



T.C.

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**PROSTAT BEZİ KANSERİ VE PROSTATİT HASTALARINDA
MR GÖRÜNTÜLERİNDE FASTER R-CNN YAPAY ZEKA
MODELİ KULLANARAK LEZYON TESPİTİ YAPILMASI**

Uzmanlık Tezi

Dr. Muhammed KAYA

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Gülen BURAKGAZİ

RİZE

2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Prostat bezi kanseri ve Prostatit hastalarında MR Görüntülerinde Faster R -CNN Yapay Zeka Modeli kullanarak lezyon tespiti yapılması” başlıklı bu tezin, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eseri olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bilgi ve yorumlara kaynak gösterildiğini ve kullanılan kaynak listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Dr. Muhammed KAYA

OCAK, 2025

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitim serüvenim boyunca mesleğimize dair sunduğu destekten öte birçok konuda ilham kaynağı olan, Anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Fatma BEYAZAL ÇELİKER'e ve güler yüzüyle her zaman bana manevi anlamda güç veren, tecrübelerini daima benimle paylaşan tez hocam Doç. Dr. Gülen BURAKGAZİ'ye, tez çalışmama dair tüm sürecimde bilgi ve tecrübesiyle bana destek olan yazılım mühendisi kardeşim Osman DURDAĞ'a, bana girişimsel radyolojiyi sevdiren ve cerrahi alanda çoğu tavrını idol olarak aldığım Doç. Dr. Mehmet BEYAZAL hocama, tüm tecrübe ve birikimlerini bize aktaran, çok keyifli anlar geçirdiğimiz hocamız Doç.Dr.Filiz TAŞÇI'ya, süreçte keyifle çalıştığımız, her türlü sorunumuzda ilk başvuru noktamız, insani yönüyle de üst düzey bir konumda olduğunu düşündüğüm Dr. Öğr. Üyesi Nur HÜRSOY'a, birlikte çalışmış olmaktan mutluluk duyduğum, bilgisine ve hastalar üzerinde detaycı analizlerine çok güvendiğim Dr. Öğr. Üyesi. Hande Melike BÜLBÜL'e, her zaman nezaketle bana bişeyler öğreten, bakış açısı olarak kendime yakın hissettiğim Uzm.Dr.Kemal PANÇ ve Uzm. Dr Lütfullah SAĞIR'a, akademik anlamda ne zaman başımız sıkışsa yanına gittiğimiz, üst düzey ve sabırlı anlatım şekli olan Uzm.Dr.Esat KABA'ya,birlikte çalışmaktan büyük memnuniyet duyduğum diğer asistan arkadaşlarıma ve bölümümüzün tüm değerli üyelerine, benim ve çocuklarımin çoğu zaman kahrını çeken, buralara gelmem için kendi kariyerinden ödün veren canım eşim, diş hekimi Sevim Ebru KAYA'ya ve son olarak, beni bu günlere özveri ve büyük emeklerle getiren başta canım annem Semahat KAYA ve babam Zinnur KAYA olmak üzere, tüm aileme derin duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ETİK BEYANNAMESİ	2
ÖNSÖZ.....	3
İÇİNDEKİLER	4
TABLolar DİZİNİ.....	9
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	11
KISALTMALAR	12
ÖZET	13
ABSTRACT.....	14
GİRİŞ VE AMAÇ	15
KURAMSAL TEMELLER	17
Prostat Anatomisi	17
Anatomi.....	18
Non-Glandüler Prostat Dokusu	18
Glandüler Prostat Dokusu	18
Santral Zon	18
Transizyonel Zon	19
Periferik Zon.....	20
Prostatın Arteriyel Kanlaması	20
Prostatın Venöz ve Lenfatik Drenajı.....	21
Prostatın İnervasyonu	22
Prostat Embriyolojisi	22
Prostat Histolojisi	23
Prostatın Histolojik Yapısı.....	23
Prostat Fizyolojisi.....	25

Seminal Veziküllerin Anatomi ve Histolojisi.....	25
Prostat Kanseri	26
Epidemiyoloji	26
Prostat Kanserinde Klinik Bulgular ve Tanı	26
Tanı Yöntemleri	27
Parmakla Rektal Muayene	27
Prostat Spesifik Antijen (PSA)	27
Prostat Biyopsisi	28
Biyopsi Endikasyonları	28
Komplikasyonlar ve Riskler	28
Prostat Patolojisi	29
Adenokarsinom.....	30
Prostat Kanseri Sınıflandırma ve Evreleme Sistemleri.....	31
GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ	32
Transrektal Ultrasonografi (TRUS)	32
Bilgisayarlı Tomografi	33
Manyetik Rezonans Görüntüleme	33
Multiparametrik Manyetik Rezonans Görüntüleme	33
Anatomik Sekanslar	35
Fonksiyonel Sekanslar	35
Prostate Imaging Reporting and Data System: Version2 .1(PIRADS v2.1)	37
PIRADS v2.1 Değerlendirme Kategorileri	38
Prostat MpMRG'deki Dikkat Edilmesi Gereken Tuzaklar	44
Yapay Zekâ.....	46
Makine Öğrenmesi	47
Denetimli Makine Öğrenmesi	47

Yarı Denetimli Makine Öğrenimi	47
Derin Öğrenme	47
Günümüzde En Sık Kullanılan CNN Modelleri	48
R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks)	48
Fast R-CNN.....	48
Faster R-CNN.....	49
Improved Faster R-CNN	49
SOR Faster R-CNN	49
GEREÇ VE YÖNTEM.....	50
Hasta Seçimi	50
Veri Seti	51
Veri Ön İşleme.....	54
MR Protokolü.....	54
Faster R-CNN Modelinin Eğitilmesi.....	55
BULGULAR.....	57
Olgu Örnekleri	57
66 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	57
76 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	58
55 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	59
49 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	60
63 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	61
67 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	62
74 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi.....	63
T2A Görüntülerinde Radyolog ve Yapay Zekâ Modelinin Karşılaştırıldığı Olgu Örnekleri	65
Olgu 1	65

Olgu 2	65
Olgu 3	66
Olgu 4	66
Olgu 5	67
Olgu 6	67
Olgu 7	68
Olgu 8	68
DWI-ADC Sekanslarındaki Radyolog – Yapay Zekâ Kıyaslamalı Olgular	69
Olgu 1	69
Olgu 2	69
Olgu 3	70
Olgu 4	70
Olgu 5	71
Olgu 6	71
Olgu 7	72
İstatistiksel Yöntem	73
T2A Analizleri	73
ADC Analizleri.....	77
Performans Metrikleri.....	81
Doğruluk (Accuracy) Metriği.....	82
Duyarlılık (Sensitivity) Metriği.....	82
Kesinlik (Precision) Metriği.....	83
F1 Skoru.....	83
Karmaşıklık (Confusion) Matrisi	83
ADC Görüntüleri İçin Performans Metrikleri.....	84
T2 Görüntüleri İçin Performans Metrikleri.....	87

TARTIŞMA.....	89
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	95



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Prostat Biyopsisi Komplikasyonları ve Görülme Sıklıkları	29
Tablo 2. Uluslararası Ürolojik Patoloji Topluluğu 2014 Derece Grupları (N. Chen & Zhou, 2016).....	31
Tablo 3. Prostat Kanseri 2017 TNM Sınıflaması	31
Tablo 4. Periferik Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu T2A Skoru	38
Tablo 5. Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu T2A Skoru.....	40
Tablo 6. Periferik ve Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu DAG Skoru.....	41
Tablo 7. Periferik ve Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2 Kılavuzu DkMRG Skoru.....	42
Tablo 8. Hastaların Patolojik Tanılarının Kullanılan Görüntüler Üzerindeki Dağılımları	50
Tablo 9. XML Dosyaları İçeriklerinin Örnekleri.....	52
Tablo 10. 66 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	58
Tablo 11. 76 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	59
Tablo 12. 55 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	60
Tablo 13. 49 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	61
Tablo 14. 63 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	62
Tablo 15. 67 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	63
Tablo 16. 74 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi	64
Tablo 17. T2A Görüntüleri, Olgu 1.....	65
Tablo 18. T2A Görüntüleri, Olgu 2.....	65
Tablo 19. T2A Görüntüleri, Olgu 3.....	66
Tablo 20. T2A Görüntüleri, Olgu 4.....	67
Tablo 21. T2A Görüntüleri, Olgu 5.....	67
Tablo 22. T2A Görüntüleri, Olgu 6.....	68
Tablo 23. T2A Görüntüleri, Olgu 7.....	68
Tablo 24. T2A Görüntüleri, Olgu 8.....	69
Tablo 25. ADC Sekansları, Olgu 1	69
Tablo 26. ADC Sekansları, Olgu 2	70

Tablo 27. ADC Sekansları, Olgu 3	70
Tablo 28. ADC Sekansları, Olgu 4	71
Tablo 29. ADC Sekansları, Olgu 5	71
Tablo 30. ADC Sekansları, Olgu 6	72
Tablo 31. ADC Sekansları, Olgu 7	72
Tablo 32. T2A, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Radyolog)	73
Tablo 33. T2A, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Radyolog)	73
Tablo 34. T2A, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Yapay Zekâ)	74
Tablo 35. T2A, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Yapay Zekâ)	74
Tablo 36. T2A, Normallik Testi (Lilliefors Significance Correction)	75
Tablo 37. T2A, Teşhisin Konulduğu Bölgeye Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI).....	76
Tablo 38. T2A, Teşhisin Skoruna Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI) ..	76
Tablo 39. ADC, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Radyolog)	77
Tablo 40. ADC, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Radyolog)	77
Tablo 41. ADC, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Yapay Zekâ)	78
Tablo 42. ADC, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Yapay Zekâ)	78
Tablo 43. ADC, Normallik Testi (Lilliefors Significance Correction)	79
Tablo 44. ADC, Teşhisin Konulduğu Bölgeye Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI).....	80
Tablo 45. ADC, Teşhisin Skoruna Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI) ..	80
Tablo 46. ADC, Performans Metrikleri.....	84
Tablo 47. T2, Performans Metrikleri	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Prostat bezinin ve komşuluğundaki yapıların anatomisi. (a, b) Prostat bezinin aksiyal ve koronal görünüşleri ve yakın anatomik ilişkileri. (c) Prostatın zonal anatomisi. (d) Prostat çevresindeki fasial yapılar. AFS (anterior fibromusküler stroma), CZ (santral zon), ED (ejakülasyon kanalı), PZ (periferik zon), TZ (transizyonel zon), U (üretra).	19
Şekil 2. İnsanda ve farede prostatın zonal anatomisi ile komşu yapılar.....	20
Şekil 3. Prostatın segmenter anatomisi. TZ (transizyonel zon), PZ (periferik zon), CZ (santral zon), a (anterior), p (posterior)	21
Şekil 4. Prostat arteriyel anatomisi	22
Şekil 5. Prostatın lenfatik drenaj bölgeleri	23
Şekil 6. Prostat organogenezisi ve yolak boyunca etki eden sinyaller	24
Şekil 7. Prostattaki farklılaşmış hücre tipleri.....	24
Şekil 8. Seminal vezikül, ejakulatuar kanal anatomisi.....	26
Şekil 9. Periferik zon için final PIRADS skorlaması.....	43
Şekil 10. Transizyonel zon için final PIRADS skorlaması	43
Şekil 11. Yapay zekâ alt kümeleri	46
Şekil 12. Yapay sinir ağı.....	47
Şekil 13. CNN mimarisi	48
Şekil 14. Örnek bir etiketli görüntü (Axial kesit T2A MR)	51
Şekil 15. Makesense platformunun ara yüzünden bir kesit	52
Şekil 16. Axial kesitte DWI'da periferik zonda kanserli bölge etiketi	53
Şekil 17. Axial kesitte ADC'de periferik zonda kanserli bölge etiketi	53
Şekil 18. Karmaşıklık matrisinin temel gösterimi	83
Şekil 19. ADC, karmaşıklık matrisi	84
Şekil 20. ADC, doğruluk grafiği	85
Şekil 21. ADC, toplam kayıp grafiği.....	86
Şekil 22. T2, karmaşıklık matrisi	87
Şekil 23. T2, doğruluk grafiği.....	88
Şekil 24. T2, toplam kayıp grafiği	88

KISALTMALAR

ACR: American College of Radiology
ADC: Apparent Diffusion Coefficient
AFMS: Anterior Fibromusküler Stroma
AI: Artificial Intelligence
ASAP: Atipik Küçük Asiner Proliferasyon
BMP: Kemik Morfogenez Proteinleri
BpMR: Biparametrik Manyetik Rezonans
BPH: Benign Prostat Hiperplazisi
CNN: Evrişimli Sinir Ağı
DCE-MR: Dinamik Kontrastlı MR
DHT: Dihidrotestosteron
DkMR: Dinamik Kontrastlı MR
DRM: Dijital Rektal Muayene
DWI: Diffusion Weighted Imaging
FGF: Fibroblast Growth Factor
MpMR: Multiparametrik MR
MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme
MRS: MR Spektroskopisi
NPV: Negatif Prediktif Değer
PAE: Prostat Arteriyel Embolizasyon
Pca: Prostat Kanseri
PIN: Prostat İntraepitelyal Neoplazi
PIRADS: Prostate Imaging Reporting and Data System
PSA: Prostat Spesifik Antijen
R-CNN: Region-based Convolutional Neural Networks
ReLU: Rectified Linear Unit
RM: Rektal Muayene
T2A: T2 Ağırlıklı
TRUS: Transrektal Ultrasonografi
TZ: Transizyonel Zon
UGS: Ürogenital Sinüs
US: Ultrasonografi
WHO: Dünya Sağlık Örgütü
YZ: Yapay Zeka

ÖZET

PROSTAT BEZİ KANSERİNDE VE PROSTATİT HASTALARINDA MR GÖRÜNTÜLERİNDE FASTER R-CNN YAPAY ZEKA MODELİ İLE LEZYON TESPİTİ YAPILMASI

Giriş ve Amaç: Prostat kanseri(PCa), erkeklerde en sık görülen malignitelerden biridir. Özellikle ileri yaşlarda daha yaygın görülen bu hastalık, ciddi fiziksel ve psikolojik etkiler doğurabilir ve tedavi edilmediğinde ölümcül sonuçlar ortaya çıkarabilir. PCa, genellikle erken evrelerde belirgin semptomlar vermediği için tanısı zor olabilir; ancak ilerleyen evrelerde idrarda kan görülmesi, idrar yapmada zorluk ve sık idrara çıkma gibi belirtiler ortaya çıkar. Bu belirtiler Benign prostat hiperplazisi (BPH) gibi diğer benign durumlarla benzerlik gösterebildiğinden, prostat kanserinin erken ve doğru tanısı büyük önem taşır. Prostat ca tanısında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır; dijital rektal muayene (DRM), ultrasonografi (US), prostat spesifik antijen (PSA) testi, biyopsi ve manyetik rezonans (MR) bu yöntemler arasında yer alır. MR, prostat ca ve diğer prostat hastalıklarının ayırt edilmesinde giderek artan bir önem kazanmaktadır. Benign ve malign tümörlerin tedavi süreci birbirinden farklı olduğundan bu tümörlerin ayırıcı tanısının yapılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Biparametrik MR(BpMR) yöntemiyle histopatolojik olarak kanser veya prostatit olduğu kesinleşen hastaların T2A(T2 ağırlıklı), DWI (Diffusion Weighted Imaging) ve ADC(Apparent Diffusion Coefficient) sekanslarındaki görüntüleri kullanılarak güncel bir yapay zeka modeli olan Faster R-CNN modelinin eğitilmesi aracılığıyla PI-RADS sınıflamasına göre p3, p4 ve p5 lezyonları, periferik zon ve transizyonel zonun tespit edilmesi ve elde edilen sonuçların radyologların tanılarıyla kıyaslanması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Ocak 2017 – Aralık 2023 tarihleri arasında prostat bezine yönelik biparametrik MR çekilen ve histopatolojik tanısı kesinleşmiş prostat ca veya prostatit olduğu bilinen hastalardan 153 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Görüntüler üzerinde gerekli ön işleme aşamaları gerçekleştirildikten sonra Faster R-CNN derin öğrenme modelinin eğitilmesi aracılığıyla PIRADS sınıflaması gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Gerçekleştirilen test sonuçlarına göre T2 sekansta “p5” etiketli görüntüler için 0,96, “p4” için 0,97, “p3” için 0,99 doğruluk değerlerine ulaşılmıştır. ADC-DWI sekansta ise “p5” etiketli görüntüler için 0,90, “p4” için 0,93 ve “p3” için 0,97 doğruluk değerlerine ulaşılmıştır. Fakat, modelin DWI-ADC görüntülerinde daha çok tahmin yapabildiği ve “p5” ve “p4” etiketli görüntüleri daha iyi tanıyabildiği görülmüştür.

Sonuç: Elde edilen sonuçlar, Faster R-CNN gibi YZ (yapay zekâ) modellerinin bp-MR görüntüleme ile entegrasyonunun, prostat ca ve prostatit tanısında önemli bir potansiyele sahip olduğunu, lezyonun yerini tespit edebildiğini, periferik ve transizyonel zon ayrımı yapabildiğini ayrıca doğru bir şekilde PIRADS skoru verdiğini göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu modellerin daha geniş hasta popülasyonlarında ve farklı klinik senaryolarda doğrulanmasını içermelidir.

Anahtar Kelimeler: Prostat bezi tümörü, Manyetik Rezonans, yapay zekâ, Faster R CNN.

ABSTRACT

LESION DETECTION IN MRI IMAGES OF PROSTATE CANCER AND PROSTATITIS PATIENTS USING FASTER R-CNN ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL

Introduction and Objective: Prostate cancer (PCa) is one of the most common malignancies in men. This disease, which is more common in older ages, can cause serious physical and psychological effects and can be fatal if left untreated. PCa can be difficult to diagnose because it usually does not cause obvious symptoms in the early stages; however, symptoms such as blood in the urine, difficulty urinating and frequent urination occur in later stages. Since these symptoms can be similar to other benign conditions such as benign prostatic hyperplasia (BPH), early and accurate diagnosis of prostate cancer is of great importance. Various methods are used in the diagnosis of prostate cancer; digital rectal examination (DRE), ultrasonography (US), prostate-specific antigen (PSA) test, biopsy and magnetic resonance imaging (MRI) are among these methods. MRI is gaining increasing importance in distinguishing prostate cancer and other prostate diseases. Since the treatment processes of benign and malignant tumors are different from each other, it is important to make a differential diagnosis of these tumors. In this study, it was aimed to detect P3, P4 and P5 lesions, peripheral zone and transitional zone according to PI-RADS classification by training the Faster R-CNN model, a current artificial intelligence model, using the images of patients with histopathologically confirmed cancer or prostatitis in T2A (T2 weighted), DWI (Diffusion Weighted Imaging) and ADC (Apparent Diffusion Coefficient) sequences with Biparametric MR (BpMR) method and to compare the obtained results with the diagnoses of radiologists.

Materials and Methods: 153 patients who underwent biparametric MR of the prostate gland at Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Medicine Training and Research Hospital between January 2017 and December 2023 and were known to have histopathologically confirmed prostate cancer or prostatitis were included in the study. After the necessary pre-processing stages were performed on the images, PIRADS classification was performed by training the Faster R-CNN deep learning model.

Findings: According to the test results, the accuracy values for images labeled “p5” in the T2 sequence were 0.96, for images labeled “p4” 0.97, and for images labeled “p3” 0.99. In the ADC-DWI sequence, the accuracy values were 0.90 for images labeled “p5”, 0.93 for images labeled “p4” and 0.97 for images labeled “p3”. However, it was observed that the model was able to make more predictions in DWI-ADC images and better recognize images labeled “p5” and “p4”.

Conclusion: The obtained results show that the integration of AI (artificial intelligence) models such as Faster R-CNN with (bp-MR) imaging has significant potential in the diagnosis of prostate cancer and prostatitis, can detect the location of the lesion and provide accurate PIRADS scores. Future studies should include validation of these models in larger patient populations and different clinical scenarios.

Keywords: Prostate gland tumor, magnetic resonance imaging, artificial intelligence, Faster R CNN.

GİRİŞ VE AMAÇ

Prostat ca erkeklerde kansere bağılı ölüm sebepleri arasında 2. sırada yer almaktadır (Siegel et al., 2016).

Prostat ca tanısı; PSA, rektal muayene ve Transrektal Ultrasonografi (TRUS) eşliğinde çoklu prostat biyopsinin kombinasyonuna dayanmaktadır (Ketelsen et al., 2008). PSA, organ spesifitesi yüksek, ancak kanser spesifitesi düşük bir belirteçtir, prostat epitel hücrelerinde bir glikoproteindir. (Greene et al., 2013) BPH, prostatit ve prostat biyopsisi gibi benign durumlarda da serum PSA değeri yükselmektedir. Prostat kanserinden şüphelenilen erkeklerin en fazla 1/3'ünde biyopside kanser saptanmıştır (Levine et al., 1998).

TRUS özellikle histopatolojik tanıya ulaşılmasında katkıda bulunsa da önemli ölçüde yanlış negatiflik oranına sahiptir (Levine et al., 1998). Bu yöntemle, prostatın tamamı görüntülenemeyebilir ve var olan tümör biyopsi şablonu içerisinde olsa bile gözden kaçabilir.

MR, 1980'lerde ilk kez klinik kullanım için tanıtıldığında, tek parametrelili olarak sadece anatomik görüntüleme için kullanılıyordu. Bu dönemde, MR' nin prostat kanserinde kullanım potansiyeli keşfedilmeye başlandı. 1990'ların sonlarına doğru, dinamik kontrastlı MR ve difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) gibi ek MRI teknikleri geliştirildi ve bu tekniklerin prostat ca teşhisinde önemli olabileceği anlaşıldı. 2000'li yıllarda, bu yeni tekniklerin birleştirilmesiyle multiparametrik MR (mpMR) kavramı doğdu. Bu dönemde, anatomik T2-ağırlıklı görüntüleme, DWI, dinamik kontrastlı MR (DCE-MR) ve MR spektroskopisi (MRS) gibi çeşitli diziler birleştirilerek prostatın farklı doku özellikleri değerlendirilmeye başlandı. 2010' ların başından itibaren, mpMR, Pca teşhisi, evrelemesi ve tedavi planlamasında standart bir araç haline geldi. PIRADS (Prostate Imaging Reporting and Data System) gibi standardizasyon sistemleri geliştirildi ve bu sistemler, Mp MR'nin kullanımını daha tutarlı ve güvenilir hale getirdi. Bugün, mpMR, prostat ca teşhisinde altın standart olarak kabul edilmektedir ve biyopsi kararlarını yönlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Hricak et al., 2007a).

MpMR için kabul edilebilir minimum teknik parametreler oluşturmak; terminolojide, yorumlamada ve raporlamada standardizasyonu sağlamak, prostat kanseri şüphesi olan hastalarda lezyonu saptama, lokalize etme, karakterize etme ve

risk düzeyini saptama oranlarını artırmak için 2019 yılında PI-RADS v2.1 kılavuzu yayınlanmıştır (Turkbey et al., 2019a). Biz bu çalışmamızda BpMR kullanarak histopatolojik olarak kanser veya prostatit olduğu kesinleşen hastaların T2A, DWI, ADC sekanslarındaki görüntülerini güncel bir yapay zekâ modeli olan Faster R CNN metodu aracılığıyla öğretmek, periferik zon ve transizyonel zonü tesbit etmesini, PI-RADS sınıflamasına göre p3, p4, p5 lezyonları, radyologlara kıyasla tanı koyma başarısını ölçmeyi amaçladık.



KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde prostat anatomisi, gland zonları, arter ve venöz drenajı, innervasyonu, fizyolojisi, histolojisi anlatılmaktadır.

Prostat Anatomisi

Prostat, mesanenin hemen altında, üretrayı çevreleyen bir bezdir ve ortalama olarak ceviz büyüklüğündedir. Üç ana anatomik bölgeye ayrılır: periferik zon, santral zon ve transizyonel zon. Periferik zon, prostatın dış kısmını oluşturur ve prostat kanserinin en sık görüldüğü bölgedir. Santral zon, ejakülatör kanalları çevrelerken, transizyonel zon üretranın çevresinde yer alır ve benign prostat hiperplazisi (BPH) gibi benign büyümelerin en sık görüldüğü bölgedir (Henry et al., 2018a).

Prostat bezi glandüler ve stromal elemanlar içerir. Glandüler yapı, prostat sıvısının üretiminden sorumlu iken, stromal yapı, bu sıvının taşınmasına ve bezin yapısal bütünlüğünün korunmasına yardımcı olur. Prostat epitel hücreleri üç ana tipte sınıflandırılır: bazal, luminal ve nöroendokrin hücreler. Bazal hücreler sitokeratin 5 ve p63 transkripsiyon faktörünü, luminal hücreler ise sitokeratin 8 ve androjen regüle edilen sekresyon proteinlerini (örneğin, KLK3) ifade eder. Nöroendokrin hücreler ise kromogranin A gibi belirteçler içerir (Henry et al., 2018a).

Prostatın embriyolojik gelişimi, ürogenital sinüsten (UGS) türeyen epitelyal tomurcukların gelişmesiyle başlar. Bu tomurcuklar, çevresindeki mezenkimal dokunun kontrolü altında dallanarak tübüller ve alveoller oluşturur. Bu süreç, fetal dönemde testosteronun etkisi altında şekillenir ve prostatın gelişimini yönlendirir. Doğum sonrası büyüme, cinsel olgunlukla birlikte devam eder ve bu süreçte epitel hücreleri farklılaşarak luminal ve bazal fenotiplere dönüşür (Marker et al., 2003).

Prostat, kapsül benzeri bir yapı ile sarılıdır. Bu yapı çoğu düz kas olmak üzere fibromusküler fasiküllerden, kollajen ve elastinden oluşan, prostatik stromadan ayrırt edilmesi zor yalancı bir kapsüldür. Prostatın apeks ve bazis bölgeleri kapsülden yoksundur. Prostatik stroma apeks bölgesinde üriner sfinkterin kas lifleri ile bazis bölgesinde ise mesane detrusor tabakasının düz kas lifleri ile arada kapsül bulunmaksızın devamlılık gösterir (Yu et al., 2024).

Anatomi

Prostat bezinin glandüler elemanları santral zon, periferik zon ve transizyonel zon olarak üç bölüme, glandüler olmayan yapılarını da fibromusküler stroma ve preprostatik sfinkter olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır (Aaron et al., 2016).

Non-Glandüler Prostat Dokusu

Anterior Fibromusküler Stroma: Anterior fibromusküler stroma (AFMS), prostatın ön kısmında yer alan ve prostatın diğer glandüler bölgelerinden farklı bir yapıya sahip olan bir bölgedir. Bu bölge, glandüler dokudan yoksun olup, esas olarak bağ dokusu ve düz kas liflerinden oluşur. AFMS, prostatın sağlamlığını ve yapısal bütünlüğünü destekler ve aynı zamanda mesane boynu ve üretrayı çevreleyen dokularla bağlantılıdır. Glandüler doku içermediğinden, prostat ca ve BPH gibi glandüler patolojilerden genellikle etkilenmez. Ancak, prostatın yapısal bütünlüğü, prostatın genel fonksiyonları açısından önemlidir ve bu bölgedeki herhangi bir yapısal bozulma, prostatın diğer bölgelerindeki fonksiyonları da etkileyebilir (Henry et al., 2018b).

Preprostatik Sfinkter: Glandüler elemanlar içermeyen, prostatik üretrayı saran düz kas yapısındaki sfinkterdir. Ejakulasyon sırasında üretranın proksimal segmentini kapatarak retrograd seminal sıvı akışını engeller (Aaron et al., 2016).

Glandüler Prostat Dokusu

Prostatın glandüler elemanları üretradaki kanalların lokalizasyonlarına, farklı patolojik lezyonlara yol açmalarına ve embriyolojik orijinlerine göre farklı zonlara ayrılmıştır (Henry et al., 2018b).

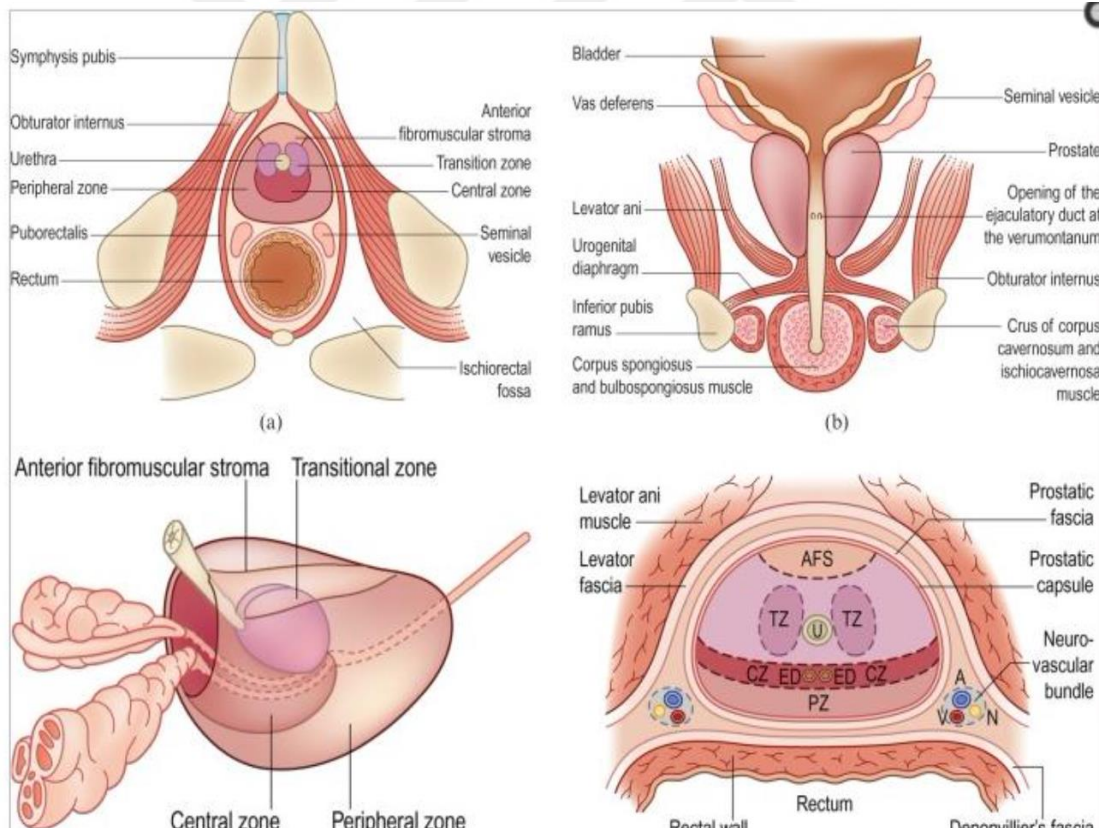
Santral Zon

Prostatın yaklaşık %25'ini oluşturan bir bölgedir ve üretra etrafında yer alır. Santral zon, seminal veziküllerin birleşme noktasında başlar ve prostatın posteriorunda, bazen de lateralinde uzanır. Bu bölge genellikle (BPH) ve prostat kanserinden daha az etkilenir. Ancak, santral zonda gelişen tümörler genellikle daha agresif olabilir ve üretra ile seminal veziküllere yakınlıkları nedeniyle ekstraprostatik yayılım potansiyeline sahiptir (McNeal, 1981). Yoğun bir stroma içerir ve bez yapıları daha geniştir. Bu anatomik özellikler, santral zonu diğer zonlardan histolojik olarak

ayırır en önemli faktörlerden biridir. Ayrıca, daha fazla miktarda bazal hücre içermesi, bu bölgenin hastalıklara karşı dirençli olmasını sağlayabilir (McNeal, 1981).

Transizyonel Zon

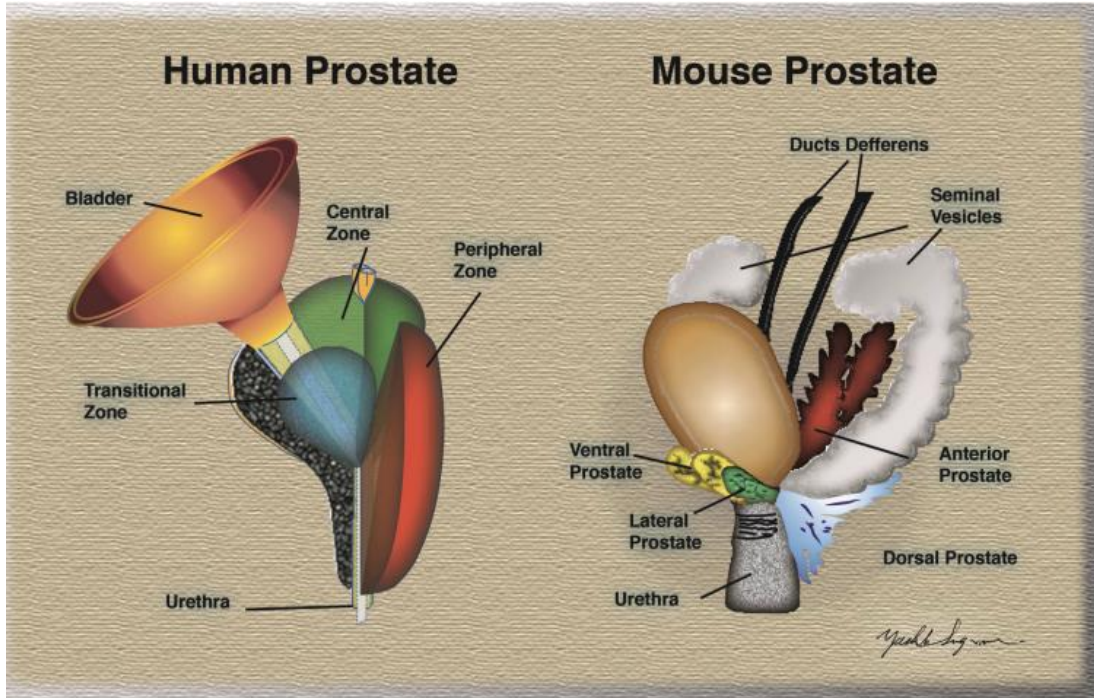
Transizyonel zon (TZ), prostatın toplam hacminin yaklaşık %5-10'unu oluşturur ve üretrayı çevreleyen iki küçük lobdan meydana gelir. Yaşlanma ile birlikte, önemli ölçüde büyüyebilir ve prostat hacminin büyük bir bölümünü kaplayabilir. Bu büyüme, BPH olarak bilinen duruma yol açar. TZ'nin üretral lümene yakınlığının, bu bölgedeki büyümelerin üriner obstrüksiyona neden olabileceğini düşünülmektedir. Bazı yazarlar, transizyonel zonun yoğun glandüler yapısı nedeniyle BPH'nin bu bölgede sık görüldüğünü ve bunun prostat kanserinin histolojik olarak ayırt edilmesini zorlaştırabileceğini belirtmektedir (Erbersdobler et al., 2004). MR ve US gibi yöntemler, transizyonel zonun değerlendirilmede kullanılabilir, ancak BPH ve prostat ca arasında ayırım yapmak bazen güç olabilir (Hricak et al., 2007b).



