

Dijital patoloji ve yapay zekâ

Prof. Dr. İlknur Türkmen



1975 yılında doğdu. Adana Fen Lisesinden ve Hacettepe Üniversitesi İngilizce Tıp Fakültesinden mezun oldu (1999). Patoloji ihtisasını İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesinde tamamladı (2004). Florence Nightingale Hastaneler Grubunda ve Medipol Mega Üniversite Hastanesinde çalıştı. Halen Memorial Hastaneler Grubunda görev yapan Dr. Türkmen'in ilgi alanları jinekopatoloji, dermatopatoloji, dijital patoloji ve kalitedir.

Son birkaç yıl içinde oftalmoloji, radyoloji, dermatoloji ve patoloji gibi bilim dallarında, yapay zekâ (YZ-*artificial intelligence/AI*), algoritmalarının heyecan verici gelişmeleri dikkat çekmiştir. COVID-19 pandemi sürecinde, tüm dünyada değişen "çalışma alışkanlıkları" belki de şimdiye kadar dijital patolojiye (DP) uzak duran kişileri de bu konuda bir kez daha düşünmeye itmiştir. Dijital patolojinin; dijitalize sağlık hizmeti verisi, yapılandırılmış laboratuvar sonuçları, omik verisi ve dijitalize medikal görüntüleri ile birlikte kullanımı ile derin öğrenme (DÖ) gibi makine öğrenmesi (MÖ) algoritmalarının gelişmesi sağlanmıştır.

Dijital Patoloji Sözlüğü

Dijital patoloji: Patoloji preparatlarının dijitalize edilmesi için gerekli sistem ve gereçler ile eşlik eden meta-data, veri depolama, analiz ve altyapıları içeren şemsiye terim.

Tüm lam tarama (whole slide imaging-TLT-WSI): Tüm patolojik lam preparatın, mikroskop görüntüsü kalitesinde dijitalize edilmesi.

Yapay zekâ: İnsan zekâsının simüle eden bilgisayar yazılımları için kullanılan genel tanım.

Makine öğrenmesi: Özel bir hedef için insan yönlendirmesine gerek kalmadan, istatistiksel yöntemler kullanılarak modellerin geliştirilmesini sağlayan YZ alt grubu.

Derin öğrenme: Yapay nöral ağlar kullanılan makine öğrenme yöntemi.

Gözetimli (supervised) öğrenme: Belirli özellikleri tanımlanmış (hasta prognozu, klinik bilgiler gibi) bir eğitim seti (medikal görüntüler gibi) ile veriyi optimize etme esasına dayanır. İşaretlenmiş veri kullanılarak benign ve malign tümör ayrımının yapılması örnek olarak gösterilebilir.

Gözetimsiz (unsupervised) öğrenme: Temel gerçeklik verisi olmadan patern eşleştirme veya küme analizi ile çalışan MÖ. Tümör alt tiplerinin ayrılması örnek olarak gösterilebilir.

Yapay nöral ağ (YNA-artificial neural network/ANN): İnsan beyninin biyolojik nöral ağları ile algılama, iletim ve öğrenme yeteneklerinin bilgisayarlı sistemler ile simüle edilmiş hali.

Altın standart: YZ algoritmaları geliştirilirken "temel gerçeklik"i belirleyen veri. Her zaman en doğru veri olmasa da en yakın tanımlamadır.

Temel gerçeklik (ground truth): Eğitim setine kılavuzluk eden temel verinin işaret, miktar veya kategorisi.

Kara kutu/cam kutu: YNA'ların çalışma mekanizmalarının bilinmemesi "kara kutu" şeklinde tanımlanırken, "input" ve "output" bilgilerinin nasıl ilişkilendirildiğinin bilinmesi "cam kutu" olarak tanımlanmaktadır.

