



Prostat Kanser Hastalarında çoklu b faktör kullanarak ADC hesaplaması ; ilk sonuçlar

ADC computations in prostate cancer MR images using multiple b-factors ; preliminary results

Hale Pınar Zengingönül¹, Müge Öztürk¹, Metin Vural², Gökhan Ertaş³

¹ Biyomedikal Mühendisliği, Çorlu Mühendislik Fakültesi
Namık Kemal Üniversitesi
hpzengingonul@nku.edu.tr

² Radyoloji Bölümü
Amerikan Hastanesi
metinv@uniamerikanhastanesi.org

³ Biyomedikal Mühendisliği
Yeditepe Üniversitesi
gokhan.ertas@yeditepe.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada 3T Siemens MR sistemini kullanarak prostat kanseri hastalarının MR difüzyon görüntüleri toplanmıştır. Çalışmada sistemde bulunan ötesinde ADC hesapları için en az üç b faktörü kullanılarak elde edilen difüzyon görüntüleri kullanılmıştır. Burdaki amaç daha çok sayıda b faktörü kullanarak yapılan hesaplamalarla ADC hesaplamalarının güvenilirliğini arttırmaktır. Kanserli bölge, çevresel alan ve sağlıklı bölgelerdeki veri noktaları üzerinde ayrı ayrı çalışılmıştır. Yapılan ADC hesaplamalarında mono-üstel eğri modeli kullanılmıştır. İkili b-faktör fittingleri ve ikili kombinasyonların fittingleri arasında karşılaştırmaların sonucunda ADC hesaplamalarında açık bir şekilde 2 den fazla b faktörünü bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak üç ve daha fazla b faktörü kullanılarak yapılan çalışmaların daha güvenilir olacağı açıktır. Bu açıdan en azından klinik kullanımda en az 3 b katörü kullanılması doğru olacaktır. Aynı veriler mono üssel yerine ikili üssel modellerde incelenmiştir. Fakat b faktör sayısının azlığı ve değerlerinin küçüklüğü çalışmayı sınırlamıştır. Bu makalede ilk sonuçlara yer verilmiştir ancak bu konuda daha kapsamlı bir çalışma gerekmektedir.

Abstract

In this study prostate cancer patients with prostate cancer using diffusion MR images were collected were scanned with a 3T Siemens Skyra MR unit. Diffusion images of the patients were collected in three diemnsions using multiple b factors. Apparent diffusion constant (ADC) were then calculated in the post processing phase of the project. The goal here was to use as many diffusion points as possible to increase the reliability of such computations. Cancerous regions, peripheral areas and healthy areas were studied separately using a mono-

exponential fitting model. In the second phase of the study the data sets were also fitted by a bi-exponential model. A clear distinction between the two approaches was not apparent. However our data was limited with few low level b factors. A more quantitative and extensive study is needed to explore the diffusion behavior in the cancerous legions.

1. Giriş

Çalışmadaki MR görüntüleri Amerikan Hastanesinde 3T Siemens Skyra Manyetik Rezonans ünitesiyle alınmıştır. MR görüntüleme paketinde difüzyon, T1, T2, dinamik MR ve görünür difüzyon katsayısı (ADC) görüntüleri bulunmaktadır. MR ünitesinin 3T gibi yüksek bir güce sahip olması yüksek b faktörlü difüzyon görüntülerinin alınmasını da mümkün kılacaktır.

Bu çalışmada MR'da difüzyon katsayısının prostat kanserinde tümörlü bölgeye etkisi gözlemlenmiştir. Amaç günümüzde MR yöntemlerinden biri olan difüzyon ağırlıklı görüntüleme 2(iki)li b faktörler yerine çoklu b faktör kullanarak difüzyon görüntülerinden çıkarılacak olan bir üssel eğrinin doğruluğunu arttırmaktır. Bu çalışmada alınan b faktörlerinin 3 (üç) veya daha fazla olması ve bunlardan çıkarılacak difüzyon katsayısı hata oranının azaltılmasını sağlayacaktır. Ayrıca alınan b katsayılarının değerlerinin yüksek olması da yalın difüzyon katkısının fazla olduğu görüntülerden faydalanılmasını sağlayacaktır. Bütün bunlara dayanılarak daha yüksek ve daha fazla b değerleri çalışmada kullanılmıştır. Verilerin analizi ve incelenmesi MATLAB (2014a) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

2. Deney ve Analiz

Analizde kullanılan çoklu b faktörüne sahip hasta verileri 13 hastadan toplanmıştır. Difüzyon görüntülemesi esnasında TR/TE 5000 ms/96 ms, 3,6 mm kalınlığında 22 katman ve

Tıbbi Görüntüleme 2

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

FOV olarak da 260 mm bir alan gözlemlenmiştir. Kullanılan b değerleri ise bazı hastalarda 50, 500 ve 1000 bir kısmında da 50, 400, 800 (s/mm²) olarak seçilmiştir. Bu hastaların yanı sıra 8 hastada da sadece iki b değeri kullanılmıştır.

