molecular Biology-Based Radiotherapy. *Int J Mol Sci*. 2021 Oct 19;22(20):11267. doi: 10.3390/ijms222011267. PMID: 34681925; PMCID: PMC8538046.
- [6] Alix-Panabières C, Pantel K. Clinical Applications of Circulating Tumor Cells and Circulating Tumor DNA as Liquid Biopsy. *Cancer Discov*. 2016 May;6(5):479-91. doi: 10.1158/2159-8290.CD-15-1483. Epub 2016 Mar 11. PMID: 26969689.
- [7] Pan Y, Zhang JT, Gao X, Chen ZY, Yan B, Tan PX, Yang XR, Gao W, Gong Y, Tian Z, Liu SM, Lin H, Sun H, Huang J, Liu SY, Yan HH, Dong S, Xu CR, Chen HJ, Wang Z, Li P, Guan Y, Wang BC, Yang JJ, Tu HY, Yang XN, Zhong WZ, Xia X, Yi X, Zhou Q, Wu YL. Dynamic circulating tumor DNA during chemoradiotherapy predicts clinical outcomes for locally advanced non-small cell lung cancer patients. *Cancer Cell*. 2023 Oct 9;41(10):1763-1773.e4. doi: 10.1016/j.ccell.2023.09.007. PMID: 37816331.
- [8] Walls GM, McConnell L, McAleese J, Murray P, Lynch TB, Savage K, Hanna GG, de Castro DG. Early circulating tumour DNA kinetics measured by ultra-deep next-generation sequencing during radical radiotherapy for non-small cell lung cancer: a feasibility study. *Radiat Oncol*. 2020 May 29;15(1):132. doi: 10.1186/s13014-020-01583-7. PMID: 32471446; PMCID: PMC7260736.
- [9] ICGC/TCGA Pan-Cancer Analysis of Whole Genomes Consortium. Pan-cancer analysis of

- whole genomes. *Nature*. 2020 Feb;578(7793):82-93. doi: 10.1038/s41586-020-1969-6. Epub 2020 Feb 5. Erratum in: *Nature*. 2023 Feb;614(7948):E39. doi: 10.1038/s41586-022-05598-w. PMID: 32025007; PMCID: PMC7025898.
- [10] McGranahan N, Swanton C. Biological and therapeutic impact of intratumor heterogeneity in cancer evolution. *Cancer Cell*. 2015 Jan 12;27(1):15-26. doi: 10.1016/j.ccell.2014.12.001. Erratum in: *Cancer Cell*. 2015 Jul 13;28(1):141. PMID: 25584892.
- [11] Koboldt DC, Steinberg KM, Larson DE, Wilson RK, Mardis ER. The next-generation sequencing revolution and its impact on genomics. *Cell*. 2013 Sep 26;155(1):27-38. doi: 10.1016/j.cell.2013.09.006. PMID: 24074859; PMCID: PMC3969849.
- [12] Kumar-Sinha C, Chinnaiyan AM. Precision oncology in the age of integrative genomics. *Nat Biotechnol*. 2018 Jan 10;36(1):46-60. doi: 10.1038/nbt.4017. PMID: 29319699; PMCID: PMC6364676.
- [13] Walter W, Pfarr N, Meggendorfer M, Jost P, Haferlach T, Weichert W. Next-generation diagnostics for precision oncology: Preanalytical considerations, technical challenges, and available technologies. *Semin Cancer Biol*. 2022 Sep;84:3-15. doi: 10.1016/j.semcancer.2020.10.015. Epub 2020 Nov 7. PMID: 33171257.
- [14] Turajlic S, Sottoriva A, Graham T, Swanton C. Resolving genetic heterogeneity in cancer. *Nat Rev Genet*. 2019 Jul;20(7):404-416. doi: 10.1038/s41576-019-0114-6. Erratum in: *Nat Rev Genet*. 2020 Jan;21(1):65. doi: 10.1038/s41576-019-0188-1. PMID: 30918367.
- [15] Liu J, Lichtenberg T, Hoadley KA, Poisson LM, Lazar AJ, Cherniack AD, Kovatich AJ, Benz CC, Levine DA, Lee AV, Omberg L, Wolf DM, Shriver CD, Thorsson V; Cancer Genome Atlas Research Network; Hu H. An Integrated TCGA Pan-Cancer Clinical Data Resource to Drive High-Quality Survival Outcome Analytics. *Cell*. 2018 Apr 5;173(2):400-416.e11. doi: 10.1016/j.cell.2018.02.052. PMID: 29625055; PMCID: PMC6066282.
- [16] Moding EJ, Kastan MB, Kirsch DG. Strategies for optimizing the response of cancer and normal tissues to radiation. *Nat Rev Drug Discov*. 2013 Jul;12(7):526-42. doi: 10.1038/nrd4003. PMID: 23812271; PMCID: PMC3906736.
- [17] Malapelle U, Pisapia P, Rocco D, Smeraglio R, di Spirito M, Bellevicine C, Troncone G. Next generation sequencing techniques in liquid biopsy: focus on non-small cell lung cancer patients. *Transl Lung Cancer Res*. 2016 Oct;5(5):505-510. doi: 10.21037/tlcr.2016.10.08. PMID: 27826531; PMCID: PMC5099511.

BOR NÖTRON YAKALAMA TERAPİSİ: FİZİKSEL TEMELLER, KLİNİK ZORLUKLAR VE GÜNCEL GELİŞMELER

Neslihan Ceren Kaplan Erdem,

Medikal Fizik Uzmanı

Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, İzmir

Bor Nötron Yakalama Terapisi: Fiziksel Temeller, Klinik Zorluklar ve Güncel Gelişmeler

1. Giriş

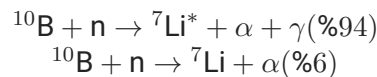
Radyoterapi uygulamalarında temel hedef, tümör dokusunda yeterli biyolojik etki oluştururken çevredeki sağlıklı dokuları mümkün olduğunca korumaktır. Ancak konvansiyonel foton radyoterapisinde iyonize radyasyon, hedef hacme ulaşmadan önce geçtiği normal dokularda da enerji bırakır. Bu durum, tümör kontrol olasılığı ile normal doku toksisitesi arasında kaçınılmaz bir denge kurulmasını gerektirir ve radyoterapinin temel sınırlılıklarından birini oluşturur.

1932 yılında James Chadwick tarafından nötronun keşfedilmesi, nükleer fiziğin gelişiminde olduğu kadar tıp alanındaki yeni uygulamaların da önünü açan önemli bir dönüm noktası olmuştur. Elektriksel yük taşımayan nötronların madde ile etkileşimi, kısa süre içinde araştırmacıların dikkatini kanser tedavisinde kullanılabilecek potansiyel bir araç olarak çekmiştir. Bu keşiften yalnızca dört yıl sonra Gordon Locher, tümör hücrelerinde seçici olarak biriktirilen ^{10}B izotopunun termal nötronlarla etkileştirilmesi sonucu yüksek LET'li yüklü parçacıkların yalnızca hedef hücre içerisinde oluşturulabileceğini öngörerek BNCT kavramını ortaya koymuştur. 1936 yılında William Sweet ve Gioacchino Failla bu yaklaşımı beyin tümörlerinde klinik olarak uygulamayı önermiş, ancak dönemin bor taşıyıcılarının yetersiz tümör seçiciliği ve uygun nötron kaynaklarının bulunmaması nedeniyle ilk klinik girişimler beklenen başarıyı sağlayamamıştır.

BNCT'nin klinik gelişimi; araştırma reaktörlerine bağımlılık, bor taşıyıcılarının sınırlı etkinliği ve karmaşık dozimetri gereksinimleri nedeniyle yavaş ilerlemiştir. Son yıllarda ise hastane ortamında kullanılabilen hızlandırıcı tabanlı nötron kaynaklarının geliştirilmesi, tedavi planlama sistemlerindeki ilerlemeler ve yeni nesil bor taşıyıcılarının kullanıma girmesiyle birlikte BNCT yeniden ilgi odağı haline gelmiştir. Özellikle Japonya'da hızlandırıcı tabanlı BNCT sistemlerinin klinik kullanıma girmesi ve sağlık sigortası kapsamına alınması, yöntemin deneysel bir yaklaşımdan klinik uygulamaya geçişinde önemli bir dönüm noktası oluşturmıştır.

2. Nükleer Fizik ve Radyobiyolojik Temeller

BNCT'nin terapötik etkisi, ^{10}B izotopunun termal nötron yakalama reaksiyonuna dayanmaktadır. ^{10}B , yaklaşık 3837 barn değerindeki yüksek termal nötron yakalama kesiti sayesinde dokuda bulunan diğer elementlere göre nötronlarla etkileşme olasılığı çok daha yüksek olan bir izotopudur. Termal bir nötronun ^{10}B çekirdeği tarafından yakalanması sonucunda iki olası reaksiyon gerçekleşmektedir:



Her iki reaksiyon mekanizmasında da yüksek kinetik enerjiye sahip alfa parçacıkları ve lityum çekirdekleri açığa çıkmaktadır. Alfa parçacıkları için LET değeri konvansiyonel foton radyasyonunun yaklaşık 20–30 kat daha fazladır. Alfa parçacıkları ve ${}^7\text{Li}$ çekirdekleri birkaç mikrometrelik menzile sahiptir. Hücre boyutundan daha kısa olan bu menziller nedeniyle biyolojik hasar büyük ölçüde bor içeren hücrelerle sınırlı kalırken, komşu normal hücrelerin önemli ölçüde korunması

mümkün olmaktadır. BNCT'nin konvansiyonel radyoterapiden ayrılan temel özelliği de bu *hücresele seçiciliktir*.

2.1 Karma Radyasyon Alanı ve Dozimetri

BNCT'yi diğer radyoterapi tekniklerinden ayıran önemli özelliklerden biri, tedavi sırasında oluşan karma radyasyon alanıdır. Toplam doz yalnızca $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ reaksiyonundan kaynaklanmaz; aynı zamanda hızlı nötronlar, $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ reaksiyonundan oluşan protonlar ve $^1\text{H}(n,\gamma)^2\text{H}$ reaksiyonuna bağlı gama ışınları da doza katkıda bulunur. Bu radyasyon bileşenlerinin her birinin LET değerleri ve rölatif biyolojik etkinlikleri birbirinden farklı olduğundan toplam doz, her radyasyon bileşeninin fiziksel dozu ile ilgili biyolojik ağırlıklandırma katsayısının çarpımlarının toplamı şeklinde hesaplanır.

2.2 RBE ve CBE Kavramları

Konvansiyonel radyoterapide kullanılan Rölatif Biyolojik Etkinlik (Relative Biological Effectiveness, RBE), BNCT için tek başına yeterli değildir. Bunun temel nedeni, ^{10}B 'nin dokuda homojen dağılmaması ve biyolojik etkinliğin kullanılan bor taşıyıcısının hücre içi dağılımına bağlı olarak değişmesidir. Bu nedenle BNCT'de, bor taşıyıcısına özgü biyolojik etkiyi tanımlamak amacıyla Bileşik Biyolojik Etkinlik (Compound Biological Effectiveness, CBE) kavramı kullanılmaktadır. CBE katsayısı, ^{10}B reaksiyonlarından kaynaklanan biyolojik etkinin hesaplanmasında RBE'ye ek olarak bor taşıyıcısının biyolojik davranışını da dikkate alır ve klinik doz hesaplamalarının temel bileşenlerinden birini oluşturur.