Patolojinin Dijitalizasyonu

Dijital patoloji kısaca ışık mikroskobu altında incelenen patolojik preparatların, dijital görüntüler haline getirilmesi ve

sonrasında mikroskop yerine bilgisayar ekranında incelenmesi olarak tariflenebilir. DP'nin hayatımıza girişi, 1980'lerde "telepatoloji" (uzaktan kumandalı, motorize mikroskop kullanımı ile patolojik incelemenin uzaktan yapılması) ve morfometrik çalışmalar nedeniyle belki daha eskidir. Ancak "TLT-WSI"nin rutin kullanıma girişi ile patoloji rutininde yer bulmasının geçmişi yaklaşık 20 yıldır. İlk çalışmalar, özellik çıkarma (*feature extraction*) temelinde başlamış, ancak YZ, MÖ, DÖ ve YNA görüntü tanıma algoritmaları ile hızlı bir gelişme göstermiştir.

Patolojide DP'nin kullanım alanları, rutin tanı, eğitim, konsültasyon, immünohistokimya değerlendirme ve patern analizi gibi alanlarda kullanılan "görüntü analizi" algoritmaları şeklinde özetlenebilir. Özellikle her geçen gün sıklığı artan kanser olguları, patolojinin bu hastaların tanısı, tedavi seçenekleri, tedavi yanıtlarını belirleyici özelliği, kanser çalışmalarındaki merkezi rolü ve patolog sayısının bu yoğun iş yükünü karşılamakta zorlanması ile birlikte Patologların günlük rutinlerinin kolaylaştırılması için DP pek çok olanak sunmaktadır.

DP ve YZ algoritmalarının kullanımı ile patoloğun görüntü algısının ötesinde olan veya önemi bilinmeyen bazı özellikler (in situ meme kanserinde tümör stromasının özelliği ile tümör derecesinin ilişkilendirilmesi gibi) tanı veya prognozla ilişkilendirilebilmiştir. Ayrıca görüntü analizi algoritmaları, sadece "tanımlanabilir" özellikler ile değil, has-



taya ait tüm klinik verileri ilişkilendirebilmektedir. DP, moleküler çalışmalar ile birleştirilerek elde edilen verilerin YNA'lar üzerinde işlenmesi ile hematoxilen-eozin (HE) kesitler üzerinden prognoz tayini yapılmaktadır. Yani prognozları, moleküler özellikleri bilinen "eğitim setleri" ile eğitilen YNA'lara, eğitim setleri sonrası verilen "test verileri" tanıtıldığında, hastalığın gidişatı, tedavi seçenekleri belirlenebilmektedir. Patolojide günümüzün en güncel ve provokatif sorularından biri belki de şudur: Yapay zekâ patoloğların yerini alacak mı?

Dijital Patoloji ve Yapay Zekâ Patoloji Pratiğini Nasıl Kolaylaştırır/Geliştirir?

Patoloji morfoloji temelli bir bilimdir. Yani görüntüler ve görüntülerin yorumlanması temeline dayanır. Bu nedenle patoloji, görüntü işlenmesi, görüntü analizi, morfometri, morfolojinin YNA'lara öğretilmesi ve sonrasında değerlendirilmesi için "uygun veri seti" içerir. Konsültasyon, patoloji rutininin önemli bir basamağıdır. Tıp bilimi bir ağaca benzetildiğinde, patoloji genellikle; kökleri oluşturan temel bilimler ile dalları oluşturan klinik/cerrahi bilimler arasındaki köprüyü oluşturan gövde olarak resmedilir. Bu nedenle her branşa hizmet veren bir bilim dalı olarak, üst ihtisaslar, alt branşlaşmalar olmazsa olmazdır. Branşlaşmış patoloğların, bir ülkede her hastanede bulundurulması uzak bir hayaldir. DP'nin patoloji rutininde en çok işe yarayacağı, en çok faydayı sağlayacağı alan belki de zaman ve mekân bağımlılığını ortadan kaldırmasıdır. Olmadığı durumda, lam ve blokların, şehirler/ülkeler arası taşınması gerekirken, DP olanakları ile bilgisayar ve internet bağlantısı olan herhangi iki lokasyon arasındaki bağlantının sağlanması, uzman patoloğların her

hastaya ulaşma imkânı ile birlikte, çok büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Bu özellik, Afrika ülkeleri gibi patoloğ eksikliği bulunan lokasyonlarda, hastalara patolojik tanı şansı sağlayabilmektedir. Şu anda yaşamakta olduğumuz pandemi sürecinde de dijital patolojinin gerek hastane mesaisi zorunluluğunu ortadan kaldırması ve enfeksiyon riskinin azaltılması, gerek patoloji personelinin başka alanlarda çalışma gerekliliği nedeniyle, iş verimliliğinin artırılmasına katkısı ile patoloji rutinde hızlı gelişme göstermiştir. Bu süreç, "değişiklikten hoşlanmayan" alışkanlıkları konusunda "tutucu" patoloğların da adaptasyonlarını hızlandırmıştır.