Analiz için seçilen görüntüler daha sonra tümör bölgesi ve hastalısız bölgelere ayrılır. ADC değerini bulmak için Stejskal-Tanner formülü kullanılarak difüzyon haritasında piksel değerinden hesaplama yapılır. Stejskal-Tanner formülü şöyledir:

$$ADC = -(1/b_n - b_0) \ln(S_n/S_0)$$

Burada S₀, b₀ 'daki b_n faktör değeri S_n ise b_n'deki değere karşılık geçen sinyal büyüklüğüdür.

Çalışmanın ikinci etabında kullanılan formül ise

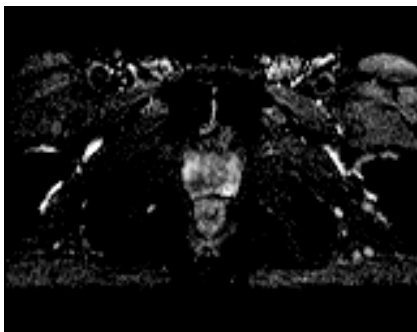
$$S = A \exp(-bD_a) + B \exp(-bD_b)$$

Burda S sinyal büyüklüğü, b b-faktörü, D_a ve D_b hızlı ve yavaş difüzyon katsayıları, A ve B ise bu bölümlerin büyüklüklerini simgelemektedir.

Tekli üssel model hesaplarında ilk nokta olarak b=50 (s/mm²) değeri tercih edilmiştir. Bundaki amaç perfüzyon, T2 gibi etkileri analizde minimuma indirmektir. Pratikte 800 ve 1000 s/mm² 'lık b değeri yeterli difüzyon ağırlığı sağlamaktadır.

Tabloyu oluştururken elde edilen difüzyon katsayıları % 95 güven aralığında elde edilmiştir. 3 (üç) lü b faktörlerinden elde edilen difüzyon katsayılarıyla 2 (iki) li b faktörlerden elde edilen difüzyon katsayıları karşılaştırıldığında sonuçlar yakın olmakla birlikte güvenilirlik olarak 3 ve daha fazla b sayısı kullanmak avantajlı olacaktır.

Tablo 1, 2 ve 3 iki hastanın ADC değerlerinin ikili ve üçlü be faktörü kombinasyonları ile hesaplanmalarının karşılaştırmasıdır. Tablo 1'de her üç b-faktörü kullanarak yapılan sonuçlar bulunmaktadır. Tablo 2 ve 3'de ise aynı hastaların iki veriye dayalı ADC sonuçları verilmiştir. En son verilen tabloda 4'lü b faktör verileriyle elde edilmiş ADC katsayıları görülmektedir. İkili kombinasyon sonuçlarındaki farklılık mono üssel modelin bazı durumlarda yetersiz kalabileceğini ortaya koymuştur.



Şekil 1: Bir tümörlü prostat örneği

Tablo 1: Üç b faktörü ile hesaplanan tümörlü ve tümörsüz bölge ADC sayıları

Hastalar	B faktörleri (s/mm ²)	Tümörlü bölge ADC (mm ² /s)	Tümörsüz bölge ADC (mm ² /s)
1	50-400-800	1.518*10 ⁻³	2.565*10 ⁻³
2	50-500-1000	1.132*10 ⁻³	2.325*10 ⁻³

Tablo 2: 3 ayrı b-faktör birleşimleriyle iki noktaya dayanan tümörlü ve tümörsüz bölge ADC hesaplamaları

Hasta 1	B faktörleri (s/mm ²)	Tümörlü bölge ADC (mm ² /s)	Tümörsüz bölge ADC (mm ² /s)
	50-400	1.544*10 ⁻³	2.303*10 ⁻³
	400-800	1.499*10 ⁻³	3.725*10 ⁻³
	50-800	1.504*10 ⁻³	3.062*10 ⁻³

Tablo 3: 3 ayrı b-faktör kullanılarak hesaplanan tümörlü ve tümörsüz bölge ADC hesaplamaları

Hasta 2	B faktörleri (s/mm ²)	Tümörlü bölge ADC (mm ² /s)	Tümörsüz bölge ADC (mm ² /s)
	50-500	1.084*10 ⁻³	2.422*10 ⁻³
	500-1000	1.222*10 ⁻³	1.386*10 ⁻³
	50-1000	1.156*10 ⁻³	1.877*10 ⁻³

