



Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi mecmuası

Cilt-Volume: 75 Özel Sayı-Supplement: 1 Aralık-December 2022

Davetli Derlemeler / Invited Papers

- Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Tıp Uygulamaları
- Açık Kaynak Veri Seti ile Eğitilen Yapay Zekâ Modellerinin Klinik Ortamdaki Performans Analizi
- Endokrinolojide Yapay Zeka Uygulamaları
- Patolojide Yapay Zeka: Dost mu? Düşman mı?
- Kardiyolojide Yapay Zeka Uygulamaları
- Yapay Zeka ve Anestezi
- Radyasyon Onkolojisinde Yapay Zeka
- Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları
- Psikiyatrik Bozukluklarda Yapay Zeka Uygulamaları
- Nadir Hastalıklarda Yapay Zeka Uygulamaları

Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Artificial Intelligence Applications in Dentistry

© Revan Birke Koca Ünsal¹, © Kaan Orhan^{2,3,4}

¹Girne Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

³Ankara Üniversitesi Medikal Tasarım ve Uygulama Merkezi (MEDITAM), Ankara, Türkiye

⁴Lublin Medical University, Department of Dentistry, Lublin, Poland

Öz

Yapay zeka (YZ), insanların bilişsel işlevlerini taklit eden makinelerin öğrenme ve problem çözme kapasitesini temsil eder. Tek bir klinisyenin aksine, YZ sistemleri sınırsız sayıda veriyi eşzamanlı olarak gözlemleyebilir ve hızlı bir şekilde işleyebilir. Makine öğrenimi, beyindeki biyolojik sinir ağlarının mimarisini taklit eden yapay sinir ağları (YSA) adı verilen hesaplama modelleri ve algoritmaları içerir. YZ uygulamaları tıpta olduğu gibi diş hekimliğinin de birçok alanında popüler hale gelmiştir. Bu derleme, kapsamlı bir literatür taraması ile diş hekimliğinin çeşitli alanlarındaki YZ uygulamalarına ve ilgili çalışmalara odaklanmaktadır. YZ, oral ve maksillofasiyal cerrahide (anatomik işaretlerin belirlenmesi, postoperatif komplikasyonların tahmini), periodontoloji (alveolar kemik kaybının ve kemik yoğunluğundaki değişikliklerin belirlenmesi), implantoloji, oral ve maksillofasiyal radyoloji (diş segmentasyonu, ekstra dişlerin tanımlanması, kök kırıkları veya apikal lezyonlar, osteoporozun tahmininde), restoratif diş hekimliği (diş çürüklerinin belirlenmesi) ve ortodonti (tedavi analizi, iskelet sınıflandırması ve büyüme ve gelişme döneminin belirlenmesi) alanlarında kullanılabilir. YZ teknolojisinin diş hekimliğine entegre edilmesi, özellikle klinisyen sayısının az olduğu kliniklerde maliyet ve zamandan tasarruf sağlarken insan kaynaklı hataları en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Derin Öğrenme Modeli, Diş Hekimliği, Uygulamalar

Abstract

Artificial intelligence (AI) represents the learning and problem-solving capacity of machines that mimic humans' cognitive functions. Unlike a single clinician, AI systems can simultaneously observe and rapidly process an unlimited amount of data. Machine learning includes computational models and algorithms called artificial neural networks (ANNs) that mimic the architecture of biological neural networks in the brain. Artificial intelligence applications have become popular in many areas of dentistry as well as in medicine. This review focuses on artificial intelligence applications in various fields of dentistry and related studies with a comprehensive literature review. AI can be used in oral and maxillofacial surgery (determination of anatomical landmarks, prediction of postoperative complications), periodontology (determination of alveolar bone loss and changes in bone density), implantology, oral and maxillofacial radiology (tooth segmentation, identification of extra teeth, root fractures or apical lesions, in the prediction of osteoporosis), restorative dentistry (determination of dental caries), and orthodontics (treatment analysis, skeletal classification and determination of growth and development period). Integrating artificial intelligence technology into dentistry aims to minimize human mistakes while saving cost and time, especially in clinics where the number of clinicians is low.

Key Words: Artificial Intelligence, Deep Learning Model, Dentistry, Applications

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Revan Birke Koca Ünsal

Girne Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Girne, Kıbrıs

Tel.: +90 542 886 54 21 E-posta: revanbirke.koca@kyrenia.edu.tr ORCID ID: orcid.org/0000-0003-1540-983X

Geliş Tarihi/Received: 11.11.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 23.11.2022

©Telif Hakkı 2022 Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Yayınlanan tüm içerik CC BY-NC-ND lisansı altındadır.