Şekil 1. Prostat bezinin ve komşuluğundaki yapıların anatomisi. (a, b) Prostat bezinin aksiyal ve koronal görünüşleri ve yakın anatomik ilişkileri. (c) Prostatın zonal anatomisi. (d) Prostat çevresindeki fasial yapılar. AFS (anterior fibromusküler stroma), CZ (santral zon), ED (ejakülasyon kanalı), PZ (periferik zon), TZ (transizyonel zon), U (üretra).

Periferik Zon

Prostatın yaklaşık %70'ini oluşturan en büyük bölgesidir ve prostatın posterior ve lateral kısımlarında yer alır. Bu bölge, prostat kanserinin en sık geliştiği yerdir. Periferik zonun glandüler yapısının, kanserin bu bölgede daha sık görülmesinin nedenlerinden biri olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, bu zon, rektal muayene sırasında kolayca palpe edilebildiği için prostat kanserinin erken teşhisi açısından kritik öneme sahiptir (Czarniecki & Yacoub, 2020). Periferik zon, yüksek çözünürlüklü MRS ve MR görüntüleme ile prostat kanserinin lokalizasyonunda en iyi değerlendirilen bölgedir. Bu zonun MR ile değerlendirilmesi, kanserin erken teşhisi ve tedavi planlaması açısından büyük önem taşır (Fütterer et al., 2006).



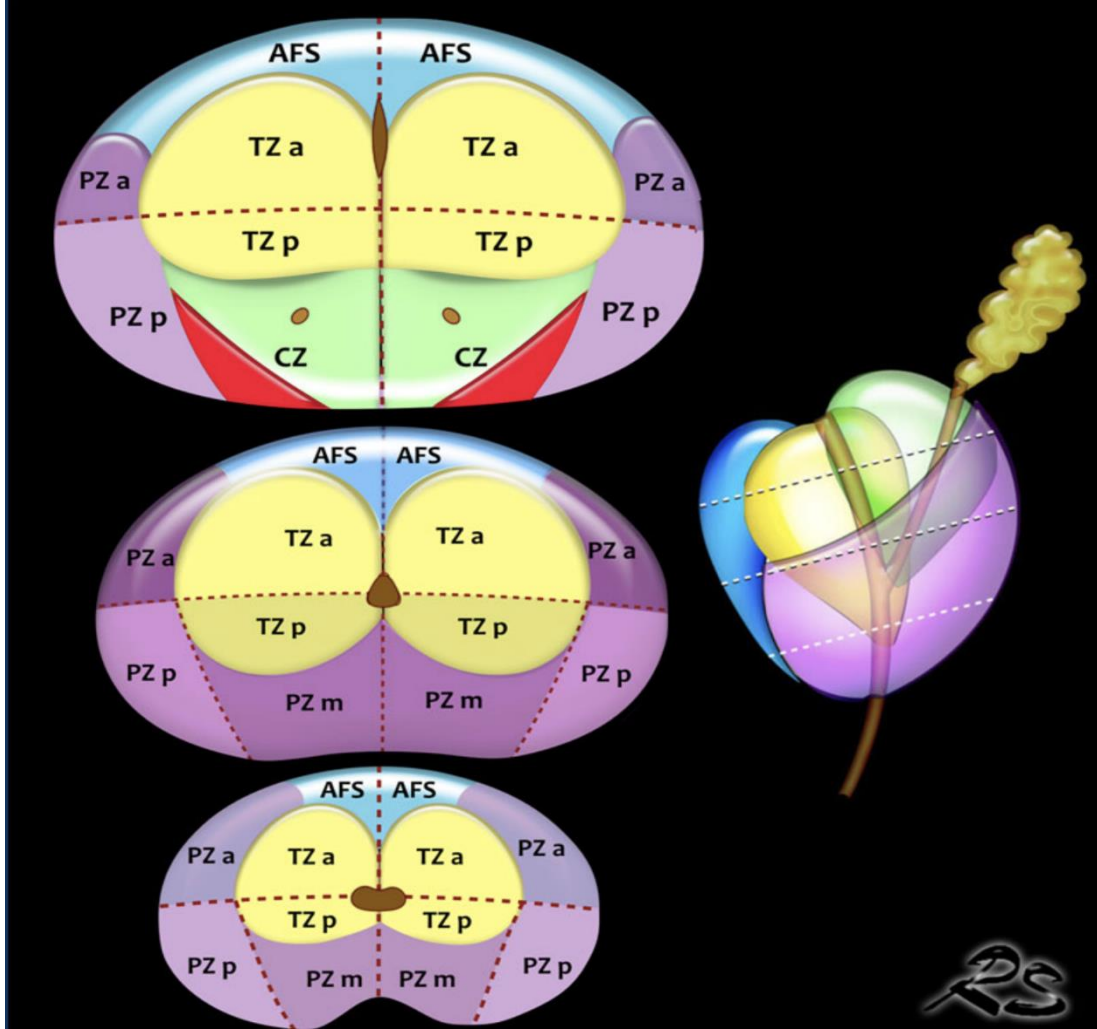
Şekil 2. İnsanda ve farede prostatın zonal anatomisi ile komşu yapılar.

Prostatın Arteriyel Kanlanması

Prostatın arteriyel beslenmesi, büyük ölçüde internal iliak arterden kaynaklanan prostatik arterler aracılığıyla sağlanır. Bu arterler, internal iliak arterin anterior bölümünden gelir ve genellikle inferior vezikal arterden kaynaklanır. Ancak, bu arterlerin kökeni ve dallanma paternleri oldukça değişkendir. Prostatik arterler, genellikle prostatın süperior ve inferior kısımlarına besin sağlamak için iki ana dala ayrılır:

- **Süperior Prostatik Pedikül:** Santral glandı besler.
- **İnferior Prostatik Pedikül:** Periferik zon ve apikal bölgeyi besler.

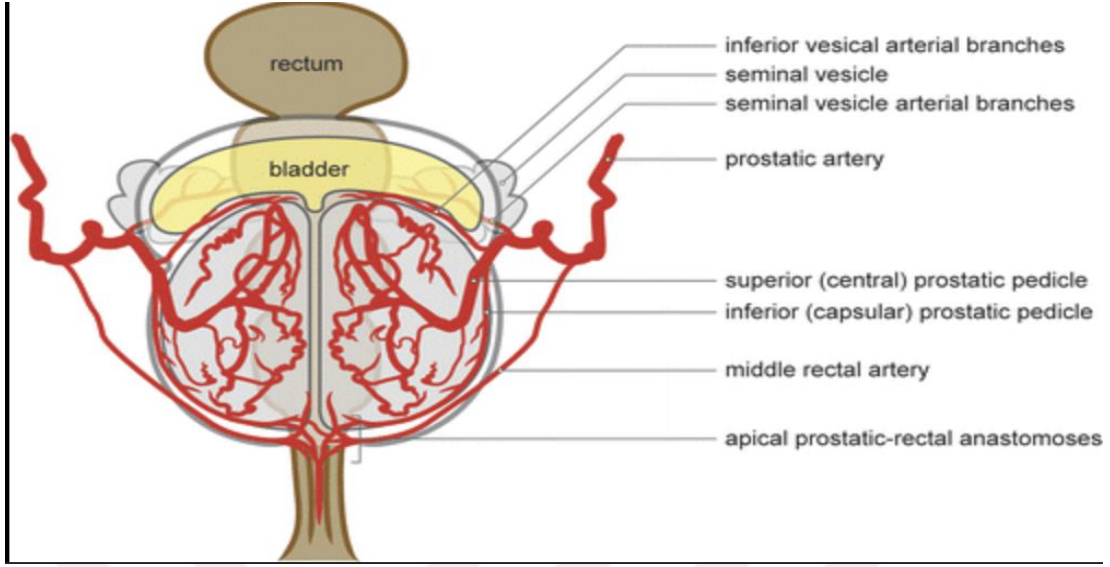
Prostat arterlerinin varyasyonları, prostat arteriyel embolizasyon (PAE) gibi prosedürlerde başarıyı doğrudan etkileyebilir (Jung et al., 2020; Tummala et al., 2020).



Şekil 3. Prostatın segmenter anatomisi. TZ (transizyonel zon), PZ (periferik zon), CZ (santral zon), a (anterior), p (posterior)

Prostatın Venöz ve Lenfatik Drenajı

Prostatın venöz drenajı, prostatik venöz pleksus (Santorini pleksusu olarak da bilinir) aracılığıyla gerçekleşir. Bu pleksus, prostatı çevreler ve internal iliak vene drene olur. Prostatın lenfatik drenajı ise pelvik lenf nodları (özellikle obturator ve internal iliak lenf nodları) aracılığıyla gerçekleşir. Lenfatik sistem, prostat kanserinin yayılma yollarını belirlemede kritik bir öneme sahiptir, bu nedenle lenf nodlarının değerlendirilmesi kanser tedavisinde önemlidir (Tummala et al., 2020).



Şekil 4. Prostat arteriyel anatomisi

Prostatın İnvazyonu

Prostat bezinin yıllarca yalnızca endokrin yollarla kontrol edildiği düşünülmüştür. Ancak, alfa adrenerjik ve muskarinik reseptörlerin ve sinir liflerinin bolluğu, otonom sinir sisteminin aslında prostatın büyüme, olgunlaşma ve salgı fonksiyonlarında rol oynayabileceğini göstermektedir. Prostata, baskın adrenerjik reseptörler kısa adrenerjik nöronlardan gelirken, kolinerjik reseptörler glandüler epitel ile yakından ilişkilidir ve muhtemelen salgı fonksiyonunu etkiler. Prostat, yüksek yoğunlukta alfa-1 ve beta-2 adrenerjik reseptörlere sahiptir ve bu reseptörlerin varlığı ile bunların androjenler tarafından düzenlenmesi, katekolaminlerin prostat büyümesi üzerindeki doğrudan mitojenik etkisini destekler. Bu sinir sistemlerinde aktive olan sinyal iletim yolları da prostatik fonksiyon ve büyümeyi modüle ediyor gibi görünmektedir. Ventral prostatın afferent innervasyonunun çoğunluğu, L5 ve L6 segmentlerinden gelen duyuşal sinirlerde lokalizedir. Daha az ölçüde T13-L2'den innervasyon da vardır. Pelvik visseral organların geniş bir çift taraflı innervasyonuna dair kanıtlar bulunmaktadır (Mc Vary et al., 1998).

Prostat Embriyolojisi

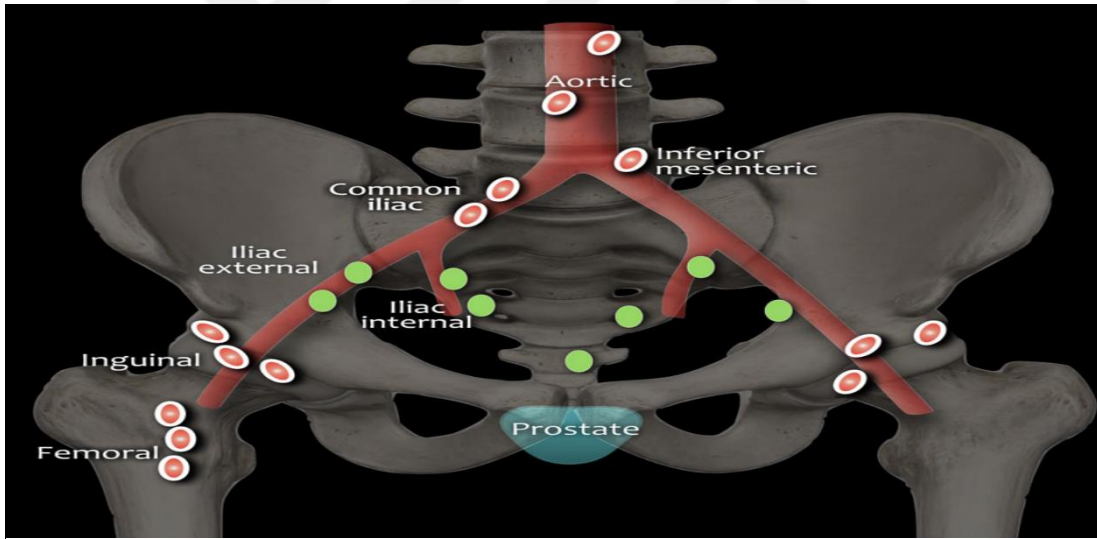
Başlangıç Aşaması: Prostat, embriyogenez sırasında UGS'den gelişir. Bu süreç, insanda gebeliğin 10. ile 12. haftaları arasında başlar. Prostat gelişimi birkaç

aşamayı içerir: organ spesifikasyonu, epitelyal tomurcuklanma, dallanma morfogenezi, kanalizasyon ve sitodiferansiyasyon.

Hormonal Düzenleme: Prostatın gelişimi, büyük ölçüde androjenler tarafından kontrol edilir. Testislerde üretilen testosteron, daha güçlü bir form olan dihidrotestosterona (DHT) dönüştürülür ve bu DHT, androjen reseptörlerine bağlanarak prostat gelişimini teşvik eder.

Genetik ve Sinyal Yolları: Gelişim sürecinde WNT/ β - katenin, FGF (Fibroblast Growth Factor), BMP (Kemik Morfogenez Proteinleri) gibi çeşitli sinyal yolları kritik rol oynar. Bu sinyal yolları, hücrelerin çoğalması, farklılaşması ve hareketliliği gibi süreçleri düzenler.

Epitelyal-Mezenkimal Etkileşimler: Prostat gelişimi sırasında epitelyal hücreler ile çevresindeki mezenkimal hücreler arasındaki etkileşimler, organın doğru bir şekilde şekillenmesi ve fonksiyonel hale gelmesi için gereklidir (Toivanen & Shen, 2017).



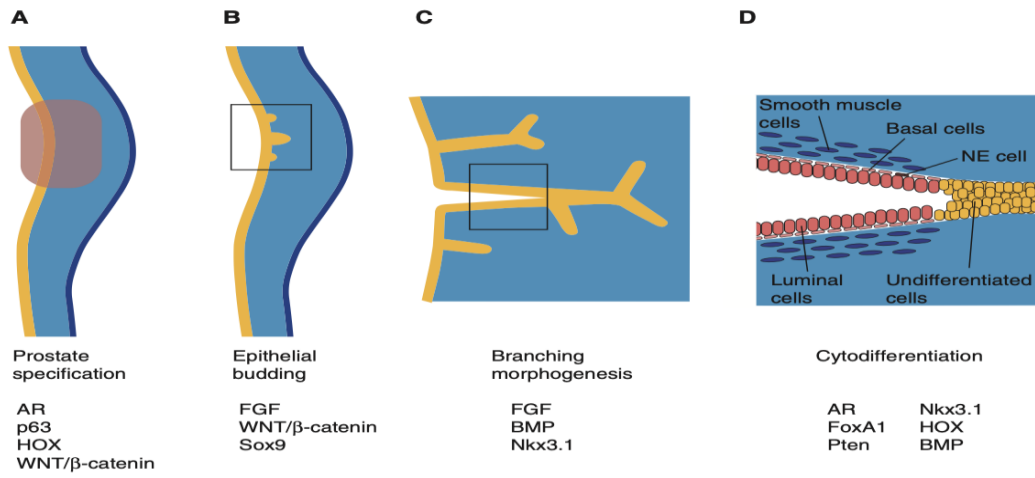
Şekil 5. Prostatın lenfatik drenaj bölgeleri

Prostat Histolojisi

Prostatın Histolojik Yapısı

Prostat bezi, glandüler epitel ve stromal bileşenlerden oluşur. Glandüler epitel, luminal, bazal ve nöroendokrin hücreler olmak üzere üç ana hücre tipinden meydana gelir.

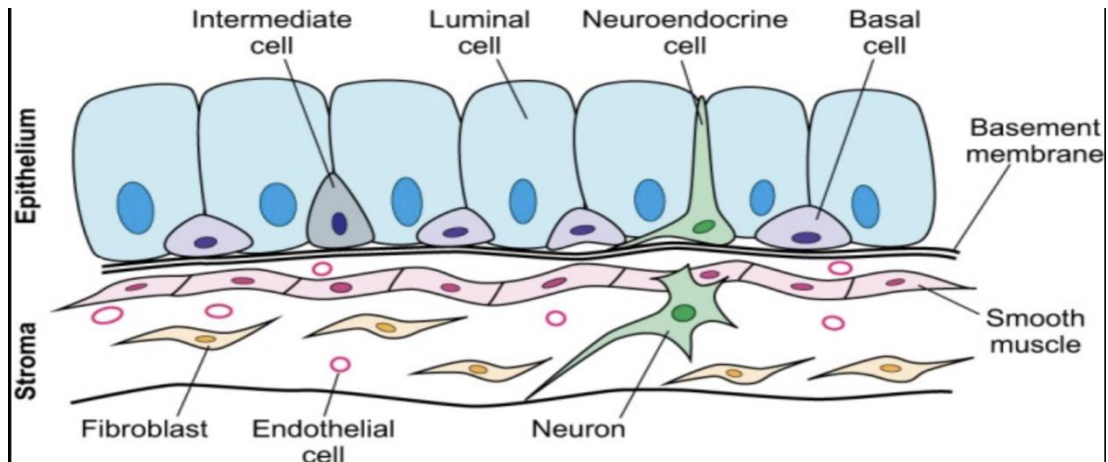
- **Luminal Hücreler:** Ana sekretuar hücrelerdir ve PSA gibi çeşitli ürünleri lümene salgılar.
- **Bazal Hücreler:** Bu hücreler, bazal membrana yakın konumlanmış oval çekirdeklere sahip olup, sitoplazmaları belirgin değildir. Bazal hücreler, p63 gibi nükleer belirteçler ve yüksek moleküler ağırlıklı sitokeratinler ile immünohistokimya yoluyla tanımlanabilir.
- **Nöroendokrin Hücreler:** Nöroendokrin hücreler, H&E kesitlerinde güvenilir bir şekilde tanımlanamaz; ancak, kromogranin ve sinaptofizin gibi nöroendokrin belirteçlerle immünohistokimya kullanılarak tespit edilebilirler



Şekil 6. Prostat organogenezisi ve yolak boyunca etki eden sinyaller

(Ittmann, 2018).

- **Stromal Hücreler:** Prostat stroması, fibromusküler yapıdan oluşur ve bol miktarda düz kas hücreleri ile fibroblastları içerir. Prostatta yağ dokusu bulunmaz



Şekil 7. Prostattaki farklılaşmış hücre tipleri

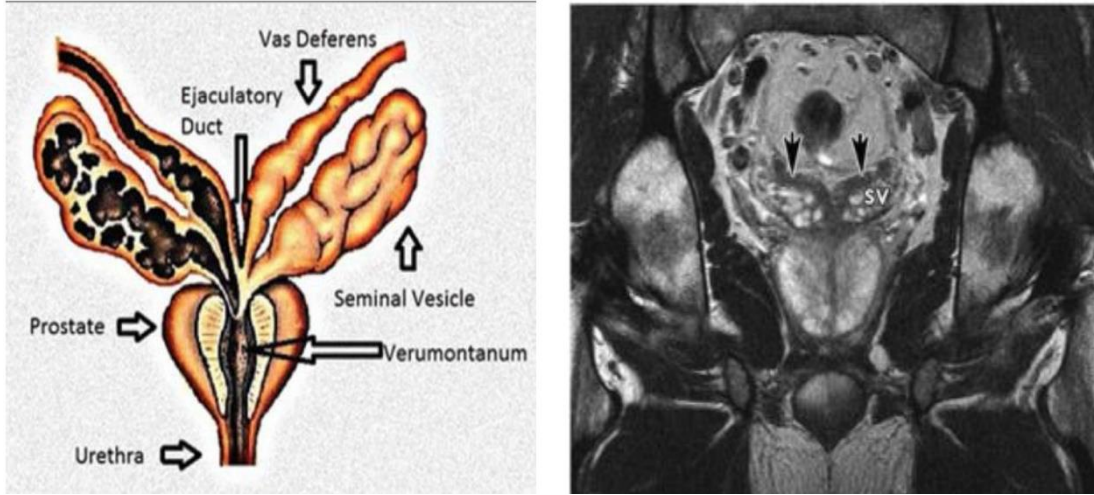
ve fibromüsküler stroma, fare prostatına kıyasla daha belirgindir. İskelet kası lifleri genellikle prostatın dışında yer alır, ancak bazen prostatın dış kısmına doğru uzanabilir (Ittmann, 2018).

Prostat Fizyolojisi

Prostat bezi kalsiyum, sitrat, fostat, pıhtılaşma enzimi ve fibrinolizin içeren ince, süte benzer alkali bir sıvı salgılar. Prostat ve seminal vezikül salgıları ile, vas deferens'ten gelen sperm taşıyan sıvının posterior üretrada birikmesi sırasında prostat kapsülü vas deferens ile eş zamanlı olarak kasılır. Böylece prostat sıvısı, semen sıvısına katılır. Prostat salgısının hafif alkali yapısı fertilizasyonda önemli rol oynar. Çünkü vas deferens sıvısı spermin metabolik ürünleri ve sitrik asit varlığında, göreceli olarak asidik özelliktedir. Bu nedenle, spermin fertilite özelliği baskılanabilir. Ayrıca kadının vajinal salgıları da asidiktir (pH=3,5-4,0). Spermin optimal motilite kazanması için çevre pH'ın yaklaşık 6-6.5 olması gerekmektedir (Schlegel & Katzovitz, 2020).

Seminal Veziküllerin Anatomi ve Histolojisi

Seminal veziküller, mesane tabanının arkasında yer alan, uzunlukları 4-5 cm, genişlikleri ise 2-3 cm olan kese şeklinde bir iç organdır. Yaptıkları salgılar, spermiumların canlı kalması için gereklidir. Ejakülat volümünün %50-80'ini oluştururlar. Kanalları duktus deferens ile birleşerek prostatik üretraya boşalır (Schlegel & Katzovitz, 2020).



Şekil 8. Seminal vezikül, ejakulatuar kanal anatomisi

Prostat Kanseri

Epidemiyoloji

Prostat ca, dünya genelinde erkekler arasında en sık teşhis edilen ikinci kanser türüdür ve kanser sebepli ölümlerin beşinci nedenidir (Rawla, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde, prostat kanseri en sık teşhis edilen cilt dışı kanserdir ve kanser ölümlerinin ikinci sebebidir. 2011 yılında, 240,000 erkek prostat kanseri teşhisi almış ve 33,700 hasta bu hastalıktan dolayı vefat etmiştir (Brawley, 2012).

Prostat ca insidansı ve mortalite oranları yaşla güçlü bir şekilde ilişkilidir ve en yüksek insidans yaşlı erkeklerde (> 65 yaş) görülmektedir (Rawla, 2019). Genetik, obezite, fiziksel aktivite, sigara kullanımı gibi çeşitli faktörlerin prostat ca riskini etkilediği anlaşılmıştır (Pernar et al., 2018).

Prostat ca taraması, özellikle PSA testini kullanmak, prostat ca insidansını ve 10 yıllık sağkalım oranlarını önemli ölçüde etkilemiştir. Ancak, PSA kullanımının ve taramanın mortalite oranları üzerindeki etkileri çok belirgin değildir (Brawley, 2012).

Prostat Kanseri Klinik Bulgular ve Tanı

Prostat ca genellikle erken dönemde belirgin semptomlar göstermez. Fakat son evrelere doğru bazı belirtiler ortaya çıkabilir. Bu belirtiler arasında dizüri, gece idrara kalkma (noktüri), idrarda kan (hematüri) ve ejakülasyonda kan bulunabilir (Merriel et al., 2018). Ayrıca, son evre prostat ca, kemik ağrıları, özellikle bel ve uyluk bölgelerinde ağrıya neden olabilir (Rebello et al., 2021).

Tanı Yöntemleri

Prostat ca tanısında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntemlerden biri, PSA testidir. PSA testi, prostat ca taramasında yaygın olarak kullanılsa da yüksek PSA seviyeleri her zaman kanser varlığını göstermez ve düşük PSA seviyeleri de kanserin olmadığını ekarte ettiremez (Heidenreich et al., 2014). DRM ile, prostatta anormal büyümeler veya sertlikler tespit edilebilir (Merriel et al., 2018). Prostat biyopsisi, prostat ca kesin tanısını koymak için kullanılan diğer önemli yöntemdir. Transrektal ultrason (TRUS) eşliğinde yapılan biyopsi, prostatın mikroskopik düzeyde incelenmesini sağlar (Heidenreich et al., 2011) . MpMR, prostat ca lokal evrelemesinde ve klinik açıdan anlamlı kanserin tespitinde önemlidir (Ong et al., 2020).

Son yıllarda, prostat ca antijen 3 (PCA3) testi tanıda gündeme gelmiştir. PCA3 testi, idrarda prostat kanseri hücrelerinin varlığını tespit eder ve non-invaziv bir yöntemdir (Cui et al., 2016).

Parmakla Rektal Muayene

Prostat ca tanısında parmakla rektal muayene (PRM), sık kullanılan bir yöntemdir. PRM'nin tanısal doğruluğunu değerlendiren bir meta-analiz, birinci basamak sağlık hizmetlerinde prostat ca taraması için PRM 'yi destekleyecek yeterli kanıt olmadığını göstermektedir (Naji et al., 2018).

Semptomatik hastalarda yapılan başka bir çalışmada, PRM'nin semptomatik hastalarda prostat ca tanısında belirli bir doğruluğa sahip olduğunu, ancak semptomlara bağlı yönlendirmelerin daha faydalı olabileceğini göstermektedir (Jones et al., 2018).

PRM'nin erken prostat ca tanısındaki rolünü değerlendiren başka bir çalışmada, PRM'nin düşük PSA seviyelerine sahip hastalarda performansının iyi olmadığı, PSA ile birlikte kullanıldığında da ek bir faydasının olmadığı belirtilmiştir (Stenman et al., 1999).

Prostat Spesifik Antijen (PSA)

PSA, prostat ca tanısında ve izlenmesinde sık kullanılan bir biyomarkerdir. PSA, prostat epitel hücreleri tarafından üretilen ve seminal sıvıya salgılanan bir serin proteazdır (Stenman et al., 1999). PSA'nın temel işlevi, ejakülasyon sonrası oluşan jel yapısını parçalamaktır (Balk et al., 2003).

PSA'nın kandaki seviyeleri, prostat ca ve BPH gibi hastalıklarda artar. Ancak, PSA'nın yüksek duyarlılığına rağmen, özgüllüğü düşüktür; çünkü BPH gibi benign durumlar da PSA seviyelerini yükseltebilmektedir. Bu nedenle, PSA testinin kanser spesifikliğini artırmak için serbest PSA ve PSA-ACT (alfa1-antichymotrypsin) kompleksinin oranı gibi başka ölçümler mevcuttur (Balk et al., 2003).

PSA taramasının mortalite üzerinde kayda değer bir etkisi yoktur (Moradi et al., 2019). PSA ayrıca prostat kanseri hücrelerinin proliferasyonu, invazyonu, metastazı ve apoptozu gibi süreçlerde rol üstlenmektedir.

Prostat Biyopsisi

Prostat biyopsisi için birkaç farklı yöntem bulunmaktadır:

1. Transrektal Ultrason (TRUS) Eşliğinde Biyopsi: Prostatın rektumdan ultrason probu ile görüntülenmesi ve biyopsi iğnesinin yönlendirilmesi ile gerçekleştirilir. Genellikle 8-10 örnek alınarak yapılır (Bjurlin et al., 2013; Chun et al., 2010).

2. Transperineal Biyopsi: Biyopsi iğnesi perine düzeyinden prostat bezine yönlendirilir. Enfeksiyon riskini azaltabilir ve özellikle enfeksiyon riski yüksek olan hastalarda tercih edilebilir (Borghesi et al., 2017a; Pradere et al., 2021).

3. MRI Rehberliğinde Biyopsi: MR ile şüpheli lezyonların belirlenmesi, klinik olarak anlamlı prostat ca tespit oranını artırabilir (Hugosson et al., 2022; Nordström et al., 2021).

Biyopsi Endikasyonları

Prostat biyopsisi genellikle aşağıdaki durumlarda önerilir:

- PSA seviyesinin yüksek olması (genellikle 4.0 ng/ml üzerinde)
- Dijital rektal muayenede (DRM) anormalliklerin olması.
- Prostat intraepitelyal neoplazi (PIN) veya atipik küçük asiner proliferasyon (ASAP) gibi histopatolojik bulguların varlığı (Matlaga et al., 2003).

Komplikasyonlar ve Riskler

Prostat biyopsisi sonrası en sık görülen komplikasyonlar hematüri ve hematospermidir. Transperineal ve MRI hedefli biyopsiler, ciddi enfeksiyon riskini azaltabilir (Pilatz et al., 2019).

Prostat biyopsisi sonrası enfeksiyon, ateş, hematüri, hematospermi akut üriner retansiyon görülebilir (Borghesi et al., 2017b)(Anastasiadis et al., 2013; Bruyère et al., 2015; Loeb et al., 2012)(Tablo 1).

Tablo 1. Prostat Biyopsisi Komplikasyonları ve Görülme Sıklıkları

Komplikasyonlar	Etkilenen hastaların yüzdesi (%)
Enfeksiyon	0.1-7.0
Sepsis	0.1-0.3
Hastaneye yatış	0.8-1.1
Ateş	0.47-4.2
Hematüri, hematospermi	0.9-4.2
Üriner retansiyon	0.9-4.2

Prostat Patolojisi

Prostat patoloji raporları, prostat ca tanısı ve tedavi yönetimi için kritik öneme sahiptir. Prostat patoloji raporlarında belirtilmesi gereken temel unsurlar:

Gleason Skoru ve Derecelendirme

Gleason skoru, prostat kanserinin agresifliğini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Fine et al., 2012; Nayak et al., 2020).

Tümör Hacmi ve Yayılımı

Tümörün cerrahi tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi için gereklidir (der Kwast et al., 2013).

Prostat İğne Biyopsisi Bulguları

Prostat iğne biyopsisi raporları, kanserin histolojik tipi, Gleason skoru, tümör hacmi ve yayılımı gibi bilgileri içermelidir (Hameed, 2009).

Perinöral İnvazyon ve Diğer Prognostik Faktörler

Perinöral invazyon, malignitenin sınırlar aracılığıyla yayılma potansiyelini gösterir. Ayrıca, raporda atipik küçük asiner proliferasyon gibi diğer morfolojik prognostik faktörler de yer almalıdır (Hameed, 2009; Rubin et al., 2004).

MRI Hedefli Biyopsi Bulguları

MRI hedefli biyopsilerde, çekirdeklerin patolojik sonuçları ayrı ayrı raporlanmalıdır. Gleason skoru ve maksimum kanser çekirdek uzunluğu gibi bilgiler de dahil edilmelidir (Moore et al., 2013).

Adenokarsinom

Prostat kanserlerinin %95'inden fazlası adenokarsinom olarak gözlenir. En çok periferik zondan kaynaklanır ve genellikle multifokal olma eğilimindedir.

Prostat Adenokarsinomunun Derecelendirme Sistemi

En yaygın kullanılan sistem, Gleason derecelendirme sistemidir.

Gleason Derecelendirme Sisteminin Evrimi ve Modernizasyonu

Gleason derecelendirme sistemi, 1960'lar ve 1970'lerde geliştirilmiş ve 2005 ve 2014 yıllarında büyük değişime uğramıştır (Epstein, 2018) (Sopyllo et al., 2021). 2014 yılında Johns Hopkins Hastanesi'nde önerilen derecelendirme sistemi Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerikan Patoloji Koleji (CAP) TNM sistemi tarafından kabul edilmiştir.

Yeni Derecelendirme Sistemleri ve Biyomarkerler:

- Tümörün diferansiye veya diferansiye olmayan yüzdesine dayanır ve hastaların sağkalımını daha iyi yansıtmaktadır (Brawn et al., 1982).
- Yapay zekâ destekli yazılımlar Gleason derecelendirmesini daha iyi değerlendirmeyi sağlamaktadır (Kwak et al., 2023).
- Moleküler biyomarkerler, Gleason derecelendirmesi ve PSA seviyeleri gibi geleneksel risk değerlendirme parametrelerine ek olarak bağımsız prognostik değer sunabilir (True et al., 2006).

Prostat kanserine diğer kanserlere benzer bir derecelendirme sistemi getirmek, Gleason skoru 6 olan kanser olduğu yanlış algısını ortadan kaldırmak amacıyla 2014 yılında ISUP tarafından önerilen yeni derece grup sistemi 2016 yılında DSÖ tarafından kabul edilmiştir (N. Chen & Zhou, 2016).

