



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**AKUT İSKEMİK İNMEİN MEKANİK
TROMBEKTOMİ İLE TEDAVİSİNDE STENT VE
ASPIRASYON KATETERİ UYGULAMALARINDA
DOZ FARKLILIKLARININ HESAPLANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Demet ÖZMEN

Nükleer Bilimler Anabilim Dalı

İzmir

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ
Nükleer Bilimler Enstitüsü

**AKUT İSKEMİK İNMENİN MEKANİK
TROMBEKTOMİ İLE TEDAVİSİNDE STENT VE
ASPIRASYON KATETERİ UYGULAMALARINDA
DOZ FARKLILIKLARININ HESAPLANMASI**

Demet ÖZMEN

Danışman: Prof. Dr. M. Murat SAÇ

İkinci Danışman: Doç. Dr. Celal ÇINAR

Nükleer Bilimler Anabilim Dalı
Radyasyon Güvenliği ve Korunma Bilim Dalı

İzmir

2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Demet ÖZMEN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Akut İskemik İnmenin Mekanik Trombektomi ile Tedavisinde Stent ve Aspirasyon Kateteri Uygulamalarının Doz Farklılıklarının Hesaplanması” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 02.08.2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:**İmza****Jüri Başkanı :**

Üye

Üye

Üye

Üye



ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / ~~Doktora Tezi~~ olarak sunduğum “Akut İnmenin Mekanik Trombektomi ile Tedavisinde Stent ve Aspirasyon Kateteri Uygulamalarının Doz Farklılıklarının Hesaplanması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

02 /08/ 2023

Demet ÖZMEN



ÖZET**AKUT İSKEMİK İNMENİN MEKANİK TROMBEKTOMİ İLE
TEDAVİSİNDE STENT VE ASPIRASYON KATETRİ
UYGULAMALARINDA DOZ FARKLILIKLARININ
HESAPLANMASI**

Özmen, Demet

Yüksek Lisans Seminer Dersi, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Murat SAÇ, Doç. Dr. Celal ÇINAR

Ağustos 2023, 116 sayfa

İskemik inme, nüfus üzerinde ağır bir ekonomik ve sağlık yükü oluşturmaktadır. Genellikle bir dizi nörolojik defisit, sakatlık ve ölüme neden olur. Mevcut kanıtlara göre büyük damar tıkanıklıklarında mekanik trombektomi tercih edilmektedir. Akut inme hastalarında mekanik trombektomi sırasında radyasyon etkilerini saptamak için sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. 2021 ve 2022 yılları arasında tedavi edilen akut inmeli olgularda ileriye dönük olarak toplanmış verilerini geriye dönük olarak analiz ettik. Bu çalışmada, ön dolaşımdaki büyük damar tıkanıklıkları için mekanik trombektomi uygulanan hastalarda doğrudan trombo-aspirasyon ile stent-retriever kullanılarak sürekli distal aspirasyon altında trombektomide radyasyona maruz kalmayı karşılaştırdık. Bu, mekanik trombektomi uygulanan hastalarda doz alanı ürünü başına radyasyon maruziyetine, işlem süresine ve floroskopi süresine odaklanan kapsamlı bir inme merkezinin Kurumsal İnceleme Kurulu onaylı inme veri tabanının geriye dönük tek merkezli bir analiziydi. Çalışmamızda endovasküler girişimlerde floroskopi sistemlerinde aspirasyon kateteri uygulamalarında $225,23 \pm 112,44$ s. ortalama floroskopi süresinde DAP değeri $3492,04 \pm 1601,66$ cGycm², ED $504,12 \pm 278,25$ mGy bulunmuş, stent uygulamalarında ise ortalama $658,67 \pm 329,08$ s floroskopi süresinde DAP değerinin $8473,1 \pm 3689,5$ cGycm², ED ise $1341,55 \pm 658,69$ mGy olarak izlenmiştir. Manevra tekniğine bağlı olarak ilgili radyasyona maruz kalma farkının, tartışmasız olarak, doğrudan trombo-aspirasyon tekniği ile ilişkili daha kısa floroskopi süresinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu da radyasyonun

zararlı etkilerini en aza indirecek yöntem olması açısından avantajlıdır. Elde edilen sonuçlara göre 2 grup arasında istatistiki ölçülen dozların farklı olup olmadığı ortaya konulmuştur

Anahtar kelimeler: Girişimsel radyoloji, trombektomi, iyonize radyasyon



ABSTRACT**CALCULATION OF DOSE DIFFERENCES IN THE TREATMENTS
OF IN STENT AND ASPIRATION CATHETER APPLICATIONS IN
THE TREATMENT OF ACUTE ISCHEMIC STROKE WITH
MECHANICAL THROMBECTOMY**

Özmen, Demet

MSc in Nuclear Sciences

Supervisor: Prof. Dr. M. Murat SAÇ,

Co-Supervisor: Doç. Dr. Celal ÇINAR

August 2023, 116 pages

Ischemic stroke poses a heavy economic and health burden on the population. It usually causes a number of neurological deficits, disability and death. According to the available evidence, mechanical thrombectomy is preferred for large vascular blockages. Currently, a limited number of studies are available to detect the effects of radiation during mechanical thrombectomy in acute stroke patients. We retrospectively analyzed the data collected in the cases with acute stroke treated Decently between 2021 and 2022. In this study, we compared the radiation exposure during thrombectomy under continuous distal aspiration using stent-retriever with direct thrombo-aspiration in patients undergoing mechanical thrombectomy for large vascular blockages in the anterior circulation. This was a retrospective single-center analysis of the Institutional Review Board-approved stroke database of a comprehensive stroke center focusing on radiation exposure per dose area product, procedure time, and fluoroscopy duration in patients undergoing mechanical thrombectomy. Mechanical thrombectomy performed using direct thrombo-aspiration is associated with a shorter fluoroscopy time and product, procedure, and lower radiation exposure compared to paired patients treated with stent-retriever thrombectomy. In our study, the use of fluoroscopy in endoscopic devices was 225.23 ± 112.44 s. in aspiration catheter applications. DAP value in the mean fluoroscopy time is 3492.04 ± 1601.66 cGycm², ED 504.12 ± 278.25 mGy standard, in the stent application the mean is 658.67 ± 329.08 s. in the fluoroscopy time, 8473.1 ± 3689.5 cGycm² in the DAP procedure, ED was observed as 1341.55 ± 658.69 mGy. It seems that the relevant radiation exposure difference due to the maneuvering technique is unquestionably due to the shorter

fluoroscopy time directly related to the thrombo-aspiration technique. Buddha is advantageous in terms of being a method to minimize the harmful effects of radiation. In our study, it was revealed whether the statistically measured doses were different between the 2 groups.

Keywords: Interventional radiology, thrombectomy, ionizing radiation



ÖNSÖZ

Girişimsel radyoloji işlemleri, x-ışını altında floroskopik görüntüleme eşliğinde uygulanan, büyük cerrahi kesiler yerine daha küçük kesilerle birçok hastalığın teşhis ve tedavisinde kullanılan işlemlerdir. Geçmişten bugüne yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte çok yaygın olarak kullanılmaya başlayan girişimsel radyoloji işlemlerinde hem hastalar için hem de çalışanlar için radyasyon dozuna bağlı deterministik ve stokastik risklerin görülme olasılığı söz konusu olabilir.

Akut iskemik inmenin tedavisinde mekanik trombektomi yöntemleri stent ve aspirasyon kateteri uygulamalarına başvurulmaktadır. Girişimsel radyoloji anjiyografi ünitesinde gerçekleştirilen bu tedavilerde kullanılan radyasyon dozlarının ve kullanım koşullarının gözlemlenerek radyasyonun zararlı etkilerini en aza indirebilmek için uygun tekniklerin belirlenmesi tez çalışmamızın temel önceliğidir.

Çalışmamızdaki hipotezimizde 2 farklı tedavi yöntemi uygulanmış grupta direkt trombo-aspirasyon kullanılarak yapılan mekanik trombektomi, stent-retriever trombektomisi ile tedavi edilen eşleştirilmiş hastalara kıyasla daha kısa floroskopi süresi ve ürün, prosedür ve daha düşük radyasyona maruz kalacağı düşünülmektedir. Çalışmamızda 2 grup arasında istatistiki ölçülen doz farklı olup olmayacağı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu tez çalışmasının, ulusal ve uluslararası literatüre önemli katkılar yapmasını temenni ederim.

İZMİR

2/8/2023

Demet ÖZMEN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xvi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	6
2.1. Serebral Arteriyel Anatomi.....	6
2.1.1. Anterior Sirkülasyon.....	7
2.1.1.1. İnternal Karotid Arter (ICA).....	7
2.1.1.2. Anterior Serebral Arter (ACA).....	9
2.1.1.3. Orta Serebral Arter (Middle Cerebral Artery, MCA).....	10
2.1.2. Posterior Sirkülasyon.....	12
2.1.2.1. Vertebral Arter (VA)	12
2.1.2.2 Baziler Arter (BA)	13
2.2. Akut İskemik İnme (Stroke)	15
2.2.1. İnme Epidemiyoloji	16
2.2.2 İskemik İnme Etyolojisi	17
2.2.3. İskemik İnme Risk Faktörleri	19
2.2.4. İskemik İnme Patofizyolojisi	21
2.2.5. İskemik İnmede Tanı	23
2.2.6 İskemik İnmede Görüntüleme	26
2.2.6.1 Bilgisayarlı Tomografi	26

İÇİNDEKİLER (Devam)

2.2.6.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme.....	29
2.2.6.3. Serebral Anjiyografi.....	31
2.2.7. Akut iskemik İnmede Tedavi.....	33
2.2.7.1. İntravenöz (IV) Trombolitik Tedavi (r-tPA).....	33
2.2.7.2. İskemik İnmede Endovasküler Tedavi / Mekanik Trombektomi Yöntemleri	34
2.3. Radyasyon.....	44
2.3.1. Radyasyonun Tanımı	44
2.3.2. Radyasyon Kaynakları	45
2.3.3. Radyasyonun Sınıflandırılması	46
2.3.4. Radyasyon Dozu ve Birimleri.....	50
2.3.5. Radyasyonun Tıpta Kullanımı	52
2.3.6. Radyasyonun Biyolojik Etkileri.....	54
2.4. X-ışınları ve Girişimsel Radyoloji Uygulamaları	60
2.4.1. X Işınları	60
2.4.1.1. X-Işınlarının Özellikleri.....	60
2.4.1.2. X-Işının eldesi ve X-Işını Tüpü	61
2.4.2. X-Işınlarının Girişimsel Radyolojide Kullanımı.....	62
2.4.2.1. Girişimsel Radyolojinin Kısaca Tarihçesi	63
2.5. Anjiyografi.....	64
2.6. Anjiyografi Sistemlerinde Görüntülerin Eldesi	65
2.6.1. Floroskopik görüntüleme	65
2.6.2 Radyografik görüntüleme	65
2.7. Floroskopi Sistemleri	66

İÇİNDEKİLER (Devam)

2.7.1. X-ışını Jeneratörü ve Tüpü	67
2.7.2. Görüntü Alıcısı	67
2.7.3. Otomatik Doz Hızı Kontrolü (ADRC)	69
2.8. Anjiyografide Hasta Dozu Ölçümü ve Doz Nicelikleri.....	70
2.8.1. Floroskopi Süresi (dk)	71
2.8.2. Kümülatif Hava Kerma (CAK, mGy)	71
2.8.3. Doz Alan Çarpımı (Dose Area Product, DAP, cGy.cm ²).....	72
2.8.4. Giriş dozu [Entrance Dose(ED, mGy)]	73
2.9. Radyasyondan Korunma.....	75
2.9.1. Radyasyondan Korunmanın Temel İlkeleri.....	76
2.9.2. Radyasyondan Korunma Yöntemleri	77
3. METERYAL METOD	79
3.1. Çalışmada Kullanılan Anjiografi Cihazı	80
3.2. İstatistiksel Metot.....	81
4. BULGULAR.....	83
4.1. Olgu Örnekleri	93
<i>Geri çekilebilir Stent Aracılığı ile Trombektomi</i>	<i>93</i>
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	95
11. KAYNAKÇA DİZİNİ	102
TEŞEKKÜR	115
ÖZGEÇMİŞ.....	116

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
2.1 İskemik İnme İçin Risk Faktörleri	20
2.2 Modifiye Rankin Skalası (Modified Rankin Scale, Mrs)	24
2.3 Ulusal Sağlık Enstitüsü İnme Ölçeği- Nihss (22)	25
2.4 Dawn Ve Defuse 3 Hasta Uygunluk Şartları	37
2.5 Tıcıcı Skoru.....	38
2.6 Radyasyon Dozu Eski Ve Yeni Sistemler Ve Dönüşümleri	57
2.7 Icrp Tarafındanradyasyon Görevlilerininveya Toplum Bireylerinin Doz Sınırlamaları.....	77
4.1 Genel Özellikler	83
4.2.Cinsiyetin Gruplarda İncelenmesi.....	84
4.3. Trombektomi Yöntemine Göre Yaş Ve Fluoroskopi Süresi (Sn).....	85
4.4. Trombektomi Yöntemine Göre Area Doz Ve Entrance Doz	86
4.5 Trombektomi Yöntemine Göre Zamana Göre Düzeltilmiş Area Doz Ve Entrance Doz.....	87
4.6. Stent Grubunda Yaş, Süre Ve Doz Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi	89
4.7. Aspirasyon Grubunda Yaş, Süre Ve Doz Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi	90
4.8. Stent Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi.....	91
4.9. Aspirasyon Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi.....	92
4.10. Girişimsel Radyoloji Anjiografi Ünitesinde Stent Aracılı Trombektomi Yöntemi Uygulanan Olgunun Radyasyon Dozu Parametreleri	93
4.11. Girişimsel Radyoloji Anjiografi Ünitesinde Stent Altında Trombektomi Yöntemi Uygulanan Olgunun Radyasyon Dozu Parametreleri	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Beyni Besleyen Arterler	6
2.2 Willis Poligonu Ve Beyni Besleyen Arterler	7
2.3. İnternal Karotid Arter Segmentlerinin Anjiyografik Görünümü	8
2.4. İca Dalları	9
2.5. Aca Segmentlerinin Anterior Görünümü.....	10
2.6. Mca Segmental Anatomisi	11
2.7. Vertebral Arter Segmentleri	12
2.8. Baziler Arter Ve Dalları	13
2.9. Willis Poligonu Anatomisi	14
2.10. İnme Çeşitleri	15
2.11. A. İskemik Alanın Bölgeleri.....	23
2.12. İskemik İnme Hastasında Kontrastsız Bt Görüntüleri.	27
2.13. Her Aspects Bölgesinin Örnekleri. L Letiform Nukleus	28
2.14. Kontrastsız Kranial BT De Mca Sulama Bölgeleri	29
2.15. Akut İskemik İnme T2 Flair Ve Difüzyon Mrg Görüntüleri.	30
2.16. İskemik İnme Hastasında Dwı Ve Pwı Mr Görüntüleri.	31
2.17. Normal Serebral Dsa İncelemesi	32
2.18. Merci Retrifer Sistemi (Concentric Medical, Mountain View, Ca, Abd) Ve Skopi İle Alınmış Görüntüsü.....	40
2.19. Aspirasyon Trombektomi Sistemi Ve Skopi İle Alınmış Görüntü Ve Aspirasyon Hortumuna Gelen Trombüs.....	41
2.20. Solitaire Mekanik Trombektomi Cihazı	42
2.21. Trevo Stent Retrifer Cihazı	43
2.22. Yapay Ve Doğal Radyasyon Kaynakları Nedeniyle Dünya Geneline Radyasyon Dozlarına Maruz Kalma Oranları	46
2.23. Elektro Manyetik Dalga Spektrumu	47
2.24. Radyasyon Sınıflandırması.....	47
2.25. Alfa, Beta, Gama Ve X Işınları	49
2.26. X-Işını Tüpü	62
2.27. Anjiyografide Yapılan Sayısal Çıkarma Tekniği	66
2.28. Floroskopi Sistemi Bileşenleri	67

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

Şekil	Sayfa
2.29. Flat Panel Dedektör	69
2.30. Radyolojik İncelemelere Göre Ortalama Etkin Dozlar	70
2.31. Hasta Doz Ölçümünde Kullanılan Parametreler	71
2.32. Doz-Alan Çarpımı (Olgar, 2022)	72
3.1. Toshibaınfinix8000v Girişimsel Anjiogarfi Cihazı	81
4.1. Çeşitli Yöntemlerle Mekanik Trombektomi Uygulanan Olguların Cinsiyet Oranlarının İncelenmesi	83
4.2. Stent Aracılı Trombektomi Ve Aspirasyon Kateteri Trombektomi Oranları ..	84
4.3. Cinsiyetin Gruplarda İncelenmesi	85
4.4. Trombektomi Yöntemine Göre Yaş Ve Fluoroskopi Süresi (Sn)	86
4.5. Trombektomi Yöntemine Göre Area Doz Ve Entrance Doz	87
4.6. Trombektomi Yöntemine Göre Zamana Göre Düzeltilmiş Area Doz Ve Entrance Doz	88
4.7. Stent Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi	91
4.8. Aspirasyon Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi	92
4.9. Geri Çekilebilir Stent Aracılı Trombektomi Yapılmış Olgunun Görüntüleri ..	93
4.10. Aspirasyon Altında Trombektomi Yapılmış Olgunun Görüntüleri.	94

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik	Sayfa
2.1. Ska'nın Azalmasıyla Beyin Dokusunda Oluşan Mekanizmalar	22



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
ACA	Anterior Cerebral Artery
ACom	Anterior Communicating Artery
ADAPT	A Direct Aspiration First Pass Technique For Acute StrokeE
Thrombectomy	
ADC	Analog-Digital Converter (Analog-Sayısal Dönüştürücü)
ADRC	Automatic dose rate control
AF	Atriyal fibrilasyon
AHA	Amerikan Kalp Derneği
AİCA	Anterior İnferior Serebellar Arter
Aİİ	Akut iskemik inme
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ARTS	Aspiration - Retriever Technique for Stroke
ASA	Amerikan İnme Derneği
AHA	Amerikan Kalp Derneği
ASPECT	Alberta Stroke Program Early CT skoru,
BA	Baziller Arter
BDO	Büyük damar oklüzyonu
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz (Federal Office for Radiation
Protection)	
BT	Bilgisayarlı Tomografi
BTA	BT Anjiyografi
BTP	BT Perfüzyon
CAK	Kümülatif Air Kerma
CAST	Advanced Subspecialty Training
CCA	Ana Carotid artery
CCD	Charge Couple Devices kamera
DA	Digital Acqusition
DAP	Doz-alan Çarpımı
DAWN	DWI or CTP Assessment with Clinical Mismatch in the
Triage of Wake-Up and Late Presenting Strokes Undergoing Neurointervention	
with Trevo	

DEFUSE	Endovascular Therapy Following Imaging Evaluation for Ischemic Stroke
DeGIR	Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie (Alman Girişimsel Radyoloji ve Minimal İnvaziv Tedavi Derneği)
DGNR	Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie (Alman Nöroradyoloji Derneği eV).
DM	Diabetes mellütüs
DRL	Diagnostic Reference Level
DSA	Dijital Subtraction Angiography
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DWI	Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme
ED	Entrance Doz, cilt giriş dozu
Flair	Fluid Attenuation Inversion Recovery
FPD	Flat panel dedektör
GCD	Giriş cilt dozu
GG	Görüntü güçlendirici
GRE	Gradient Eko
HK	Hava Kerma (mGy)
HT	Hipertansiyon
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICA	Internal Carotid Artery
ICRP	International Commission On Radiological Protection (Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements (Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi)
ILO	International Labour Organization
Kerma	Kinetic energy released in material.
MCA	Middle Cerebral Artery (Orta Serebral Arter)
MERCI RETRIEVER	Mechanical Embolus Removal for Cerebral Ischemia
MKS	metre, kilogram, second- metre, kilogram, saniye
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
mRS	Modifiye Rankin Skala
MSS	Merkezi sinir sistemi
ODM	Odak deri mesafesi
OHM	Odak hava mesafesi
PC	Posterior Cerebral Artery
PCom	Posterior Communicating Artery

PET	Pozitron Emüsyon Tomografisi
PWI	Perfüzyon Ağırlıklı Görüntüleme
SAK	Subaraknoid kanama
SAVE	Stent Retriever Assisted Vacuum - Locked Extraction
SAVE	Stent Retriever Assisted Vacuum- Locked Extraction
SID	Source-image distance, kaynak-görüntü mesafesi
SKK	Serebral kan akımı
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSA	Süperior Serebellar Arter
SVH	Serebro vasküler hastalık
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TENMAK	Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu
TFT	Thin film transistor
TICI	Thrombolysis in Cerebral Infarction
TOAST	Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
µd	Doku kütle azalım faktörü
µh	Hava kütle azalım faktörü

1. GİRİŞ

Girişimsel radyoloji, görüntüleme kılavuzluğunda birçok hastalığın tedavisinin büyük cerrahi kesiler yerine iğne deliği büyüklüğündeki delik ve kesiler ile yapılabildiği radyolojinin tedavi edici bölümüdür (Pekkafalı, 2021). Girişimsel radyoloji işlemleri, anjiyografi laboratuvarında sürekli x-ışını altında gerçek zamanlı dinamik görüntülerin alınması ile gerçekleştirilir. Anjiyografi sistemlerinde kılavuz teller ve araçlar eşliğinde X-ışını görüntüsü ile dinamik olarak gözlenerek hastalıkların teşhis veya tedavisi mümkündür (Akan, 2019).

Vasküler (damarla ilgili) ve nonvasküler (damar dışı organlar ile ilgili) uygulamalar olmak üzere ikiye ayrılan girişimsel radyoloji işlemleri iskemik inme tedavilerinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Erdem, 2019). Tedavisi hastanede gerçekleştirilmesi gereken nörolojik hastalıkların %50 sini oluşturan serebro vasküler hastalıklardan (SVH) (Şahan vd., 2010) olan inme, genellikle bir dizi nörolojik defisit, sakatlık ve ölüme neden olur. Dünya genelinde mortalitenin 2. ve morbiditenin ise 3. en sık sebebi olarak görülmektedir. (Karaça, 2019). Dünya çapında, her yıl yaklaşık olarak 17 milyon kişi inme geçirmekte ve bunun 6 milyona yakını bu sebeple hayatını kaybetmektedir. Türkiye’de her yıl bu hastalığa yakalanan kişi sayısı yaklaşık olarak 132.000 dir (Goldstein et al., 2016). DSÖ tarafından inme, vasküler nedenlerle oluşan, serebral kan akımının ani olarak kesilmesine veya azalmasına bağlı semptomların hızla yerleştiği, 24 saat veya daha uzun sürebilen nörolojik fonksiyon kaybı ya da ölümle sonuçlanabilen acil klinik sendrom olarak tanımlanmıştır (Lakomkin et al., 2019).

Hayati tehlikesi olan inme başlıca iskemik ve hemorajik inmeler olarak 2 grupta incelenebilir (Özkan vd., 2018). Akut İnmelerin çoğunluğunu, intrakranial arter oklüzyonunun sebep olduğu akut iskemik inme %85 ini oluşturur ve bunu %15 gibi bir oranla intraserebral hemorajik inme, izler. Tüm inmelerin %30 unu, büyük damar oklüzyonunu (BDO) kaynaklı akut iskemik inme (Aİİ) oluşturmaktadır (Günaydın, 2022) İnternal karotid arter (ICA), orta serebral arter (MCA) ve baziler arter (BA) gibi büyük damarlardaki ani tıkanmalar sonucunda meydana gelen (Bilgin, 2020) iskemik inme, SVH içinde en fazla görülenidir.

İnme, beyni besleyen arterlerde tıkanma ve daralma nedeniyle beyine besleyen kan akımının kritik seviyenin altına düşmesiyle yeti kaybına sebep olan bir hastalıktır (Güven Sağlık Grubu, 2022). Genellikle konuşma, hareket etme, görme, duyma, hissetme, hafıza gibi fonksiyonlarından biri veya birkaçının yitimiyle hastaneye başvuran iskemik inme olgularında, pıhtı nedeniyle damarda oluşan tıkanıklık açılarak hızlı bir şekilde rekanalizasyon sağlanmazsa, felç veya ölüm gibi çok ciddi ve hayati sonuçlar görülebilir (Bilgin, 2020). Sık görülen, ölümle sonuçlanabilen veya hastalarda fonksiyon kaybına neden olan iskemik inme, psikosozyal toplumsal yıkım ve ekonomik yükler oluşturmaktadır (Yıldız, 2018)

Ölüm ve sakatlık oranlarının en sık sebeplerinden biri olarak görülen iskemik inmede değiştirilebilir ve değiştirilemeyen risk faktörleri mevcuttur. Değiştirilemeyen risk faktörleri, geçirilmiş inme öyküsü, genetik faktörler, ırk, yaş ve cinsiyet kontrol edemeyeceğimiz risk faktörlerindendir. Kalp hastalıkları, orak hücre hastalığı, hipertansiyon (HT), diyabetes mellitus (DM), atrial fibrilasyon (AF) , sigara ve alkol kullanımı, obezite, hiperkolesterolemi, fiziksel hareketsizlik önlenemeyen değiştirilebilir risk faktörleri arasında sayılabilir (Öztürk ve Özön, 2020). İnme tedavisinde amaç halen canlılığını yitirmemiş olan sağlam beyin dokusunun korunması ve kurtarılmasıdır (Güven Sağlık Grubu, 2022). İnme hastalarında ilk dakikalarda, beyinde kan akımının kesildiği veya en az olduğu enfarktüs çekirdek (core) alanındaki hücreler işlevini geri dönüşümsüz olarak kaybeder. Bu alanın çevresinde akut dönemde nöronların henüz işlevini tam olarak yitirmediği, elektriksel aktivite bozukluğuna rağmen fiziksel bütünlüğünü kısa bir süre daha koruyan penumbra olarak bilinen uygun tedavilerle fonksiyonları geri kazandırılabilen bir alan bulunmaktadır (Özkan vd., 2018; Yemişçi vd., 2004). Reperfüzyon tedavilerinde iskemik çekirdek alanı kurtarılamadığından, çevresindeki iskemik penumbra alanı, inme tedavilerinde potansiyel hedef kurtarılabılır doku olarak geçer (Kapçı, 2022).

İskemik inme hastalarında tedavi, beyin dokusundaki nörolojik hasarı en az seviyeye indirebilmek ve fonksiyonel kısıtlılıkta iyileşme sağlamak amacıyla, klinik değerlendirmelerin, laboratuvar ve görüntüleme tekniklerinin hızla gerçekleştirilmesi sonrasında uygun tedavi yönteminin uygulanmasını içerir

(Karaça, 2019). Akut iskemik inme tedavisini, risk faktörlerinin kontrolü, intravenöz trombolitik uygulamaları, endovasküler tedavi gibi bileşenler oluşturur (Bilgin, 2020).

Hastanın tıbbi öyküsü, semptomların başlama zamanı, nörolojik muayene bulguları, laboratuvar ve görüntüleme yöntemleri, trombolitik tedavi veya endovasküler tedaviye hastanın uygunluğu inmenin tedavisinde genel yaklaşım olmalıdır. İnmede radyolojik görüntüleme yöntemleri BT ve MR ile inmenin tanımlanması, şiddeti, inmeyi taklit eden durumların dışlanması, kurtarılabilir ve kurtarılamayan alanların ayırt edilmesi mümkündür (Karaça, 2019). Akut iskemik inme hastalarında, büyük damar oklüzyonu (BDO) nedeniyle oluşan beyindeki hasarlı dokunun hızlı bir şekilde reperfüzyonu amacıyla uygulanan tedavi stratejileri arasında, hastalarda trombolitik ilaçların yani rekombinant doku plasminojen doku aktivatörü (rt-PA) nün intravenöz (IV) uygulanması ve anjiyografi kılavuzluğunda gerçekleştirilen çeşitli mekanik trombektomi cihazlarının kullanımı yer alır (Güzelbey ve Kılıçkesmez., 2017). Tedavilerin uygulanmasında serebral anatominin bilinmesi çok önemlidir. Büyük damar oklüzyonuna (BDO) bağlı gelişen akut iskemik inmelerin IV rt-PA ile tedavisinde oklüde damarın açılma şansı sadece %4-30 arasında değişen sınırlı etkinliğe sahiptir. Ayrıca semptomların başlangıcından itibaren ilk 4,5 saat içinde başlanması koşuluyla uygulanan rt-PA tedavisinde, zamanın çok kısıtlı olması haricinde hasta ile veya verilen trombolitik ajan ile ilgili birçok yan etkinin varlığı görülmektedir (Bhatia et al., 2010).

Bu durumlarda endovasküler tedavi seçenekleri ön plana çıkmakta ve büyük damar oklüzyonu (BDO) nedeniyle akut iskemik inme geçiren hastaların tedavisinde semptomların başlangıcından itibaren ilk 24 saat içerisinde anjiyografi eşliğinde yapılan mekanik trombektomi önerilmektedir (Nogueira et al., 1998). NIHSS (National Institute of Health Stroke Scale, Aspect: Alberta Stroke Program Early CT skoru), mRS (Modifiye Rankin Skala) inme şiddetini ve ciddiyetini tespit etmede kullanılan skalalardır. Büyük damar dolaşımlarında tıkanıklığım mevcut olan, DAWN veya DEFUSE 3 önkoşullarını karşılayan hastaların mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavisi mümkündür (Gürmen, 2022). Akut iskemik inmelerde mekanik trombektomi tedavisi, oklüzyona neden

olan trombüsün anjiyografik teknikler ile görüntülenmesi ve pıhtının aspirasyon veya stent kullanılarak fiziksel yollar ile çıkartılması işlemidir. Mekanik trombektomi yöntemleri geri çekilebilir stent (stent-retriever) ve direk aspirasyon yöntemlerinde amaç hızlı ve tam reperfüzyondur (Kocatürk ve Kocatürk, 2021).

Aspirasyon trombektomi: internal karotid arter segmentine erişimden sonra oklüde segmente kontaksiyon sağlayacak şekilde trombüs komşuluğuna en geniş iç çapa sahip tromboaspirasyon kateteri yerleştirilerek aspirasyon altında trombüsün çıkartılması işlemidir.

Stent trombektomi: internal karotid arter segmentine guading kateteri ile erişimden sonra mikrokateter ve ucuna j şekli verilmiş mikrotel ile trombüs geçilir. Mikrokateterden, geri çekilebilir stent gönderilmesinin ardından mikrokateter geri çekilerek açılır ve trombüsün stent stratlarının arasına girmesi beklenir. Stratların arasına giren pıhtı stentin yavaşça geri çekilmesiyle çıkartılır (Güzelbey, 2021). Her iki trombektomi yönteminde işlem süreleri manevra tekniklerine bağlı olarak birbirinden farklılık gösterir. Her iki tedavi yönteminde de amaç hızlı ve tam reperfüzyon sağlanmasıdır. Reperfüzyon durumu, 2003 yılında geliştirilen TICI değerlendirme ölçeği ile yapılır (Aköz., 2020). Aspirasyon ve geri çekilebilir stent aracılığı ile yapılan trombektomi tedavileri karşılaştırıldığında reperfüzyon başarısı ve komplikasyon oranları arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir. Girişimsel anjiyografi sistemlerinde teşhis ve tedavi, damara kataterin yerleştirilmesi gerçek zamanlı dinamik görüntüler ile izlenir ve hedef bölgeye ulaşıncaya verilen kontrast maddenin damarda ilerleyişi DSA ve DA adlandırılan olarak adlandırılan statik radyografik görüntüler alınarak uygulanır (Berkmen, 2006).

Hastalıkların teşhis ve tedavisinde birçok cerrahi müdahalenin yerini alan girişimsel radyoloji uygulamaları hastaların ve personelin yüksek miktarda radyasyon dozuna maruz kalmasına neden olur (Olgar, 2004).

Sürekli x ışını altında floroskopik görüntülemenin yapıldığı girişimsel radyoloji işlemleri, radyasyon dozu bakımından tıbbi alandaki en riskli radyolojik uygulamalardandır (Ayar, 2019). İyonize radyasyon, tüm anjiyografik inceleme yöntemlerinin en büyük dezavantajıdır (Üreyen, 2019). İyonize radyasyonun deterministik ve stokastik zararlı biyolojik etkilerinin meydana gelmesi uygulanan işlemdeki radyasyonun dozuna ve maruz kalma süresine göre değişir.

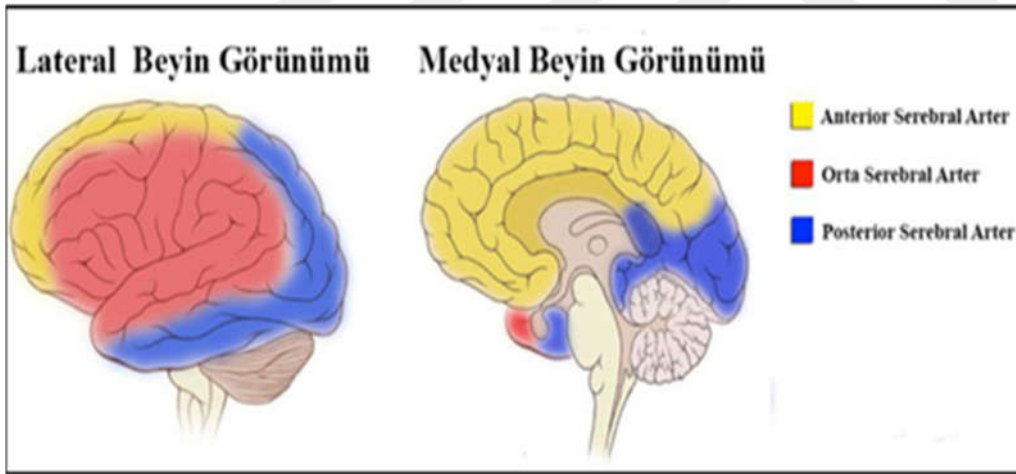
Uygulamalardaki etkinlik ve uygulamanın gerekliliği radyasyondan korunmada en temel ilkeleri oluşturur (Ay, 2020). Girişimsel radyoloji laboratuvarında yapılan teşhis ve tedavilerde sağlanan fayda göz ardı edilemediğinden uygulamalardaki radyasyon dozunun en az seviyede tutulması dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Anjiyografi ünitelerinde kullanılan floroskopi sistemleri, gerçek zamanlı dinamik görüntülemenin yapıldığı, kVp, mAs, gibi birçok parametreyi otomatik doz hızı kontrol sistemleriyle kontrol edebilen vasküler ve nonvasküler işlemlerde görüntü toplama ve bu görüntüler üzerinde işlem yapabilme özelliği bulunan x-ışını sistemleri cihazlarındandır (Üreyen, 2019). Şu anda, akut inme hastalarında mekanik trombektomi sırasında radyasyon etkilerini saptamak için sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada, dolaşımdaki büyük damar tıkanıklıkları için mekanik trombektomi uygulanan hastalarda doğrudan trombo-aspirasyon ile stent-retriever kullanılarak sürekli distal aspirasyon altında trombektomide radyasyona maruz kalmayı karşılaştırmayı ve daha düşük doz uygulama imkânı olan yöntemin belirlenmesini amaçladık. Mekanik trombektomi tedavi yöntemi ile alınan radyasyon dozu arasındaki bağıntının istatistiki olarak anlamlı olup olmadığı araştırılmış, hastanemizdeki dijital arşivdeki veri kayıtlarında da tedavi işlemlerinin niteliği, işlem süreleri ve hastalardaki tedavi ile ilgili anjiyografik işlemlerin sonuçları ve kullanılan malzeme türleri ve yöntemleri not edilmiştir. Her iki mekanik trombektomi yönteminde işlemlere göre subgruplar oluşturulmuş, hasta dozları fluoroskopi zamanı, area doz [doz alan ürünü (DAP)] ve Entrance doz (cilt giriş dozu) değerleri, anjiyografi cihazına entegre yazılım ile elde edilen veriler üzerinden karşılaştırılmıştır. Sonrasında yeterli sayıda olguya ulaşıldıktan sonra sonuçlar uygun istatistik yöntemleri kullanılarak (SPSS programı) karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Direkt trombo-aspirasyon kullanılarak yapılan mekanik trombektomi ile tedavi edilen hastaların, stent-retriever trombektomisi ile tedavi edilen eşleştirilmiş hastalara kıyasla daha kısa floroskopi süresi ve ürün, prosedür sebebi ile daha düşük radyasyona maruz kaldıkları düşünülmüştür.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Serebral Arteriyel Anatomi

İntrakranial arterlerin anatomisi ile alakalı çalışmalar rönesans döneminden sonra hız kazanmıştır. İntrakranial sirkülasyon ile ilgili ilk tanımlamayı 1664 yılında Thomas Willis yapmıştır. 1800’lü yıllarda kranial damarların anomali ve çeşitlerinin yayınlamasının ardından 1900’lü yıllarda nöroanatomik çalışmalarda intrakranial vasküler dağılım bölgelerinin ortaya çıkarılması ile çeşitli klinik sendromlar tanımlanabilmiştir (Ökten ve Güzel, 2022).

