

# Androlojide yapay zekânın kullanım alanları

## Using areas of artificial intelligence in Andrology

Hakan Görkem Kazıcı<sup>1</sup>, Haluk Erol<sup>2</sup>

### ÖZ

Son yıllarda giderek popüler hale gelen yapay zekâ birçok alanda olduğu gibi tıp alanında da sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Modern tıbbın her alanında olduğu gibi androloji alanında da son yıllarda hastalıkların tanısından tedavisine kadar birçok konuda yapay zekâ ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu derlemede androlojide yapay zekânın kullanım alanları, güncel literatür eşliğinde incelenerek aktarılmaya çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** yapay zekâ, androloji, infertilite, yardımcı üreme teknikleri, robotik cerrahi, erektil disfonksiyon

### ABSTRACT

Artificial intelligence, which has become increasingly popular in recent years, has started to be used frequently in the field of medicine as in many other fields. Artificial intelligence, which has started to be used at many points in every field of modern medicine, has been used in the field of andrology in recent years in many areas from diagnosis to treatment of diseases. In this review, the areas of utility of artificial intelligence in andrology will be examined in the light of current literature.

**Keywords:** artificial intelligence, andrology, infertility, assisted reproductive techniques, robotic surgery, erectile dysfunction

### GİRİŞ

Son yılların en popüler alanlarından biri olan yapay zekâ ilk olarak 1955 yılında yapılmış olan Dartmouth Konferansı sırasında John McCarthy tarafından ortaya atılmış olan bir terimdir.<sup>[1]</sup> Bu terimin ilk ortaya atılmasından bu yana geçen yaklaşık 70 yıllık süreçte insana ait olan öğrenme, karar verme, yargılama ve dil kullanımı gibi süreçlerin makineler, robotlar ve bilgisayarlar tarafından kullanılmasına imkân sağlayan uygulamalar bu terim ile tanımlanmıştır.<sup>[2]</sup>

Günümüz teknolojisinde artık birçok alanda yapay zekâ kullanılmaktadır. Yapay zekâ özellikle navigasyon ve haritalama sistemleri, yüz ve ses tanıyıcı programlar, otonom araçlar ve savunma/savaş sanayisi gibi birçok alanda oldukça önemli bir yer tutmaktadır.<sup>[3]</sup> Hekimlik gibi ancak bilgi ve tecrübenin harmanlanması ile hastaların yönetilmesinin mümkün olduğu bir meslekte, hekimlerin önündeki en büyük kısıtlayıcı olan zaman faktörünü ortadan

kaldırabilmesinden ötürü, yapay zekâ tıp alanında giderek daha da önemli hale gelmektedir.<sup>[4]</sup> Yapay zekâ algoritmaları kısa zamanda çok geniş ölçekli verileri analiz edebilme yetisine sahiptir. Örneğin meslek yaşantısında 40 yıllık bir deneyime sahip bir radyoloji hekimi 200.000 civarında bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) incelemiş olabileceken, günümüzdeki yapay zekâ algoritmaları bu bilgilerin tümüne sadece saniyeler içerisinde ulaşmakta ve analiz edebilmektedir.<sup>[5]</sup>

Tıp alanındaki çalışmalarda yapay zekâ sıklıkla karşılaşılabilecek bir anahtar kelime haline gelmiştir. Temmuz 2023'te yaklaşık 10 gün arayla yapılan iki Pubmed taraması arasında yapay zekâ ile ilgili yaklaşık 1000 adet yeni makalenin yayımlanmış olması bu konunun güncelliğini ve önemini göstermektedir.<sup>[6]</sup> Biz de bu yazımızda yapay zekânın androloji ile olan ilişkisini ortaya koyarak, androlojik uygulamalarda yapay zekânın kullanımıyla ilgili literatürdeki güncel bilgileri aktarmaya çalışacağız.

### YAPAY ZEKÂ TÜRLERİ

Yapay zekâ, temelde insana atfedilen zekâ türlerine ait görevlerin bilgisayarlar tarafından yerine getirildiği programlardır. Temelde insanı taklit eden bu programlar insan ve makineler arasında kurulmuş bir ortaklık olarak da anlandırılmaktadır.<sup>[7]</sup>

<sup>1</sup>Kızıltepe Devlet Hastanesi Üroloji Kliniği, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye

#### Yazışma Adresi/ Correspondence:

Uzm. Dr. Hakan Görkem Kazıcı  
Midyat Caddesi Altınşehir Sitesi C1a Blok Kat 2 Daire 9 Artuklu - Mardin, Türkiye  
Tel: +90 555 815 62 37  
E-mail: hgkazici@yahoo.com

**Geliş/ Received:** 26.11.2023

**Kabul/ Accepted:** 11.12.2023

Kısaca yapay zekâ uygulamalarının kullandığı en yaygın türler şunlardır:

**Image processing (görüntü işleme):** Temelde görüntülerin işlenip daha iyi bir model oluşturulmasında kullanılan bir tekniktir. Resimlerin işlenmesi sonucu elde etmek istenilen resim/görüntünün yapay zekâ tarafından ortaya konmasını sağlar.