2.3 Nötron Kaynakları ve Bor Taşıyıcı Ajanlar

2.3.1. Nötron Kaynakları: Reaktörden Hızlandırıcı Tabanlı Sistemlere

BNCT'nin klinik gelişimi uzun yıllar boyunca araştırma reaktörleriyle sınırlı kalmıştır. ABD'de MIT ve Brookhaven National Laboratory, Japonya'da Kyoto University Research Reactor Institute (KURRI), Hollanda'da HFR-Petten ve Finlandiya'daki merkezler bu alandaki öncü çalışmaları yürütmüştür. Reaktör tabanlı sistemler yeterli nötron akısı sağlamalarına karşın, hastane ortamında kurulmalarının güç olması, yüksek işletme maliyetleri ve düzenleyici kısıtlamalar nedeniyle yaygın klinik kullanıma ulaşamamıştır. Ayrıca erken dönem uygulamalarda kullanılan termal nötron demetlerinin sınırlı doku penetrasyonu, tedaviyi yüzeysel lezyonlarla sınırlandırmıştır. Bu sınırlılıkların aşılmasında önemli adım, epitermal nötron demetlerinin geliştirilmesi olmuştur. Epitermal nötronlar, doku içerisinde yavaşlayarak hedef derinlikte termal enerjiye ulaşır ve böylece $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ reaksiyonunun daha derin yerleşimli tümörlerde gerçekleşmesine olanak sağlar.

BNCT'nin klinik yaygınlaşmasını sağlayan asıl gelişme ise hızlandırıcı tabanlı BNCT (Accelerator-Based BNCT, AB-BNCT) sistemlerinin geliştirilmesidir. Bu sistemlerde nötronlar, proton demetlerinin berilyum veya lityum hedeflerle etkileştirilmesi sonucu üretilmektedir. Lityum hedefler daha düşük proton enerjilerinde çalışabilmeleri nedeniyle avantaj sağlarken, berilyum hedefler daha dayanıklı yapıları sayesinde uzun süreli klinik kullanım açısından tercih edilmektedir. Her iki sistemde de moderatör, reflektör ve kolimatörden oluşan Beam Shaping Assembly (BSA), uygun nötron spektrumunun oluşturulmasında kritik rol oynamaktadır. Bu teknolojik dönüşümün en önemli kilometre taşlarından biri, Japonya'da geliştirilen NeuCure® sistemidir. Kyoto Üniversitesi ve Sumitomo Heavy Industries iş birliğiyle geliştirilen bu siklotron tabanlı sistem, 2020 yılında dünyanın klinik kullanım onayı alan ilk hızlandırıcı tabanlı BNCT sistemi olmuştur. Günümüzde Japonya başta olmak üzere Çin, Güney Kore, Tayvan, Finlandiya, İtalya, Birleşik Krallık, Rusya, İsrail ve Arjantin'de yeni AB-BNCT merkezleri kurulmakta olup, yöntemin araştırma altyapısından rutin klinik uygulamasına geçişi hız kazanmaktadır.

2.3.2. Bor Taşıyıcı Ajanlar

BNCT'nin başarısı, nötron kaynağından çok tümör dokusunda yeterli miktarda ^{10}B birikiminin sağlanmasına bağlıdır. Klinik olarak etkin bir bor taşıyıcısının; yüksek tümör/normal doku oranına sahip olması, tümörde yeterli süre kalması, normal dokudan hızlı uzaklaşması ve düşük toksisite göstermesi beklenmektedir. Klinik etkinlik için tümör dokusunda yaklaşık $20 \mu\text{g/g}$ (20 ppm) düzeyinde ^{10}B konsantrasyonunun gerekli olduğu kabul edilmektedir. İlk nesil bor bileşikleri yeterli tümör seçiciliği sağlayamadığından klinik başarı elde edememiştir. Günümüzde klinik uygulamada kullanılan iki temel ajan 4-borono-L-fenilalanin (BPA) ve sodyum borokaptat (BSH)'dir. Her iki ajan klinik kullanımda etkinliğini kanıtlamış olsa da, heterojen tümör tutulumu, sınırlı hücre içi retansiyon ve bazı tümör tiplerinde yetersiz bor birikimi önemli kısıtlılıklar olarak devam etmektedir. Bu nedenle güncel araştırmalar, daha yüksek bor taşıma kapasitesi ve daha seçici hedefleme özellikleri sunan üçüncü nesil bor taşıyıcıları üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu ajanların büyük bölümü henüz klinik araştırma aşamasındadır ve rutin uygulamaya girebilmeleri için etkinlik, güvenilirlik ve üretim süreçlerine ilişkin ek çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

3. Klinik Bulgular: Etkinlik ve Güvenlilik

BNCT'nin klinik etkinliğine ilişkin mevcut kanıtlar büyük ölçüde glioblastoma (GBM) ve baş-boyun skuamöz hücreli karsinomu (HNSCC) üzerinde yoğunlaşmaktadır. Son yıllarda hızlandırıcı tabanlı sistemlerin klinik kullanıma girmesiyle birlikte, tedavinin etkinlik ve güvenilirlik profiline ilişkin veriler giderek güçlenmektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtların önemli bir bölümü Faz I/II çalışmalar ile tek merkezli gözlemsel serilere dayandığından, sonuçların geniş hasta gruplarında doğrulanmasına gereksinim bulunmaktadır.

3.1 Glioblastoma

GBM, BNCT'nin klinik olarak en yoğun araştırıldığı endikasyonlardan birini oluşturmaktadır. Reaktör tabanlı sistemlerle gerçekleştirilen erken dönem çalışmalarda BNCT'nin özellikle seçilmiş hasta gruplarında sağkalımı uzatabileceği bildirilmiştir. Hızlandırıcı tabanlı sistemlerin kullanılmaya başlanmasıyla elde edilen en güçlü klinik kanıt ise Japonya'da yürütülen JG002 Faz II çalışmasından gelmektedir. Nüks GBM hastalarında gerçekleştirilen bu çalışmada medyan genel sağkalım 19,2 ay, bir yıllık genel sağkalım ise %79,2 olarak bildirilmiştir. Bu sonuçlar, nüks glioblastomada BNCT'nin umut verici bir seçenek olabileceğini düşündürmektedir.

3.2 Baş-Boyun Kanseri

BNCT'nin en güçlü klinik kanıtı, daha önce radyoterapi uygulanmış lokal ileri veya nüks baş-boyun skuamöz hücreli karsinom olgularında elde edilmiştir. Japonya'da hızlandırıcı tabanlı BNCT'nin klinik onay alması büyük ölçüde bu hasta grubunda yürütülen çalışmaların sonuçlarına dayanmaktadır. Reaktör tabanlı erken dönem çalışmalarda yaklaşık %58 genel yanıt oranı bildirilirken, hızlandırıcı tabanlı sistemlerle gerçekleştirilen JHN002 Faz II çalışmasında objektif yanıt oranı %71 olarak rapor edilmiştir. Bu bulgular, özellikle yeniden ışınlama seçeneklerinin sınırlı olduğu hastalarda BNCT'nin önemli bir alternatif oluşturabileceğini düşündürmektedir.

3.3 Diğer Tümör Tipleri

BNCT'nin klinik uygulama alanı son yıllarda giderek genişlemektedir. Kutanoz melanom, menenjiyom ve olfaktör nöroblastom gibi tümörlerde elde edilen ilk klinik sonuçlar yöntemin uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca akciğer, karaciğer ve meme kanserleri gibi derin yerleşimli tümörlerde de klinik araştırmalar sürmektedir. Ancak bu endikasyonlarda nötron penetrasyonu, heterojen bor dağılımı ve hasta seçimi gibi teknik sorunlar henüz tam olarak çözülebilmemiş değildir. Genel olarak değerlendirildiğinde mevcut klinik veriler, BNCT'nin özellikle nüks veya tedavi seçenekleri sınırlı hastalarda umut verici sonuçlar sunduğunu göstermektedir.

4. Klinik Uygulamadaki Temel Zorluklar

Hızlandırıcı tabanlı sistemlerin geliştirilmesiyle BNCT, deneysel bir yaklaşımdan klinik uygulamaya geçiş sürecine girmiştir. Bununla birlikte yöntemin rutin onkoloji pratiğinde daha geniş yer bulabilmesi, yalnızca teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda dozimetri, tedavi planlaması ve klinik kanıt düzeyine ilişkin temel sorunların çözülmesine bağlıdır.

BNCT'nin en önemli biyolojik sınırlılığı, bor taşıyıcılarının tümör içerisindeki heterojen dağılımıdır. Günümüzde klinik uygulamada kullanılan BPA ve BSH, tümörün farklı bölgelerinde eşit konsantrasyonlara ulaşamamaktadır. Özellikle hipoksik ve nekrotik alanlarda bor birikiminin azalması, aynı tümör içerisinde biyolojik dozun heterojenleşmesine neden olabilmektedir. Tedavi öncesinde ^{18}F -BPA PET görüntülemesi ile tümör tutulumu değerlendirilse de bu yöntem, ışınlama sırasındaki gerçek zamanlı bor dağılımını yansıtamamaktadır. Bu nedenle tedavi sırasında bor konsantrasyonunun çevrim içi izlenmesi, BNCT araştırmalarının öncelikli hedeflerinden biri hâline gelmiştir. Son yıllarda geliştirilen Compton görüntüleme tabanlı sistemler, 478 keV gama fotonlarını kullanarak bor dağılımını tedavi sırasında izlemeyi amaçlamakta ve gerçek zamanlı doz doğrulaması açısından umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır.

Bir diğer önemli güçlük, BNCT'ye özgü dozimetri yaklaşımıdır. Tedavi sırasında oluşan karma radyasyon alanı nedeniyle fiziksel dozun biyolojik eşdeğer doza dönüştürülmesi; nötron spektrumu, RBE ve CBE katsayıları ile kullanılan bor taşıyıcısına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca farklı merkezlerde kullanılan nötron kaynakları, tedavi planlama sistemleri ve doz hesaplama algoritmaları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Monte Carlo tabanlı hesaplama yöntemleri günümüzde referans standart olarak kabul edilmekle birlikte, uluslararası ölçekte ortak dozimetri protokollerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Hasta konumlandırması da BNCT'nin teknik açıdan dikkat gerektiren yönlerinden biridir. Konvansiyonel radyoterapide yaygın olarak kullanılan rotasyonel gantry sistemlerinden farklı olarak, BNCT'de nötron demeti çoğunlukla sabit olduğundan tedavi doğruluğu büyük ölçüde hasta pozisyonuna bağlıdır. Bu nedenle robotik hasta konumlandırma sistemleri ve görüntü kılavuzlu doğrulama yöntemleri son yıllarda önemli araştırma alanları arasında yer almaktadır.

Klinik açıdan değerlendirildiğinde mevcut kanıtların büyük bölümü Faz I/II çalışmalar ve tek merkezli hasta serilerinden oluşmaktadır. Randomize kontrollü çalışmaların sınırlı olması, BNCT'nin standart tedavi algoritmalarındaki yerinin kesin olarak belirlenmesini güçleştirmektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında tedavi merkezlerinin azlığı, hasta sayısının sınırlı olması ve uygulama protokollerindeki kurumsal farklılıklar bulunmaktadır.

Son yıllarda yaşanan gelişmeler ise BNCT'nin geleceğine ilişkin önemli ipuçları sunmaktadır. Japonya'da hızlandırıcı tabanlı sistemlerin rutin klinik kullanıma girmesi ve yüzlerce hastada elde edilen veriler, yöntemin uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda Çin, Güney Kore ve Tayvan başta olmak üzere birçok ülkede yeni AB-BNCT merkezleri kurulmakta ve klinik araştırmalar hız kazanmaktadır. Üçüncü nesil bor taşıyıcıları, nanopartikül tabanlı sistemler ve teranostik ajanlar üzerine yürütülen çalışmalar ise tümör seçiciliğini artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca BNCT'nin immünoterapi ve diğer hedefe yönelik tedavilerle kombinasyonuna yönelik deneysel çalışmalar, gelecekte tedavi etkinliğinin artırılabilirliğini düşündürmektedir.

