.

A Novel Practical Algorithm Using Machine Learning to Differentiate Outflow Tract Ventricular Arrhythmia Origins

Dr. Muhammed Fatih Kaleli

A Novel Practical Algorithm Using Machine Learning to Differentiate Outflow Tract Ventricular Arrhythmia Origins

Hazırlayan: Dr. Muhammed Fatih Kaleli
Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi

Çalışmanın Yayınlandığı Dergi: Journal of Cardiovascular Electrophysiology
Yayın Tarihi: 24 Ocak 2023

Çalışmanın Amacı: Ventriküler taşikardi ve ventriküler ekstra sistollerin çıkış bölgesinin EKG ile ayırt edilmesi katater ablasyon açısından kritik rol oynamaktadır. Ventrikül çıkış yolu aritmilerinde (OTVA) V3 dalgasının transisyonu (V3TZ) eşlik etmesi OTVAnın orjininin belirlenmesinde en zor QRS morfolojilerinden birisidir. V3TZ birlikteliği olan OTVA'ların orjinlerinin belirlenmesi için çeşitli algoritmalar mevcuttur ancak doğrulukları tanımlanmamıştır.1 Bu kısıtlıklar ve zorluklara karşı bu çalışmada yapay zeka ile oluşturulan yeni bir algoritma ile V3TZ eşlik eden OTVA'ların sağ ventrikül çıkışlı (RVOT) ve sol ventrikül çıkışlı (LVOT) olmak üzere ayırt edilebilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma Evreni ve Veri Kaynakları:
Çalışma Nagoya Üniversitesi'nde (Japonya) 2009 ve 2022 yıllarında çıkış yolu kaynaklı ventriküler aritmi sebebi ile katater ablasyon yapılan hastaların verileri kullanılarak retrospektif olarak planlanmıştır. Bütün vakalarda haritalama ve ablasyon 3D haritalama sistemi kullanılarak yapılmıştır (CARTO, Biosense Webster Inc.). Hastaların katater ablasyon endikasyonları güncel kılavuzlara göre belirlenmiştir2. 498 hasta verisi incelenmiş ve 104 hastanın çıkış yolu ventriküler aritmisine EKG'de V3TZ morfolojisinin eşlik ettiği gözlenmiştir. Bu 104 hastanın ablasyon sonuçlarına göre 62 tanesi LVOT 42 tanesi RVOT çıkışlı olduğu belirlenmiştir. Hastalar randomize olarak %70 çalışma grubu %30 test grubu olarak ayrılmış ve yapay zeka yardımı ile oluşturulan algoritmanın performansı test grubunda denenmiştir. Aşağıdaki tabloda çalışmaya dahil edilen hastaların demografik ve kardiyak özellikleri özetlenmiştir.