**Computer vision (bilgisayar görüşü):** Bir görüntünün tanımlanıp daha iyi bir sonuç verebilmek adına makine tarafından görüntünün yorumlanabilmesinin sağlanmasıdır.

**Artificial neural network (yapay sinir ağı):** Bir grup farklı girdi ve çıktı arasında doğrusal olmayan ilişki kümesinin anlamlandırılabilmesi için istatistiksel veri modelleme araçlarını kullanan matematiksel bir modeldir. İnsan beynini taklit eden bu yöntemde kullanılan algoritma ile elde edilen çıktılar arasında tekrar tekrar benzer algoritmalar kullanılır ve kesin sonuca ulaşılır.

**Machine learning (makine öğrenimi):** Bu kavram makinenin elde ettiği yeni bilgileri kullanarak yaptığı işlem ve hesaplamaları değiştirme özelliği olarak tanımlanabilir. Yani makine yeni öğrendiği bilgileri işleyerek bunlardan yeni sonuçlar oluşturabilir, yeni bilgiler üretebilir.

**Convolutional neural network (evrimsel sinir ağı):** Girdideki görüntünün işlenip görüntünün sınıflandırılmasını sağlayan ve böylece görüntünün ayrıştırılıp gerekli kısımlarının çevreden ayrılarak değerlendirilebildiği bir tekniktir.

**Deep learning (derin öğrenme):** Bu teknik yapay zekânın birden fazla veriyi aynı anda değerlendirerek bu verilerden bir sonuca ulaşmasını, sonrasında ulaşılan sonucun farklı katmanlarda sırasıyla işlenip aşamalı olarak bir çıktı oluşturulmasını sağlar<sup>[4]</sup>.

## GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİNDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIMI

Yapay zekâ uygulamaları görüntüleme yöntemlerinde özellikle prediktif olarak kullanılmaktadır. Ultrasonografi (USG), MRG ve BT birçok ürolojik hastalıkta sıkça başvurulan yöntemler olmakla birlikte androlojik vakalarda görüntüleme yöntemleriyle yapay zekâ kullanımı konusunda çok fazla çalışma yoktur.

De Santi ve ark. USG'de ölçülen testis doku ekojenitesiyle spermatogenez ve steroidogenez süreçlerinin öngörülebilirliğini araştırmıştır. Çalışmalarında USG'deki verilerden elde edilen radyomik doku özelliklerinin hem

spermatogenez hem de hipofizer gonadotropin etkisini gösterdiğine dair veriler elde etmişlerdir. Öte yandan testosteron seviyesi üzerinde bir öngörü yapılamamıştır.<sup>[8]</sup> Li ve ark. erektil disfonksiyonlu hastalardaki serebral değişiklikleri yapay zekâ destekli bir MRG kullanarak inceleyerek erektil disfonksiyona sahip kişileri ayırt etmeyi başarmışlardır.<sup>[9]</sup> Androlojik hastalıklarda BT'nin yapay zekâ ile birlikte kullanımına dair henüz yeterli bir bulgu yoktur ancak yapay zekâyla entegre edilmiş BT, daha az radyasyon ile daha iyi görüntü elde edilmesini sağlayabilir.<sup>[1]</sup>

## ERKEK İNFERTİLİTESİNDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIMI

Spermatozoa ilk kez Antoni van Leeuwenhoek tarafından 1677'de mikroskop altında görülmüş ve insan sıvısı içinde başı ve kuyruğu olan, hareket eden hayvancıklar (animacules) olarak tanımlanmıştır.<sup>[10]</sup> Aradan geçen 350 yıl içerisinde spermeler büyük oranda halen o günkü tanımda bahsedilen parametrelerin kalitesiyle sınıflandırılmaya devam edilmektedir. O dönemle aradaki temel fark ise sperm özelliklerinin saptanmasında eskiden sadece mikroskop düzeyinde olan teknolojinin, günümüzde önce bilgisayarlar sonra da yapay zekâ sayesinde oldukça ileri gitmiş olmasıdır.