Mevcut veriler birlikte değerlendirildiğinde BNCT'nin teknolojik olgunluk açısından önemli bir eşiği geride bıraktığı görünmektedir. Önümüzdeki dönemde yöntemin klinik kullanımının yaygınlaşması; uluslararası dozimetri standardizasyonunun sağlanmasına, yeni nesil bor taşıyıcılarının klinik doğrulamasına ve çok merkezli randomize çalışmalarla desteklenen güçlü kanıtların oluşturulmasına bağlı olacaktır.

5. Türkiye’de BNCT Çalışmaları

Türkiye’de BNCT alanındaki araştırmaların önemli bir bölümü, İTÜ TRIGA Mark II araştırma reaktörü üzerinde yürütülen nötronik tasarım ve BSA geliştirme çalışmalarına dayanmaktadır. Bu çalışmalar, klinik BNCT için gerekli nötron spektrumunun oluşturulmasına yönelik önemli bir bilgi birikimi sağlamış; nötron aktivasyon analizi ve Monte Carlo simülasyonlarıyla desteklenen deneysel doğrulamalar, epitermal/termal nötron akısı oranının IAEA’nın öngördüğü eşiği karşılayabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, reaktörün 250 kW termal gücü nedeniyle elde edilebilen maksimum epitermal nötron akısı ($\sim 4,17 \times 10^8$ n/cm²/s), klinik uygulamalar için IAEA tarafından belirlenen minimum eşiğin (10^9 n/cm²/s) yaklaşık %40’ı düzeyindedir. Bu sınır, BSA tasarım optimizasyonu ile değil ancak daha yüksek güçlü bir nötron kaynağıyla aşılabılır. Bu nedenle mevcut sistem, preklinik araştırmalar, dozimetri geliştirme, dedektör kalibrasyonu ve yeni BSA tasarımlarının doğrulanması açısından değerli bir araştırma altyapısı sunarken, doğrudan hasta tedavisi için yeterli değildir.

6. Sonuç

Bor Nötron Yakalama Terapisi, hücresel seçicilik ile nükleer reaksiyonları bir araya getiren özgün bir radyoterapi yaklaşımıdır. Hızlandırıcı tabanlı nötron kaynaklarının geliştirilmesi, tedavi planlama sistemlerindeki ilerlemeler ve artan klinik deneyim sayesinde BNCT, uzun yıllar deneysel düzeyde kalan bir yöntem olmaktan çıkarak seçilmiş hasta gruplarında uygulanabilen bir tedavi seçeneğine dönüşmüştür.

Güncel klinik kanıtlar, özellikle nüks glioblastoma ve baş-boyun skuamöz hücreli karsinom olgularında BNCT’nin umut verici sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yöntemin daha geniş klinik kullanım alanı kazanabilmesi; yeni nesil bor taşıyıcılarının geliştirilmesi, gerçek zamanlı bor ve doz doğrulama yöntemlerinin klinik uygulamaya aktarılması, uluslararası dozimetri standardizasyonunun sağlanması ve yüksek düzeyli kanıt üretecek çok merkezli prospektif çalışmaların tamamlanmasına bağlıdır.

BNCT’nin klinik başarısı, uygun bir nötron kaynağının yanı sıra tümör seçiciliği yüksek bor taşıyıcıları, doğru dozimetri, gelişmiş görüntüleme ve güvenilir tedavi planlamasının bir arada uygulanmasına bağlıdır. Bu alanlarda kaydedilecek ilerlemelerin, klinik kanıt düzeyini güçlendirerek BNCT’nin modern radyoterapideki yerini daha da sağlamlaştırması beklenmektedir.

Kaynakça

- [1] Locher GL. Biological effects and therapeutic possibilities of neutron. *Am J Roentgenol.* 1936;36:1–13.
- [2] Barth RF, Coderre JA, Vicente MGH, Blue TE. Boron neutron capture therapy of cancer: current status and future prospects. *Clin Cancer Res.* 2005;11(11):3987–4002.
- [3] Takeno S et al. Preliminary outcomes of boron neutron capture therapy for head and neck cancers as a treatment covered by public health insurance system in Japan. *Cancer Med.* 2024;13:e7250.
- [4] Monti Hughes A, Hu N. Optimizing boron neutron capture therapy (BNCT) to treat cancer: an updated review on the latest developments on boron compounds and strategies. *Cancers.* 2023;15(16):4091.
- [5] Zhou R, You Z, Liu L. Boron neutron capture therapy in the context of tumor heterogeneity: progress, challenges, and future perspectives. *Front Oncol.* 2025;15:1601013.
- [6] Li X et al. Advances in clinical trials of boron neutron capture therapy. *Research (Wash DC).* 2026.
- [7] Kawabata S, Goto H, Narita Y, Furuse M, Nonoguchi N, Shido-Kazuki R et al. Extended follow-up of recurrent glioblastoma patients treated with boron neutron capture therapy

- (BNCT): long-term survival from a Phase II trial (JG002) using cyclotron neutron source and boronophenylalanine. *Appl Radiat Isot.* 2025;226:112118.
- [8] Chen J et al. Automated robotic-assisted patient positioning method and dosimetric impact analysis for boron neutron capture therapy. *Sci Rep.* 2024;14:28995.
- [9] Green S et al. Considerations for a dosimetry code of practice for BNCT. *Health Technol.* 2024;14:1017–1021.
- [10] Coderre JA, Morris GM. The radiation biology of boron neutron capture therapy. *Radiat Res.* 1999;151(1):1–18.
- [11] Hu N et al. Evaluation of a treatment planning system developed for clinical BNCT and validation against an independent Monte Carlo dose calculation system. *Radiat Oncol.* 2021;16:243.
- [12] Morris GM et al. The therapeutic ratio in BNCT. In: *Neutron Capture Therapy*. Springer; 2012:107–120.
- [13] Initiatives toward clinical BNCT in Japan. *J Radiat Res.* 2023;64(Suppl).
- [14] Lan TL, Lin CF, Lee YY et al. Recurrent meningioma treated with boron neutron capture therapy: a feasibility study with dosimetric and clinical correlates. *J Neurooncol.* 2025;175(2):879–886.
- [15] Liao H, Lan M, Lin K et al. First clinical application of repeated boron neutron capture therapy for olfactory neuroblastoma: achieving local control despite regional progression. *Cureus.* 2026;18(1):e101324.
- [16] Sumitomo Heavy Industries, Ltd. NeuCure™ System market clearance announcement. March 2020.
- [17] International Society for Neutron Capture Therapy (ISNCT). Accelerator-based BNCT projects worldwide, end of 2025. isnct.net. (Erişim tarihi: 12/07/2026).
- [18] Chiu Y-L, Fu WY, Huang W-Y, Hsu F-T, Chen H-W, Wang T-W, Keng PY. Enhancing cancer therapy: boron-rich polyboronate ester micelles for synergistic boron neutron capture therapy and PD-1/PD-L1 checkpoint blockade. *Biomater Res.* 2024;28:0040.
- [19] First pilot tests of Compton imaging and boron concentration measurements in BNCT using i-TED. *arXiv:2409.05687.* 2024.
- [20] Dymova MA et al. Boron neutron capture therapy: current status and future perspectives. *Cancers.* 2020;12(6):1718.
- [21] Akan Z, Türkmen M, Çakır T, Reyhancan İA, Çolak Ü, Okka M, Kızıldaş S. Modification of the radial beam port of ITU TRIGA Mark II research reactor for BNCT applications. *Appl Radiat Isot.* 2015;99:69–76.
- [22] IAEA-TECDOC-1223. *Current Status of Neutron Capture Therapy*. IAEA, Vienna; 2001.

METROLOJİDEN KLİNİĞE: RADYASYON ONKOLOJİSİNDE İZLENEBİLİRLİK

Onur Erdem,

Medikal Fizik Uzmanı

Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi, İzmir

Bir radyoterapi merkezinde lineer hızlandırıcının verdiği dozun hastaya "%2 doğrulukla" ulaştığını söylediğimizde, aslında görünmeyen ama son derece sağlam bir izlenebilirlik zincirine güveniyoruz. Bu zincirin bir ucunda hastaya verilmesi planlanan doz, diğer ucunda ise Paris'te Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nda (BIPM) veya bir birincil standart dozimetri laboratuvarında çalışan bir kalorimetre bulunur. Klinikte her gün kullandığımız o kalibrasyon faktörü, aslında bu iki uç arasında kurulmuş; belirli kurumlardan ve belirli fiziksel prensiplerden geçerek şekillenmiş uzun bir zincirin son ürünüdür.

Metrolojide 'izlenebilirlik' (traceability), bir ölçüm sonucunun, kesintisiz bir karşılaştırmalar dizisi yoluyla, belirlenmiş bir referansa bağlanabilmesi anlamına gelir. Radyasyon dozimetrisinde bu referans, 'suya soğurulan doz' (absorbed dose to water, Dw) büyüklüğüdür ve zincir kabaca üç kademedir oluşur:

- Birincil Standart Dozimetri Laboratuvarları (PSDL), Gray biriminin fiziksel gerçekleşmesini sağlayan kalorimetrik yöntemlerle 'birincil standart'ı elinde tutar.
- İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarları (SSDL), referans iyon odalarını doğrudan bir PSDL'de veya BIPM'de kalibre ettirir ve bu kalibrasyonu ülke içindeki kullanıcılara aktarır. Türkiye'de bu rolü TENMAK bünyesindeki SSDL'ler üstlenmektedir.
- Klinik kullanıcılar, SSDL'den kalibre edilmiş bir referans iyon odasını alır, bu odayı TRS-398 (IAEA) veya AAPM TG-51 gibi dokümanlar çerçevesinde lineer hızlandırıcıda kullanarak output ölçüm kalibrasyonunu SI birimine bağlamış olur.

Bu üç kademe arasındaki her bir kalibrasyon adımı bir belirsizlik payı taşır; dolayısıyla hastaya verilen dozun toplam belirsizliği, zincirdeki her halkanın belirsizliğinin toplamıdır. Bu nedenle zincirin en tepesindeki laboratuvarların -yani PSDL'lerin- ne kadar hassas çalıştığı, en alttaki hastaya doğrudan yansır.

Birincil Standart Dozimetri Laboratuvarlarından biri olan ve Almanya'nın Braunschweig kentinde bulunan Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Gray biriminin fiziksel gerçekleşmesini, suyun radyasyona maruz kaldığında ısınmasını doğrudan ölçen bir su kalorimetresine dayandırır. Yöntemin cazibesi, dozun tanımına -birim kütle başına soğurulan enerji- neredeyse hiçbir aracı düzeltme faktörü olmadan doğrudan erişebilmesidir. Elbette pratikte durum tamamen 'saf' değildir: ısı iletimi, radyasyon alanının kalorimetre içindeki bozulması (perturbasyon) ve ısı defekti gibi etkiler için düzeltme faktörleri hesaplanır ve deneysel olarak doğrulanır. Buna karşın PTB'nin ^{60}Co ışınlarında ulaştığı birleşik standart belirsizlik yaklaşık % 0,2 mertebesinde; yüksek enerjili foton demetlerinde bu değer yaklaşık % 0,3 civarındadır. Bu tarz sayılar ilk bakışta 'akademik bir detay' gibi görünse de, zincirin devamında iyon odası kalibrasyon faktörlerinin ($N_{D,w}$) ve enerjiye bağlı k_Q düzeltme faktörlerinin belirsizliğini doğrudan belirler.