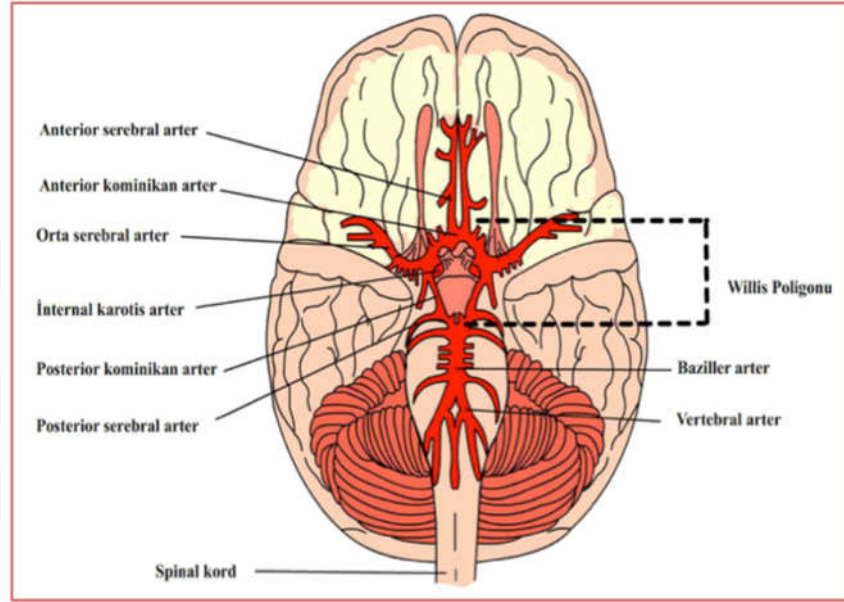
Beynin kanlanmasını sağlayan İntrakraniyal arteriyel anatomi, anterior dolaşım ve posterior dolaşım olarak 2 grupta incelenebilir. Beynin ana arterlerinden internal karotid arterlerin ikiye ayrılması ile anterior ve orta serebral arterler oluşur ve baziller arterin ikiye ayrılması ile posterior serebral arterler oluşur (Umudova., 2020) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Beyni besleyen arterler (Akçay, 2021)

Anterior sirkülasyon, intrakraniyal internal karotid arterler (ICA) ve dalları, anterior serebral arterler (ACA) ve orta serebral arterler (MCA) oluşturlar. Anterior komunikan arterler (ACom) ve posterior komunikan arterler (PCom) de anterior dolaşıma ait arterlerdendir (Atasoy, 2022; Karaça, 2019) Posterior sirkülasyon ise vertebral arterler (VA) ve baziller arter (BA) ile posterior serebral arterler (PCA) den meydana gelir. Anterior sirkülasyon ve posterior sirkülasyonun

birleştigi alandaki anastomotik halka, serebral perfüzyonun yeterli seviyede olmasını sağlayarak iskemi semptomlarını engelleyebilen Willis poligonudur (Şekil 2.2) (Karaça, 2019). Beyni besleyen arteriyel sirkülasyonun herhangi bir parçasının bozulması sebebiyle görülen serebrovasküler hastalıkların en yaygını inmedir (Chandra et al., 2017).

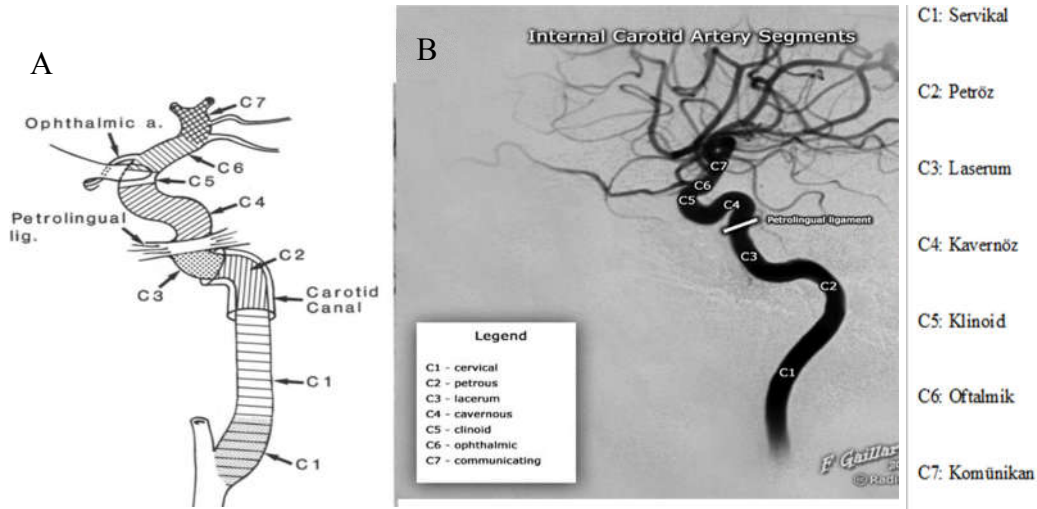


Şekil 2.2. Willis poligonu ve beyni besleyen arterler (Akçay, 2021).

2.1.1. Anterior Sirkülasyon

2.1.1.1. İnternal Karotid Arter (ICA)

İnternal karotid arterler, solda arkus aortanın, sağda ise brakiosefalik trunkustan çıkan ana karotid arterlerin (CCA) dallarıdır (Umudova, 2020). Ana karotid arter (CCA) bifurkasyonundan sonra oluşan dallar olan internal karotid arter (ICA) ve diğeri ise eksternal karotid arter (ECA) dir. İnternal Karotid arter Bouthilier sınıflandırma sistemine dayanarak ICA, servikal, petröz, laserum, kavernöz, klinoid, oftalmik ve komunikan segmentin oluşturduğu 7 farklı segmentten meydana gelmiştir (Şekil 2.3) (Karaça, 2019).



Şekil 2.3. Internal karotid arter segmentlerinin şematik görünümü (A), internal karotid arter segmentlerinin anjiyografik görünümü (B) (Bilgin, 2020).

Servikal segment (C1): CCA dan başlayarak karotid kanal girişine kadar devam eden, herhangi bir dalı bulunmayan ekstrakraniyel segmenttir (Karaça, 2019).

Petrozal segment (C2): Temporal kemiğin petröz kısmında seyreden bu segment karotid kanal aracılığı ile kafa tabanına girer ve iki dal verir. Bu dallar timpanik kaviteyi besleyen karotikotimpanik (vidian) arter, pterigoid kanalı besleyen pterigoid arterlerdir (Atasoy, 2022; Yılmaz, 2011).

Lacerum segment (C3): 5. kranial sinirin trigeminal ganglionu komşuluğunda, foramen lacerumun hemen üzerinde bulunan ve petröz apeksten kavernöz sinüse devam eden gösteren lacerum (C3) segmentinin herhangi bir dalı yoktur.

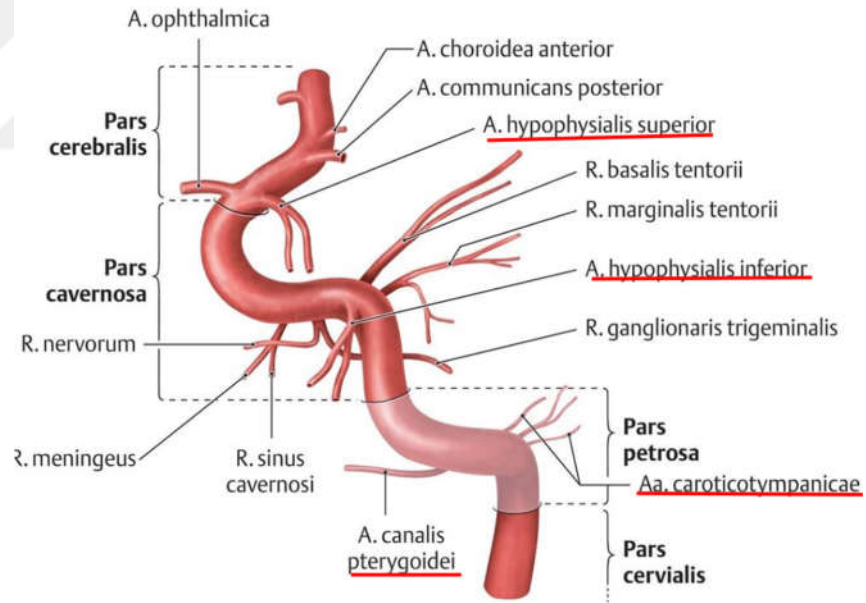
Kavernöz segment (C4): Önemli iki dala ayrılan kavernöz segment, internal karotid arterin klinik bakımdan çok önemli ve karmaşık yapıda olan segmentidir. Hipofizi bezini, klival durayı ve tentoryumu besleyen meningohipofizial turunkus ve kavernöz sinüste bulunan serebral sinirleri ve kavernöz sinüs durasının beslenmesini sağlayan inferolateral turunkus olmak üzere iki ayrı dalı bulunan kavernöz segment, petrolingual segmentten başlayarak kavernöz sinüse girerek devam eder (Şekil 4) (Karaça, 2019; Atasoy, 2022).

Klinoid segment: ICA nın en kısa segmenti olan klinoidal segment, optik kiazmanın lateralinde, kavernöz sinüsten çıkışından itibaren anterior klinoid

çıkıntıya kadar devam eden oftalmik arterin klinoid segmentten köken almadığı durumlar dışında herhangi bir dalı olmayan segmenttir (Karaça, 2019; Atasoy, 2022; Yılmaz, 2011)

Oftalmik segment: Subaraknoid alanda bulunan ilk ICA segmenti olan oftalmik segment distal dural halkadan başlayan ve posterior komünikan arterin orjinine kadar uzanan, iki dala ayrılan segmenttir. Oftalmik arter ve süperior hipofizial arter olmak üzere iki dala ayrılan bu segmentin tıkanıklığına sebep olabilecek tromboembolik olaylarda kalıcı görme kayıpları olabilir (Şekil 4).

Komünikan segment: İnternal karotid arterin son segmenti olan komünikan segment Posterior komünikan arter (PCoM) ve anterior koroidal arter ((AKrA) olarak iki önemli dala ayrılır (Şekil 2.4). Bu segment PCoM un altından başlayarak ACA VE MCA ayrımının olduğu ICA nın temel bifürkasyonuna kadar uzanım gösterir (Atasoy, 2022).



Şekil 2.4. İCA dalları (Atasoy, 2022)

2.1.1.2. Anterior Serebral Arter (ACA)

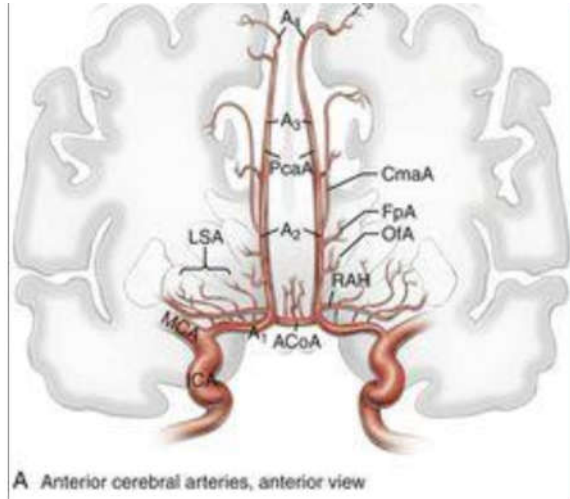
Frontal, prefrontal, primer motor, primer duyuşal ve yardımcı motor kortekslere kan akımının sağlanmasından sorumlu olan ACA, ICA nın medialinde

ve ICA'nın terminal dallarından daha küçük olanıdır. Sağ ve sol karotis sisteminde ilişkinin sağlanması, her iki anterior serebral arterin interhemisferik bölgede anterior kommuniken arter ile bağlanmasıyla oluşur. A1 horizontal segment, A2 vertikal segment, A3 kallozal olmak üzere 3 segmente ayrılır (Şekil 5) (Karaça, 2019; Umudova, 2020; Atasoy, 2022).

A1 (horizontal) segmenti: ACA'nın ilk segmenti olan A1, ICA bifurkasyonundan AKom vasıtasıyla kontralateral ACA'ya bağlandığı düzeye kadar yatay olarak uzanan, her iki ACA bölgesinin kan akımını sağlayan segmenttir.

A2 (vertikal) segmenti: A1 – Acom bileşkesinden başlayan korpus kallozumun rostum ve genu birleşimi seviyesine dek dikey olarak devam eden segmenttir. Frontal lob tabanını ve inferomedial tarafını A2'yi oluşturan dallar besler.

A3 (kallozal) segmenti: Korteksi besleyen A3, korpus kallozum genu seviyesinde perikallozal ve kallozomajinal olarak iki dala ayrılır (Karaça, 2019; Atasoy, 2022).



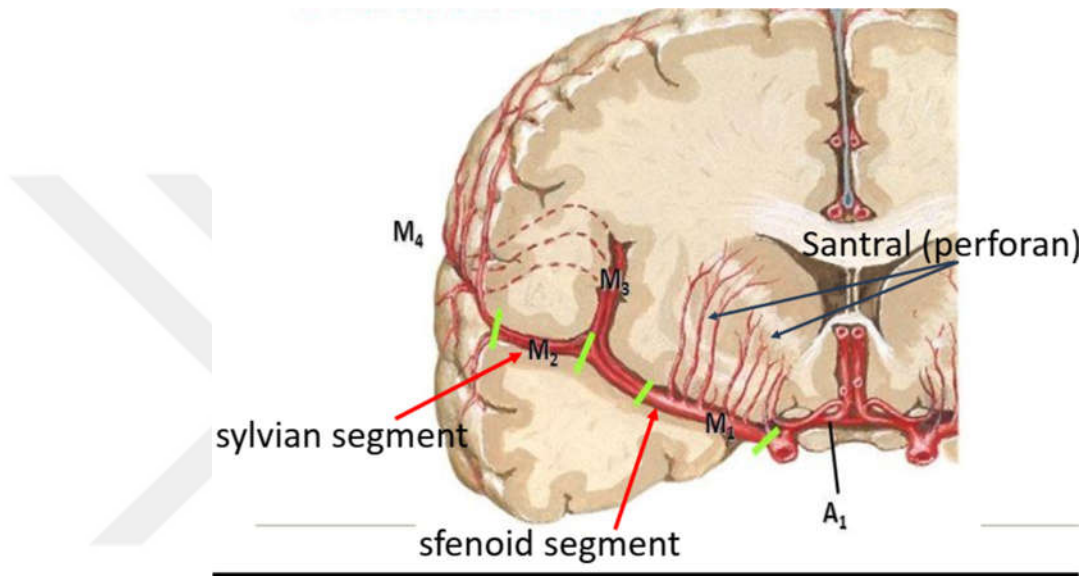
Şekil 2.5. Anterior serebral arter (ACA) segmentlerinin anterior görünümü (Önder, 2023).

2.1.1.3. Orta Serebral Arter (Middle Cerebral Artery, MCA)

MCA, internal karotid arterin ana dallarının en genişidir. Sylvian fissür ve insuladan geçen ve beyin lateral yüzündeki alanla birlikte, bazal ganglionların bir

bölümünün ve internal kapsülün kan akımını üstlenen en geniş sulama alanını sahip ana serebral arterdir. İskemik inmelerin çoğunluğundan sorumlu en fazla oklüzyon görülen arter olan MCA anevrizmaların en sık görüldüğü arterlerden 3. sıradadır (Karaça, 2019; Umudova, 2020; Prince and Ahn, 2013)

MCA'nın, Sfenoidal (M1), İnsular (M2), Operkular (M3), Kortikal (M4) segmentlerinin oluşturduğu 4 segmenti bulunur (Şekil 6).



Şekil 2.6. MCA segmental anatomisi (Önder, 2023).

M1 (Sfenoidal) segmenti: MCA orjininden başlar ve silvian fissür seviyesine kadar yatay olarak devam eder. Sfenoid segment olarak adlandırılmasının da sebebi sfenoid kemik kanat boyunca devam etmesidir. Putamen lateralinin (externa), kaudat çekirdeğinin ve dış (eksternal) kapsülün beslenmesini üstlenen lateral lentikülostriat arterler ve beyin yan tarafında yerleşimli temporal lobun ön kısmını besleyen anterior temporal arter dalları sfenoidal (M1) segmentin önemli dallarıdır.

M2 (insular) segmenti: Bifurkasyondan veya trifurkasyondan sonra başlar ve silvian fissürün içinden yukarıya devam eder (Karaça G., 2019) İnsula, superior temporal lob, parietal lob ve inferolateral frontal lobun beslenmesinden sorumludur (Hui et al., 2020). Bifürkasyon veya trifurkasyondaki açılanmalar mekanik trombektomi de kullanılan kateter ve cihazların hedef bölgeye ulaşmasını zorlaştırabilir (Atasoy, 2022).

M3 (operküler) segmenti: Sylvian fisürün sonlandırıcı, fissürün üst tarafında olan parietal lob ve temporal lob parçalarının altında devam eden segmenttir.

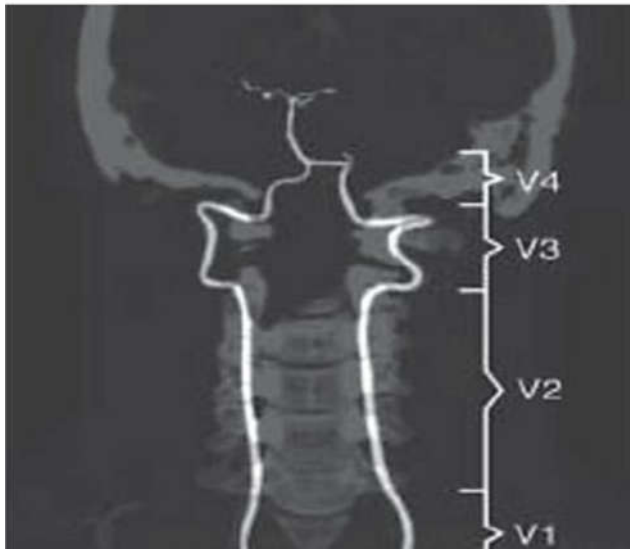
M4 (kortikal) segmenti: Çeşitli varyasyonlara sahip olan M4, Serebral hemisferin yan tarafında dallanarak korteksi besleyen segmentidir (Karaça, 2019; Atasoy, 2022).

2.1.2. Posterior Sirkülasyon

2.1.2.1. Vertebral Arter (VA)

Her iki tarafta subklavian arterlerden orjin alan bu arterler, foramen magnumdan geçerek, ponsun ön tarafında orta hatta birleşmesiyle baziller arteri meydana getirirler (Afifi and Bergman, 1998; Atasoy, 2022). Spinal kord, beyin sapı, serebellum ve posterior serebral hemisferin beslenmesini sağlarlar. VA, V1 (ekstraosseöz) V2, (foraminal) V3, (ekstraspinal), V4 (intradural) olarak dört segmentte incelenebilir (Şekil 7) (Karaça, 2019).

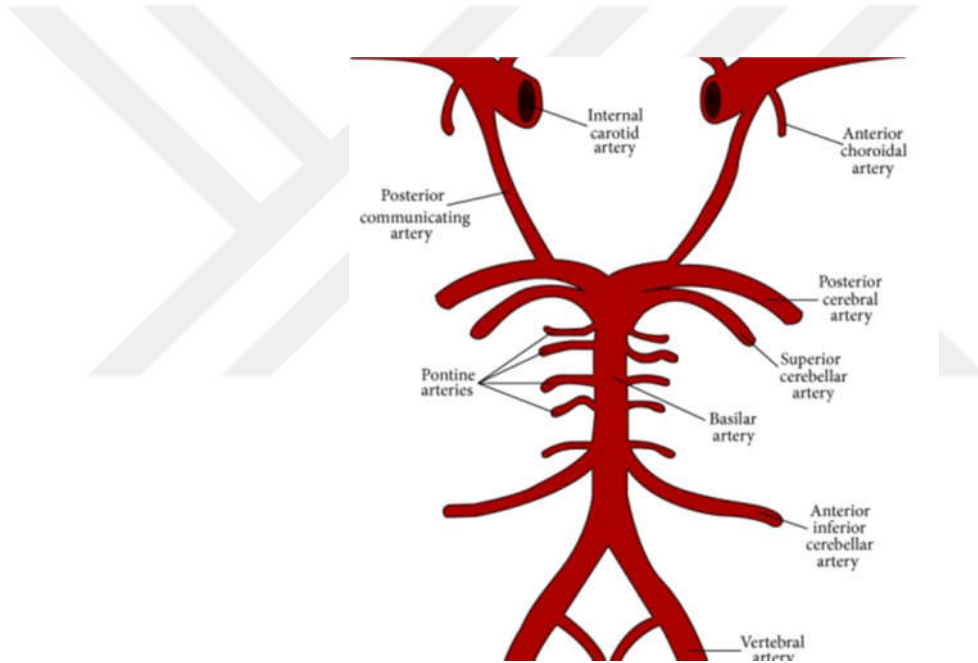
Boynun her iki tarafındaki subklaviyen arterin arka üst kısmından çıkar ve yukarı doğru servikal 6 boyun omurgası seviyesinde transverse foramenden girer ve bu kanallar içerisinde yukarı doğru uzanır. Spinal kord, beyin sapı, serebellum ve posterior serebral hemisferin önemli bir bölümünü besler.



Şekil 2.7. Vertebral arter segmentleri (Atasoy, 2022).

2.1.2.2 Baziler Arter (BA)

Sağ ve sol vertebral arterin beyin sapı ve pons seviyesinde birleşmesiyle oluşan baziller arter ponsun ön tarafındadır ve interpedinküler fossa seviyesinde ikiye ayrılır ve posterior serebral arterleri (PCA) oluşturur. Mezensefalon ve ponsun beslenmesini sağlarlar. Bu bölgede meydana gelen inmelerde genellikle Locked-in sendromu ortaya çıkar (Wikipedia, 2022). BA dört önemli dala ayrılır. Bunlar Anterior inferior serebellar arter (AICA), pontin perforan arterler, süperior serebellar arter (SSA), posterior serebral arter (PCA) dir (Şekil 2.8) (Karaça, 2019).



Şekil 2.8. Baziler arter ve dalları (Atasoy, 2022)

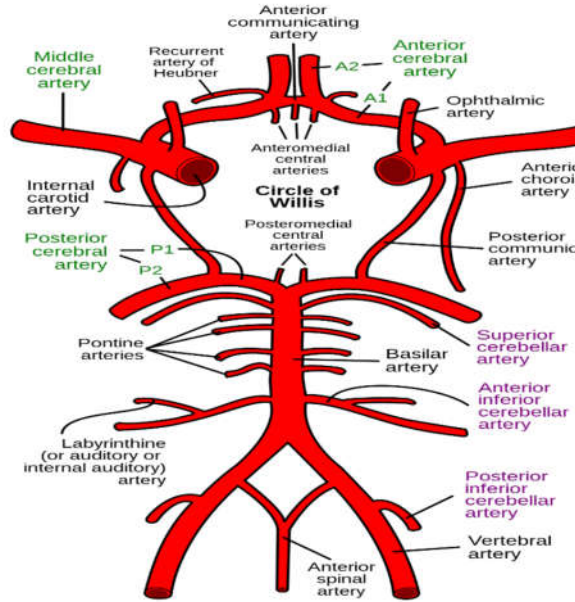
Anterior inferior serebellar arter (AICA): Baziller arterin, beyin sapı ile ponsun birleştiği seviyeden çıkar. Anterior inferior serebellar arterin tıkanıkları çok görülmez, ancak nadiren görülen tıkanıklık durumlarında lateral pontin sendromu ya da AICA sendromu olan sendrom görülebilir (Wikipedia, 2022).

Pontin perforan arterler: Ponsun anterolateral, posterolateral dallarının beslenmesini sağlayan arterlerdir (Atasoy, 2022).

Süperior serebellar arter (SCA): Mezensefalonun bir kısmını ve beyinciğin üst tarafının kan akımını sağlar (Karaça, 2019).

Posterior serebral arter (PCA): Baziller arterin ana dallarından olan ve baziller arterin çatallanması sonucu oluşan PCA, temporal ve oksipital lobların beslenmesini üstlenir. PCA bağlı inmelere, anterior dolaşım sistemine bağlı inmelere göre çok daha az görülür. Tüm iskemik inmelere içinde yaklaşık olarak %5-10 gibi bir oranda görülür (doktorfizik, 2022). PCA 4 segmentte incelenir. Bu dört segment Prekomunikan (mezensefalik) segment (P1), Ambient segment (P2), kuadrigeminal segment (P3), kalkarin segmenti (P4) dir (Atasoy, 2022).

Willis poligonu; Anterior ve posterior dolaşımı sağlayan ICA ve VA'nın birbirleriyle anastomoz yaparak birleştiği büyük arteriel halka şeklindeki alan, willus poligonudur. Anterior ve posterior dolaşımı birbirine bağlayan bu alanın, ani gelişen vasküler tıkanıklıklar ve kritik seviyedeki darlıklar halinde kollateral sistemden kan akımını devam ettirmesi büyük katkı sağlar (Bilgin, 2020) (Şekil 2.9)

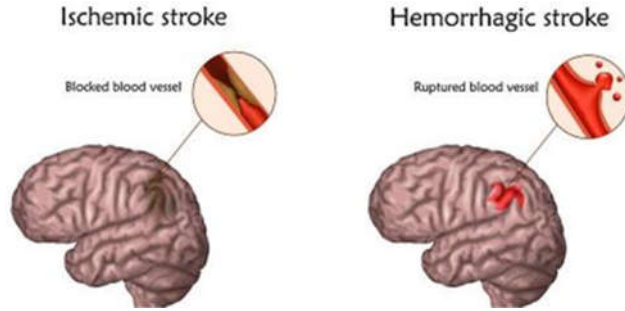


Şekil 2.9. Willis poligonu anatomisi (Atasoy, 2022).

2.2. Akut İskemik İnme (Stroke)

İnme dünya sağlık örgütü tarafından vasküler sebeplerle başka bir neden bağlı olmadan, serebral kan akımının bozulmasına bağlı nörolojik fonksiyon kayıplarına yol açabilen veya ölümle sonuçlanabilen ani başlangıçlı ve bulguların hızla yerleştiği klinik sendrom olarak tanımlamıştır (Sacco et al., 2013).

Nörolojik defisit, sakatlık ve ölüme neden olan inme, iskemik ve hemorajik inme olarak iki gruba ayrılır (Şekil 2.10). İnmelerin yaklaşık, % 80-85 ini oluşturan iskemik inme, büyük arterlerde oluşan ateroskleroz, tromboembolizm, küçük damarlardaki tıkanıklık, kardiyembolizm ya da farklı sebeplerden dolayı serebral bir damarda oklüzyon gelişmesi sonucu oluşabilir. İnmelerin %15-20 sini oluşturan hemorajik inmeler ise, serebral amiloid anjiyopati, hipertansiyon, anevrizma oluşumu ya da arteriovenöz malformasyon gibi nedenlerle damarsal yapının bozulmasıyla oluşan kanamaya bağlı olarak gelişebilir (Valji, 2012). Hemorajik inmelerin %7 subaraknoid kanama (SAK), %8'i intraserebral kanama sonucu oluşur. Hemorajik inme ve iskemik inmenin alt grupları tedavi yöntemleri bakımından farklılık gösterir. Klinik tedavi açısından inmenin etiolojisinin belirlenmesi çok önemlidir (Bilgin, 2020).



Şekil 2.10. İnme çeşitleri (Kapçı, 2022).

Serebrovasküler hastalıklara bağlı inmelerin en sık görüleni iskemik inmedir. İskemik inme, travmatik olmayan sebeplerle gelişen, beyni besleyen damarlarda daralma ve tıkanıklık nedeniyle fokal serebral kan akımının azalması veya tamamen kesilmesiyle beyin dokusunda nörolojik hasar meydana gelmesiyle oluşan, ani gelişen klinik tablodur (Günaydın, 2022). Tüm inmelerin %30 unu, büyük damar oklüzyonunu (BDO) kaynaklı akut iskemik inme (Aİİ)

oluşturmaktadır (Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2017). BDO ile ilişkili akut iskemik inme sıklıkla ölüm ya da fonksiyonel bozukluk ile sonuçlanabilir.

İskemik inmelerin %75-80'i anterior sirkülasyon, %20-25'i posterior sirkülasyon kaynaklıdır (Katırcı, 2009). İnme zaman odaklı bir sendromdur ve zamansal parametreleri çeşitli gruplarda sınıflandırılabilir. Bu zamansal değişikliklere göre sınıflandırma 0-6 saat için erken hiperakut dönem, 6-24 saat için geç hiperakut dönem, 24 saat-1 hafta için akut dönem, 1-3 hafta için subakut dönem ve 3 hafta üzeri için ise kronik dönem şeklindedir. Bu zamansal profiller reperfüzyon tedavilerinin gerçekleştirilmesinde hastalığın prognozu açısından büyük önem taşır (Karaça, 2019).

2.2.1. İnme Epidemiyoloji

Dünyada her yıl 17 milyona yakın kişi inme geçirmektedir. 6 milyona yakını bu sebeple hayatını kaybetmekte ve yaklaşık olarak 5-6 milyon kişide kalıcı olarak engelli olarak kalmaktadır (Karaça, 2019). İnme geçiren hastaların sadece üçte birine yakın kısmında belirli oranlarda iyileşmeler görülür (Atasoy, 2022).

Amerikan İnme Derneği (ASA) ve Amerikan Kalp Derneği (AHA) ne göre, Amerika'da her sene 795.000'e yakın kişi akut iskemik inme geçirmekte ve aynı yıl içerisinde bu hastaların yaklaşık %20 si inme nedeniyle hayatını kaybetmektedir (Karaça, 2019).

Birçok batı toplumunda nüfusun her yıl %0,2 sini etkileyen akut iskemik inme, dünya genelinde tüm ölümlerin %12,1 inden sorumlu olup, iskemik kalp hastalıklarından sonra 2. sırada yer alır. Dünya çapında inmelerin çoğunluğu (%69) orta-düşük gelirli ülkelerde görülür (Hankey et al., 2013).

Türkiye'de damar hastalıklarına bağlı ölüm oranı yaklaşık %45 olup, inme en sık 2. ölüm nedenidir. . Türkiye'de belirlenen inmelerin oranının %71 i iskemik, %29 u hemorajik inmelerdir. Her yıl yaklaşık olarak 132.000 yeni vaka görülür (Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021). SVO insidansı 150/100000 dir. Ülkemizde inme, yetişkinlerde maluliyetin birinci sebebidir ve yaşayanların %40 ı engelli, %20 si ise bakıma muhtaç engellidir (Karabulut, 2022).

SVH ile ilgili ölüm oranları kadınlarda %15,7, erkeklerde ise %15,5 oranlarında olduğu saptanmıştır. Yaş ilerledikçe inme görülme riski ve sıklığı her iki cinsiyette de artmaktadır (Sağlık Bakanlığı R, Hıfzıssıhha Merkezi Müdürlüğü, 2004).

İnme genellikle 65 yaş üzerinde kişilerde görülür (yaklaşık %75). İnme nedeniyle bu hastaların yaklaşık üçte biri inme başlangıcından itibaren ilk bir yıl içinde hayatını kaybeder. Yaşayanların yarısından çoğu fonksiyonel bağımsızlıklarını kaybettikleri için başkalarına bağımlı olarak hayatını sürdürür (Atasoy, 2022).

Sık görülen psikososyal toplumsal yıkım ve ekonomik yükler oluşturan inmenin yıllık toplumsal ekonomik yükünün 70 milyon \$'ın üzerinde olduğu saptanmıştır. Bu sebeple iskemik inmeye bağlı gelişebilecek sonuçlara engel olmak veya iyileştirmek halk sağlığı açısından büyük önem teşkil etmektedir (Karaça, 2019).

2.2.2 İskemik İnme Etiyolojisi

1848 yılında ilk defa iskemik inmelerin farklı nedenler ile oluşabileceği fikri Rudolf Virchow tarafından öne sürülmüştür. 1950'lerde inme tedavisinde heparinin kullanılmasından sonra inme mekanizmaları trombotik ve embolik olarak iki kategoriye ayrılmaya başlanmıştır (Ay, 2011).

İskemik inme oluşumuna sebep olan mekanizmaları hemodinamik, trombotik ve embolik olarak sınıflandırmak mümkündür. Nadir olarak görülen hemodinamik iskemiler, genellikle proksimal arterlerde daralma veya tıkanıklık sebebi ile beyin kan akımının kritik seviyelerin altına düşmesiyle gelişir. Genelde hipoperfüzyona karşı en yatkın alan olan “border zone- watershed” alanlarında oluşur. Hipotansiyonda da hemodinamik infarktlar görülebilir. Trombotik inmeler, genel olarak trombüsün, damarın daralmasına sebep olan aterosklerotik plak üzerine yerleşimiyle gelişen oklüzyon sonucu gelişir. Büyük ve küçük damar hastalıkları olarak iki grupta incelenir.

Embolik infarkt, beynin beslenmesini sağlayan arterlerin kollateral akımının bulunduğu bölgenin alt tarafında emboli nedeniyle tıkanıklık meydana gelmesi ile gelişir (Özel, 2021). İskemik inmede etiyolojik alt tipinin tanımlanması, tanı ve

tedavinin etkinliği bakımından çok mühimdir. 1993 senesinden beri iskemik inmenin altta yatan nedene dayanarak sınıflandırılmasında TOAST (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment) çalışması kullanımı en yaygın olan sistemdir. Bu sistemin oluşturulmasında inme geçiren hastaların klinik özellikleri, laboratuvar değerleri ve görüntüleme özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu sınıflandırma sisteminde iskemik inme, geniş arter ateroskleroza, kardioembolizm, küçük damar oklüzyonu, diğerk etyolojik nedenlerle bağlı olan ve etyolojisi belirlenemeyen infarktlar olarak 5 gruba ayrılmıştır (Karaça, 2019).

Büyük arter ateroskleroza

Beynin beslenmesini sağlayan büyük ekstrakranial ve intrakranial arterlerdeki görülen hastalık sebebinin, en sık olanı aterosklerozdur. İskemik inmelerin %15-40'ı ateroskleroz kaynaklıdır (Karaça, 2019). Ateroskleroz iki şekilde iskemiyeye sebep olur. Aterosklerotik plak damar lümenini ciddi daraltarak kan akımını kritik seviyelerin altına düşürebilir veya plak nedeniyle darlık olan alanda aterosklerotik plağa tutunan trombüs nedeniyle damar lümeninde tıkanıklık gelişebilir. (zel, 2021). Karotid bifürkasyon ve ICA kavernöz segmenti ateroskleroz plakların en fazla görüldüğü seviyedir. MCA ateroskleroz nedeniyle en sık oklüzyon görülen arterdir (Karaça, 2019).

Kardioembolizm

İskemik inmelerin %20-35'i kardioembolizm kaynaklıdır. Kardioembolik inmenin tanısında, kardiyak embolinin kaynağının belirlenmesi ve diğerk inme sebeplerinin ekarte edilmesi gerekir. Embolide, trombüsten ayrı olarak, farklı vasküler bölgelerinin etki altında kalması, birçok infarkt alanının olması ve aynı anda sistemik emboli varlığı kardio-aortik kaynağı işaret eder (Karaça, 2019).

Küçük damar oklüzyonu (Laküner İnfarkt)

Beyin sapı, internal kapsül ve bazal ganglionlar gibi beynin derin yapılarını besleyen perforen arterlerdeki tıkanıklık nedeniyle gelişir. Laküner infarktlar genellikle hipertansiyon ve diabetes mellitus hastalığı olan yaşlı kişilerde daha sık görülen kk infarkt alanlarıdır. Tüm iskemik inmelerin %15-30 unu oluşturur. Nöroradyolojik görüntülemede çapı 2 cm'den kk infarkt sahaları olarak gözlemlenirler (Utku, 2007).

Diğer bilinen nedenlere bağlı inme

MSS Vaskülitleri, subkortikal infarkt ve lökoensefalopati ile giden otozomal dominant serebral arteriyopati (CADASIL) ve serebral amiloid anjiyopati gibi nadir küçük damar hastalıkları, fibromusküler displazi, diseksiyon ve hemotolojik bozukluklar gibi iskemiye sebebiyet verebilecek ender görülen hastalıklar bu gruba dahildir ve tüm iskemik inmelerin %3-7 si bu kategoride değerlendirilir (Bahçeli, 2019; Amort et al, 2012).

Etiyolojisi belirsiz inme (kriptojenik)

Gerekli tüm tetkikler yapıldığı halde inme nedeni bulunamayan inmeler, multipl etiyolojik nedene sahip ya da yeterli tetkik edilemeyen iskemik inmeler bu kategoriye dahil edilir (Utku, 2007).