"Tam dijital" patoloji laboratuvarları tüm dünyada az sayıda mevcuttur. Bunu sağlayan merkezlerde; raporlama süresinde düşme, konsültasyonun kolaylaşması, radyoloji ve HBYS'deki veriler ile daha kolay entegrasyon, daha iyi ergonomik çalışma şartları avantaj olarak bildirilmektedir. Az sayıda bildirilen dezavantaj arasında, mitotik figürler ve çeşitli mikroorganizmaların tanınmasında güçlükler yer almaktadır. DP uygulamaları yanı sıra YZ uygulamalarının kullanımı da çalışma verimini artırmaktadır.

DP ve YZ çalışmalarında kullanılan yöntemler çeşitlidir. "*Feature extraction*" yöntemi ile verilerin değerlendirilmesi, patoloğların rutin çalışmalarındaki, morfolojik değerlendirmelerini simüle etmesi ve daha "anlaşılır" olması nedeniyle faydalıdır. Bu yöntemde, hedef soruya cevap ararken, özellikler (hücre şekli, nükleus şekli, boyutu, sitoplazma özellikleri gibi) önceden tanımlanır. DÖ de ise sistemler öncesinde tanımlama yapılmadan, büyük veri setlerinden özellikleri belirlemeyi öğrenir. Supervised (gözetimli) öğrenmede ise işaretli veriler kullanılır, örneğin "tümör/tümör dışı" gibi sınıflama yapılır.

Dijital patoloji kısaca ışık mikroskobu altında incelenen patolojik preparatların, dijital görüntüler haline getirilmesi ve sonrasında mikroskop yerine bilgisayar ekranında incelenmesi olarak tariflenebilir. DP'nin hayatımıza girişi, 1980'lerde "telepatoloji" (uzaktan kumandalı, motorize mikroskop kullanımı ile patolojik incelemenin uzaktan yapılması) ve morfometrik çalışmalar nedeniyle belki daha eskidir. Ancak "TLT-WSI"nın rutin kullanıma girişi ile patoloji rutinde yer bulmasının geçmişi yaklaşık 20 yıldır.

Patoloji rutindeki en önemli özelliklerden biri "gözlemci içi" ve "gözlemciler arası uyum/uyumsuzluk"tur. Bu şu demektir: Bir patoloğın farklı zamanlardaki bakışı veya iki veya daha çok patoloğın bakışı her zaman aynı sonucu vermeyebilir. Bu patolojinin "sübjektif" tarafını yansıtır ve sınırlanması beklenebilir. DP ve YZ algoritmalarının kullanımı ile immunhistokimyasal boyamalar, mitoz sayımları, hatta patern analizi ile tanısal algoritmaların "her bakıda aynı olması" hedeflenmektedir. Bu gelişme-

ler, patoloji rutininin "otomasyonu"nu ve standardizasyonunu sağlaması açısından önem arz etmektedir. Meme, akciğer, deri, prostat gibi pek çok organda kanserin tanınması, normal dokudan ayrılması, prognostik verilerle ilişkilendirilmesi veya aksiller lenf düğümünde kanser hücrelerinin saptanması gibi çeşitli başlıklarda yapılan bazı çalışmalarda, patologlar arası uyuma üstünlük gösteren YZ algoritmaları bildirilmiştir. Bu algoritmaların bazıları hasta prognozunu belirlemede, en az patologlar kadar iyi sonuçlar vermektedir.

