.

# Yapay zeka metodolojilerini kullanarak kardiyak elektriksel sinyal analizi

Dr. Halit Emre Yalvaç

Yapay zeka metodolojilerini kullanarak kardiyak elektriksel sinyal analizi

**Yorumlayan:** Dr. Halit Emre Yalvaç

Link: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8497074/

**Giriş**

Yapay zeka (AI), son yıllarda tıp alanına girdiğinden beridir özellikle elektrokardiyografi ve görüntü yorumlamada kişiselleştirilmiş tedaviyi optimize etmede ilerleme kaydetmiştir. Minimal invaziv veya invaziv olmayan tedavi yöntemlerinin yolunu açmaktadır. Bu makale, gelecekte tanı ve tedavide kullanılması ve aritminin tüm yönleriyle olası etkisine ilişkin son teknolojik bir genel bakış sunmaktadır.

İnsan zekası, öğrenme, akıl yürütme, analiz etme ve karar verme yeteneği ile karakterize edilir. Makineler bu yeteneklerin kullanımını taklit ettiğinde, buna yapay zeka denir. AI kavramı ve terimi altmış yılı aşkın bir süredir kullanılmasına rağmen, son on yılda kullanımı hızla arttı. Elekrofizyolojideki yapay zeka uygulamalarının çoğu, kardiyak elektriksel aktiviteyi temsil eden sinyallerin analizine dayanır. En sık kullanılan sinyallerden ikisi elektrokardiyogram (EKG) ve fotopletismografidir (PPG). Fotopletismografi daha çağdaştır ve saatler, bilek bantları ve akıllı telefonlar dahil olmak üzere bazı giyilebilir cihazlarda kullanılmıştır. Veri toplamanın ardından, veriler ön işleme tabi tutulur ve ardından makine öğrenimi (machine learning-ML) adı verilen metodolojilerinden biri tarafından sınıflandırılır. ML metodolojisi ilk önce uygun sınıflandırmalarla 'çalışma verileri' kullanılarak işlenir. İkinci aşamada, bir 'doğrulama veri seti' kullanılarak ML değerlendirmesini ve algoritmalarını yapar. Bu iki adımı takiben, ML algoritması üçüncü bir 'test seti' ile kullanılmaya hazır olacaktır.

**Yapay zeka kullanarak aritmi tespiti**

EKG'nin dijitalleştirilmesinden bu yana yorumlanmasında AI yöntemleri kullanılmıştır. ML yöntemleri normal sinüs ritmini saptamada yüksek duyarlılık ve özgüllük sağlarken, aritmileri belirlemedeki yetenekleri kardiyologlardan daha düşüktür. Tempolu ritimler, düşük kaliteli EKG'ler, titreme ile oluşan parazitlerin varlığı, aşırı atriyal fibrilasyon (AF) teşhisine neden olmuştur. Daha iyi ML algoritmaları ile parazitler azaltılarak aritmi tespitini açık bir şekilde iyileştirmiş ve %95'e yakın bir doğruluk elde etmiştir. Sensör teknolojisindeki, (kablosuz, Wi-Fi, Bluetooth ve akıllı telefon teknolojilerinin artan kullanılabilirliği), web tabanlı veri depolamanın kullanılabilirliği ve AI destekli analizdeki gelişmeler, elde taşınabilir ve giyilebilir kardiyak izleme sistemlerinin hızlı büyümesini sağlamıştır.

| **Çalışma** | **Cihaz ve AI algoritması** | **Sinyal analizi** | **AF algılaması** |
|---|---|---|---|
| iREAD Çalışması<br>William *ve ark.* | Akıllı telefon ve el tipi kardiyak ritim kaydedici kullanarak doktor tarafından yorumlanan EKG ile karşılaştırması | EKG | AF algılaması için %96,6 duyarlılık ve %94,1 özgüllük |
| HUAWEI Kalp Çalışması<br>Guo ve ark. | Bileklik/kol saati tabanlı düzensiz ritm bildirim algoritması | PPG | PPG sinyallerinin pozitif tahmin değeri %91,6 (%95 CI %91,5–91,8) |
| Chen ve ark. | AF'yi tanımlayan AI algoritması ile etkinleştirilen akıllı bileklik cihazı ve doktorlar tarafından incelenen bileklik EKG'si | PPG ve EKG | Duyarlılık, özgüllük ve doğruluk PPG için sırasıyla %88.00, %96.41 ve %93.27 ve EKG için %87.33, %99.20 ve %94.76 idi. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Wasserlauf ve *ark.* | KardiaBand özellikli Apple Watch ile takılabilir kalp monitörü karşılaştırması | EKG | Bölüm duyarlılığı ve süre duyarlılığı için sırasıyla %97.5 ve %97.7 |
| WATCH AF çalışması Dörr ve *ark*. | Elektrokardiyografi ile akıllı saat tabanlı algoritma | PPG | Duyarlılık %93,7 (%95 CI %89,8-96,4), özgüllük %98,2 (%95 GA %95,8-99,4) ve %96,1 doğruluk (%95 CI %94,0-97,5) |
| Apple Kalp Çalışması Perez ve ark. | Akıllı saat tabanlı düzensiz nabız bildirim algoritması ile EKG ile izleme karşılaştırması | İlk PPG, ardından eşzamanlı PPG ve EKG | Akıllı saat tabanlı algoritma, eşzamanlı izleme döneminde AF' yi gözlemlemek için 0,84 (%95 GA 0,76–0,92) pozitif bir tahmin değerine sahip. |