Zincirin bir sonraki halkası olan SSDL'lerde durum biraz farklılaşır. Bu laboratuvarlar, PTB gibi bir PSDL'nin ya da doğrudan BIPM'in birincil standardına dayanan referans iyon odalarını elinde bulundurur ve bu odaları kullanarak ülke içindeki kliniklere hizmet verir. Ancak her kalibrasyon adımı zincire yeni bir belirsizlik payı ekler: PSDL seviyesinde binde birkaçlık mertebede kalan belirsizlik,

SSDL'nin kendi referans odasını taşıması, saklaması ve kullanıcı odalarına aktarması sürecinde bir miktar artar. IAEA'nın kendi SSDL kalibrasyon hizmetinde kabul edilebilir sapma sınırı olarak yaklaşık %1,5'lik bir eşik kullanması, bu artışın pratikte ne anlama geldiğini gösterir. Bu nedenle IAEA/WHO SSDL ağı, üye laboratuvarların birbirleriyle ve IAEA'nın kendi referans laboratuvarıyla düzenli aralıklarla karşılaştırma yapmasını zorunlu kılar. Böylece PSDL seviyesindeki hassasiyet, SSDL katmanında da kontrol altında tutulmaya çalışılır.

Klinikte bu izlenebilirlik zincirinin somut karşılığı, kullanılan iyon odasının kalibrasyon sertifikasıdır. Bu sertifikada yazan ND,w değeri, yukarıda tarif edilen kalorimetrik zincirin ürünüdür ve genellikle SSDL üzerinden, dolaylı olarak bir PSDL üzerinden BIPM'e izlenebilir. TRS-398 gibi dokümanlar, bu referans kalibrasyonun farklı demet kalitelerine (^{60}Co 'dan lineer hızlandırıcının foton ve elektron enerjilerine) nasıl taşınacağını, k_Q düzeltme faktörleri aracılığıyla standartlaştırır. Klinikte yapılan her ölçüm, aslında bu uluslararası ağa yeniden bağlanmaktan başka bir şey değildir.

Bir birincil standart dozimetri laboratuvarında, tek bir düzeltme faktörü için haftalarca sürececek bir belirsizlik analizi yapılabilir. Her etkinin (sıcaklık, basınç vb.) ayrı ayrı nicelendirilmesi beklenir. Zincirin üst kademelerindeki bu titizlik sayesinde, klinik medikal fizikçi kendi ölçümüne dair 'temel' belirsizliği (referans kalibrasyon belirsizliği) sıfırdan hesaplamak zorunda kalmaz; bu belirsizlik zaten sertifikada verilmiştir ve klinik protokollerdeki (TRS-398, TG-51) toplam belirsizlik bütçelerine dahil edilmiştir. Bu güvenin arkasında, tek bir kurumun beyanından çok daha sağlam bir mekanizma bulunmaktadır.

Ulusal bir PSDL'nin kendi standardını doğrulayacak bir üst mercii bulunmadığından, "doğruluk" tek başına hiçbir laboratuvarın sözüne dayanamaz. BIPM'in asıl işlevi tam da burada devreye girer: bir hiyerarşinin tepesi olmaktan çok, birbirine hiyerarşik olarak bağlı olmayan eş düzey laboratuvarların karşılıklı olarak birbirini denetlediği bir ağın koordinasyon noktasıdır. Metre Konvansiyonu'na taraf ülkelerin PSDL'leri, belirli aralıklarla (genellikle beş yılda bir) kendi birincil standartlarını BIPM'in standardıyla karşılaştırır; buna 'anahtar karşılaştırma' (key comparison) denir. Bu karşılaştırmaların sonuçları BIPM'in Anahtar Karşılaştırma Veritabanı'nda (KCDB) yayımlanır ve her laboratuvarın 'eşdeğerlik derecesi' (degree of equivalence) kamuya açık şekilde raporlanır. Bir iyon odasının kalibrasyon sertifikasındaki tek bir sayıya güvenebilmemizin nedeni budur: o sayının arkasında "biri söyledi" değil, birbirinden bağımsız birden fazla laboratuvarın birbirini doğruladığı, sonuçları kamuya açık bir ağ vardır ve bu ağ sayesinde İzmir'de verilen bir doz, Berlin'de veya Tokyo'da aynı protokolle verilen dozla metrolojik olarak karşılaştırılabilir olur.

Klinik teknolojideki gelişmeler, metroloji tarafında da zaman zaman yeni çalışmaları gerekli kılar. Örneğin IMRT ve VMAT gibi tekniklerde kullanılan küçük ve heterojen alanlar, referans koşullar için tasarlanmış geleneksel k_Q formalizmini zorlayabilmektedir; bu da IAEA ve AAPM'in küçük alan dozimetrisi için ayrı bir doküman (TRS-483) geliştirmesine yol açmıştır. Benzer şekilde, FLASH radyoterapide kullanılan ultra-yüksek doz hızları (UHDR), geleneksel iyon odalarının doygunluk (saturation) sınırlarına yaklaşılabildiğinden, PTB, METAS (Swiss Federal Institute of Metrology) ve NPL (UK National Physical Laboratory) gibi enstitüler bu koşullar için yeni referans yöntemler üzerinde çalışmaktadır.

Bir kalibrasyon sertifikasındaki tek satırlık ND,w değeri, arkasında onlarca yıllık metrolojik birikimi ve bu birikimin sağladığı güvenilirliği taşır. Klinik medikal fizikçi açısından önemli olan, bu niceliğin güvenilirlik sınırlarını bilmek ve gerektiğinde sorgulayabilmektir.

Kaynakça

- [1] Allisy PJ, Burns DE, Andreo P. International framework of traceability for radiation dosimetry quantities. *Metrologia*. 2009;46(2):S1–S8.
- [2] BIPM. Key Comparison Database (KCDB) – Ionizing Radiation, Dosimetry. bipm.org/kcdb.
- [3] BIPM. Radiation Dosimetry – Comparisons. bipm.org/en/dosimetry/comparisons.

- [4] Krauss A. The PTB water calorimeter for the absolute determination of absorbed dose to water in ^{60}Co radiation. *Metrologia*. 2006;43(3):259–272.
- [5] IAEA. *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy* (Technical Reports Series No. 398, Rev. 1). Vienna: IAEA; 2024.
- [6] IAEA. *Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy* (Technical Reports Series No. 483). Vienna: IAEA; 2017.
- [7] IAEA/WHO. SSDL Network. iaea.org – Dosimetry ve SSDL sayfaları.
- [8] Bourgouin A et al. Metrology for advanced radiotherapy using particle beams with ultra-high dose rates. *Phys Med Biol*. 2024;69(14).
- [9] Schüller A et al. The metrological electron accelerator facility (MELAF) for research in dosimetry for radiotherapy. *IFMBE Proc*. 2018;68:589–593.

PLANLANAN ETKİNLİKLER

Çevre Doz Ölçümü ve Kişisel Dozimetre Kullanımı

Tarih: Eylül 2026 | Yer: Çevrimiçi

Çalışmalar Devam Ediyor.

Gezi

Tarih: Eylül 2026 | Yer: Bulunduğu bölgede bir gezi organizasyonu yapılması için önerisi ve iş birliği gönüllüğü olan meslektaşlarımız bizimle iletişim kurabilirler.

Çalışmalar Devam Ediyor.

Raysearch – İntrakranyal SRT’de Multidisipliner Yaklaşım; Cihaz Hazırlık ve Klinik Karar

Tarih: Eylül 2026 | Yer: Oncotech Medikal Sistemler Ofisi, İstanbul

Çalışmalar Devam Ediyor.

Radyoloji’de Hasta Dozimetrisi

Tarih: Eylül 2026 | Yer: Teorik – Çevrimiçi | Pratik – Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

Varian – İntrakranyal SRT’de Multidisipliner Yaklaşım; Cihaz Hazırlık ve Klinik Karar

Tarih: Ekim 2026 | Yer: Varian Medikal Sistemler Ofisi, İstanbul

Çalışmalar Devam Ediyor.

Dokuz Eylül Üniversitesi Medikal Fizik 20. Yıl ve Medikal Fizik Derneği 1. Öğrenci Kariyer Günleri

Tarih: Ekim 2026 | Yer: Dokuz Eylül Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi (DESEM), İzmir

Çalışmalar Devam Ediyor.

Nükleer Tıp Hasta Dozimetrisi

Tarih: Ekim 2026 | Yer: Teorik – Çevrimiçi | Pratik – Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

Nükleer Tıp Kalite Kontrol Kursu

Tarih: Ekim 2026 | Yer: Teorik – Çevrimiçi | Pratik – Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

Elekta – İntrakranyal SRT’de Multidisipliner Yaklaşım; Cihaz Hazırlık ve Klinik Karar (2. Tekrar)

Tarih: Kasım 2026 | Yer: Elekta (Türkiye) Ofisi, İstanbul

Çalışmalar Devam Ediyor.

IBA Dozimetre Kursu

Tarih: Kasım 2026 | Yer: Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

LAP – Yüzey Takip Sistemleri (SGRT)

Tarih: Kasım 2026 | Yer: Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

Brakiterapi Bilgi Paylaşım Günleri

Tarih: Aralık 2026 | Yer: Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

Nükleer Tıp Hasta Dozimetrisi

Tarih: Aralık 2026 | Yer: Teorik – Çevrimiçi | Pratik – Çalışmalar Devam Ediyor

Çalışmalar Devam Ediyor.

YENİ ÜYELER

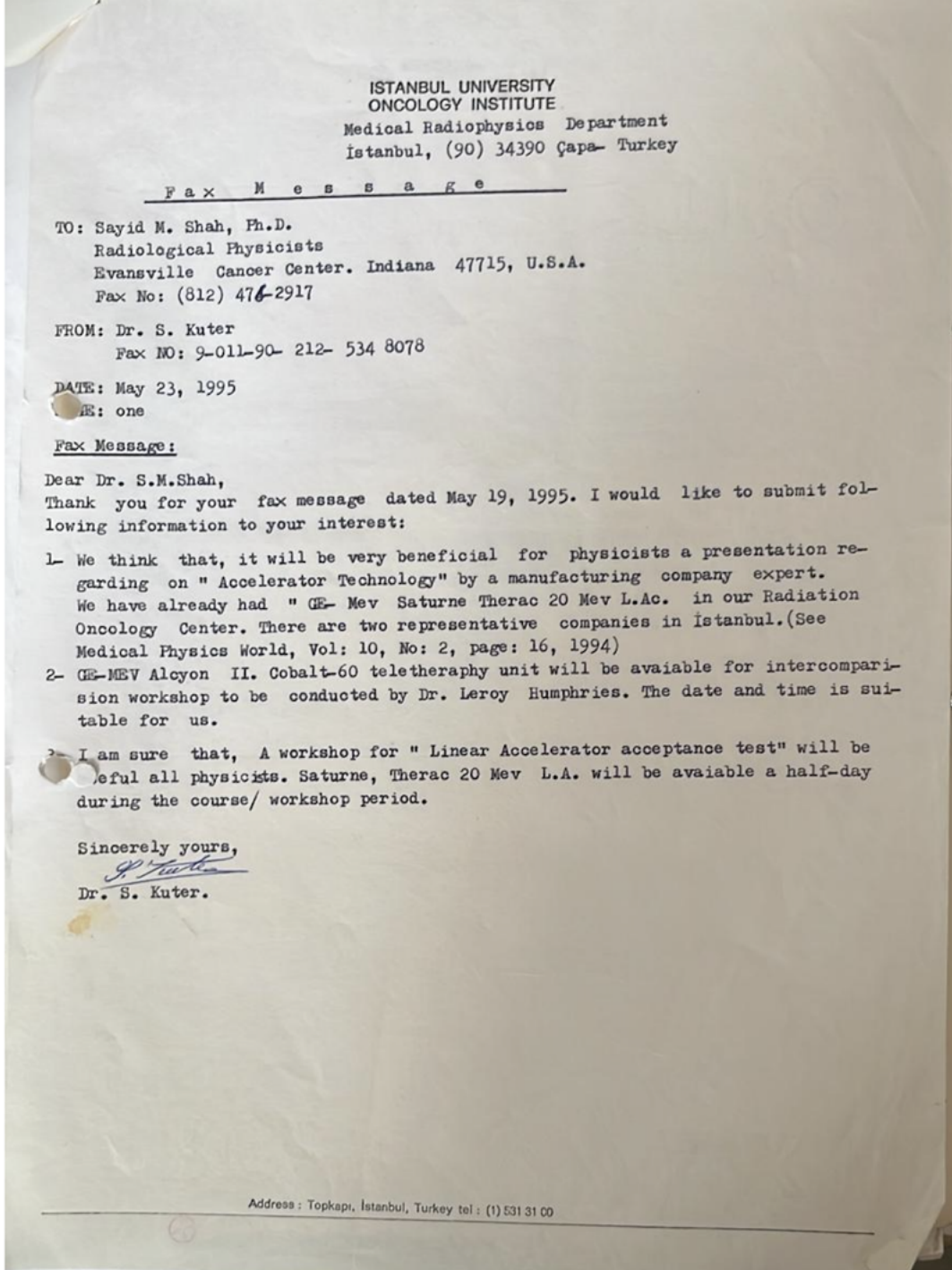
Medikal Fizik Yönetim Kurulu olarak yeni üyelerimize meslek hayatlarında başarılar diliyoruz.

