

# “Myocardial motion curves from CMR: an automated approach to visualize complex deformation patterns and comparison of healthy and diseased cohorts” Çalışma Değerlendirmesi

Dr. Hilal Yıldız, Dr. Mevlüt Serdar Kuyumcu

## “Myocardial motion curves from CMR: an automated approach to visualize complex deformation patterns and comparison of healthy and diseased cohorts” Çalışma Değerlendirmesi

**Hazırlayan:** Dr. Hilal Yıldız<sup>1</sup>, Dr. Mevlüt Serdar Kuyumcu<sup>2</sup>

1; Araştırma Görevlisi Doktor, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı

2; Doçent Doktor, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı

**Çalışmanın adı:** Myocardial motion curves from CMR: an automated approach to visualize complex deformation patterns and comparison of healthy and diseased cohorts

**Çalışmanın amacı ve metodolojisi:** Kardiyak manyetik rezonans görüntüleme (KMR), miyokardiyal fonksiyonun değerlendirilmesinde altın standart yöntemdir. Ejeksiyon fraksiyonu (EF) gibi geleneksel volümetrik parametreler kardiyak performansın genel olarak değerlendirilmesini sağlarken miyokardiyal strain analizleri diyastolik disfonksiyonun erken saptanmasına olanak sağlamaktadır. Her iki yöntem de esas olarak diyastol sonundan sistol sonuna kadar olan kontraksiyon sürecine odaklanır. Dolayısıyla kontraksiyon ve relaksasyonun ara fazlarına ilişkin bilgiler yeterince değerlendirilememektedir.

J. Kiekenap ve et al. tarafından yapılan bu çalışmada, kardiyak hareketin zamansal analizi ve görselleştirilmesi amacıyla otomatik vektör tabanlı bir yaklaşım önerilmektedir. Çalışmada, denetimli segmentasyon olarak adlandırılan etiketli verilerle eğitilmiş segmentasyon için bir model ve öz denetimli kayıt için ikinci bir model olmak üzere iki yapay zeka modeli kullanılmıştır. İlk yapay zeka modeli ventrikülleri segmentize etmekte, ikinci model ise segment bazlı vektörel açısal değişimleri hesaplamaktadır. İki yapay zeka modelinin entegrasyonu ile birlikte miyokardiyal hareket, tüm kardiyak siklus boyunca miyokardın hareket yönü ile bir odak noktası arasındaki  $\alpha$  açısı olarak karakterize edilmektedir.

Çalışmada sol ve sağ ventrikül miyokardiyal hareketinin yön göstergesi olarak  $\alpha$  açısının kosinüsü ( $\cos(\alpha)$ ) ve hareket büyüklüğü ölçütü olarak vektör normu ( $|v|$ ) kullanılarak sağlıklı kohort (NOR) ile hipertrofik kardiyomyopati (HCM), dilate kardiyomyopati (DCM), sağ kalp kardiyomyopatileri ve miyokard enfarktüsü (MINF) olguları arasındaki farklılıkların araştırılması amaçlanmıştır.

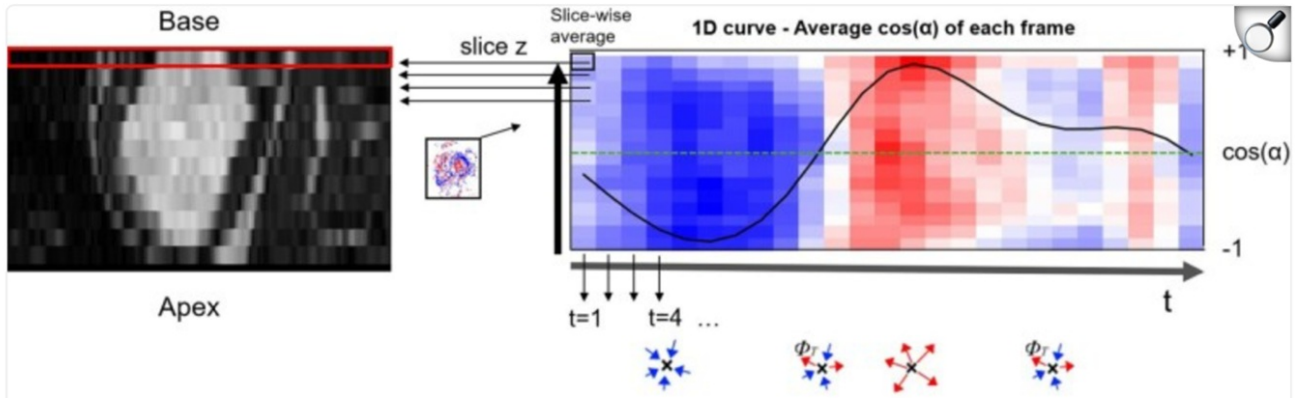
Açık kaynaklı bir KMR veri seti (1) kullanılarak sol ventrikül (LV) ve sağ ventrikül (RV) miyokardiyal alanlarını belirlemek üzere biventriküler bir segmentasyon modeli eğitilmiştir. Ardışık yön hesaplamaları için yoğun vektör alanları ( $\Phi$ ) oluşturmak amacıyla ikinci bir model olarak deformabl görüntü işleyen konvolüsyonel nöral ağı (CNN) modeli eğitilmiştir.