2.2.3. İskemik İnme Risk Faktörleri

Yaşlanan nüfusla birlikte önemli ve önlenebilir bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkan iskemik inmede uygulanan gelişmiş tedavi yöntemlerine rağmen primer koruma en etkili yöntemdir. İnmenin risk faktörlerinin bilinmesi ve değiştirilebilir risk faktörleri konusunda tedbir alınması, inmeye bağlı ölüm ve sakatlık oranını düşürerek toplum üzerindeki olumsuz etkilerini azaltacaktır. İskemik inmeye neden olan faktörler değiştirilemeyen risk faktörleri ve değiştirilebilen risk faktörleri olarak 2 başlık altında toplanabilir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. İskemik İnme İçin Risk Faktörleri

Değiştirilemeyen Risk Faktörleri	Değiştirilebilir Risk Faktörleri
Yaş Cinsiyet İrk/Etnisite Aile öyküsü ve genetik	Hipertansiyon DM Dislipidemi Asemptomatik karotis stenozu Atriyal fibrilasyon Orak hücreli anemi Obezite ve vücut yağ dağılımı Sigara Yüksek alkol tüketimi Diyet ve beslenme Düşük fiziksel aktivite Kardiyak nedenler Hematolojik bozukluklar Stres ve depresyon Uykuda solunum bozuklukları

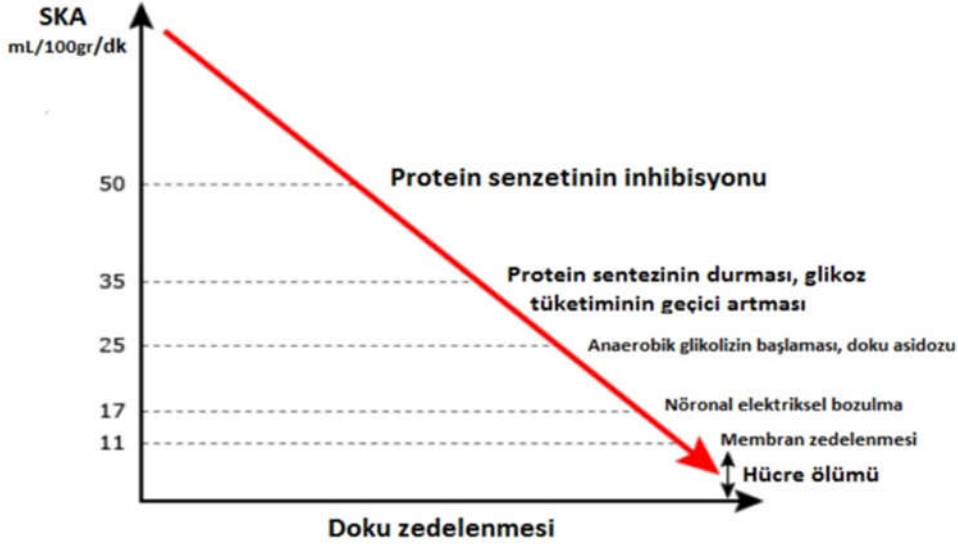
İnmelerin yaklaşık %70'e yakını 65 yaş üzerinde görülür. Yapılan çalışmalar, 65 yaş ve üzerinde inme prevalansının 46,1-73,3/1000 oranında olduğunu göstermektedir. İnme riski 55 yaş sonrasında her on yıl için 2 katına çıkar. İnme erkeklerde, kadınlara göre kadar daha sık görülür. İnme prevalansı erkeklerde 58,8-92,6/1000 dir. Kadınlarda bu oranın 32,2-61,2/1000 kişiye kadar düştüğü görülür (Mehdiyev, 2016). Genç ve orta yaşlarda erkeklerde inme riski kadınlara göre daha yüksek olduğu halde 75 ve üzeri yaşlarda bu risk kadınlarda daha yüksektir (Mehdiyev, 2016). Birinci derece akrabalarda soy geçmişte inme öyküsü, yüksek inme riski taşır. Beyaz ırkta inme riski siyah ırka ve sarı ırka göre daha azdır. Kalp hastalıklarının inme riskini artırdığı saptanmış bunların arasında yapılan çalışmalarda en önemli etkenin atriyal fibrilasyon olduğu gösterilmiştir. Diabetes mellitus ateroskleroz eğilimini, hipertansiyon tıkalı ateroskleroz ve laküner infarkt oluşumunu, hiperlipidemi ve obezite ateroskleroz riskleri arttıran faktörlerdendir. Hipertansiyon iskemi riskini 4 kat arttırmaktadır ve inmelerin yaklaşık olarak %70'inden sorumludur. Literatürdeki çalışmalarda kontrol altında tutulan hipertansiyon ile inme insidansının %30-40 oranlarında düşürülebileceği saptanmıştır. Sigara kullanımı, kan viskozitesinde artışa sebep olup, inme riskini 2 kat arttırmaktadır. Karotis arter üfürümü ve stenozu, hematokrit düzeyindeki

artma, hemakonsantrasyon, yüksek miktarlardaki alkol kullanımı inme riskini artıran faktörler arasındadır (Morkavuk, 2017).

2.2.4. İskemik İnme Patofizyolojisi

Beyindeki hücreler ortamda yeterince oksijen ve glikoz bulunduğu sürece canlılıklarını devam ettirebilirler. Beyin, biyolojik ve kimyasal mekanizmasını sürdürmek için ihtiyacı olan oksijen ve glikozu, kardiyak debinin %15 i olan 800 ml ye yakın kan akımı yoluyla karşılar (Atasoy, 2022). Ortalama serebral kan akımı basıncı 90 mmHg dolaylarındadır. Kan akımı basıncı 60 mmHg nin altında ve 150 mmHg nin üstünde seyrettiğinde beyin dokusu, bu durumu tolere edemez. Kan akımının 150 mmHg ya çıkması halinde beyin ödemi, 60 mmHg nin altına düşmesi durumunda ise iskemi riski gelişebilir (Mehdiyev, 2016). Kan akımı basıncı nın 60 mmHg nin altına düşmesi durumunda beyin dokusu bu durumu telafi kabiliyeti düşer ve kan akımında kritik seviyelerin altına düşme eğilimi görülür.

Serebral kan akımının 50mL/100gr/dk altında seyretmesi halinde protein sentezi azalır ve 35mL/100gr/dk ya düştüğünde ise protein sentezi tamamen kesilir. Glikoz kullanımı geçici olarak artsa da kan akımının 25mL/100gr/dk seviyesine düşmesiyle anaerobik glikoliz tetiklenir ve laktik asidoz gelişimi ile glikoliz kullanımı kritik seviyelere kadar azalır (Mehdiyev, 2016). 16-18mL/100gr/dk seviyesine kadar düşen kan akımında nöronların fonksiyonu durur ancak fizyolojik olarak canlılıklarını sürdürürler. 10-12mL/100gr/dk nin altına düşen kan akımı iyon dengesinin bozulmasıyla kalıcı nöron hasarı meydana getirir (Şahan vd., 2010). Bu seviyedeki kan akımı, enfarktüs oluşumu için sınır değerdir (Grafik 2.1).



Grafik 2.1. SKA'nın azalmasıyla beyin dokusunda oluşan mekanizmalar (Mehdiyev, 2016)

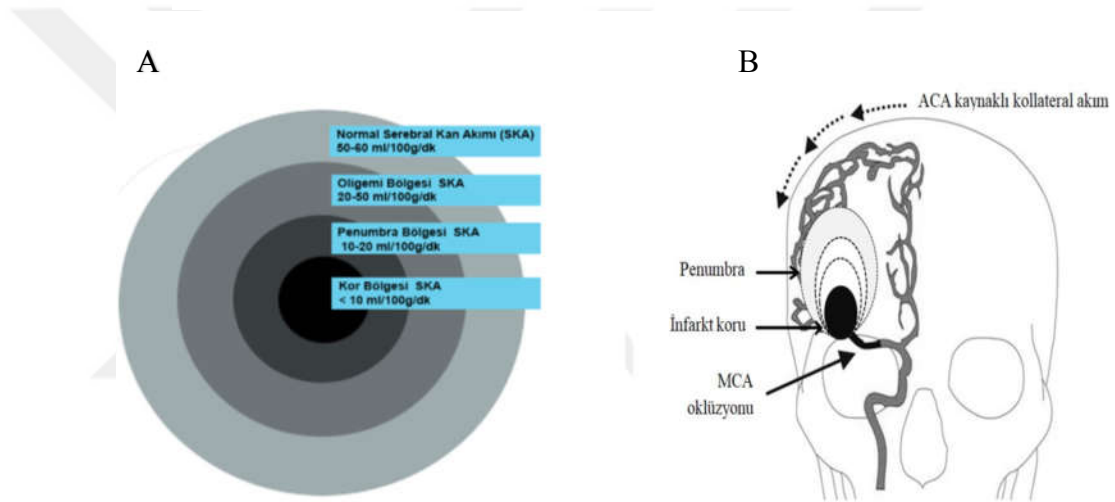
Beyni besleyen kan akımının azalması veya kesilmesi sonucu iskemik inme oluşur. Serebral iskemide nedeniyle tetiklenmiş hücreler ve moleküler olaylar sonucu, hücre ölümü ve dokuda infarkt gelişir. İskemik dokunun akıbeti iskemik olayın şiddetine ve süresine bağlıdır (Yemişçi, 2004).

İskemik doku alanı 3 bölgeden oluşur (Şekil 11). Birinci alan olan çekirdek iskemik alanın merkezindeki çekirdek (core) alanıdır. Kan akımının 10 mL/100gr/dk eşik seviyenin altında seyrettiği, kalıcı hasar, hücre ölümü ve nekrozun izlenebileceği iyon dengesinin tamamen bozulduğu alanıdır. İyon homeostazının iflas ettiği, yapısal bütünlüğünü tamamen kaybetmiş bu alanda hücre dışı alandaki Na, Ca ve su hücre içine taşınırken hücre içindeki K hücre dışına çıkar. Bunun üzerine sitotoksik ödem ve geri-dönüşsüz hücre kaybı ve hücre ölümü zinciri başlatılmış olur. Çekirdek bölgesindeki hücreler çok hassastır ve olayın başından itibaren ilk birkaç dakika içerisinde apoptozis gelişebilir (Mitsios et al., 2006).

İkinci alan penumbra alanıdır ve iskemik inme tedavilerinde hedef bu alanı kurtarmaktır. Akut iskemik inme tedavilerinin hepsinde penumbrayı korumada en etkili yol erken revaskülarizasyondur. Penumbra alanı kan akımının 10-20 mL/100g/dk civarında olup tedavi edilmediği durumlarda enfarktüse doğru giden, dinamik özellikte olan alanıdır. İyon dengesinin tamamen bozulduğu çekirdek alanının çevresinde bulunan penumbra, elektriksel aktivitesi yetersiz olduğu halde, biyokimyasal bütünlüğünü halen koruyan, yaklaşık dört-altı saat kadar

canlılığını kaybetmeyen alandır (Mehdiyev, 2016). Penumbra alanının en hızlı şekilde reperfüzyonu gerçekleştirilebilirse kalıcı hasar engellenebilir ya da en az seviyede tutulabilir. Hızlı reperfüzyonun sağlanamadığı durumlarda bu bölgede geri dönüşsüz hasar meydana gelir ve bu alan çekirdek alanına dönüşerek nekroz gelişir. Bu nedenle zamanında sağlanan rekanalizasyon ve reperfüzyon ile bu alan kurtarılabilir ve nöronal kayıplar en alt seviyede tutulabilir. İskemik inme olayında beyin = zaman görüşü bu yüzden önemlidir.

Oligami bölgesi iskemik alanın 3. Bölgesi olup kan akımı 20-50 mL/100g/dk'dır. Bu bölgede kan akımı normalin altındadır ancak iskemi riski taşımaz. Bu alan penumbranın çevresindeki alandır (Akçay, 2021).



Şekil 2.11. A: İskemik alanın bölgeleri (Akçay, 2021), B: Sağ orta serebral tıkanıklığında oluşan dinamik süreç (Karaça, 2019)

2.2.5. İskemik İnmede Tanı

Ani gelişen nörolojik hasara neden olan akut iskemik inme yönetimi, klinik değerlendirmelerin, laboratuvar ve nöroradyolojik görüntülemenin en hızlı şekilde gerçekleştirilmesinin ardından semptomların patofizyolojik nedenlerinin belirlenmesiyle, hastaya en faydalı olacak tedavinin uygulanmasını kapsar (Karaça, 2019).

İnme hastalarında hastalığın prognozunda en önemli etken erken müdahaledir. Hastaneye başvurudan itibaren 45 dk içerisinde, nörolojik ve fizyolojik muayenelerin yapılmasının ardından, radyolojik görüntüleme bulgularının yorumlanması ve uygun tedaviye karar verilmesi gerekir.

İnme semptomları görülen hastalara tanı konmasında, olayla ilgili öykünün alınması, semptomların başlangıç zamanı, süresi, inme gelişmesine sebep olabilecek yandaş tıbbi öykü, fizik ve nörolojik bakı ilk basamağı oluşturur. Hastanın öyküsü, fizik ve nörolojik muayene bulguları, inmenin tanımlanmasında, olası sebeplerinin belirlenmesinde, yerinin ve ciddiyetinin saptanmasında önem taşır. Bulgular iskemik inme ve hemorajik inme ayrımında bilgi verebilir (Grotta et al. 2016).

Nörolojik değerlendirmede inmenin şiddeti, NIHSS olarak adlandırılan inme ölçeği (National Institutes of Health Stroke) ve Modifiye Rankin Skalası (modified Rankin Scale, mRS) kullanılarak değerlendirilir.

mRS: 1957 yılında inme sonuçlarının değerlendirilmesi için, inme sonrası özürlülük durumunu belirlenmesinde kullanılan skaladır. mRS fonksiyonel bağımsızlığın ölçülmesi, vücut fonksiyonları, aktivite durumu ve katılımın Dünya Sağlık Örgütü bileşenlerinin dahil edilmesiyle olur. Ölçek yedi farklı dereceden oluşmuştur (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Modifiye Rankin Skalası (modified Rankin Scale, mRS)

Semptom yok
Semptomlara rağmen önemli bir sakatlık yok (günlük işlerini halledebiliyor)
Hafif sakatlık (eskiden yaptığı bazı aktiviteleri yapamıyor ancak yardımsız yürüyebilmekte)
Orta derecede sakatlık bazı yardımlara kısmen ihtiyaç duysa da kendi başına yardımsız yürüyemiyor.
Orta derecede ağır sakatlık (yardımsız yürüyememekte, kendi bedensel gereksinimlerini yardımsız yapamamakta)
Ağır sakatlık (yatağa bağımlı, inkontinansı var, sürekli bakım gerekmekte)
Ölüm

NIHHS: Toplam 15 maddeden oluşan hastanın nörolojik fonksiyonların kontrol edildiği tedavi sonucunda 90 günlük prognozu tahmin etmeye yarayan maksimum 42 puanla derecelendirilebilen ölçektir (Tablo 2.3). Bu ölçekte, hastanın bilinç seviyesi, motor ve duyuşal işlevi, görme alanı, konuşma (dizartri), dili (afazi), extremité gücü ve farkındalık durumları dikkate alınır. 0 puan normali gösterirken puanın gittikçe yüksek derecelere çıkması klinik tablonun ağırlaştığını gösterir (Kunt ve Püllüm, 2021).

Tablo 2.3. Ulusal Sağlık Enstitüsü İnme Ölçeği- NIHSS (Aköz.2020)

NIHHS SKORLARI	
SKOR	İNME ŞİDDETİ
0	İNME SEMPTOMU YOK
1-4	HAFİF SEYREDEN İNME
5-15	ORTA ŞİDDETTE İNME
16-20	ORTA- ŞİDDETLİ İNME
21-42	ŞİDDETLİ İNME

NIHHS nörolojik muayenenin yerini tam olarak tutmasa da inme hastalarında oklüzyon yerinin ve seviyesinin belirlenmesinde de fikir verebilir. Fischer ve arkadaşlarının çalışmalarında, baziler arter trombozunda ve internal karotid arter oklüzyonlarında NIHHS en yüksek seviyede görülürken, periferde tıkanıklıkları olan hastaların NIHHS skorları düşük seviyelerde izlenmiştir (Fischer et al., 2006). İnme semptomları taşıyan hastaların nörolojik muayene bulguları radyolojik görüntüleme yöntemleriyle doğrulanmalıdır.

2.2.6 İskemik İnmede Görüntüleme

İskemik inme hastalarında en hızlı şekilde gerçekleştirilen nöroradyolojik görüntüleme ve yorumlanması tanı ve değerlendirme için kilit rol oynar. Akut iskemik inme geçiren hastalarda radyolojik görüntülemenin gayesi izlenecek tedavi yönteminden fayda sağlayabilecek ve zarar görmeyecek hastaları en hızlı şekilde belirlemektir.

Radyolojik görüntülemede, tedaviyi yönlendirmede ulaşılması ve uygulanması en kolay ve en hızlı, en deneyim sahibi olunan, maliyet-yarar açısından en uygun yöntemler kullanılmalıdır (Dora vd., 2015).

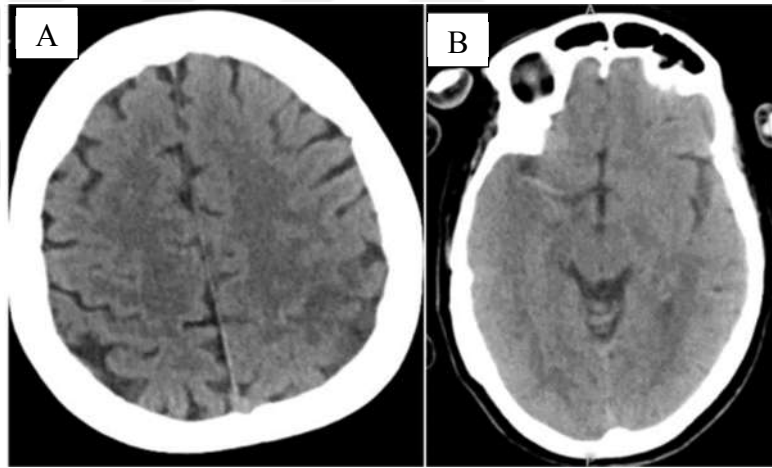
AHA kılavuzlarında, BT ve MRG ile inmenin tanımlanması, şiddetinin ve yerinin saptanması tavsiye edilir. Pozitron Emüsyon Tomografisi (PET) oligami, penumbra ve çekirdek sahalarının ayrılmasındaki belirleyici kabiliyetine rağmen, zor ulaşılması ve uygulanması bakımından pratikte çok yer tutmaz (Park, 2017).

2.2.6.1 Bilgisayarlı Tomografi

Hızlı inme protokolünün ilk basamağını oluşturan kontrastsız BT, inme tedavisinde doku plazminojen aktivatörlerinin kullanımının 1996 yılında onay almasından itibaren inme tanısında kullanılmaya başlanmıştır (Pekçevik ve Ovalı, 2021). İskemik inme şüphesi olan hastalarda, bilgisayarlı tomografi kolay ulaşılabilir olması, hızlı ve kolay uygulanabilirliği ve tanıdaki etkinliği ve MRG ye göre daha az kontrendikasyonun bulunması bakımından öncelikle tercih edilen yöntemdir (Karaça, 2019). İyonize radyasyon olumsuz biyolojik etkileri ve iyotlu kontrast madde kullanımı bilgisayarlı tomografinin dezavantajıdır. Yüksek radyasyon dozları içeren BT görüntüleme yöntemlerinde, radyasyon dozunun mümkün olan en düşük seviyede tutulması stokastik ve deterministik etkileri önleme bakımından büyük önem teşkil eder.

➤ **Kontrastsız BT:**

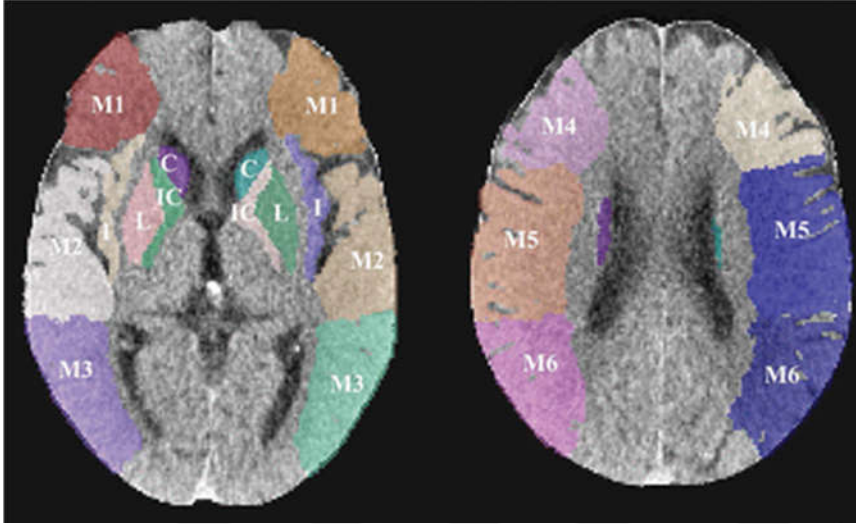
İskemik inme tanısında, kontrastsız BT ile, inmenin intrakranial kanamanın, taklitçi patolojilerin dışlanması mümkündür. Kontrastsız BT de en belirgin ve erken bulgu genellikle MCA, daha nadir ICA, BA ve ACA alanlarına yerleşmiş olan trombus nedeniyle hiperdens arter görünümüdür (Şekil 2.12-B). Bir diğer bulgu ise gri- beyaz cevher ayrımında dansite kaybı nedeni ile belirsizleşme ve sulkal silinmedir (Şekil 2.12-A) (Bouchez et al., 2017). Yüksek radyasyon dozlarının kullanıldığı bilgisayarlı tomografide kontrastsız kranial BT tetkikinde hasta yaklaşık olarak 1,2 mSv kadar radyasyon dozuna maruz kalır (Arslan ve Kızılkılıç, 2020). İntrakranial hemoraji dışlandıktan sonra aynı seansta BT anjiyografi ve bazı durumlarda bt perfüzyon protokolleri uygulanır (Karaça, 2019).



Şekil 2.12. İskemik inme hastasında kontrastsız BT görüntüleri. (A) Sol parietal lob posteriorunda korteksi ve komşuluğundaki beyaz cevherin içinde bulunduğu alanda dansite kaybı olduğu görülüyor. (B) Sağ temporal lob seviyesinde sulkal yapılarda silinme ve hiperdens MCA görünümü (Karaça, 2019).

Kontrastsız BT, İskemik inmede prognoz tahmininde, iskemik alanın yaygınlığının ve mekanik trombektomiye uygun hastaların tespitinde ASPECTS (Alberta Stroke Programme Early CT Score) sistemi sıklıkla kullanılır. Bu puanlama sisteminde, sentrum simovale ve bazal ganglionlar seviyesinden geçen iki aksiyel görüntü üzerinden puanlama yapılır. Bu seviyeden geçen, MCA'nın

sulama alanındaki M1, M2, M3, M4, M5, M6 (MCA) ve lentiform ve kaudat nükleus, internal kapsül ve insular korteks olarak 10 farklı bölgeden oluşur (Şekil 2.13) ve dansite kayıpları her bölge için 1 puan azaltılarak toplam 10 puan üzerinden değerlendirme yapılır. 10 puan normal BT bulgusunu gösterir (Karaça, 2019; Bouchez et al., 2017).



Şekil 2.13. Her ASPECTS bölgesinin örnekleri. L lentiform nükleus, C kaudat nükleus, IC internal kapsül; M, MCA (Kuang et al., 2019).

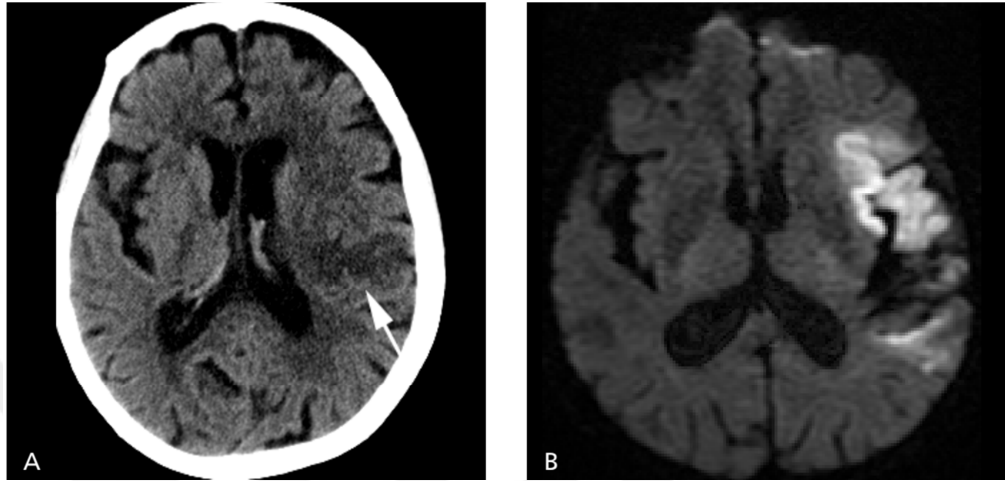
➤ **BT Anjiyografi (BTA)**

Hematom varlığı kontrastsız BT ile ekarte edildikten sonra, damardan iyotlu kontrast madde verilerek arter yapıların görüntülendiği BTA ile büyük damar oklüzyonları, trombüsün yeri ayrıca uzunluğu, kollateraldeki kan akımı durumu ve aterosklerotik plakların değerlendirilmesi yapılabilir. İskemik inme şüphesi olan hastalarda, arkus aorta dan vertekse dek tüm arteriyel yapıların görüntülendiği BTA, tPA ile ve/veya endovasküler tedavi kararı ve sürecinin planlanmasında yol gösterici olarak önemli yere sahiptir. BT anjiyografi tetkikinde hasta yaklaşık 1,84 mSv kadar radyasyon dozuna maruz kalır (Arslan ve Kızılkılıç, 2020).

➤ **BT perfüzyon (BTP)**

Arteriyel sirkülasyonun zamansal değişimini gösteren BTP tek seferde kontrast madde vererek aynı kesitten sine mod ile birçok görüntü alınması ile

yapılır. İnfarkt çekirdek alanının hacmi ve kurtarılabılır penumbra alanın ayrımı BT perfüzyon kan akımının hesaplanması ile mümkündür (Şekil 2.14). BTP’de tetkik süresi ortalama 2-5 dakika civarındadır. BTP yönteminde hastalar 1,88 mSv kadar radyasyona maruz kalmaktadır (Arslan ve Kızılkılıç, 2020).



Şekil 2.14. (A)Kontrastsız kranial BT de MCA sulama bölgesinde bazal ganglionlarda ve kortekste hafif derecede dansite kaybı, gri beyaz cevher ayrımında düşüş, sulkuslarda daralma görülüyor. Beyaz okla gösterilen hipodens alan kronik enfarkt ile uyumlu. Aynı seansta alınan difüzyon ağırlıklı BT kesitinde akut-kronik enfarkt ayrımı daha net seçiliyor (B) (Pekçevik ve Ovalı, 2021).

2.2.6.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme

BT deki hızlı görüntüleme kabiliyeti ve daha kolay ulaşılabilir olmasına karşın MR, hiperakut iskeminin tanımlanmasındaki başarısı ve radyasyon kullanılmaması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak tetkik sürelerinin uzun olması, klostrofobi, hastada kalp pili ve metalik yabancı cisimler bulunması, konfüzyon, hareket artefaktları ve sınırlı yaygınlığı gibi birçok kontrendikasyonu bulunur. Bu sebeple BT ile yeterli sonuç alınamayan durumlarda MRG ye başvurulur (Rowley, 2001).

Hemorajik değerlendirmenin, çekirdek alanının tespiti ve iskemik olayın aşamalarının incelendiği parankimal değerlendirme yapılan T1 sekansında sonra iskemik inme hastalarında, T2 “fluid attenuated inversion recovery” (FLAIR), Gradient Eko (GRE) Görüntüleme /SWI sekanslarını, difüzyon ağırlıklı

görüntüleme (DAG), perfüzyon ağırlıklı (PWI) görüntüleme ve MR anjiyografi (MRA) ile görüntüleme tekniklerini içeren MR protokolleri uygulanır (Atasoy, 2022).

➤ ***T2 Ağırlıklı Flair “Fluid Attenuation Inversion Recovery” görüntüleme:***

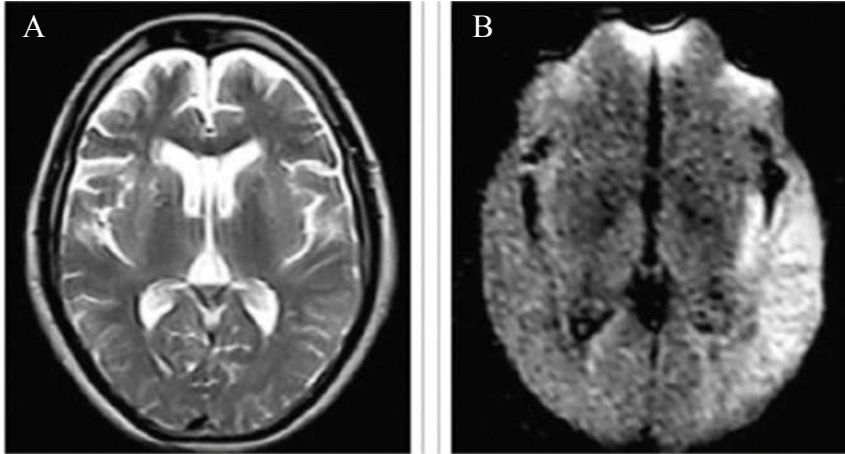
Arteriyel tıkanıklık ve tıkanıklığa sebep olabilecek trombüs varlığı ve intrakranial hemoraji açısından değerlendirmeyi kapsar (Şekil 2.15-A).

➤ ***Gradient Eko (GRE) Görüntüleme /kanama duyarlılıklı SWI:***

Perfüzyonun yeterli derecede sağlanamadığı hallerde, hipoperfüze dokudaki infarkt alanın tespiti ve kurtarılabılır penumbra alanının yaygınlığı görüntülenebilir (Rowley, 2001).

➤ ***Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DWI):***

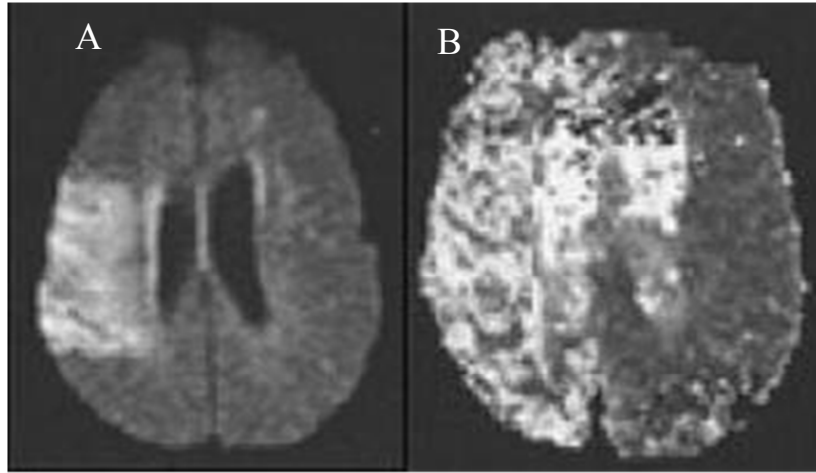
Bu MR görüntüleme yöntemi, akut iskemik inmeye çok duyarlı ve spesifiktir. Çok erken dönemde dahi inme alanlarını tespit edebilme yeteneğine sahiptir. Lezyon yerini, boyutunu ve evresini belirlemeye yarar. Ayrıca küçük kortikal lezyonları ve inme etiyojisi gösterebilecek subklinik komşu lezyonlarında görüntülenmesi sağlanır (Şekil 2.15-B) (Fischer et al, 2006).



Şekil 2.15. Akut iskemik inme T2 flair ve difüzyon MRG görüntüleri. (A) T2 ağırlıklı görüntülemelerde herhangi bir sinyal değişikliği olmamasına rağmen aynı zamanda uygulanan MR difüzyon ağırlıklı MRG de solda infarkt alanını işaret eden hiperintensite izleniyor (B) (Oyar, 2008).

➤ **Perfüzyon Ağırlıklı (PWI) Görüntüleme:**

Normal kan akımı ve iskemik olayda hasar almış dokunun toplam serebral kan akımının değerlendirildiği, oligami, penumbra ve çekirdek alanlarının nitel ve nicel olarak incelendiği yöntemdir (Rowley, 2001). Diffüzyon ve perfüzyon MRG karşılaştırmalı olarak değerlendirilir ise penumbra dokusu hakkında daha fazla bilgi sahibi olunabilir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. İskemik inme hastasında DWI ve PWI MR görüntüleri. Soldaki görüntü DWI da sağ orta serebral sulama bölgesinde iskemik lezyona bağlı difüzyonun kısıtlandığı alan (A). Sağ resimde PWI incelemesinde (B) perfüzyon defektinin alanının DWI ile tespit edilen difüzyon defekt alanından daha geniş olduğu izleniyor. İzlenen iki bölge arasındaki alanın penumbra olduğu düşünülüyor (Krespi vd.,2020)

➤ **MR Anjiyografi (MRA):**

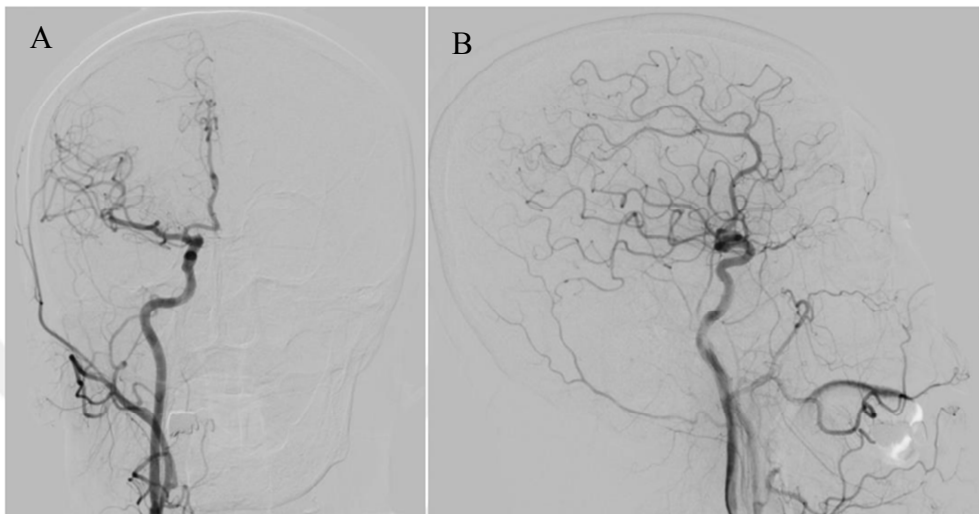
İskemik inmelerde arteriyel oklüzyonun yeri, oklüzyona sebep olabilecek trombüsün lokalizasyonun görüntülenebilir. MRA, diğer MR görüntüleme yöntemleriyle birlikte akut iskemik inme hastalarında reperfüzyon tedavi yöntemlerine uygun hastaları tespitini ve tedavi sürecinin belirlenmesini sağlar (Vert et al, 2017).

2.2.6.3. Serebral Anjiyografi

Serebral anjiyografi, Egas Moniz tarafından ilk kez 1927 yılında gerçekleştirilmiştir ve bu zamana kadar ekstrakranial ve intrakranial vasküler sirkülasyonun incelenmesindeki önemini korumaktadır. Dijital Subtraksiyon

Anjiyografi (DSA) tekniği ile non-iyonik kontrast madde verilerek vasküler yapıların görüntülenmesini içeren serebral anjiyografi, klinik ve noninvaziv radyolojik görüntüleme bulgularıyla beraber, tanı veya tedavi amaçlı bilgilerin elde edilmesini sağlar (Karaça, 2019; Tuğan vd., 2018). Beyinde, Stig Radner tarafından ilk kez gerçekleştirildiği kabul gören tanısal amaçlı dijital subtraksiyon anjiyografi, kontrast madde verildikten sonra alınan görüntülerden, kontrast madde verilmeden önceki görüntülerin çıkarılması ile elde edilir (Arıcı vd., 2022). Tanısal amaçlı dijital subtraksiyon anjiyografide kateter girişi genellikle sağ femoral arter olur ancak buna engel durumlarda sol femoral arter veya brakial, aksiller ve radyal arter den girişim yapılabilir. Eşzamanlı floroskopi eşliğinde kateterin ve kılavuz telin aorta veya ekstrakranial servikal bölgeye ilerletilmesiyle kontrast madde verilerek art arda birçok görüntü alınır (Tuğan vd., 2018).

BT ve MR yöntemleriyle yeterince görüntülenemeyen distaldeki ince vasküler yapıların tıkanıklıkları, serebral anjio DSA yöntemiyle belirlenebilir. Kollateralizasyon durumu, kan akımının azalmasıyla vasküler sulama bölgesindeki kontrastlanma kaybı, vasküler yapının opasifikasyonunda ani bozulma, iskemik inme hastalarında DSA tekniğiyle izlenebilir (Şekil 2.17) (Karaça, 2019). DSA ve diğer klinik bulgular ve non invaziv görüntüleme yöntemleri birlikte kullanılarak iskemik inmenin nedenleri tespit edilip uygun tedavi seçenekleri belirlenir.



Şekil 2.17. Normal serebral DSA incelemesi (AP (A) ve lateral (B) görüntüler) (Karaça, 2019).

2.2.7. Akut iskemik İnmede Tedavi

Bir dizi nörolojik defisit ve ölüme sebep olan iskemik inmenin tedavisinde amaç, en hızlı şekilde serebral kan akımının restorasyonunu sağlayarak, hasarlı beyin dokusunu en az seviyeye indirilmesi ve gelişebilecek ikincil hasarların önlenmesidir. Serebral anterior sirkülasyonun büyük damar tıkanıklıklarında kan akımının kritik seviyelerin altına düşmesiyle her dakikada 2 milyona yakın sinir hücresi, nöronlar arası iletişimi sağlayan 14 milyar sinaps, 12 km lik miyelinli sinir lifi yok olur (Catanese et al., 2017). Zaman = beyin ifadesinin öne çıktığı iskemik inme tedavisine karar vermede inme başlangıç zamanı ve şiddetinin tespit edilmesi kilit rol oynar.

İskemik inmenin önlenmesinde risk faktörlerini kontrol altında tutmak birincil korumayı oluşturur.