Ad Soyad	Üyelik Türü	Kurum
Zeynep Yıldırım	Asil Üye	Gülhane Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Öğrencisi
Tuana Uğurer	Öğrenci Üye	Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Fiziği YL
Şinasi Kutay Özen	Öğrenci Üye	Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Sümeyya Bulkan	Öğrenci Üye	Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Fiziği Enstitüsü, Radyoterapi Fiziği YL
Mustafa Çakır	Öğrenci Üye	KTÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Merve Avran	Öğrenci Üye	İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Fiziği YL
Mehmet Nuri Çatak	Asil Üye	Hacettepe Üniversitesi, Radyasyon Onkolojisi ABD
Kerime Selin Ertaş	Öğrenci Üye	Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Göksu Taştan	Öğrenci Üye	Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Gamze Ergiyen Buldu	Asil Üye	Oncosia
Fatma Nur Tuna Kara	Öğrenci Üye	KTÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Ezgi Gökçe	Öğrenci Üye	İzmir Tınaztepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Esra Taylan	Asil Üye	KTÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Eminhan Alaçam	Öğrenci Üye	Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Burak Sıkılar	Öğrenci Üye	Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Burak Cerah	Öğrenci Üye	KTÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Berat Caferoğlu	Asil Üye	Biruni Üniversitesi Hastanesi, Nükleer Tıp

Ad Soyad	Üyelik Türü	Kurum
Barış Kocadağ	Öğrenci Üye	Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Aleyna Karagöz	Öğrenci Üye	Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sağlık Fiziği YL
Seyhan Karaçavuş	Yardımcı Üye	Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kayseri Şehir Hastanesi, NT ABD
Emre Karaman	Yardımcı Üye	Adıyaman EAH, Radyasyon Onkolojisi Bölümü
Gökçe Kaan Ataç	Yardımcı Üye	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Bölümü

TARİH KÖŞESİ

Değerli meslektaşlarımız bültenimizde derneğimizin arşivinde yer alan bizler için çok değerli dokümanları sizlerle paylaşmaya devam ediyoruz. Bültenimizin bu sayısında, derneğimizin, geçmiş yıllardaki Nisan – Mayıs ve Haziran aylarında gerçekleştirmiş olduğu bazı yazışmaları sizlerle paylaşıyoruz.





Evansville Cancer Center

700 N. Burkhardt Road • Evansville, Indiana 47715 • (812) 474-1110 • FAX (812) 474-1303

Aly Razeq, M.D.
Shannon Lamb, M.D.
Crystal Reed, M.D.

Al Korba, M.D.
Radiation Oncologist
Medical Director

Radiological Physicists:
Arnold Sorensen, B.S.
Saiyid Massroor Shah, Ph.D.

June 8, 1995

Dr. S. Kuter
Istanbul University
Oncology Institute
Medical Radiophysics Department
Istanbul (90) 34390 Capa Turkey

Dear Dr. Kuter:

Please find enclosed the tentative schedule of Radiation
Oncology Physics course/workshop.

I will appreciate your comments. Please let me know if we need
to make any changes, add or delete any topics.

As soon as I receive your response, I will finalize the
program.

Thanks.

Sincerely,

S. M. Shah
Saiyid M. Shah, Ph.D.
Medical Physicist

Enclosures

• Business Office •

906 S. Hebron; P.O. Box 15040 • Evansville, Indiana 47716-0040
Toll Free: In Indiana, 1-800-843-7117; Outside Indiana, 1-800-331-9294
PHONE: 812-476-1367 • FAX 812-477-4153

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ONKOLOJİ ENSTİTÜSÜ
Tıbbi Radyofizik Bilim Dalı
İstanbul, 34390 Çapa- Turkey

Tarih 6.../19../1995

Sayı : F a x M e s s a g e

TO: Saiyid M. Shah, Ph.D.
Radiological Physicist . Evansville Cancer Center. Indiana 47715, U.S.A
Fax: (812) 476 2917

FROM: Dr. S. Kuter
Fax No: 90 - 212 - 534 80 78 or 534 72 06

Date: June 19, 1995

Page: One

Fax message

Dear Dr. S.M. Shah,
Thank you for your fax message and tentative Schedule of Radiation Oncology Course. I would like to submit some information relevant Course/Workshop and Congress.

- 1- The Course will be held at the " Military Museum and Culter Center" at Harbiye near City Center. Course room will be avaiable between 8.30-17.30 hourse every day during the Course and Congress period. Course schedule should be arranged accordingly this conditions.
 - 2- September 13, 1995 Wednesday between 14.00-17.00 hours has been assigned f or workshop in Oncology Institute, different place at Çapa.
 - 3- We would like to arrenge a visit Military Museum and Ottoman time Sol-dier show Thursday 14, after 15.00 clock , in next building. If we have sufficient time we can arrenge guided tour to visit historical places f or only Faculty members.
 - 4- The course/ workshop content have been arrenge good, we do not like to delete any topics.
- Thanks.

Sincerely,

Dr. S KUTER

S. Kuter

Ek :
Gönderilecek cevaplarda yazımızın tarih ve sayısını lütfen bildiriniz. Adres : Topkapı - İstanbul, Tel : 531 31 00 (4 hat) Fax : 525 13 00

İÇİMİZDEN BİRİLERİ

İKİ TEKER İKİ HİKÂYE: YOL BİSİKLETİ HOBİSİ

Turgay Toksoy,
Medikal Fizik Uzmanı
Bursa Ali Osman Sönmez Onkoloji Hastanesi

Dr. Evren Ozan Göksel,
Medikal Fizik Uzmanı
Acıbadem Sağlık Grubu Altunizade Hastanesi

Bisiklet, çocukluk yıllarımızın en tanıdık simgelerinden biridir. İlk denge kurma çabaları, mahalle aralarında yapılan uzun yaz sürüşleri, düşmeler, kalkmalar ve giderek genişleyen küçük özgürlük alanları... Zamanla çoğumuzun hayatından uzaklaşsa da bisiklet, doğru anda yeniden karşımıza çıktığında yalnızca eski bir çocukluk anısı olmaktan çıkar; yeni yolların, yeni dostlukların ve bambaşka bir yaşam ritminin kapısını aralar. Biz de iki meslektaş olarak, medikal fizik alanındaki yoğun çalışma temposunun yanında hayatımızda özel bir yer edinen yol bisikleti tutkumuzu paylaşmak istedik. Farklı başlangıçlar, farklı rotalar ve farklı anılarla şekillenen bu iki hikâyenin ortak noktası ise aynı: iki teker üzerinde yola çıkmanın insana verdiği özgürlük, disiplin ve zihinsel yenilenme duygusu.

Turgay Toksoy'un Kaleminden;

Maalesef ülkemizin bir bisiklet ülkesi olamamasından ötürü pek çoğumuzun bisiklet ile olan ilişkisi çocukluk dönemindeki hatıralarla sınırlı kalmış durumda. Benim için de bisikletin hayatımızdaki yerini fark etmem yaklaşık 10 yıl önce yaptığım Amsterdam seyahatiyle oldu. Şehrin büyük kısmını kaplayan bisiklet yolları ve hatta şehirler arası bisiklet yollarının bile bulunması, toplumun bisikleti hayata bu denli entegre ettiğini görmek beni büyülemişti. Tabii dönüşümde ilk işim bir bisiklet mağazasına gitmek oldu. Birkaç farklı türde bisiklet denedikten sonra; spor bir arabayı andıran kıvrımlı, aerodinamik yapısı ve diğer bisikletlere kıyasla tüy gibi hafif olması nedeniyle bir yol bisikletine hayran kalarak çocukluktan sonraki ilk bisikletimi almış oldum.

Yol bisikleti; belki "ince teker" diye de duyduğunuz, genellikle alüminyum veya karbon malzemeden üretilmiş kadrosu, hafif ancak rijit ve dayanıklılık odaklı yapısıyla sizi en uzak mesafelere götürebilecek sportif amaçlı bir bisiklettir. Böylelikle, şehir merkezlerinin bisiklet trafiği için maalesef tehlikeli seviyede olması nedeniyle rotamı şehrin dışına, asfalt yolların uzanabildiği kadar uzaklara çevirdim. İşte bisikletle asıl tanışıklığım da o yollarda başladı. Daha önce arabayla yanından geçip gittiğim köyler, tarihi yapılar ve doğal güzellikler bu kez bambaşka bir gözle karşıma çıkıyordu. Bazen yüzyıllardır ayakta duran bir tarihi eserin önünde kısa bir mola veriyor, bazen de sadece manzaranın tadını çıkarmak için yol kenarında duruyordum. Pedal çevirdikçe vardığım yerlerden çok, yolun kendisinden keyif almaya başladığımı fark ettim. Her tur, birbirinden farklı manzaralar ve yeni keşiflerle hafızamda yer eden güzel bir anıya dönüştü.

Zamanla bisikletin bana kazandırdıklarının yalnızca yeni rotalar keşfetmek ve güzel anılar biriktirmek olmadığını da fark ettim. Düzenli bisiklete binmek hem fiziksel olarak aktif kalmayı

sağlıyor hem de günlük hayatın temposundan uzaklaşıp biraz nefes alma fırsatı sunuyor. Açık havada geçirilen birkaç saat, çoğu zaman iyi bir antrenmandan çok daha fazlasını ifade ediyor. Sanırım bu yüzden bisiklet, birçok insan için sadece bir spor değil, uzun yıllar keyifle sürdürülen bir alışkanlığa dönüşüyor.

Bisikletin bir başka güzel yanı ise insanı hiç fark etmeden yeni insanlarla tanıştırması. Başlangıçta tek başıma çıktığım sürüşler zamanla grup sürüşlerine dönüştü. Aynı tempoda pedal çeviren insanların oluşturduğu pelotonun bir parçası olmak, rüzgârı paylaşmak ve kilometreler boyunca birlikte ilerlemek bisiklete bambaşka bir boyut katıyor. Özellikle Granfondo organizasyonları, her seviyeden bisikletçiyi aynı parkurda buluşturan, rekabetten çok arkadaşılığın ön planda olduğu etkinlikler olarak bu duyguyu en güzel yaşatan organizasyonlar arasında yer alıyor (**Şekil 1.a ve 1.b**). Binlerce kişinin aynı heyecanla start aldığı, yol kenarında insanların sizi alkışladığı ve parkurun sonunda herkesin birbirini tebrik ettiği o atmosfer, bisikletin neden bu kadar güçlü bir topluluk oluşturduğunu anlamak için tek başına yeterli oluyor.