İnfertilite dünyada milyonlarca insanı etkileyen, çiftlerin yaklaşık %15'lik kısmında görülen bir durum olup infertilitede etiyolojik nedenlerin %50'si erkek kaynaklıdır. Her yıl dünyada milyarlarca dolarlık kaynağın yardımcı üreme tekniklerine (YÜT) ayrıldığı da bilinmektedir.<sup>[11]</sup> İntrasitoplazmik sperm enjeksiyonu (ICSI) uygulanırken sperm seçiminde DNA fragmentasyonu, morfoloji ve hareketlilik gibi parametreler incelenmekte ve bu pahalı uygulamada hâlâ sperm seçimi yüz binlerce sperm arasından manuel olarak embriyolog tarafından yapılmaktadır.<sup>[12]</sup> Bu durum sperm seçiminde uygulayıcının subjektif görüşünün ön planda olmasına ve dünya genelinde bir standardizasyonun sağlanamamasına neden olmaktadır. Bunun yanında tüm teknolojik gelişmelere rağmen YÜT kullanılarak elde edilen embriyolardan sadece %30 civarında canlı doğuma ulaşılmaktadır. Bu da YÜT başarısının artışı için geliştirilmesi gereken birçok eksik nokta olduğunu göstermektedir. Şüphesiz ki spermelerin yapay zekâ kullanılarak daha doğru tanımlanması ve en yüksek implantasyon potansiyeline sahip olan sperm için seçilmesi işlem başarısının da artmasını sağlayacaktır.<sup>[13]</sup>

Sperm morfolojisini incelemek için Thirumalaraju ve ark. android tabanlı bir program ile akıllı telefonların mikroskop gibi kullanılarak evde sperm kalitesinin ölçülebilirliğini

araştırmışlar ve morfolojik olarak kaliteli spermlerin %88,5 oranında ayırt edilebildiğini gözlemlemişlerdir. Böylece yapay zekâ ile desteklenmiş telefon programlarının sperm analizi açısından evde tarama testi olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.<sup>[14]</sup> Aynı ekip bir başka çalışmada ise teknisyenler tarafından manuel olarak incelenip morfolojik olarak tarif edilen spermlerin yapay zekâ tarafından %89 oranında doğru tanımlanabildiğini göstermiştir.<sup>[15]</sup> Kanakasabathy ve ark. ise yine akıllı telefon temelli bir uygulamayla manuel semen analizi ölçümleriyle %98 oranında uyumlu semen analizi sonuçları elde etmişlerdir. Yapay zekâ yardımıyla uygulanan bu testin, klasik yöntemin aksine yıkama ve likefikasyon gibi işlemlerin hiç birine gerek duymadan işlenmemiş sperm örneğinden sadece beş saniyelik bir sürede sonuç vermesi de yapay zekâ ile gereksiz zaman ve para kaybının önüne geçilebileceğini göstermiştir.<sup>[16]</sup>

Sperm kalitesi için incelenmesi gereken bir diğer parametre DNA kalitesidir. Konvansiyonel tekniklerde ICSI uygulaması öncesi seçilen sperm hekim tarafından hareket oranı ve görünümüne bakılarak daha sağlıklı olduğu öngörülen spermler arasından yapılır. Ancak sperm morfolojisinin DNA içeriğinin kalitesiyle ilişkisi hâlâ bilinmemektedir. Wang ve ark. özel bir ışık altında DNA fragmantasyon endeksi (DFİ) saptanan spermlerin mikroskopik görüntülerini derin öğrenme algoritmalarına dayalı bir programa aktararak DFİ'nin bu görüntülerden ölçülebileceğine dair veriler elde etmişlerdir. Çalışmalarında sperm başı daireselliğinin DFİ ile en ilişkili veri olduğunu saptamışlar ve oluşturdukları algoritmayla bir spermi %85 oranında iyi veya kötü olarak sınıflandırabilmişlerdir.<sup>[17]</sup> McCallum ve ark. da DFİ oranı bilinen spermlerle evrimsel sinir ağı kullanarak yaptıkları çalışmada sperm dış görüntüsünün, DFİ ile orta düzeyde korelasyona sahip olduğunu belirtmişlerdir.<sup>[18]</sup> Morfolojik bulgulardan hareketle tek bir sperm DFİ bilgisine ulaşılabilmesi, ICSI gibi tek bir sperm yüz binlerce sperm arasından seçilerek kullanıldığı tekniklerde önemli başarı artışı sağlayabilir.