2.2.7.1. İntravenöz (IV) Trombolitik Tedavi (r-tPA)

Pıhtı nedeniyle tıkanıklık tespit edilen damarın pıhtı eritici ilaçlar ile açılmasını ifade eden trombolitik tedavi, iskemik inmede en önemli reperfüzyon yöntemlerindendir (Şahan vd., 2010). Trombolitik tedavide temel, tıkanıklık nedeniyle damarda oluşmuş fibrinin plazmin ile eritilmesine dayanır (Kayacı vd., 2011). Genellikle trombolitik ajan olarak alteplaz kullanılır. Akut iskemik inme hastalarında IV rt-PA genellikle tedavinin ilk basamağını oluşturur. Akıbeti zamana bağlı olan iskemik inme hastalarında trombolitik tedavi yöntemi, semptomların görülmesinden itibaren ilk 4,5 saat içerisinde ve ancak uygun hastalarda uygulanabilir. İskemik inme hastalarında İntravenöz r-tPA, ABD 1996 yılında, 2002 yılında Avrupa da, ülkemizde ise semptomların başlamasından itibaren ilk 3 saatte uygulanması koşuluyla 2006 yılında, ruhsat almıştır. Ülkemizde 2012 yılında tedavi penceresi 4,5 saate çıkarılmıştır (Karabulut, 2022).

Yakın bir geçmişe kadar BDO hastalarında semptomların düzelmesini sağlayan tek tedavi yöntemi olarak geçen IV rt-PA ile tedavisinde ICA oklüzyonlarında rekanalizasyon sadece %10 civarında, proksimal orta serebral arter (MCA) oklüzyonunda ise %30'dan daha azdır (Güler vd., 2014). BDO

kaynaklı akut iskemik inme de oklüde damardaki tıkanıklığın açılma şansı % 4-30 arasında sınırlı etkinliğe sahip olan rt-PA da zaman problemi haricinde kullanılan ilaçla ilgili ve hasta ile ilgili birçok kontrendikasyon bulunur (Bhatia et al., 2010). Kolay ulaşılabilirliği ve uygulama kolaylığına rağmen birçok kontrendikasyon varlığı, zaman profilindeki kısıtlılık, iskemik inme hastalarında endovasküler tedaviyi ön plana çıkartır.

2.2.7.2. İskemik İnmede Endovasküler Tedavi / Mekanik Trombektomi Yöntemleri

İsveçli Dr. Sven-Ivar Seldinger tarafından 1953 yılında Seldinger tekniğinin tanımlanmasıyla temelleri atılan girişimsel radyolojinin, Charles Dotter tarafından 1963 yılında sadece tanı hedefli değil tedavi hedeflide kullanılabileceği ifade edilmiştir (Arıcı vd., 2022).

Nöroradyolojinin ve geleneksel nöroşirurjinin hibriti olarak ortaya çıkmış uzmanlık dalı olan girişimsel radyoloji (GNR) günümüzde birçok hastalığın tedavisinde önemli role sahiptir. Girişimsel radyolojide, endovasküler ya da perkütan erişim yoluyla terapötik ilaçlar ve cihazlar yerleştirilerek uygulanan işlemler nörovasküler ve nöroşirurjik hastalıkların yönetilmesinde büyük önem taşır (Umudova, 2020).

Gelişmiş ülkelerde, nöroendovasküler tedavileri, radyoloji/nöroloji/nöroşirurji hekimlerinin bireysel olarak uygulayabilmeleri için Advanced Subspecialty Training (CAST) tarafından belli sayıda hasta tedavisi gerçekleştirmiş olma kriterleri taşıyan sertifika sistemi zorunlu hale getirilmiştir. Ancak, ülkemizde nöroloji/ nöroşirurji/ radyoloji hekimleri tarafından belli kriterleri olan sertifikasyon sistemine ihtiyaç duyulmadan halihazırda nöroendovasküler tedaviler gerçekleştirilmektedir. Akut inmeli hastalara verilecek sağlık hizmetleri hakkındaki yönerge, nöroendovasküler tedavi alanında ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından kriterleri belirlenmiş tek alandır. İnme merkezi olmak için başvuruda bulunan kurumların, yönergenin sekizinci maddesine göre belli kriterleri karşılayabiliyor olması gerekmektedir. Yönergenin sekizinci maddesine göre, bu kurumlardaki nöroendovasküler tedaviyi uygulayacak olan radyoloji / nöroloji / nöroşirurji / kardiyoloji hekimlerinin en az

100 intrakranial nöroendovasküler girişim gerçekleştirmiş olması koşulu bulunmaktadır. Bunların en az 10 tanesinin tromboaspirasyon / mekanik trombektomi intrakranial girişim olması şartı mevcuttur. Nöroendovasküler girişim uygulamasını gerçekleştirecek olan hekimin en az 20 baş-boyun bölgesi ekstrakranial girişim (karotis stent) uygulamış olması koşulları yönergede yer almaktadır (Arıcı vd., 2022).

Akut büyük damar oklüzyonu nedeniyle iskemik inme geçiren hastalarda endovasküler tedaviyi, intrarteriyel endovasküler tedavi yöntemleri ve daha sıklıkla çeşitli cihazlarla uygulanan mekanik trombektomi uygulamaları oluşturur (Joung et al., 2014). Endovasküler tedaviye uygun hastaların belirlenmesinde trombüsün yeri, trombüsün uzunluğu, enfarktüs çekirdeği ve kollaterallerin durumu değerlendirilir.

A-Intrarteriyel Trombolitik Uygulama

Proksimal ve büyük damar oklüzyonlarının tedavisinde IV rt-PA uygulamalarının yetersiz kalması durumlarında uygulanan İntrarteriyel (IA) trombolitik tedavinin birçok ön koşulu vardır. Hastalığın başlangıcının ilk 3-6 saat aralığında olması, pıhtılaşma değerlerinin normal olması, tıkanıklık olan bölgenin tespit edilmiş olması, 3 ay içinde kafa travması öyküsünün bulunmaması, NIHSS değerlendirme ölçeğine göre yapılan puanlamada derecenin 10 ve üstünde olması ve kurtarılabılır penumbra alanının tespit edilmiş olması gerekir (Kutluk, 2004). Bu tedavi anjiyografik görüntüleme rehberliğinde kılavuz kateter ve içerisindeki mikrokateter-mikrotel düzeneği ile tıkalı damar bölgesine ulaşıp trombüs içine veya proksimaline trombolitik ajan verilerek uygulanmasını içerir (Türeli ve Baltacıoğlu, 2017). Hızlı rekanalizasyon yeteneğine rağmen hasta uygunluk kriterleri, kanama riski, yapısal ve teknik eksiklikler sebebi ile kullanımı çok yaygın değildir (Umudova, 2020).

B- İskemik İnmede Mekanik Trombektomi Tedavisi

Mekanik trombektomi, oklüzyona sebep olan pıhtının anjiyografik görüntüleme kılavuzluğunda kateterler aracılığı ile fiziksel olarak çıkartılmasıdır (Karabulut, 2022). Arteriyel anatomi nedeni ile mekanik trombektomide kateterler aracılığıyla İnternal karotid arter (ICA), anterior serebral arterin A1 ve A2 dallarındaki, orta serebral arterin M1, M2 dallarındaki ve posterior serebral arterin

P1, P2 arteriyel dallarındaki pıhtıya erişmek mümkündür. Ancak serebral sirkülasyonun küçük dalları çok dar ve kıvrımlı olduğundan mekanik trombektomi uygulamaları için uygun değildir (Özen, 2018).

İskemik inme tedavisinde mekanik trombektomi, trombolitik ilaç tedavisine uygun olmayan, trombolitik kullanımı ile yeterli rekanalizasyon sağlanamayan hastalarda, zaman aralığının genişlemesi ve BDO da izlenen daha yüksek etkinlik gibi avantajlarıyla ön plana çıkmıştır. Proksimal damar tıkanıklığı olan hastalarda uygulanan mekanik trombektomi yöntemlerinde alınan pozitif sonuçların oranı diğer medikal uygulamalara göre çok daha yüksektir (Ökten ve Güzel, 2012). Proksimal damar tıkanıklığına bağlı iskemik inmeler tüm iskemik inmelerin %29-46 sını meydana getirir. Dolayısı ile iskemik inme geçiren ve zaman profili uygun hastaların büyük çoğunluğu mekanik trombektomi yöntemleriyle tedavi edilebilir (Önal vd., 2020)

2015 senesinde yapılan randomize kontrollü çalışmalarda (MR CLEAN, SWIFT PRIME, ,ESCAPE, EXTEND-IA, REVASCAT) büyük damar tıkanıklığı olan hastalarda, mekanik trombektomi yöntemleri IV r-tPA tedavilerine kıyasla daha güvenilir ve etkili bulunmuştur (Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021). 2018 yılında yapılan DAWN VE DEFUSE 3 çalışmalarının sonucuna göre büyük damar oklüzyonu tespit edilen ve uygunluk kriterlerini taşıyan hastaların olayın başlangıcından itibaren 6-24 saat içerisinde mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavisi mümkündür (Kocatürk ve Kocatürk, 2021).

Akut iskemik inme hastalarında ilk 6 saat içerisinde, prestoke mRS skoru 0-1 olması, NIHSS puanının 6 ve altında olması, Aspect puanı 6'nın altında olması ve ICA ve MCA da oklüzyon tespit edilmiş olması ve 18 yaşından büyük olması halinde mekanik trombektomi yöntemleri kullanılabilir.

6-24 saat içerisinde serebral kanaması ekarte edilen, noninvaziv görüntüleme ve DSA ile büyük damar oklüzyonu tespit edilen ve DAWN veya DEFUSE 3 (Tablo 2.4) çalışmalarında tanımlanan hasta uygunluk şartlarını taşıyan hastaların mekanik trombektomi ile tedavisi gerçekleştirilebilir.

Tablo 2.4. DAWN ve DEFUSE 3 Hasta Uygunluk Şartları

Hasta uygunluk şartları	DAWN	DEFUSE 3
Semptom başlamasından itibaren geçen süre	6 24 saat	6 16 saat
Hastanın yaşı	18 yaş ve üstü	18-90 arası yaş
Prestroke mRS	0-1	≤ 2
Enfarkt çekirdek alanı	Grup A: 80 yaş ve üstünde enfarkt bölgesi 20 ml altında Grup B: 80 yaş altı, NIHHS puanı 10 ve üstünde enfarkt alanı 30 ml ve altında Grup C: 80 yaş altında NIHSS puanı 20 ve üstünde, enfarkt alanı 30-50 ml arasında	
BT Perfüzyon ve MR perfüzyon uyumsuzluğu (çekirdek-penumbra)		1,8 in üstünde
BT Perfüzyon ve MR Perfüzyon (penumbra)		15 ml nin üstünde

İskemik inmenin mekanik trombektomi ile tedavisinde amaç hızlı ve etkili rekanalizasyondur. Başarılı rekanalizasyon oranlarının yapılan meta-analiz çalışmalarının sonucunda %80-%89 civarında olduğu saptanmıştır (Bilgin, 2020). Mekanik trombektomi yöntemleri ile sağlanan rekanalizasyon anjiyografik değerlendirmesi ve TICI (Thrombolysis in Cerebral Infarction) derecelendirme ölçeği ile yapılır (Tablo 2.5). TICI derecelendirme ölçeğinde 0 tam tıkanıklığı, 3 ise tam perfüzyonu ifade eder (Erten, 2020).

Tablo 2.5. TICI skoru

TICI Derecelendirme Skalası
TICI 0: Perfüzyon yok
TICI 1: Minimal perfüzyon
TICI 2: Kısmi perfüzyon
TICI 2a: Oklüde arterin sulama bölgesinin yarısından daha azında perfüzyon mevcut
TICI 2b: Oklüde arterin sulama bölgesinin yarısından daha fazlasında perfüzyon mevcut
TICI 3: Tam reperfüzyon

İskemik inme tedavisinde başarılı rekanalizasyon oranları ile ön plana çıkan mekanik trombektomi çeşitli cihazların geliştirilmesi ile daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Nöroendovasküler işlemlerde, BDO ya bağlı iskemik inme geçiren mekanik trombektomiye uygun hastalar anjiyografi eşliğinde tromboaspirasyon (ADAPT) ve geri çekilebilir stent (stent-retriever) cihazları kullanılarak tedavi edilebilir

Nöroaspirasyon tekniği ve geri çekilebilir stent tekniği son yıllarda yapılan çalışmada (ASTER, COMPASS) karşılaştırılmış ama iki teknik arasında istatistiksel olarak bir fark izlenmemiştir. Randomize çalışmalarda her ne kadar geri çekilebilir stent tekniği için yapılan çalışmalar daha fazla olsa da nöroendovasküler işlemlerde hem nöroaspirasyon tekniği hem de geri çekilebilir stent tekniği sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı durumlarda kombine tedaviler gerçekleştirilebilir (Umudova, 2020; Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021).

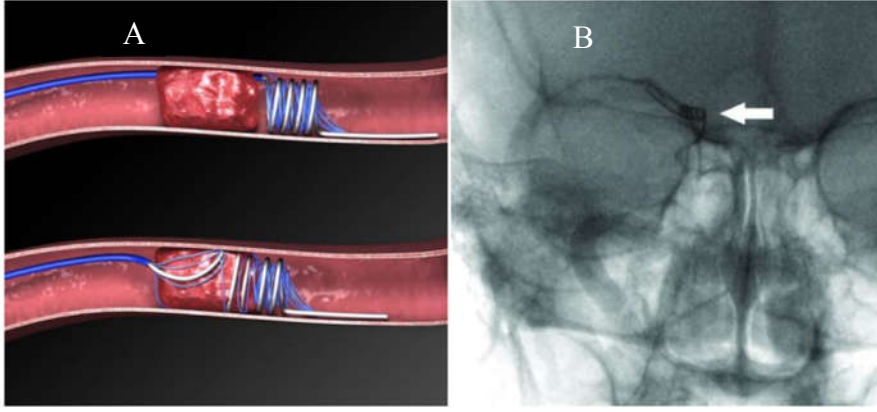
Merci Retriever, Aspirasyon kateteri, Solitaire ve Trevo gibi mekanik rekanalizasyon cihazları seçilmiş akut iskemik inme hastalarında kullanılan, mekanik trombektomi cihazlarıdır.

Merci-Retriver ve aspirasyon cihazları 1. Jenerasyon trombektomi cihazlarından, stent (stent-retriver) sistemlerini oluşturan Solitaire ve Trevo ise 2. jenerasyon trombektomi cihazlarındandır (Karaça, 2019).

1. Mekanik Trombektomide Birinci Jenerasyon Cihazlar

A-Merci retriver (Mechanical Embolus Removal for Cerebral Ischemia)

Trombüsü içine alabilen tirbüşon şekli verilmiş nikel titanyum tel ve mikrokateterden oluşan Merci retriver cihazı 1995 yılında tasarlanmış ve FDA tarafından 2004 yılında kullanımı onaylanmıştır. İskemik inmede kullanılması onay alan ilk mekanik trombektomi cihazı olan Merci retriver sistemi (Şekil 2.18), tirbüşon şekli verilmiş olan mikrotelin ucu pıhtı içindeyken mikrokateter ile birlikte geri çekilerek trombüsün çıkartılmasına dayanır (Karaça, 2019; Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021). Ucuna tirbüşon şekli verilmiş telin geri çekilme esnasında tirbüşon şeklini kaybetmesi bu cihazın kullanılmasında sorun yaşanmasına sebep olmuştur. MERCI çalışmasında rekanalizasyon oranı %46 ve serebral kanama oranı ise %7,8 olarak bulunmuş, 3. Ay fonksiyonel iyileşme %27,7 oranında ve ölüm oranı %44 olarak saptanmıştır (Gobin et al., 2004). Stent retriver ve aspirasyon trombektomi yöntemlerinin geliştirilmesiyle merci retriver sisteminin kullanımı neredeyse yok denilecek seviyelere düşmüştür (Karaça, 2019).

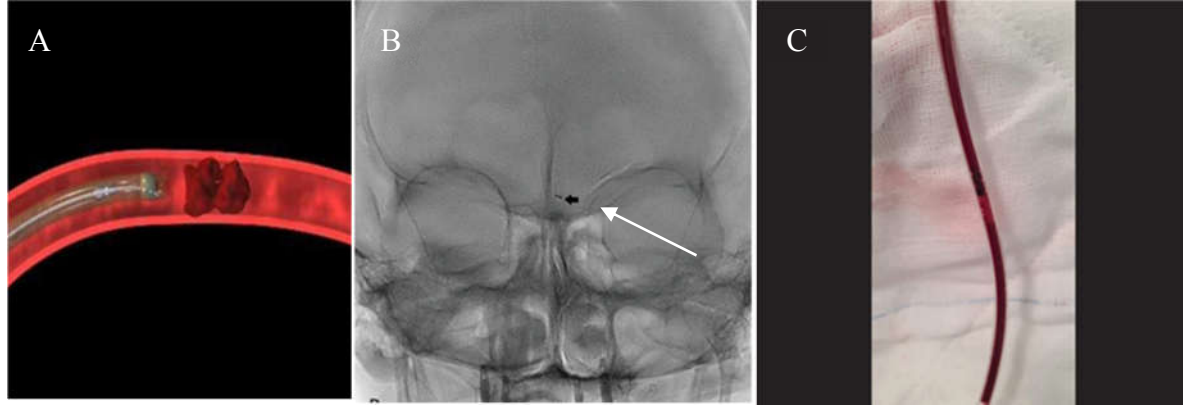


Şekil 2.18. Merci Retriever sistemi (A) (Concentric Medical, Mountain View, CA, ABD) ve (B) skopi ile alınmış görüntüsü (Penumbra Pivotal Stroke Trial Investigators, 2009)

B- Aspirasyon Trombektomi Tekniği (ADAPT)

Kang ve arkadaşlarının ilk aspirasyon tekniğini tanımlamasının ardından, tekniklerin geliştirilmesiyle kateterin trombüse kadar ilerletilip trombüsün aspirasyon yöntemiyle çıkarılmasını Tur ve arkadaşları ADAPT (A Direct Aspiration First Pass Technique For Acute Stroke) tekniği olarak isimlendirmişlerdir (Şekil 2.19) (Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021).

ADAPT aspirasyon tekniğinde anjiyografik görüntüleme eşliğinde, internal karotid artere ulaşılmasından sonra statik gücü yüksek, en geniş iç çapa sahip aspirasyon kateteri, mikrokateter ve mikrotel ile pıhtı seviyesine ulaşınca kadar ilerlenir. Trombüs yapısının bozulup parçalanmaması için mikrotel ve mikrokateterin trombüsü geçmeyecek şekilde konumlandırılmasına dikkat edilmelidir. Trombüs ile bağlantı sağlandıktan sonra mikrokateter ve mikrotel çıkartılarak aspirasyon pompası veya 20, 50 ya da 60 ml enjektörler ile aspirasyon yapılarak trombüs çıkartılır (Akgül ve Onan, 2017).



Şekil 2.19. Aspirasyon trombektomi sistemi (A) ve skopi ile alınmış görüntü (B) ve aspirasyon hortumuna gelen trombüs (C) (Gürmen, 2022; Karaça, 2019)

Teknik olarak uygulama kolaylığı avantajı ve yapılmış bazı çalışmalarda saptanan daha başarılı rekanalizasyon oranı bakımından giderek daha yaygın kabul gören aspirasyon trombektomi yöntemi birçok merkez tarafından uygulanmaktadır (Önal vd., 2020).

2. Mekanik Trombektomide İkinci Jenerasyon Cihazlar (Stent-retriver)

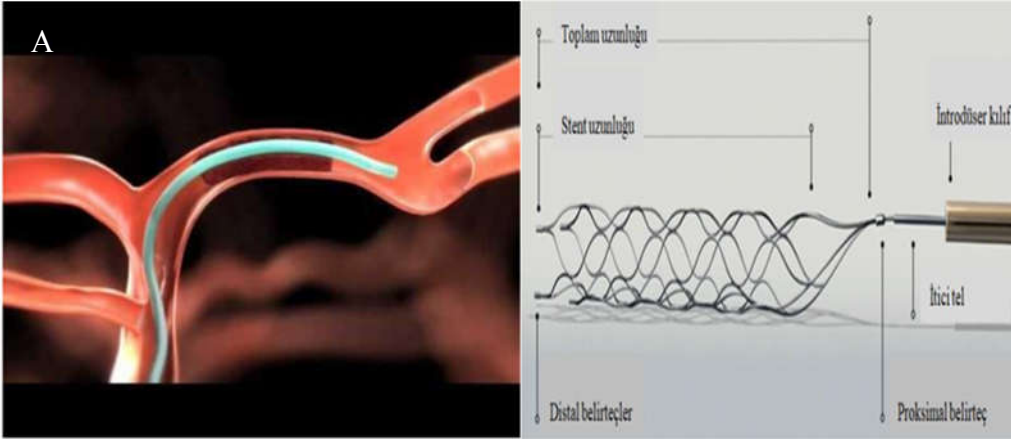
Bir dönem, rekanalizasyon sağlayabilmek için ayrılabilir stentler yardımıyla trombüsün bypass edilmesi gündeme gelmiş ancak antiagregan ve antikoagülan ilaç başlanması gereksinimi ve kanama riskinin artması nedeniyle uygulamalara devam edilmemiştir. Daha iyi klinik sonuç için geri çekilebilir stentler kullanılmaya başlanmıştır (Linfante et al., 2011).

Geri toplanabilir stentler kendiliğinden genişleyerek açılabilen sisteme sahip, mikrokateter ve ucuna j şekli verilmiş mikrotelden oluşmaktadır. Geri toplanabilir stent sistemde 0,021 veya 0,027inç mikrokateter ile ilerlenir kontrast madde verilerek damar lümeninde olduğu ve trombüsün geçildiği doğrulanır. Ardından mikrokateter stent başlangıcına kadar geri çekilerek kendiliğinden genişleyen stentin açılması sağlanır. Stentin genişleyebilir radyal yapısı sayesinde stent açılır açılmaz genellikle akım normale dönmüştür. Trombüsün açılmış olan stent örgülerinin arasına hapsolması için 3-5 dk beklenir ve örgülerin arasına hapsolan pıhtı stent retriver ve mikrokateterin yavaşça geri çekilmesiyle çıkartılır (Park, 2017; Fanous and Siddiqui, 2016; Peker vd., 2017). Solitaire, Trevo

cihazları geri alınabilir stent sistemlerinin kullanıldığı 2. Jenerasyon cihazlardandır (Karaça, 2019).

A. Solitaire Stent Retriever Cihazı

Başlangıçta kalın boyunlu anevrizmaların tedavisinde kullanılmak üzere geliştirilmiş olan 2. jenerasyon solitaire stent cihazları kapalı hücre tasarımına sahip tam anlamıyla açılabilen ve geri toplanabilen stent teknolojisi ait stentlerdir (Şekil 2.20). Zamanla iskemik inme tedavisinde güvenilir ve etkin olduğu saptanmış olan solitaire stentler, iskemik inme tedavisinde kullanılması 2012 yılında FDA tarafından onaylanmış ilk geri alınabilir stent cihazıdır. (Erten, 2020; Karaça, 2019). Günümüzde geri alınabilir stentler arasında en yaygın olarak kullanılanı solitairenin iki türlü işleyen mekanizması vardır. Önce damarda geçici bypass ile pıhtı üzerinden akım elde edilir ve ardından pıhtıyı içine hapseder (Erten., 2020). Yapılan randomize kontrollü SWİFT çalışmasında rekanalizasyon oranı solitaire de %60,7 iken merci retriever ise bu oran % 24.1 olarak bulunmuştur (Nogueira et al., 2012).

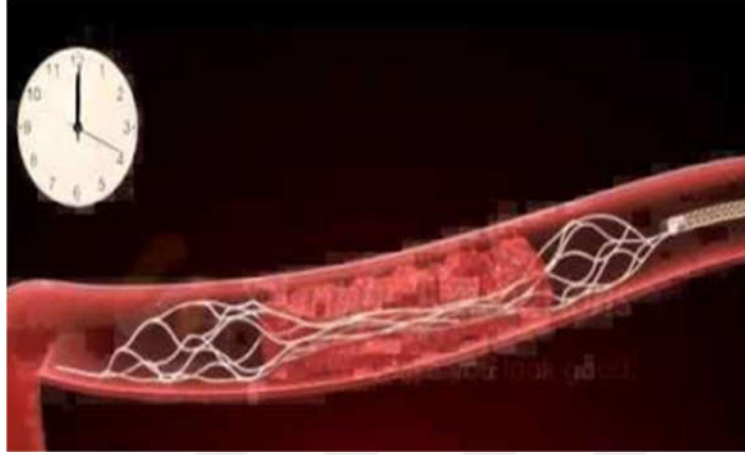


Şekil 2.20. (A) Solitaire mekanik trombektomi sistemi, (B) Solitaire cihazı (Gürmen,2022; 16 Karaça, 2019).

B. Trevo Stent Retriever Cihazı

İskemik inme tedavisinde kullanımı FDA tarafından onaylanmış diğer geri alınabilir stent Trevonun solitaire den farkı anjiyografik görüntüleme altında cihazın stratlarının tamamen görülebilir olmasıdır (Şekil 2.21) (Karaça., 2019). Trevo stent sistemi elde edilen rekanalizasyon oranı TREVO2 çalışmasında %86

oranında olduğu saptanmış, aynı çalışmada merci sisteminin rekanalizasyon oranı %60 civarında bulunmuştur (Nogueira et al., 2012).



Şekil 2.21. Trevo stent retriiver cihazı (Gürmen, 2022)

C. Stent Retriever ve Aspirasyon Trombektominin Kombine Tedavisi

Kombine tedavileri, SOLUMBRA, SAVE (Stent Retriever Assisted Vacuum- Locked Extraction) ve ARTS (Aspiration - Retriever Technique for Stroke) sistemleri oluşturur (Karaça, 2019).

Solitaire ve geniş iç çapa sahip penumbra aspirasyon sistemlerinin birlikte kullanıldığı kombine uygulanan tedaviler Solumbra olarak adlandırılmıştır. Solitaire cihazı ile trombüsün geçilerek stentin açılmasından sonra aspirasyon kateteri stentin proksimaline getirilir ve aspirasyon yapılır. Aspirasyona ara verilmeden mikrokateterin çıkarılmasının ardından stent, aspirasyon kateterinin içine doru çekilir. Bu sırada pıhtı aspirasyon kateteri ve stent arasına sıkıştırılarak çıkartılır. Rekanalizasyon da sağlanan başarı sebebi ile birçok merkezde yaygın olarak kullanılmaktadır (Güzelbey ve Kılıçkesmez, 2021).

Endovasküler yöntemlerle tedavisi planlanan hastalarda IV r-tPA tedavi seçeneği atlanmamalıdır. Rekanalizasyon oranlarının yüksekliğine karşın iskemik inmenin mekanik trombektomi ile tedavisi %15,15-%18,51 civarında ölüm riski ve %5,6-6,7 kanama riski taşıdığı akıllardan çıkmamalıdır (Bilgin, 2020).

2.3. Radyasyon

Mekanik trombektomi tedavisi ve uygulama öncesinde gerçekleştirilen kontrastsız BT ve BT anjiyografi ve mekanik trombektomi işlemlerinde hastanın toplam maruz kaldığı radyasyon dozu yaklaşık olarak 10- 12 mGy civarındadır. Maruz kalınan bu radyasyon dozu 60 yaş ve üzerindeki kişilerde stokastik etkilerin meydana gelme olasılığını yaklaşık olarak 1/3000 oranlarına varan civarlarda artırır (Karaça, 2019). Bazı girişimsel radyoloji uygulamalarında cilt giriş dozları deterministik etkilerin izlenebileceği seviyelerin üstüne ulaşabilir (Çağlan, 2006). Girişimsel radyoloji klinik üstünlüklerinin yanında X ışını maruziyetini artıran uzun zamanlı tanı ve tedavi uygulamaları, hastanın aldığı ve uygulamayı yapan personelin aldığı radyasyon dozunun göz ardı edilemeyecek seviyelere ulaşmasına sebep olur. Radyasyonun olumsuz etkilerini göz ardı etmeden, bu enerjiyi insanların yararı için kullanmak mümkündür. Bu zararlı etkiler olmadan radyasyon enerjisinin kullanılmasının yolu, radyasyonu, radyasyon dozu ile ilgili nicelikleri, radyasyon dozu birimlerini ve radyasyona bağlı gelişebilecek olumsuz biyolojik etkileri iyi tanımakla başlar.

2.3.1. Radyasyonun Tanımı

Atomların yapı taşlarından olan proton ve nötronların sayılarının dengesiz olması durumunda atom kararsız bir yapıya dönüşür. Kararsız atomlar fazla enerjilerinden kurtularak daha kararlı yapıya ulaşmak isterler. Kararsız olan atomun çekirdeği, alfa parçacığı (α), beta elektronu (β) veya foton (x, γ) yayınlarak kararlı hale gelmeye çalışır ve çekirdek değişime uğrar. Bu olay radyoaktif bozunma olarak adlandırılır (Öztürk, 2010). Kararlı bir yapıya ulaşabilmek için fazla enerjilerinin doğru çizgiler boyunca elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar halinde yayılması radyasyon olarak ifade edilir (Akan., 2019). Kaynağı, enerjisi ve türü radyasyonu tanımlamada kullanılan parametrelerdir.

2.3.2. Radyasyon Kaynakları

İnsanlığın varoluşundan beri insan hayatının bir parçası olan radyasyon, kaynağına göre iki gruba ayrılır (Çimen vd., 2017).

- Doğal radyasyon kaynakları
- Yapay radyasyon kaynakları

Yapay radyasyona ait radyasyon maruziyeti %15 civarında iken ve doğal radyasyon maruziyeti %85 oranlarının üstüne çıkar (Afad, 2022). UNSCEAR 2000 de yayınlanan rapora göre dünya genelinde nüfusa bağlı radyasyon dozu yıllık yaklaşık olarak 2,8 mSv civarındadır. Bunun 0,4 mSv'i yapay radyasyona ait olmakla birlikte 2,4 ü mSv doğal radyasyon kaynaklıdır (Gökharman vd., 2016).

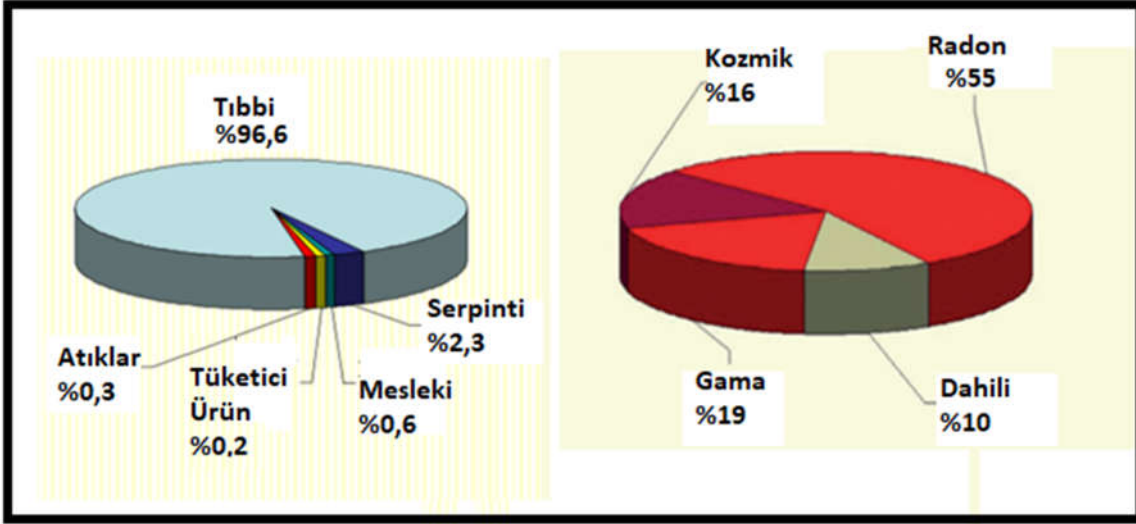
➤ *Doğal radyasyon*

Doğal radyasyonlar, kozmik ışınlar, gama ışınları, radon ve iç ışınlama ile oluşmaktadır. Günlük yaşantımızda havadan, içtiğimiz sudan, topraktan, kendi vücudumuzdaki bazı radyoaktif maddelerden dolayı doğal radyasyona maruz kalmaktayız. Doğal yollarla aldığımız radyasyonu Radium (Ra226) elementinin bozunumu sonucu oluşan radon gazı, doğal radyasyonun en önemli sebebidir ve dünya genelinde yaklaşık olarak 1,3 mSv /yıl civarında radyasyon maruziyetine sebep olmaktadır. Yerküreden gelen gama ışınları nedeni ile yaklaşık 0,46 mSv/yıl, uzaydan gelen yüksek enerjiye sahip parçacıklar oluşturduğu kozmik ışınlar ile 0,39 mSv/ yıl radyasyon maruziyeti oluşmaktadır. DNA molekülünün bir parçası olan Potasyum 40, C 14, 0,23 mSv/yıl radyasyon maruziyetine sebep olan doğal radyoaktif elementlerdendir (Gökharman vd., 2016). Potasyum 40 ve C 14 elementleri yiyeceklerle de insan vücuduna alınır.

➤ *Yapay radyasyon:*

Yapay radyasyon, yapay radyoaktif maddelerin ve X ışınlarının tıpta, zirai ve endüstriyel alanda kullanılmasını içerir. Yapay radyasyon kaynaklarını, x ışını ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer güç santrallerinden salınan radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri ve bazı tüketici ürünlerinde bulunan

radioaktif maddeler oluşturur. Dünya genelindeki radyasyon maruziyetinin yaklaşık %14'ünü oluşturan yapay radyasyon kaynaklarının %95'lik orandan fazlasını tıbbi uygulamalar oluşturur (Şekil 2.22) (Çimen vd., 2017; Gökharman vd., 2016).

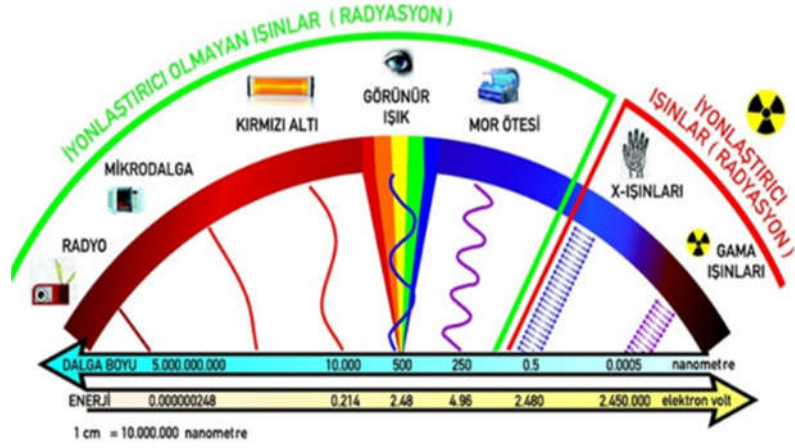


Şekil 2.22 Yapay ve doğal radyasyon kaynakları nedeniyle dünya genelinde radyasyon dozlarına maruz kalınma oranları (Hacıosmanoğlu, 2017).

2.3.3. Radyasyonun Sınıflandırılması

Temel olarak radyasyon yapısına göre parçacık tipi ve dalga tipi radyasyon olarak iki başlıkta incelenebilir. Çok küçük ve çok hızlı hareket kabiliyeti olan parçacık tipi radyasyonlar belirli bir enerjiye ve kütleye sahiptir, ışık hızıyla (3×10^8 m/saniye) hareket yeteneğine sahip dalga tipindeki radyasyonlar ise belirli bir enerjiye sahip olmakla birlikte kütlesi olmayan radyasyonlardır.

Dalga tipi radyasyon ve parçacık radyasyon oluşturdıkları etkiye taşıdıkları enerjiye göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak iki sınıfa ayrılır (Şekil 2.24). Elektro manyetik spektrum elektromanyetik dalgaların dalga boylarına ve enerjilerine göre sınıflandırılmasını sağlar. Radyasyonun enerjisi dalga boyu ile ters, frekansı ile doğru orantılıdır (Şekil 2.23) (TENMAK, 2022).



Şekil 2.23 Elektromanyetik Dalga Spektrumu (Afad, 2022)

RADYASYON		
<u>İYONİZE RADYASYON</u>		<u>NON-İYONİZE</u>
<u>Parçacık Radyasyon</u>	<u>Dalga Tipi Radyasyon</u>	<u>Dalga Tipi</u>
Alfa Parçacığı	X Işınları	Radyo Dalgaları
Beta parçacığı	Gama Işınları	Mikrodalgalar
Nötronlar	Kozmik ışınlar	Kızılötesi ışınlar
		Görünür ışık

Şekil 2.24 Radyasyon Sınıflandırması (Gökharman vd., 2016).

A- İyonize Olmayan Radyasyon

İyonize olmayan radyasyon dalga boyları çok uzundur ve enerjileri düşük olduğu için iyonize etme yeteneği taşımayan radyasyon çeşididir. Non iyonize radyasyonları 4 başlıkta toplayabiliriz.

- Görünür ışık,
- Radyo dalgaları,
- Kızıl ve mor ötesi ışık,
- Mikro dalgalar,

İyonize olmayan radyasyonların insana ve çevreye etkileri, kaynağın iletme frekansına ve yoğunluğuna bağlıdır. Genellikle iyonize olmayan

radasyonun zararlı etkileri vücut tarafından tolere edilebilir ve onarılabılır. 0 Hz ve 10 kHz arasında frekansa sahip elektromanyetik radyasyonlar saç telinin havalanması gibi küçük yüzeysel etkilere sebep olur. Bunlar düşük frekanslı iyonize olmayan radyasyonlardır. 10 kHz ve 300 GHz arasında frekansa sahip olan elektromanyetik radyasyonlar yüksek frekanslı olarak ifade edilir ve 10 GHz üzeri frekanslarda ışınlımlar cilt tarafından absorbe edilir ve alttaki dokular da penetre olur (Ocaktan, 2022).