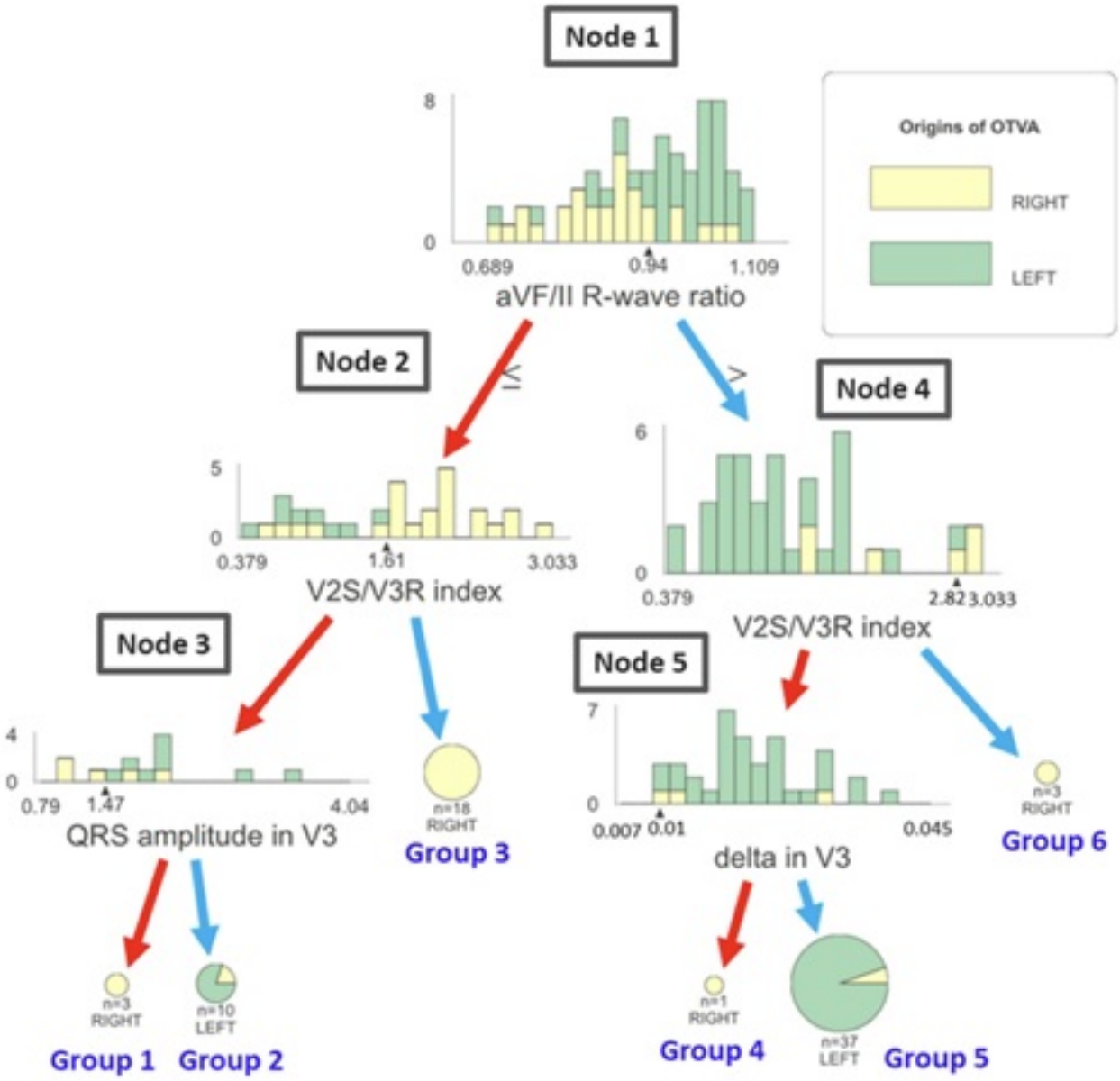
Characteristics	All (*n* = 104)	Training (*n* = 72)	Testing (*n* = 32)	*p* Value
Age, years	56.7 ± 14.7	57.6 ± 15.4	54.5 ± 12.7	.313
Male, sex	69 (66.3)	48 (66.7)	21 (65.6)	1.000
Ischemic cardiomyopathy	3 (2.9)	3 (4.2)	0 (0)	.551
Nonischemic cardiomyopathy	9 (8.7)	5 (6.9)	4 (12.5)	.452
Bundle branch block	5 (4.8)	4 (5.6)	1 (3.1)	1.000
Permanent ventricular pacing	5 (4.8)	3 (4.2)	2 (6.2)	.642
LVEF, %	60.7 ± 9.8	61.2 ± 9.7	59.5 ± 10.0	.425
Previous failed session	16 (15.4)	11 (15.3)	5 (15.6)	1.000
Successful ablation	99 (95.2)	68 (94.4)	31 (96.9)	1.000
Nonsustained VT	11 (10.6)	7 (9.7)	4 (12.5)	.734
Sustained VT	8 (7.7)	7 (9.7)	1 (3.1)	.430
LVOT origin	62 (59.6)	43 (59.7)	19 (59.4)	1.000

Yapay Zeka Modellemesinin Oluşturulması:
Hastaların ablasyon öncesi EKG'leri (12-lead ve yüksek amplikasyonda dijital olarak incelenmiştir (≥20 mm/ mV and 50 mm/s). Öncelikli olarak her derivasyonda; 1) Q dalga amplitude, 2) R dalga amplitude, 3) S dalga amplitude, 4) QRS amplitude, 5) R dalga süresi, 6) R dalga defleksiyon intervali, 7) QRS süresi, 8) V1-V2 R/S oranı, 9) zirve defleksiyon interval süresi, 10) pozitif defleksiyon eğimi (delta), 11) III/II, aVF/III, aVF/II, ve her iki takip eden derivasyonun R/R oranı, 12) aVL/aVR derivasyonlarında Q/Q oranı, 13) V1/V2, V2/V3, V3/V4 derivasyonlarında S/R oranı açısından incelenmiştir. Bunlarla birlikte hastaların EKG'lerinden 128 farklı parametre değerlendirilmiştir.

Sınıflama kullanan tanı koyma algoritmaları klinik uygulanım potansiyeline sahiptirler. En iyi karar verme algoritmasını oluşturmak için öğrenme algoritmasında sınıflama ve dışlama ağacı oluşturulmuştur. Hastalar randomize olarak %70 ve %30 olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İlk grup öğrenme grubu olarak belirlenmiştir ve yapay zeka tarafından tanı ağacı bu grup ile oluşturulmuştur. Çalışma grubunun bölünmesi ve yapay zeka algoritması Python programında scikit-learn paketi kullanılarak oluşturulmuşur3.