Tablo 2. Uluslararası Ürolojik Patoloji Topluluğu 2014 Derece Grupları (N. Chen & Zhou, 2016)

Gleason Skor	ISUP Derece Grup
2-6	1
7 (3+4)	2
7 (4+3)	3
8 (4+4) veya (3+5) veya (5+3)	4
9-10	5

Prostat Kanseri Sınıflandırma ve Evreleme Sistemleri

Prostat ca evrelemesinde 2017 TNM (Tümör, Lenf Nodu, Metastaz) sınıflaması kullanılmaktadır. TNM evreleme sisteminde, T; tümör boyutunu, N; lenf nodu tutulumunu ve M ise uzak metastazı göstermektedir. Amaç, hastalığın prognozunu tahmin ederek en uygun tedaviyi seçmektir. Klinik evrelemede en sık kullanılan risk sınıflaması D'Amico Sınıflaması'dır (Gupta et al., 2016).

Tablo 3. Prostat Kanseri 2017 TNM Sınıflaması

T – Primer Tümör
TX – Primer tümör değerlendirilemiyor
T0 – Tümöre ait bulgu yok
T1 – Klinik olarak saptanamayan, palpasyon ve görüntü ile tespit edilemeyen tümör
T1a – Tümör insidental olarak rezeksiyon dokusunun %5 veya daha azında tespit edilmiş
T1b – Rastlantısal olarak histolojik incelemede bulunmuş ve doku örneklerinin %5' inden azında saptanmış tümör
T1c – İğne biyopsisinde tespit edilmiş tümör (yüksek prostat spesifik antijen seviyeleri nedeniyle yapılan biyopsi)
T2 – Tümör prostat içine sınırlı ve palpe edilebilir
T2a – Tümör bir lobun yarısı veya daha azında mevcut
T2b – Tümör bir lobun yarısından fazlasında mevcut
T2c – Tümör her iki lobda mevcut

T3 – Tümör prostat kapsülüne ulaşmış
T3a – Ekstrakapsüler yayılım (tek veya çift taraflı) (Mikroskopik mesane boynu tutulumunu da dahil)
T3b – Tümör seminal vezikül(ler)e invazyon göstermiş
T4 – Fikse veya seminal vezikül haricinde ki diğer komşu yapıları invaze etmiş tümör; rektum, eksternal sfinkter, levator kası ve/veya pelvik duvar

N – Bölgesel Lenf Nodları

Nx – Bölgesel lenf nodları değerlendirilemiyor
N0 – Bölgesel lenf nodu metastazı yok
N1 – Bölgesel lenf nodu metastazı mevcut

M – Uzak Metastaz

Mx – Uzak metastaz değerlendirilemiyor
M0 – Uzak metastaz yok
M1 – Uzak metastaz var
M1a – Bölgesel olmayan lenf nodu metastazı
M1b – Kemik metastazı
M1c – Diğer uzak organ tutulumu

1. Prostat apeksine veya prostatik kapsüle (daha öteye değil) invazyon T3 olarak değil T2 olarak sınıflandırılır.
 2. T2a-c sadece klinik sınıflama için vardır. Patolojik T2 için 2017 TNM sınıflamasında sadece pT2 vardır.
 3. 2 mm’den geniş olmayan metastazlar pNmi (mikrometastaz) olarak belirtilebilir.
 4. Birden fazla metastaz varlığında en ileri kategori kullanılmalıdır. (p)M1c en ileri kategoridir.
-

GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Transrektal Ultrasonografi (TRUS)

TRUS, prostat ve rektum gibi pelvik organların değerlendirilmesinde sık kullanılan bir görüntüleme yöntemidir ancak bazı sınırlamaları da vardır.

Prostat Kanseri Teşhisi ve Evrelemesi

TRUS, prostat ca’nın lokal yayılımını değerlendirmek için kullanılır. Ancak, bu teknik yüksek oranda hem eksik evreleme hem de aşırı evreleme oranlarına sahip olduğundan dolayı prostatektomi öncesi evrelemede iyi bir tercih değildir (Rørvik et al., 1994).

PSA Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

TRUS, DRM ile birlikte uygulandığında, PSA seviyelerinde geçici bir artışa neden olabilir. Bu işlemten sonra kan alınacaksa yaklaşık 6-7 günlük süre yeterli olacaktır (Klomp et al., 1994).

Kontrastlı TRUS

Kontrastlı transrektal ultrasonografi (CE-TRUS) sistematik biyopsiler kadar yeterli olmayabilir ama hedeflenmiş biyopsi ile kanser tespit oranını artırabilir (Zhao et al., 2013).

Anorektal Hastalıklar

TRUS, rektum duvarını ve anal kanalın anatomisini güzel bir şekilde görselleştirir. Özellikle erken evre rektal kanserlerin evrelemesinde iyi bir araçtır (Kim, 2014).

Bilgisayarlı Tomografi

Prostat ca olgularında kanserin saptanmasında rolü kısıtlıdır. BT görüntüleme ile prostat bezi ile levator ani kası ayrımı zordur. Prostat anatomisini çok iyi göstermez. BT'nin amacı nodal evrelemedir. Ancak BT'nin lenf nodu saptama duyarlılığı da düşüktür (Hricak et al., 2007c).

BT, litik ya da blastik kemik metastazlarının gösterilmesinde etkilidir (Zhang et al., 2020).

Manyetik Rezonans Görüntüleme

MR, prostat ve periferindeki yapıların değerlendirilmesinde non-invaziv görüntüleme yöntemi olarak 1980'lerden bu yana kullanılmaktadır. Başlangıçta sadece T1A ve T2A klasik sekanslar içerdiğinden, prostat MR öncelikle biyopsi ile kanıtlanmış kanserli hastalığın evrelemesinde, lokal yayılım ve lenf bezi metastazlarının belirlenmesinde kullanılmaktaydı (Turbey et al., 2019b).

Teknolojideki ilerlemeler sonucunda, anatomik değerlendirmede T2A, fonksiyonel ve fizyolojik değerlendirmede DAG, DkMRG ve MR proton Spektroskopi (MRS) gibi diğer tetkiklerin kombinasyonu ile birlikte MpMR ortaya çıkarılmıştır. (Turbey et al., 2019b). MpMR, prostat hastalıklarının teşhisinde, lokalizasyonunun saptanmasında ve evrelendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Hoeks et al., 2011).

Multiparametrik Manyetik Rezonans Görüntüleme

MpMR, prostat ca gibi klinik olarak anlamlı hastalıkların tanısında önemli bir görüntüleme olarak kullanılmaktadır. mpMR, prostat dokusunun farklı özelliklerini değerlendirmek için birden fazla MR sekansını birleştirir. Bu sekanslar şunlardır:

1. **T2 Ağırlıklı Görüntüleme (T2A):** Prostatın anatomik yapısını detaylı bir şekilde gösterir.

2. **Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DWI):** Su moleküllerinin hareketini ölçer ve hücresel yoğunluğu değerlendirir. Kanserli dokular genellikle daha düşük difüzyon gösterir.

3. **Dinamik Kontrastlı Görüntüleme (DCE):** Kontrast madde kullanılarak kan akışını ve vaskülariteyi değerlendirir. Kanserli dokular genellikle daha fazla kanlanma gösterir.

4. **MR Spektroskopi (MRS):** Prostat dokusundaki metabolitleri değerlendirir. Kanserli dokularda belirli metabolitlerin oranları değişir.

- Klinik Olarak Anlamlı Prostat Kanseri Tespiti: mpMR, klinik olarak anlamlı prostat kanserini tespit etmede yüksek doğruluk oranlarına sahiptir. Çeşitli çalışmalarda, mpMR'ın PCa tespit oranları %44 ile %87 arasında değişim bulunmuştur (Fütterer et al., 2015; Sathianathan et al., 2020).

- Biyopsi Yönlendirme: MpMR ile gösterilen şüpheli lezyonlar, biyopsilerle daha doğru bir şekilde örneklenebilir. Bu, gereksiz biyopsi sayısını azaltabilir ve anlamlı kanserlerin tespit oranını artırabilir.

- Negatif Prediktif Değer (NPV): MpMR'nin negatif prediktif değeri, klinik olarak anlamlı hastalığı dışlamada önemlidir. Çeşitli çalışmalarda, mpMR'nin NPV'si %62 ile %97 arasında değişmektedir (Fütterer et al., 2015; Sathianathan et al., 2020; Stabile et al., 2020) .Bu, mpMR'nin negatif sonuç verdiği durumlarda,biyopsi yapılmadan takipleri yapılabileceği anlamına gelmektedir.

- Tanısal Doğruluk ve Faktörler: Deneyimli radyologlar ve guncel Prostat Görüntüleme Raporlama ve Veri Sistemi (PI-RADS) kılavuzları, mpMR'nin doğruluğunu artırabilir (Alabousi et al., 2019)

Sonuç olarak, mpMR, prostat hastalıklarının tanısında ve yönetiminde önemli bir araçtır. Klinik olarak anlamlı prostat kanserini tespit etme yeteneği, biyopsi yönlendirme ve negatif prediktif değeri açısından etkilidir. Bu nedenle, mpMR'nin kullanımı, prostat kanseri tanısında ve tedavi kararlarında önemli bir rol oynamaktadır.

Anatomik Sekanslar

T1 Ağırlıklı Görüntüleme

Anatomik sekanslardan T1A görüntüleme tümör odağını ve zonal anatomiyi net olarak değerlendiremediğinden yeri sınırlıdır. T1A görüntüleme biyopsi ilişkili hemorajide tanıya yardımcıdır.

T2 Ağırlıklı Görüntüleme

Multi düzlemde alınan T2 ağırlıklı görüntüler MpMR'nin ana komponentini oluşturmaktadır. İnce kesit kalınlığı, düşük FOV ile elde edilen yüksek çözünürlüklü T2A görüntüler zonal anatominin belirlenmesinde ve lezyonun doğru lokalize edilmesinde önemli rol oynamaktadır. T2A görüntülerde, hastalarda periferel zon su içeriği fazla olduğu için hiperintens, transizyonel ve santral zon ise hipointens izlenmektedir. Yaş ilerledikçe BPH nedeniyle transizyonel zon genişler ve sinyal heterojenitesi artar. Transizyonel zonu genişlemesi ile santral zon sıkışır ve T2 de görünemez hale gelir (Hricak et al., 2007d).

MpMR'de prostat ca tipik genelde periferel zonda T2A serilerde noduler veya düzensiz sınırlı hipointens sinyal göstermektedir. Fakat bazen izointens olabilir. Hemoraji, kronik prostatit, skar, atrofi, radyoterapinin de periferel zonda T2A görüntülerde hipointens izlenmesi buradaki spesifikliği düşürmektedir. Transizyonel zonu tutan prostat ca da değerlendirme daha değerli olmaktadır (Barentsz et al., 2012).

T2A görüntüler ileri evre malignitelerde seminal vezikül, kapsül, mesane duvarı invazyonu ya da nörovasküler demet tutulumu hakkında da bilgi vermektedir. Ekstrakapsüler uzanım için kriterler; tümörün kapsüle temas eden yüzey genişliğinin 1 cm'den fazla olması, prostat konturlarında düzensizlik, nörovasküler demette kalınlaşma, kapsülde defekt, kapsülde kontrastlanmadır. Seminal veziküllerde invazyonu gösteren kriterler; seminal vezikülde düşük T2A sinyal intensitesi, prostat ile seminal vezikül arasındaki açının kapanması, seminal vezikülde kontrastlanma ve difüzyon kısıtlanmasıdır (Stejskal & Tanner, 1965).

Fonksiyonel Sekanslar

Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme

Difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG), serbest suyun dokular içerisindeki hareketini değerlendirerek görüntüleme sağlar. Bu teknik ilk olarak akut serebrovasküler olayın teşhisinde kullanılmıştır (Jacobs et al., 2008). Malign

hücrelerde hücresel elemanların yoğun olduğu dokularda suyun geçirgenliği hücre zarları tarafından engellenir, bu alanlar sınırlı su difüzyonuna sahiptir ve sonuçta difüzyonda kısıtlılık oluşur (Jacobs et al., 2008). DAG'da kantitatif değer, ADC ile ölçülür ve haritalandırma tekniği yapılır. Difüzyon ağırlığı miktarı b değeri tarafından açıklanır, ADC de puls zamanları arasındaki su moleküllerinin hareketini yansıtır. Çünkü ADC su moleküllerinin hareket ettiği mesafeyi ve akımı kantifiye eder. Hem kapiller perfüzyon hem de difüzyon karakteristiklerini gösterir (Jacobs et al., 2008).

PIRADS v2.1'e göre, DAG periferik alan tutan lezyonların değerlendirilmesinde en önemli sekanstır (Bhayana et al., 2021). Normal periferik zonda zengin tübüler yapılar içerisindeki sıvıların serbest difüzyonuna bağlı olarak ADC değeri yüksek olmaktadır. Prostat ca glandüler dokuyu harap eder ve tübüllerin yerine geçer. Bu yüzden malign dokunun hücre yoğunluğu sağlıklı periferik zona göre daha yüksek olur ve ADC haritasında çevre normal dokuya oranla sıklıkla düşük ADC değerleri izlenir (Gibbs et al., 2009). DAG'de b değeri yükseldikçe, sinyal-gürültü oranı (SNR) azalır, bu yüzden optimum yüksek b değeri manyetik alanın kuvvetine, üreticiye ve yazılıma bağlı olarak değişebilir. Kabul edilebilir bir SNR aralığı için 1400-2000 sn/mm² veya daha yüksek b-değerleri uygun görülmektedir (Cha et al., 2021). Çoğu araştırmada malign dokunun ADC değerlerinin, normal prostat dokusu ve benign lezyon ADC değerlerinden anlamlı derecede düşük olduğu gösterilmiştir (Liu et al., 2013). ADC değeri $>1,0 \times 10^{-3}$ mm²/sn ise daha çok inflamatuvar alan veya hiperplazi düşünülürken belirgin azalmış ADC değeri $<0,6 \times 10^{-3}$ mm² /s ise tümör düşündürür (Shaish et al., 2017).

Dinamik Kontrastlı Manyetik Rezonans Görüntüleme

Prostat glandi içerisindeki vaskülariteyi tanımlamayı amaçlayan tekniktir. Prostat ca dokusunda izlenen bozulmuş geçirgenlik sonucunda anjiyogenez, lokal hipoksi ve hipogliseminin de eşlik etmesi ile vasküler büyüme faktörü salgılanması ile uyarılır (Eisermann & Fraizer, 2017). Dinamik kontrastlı MR (DkMR); intravenöz gadolinyum içeren kontrast maddenin uygulanmasından önce, uygulama sırasında veya uygulandıktan sonra çekilen hızlı T1A gradient eko görüntülerden oluşur (Tamada et al., 2019). Günümüzde DkMR'nin katkısı ile ilgili net görüş birliği sağlanamamıştır. T2A ve DAG görüntülerden elde edilecek verilerin üzerine eklendiği zaman tanıda minimal fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bundan dolayı DkMR

prostat MpMR'nin bileşenlerinden olmasına rağmen PIRADS v2.1 sınıflandırmasında PCa ve kronik prostatit benzeri hastalıkların tanısında T2A ve DAG'a göre arka planda kalmaktadır (Tamada et al., 2019).

PI-RADS v2.1'ye göre DkMR'de "pozitif" kontrastlanma; normal prostat dokusu ile eş-zamanlı veya daha erken kontrast tutulumu olan ve T2A veya DAG'da karşılığı olan lezyonda kontrastlanma olarak tanımlanır (Taghipour et al., 2019).

DkMR'nin dezavantajı ise malign hücreleri, periferel zonlu tutan kronik prostatitten ve transizyonel zonda bulunan hipervasküler BPH nodüllerinden ayırt edememesidir (Chatterjee et al., 2019).

Manyetik Rezonans Spektroskopisi

Manyetik Rezonans Spektroskopisi (MRS), dokularda izlenen farklı rezonans frekansı gösteren kimyasal içeriğin ortaya konulmasında kullanılan görüntüleme yöntemidir. Prostat MR spektroskopik incelemelerinde, 3T sistemlerde endorektal koil kullanımının bazı dezavantajları olsa da genel olarak görüntü kalitesini artırdığı ve teşhis doğruluğunu yükselttiği görülmektedir (H. Chen et al., 2016; Sosna et al., 2004). Prostat incelemesinde spektrallarda baskın olan pikler sitrat (yaklaşık 2,60 ppm), kreatinin (3,04 ppm) ve kolin (3,20 ppm) protonlarından elde edilmektedir. Malign dokuda normal periferel zon ya da BPH dokusuna göre sitrat pikinde azalma ve kolin pikinde artış izlenmektedir. Prostat ca 'da kolin+kreatinin/sitrat oranı, kanserin varlığını ve agresifliğini belirlemede önemli bir metabolik biyomarker olarak kullanılmaktadır. Bu oran, yüksek Gleason skorları ile pozitif korelasyon göstermekte ve MR spektroskopisi ile non-invaziv olarak değerlendirilebilmektedir. Hormonal tedavi sırasında metabolik değişiklikler gözlemlenmekte olup, bu oran klinik kullanımı daha yaygın hale getirebilir (Giskeødegård et al., 2013; Selnaes et al., 2013).

Prostate Imaging Reporting and Data System: Version2 .1(PIRADS v2.1)

PI-RADS v2.1, MpMRG değerlendirilirken terminolojide, yorumlamada ve raporlamada standardizasyonu sağlamak, prostat ca şüphesi olan ve diğer prostat hastalıklarında lezyonu saptama, lokalize etme, karakterizasyon sağlama ve risk düzeyini belirlemek için oluşturulmuştur (Weinreb et al., 2016).

PIRADS v2.1 ile birlikte dinamik kontrastlı incelemelerde kontrastlanma tipleri kaldırılmış ve erken arteriyel kontrastlanma var ya da yok şeklinde skorelama

yapılmıştır. Prostat lezyonları için 1-5 arasında final bir skorlama yapılması kararlaştırılmıştır (Panda & Gulani, 2020).

PIRADS v2.1 değerlendirilmesinde, T2A, DAG ve dinamik kontrastlı incelemedeki MpMR bulgularının kombinasyonuna göre prostat glandındaki her lezyon için malignite açısından 5 puan üzerinden olasılık tahmini yapılır (Sanford* et al., 2019). Bir çalışmada prostatların sadece %13,3'ünde bp-MR ile değerlendirmede PIRADS 3 lezyonlarının tespiti için dinamik kontrastlı sekansa ihtiyaç duyuldu (Barrett et al., 2019).

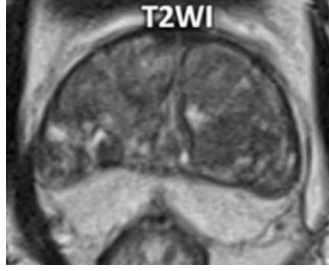
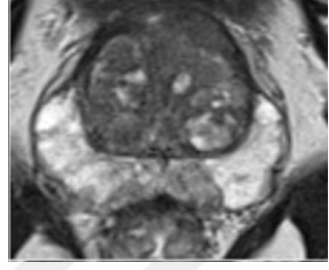
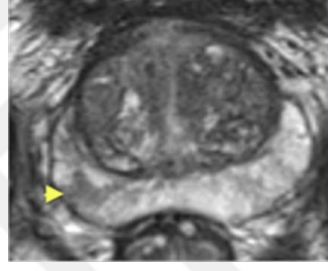
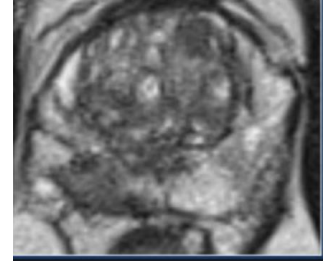
PI-RADS v2.1' de periferik zon ve transizyonel zon için ayrı ayrı primer belirleme sekansları tanımlanmıştır; periferik zon için DAG ve transizyonel zon için T2A sekansı primer belirleyici sekanslar olarak kabul edilmiştir.

PIRADS v2.1 Değerlendirme Kategorileri

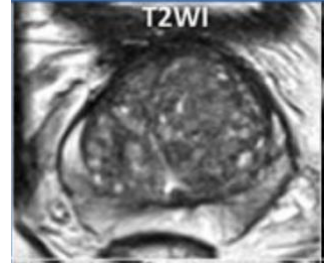
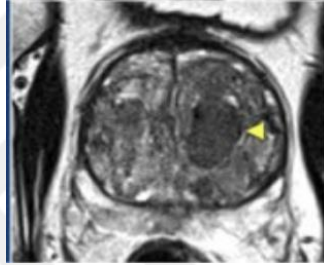
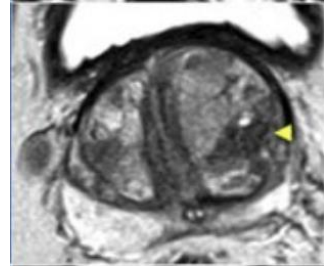
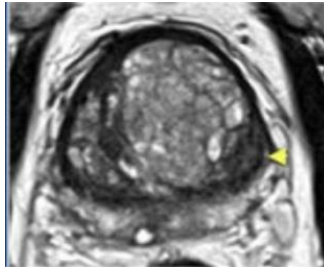
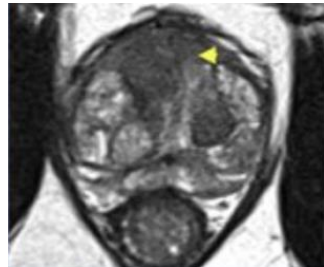
- **PIRADS 1** – Çok düşük (Klinik olarak anlamlı kanserin var olması yüksek oranda muhtemel değil)
- **PIRADS 2** – Düşük (Klinik olarak anlamlı kanserin var olması muhtemelen değil)
- **PIRADS 3** – Orta (Klinik olarak anlamlı kanser varlığı şüpheli)
- **PIRADS 4** – Yüksek (Klinik olarak anlamlı kanser varlığı muhtemel)
- **PIRADS 5** – Çok yüksek (Klinik olarak anlamlı kanser olma ihtimali yüksek)

Tablo 4. Periferik Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu T2A Skoru

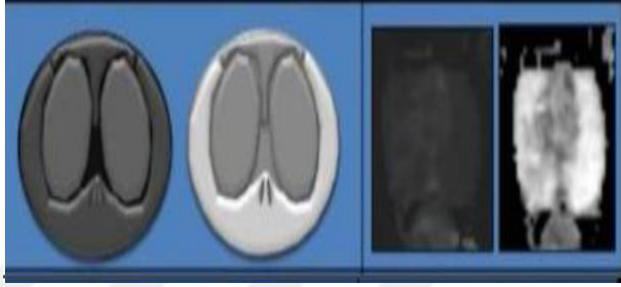
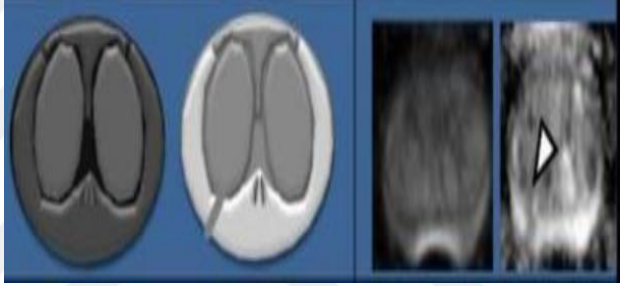
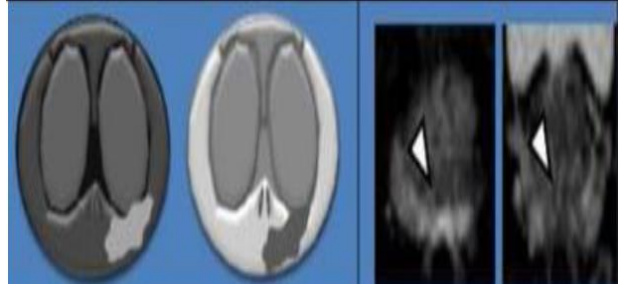
T2A Skor	Açıklama (Periferik Zon)
-----------------	---------------------------------

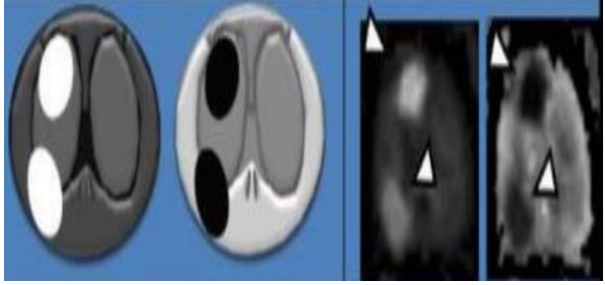
1	Tekdüze (homojen) hiperintens sinyal intensitesi (normal)	
2	Çizgisel, kama şeklinde hipointensite veya sınırları genellikle belirsiz diffüz hafif hipointensite	
3	Heterojen sinyal intensitesi veya sınırları belli olmayan, yuvarlak, orta dereceli hipointensite	
4	Prostat sınırları içerisinde ve en uzun aksı < 1.5 cm olan sınırları belli, homojen hipointens odak/kitle	
5	Skor 4 ile aynı fakat en uzun aksı $\geq 1,5$ cm veya kesin ekstraprostatik uzanımı/invaziv davranış olan odak/kitle	

Tablo 5. Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu T2A Skoru

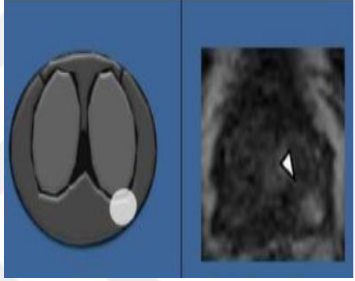
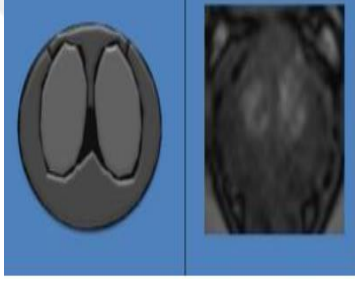
T2A Skoru	Açıklama (Transizyonel Zon)	
1	Homojen orta dereceli sinyal intensitesi (normal)	
2	Sınırları belirgin hipointens veya heterojen, kapsüllü nodül/nodüller (BPH)	
3	Belirsiz sınırları olan heterojen sinyal intensitesi. Ayrıca 2,4 ve 5 olarak nitelendirilmeyen diğer bulguları içerir.	
4	Lentiküler şekilli veya sınırları belli olmayan, en uzun aksı <1,5 cm homojen hipointensite	
5	Skor 4 ile aynı fakat en uzun aksı $\geq 1,5$ cm veya kesin ekstraprostatik uzanımı/invaziv davranış olması	

Tablo 6. Periferik ve Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2.1 Kılavuzu DAG Skoru

DAG Skor	Periferik veya Transizyonel Zon	DAG / ADC	
1	ADC'de ve yüksek b-değerli DAG'da anormallik yok (normal)		
2	ADC'de belirsiz hipointensite		
3	ADC'de fokal hafif/orta hipointensite ve yüksek b değeri DAG'da izointens/hafif hiperintensite		
4	ADC'de belirgin fokal hipointensite ve yüksek b değeri DAG'da belirgin hiperintensite; en uzun aksı <1,5 cm		

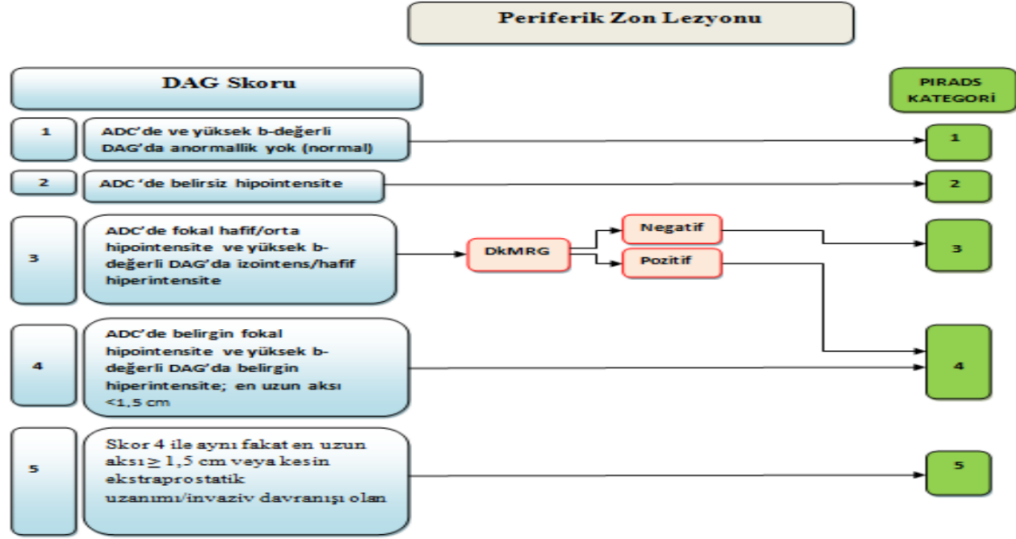
5	Skor 4 ile aynı fakat en uzun aksı $\geq 1,5$ cm veya kesin ekstraprostatik uzanımı/invaziv davranış olan	
---	---	--

Tablo 7. Periferik ve Transizyonel Zon Lezyonlarının PIRADS v2 Kılavuzu DkMR Skoru

DkMR Skoru	Periferik veya Transizyonel Zon	DAG / ADC
(+)	Fokal ve komşu normal prostatik doku ile eş zamanlı veya daha erken kontrast tutulumu ve T2A ve/veya DAG'daki şüpheli bulgular ile uyumlu olması	
(-)	Erken kontrastlanma yok veya T2A ve/veya DAG'daki fokal bulgular ile uyumsuz diffüz kontrastlanma veya T2A'da BPH özellikleri gösteren bir lezyona karşılık gelen fokal kontrastlanma	

- PZ için DAG ana belirleyici sekanstır. Şöyle ki eğer DAG skoru 4 ve T2A skoru 2 ise PIRADS değerlendirme kategorisi 4 olmalıdır.
- TZ için T2A ana belirleyici sekanstır. Şöyle ki eğer T2A skoru 4 ve DAG skoru 2 ise PIRADS değerlendirme kategorisi 4 olmalıdır.
- DAG sekansında PZ'de PIRADS 3 olarak kategorize edilen lezyonda DkMR'nin pozitif olması, lezyonun PIRADS v2.1 değerlendirme kategorisini P4'e yükseltebilir. Benzer şekilde T2A görüntülerde TZ'de PIRADS 3 olarak kategorize edilen lezyonda DAG bulguları lezyonun PIRADS v2.1 değerlendirme kategorisini p4'e yükseltebilir (Turbey et al., 2019c).

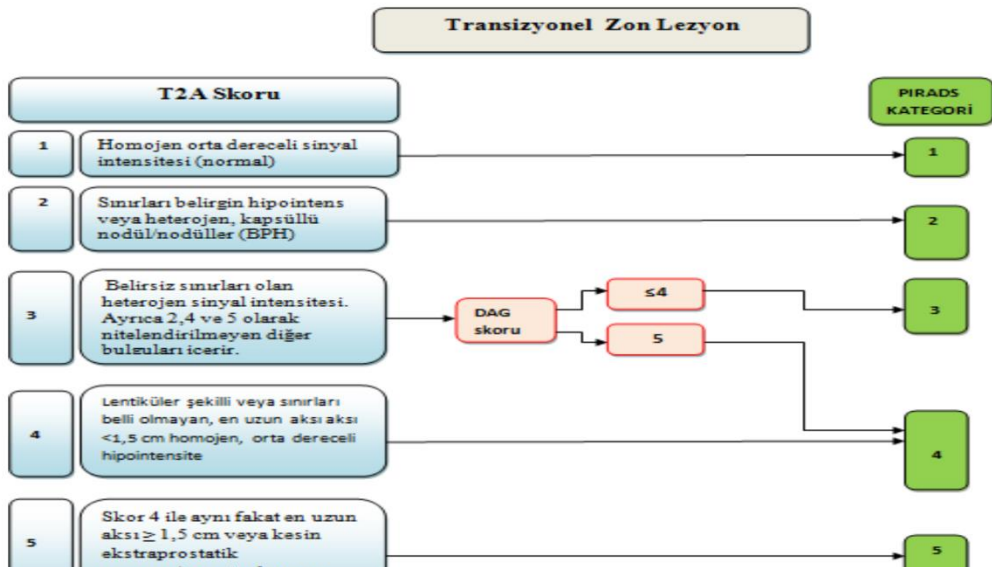
Genel Değerlendirme İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar American College of Radiology (ACR) tarafından yayınlanan PIRADS v2.1 Klavuzu'nda görüntüleme ve



Şekil 9. Periferik zon için final PIRADS skorlaması

değerlendirme için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar belirtilmiştir (Purysko et al., 2020).

Görüntüler incelenirken kesit kalınlığı tüm sekanslarda (T2A, DAG ve DkMR) aynı olması önerilmektedir.



Şekil 10. Transizyonel zon için final PIRADS skorlaması

PIRADS değerlendirmesinde TZ için T2A ve PZ için DAG sekansları daha değerli sekanslar olduğu için, lezyonun bölgesel lokalizasyonunun belirlenmesi çok önemlidir. Bu konuda en çok zorlanılan yerler glandın tabanında CZ ile ve PZ anterioru ile anterior fibromüsküler stroma arasındaki sınırlardır.

Aksiyel görüntüde şüpheli lezyonun en uzun boyutunun ölçülmesi en temel değerlendirmedir. Ama eğer şüpheli lezyonun en geniş boyutu sagittal veya koronal görüntülerde ise bu ölçüm ve alınan görüntü düzlemi ayrıca belirtilmelidir. Eğer lezyonun aksiyel görüntüde sınırları net değilse o zaman bulguların en iyi görüntülendiği düzlem belirtilerek ölçüm alınmalıdır.

Herhangi bir sekansta bilateral simetrik sinyal değişiklikleri genellikle normal anatomiye veya benign değişikliklere bağlıdır.