Sperm kalitesinde bir diğer parametre ise sperm hareketliliğidir. 40 yıldır üroloji pratiğinde olan bilgisayar destekli sperm analizi (CASA) tekniği sperm başının yer değiştirme genliği, ortalama yol ve eğrisel hız gibi veriler ile genel sperm hareketliliği hakkında bilgi sahibi olmada kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem yüksek volümlü örneklerdeki genel değerlendirme için etkin olmasına rağmen tek sperm incelemesi açısından uygun değildir.<sup>[19]</sup> Ayrıca sperm aglutinasyonu ve arka plan debrisleri nedeniyle CASA'dan elde edilen verilerin güvenilirliğinin tartışmalı olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur.<sup>[19]</sup> Goodson ve ark. CASA'yı makine öğrenimi temelli bir teknik olan vektör makine

modellemesi ile yapay zekâya entegre ederek tanımladıkları CASAnova isimli program ile 2817 spermi in vitro kapasite sırasında incelemiş ve her bir sperm hareketliliğini progresif, orta hızlı, hiperaktif, yavaş ve zayıf olmak üzere beş grup arasında %89 oranında doğru şekilde sınıflandırmayı başarmıştır.<sup>[20]</sup>

İntrasitoplazmik sperm enjeksiyonu (ICSI) planlanan hastalarda sperm seçimi klasik metotta floresan mikroskop altında yapılır. Ancak bu işlem sırasında oksidatif hasarlı spermler ayırt edilemez. Bu nedenle bilinmeyerek oksidatif hasarlı sperm kullanımı ICSI başarısının düşme sebeplerindedir. Dubey ve ark. yapay zekâ ile entegre olarak geliştirdikleri kantitatif faz mikroskopunda spermlerin üç boyutlu morfolojik görüntülerini daha net saptamışlar, oksidatif stresin sperm motilitesini azalttığını göstermişler ve oksidatif stres nedeniyle hasar görmüş spermleri normal olanlardan ayırabilmişlerdir. Bu durum ICSI öncesi seçilen sperm oksidatif strese maruz kalmamış sağlıklı spermler arasından seçilmesini sağlayarak işlem başarısını artırabilir.<sup>[21]</sup>

Badura ve ark. sperm örneği veren kişilere sosyal alışkanlıkları üzerinden oluşturdukları 11 soruluk bir anket uygulamışlardır. Alkol, sigara, kafein kullanımı, yaşanan yer, yaş, çalışma koşullarında spermatogeneze olumsuz etkisi olan etken maruziyeti gibi başlıkların sorgulandığı anket yapay zekâ yardımıyla değerlendirildiğinde, bireylerin semen profilini %85,71 oranında doğru tahmin edilebilmiştir.<sup>[22]</sup> Gil ve ark. da benzer bir çalışma yaparak üç farklı yapay zekâ modellemesini kullanarak kişilerin alışkanlık ve yaşam tarzlarını inceleyerek %86 oranında doğru semen parametre tahmini yapmışlardır.<sup>[23]</sup> Yaşam tarzı ve çevresel faktörlerin semen profiline etkisinin yapay zekâ ile bu şekilde ortaya koyulması ilerleyen dönemlerde infertiliteyi önleyici tedavilerin ortaya konmasında etkili olabilir.

## ANDROLOJİK CERRAHİDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIMI

Günümüzde yapay zekânın en çok dâhil olduğu cerrahi alan olan robot yardımcı cerrahi, uygulayıcı cerrah sayısının da artmasıyla tıbbın her alanında giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Özellikle uygulayıcıdan kaynaklanan el titreme sorununun ortadan kaldırılması, operasyon sırasında yardımcı cerrah ihtiyacının azalması, büyütülmüş ve netleştirilmiş üç boyutlu görüntü sağlanabilmesi gibi avantajlarıyla robot yardımcı cerrahi androlojide vasovasotomi/vazektomi reversal, varikoselektomi, testiküler sperm ekstraksiyonu (TESE) ve spermatik kord denervasyonu gibi operasyonlarda kullanılmaktadır.<sup>[24]</sup> Robot yardımcı

cerrahinin konvansiyonel yöntemlere göre süre ve sonuç açısından da daha iyi olduğuna dair veriler mevcuttur. Parekatil ve ark. klasik mikroskop yardımcı vasovasostomi ile robot yardımcı vasovasostomi karşılaştırdıkları bir çalışmada robot yardımcı tekniğin hem süre hem de postoperatif semen parametreleri açısından daha iyi sonuçlara sahip olduğunu göstermişler, robot yardımcı cerrahinin klasik mikroskop yardımcı tekniğe göre hem ergonomik açıdan hem de süturasyon kolaylığı açısından daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir.<sup>[25]</sup>