B- İyonize Radyasyon

Atomu iyonize edebilme özelliği olan iyonize radyasyon, atomun dış yörüngelerinden elektron kopararak çarptığı maddelerin atomlarını direkt veya dolaylı olarak etkileyerek, iyon çiftleri oluşturur. Atomlardan elektron koparabilecek düzeyde enerjiye sahip iyonize radyasyon stokastik ve deterministik etkiler meydana getirebilir. Elektromanyetik dalga tipi radyasyonlardan, kozmik ışınlr, gama ve X ışınlrı, parçacık tipi radyasyonlardan alfa ve beta parçacıkları, serbest nötronlar iyonize radyasyon çeşitlerindendir.

➤ Alfa parçacığı

İki protondan, iki nötrondan meydana gelmiş olan helyum (${}^2\text{He}^{2+}$) çekirdeğinden oluşan ve Rutherford'un keşfiyle ortaya çıkan alfa parçacığı, doğal radyoaktif atomlarda bulunur. Çok ince tabakalarla durdurulabilirler ancak çok kuvvetli iyonizasyon gücü taşırlar (Balsak, 2014). Saniyede yaklaşık 15 000 km hıza sahip olmalarına karşı nispeten ağır çekirdeklerdir. Solunum, sindirim ve açık yaralar yoluyla vücuda girebilen alfa parçacıkları dış radyasyon riski taşımaz. Sigarada bulunan Po-210, çevremizde U-234 ve U-238, çevredeki Rn-222 gazı yaygın alfa yayınlıyıcılarıdır (Şekil 25).

➤ Beta parçacığı

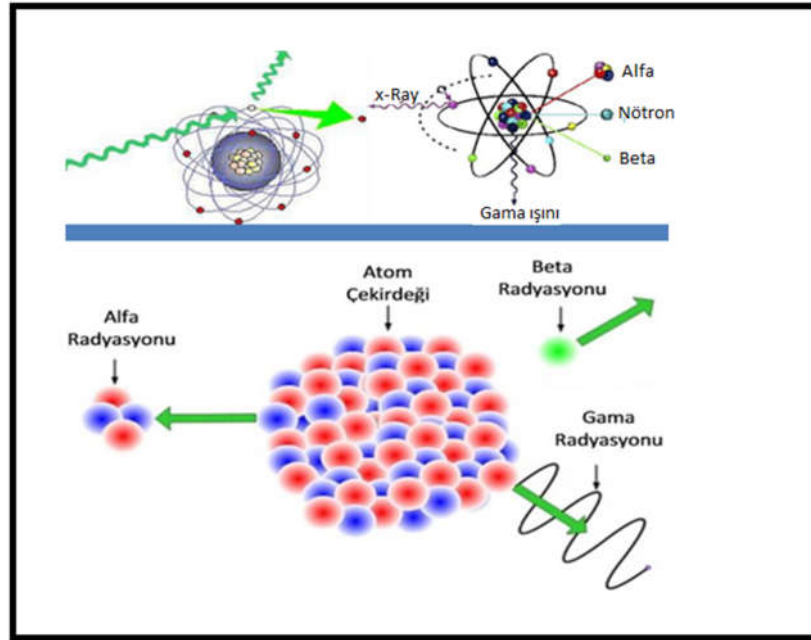
Çekirdek proton ve nötron sayısı fazlalığından protonu nötrona dönüştürerek ya da nötronu protona dönüştürerek kurtulabilir. Bu sırada çekirdekten elektron fırlatılır. Çıkan enerji pozitron (β^+) ise proton fazlalığından, negatron (β^-) ise nötron fazlalığından kaynaklanır (Şekil 25). İnce alüminyum levhalarla bile durdurulabilirler (Tenmak, 2022). Yaşadığımız ortamdaki tiryum

(hidrojen-3), çevremizde bulunan karbon-14, tıpta ve araştırmalarda kullanılan P-32 beta ışını yayan radyonüklidlerdir.

➤ **Gama ve X ışını**

Alfa ve beta ışınlarından sonra atom çekirdeği kararsız halde kalır. Kalan enerji fazlalığını çekirdek, elektromanyetik dalga halinde gama ışınması olarak yayınlar (Şekil 2.25). Gama ışını yayınlayan radyonüklidler Cs-137, tıpta kullanılan Tc-99m ve I-131dir. Atomun çekirdeğinden yayımlanan gama ışınları ancak kurşun plakalar ile durdurulabilir. Gama ışınları ve X ışınları birbirine çok benzemektedir. X ışınları dış ortamdan gönderilmiş yüksek enerji ile çekirdeğe yakın yörüngelerden koparılan elektronun yerini diğer seviyelerdeki başka elektron tarafından doldurulmasıyla oluşan ışımalardır (Tenmak, 2022).

Çalışmamızda ağırlıklı olarak radyolojik görüntüleme ve tedavilerinde kullanılan X ışını kaynaklı radyasyondan söz edilecektir.



Şekil 2.25. Alfa, Beta, Gama ve X ışınları (Özgülen, 2018)

2.3.4. Radyasyon Dozu ve Birimleri

Radyasyon dozu, belirli bir zaman dilimi içinde maddenin ve herhangi canlı bir doku tarafından soğurulan veya alınan radyasyon miktarını ifade eder (Gümüş, 2022). Radyasyon dozunun oluşturduğu etki; alınan radyasyona, hedef kütlenin maruz kalma süresine, aldığı doz hızına ve çeşidine bağlı olarak değişir. Radyasyon maruziyeti sonucunda oluşabilecek zararların, biyolojik hasarın tahmin edilebilmesi için radyasyon dozunun ölçülmesi ve karşılaştırılabilmesi amacıyla radyasyon doz birimleri oluşturulmuştur (Tablo 2.6).

- Aktivite,
- Işınlama dozu,
- Soğurulma dozu,
- Doz eşdeğeri ve etkin doz

Radyasyon birimlerini tanımlamaya yarayan bu kavramlar radyasyonun biyolojik zararlarının belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması bakımından çok önemlidir (Kar, 2023). ICRU (Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi) radyasyon çalışmalarında belirlenmiş olan birimler dünya genelinde kullanılan tüm birimlerin birbirine uygun olması amacıyla 1986 yılında MKS (metre, kilogram, saniye) birim sistemine uygun olan “Uluslararası Birimler Sistemi (SI)” ile değiştirilmiştir (Akan, 2019).

➤ Aktivite Birimi

Bozunmanın çeşidi ve radyoaktif maddenin yayınladığı radyasyonun enerjisi ile ilgili bilgi vermeyen aktivite birimi bozunan çekirdek sayısı ile ilgili fikir verir. Radyasyon kaynağının gücünü göstermede kullanılan aktivite birimi radyoaktif maddenin birim zamandaki parçalanma miktarı olarak ifade edilir. Aktivitenin eski birimi Curie (Ci) dir. Yeni SI sitemine göre aktivite birimi Becquarel (Bq) olarak değiştirilmiştir (Cebesoy, 2022).

➤ Işınlama Dozu Birimi

Işınlama dozu birimi, kavramı kaynaktan çıkan radyasyonun şiddetini ve ortamdaki radyasyon seviyesini tespit edebilmek için radyasyon miktarının ölçülmesinde kullanılan birimdir. Yani X ve gama radyasyonunun normal hava

koşullarında havada oluşturduğu pozitif ve negatif iyonların miktarını gösterir (Ocaktan, 2022). Eski sistemde Röntgen (R) olarak ifade edilen ışınlama yeni SI sistemine göre Coulomb/kg olarak değiştirilmiştir.

Yeni SI sistemine göre ışınlama birimi Coulomb / kilogram (C/kg), 0 °C ve 760 mm Hg normal hava şartlarında 1 kg havada bulunan 1 coulomb luk elektrik yüküne eşit pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ve gama radyasyonu miktarıdır.

Eski sistem de Röntgen (R) olarak ifade edilen ilk ışınlama birimi 0 °C ve 760 mm Hg hava şartlarında havanın 1 kg 'ında 2.58×10^{-4} Coulomb'luk elektrik yükü değerinde X ve gama radyasyonunun ölçüsüdür (Özgülen, 2018)

➤ Soğurulma Dozu

Soğurulma dozu birimi hem parçacık tipi radyasyonlarda hem de elektromanyetik radyasyonlarda kullanılabilen bir maddenin birim kütlesinde soğurulmuş enerji miktarını gösterir. Eski sistemdeki birimi rad yeni sistemde ise birimi Gray (Gy)'dir.

Rad: Herhangi bir radyasyon kaynağı tarafından ışınlanmış maddenin 1kg'lık miktarında 10^{-2} joule' lük enerjinin soğurulmasına sebep olan radyasyon miktarıdır.

Gray (Gy): Işınlanmış maddenin 1 kg'lık miktarında 1 joule' lük enerji emilimi meydana gelmesine sebep olan radyasyon miktarıdır (Gümüş, 2022).

➤ Doz Eşdeğeri

Radyasyonun çeşidi ve enerjisine canlıda oluşabilecek hasarı gösteren eşdeğer doz o radyasyon tipinin ağırlık faktörleri ile soğurulmuş dozun çarpılmış halini ifade eder (Gökharman vd., 2016). Eski, sisteme göre birimi rem, yeni SI sistemine göre yeni birimi Sievert (Sv) dir.

➤ Etkin Doz

Işınlanan tüm doku ve organların aldığı eşdeğer dozun, doku ağırlık faktörü ile çarpılarak toplanması ile hesaplanan etkin doz, tüm vücut için radyasyon riskini ifade eder. Eski birimi rem yeni birimi Sievert tir. Radyasyon güvenliği bakımından çok önemli bir niceliktir (Zeyrek, 2013).

Tablo 2.6. Radyasyon dozu eski ve yeni sistemler ve dönüşümleri (Afad, 2022).

Kavram	Eski sistem birimi	SI sistemi birimi	Dönüşümleri
Aktivite birimi	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10}$ $1 \text{ Bq} = 2,7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$
Işınlama birimi	Röntgen (R)	Coulomb/kilogram (C/kg)	$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ $1 \text{ C/kg} = 3,88 \times 10^3 \text{ R}$
Soğurulma dozu	Rad	Gray (Gy)	$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$
Eşdeğer doz	Rem	Sievert (Sv)	$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$

2.3.5. Radyasyonun Tıpta Kullanımı

1895 yılında Wilhelm Conrad Roentgen' in X ışını keşfetmesinin ardından, 1896-1898 yıllarında uranyum ve radyumun radyoaktif özellikleri Becquerel ve Marie Curie tarafından tanımlanmıştır (Cebesoy, 2022).

İyonlaştırıcı radyasyonun ve radyoaktif özellikte olan maddelerin keşfedilmesi, tıp alanında yapılan uygulamalardaki tanı ve hastalıkların tedavisinde çarpıcı ilerlemelere önderlik etmesinin yanında araştırmalarda, endüstride ve tarım alanında geniş kullanım alanı sağlamıştır. Medikal ışınlamalar yapay radyasyon kaynakları içerisinde dünya genelinde en büyük paya sahiptir (Balsak, 2014).

Tanı ve tedavi amaçlı iyonize radyasyon kullanılarak yapılan uygulamalar, radyoloji, radyoterapi ve nükleer tıp uygulamalarını içerir. X ve gama radyasyonlarının kullanıldığı radyoterapi tedavi amaçlı kullanılırken, nükleer tıp ve radyoloji genellikle tanısal daha az olarak tedavi amaçlı kullanılır (Balsak, 2014). Dünya genelinde, yapılan bu uygulamalar 37 milyon nükleer tıp, 7,5 milyon radyoterapi uygulaması ve 3,6 milyar radyolojik tetkik şeklinde olup en büyük pay tanısal radyolojiye aittir (Balsak, 2014.)

X-ışını ve Co-60 gibi gama ışını yayan radyoaktif maddelerin kullanılarak kanserli hücrelerin tedavi edildiği radyoterapi yani radyasyon onkolojisi uygulamalarında hastaların etkin olarak tedavi edilebilmesi için ihtiyaç duyulan radyasyon dozu radyolojide kullanılan dozun binlerce katı değerindedir.

Hastalarda görülen kanser türüne göre bu dozlar 60000 mSv'ye kadar yükselebilir. Kanser türüne göre tedavi amaçlı dokular için öngörülen dozlar haftalık periyotlar olarak fraksiyonlar halinde genel olarak 20-60 Gy arasında verilmektedir.

Nükleer tıp işlemleri, doku ve organların işlevleriyle ilgili tetkiklerdir. Tanı veya tedavi için uygulanan nükleer tıp tetkiklerinden, tanı amaçlı uygulanan tetkiklerde; farmasötik gibi bir taşıyıcıya bağlanmış gama ışını yayan radyonüklit hastaya enjeksiyon yoluyla verildikten sonra, radyofarmasötüğün hareketi gama kameralar ile izlenir. Tedavi amaçlı uygulanan nükleer tıp tetkiklerinde kullanılan radyonüklidlerde, hastanın aldığı aktivite miktarı ve organ ve dokuların aldığı radyasyon dozları, tanı amaçlı yapılan nükleer tıp uygulamalarına göre çok daha yüksektir (Hacıosmanoğlu, 2017). Nükleer tıpta tanı amaçlı genellikle Teknesyum-99 (Tc-99) kullanılırken, iyot 131 (I-131) sıklıkla tedavi amaçlı kullanılan radyonüklitlerdendir (Balsak, 2014).

Radyolojide tanısal amaçlı uygulanan non-invaziv görüntüleme yöntemlerini röntgen, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans uygulamaları oluşturur (Akan, 2019). X-ray grafi adıyla bilinen röntgen en yaygın olarak kullanılan radyolojik görüntüleme yöntemidir. X ışınının kullanıldığı radyolojik tetkiklerde X ışını cihazı tarafından üretilen radyasyon yumuşak doku ve kemiklerde farklı yoğunluklarda etki eder ve film üzerinde oluşan görüntü hasta konusunda yapısal bilgi verir. Radyolojinin alt dalı olan girişimsel radyoloji uygulamalarında ise anjiyografi ünitesinde hem tanısal amaçlı hem tedavi amaçlı uygulamalar mevcuttur. Trombüs olan damarın açılması, anevrizmaların kapatılması, damarlarda meydana gelmiş darlıkların genişletilmesi gibi birçok uygulama girişimsel radyoloji ünitesinde gerçekleştirilebilir (Akan, 2019). Girişimsel radyoloji işlemleri hem hastaların hem işlemi gerçekleştiren personelin en fazla radyasyon dozuna maruz kaldığı radyolojik tetkiklerdir. Görüntülenen ya da tedavi edilen organın ve vasküler yapıların işlem sırasında görüntülenebilmesi için hastaya sürekli X ışını verilmektedir. İşlem esnasında yaklaşık olarak 10-100 mSv arasında radyasyon dozu verilen hasta yüksek miktarda radyasyon dozuna maruz kalır. Koruyucu önlemler alınmadığı takdirde işlemi gerçekleştiren hekim ve personel içinde yüksek doz riski mevcuttur (Hacıosmanoğlu, 2017).

2.3.6. Radyasyonun Biyolojik Etkileri

İyonize radyasyonun doğal kaynaklar sebebi ile tüm canlılar üzerindeki maruziyeti, doğal yaşamın vazgeçilmez, önlenemez özelliklerindendir. Ancak bunun yanında çoğunlukla tıbbi uygulamaların neden olduğu yapay radyasyon maruziyeti canlılar üzerindeki toplam radyasyon maruziyetini ciddi anlamda arttırmaktadır. Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından dolayı yaşayan bütün canlılarda etki mekanizması oluşur ve canlı organizmalar bu etkiye karşı bir tepki oluştururlar. Radyobiyojji, canlıların verdiği bu tepkiyi inceleyen bilimdir. İlk kez Henri Becquerel tarafından tanımlanan radyobiyojji de amaç, radyasyon doz-yanıt ilişkilerini daha iyi tanımlamak ve anlamak, biyolojik etkilerin oluşturduğu etki meknizmalarını ortaya çıkarmak ve radyasyonun zararlı etkilerini belirlemede yeni metodlar oluşturmaktır (Arslan, 2017).

19. yüzyılın sonlarında Wilhelm Conrad Roentgen' in X ışığını, Becquerel'in radyoaktiviteyi keşfinin ardından rapor edilen birçok radyasyon yaralanması mevcuttur. X ışınına maruz kalmanın, saç dökülmesine, eritem ve ödeme sebep olabileceği 1890'lı senelerde belirtilmiş, 1897 senesinde 69 kişide X ışına bağlı yanıklar bir araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Büyükvardar, 2020). 1902 yılında X-ışını maruziyetine bağlı ilk kanser vakası bildirilmiştir (Yaşar vd, 2014) Uzun yıllar Almanya- Çekoslovakya bölgesinde uranyum içeren madenlerde çalışan işçilerin akciğer kanserine yakalanma insidansının 30 kat daha yüksek olduğu izlenmiştir. 1911 senesinde 50 si radyolog olmak üzere 94 kişide X ışını maruziyeti nedeni ile tümör geliştiği saptanmış olup ve 1922 senesinde yaklaşık olarak 100 radyoloğun iyonize radyasyona bağlı oluşan kanserden öldüğü tahmin edilmektedir. 1920'li yılların sonlarında Herman Müller'in böcekler üzerinde yaptığı literatüre geçen çalışmaları ile iyonize radyasyonun genetik bozukluklara sebep olabileceği ortaya çıkmıştır (Büyükvardar, 2020).

Radyasyonun canlı organizmalara etkisi, hücre, doku, organ, sistem veya tüm vücut üzerinde izlenebilir. Radyasyonun fiziksel etkileri, kimyasal etkileri, biyolojik yani hücresel etkileşimleri ile canlılarda doku ve organlarda hasarlara neden olabilir. Radyasyonun biyolojik etkileri;

- ✓ Maruz kalan hücrenin duyarlılığına,
- ✓ Radyasyonun çeşidine,
- ✓ Maruz kalınan süreye
- ✓ Radyasyon miktarına bağlı olarak değişir (Becerir., 2018)

Hücrelerin radyasyona karşı duyarlılıkları radyosensivite olarak ifade edilmektedir. 1906'da Bergonie ve Tribondeau adlı iki bilim insanı hücrelerin radyasyon duyarlılığını, hücrelerin bölünme kapasiteleriyle doğru orantılı, farklılaşma dereceleri ile ters orantılı olarak açıklamış ve kendi isimleriyle bilinen yasayı ortaya koymuşlardır (Gökoğlan vd., 2020). Over ve testisin germ hücreleri, mide ve bağırsak epitel, hematopoetik sistem, kan ve kemik iliğindeki hücreler ve lenfositler gibi aktif mitozdaki hücre miktarı çok az diferansiye çok sık bölünen hücreler radyasyona karşı duyarlılığı en yüksek hücrelerdir. Gelişmekte olan kas ve kemik dokular, göz dokuları, tükrük bezleri ve damar endoteli orta duyarlılıkta hücreler iken radyasyona karşı direnci daha yüksek olan dokular, az bölünen veya bölünmeyen hücreler, olgun kemik ve kırık dokular, kaslar, karaciğer, beyin, endokrin dokular ve diğer sinir hücreleri gibi dokulardır (Arslan, 2017).

Radyasyonun zararlı tesirlerinin ortaya çıkmasıyla, Londra da 1928 yılında düzenlenen 1. Radyoloji kongresinde radyasyon miktarını belirleyecek standart bir yöntemin ve birimin geliştirilmesi ve bu konudaki çalışmaların yapılabilmesi amacı ile bir komite yapılması oluşturulmuştur. 1950 yılında komisyonun yeniden örgütlenmesi ile Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) adını alan komisyon, 1990 yılında hazırladığı, radyasyonun sınıflama sisteminin son şeklini, bir bildirge ile yayınlamıştır. Bu bildirgeye göre etkilenen dokuya göre somatik (kişinin kendi bedeninde) ve genetik (diğer nesillerde görülen etkiler) olmak üzere iki ana başlıkta incelenen biyolojik etkilerde doz-etki ilişkisi mevcuttur. Komisyon somatik etkileri, etkilenme periyoduna ve radyasyona maruz kalma süresine göre deterministik ve stokastik etkiler olarak ayırmış, kalıtsal etkilerin ise stokastik etkiler sonucu geliştiğini belirlemiştir (Bozbıyık vd., 2002).

➤ **Deterministik Etki (Eşikli Doz – Etki Bağıntısı)**

- ✓ Belirli bir eşik dozu vardır bu etkiler bu eşik dozun aşılmasıyla görülür
- ✓ Etkinin şiddeti ile doz doğru orantılıdır. Doz- sonuç ilişkisi mevcuttur.
- ✓ Hücre öldürücü özelliği vardır.
- ✓ Akut hasar sonucu ortaya çıkması durumunda vücudun tamir yeteneğinin çok üzerinde zararlar meydana gelir (Al, 2019).

Tüm dokular için belirlenmiş doz sınırı 0,5 Sv olarak belirlenmiştir ve erken dönem etkilerine; eritem, ödem, deskumasyon, epilasyon, deri ülserleri, pulmoner pnömoni, geç dönem etkileri ise cilt kanserleri, katarakt, akciğer fibrozisi ve infertilite deterministik etkilere örnek olarak verilebilir (GATA, 2008). Cilt, bu etkinin en çok görüldüğü bölgedir ve cilt için eşik değer yaklaşık olarak 2 Sv civarındadır. 6 Sv radyasyon dozuna maruz kalmada cilt hücreleri yüksek oranlarda zarar görürken, 18 Sv civarındaki radyasyon dozlarında, cilt hücrelerinde tamamen tahribat söz konusudur. 2 Sv doz, gözde katarakt oluşumuna neden olabilecek eşik değerdir. 30 Sv'in aşıldığı dozlarda ise genç insanlarda kemik yapılarında zararlar görülebilir (Çağlan, 2006).

➤ **Stokastik Etki (Eşiksiz Doz – Etki Bağıntısı)**

- ✓ Eşik doz yoktur, bu etkinin meydana gelmesi için belli değer üstüne çıkılması gerekmez. Ancak dozun artmasıyla riskte artar.
- ✓ Etkinin şiddeti alınan radyasyon dozu ile korelasyon göstermeyebilir. Soğurulan doz ile artar ama hasarın şiddeti soğurulan dozdan bağımsızdır.
- ✓ DNA hasarı sonucu oluşur. Yanlış veya eksik tamir olur, hücre işlevlerini korur ve bölünmeye devam eder fakat yanlış ve eksik tamir olur. Hücre bölündükçe hasar da artarak çoğalır (Al, 2019).

ICRP stokastik etkinin önlemenin mümkün olamayacağını fakat komisyonun kabul ettiği etkin doz kavramı ve doz sınırları kabul edilebilir seviyelerde tutulması amaçlanmaktadır. Stokastik etkinin en çok bilinenleri, sigara ultraviyole ışınlar ve iyonize radyasyonun bazı kanser türlerinin artmasına katkısının olduğu ICRP 103 raporunda belirtilmiştir (ICRP 103, 2007). Radyodermatit, hücrenin zarar görerek deformasyonu sonucunda kanser gelişmesi (lösemi 2-10 yıl içinde, solid tümör 10-40 yıl içinde), erken yaşlanma, ömür kısalması, sonraki nesillerde anomali gelişmesine neden olan genetik riskler stokastik etkilerdendir (Çağlan, 2006).

Radyasyonun stokastik ve deterministik etkileri meydana getirmesinde maruz kalınan doz çok önemlidir. Maruziyet dozu, akut ışınlama etkileri ve kronik ışınlama etkileri olmak üzere iki tip etki oluşturur (Gökoğlu vd., 2020).

➤ **Akut ışınlama etkileri**

Vücudun bir bölümünün, belli bir bölgesinin yada tamamının yüksek dozda radyasyona maruz kalması sonucunda oluşan etkilerdir. Yüksek dozlarda radyasyona maruz kaldığında meydana gelebilecek etkiler genel olarak birkaç gün veya birkaç hafta içerisinde şiddetli hasarlar, hastalıklar veya ölüm şeklinde olabilir. Çoğunlukla kazalar sonucu meydana gelen ışınlamalardır. Nükleer kazalar, radyasyon kaynaklarının bir şekilde kontrol dışı kalması nedeniyle maruz kalınan yüksek radyasyon dozu bu etkileri meydana getirebilir (Tenmak, 2023). Yüksek doz maruziyeti sonucu akut radyasyon sendromu adı verilen tablo oluşur. Akut radyasyon sendromun tüm vücut ışınlamalarında başlıca hematopoietik, gastrointestinal ve nörovasküler sendromlar olmak üzere 3 tip klinik tablo izlenir.

Hematopoietik sendromda, kemik iliğinin baskılanması sonucunda immün sistem baskılanır, enfeksiyon riski yükselir ve anemi oluşur. Gastrointestinal sendromda, sıvı–elektrolit kaybı oluşur, iştahsızlık ve motilitede azalma gözlemlenir. Nörovasküler sendrom, konfüzyon, koordinasyon kaybı, kafa içi basıncında artış, ödem ve komayla seyreder ve ölüme sebebiyet verebilir (Gökoğlu, 2020).

Bölgesel radyasyon hasarları ise vücudun belli bir bölgesinin kısa bir süre zarfında yüksek radyasyon dozuna maruz kalması sonucu meydana gelir. Maruz kalınan bölgeye ve bu bölgenin büyüklüğüne, dozun şiddetine, radyasyonun cinsine göre hasarın şiddeti değişir.

➤ **Kronik ışınlama etkileri**

Uzunca bir süre , aralıklı olarak düşük dozlara maruz kalınması sonucu ortaya çıkan etkilerdir. Kronik ışınlamaya bağlı etkilerde doz düşük bile olsa, tekrarlanan ışınlamalar sebebi ile bir sonraki ışınlama süresine kadar organizmadaki hasarların onarılamaması ve hasarın gittikçe artarak devam etmesidir. Radyasyonla çalışanların meslekleri gereği maruz kaldıkları doz, kronik

dozdur (Gökoğlu vd., 2020). Katarakt, fertilite bozuklukları, genetik mutasyon, fibroatrofi, kanser gibi hastalıklar bu etkiler sonucu gelişebilir (Arslan, 2017).

Deterministik ve stokastik etkiler, radyasyonun direkt veya dolaylı (endirekt) yoldan neden olduğu moleküler düzeydeki etkiler ile meydana gelir.

➤ **Direkt etki**

Hücre çekirdeğinin DNA molekülünün direkt olarak iyonize radyasyona maruz kalmasıyla oluşan direkt etkide DNA sarmalında tek zincir ve çift zincir kırıkları oluşur ancak çift zincir kırıklarının zarar verici özelliği çok daha fazladır. Direkt hücre ölümü veya apoptozis ile sonuçlanır. Ayrıca DNA sarmalındaki kırıklar nedeni ile genetik hasar ve bir sonraki jenerasyonda genetik bozuklukların görülmesine sebep olabilir.

➤ **Endirekt etki**

Endirekt etkide, İyonize radyasyon direkt DNA' yı etkilemez, ancak hücre içi moleküllerle etkileşimin ardından, serbest radikallerin oluşmasıyla hasara sebep olur (Gökoğlu vd., 2020). DNA zincir kırıklarına, protein enzim denatürasyonuna, hücre yapısının ve bütünlüğünün bozulmasına, hücre ölümü, sodyum potasyum dengesinin bozulmasına, ileri dönmeli malignite gelişimine ve genetik bozukluklara yol açabilir (Üstüner, 2022).

Doğal ve yapay radyasyon kaynakları sebebi ile canlılar üzerinde oluşan olumsuz etkilere karşın nükleer reaktörlerde, araştırma faaliyetlerinde, endüstride, tıbbi uygulamalarda teşhis ve tedavi amaçlı, tarımda faydalı amaçlar için radyasyon kullanılmaktadır. Radyasyonun bu tip alanlardaki kullanımı sebebiyle çalışanların ve radyasyona maruz kalabilecek kişilerin etkili bir şekilde korunabilmesi için güvenlik önlemlerinin alınması gerekir (Çimen, vd, 2017).

Radyasyon günümüzde tıbbi uygulamalarda, x-ışını ile yapılan işlemlerde gerek görüntü elde edebilme gerekse hücre ve tümörleri yok etme özelliğinden dolayı hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli bir role sahiptir. Nükleer tıpta, radyoterapide ve girişimsel radyolojide birçok faydası bulunmasına rağmen, bu uygulamalarda hastanın aldığı radyasyon dozları göz ardı edilmemesi gereken

seviyelere ulaşmaktadır (Berkmen., 2006). Radyasyonun bu özelliği karar vericiler tarafından fayda-zarar analizi yapılarak, hastanın yararına olacak şekilde kullanılmalıdır. Radyolojik tanı ve tedavi uygulamalarında amaç hastanın ve uygulamayı gerçekleştirecek personelin tetkik sırasında aldığı radyasyon dozunu en düşük seviyede tutmak ve riskleri en aza indirmek olmalıdır.



2.4. X-ışınları ve Girişimsel Radyoloji Uygulamaları

2.4.1. X Işınları

1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Röntgen tarafından bir rastlantı sonucu keşfedilen X-ışınları, tıpta yeni bir çağ açmış ve radyoloji biliminin doğmasında temel oluşturmuştur. Gözle görülmesi imkansız olan ve madde içerisinden kolaylıkla geçebilen, bu esnada pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ışınlarının keşfedilmesi, verdikleri hasarları uzun yıllar sonra anlaşılan yapay radyasyonla insanların tanışmasının başlangıcı olarak kabul görmektedir. İlerleyen yıllarda X ışını ile uzun süreli etkileşim sonucunda, saç dökülmesi, cilt reaksiyonları gibi zararlı etkilere neden olduğu anlaşılmıştır (Balsak, 2014).

Tıp alanında ilk kez X ışını, hastanın bacağına saplanan kurşunun yerinin belirlenmesiyle kullanılmaya başlanmıştır (Akan, 2019). X ışınlarının keşfedilmesinin ardından, bir yıl içerisinde ülkemizde Galatasaray lisesi öğretmeni Mösyö Şzuar tarafından üretilmiş olan X ışınları, tıp ta ilk kez Dr. Esat Feyzi bey tarafından kullanılmıştır.

2.4.1.1. X-Işınlının Özellikleri

- ✓ Dalga boyları 10 ile 0,01 nm (0,1 - 100 Å) aralığında olan, 0,125 ile 125 keV enerji aralığında bulunan elektromanyetik dalgalar yada foton demetidir ve gözle görülemezler.
- ✓ Boşluktaki hızları, ışık hızına (300.000 km/s) eşittir.
- ✓ Tıreşim sayısı, 30 ile 30.000 PHz (PHz=10¹⁵ hertz) aralığında bulunan sayıya eşdeğerdir.
- ✓ Elektriksel yükleri bulunmadığı için manyetik alanda sapmaz ve doğrusal hareket ederler.
- ✓ Polikromatik özellikte ve heterojen yapıda olan bir ışın demeti şeklindedir. Bunun nedeni farklı enerji düzeyinden elde edilmeleri ve aynı ışın demetinde farklı dalga boyuna sahip x ışınlarından bulunabilmesi özelliğinden kaynaklanır.
- ✓ Fotografik etksi mevcuttur,
- ✓ İyonizasyon özelliğine sahip oldukları için zararlı olabilirler,

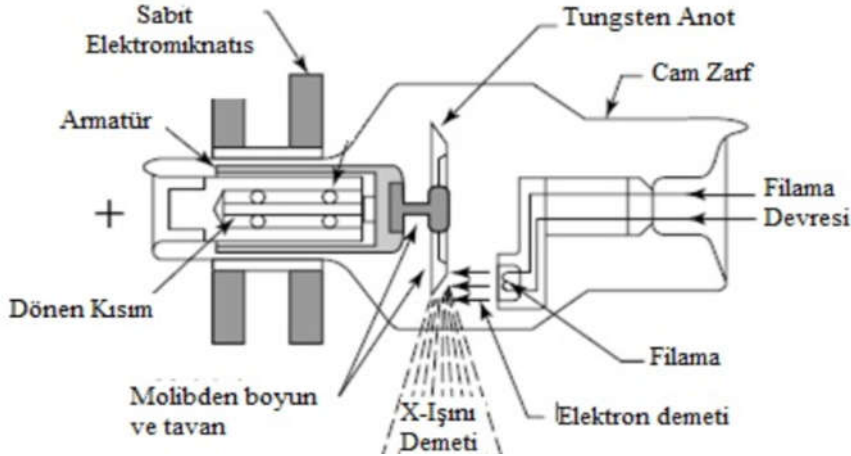
- ✓ Maddeden geçerken soğurulma özelliği taşır,
- ✓ DNA ve kromozamlara etki ederek bozulmalara sebep olabilecek biyolojik etkileri vardır,
- ✓ Suyun iyonlaşmasını neden olarak serbest radikallerin oluşmasına sebep olan kimyasal etkilere sahiptir (Balsak, 2014).

2.4.1.2. X-Işının eldesi ve X-Işını Tüpü

Crookes tüpü ile çalışırken Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X ışınları keşfedilmiş, 1895 yılındaki bu keşif üzerine bu tüplerin kullanımı 1899 senesine varıncaya dek devam etmiştir.

1899-1913 seneleri arasında kullanılan gazlı röntgen tüplerinin yerini, 1913 senesinde Dr. Coolidge tarafından geliştirilmiş olan daha verimli coolidge tüpleri almıştır. Günümüze kadar yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde, temeli coolidge tüplerine dayanan, çok daha modern, kullanış amaçına uygun X-ışını tüpleri üretilmiştir (Akan, 2019).

X-ışınları üretimi, yüksek vakumda havası boşaltılmış yüksek voltaj elektrik akımına izin veren bir tüp içerisinde meydana gelir. Isıya dayanıklı pyrex ten yapılmış olan havası tamamen boşaltılmış vakumlu, silindir şeklindeki cam kap içerisinde, ısıtılan katot (Negatif elektrot), hedef anot (Pozitif elektrot) ve yüksek voltaj devrelerinin oluşturduğu tüp elemanları vardır (Şekil 2.26). Yüksek ısıнын etkisini azaltabilmek amacıyla genellikle tungsten gibi yüksek erime noktasına sahip maddelerden yapılan anot, bakır bir sapa monte edilmiş şekildedir. Tüp, tüpün soğumasına yardımcı olması ve katot ve anot arasında kısa devre oluşmasını engellemek amacı ile tamamen yağın içine yerleştirilmiştir. Tüp içerisinde, x ışınlarının, tüpü sadece bu alandan terketmesi amacıyla yapılmış 5 cm² lik daha ince cam bölüm olan pencere adını alan bölüm mevcuttur. X ışını tüpü, x ışını kaçağını engellemek için haube adı verilen kurşundan yapılmış bir korunak içine yerleştirilerek izole edilmesi sağlanmıştır (Poyraz, 2023).



Şekil 2.26. X-Işını Tüpü (Ayar, 2019)

Anot ve katot arasına uygulanan yüksek voltaj ile ısıtılan katot flamanını meydana getiren atomun elektronları termo-iyonik emisyon süreciyle serbestleşir ve yayınlanan elektronlar yüksek gerilim altında hızlandırılarak yüksek atom numaralı anod materyaline çarptırılır. Hızlandırılmış elektronlar hedefe çarptıklarında birden bire dururlar ve kinetik enerjilerinin % 0,2'si X-ışınına dönüşürken, % 99,8'i ise ısıya dönüşür (Yentür vd., 2006).

2.4.2. X-Işınlarının Girişimsel Radyolojide Kullanımı

Girişimsel radyoloji işlemleri, X-ışını ile yapılan görüntüleme kılavuzluğunda, bir hastalığı tedavi etmek, gelişimini önlemek, ve hastalığa sebep olan patolojik tanıyı saptamak için yapılan işlemleri kapsar. Hastalar, meydana gelebilecek cerrahi ve genel anestezi risklerinden korunurken, bu işlemler sonrasında karşılaşılabilecekleri ciddi yan etkilerle de karşılaşmazlar (Akhan, 2019). Vasküler ve non-vasküler girişimsel işlemler olarak ikiye ayrılan girişimsel radyoloji işlemleri, akut trombüsün eritilmesi veya çıkartılması, anevrizmaların tıkanması, safra yolları tıkanıklarının açılması, damar tıkanıklarını genişletilmesi ve bunlar gibi birçok uygulamayı içerir (Akan, 2019). Girişimsel radyoloji uygulamalarında anjiyografi tekniklerinin kullanılmasıyla yapılan işlemler, klinik uygulamalarda hızla artan oranlarda kullanılmaya başlanmıştır (Ay, 2020). Günümüzde birçok cerrahi işlemin yerini alan girişimsel radyolojik işlemler sıklıkla kullanılmaktadır. Klinik uygulamalarda sıklıkla tercih edilen ve X-ışını

altında yapılan bu işlemlerde, hastalar önemli oranlarda radyasyona maruz kalmakta ve bazı işlemlerde radyasyonun biyolojik zararları söz konusu olmaktadır (Olgar, 2004).