Başka bir yöntem (2) dayanarak alanı belirlenmiş LV ve RV içerisindeki her bir voksel ( $x_i$ ) için, yer değiştirme vektörü ( $v_i$ ) ile ilgili segmentasyon alanlarından türetilen bir odak noktasına göre hareketin rölatif yönünü ( $\alpha_i$ ) hesaplamak üzere bir yön modülü kullanılmıştır. Anatomik haritalama ve uzamsal verilerin agregasyonu ile tüm kardiyak siklus boyunca 1 boyutlu (1D) bir yön eğrisi [ $\cos(\alpha)$ ] oluşturulmuş; ayrıca vektör alanı ( $\Phi$ ) normundan hareketle bir büyüklük eğrisi [ $|v|$ ] elde edilmiştir. Bağımsız bir veri setine (3) ait LV ve RV hareket ve büyüklük eğrileri değerlendirmeye alınmıştır.

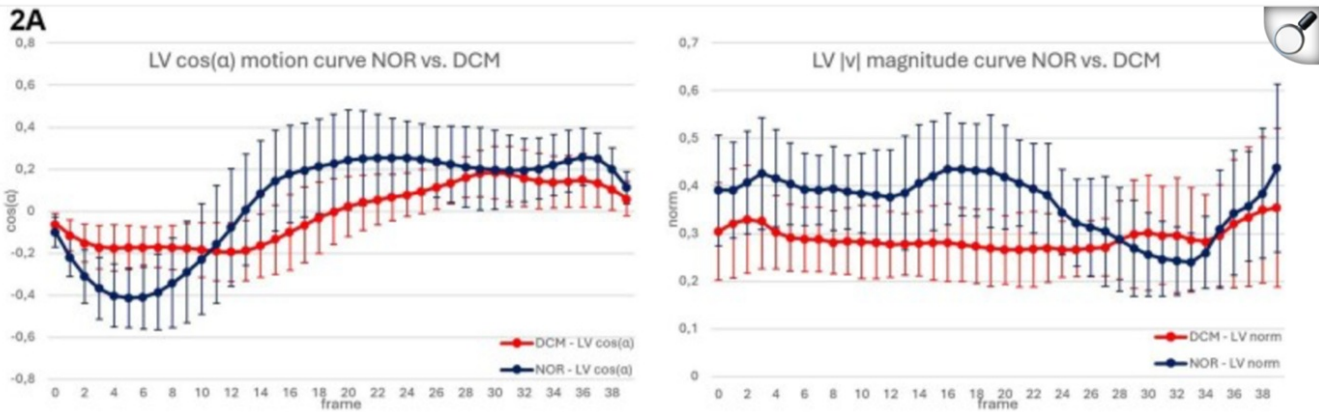
**Çalışmanın sonuçları ve tartışma:** Modeli kullanarak sol ventrikül (LV) ve sağ ventrikül (RV) için belirgin  $\cos(\alpha)$  hareket eğrileri oluşturmuşlar. Bu eğriler; sistol sırasında odak noktasına doğru en yüksek hareketi, diyastole geçiş sırasında hareket yönünün zıddına dönüşünü ve diyastol boyunca erken ventrikül relaksasyonu ile geç atriyal doluma karşılık gelen bimodal seyir göstermektedir. Buna karşılık gelen vektör norm ( $|v|$ ) eğrileri, zaman içinde miyokardiyal deformasyonun büyüklüğünü ortaya koymuştur.  $\cos(\alpha)$  değerinin ekstremumları (LV  $\cos(\alpha)$  minimumu: NOR vs. DCM:  $U = 26$ ,  $p < 0,001$ ; NOR vs. HCM:  $U = 27$ ,  $p < 0,001$ ; NOR vs. MINF:  $U = 30$ ,  $p < 0,001$ ) ve diğer çeşitli hareket özellikleri (Şekil 2B), sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonundan (LV-EF) bağımsız olarak, sağlıklı bireyler (NOR) ile hastalığı olan gruplar arasında anlamlı farklılıklar göstermiş olduğu saptanmıştır.