Teknik nedenlerden dolayı farklı MR cihazlarından alınan görüntülerdeki sinyal intensite biriminde, BT'deki dansite birimi olan Hounsfield Birimi gibi herhangi bir standardizasyon sağlanamamıştır. Yani görüntü elde edilebilen tüm MR cihazları için uygun olan standardize edilmiş bir “prostat penceresi” yoktur. Klinik anlamlı kanserler kısıtlanmış/azalmış difüzyona sahip olup ADC haritasında hipointens görünürler. Klinik anlamlı kanserleri belirlemek için ADC haritalaması optimize edilmiş özel tarayıcılar lezyonu daha belirgin şekilde hipointens gösterebildiği için tavsiye edilmekte olup görüntülere her zaman aynı kontrast ayarlarında (aynı pencere genişliği ve seviyesinde) bakılmalıdır. Özellikle tarayıcı ve bu alanda tecrübeli radyoloğun rehberliği fayda sağlayacaktır.

PZ'de yerleşmiş kapsüllü, iyi sınırlı, yuvarlak nodül ADC'de hipointens görünse bile muhtemelen dışı uzanımlı BPH nodülüdür. Böyle bir bulgu PIRADS değerlendirmede p2 olarak değerlendirilmelidir.

Prostat MpMR'deki Dikkat Edilmesi Gereken Tuzaklar

Bazı normal anatomik yapılar, prostatın benign bulguları veya teknik nedenlerden kaynaklanan artefaktlar, PCa'yı taklit edebilmektedir. Tanısal tuzaklar hakkında farkındalık hem yanlış pozitif hem de yanlış negatif yorumlardan kaçınmak için önemlidir (Joshi et al., 2015; Żurowska et al., 2023) .

Anterior Fibromüsküler Stroma

Bu bölge, T2A görüntülerde düşük sinyal yoğunluğu gösterir ve bu nedenle prostat kanseri ile karıştırılabilir. Ancak, AFS genellikle simetrik bir yapıya sahiptir ve

yüksek b-değerli DWI’larda hipointens olarak görünür. Bu özellikler, anterior prostat kanserinden ayırt edilmesine yardımcı olabilir.

Normal Santral Zon

Santral zon, prostatın ejakülatör kanallarına yakın bir bölgesidir ve T2-ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal yoğunluğu gösterir. Bu bölge, yoğun glandüler doku nedeniyle prostat kanseri ile karıştırılabilir (Chatterjee et al., 2020; Kitzing et al., 2016).

Periprostatik Venöz Pleksus

Periprostatik venöz pleksus, prostatın çevresinde yer alan venöz damar ağıdır. Bu yapı, özellikle kontrastlı görüntülerde prostat kanseri ile karıştırılabilir. Periprostatik venöz pleksusun normal anatomik yapısını ve konumunu bilmek, yanlış pozitif sonuçların önüne geçebilir (Ward et al., 2017).

Kalınlaşmış Cerrahi Kapsül

Cerrahi kapsül, prostatın dış kısmında yer alan fibromüsküler bir banttır. Bu yapı, T2-ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal yoğunluğu gösterir ve prostat kanseri ile karıştırılabilir. Cerrahi kapsülün kalınlaşmış hali, özellikle geçirmiş olduğu cerrahi müdahaleler sonrası daha belirgin hale gelebilir. Bu yapının normal anatomik özelliklerini bilmek, yanlış teşhislerin önüne geçebilir.

Kronik Prostatit

MR’de kronik prostatit, periferik zonda genellikle T2A görüntülerde ve ADC haritalarında hipointens (nodüler veya kama şeklinde) izlenen, DAG’da kısıtlanan ve DkMR’de fokal veya diffüz kontrastlanan (kapsül veya ekstraprostatik alana da uzanabilen) alan olarak izlenir. Bu nedenle sıklıkla periferik zonda Pca ile karışabilmektedir (Franiel et al., 2008). Kronik prostatit DAG’da kısıtlanmakla birlikte bu kısıtlanma Pca kadar belirgin değildir (Shukla-Dave et al., 2004).

Granüloamatöz Prostatit

Granüloamatöz prostatit prostat ca’ yı klinik olarak taklit eden nadir görülen bir prostatit türüdür (Bour et al., 2013). Literatürde granüloamatöz prostatitlerin prostata yönelik olarak uygulanan cerrahi girişimler ile intravezikal uygulanan Bacillus Calmette-Guérin (BCG) tedavisi sonrası, iyatrojenik olarak TRUS eşliğinde prostat biyopsisi sonrası görülebileceği bildirilmiştir (Do et al., 2020). MR’de granüloamatöz

prostatit, belirgin derecede T2A ve ADC düşük sinyal intensitesinde izlenmesi ile diğer enflamatuvar veya enfeksiyöz süreçlerde izlenenden daha belirgin kitle imajı göstermesi nedeniyle tümör için çok yüksek bir şüphe olarak kabul edilebilir (Bour et al., 2013)(Do et al., 2020). Ayrıca, periprostatik alanda inflamasyon bulguları göstermesi nedeniyle ekstraprostatik tümör invazyonunu taklit edebilir. Günümüzde, histopatolojik tanı, kesin tanıyı belirleyen ve böylece tümörün varlığını ortadan kaldıran tek araç olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, BCG tedavisi öyküsü bulunan hastalarda MpMR’de lezyon içerisinde kontrastlanmayan geniş nekroz alanın izlenmesi durumunda granülomatöz prostatit düşünülmeli ve antimikrobiyal tedavi sonrası MR’nin tekrarlanması önerilmektedir (Bour et al., 2013).

Yapay Zekâ

Yapay zekâ, en basit şekilde belirli görevleri yerine getirmek için insan zekasını taklit eden veya insan zekâsı gerektiren görevleri gerçekleştirmek için sistemler oluşturmaya adanmış bir bilim dalı olarak tanımlanabilir (Do et al., 2020). 1950’de Alan Turing’in ‘‘Makineler düşünebilir mi?’’ sorusu ile başlayan bu bilimsel yolculuk 1956 yılında ilk defa ‘‘yapay zekâ’’ ifadesi kullanılmasıyla bilim dünyasına tamamen girmiştir. Son dönemde tıp alanında da sıkça kullanılmaktadır. Radyoloji teknoloji ile iç içe yaşadığından yapay zekâ ile yakından ilgilidir. Bu kapsamda birçok basamakta yapay zekâ desteği başlamıştır. Tanı aşamasında ayrıca birçok görüntüleme yönteminde yapay zekâ kullanımı hız ve doğruluk adına önemli işler üstlenmeye başlamıştır (Oren et al., 2020). Yapay zekâ birbiri ile ilişkili olarak temelde 2 ana alt kümeye ayrılmaktadır; makine öğrenmesi ve derin öğrenme (Şekil 11).



Şekil 11. Yapay zekâ alt kümeleri

Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, verilerdeki kalıpları sentezleyip bir sonraki aşamada verileri tahmin eden veya etiketli olmayan bir dizi veriyi çeşitli sınıflandırmalara ayıran yöntem olarak tanımlanır (Pardo & Sberveglieri, 2002). Denetimli, denetimsiz, yarı denetimli olarak 3 alt gruba ayrılır.

Denetimli Makine Öğrenmesi

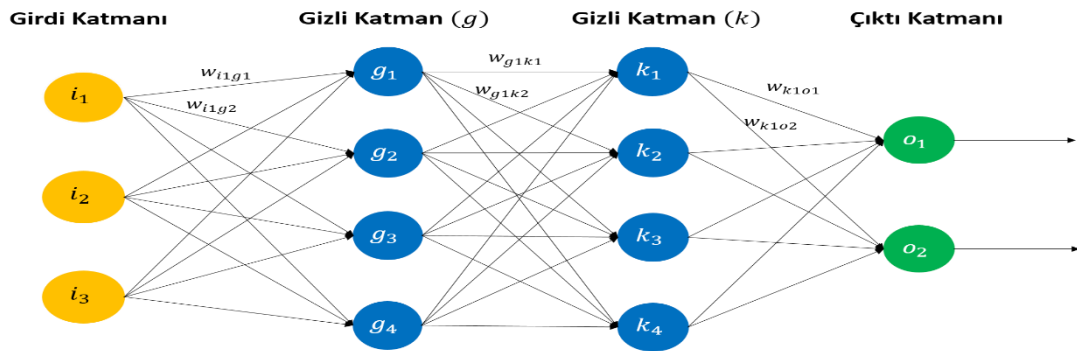
Denetimli öğrenme, eğitim verilerinden çıkarım yaparak sonuç üreten öğrenme yöntemidir. Bu yöntem kullanılacağı zaman ilgili kısımları etiketlemek gerekir. Bu veriler sayısal veya nominal değerlerdir. Günümüzde en sık kullanılan makine öğrenmesi yöntemidir (Litjens et al., 2017).

Yarı Denetimli Makine Öğrenimi

Bu metotta etiketlenmemiş veri kullanımı daha çok kullanılır. Bu teknik öncelikle az miktarda etiketlenmiş veri ile eğitilir ve etiketlenmiş veriden hareketle etiketlenmemiş veriler hakkında sonuç çıkarma becerisi prensibine dayanır (Kizilkaya & Oğuzlar, 2018).

Derin Öğrenme

Derin öğrenme, insan nöronal ağına benzeyen, gizli katmanlar içeren bir yapay sinir ağı kullanan makine öğrenmesi alt dalıdır. Bu katmanlar, girdilerden bilgi toplar ve yeni özellikler öğrendikçe adım adım değişebilen bir çıktı sağlar. Yapay sinir ağları, birbirleriyle iletişim halindedir. Bir bağlantı, aldığı aktivasyonu bir birimden diğerine yayar ve her bağlantı aktivasyonu, bağlantının gücünü belirleyen sayısal bir değerle

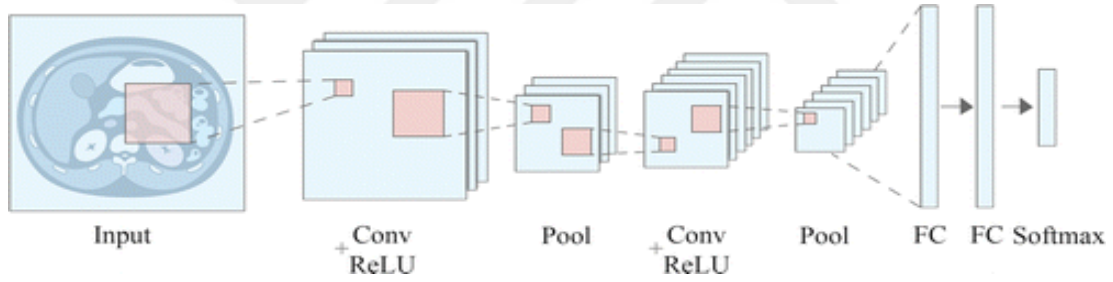


Şekil 12. Yapay sinir ağı

ifade edilir (Lee et al., 2017). Yapay sinir ağının şematik gösterimi şekil 14’te verilmiştir.

Tıbbi görüntülemelerde derin öğrenmenin üstlendiği temel görevler ve çalışma alanları; görüntü ön işleme ve çözünürlük artışı, sınıflandırma, lezyon yeri, segmentasyon ve lezyon takipleridir (Cheng et al., 2021).

Görüntü analizi için, derin öğrenme sistemlerinin temel kullandığı yöntem evrişimli sinir ağıdır (CNN). CNN, tipik olarak üç tür katmandan oluşur; evrişim (convolution), havuzlama (pooling) ve tamamen bağlı katmanlar (fully connected layers) (Şekil 15) (Soffer et al., 2019). Evrişim katmanı, görüntü üzerindeki özellikleri öğrenir. Bu katmanın çıktısına ReLU (Rectified Linear Unit) aktivasyon işlemi uygulanır. ReLU, modelin yeteneğini artırır. Ardından ikinci katman olan havuzlama katmanı öğrenilen özelliklerin boyutunu azaltarak hesaplama karmaşıklığını ve aşırı öğrenmeyi azaltır. Son katman olan tamamen bağlı katmanlar ise öğrenilen özellikleri kullanarak final sınıflandırmalar yapar (Yamashita et al., 2018).



Şekil 13. CNN mimarisi

Günümüzde En Sık Kullanılan CNN Modelleri

R-CNN (Region-based Convolutional Neural Networks)

R-CNN, nesne tespiti için kullanılan ilk derin öğrenme tabanlı modellerden biridir. Bu model, görüntüdeki potansiyel nesne bölgelerini belirlemek için seçici arama algoritmasını kullanır ve ardından her bir bölgeyi sınıflandırmak için bir CNN uygular. R-CNN, yüksek doğruluk oranlarına sahip olmasına rağmen, oldukça yavaş çalışır ve büyük hesaplama kaynakları gerektirir.

Fast R-CNN

Fast R-CNN, R-CNN modelinin bir geliştirmesidir süreci hızlandırmak için çeşitli değişiklikler yapar. Bu model, tüm görüntü üzerinde bir CNN çalıştırır ve ardından bölge önerilerini (RoI) kullanarak bu özellik haritası üzerinde sınıflandırma

ve sınır kutusu regresyonu yapar. Bu yaklaşım, R-CNN'e göre daha hızlı ve daha verimlidir.

Faster R-CNN

Faster R-CNN, Fast R-CNN modeline ek olarak Bölge Öneri Ağı (RPN) kullanır. RPN, tam görüntü konvolüsyonel özelliklerini paylaşarak neredeyse maliyetsiz bölge önerileri sağlar. Bu model, PASCAL VOC ve MS COCO gibi veri setlerinde yüksek doğruluk oranları ve hızlı çalışma süreleri ile öne çıkar (Ren et al., 2017).

Improved Faster R-CNN

İmproved Faster R-CNN, Faster R-CNN modelinin küçük nesneleri daha iyi bulup anlaması için geliştirilmiş bir versiyonudur. Bu model, iki aşamalı tespit yaklaşımını kullanır ve konumlandırma aşamasında IoU tabanlı bir kayıp fonksiyonu kullanarak RoI havuzlama işlemini iyileştirir. Tanıma aşamasında ise çok ölçekli konvolüsyonel özellik füzyonu ve geliştirilmiş NMS algoritması kullanılır. Bu iyileştirmeler, küçük nesnelerin tespit performansını önemli ölçüde artırır (Cao et al., 2019).

SOR Faster R-CNN

SOR Faster R-CNN, aynı nesneyi farklı arenalarda tespit etmek için geliştirilmiş bir Faster R-CNN modelidir. Bu model, yüzeysel ve derin konvolüsyonel katmanların özellik haritalarını birleştirerek RoI havuzlamanın daha ayrıntılı özellikler çıkarmasını sağlar. Eğitim sürecinde, önceden eğitilmiş bir CNN modeli kullanılarak ince ayar yapılır ve nesne önerilerinin güven puanları nesne seviyesinde tanımlanır. Bu model özellikle düşük çözünürlüklü görüntülerde başarılı sonuçlar elde eder.

GEREÇ VE YÖNTEM

Hasta Seçimi

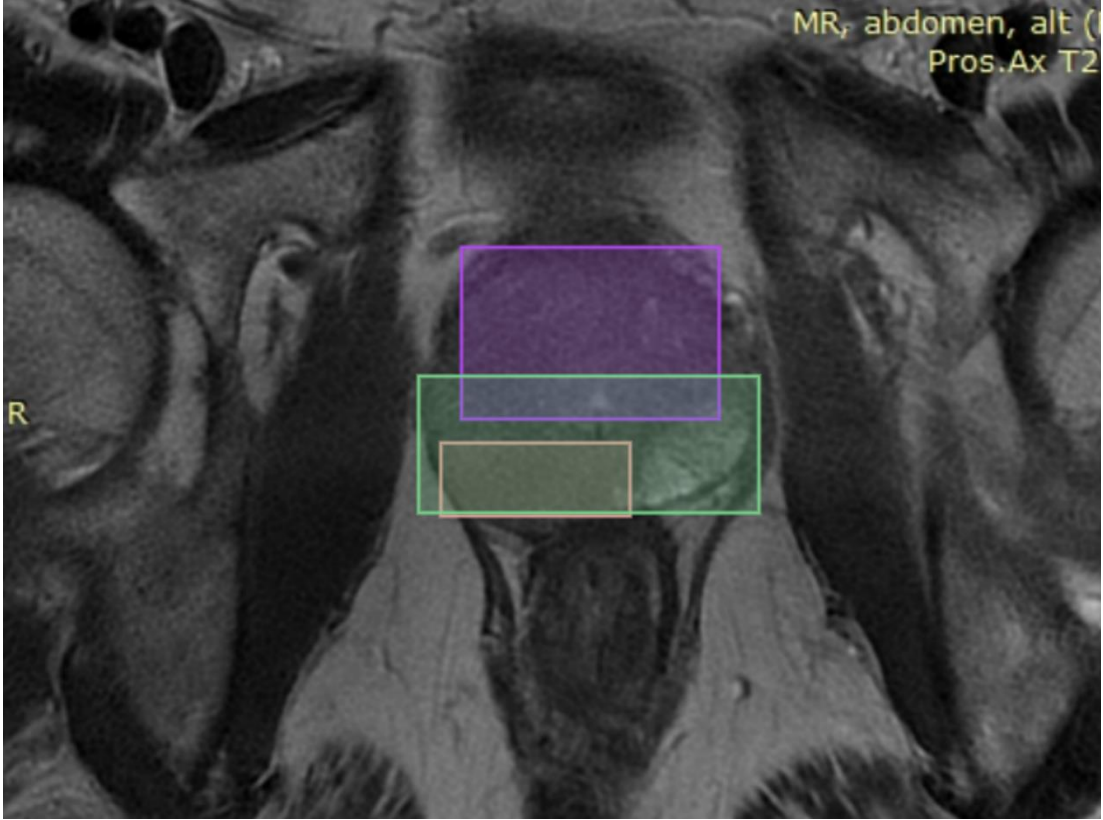
Ocak 2017- Aralık 2023 tarihleri arasında Prostat ca ve Prostatit olduğu histopatolojik olarak kesinleşen hastalardan biparametrik MR(BpMR) görüntülemesi olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Dışlama kriterlerimiz; görüntülerin elde edilememesi ve görüntü kalitesinin yetersizliğidir. Bu nedenle, görüntülerine ulaşılamayan ve görüntü kalitesi yetersiz olan hastaların görüntüleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Prostat ca ve prostatit nedeniyle görüntüleri elde edilmiş 180 hastanın verilerine dışlama kriterleri uygulandıktan sonra toplam 157 hasta verisi elde edilmiştir. Fakat yapay zekâ öğrenim aşamasında, 4 hastanın verilerinin kullanılan modele uygun olmadığı tespit edilerek ilgili 4 hastanın verileri de veri ön işleme sırasında çalışmadan dışlanmıştır. Böylece toplamda 153 hasta çalışmaya dahil edilmiş, hastaların T2 ve ADC-DWI görüntüleri modelin eğitimi aşamasında kullanılmıştır. T2A da eğitim aşamasında toplam 2183, test aşamasında ise 559 görüntü kullanılmıştır. DWI-ADC 'de eğitim aşamasında 2232, test aşamasında ise 558 görüntü kullanılmıştır. Çalışmaya dahil edilen hastaların patolojik tanılarının görüntüler üzerindeki dağılımları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Hastaların Patolojik Tanılarının Kullanılan Görüntüler Üzerindeki Dağılımları

Histopatolojik Tanı	Çalışmaya Dahil Edilen Görüntü Sayıları			
	T2		ADC – DWI	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Prostat ca	1906	488	1965	489
Prostatit	277	71	267	69
Toplam:	2183	559	2232	558

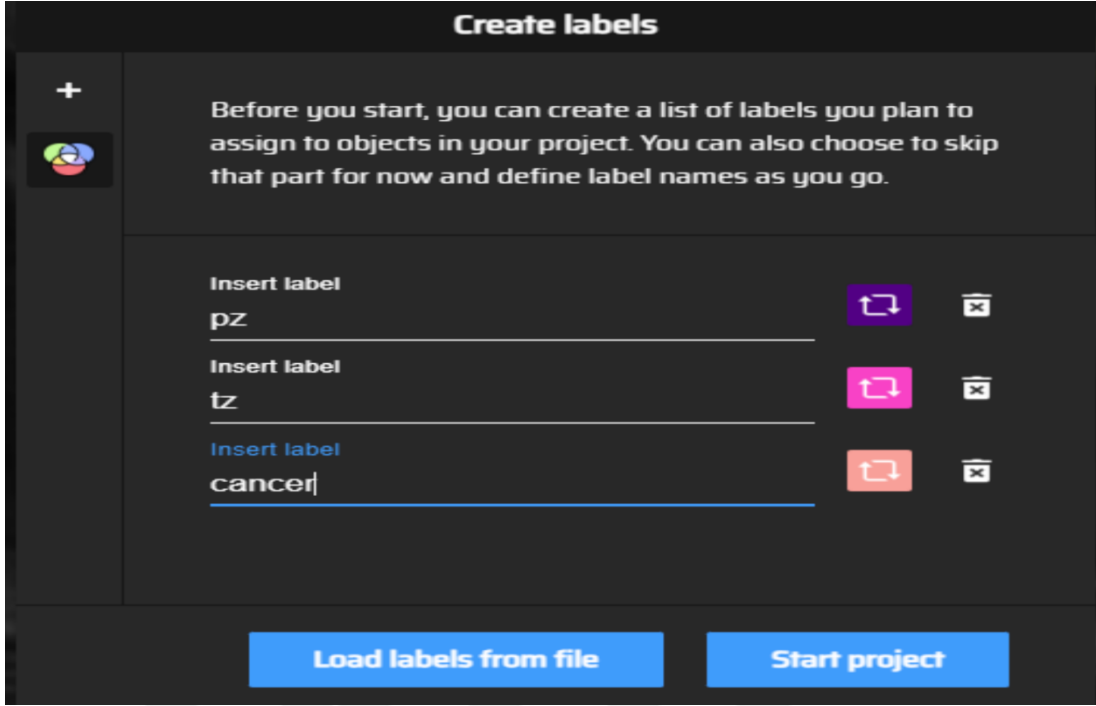
Veri Seti

Belirlenen dışlama kriterleri doğrultusunda seçilen hastaların T2 ve ADC-DWI görüntüleri modelin eğitimi aşamasında kullanılmıştır. Seçilen hastaların elde edilen T2 görüntüleri; 480x640, 512x512 ve 1080x1920 çözünürlüğündeki JPG formatındaki görüntülerden oluşmaktadır. Elde edilen ADC-DWI görüntüleri ise 256x256, 480x640 ve 1080x1920 çözünürlüklerine sahip JPG formatındaki görüntülerdir. Axial T2 MR'de örnek bir etiketli görüntü şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14. Örnek bir etiketli görüntü (Axial kesit T2A MR)

Çalışmada, Faster R-CNN modelinin T2 görüntüleriyle ve ADC – DWI görüntüleriyle ayrı ayrı eğitilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, T2 ve ADC – DWI görüntüleri, modelin eğitilmesi amacıyla radyoloji uzmanı tarafından etiketlenmiştir. Etiketleme aşamasında, Web tabanlı Make sense platformu tercih edilmiştir. Görüntüler 5 sınıf etiketi içerecek şekilde etiketlenmiştir. Bu etiket sınıfları; pz (periferik zon), tz (transizyonel zon), p3 (prostatit), p4 (PIRADS 4) ve p5 (PIRADS 5) şeklindedir. Make sense platformunun arayüzünden bir kesit, örnek olarak şekil 15'te gösterilmiştir.



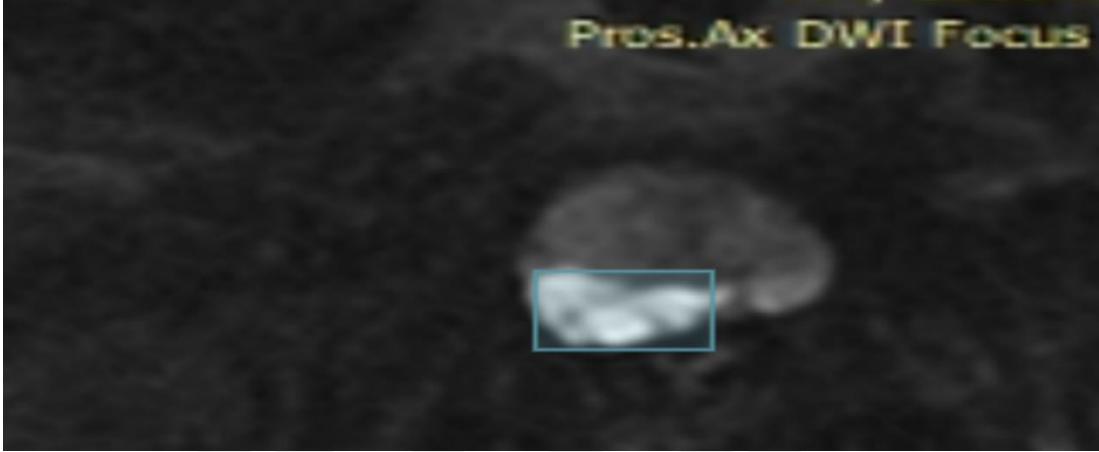
Şekil 15. Makesense platformunun ara yüzünden bir kesit

Make sense platformu aracılığıyla oluşturulan etiketler, XML formatındaki dosyalar şeklinde indirilmiştir. Elde edilen her bir XML dosyasında; etiketlenen görüntü dosyasının adı, etiketlenen görüntü dosyasının yolu, etiketlenen görüntünün genişliği, yüksekliği ve derinliği, görüntü üzerinde gerçekleştirilmiş her bir etiketin adı ve görüntüdeki koordinatları, eğitilecek model için anlam teşkil eden bilgiler olmak üzere yer almaktadır. Tablo 8’de yer alan bilgiler etiketli görüntülere aittir. Elde edilen XML tabanlı dosyaların içerdiği anlamlı verilerin bir örneği ve verileri temsil eden değişkenler, hastaların mahremiyetleri açısından maskelenmiş bir şekilde Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9. XML Dosyaları İçeriklerinin Örnekleri

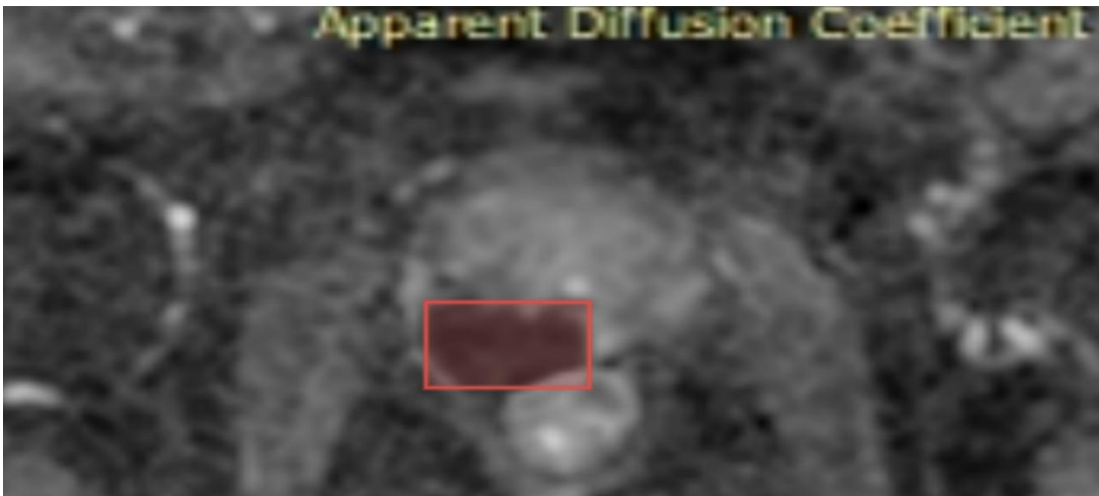
Dosya Adı	Dosya Yolu	Genişlik	Yükseklik	Derinlik (Kanal)	Etiket	Etiket Koordinatları (xmin, ymin, xmax, ymax)
1.jpg	./train/1.jpg	256	256	3 (RGB)	p4	117, 130, 123, 135
2.jpg	./test/2.jpg	256	256	3	p3	109, 122, 120, 129

Etiketleme işlemi, DWI ve ADC sekanslarda da ayrı ayrı kanser veya prostatit bölgeleri temsil edecek şekilde yapılmıştır. Etiketleme yapılırken lezyonlar PIRADS v2.1'e göre kanser (PIRADS 4 veya 5) veya prostatit (PIRADS 3) olarak gruplanmıştır. Axial DWI'da örnek bir etiketli görüntü şekil 16'da, Axial ADC'de örnek bir etiketli görüntü ise şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 16. Axial kesitte DWI'da periferik zonda kanserli bölge etiketi

Tüm hastalarda biparametrik MR da axial T2, axial DWI (B800-B1400) ve axial ADC görüntülerden kanser veya prostatit olduğu düşünülen odakların etiket bilgilerinin bulunduğu XML tabanlı etiket dosyaları indirildikten sonra dosya okuma ve yazma işlemleri aracılığıyla XML tabanlı dosyalar JSON tabanlı dosyalara dönüştürülmüştür.



Şekil 17. Axial kesitte ADC'de periferik zonda kanserli bölge etiketi

Veri Ön İşleme

Eksik veya bozuk, çözünürlüğü düşük ve anlamlı bilgi (prostatit bölge ve kanser) içermeyen veya anlamlı bilgilerin belirgin olmadığı görüntüler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Her hasta için hasta isminde bir klasör ve klasörün içinde T2 ve ADC-DWI klasörleri oluşturulmuştur. Etiketlenen görüntüler ve etiket bilgilerini içeren dosyalar, her hasta için oluşturulmuş klasörlerde, T2 ve ADC-DWI isimli klasörlere taşınarak T2 ve ADC-DWI görüntüler ve ilgili etiketler farklı klasörlerde gruplandırılmıştır.

Python dili aracılığıyla geliştirilen betik dosyaları aracılığıyla öncelikle klasör gruplama aşamasında gözden kaçan veya yanlış isimlendirilen klasörlerin isimleri düzeltilmiştir.

Daha sonra etiketlenmemiş görüntüler veya boş etiket içeren etiket dosyaları tespit edilerek ilgili dosya çiftleri silinmiştir.

Görüntüler incelendiğinde, farklı çözünürlükte etiketlenmiş görüntüler olduğu tespit edilmiştir. Görüntülerin hepsi yine Python tabanlı skriptler aracılığıyla 256x256 çözünürlük değerine göre kırpılmış veya yeniden boyutlandırılmış ve her görüntüyle ilişkili etiket dosyasında bulunan koordinatlar da boyutlandırmaya bağlı olarak güncellenmiştir.

Son olarak, tüm ön işleme adımları tamamlandıktan sonra elde edilen görüntüler, yüzde 80'i eğitim ve yüzde 20'si de test görüntüsü olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

MR Protokolü

Elde edilen prostat MR görüntüleri için 16 kanallı bir baş koili ve 3 T tarayıcı (GENERAL ELECTRIC:GE) kullanıldı. Aksiyel T2 görüntüleri (TR 1/4 4068, TE 1/4 130, FOV 1/4 384 x 256, FOV faz 1/4 128, kalınlık 1/4 3.5 mm, NEX 1/4 3) elde edildi. DAG, aksiyel düzlemde (b değerleri b50 NEX1/4 2, b800 NEX1/4 8 ve b1400 NEX1/4 16, Aksiyel TR1/4 4600, TE 90, FOV1/4 30, FOV matrix 128*64, FOV faz1/4 64, kalınlık 1/4 4 mm. Ardından iş istasyonunda ADC haritaları oluşturuldu.

Tüm hastaların T2, DAG-b50, DAG-b800, DAG-b1400 ve ADC görüntüleri kullanıldı. Tüm görüntüler aksiyel kesitten elde edildi ve lezyonun geçtiği tüm kesitler ayrı ayrı kaydedildi.

Faster R-CNN Modelinin Eğitilmesi

Prostat ca, transizyonel ve periferik zonların yapay zekâ aracılığıyla tespitin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, Faster R-CNN modeli etiketli görüntülerle eğitilmiş ve model performansı test aşamasında değerlendirilmiştir.

Modelin eğitimi aşamasında Google Colab platformu kullanılmıştır. Öncelikle, model entegrasyonu Google Colab platformunda gerçekleşeceğinden ve modelin eğitim aşamasında veri seti dosyalarına ihtiyaç olduğundan dolayı ön işlemesi tamamlanan veri seti Google Drive hesabına aktarılmıştır.

Faster R-CNN modeli, Facebook AI Research (Facebook Yapay Zekâ Araştırması) tarafından geliştirilen ve içerisinde nesne tespiti ve segmentasyon algoritmalarını barındıran “detectron2” kütüphanesi aracılığıyla entegre edilmiştir. Bu sebeple, öncelikle detectron2 kütüphanesi Colab çalışma alanına indirilmiş ve gerekli kurulumlar gerçekleştirilmiştir.

Modelin eğitim aşamasına başlamadan önce model entegrasyonu gerçekleştirilmiş ve konfigürasyonlar yapılmıştır. Bu aşamada, her bir etiket dosyasında bulunan; ilgili görüntünün çözünürlük değerleri, etiket dosyasının hangi görüntüye ait olduğunu belirten değişken adı, etiket dosyasında bulunan koordinatları belirten değişken ve koordinatların sırası (hangi koordinatın etiketin hangi sınır noktasını ifade ettiği), etiketin sınıfı (pz, tz, p3, p4, p5) değerleri modelin konfigürasyonun gerçekleştiği aşamada kullanılmış ve ilgili değerler modele bildirilmiştir.

Modelin, eğitim ve test aşamasında kullanacağı görüntüler için Google Drive platformunda 2 ayrı klasör oluşturulmuştur ve yine modelin konfigürasyon dosyasında hangi klasördeki verilerin eğitim aşamasında ve hangi klasördeki verilerin de test aşamasında kullanılacağı ayarlanmıştır.

Toplam kaç sınıf etiket olduğu ve bu etiketlerin değerleri de modele bildirilmiştir. Axial T2 görüntülerin eğitim ve test aşamasında modele toplam 5 sınıf etiketi olduğu ve bu sınıf etiketi değerlerinin tz, pz, p3, p4 ve p5 olduğu bildirilmiştir. Axial ADC – DWI görüntülerinin eğitim ve test aşamasında ise toplam 3 sınıf etiketinin bulunduğu ve bu sınıf etiketlerinin p3, p4 ve p5 olduğu modele bildirilmiştir.

