

Ortopedi ve Travmatolojide Yapay Zeka Uygulamaları

Artificial Intelligence Applications In Orthopaedics & Traumatology

Salih BEYAZ*¹, Şahika Betül YAYLI²

ÖZ

Ortopedide yapay zeka konusunda yayınlanan çalışmalara bakıldığında röntgen grafisinden kırık tanıma ve eklem dejenerasyon sınıflandırma sistemleri oldukça popülerdir. Bu durumun başlıca nedeni ortopedistlerin çoğu zaman bu hastalıkların tanısında sadece röntgen grafisine bakarak karar vermeleridir. Ayrıca röntgen grafisinin manyetik rezonans görüntüleme ve bilgisayarlı tomografi görüntülerine kıyasla daha kolay işlenmesidir. Yapılan çalışmalar geliştirilen algoritmaların verdiği kararlarda ortopedist olmayan hekimlerden daha iyi ve neredeyse bir ortopedik cerraha yakınlıkta tanı koyma potansiyeli göstermektedir. Yapay zeka uygulamaları sadece görüntü odaklı tanı koyma alanında değil, preop değerlendirmede, postop takip süreçlerinin yönetiminde, hasta memnuniyetinin artırılmasında ve maliyet etkin kişisel çözümler sunarak kaynakların daha verimli kullanılmasında gelecek vaad etmektedir. Yakın gelecekte doğal dil işleme tekniklerinin de etkin hale gelmesiyle hastayı dinleyen, raporları yorumlayan sistemlerin de hayatımıza girmesi olasıdır.

Anahtar kelimeler: Yapay zeka, Doğal dil işleme, Ortopedi ve travmatoloji, Karar destek sistemi

Received/Geliş : 7.03.2021

Accepted/Kabul: 21.03.2021

Publication date: 15.04.2021

Salih BEYAZ

Başkent Üniversitesi, Adana
Dr. Turgut Noyan Uygulama ve
Araştırma Merkezi,
Adana, Turkey,
sbeyaz@baskent.edu.tr
ORCID:0000-0002-5788-5116

Şahika Betül YAYLI

Turkcell Teknoloji, Yapay Zeka &
Dijital Analitik Çözümler, İstanbul,
Turkey,
ORCID:0000-0001-5057-8634

ABSTRACT

The published studies about artificial intelligence in orthopedics show that fracture recognition and joint degeneration classification systems from X-ray are very popular. The main reason for this situation is that orthopedists often decide to only look at the x-ray in the diagnosis of these diseases. In addition, the easier processing of X-ray radiography compared to magnetic resonance imaging and computed tomography images increases the interest in these issues. Studies show the potential of making a diagnosis better than non-orthopedic physicians and almost closer to an orthopedic surgeon in the developed algorithms' decisions. Artificial intelligence applications are promising in image-oriented diagnosis, in preoperative evaluation, management of postoperative follow-up processes, increasing patient satisfaction and providing cost-effective personal solutions, making the use of resources more efficient. In the near future, with the use of natural language processing techniques systems that listen to the patient and interpret the reports may also enter our lives.

Keywords: Artificial intelligence, Natural language processing, Orthopedics and traumatology, Decision support system

Giriş

Alan Turing 1951 yılında Mind dergisinde yayınladığı makalesinde "Makineler düşünebilir mi?" sorusuyla modern anlamdaki yapay zekanın temellerini atarken, 2017 yılında ActaOrthopædica dergisi editörü Berg (1) "Düşünebilen makineler ortopedik görüntüleme devrim yaratacak mı?" diye sordu. Olzack ve arkadaşları, (2) derginin aynı sayısında yayınlanan makalelerinde makinelerin travma radyografilerinin okunmasında ortopedist ile yarışacak derecede iyi sonuçlar elde ettiğini bildirdi. Günümüzde yapay zekanın ortopedi alanında başlıca kullanım alanları; radyolojik görüntülerin işlenmesi, doğal dil işleme ve cerrahi karar destek sistemleridir.