2.4.2.1. Girişimsel Radyolojinin Kısaca Tarihçesi

Girişimsel radyolojinin babası olarak anılan Charles Dotter' ın öncülüğünü yaptığı teknikle 82 yaşındaki ampütasyonu reddeden hastanın sol ayağındaki arter oklüzyonu nedeniyle meydana gelen gangren ilk kez gerçekleştirilen kateter aracılı anjioplasti yöntemiyle tedavi edilmiştir. İlk anjioplasti işlemi 1964'te girişimsel radyologların öncülüğünde gerçekleştirilmiştir. Bunu takip eden yıllarda, tümör ve omurilik vasküler malformasyonun embolizasyon tedavisi, safra kanalı taşlarının perkütan kaldırılması, ve tıkalı koilleme işlemi, 1974'te inme, arteriyel tıkanmalara, DVT vb. trombolitik tedavi, kendiliğinden açılabilen stentlerin kullanılması gibi bir çok girişimsel radyolojik işlem gerçekleştirilmiştir (Yaşar vd., 2012)

Endovasküler girişim ile kranial tedavilerde, 1960 yılında Alfred J. Luessenhop ve William T. Spence tarafından gerçekleştirilen ilk beyin lezyonu tedavisi arteriyovenöz malformasyon (AVM) dur. John F. Alksne ve Aaron G. Fingerhut tarafından intrakraniyal anevrizmaların tedavileri 1960'lı yıllarda gerçekleştirilmiştir. İntrakraniyel embolizasyon ise 1971 yılında ilk kez mikrokater kullanılarak tedavi edilmiştir. Boston Scientific (Target, Fremont, CA) tarafından, fayda, etkinlik ve de güvenlik bakımından devrim yaratan intrakraniyal damarların görüntülenmesinde kateter ve mikrotel sistemi, 1986 yılında tanıtılmıştır (Arıcı vd., 2022).

Girişimsel radyologların öncülüğünde yapılan girişimsel radyoloji işlemlerin hemen hemen hepsi X-ışını altında floroskopi eşliğinde uygulanan işlemlerdir. Geçmişten bugüne kadar gelişen teknolojiyle birlikte neredeyse rutin haline gelen daha az invaziv tedaviler ve anjiyografi işlemlerinin sıklıkla kullanımı hem hasta için hemde uzun vadede mesleği gereği x-ışını ile çalışanlarda radyasyon maruziyeti bağlı zararlara sebep olabilir (Yaşar vd., 2012).

2.5. Anjiyografi

Anjiyografi, girişimsel radyolojinin en fazla kullanım alanına sahip medikal bir görüntüleme tekniğidir. Hastalıkların hem teşhis hem tedavisinde kullanılan anjiyografi, X-ışınları ile yapılan floroskopi sisteminin kullanılmasıyla tüm vasküler yapıların görüntülenmesine olanak sağlar. Vasküler yapıların görüntülenebilmesi için, kana suda eriyen iyotlu maddeler gibi yoğunluğu yüksek kontrast maddeler enjekte edilerek gerçekleştirilen anjiyografi işlemlerinde verilen kontrast maddenin amacı, kanın X-ışınını soğurma kapasitesinin yaklaşık olarak yumuşak doku ile aynı olmasıdır. X-ışını ile yapılan floroskopik görüntülemeler, damar içerisine enjekte edilen kontrast maddenin ilerleyişini dinamik olarak gözlemleyebilme imkanı sunar. İşlemlerin yapılmasında genellikle kateterler yardımıyla femoral bölgeden girişim uygulanmakta, ilgili bölgeye ulaşıldığında ise katater aracılığı ile kontrast madde verilmektedir. Ayrıca aksiller ve subklaviyen bölgelerde girişim bölgesi olarak kullanılabilir. Ancak femoral girişimlerde komplikasyon oranı diğer bölgelere göre daha düşüktür. Anjiyografide kullanılan floroskopi sistemlerinde, vasküler yapılarda yalnızca statik görüntülemenin değil, dinamik görüntülemeninde yapılabilmesi mümkündür. Girişimsel radyoloji anjiyografi cihazlarında floroskopi altında yapılan işlemlerde, eş zamanlı izleme eşliğinde birçok teşhis ve tedavi işlemi gerçekleştirilmektedir(Akan, 2019).

Anjiografi cihazları, ve X-ışının oluşumu radyografi cihazlarında olduğu şekildedir ve radyoskopi ile aynı görüntü oluşturma prensbine sahiptir. C kollu röntgen cihazları olarak ifade edebileceğimiz anjiografi cihazları teknolojik olarak çok daha fazla gelişmiş yapıdadır.

2.6. Anjiyografi Sistemlerinde Görüntülerin Eldesi

Anjiyografi sistemlerinde floroskopik ve radyografik olarak iki şekilde görüntüler alınır.

2.6.1. Floroskopik görüntüleme

Floroskopik görüntülemede, sürekli x-ışınına maruz bırakılarak inceleme yapılan hastanın görüntülerinin monitöre dinamik görüntülerinin yansımaları ile vasküler yapılar izlenebilir. Daha net ve iyileştirilmiş görüntülerin elde edilmesi için tedavi edilecek veya görüntülenecek damara yerleştirilen kateter aracılığı ile kontrast madde verilerek damarsal yapıların görüntülenmesi sağlanır. Verilen kontrast maddenin damardaki hareketleri izlenerek damarların dinamik görüntülerinin oluşturduğu floroskopik görüntülemede, görüntüler oluşturulurken kare hızları yüksek ve puls süreleri kısadır (Bushberg vd. 2012).

2.6.2 Radyografik görüntüleme

Belirli bir süre içinde kısa süre aralıklarıyla statik görüntülerin alındığı radyografik görüntüleme ise görüntülerin, sayısal çıkarma tekniği (DSA; Digital Subtraction Angiography) (Şekil 2.27) uygulanarak yada sayısal çıkarma tekniği yapılmadan (DA; Digital Acquisition) elde edilmesine dayanır. Sadece kemik ve yumuşak doku bilgilerini içeren maske görüntülerinin alınmasından sonra, görüntülenecek veya tedavi edilecek bölgeye kateter yardımıyla ulaşılmasıyla kontrast madde enjekte edilir ve arka arkaya statik görüntüler elde edilir. Sinema filmi gibi peş peşe çok kısa zaman aralıklarında alınan bu statik görüntüler, hem kemik ve yumuşak doku hem de vasküler yapılar ile ilgili bilgileri kapsar. Böylece ilgili bölgede, kontrast madde enjekte edilerek elde edilen görüntüler maske görüntüsünden çıkarılarak, damara verilen kontrast maddenin ilerleyişinin yüksek ayırma gücü ile izlenebileceği görüntüler elde edilir (Olgar, 2004). Bu teknik ile damarlardaki anormallikler, şeklindeki düzensizlikler, kan akımındaki bozukluklar tespit edilebilir (Ay, 2020).



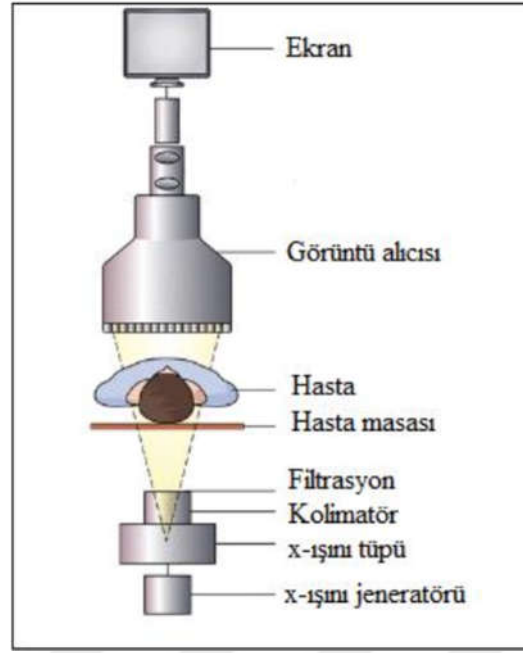
Şekil 2.27. Anjiyografide yapılan sayısal çıkarma tekniği (Olgar, 2004).

2.7. Floroskopi Sistemleri

Floroskopi sistemlerinde, x-ışını kullanılarak hastanın dinamik eş zamanlı görüntüleri izlenebilir. Bu sistemler yüksek zamansal çözünürlük özelliği bulunan görüntülerin eldesi imkanı sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerin radyografi sistemlerinden farkı, saniyedeki görüntü sayısının daha yüksek, doz değerinin ise radyografik görüntü başına daha düşük değerlerde dinamik görüntü elde edilebilir olmasından kaynaklanır.

Karmaşık X-ışını chazları olan girişimsel uygulamalarda kullanılan floroskopi sistemlerinin kullanıldığı cihazlar, gerçek zamanlı, görüntü tabanlı, kVp, mAs, otomatik doz hızı kontrolünün sağlanabilmesi gibi özellikleri taşıyan ve bu parametrelerin otomatik olarak kontrolünün sağlandığı, görüntüleri toplama ve işleme kabiliyetini içeren cihazlardır.

Floroskopi sistemlerini, X-ışını tüpü, x-ışını jeneratörleri ve görüntü güçlendirici gibi temel bileşenler oluşturur (Şekil 2.28). Tüpten çıkan x-ışınlarının hastayı geçmesinin ardından görüntü alıcısına ulaşmasıyla görüntü bilgisi elektronik olarak oluşturulmuş olur (Ay,2020).



Şekil 2.28. Floroskopi sistemi bileşenleri (Ay, 2020)

2.7.1. X-ışını Jeneratörü ve Tüpü

Anot boyutları büyük olan floroskopik incelemelerde kullanılan x-ışını tüpleri yüksek dönme hızına (yaklaşık 10000 rpm civarında) ve yüksek ısı kapasitesine sahip cihazlardır. X-ışını tüpleri ve jeneratörlerinin x-ışını verimi, konvansiyonel uygulamalarda kullanılan cihazlara göre çok daha yüksek seviyededir. Potansiyelleri 50 kVp'den başlayarak 125 kVp aralığına kadar değişkenlik gösteren x ışıını tüplerinin büyük odak nokta boyutları 0,6 mm, küçük odak nokta boyutları ise genelde 1,2 mm'dir. Floroskopik sistemlerde kullanılan x-ışını jeneratörleri çok puls veya yüksek frekans özelliğine sahip jeneratörlerdir (Olgar, 2004). Grid Based olarak ifade edilen x-ışını tüplerinde puls şeklinde üretilen x-ışınları, hasta hareketine bağlı olarak görüntüde oluşabilecek bulanıkları en az seviyeye indirilmesini sağlar (Ay, 2020).

2.7.2. Görüntü Alıcısı

Günümüz floroskopi sistemlerinde görüntü güçlendirici (GG) veya flat panel dedektör (FPD) görüntü alıcısı olarak kullanılmaktadır (Seibert 2006).

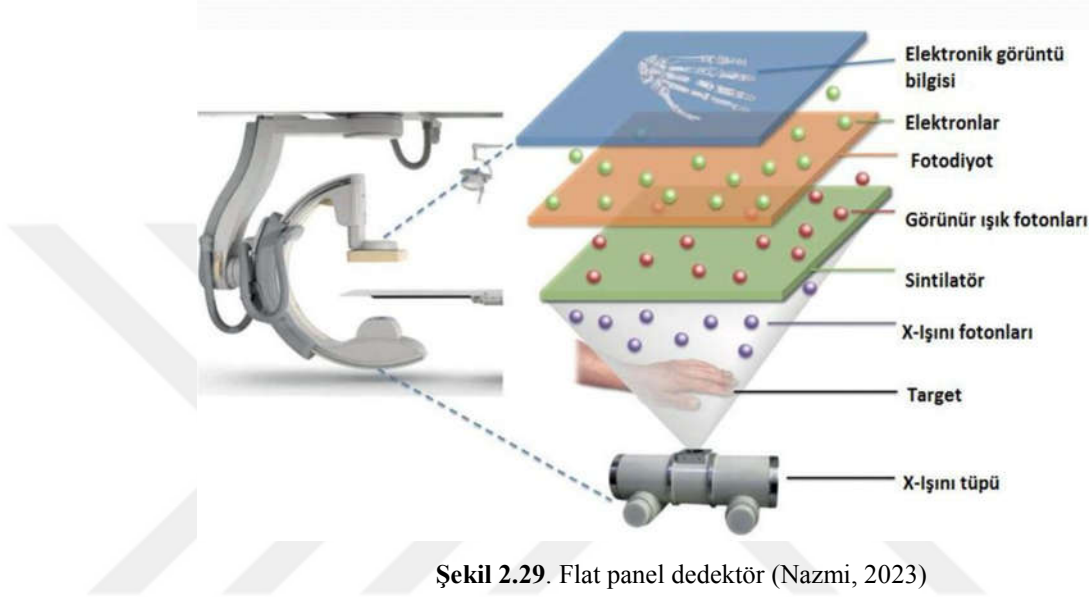
➤ Görüntü güçlendirici (GG)

Görüntü güçlendiricinin giriş fosforunda ki sintilatör aracığı ile algılanan x-ışınları, görünür bölgede ışık fotonuna dönüşür ve dönüşen fotonlar fotokatot ile etkileşime girer. Fotokatot tarafından foton sayıya karşılık gelen sayıda elektron serbest bırakılır. Elektrotlar tarafından hızlandırılan elektronlar, çıkış fosforuna çarptırılarak ışık fotonu oluşturmaları sağlanır. Çıkış fosforunda oluşan ışık, optik lensler tarafından TV yada CCD (Charge Couple Devices) kameraya yönlendirilerek, video sinyali elde edilmesine olanak sağlar (Seibert 2006). Analog-Sayısal Dönüştürücü (ADC-Analog-Digital Converter), kamera çıkışındaki video sinyalinin logaritmik olarak işlenmesinin ardından görüntülerin bilgisayarın analog görüntüleri kabul edebilmesi için sayısal hale getirilmesini sağlar (Ayar, 2019).

➤ Flat panel dedektör (FPD)

Son 20 yılı aşkın süredir GG tabanlı sistemlere alternatif olarak kullanılan Flat panel dedektörler (FPD), flosroskopik sistemlerde kullanılan yeni teknoloji görüntü alıcılardır (Seibert, 2006). Sinyal okuma işleminin, ince film transistörler (TFT) tarafından gerçekleştirildiği flat panel dedektörler, kare yada dikdörtgen, birbirinden bağımsız olarak bir alt katman üzerinde bulunan dedektör bileşenlerinin meydana getirdiği TFT'lerden oluşur (Şekil 2.29). FPD lerde, x-ışını enerjisinin sinyale dönüştürülmesi, direk yada indirek şekilde olabilir. Direk dönüşümün olduğu sistemlerde, x-ışınına duyarlı yarı iletken tabaka, x-ışını direk olarak yüke dönüştürebilmek amacıyla elektrotların arasına konumlandırılır. Yarı iletken tabaka, soğurulan x-ışını enerjisi kadar elektron-hole çifti üretilmesini sağlar. Üretilen bu elektron-hole çiftleri, elektrotlar arasına uygulanan gerilim ile toplanarak sinyale dönüştürülür. Dönüştürücü yoluyla Yükselteçten çıkan sinyal, dijital hale getirilir. Bütün kapı hatları sırasıyla okunarak dijital görüntü oluşturulur (Bushberg et al, 2012). İndirek dönüşüm sistemlerinde ise sintilasyon malzemesi tarafından x-ışını enerjisinin ışık fotonuna dönüştürülmesiyle oluşan ışık fotonları, fotodiotlarda yüke dönüştürülür. Oluşan bu yükün depolanmasının ardından okuma işlemi gerçekleşerek dijital görüntü bilgisi oluşur (Ay, 2020). FPD tabanlı sistemler, daha iyi uzaysal çözünürlük ve kontrast sağlaması, yüksek x-ışını duyarlılığı, görüntüde parlaklığa sebep olan veiling glare etkisinin çok az

veya hiç olmaması, hasta etrafında hareketini iyileştirecek ergonomik yapısı, FOV boyunca alınan cevabın düzgün olması, hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunu ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ilkesine göre azaltma etkisi gibi avantajları nedeniyle günümüzde floroskopi sistemlerinde daha fazla kullanılmaktadır (Seibert, 2006).



Şekil 2.29. Flat panel dedektör (Nazmi, 2023)

2.7.3. Otomatik Doz Hızı Kontrolü (ADRC)

Anjiyogarik incelemelerde, işlemlerin karmaşıklığı nedeniyle, uzun ışınlama sürelerinde hastalar makul dozların üstünde gereğinden fazla dozlara maruz kalmaktadır.

Anjiyografik sistemler, maruz kalma parametrelerindeki bir değişikliğin, x-ışını jeneratörünün tasarım limitlerini veya x-ışını tüpünün ısı derecesini aşacak ayarlara yol açmamasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

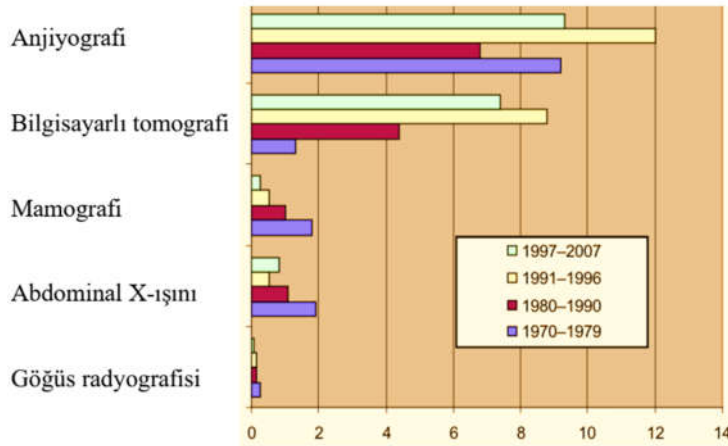
Hastaların floroskopik uygulamalarda kullanılan yüksek radyasyon dozlarını sınırlamak amacı ile son 20 yılı aşkın süredir uygulamalara giren sistemler, sadece pulslu floroskopi sistemi ve cilt giriş dozunu düşürmeye ve görüntüdeki kontrastı koruyarak kVp'lerin daha düşük seviyede kullanılmasını sağlayan, farklı kalınlıklarda bakır filtrasyon ayrıca otomatik doz hızı kontrolü (ADRC) gibi sistemlerin geliştirilmesi ile kullanılmaya başlanmıştır (Bushberg., et al 2012).

ADRC, bakır filtrasyonun kalınlığı, kVp, mAs ve ms gibi değişebilen parametreleri otomatik olarak kontrol edebilen, tüpün güç sınırlamaları içerisinde yapılan uygulamadaki görüntüleme çeşidinin gerektirdiği protokole bağlı olarak görüntü alıcısına olabilecek en az radyasyon dozunda en iyi görüntülerin elde edebileceği gerekli radyasyon dozunu sağlar, (Wunderle et al., 2016).

ADRC sistemleri, tüp akımının yüksek, tüp gerilimin ise düşük olduğu durumlarda bakır filtreleri kullanarak x-ışını demeti üretirler. Bakır filtreler tarafından, x-ışını demetindeki, hastanın aldığı radyasyon dozunu arttıran ve görüntü oluşumunda hiçbir payı bulunmayan, düşük enerjili fotonlar soğurularak, hastaların düşük radyasyon dozlarında ve optimum kalitede görüntülerinin oluşmasını sağlar (Bushberg., et al 2012).

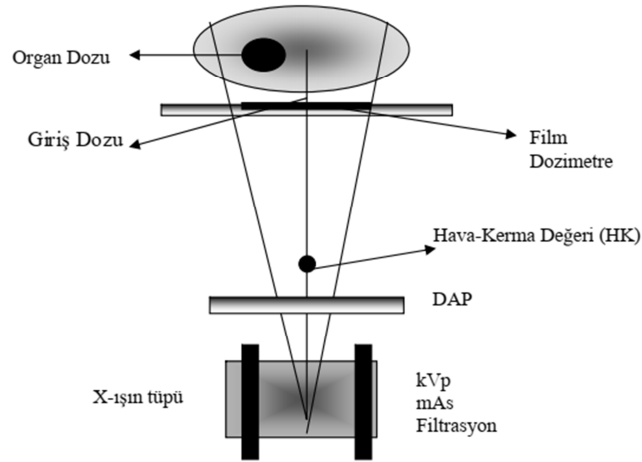
2.8. Anjiyografide Hasta Dozu Ölçümü ve Doz Nicelikleri

Günümüzde medikal uygulamalar sebebi ile hastalar ve çalışanlar yüksek dozlarda radyasyona maruz kalmaktadır. BT, mamografi floroskopi ve özellikle anjiyografi gibi tıbbi uygulamalardaki hastaların aldığı radyasyon dozları, göz ardı edilemeyecek seviyelere kadar çıkmıştır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Radyolojik incelemelere göre ortalama etkin dozlar (mSv) (Büyükvardar, 2020)

Girşimsel radyolojide, floroskopik süresi(dk), kümülatif hava kerma (CAK, mGy), doz alanı çarpımı (Dose Area Product, DAP, cGycm²), cilt giriş dozu (Entrance Dose, ED, mGy) gibi doz nicelikleri hasta dozu ölçümlerinde etkili yöntemlerdir (Şekil 2.31) (Olgar, 2022).



Şekil 2.31. Hasta doz ölçümünde kullanılan parametreler (Çağlan, 2006).

2.8.1. Floroskopi Süresi (dk)

İnceleme esnasında, radyografik sine görüntülemeyi içermeyen, sadece floroskopinin kullanıldığı toplam süreyi gösterdiği için alınan radyasyon dozu olduğundan daha az görünür.

2.8.2. Kümülatif Hava Kerma (CAK, mGy)

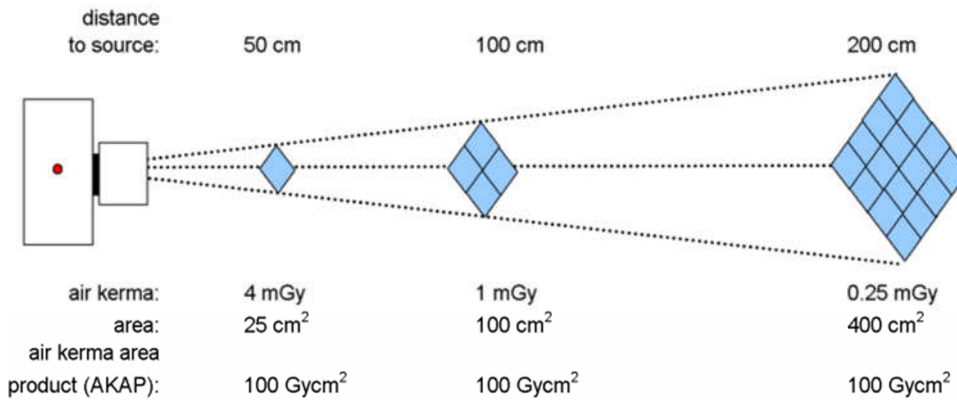
Hava kerma radyasyona maruz kalan küçük hacimlerdeki havaya x-ışını demeti tarafından salınan enerjidir (Üreyen, 2019). 10 Haziran 2006 tarihinden itibaren üretilen floroskopi sistemlerinde, kümülatif hava kerma değeri (CAK), uluslararası referans noktasına göre genellikle mGy cinsinden gösterilir. Günümüzde ki C-kollu sistemlerde izo merkezin (iso-center) tüp tarafına doğru 15 cm aşağıdaki mesafesi uluslararası referans noktası olarak alınmaktadır. Hasta doz ölçümlerinde önemli olan hava kerma değeri göz önüne alınarak etkin doz hesaplanabilmekte ancak deterministik cilt etkileri ile doğrudan alakalı olduğu halde maksimum cilt giriş dozunu hesaplamadığı için genellikle stokastik etkilerle ilgili hasarlar öngörülebilmektedir. Kümülatif hava kerma değerinin, SID (source-image distance, kaynak-görüntü mesafesi), mA ve kV gibi parametrelerin kullanıldığı floroskopik incelemeler sırasında, ekrandan takip edilmeden bu parametrelerle hesaplanması mümkündür.(Bushberg vd. 2012).

2.8.3. Doz Alan Çarpımı (Dose Area Product, DAP, cGy.cm²)

1950 lerin sonlarında doz değerlendirmede, girişimsel radyolojide doz alanı çarpımı (DAP) şeklinde hesaplanmasının en iyi yol olduğu fikri kabul görmüş ve 1959 senesinde 9. Uluslararası Radyoloji Kongresi'nde ilk kez ticari amaçlı olan DAP metre sergilenerek tanıtılmıştır. Günümüze kadar gelişen DAP metreler, floroskopi sistemlerinde bir çok ülkede kullanılmaktadır. 1970 senesinde ICRP tarafından da tanımlanan DAP ölçümleri radyasyona maruz kalan hastaların ve personelin maruziyet riskinin belirlenebilmesi için gereken bilgilerin elde edilmesini sağlar (Ay, 2020).

Doz alan çarpımı (DAP), x-ışını tüpünün çıkışındaki kolimatör üzerine, geçirgen özellikte iyon odası adı verilen ortalama radyasyon dozlarını ölçen dedektörün yerleştirilmesiyle ölçülür. Günümüzde modern cihazlar hava kerma değeri ve doz alan çarpımı değerini aynı anda ölçme özelliğine sahip cihazlardır.

Doz şiddetinin, ters kare kanuna göre, odak noktasına uzaklık arttıkça, uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaldığı ve x-ışını demeti alanının odak noktasına olan mesafenin karesi ile doğru orantılı olacak şekilde arttığı görülür. Bu durumda odak noktasına farklı uzaklıklarda bulunan her noktada DAP ölçümleri aynı değerlerde ölçülecektir (Şekil 2.32) (Juszkat et al., 2009). Literatürde röntgen-alan çarpımı yada kerma-alan çarpımı isimleri de DAP yerine, geçmektedir (Bushberg vd. 2012).



Şekil 2.32. Doz-alan çarpımı (Olgar, 2022)

DAP ölçümleri, floroskopi incelemelerinde aynı zamanda kollimasyon bilgilerini içerir ve uzun dönem stokastik etkiler olan karsinogenez ve genetik etkilerin çok iyi bir göstergesidir. Hasta pozisyonuna bağlı olabilecek değişiklikler, ışınlama parametrelerinin değişmesi, hasta ve odak noktası arasındaki uzaklıkların sürekli değişmesi gibi etkenler olması durumlarındaki avantajları nedeniyle hasta dozu hesaplanması ve etkin dozun hesaplanmasında DAP ölçüm sonuçları tercih edilmektedir (Bor vd. 2004).

2.8.4. Giriş dozu [Entrance Dose(ED, mGy)]

Giriş dozunu, radyasyona bağlı katarakt, ikincil cilt hasarları gibi deterministik etkilerin belirlenebilmesi için pirimer x-ışını demetinin hastaya giriş noktasındaki veya havada yapılan noktasal ölçümlerden hesaplamak mümkündür. Cilt giriş dozu, havada bir noktada toplanan airkerma olarak ifade edilebilir (Üreyen ,2019; Çağlan, 2006).

Hasta üzerinde yapılan noktasal giriş dozu ölçümlerinde, hastadan gelerek saçılan fotonların etkisi görülür.Yani havada ölçülen hava kema değeri geri saçılım faktörü (GSF) ile çarpılmalıdır. Ayrıca havada yapılan x-ışını doz ölçümleri (HK) odak deri mesafesinden (ODM) farklı mesafede (Odak hasta mesafesi; OHM) ölçülmüş ise ters kare kanunu gereği ölçüm sonuçlarda düzeltme yapılmalıdır. Havada ölçülerek bulunan sonuçların, hasta doksundaki değerinin saptanması, (μ_d) ve hava (μ_h) kütle azalım faktörleri göz önüne alınarak ve bunların oranının havadan hasta dokusuna geçişi ile çarpılması yolu ile hesaplanması mümkündür.

$$GCD= HK \times GSF \times [ODM / OHM]^2 \times \mu_d / \mu_h$$

GCD: Giriş cilt dozu

HK : Hava Kerma (mGy)

(ODM / OHM)² : Ters Kare düzeltme faktörü

$\mu_d / \mu_h = 1,06$ (Doku ve hava kütle azalım katsayıları oranı) (Çağlan, 2006).

Hasta cilt giriş dozları için, 2012 yılında European Commission (EC) tarafından yayınlanmış olan 162 numaralı raporda 2 mm bakır filtrasyonun kullanıldığı floroskopi modunun kullanılması işleminde dakikada 100 mGy, radyografi modu işlemlerinde ise, radyografik görüntü başına 2 mGy cilt giriş dozu olarak limit değerleri belirlenmiştir (Anonymous, 2012).



2.9. Radyasyondan Korunma

İnsanların gereksiz radyasyon riskine maruz kalmaması için, radyasyon kullanılan tüm uygulamarda radyasyondan korunma sistemi gereği, doz sınırları belirlenerek ve risk değerlendirmeleri yapılarak kontrol altına alınmalıdır. Bu sistemde amaç halkın, çevrenin ve mesleği gereği radyasyonla çalışanların korunması ve radyasyonun deterministik etkilerini azaltırken, stokastik etkilerin de oluşma olasılığının en düşük seviyelerde tutulmasını sağlamaktır.

Halkın ve radyasyonla çalışanların etkin bir şekilde radyasyondan korunabilmesi için oluşturulmuş kuruluşlardan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Uluslararası Çalışma Örgütüdür (ILO). 1950 yılında kurulan Uluslararası Radyoloji Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından iyonizan radyasyonun etkilerinden korunmak amacıyla öneriler yayınlanmaktadır. Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçümü Komitesi (International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU) radyasyondan korunmaya ait uluslararası tavsiyeleri geliştirerek yayınlamak gayesiyle kurulan kurumlardandır (Zeyrek, 2013). ICRU birimlerin tanımlanması görevini üstlenirken ICRP bunların radyasyondan korunmada nasıl kullanılması gerektiğine yönelik tavsiyelerde bulunur (Wikipedia, 2022). UNSCEAR (Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkilerini Araştırma Bilimsel Komitesi) 1955 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu kararı ile resmi bir komite olarak kurulan, insanların çevrelerindeki doğal ve yapay radyasyon kaynaklarını, bu kaynaklardan dolayı oluşan radyasyon maruziyetlerini ve bu maruziyet sonucu oluşabilecek riskleri düzenli olarak kontrol eden ve sonuçlarını rapor olarak belli aralıklara Birleşmiş Milletler Genel Kuruluna sunan kuruluştur (Zeyrek, 2013).

Ülkemizde ise nükleer enerji, iyonlaştırıcı radyasyon teknolojilerinin barışçıl amaçlarla ülkenin yararı için kullanılması, kişilerin ve çevrenin radyasyondan korunması, radyasyon güvenliğinin sağlanması için 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu kurulmuş, 1982 yılında ise Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ismi ile yeniden yapılanmaya gitmiştir. Türkiye Atom Enerjisi

Kurumu 2020 yılında kapatılmış tüm yetki ve görevlerini Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumuna (TENMAK) devretmiştir (Wikipedia, 2023).

2.9.1. Radyasyondan Korunmanın Temel İlkeleri

Radyasyondan korunmada ICRP'nin önerdiği 3 temel ilke bulunur.

- ✓ Gerekçelendirme (Justifikasyon)
- ✓ Optimizasyon (ALARA)
- ✓ Doz sınırlaması

➤ **Gerekçelendirme (Justifikasyon)**

Radyasyonun potansiyel olarak zararlı etkileri dikkate alınarak, bu etkiler bir bedel olarak görülmeli ve gerçekleştirilecek olan uygulamanın oluşturabileceği radyasyona bağlı riskler uygulamanın faydası ile karşılaştırılmalıdır. Kısacası radyasyon eşliğinde yapılan tüm uygulamalar fayda-bedel analizi yapılarak mutlaka gerekçelendirilmelidir (Tümrad, 2023)

➤ **Optimizasyon (ALARA)**

Gerçekleştirilecek uygulamanın net faydasının maksimum seviyede olması, kişisel dozun miktarı, ışınlanan kişi sayısı, sosyoekonomik etkiler göz önünde bulundurularak olabilecek makul en düşük dozların (ALARA) alınmasının başarılması prensibine dayanır. Uygulanan yöntemler ve bu uygulamalarda kullanılan cihazlar optimizasyon ilkesinin uygulanmasındaki önemli parametrelerdir (Zeyrek, 2013).

➤ **Doz sınırlaması**

Radyasyonun deterministik ve stokastik etkilerinin meydana gelmesini, kişilerin ve sonraki nesillerin risk altına girmesini ortadan kaldıracak olan ve kişilerin yıllık doz sınırlarını aşmamasını gerektiren ilkedir. Bu sınırlar ALARA prensibine uygun olmak şartıyla uygulanan zaruri yaptırımlardır ve sosyoekonomik durum göz önüne alınmadan uygulanan değerler olarak ifade edilir. ICRP tarafından önerilen radyasyon görevlilerinin veya toplum bireylerinin

doz sınırlamalarına göre tıbbi teşhis ve tedavilerde kullanılan ışınlamalar hariç, izin verilen bütün ışınlamalar sebebi ile ilgili organ veya dokunun aldığı eşdeğer doz ve etkin doz değerleri, belirlenmiş yıllık doz değerleri sınırlarını aşamaz (Tablo 2.7) (Tümrad, 2023).

Tablo 2.7. ICRP tarafından önerilen radyasyon görevlilerinin veya toplum bireylerinin doz sınırlamaları (Gökharman vd., 2016).

		Radyasyon Çalışanları	Toplum Üyeleri
Etkin Doz Sınırı	Ardışık 5 yılın Ortalaması	20 mSv	1 mSv
	Herhangi bir yılda	50 mSv	5 mSv
Yıllık Organ Eşdeğer Doz Sınırı	Göz Merceği	150 mSv	15 mSv
	Deri (cm ²)	500 mSv	50 mSv
	Eller ve Ayaklar	500 mSv	50 mSv

2.9.2. Radyasyondan Korunma Yöntemleri

Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarına bağlı radyasyon maruziyetini azaltmak veya engellemek amacı ile uygulanan radyasyondan korunma yöntemleri, koruyucu 3 ana faktörden oluşmaktadır. Bunlar,

- ✓ Süre,
- ✓ Mesafe,
- ✓ Zırhlamadır.

➤ *Süre*

Alınan radyasyon dozu miktarı, radyasyona maruz kalınan süre ile doru orantılı olarak arttığı için, ışınlamalara maruz kalma süresi düştükçe alınan radyasyon dozu miktarı da o kadar az olur (Çimen vd., 2017).

➤ *Mesafe*

Ters kare kanunu gereği, kaynağa olan mesafe arttıkça radyasyon alanının şiddeti azalacaktır. Yani radyasyon kaynağından ne kadar uzak durulursa,

mesafenin karesi ile ters orantılı olarak radyasyonun şiddeti azalacağı için, maruz kalınan dozda o kadar azalır prensibi geçerlidir ve iyi bir korunma yoludur (Çimen vd., 2017).

➤ **Zırhlama**

Radyasyonun şiddetini düşürmek amacı ile onu çevrelemiş ya da önüne konmuş malzemeler zırh, kişiler ile kaynak arasına engel konması, zırhlama olarak ifade edilir. Yüksek dansiteye sahip kurşun gibi yoğunluğu fazla olan maddelerin kullanıldığı zırhlama sistemlerinde, radyasyonun tipine bağlı olarak kullanılan malzemeler birbirinden farklıdır. Kullanılan malzemenin radyasyonu durdurma gücü, radyasyonun tipine, kullanılan malzemenin yoğunluğuna göre değişir ve malzemenin yoğunluğu ne kadar yüksek ise durdurabilme kapasitesi o kadar fazladır. Yani zırhlama yapılarak alınan doz düşürülebilir (Arslan, 2017). Nötronlar için beton, x-ışınları ve gama ışınları için kurşun plakalar zırhlama malzemesi olarak kullanılırken, kâğıt parçası alfa ışınlarına ve alüminyum gibi malzemeler ise beta ışınlarına karşı zırhlamada yeterli olmaktadır (AFAD, 2022).

3. METERYAL METOD

Çalışmamız retrospektif olarak, akut iskemik inme vakalarında mekanik trombektomi yöntemleri stent aracılığı ve aspirasyon kateteri ile tedavi edilen olguların, tedavi yöntemleriyle ilişkili doz farklılıkları araştırılmıştır.