Son olarak, epoch (tüm verilerin model eğitim aşamasından bir kere geçmesi) sayısı 90 olacak şekilde gerekli ayarlamalar yapılmış ve sonuçların hangi klasörde oluşturulması gerektiği de modele bildirildikten sonra, Faster R-CNN modelinin eğitimi başlatılmıştır.

Eğitim işlemi tamamlandıktan sonra test için ayrılan görüntüler üzerinde modelin başarısı test edilmiştir. Bu aşamada, modelin tahminleriyle alanında uzman radyologların koymuş olduğu tanılar da karşılaştırılmıştır.



BULGULAR

Bu bölümde, öncelikle çalışmaya dahil edilen bazı hastalardan seçilmiş bazı görüntüler sunulmuştur. Daha sonra ise gerçekleştirilen çalışmada elde edilen bulgular açıklanarak anlatılmıştır. Hem model performans metrikleri hem de istatistiksel yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar, tablolar ve grafikler aracılığıyla sunulmuştur.

Faster R-CNN modelinin eğitimi tamamlandıktan sonra test verileriyle modelin performansı değerlendirilmiştir. Bu aşamada, modelin test verileri hakkındaki tahminleri alınmış ve bu tahminler doğrultusunda doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (sensitivity) ve F1 skor (score) değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca karmaşıklık matrisi (confusion matrix) ve modelin eğitimi aşamasında elde edilen doğruluk eğrisi ve toplam kayıp (total loss) eğrileri gösterilmiştir.

Olgu Örnekleri

Çalışmada, bazı hastalardan seçilmiş görüntüler, aşağıdaki tablolar ve tablolarda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablolarda gösterilen şekillerde, T2 aksiyel inceleme, b1400 değeri DAG inceleme ve ADC haritası bulunmaktadır. Örnek olarak görüntüleri gösterilen her hastanın ilgili görüntüleriyle ilgili açıklamalar yapılarak görüntüler açıklanmıştır.

66 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

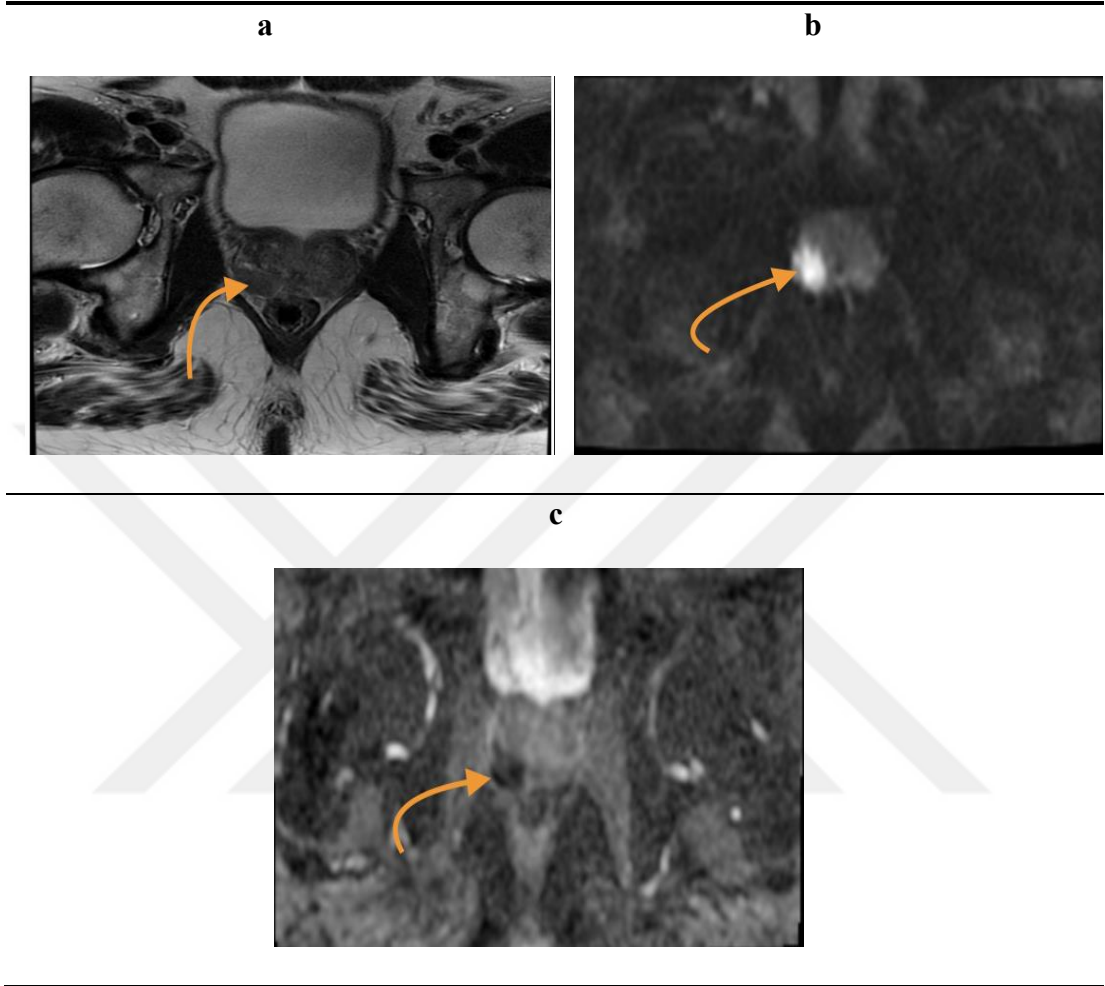
66 yaşında hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 10); indeks lezyon periferik zon lezyonu olarak değerlendirilmiş olup skoru PIRADS 5 olarak belirlendi.

a) T2A aksiyel incelemede; prostat sağ periferal zonda hafif düzensiz sınırlı hipointens lezyon izlendi (T2A skoru P5).

b) b1400 değerli DAG incelemede; lezyonlar parlamakta olup

c) ADC haritasında ortalama ADC değeri (0.56) düşük hipointens görünümündedir (DAG skoru P5). Bu hastaya yapay zeka tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p5 olarak belirtilmiştir. Histopatolojik sonuç prostat ca olarak raporlanmıştır.

Tablo 10. 66 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi



76 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

76 yaşında hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 11); skoru PIRADS 5 olarak belirlenmiştir.

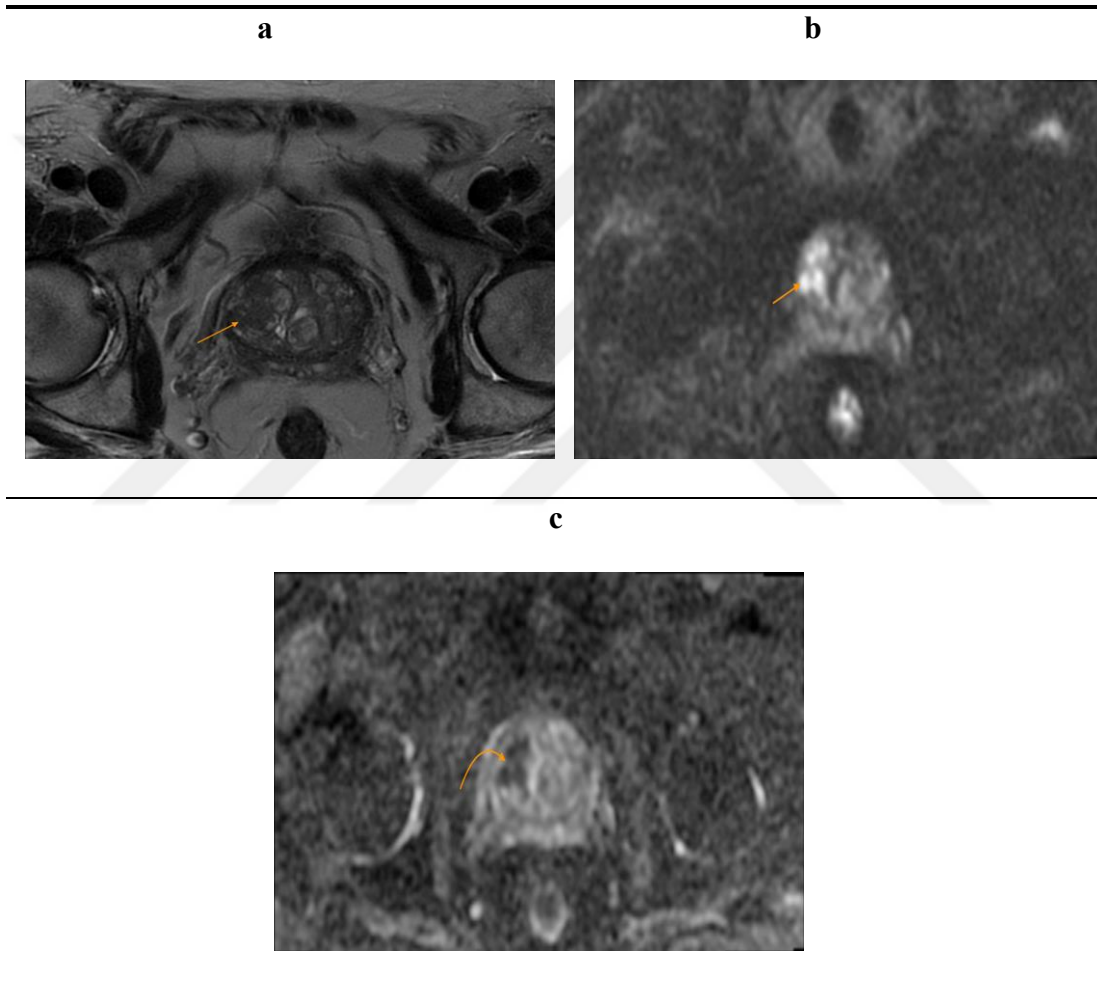
a) T2A aksiyel incelemede midglandüler düzeyde sağ transizyonel zonda hafif düzensiz sınırlı ve bazı yerinde birleşme eğiliminde hipointens alanlar izlenmiştir (ok) (T2A skoru P5).

b) b1400 değerli DAG incelemede; hipointens alanlar DAG'da belirgin kısıtlanma göstermektedir.

c) ADC haritasında hipointens izlenmektedir. ADC haritasında sağdaki hipointens alanın ortalama ADC değeri 0,74 ölçülmüştür (DAG skoru p5). Bu hastaya

yapay zekâ tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p5 olarak belirtilmiştir.Histopatolojik sonuç prostat ca olarak gelmiştir.

Tablo 11. 76 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi



55 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

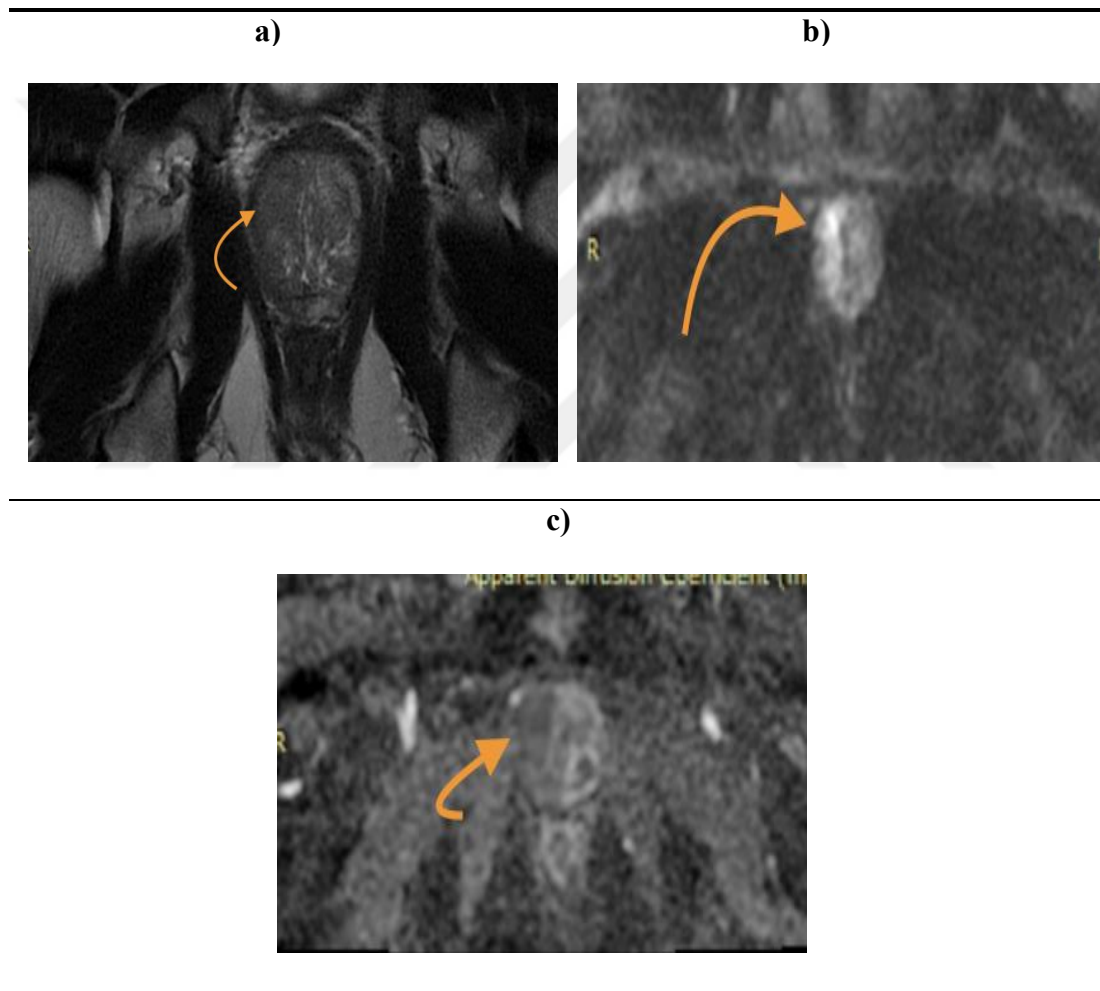
55 yaşında, hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 12); sağ transizyonel zon lezyonu PIRADS skoru 5 olarak belirlendi.

a) T2A aksiyel incelemede; prostat tabanı düzeyinde sağ transizyonel zonda düzensiz konturlu diffüz hipointens lezyon izlendi (ok) (T2A skoru p5).

b) Lezyon DWI görüntülemesinde hiperintens izlenmektedir(ok).

c) b1400 değerli DAG incelemede; prostat tabanı düzeyinde sağ transizyonel zonda düzensiz konturlu diffüz hipointens lezyon izlenmiş olup ADC haritasında bu alanda ortalama ADC değeri 0,66 ölçülmüştür (DAG skoru p5). Bu hastaya yapay zeka tarafından hem T2A hem DAG skoru P5 olarak belirtilmiştir.Histopatolojik sonuç prostat ca olarak gelmiştir.

Tablo 12. 55 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi



49 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

49 yaşında, hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 13); sağ ve sol periferik zonda yamasal tarzda lezyon mevcut olup PIRADS skoru 3 olarak belirlendi.

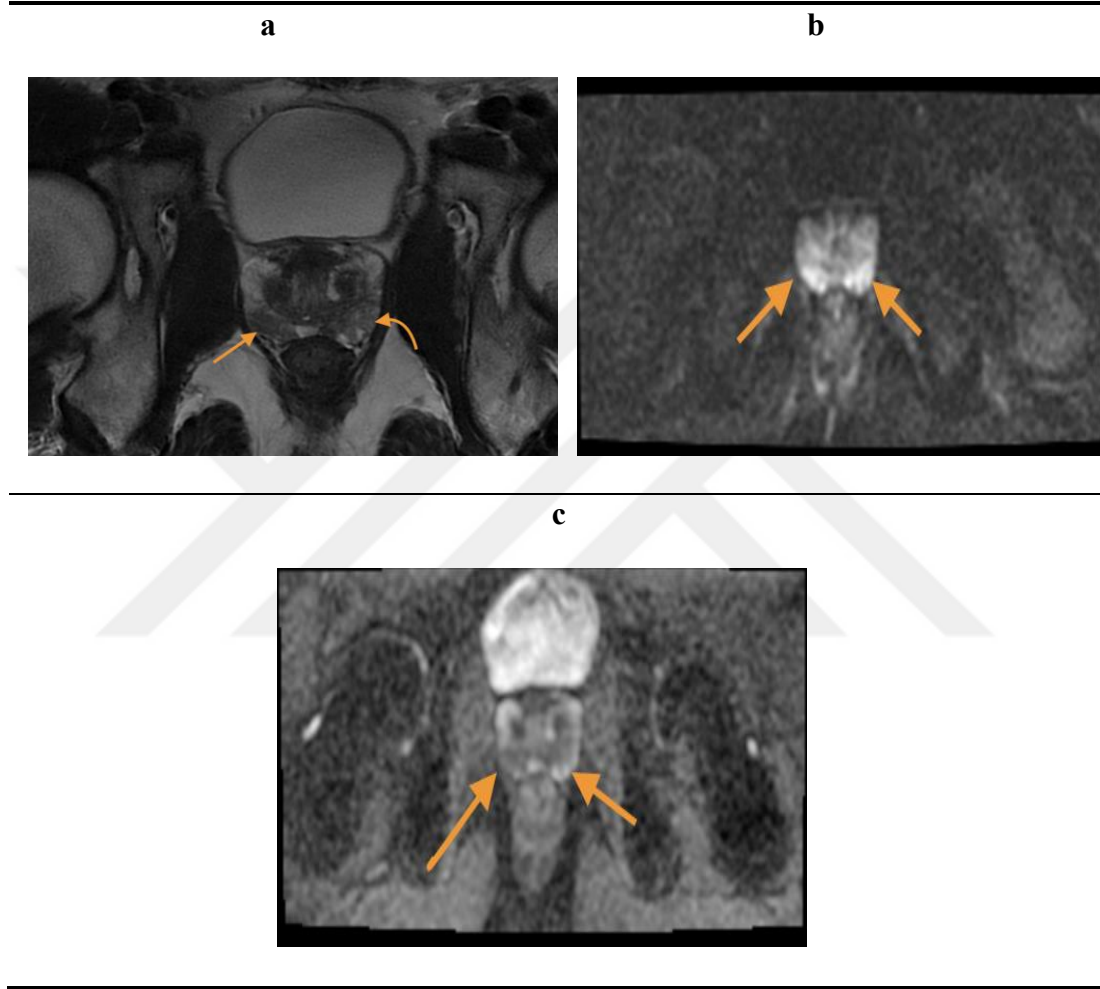
a) Prostat midglandüler düzeyinde sağ ve sol periferik zonda yamasal tarzda lezyon mevcuttur (ok) (T2A skoru p3).

b) b1400 değerli DAG incelemede; lezyon hafif kısıtlanmakta olup

c) ADC haritasında ortalama ADC değeri 0.96 ölçülmüştür (DAG skoru p3).

Bu hastaya yapay zeka tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p3 olarak belirtilmiştir. Histopatolojik sonuç kronik prostatit olarak gelmiştir.

Tablo 13. 49 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi



63 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

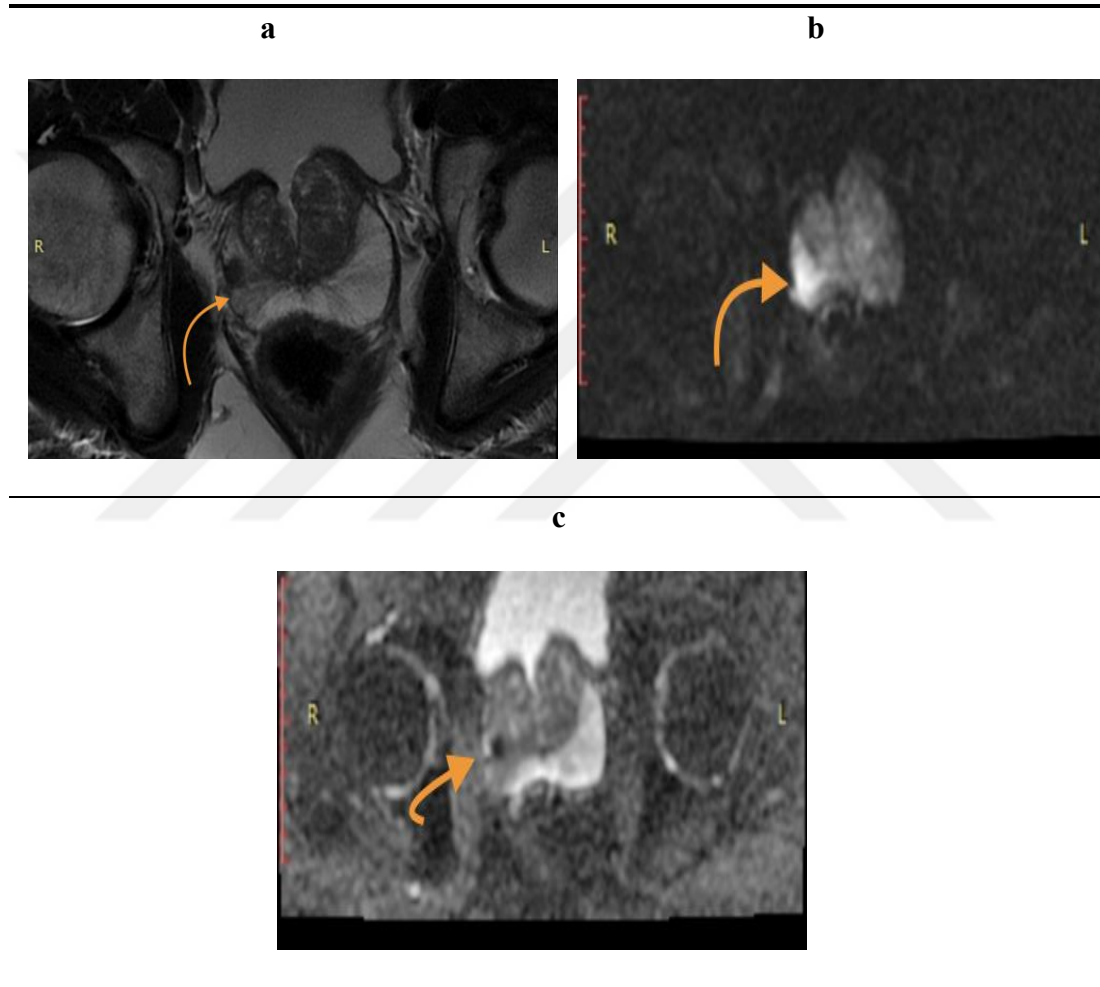
63 yaşında hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 14); sağ periferik zonda lezyon mevcut olup PIRADS skoru 5 olarak belirlendi.

a) T2A aksiyel kesitte sağ periferik zonda heterojen hipointens lezyon mevcut olup PIRADS skoru 5 olarak belirlendi.

b) b1400 değeri DAG incelemede; bu düzeyde lezyon difüzyon kısıtlamaktadır(ok).

c) Ortalama ADC değeri 0,74 ölçülmüştür (DAG skoru 5). Bu hastaya yapay zekâ tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p5 olarak belirtilmiştir. Histopatolojik sonuç prostat ca olarak gelmiştir.

Tablo 14. 63 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

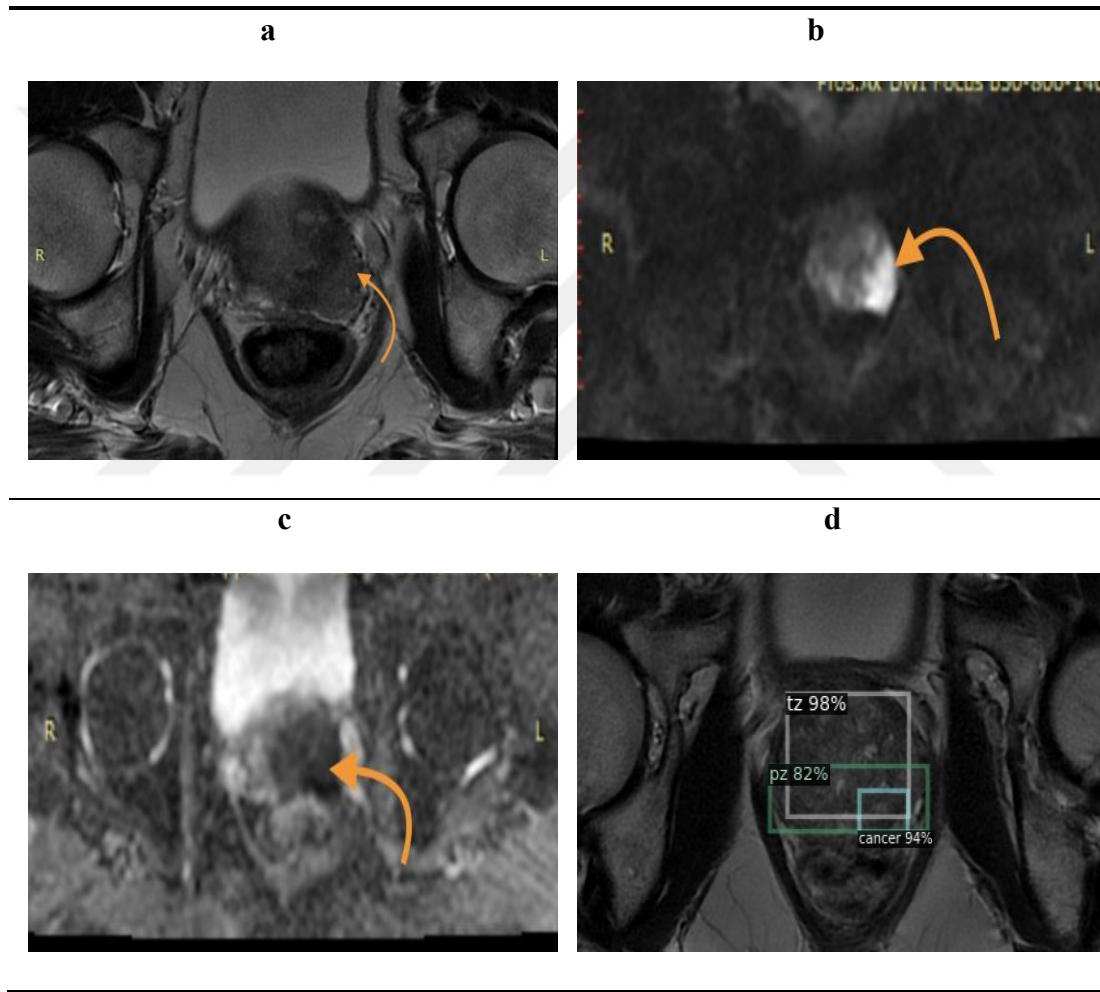


67 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

67 yaşında hastanın BpMRG incelemesi (Tablo 15); aşağıda tariflenen lezyon periferik zon lezyonu olarak değerlendirilmiş olup PIRADS skoru 5 olarak belirlendi.

- a) T2A aksiyel incelemede; prostat apeksinde sol periferik zonda düzensiz sınırlı 15 mm'den büyük hipointens lezyon izlenmiştir (T2A skoru p5).
- b) b1400 değerli DAG incelemede; lezyon parlamaktadır
- c) ADC haritasında ortalama ADC değeri 0,68 ölçülmüştür. (DAG skoru p5)
- d) Bu hastaya yapay zekâ tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p5 olarak belirtilmiştir. Histopatolojik sonuç prostat ca olarak gelmiştir.

Tablo 15. 67 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi



74 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

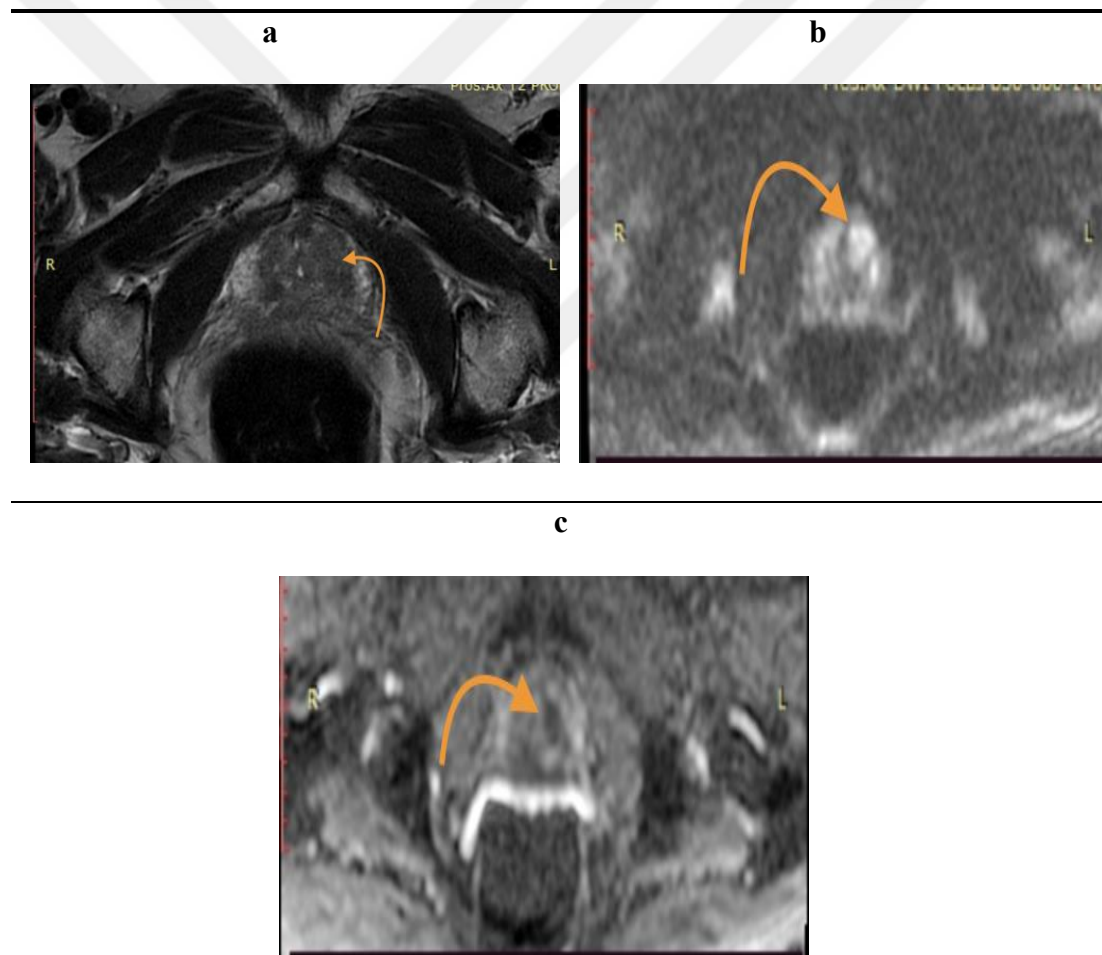
74 yaşında, BpMRG incelemesi (Tablo 16); sol transizyonel zonda düzgün sınırlı lezyon radyologlar tarafından p3 olarak değerlendirilmiştir.

a) T2A aksiyel incelemede; prostat midglandüler düzeyinde sol transizyonel zonda sınırları net ayırt edilemeyen hipointens alanlar izlenmektedir (ok) (T2A skoru p3).

b) b1400 değerli DAG incelemede; T2A, görüntülerde hipointens izlenen alanlarda difüzyon sekansta parlama mevcuttur.

c) ADC haritasında hipointensite izlenmiştir. ADC haritasında soldaki hipointens alanın ortalama ADC değeri 0.98 ölçülmüştür (DAG skoru p3). Bu hasta yapay zekâ tarafından hem T2A hem DAG skoruna göre p3 olarak belirtilmiştir. Histopatolojik sonuç kronik prostatit olarak gelmiştir.