Görüntü işleme

Görüntü işleme temelli yapay zeka uygulamaları radyoloji alanında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri üzerine yoğunlaşırken, ortopedi ve travmatoloji alanında daha çok röntgen grafileri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu durumun başlıca nedeni çekilen grafinin yorumlanmasının ve tedavi planının yapılmasının çoğu zaman tetkiki isteyen ortopedist tarafından yapılmasıdır. Grafiyi yorumlayan ortopedistlerin aldığı eğitim ve mesleki tecrübe, tedavilerde farklılıklara neden olabilmektedir. Bu duruma gözlemciler arası ve gözlemci içi güvenilirlik adı verilir. Gözlemciler arası güvenilirlik aynı grafiye bakan farklı gözlemcilerin farklı tedavi seçenekleri önermesi, gözlemci içi güvenilirlik ise aynı gözlemcinin aynı görüntüyü farklı zamanlarda farklı yorum sunması olarak açıklanmaktadır (3). Bu durum cerrahi-konservatif tedavi ayrımında, cerrahi yaklaşımlarda ve tedavi maliyetlerinde farklılıklara neden olmaktadır. Yapay zeka uygulamalarını temel hedeflerinden biri de yoruma ve tecrübeye dayalı karar verme mekanizmalarında standardizasyonun sağlanmasıdır. Görüntü işleme temelli yapayzeka yaklaşımları, sayısı önceden belirlenecek patolojik ve normal görüntülerin tecrübeli gözlemciler tarafından etiketlenerek sistemin eğitilmesi esasına dayanır. Üzerinde çalışılacak konuda yeterli görüntünün elde edilebiliyor olması gerekir. Ayrıca öncelikli konuların belirlenmesinde problemin yaygınlığı, maliyeti ve çözümü durumunda elde edilecek faydanın (para, zaman) büyüklüğüdür. Popülasyonun giderek yaşlanmasına bağlı olarak iki büyük ortopedik problem yıllar içerisinde giderek artacağı ön görülmektedir (4). Bu sorunlar proksimal femur kırıkları ve dejeneratif eklem sorunlarıdır. Her iki sorunun da çözümü için maliyeti yüksek cerrahi tedavilerin gelecek 20 yıl içinde sayısının artacak olması araştırmacıların en büyük motivasyonudur.

Her iki konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde iki tip makale karşımıza çıkmaktadır. Birinci tip makalelerde yazarlar geliştirdikleri yaklaşımları kendi test datalarındaki başarılarını ortaya koymaktadır. Beyaz ve arkadaşları (5) kendi geliştirdikleri derin öğrenme tekniğini ve genetik algoritma ile destekleyerek femur boyun kırığı tanıma çalışmasında %83 lük bir başarı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Norman ve arkadaşları (6) DenseNet kullanarak yaptıkları gonartroz tanıma ve sınıflandırma çalışmasında sensitivite oranlarını sırayla evre 1, evre 2, evre 3 ve evre 4 te %83.7, %70.2, %68.9 ve %86 olarak bunun yanında spesifite oranlarını ise yine aynı sırayla %81.6, %83.8, %97.1 ve %99.1 olarak saptamıştır. Literatürdeki diğer bir çalışma türü ise eğitilen algoritmaların doktorla kıyaslandığı çalışmalardır. Lindsey ve arkadaşları (7) 135,409 grafi ile eğittikleri el bileği kırığı tanıma karar destek sistemini ortopedist olmayan 40 doktor ile karşılaştırmış, algortimanın klinisyenlerin tanı koyma sensitivitesini %80.8'den %91.5'e, spesifitelerini ise %87.5'den %93.9'e çıkardığını saptamıştır. Böylece geliştirilen algoritmalarla birlikte