Tablo 4: 3 ayrı b-faktör kullanılarak hesaplanan tümörlü ve tümörsüz bölge ADC hesaplamaları

Hastalar	B faktörleri (s/mm ²)	Tümörlü bölge ADC (mm ² /s)	Tümörsüz bölge ADC (mm ² /s)
Hasta 6	0-50-500-1000	1.359 * 10 ⁻³	2.49 * 10 ⁻³
Hasta 7	0-50-500-1000	1.671 * 10 ⁻³	2.168 * 10 ⁻³
Hasta 8	0-50-500-1000	1.125 * 10 ⁻³	2.394 * 10 ⁻³
Hasta 9	0-50-500-1000	1.504 * 10 ⁻³	1.938 * 10 ⁻³
Hasta 10	0-50-500-1000	1.131 * 10 ⁻³	1.844 * 10 ⁻³

3. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışmanın sonucunda bulunan periferik, tümörlü ve kansersiz bölgeler daha önce literatürde görülen sonuçlara benzerlik göstermektedir [1-4]. Örnek bir karşılaştırılma verilecek olursa Chan et al. [1] normal periferik bölgesinden alınan difüzyon katsayısını 3T MR'da 1.95 * 10⁻³, tümörlü bölgede ise 1.58 * 10⁻³ olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada normal periferik bölgedeki difüzyon katsayısının 1.944 * 10⁻³, tümörlü bölge de 1.518 * 10⁻³ (hasta1) olduğu belirlenmiştir. İkili bileşenlerle yapılan hesaplamalarda ise aralarında değişik bir eğilim gözlemlenmemiştir. Ama kesin bir sonuca varmak için



Tıbbi Görüntüleme 2

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

bu çalışmada kullanılan hasta sayısından daha fazlasına gerek olacaktır.

Proje daha çok hasta üzerinde uygulanmaya devam edecektir. Yeni hasta taramalarında daha yüksek b faktör değerlerine de yer verilmesi planlanmaktadır. Hasta sayısı artırılarak ve daha da önemlisi bfaktör sayısı artırılarak çalışmanın devamı olarak ikili üssel model, esnetilmiş üssel ve kurtosis model kullanılacaktır. Mazaheri [5] ve Mulkern [6] araştırmalarında esnetilmiş üssel ve ikili üssel modelin daha uygun bir fit olduğunu gözlemlenmiştir. Gauss dışı modellerden bir diğeri de Kurtosis modellemesidir. Bununla ilgili yapılan çalışmalarda [7-8] ise bu modelin de tekli-üssel modele göre üstünlüğü gözlemlenmiştir. Bihan'ın [9] da önerdiği gibi bu alanda daha bir çok çalışma yapılması gerekmektedir.

4. Kaynakça

- [1] CHAN Kyo Kim, BYUNG Kwan Park, BOHYUN Kim, Diffusion-Weighted MRI at 3T for the Evaluation of Prostate Cancer, AJR, 194,1461-1469, (2010)
- [2] BABOURINA-BROOKS B1, COWIN GJ, WANG D., Diffusion-weighted imaging in the prostate: an apparent diffusion coefficient comparison of half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo and echo planar imaging, Magn Reson Imaging. 30(2):189-94, (2012)
- [3] BLACKLEDGE Matthew D., LEACH Martin O., COLLINS David J. and KOH Dow-Mu, Computed Diffusion-weighted MR Imaging May improve tumor detection, (2011)
- [4] GIBBS P, TOZER DJ, LINEY GP, TURNBULL LW. Comparison of quantitative T2 mapping and diffusion-weighted imaging in the normal and pathologic prostate. Magn Reson Med. 46:10548, (2001)
- [5] MAZAHERI Y, et al., Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the prostate: improved robustness with stretched exponential modeling, J Comp. Assist Tomogr., 36, 695-703, (2012)
- [6] MULKERN R.V., et al., Biexponential Characterization of Prostate Tissue Diffusion Decay Curves over an Extended b-factor Range Magn. Resonance Imaging. 24, 563-568, (2006)
- [7] JANSEN J.F.A., et al., Non-Gaussian Analysis of Diffusion-Weighted MR Imaging in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma: A Feasibility Study, AJNR Am J Neuroradiology 31, 741– 748, Apr 2010
- [8] YUAN Jing, et al., Non-Gaussian Analysis of Diffusion Weighted Imaging in Head and Neck at 3T: A Pilot Study in Patients with Nasopharyngeal Carcinoma, DOI: 10.1371/journal.pone.0087024, Jan 2014

- [9] LE BIHAN Denis, Apparent Diffusion Coefficient and Beyond: What Diffusion MR Imaging Can Tell Us about Tissue Structure, Radiology 268,318-322, August 2013