Tablo 16. 74 Yaşında Hastanın BpMRG İncelemesi

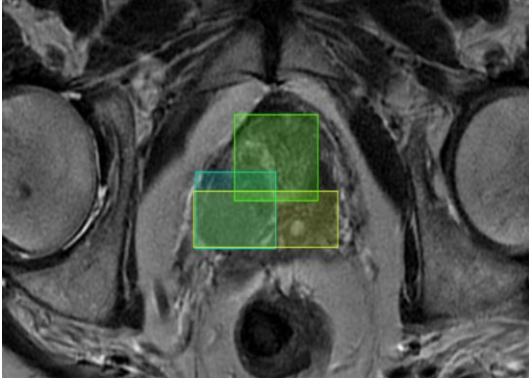
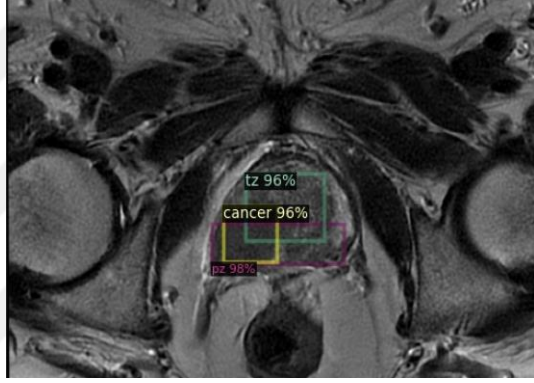


T2A Görüntülerinde Radyolog ve Yapay Zekâ Modelinin Karşılaştırıldığı Olgu Örnekleri

Olgu 1

Sağ periferik zonda yapay zekâ modelinin %96 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. T2A Görüntüleri, Olgu 1

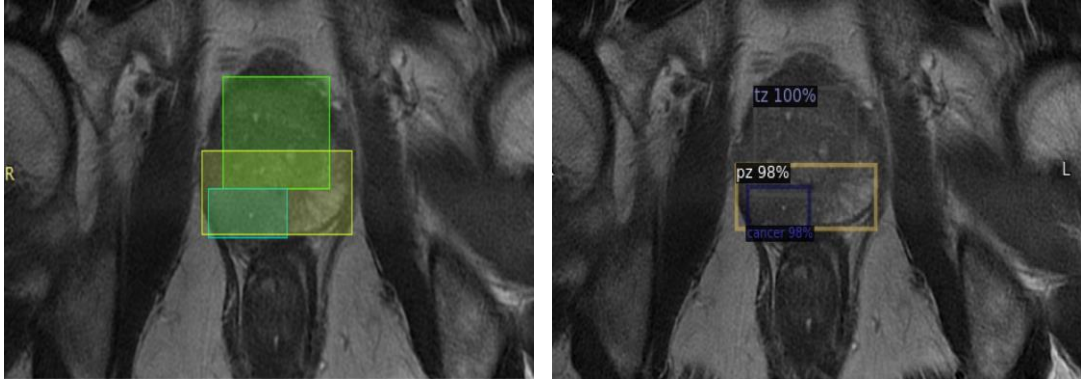
Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 2

Sağ periferik zonda yapay zekâ modelinin %98 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. T2A Görüntüleri, Olgu 2

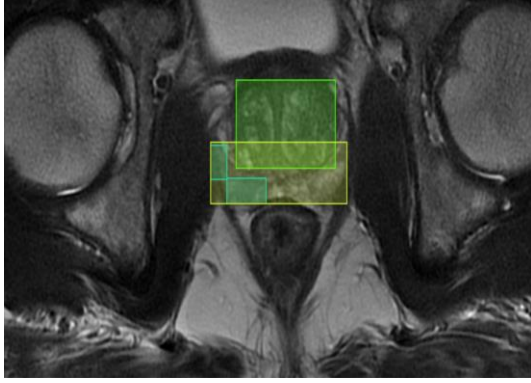
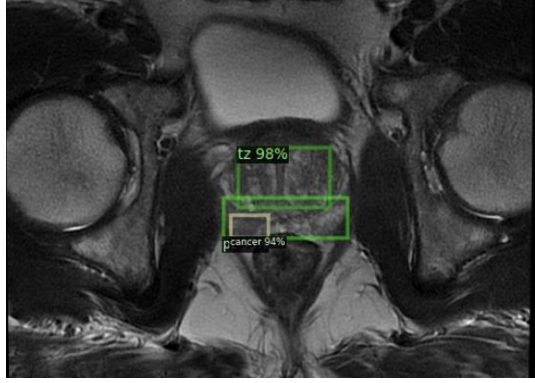
Radyolog	Yapay Zekâ
----------	------------



Olgu 3

Sağ periferik zonda yapay zekâ modelinin %94 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 19).

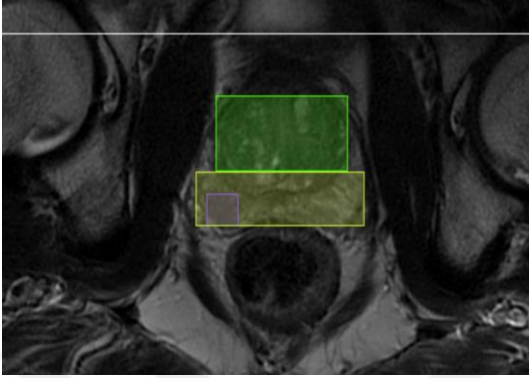
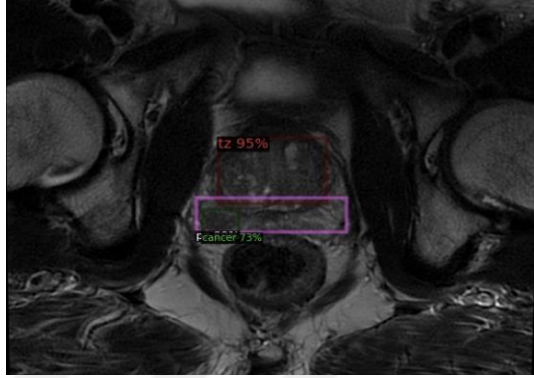
Tablo 19. T2A Görüntüleri, Olgu 3

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 4

Sağ periferik zonda yapay zekâ modelinin %73 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 20).

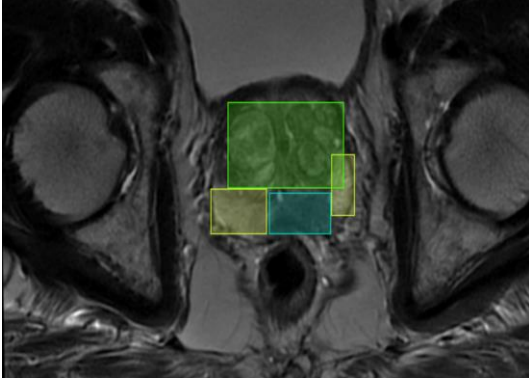
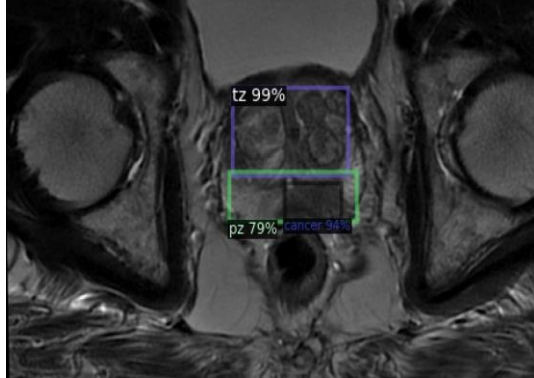
Tablo 20. T2A Görüntüleri, Olgu 4

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 5

Sol periferik zonda yapay zekâ modelinin %94 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 21).

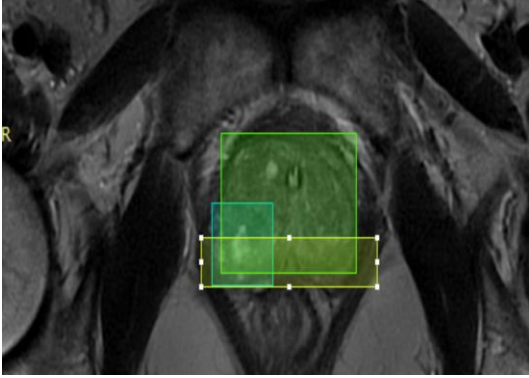
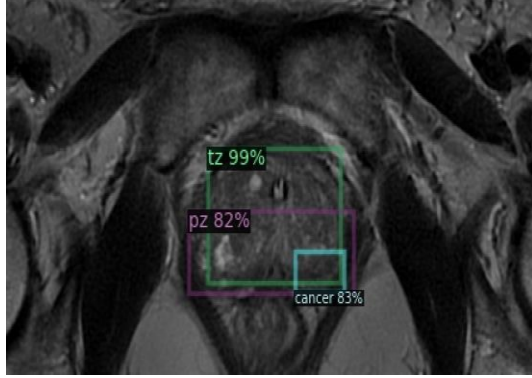
Tablo 21. T2A Görüntüleri, Olgu 5

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 6

Bu vakada radyolog sağ periferik zonda p5 lezyon derken, yapay zekâ sol periferik zonda %83 oranında p5 lezyon olduğunu gösterdi. Yani anatomik olarak farklı yerlerde lezyon buldular. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 22).

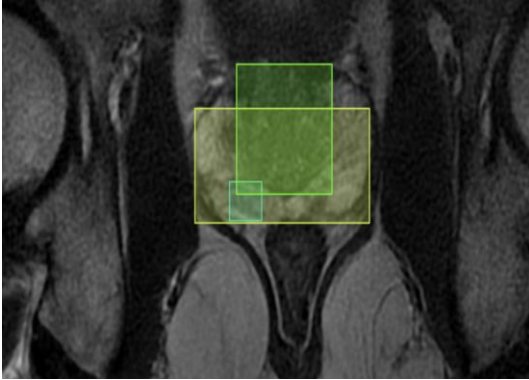
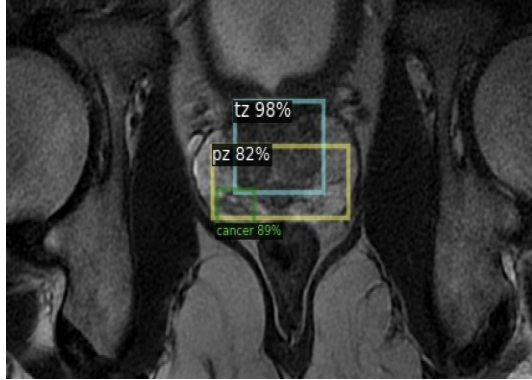
Tablo 22. T2A Görüntüleri, Olgu 6

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 7

Sağ periferik zonda yapay zeka modelinin %89 oranında tesbit ettiği p5 lezyon. Ayrıca model tarafından periferik zon ve transizyonel zon ayrımı da başarılı bir şekilde yapılmış. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 23).

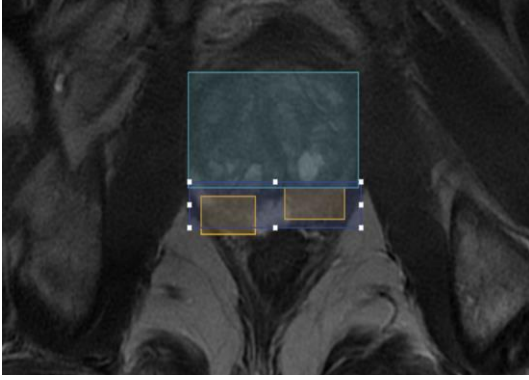
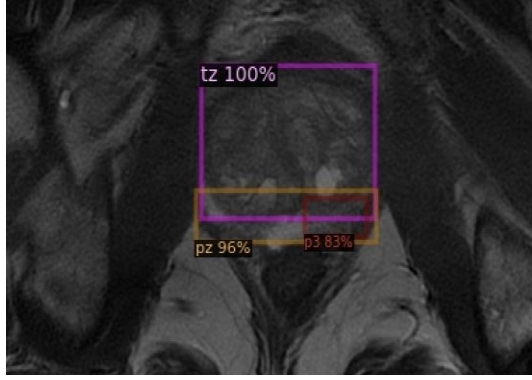
Tablo 23. T2A Görüntüleri, Olgu 7

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 8

Bu vakada radyolog periferik zonda 2 adet p3 lezyon belirtirken,yapay zeka sol periferik zonda p3 lezyon demiştir.Histopatolojisi kronik prostatit olarak gelmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. T2A Görüntüleri, Olgu 8

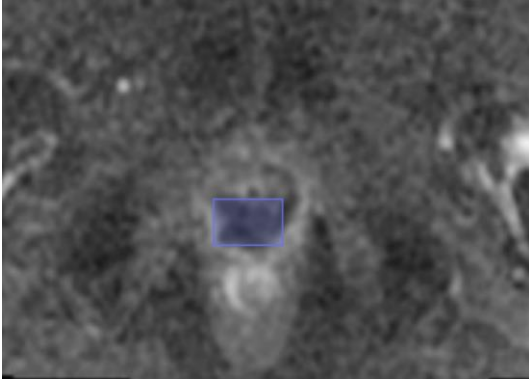
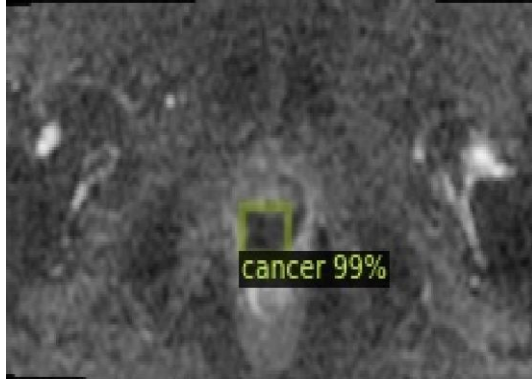
Radyolog	Yapay Zekâ
	

DWI-ADC Sekanslarındaki Radyolog – Yapay Zekâ Kıyaslamalı Olgular

Olgu 1

Periferik zonda ADC haritada yapay zekâ %99 p5 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 25).

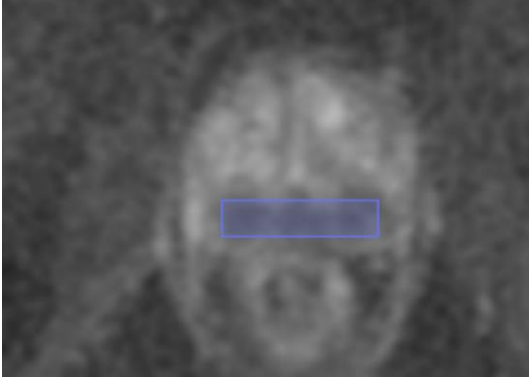
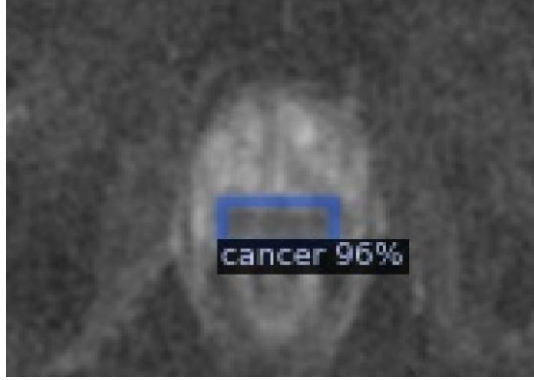
Tablo 25. ADC Sekansları, Olgu 1

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 2

Periferik zonda ADC haritada yapay zekâ %96 P5 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 26).

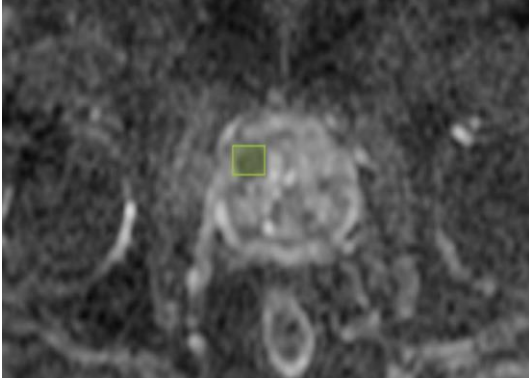
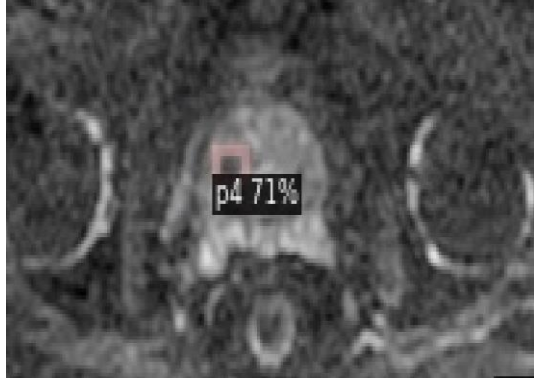
Tablo 26. ADC Sekansları, Olgu 2

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 3

Transizyonel zonda ADC haritada yapay zekâ %71 p4 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 27).

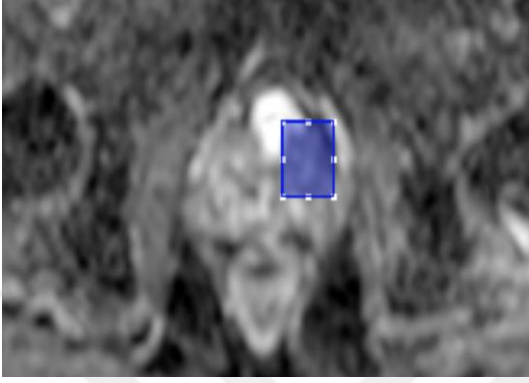
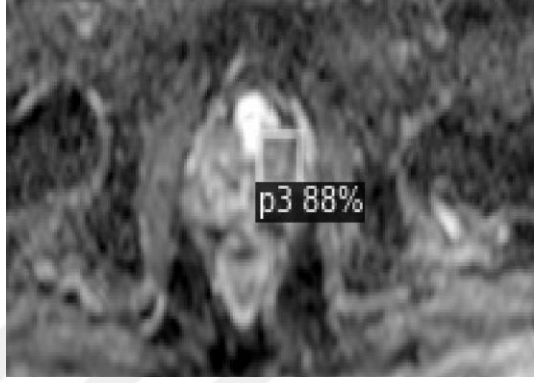
Tablo 27. ADC Sekansları, Olgu 3

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 4

Transizyonel zonda ADC haritada yapay zekâ %88 p3 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu kronik prostatit olarak gelmiştir (Tablo 28).

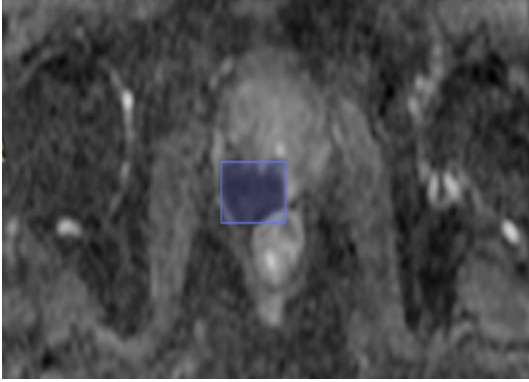
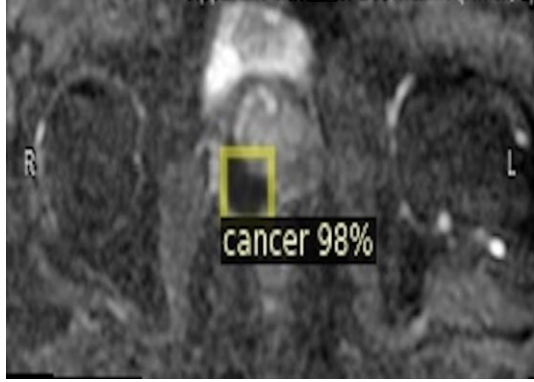
Tablo 28. ADC Sekansları, Olgu 4

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 5

Periferik zonda ADC haritada yapay zekâ %98 p5 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 29).

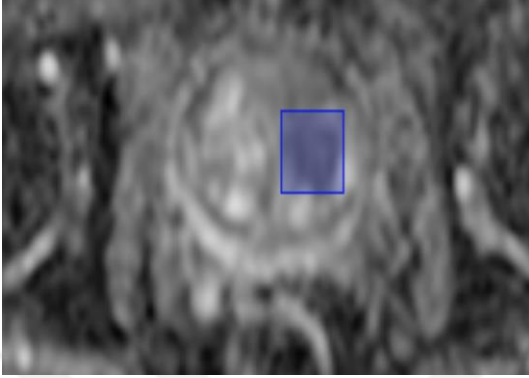
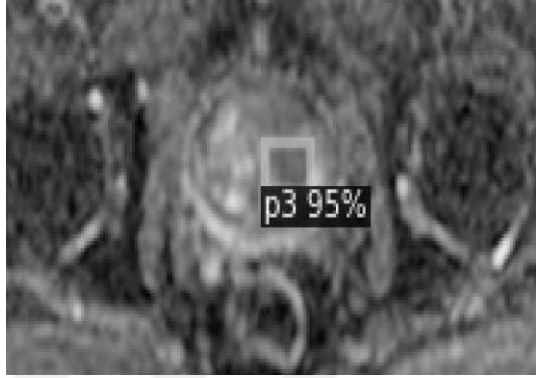
Tablo 29. ADC Sekansları, Olgu 5

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 6

Transizyonel zonda ADC haritada yapay zekâ %95 p3 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu kronik prostatit olarak gelmiştir (Tablo 30).

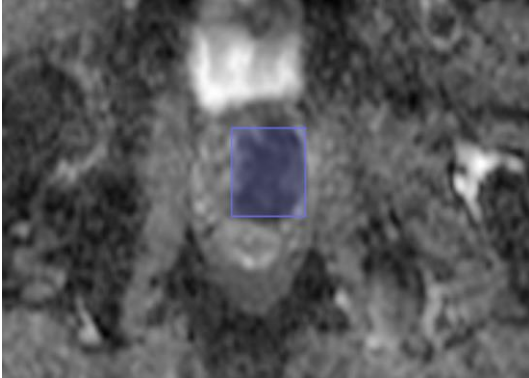
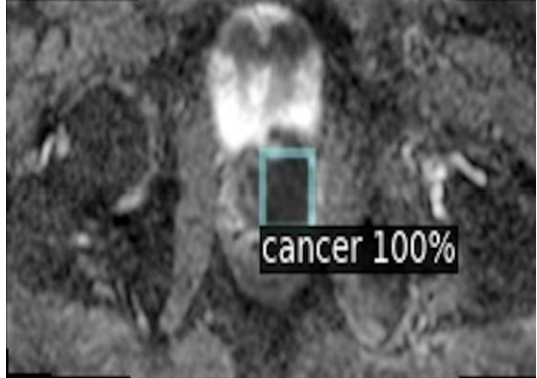
Tablo 30. ADC Sekansları, Olgu 6

Radyolog	Yapay Zekâ
	

Olgu 7

Transizyonel zonda ADC haritada yapay zekâ %100 p5 lezyon tespiti yapmıştır. Hastanın histopatolojik sonucu prostat ca olarak gelmiştir (Tablo 31).

Tablo 31. ADC Sekansları, Olgu 7

Radyolog	Yapay Zekâ
	

İstatistiksel Yöntem

T2A Analizleri

Aşağıdaki tabloda eğitim aşamasında kullanılan hastaların T2A görüntülerinde alanında uzman radyologların ve makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ modelinin koymuş olduğu tanılar ve prostatın tutulan anatomik bölgelerine yönelik tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Alanında uzman radyologların ve makine öğrenmesi yöntemiyle eğitilen yapay zekâ programının koymuş olduğu tanılar 52 görüntüden oluşan aynı hasta grubuna aittir.

Tablo 32. T2A, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Radyolog)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	tz	14	26,9	26,9
	pz	38	73,1	100,0
	Total	52	100,0	100,0

Tablo 32’te alanında uzman radyologların incelemiş oldukları 52 görüntüde prostat lezyonunun hangi anatomik bölgesinin tutulduğuna dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre %26,9 ile 14 hastada lezyonun transizyonel zonda olduğu belirtilmişken; %73,1 ile 38 hastada lezyonun periferel zonda olduğu belirtilmiştir.

Tablo 33. T2A, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Radyolog)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	p3	5	9,6	9,6
	p4	4	7,7	17,3
	p5	43	82,7	100,0
	Total	52	100,0	100,0

Tablo 33’te alanında uzman radyologların incelemiş oldukları 52 görüntüde ait tanıların skorlarına dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre eğitim aşamasında kullanılan hastaların %9,6’sını oluşturan 5 hastaya p3 skoru; hastaların %7,7’sini oluşturan 4 hastaya p4 skoru ve hastaların %82,7’sini oluşturan 43 hastaya p5 skoru verilmiştir.

Tablo 34. T2A, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Yapay Zekâ)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	tz	15	28,8	28,8
	pz	37	71,2	100,0
	Total	52	100,0	100,0

Tablo 34’te makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ programının incelemiş olduğu 52 görüntüde prostat lezyonunun hangi anatomik bölgesinin tutulduğuna dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre %28,8 ile 15 hastada lezyonun transizyonel zonda olduğu belirtilmişken; %71,2 ile 37 hastada lezyonun periferik zonda olduğu belirtilmiştir.

Tablo 35. T2A, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Yapay Zekâ)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	p3	4	7,7	7,7
	p4	2	3,8	11,5
	p5	46	88,5	100,0
	Total	52	100,0	100,0

Tablo 35’da makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ programının incelemiş olduğu 52 görüntüye ait tanıların skorlarına dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre eğitime katılan hastaların %7,7’sini oluşturan 4 hastaya p3 skoru; hastaların %3,8’ini oluşturan 2 hastaya p4 skoru ve hastaların %88,5’ini oluşturan 46 hastaya p5 skoru verilmiştir.

Araştırma kapsamında, hastalara ait incelenen T2A görüntülerden lezyonun prostatın hangi bölgede olduğuna ve hangi PIRADS skoru aldığına dair konulan tanıların alanında uzman radyolog ve makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilmiş yapay zekaya göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

H1: Teşhisin konulduğu bölge alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermektedir.

H2: Teşhisin skoru alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermektedir.

Oluşturulan hipotezlerin test edilebilmesi için araştırma kapsamında elde edilen verilerin normallik varsayımını sağlayıp sağlamadığı test edilmiştir.

Tablo 36. T2A, Normallik Testi (Lilliefors Significance Correction)

Tests of Normality						
Kolmogorov - Smirnov				Shapiro - Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Zone	,453	104	,000	,561	104	,000
Score	,507	104	,000	,422	104	,000

Yapılan normallik testi sonucunda Shapiro-Wilk anlamlılık sonuçlarına bakıldığında normallik testi anlamlılık değerlerinin teşhisin konulduğu bölge ve teşhisin skoru için 0,05’ten küçük olduğu görülmüştür. Bu sonuç teşhisin konulduğu bölge ve teşhisin skoru değerlerinin normallik varsayımını sağlamadığını göstermektedir (Tablo 36).

Normallik varsayımını sağlamayan teşhisin konulduğu bölge ve teşhisin skoru testinin analizi için non parametrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Normallik

varsayımının sağlanmadığı durumlarda, iki bağımsız grubun ortalamalarının arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını test etmek için Mann-Whitney U testi kullanılmaktadır. Bu bağlamda araştırma kapsamında oluşturulan hipotezlerin test edilmesi için Mann-Whitney U fark testi uygulanmıştır.

Tablo 37. T2A, Teşhisin Konulduğu Bölgeye Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI)

Test İstatistikleri	
	Zone
Mann-Whitney U	1326,000
Wilcoxon W	2704,000
Z	-,218
Asymp. Sig. (2-tailed)	,828

Hesaplanan Mann-Whitney U test istatistiğine ($Z=-0,218$) ait olasılık değeri 0,828'dir (Tablo 37). $0,828 > 0,05$ olduğundan %5 önem düzeyinde H1 hipotezi reddedilmiş, teşhisin konulduğu bölgenin alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 38. T2A, Teşhisin Skoruna Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI)

Test İstatistikleri	
	Zone
Mann-Whitney U	1277,000
Wilcoxon W	2655,000
Z	-,799
Asymp. Sig. (2-tailed)	,424

Hesaplanan Mann-Whitney U test istatistiğine ($Z=-0,799$) ait olasılık değeri 0,424'tür (Tablo 38). $0,424 > 0,05$ olduğundan %5 önem düzeyinde H2 hipotezi reddedilmiş, teşhisin skorunun uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

52 hastanın 1'inde radyolog pz p3 derken, YZ aynı hastaya pz p5 demiştir. Hastanın histopatolojisi kronik prostatit olarak raporlanmıştır. 52 hastanın 2'sinde radyolog sağ pz P5 derken, YZ sol pz P5 demiştir.

ADC Analizleri

Aşağıdaki tabloda eğitim aşamasında kullanılan hastaların DWI-ADC görüntülerinde alanında uzman radyologların ve makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ modelinin koymuş olduğu tanılar ve prostatın tutulan anatomik bölgelerine yönelik tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Alanında uzman radyologların ve makine öğrenmesi yöntemiyle eğitilen yapay zekâ modelinin koymuş olduğu tanılar 87 görüntüden oluşan aynı hasta grubuna aittir.

Tablo 39. ADC, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Radyolog)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	tz	38	43,7	43,7
	pz	49	56,3	100,0
	Total	87	100,0	100,0

Tablo 39'ta alanında uzman radyologların incelemiş oldukları 87 görüntüde prostat lezyonunun hangi anatomik bölgesinin tutulduğuna dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre %43,7 ile 38 hastada lezyonun transizyonel zonda olduğu belirtilmişken %56,3 ile 49 hastada lezyonun periferik zonda olduğu belirtilmiştir.

Tablo 40. ADC, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Radyolog)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	p3	15	17,2	17,2
	p4	14	16,1	33,3
	p5	58	66,7	100,0

Total	87	100,0	100,0
--------------	----	-------	-------

Tablo 40’de alanında uzman radyologların incelemiş oldukları 87 görüntüye ait tanıların PIRADS skorlarına dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre araştırmaya katılan hastaların %17,2’sini oluşturan 15 hastaya p3 skoru; hastaların %16,1’ini oluşturan 14 hastaya p4 skoru ve hastaların %66,7’sini oluşturan 58 hastaya p5 skoru verilmiştir.

Tablo 41. ADC, Teşhis Bölgesine Ait Frekans Analizleri (Yapay Zekâ)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	tz	38	43,7	43,7
	pz	49	56,3	100,0
	Total	87	100,0	100,0

Tablo 41’de makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ programının incelemiş olduğu 87 görüntüde prostat lezyonunun hangi anatomik bölgesinin tutulduğuna dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre %43,7 ile 38 hastada lezyonun transizyonel zonda olduğu belirtilmişken; %56,3 ile 49 hastada lezyonun periferik zonda olduğu belirtilmiştir.

Tablo 42. ADC, PIRADS Skoruna Ait Frekans Bilgileri (Yapay Zekâ)

Radyolog Zone				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	p3	15	17,2	17,2
	p4	10	11,5	28,7
	p5	62	71,3	100,0

Total	87	100,0	100,0
--------------	----	-------	-------

Tablo 42’te makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilen yapay zekâ programının incelemiş olduğu 87 görüntüye ait tanıların PIRADS skorlarına dair frekans analizi verilmiştir. Tabloya göre araştırmaya katılan hastaların %17,2’sini oluşturan 15 hastaya p3 skoru; hastaların %11,5’ini oluşturan 10 hastaya p4 skoru ve hastaların %71,3’ünü oluşturan 62 hastaya p5 skoru verilmiştir.

Araştırma kapsamında, hastalara ait incelenen DWI-ADC görüntülerden lezyonun prostatın hangi bölgede olduğuna ve hangi PIRADS skoru aldığına dair konulan tanıların alanında uzman radyolog ve makine öğrenmesi yöntemi ile eğitilmiş yapay zekaya göre farklılık gösterip göstermediği araştırılmaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur. Bu bağlamda aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

H1: Teşhisin konulduğu bölge alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermektedir.

H2: Teşhisin skoru alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermektedir.

Oluşturulan hipotezlerin test edilebilmesi için araştırma kapsamında elde edilen verilerin normallik varsayımını sağlayıp sağlamadığı test edilmiştir.

Tablo 43. ADC, Normallik Testi (Lilliefors Significance Correction)

Tests of Normality						
Kolmogorov - Smirnov				Shapiro - Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Zone	,373	174	,000	,631	174	,000
Score	,423	174	,000	,622	174	,000

Yapılan normallik testi sonucunda Shapiro-Wilk anlamlılık sonuçlarına bakıldığında normallik testi anlamlılık değerlerinin teşhisin konulduğu bölge ve teşhisin skoru için 0,05’ten küçük olduğu görülmüştür. Bu sonuç teşhisin konulduğu

bölge ve teşhisin skoru değerlerinin normallik varsayımını sağlamadığını göstermektedir (Tablo 43).

Normallik varsayımını sağlamayan teşhisin konulduğu bölge ve teşhisin skoru testinin analizi için nonparametrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda, iki bağımsız grubun ortalamalarının arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını test etmek için Mann-Whitney U testi kullanılmaktadır. Bu bağlamda araştırma kapsamında oluşturulan hipotezlerin test edilmesi için Mann-Whitney U fark testi uygulanmıştır.

Tablo 44. ADC, Teşhisin Konulduğu Bölgeye Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI)

Test İstatistikleri	
	Zone
Mann-Whitney U	3784,500
Wilcoxon W	7612,500
Z	,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1,000

Hesaplanan Mann-Whitney U test istatistiğine ($Z = 0,00$) ait olasılık değeri 1,000'dir (Tablo 44). $1,000 > 0,05$ olduğundan %5 önem düzeyinde H_1 hipotezi reddedilmiş, teşhisin konulduğu bölgenin alanında uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 45. ADC, Teşhisin Skoruna Ait Fark Testi (Grouping Variable: Rad_vs_AI)

Test İstatistikleri	
	Zone
Mann-Whitney U	3640,500
Wilcoxon W	7468,500
Z	-,532
Asymp. Sig. (2-tailed)	,595

Hesaplanan Mann-Whitney U test istatistiğine ($Z = -0,532$) ait olasılık değeri 0,595'dir (Tablo 45). $0,595 > 0,05$ olduğundan %5 önem düzeyinde H_2 hipotezi reddedilmiş, teşhisin skorunun uzman radyolog ve yapay zekaya göre farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

- 87 görüntünün 1'inde radyolog ve YZ t3 p3 demiştir fakat hastanın histopatolojisi prostat ca olarak raporlanmıştır.
- 87 görüntünün 2'sinde hastanın prostat ca olduğunu radyolog bilirken YZ bilememiştir.
- 87 görüntünün 1'inde radyolog t3 p3 demiş, YZ ise t3 P4 demiştir. Hastanın histopatolojisi kronik prostatit olarak raporlanmıştır.
- 87 görüntünün 1'inde YZ t3 p3 demiş, radyolog ise t3 P4 demiştir. Hastanın histopatolojisi kronik prostatit olarak raporlanmıştır.
- 87 görüntünün 2'sinde ise radyolog ve YZ kanser olduğunu bilmiş fakat radyolog p4 skoru verirken YZ p5 skoru vermiştir.

Performans Metrikleri

Eğitilen Faster R-CNN modelinin tahmin aşamasındaki başarısı, performans metrikleri aracılığıyla ölçülmüştür. Bu aşamada, doğruluk, duyarlılık, kesinlik ve F1 skor değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin hesaplanması için başvurulan formüllerde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibidir:

- TP: True Positive (Doğru Pozitif)
- TN: True Negative (Doğru Negatif)
- FP: False Positive (Yanlış Pozitif)
- FN: False Negative (Yanlış Negatif)

TP, herhangi bir sınıf için yapay zekânın doğru olarak tahmin ettiği ve gerçekte de doğru olan durumu belirtir. Örneğin, yapay zekânın kanser olarak tahmin ettiği bir hastanın gerçekte de kanser olması durumu, TP değerini artıracaktır.