bu doktorların tanı koymadaki başarısının bir ortopedi asistanı seviyesine çıktığını ortaya koymuşlardır (7). Urakawa ve arkadaşları (8) geliştirdikleri intertrokanterik kalça kırığı tanıma algoritmasını beş ortopedik cerrah ile kıyaslamış, sonuçları birbirine oldukça yakın olarak bulmuşlardır. Çalışmada, geliştirilen algoritmanın ortopediste ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda güvenilir bir tanı metodu olduğunu göstermişlerdir. Bu makalelerin ortak noktası, üzerinde çalıştıkları görüntülerin iki boyutlu röntgen grafileri olmasıdır. Çoğu zaman ortopedistler her iki hastalıkta da röntgen grafilere bakarak cerrahi karar verir. Bu açıdan çalışmalar elde edilmesi ve işlenmesi MRG ve BT görüntülerine kıyasla daha kolay olan röntgen grafisi üzerine yoğunlaşmıştır. MRG, BT, Pozitron Emisyon Tomografi (PET) gibi diğer görüntü modaliteleri ile yapılan çalışmalar da giderek artmaktadır.

Görüntü işleme teknikleri nadir görülen hastalıklarda da kullanımına yönelik çalışmalar mevcuttur. Zlodsek ve arkadaşları (9) röntgen grafilere tipik femur kırıklarının tanısına yönelik yaptıkları çalışmada %94 güvenilirlik oranına ulaşmışlardır. Atipik femur kırıklarının erken tanısı tedavide büyük kolaylık sağlayarak, hasta konforunu artırıp komplikasyon oranını azaltmaktadır. Derin öğrenme veya makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak görüntü üzerinde yapılan diğer çalışma konuları vertebral patoloji incelemeleri, kemik yaşı tespiti, optimal girişim lokalizasyonun belirlenmesi, ön çapraz bağ-arka çapraz bağ konumunun çevre dokulardan ayırt edilmesi, kemik-kıkırdak segmentasyonunun yapılması şeklinde sıralanabilir. (10)

Doğal dil işleme

Doğal dil işleme veya orijinal ismiyle Natural Language Processing (NLP), insanlar arasında konuşulan dil unsurlarının yapay zeka tarafından algılanarak, çözümlenmesi ve anlamlandırılmasıdır. Bonotratvert ve arkadaşları (11) total diz artroplastisi sonrası hasta yorumlarından hasta memnuniyetini saptamaya çalışmışlardır. Elde ettikleri verilerle, bu yorumların hastalara sunulan hizmetin geliştirilmesinde kullanılabileceği öngörüsünde bulunmuşlardır. Thirukumaran ve arkadaşları (12) ise tıbbi kayıtlara uygulanan doğal dil işleme metodları ile ortopedik cerrahi sonrası enfeksiyonunu %97 doğrulukla saptanabildiğini ortaya koyarak, bu yaklaşımın cerrahi saha enfeksiyonunun önlenmesinde faydalı olabileceğini göstermiştir. Wyles ve arkadaşları (13) ise total kalça artroplastisi yapılan hastaların ameliyat notlarından cerrahlar tarafından belirtilmiş olan unsurları incelemişlerdir. Cerrahi yaklaşıma, tespit yöntemine kullanılan implant tipini anlamlandırmayı amaçlayan algoritma geliştirmişlerdir. Elde ettikleri verileri ile manuel olarak oluşturdukları çizelgelerle kıyaslamış, geliştirdikleri algoritmanın, cerrahi yaklaşım tipini %99.2, fiksasyon tekniğini %90.7, kullanılan implant tipini ise %95.2 doğrulukla saptadığını bildirmişlerdir. Bu tekniğin klinik araştırmalarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Kolanau ve arkadaşları ise radyoloji raporlarında kırık ve kırık ile ilişkili terimleri saptayan bir yazılım (XTRAIT) geliştirip bunu geleneksel yöntemlerle kıyaslamışlardır. Kırık riski daha fazla olan hastaları saptamaya yönelik yaptıkları çalışmada yazılımın insana kıyasla kırık riskini saptamada 3 kat daha başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır (14).