Giriş

Yapay zeka (YZ -*artificial intelligence*, AI), insanların bilişsel işlevlerini taklit eden makinelerin öğrenme ve problem çözme kapasitesini temsil eder. YZ, bilgisayarların insanlara benzer şekilde çeşitli faaliyetleri gerçekleştirme yeteneği olarak tanımlanabilir (1). Makine öğrenimi (*Machine learning*, ML), veri toplama ve öğrenmeyi otomatik olarak gerçekleştirdiği YZ alanını tanımlayan bir terimdir. ML, bir sorunu çözmek için öğrenmek, kalıpları tespit etmek, kendi kendini düzeltmek, sınıflandırmak ve farklı verileri tekrar tekrar işleyerek insan beynine benzeyen bir YZ alt kümesidir (2).

Tek bir klinisyenin aksine, ML sistemleri sınırsız sayıda veriyi eşzamanlı olarak gözlemleyebilir ve hızlı bir şekilde işleyebilir. Ayrıca, bu sistemler her olgunun verilerinden öğrenebildikleri için, bir klinisyenin bir ömür boyu görebileceğinden daha fazla olguyu dakikalar içinde değerlendirmeyi öğrenebilirler. ML, beyindeki biyolojik sinir ağlarının mimarisini taklit eden yapay sinir ağları (*artificial neural networks-ANN*) adı verilen hesaplama modelleri ve algoritmaları içerir (3). ANN mimarisi, birbirine bağlı düğümlerin katmanlarında yapılandırılmıştır. Derin öğrenme (*deep learning*, DL), daha geniş bir YZ ailesine atıfta bulunan ML'ye ait bir tekniktir. Özellikle DL yöntemleri, sınıflandırma veya tespit görevlerini gerçekleştirmek için ham verileri işleyen çoklu temsil seviyelerine sahip öğrenme yöntemlerine aittir (2). YZ uygulamaları diş hekimliğinin birçok alanında popüler olmaya başlamıştır. YZ teknolojisinin diş hekimliğine entegre edilmesi zaman ve maliyet tasarrufu sağlar ve insan kaynaklı hataları azaltır (4). Bu derleme, diş hekimliğinin çeşitli alanlarındaki YZ uygulamalarına odaklanmaktadır.

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde Yapay Zeka Uygulamaları

YZ, ağız ve çene cerrahisinde robotik uygulamalar sayesinde popülerlik kazanmıştır. Cerrahi operasyon gerçekleştirilmeden önce olası komplikasyonları önlemek için YZ algoritmaları ile anatomik yer işaretlerinin detaylı tespiti yapılabilmektedir. Bu sayede önemli anatomik yapıların korunması ve operasyonların daha kısa sürede tamamlanması mümkün olmaktadır (5).

YZ teknolojisi, diş çekimi sonrası postoperatif ödemi tahmin etmek için de kullanılmıştır. Zhang ve ark. (6) gömülü mandibular üçüncü molarların çekilmesinden sonra postoperatif yüz ödemi tahmin etmek için bir YZ modeli geliştirmiş ve model, %98 doğrulukla yüksek performans göstermiştir. Orhan ve ark. (7) konik ışınli bilgisayarlı tomografi (*cone-beam computed tomography-CBCT*) görüntülerinde bir YZ modeli kullanarak gömülü üçüncü molarların diğnoundaki doğruluğu değerlendirdi ve YZ modeli, bu dişlerin anatomik yapılarla olan ilişkisini tespit etmede %86,2 doğruluk performansı gösterdi. Başka bir çalışmada, panoramik radyograflarda derin evrimsel

sinir ağı (*convolutional neural network-CNN*) kullanılarak üçüncü molar çekimlerinin zorluğu değerlendirildi. Hem ramus ile ilişkisinin belirlenmesinde hem de mandibular ikinci molara referansla belirlenen derinlik bilgisinde sırasıyla %82,03, %90,2 ve %78,9 başarı oranları elde edilmiştir (8).

YZ ile oral mukozadaki şüpheli alanlar tespit edilerek benign ve malign lezyonların taraması ve sınıflandırılması yapılabilmektedir (9). Ağız bölgesinde saptanan malign tümörlerin prognozunu etkileyen en önemli faktör, erken tanıdır. Buna rağmen çoğu olgu ileri evrede teşhis edilmektedir. Rosma ve ark. (10) YZ modeli ile uzmanların öngörülerini karşılaştırarak bireylerin ağız kanseri geliştirme olasılığını değerlendirmişler ve %59,9'luk bir doğruluk elde etmişlerdir. Özellikle geniş çaplı oral taramaların toplumdaki ağız kanseri prevalansını tahmin edebileceği düşünülmektedir. Sağlık hizmetlerinin kısıtlı olduğu birçok bölgede YZ destekli yazılımlarla tarama yapılarak morbidite ve mortalite oranlarının azalacağı tahmin edilmektedir (11).