Yapay zeka algoritma ağacında temel 5 adet node (tomurcuk) oluşturulmuştur. Bunlardan node 1‘de aVF/II R dalga oranı değerlendirilmiş ve 0.94 < olanlar node 2’ye ilerletilmiş diğerleri node 4’de değerlendirilmiştir. Node 2’de V2S/v3R oranı değerlendirilmiş <1.61 olanlar node 3’de değerlendirilmiş, >1.61 olanların hepsi RVOT orijinli gözlenmiştir. Node 3’de V3’deki QRS amplitude değerlendirilmiş ve <1.47 mV olanlar RVOT orijinli olarak bulunmuş diğerlerinin 10 tanesinin 8 tanesi LVOT çıkışlı olduğu gözlenmiştir. Node 4‘te V2S/V3R oranı değerlendirilmiş cut off değeri node 2’den farklı alınmıştır. <2.82 olanlar node 5’te değerlendirilmiş, >2.82 olanlar RVOT çıkış morfolojisinde gözlenmiştir. Node 5 de ise V3 dalgasındaki delta incelenmiş <0.01 mV/ms olanlar RVOT diğer 37 hastanın 35’i LVOT çıkışlı ventriküler aritmi olarak değerlendirilmiştir.

Oluşturulan EKG algoritmasının performansı değerlendirme kriterleri aşağıda belirtilmiştir; 1) Doğruluk (Accuracy), doğru olarak sınıflandırılan örneklerin yüzdesidir; 2) Kesinlik (precision), pozitif olarak tahminlediğimiz değerlerin gerçekten kaç adedinin pozitif olduğunu göstermektedir. 3) Duyarlılık (Recall), pozitif olarak tahmin etmemiz gereken işlemlerin ne kadarını pozitif olarak tahmin ettiğimizi gösteren bir metriktir ve 4) F1-skore: kesinlik ve duyarlılığın birleşimi ile oluşturulur.



Çalışmanın Sonuçları:
Çalışmadaki hastaların %70’i yapay zeka algoritması oluşturulması amacı ile eğitim grubu olarak ayrılmıştır. Bu eğitim grubuyla oluşturulan EKG algoritmasının bu gruptaki performansı %94.4 doğruluk ve %91.5 hassasiyet olarak sonuçlanmıştır. Test grubunda ise %90.6 doğruluk ve %90.0 hassasiyet oranı gözlenmiştir. Daha önce tanımlanmış olan 13 EKG algoritması ile kıyaslandığında bu algoritmanın F1 skoru açısından en yüksek olduğu görülmüştür.

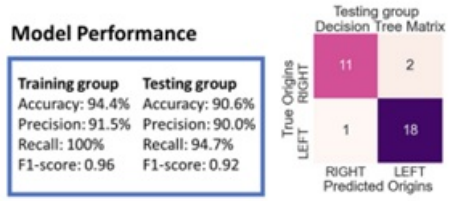


FIGURE 4 The training group's model performance and decision tree matrix.

Tartışma:
Algoritma EKG'lerin koronal ve horizontal düzlemde ana özelliklerinin değerlendirilmesini içermektedir. III/II R-dalga oranı daha önceden bilinen önemli bir belirteç olmasına karşın aVF/II R dalga oranı güncel çalışmalarda daha önemli hale gelmiştir. aVF/II R oranının önemi kardiyak ileti sisteminin geometrik modellenmesiyle matematiksel olarak da doğrulanmıştır.

V2S/V3R oranı algoritmada gözlenen diğer önemli belirteçlerden biridir. Sağ ventrikül çıkış yolu aortik yolun solunda ve anteriorda konumlanmaktadır.V2 ve V3 leadleri RVOT'a aortik yoldan daha yakındır. Bu sebeple V2S/V3R oranı RVOT çıkışlı ventriküler aritmilerde daha yüksek gözlenmektedir.
V3 leadindeki QRS amplitude ve delta dalgasına göre sınıflama yapılması çok az hastanın olduğu bir sınıflamada kullanılmıştır. Ancak diğer çalışma modellerinde önemli bir parametre olması sebebi ile gelecek çalışmalarda daha değerli bir parametre olarak kullanılabilir.