Doğal dil işleme çalışmalarının önemli bir yanı da literatür taramasını hastaya spesifikleştirerek yapmayı mümkün hale getirmesidir. Tıp literatüründeki bilgi birikimi her geçen yıl katlanarak artmaya devam etmektedir ve doktorların uzmanlık alanlarındaki yeni çalışmaların tümünü takip edebilmesi giderek olanaksızlaş-

Ortopedi ve Yapay Zekâ

maktadır. Bu kadar bilgi birikimi içinde hastanın özelliklerine en uygun tedaviyi belirlemek yani tedaviyi kişiselleştirmek giderek zorlaşmaktadır. Doğal dil işlemenin bu sorunu aşmakta yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Cerrahi karar destek sistemi

1970 yılında New England Medical Journal'da yayınlanan makalesinde Willam B. Schwarts "Bilişim teknolojilerinin gelecekte etkilerini artırarak hekimin entelektüel işlevlerinin yerini alacağı" öngörüsünde bulunmuştur (15). Cerrahi karar destek sistemlerinin temel amacı, insanın yorumlayabileceğinden daha fazla datayı işleyerek, tedavide hem hastaya hem de doktora yol göstermektir. Ameliyat öncesi dönemde risklerin belirlenerek optimal şartların sağlanmasını, cerrahi sırasında hastaya özel çözüm stratejilerinin geliştirilmesini ameliyat sonrası dönemde ise komplikasyonların ortaya çıkmadan öngörülerek önlenmesini sağlar (16). Geleneksel tahmine dayalı analitik sistemler ile kıyaslandığında yapay zeka tabanlı cerrahi karar destek sistemlerinin postoperatif dönemde daha fazla hasta memnuniyeti, kaynakların daha verimli kullanılması, önyargıların önlenmesinde ve öngörülebilir hataların önüne geçilmesinde oldukça başarılıdır (16).

31.304 hastanın yer aldığı sistematik derlemede yapay zeka tabanlı karar destek sistemleri ile tedavileri konusunda daha aktif rol oynadıklarını ve daha fazla bilgi sahibi olduklarını ortaya koymuştur (17). Kim ve arkadaşları (18) posteriorlomber füzyonu takiben hastaların mortalite, venöztromboemboli, kardiyak komplikasyon ve yara ile ilişkili komplikasyonlarını öngörmeye yönelik yaptıkları çalışmada bu komplikasyonlar için ASA standardını yakalamıştır. Benzer bir çalışmada da Pereira ve arkadaşları (19) üç farklı metodlametastatikvertebra hastalıklarında mortalite riskini hesaplamış, bir yöntemlerinin (nomogram) 30 gün, 90 gün ve 365 günlük yaşam beklentisi öngörüsünde klasik skorlama algoritmalarından daha iyi olduğunu göstermişlerdir. PathFx ise metastatik kemik hastalıklarının kişiselleştirilmiş tedavisi için geliştirilmiş bir araçtır ve tedavi seçeneklerinin kararını vermek konusunda çeşitli popülasyonlar üzerinde yapılan testlerden başarıyla geçmiştir (20-21). Fontana ve arkadaşları (22) total eklem artroplastisinin 2 yıllık sonucunu tahmin etmek için geliştirdikleri algoritmayla çok yüksek bir başarı elde edemelerine karşın, programın gelecek vadettiğini bildirmişlerdir. Bunun gibi karar destek araçları sayesinde hastaya en uygun tedavi seçeneğini belirleyebilmek ve daha da önemlisi komplikasyon oranlarının azalmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca doktorların hastayı değerlendirirken ve karar verirken önyargılarından da sıyrılmasını kolaylaştıracak, daha optimize karar sistemlerinin oluşması sağlanacaktır (23). Geliştirilmeye çalışılan karar destek sistemlerinin temel amaçlarından biri doktorların klinikte zamanını daha verimli geçirecek, hasta muayenesine daha çok zaman ayırabilmesine ve karar için daha geniş zamana sahip olmasına olanak sağlamaktır (24).