McCullough ve ark. robot yardımcı varikoselektomi ilgili en geniş vaka serisini paylaşmışlar ve postoperatif sperm konsantrasyonu, total testosteron miktarı ve testiküler hacimde anlamlı artış olduğunu göstererek robot kullanımının klasik tekniklere iyi bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir.<sup>[26]</sup> Öte yandan robotik cerrahide 10–20 vaka arası tecrübeye sahip bir cerrahın klasik mikroskopik tekniklere göre daha hızlı olduğu ve robotik mikrocerrahi öğrenim eğrisinin daha kısa olduğu da belirtilmektedir.<sup>[27]</sup> Zeadna ve ark. mikro-TESE uyguladıkları non-obsturiktif azospermik hastaların verilerini makine öğrenimi modeli bir yapay zekâ uygulamasıyla retrospektif olarak incelemiştir. Yapay zekâ, mikro-TESE öncesindeki hastaların laboratuvar ve klinik verileriyle hastalarda spermatozoa varlığını veya yokluğunu yüksek oranda doğru tahmin etmeyi (AUC 0,8) başarmıştır.<sup>[28]</sup> Ory ve ark. varikoselektomi öncesi veriler ile postoperatif sonuçları öngörmek için makine öğrenimi modeli geliştirmiş ve retrospektif bir çalışma yapmışlardır. Klinik ve laboratuvar verileri ile iyileşme olasılığı yüksek, belirsiz ve düşük şeklinde üç grup halinde sınıflandırılan hastalarda iyileşme oranı yüksek olan grupta %87, belirsiz grupta %49 ve düşük grupta %36 olacak şekilde postoperatif başarıyı tahmin etmişler ve genel olarak doğru şekilde yapay zekâ yardımı ile kişiselleştirilmiş preoperatif tahmin (AUC 0,72) yapmayı başarmışlardır.<sup>[29]</sup>

## EREKTİL DİSFONKSİYONDA YAPAY ZEKÂNIN KULLANIMI

Erektile disfonksiyon cinsel ilişki için yeterli penil sertliğin sağlanamaması veya sürdürülememesi olarak tanımlanır. Dünya genelinde erektil disfonksiyonlu hasta sayısının birkaç yıl içinde 320 milyonun üzerine çıkacağı öngörülmektedir.<sup>[30]</sup> Erkek kaynaklı olmasına rağmen partner ile yapılan bir aktivitenin kalitesinin azalması hatta hiç yapılamaması nedeniyle, erektil disfonksiyon hasta sayısının çok daha üzerinde kişinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bu kadar büyük bir popülasyonu etkilediği için erektil disfonksiyonla ilişkili bilgisayar destekli çalışmalar uzun yıllardır yapılmaktadır. Kellner ve ark.

erektil disfonksiyonlu hastaları sağlıklı bireylerden ayırmak için korpus kavernozaum elektromiyogramı uygulamışlar ve yapay sinir ağı destekli bir program kullanarak bireyleri %80,15 oranında başarıyla sınıflandırmışlardır.<sup>[31]</sup> Elhanbly ve ark. noktürnal penil ereksiyon sırasında RigiScan kullanarak yaptıkları çalışmada venöz kaynaklı erektil disfonksiyonları %83,7 oranında doğru şekilde arteriyel kaynaklı erektil disfonksiyondan ayırmayı başarmışlardır.<sup>[32]</sup>

Son yıllarda yapay zekânın daha da gelişmesiyle erektil disfonksiyonu öngören bazı yapay zekâ algoritmaları geliştirilmiştir. Chen ve ark. hastaların yaş, komorbidite ve onlarla ilişkili diğer değişkenleri sorguladıkları 41 soruluk bir form üzerinden retrospektif olarak erektil disfonksiyonu olan ve olmayan kişiler üzerinde yaptıkları çalışmada oluşturdukları yapay zekâ modelinde %74,72 – %76,65 doğruluk oranında erektil disfonksiyon varlığını tahmin etmeyi başarmıştır.<sup>[33]</sup>

Jang ve ark. geliştirdikleri bir yapay zekâ modelini sıvı kromatografi-tandem kütle spektrometrisi ile entegre ederek bazı destek ürünlerine yasadışı olarak eklenen fosfodiesteraz tip 5 inhibitörleri ve türevlerini bu ürünlerin içeriğinde saptamayı başarmışlardır. Bu modelleme ile içerik şüphesi duyulan erektil disfonksiyon ilaçları incelenebilecektir.<sup>[34]</sup>