Daha önce yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında oluşturulan algortimanın F1 skorunun en iyi olduğu gözlenmiştir bu da yeni algoritmanın en yüksek performasa sahip olduğu anlamına gelmektedir. Aynı zamanda yapay zeka kullanımı ile oluşturulan ilk algoritma olması diğer algoritmalardan ayrılmasını sağlamaktadır. Bu algoritma ile birlikte çıkış yolu ventriküler aritmilerin yüksek performans ile orijinlerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Algoritmanın klinik yansıması olarak ablasyon öncesi giriş yolunun belirlenmesi konusunda klinisyene fayda sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın Limitasyonları:
Çalışma tek merkezli ve retrospektif olarak yapılmıştır. Önceki çalışmalara göre daha geniş bir katılımcı olmasına rağmen örneklemin genişletilmesi gerekmektedir. Çıkış yolu ventriküler aritmilerin orjinin daha dikkatli araştırılması gerekmektedir, bu çalışmada ablasyon bölgesi çıkış yolu olarak kabul edilmiştir ancak bu her zaman doğru çıkış yolu olmayabilir4. Aynı zamanda başarısız ablasyonlar çalışmadan dışlanmamıştır bu da sonuçları etkileyebilir. Ancak bu çalışmadaki 5 başarısız ablasyon vakasında bir çok veri ışığında sol ventriküler çıkış yolu kaynaklı aritmi olduğu düşünülmüştür.

Kalıcı ventriküler pacing, kardiyomiyopati ve dal bloğu gibi kardiyak patolojiler sonuç çıktısını etkileyebilir. Ancak bu hastalar dahil edilse dahi çıkış yolu ventirküler aritmilerin sınıflamasının doğruluğunun değişmeyeceği düşünülmektedir. Diğer çalışmalarda sinüs ritmindeki QRS özellikleri ve ek diğer leadler kullanılmış olmasına rağmen bu çalışmada belirtilen dışında EKG bulgusu kullanılmamıştır, gelecek çalışmalarda daha fazla EKG kriteri eklenebilir.

Çalışma Hakkındaki Yorumlar
Yapay zekanın tıp alanında kullanımı son yılların en gözde araştırma konularındandır. Çalışmamızda da yapay zeka ile üretilen algoritmanın tanı koyma performansının çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışmamızda daha önceden ventriküler çıkış yolu olduğu ablasyon ile tanınan ve EKG de V3 prekordiyal transisyonu bulunan hasta grubunda yapay zeka algoritması kullanılarak sağ ve sol çıkış yolu aritmileri açısından sınıflandırılması amaçlanmıştır. Örneklem grubundan rastgele veriler seçilmiş ve çalışma grubu olarak nitelendirilmiştir. Bu veriler kullanılarak yapay zeka algoritması oluşturulmuş ve geri kalan grup deneme grubu olarak nitelendirilmiştir. Yapay zeka algoritmasının temel aldığı EKG parametreleri matematiksel, vektörel hesaplamalarla ve fizyolojik bir altyapı ile oluşturulmuştur. Bunun çalışmada daha temel prensiplerle anlatılması klinisyenin algoritmaya olan güvenini arttıracaktır. Yapay zeka destekli algoritmanın nasıl çalıştığı ve sınıflama kriterleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bu sebeplerle klinisyenin sonuçları değerlendirmesi ve anlamasının daha kolay olduğunu düşünüyorum. Daha önce yapılan 13 algoritma ile birlikte değerlendirildiğine F1 skorunun yüksekliği çalışmanın en öne çıkan yanıdır. Çalışmanın klinik perspektife faydası klinisyenin ablasyon öncesi giriş yolu seçimi olarak belirtilmiştir ancak tek merkezli ve retrospektif bir çalışma olması en büyük kısıtlamadır. Daha geniş örneklem grubunda ve çok merkezli yapılacak retrospektif çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmesi gerekmektedir. Gelecek yıllarda özellikle tanı koyma ve kişileştirilmiş tedavi yaklaşımı açısından bir çok yeni yapay zeka teknolojisinin günlük pratiğimizde var olacağını ve klinik uygulamalarımıza büyük katkıda bulunacaklarını düşünüyorum.

Kaynaklar

1. Betensky BP, Park RE, Marchlinski FE, et al. The V2 transition ratio: a new electrocardiographic criterion for distinguishing left from right ventricular outflow tract tachycardia origin. J Am Coll Cardiol. 2011;57:2255-2262.
2. Nogami A, Kurita T, Abe H, et al. JCS/JHRS 2019 guideline on non- pharmacotherapy of cardiac arrhythmias. J Arrhythm. 2021;37:709-870
3. Pedregosa F, Varoquaux G, Gramfort A, et al. Scikit-learn: machine learning in Python. J Mach Learn Res. 2011;12:2825-2830,
4. Yamada T, McElderry HT, Doppalapudi H, Kay GN. Ventricular tachycardia with a myocardial fibre travelling from the origin in the right aortic sinus cusp to the epicardial breakout site of the right ventricular outflow tract. Europace. 2008;10:469-470.