.

Ekokardiyografide Optimal Prob Konumlandırmasına Rehberlik Eden İlk Türk Yapay Zekâ Tabanlı Cihazın Geliştirilmesi ve Doğrulanması

Dr. Halil Siner, Doç. Dr. İbrahim Etem Dural

Ekokardiyografide Optimal Prob Konumlandırmasına Rehberlik Eden İlk Türk Yapay Zekâ Tabanlı Cihazın Geliştirilmesi ve Doğrulanması

Orjinal başlık: Development and validation of the first Turkish AI-based device to guide optimal echocardiographic probe positioning

Hazırlayan: Dr. Halil Siner, Doç. Dr. İbrahim Etem Dural

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye

Yazarlar: M.S. Kuyumcu[1], H. Siner[2], S. Ulusan[3], R. Yavuz[4], E. Sezgin[5], İ.E. Yiğit[5], M. Şen[1], O. Özdil[1], A. Vural[1], A. Şahin[1], C. Korucu[6], M. Gürler[2], F.S.N. Kılavuz[2], S.N. Aydoğdu[1], M.H. Uzun[7]

[1]*Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye*

[2]*Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye*

[3]*Burdur Devlet Hastanesi, Burdur, Türkiye*

[4]*Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

[5]*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

[6]*Suruç Devlet Hastanesi, Şanlıurfa, Türkiye*

[7]*Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kütahya, Türkiye*

Erişim Linki: https://esc365.escardio.org/presentation/336043

Arka Plan ve Amaç

Transtorasik ekokardiyografi (TTE) büyük ölçüde uygulayıcıya bağımlı bir yöntemdir ve tanısal güvenilirlik, standart görüntülerin doğru elde edilmesine dayanır. Gözlemciler arası değişkenlik, hasta değerlendirmesindeki en sık sınırlılıktır. Kardiyoloji asistanlık eğitimi sırasında yetersiz görüntü elde edilmesi de doğru tanının önünde önemli bir engel olmayı sürdürmektedir.

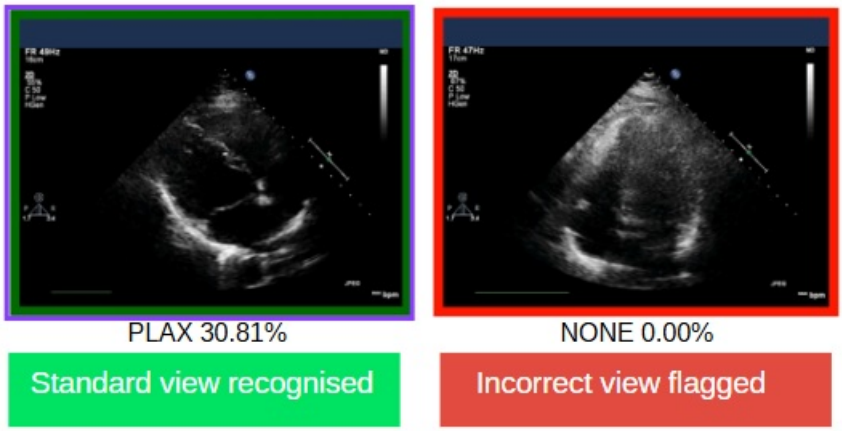
Çalışmanın amacında standart ekokardiyografik görüntüleri gerçek zamanlı olarak sınıflandıran ve hatalı görüntülemeyi tanıyarak prob konumu için rehberlik sağlayan bir derin öğrenme sistemi geliştirmek ve klinik olarak doğrulama hedeflenmiştir.

Yöntemler

Veri seti ve model. Inception tabanlı bir evrişimli sinir ağı (CNN), elle etiketlenmiş 11.515 ekokardiyografik görüntüyle eğitilmiştir. Veri seti altı standart görüntüyü içermektedir: parasternal uzun eksen (PLAX), parasternal kısa eksen (PSAX), apikal iki (A2C), üç (A3C), dört (A4C) ve beş boşluk (A5C). Bunlara ek olarak ayrı bir “hatalı görüntü” sınıfı tanımlanmıştır.

Değerlendirme. Model performansı doğruluk, kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1 skoru ve karışıklık matrisi analiziyle değerlendirilmiştir. Eğitim dinamikleri, eğitim ve doğrulama doğruluk eğrileri üzerinden izlenmiştir. Klinik doğrulama 1.000 hasta görüntüsü ve bilinçli olarak hatalı konumlandırılmış 3.000 görüntüyle yapılmıştır. Gerçek zamanlı kullanılabilirlik, saniyede işlenen kare sayısı (fps) ile ölçülmüştür.

Arayüz. Kullanıcı hedef standart görüntüyü seçer. Bu görüntüye ulaşıldığında canlı görüntü yeşil çerçeveyle işaretlenir; görüntüleme hatalıysa çerçeve kırmızıya döner ve uygulayıcı probu yeniden konumlandırır.