Şekil 1: a) İzmit Bisiklet Turu b) Bursa Grandfondo

Belki de bisikleti bu kadar özel yapan tek bir şey yok. Kimi zaman uzun bir tura çıkmak, kimi zaman yeni bir yer görmek, kimi zaman da onlarca kişiyle aynı yolda pedal çevirmek... Her sürüş farklı bir deneyim sunuyor. Bu yüzden bisiklet, aradan yıllar geçse de insanın hayatında yeniden kendine yer bulabiliyor.

Evren Ozan Göksel'in Kaleminden;

Bisikletle ilişkim aslında yol bisikletinden çok daha eskiye dayanıyor. Ortaokul yıllarımda o dönemin modasına uygun olarak bir dağ bisikletim oldu ve yaz tatillerim onun üzerinde geçmeye başladı. Bu bisikletle, bir uzun mesafe atleti olan babamın antrenmanlarına da eşlik ederdim. O koşarken ben yanında pedal çevirerek temposuna uyum sağlamaya çalışır ve antrenmanlarında ona yol arkadaşı olurum.

Dağ bisikleti benim için yalnızca mahalle arasında kullanılan bir bisiklet değildi. Çevremizdeki tek ormanlık alan olan, Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin bulunduğu bölgede, dağ bisikletinin hakkını verecek arazi sürüşleri yapmaya çalışırdım. O yıllarda belki teknik olarak ne yaptığımı tam bilmiyordum; ancak toprak zemin, küçük iniş çıkışlar ve bozuk yollar bana bisikletin asfalt dışında da bambaşka bir keyif sunduğunu göstermişti.

Medikal fizik uzmanı olarak çalışmaya başladıktan sonra ise daha profesyonel bir dağ bisikleti aldım. Bugün hâlâ zaman zaman o bisikletimle arazi sürüşleri yapıyorum (**Şekil 2**). Bu nedenle yol bisikleti benim için yeni bir tutkuya dönüşmüş olsa da bisikletin hayatımdaki yeri çok daha eskiye, çocukluk ve gençlik yıllarıma dayanıyor.



Şekil 2: Meriç nehri kıyısında bir arazi sürüşü.

Yol bisikletiyle ilk tanışmam bir yaz günü başladı. Babam sporsever olduğu için televizyonda neredeyse her türlü sporu takip ederdi. O günde bir spor kanalında Fransa Bisiklet Turu’nu izliyordum. Ben de göz ucuyla ekrana bakıyordum ama bu spor bana oldukça anlamsız geliyordu. Temmuz sıcağında 200–250 kilometre boyunca 6–7 saat bisiklet sürmek; ardından 3000 rakımlı dağlara bisikletle tırmanmak... Açıkçası bunu anlamakta zorlanıyordum.

Fransa Bisiklet Turu, yani Tour de France, ilk kez 1903 yılında düzenlenmiş ve zamanla yol bisikletinin en prestijli organizasyonu haline gelmiştir. Üç hafta süren bu yarışta sporcular yalnızca birbirleriyle değil; sıcakla, rüzgârla, dağlarla, yorgunlukla ve kendi sınırlarıyla da mücadele ederler. Dışarıdan bakıldığında sadece uzun bir bisiklet yarışı gibi görünse de aslında içinde dayanıklılık, strateji, takım çalışması, beslenme planlaması, teknik beceri ve ciddi bir zihinsel direnç barındırır.

Yine de bütün bunlar o yıllarda bana çok uzak görünüyordu. Ta ki 2011 yılına kadar.

O dönemde doktora yeterlilik sınavına hazırlanmak için izinliydim ve evde ders çalışıyordum. Hiç unutmuyorum, babam yine bir yol bisikleti yarışı izliyordu. Ancak bu kez ekrandaki atmosfer farklıydı. Sunucuların ses tonundan, heyecanından ve yarışın anlatılış biçiminden bunun sıradan bir etap yarışı olmadığı hemen anlaşılıyordu. Bu tek günlük bir yarıştı. Bu tür yarışlara “anıtsal klasikler” deniyordu ve bazılarının yaklaşık yüz yılı aşan bir geçmişi vardı. Yarışın adı, başlangıç ve bitiş noktalarından geliyordu: Paris–Roubaix.

Paris–Roubaix ilk kez 1896 yılında düzenlenmiş, yol bisikleti tarihinin en eski ve en saygın yarışlarından biridir. Bisiklet dünyasında “Klasiklerin Kraliçesi” ve “Cehennemde Bir Pazar Günü” gibi çarpıcı ifadelerle anılır. Hatta yarış anlatımlarında, bisikletçilerin bu olağanüstü fiziksel mücadeleleri nedeniyle zaman zaman “günümüz gladyatörleri” olarak tanımlandığını duyarız. Yarışı özel kılan şey yalnızca uzunluğu ya da tarihi değildir; asıl farkı, parkurun acımasız karakteridir. Paris–Roubaix parkurunda “pavé” olarak adlandırılan zorlu Arnavut kaldırımlı köy yolları bulunur. Bu bölümlerde bırakın ince lastikli bir yol bisikletiyle yarışmayı, dağ bisikletiyle ilerlemek bile oldukça güçtür. Taşların arasındaki boşluklar, titreşim, toz, çamur ve dar yollar yarışı benzersiz kılar. Bisikletçiler bu sektörlerden geçerken vücutları ve özellikle kolları öylesine sarsılır ki, yarışı anlatan sunucular onları zaman zaman hiltiyle beton kırmaya çalışan işçilere benzetirler (Şekil 3).



Şekil 3: 2026 Paris–Roubaix yarışında, Arnavut kaldırımlı köy yollarından geçen bisikletçi grubundan bir görüntü. (<https://www.cyclingnews.com/pro-cycling/racing/the-fastest-paris-roubaix-in-history-wout-van-aert-and-tadej-pogacar-set-blistering-new-highest-average-speed-of-48-91kph-smashing-previous-record/> [Erişim Tarihi: 17.07.26])

Şöyle düşünün: Büyük bisiklet markaları bu yarışın zorlu koşulları için özel bisiklet modelleri geliştirir. Kadro geometrisi, lastik genişliği, titreşim emici sistemler ve sele konforu gibi ayrıntılar bu yarış için yeniden düşünülür. Çünkü Paris–Roubaix yalnızca sporcuları değil, ekipmanı da test eden bir yarışır.

Yarışın en heyecanlı anları genellikle bu Arnavut kaldırımlı sektörlere girilirken yaşanır. Peloton yani ana bisikletçi grubu bu bölümlere yaklaşırken bir anda hareketlenir. Her sporcu bu dar ve riskli bölümlere ön sıralarda girmek ister. Çünkü bu etaplarda kaza riski çok yüksektir. Eğer bir kaza olur ve siz arkada kalırsanız, öndeki gruba yetişmek neredeyse imkânsız hale gelebilir. Bu nedenle Paris–Roubaix’de güç kadar pozisyon alma becerisi, dikkat, cesaret ve doğru zamanda doğru yerde bulunmak da belirleyicidir.

Yarışın bitişi de en az parkuru kadar özeldir. Paris–Roubaix, Roubaix şehrindeki tarihi açık veledromda sona erer. Saatler boyunca toz, çamur ve taş yollarla mücadele eden bisikletçiler, yüzleri neredeyse tanınmayacak kadar kirlenmiş halde veledroma girerler. Yarıştan sonra sporcuların eski tarz açık duşlarda yıkanması, bu yarışın en ikonik görüntülerinden biridir. Daha da ilginç, kazanana klasik bir kupa yerine sembolik olarak bir Arnavut kaldırımı taşı verilir (**Şekil 4**). Bu taş, bisiklet dünyasında belki de en anlamlı ödüllerden biridir. Çünkü Paris–Roubaix’yi kazanmak, yalnızca bir yarış kazanmak değil; yol bisikletinin en sert sınavlarından birinden başarıyla çıkmak anlamına gelir.



Şekil 4: 2026 Paris–Roubaix yarışını kazanan sporcu, simgesel Arnavut kaldırımı taşı ödülünü alır. (https://cyclinguptodate.com/cycling/analysis-why-wout-van-aert-finally-conquered-paris-roubaix-the-3-moments-that-changed-everything-in-2026 [Erişim Tarihi: 17.07.26])

İşte 2011 yılında, ben ilk kez ders çalışmaya ara vermek zorunda kaldım. Çünkü yarış o kadar ilgimi çekmişti ki gözlerimi ekrandan alamıyordum. O gün yol bisikletine bakışım tamamen değişti. Daha önce bana anlamsız gelen bu sporun içinde aslında büyük bir hikâye, kültür, mücadele ve estetik olduğunu fark ettim.

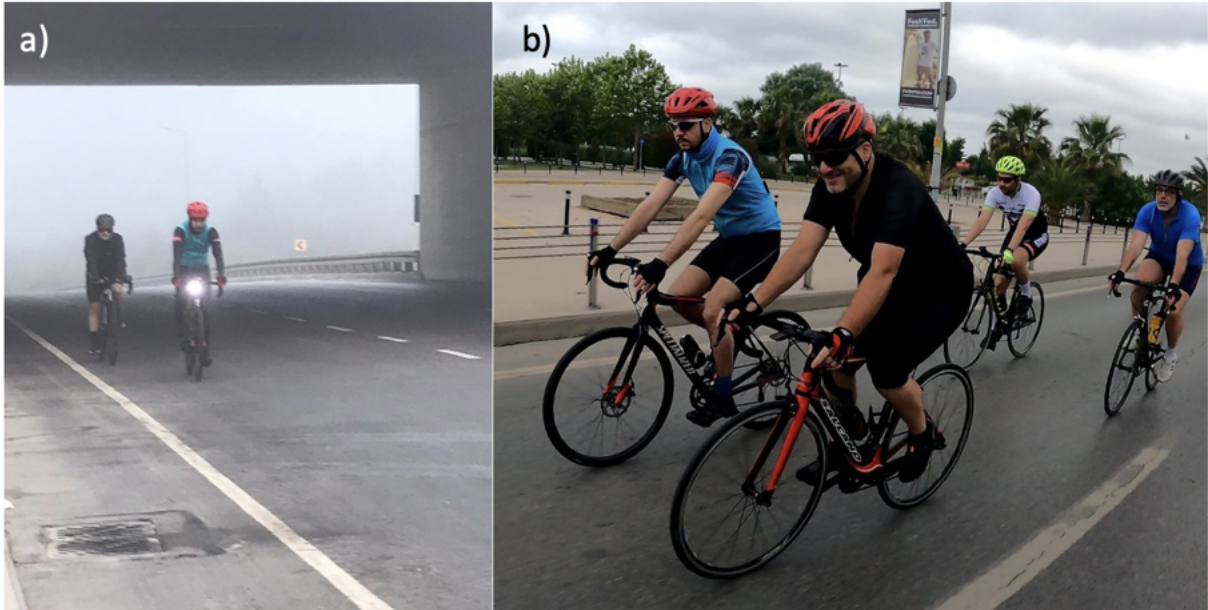
Daha sonra ben de düzenli bir yol bisikleti sporunun takipçisi oldum. Anıtsal tek günlük klasiklerle birlikte üç haftalık büyük turları da izlemeye başladım: İspanya Turu, İtalya Turu ve elbette Fransa Bisiklet Turu. Her yarışın kendine özgü bir karakteri vardı. Kimi yarış tırmanışlarıyla, kimi taktiksel finaliyle, kimi rüzgârıyla, kimi de tarihiyle öne çıkıyordu. Zamanla bisiklet sporunun yalnızca pedal çevirmekten ibaret olmadığını; rota, hava koşulları, takım taktiği, sporcu psikolojisi ve dayanıklılığın birleştiği çok katmanlı bir dünya olduğunu görmeye başladım.