Tablo 1. AF belirlemede kullanılan yapay zeka destekli cihazların tanısal doğruluğu

**Yapay zeka ve kalp cihazları**

Kalp pili ve defibrilatör işlevlerinin çoğunda kural tabanlı(rule-based) algoritmalar kullanır. Bir biyosensörden gelen girdiye dayalı olarak cihazın pacing hızını değiştirme yeteneğini içeren bir kalp pilindeki hız yanıtı özelliği; taşikardinin saptanması ve implante edilebilir bir defibrilatör tarafından uygun bir tedavinin sağlanmasını meydana getirmektedir. Makine öğrenimi(ML) algoritmaları, hem aritmi tespiti hem de gelecekteki olayların tahminini sağlamaktadır. Otomatik eksternal defibrilatörlerde, şok algoritmalarının geliştirilmesinde makine öğrenimi yöntemleri kullanılmıştır. Kardiyak resenkronizasyon tedavisi (CRT) sonuçları tahminini iyileştirmek için (ML) yöntemleri kullanılmış ve daha iyi hasta seçiminin önünü açmıştır. Kardiyak implante edilebilir elektronik cihazları olan hastalarda sürekli uzaktan izleme verileri kullanılarak elde edilen AF yükü yaygın olarak kullanılan CHA 2 DS 2 -VASc skoruna kıyasla inmeyi tahmin etmede üstün olduğu görülmüştür.

**Aritmi kökenlerini ve makine öğreniminin rolünü tahmin etmek için çok modlu bütünleştirici yaklaşım**

Ablatif tedaviye başlamadan önce aritminin invazif olmayan karakterizasyonu elektrofizyologlar arasında rağbet görmektedir. Bu yaklaşım, aritmi tetikleyen kardiyak bölgenin hedeflenmesine yardımcı olur. Bunun önemli katkılarından biri, kardiyak 3D görüntülemede ML destekli gelişmelerdir. Miyokardiyal doku karakterizasyonunu ve doku analizini iyileştirmek için ML teknikleri uygulanmıştır. Elektrot konumunu ve kalp yüzeyinin geometrisini aynı anda kaydeden kontrastsız bilgisayarlı tomografi (BT) ile vücut yüzeyi haritalamasını entegre eden elektrokardiyografi görüntüleme sistemleri, hastanın kalbinin 3 boyutlu rekonstrüksiyonunda atriyal veya ventriküler ektopinin fokal aktivasyonunu lokalize edebilir.

**Kişiselleştirilmiş sanal kalp modellemesi—yeni bir paradigma**

Hücresel modelleme teknolojisindeki önemli gelişmeler, bilgisayarlı bir insan kalp miyositinin geliştirilmesinin yolunu açmıştır.  Önceden tanımlanmış elektrofizyolojik özelliklere sahip sanal ventriküler miyositler ve iyon kanalı değişiklikleri ve miyokard iskemisi dahil olmak üzere çevreye yanıt olarak öngörülebilir fonksiyonel değişiklikler göstermiştir.

**Atriyal fibrilasyonda sanal kalpler ve makine öğrenimi**

AF rekürrensini tanımlamak için atriyal hesaplama modelleriyle birlikte makine öğrenimi metodolojileri kullanıldı. Kalıcı AF'si olan 21 hastada atriyal fibrozu tanımlamak için 80 Segmentli LGE CMR taraması kullanıldı. Fibrotik ve fibrotik olmayan bölgeler tanımlandı. Atriyal fibrilasyon, bu sanal atriyal modellerde çok bölgeli atriyal pacing kullanılarak indüklendi. Reentran taşikardi konumlarını tanımlamak için uzamsal küme algoritması ile faz eşleme kullanıldı. Reentran yapan konumların %80'inden fazlası fibrozis sınır bölgeleriyle eşleşti. ML ve kişiselleştirilmiş hesaplamalı modellemeyi birleştiren bir çalışmada ise , paroksismal AF'si olan hastalarda pulmoner ven izolasyonu sonrası AF rekürrensini öngören bir ML algoritması gösterilmiştir. Bu ML algoritması, sırasıyla %82 ve %89 ortalama doğrulama duyarlılığı ile pulmoner ven izolasyonu sonrası AF nüksünü öngördü.