Çalışmamıza, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji bölümü girişimsel anjiyografi ünitesinde Ocak 2020- Ağustos 2022 yılları arasında akut iskemik inme geçirmiş ve çeşitli mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavi edilmiş, toplam 60 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Bu olguların, stent aracılığı ile yapılan mekanik trombektomi yöntemlerinde 13'ü kadın, 17'si erkek 30 hasta ve aspirasyon kateteri ile mekanik trombektomi yöntemlerinde ise 15'i kadın, 15'i erkek 30 hasta olmak üzere arşiv taraması sonrasında her iki teknikte toplam 60 hasta incelenerek oluşturulan homojen gruplar çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışmamıza akut iskemik inme geçirmiş ve çeşitli mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavi edilmiş 60 hastanın, mevcut hastanemiz görüntü saklama ve iletişim sistemi olan PACS (Picture Archiving and Communication Systems) ve elektronik dosya veri kayıtlarından radyasyon dozuyla ilgili parametreleri incelenmiş ve toplanarak çalışmaya dahil edilmiştir. Mevcut çalışmamızda tüm mekanik trombektomi işlemleri girişimsel radyoloji anjiyografi ünitesinde ToshibaInfinix8000V anjiyografi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada akut iskemik inme tedavilerinde stent aracılığı ile yapılan mekanik trombektomi ve aspirasyon kateteri ile mekanik trombektomi uygulamalarında kullanılan ve hastaların aldığı dozlarının saptanmasında kullanılan ToshibaInfinix8000V anjiyografi cihazına entegre yazılım ile ölçülen radyasyon dozu parametreleri Floroskopi Süresi (FS), Area Doz (DAP, cGycm²), Entrance Doz (ED, mGy) incelenerek kayıt altına alınmıştır

Bu gruplardan;

- ✓ Mekanik trombektomi işleminde komplike olmayan olgular (diseksiyon, rüptür, kanama, ...vb.)
- ✓ Mekanik trombektomi yanında stent ya da balon gereksinimi olan aterosklerotik plakları bulunmayan olgular
- ✓ Tandem oklüzyonu bulunmayan olgular (ICA+ MCA tıkanıklığı olan olgular)

- ✓ ICA stenozu bulunan ve stentleme işlemi gerçekleştirilmeyen olgular
- ✓ Herhangi bir sebeple farklı sebeplerle endovasküler tedavi yapılırken (karotis stentleme, anevrizma tedavisi, AVM tedavisi...vb.) gelişen büyük damar tıkanıklığı gelişmemiş olgular
- ✓ Küçük damar oklüzyonu bulunmayan olgular
- ✓ 18 yaş üstü akut iskemik inme olguları
- ✓ Endovasküler mekanik trombektomi tedavisi uygulanan olgular
- ✓ İşlem sonrası PACS (Picture Archiving and Communication Systems) ve elektronik dosya sisteminde anjiyografik doz parametrelerinin kaydı bulunan olgular değerlendirmeye alınmıştır.

..

3.1. Çalışmada Kullanılan Anjiyografi Cihazı

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Girişimsel Anjiyografi ünitesinde bulunan ToshibaInfinix8000V girişimsel anjiyografi cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Bu sistemin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir

Kurulum Tarihi: 2009

X-ışın jeneratörü:

- 100 kW değerinde dönüştürücü tipi x-ışını yüksek voltaj jeneratörü (XTP8100G),
- 50-125 kV (Floroskopi) tüp voltajı ayar aralığı,
- 20-1000 mA tüp akımı aralığı,
- Kullanılabilir mAs aralığı 0,5 mAs<*<100 mAs (floroskopik)
- 100 mAs veya daha az (DSA)

X-ışın tüpü:

- LM yataklalmalı x-ışını tüpü sistemi (DSRX-T7445GFS)
- Kolimatör odak nokta boyutu (mm): 0,3/0,6/1 (BLA-900C)
- 0,2 mm bakır filtre (Yaklaşık 6 mm alüminyum eşdeğeri)

Görüntü alıcı

- X -ışını Düz flat panel dedektör, 298 mm x 298 mm (12''x 12'') giriş boyutu (TFP-1200 A/C1)
- SID:123 cm

Doz yönetimi

- Doz alan ölçümü (DAP) aleti : Dozimetrenin iyonizasyon odası, kolimatörün ön tarafına monte edilmiştir.(x-ışını tüpü kapağının içine).
- Kümülatif doz gösterilir
- Kümülatif doz eşik dozu aştığında alarm gösterilir.
- Floroskopi ve radyografi sırasındaki x ışını dozları gösterilir.
- Her tetkikte toplam doz, doz tetkik sonuçları olarak kaydedilir (merkezitibbicihazgeribildirim.saglik, 2023)



Şekil 3.1 ToshibaInfinix8000V Girişimsel anjiyografi cihazı (Jiseikai tojun hospital, 2023)

3.2. İstatistiksel Metot

Çalışmamıza, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji bölümü girişimsel anjiyografi ünitesinde Ocak 2020-Ağustos 2022 yılları arasında akut iskemik inme geçirmiş, stent aracılığı ile yapılan mekanik trombektomi yöntemlerinde 13'ü kadın, 17'si erkek 30 hasta, aspirasyon kateteri ile mekanik trombektomi yöntemlerinde olguların 15'i kadın, 15'i erkek 30 hasta olmak üzere toplam 60 olgunun mevcut hastanemiz görüntü saklama ve iletişim sistemi olan PACS (Picture Archiving and Communication Systems) ve elektronik dosya veri kayıtlarından radyasyon dozuyla ilgili parametreleri incelenerek istatistiksel analiz yapılmıştır.

Çalışmada çalışma gruplarına göre genel özellikler ve doz ölçümlerinin ortalama, sapma, yüzde ve frekans değerleri verilmiştir. Çalışma gruplarına göre cinsiyet durumlarının incelenmesi için oransal tipteki değişkenler için Ki-Kare analizi uygulanmıştır. Çalışma gruplarına göre doz, süre ve yaş ölçümlerinin incelenmesi için bağımsız örneklem t testi yapılmıştır. Çalışma grup içinde cinsiyete göre doz, süre ve yaş ölçümlerinin incelenmesi için Mann Whitney U testi yapılmıştır. Gruplara göre doz ölçümlerinin süreler ve yaş ile ilişkisinin incelenmesinde Spearman korelasyon analizi kullanılmıştır. İstatistiksel değerlendirme için SPSS (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA) 19.0 Windows paket programı ile yapılmış, kritik karar verme değeri olarak $\alpha=0,05$ alınmıştır.

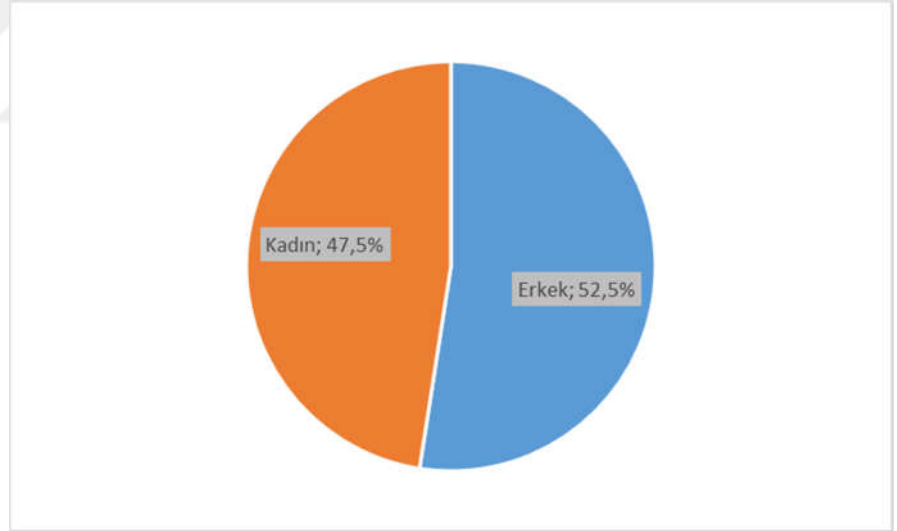
Çalışmada: grup içi kıyaslamalarda grup sayısının azalması nedeni ve dağılımın normal olmaması nedeni ile parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Ana grupta ise örneklem sayısının yüksek olması ve normallik sağlanması nedeni ile bağımsız örneklem t testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

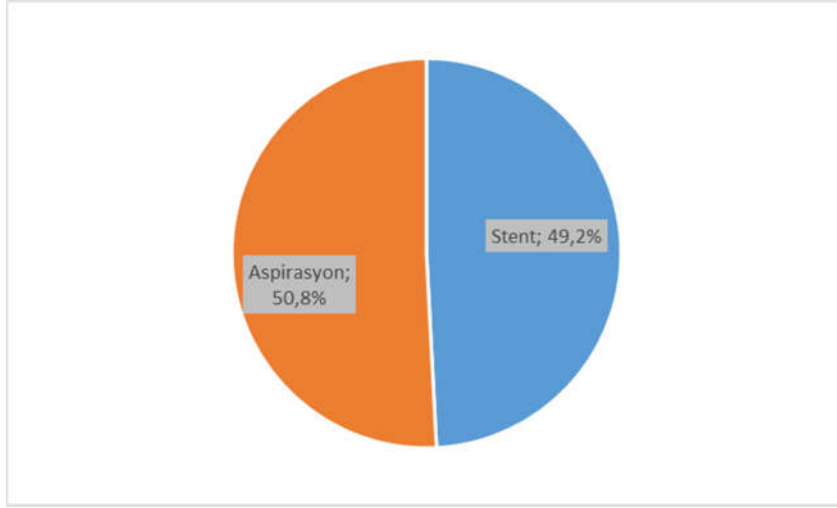
Çalışmaya dahil edilen katılımcıların %52,5'nin erkek ve % 47,5'nin kadın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1) (Tablo 4.1). Trombektomi Yöntemi olarak katılımcıların %49,2'nin stent grubu ve % 50,8'nin Aspirasyon grubunda olduğu görülmüştür ((Tablo 4.1) (Şekil 4.2).

Tablo 4.1. Genel Özellikler

Özellik		n	%
Cinsiyet	Erkek	32	52,5%
	Kadın	29	47,5%
Trombektomi Yöntemi	Stent	30	49,2%
	Aspirasyon	31	50,8%



Şekil 4.1. Çeşitli yöntemlerle mekanik trombektomi uygulanan olguların cinsiyet oranlarının incelenmesi



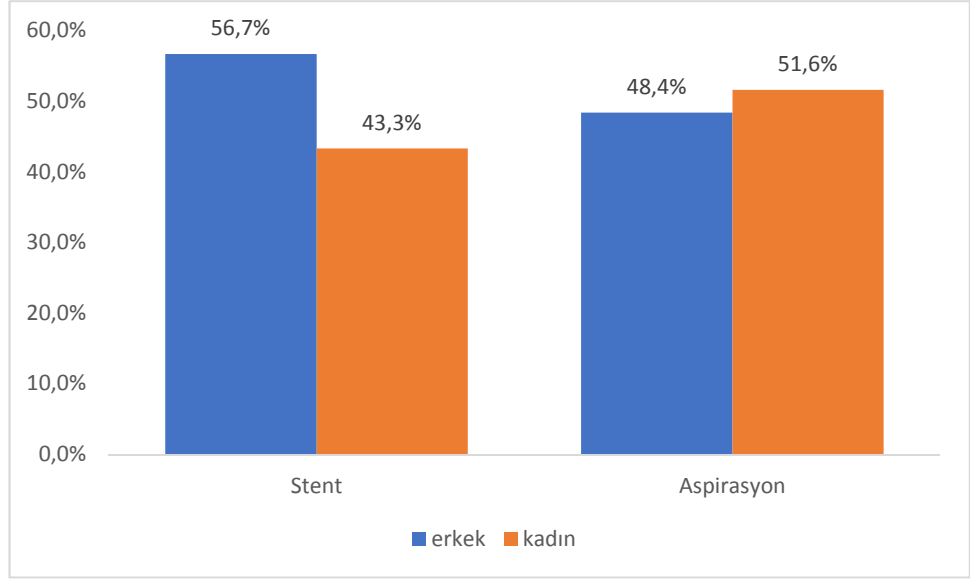
Şekil 4.2. Stent aracılı trombektomi ve aspirasyon kateteri trombektomi oranları

Çalışmada katılımcıların cinsiyetlerinin gruplara göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Stent grubunda %56,7 erkek ve %43,3 kadın olduğu tespit edilmiştir. Aspirasyon grubunda %48,4 erkek ve %51,6 oranında kadın olduğu tespit edilmiştir ($p=0,44$) (Tablo 4.2) (Şekil 4.3). Cinsiyet bakımından iki grupta benzer özelliklere sahip olduğu ifade edilebilir

Tablo 4.2. Cinsiyetin Gruplarda İncelenmesi

Cinsiyet	Trombektomi Yöntemi				p
	Stent		Aspirasyon		
	n	%	n	%	
Erkek	17	56,7	15	48,4	0,44
Kadın	13	43,3	16	51,6	

**Ki-kare testi yapılmıştır.



Şekil 4.3. Cinsiyetin Gruplarda İncelenmesi

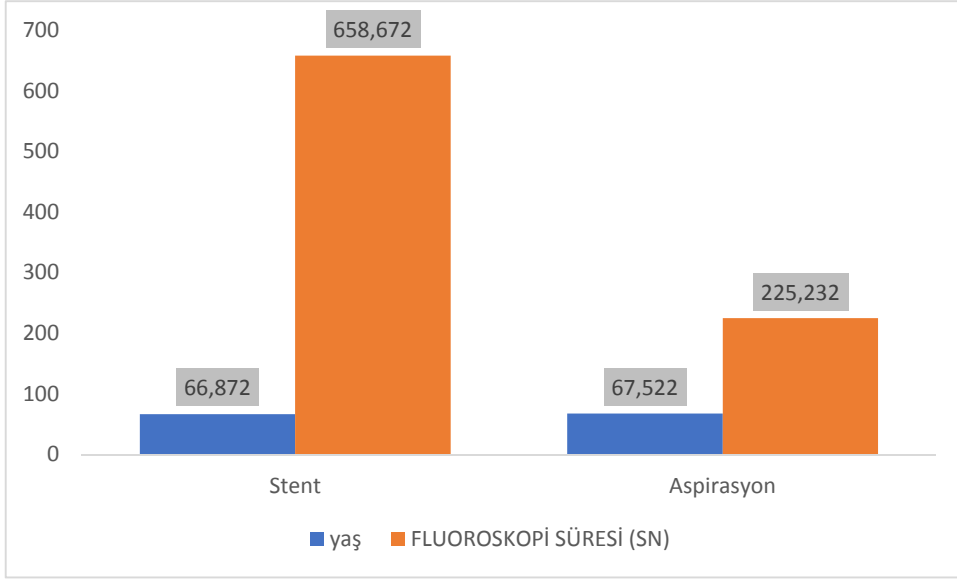
Çalışmada katılımcıların yaşlarının gruplara göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Stent ve Aspirasyon grubunda yer alan hastaların yaş ortalamalarının anlamlı düzeyde farklılık göstermediği tespit edilmiştir ($p=0,84$) (Tablo 4.2) (Şekil 4.3).

Tablo 4.3. Trombektomi Yöntemine göre yaş ve Fluoroskopi Süresi (Sn)

Ölçüm	Trombektomi Yöntemi		p
	Stent	Aspirasyon	
	X±s.s.	X±s.s.	
Yaş	66,87±10,99	67,52±12,4	0,84
Fluoroskopi Süresi (sn)	658,67±329,08	225,23±112,44	0,01*

**Bağımsız Örneklem t testi, *0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

Çalışmada katılımcıların floroskopi Süresi gruplara göre anlamlı şekilde farklı olduğu edilmiştir. Stent grubunda floroskopi Süresinin Aspirasyon grubuna göre daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,01$) (Tablo 4.3) (Şekil 4.4).



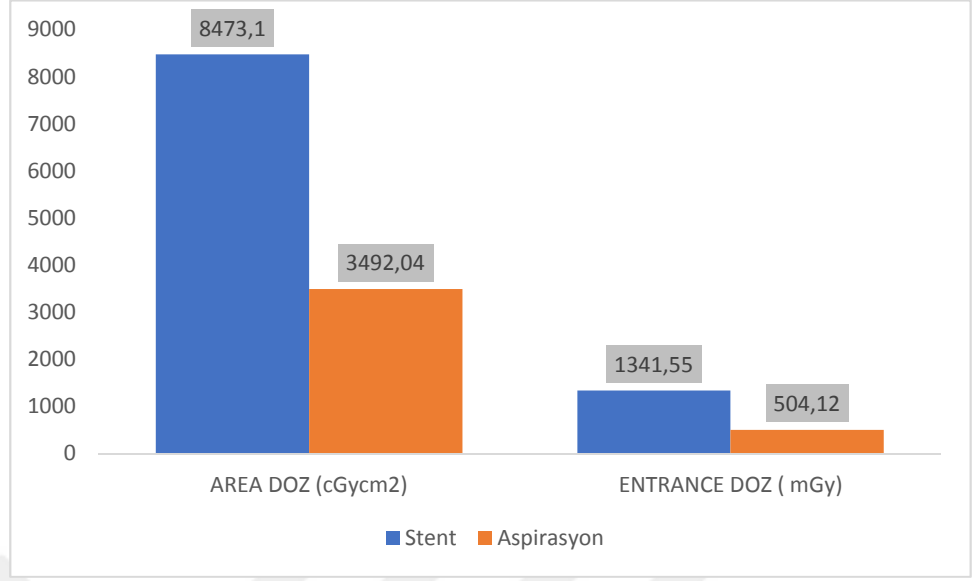
Şekil 4.4. Trombektomi Yöntemine göre yaş ve Fluoroskopi Süresi (s)

Çalışmada katılımcıların Area Doz (cGycm²) düzeylerinin gruplara göre anlamlı şekilde farklı olduğu edilmiştir. Farkın Stent grubundaki Area Doz (cGycm²) düzeyinin Aspirasyon grubuna göre daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,01) (Tablo 4.4) (Şekil 4.5).

Çalışmada katılımcıların Entrance Doz (mGy) düzeylerinin gruplara göre anlamlı şekilde farklı olduğu edilmiştir. Farkın Stent grubundaki Entrance Doz (mGy) düzeyinin Aspirasyon grubuna göre daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,01) (Tablo 4.4) (Şekil 4.5).

Tablo 4.4. Trombektomi Yöntemine Göre Area Doz Ve Entrance Doz

	TROMBEKTOMİ YÖNTEMİ		p
	Stent	Aspirasyon	
	X±s.s.	X±s.s.	
Area Doz (cGycm²)	8473,1±3689,5	3492,04±1601,66	0,01*
Entrance Doz (mGy)	1341,55±658,69	504,12±278,25	0,01*



Şekil 4.5. Trombektomi Yöntemine Göre Area Doz Ve Entrance Doz

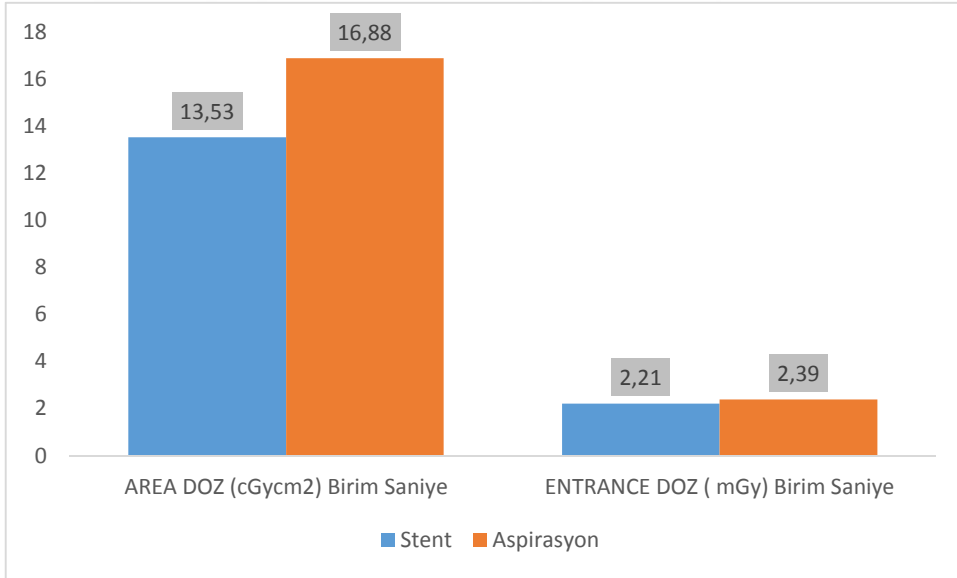
Çalışmada Floroskopi Süresinin Stent grubunda anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. Sürecinin artması doz düzeylerini de arttıracak için, bu durum doz düzeyleri arasındaki farklılığı incelemek adına subjektif bir ölçüm yapılması durumunu doğurabilir. Bu nedenle doz düzeyleri Floroskopi Süresine göre düzenlenerek birim zamandaki ölçümler çıkartılmıştır. Bu sayede düşük ve yüksek sürelerle sahip olan grupların zamana bağlı doz değişimleri sabitlemiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Trombektomi Yöntemine Göre Zamana Göre Düzeltilmiş Area Doz ve Entrance Doz

Ölçüm	TROMBEKTOMİ YÖNTEMİ		p
	Stent	Aspirasyon	
	X±s.s.	X±s.s.	
Area Doz (cGycm ²)	13,53±3,67	16,88±7,13	0,03*
Entrance Doz (mGy)	2,21±0,83	2,39±1,04	0,46

Çalışmada katılımcıların düzeltilmiş Area Doz (cGycm²) düzeylerinin gruplara göre anlamlı şekilde farklı olduğu edilmiştir. Farkın Aspirasyon grubundaki Area Doz (cGycm²) düzeyinin Stent grubuna göre daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,03) (Tablo 4.5) (Şekil 4.6).

Çalışmada katılımcıların düzeltilmiş Entrance Doz (mGy) düzeylerinin gruplara göre anlamlı şekilde farklı olmadığı edilmiştir. Entrance Doz (mGy) düzeylerinin Aspirasyon ve Stent grubunda anlamlı düzeyde farklı olmadığı edilmiştir (p=0,46) (Tablo 4.5) (Şekil 4.6).



Şekil 4.6.Trombektomi Yöntemine Göre Zamana Göre Düzeltilmiş Area Doz ve Entrance Doz

Stent grubunda yaşlar ile Fluoroskopi Süresi süreleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Farklı yaşlarda olan katılımcıların Fluoroskopi Süre ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p=0,69)

Stent grubunda yaşlar ile Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Yaşlara göre Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p=0,98).

Stent grubunda yaşlar ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Yaşlara göre Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p=0,75)

Stent grubunda Fluoroskopi Süresi ile Area Doz (cGycm²) ölçümlerin yüksek düzeyde güçte, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin artması Fluoroskopi Süresinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,79$, $p=0,01$).

Stent grubunda Fluoroskopi Süresi ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerin yüksek düzeyde güçte, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin artması Floroskopi Süresinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,74$, $p=0,01$).

Stent grubunda Area Doz (cGycm²) ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerin yüksek düzeyde güçte, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin artması Entrance Doz (mGy) düzeylerinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,71$, $p=0,01$) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Stent grubunda yaş, süre ve doz arasındaki ilişkilerin incelenmesi

Ölçüm		yaş	Fluoroskopi Süresi (SN)	Area Doz (cGycm ²)	Entrance Doz (mGy)
Fluoroskopi Süresi (SN)	r	0,08	1		
	p	0,69			
Area Doz (cGycm ²)	r	-0,01	0,79*	1	
	p	0,98	0,00		
Entrance Doz (mGy)	r	-0,06	0,76*	0,71*	1
	p	0,75	0,00	0,00	

**Korelasyon testi yapılmıştır. *0,05 düzeyinde anlamlı ilişki

Aspirasyon grubunda yaşlar ile Fluoroskopi Süresi süreleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Farklı yaşlarda olan katılımcıların Fluoroskopi Süre ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir ($p=0,07$) Aspirasyon grubunda yaşlar ile Area Doz (cGycm²) ölçümlerin arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Yaşlara göre Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir ($p=0,26$).

Aspirasyon grubunda yaşlar ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerin arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Yaşlara göre Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin anlamlı şekilde farklılık göstermediği tespit edilmiştir ($p=0,60$)

Aspirasyon grubunda Fluoroskopi Süresi ile Area Doz (cGycm^2) ölçümlerin yüksek düzeyde güçlü, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Area Doz (cGycm^2) ölçümlerinin artması Fluoroskopi Süresinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,80$, $p=0,01$).

Aspirasyon grubunda Fluoroskopi Süresi ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerin yüksek düzeyde güçte, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin artması Fluoroskopi Süresinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,77$, $p=0,01$).

Aspirasyon grubunda Area Doz (cGycm^2) ile Entrance Doz (mGy) ölçümlerin yüksek düzeyde güçte, pozitif ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu görülmüştür. Area Doz (cGycm^2) ölçümlerinin artması Entrance Doz (mGy) düzeylerinin artması ile yüksek düzeyde ilişkilidir ($r=0,89$, $p=0,01$) (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Aspirasyon grubunda yaş, süre ve doz arasındaki ilişkilerin incelenmesi

Ölçüm		Yaş	Fluoroskopi Süresi (SN)	Area Doz (cGycm^2)	Entrance Doz (mGy)
Fluoroskopi Süresi (SN)	r	0,33	1		
	p	0,07			
Area Doz (cGycm^2)	r	0,21	0,80*	1	
	p	0,26	0,00		
Entrance Doz (mGy)	r	0,10	0,77*	0,89*	1
	p	0,60	0,00	0,00	

**Korelasyon testi yapılmıştır. *0,05 düzeyinde anlamlı ilişki

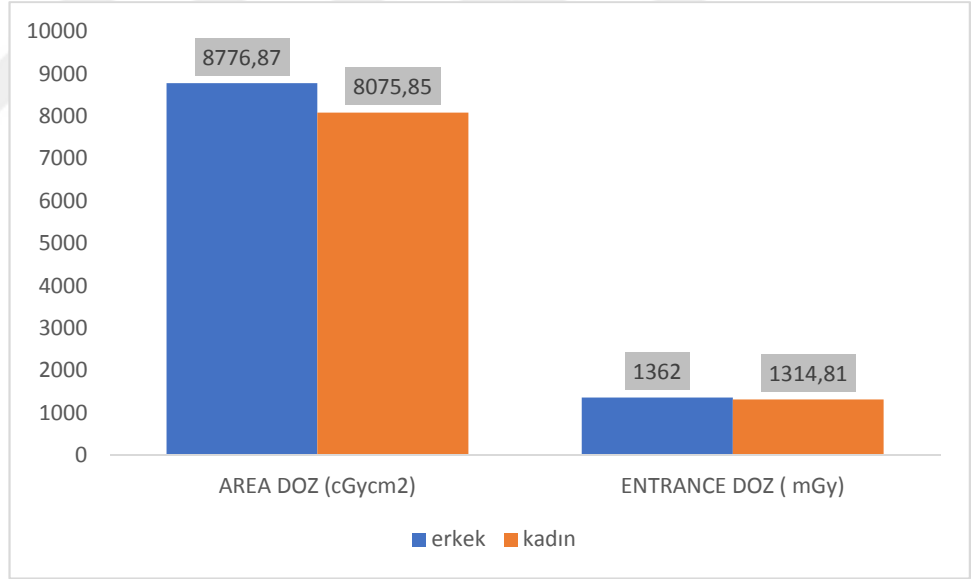
Stent grubunda cinsiyete göre Area Doz (cGycm^2) ölçümlerinin farklı olmadığı tespit edilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin Area Doz (cGycm^2) düzeyinin istatistiksel olarak benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,36$, $p>0,05$).

Stent grubunda cinsiyete göre Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin farklı olmadığı tespit edilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin Entrance Doz (mGy) düzeyinin istatistiksel olarak benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir ($p=0,67$, $p>0,05$) (Tablo 4.8) (Şekil 4.7).

Tablo 4.8. Stent Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi

Stent	Erkek	Kadın	p
	X±s.s.	X±s.s.	
Area Doz (cGycm ²)	8776,87±2774,51	8075,85±4725,58	0,36
Entrance Doz (mGy)	1362±518,74	1314,81±829,67	0,67

**Mann Whitney U testi, *0,05 düzeyinde anlamlı farklılık



Şekil 4.7. Stent Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi

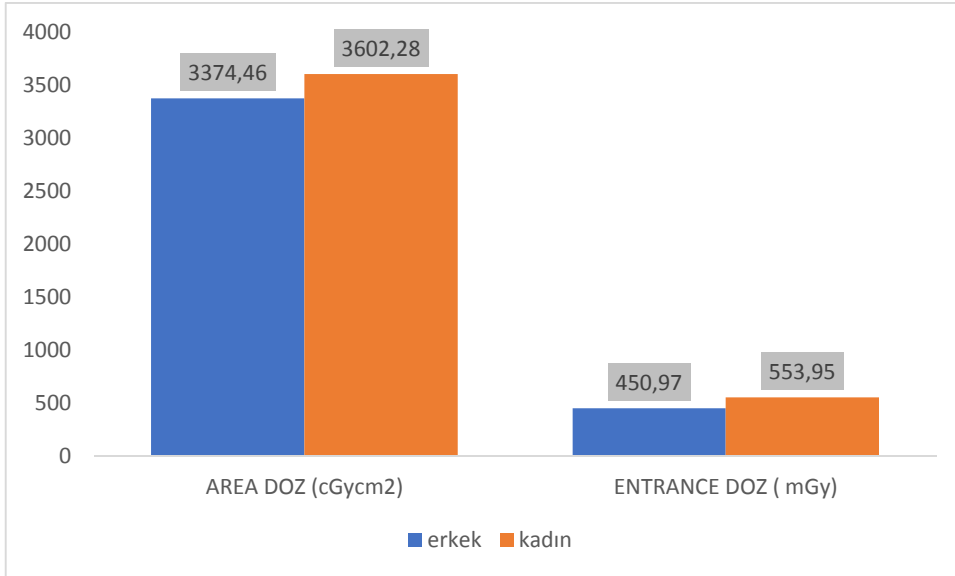
Aspirasyon grubunda cinsiyete göre Area Doz (cGycm²) ölçümlerinin farklı olmadığı tespit edilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin Area Doz (cGycm²) düzeyinin istatistiksel olarak benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,36, p>0,05).

Aspirasyon grubunda cinsiyete göre Entrance Doz (mGy) ölçümlerinin farklı olmadığı tespit edilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin Entrance Doz (mGy) düzeyinin istatistiksel olarak benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (p=0,67, p>0,05) (Tablo 4.9) (Şekil 4.8).

Tablo 4.9. Aspirasyon Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi

Aspirasyon	Erkek	Kadın	p
	X±s.s.	X±s.s.	
Area Doz (cGycm ²)	3374,46±1765,2	3602,28±1481,77	0,58
Entrance Doz (mGy)	450,97±285,83	553,95±270,41	0,19

**Mann Whitney U testi, *0,05 düzeyinde anlamlı farklılık

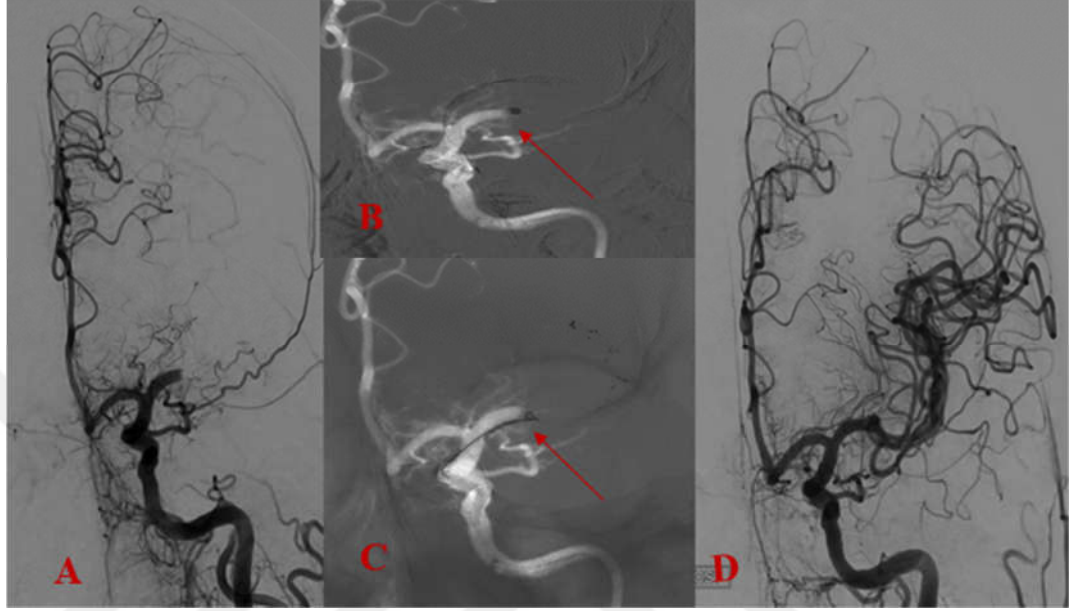


Şekil 4.8. Aspirasyon Grubunda Cinsiyete Göre Ölçümlerin İncelenmesi.

4.1. Olgu Örnekleri

Geri çekilebilir Stent Aracılığı ile Trombektomi

Aspirasyon altında trombektomi yöntemi ile tedavi edilen olgunun anjiyografik görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Geri çekilebilir stent aracılı trombektomi yapılmış olgunun görüntüleri. Kranial BT anjiyografi ile Sol MCA M1 segmentinde oklüzyon saptanan Mekanik trombektomi için işleme alınan vakanın sol MCA M1 segmentinde akut embolik oklüzyon izlenen DSA görüntüsü (A), sol internal karotid segmentine guiding kateter yerleştirilip oklüde segment tel ve kateter yardımıyla geçildikten sonra, oklüde segmenti kapsayacak şekilde stent implantasyonu (kırmızı ok) gerçekleştirilen görüntüleri (B, C), stent aracılığı ile trombektomi uygulanan vakada TIC13 rekanalizasyon sağlandığını gösteren kontrol DSA görüntüsü (D)

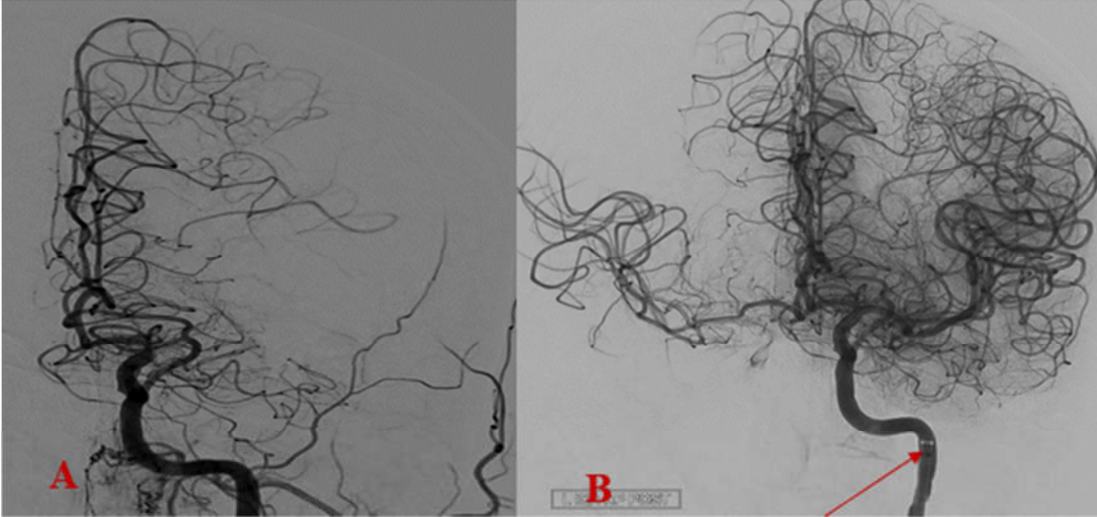
Stent aracılı trombektomi yöntemi ile tedavi edilen olgunun işlem sırasında aldığı radyasyon dozları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Girişimsel Radyoloji anjiyografi ünitesinde stent aracılığı ile trombektomi yöntemi uygulanan olgunun radyasyon dozu parametreleri

Olgu Örneği	Entrance Doz (ED, mGy)	Area Doz (DAP, cGycm ²)	Fluoroskopi süresi (sn)
Stent aracılığı ile trombektomi	1730	9486,03	1087

Aspirasyon Kateteri ile Trombektomi

Aspirasyon altında trombektomi yöntemi ile tedavi edilen olgunun görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.10)



Şekil 4.10. Aspirasyon altında trombektomi yapılmış olgunun görüntüleri. Resimlerde BT anjiyografide sol MCA bifürkasyon ve sol MCA M1 segmentinde oklüzyonu saptanarak mekanik trombektomi için işleme alınan vakanın, sol MCA M1 segmentinde akut embolik oklüzyon izlenen DSA görüntüsü(A), Sol internal karotid arter segmentine kateter yerleştirildikten sonra oklüde segmente kontaksiyon sağlayacak şekilde tromboaspirasyon kateteri (kırmızı ok) yerleştirilen ve aspirasyon altında trombektomi uygulanan vakada TICI3 rekanalizasyon sağlandığını gösteren DSA görüntüsü (B)

Aspirasyon altında trombektomi yöntemi ile tedavi edilen olgunun işlem sırasında aldığı radyasyon dozları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Girişimsel Radyoloji anjiyografi ünitesinde aspirasyon altında trombektomi yöntemi uygulanan olgunun radyasyon dozu parametreleri

Olgu Örneği	Entrance Doz (ED, mGy)	Area Doz (DAP, cGycm²)	Floroskopi süresi (sn)
Aspirasyon altında trombektomi	397,39	2284,63	188

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünyada morbidite ve mortalitenin en önemli sebeplerinden biri olan inme, beyinde bir bölgenin iskemik olay veya kanama sebebiyle, geçici ya da kalıcı olarak hasar görmesiyle oluşan nörolojik klinik tablodur. Bir dizi nörolojik defisit veya ölümle sonuçlanabilen inme vakalarının %87' si iskemik kökenlidir. İntravenöz alteplaz (rekombinant doku plazminojen aktivatörü) tedavisi akut iskemik inme geçiren hastalar için semptom başlangıcından itibaren, ilk 4,5 saatte kullanılmaya başlanması koşulu ile ilk basamak tedavi yöntemidir (Kocatürk, 2021). Ancak r-tPA tedavisindeki kontrendikasyonları ve süre kısıtlılığı nedeniyle, akut iskemik inmenin tedavisinde endovasküler yöntemler ön plana çıkar. Akut inme tedavisi için ön plana çıkan mekanik trombektomi, geçmişten günümüze kadar cihaz teknolojisinin gelişmesi ile beynin anterior sisteminde büyük damar oklüzyonu olan hastaların tedavisinde standart tedavi olarak kabul görmeye başlamıştır (Önal vd., 2021). Mekanik trombektomi genellikle büyük arter tıkanıklığı için floroskopi altında arter içi kateter klavuzlu bir teknikle uygulanır. Randomize çalışmaların 2015 yılında sistematik bir incelemesi ve meta-analizi endovasküler tedavinin akut iskemik inme hastalarında geleneksel tedaviye kıyasla klinik prognozu önemli ölçüde iyileştirdiği sonucuna varmıştır. Akut inmenin mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavisi, geri çekilebilir stent ve aspirasyon kateteri ile yapılan uygulamaları içerir. Aspirasyon ve geri çekilebilir stent yöntemleri ile ilgili yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda, işlemlerin hasta üzerindeki başarı oranlarının birbirlerine üstün olmadıkları ortaya konulmuştur (Kocatürk, 2021). Girişimsel radyoloji anjiyografi ünitesinde gerçekleştirilen mekanik trombektominin trombo- aspirasyon ve stent-retriever yöntemleri, x-ışını altında yapıldığı için radyasyonun zararlı biyolojik etkileri, yadsınamaz sonuçlar olarak karşımıza çıkar.