Klasik patolojinin çalışma alanlarındaki değişiklikler, YZ uygulamalarını da yönlendirmektedir. Patolojinin klasik hedefleri olan tanı, prognoz ve tedavi yanıtı yanı sıra son yıllarda somatik mutasyonlar, yaşam beklentisi, tedavi hedeflerinin belirlenmesi de YZ uygulamalarının hedefleri arasına girmiştir. Son zamanlarda, moleküler patoloji ile birleştirilerek geliştirilen YZ algoritmaları, patolojinin gerçeği olan tanısız sübjektiviteyi azaltmayı/ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Prostat, meme, kolon, akciğer mide kanserleri gibi pek çok kanser türünde, patoloğun bakışının ötesinde, moleküler alt tip, reseptör ekspresyonu gibi veriler de artık YZ algoritmaları ile rutin kesitlerden öngörülebilir haldedir. Ayrıca pahalı moleküler testler yerine rutin kesitler üzerinden yapılan değerlendirmelerle hasta prognozunun belirlenmesi hatta "akıllı ilaç" hedeflerinin saptanması gibi umut verici ufuklar vadedilmektedir.

Dijital Patoloji ve Yapay Zekânın Patolojide Kullanımının Önündeki Zorluklar

DP yoğun bir bilgi yönetim altyapısı, yüksek veri transfer hızı, büyük veri saklama altyapısına ihtiyaç duymaktadır. Ağ bağlantı genişliği ve internet hızı performansı etkileyen parametrelerdir. Bir tek lamın dijital boyutu 0,5-4GB arasında olabilmektedir. Rutin kullanım ve "tam dijital patoloji laboratuvarı" önündeki en büyük engel, uzun yıllar bu altyapı gerekliliği olmuş, son birkaç yılda veri saklama maliyeti düşmüş ancak hala rutin kullanım için soru işaretleri bulunmaktadır. YZ algoritmalarının geliştirilmesi için gerekli veriye ancak patologların belirlediği alanların "işaretlenmesi" ve sistemlere tanıtılması ile ulaşılabilir. Tüm dünyada patolojinin rutin iş yükü ile birlikte böyle bir yoğun mesai ihtiyacının karşılanması zorluklar-

la birlikte. Kullanıma açık çeşitli "data set"leri mevcut olmakla birlikte bu alanda alınacak yol uzundur.

Her bir organ çok yoğun bir farklılık göstermektedir. Epitel, mezenkim, damar, sinir hücreleri gibi pek çok farklı doku ve hücre tipinin YZ algoritmaları tarafından "tanınması"nda her biri için çok büyük hacimli verilere ihtiyaç vardır. Özellikle bunların "işaretlenmiş" halde, yoğun iş yükü içeren patoloji rutini içinde sunulması zordur. Yapay zekânın patoloji rutininde karşılaşacağı en büyük zorluk belki de patolojinin siyah ve beyazdan ibaret olmaması ve çokça "gri" tona sahip olması diyebiliriz. Çünkü patologlar hastalık tanısı koyarken klinik bilgiyi, "dillendiremedikleri!" özellikleri, ampirik tecrübelerini de kullanırlar. YZ'nin patolojideki kullanımı oldukça yol almış olmasına rağmen mevcut sistemler ağırlıklı olarak tek hedef üzerine çalışmaktadır. Hastalık tanısı ise çok basamaklı bir işlemdir. Bu nedenle, "tanı" hedefi için uzun bir yol ve elbette, çok yoğun bir bilgi ve veri birikimine ihtiyaç vardır. Ayrıca, küçük piksellerdeki manipülasyonlar veya kesitteki kıvrımlar, ezilmiş hücreler, hücre debrileri gibi artefaktlar nedeniyle YZ algoritmaları tarafından yanlışlıkla kanser tanısı verilebileceği tartışılmaktadır.