Tabii bu ilginin doğal sonucu olarak bir süre sonra kendi yol bisikletimi almak istedim. Ancak yol bisikletleri, özellikle de iyi modeller, maalesef biraz pahalıydı. Bir süre para biriktirdikten sonra hangi bisikleti alacağıma karar verme zamanı geldi. Tahmin edileceği üzere, tercihimde Paris–Roubaix’nin büyük etkisi oldu. Bir markanın bu yarıştan ilham alarak ürettiği Roubaix modelini seçtim. Böylece benim yol bisikleti maceram da başlamış oldu.

İlk zamanlarda kendi başıma kilitli pedala alışma sürüşleri yaptım. Anadolu Yakası sahil yolunda, bisikletin geometrisine, vites geçişlerine, fren hissine ve yol bisikletinin farklı sürüş karakterine alışmaya çalıştım. Yol bisikleti, şehir bisikleti ya da dağ bisikletinden oldukça farklıdır. Daha agresif bir oturuş pozisyonu, daha ince lastikler, daha yüksek hızlar ve daha doğrudan bir yol hissi vardır. İlk başta bu özellikler biraz tedirgin edici olsa da zamanla bisikletle aranızda özel bir uyum gelişir.

Bir süre sonra Maltepe Cycling Club (MCC) isimli amatör bir kulübe üye oldum. Asıl keyifli sürüşler de bundan sonra başladı. Grup sürüşleri, yol bisikletinin bambaşka bir yönünü gösterir. Tek başınıza sürdüğünüzde yalnızca kendi temponuzu, nefesinizi ve gücünüzü yönetirsiniz. Ancak grup sürüşünde bunlara ek olarak çevrenizi, önünüzdeki bisikletçiyi, arkanızdakini, grubun ritmini ve güvenli mesafeyi de sürekli takip etmeniz gerekir.

Bu sporun verdiği zevki ve disiplini şöyle anlatmaya çalışayım: Hafta içi sabah 04.30'da uyanıyorsunuz. Hazırlanıp saat 05:00'te Bostancı sahilindeki bir kahve dükkânında 100'ün üzerinde bisikletçiyle buluşuyorsunuz. Ardından Tuzla yönüne doğru sürüşe başlıyorsunuz. Siz yola çıktığınızda yaz aylarında bile hava hâlâ karanlık oluyor. Bisikletin üzerinde 30–35 km/s hızla ilerlerken yüzünüzde rüzgârı hissediyor, bir yandan da güneşin doğuşunu izliyorsunuz (**Şekil 5.a ve 5.b**).



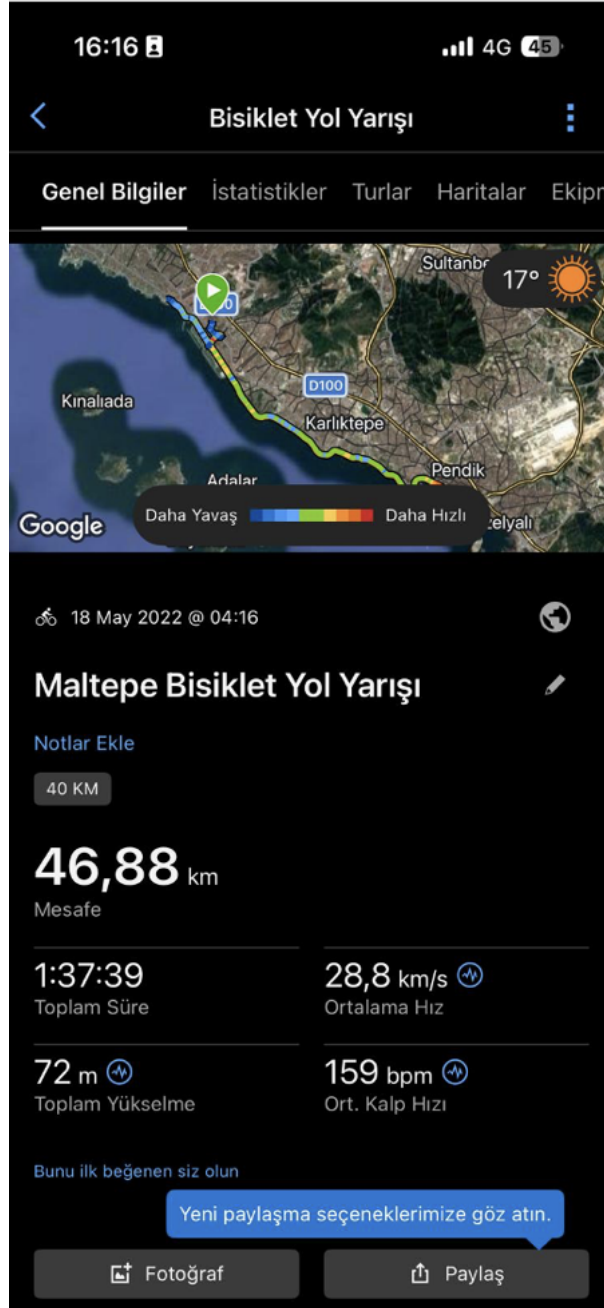
Şekil 5: a) Sisli bir İstanbul sabahı Başibüyük yokuşunu çıkmaya çalışırken. b) Maltepe Cycling Club ile Bostancı-Tuzla hattında gerçekleştirdiğimiz sabah grup sürüşlerinden bir görüntü.

Önünüzdeki bisikletin arka tekerleğiyle aranızda çoğu zaman yalnızca 20–30 santimetre gibi az bir mesafe olduğu için grup sürüşleri ciddi bir dikkat gerektirir. Ani fren yapmamak, çizginizi korumak, el işaretlerini takip etmek, yol bozukluklarını haber vermek ve grubun ritmini bozmamak önemlidir. Bir anlamda herkes kendi pedalını çevirir ama güvenli ve uyumlu bir sürüş için herkes birbirine bağlıdır.

Belki de bu sporun en güzel taraflarından biri budur. O anda zihninizde hayatın günlük stresine dair hiçbir şey kalmaz. İş yoğunluğu, sorumluluklar, yapılacaklar listesi, yetişmesi gereken işler... Hepsi bir süreliğine geri planda kalır. Çünkü bisikletin üzerinde o hızda giderken, dikkatiniz tamamen yola, nefesinize, önünüzdeki tekerleğe ve grubun ritmine odaklanır. Bu, insanın zihnini boşaltan ama aynı zamanda tamamen diri tutan özel bir deneyimdir.

Hafta içi sabah sürüşleri genellikle 40–45 kilometre civarında olur. Saat 07:00 civarında bütün bisikletçiler tekrar Bostancı sahilindeki kahve dükkânında bir araya gelir, günün ilk kahvelerini içer

ve sürüşün kritiği yapılır. Ortalama hız, ortalama nabız, maksimum güç, kadans, rota profili... Tüm veriler değerlendirilir (**Şekil 6**). Yol bisikleti, bu yönüyle de ilgimi çeken bir spordur. Performansın ölçülebilir olması, gelişimin verilerle takip edilebilmesi ve her sürüşten sonra kendinize dair yeni bir şey öğrenmeniz bana çok keyifli geliyor. Sürüş bittikten sonra eve dönüş, duş ve ardından işe gitmek... Bacaklarınız belki biraz yorgun olur ama zihniniz inanılmaz derecede rahatlamış olur. Güne, daha başlamadan önemli bir şey başarmış olmanın verdiği dinginlikle başlarsınız.



Şekil 6: Sürüş sonrası örnek istatistikler.

Bugün yol bisikleti benim için yalnızca bir hobi değil; rüzgârla, yolla, zamanla ve kendimle kurduğum özel bir ilişki. Her sürüş yeni bir rota, her tırmanış yeni bir sınav, her kahve molası küçük bir ödül gibi. Belki de bu sporun en güzel yanı, varılacak yerden çok yolun kendisini değerli kılmasıdır. Çünkü kimi zaman insan en çok yolda olmayı sever.

EĞİTİM, KURS ve TOPLANTILAR

BİLGİ PAYLAŞIM GÜNLERİ

BİLGİ PAYLAŞIM GÜNLERİ - NİSAN 2026

ONLINE

İntrakranyal SRT'de Multidisipliner Yaklaşım; Cihaz Hazırlık ve Klinik Karar

9 NİSAN 2026 / 20:00

TOPLANTI PROGRAMI

20:00 - 20:40
İntrakranyal SRT tedavilerinde temel prensipler ve cihaz hazırlığı
Ali İhsan Atasoy

20:40 - 21:30
İntrakranyal SRT tedavilerinde vaka eğiliminde plan değerlendirme süreçleri
Prof. Dr. Serra Kamer
Dr. Sinan Hoca
Dr. Yelda Elçim
Aslı Sabah
Deniz Karpaz

Webinarımıza kayıt olmak için QR kodu taramanız yeterlidir.



2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin (BPG) V. toplantısı, "İntrakranyal SRT'de Multidisipliner Yaklaşım; Cihaz Hazırlık ve Klinik Karar" başlığı altında gerçekleştirildi. Yoğun ilgi gören toplantıda, değerli moderatörlerimiz **Dr. Yelda Elçim'e**, **Aslı Sabah'a**, **Deniz Karpaz'a** ve değerli konuşmacılarımız **Prof. Dr. Serra Kamer'e**, **Dr. Sinan Hoca'ya** ve **Ali İhsan Atasoy'a** sağladıkları kıymetli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz.

BİLGİ PAYLAŞIM GÜNLERİ - NİSAN 2026

ONLINE

Radyonüklid Tedavi Uygulamalarında Yapay Zeka

16 NİSAN 2026 / 20:00

TOPLANTI PROGRAMI

Konuşmacılar:
Doç. Dr. Nazım Coşkun
Med.Fiz.Uzm. Alptuğ Özer Yüksel

Moderatörler:
Prof. Dr. Fuat Dede
Doç. Dr. Bilal Kovan

Webinarımıza kayıt olmak için QR kodu taramanız yeterlidir.



2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin (BPG) VI. toplantısı, "Radyonüklid Tedavi Uygulamalarında Yapay Zeka" başlığı altında gerçekleştirildi. Nükleer Tıp uygulamaları özelinde yapay zekanın güncel konumu hakkında bilgilerin aktarıldığı toplantıda, kıymetli moderatörlerimiz **Prof. Dr. Fuat Dede'ye**, **Doç. Dr. Bilal Kovan'a** ve değerli konuşmacılarımız **Doç. Dr. Nazım Coşkun'a** ve **Alptuğ Özer Yüksel'e** sağladıkları değerli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz.

2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin **(BPG) VII. toplantısı, "Nükleer Tıpta Hasta Dozimetrisi (Teorik)"** başlığı altında gerçekleştirildi. Katılımın oldukça yüksek olduğu toplantıda, moderatörümüz **Prof. Dr. Yasemin Parlak'a** ve konuşmacımız **Doç. Dr. Bilal Kovan'a** sağladıkları değerli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz

2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin **(BPG) VIII. toplantısı, "Radyoloji'de Kalite Kontrol (Teorik)"** başlığı altında gerçekleştirildi. Radyoloji alanında cihaz kalite kontrolü süreçlerinin konuşulduğu toplantıda, moderatörümüz **Prof. Dr. Ayşegül Yurt'a** ve konuşmacılarımız **Dr. Asena Yalçın'a**, **Dr. Öğr. Üyesi Gizem Şişman'a** ve **Öğr. Gör. Dr. İsmail Fındıklı'ya** sağladıkları değerli bilgiler için teşekkür ederiz.