TN, herhangi bir sınıf için yapay zekânın yanlış olarak tahmin ettiği ve gerçekte de yanlış olan durumu belirtir. Örneğin, yapay zekânın kanser değil olarak tahmin ettiği bir hastanın gerçekte de kanser olmaması durumu, TN değerini artıracaktır.

FP, herhangi bir sınıf için yapay zekânın doğru olarak tahmin ettiği, fakat gerçekte yanlış olan durumu belirtir. Örneğin, yapay zekânın kanser olarak tahmin ettiği bir hastanın gerçekte kanser olmaması durumu, FP değerini artıracaktır.

FN, herhangi bir sınıf için yapay zekânın yanlış olarak tahmin ettiği, fakat gerçekte doğru olan durumu belirtir. Örneğin, yapay zekânın kanser değil olarak tahmin ettiği bir hastanın gerçekte kanser olması durumu, FN değerini artıracaktır.

Kısaca, pozitif ve negatif olarak ifade edilen değerler, yapay zekanın tahminini belirtmektedir. Yani, yapay zekanın yaptığı kanser tahmininin doğruluğu araştırılırken, yapay zekanın kanser olarak tahmin ettiği durum pozitif, kanser değil olarak tahmin ettiği durum negatiftir. Doğru veya yanlış olma durumları ise bu tahminlerin isabetli olup olmadığını belirtmektedir.

Doğruluk (Accuracy) Metriği

Doğruluk, yapay zekânın doğru olarak tahmin ettiği durumların, yaptığı tüm tahminlere oranını belirtmektedir. Yani, yapay zekâ tarafından yapılan tüm tahminlerin ne kadarının doğru olduğunu ifade etmektedir.

$$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Duyarlılık (Sensitivity) Metriği

Duyarlılık, yapay zekânın pozitif olarak tahmin ettiği durumların, tüm pozitif durumlara oranını belirtmektedir. Yani, tüm pozitif durumların ne kadarının yapay zekâ tarafından doğru olarak tahmin edildiğini ifade etmektedir. Burada FN, yapay zekâ tarafından negatif bir tahmin yapıldığını fakat bu tahminin yanlış olduğunu göstermektedir. Kısaca, FN değerleri gerçekte pozitif olan durumlardır.

$$\frac{TP}{TP + FN}$$

Kesinlik (Precision) Metriği

Kesinlik, yapay zekânın pozitif olarak tahmin ettiği durumların, tüm pozitif olarak tahmin ettiği durumlara oranını belirtmektedir. Yani, yapay zekâ tarafından pozitif olarak tahmin edilen durumların ne kadarının doğru olduğunu ifade etmektedir.

$$\frac{TP}{TP + FP}$$

F1 Skoru

F1 skoru, kesinlik ve duyarlılığın dengeli bir ölçüsünü sağlayan ve makine öğrenmesinde kullanılan önemli bir metriktir. F1 skoru, kesin ve duyarlılığın harmonik ortalamasından türetilir.

$$2 * \frac{\text{Kesinlik} * \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}}$$

Karmaşıklık (Confusion) Matrisi

Performans metrikleri hesaplandıktan sonra ise hesaplanan sonuçlar karmaşıklık matrisi (confusion matrix) aracılığıyla da sunulmuştur. Karmaşıklık matrisinin temel olarak gösterimi aşağıdaki şekildedir (Şekil 18).

Gerçek	Pozitif	Negatif	
	TP	FP	
Negatif	FN	TN	
Tahmin			
		Pozitif	Negatif

Şekil 18. Karmaşıklık matrisinin temel gösterimi

Karmaşıklık matrisinde yatay eksenlerde okunan değerler gerçek etiketleri, yani radyologlar tarafından etiketlenmiş değerlerin sayılarını belirtmektedir. Dikey eksenlerde okunan değerler ise yapay zekâ tarafından tahmin edilen değerlerin sayılarını belirtmektedir.

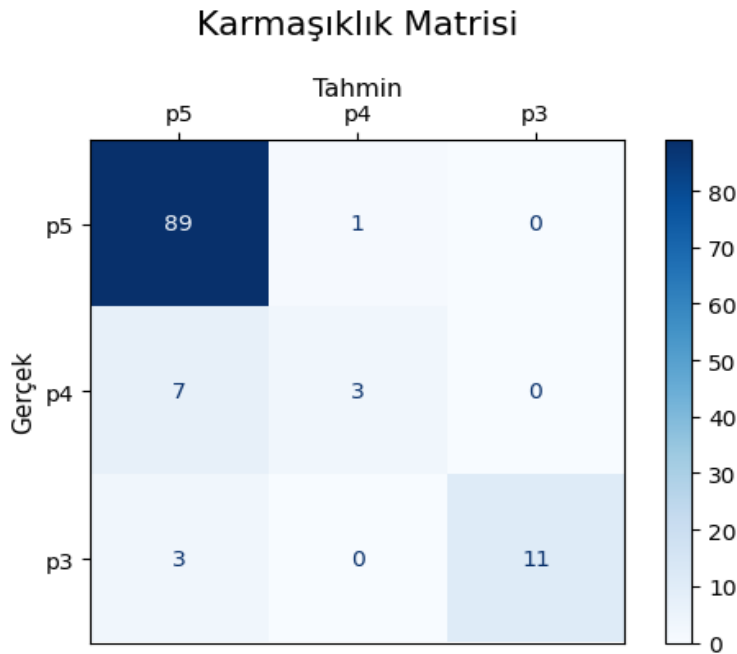
ADC Görüntüleri İçin Performans Metrikleri

Modelin ADC görüntüleriyle test edildikten sonra elde edilen performans metrikleri aşağıdaki gibidir (Tablo 46):

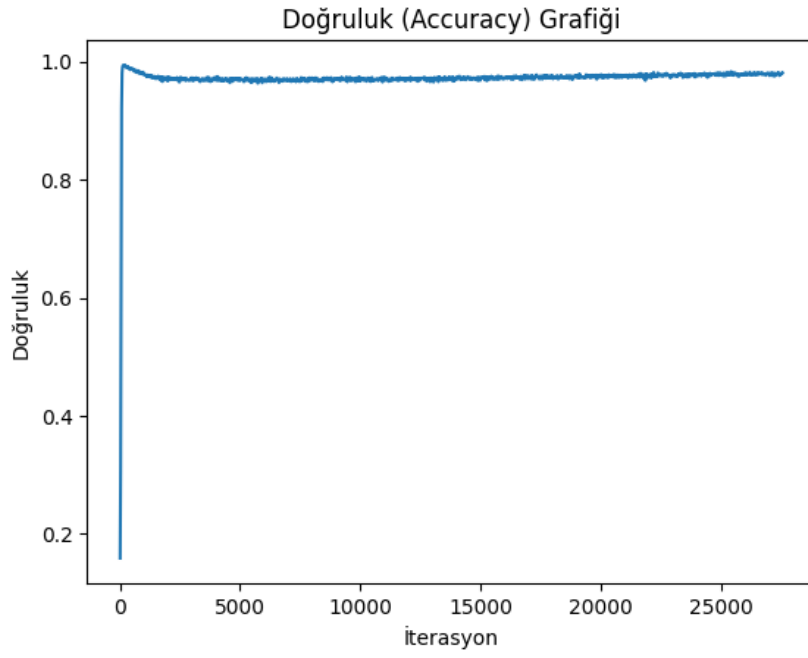
Tablo 46. ADC, Performans Metrikleri

	Precision	Sensivity	Accuracy	F1-Score
p5	0,90	0,99	0,90	0,94
p4	0,75	0,30	0,93	0,43
p3	1,00	0,79	0,97	0,88

Elde edilen karmaşıklık matrisi ise aşağıda gösterildiği gibidir (Şekil 19). Gösterilen karmaşıklık matrisinde radyolog tarafından etiketlenen 90 p5 etiketli görüntünün 89 tanesi yapay zekâ tarafından p5 olarak tahmin edilirken bu görüntülerden 1 tanesi p4 olarak tahmin edilmiştir:

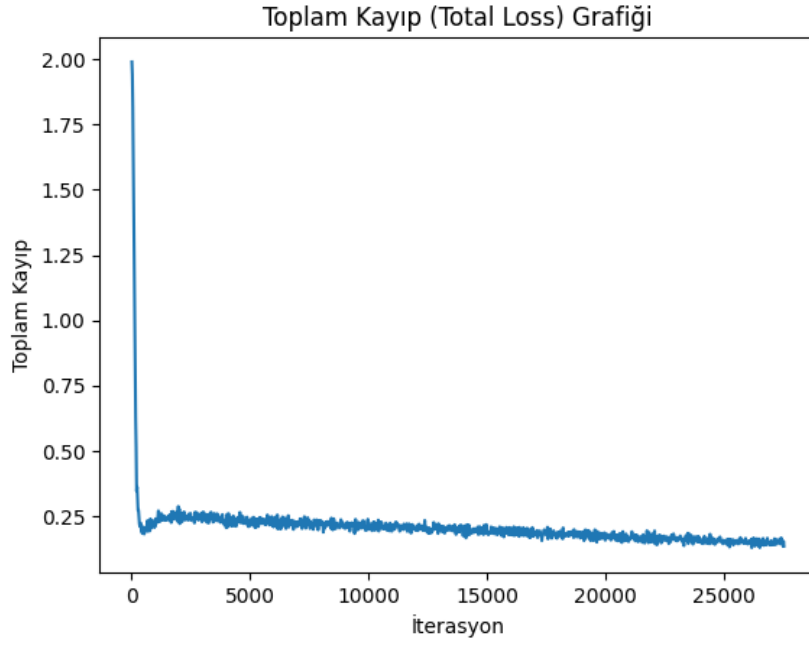


ADC görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sırasında elde edilen doğruluk grafiği (Şekil 20):



Şekil 20. ADC, doğruluk grafiği

ADC görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sırasında elde edilen toplam kayıp grafiği (Şekil 21).



Şekil 21. ADC, toplam kayıp grafiği

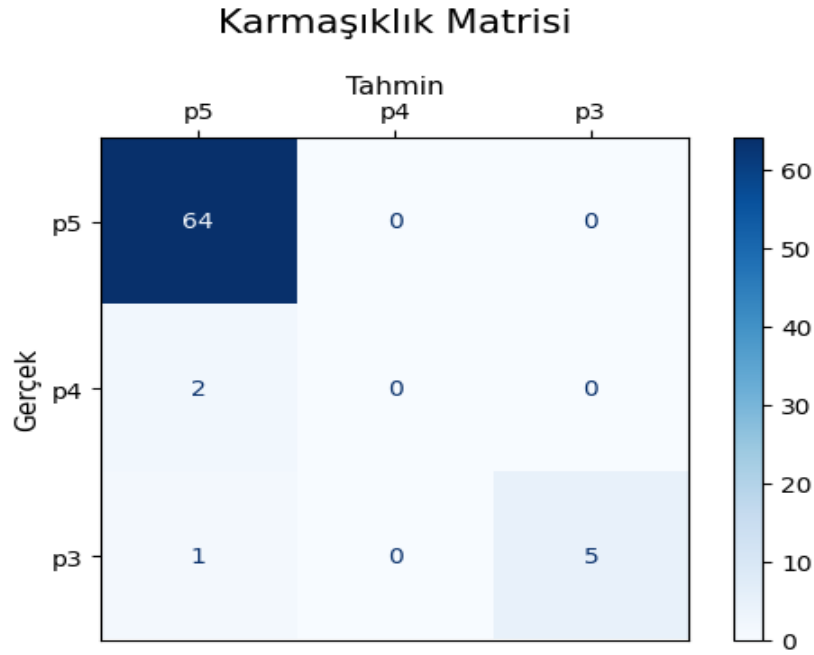
T2 Görüntüleri İçin Performans Metrikleri

Modelin T2 görüntüleriyle test edildikten sonra elde edilen performans metrikleri aşağıdaki gibidir (Tablo 46):

Tablo 47. T2, Performans Metrikleri

	Precision	Sensitivity	Accuracy	F1-Score
p5	0,96	1,00	0,96	0,98
p4	0,00	0,00	0,97	0,00
p3	1,00	0,83	0,99	0,91

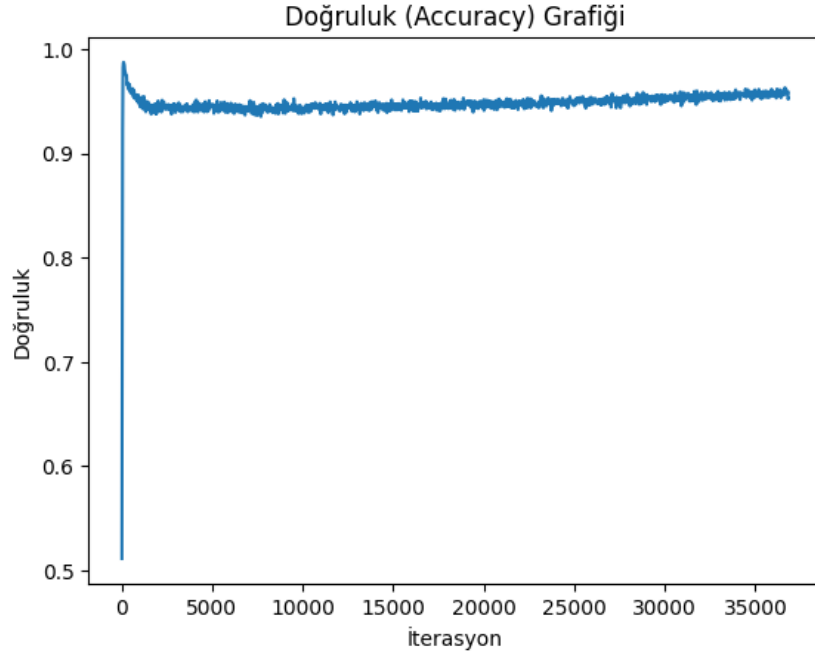
Elde edilen karmaşıklık matrisi ise aşağıda gösterildiği gibidir (Şekil 22):



Şekil 22. T2, karmaşıklık matrisi

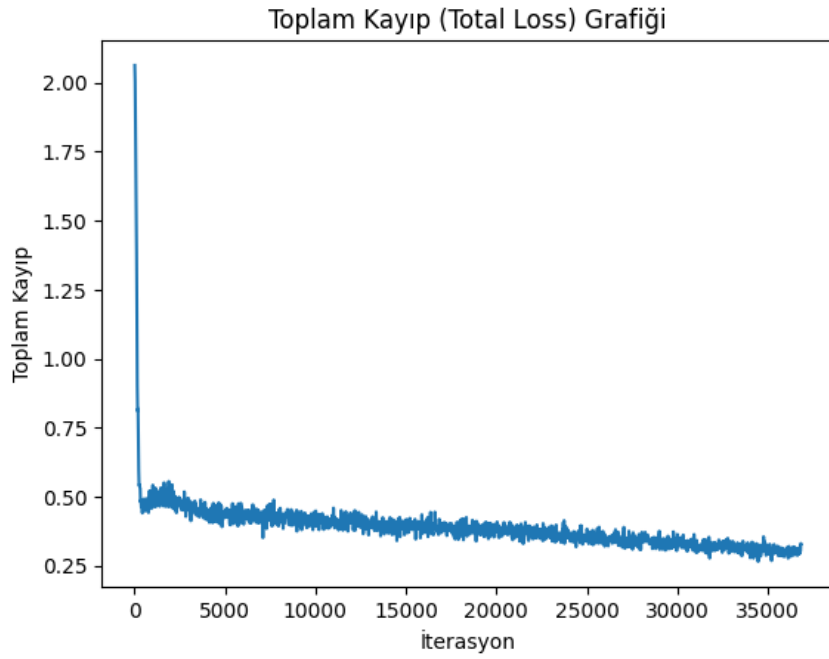
Karmaşıklık matrisi incelendiğinde, tahmin başarısı yüksek olsa da T2 görüntülerde modelin daha az görüntüde tahmin yapabildiği görülmektedir.

T2 görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sırasında elde edilen doğruluk grafiği (Şekil 23):



Şekil 23. T2, doğruluk grafiği

T2 görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sırasında elde edilen toplam kayıp grafiği (Şekil 24):



Şekil 24. T2, toplam kayıp grafiği

TARTIŞMA

Prostat ca uzun süre sessiz kalabileceği gibi çok agresif de davranabilir. Bu nedenle tanının konması kadar, tümör davranışının da belirlenebilmesi önemlidir (Singh et al., 2002). Prostat bezinde görülen kanser, diğer benign prostat hastalıklarıyla (prostatit vb.) da çok karışabilmektedir. Bundan dolayı tanı aşaması çok kritiktir zira tedavi planını değiştirmektedir. Tanıda kullanılan PSA testi, parmakla rektal muayene ve sonrasında TRUS eşliğinde biyopsiden oluşan güncel tanı yaklaşımının, PCa tanısında hem duyarlılığı hem de özgüllüğü düşüktür. Ayrıca bu tanı yaklaşımı kanserin invazivliği ve evresi hakkında sınırlı bilgi sunmakta ve hatalı risk sınıflamasına neden olmaktadır (Cupp & Oesterling, 1993; Merriel et al., 2022; Walsh et al., 2014). Prostat MRG incelemesinin asıl amacı, klinik olarak anlamlı prostat kanserine karşılık gelen anormallikleri tanımlamak ve lokalize etmektir. PIRADS v2.1 ile MpMRG raporlarını standardize etmek ve klinik-araştırma uygulamalarında patolojik korelasyonu sağlamak için “klinik olarak anlamlı kanser (KOAK)” tanımı yapılmıştır. PIRADS v2.1 değerlendirilmesinde, T2A, DAG ve DkMR bulgularının kombinasyonuna göre prostat glandındaki her lezyon için KOAK açısından 5 puan üzerinden olasılık tahmini yapılır (Turbey et al., 2019d).

Bu çalışmada Prostat ca tanı veya taraması amacı ile Biparametrik Manyetik Rezonans Görüntülemesi (Bp-MRG) yapılmış ve histopatoloji sonucu kesinleşmiş olan 153 hastanın T2A, DAG -ADC sekansları kullanılarak ve bunların kombinasyonundan oluşan PIRADS skorları , 5 uzman radyolog tarafından değerlendirildi ve sonuçlar bir yapay zeka modeli olan Faster R CNN’ nin tanı koyma başarısı ile karşılaştırıldı. Deneyimli radyologlar ile yapay zeka modeli arasında BpMR görüntülerine bakarak PIRADS skoru verme başarısında anlamlı fark saptanmadı. Ayrıca bu modele anatomik segmentasyon da öğretilerek prostat anatomik zonlarını tesbit etmede yüksek derecede başarılı olduğu görüldü.

Yüksek rezolüsyonlu T2A inceleme; anatomiye değerlendirmede, tümörleri saptamada, tümör lokalizasyonunu belirlemede, lokal evrelemede oldukça önemli bir sekanstır. T2A görüntülerin tek başına özgüllüğü oldukça düşüktür. Çünkü hemoraji, kronik prostatit, skar, atrofi, radyoterapi ve hormonoterapinin de periferik zonda T2A görüntülerde hipointens izlenmesi bu yöntemin özgüllüğünü azaltmaktadır. Duyarlılığı nispeten yüksek, özgüllüğü düşük T2A görüntülerin PCa tanısında performansını

artırmak için fonksiyonel sekanslarla kombine edilmesi gerekmektedir (Sciarra et al., 2011).Nitekim burdan yola çıkarak Bp-MRG görüntülerini kullanma gereği duyduk.

A.e Bosaily ve arkadaşlarının yaptığı gözlemsel bir araştırmada Dinamik kontrastlı görüntüleme, T2 ve difüzyon sekanslarına kıyasla prostat kanserinin teşhisinde doğruluğu artırmamaktadır; bu da prostat MR için kontrast enjeksiyonunun gerekli olmayabileceğini düşündürmektedir şeklinde çıkarımda bulunmuşlardır (Bosaily et al., 2020). Biz de bu çalışmamızda kontrast maddenin olası yan etkileri düşündüğümüzden ,tanıya da etkisi az olduğu için BpMR görüntülerini kullanmayı amaçladık.

Faster R-CNN algoritması akciğer nodüllerini tespit etmede iyi bir doğruluğa sahiptir ve akciğer hastalığı tanısında potansiyel klinik değer sunmaktadır (Su et al., 2021).

Faster R-CNN, Meningioma tümör sınıflandırmasında %100, Glioma sınıflandırmasında ise MRI'da %87,5 doğruluk oranına ulaşırken, Meningioma tümör segmentasyonunda %94,6 güven oranına ulaşmaktadır (Kaldera et al., 2019).

Faster R-CNN akciğer nodülü tespiti için tarama başına 1,72 yanlış pozitifle %95,64'lük yüksek bir hassasiyete ulaşmaktadır (Nguyen et al., 2021).

Kolonoskopi görüntülerinin ön işlenmesi ve Faster R-CNN kullanımı, ortalama %91,43 hassasiyetle kolon poliplerinin tespit oranını önemli ölçüde iyileştirmektedir (Qian et al., 2021).

Faster R-CNN, rektal kanserli pelvik metastatik lenf nodlarının değerlendirilmesinde radyologları geride bırakıyor, ancak nüksü tespit etmede patoloğlarla aynı seviyede değil (Ding et al., 2019).

Farklı YZ modellerinin performansları karşılaştırıldığında örneğin Mukesh Soni ve arkadaşları yaptığı bir çalışmada SEMRCNN modelinin, 0.654'lük bir Dice(benzerlik) katsayısı ve 0.695'lik bir duyarlılıkla MP-MRI' da prostat kanserini tespit etmede V net ve Resnet50-U-net'ten daha iyi performans göstermektedir (Soni et al., 2022)

Hamide Nematollahi ve arkadaşları sistematik bir çalışmada farklı yapay zekâ programları arasındaki kanser tesbit etme oranını kıyaslamıştır. Özellikle derin öğrenme, rastgele orman ve lojistik regresyon olmak üzere denetlenen makine

öğrenmesi teknikleri, multiparametrel MR kullanarak prostat kanserini etkili bir şekilde tespit ettiğini belirtmişlerdir (Nematollahi et al., 2023)

Difüzyon Ağırlıklı Görüntüler ve ADC değerleri lezyon karakterizasyonunda ve tümörün agresifliğini değerlendirmede önemli rol oynar. Prostat ca glandüler dokuyu harap etmekte ve tübüllerin yerini almaktadır. Tümörlü dokunun hücre yoğunluğu sağlıklı periferik zona göre daha yüksek olur ve ADC haritasında çevre normal dokuya oranla sıklıkla düşük ADC değerleri izlenir.

Lian-Ming Wu ve arkadaşlarının yayınladığı bir meta analizde, T2A'nın DWI ile birlikte kullanımı, prostat karsinomunu tespit etmede T2WI'nin tek başına kullanımına göre 0,76'lık daha yüksek bir duyarlılığa ve 0,82'lik daha yüksek bir spesifikliğe sahip olduğu belirtilmiştir (Wu et al., 2012)

E. Bass ve arkadaşlarının 2020 de yaptığı bir meta analiz çalışmasında, BpMR, prostat kanserini tespit etmede multiparametrik MR ile karşılaştırılabilir tanı doğruluğu sağlar, ancak kesin öneriler için daha fazla prospektif, çok merkezli çalışmalara ihtiyaç vardır şeklinde belirtmişlerdir. Bu çalışmada bpMRI'nin herhangi bir Pca'yı tespit etmede duyarlılığı 0,84 ve özgüllüğü 0,75 bulunmuştur. Prostat kanseri için birleştirilmiş duyarlılık 0,87 (95% CI, 0,78-0,93), özgüllük 0,72 (95% CI, 0,56-0,84) ve AUC değeri 0,87 idi. Meta-regresyon analizi, bpMR ve mpMR arasında birleştirilmiş tanı tahminlerinde bir fark olmadığını ortaya koydu (Wang et al., 2021).

Bp -MR görüntüleme, PCa ve prostatit hastalarının tanısında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu görüntüleme tekniği, özellikle yapay zekâ modelleri ile birleştirildiğinde, tanı doğruluğunu ve klinik süreçlerin etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmamızda, Faster R-CNN yapay zekâ modelinin bp-MR görüntüleme ile entegrasyonu üzerine odaklandık.

Yapay zekâ modelleri, prostat ca tespiti ve segmentasyonunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Örneğin, non-local Mask R-CNN modeli, histopatolojik doğrulukla eğitildiğinde, intraprostatik lezyonların tespit ve segmentasyonunda %89,5 oranında yüksek doğruluk oranlarına ulaşmıştır (Wang et al., 2021).

A. Saha ve arkadaşları 3D CAD sisteminin biparametrik MR görüntülemede 0,882 AUROC ile %83,69 algılama hassasiyetine ulaştığını buldular (Saha et al., 2021).

Sasha Merat ve ark. 2021 de 63 hastada yaptığı gözlemsel bir çalışmada MR özellikleriyle tanımlanan PI-RADS 3 skoru verilen hastalarda prostatit daha sık tesbit edilirken (prostatit, PI-RADS 3, %68,4), csPCa histopatolojik olarak daha az tespit edilmiştir.

2024 yılında 400 hasta 11.000 görüntü üzerinden çalışma yapıldı. Faster R CNN ve RESNET modeli birleştirilerek modifiye RESNET elde edildi ve prostat kanserini MR görüntüsünden %97.4 doğruluk oranıyla saptadı.

Tüm bu bulgular, yapay zekâ (YZ) modellerinin klinik uygulamalarda kullanılabilirliğini desteklemektedir.

Bu tür modeller, cerrahi planlama ve tedavi stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayabilir.

YZ modellerinin klinik uygulamalarda kullanımı, prostat kanseri tanısında önemli avantajlar sunmaktadır.

Örneğin, M. Kaneko ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada mp-MR ve ultrason (US) görüntüleme verilerinin entegrasyonu ile eğitilen YZ algoritmaları ile radyolog karşılaştırıldı ve yapay zekâ tahmininde radyoloğa göre önemli ölçüde daha başarılıydı (%83'e karşı %54, $p = 0,036$). YZ ile tahmin edilen PCa hacimleri radyoloğa göre daha doğruydı ($r = 0,90$, $p < 0,001$) (Kaneko et al., 2022).

Prostat kanseri tespiti amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, Faster R-CNN modeli, radyologlar tarafından etiketlenen T2 ve ADC-DWI görüntüleriyle ayrı ayrı eğitilmiş, iki eğitimde de modelin eğitimi ve test aşamaları için aynı parametreler kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Modelin tahmin başarıları performans metrikleriyle gösterilmiştir.

T2 görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sonunda model, toplamda 72 görüntü üzerinde tahmin yapabilmiştir. Gerçekleştirilen test aşamasında, "p5" etiketli görüntüler için modelin doğruluk değeri 0,96, kesinlik değeri 0,96, duyarlılık değeri 1,0 ve fl skor değeri ise 0,98 olarak hesaplanmıştır. "p4" etiketli görüntüler için doğruluk değeri 0,97, kesinlik, duyarlılık ve fl skor değerleri ise 0 olarak hesaplanmıştır. "p4" etiketli görüntüler için kesinlik, duyarlılık ve fl skor değerlerinin 0 olmasının nedeni, modelin hiçbir "p4" etiketli görüntüyü doğru tahmin etmiş olamamasından dolayıdır. Buna rağmen doğruluk değerinin 0,97 olarak hesaplanmasının nedeni ise, modelin "p4" değil dediği görüntülerin gerçekten de "p4"

olmamasından ve bu görüntülerin çok olmasından dolayıdır. Yani “p4” etiketi için TN değerinin yüksek olmasından dolayı doğruluk değeri 0,97 olarak hesaplanmıştır. “p3” etiketli görüntüler için ise doğruluk değeri 0,99, kesinlik değeri 1,0, duyarlılık değeri 0,83 ve f1 skor değeri 0,91 olarak hesaplanmıştır.

ADC-DWI görüntüleriyle gerçekleştirilen eğitim sonunda ise model, toplamda 114 görüntü üzerinde tahmin yapabirmiştir. Gerçekleştirilen test aşamasında, "p5" etiketli görüntüler için modelin doğruluk değeri 0,90, kesinlik değeri 0,90, duyarlılık değeri 0,99 ve f1 skor değeri ise 0,94 olarak hesaplanmıştır. “p4” etiketli görüntüler için doğruluk değeri 0,93, kesinlik değeri 0,75, duyarlılık değeri 0,3 ve f1 skor değeri 0,43 olarak hesaplanmıştır. “p3” etiketli görüntüler için ise doğruluk değeri 0,97, kesinlik değeri 1,0, duyarlılık değeri 0,79 ve f1 skor değeri 0,88 olarak hesaplanmıştır.

Test sonuçları değerlendirildiğinde, modelin ADC-DWI görüntülerini daha iyi tanıyabildiği ve bu görüntülerde daha çok tahmin yapabildiği görülmektedir. Ayrıca, “p5” ve “p4” etiketlerini birbirinden daha iyi ayırabildiği, “p4” etiketli görüntüleri daha iyi tahmin edebildiği görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları, Faster R-CNN gibi YZ modellerinin bp-MR görüntüleme ile entegrasyonunun, prostat ca ve prostatit tanısında önemli bir potansiyele sahip olduğunu, segmentasyon yapabildiğini, lezyonun yerini tesbit edebildiğini ve doğru bir şekilde PIRADS skoru verdiğini ve en önemlisi prostat MR değerlendirmede yeterli tecrübede olan radyologlar ile benzer oranda tanı koyabildiğini göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu modellerin daha geniş hasta popülasyonlarında ve farklı klinik senaryolarda doğrulanmasını içermelidir.

Bu bağlamda, YZ ve bp-MR görüntüleme kombinasyonunun, prostat kanseri ve prostatit tanısında daha hızlı, doğru ve etkili bir yaklaşım sunabileceği sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

- Aaron, L., Franco, O. E., & Hayward, S. W. (2016). Review of prostate anatomy and embryology and the etiology of benign prostatic hyperplasia. *Urol. Clin. North Am.*, 43(3), 279–288.
- Alabousi, M., Salameh, J.-P., Gusenbauer Kaela and Samoilov, L., Jafri, A., Yu, H., & Alabousi, A. (2019). Biparametric vs multiparametric prostate magnetic resonance imaging for the detection of prostate cancer in treatment-naïve patients: a diagnostic test accuracy systematic review and meta-analysis. *BJU Int.*, 124(2), 209–220.
- Anastasiadis, A., Zapala, L., Cordeiro, E., Antoniewicz, A., Dimitriadis, G., & De Reijke, T. (2013). Complications of prostate biopsy. *Expert Rev. Anticancer Ther.*, 13(7), 829–837.
- Balk, S. P., Ko, Y.-J., & Bubley, G. J. (2003). Biology of prostate-specific antigen. *J. Clin. Oncol.*, 21(2), 383–391.
- Barentsz, J. O., Richenberg, J., Clements Richard and Choyke, P., Verma, S., Villeirs, G., Rouviere, O., Logager, V., & Fütterer, J. J. and E. S. of U. R. (2012). ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur. Radiol.*, 22(4), 746–757.
- Barrett, T., Rajesh, A., Rosenkrantz, A. B., & Choyke P L and Turkbey, B. (2019). PI-RADS version 2.1: one small step for prostate MRI. *Clin. Radiol.*, 74(11), 841–852.
- Bhayana, R., O’Shea, A., Anderson, M. A., Bradley, W. R., Gottumukkala, R. V, Mojtahed, A., Pierce, T. T., & Harisinghani, M. (2021). PI-RADS versions 2 and 2.1: Interobserver agreement and diagnostic performance in peripheral and transition zone lesions among six radiologists. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 217(1), 141–151.
- Bjurlin, M. A., Carter, H. B., Schellhammer Paul and Cookson, M. S., Gomella, L. G., Troyer Dean and Wheeler, T. M., Schlossberg, S., Penson, D. F., & Taneja, S. S. (2013). Optimization of initial prostate biopsy in clinical practice: sampling, labeling and specimen processing. *J. Urol.*, 189(6), 2039–2046.

- Borghesi, M., Ahmed, H., Nam, R., Schaeffer, E., Schiavina, R., Taneja, S., Weidner, W., & Loeb, S. (2017a). Complications after systematic, random, and image-guided prostate biopsy. *Eur. Urol.*, 71(3), 353–365.
- Borghesi, M., Ahmed, H., Nam, R., Schaeffer, E., Schiavina, R., Taneja, S., Weidner, W., & Loeb, S. (2017b). Complications after systematic, random, and image-guided prostate biopsy. *Eur. Urol.*, 71(3), 353–365.
- Bosaily, A. E.-S., Frangou, E., Ahmed Hashim U and Emberton, M., Punwani, S., Kaplan, R., Brown, L. C., Freeman, A., Jameson, C., Hindley, R., Peppercorn, D., Thrower, A., Winkler, M., Barwick, T., Stewart, V., Burns-Cox, N., Burn, P., Ghei, M., Kumaradevan, J., Prasad, R., ... PROMIS Group. (2020). Additional value of dynamic contrast-enhanced sequences in multiparametric prostate magnetic resonance imaging: Data from the PROMIS study. *Eur. Urol.*, 78(4), 503–511.
- Bour, L., Schull, A., Delongchamps, N.-B., Beuvon, F., Muradyan, N., Legmann, P., & Cornud, F. (2013). Multiparametric MRI features of granulomatous prostatitis and tubercular prostate abscess. *Diagn. Interv. Imaging*, 94(1), 84–90.
- Brawley, O. W. (2012). Prostate cancer epidemiology in the United States. *World J. Urol.*, 30(2), 195–200.
- Brawn, P. N., Ayala, A. G., Von Eschenbach, A. C., Hussey, D. H., & Johnson, D. E. (1982). Histologic grading study of prostate adenocarcinoma: the development of a new system and comparison with other methods—a preliminary study. *Cancer*, 49(3), 525–532.
- Bruyère, F., Malavaud, S., Bertrand Philippe and Decock, A., Cariou, G., Doublet, J. D., Bernard, L., Bugel, H., Conquy, S., Sotto, A., Boiteux, J. P., Pogu, B., Rebillard, X., Mongiat-Artus, P., & Coloby, P. (2015). Prosbiotate: a multicenter, prospective analysis of infectious complications after prostate biopsy. *J. Urol.*, 193(1), 145–150.
- Cao, C., Wang, B., Zhang, W., Zeng Xiaodong and Yan, X., Feng, Z., Liu, Y., & Wu, Z. (2019). An improved faster R-CNN for small object detection. *IEEE Access*, 7, 106838–106846.