Li ve ark. yapay zekâ destekli bir MRG kullanarak venöz erektil disfonksiyonlu hastalarda beynin bazı bölgelerindeki hacimsel değişiklikler saptamayı başarmışlardır. Bu değişikliklerin semptomlar ve hastalık süresi ile de ilişkili olabileceği göstererek hastaları %96,7 doğrulukla kontrol grubundan ayırt etmeyi başarmışlardır.<sup>[9]</sup> Khanna ve ark. farklı erektil disfonksiyon derecesine sahip hastaların karotid arter duvarı görüntülemelerini makine öğrenimi ve derin öğrenme ile oluşturdukları yapay zekâ programına yükleyerek bu hastalarda kardiyovasküler hastalık ve inme riski değerlendirmesi yapmışlardır.<sup>[35]</sup> Bu tür yapay zekâ programları erektil disfonksiyonun sadece ürolojik değil sistematik değerlendirilmesi ile olası olumsuz sonuçlara karşı önlem alabilmek açısından da oldukça değerli sonuçlar sunmaktadır.

## PRIAPİZMDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIMI

Priapizm dört saatten daha uzun süren, cinsel aktivite ile ilişkisi olmayan kalıcı ereksiyon olarak tanımlanır. Özellikle vakaların %95'lik bir kısmını oluşturan iskemik priapizm kavernoza dokuda hızlı gelişen nekrotik bir sürece neden olabileceği için tedavisinin de hızlı bir şekilde düzenlenmesi gerekir.<sup>[36]</sup> Literatürde priapizm ile yapay zekânın birlikte incelendiği tek bir çalışma vardır. Masterson

ve ark. yaptıkları retrospektif çalışmada iskemik priapizm tablosuyla hastaneye başvuran kişilerin demografik bilgilerini, etiyolojik faktörleri, müdahale öncesi priapizm süresi ni ve priapizmi sonlandırmak için uygulanan müdahaleleri makine öğrenimi temelli bir modelin kullanıldığı bir yapay zekâ programında incelemişlerdir. Çalışmada intrakavernözal enjeksiyonun yetersiz kalarak cerrahi şanta gereksinim duyulan vakaları tahmin etmek için geliştirilen model ile %87,2 gibi yüksek bir oranda cerrahi şant ihtiyacı olan vakaların diğerlerinden ayırt edilebildiği görülmüştür.<sup>[37]</sup>

## SONUÇ

Yapay zekâ son yıllarda hayatımızın her alanında kendine yer bulan, her alanda olduğu gibi tıp alanında da önümüzdeki yıllara yön verecek en önemli gelişmelerden biridir. Teknolojik gelişmelerle birlikte androlojide yapay zekâ, hastalıkların tanımlanmasından tedavisine kadar her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Geliştirilecek yapay zekâ temelli yeni cihaz ve programlar ile yapay zekânın önümüzdeki yıllarda günlük androlojik pratiğimizde daha fazla yer alması beklenmektedir. Bu süreçte özellikle teknoloji ile daha iç içe olan genç ürologlar ve halen üroloji eğitimi alan asistanlar yapay zekâ ile ilgili çalışmalara daha kolay entegre olabilirler, henüz yapay zekâ ile ilgili çalışma yapılmamış olan peyronie hastalığı gibi önemli diğer ürolojik konuların da yapay zekâ ile ilişkilendirilmesinde etkin rol alabilirler ve androlojide yapay zekâ kullanımını daha da ön plana taşıyabilirler. Androloji alanında yapay zekâ kullanımını şu an için daha çok konunun uzmanlarına zaman ve değerlendirme keskinliği kazandıran ve uzmanların tıbbi becerisini artıran nitelikte olduğundan bu yazıda yapay zekânın etik ve sosyolojik risklerine yer verilmemişse de, bu risklerin varlığını yok saymamak daha uygun olacaktır.

### Hakem Değerlendirmesi

Dış bağımsız

### Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmişlerdir.

### Finansal Destek

Herhangi bir mali destek alınmamıştır.

### Peer-review

Externally peer-reviewed.

### Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

### Financial Disclosure

No financial disclosure was received.