Periodontolojide Yapay Zeka Uygulamaları

Periodontal hastalıklar, periodonsiyumun iltihaplanması ile karakterize yaygın bir hastalık grubudur ve tedavi edilmediğinde diş kaybına neden olabilir. Periodontolojide YZ ve Derin CNN uygulamaları ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Alveolar kemik kaybının tespiti ve kemik yoğunluğundaki erken değişiklikler YZ modelleri ile tespit edilebilir. Ayrıca implant ve çevre dokularla ilgili erken müdahalenin gerekli olabileceği durumlarda DL yöntemlerinin kullanılabilirliği düşünülmektedir. Lee ve ark. (12) periodontal hastalık nedeniyle kötü prognoza sahip dişleri tespit etmek için bir YZ modeli geliştirmiş ve %78,9 doğruluk oranı elde etmiştir. Alalharith ve ark. (13) ortodontik tedavi gören hastalarda periodontal hastalığın otomatik tespitinde başarı oranının %77,1 olduğunu bildirmiştir. Cha ve ark. (14) geliştirdikleri YZ modeli ile periapikal radyografilerde implant tespiti yaparak alveolar kemik kaybını değerlendirmişler ve model ile diş hekimleri arasında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Bu nedenle, modelin peri-implantitisin saptanmasında kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. YZ, implant planlaması alanında da kullanılmıştır. Kurt Bayrakdar ve ark. (15) 75 CBCT görüntüsünde kanal, sinüs/fossa ve eksik diş bölgelerinin tespitini gerçekleştirmişler ve en yüksek başarı oranını %95,3 ile eksik diş alanı tespiti olarak belirtmişlerdir. Yazarlar, YZ algoritmalarının klinisyenlere klinik rutinde yardımcı bir araç olacağını belirtmişlerdir.

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisinde Yapay Zeka Uygulamaları

CNN, ağız, diş ve çene radyolojisinde diş tespiti ve segmentasyonu, ekstra kök ve süpernumerer diş tespiti, dikey kök kırığı tespiti, apikal lezyon tespiti, osteoporoz teşhisi, Sjögren sendromu tespiti ve ultrasonografide kullanılmaktadır. Panoramik radyograflarda, periapikal radyograflarda ve derin

CNN'leri kullanan bite-wing radyograflarında diş tespiti ve segmentasyonu için DL destekli YZ modelleri üzerinde en az uzmanlar kadar başarılı olan çok sayıda çalışma yayınlanmıştır.

Ekert ve ark. (16) DL destekli CNN kullanılarak panoramik radyograflarda apikal lezyonları tespit etmişler ve sistemin %65 hassasiyet gösterdiğini belirtmişlerdir. Periapikal radyograflar üzerine bir başka çalışmada ise, Pauwels ve ark. (17) YZ sisteminin %80'in üzerinde bir başarı oranı geliştirdiğini belirtmişlerdir. Orhan ve ark. (18) CBCT'de periapikal patolojileri saptayan bir YZ modeli geliştirmiş ve YZ modelinin toplamda 153 periapikal lezyondan 142'sini başarılı bir şekilde saptadığını bildirmiştir. Hiraiwa ve ark. (19) Sjögren sendromunun tespiti için bilgisayarlı tomografi görüntülerini değerlendirmiş ve geliştirilen modelin %96 doğruluk gösterdiğini belirtmiştir. Lee ve ark. (20) osteoporozun tespiti için panoramik radyograflarda Derin CNN kullanan bir model geliştirmiş ve %98,5 doğruluk oranı bildirmiştir. Bunun yanı sıra, Orhan ve ark. (21) CNN tabanlı bir yöntemle ultrason görüntülerinde masseter kasının segmentasyonunu gerçekleştirmişler ve üç farklı YZ modeli için başarı oranlarını sırasıyla %96, %94 ve %98 olarak belirtmişlerdir.

3D görüntülerin daha karmaşık ve geniş eğitim veri setine sahip olması ve etiketleme sürecinin hatasız yapılması zor olduğundan, CBCT'de YZ tabanlı tanıya odaklanan çalışmaların sayısı henüz yeterli değildir. Johari ve ark. (22) hem ağız içi hem de CBCT görüntülerini CNN ile değerlendirerek dikey ve yatay kök kırıkları için yüksek duyarlılık ve özgüllük sağlamışlardır.