- Cha, S. Y., Kim, E., & Park, S. Y. (2021). Why is a b-value range of 1500-2000 s/mm² optimal for evaluating prostatic index lesions on synthetic diffusion-weighted imaging? *Korean J. Radiol.*, 22(6), 922–930.
- Chatterjee, A., Gallan, A. J., He Dianning and Fan, X., Mustafi, D., Yousuf, A., Antic, T., Karczmar, G. S., & Oto, A. (2019). Revisiting quantitative multi-parametric MRI of benign prostatic hyperplasia and its differentiation from transition zone cancer. *Abdom. Radiol. (NY)*, 44(6), 2233–2243.
- Chatterjee, A., Thomas, S., & Oto, A. (2020). Prostate MR: pitfalls and benign lesions. *Abdom. Radiol. (NY)*, 45(7), 2154–2164.
- Chen, H., Sutedjo, J., Wang, L., & Yin, X. (2016). Prostate cancer magnetic resonance spectroscopy imaging at 1.5 and 3.0 T: A meta-analysis. *Technol. Cancer Res. Treat.*, 15(4), 625–631.
- Chen, N., & Zhou, Q. (2016). The evolving Gleason grading system. *Chin. J. Cancer Res.*, 28(1), 58–64.
- Cheng, P. M., Montagnon, E., Yamashita Rikiya and Pan, I., Cadrin-Chênevert, A., Perdigón Romero, F., Chartrand, G., Kadoury, S., & Tang, A. (2021). Deep learning: An update for radiologists. *Radiographics*, 41(5), 1427–1445.
- Chun, F. K.-H., Epstein, J. I., Ficarra Vincenzo and Freedland, S. J., Montironi, R., Montorsi, F., Shariat, S. F., Schröder, F. H., & Scattoni, V. (2010). Optimizing performance and interpretation of prostate biopsy: a critical analysis of the literature. *Eur. Urol.*, 58(6), 851–864.
- Cui, Y., Cao, W., Li, Q., Shen, H., Liu, C., Deng, J., Xu, J., & Shao, Q. (2016). Evaluation of prostate cancer antigen 3 for detecting prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Sci. Rep.*, 6(1).
- Cupp, M. R., & Oesterling, J. E. (1993). Prostate-specific antigen, digital rectal examination, and transrectal ultrasonography: their roles in diagnosing early prostate cancer. *Mayo Clin. Proc.*, 68(3), 297–306.
- Czarniecki, M. B., & Yacoub, J. H. (2020). Zonal anatomy of prostate on MRI. In *Prostate MRI Essentials* (pp. 37–50). Springer International Publishing.
- der Kwast, T., Bubendorf, L., Mazerolles, C., Raspollini, M. R., Van Leenders, G. J., Pihl, C.-G., & Kujala, P. (2013). Guidelines on processing and reporting of

- prostate biopsies: the 2013 update of the pathology committee of the European Randomized Study of Screening for Prostate Cancer (ERSPC). *Virchows Arch.*, 463(3), 367–377.
- Ding, L., Liu, G.-W., Zhao, B.-C., Zhou, Y.-P., Li, S., Zhang, Z.-D., Guo Yu-Ting and Li, A.-Q., Lu, Y., Yao, H.-W., Yuan Wei-Tang and Wang, G.-Y., Zhang, D.-L., & Wang, L. (2019). Artificial intelligence system of faster region-based convolutional neural network surpassing senior radiologists in evaluation of metastatic lymph nodes of rectal cancer. *Chin. Med. J. (Engl.)*, 132(4), 379–387.
- Do, S., Song, K. D., & Chung, J. W. (2020). Basics of deep learning: A radiologist's guide to understanding published radiology articles on deep learning. *Korean J. Radiol.*, 21(1), 33–41.
- Eisermann, K., & Fraizer, G. (2017). The androgen receptor and VEGF: Mechanisms of androgen-regulated angiogenesis in prostate cancer. *Cancers (Basel)*, 9(4), 32.
- Epstein, J. I. (2018). Prostate cancer grading: a decade after the 2005 modified system. *Mod. Pathol.*, 31(S1), S47–63.
- Erbersdobler, A., Augustin, H., Schlomm, T., & Henke, R.-P. (2004). Prostate cancers in the transition zone: Part 1; pathological aspects. *BJU Int.*, 94(9), 1221–1225.
- Fine, S. W., Amin, M. B., Berney, D. M., Bjartell, A., Egevad, L., Epstein, J. I., Humphrey, P. A., Magi-Galluzzi, C., Montironi, R., & Stief, C. (2012). A contemporary update on pathology reporting for prostate cancer: biopsy and radical prostatectomy specimens. *Eur. Urol.*, 62(1), 20–39.
- Franiel, T., Lüdemann, L., Rudolph, B., Rehbein, H., Staack, A., Taupitz, M., Prochnow, D., & Beyersdorff, D. (2008). Evaluation of normal prostate tissue, chronic prostatitis, and prostate cancer by quantitative perfusion analysis using a dynamic contrast-enhanced inversion-prepared dual-contrast gradient echo sequence. *Invest. Radiol.*, 43(7), 481–487.
- Fütterer, J. J., Briganti, A., De Visschere, P., Emberton, M., Giannarini, G., Kirkham, A., Taneja, S. S., Thoeny, H., & Villeirs Geert and Villers, A. (2015). Can clinically significant prostate cancer be detected with multiparametric magnetic resonance imaging? A systematic review of the literature. *Eur. Urol.*, 68(6), 1045–1053.

- Fütterer, J. J., Heijmink, S. W. T. P. J., Scheenen, T. W. J., Veltman, J., Huisman, H. J., Vos, P., de Kaa, C. A., Witjes, J. A., Krabbe, P. F. M., Heerschap, A., & Barentsz, J. O. (2006). Prostate cancer localization with dynamic contrast-enhanced MR imaging and proton MR spectroscopic imaging. *Radiology*, 241(2), 449–458.
- Gibbs, P., Liney, G. P., Pickles, M. D., Zelhof, B., Rodrigues, G., & Turnbull, L. W. (2009). Correlation of ADC and T2 measurements with cell density in prostate cancer at 3.0 Tesla. *Invest. Radiol.*, 44(9), 572–576.
- Giskeødegård, G. F., Bertilsson, H., Selnæs, K. M., Wright, A. J., Bathen, T. F., Viset, T., Halgunset, J., Angelsen, A., Gribbestad, I. S., & Tessem, M.-B. (2013). Spermine and citrate as metabolic biomarkers for assessing prostate cancer aggressiveness. *PLoS One*, 8(4), e62375.
- Greene, K. L., Albertsen, P. C., Babaian Richard J and Carter, H. B., Gann, P. H., Han, M., Kuban, D. A., Sartor, A. O., Stanford Janet L and Zietman, A., Carroll, P., & American Urological Association. (2013). Prostate specific antigen best practice statement: 2009 update. *J. Urol.*, 189(1 Suppl), S2–S11.
- Gupta, N. P., Murugesan, A., & Kumar Anand and Yadav, R. (2016). Analysis of outcome following robotic assisted radical prostatectomy for patients with high risk prostate cancer as per D’Amico classification. *Indian J. Urol.*, 32(2), 115–119.
- Hameed, O. (2009). What is the pathologist saying? Interpretation of the prostate pathology report. *Curr. Prostate Rep.*, 7(4), 141–147.
- Heidenreich, A., Bastian, P. J., Bellmunt Joaquim and Bolla, M., Joniau, S., van der Kwast Theodor and Mason, M., Matveev, V., Wiegel, T., Zattoni, F., Mottet, N., & European Association of Urology. (2014). EAU guidelines on prostate cancer. part 1: screening, diagnosis, and local treatment with curative intent-update 2013. *Eur. Urol.*, 65(1), 124–137.
- Heidenreich, A., Bellmunt, J., Bolla, M., Joniau, S., Mason, M., Matveev, V., Mottet, N., Schmid, H.-P., van der Kwast Theo and Wiegel, T., Zattoni, F., & European Association of Urology. (2011). EAU guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and treatment of clinically localised disease. *Eur. Urol.*, 59(1), 61–71.

- Henry, G., Malewska, A., Binoy Joseph, D., Malladi, V., Lee, J., Torrealba, J., Mauck, R., Gahan, J., Raj, G., Roehrborn, C., Hon, G., MacConmara, M., Reese, J., Hutchinson, R., Vezina, C., & Strand, D. (2018a). *A cellular anatomy of the normal adult human prostate and prostatic urethra*. <https://doi.org/10.1101/439935>
- Henry, G., Malewska, A., Binoy Joseph, D., Malladi, V., Lee, J., Torrealba, J., Mauck, R., Gahan, J., Raj, G., Roehrborn, C., Hon, G., MacConmara, M., Reese, J., Hutchinson, R., Vezina, C., & Strand, D. (2018b). *A cellular anatomy of the normal adult human prostate and prostatic urethra*. <https://doi.org/10.1101/439935>
- Hoeks, C. M. A., Barentsz, J. O., Hambroek Thomas and Yakar, D., Somford, D. M., Heijmink, S. W. T. P. J., Scheenen, T. W. J., Vos, P. C., Huisman Henkjan and van Oort, I. M., Witjes, J. A., & Heerschap Arend and Fütterer, J. J. (2011). Prostate cancer: multiparametric MR imaging for detection, localization, and staging. *Radiology*, 261(1), 46–66.
- Hricak, H., Choyke, P. L., Eberhardt, S. C., Leibel, S. A., & Scardino, P. T. (2007a). Imaging prostate cancer: a multidisciplinary perspective. *Radiology*, 243(1), 28–53.
- Hricak, H., Choyke, P. L., Eberhardt, S. C., Leibel, S. A., & Scardino, P. T. (2007b). Imaging prostate cancer: a multidisciplinary perspective. *Radiology*, 243(1), 28–53.
- Hricak, H., Choyke, P. L., Eberhardt, S. C., Leibel, S. A., & Scardino, P. T. (2007c). Imaging prostate cancer: a multidisciplinary perspective. *Radiology*, 243(1), 28–53.
- Hricak, H., Choyke, P. L., Eberhardt, S. C., Leibel, S. A., & Scardino, P. T. (2007d). Imaging prostate cancer: a multidisciplinary perspective. *Radiology*, 243(1), 28–53.
- Hugosson, J., Månsson, M., Wallström, J., Axcrone, U., Carlsson, S. V, Egevad Lars and Geterud, K., Khatami, A., Kohestani, K., Pihl, C.-G., Socratous, A., Stranne, J., Godtman, R. A., Hellström, M., & GÖTEBORG-2 Trial Investigators. (2022).

- Prostate cancer screening with PSA and MRI followed by targeted biopsy only. *N. Engl. J. Med.*, 387(23), 2126–2137.
- Ittmann, M. (2018). Anatomy and histology of the human and Murine prostate. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.*, 8(5), a030346.
- Jacobs, M. A., Ouwerkerk, R., Petrowski, K., & Macura, K. J. (2008). Diffusion-weighted imaging with apparent diffusion coefficient mapping and spectroscopy in prostate cancer. *Top. Magn. Reson. Imaging*, 19(6), 261–272.
- Jones, D., Friend, C., Dreher, A., Allgar, V., & Macleod, U. (2018). The diagnostic test accuracy of rectal examination for prostate cancer diagnosis in symptomatic patients: a systematic review. *BMC Fam. Pract.*, 19(1).
- Joshi, J. J., Lee, S., Acher, P., & Liyanage, S. H. (2015). Pearls and pitfalls in diagnosing prostate cancer using multiparametric MRI (mpMRI). *Cancer Imaging*, 15(S1).
- Jung, J. H., McCutcheon, K. A., Borofsky Michael and Young, S., Golzarian, J., Reddy, B., Shin, T. Y., Kim, M. H., Narayan, V., & Dahm, P. (2020). Prostatic arterial embolization for the treatment of lower urinary tract symptoms in men with benign prostatic hyperplasia. *Cochrane Database Syst. Rev.*, 12(3), CD012867.
- Kaldera, H. N. T. K., Gunasekara, S. R., & Dissanayake, M. B. (2019, March). Brain tumor Classification and Segmentation using Faster R-CNN. *2019 Advances in Science and Engineering Technology Conferences (ASET)*.
- Kaneko, M., Fukuda, N., Nagano, H., Yamada, K., Yamada, K., Konishi, E., Sato, Y., & Ukimura, O. (2022). Artificial intelligence trained with integration of multiparametric MR-US imaging data and fusion biopsy trajectory-proven pathology data for 3D prediction of prostate cancer: A proof-of-concept study. *Prostate*, 82(7), 793–803.
- Ketelsen, D., Röthke, M., Aschoff, P., Merseburger, A. S., Lichy, M. P., Reimold, M., Claussen, C. D., & Schlemmer, H.-P. (2008). Nachweis ossärer Metastasen des Prostatakarzinoms – Vergleich der Leistungsfähigkeit der Ganzkörper-MRT und der Skelettszintigrafie. *Rofo*, 180(8), 746–752.
- Kim, M. J. (2014). Transrectal ultrasonography of anorectal diseases: advantages and disadvantages. *Ultrasonography*, 34(1), 19–31.

- Kitzing, Y. X., Prando, A., Varol, C., Karczmar, G. S., Maclean, F., & Oto, A. (2016). Benign conditions that mimic prostate carcinoma: MR imaging features with histopathologic correlation. *Radiographics*, 36(1), 162–175.
- Kizilkaya, Y. M., & Oğuzlar, A. (2018). BAZI DENETİMLERİ ÜZERİNE GRENME ALGORİTMALARININ R PROGRAMLAMA DİLİ İLE KİYASLANMASI. *Dergi Karadeniz*, 37(37), 90–98.
- Klomp, M. L., Hendriks, A. J., & Keyzer, J. J. (1994). The effect of transrectal ultrasonography (TRUS) including digital rectal examination (DRE) of the prostate on the level of prostate specific antigen (PSA). *Br. J. Urol.*, 73(1), 71–74.
- Kwak, T.-Y., Lee, J., Cho, J., Kim, S. W., & Chang, H. (2023). Exploring the efficacy of a continuous form of the histologic grade in prostate cancer prognosis prediction. *J. Clin. Oncol.*, 41(16_suppl), e17105–e17105.
- Lee, J.-G., Jun, S., Cho, Y.-W., Lee, H., Kim, G. B., Seo, J. B., & Kim, N. (2017). Deep learning in medical imaging: General overview. *Korean J. Radiol.*, 18(4), 570.
- Levine, M. A., Ittman, M., Melamed, J., & Lepor, H. (1998). Two consecutive sets of transrectal ultrasound guided sextant biopsies of the prostate for the detection of prostate cancer. *J. Urol.*, 159(2), 471–5; discussion 475–6.
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., van der Laak, J. A. W. M., van Ginneken, B., & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Med. Image Anal.*, 42, 60–88.
- Liu, X., Peng, W., Zhou, L., & Wang, H. (2013). Biexponential apparent diffusion coefficients values in the prostate: comparison among normal tissue, prostate cancer, benign prostatic hyperplasia and prostatitis. *Korean J. Radiol.*, 14(2), 222–232.
- Loeb, S., van den Heuvel, S., Zhu, X., Bangma, C. H., Schröder, F. H., & Roobol, M. J. (2012). Infectious complications and hospital admissions after prostate biopsy in a European randomized trial. *Eur. Urol.*, 61(6), 1110–1114.
- Marker, P. C., Donjacour, A. A., Dahiya, R., & Cunha, G. R. (2003). Hormonal, cellular, and molecular control of prostatic development. *Dev. Biol.*, 253(2), 165–174.

- Matlaga, B. R., Eskew, L. A., & McCULLOUGH, D. L. (2003). Prostate biopsy: Indications and technique. *J. Urol.*, 169(1), 12–19.
- McNeal, J. E. (1981). The zonal anatomy of the prostate. *Prostate*, 2(1), 35–49.
- McVary, K. T., McKenna, K. E., & Lee, C. (1998). Prostate innervation. *Prostate*, 36(S8), 2–13.
- Merriel, S. W. D., Funston, G., & Hamilton, W. (2018). Prostate cancer in primary care. *Adv. Ther.*, 35(9), 1285–1294.
- Merriel, S. W. D., Pocock, L., Gilbert, E., Creavin, S., Walter, F. M., Spencer, A., & Hamilton, W. (2022). Systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of prostate-specific antigen (PSA) for the detection of prostate cancer in symptomatic patients. *BMC Med.*, 20(1), 54.
- Moore, C., Kasivisvanathan, V., Eggener Scott and Emberton, M., Futterer, J., Gill, I., Grubb, R., Hadashick, B., Klotz, L., Margolis, D., Marks, L., Melamed, J., Oto, A., Palmer, S., Pinto, P., Puech, P., Punwani, S., Rosenkrantz, A., Schoots, I., Simon, R., ... Watanabe, Y. (2013). 1251 the start consortium recommendations for the reporting of MRI-targeted prostate biopsies. *J. Urol.*, 189(4S), e512.
- Moradi, A., Srinivasan, S., & Clements Judith and Batra, J. (2019). Beyond the biomarker role: prostate-specific antigen (PSA) in the prostate cancer microenvironment. *Cancer Metastasis Rev.*, 38(3), 333–346.
- Naji, L., Randhawa, H., Sohani, Z., Dennis, B., Lautenbach, D., Kavanagh, O., Bawor, M., Banfield, L., & Profetto, J. (2018). Digital rectal examination for prostate cancer screening in primary care: A systematic review and meta-analysis. *Ann. Fam. Med.*, 16(2), 149–154.
- Nayak, J. G., Scalzo, N., Chu, A., Shiff, B., Kearns, J. T., Dy, G. W., Macleod, L. C., Mossanen, M., Ellis, W. J., Lin Daniel W and Wright, J. L., True, L. D., & Gore, J. L. (2020). The development and comparative effectiveness of a patient-centered prostate biopsy report: a prospective, randomized study. *Prostate Cancer Prostatic Dis.*, 23(1), 144–150.
- Nematollahi, H., Moslehi, M., Aminolroayaei, F., Maleki, M., & Shahbazi-Gahrouei, D. (2023). Diagnostic performance evaluation of multiparametric magnetic

- resonance imaging in the detection of prostate cancer with supervised machine learning methods. *Diagnostics (Basel)*, 13(4).
- Nguyen, C. C., Tran, G. S., Nguyen, V. T., Burie, J.-C., & Nghiem, T. P. (2021). Pulmonary nodule detection based on faster R-CNN with adaptive anchor box. *IEEE Access*, 9, 154740–154751.
- Nordström, T., Discacciati, A., Bergman, M., Clements, M., Aly, M., Annerstedt Magnus and Glaessgen, A., Carlsson, S., Jäderling, F., Eklund, M., Grönberg, H., & STHLM3 study group. (2021). Prostate cancer screening using a combination of risk-prediction, MRI, and targeted prostate biopsies (STHLM3-MRI): a prospective, population-based, randomised, open-label, non-inferiority trial. *Lancet Oncol.*, 22(9), 1240–1249.
- Ong, X. R. S., Bagguley, D., Yaxley, J. W., Azad, A. A., Murphy, D. G., & Lawrentschuk, N. (2020). Understanding the diagnosis of prostate cancer. *Med. J. Aust.*, 213(9), 424–429.
- Oren, O., Gersh, B. J., & Bhatt, D. L. (2020). Artificial intelligence in medical imaging: switching from radiographic pathological data to clinically meaningful endpoints. *Lancet Digit. Health*, 2(9), e486–e488.
- Panda, A., & Gulani, V. (2020). Multiparametric MRI of prostate: Analysis and recommendations of prostate imaging reporting and data system (PI-RADS) version 2.1. In *Reading MRI of the Prostate* (pp. 25–47). Springer International Publishing.
- Pardo, M., & Sberveglieri, G. (2002). Learning from data: a tutorial with emphasis on modern pattern recognition methods. *IEEE Sens. J.*, 2(3), 203–217.
- Pernar, C. H., Ebot, E. M., Wilson, K. M., & Mucci, L. A. (2018). The epidemiology of prostate cancer. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.*, 8(12), a030361.
- Pilatz, A., Veeratterapillay, R., Köves Bela and Cai, T., Bartoletti, R., Wagenlehner, F., Bruyère, F., Geerlings, S., Bonkat, G., & Pradere, B. (2019). Update on strategies to reduce infectious complications after prostate biopsy. *Eur. Urol. Focus*, 5(1), 20–28.
- Pradere, B., Veeratterapillay, R., Dimitropoulos, K., Yuan, Y., Omar, M. I., MacLennan, S., Cai, T., Bruyère, F., Bartoletti, R., Köves, B., Wagenlehner, F.,

- Bonkat, G., & Pilatz, A. (2021). Nonantibiotic strategies for the prevention of infectious complications following prostate biopsy: A systematic review and meta-analysis. *J. Urol.*, 205(3), 653–663.
- Purysko, A. S., Rosenkrantz, A. B., Turkbey, I. B., & Macura, K. J. (2020). RadioGraphics Update: PI-RADS version 2.1-A pictorial update. *Radiographics*, 40(7), E33–E37.
- Qian, Z., Lv, Y., Lv, D., Gu, H., Wang, K., Zhang, W., & Gupta, M. M. (2021). A new approach to polyp detection by pre-processing of images and enhanced faster R-CNN. *IEEE Sens. J.*, 21(10), 11374–11381.
- Rawla, P. (2019). Epidemiology of prostate cancer. *World J. Oncol.*, 10(2), 63–89.
- Rebello, R. J., Oing, C., Knudsen, K. E., Loeb, S., Johnson, D. C., Reiter, R. E., Gillessen, S., der Kwast, T., & Bristow, R. G. (2021). Prostate cancer. *Nat. Rev. Dis. Primers*, 7(1), 9.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 39(6), 1137–1149.
- Rørvik, J., Halvorsen, O. J., Servoll, E., & Haukaas, S. (1994). Transrectal ultrasonography to assess local extent of prostatic cancer before radical prostatectomy. *Br. J. Urol.*, 73(1), 65–69.
- Rubin, M. A., Bismar, T. A., Curtis, S., & Montie, J. E. (2004). Prostate needle biopsy reporting. *Am. J. Surg. Pathol.*, 28(7), 946–952.
- Saha, A., Hosseinzadeh, M., & Huisman, H. (2021). End-to-end prostate cancer detection in bpMRI via 3D CNNs: Effects of attention mechanisms, clinical priori and decoupled false positive reduction. *Med. Image Anal.*, 73(102155), 102155.
- Sanford*, T., Harmon, S., Madariaga, M., Kesani, D., Mehralivand, S., Lay, N., Xu, S., Bloom, J., Lebastchi, A., Ahdoot, M., Merino, M., Wood, B., Valera Vladimir and Choyke, P., Pinto, P., & Turkbey, B. (2019). Mp74-10 deep learning for semi-automated piradsv2 scoring on multiparametric prostate MRI. *J. Urol.*, 201(Supplement 4).
- Sathianathan, N. J., Omer, A., Harriss, E., Davies, L., Kasivisvanathan, V., Punwani, S., Moore, C. M., Kastner, C., Barrett, T., Van Den Bergh, R. C., Eddy, B. A.,

- Gleeson Fergus and Macpherson, R., Bryant, R. J., Catto James W F and Murphy, D. G., Hamdy, F. C., & Ahmed Hashim U and Lamb, A. D. (2020). Negative predictive value of multiparametric magnetic resonance imaging in the detection of clinically significant prostate cancer in the Prostate Imaging Reporting and Data System era: A systematic review and meta-analysis. *Eur. Urol.*, 78(3), 402–414.
- Schlegel, P. N., & Katzovitz, M. A. (2020). Male reproductive physiology. In *Urologic Principles and Practice* (pp. 41–62). Springer International Publishing.
- Sciarra, A., Barentsz, J., Bjartell, A., Eastham, J., Hricak, H., Panebianco, V., & Witjes, J. A. (2011). Advances in magnetic resonance imaging: how they are changing the management of prostate cancer. *Eur. Urol.*, 59(6), 962–977.
- Selnaes, K. M., Gribbestad, I. S., Bertilsson, H., Wright, A., Angelsen, A., Heerschap, A., & Tessem, M.-B. (2013). Spatially matched in vivo and ex vivo MR metabolic profiles of prostate cancer – investigation of a correlation with Gleason score. *NMR Biomed.*, 26(5), 600–606.
- Shaish, H., Kang, S. K., & Rosenkrantz, A. B. (2017). The utility of quantitative ADC values for differentiating high-risk from low-risk prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Abdom. Radiol. (NY)*, 42(1), 260–270.
- Shukla-Dave, A., Hricak, H., Eberhardt Steven C and Olgac, S., Muruganandham, M., Scardino, P. T., Reuter, V. E., Koutcher, J. A., & Zakian, K. L. (2004). Chronic prostatitis: MR imaging and 1H MR spectroscopic imaging findings—initial observations. *Radiology*, 231(3), 717–724.
- Siegel, R., Miller, K., & Jemal, A. (2016). Cancer Statistics 2016. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 66. <https://doi.org/10.3322/caac.21332>
- Singh, D., Febbo, P. G., Ross, K., Jackson, D. G., Manola, J., Ladd, C., Tamayo, P., Renshaw, A. A., D’Amico, A. V., Richie, J. P., Lander, E. S., Loda, M., Kantoff, P. W., Golub, T. R., & Sellers, W. R. (2002). Gene expression correlates of clinical prostate cancer behavior. *Cancer Cell*, 1(2), 203–209.
- Soffer, S., Ben-Cohen, A., Shimon, O., Amitai, M. M., Greenspan, H., & Klang, E. (2019). Convolutional neural networks for radiologic images: A radiologist’s guide. *Radiology*, 290(3), 590–606.

- Soni, M., Khan, I. R., Babu, K. S., Nasrullah, S., Madduri, A., & Rahin, S. A. (2022). Light weighted healthcare CNN model to detect prostate cancer on multiparametric MRI. *Comput. Intell. Neurosci.*, 2022, 5497120.
- Sopyllo, K., Erickson, A. M., & Mirtti, T. (2021). Grading evolution and contemporary prognostic biomarkers of clinically significant prostate cancer. *Cancers (Basel)*, 13(4), 628.
- Sosna, J., Pedrosa, I., Dewolf, W. C., Mahallati, H., Lenkinski, R. E., & Rofsky, N. M. (2004). MR imaging of the prostate at 3 Tesla: comparison of an external phased-array coil to imaging with an endorectal coil at 1.5 Tesla. *Acad. Radiol.*, 11(8), 857–862.
- Stabile, A., Giganti, F., Kasivisvanathan, V., Giannarini, G., Moore, C. M., Padhani, A. R., Panebianco, V., Rosenkrantz, A. B., Salomon, G., Turkbey, B., Villeirs, G., & Barentsz, J. O. (2020). Factors influencing variability in the performance of multiparametric magnetic resonance imaging in detecting clinically significant prostate cancer: A systematic literature review. *Eur. Urol. Oncol.*, 3(2), 145–167.
- Stejskal, E. O., & Tanner, J. E. (1965). Spin diffusion measurements: Spin echoes in the presence of a time-dependent field gradient. *J. Chem. Phys.*, 42(1), 288–292.
- Stenman, U. H., Leinonen, J., Zhang, W. M., & Finne, P. (1999). Prostate-specific antigen. *Semin. Cancer Biol.*, 9(2), 83–93.
- Su, Y., Li, D., & Chen, X. (2021). Lung nodule detection based on Faster R-CNN framework. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 200(105866), 105866.
- Taghipour, M., Ziaei, A., Alessandrino Francesco and Hassanzadeh, E., Harisinghani, M., Vangel, M., Tempany, C. M., & Fennessy, F. M. (2019). Investigating the role of DCE-MRI, over T2 and DWI, in accurate PI-RADS v2 assessment of clinically significant peripheral zone prostate lesions as defined at radical prostatectomy. *Abdom. Radiol. (NY)*, 44(4), 1520–1527.
- Tamada, T., Kido, A., Takeuchi, M., Yamamoto, A., Miyaji, Y., Kanomata, N., & Sone, T. (2019). Comparison of PI-RADS version 2 and PI-RADS version 2.1 for the detection of transition zone prostate cancer. *Eur. J. Radiol.*, 121(108704), 108704.

- Toivanen, R., & Shen, M. M. (2017). Prostate organogenesis: tissue induction, hormonal regulation and cell type specification. *Development*, 144(8), 1382–1398.
- True, L., Coleman, I., Hawley, S., Huang, C.-Y., Gifford, D., Coleman, R., Beer, T. M., Gelmann, E., Datta, M., Mostaghel, E., Knudsen, B., Lange, P., Vessella Robert and Lin, D., Hood, L., & Nelson, P. S. (2006). A molecular correlate to the Gleason grading system for prostate adenocarcinoma. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 103(29), 10991–10996.
- Tummala, S., Everstine, A., Acharya, V., & Bhatia, S. (2020). Prostate arterial anatomy: A primer for interventional radiologists. *Tech. Vasc. Interv. Radiol.*, 23(3), 100689.
- Turkbey, B., Rosenkrantz, A. B., Haider Masoom A and Padhani, A. R., Villeirs, G., Macura Katarzyna J and Tempany, C. M., Choyke, P. L., Cornud Francois and Margolis, D. J., Thoeny, H. C., Verma Sadhna and Barentsz, J., & Weinreb, J. C. (2019a). Prostate Imaging Reporting and Data System version 2.1: 2019 update of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2. *Eur. Urol.*, 76(3), 340–351.
- Turkbey, B., Rosenkrantz, A. B., Haider Masoom A and Padhani, A. R., Villeirs, G., Macura Katarzyna J and Tempany, C. M., Choyke, P. L., Cornud Francois and Margolis, D. J., Thoeny, H. C., Verma Sadhna and Barentsz, J., & Weinreb, J. C. (2019b). Prostate Imaging Reporting and Data System version 2.1: 2019 update of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2. *Eur. Urol.*, 76(3), 340–351.
- Turkbey, B., Rosenkrantz, A. B., Haider Masoom A and Padhani, A. R., Villeirs, G., Macura Katarzyna J and Tempany, C. M., Choyke, P. L., Cornud Francois and Margolis, D. J., Thoeny, H. C., Verma Sadhna and Barentsz, J., & Weinreb, J. C. (2019c). Prostate Imaging Reporting and Data System version 2.1: 2019 update of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2. *Eur. Urol.*, 76(3), 340–351.
- Turkbey, B., Rosenkrantz, A. B., Haider Masoom A and Padhani, A. R., Villeirs, G., Macura Katarzyna J and Tempany, C. M., Choyke, P. L., Cornud Francois and

- Margolis, D. J., Thoeny, H. C., Verma Sadhna and Barentsz, J., & Weinreb, J. C. (2019d). Prostate Imaging Reporting and Data System version 2.1: 2019 update of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2. *Eur. Urol.*, 76(3), 340–351.
- Walsh, A. L., Considine, S. W., Thomas, A. Z., Lynch, T. H., & Manecksha, R. P. (2014). Digital rectal examination in primary care is important for early detection of prostate cancer: a retrospective cohort analysis study. *Br. J. Gen. Pract.*, 64(629), e783–7.
- Wang, T., Lei, Y., Abiodun Ojo, O., Akin-Akintayo, O., Akintayo, A., Curran, W., Liu, T., Schuster, D., & Yang, X. (2021). MRI-based prostate and dominant lesion segmentation using deep neural network. In K. Drukker & M. A. Mazurowski (Eds.), *Medical Imaging 2021: Computer-Aided Diagnosis*. SPIE.
- Ward, E., Baad, M., Peng, Y., Yousuf, A., Wang, S., Antic, T., & Oto, A. (2017). Multi-parametric MR imaging of the anterior fibromuscular stroma and its differentiation from prostate cancer. *Abdom. Radiol. (NY)*, 42(3), 926–934.
- Weinreb, J. C., Barentsz, J. O., Choyke, P. L., Cornud, F., Haider, M. A., Macura Katarzyna J and Margolis, D., Schnall, M. D., Shtern Faina and Tempany, C. M., Thoeny, H. C., & Verma, S. (2016). PI-RADS prostate imaging – reporting and data system: 2015, version 2. *Eur. Urol.*, 69(1), 16–40.
- Wu, L.-M., Xu, J.-R., Ye, Y.-Q., & Lu Qing and Hu, J.-N. (2012). The clinical value of diffusion-weighted imaging in combination with T2-weighted imaging in diagnosing prostate carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *AJR Am. J. Roentgenol.*, 199(1), 103–110.
- Yamashita, R., Nishio, M., & Do Richard Kinh Gian and Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights Imaging*, 9(4), 611–629.
- Yu, X., Yan, S., Liu, R., & Zhang, Y. (2024). Apparent differences in prostate zones: susceptibility to prostate cancer, benign prostatic hyperplasia and prostatitis. *International Urology and Nephrology*, 56, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11255-024-04012-w>

- Zhang, J., Zhai, G., Yang, B., & Liu, Z. (2020). Computerized tomography (CT) updates and challenges in diagnosis of bone metastases during prostate cancer. *Curr. Med. Imaging Rev.*, 16(5), 565–571.
- Zhao, H.-X., Xia, C.-X., Yin, H.-X., & Guo Ning and Zhu, Q. (2013). The value and limitations of contrast-enhanced transrectal ultrasonography for the detection of prostate cancer. *Eur. J. Radiol.*, 82(11), e641–e647.
- Żurowska, A., P eksi, R., Bieńkowski, M., Skrobisz, K., Sowa, M., Matuszewski, M., Biernat, W., & Szurowska, E. (2023). Prostate cancer and its mimics-A pictorial review. *Cancers (Basel)*, 15(14), 3682.