Bazı "zor" tanılarda yorum önemlidir. Bu özelliği ile YZ'nin ilk yerini alacağı branşlar radyoloji ve patoloji gibi görünse de bunun için bile daha çok zamana ihtiyaç vardır. Ayrıca YZ'nin "doğruluğu"nun teyidi ancak patolog değerlendirmesi ile mümkündür. Bu nedenle, DP ile tam otomasyon belki de hiçbir zaman mümkün olmayacaktır. Patolojinin otomasyonunun sağlayacağı fayda, lenf düğümünde kanser hücrelerinin bulunması ve immunhistokimyasal belirteçlerin sayılması gibi "kolay" işlemlerin DP ve YZ algoritmaları ile yapılması ve "muhakeme gerektiren" ileri bilişsel bir eylem olan "hastalık tanısı" için patologlara daha çok zaman tanınması olabilir. Olasılık değerlendirme, kalite kontrolü ve yasal sorumluluk gibi pek çok konu için tam otomasyon varlığında bile patologların varlığına ihtiyaç olacaktır.

İmmünohistokimyasal incelemelerin, kantitatif değerlendirilmesi ve gözlemler arası standardizasyon YZ uygulamalarının önemli avantajlarından. Ancak farklı laboratuvarlar arasında preanalitik

ve analitik evrelerdeki farklılıklar, inceleme standardını ve YZ algoritmalarının verdiği sonuçları etkilemektedir. DP ve YZ çalışmaları, ağırlıklı olarak retrospektif çalışmalar şeklindedir. Patolojinin rutin işleyişine dahil olmaları ile birlikte, prospektif verilerin toplanması, hastane bilgi yönetim sistemlerine entegrasyonları, klinik veriler ile birleştirilmesi gibi tamamlanması gereken çok "görevi" bulunmaktadır.

YNA'lar patern ve obje tanımda çok başarılı olmakla birlikte, medikal tanıda, tanıya varış algoritması anlaşılır ve tam olarak açıklanabilir olmaması, düşük performansın düzeltilebilir olmaması, insanların bu algoritmalara "güvenme"lerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle YNA'ların "kara kutu" olarak tanımlanmaktadır. "Tanı"ya varan yoldaki rasyonel, milyonlarca matematiksel veri olarak mevcut olmakla birlikte aslında "bilinmemekte ve anlaşılammaktadır" ve şeffaf değildir. Bu özelliği kalite güvencesi önündeki engellerden biridir. Bunu aşmak üzere, algoritmaların; input ve output veriler arasındaki ilişkinin açıklandığı, patoloğa tanıya varmada kullanılan özelliklerin açıklandığı "cam kutu"lara dönüştürülmesi üzerine çalışmalar mevcuttur.

DP ve YZ uygulamalarının "güvenilir" olmasını sağlayacak validasyon çalışmaları, rutin kullanımları için olmazsa olmaz şarttır. Şu anda, tarama cihazları EC-IVDD [*European Commission for in vitro diagnostic (in vitro diagnostic medical device directive (IVDD))*], ve DP yazılımlarıyla YZ algoritmaları ise IVD-MD (*medical devices*) onayı alabilmektedir. Şu anda CE-IVD onaylı firmalar Philips, Roche/Ventana, Leica/Aperio, Hamamatsu, 3DHISTECH'tir. FDA tarafından primer tanıda kullanımı onaylanan iki dijital patoloji sistemi (Philips, Leica/Aperio) mevcuttur. Radyoloji, kardiyojoloji ve dahili tıp bilimlerinde MÖ/YZ algoritmaları da 60'dan fazla FDA onaylı yazılım mevcutken patoloji alanında henüz bulunmamaktadır. Rutin patolojide kullanım için The Galen™ Prostate software (Ibex Medical Analytics, Tel Aviv, Israel), CE-IVD onaylı, tek yazılımdır. Yapılacak çalışmalar ve geliştirilen sistemlerin validasyon çalışmaları önümüzdeki yıllarda DP alanında daha aydınlık bir yol belirleyecektir.

YZ uygulamaları, patoloji rutininde işlemlerde hız, hatada azalma, otomasyonla artmış verimlilik gibi faydalar sağlamanın yanında, arşivleme için alınan

yola rağmen maliyetin hala yüksek olması, yapılan yatırımın geri dönüşün sağlanması, kullanım kolaylığı, rutin işleyişi en iyi şekilde simüle eden sistemlerin oluşturulması gibi alınması gereken yollar mevcuttur. Siber güvenlik ve büyük veri setlerinin kullanıldığı DP çalışmaları da kişisel verinin korunmasını da içeren etik kurallar da YZ ve DP'nin önündeki sınırlamalardandır. Bunu aşmak üzere ilk adım, patolojiye özel bir DICOM (*digital imaging and communications in medicine*) standardı oluşturmak olmalıdır. Nisan 2019 da FDA bu konuda bir tartışma makalesi yayınlamıştır.