Restoratif Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Florür ve diğer çürük önleyici ajanların kullanımının popülerlik kazanmasıyla diş çürüğü prevalansı her geçen gün azalmaktadır. Bite-wing radyografları, saptanması zor olan arayüz çürüklerinin tanısında önemli bir role sahiptir (23). Ayrıca son yıllarda bilgisayar destekli programlarla erken tanı çalışmaları hızlandırılmıştır (24). Cantu ve ark. (25) yaptıkları çalışmada, bite-wing radyograflarında çürük teşhisinde geliştirdikleri YZ modeliyle deneyimli diş hekimlerinin performansını karşılaştırmışlardır. Çalışmada algoritma, diş hekimlerinden (%71) önemli ölçüde daha yüksek doğruluk oranına (%80) sahip olarak bulunmuştur. Askar ve ark. (26) DL yöntemi ile ağız içi fotoğraflarda beyaz nokta lezyonlarının tespitini gerçekleştirmişler ve sistem %80'in üzerinde doğruluk göstermiştir. Öte yandan, Casalegno ve ark. (27) translüminasyon görüntülerinde çürüklerin otomatik tespiti ve lokalizasyonu için bir YZ modeli geliştirmiş ve %72,7'lik bir başarı oranı elde etmiştir. Lee ve ark. (28) ise derin CNN kullanılarak periapikal radyograflarda çürük tespiti üzerine premolar ve molar dişler üzerinde bir çalışma yapmışlar ve en yüksek başarıyı %89 ile premolar dişlerde elde etmişlerdir. Araştırmacılar, DL destekli YZ modellerinin önümüzdeki yıllarda etkili bir çürük teşhis yöntemi olacağını belirtmişlerdir (28).

Ortodontide Yapay Zeka Uygulamaları

YZ, ortodontide tanısal tedavi analizi, anatomik nokta tespiti, çekimli-çekimsiz ortodontik tedavi, iskeletsel sınıflandırma, büyüme ve gelişme döneminin belirlenmesi ve ortognatik cerrahi gibi birçok analiz için kullanılabilir. Xie ve ark. (29) YZ algoritmaları ile lateral sefalometrik radyograflarda ortodontik tedavi öncesi diş çekimi ihtiyacını değerlendirmiş ve ANN %80 doğrulukla başarılı olmuştur. Kunz ve ark. (30) YZ modeli ile diş hekimi arasında yer işareti tespitinde elde edilen sonuçlarda anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir. Öte yandan, Yu ve ark. (31) otomatik iskeletsel sınıflandırma için bir YZ modeli geliştirmiş ve %90 duyarlılık, doğruluk ve özgüllük değerleri elde etmiştir. YZ ile ortognatik cerrahi planlamasında da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Choi ve ark. (32) hem ameliyat gerektiren hem de gerektirmeyen ortodontik tedavi görece hastaların teşhisi için bir YZ modeli geliştirmiş, model %96 gibi yüksek bir performans göstermiştir.

Sonuç

YZ, diş hekimliğinde geniş kapsamlı kolaylıklar sağlayacak bir gelecek inşa etmektedir. Yukarıda bahsedilen tüm faydalarına rağmen, YZ ile ilgili hatalardan kimin sorumlu tutulacağı veya teşhisleri kimin kontrol edeceği gibi yasal konularda kapsamlı çalışmaların olmaması, YZ algoritmalarının klinisyenlerin yerine hareket etmekten ziyade klinisyenlere yardımcı olacak bir araç olarak kalacağını göstermektedir.

YZ çalışmaları şimdiden literatürde geniş bir yer tutmaktadır. Bu algoritmalarla ağır iş yükü altında olan klinisyenlerin tanı ve tedavi planlamalarında hataların en aza indirilmesi ve insan kaynaklı hataların minimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu sistemlerin, özellikle klinisyen açığının olduğu sağlık merkezlerinde, hasta sağlığı, maliyet ve zaman açısından önemli faydalar sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

1. Allen B Jr, Seltzer SE, Langlotz CP, et al. A Road Map for Translational Research on Artificial Intelligence in Medical Imaging: From the 2018 National Institutes of Health/RSNA/ACR/The Academy Workshop. *J Am Coll Radiol.* 2019;16:1179-1189.
2. Lee JG, Jun S, Cho YW, et al. Deep Learning in Medical Imaging: General Overview. *Korean J Radiol.* 2017;18:570-584.
3. Nichols JA, Herbert Chan HW, Baker MAB. Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. *Biophys Rev.* 2019;11:111-118.
4. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16:508-522.
5. Widmann G. Image-guided surgery and medical robotics in the cranial area. *Biomed Imaging Interv J.* 2007;3:e11.
6. Zhang W, Li J, Li ZB, Li Z. Predicting postoperative facial swelling following impacted mandibular third molars extraction by using artificial neural networks evaluation. *Sci Rep.* 2018;8:12281.