**Atriyal fibrilasyonda intrakardiyak data ve makine öğrenmesi uygulamaları**

EP prosedürleri sırasında büyük miktarlarda intrakardiyak data kaydedilir. ML metodolojilerindeki son gelişmeler, araştırmacıları, AF'de ekstra pulmoner ablasyon bölgelerinin tanımlanması amacıyla bu teknikleri intrakardiyak elektrogramlarda uygulamaya teşvik etmiştir. EP laboratuvarlarında artırılmış gerçeklik çözümleri sağlamak için sistemler şu anda gelecekte kullanılmak üzere geliştirilmektedir ve kesinlikle daha iyi ve verimli iş akışına yardımcı olacaktır.

**Elektrofizyolojide robotik ve makine öğreniminin potansiyel rolü**

EP alanında robotik navigasyon 20 yıl önce tanıtıldı. Önerilen iki kavram, bilgisayar destekli teknik (Hansen & Amigo) aracılığıyla geleneksel bir ablasyon kateterini yönlendiren mekanik bir kılıf sistemi veya bir manyetik platform

(Stereotaksis) idi. Daha yeni bir teknik ise hem görüntüleme hem de lezyon yerleştirme (Vytronus) için akustik enerji kullanan başka bir mekanik sistemdir.  Düşük yoğunluklu kolimasyonlu ultrason (LICU) kullanılarak pulmoner ven izolasyonu uygulanan paroksismal AF'li 52 hastadan oluşan bir kohortta insanda ilk deneyim bildirilmiştir. 3D EAM sistemleri (CARTO veya ACUTUS) ve 3D görüntü entegrasyonu ile birlikte tüm aritmilere uygulanabilen manyetik navigasyon sistemi (Niobe, Stereotaxis) için çok sayıda kanıt yayınlanmıştır. 3D görüntüleme ve kişiselleştirilmiş kalp modelleme kullanılarak ablasyon hedeflerinin non-invaziv ML destekli tanımlanması ve ardından bu önceden tanımlanmış konumların robotik ablasyonu, gelecek için heyecan verici bir olasılık gibi görünmektedir. Bu yaklaşım başarılı olursa, kateter sayısını minimuma indirebilir ve hem daha fazla zaman hem de maliyet açısından daha verimli olabilir.

**Yapay zeka, aritmi bakımındaki boşlukları kapatıyor mu?**

Yapay zeka destekli EKG'nin kalıcı AF, sol ventrikül sistolik disfonksiyonu ve HCM'si olan hastaları tanımladığı gösterilmiştir ve listenin devam eden araştırmalardan elde edilen kanıtlarla zamanla büyümesi muhtemeldir. AI özellikli EKG, yaşamı tehdit eden elektrolit dengesizliğinin ve daha yoğun izlemeye ihtiyaç duyabilecek arrest riski taşıyan hastaların hızlı bir şekilde tanımlanmasına yardımcı olabilir.  Sensör teknolojisindeki gelişmeler ve cihazların nesnelerin interneti üzerinden bağlanabilmesi ile kablosuz iletişimdeki gelişmeler, sürekli kalp ritmi izlemeyi mümkün kılmıştır.  Giyilebilir cihazlardan elde edilen verilerin yapay zeka destekli neredeyse gerçek zamanlı analizi, bir AF epizodunu takiben cepte antikoagülan ilaç gibi yeni tedavi stratejilerine yönelik daha yeni araştırmaların tasarlanmasına yol açtı. Zamanla, AI etkin EKG, aksesuar yol veya aritmi odağının doğru lokalizasyonuna daha iyi katkıda bulunabilir.

**Sınırlamalar ve zorluklar**

ML tabanlı teknolojileri aktif klinik karar vermede klinisyenlerin kararını etkileyebilir. Yapay zeka bir veri bilimidir ve bu nedenle makine öğrenimi algoritmalarını eğitmek ve doğrulamak için kullanılan verilerin kalitesinin önemi göz ardı edilemez. ML metodolojileri geliştirmek için büyük miktarlarda sağlam sağlıklı veriyi harmanlamak için araştırma merkezleri arasında iş birliğine ve veri paylaşımına daha fazla ihtiyaç vardır. Klinik karar vermede ML algoritmalarının artan kullanımı, kişisel sorumluluk kavramını meydana getirmektedir ve yakın vadede kardiyologlar, hasta yönetimi için yapay zekanın dikte ettiği klinik karar verme yerine yapay zeka destekli olmaya istekli olacaklardır.

**Sonuç**

Yapay zeka, aritminin tanımlanmasından tedaviye (invaziv ve non-invaziv) kardiyak EP alanında hasta yönetiminin tüm yönleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Elektrokardiyografinin bilgisayarlı yorumu ve kardiyak cihazlar için kural tabanlı algoritmalar şeklinde basit AI teknikleri oluşturulmuştur. DL tekniklerinin kullanımıyla ilgili son gelişmeler, aritmi tespiti ve aritmojenik odak tanımlamasında daha yeni araştırmaların yolunu açmaktadır. Kardiyak görüntülemedeki en son AI destekli gelişmeler, hedefe yönelik ablasyon tedavilerine (invaziv ve non-invaziv) rehberlik etmek için daha iyi non-invaziv haritalama teknikleri geliştirme girişimlerini canlandırmıştır.