Türkiye Özelinde DP ve YZ İçin Fırsatlar ve Önündeki Engeller

Ülkemizdeki her bir bilimsel çalışmanın önünde ortak engeller olduğu aşikârdır. DP belki de bu konuda şanslı olduğumuz bir alan olarak öne çıkmaktadır. Çünkü DP'nin tarihinin yeni olması nedeniyle pek çok diğer çalışma alanının aksine DP'de dünya standartlarının birkaç yıl gerisinde bulunmaktayız. Bu nedenle bu alanda yapılan çalışmaların desteklenmesi bilimsel gelişimimiz açısından önemlidir. Standardizasyon DP için olmazsa olmazdır. Bunun sağlanması, görüntü ve görüntü kalitesi kadar, preanalitik ve analitik aşamaların da standart olması ile sağlanabilir. Doku takibi, kesit kalitesi, boya özellikleri, kapama özellikleri standart olmayan preparatlarla yapılacak DP çalışmaları ile başarılı sonuçlar alınması olası değildir. Sağlık Bakanlığının bu konuda laboratuvar akreditasyonlarını, standardizasyonunu sağlayacak adımlar atması elzemdir.

Sağlık Bakanlığı ödemeleri SUT listeleri dahilinde yapılmaktadır. DP'nin ülkemizdeki en önemli kullanım alanı, az sayıdaki özelleşmiş patoloğun ülkenin her alanına ulaşmasını sağlamak olacaktır. Ancak mevcut mevzuatta, DP ile patolojik inceleme yapmanın bir karşılığı yoktur. Hatta SUT ödemeleri parafin blok ve lamalar temelinde olup, tanıdaki en önemli basamak olan "patolog değerlendirmesi"nin zorluğu ve karmaşıklığı göz ardı edilmiştir. DP dışında, konsültasyon (patoloğun değerlendirilmesi ile paralel şekilde) için belirlenen bedel çok düşük olup belki de patolojinin en zor iş yükünü oluşturan bu başlık biraz gözden kaçmış gibi görünmektedir. Bu konuda Patoloji Dernekleri Federasyonunun talepleri mevcuttur ve mevzuatın düzenlenmesi önemlidir.

Ülkemizde dijitalizasyon önemli hedefler olarak belirlenmekle birlikte, sağlık sektöründe var olan "norm kadro" gerçeği, dijital hedeflerimize ulaşmaya engel bir durumdur. DP ile zaman ve mekân zorluklarını ortadan kaldırsak bile şu anda mevzuatta bir patoloğun, farklı bir şehirdeki hastanede DP ile tanı koyması ve çalışması resmi olarak mümkün değildir. Dijital patolojide gelişmemizi sağlayacak önemli adımlardan biri de tıp fakültelerinde bu konuda eğitimlerin verilmesi olacaktır. Mevcut müfredatlara eklenmesi TEPDAD tarafından önerilen başlıklardan biri olan dijital tıp uygulamaları konusunda tıp fakültelerinin müfredat geliştirmeleri konusunda hızlı adımlar atması bu konudaki farkındalığı artırarak, gelişmeyi sağlayacaktır.

Sonsöz

Gelelim can alıcı soruya: Günün birinde, YZ patologların yerini alabilir mi? Artık bu bilimin "kurgu olmadığı" bir gerçek ama önünde daha uzun bir yol olduğu da açıktır. Patologların yerini alacakları korkusu ile DP ve YZ'dan kaçmaları sonucu pek değiştirmeyecektir. Bunun yerine, hasta yönetimini kolaylaştıracak algoritmaların geliştirilmesi için yapılan çalışmaların patologlar tarafından yönlendirilmesi daha akıllıca görünmektedir. "YZ patologların yerini alacak mı?" sorusunun cevabı için biraz bekleme gerekiyor belki. Ancak bugünden söyleyebileceğimiz net bir bilgi olduğu gerçek: YZ kullanan hekimler, kullanmayanların yerini alacak.