7. Orhan K, Bilgir E, Bayrakdar IS, Ezhov M, Gusarev M, Shumilov E. Evaluation of artificial intelligence for detecting impacted third molars on cone-beam computed tomography scans. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2021;122:333-337.
8. Yoo JH, Yeom HG, Shin W, et al. Deep learning based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars. *Sci Rep.* 2021;11:1954.
9. Lim K, Moles DR, Downer MC, Speight PM. Opportunistic screening for oral cancer and precancer in general dental practice: results of a demonstration study. *Br Dent J.* 2003;194:497-502; discussion 493.
10. Rosma MD, Sameem AK, Basir A, Mazlipahiv IS, Norzaiddi MD. The use of artificial intelligence to identify people at risk of oral cancer: empirical evidence in Malaysian university. *International Journal of Scientific Research in Education.* 2010;3:10-20.
11. Ilhan B, Lin K, Guneri P, Wilder-Smith P. Improving Oral Cancer Outcomes with Imaging and Artificial Intelligence. *J Dent Res.* 2020;99:241-248.
12. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci.* 2018;48:114-123.
13. Alalharith DM, Alharthi HM, Alghamdi WM, et al. A Deep Learning-Based Approach for the Detection of Early Signs of Gingivitis in Orthodontic Patients Using Faster Region-Based Convolutional Neural Networks. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:8447.
14. Cha JY, Yoon HI, Yeo IS, Huh KH, Han JS. Peri-Implant Bone Loss Measurement Using a Region-Based Convolutional Neural Network on Dental Periapical Radiographs. *J Clin Med.* 2021;10:1009.
15. Kurt Bayrakdar S, Orhan K, Bayrakdar IS, et al. A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images. *BMC Med Imaging.* 2021;21:86.
16. Ekert T, Krois J, Meinhold L, et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions. *J Endod.* 2019;45:917-922.e5.
17. Pauwels R, Brasil DM, Yamasaki MC, et al. Artificial intelligence for detection of periapical lesions on intraoral radiographs: Comparison between convolutional neural networks and human observers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021;131:610-616.
18. Orhan K, Bayrakdar IS, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *Int Endod J.* 2020;53:680-689.
19. Hiraiwa T, Arijji Y, Fukuda M, et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48:20180218.
20. Lee JS, Adhikari S, Liu L, Jeong HG, Kim H, Yoon SJ. Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48:20170344.
21. Orhan K, Yazıcı G, Kolsuz ME, Kafa N, Bayrakdar IS, Çelik Ö. An Artificial Intelligence Hypothetical Approach for Masseter Muscle Segmentation on Ultrasonography in Patients with Bruxism. *Journal of Advanced Oral Research.* 2021;12:206-213.
22. Johari M, Esmaili F, Andalib A, Garjani S, Saberkeri H. A Novel Thresholding Based Algorithm for Detection of Vertical Root Fracture in Nonendodontically Treated Premolar Teeth. *J Med Signals Sens.* 2016;6:81-90.
23. Heaven TJ, Weems RA, Firestone AR. The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. *Caries Res.* 1994;28:55-58.
24. Wenzel A. Computer-automated caries detection in digital bitewings: consistency of a program and its influence on observer agreement. *Caries Res.* 2001;35:12-20.
25. Cantu AG, Gehrung S, Krois J, et al. Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. *J Dent.* 2020;100:103425.
26. Askar H, Krois J, Rohrer C, et al. Detecting white spot lesions on dental photography using deep learning: A pilot study. *J Dent.* 2021;107:103615.
27. Casalegno F, Newton T, Daher R, et al. Caries Detection with Near-Infrared Transillumination Using Deep Learning. *J Dent Res.* 2019;98:1227-1233.
28. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Dent.* 2018;77:106-111.
29. Xie X, Wang L, Wang A. Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2010;80:262-266.
30. Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Zeman F, Boldt J. Artificial intelligence in orthodontics : Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network. *J Orofac Orthop.* 2020;81:52-68.
31. Yu HJ, Cho SR, Kim MJ, et al. Automated Skeletal Classification with Lateral Cephalometry Based on Artificial Intelligence. *J Dent Res* 2020; 99: 249-256. 20200124. DOI: 10.1177/0022034520901715.
32. Choi HI, Jung SK, Baek SH, et al. Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg.* 2019;30:1986-1989.