Sonuç

Yapay zeka uygulamaları tıbbın her alanında olduğu gibi ortopedi alanına da yeni bir bakış açısı getirmekte, tanıdan tedaviye, operasyon öncesi endikasyonu belirlemeden, prognoz öngörülerine kadar birçok alanda ortopedistlerin karar vermelerini kolaylaştırıcı bir unsur olmaktadır. Hasta açısından bakıldığında ise her bireyin eşit ve en etkili tedaviye ulaşmasının sağlanmasının yanında, komplikasyonların ortaya çıkmadan engellenmesini sağlamaktadır. Teorik olarak elde edilen başarıların, pratik uygu-

lamaya geçirilmesi için ciddi hukuki düzenlemelere ihtiyaç vardır. En büyük sorunlardan biri, doktor farklı bir karar verdiğinde sorumluluğu kimin üstleneceğidir. Bu nedenle yakın gelecekte hayatımıza girecek karar destek sistemlerinin, tanı ve tedavi sürecine insan bağımsız karar vermeleri için zamana ihtiyaç vardır.

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Yazar Katkıları

Motivasyon / Konsept: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Çalışma Tasarımı: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Kontrol / Gözetim: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Veri Toplanması ve / veya İşlemesi: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Analiz ve / veya Yorum: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Literatür inceleme: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Makalenin Yazılması: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Eleştirel İnceleme: Beyaz S., Yaylı Ş.B.

Kaynaklar

- 1- Berg, Hans E. WillIntelligent Machine Learning RevolutionizeOrthopedicImaging? ActaOrthopaedica. 2017;88(6), 577–577. DOI: 10.1080/17453674.2017.1387732.
- 2- Olczak, J.,Fahlberg N., Maki A, et al. ArtificialIntelligenceforAnalyzingOrthopedicTraumaRadiographs. ActaOrthopaedica. 2017;88(6):581-586. DOI: 10.1080/17453674.2017.1344459
- 3-Audigé, Laurent, et al. How ReliableAreReliabilityStudies of FractureClassifications? A SystematicReview of TheirMethodologies. ActaOrthopaedicaScandinavica. 2004;75(2) 184–194. DOI: 10.1080/00016470412331294445.
- 4- Jeana,Z.,Elainea, D., Danielc, PA. et.al. Osteoporosisepidemiologyusinginternationalcohorts, CurrentOpinion in Rheumatology: 2020;32(4)-387-393 DOI: 10.1097/BOR.0000000000000722
- 5- Beyaz, S.,Acici K., Sumer E. FemoralNeckFractureDetection in X-Ray Images Using Deep Learning and GeneticAlgorithmApproaches. JointDiseases and RelatedSurgery. 2020;31(2)175–183. DOI: 10.5606/ehc.2020.72163.
- 6-Norman B.,Pedoia V., Noworolski A., et al. Applyingdensely-connectedconvolutionalneuralnetworksforstagingosteoarthritis-severityfromplainradiographs. J DigitImaging 2019;32(03):471–477. DOI: 10.1007/s10278-018-0098-3
- 7-Lindsey R.,Daluisi A., Chopra S., et al. DeepNeural Network ImprovesFractureDetectionbyClinicians. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018, vol. 115, no. 45, 11591–11596. DOI: 10.1073/pnas.1806905115
- 8-Urakawa T.,Tanaka Y., Goto S., et al. DetectingIntertrochantericHipFractureswithOrthopedist-Level Accuracy Using a DeepConvolutionalNeural Network. SkeletalRadiology, 2019 Feb;48(2):239-244.DOI:10.1007/s00256-018-3016-3.
- 9-Zdolsek G, Chen Y., Bögl HP, et al. Deepneuralnetworkswithpromisingdiagnosticaccuracyfor the classification of atypicalfemoralfractions, ActaOrthopaedica 2021, DOI: 10.1080/17453674.2021.1891512
- 10- Cabitza, F.,Locoro, A., Banfi, G. Machine learning in orthopedics: A literaturereview. Front BioengBiotechnol. 2018 Jun27;6:75. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00075
- 11-Bovonratwet P, Shen TS, Islam W, Ast MP, Haas SB, Su EP. Natural Language Processing of Patient-ExperienceCommentsAfterPrimary Total KneeArthroplasty. J Arthroplasty. 2021;36(3):927-934. DOI:10.1016/j.arth.2020.09.055