Hayat "denge"nin sağlanması ile mümkündür. DP de konsültasyonu kolaylaştırırken yüz yüze iletişimi azaltacak ve çeşitli medikolegal sorunlarla yüzleşmemize neden olacaktır. Uzaktan erişimi sağlarken "hasta başı" çalışmalarının azalması bazı durumlarda zorluklara neden olabilecektir. DP kullanımını raporlama süresini düşürmekte ancak "tarama süresi"ni çalışma rutinine eklemekte, kalibrasyon gerekliliği ve artefaktların yönetimini gerektirmektedir. YZ algoritmaları, optimizasyon ve otomasyon sağlayarak patologların iş yükünü azaltmakta ama "kara kutu" özellikleri ile güvenilirlikleri sorgulanmaktadır. Lam transferi; immunhistokimya masrafının azalması, raporlama süresinin kısaltılması gibi "maliyet etkin özellikleri"nin yanı sıra yatırım maliyeti, dijital arşiv maliyeti ve mikroskopların tamamen rutinden çıkarılmaması nedeniyle "ma-

liyet yükü"ne neden olmaktadır. DP ve YZ'nin patolojideki kullanımını bu denge belirleyecektir. Ülkemiz özelinde, mevzuat eksiklikleri DP'nin önündeki engeller olarak bulunmaktadır. Dünyayı yakalayabileceğimiz bir alan olan DP'de gelişmemiz, yöntemin yaygın kullanımı ile mümkündür. Bunun için Sağlık Bakanlığının bu konudaki çalışmaları hızlandırılmalı, standardizasyon çalışmaları ile paralel yürütülmeli, patolojik tanı için olmazsa olmaz "patolog değerlendirmesi"nin hak ettiği değeri görmesi sağlanmalıdır.

Teşekkür: Yazının hazırlanmasındaki fikir önerileri için Memorial Sağlık Grubu CEO'su Uğur Genç ve Virasoft Yazılım yöneticileri Gökhan Hatipoğlu ve Samet Ayaltı'ya teşekkür ederim.

Kaynaklar

Abels E, Pantanowitz L, Aeffner F vd. *Computational Pathology Definitions, Best Practices, and Recommendations for Regulatory Guidance: A White Paper From the Digital Pathology Association, J Pathol* 2019 Nov; 249(3):286-294

Acs B, Rantalainen M, Hartman J. *Artificial Intelligence as The Next Step Towards Precision Pathology, J Intern Med*; 2020, 288: 62-81.

García-Rojo, M. *International Clinical Guidelines for the Adoption of Digital Pathology: A review of Technical Aspects. Pathobiol. J. Immunopathol. Mol. Cell. Biol.* 2016;83, 99-109.

<https://www.fda.gov/media/122535/download> US FDA Artificial Intelligence and Machine Learning Discussion Paper (Erişim Tarihi: 19.02.2021)

Jahn SW, Plass M, Monfair F. *Digital Pathology: Advantages, Limitations and Emerging Perspectives. J. Clin. Med.* 2020; 9, 3697-3714

Retamero JA, Aneiros-Fernandez J, del Moral PG. *Complete Digital Pathology for Routine Histopathology Diagnosis in a Multicenter Hospital Network. Arch Pathol Lab Med.* 2020; 144:221-228

Stathonikos N, van Varsseveld NC, Vink A, et al. *Digital pathology in the time of corona. J Clin Pathol* 2020; 73:706-712.

Stathonikos N, Nguyen TQ, Spoto CP, Verdaasdonk MAM & van Diest PJ *Being Fully Digital: Perspective of a Dutch Academic Pathology Laboratory. Histopathology* 2019; 75, 621-635

Steiner DF, Chen PHC, Mermel CH. *Closing the Translation Gap: AI applications in Digital Pathology. BBA - Reviews on Cancer*; 2021; 1875 (1):188452

Tizhoosh HR, Pantanowitz L. *Artificial Intelligence and Digital Pathology: Challenges and Opportunities. J Pathol Inform* 2018; 9:38-38