## KAYNAKLAR

1. Ghayda RA, Cannarella R, Calogero AE, Shah R, Rambhatla A, Zohdy W, et al. Artificial intelligence in andrology: from semen analysis to image diagnostics. *World J Mens Health*. 2023; [CrossRef]
2. Zhang C, Lu Y. Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *J Ind Inf Integr [Internet]*. 2021;23:100224. [CrossRef]
3. Medenica S, Zivanovic D, Batkoska L, Marinelli S, Basile G, Perino A, et al. The future is coming: artificial intelligence in the treatment of infertility could improve assisted reproduction outcomes-the value of regulatory frameworks. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2022;12(12):2979. [CrossRef]
4. Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim Invasive Ther Allied Technol [Internet]*. 2019;28(2):73–81. [CrossRef]
5. Yokota H, Goto M, Bamba C, Kiba M, Yamada K. Reading efficiency can be improved by minor modification of assigned duties;a pilot study on a small team of general radiologists. *Jpn J Radiol*. 2017;35(5):262–8. [CrossRef]
6. Paulson RJ. Artificial intelligence in medicine: it is neither new, nor frightening. *F&S Reports [Internet]*. 2023;4(3):239–40. [CrossRef]
7. Zaninovic N, Elemento O, Rosenwaks Z. Artificial intelligence: its applications in reproductive medicine and the assisted reproductive technologies. *Fertil Steril*. 2019;112(1):28–30. [CrossRef]
8. De Santi B, Spaggiari G, Granata AR, Romeo M, Molinari F, Simoni M, Santi D. From subjective to objective: a pilot study on testicular radiomics analysis as a measure of gonadal function. *Andrology*. 2022;10(3):505–17. [CrossRef]
9. Li L, Fan W, Li J, Li Q, Wang J, Fan Y, et al. Abnormal brain structure as a potential biomarker for venous erectile dysfunction: evidence from multimodal MRI and machine learning. *Eur Radiol*. 2018;28(9):3789–800. [CrossRef]
10. Amann RP, Waberski D. Computer-assisted sperm analysis (CASA): capabilities and potential developments. *Theriogenology*. 2014;81(1):3–5. [CrossRef]
11. Gök M, Kazıcı HG, Tuzcu G, Şahin G, Kol A, Ateş E. İdiopatik oligoastenospemili erkeklerde testiküler shear wave elastografi değerlendirilmesi;Prospektif, kontrollü çalışma. *Androloji Bül*. 2022;180–5. [CrossRef]
12. Cherouveim P, Velmahos C, Bormann CL. Artificial intelligence for sperm selection-a systematic review. *Fertil Steril*. 2023;120(1):24–31. [CrossRef]
13. Riegler MA, Stensen MH, Witczak O, Andersen JM, Hicks SA, Hammer HL, et al. Artificial intelligence in the fertility clinic: status, pitfalls and possibilities. *Hum Reprod*. 2021;36(9):2429–42. [CrossRef]
14. Thirumalaraju P, Kanakasabapathy MK, Bormann CL, Kandula H, Pavan SKS, Yarravarapu D, et al. Human sperm morphology analysis using smartphone microscopy and deep learning. *Fertil Steril [Internet]*. 2019; [CrossRef]
15. Thirumalaraju P, Bormann CL, Kanakasabapathy MK, Doshi F, Souter I, Dimitriadis I, et al. Automated sperm morphology testing using artificial intelligence. *Fertil Steril*. 2018;110:e432. [CrossRef]
16. Kanakasabapathy MK, Sadasivam M, Singh A, Preston C, Thirumalaraju P, Venkataraman M, Shafiee H. An automated smartphone-based diagnostic assay for point-of-care semen analysis. *Sci Transl Med*. 2017;9(382). [CrossRef]
17. Wang Y, Riordon J, Kong T, Xu Y, Nguyen B, Zhong J, et al. Prediction of DNA Integrity from morphological parameters using a single-sperm DNA fragmentation index assay. *Adv Sci (Weinheim, Baden-Württemberg, Ger)*. 2019;6(15):1900712. [CrossRef]
18. McCallum C, Riordon J, Wang Y, Kong T, You JB, Sanner S, et al. Deep learning-based selection of human sperm with high DNA integrity. *Commun Biol*. 2019;2:250. [CrossRef]