- 12-Thirukumar CP, Zaman A, Rubery PT, et al. Natural Language Processing for the Identification of Surgical Site Infections in Orthopaedics. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(24):2167-2174. DOI:10.2106/JBJS.19.00661
- 13-Wyles CC, Tibbo ME, Fu S, et al. Use of Natural Language Processing Algorithms to Identify Common Data Elements in Operative Notes for Total Hip Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(21):1931-1938. DOI:10.2106/JBJS.19.0007
- 14-Kolanu N, Brown AS, Beech A, Center JR, White CP. Natural language processing of radiology reports for the identification of patients with fracture. *Arch Osteoporos.* 2021 Jan 6;16(1):6. doi: 10.1007/s11657-020-00859-5.
- 15-Schwartz WB. Medicine and the computer: the promise and problems of change. *N Engl J Med.* 1970;283(23):1257-1264. doi:10.1056/NEJM197012032832305
- 16-Loftus TJ, Tighe PJ, Filiberto AC, et al. Artificial Intelligence and Surgical Decision-making. *JAMA Surg.* 2020;155(2):148-158. doi:10.1001/jamasurg.2019.4917
- 17-Stacey D, Légaré F, Lewis K, et al. Decision aids for people facing health treatment or screening decisions. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;4: CD001431. doi:10.1002/14651858.CD001431.pub5
- 18- Kim JS., Merril RK., Arvind V., et al. Examining the Ability of Artificial Neural Networks Machine Learning Models to Accurately Predict Complications Following Posterior Lumbar Spine Fusion. *Spine.* 2018 Jun 15;43(12):853-860. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002442.
- 19-Pereira NRP, Janssen, SJ., Dijk, EV., et al. Development of a prognostic survival algorithm for patients with metastatic spine disease. *J Bone Joint Surg Am.* 2016 Nov 2;98(21):1767-1776. DOI: 10.2106/JBJS.15.00975
- 20-Piccioli, Andrea, et al. How Do We Estimate Survival? External Validation of a Tool for Survival Estimation in Patients with Metastatic Bone Disease—Decision Analysis and Comparison of Three International Patient Populations. *BMC Cancer.* 2015 May 22;15:424. DOI: 10.1186/s12885-015-1396-5
- 21- Forsberg, J. A., Wedin, R., Boland, P. J. et al. Can we estimate short- and intermediate-term survival in patients undergoing surgery for metastatic bone disease? *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(4):1252-1261. DOI: 10.1007/s11999-016-5187-3
- 22-Fontana, MA., Lyman S., Sarker GK., et al. Can Machine Learning Algorithms Predict Which Patients Will Achieve Minimally Clinically Important Differences From Total Joint Arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res.* 2019 Jun;477(6):1267-1279. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000687
- 23-Cilla, Myriam, et al. Machine Learning Techniques for the Optimization of Joint Replacements: Application to a Short-Stem Hip Implant. *PLoS One.* 2017 Sep 5;12(9):e0183755. DOI: 10.1371/journal.pone.0183755.
- 24-Oosterhoff JHF, Doornberg JN; Machine Learning Consortium. Artificial intelligence in orthopaedics: false hope or not? A narrative review along the line of Gartner's hype cycle. *EFORT Open Rev.* 2020 Oct 26;5(10):593-603. DOI: 10.1302/2058-5241.5.190092