Şekil 1. Gerçek zamanlı prob rehberliği arayüzü: standart görüntü tanındığında yeşil çerçeve (solda, PLAX), hatalı görüntü saptandığında kırmızı çerçeve (sağda).

Bulgular

Sınıf bazında doğruluk %95,7 ile %97,8, F1 skorları 0,978 ile 0,989 arasında bulunmuştur. En yüksek performans A5C (doğruluk %97,8; F1 0,989) ve A4C (%97,4; 0,987) görüntülerinde, en düşük performans PSAX (%95,7; 0,978) ve PLAX (%95,8; 0,979) görüntülerinde elde edilmiştir. Hatalı görüntü tespitinde doğruluk %97,4 (F1 0,987) olmuştur.

Eğitim sürecinde eğitim doğruluğu %52'den %88–89'a yükselirken, doğrulama doğruluğu yaklaşık %81–82'de plato yapmıştır. Model saniyede yaklaşık 12 kare işleyerek gerçek zamanlı kullanıma uygun bir hıza ulaşmıştır.

Tablo 1. Modelin ekokardiyografik görüntüleme pencerelerinde performans skorları.

View	TP	FN	FP	Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
PLAX	967	33	9	0.958	0.991	0.967	0.979
PSAX	964	36	7	0.957	0.993	0.964	0.978
A2C	973	27	5	0.968	0.995	0.973	0.984
A3C	970	30	7	0.963	0.993	0.970	0.981
A4C	980	20	6	0.974	0.994	0.980	0.987
A5C	983	17	5	0.976	0.995	0.983	0.989
Incorrect	2961	39	39	0.960	0.987	0.987	0.987

A2C/A3C/A4C/A5C: apikal iki/üç/dört/beş boşluk görüntüsü; FN: yanlış negatif; FP: yanlış pozitif PLAX: parasternal uzun eksen; PSAX: parasternal kısa eksen; TTE: transtorasik ekokardiyografi; TP: doğru pozitif.

Sonuçlar ve Değerlendirme

TTE'nin uygulayıcıya bağımlılığı, hem eğitim sürecindeki asistanlar hem de ekokardiyografi deneyimi sınırlı hekimler için önemli bir sorundur. Bu çalışma, standart görüntülerin gerçek zamanlı tanınmasını ve hatalı görüntünün anında işaretlenmesini tek bir sistemde birleştiren, ülkemizde geliştirilmiş ilk yapay zekâ tabanlı cihazı tanıtmaktadır.

Literatürde bu alandaki en bilinen örnek, ticari Caption Guidance yazılımıdır. Narang ve arkadaşlarının JAMA Cardiology'de 2021'de yayımlanan çok merkezli çalışmasında, ultrasonografi deneyimi olmayan 8 hemşire bu yazılımın rehberliğinde 240 hastada tanısal kalitede 10 görüntülü TTE elde edebilmiştir. O sistem, 5 milyonu aşkın prob hareketi örneğiyle eğitilmiş ve probun hangi yöne hareket ettirileceğini gösteren yönlendirmeler sunmaktadır. Bu çalışmadaki sistem ise doğru veya hatalı görüntü geri bildirimine dayanmakta olup daha sade ve düşük maliyetli bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Bulguların yorumlanmasında şu noktalar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Eğitim sırasında doğrulama doğruluğu yaklaşık %81–82'de kalırken test setinde sınıf bazında %95,7–97,8 doğruluk bildirilmiştir. Bu farkın kaynağı ve test setinin hasta düzeyinde ayrılıp ayrılmadığı tam metinde açıklanmalıdır.
- Eğitim ve doğrulama eğrileri arasındaki açılma, modelin eğitim verisine fazla uyum (overfitting) gösterebileceğine işaret etmektedir.
- Sistem, probun hangi yöne hareket ettirileceğine dair yönlendirme yerine doğru veya hatalı görüntü geri bildirimi

vermektedir.

- Subkostal ve suprasternal görüntüler ile görüntü kalitesinin derecelendirilmesi kapsam dışındadır.
- Sistemin asistanların öğrenme süresi ve elde ettikleri görüntü kalitesi üzerindeki etkisi henüz prospektif olarak test edilmemiştir; farklı ultrason cihazları ve merkezlerde dış doğrulama gereklidir.

Sonuç olarak standart TTE görüntülerinin gerçek zamanlı sınıflandırılması ve hatalı görüntülerin saptanması için yüksek performanslı, Inception tabanlı bir yapay zekâ sistemi geliştirilmiştir. Sistem klinik uygulanabilirlik göstermiş olup ekokardiyografi eğitimini güçlendirme, standardizasyonu artırma ve uygulayıcı bağımlılığını azaltma potansiyeli taşımaktadır.