19. Mortimer ST, van der Horst G, Mortimer D. The future of computer-aided sperm analysis. *Asian J Androl.* 2015;17(4):545–53. [\[CrossRef\]](#)
20. Goodson SG, White S, Stevans AM, Bhat S, Kao C-Y, Jaworski S, et al. CASAnova: a multiclass support vector machine model for the classification of human sperm motility patterns. *Biol Reprod.* 2017;97(5):698–708. [\[CrossRef\]](#)
21. Dubey V, Popova D, Ahmad A, Acharya G, Basnet P, Mehta DS, Ahluwalia BS. Author Correction: Partially spatially coherent digital holographic microscopy and machine learning for quantitative analysis of human spermatozoa under oxidative stress condition. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–10. [\[CrossRef\]](#)
22. Badura A, Marzec-Wroblewska U, Kaminski P, Lakota P, Ludwikowski G, Szymanski M, et al. Prediction of semen quality using artificial neural network. *J Appl Biomed.* 2019;17(3):167–74. [\[CrossRef\]](#)
23. Gil D, Girela JL, De Juan J, Gomez-Torres MJ, Johnsson M. Predicting seminal quality with artificial intelligence methods. *Expert Syst Appl [Internet].* 2012;39(16):12564–73. [\[CrossRef\]](#)
24. Darves-Bornoz A, Panken E, Brannigan RE, Halpern JA. Robotic surgery for male infertility. *Urol Clin North Am.* 2021;48(1):127–35. [\[CrossRef\]](#)
25. Parekattil SJ, Atalah HN, Cohen MS. Video technique for human robot-assisted microsurgical vasovasostomy. *J Endourol.* 2010;24(4):511–4. [\[CrossRef\]](#)
26. McCullough A, Elebyjian L, Ellen J, Mechlin C. A retrospective review of single-institution outcomes with robotic-assisted microsurgical varicocelectomy. *Asian J Androl.* 2018;20(2):189–94. [\[CrossRef\]](#)
27. Chan P, Parekattil SJ, Goldstein M, Lipshultz LI, Kavoussi P, McCullough A, Sigman M. Pros and cons of robotic microsurgery as an appropriate approach to male reproductive surgery for vasectomy reversal and varicocele repair. Vol. 110, *Fertility and sterility.* United States; b2018. pp. 816–23. [\[CrossRef\]](#)
28. Zeadna A, Khateeb N, Rokach L, Lior Y, Har-Vardi I, Harlev A, et al. Prediction of sperm extraction in non-obstructive azoospermia patients: a machine-learning perspective. *Hum Reprod.* 2020;35(7):1505–14. [\[CrossRef\]](#)
29. Ory J, Tradewell MB, Blankstein U, Lima TF, Nackeeran S, Gonzalez DC, et al. Artificial intelligence based machine learning models predict sperm parameter upgrading after varicocele repair: a multi-institutional analysis. *World J Mens Health.* 2022;40(4):618–26. [\[CrossRef\]](#)
30. Xiong Y, Zhang Y, Zhang F, Wu C, Qin F, Yuan J. Applications of artificial intelligence in the diagnosis and prediction of erectile dysfunction: a narrative review. *Int J Impot Res.* 2023;35(2):95–102. [\[CrossRef\]](#)
31. Kellner B, Stief CG, Hinrichs H, Hartung C. Computerized classification of corpus cavernosum electromyogram signals by the use of discriminant analysis and artificial neural networks to support diagnosis of erectile dysfunction. *Urol Res.* 2000;28(1):6–13. [\[CrossRef\]](#)
32. Elhanbly S, Elkholy A. Nocturnal penile erections: the role of RigiScan in the diagnosis of vascular erectile dysfunction. *J Sex Med.* 2012;9(12):3219–26. [\[CrossRef\]](#)
33. Chen Y-F, Lin C-S, Hong C-F, Lee D-J, Sun C, Lin H-H. Design of a clinical decision support system for predicting erectile dysfunction in men using NHIRD dataset. *IEEE J Biomed Heal Informatics.* 2019;23(5):2127–37. [\[CrossRef\]](#)
34. Jang I, Lee J-U, Lee J-M, Kim BH, Moon B, Hong J, Oh HB. LC-MS/MS software for screening unknown erectile dysfunction drugs and analogues: artificial neural network classification, peak-count scoring, simple similarity search, and hybrid similarity search algorithms. *Anal Chem.* 2019;91(14):9119–28. [\[CrossRef\]](#)
35. Khanna NN, Maindarkar M, Saxena A, Ahluwalia P, Paul S, Srivastava SK, et al. Cardiovascular/stroke risk assessment in patients with erectile dysfunction—a role of carotid wall arterial imaging and plaque tissue characterization using artificial intelligence paradigm: a narrative review. *Diagnostics (Basel).* 2022;12(5). [\[CrossRef\]](#)
36. Ericson C, Baird B, Broderick GA. Management of priapism: 2021 Update. *Urol Clin North Am.* 2021;48(4):565–76. [\[CrossRef\]](#)
37. Masterson TA, Parmar M, Tradewell MB, Nackeeran S, Rainer Q, Blachman-Braun R, et al. Using artificial intelligence to predict surgical shunts in men with ischemic priapism. *J Urol.* 2020;204(5):1033–8. [\[CrossRef\]](#)