BİLGİ PAYLAŞIM GÜNLERİ - HAZİRAN 2026

ONLINE

Tedavi Cihazları Hata Kodu Okur Yazarlığı

10 HAZİRAN 2026 / 20:00

TOPLANTI PROGRAMI

20:10 - 20:40 *Medikal fizik uzmanları için Tomotherapy-Radiactiv cihazlarında hata kodu okur yazarlığı*
Furkan Temel

20:40 - 21:00 *Medikal fizik uzmanları için Elekta cihazlarında hata kodu okur yazarlığı*
Tunay Uysal

KONUŞMACI
Furkan Temel
MEDİTEL HEALTHCARE

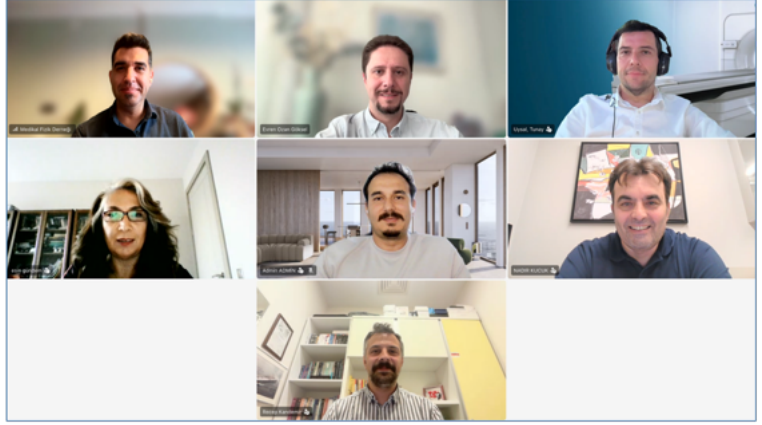
KONUŞMACI
Tunay Uysal
ELEKTA

MODERATÖR
Nadir Küçük
SEÇİLTE MEDİKAL HASTANE
RADIASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

MODERATÖR
Dr. Esin Gündem
SÜLEYMANİYE EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTAHANESİ
RADIASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

MODERATÖR
Dr. Recep Kandemir
ÜSKÜDAR KÜLTÜR HASTAHANESİ
RADIASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

Webinarımıza kayıt olmak için QR kodu taratmayı unutmayınız.



2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin (BPG) IX. Toplantısının 1. Bölümü, "Radyoterapi Tedavi Cihazlarında Hata Kodu Okur Yazarlığı" başlığı altında gerçekleştirildi. Tedavi cihazlarının hata yönetimi konusunda farkındalık oluşturulması için düzenlenen toplantının ilk bölümünde, moderatörlerimiz **Med. Fiz. Uzm. Nadir Küçük'e, Dr. Esin Gündem'e, Dr. Recep Kandemir'e** ve konuşmacılarımız **Furkan Temel'e ve Tunay Uysal'a** sağladıkları değerli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz.

BİLGİ PAYLAŞIM GÜNLERİ - HAZİRAN 2026

ONLINE

Tedavi Cihazları Hata Kodu Okur Yazarlığı - Bölüm II

18 HAZİRAN 2026 / 20:00

TOPLANTI PROGRAMI

20:10 - 20:40 *Medikal fizik uzmanları için Varian cihazlarında hata kodu okur yazarlığı*
Alper Oğuz

KONUŞMACI
Alper Oğuz
VARIAN MEDICAL SYSTEMS
SIEMENS HEALTHINEERS

MODERATÖR
Dr. Esil Kara
ÜSKÜDAR ÇOCUK VE YETİŞKİN HASTAHANESİ
RADIASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

MODERATÖR
Dr. Hasan Uysal
MEDİCANA ANKARA HASTAHANESİ
RADIASYON ONKOLOJİSİ BÖLÜMÜ

Webinarımıza kayıt olmak için QR kodu taratmayı unutmayınız.

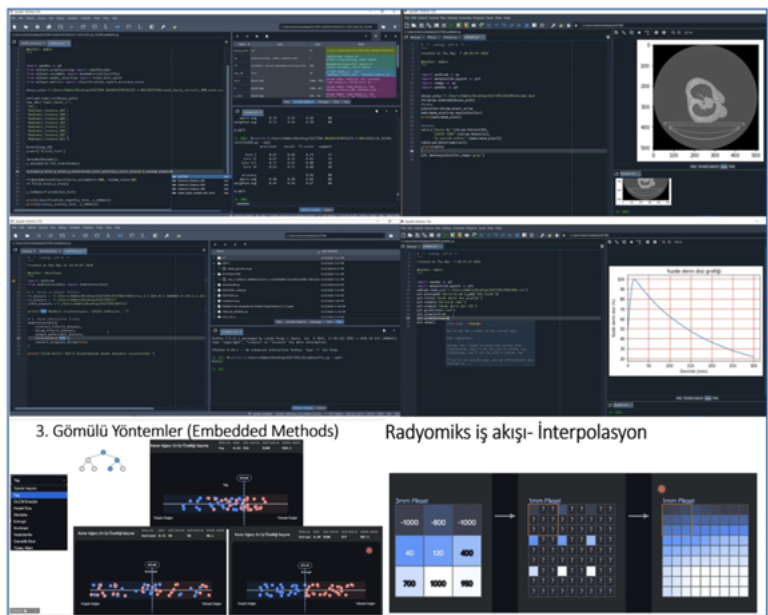


2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin (BPG) IX. Toplantısının 2. Bölümü, "Radyoterapi Tedavi Cihazlarında Hata Kodu Okur Yazarlığı" başlığı altında gerçekleştirildi. Tedavi cihazlarının hata yönetimi konusunda farkındalık oluşturulması için düzenlenen toplantının ikinci bölümünde, moderatörlerimiz **Dr. Esil Kara'ya, Dr. Hasan Uysal'a** ve konuşmacımız **Alper Oğuz'a** sağladıkları değerli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz.



2026 Dönemi Bilgi Paylaşım Günleri'nin (BPG) X. toplantısı, "Radyonükleit Tedavisinde Post-Terapi Dozimetri: Güncel Gelişmeler ve 3. RATIONALE SUMMER SCHOOL'dan İzlenimler" başlığı altında gerçekleştirildi. Meslektaşımızın katılmış olduğu toplantı ile ilgili deneyim paylaşımının konu alındığı BPG'mizde, moderatörümüz **Prof. Dr. Yasemin Parlak**'a ve konuşmacımız **Med. Fiz. Uzm. Can Güneş**'e sağladıkları değerli katkı ve görüşleri için teşekkür ederiz.

ÇEVİRİMİÇİ KURSLAR



Medikal Fizik Derneği'nin 2026 Dönemi Çevrimiçi Kurs serisi altında gerçekleştirilen **Kurs I, "Medikal Fizik Uzmanlarına Yönelik Programlama: Python"** başlığı altında gerçekleştirildi. Kurs kapsamında; **Temeller ve Medikal Fizikçinin Alet Çantası, Veri ile Konuşmak (Dış Veri ve DICOM), Radyomik (Görüntüden Sayıya) ve Yapay Zeka (Karar Destek ve Makine Öğrenmesi)** konu başlıkları temel alınarak meslektaşlarımızın medikal fizik alanında Python programlama dilini nasıl kullanabileceklerine dair kıymetli bilgiler paylaşıldı. Büyük ilgi gören kurs sürecinde **Doç. Dr. Fazlı Yağız Yedekçi**'ye değerli katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Toplantılara katılamayan meslektaşlarımız, dernek web sitesinde bulunan "çevrimiçi toplantılar" sekmesinden üyelik girişlerini yaparak yukarıdaki ve daha bir çok geçmiş online etkinliği çevrimdışı olarak izleyebilirler.

YÜZYÜZE KURSLAR



Medikal Fizik Derneği'nin 2026 Dönemi Yüzyüze Kurs serisinin **ilk kursu**, "**İntrakraniyal Tümörlerin Stereotaktik Tedavisinde (SRS – SRT) Güncel Yaklaşımlar, Teknolojik Gelişmeler ve Vakalar Eşliğinde Planlama Stratejileri**" adı altında gerçekleştirildi. Kranyum içi görece küçük hacimlere sahip tümörlerin günümüz SRS – SRT teknikleri altındaki uygulamalarına yönelik düzenlenen bu kursun gerçekleştirilmesine imkân sağlayan sponsorumuz **Elekta (Türkiye)** firmasına ve değerli bilgilerini bizden esirgemeyen tüm kıymetli hocalarımıza verdikleri emekler ve ayırdıkları değerli zamanları için teşekkür ederiz.



Medikal Fizik Derneği'nin 2026 Dönemi Yüzyüze Kurs serisinin **ikinci kursu** olan "**Nükleer Tıpta Hasta Dozimetrisi**" kursu, **İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı**'nda uygulamalı olarak gerçekleştirildi. Nükleer Tıp bölümünün teranostik uygulamaları kapsamında gerçekleştirilen radyonüklit uygulamalarında hasta dozimetrisi süreçlerinin yönetimine yönelik düzenlenen bu kursun gerçekleştirilmesine olanak sağlayan **İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı**'na ve emeği geçen tüm değerli hocalarımıza verdikleri aydınlatıcı bilgiler ve ayırdıkları kıymetli zamanları için teşekkür ederiz.



Medikal Fizik Derneği'nin 2026 Dönemi Yüzyüze Kurs serisinin **üçüncü kursu** olan **"Yeni Başlayanlar için Dozimetri"** kursu, **Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı**'nda uygulamalı olarak gerçekleştirildi. Mesleki kariyerlerine yeni başlayan veya henüz başlayacak olan meslektaşlarımızın temel radyasyon dozimetrisi hakkında bilgi sahibi olmaları için düzenlenen bu kursun gerçekleştirilmesine imkân sağlayan sponsorlarımız **Meditel Healthcare Group** ve **CNN Klinik** firmalarına, **Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı**'na ve desteklerini esirgemeyen tüm değerli hocalarımıza sağladıkları katkı ve kıymetli zamanları için teşekkür ederiz.



Medikal Fizik Derneği'nin 2026 Dönemi Yüzyüze Kurs serisinin **dördüncü kursu** olan **"Radyoloji'de Kalite Kontrol"** kursu, **İzmir Ekonomi Üniversitesi Medikal Point Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı**'nda uygulamalı olarak gerçekleştirildi. Tanısal görüntüleme alanında gerçekleştirilen kalite kontrol süreçlerine yönelik düzenlenen bu kursun gerçekleştirilmesine olanak sağlayan **İzmir Ekonomi Üniversitesi Medikal Point Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı**'na ve değerli bilgilerini esirgemeyen tüm kıymetli hocalarımıza sağladıkları katkı ve ayırdıkları zamanları için teşekkür ederiz.

İLETİŞİM

Dernek Adresi:

Osmanağa Mah. Serasker Cad. Sönmez Apt. No:35 Daire:3
Kadıköy / İSTANBUL

Bülten Sorumlusu Yazışma Adresi:

Oğuzhan AYRANCIOĞLU
Manavkuyu Mah. 250 Sok. No:23
İzmir Tınaztepe Üniversitesi Galen Hastanesi
Bayraklı / İZMİR
e-mail: [oguzhan.ayrancioglu \[at\] tinaztepe.edu.tr](mailto:oguzhan.ayrancioglu@tinaztepe.edu.tr)

İnternet Sayfası:

web: <https://medikalfizik.org/>
e-mail: [turkmedikalfizikdernegi \[at\] gmail.com](mailto:turkmedikalfizikdernegi@gmail.com)

Banka Hesap No:

T.C. Ziraat Bankası, Şehremini Şubesi:
Medikal Fizik Derneği
IBAN: TR66 0001 0008 6602 0167 1250 01

*Ulusal Medikal Fizik Bülteni Medikal Fizik Derneği Yayınıdır.
© 2026 Medikal Fizik Derneği. Tüm hakları saklıdır.*