Miyokardiyal hareket - karmaşık bir 4 boyutlu (4D) deformasyon süreci- yön ve büyüklüğü tanımlayan, yorumlanabilir iki adet 1 boyutlu (1D) eğriye indirgenmiştir. Bu eğriler, geleneksel strain analizini tamamlayıcı nitelikte olup kohortlar arasında genel farklılıklar gözlemlenmiştir. Sağlıklı vs. patolojik kardiyak MR görüntüleri üzerinde yapılan bu çalışmada; yapay zeka algoritmasının hızlı ve güvenilir analiz verebileceği gösterilmekle beraber bu konuda daha büyük analizlere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

**Erişim linki:** [https://academic.oup.com/ehjdh/article/7/Supplement\\_1/ztaf143.103/8422884](https://academic.oup.com/ehjdh/article/7/Supplement_1/ztaf143.103/8422884)



**Figure 1:** Schematic illustration of  $\cos(\alpha)$  motion curve derived from 4D CMR images. Each data point represents the slice-wise average of  $\cos(\alpha)$  for a single frame. Contraction, indicating motion toward the focal point, corresponds to angles  $< 90^\circ$  and negative cosine values (blue). Relaxation, indicating motion away from the focal point, corresponds to angles  $> 90^\circ$  and positive cosine values (red).



**2B**

	LV cos(α) min	RV cos(α) min	LV cos(α) max	RV cos(α) max	LV  v  max	RV  v  max	LV cos(α) MS	RV cos(α) MS	LV cos(α) PF	RV cos(α) PF	LV cos(α) ED-MS	RV cos(α) ED-MS	LV cos(α) ES-PF	RV cos(α) ES-PF	LV  v  MS	RV  v  MS	LV  v  PF	RV  v  PF	LV cos(α) AUC systole	RV cos(α) AUC systole	LV cos(α) AUC diastole	RV cos(α) AUC diastole	LV cos(α) slope ED	RV cos(α) slope ED	LV cos(α) slope ES	RV cos(α) slope ES	LV cos(α) slope ED-ES	RV cos(α) slope ED-ES	LV-EF gt	RV-EF gt	
NOR vs. DCM	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,076	0,185	<0,001	<0,001	0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
NOR vs. HCM	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,570	0,199	<0,001	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,066	<0,001	<0,001	0,516	1,000	0,035	0,126	<0,001	0,030	0,029	0,055	<0,001	0,402	<0,001	<0,001	<0,001	0,402	0,181	0,004
NOR vs. MINF	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,007	<0,001	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,028	<0,001	0,008	0,925	<0,001	
NOR vs. RV	0,100	0,116	0,855	0,072	0,160	0,704	0,100	0,177	0,319	0,122	0,191	0,180	0,376	0,040	0,500	0,623	0,518	0,790	0,527	0,227	0,922	0,978	0,048	0,399	<0,001	0,888	0,008	0,092	<0,001	0,006	

**Figure 2A:** Mean LV  $\cos(\alpha)$  +/- standard deviation motion and mean LV  $|v|$  +/- standard deviation magnitude curve of healthy (blue) and DCM cohort (red)  
**Figure 2B:** Descriptive parameter comparison between healthy subjects and pathological phenotypes, with p-values derived from Mann-Whitney U tests.

**Abbreviations and colours:** LV – left ventricle, RV – right ventricle, EF – ejection fraction, gt – ground truth, min – minimum, max – maximum, AUC – area under the curve, ED – end diastole, MS – mid systole, ES – end systole, PF – peak flow, NOR – healthy cohort, DCM – dilated cardiomyopathy, HCM – hypertrophic cardiomyopathy, MINF – myocardial infarction, RV – abnormal RV, orange highlight –  $p < 0,05$ , yellow highlight –  $p < 0,01$ , green highlight –  $p < 0,001$