İngiltere'de 2003 ve 2010 yıllarında Bosanquet ve arkadaşları tarafından yapılan iki ayrı çalışmada, tanı ve tedavi işlemleri uygulanan radyolojik tetkiklerdeki radyasyon maruziyeti konusunda 7 yıl öncesine göre farkındalığın gelişmediği saptanmıştır. Radyolojik tetkiklere bağlı radyasyon maruziyeti nedeniyle her yıl İngiltere'de kansere yakalanan kişi sayısının 100-150 kişi civarlarında olduğu tahmin edilmektedir (Balsak, 2014). Her geçen gün radyolojik

tetkiklerin daha yaygın olarak kullanılması ve radyolojik işlemlerdeki dozlar konusunda radyasyonla çalışan personelin yeteri kadar sorumlu davranmaması halinde sorunun daha büyük boyutlara ulaşacağı ortadadır.

Yalnızca birkaç ülke dışında tanısall radyolojideki rutin teknikler ve girişimsel uygulamalarda kullanılan radyasyon dozu ayırımı yapan veriler elde edilemediğini UNSCEAR, 2010 raporunda belirtmiştir (Ayar, 2019). Girişimsel radyoloji anjiyografik incelemelerinin karmaşık yapısı, x-ışınlarının hastaya giriş noktasının sürekli değişmesi sonucu, işlemlerde hastanın aldığı radyasyon dozunda artışa neden olmaktadır. DAP, hava kerma ve giriş dozu ölçümleri meydana gelebilecek deterministik ve stokastik etkileri tahmin etmede kullanılan doz nicelikleridir. Bu işlemlerde FS, ED, DAP yöntemleri kullanılarak tespit edilen radyasyon dozu ölçümlerinden, DAP değerlerine dayanarak hesaplanan etkin dozun, en güvenilir yöntem olduğu saptanmıştır (Bor et al., 2004).

İşlemsel radyasyon parametreleri kullanılan bu çalışmamızda sadece hastalar açısından radyasyon maruziyeti temel olarak alınmıştır. İşlemsel radyasyon parametrelerinin yüksek seviyede olması dolaylı olarak uygulamayı gerçekleştiren personeline aldığı dozu arttırdığına dair literatür çalışmaları mevcuttur (Üreyen, 2019). Hastaların farklı anatomik yapıları, işlemin zorluk derecesi sebebiyle aynı girişimsel radyoloji işlemi farklı bir zorluk derecesi içermekte ve dolayısıyla da farklı hastaların aynı işlemlerde aldıkları radyasyon dozları da değişmektedir.

Çalışmamızda, girişimsel radyoloji ünitesinde akut inmenin mekanik trombektomi yöntemleri olan aspirasyon kateteri ve stent aracılığı ile trombektomi uygulamalarındaki hastalara verilen radyasyon dozlarının farklılıkları araştırarak uygulanan iki yöntem arasındaki tedavi dozlarını hesaplanarak ve tedavi sonucunda daha düşük doz uygulama imkânı olan yöntemin belirlenmesi sağlanmıştır. Bu iki yöntemden radyasyon dozu ve maruz kalma süresine göre, aspirasyon trombektominin, birçok mikrokater implantasyonunu gerektiren stent aracılığı ile trombektomiye göre üstünlüğü ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Literatürde, akut inmeli hastaların endovasküler tedavisindeki mekanik trombektomi sırasındaki radyasyon etkilerini saptamak için sınırlı sayıda çalışma mevcuttur ancak mekanik trombektomi yöntemleri aspirasyon kateteri ve stent aracılığı ile trombektomi uygulamaları arasındaki doz farklılıklarının araştırıldığı

ve bu iki tekniğin radyasyon maruziyeti açısından karşılaştırıldığı çalışma saptanamamıştır.

Radyasyondan Korunma Komitesi (BfS) 2016, ICRP 135 raporunda floroskopi incelemelerinde Ulusal DRL (Diagnostic Reference Level) ölçümlerinde DAP ve fluo time sürelerinin dikkate alınmasını tavsiye etmiştir (Vaño., et al 2017).

Çalışmamızda, aspirasyon kateteri ve stent aracılığı ile trombektomi uygulamalarında gruplar arasında hem yaş hem cinsiyet dağılımı bakımından farklı hastaların radyasyon dozu açısından karşılaştırmalarında hastaların %52,5'nin erkek ve %47,5'nin kadın olduğu tespit edilmiş ve yaş ortalaması stent grubunda $66,87 \pm 10,99$, aspirasyon grubunda ise $67,52 \pm 12,4$ olarak belirlenmiştir. Her iki grupta radyasyon parametrelerinde floroskopi süresi (FS), Area Doz (DAP), Entrance Doz (ED) değerlerinde anlamlı farklılıklar izlenmemiştir.

Endovasküler tedavilerin yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile Radyasyondan Korunma Komitesi tarafından referans DRL seviyeleri 2018 yılında güncellenmiş ve nöroradyolojik müdahaleler için sadece inmenin ve anevrizmanın endovasküler tedavisi için referans DRL seviyeleri tanımlanmıştır (Forbrig et al. 2021) Almanya'da MT için temsili bir örnek olarak alınan ve en geniş veri setini sağlayan 2012'de başlatılan DeGIR/DGMR kaydı, 2018'de Schegerer ve arkadaşları tarafından değerlendirilmiştir. DeGIR/DGMR kaydı, Almanya'daki en büyük radyolojik müdahale veri tabanıdır. Bu değerlendirmeye göre aspirasyon kateteri ile trombektomi işlemi için doz alan çarpımı (DAP) 18.000 cGy cm^2 'lik genel bir DRL seviyesi belirlenmiştir. Radyasyondan Korunma Komitesi (BfS) 2022'nin sonunda akut iskemik inmenin endovasküler tedavisinde genel olarak geçerli DRL'yi 14.000 cGy cm^2 olarak güncellemiştir (Bärenfänger et al., 2023). Radyasyon dozlarının gösterildiği parametrelerde çalışmamızda stent aracılığı ile trombektomi grubunda DAP değeri $8473,1 \pm 3689,5 \text{ cGy cm}^2$, aspirasyon grubunda ise, DAP değeri $3492,04 \pm 1601,66 \text{ cGy cm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Her iki endovasküler tedavi yönteminde elde edilen DAP değerleri Radyasyondan Korunma Komitesi tarafından belirlenmiş DAP değerleri ölçümünün altında bulunmuştur.

Bärenfänger ve arkadaşlarının Almanya 'da MT sırasında radyasyona maruz kalma üzerine yapılan retrospektif bir çalışmada 180 katılımcı hastaneden gerçekleştirilen toplam 41.538 MT fazla işlemin sonuçlarına dayanarak MT için

ortalama DAP değerleri 7337,5 cGy·cm² olarak izlenmiştir. 14.000 cGy·cm²'lik DRL'nin şu anda uygun olduğunu ancak önümüzdeki yıllarda düşürülebileceği gözlemlenmiştir (Bärenfänger et al., 2023). Bizim çalışmamızda bazı trombektomi işlemlerinde DAP değerlerinin bu çalışmaya göre daha yüksek olması, oklüzyonun yeri ve stent aracılı trombektomide floroskopi sürelerinin aspirasyon grubuna göre daha yüksek olmasına bağlı olduğu tahmin edilmektedir. Çalışmamızda iki grup kendi aralarında kıyaslandığında stent aracılı gruplarda floroskopi süresinin aspirasyon gruplarına göre daha uzun olduğu izlenmiş ve DAP değerlerinin stent grubunda floroskopi süresiyle doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Weyland ve arkadaşları tarafından 2013-2018 yılları arasında yapılan her iki trombektomi yönteminde tespit ettikleri ortalama DAP değeri 11370 cGy·cm², Guenego tarafından 2014-2017 yılları arasında yapılan çalışmada her iki trombektomi yönteminde ortalama DAP değeri 9100 cGy·cm², Peter ve arkadaşlarının 2017 ve 2018 yılları arasında gerçekleştirdikleri çalışmada ortalama DAP değerleri 8660 cGy·cm², 2015- 2017 yılları arasında yapılan Farah ve arkadaşlarının çalışmasında her iki trombektomi yönteminde ortalama DAP değeri 9400 cGy·cm² olarak izlenmiş ve literatür çalışmalarındaki DAP değerlerinin çalışmamızdaki her iki trombektomi yönteminde tespit edilen DAP değerlerinin üstünde olduğu görölmüştür.

Scheegerer ve arkadaşlarının 2012-2017 yılları arasında yaptıkları çalışmada aspirasyon trombektomide buldukları ortalama DAP değeri 9100 cGy·cm², Weyland ve arkadaşlarının 2014 ve 2019 yılları arasında yaptığı çalışmada ortalama DAP değeri 6260 cGy·cm², 2019-2021 yılları arasında Bärenfänger ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise aspirasyon trombektomide DAP değeri 5280 cGy·cm² olarak bulunmuştur (Bärenfänger et al., 2023). Yukarıda saydığımız tüm literatür çalışmalarında aspirasyon yöntemindeki tespit edilen DAP değerleri bizim çalışmamızda gözlenen DAP değerlerinin üstündedir. Weyland ve arkadaşlarının çalışmasında stent-retriver ile trombektomi yönteminde ortalama DAP değeri 8980 cGy·cm², Bärenfänger ve arkadaşlarının çalışmasında ise ortalama DAP değeri 7984 cGy·cm² olarak bulunmuş ve bizim çalışmamızdaki stent grubu ile yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir (Bärenfänger et al., 2023). Ayrıca hem bizim çalışmamızda hem literatürdeki

çalışmalarda, stent grubu DAP değerlerinin aspirasyon grubuna göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Cai ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda nöroradyolojik endovasküler mekanik trombektomi her iki yönteminde genel floroskopi süresi $16,02 \pm 11,03$ dk olarak bulunmuş, ortalama DAP değerleri 26519.68 ± 9502.81 Gy cm^2 olarak izlenmiştir ve bizim çalışmamız da stent aracılı trombektomi grubunda floroskopi süresi $658,67 \pm 329,08$ sn, aspirasyon grubunda ise $225,23 \pm 112,44$ sn olarak bulunmuştur. Cai ve arkadaşlarının çalışmasında hem DAP değerinin hem floroskopi sürelerinin çalışmamızda izlenen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Cai ve arkadaşlarının çalışmasında ICA oklüzyonu olan hastanın MT ile tedavisinde floroskopi süresi 13.28 ± 4.01 dk ve DAP değeri 23828.00 ± 7348.11 Gy cm^2 , MCA oklüzyonlarında 15.19 ± 10.21 dk DAP değeri 26279.70 ± 8662.80 Gy cm^2 ve posterior sistem oklüzyonlarında floroskopi süresi 33.59 ± 22.0 dk ve DAP değeri 38549.00 ± 17402.26 Gy cm^2 olduğu gözlemlenmiştir (Cai et al., 2019). Cai ve arkadaşlarının çalışmasında görüldüğü üzere DAP değerleri floroskopi süreleri ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Çalışmamızda da iki grup kendi aralarında kıyaslandığında stent aracılı gruplarda floroskopi süresinin aspirasyon gruplarına göre daha uzun olduğu izlenmiş ve DAP değerlerinin stent grubunda floroskopi süresiyle doğru orantılı olarak arttığı ve aspirasyon grubuna göre DAP değerinin de daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Birçok çalışmada girişimsel endovasküler tedavilerde sadece floroskopi süresi ya da doz alan çarpımı (DAP) ve floroskopi süresi parametreleri kullanılarak radyasyon maruziyeti değerlendirilmesi yapılırken bu çalışmada floroskopi süresi ve stokastik etki riskinin tahmin edilebileceği DAP değerinin yanında deterministik etki riskini gösteren ED de değerlendirilmeye alınmıştır.

Cai ve arkadaşlarının çalışmasında ICA oklüzyonu olan hastanın MT her iki yöntemi ile tedavisinde cilt giriş dozunun (ED) 1635.52 ± 593.65 mGy olduğu görülmüştür (Cai et al., 2019). Bizim çalışmamızda ise aspirasyon trombektomide ED $504,12 \pm 278,25$ mGy olarak ve stent aracılı trombektomide ise ED $1341,55 \pm 658,69$ mGy olarak izlenmiştir. ED açısından bu literatür çalışması ile bizim çalışmamız kıyaslandığında, çalışmamızda cilt giriş dozları (ED) her iki grupta literatür çalışmasına göre daha düşük olarak izlenmiştir. Ayrıca çalışmamızdaki ED açısından, stent trombektomi ve aspirasyon trombektomi

kendi aralarında kıyaslandığında stent trombektomide ED'nin diğer gruba göre daha yüksek olduğu izlenmiştir.

Anjiyografi sistemlerinde bazı kilit noktalara uyulması işleme alınan hastaların doz maruziyetinin azaltılması bakımından önemli role sahiptir. Hassasiyetle uyulması gereken bu hususlar, yapılacak tedavideki girişimsel prosedürü planlayan radyoloji hekiminin bilgi ve tecrübesi ve mevcut tüm bilgilerin kullanılması, hasta doz azaltma tekniklerinin kullanılması, radyografik görüntü sayısının tetkikin gerektirdiği mümkün olan en az sayıya indirilmesi, kolimasyon kullanılması ve floroskopi süresinin olabilecek en az seviyeye indirilmesi hususlarıdır (Coşkun vd., 2020).

Bizim çalışmamızda da DAP değerlerinin uluslararası kuruluşların belirlediği referans değerlerinin altında olmasında, çalışmamızdaki cihaz kalitesi ve cihazın doz azaltma teknolojilerinin kullanılması ayrıca kıdemli nöroradyologların etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Çalışmamızda Mekanik trombektomi tedavileri tek merkezli iki Girişimsel Nöroradyolog tarafından yapılmıştır ve hasta doz bilgileri PACS sisteminden kendimiz tarafından toplanarak kayıt altına alınmış retrospektif çalışmadır. Hasta grupları klinik muayene, hasta şikâyetleri ve yapılan tetkikler sonucunda girişimsel anjiyografi ünitesinde tedavi amaçlı yapılan incelemedir. Her iki tedavi yönteminde farklı radyasyon dozları kullanıldığı ve kullanılan tekniklerde aspirasyon kateteri uygulamalarında stent aracılı trombektomi uygulamalarına göre radyasyon dozunda önemli bir düşme olduğu görülmüştür. Retrospektif bir çalışma olmasından ileri gelen kısıtlılık ve elde edilen hasta sayısının azlığı daha az istatistiksel veri oluşturmamızda etkili olmuştur.

Çalışmamızda akut iskemik inmenin mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavilerinde aspirasyon kateteri ve geri çekilebilir stent aracılı trombektomi uygulamalarında hastaların aldığı radyasyon dozlarının farklılıkları araştırılarak, elde edilen veriler doğrultusunda uygulanan iki yöntem arasında Fluo süresi (sn), Area doz (DAP, cGycm²) ve Entrance doz (ED, mGy) değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. SPSS programında elde edilen veriler farklı literatür araştırmaları karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda Federal Office of Radiation Protection tarafından belirlenen DAP değeri altında sonuçlar elde edilmiştir.

Akut inmenin mekanik trombektomi yöntemleri ile tedavisinde, trombüsün yerine ve durumuna göre hangi trombektomi yönteminin ne zaman kullanılacağı konusundaki son karar radyoloji hekimine ait olmakla birlikte, radyasyon dozu ve maruz kalma süresine göre, aspirasyon trombektomide floroskopi süresinin daha kısa olması nedeniyle hastalar daha az radyasyon dozuna maruz kalmakta bu da radyasyonun stokastik ve deterministik etkileri göz önüne alındığında, aspirasyon trombektominin stent aracılığı ile trombektomiye göre üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Tedavi sonucunda hastaların ve dolaylı yoldan işlemi gerçekleştiren ekibin daha az radyasyon dozuna maruz kalmalarını sağlayacak daha düşük doz uygulama imkânı olan yöntemin belirlenmesi, tezimizin temel amacıdır. Sonuç olarak, günümüzde yaygın olarak uygulanan ve güvenlik açısından yeterince değerlendirilmiş stent aracılı trombektomi yöntemleriyle kıyaslanınca aspirasyon kateteri ile yapılan uygulamalar hem hastalar hem de çalışan ekip için radyasyon maruziyeti bakımından güvenle uygulanabilir. Bu konuda literatüre başvurulduğunda henüz çalışma saptanamamış olup bizim çalışmamızda elde edilen verilerin oluşturulacak olan literatüre katkısı olacağını umut etmekteyiz.

11. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Afifi AK, Bergman RA.,** 1998, Functional Neuroanatomy, <https://books.google.com/books> (Erişim Tarihi: 8.12.2022)
- Akan CA.,** 2019, Anjiyografi ve Girişimsel Radyoloji Ünitesinde Çalışan Personelin Radyasyon Maruziyeti, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. YÖK Tez Merkezi
- Akçay G.,** Geçici Orta Serebral Arter Oklüzyonu İle Oluşturulan Serebral İskemi Modeli, 2021, Turk Hij Den Biyol Derg, 2021; 78(2): 205 – 218, DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2021.73693
- Akgül E, Onan HB.,** 2017, Acute Ischemic Stroke: Intraarterial Mechanical Devices. Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics. 2017;10(1):81-5.
- Akhan O.,** A dan Z ye Girişimsel Radyoloji 2019, <https://www.bayindirhastanesi.com.tr>, (Erişim Tarihi: 12.12.2022).
- Akıncı Ö., Güler A.,** Serebrovasküler Anatomi,(Erişim Tarihi 20.12.2022)
- Aköz A.,** 2020, İnmede Endovasküler Tedavi ve Zamanlama,, <https://www.atuder.org.tr>
- Al, M.,** 2019, Radyasyon Güvenliği ve Radyasyondan Korunma <https://hsgm.saglik.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 7.2.2023)
- Amort, M.,** Fluri, F., Weisskopf, F., Gensicke, H., Bonati, L. H., Lyrer, P. A., et al., 2012, Etiological Classifications of Transient Ischemic Attacks : Subtype Classification by TOAST, CCS and ASCO – A Pilot Study. Cerebrovasc Dis., 33, 508–516. <https://doi.org/10.1159/000337236>
- Anjiyografi Sistemi** INFX-8000V Biplane, https://www.jiseikai-phcc.jp/tojun_hospital/data/media/toujyunhospital, (Erişim Tarihi: 22.1 2023).
- Anonymous.** 2012, ICRP Statement on Tissue Reactions - Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP (International Commission on Radiological Protection), Publication 118.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Arıcı M., Civlan S., Yakar F.**, 2022, Endovasküler Cerrahinin Tarihsel Sürecinde Nöroşirürjiyenlerin Dünyü, Bugünü ve Yarını, Türk Nöroşir Derg 32(2):221-223
- Arslan N.**, 2017, Nucl Med Semin 2017;3:178-183, DOI:10.4274/nts.2017.019
- Arslan S, Kızılkılıç O.**, Nöroradyolojide İleri BT Teknikleri ve Protokolleri. Trd Sem 2020; 8: 66-79
- Atasoy G.**, 2022, Endovasküler Tedavi Uygulanan Akut İskemik İnme Hastalarında ‘‘FİRST PASS EFFECT’’E (İlk Denemede Revaskülarizasyon) Etki Eden Belirleyiciler, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Ay H.**, 2011, Turk Norol Derg 2011;17:1-6
- Ay M.**, 2020, Girişimsel Kardiyoloji İncelemelerinde Personel Radyasyon Dozunun Ölçülmesi ve Hasta Radyasyon Dozları İle Kolerasyonu, Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. YÖK TEZ MERKEZİ
- Ayar KH.**, 2019, Pediatrik Girişimsel Kardiyoloji Uygulamalarında Personelin Radyasyon Dozu, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. YÖK TEZ MERKEZİ
- Bahçeli E.**, 2019, Acil Serviste İnme ve Hemotolojik Parametreler Arasındaki İlişki Değerlendirilmesi, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Balsak H.**, 2014, Radyoloji Çalışanlarının Tanı Amaçlı Kullanılan Radyasyonun, Zararlı Etkileri Hakkında Bilgi Tutum ve Davranışları, Yüksek Lisans Tezi. YÖK TEZ MERKEZİ.
- Bärenfänger F., Schramm P., Rohde S.**, 2023, Radiation Exposure in Interventional Stroke Treatment Analysis of the German Neurointerventional Database (DeGIR/DGNER) from 2019 to 2021, Clinical Neuroradiolog, <https://doi.org/10.1007/s00062-023-01303-0>
- Baziler arter** <https://tr.wikipedia.org> (Erişim Tarihi: 10.12.2022)
- Becerir HB.**, 2018, Radyasyonun Biyolojik Etkileri, <http://medikalfizik.org>, (Erişim tarihi: 2.6.2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Berkmen G.**, 2006, Bazı Floroskopik İncelemerde Hasta ve Çalışanların Aldıkları Radyasyon Dozlarının Saptanması, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. YÖK TEZ MERKEZİ
- Bhatia R, Hill MD, Shobha N, Menon B, Bal S, Kochar P, et al.**, 2010, Low rates of acute recanalization with intravenous recombinant tissue plasminogen activator in ischemic stroke: Real-world experience and a call for action. *Stroke* 2010; 41: 2254-8
- Bilgin C.**, 2020, Akut İskemik Uyanma İnmesinde Mekanik Trombektominin Etkinliğinin Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Bor D., Sancak T., Olgar T., Elcim Y., Adanali A., Sanlıdilek U., Akyar, S.**, 2004, Comparison of effective doses obtained from dose–area product and air kerma measurements in interventional radiology. *The British Journal of Radiology*, 77(916); 315-322.
- Bouchez L, Sztajzel R, Vargas MI, Machi P, Kulcsar Z, Poletti PA, et al.** 2017, CT imaging selection in acute stroke. *European journal of radiology*. 2017; 96:153-61.
- Bozbıyık A., Özdemir Ç., Özdemir İH.**, 2002, Radyasyon Yaralanmalar ve KorunmaYöntemleri,
<https://www.ttb.org.tr/STED/sted0702/radyasyon.pdf>
- Bushberg JT., Seibert JA., Leidholdt EM., & Boone JM. (n.d.).**, 2012, The essential physics of medical imaging (3rd ed.). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 1030, Philadelphia. Sayfa 282, 283, 292, 293, 294, 306, 308, 380
- Büyükvardar A.**, 2020, Radyasyonun Biyolojik Etkileri, Dış Hekimliği Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. YÖK Tez Merkezi
- Cai X., Ding X., Wang W., Yang K., Zhou Z., Fang Z., Shi XL**, 2019, Radiation Outcome In Mechanical Thrombectomy Of Acute Ischemic Stroke. *Research Article • DOI: 10.1515/tnsci-2019-0002 • Translational Neuroscience • 10 • 2019 • 10-13*

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Catanese L, Tarsia J, Fisher M.**, 2017, Acute Ischemic Stroke Therapy Overview. *Circulation research*. 2017;120(3):541-58
- Cebesoy S.**, Radyasyon Aktivitesi Birimleri, <https://acikders.ankara.edu.tr>, (Erişim tarihi: 20.10.2022)
- Cebesoy S.**, Radyobiyooloji, <https://acikders.ankara.edu.tr>, (Erişim tarihi: 14.12.2022)
- Chandra A, Li WA, Stone CR, Geng X, Ding Y.** The cerebral circulation and cerebrovascular disease I: Anatomy. *Brain Circ*. 2017 Apr-Jun;3(2):45-56. doi: 10.4103/bc.bc_10_17.
- Çağlan A.**, 2006, Girişimsel Kardiyoloji İncelemelerinde Hasta Dozlarının Farklı Yöntemlerle Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, YÖK TEZ MERKEZİ
- Çimen B., Erdoğan M., Oğul R.**, 2017, İyonlaştırıcı Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, *Ekim* (2017) 43 (2): 139-147
- Coşkun A., Demir M., Çetin F.**, 2020, Koroner Anjiyografi Uygulamalarında Operatörün Göz Lensinin Maruz Kaldığı Radyasyon Dozunun Belirlenmesi, *Aydın Sağlık Dergisi- Yıl 6 Sayı 3 - Ekim - 2020* (284-296)
- Dora B, Önal M. Z, Arsava E. M, Yılmaz Ö, Kutluk K, Uzuner N.**, 2015, Tanı yöntemleri: Türk Beyin Damar Hastalıkları. *Türk Beyin Damar Hastalıkları Dergisi* 2015; 21(2): 74-79 doi:10.5505/tbdhd.2015.83723.
- Erdem O.**, 2019, Dijital Anjiyografi Sisteminde Farklı Anjiyografik İncelemeler İçin Hasta ve Çalışan Dozlarının Belirlenmesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi.
- Erten Z.**, 2020, Mekanik Trombektomi Hastalarında Prognoza Etki Eden Faktörler, *Tıpta Uzmanlık Tezi, YÖK Tez Merkezi*.
- Fanous AA, Siddiqui AH.**, 2016, Mechanical thrombectomy: Stent retrievers vs. aspiration catheters. *Cor et Vasa*. 2016;58(2): e193-e203.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Federal Office for Radiation Protection** (2016) Publication of updated diagnostic reference levels for diagnostic and interventional X-ray examinations [Article in German]. Federal Office for Radiation Protection, Berlin. Accessed 18 Feb 2020
- Fischer U, Arnold M, Nedeltchev K, Brekenfeld C, Ballinari P, Remonda L,** et al., 2021, NIHSS score and arteriographic findings in acute ischemic stroke. *Stroke*. 2005;36(10)
- Forbrig R., Stah R., Geyer LL., Ozpeynirci Y., Liebig T., Trumm CG.,** 2021, Radiation Dose and Fluoroscopy Time of Endovascular Treatment in Patients with Intracranial Lateral Dural Arteriovenous Fistulae. *Clin Neuroradiol* (2021) 31:1149–1157, <https://doi.org/10.1007/s00062-020-00982-3>
- General interventional radiologist needs to know.** *Semin Intervent Radiol.*, 30(3), 234-239 (Erişim Tarihi: 13.12.2022)
- Gobin YP, Starkman S, Duckwiler GR, Grobelny T, Kidwell CS, Jahan R,** et al., 2004, MERCI 1: A phase 1 study of mechanical embolus removal in cerebral ischemia. *Stroke* 2004; 35: 2848-54.
- Gökharman FD., Aydın S., Koşar PN.,** 2016, Radyasyon Güvenliğinde Mesleki Olarak Bilmemiz Gerekenler, *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Cilt 7 / Sayı 2
- Gökoğlan E., Ekinci M., Özgenç E., Özdemir Dİ., Aşıkoğlu M.,** 2020, Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri, *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, Eylül 2020; Cilt 25, Sayı 3, DOI: 10.21673/anadoluklin.709434
- Grotta James C, Mendelow A David, Albers Gregory W,** et al., 2016, *Stroke Pathophysiology, Diagnosis, and Management*. China: Elsevier Inc.
- Güler A., Çınar C., Oran İ., Şirin H., Çelebisoy N., Akarca FK., Kıyan GÇ.,** 2014, Akut iskemik İnme Olgularında Solitaire Stent ile Mekanik Trombektomi: İlk Deneyimlerimiz, *Journal of Neurological Sciences* [Turkish] 31:(1) # 39; 070-079, 2014

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Gümüş H.**, Radyasyon Birimleri ve Tanımlar, <https://avys.omu.edu.tr>, (Erişim tarihi: 9.12.2022).
- Günaydın M.**, Güncel İnme Yönetimi, https://file.atuder.org.tr/_atuder.org (Erişim Tarihi 08.12.2022).
- Gürmen E.**, Serebrovasküler Hastalıklarda Mekanik Trombektomi, <https://www.atuder.org.tr>. (Erişim Tarihi 07.10.2022).
- Güven Sağlık Grubu**, İnme Nedir? İnmenin Belirtileri ve Tedavi Yöntemleri Nelerdir? <https://www.guven.com.tr/saglik-rehberi> (Erişim Tarihi: 26.04.2022).
- Güzelbey T., Kılıçkesmez Ö.**, 2021, Akut İskemik İnmede Girişimsel Tedavi Yöntemleri, Trd Sem 2021; 9: 271-298
- H. Kuang, M. Najm , D. Chakraborty , N. Maraj , SI Sohn , M. Goyal , MD Hill , AM Demchuk , BK Menon ve W. Qiu**, 2019, Automated ASPECTS on Noncontrast CT Scans in Patients with Acute Ischemic Stroke Using Machine Learning, American Journal of Neuroradiology Ocak 2019, 40 (1) 33-38; DOI:10.3174/ajnr.A5889
- Hacıosmanoğlu T.**, 2017, Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynakları, Kişisel Doza Katkıları. Nucl Med Semin 2017; 3:166-171, DOI:10.4274/nts.2017.017
- Hankey G. Lancet** 2013;1: e239-e240. Krishnamurthi R, et al. Lancet Glob Health 2013;1: e25 Feigin V, et al. Lancet 2014; 383:245-255 <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353475>
- Hassan AE, Amelot S.**,2017, Radiation exposure during neurointerventional procedures in modern biplane angiographic systems: a single-site experience. Interv Neurol 6:105–116
- Hui C, Tadi P, Patti L et al.**, 2020, Ischemic Stroke. Teasure Island: StatPearls Publishing,
- International Commission on Radiation Units and Measurements**, <https://en.wikipedia.org>, (Erişim tarihi 12.06.2023).
- Joung KW, Yang KH, Shin WJ, Song MH, Ham K, Jung SC, Lee DH, Suh DC.**, 2014, Anesthetic consideration for neurointerventional procedures. Neurointervention.2014Sep;9(2):72-7.doi: 10.5469/neuroint.2014.9.2.72.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Juszkat, R., Blaszkak, M. A., Majewska, N., & Majewski, W.**, 2009, Dose-Area Product of Patients Undergoing Digital Substraction Angiography (DSA): Abdominal Aorta and Lower Limb Examinations. Health Physics, 96, 13-18.
- Kahiloğulları G., Eroğlu Ü., Zaimoğlu M.**, 2018, Orta Serebral Arter Anatomisi, Türk Nöroşir Derg 28(1):58-64
- Kapçı M.**, Akut İskemik İnmede Geç Dönem Trombolitik Tartışması, <https://www.atuder.org.tr> (Erişim Tarihi 15.12.2022)
- Kar H.**, Temel Kimya Dersi-8, Radyoaktif Maddeler, <http://www.mku.edu.tr> (Erişim Tarihi: 11.02.2023).
- Karabulut KU.**, İskemik İnmede IV tPA ve Trombektomi Güncellemeleri, <https://www.atuder.org.tr> (Erişim Tarihi: 10.08.2022)
- Karaça G.**, 2019, Akut İskemik İnme Tedavisinde Mekanik Trombektomi ile Birlikte Uygulanan Aspirasyon Trombektominin Tedavideki Etkinliği ve Klinik Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Katırcı Y.**, 2009, İnme ve Acil Yaklaşım, <https://www.atuder.org.tr> . (Erişim tarihi: 5.01.2022).
- Kaya, T.** 1997, Temel Radyoloji Tekniği (Beşinci Baskı). Nobel Tıp Kitapevleri, 490, İstanbul. (Erişim tarihi: 14.12.2022)
- Kayacı S., Gürkaş E., Bilen Ş., Ayberk G., Özveren F.**, 2011, Akut İskemik İnmede Son Yaklaşımlar, Türk Serebrovasküler Hastalıklar Dergisi 2011 17:2; 49-54
- Kocatürk Ö. ve Kocatürk M.**, 2021, Endovasküler Akut İskemik İnme Tedavisi: İlk 100 Vakanın Analizi. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi (Journal of Harran University Medical Faculty),18(1):82-87.
- Krespi Y., Bahar SZ., Yeşilot N., Çoban O.**, İskemik Beyin Damar Hastalıklarında Tanı ve Tedavi Yaklaşımları. www.itfnoroloji.org (Erişim tarihi: 5.12.2022).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Kunt R., Püllüm E,** 2021, İnme Ünitesinde Yatan Hastalarda, Fonksiyonel Değerlendirme Ölçekleri Kullanılarak Klinik Durumun Değerlendirilmesi, Med J West Black Sea 2021;5(3): 401-408, DOI: 10.29058/mjwbs.948794.
- Kutluk K.,** 2004, Trombolitik Tedavi. Kutluk K ed. İskemik İnme. s.l.: Nobel Tıp Kitapevleri, 2004. 173-190.
- Lakomkin N, Dhamoon M, Carroll K, Singh IP, Tuhim S, Lee J,** 2019, Prevalence of large vessel occlusion in patients presenting with acute ischemic stroke: A 10-year systematic review of the literature. J NeuroInterventional Surg 2019; 11: 241-5
- LB. Goldstein.,** 2016, Ischemic cerebrovascular Disease, In: L.Goldman, A.I. Schafer(Eds) Goldman- Cecil Medicine 25th edition Elsevier Saunders, USA 2016, pp 2434-45.
- Linfante I, Samaniego EA, Geisbüsch P, Dabus G.,** 2011, Self-expandable stents in the treatment of acute ischemic stroke refractory to current thrombectomy devices. Stroke 2011; 42: 2636-8.
- Mehdiyev Z.,** 2016, Akut İskemik İnme Hastalarında Prognozu Belirleyen Hastane Öncesi ve Hastane İçi Faktörler, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Merkezi Sinir Sisteminin Damarları,** 2023, <http://dspace.kocaeli.edu.tr> (Erişim Tarihi: 2.7.2023).
- Mitsios, N., Gaffney, J., Kumar, P., Krupinski, J., Kumar, S., & Slevin, M.,** 2006, Pathophysiology of Acute Ischaemic Stroke: An Analysis of Common Signalling Mechanisms and identification of new molecular targets. Pathobiology 73(4), 159–175. <https://doi.org/10.1159/000096017>
- Morkavuk G.,** Serebrovasküler Hastalıklar Tanı ve Ayırıcı Tanı, <https://ato.org.tr> (Erişim tarihi:16.12.2017)
- Nazmi M.,** Anjiyografi, <https://player.slideplayer.biz.tr>, (Erişim Tarihi: 1.3.2023).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, Bonafe A, Budzik RF, Bhuva P, et al.,** 2018, DAWN Trial Investigators. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. N Engl J Med. 2018 Jan 4;378(1):11-21
- Nogueira RG, Lutsep HL, Gupta R, Jovin TG, Albers GW, Walker GA, et al.,** 2012, Trevo versus Merci retrievers for thrombectomy revascularisation of large vessel occlusions in acute ischaemic stroke (TREVO 2): A randomised trial. Lancet 2012; 380: 1231-40.
- Ocaktan ME.,** Radyasyon Etkileri ve Korunma, <https://acikders.ankara.edu.tr>, (Erişim Tarihi: 11.10.2022)
- Olgar T.,** 2004, Girişimsel Anjiyografide Optimum Doz Ölçüm Yöntemlerinin Görüntü Kalitesine Bağlı Olarak Geliştirilmesi, Doktora Tezi. YÖK TEZ MERKEZİ
- Olgar T.,** 2022, Girişimsel İncelemelerde Güncel Yaklaşımlar ve Doz Azaltım Yöntemleri, <https://acikders.ankara.edu.tr>, (Erişim Tarihi: 21.06.2022).
- Oyar O.,** 2008, Magnetik Rezonans Görüntüleme (Mrg)'Nin Klinik Uygulamaları ve Endikasyonları. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2008;5(2):31-40
- Ökten Aİ., Güzel A.,** 2012, Beynin Arteriyel Anatomisi, Türk Nöroşirürji Dergisi, Cilt: 22, Sayı: 3, 171-188 (Erişim Tarihi: 09.11.2022)
- Önal Y., Velioğlu M., Demir U., Ercan VU., Yakupoğlu E., Karakaş HM.,** 2020, Akut inme Hastalarında Sofia Katater ile Direkt Aspirasyon Yönteminin Sonuçları, Çukurova Med J 2020;45(2):455-460 DOI: 10.17826/cumj.688708
- Özel, T.,** 2021, İskemik İnmede Etiyoloji, Patofizyoloji ve Klinik Değerlendirme. Trd Sem 2021 9:189-203. <https://doi.org/10.5152/trs.2021.2021-20-25>
- Özen M.,** 2018, Serebrovasküler Hastalıklarda Mekanik Trombektomi, <https://www.atuder.org.tr>
- Özgülen E.,** 2018, Radyasyon Güvenliği El Kitabı, <https://www.cevrehastanesi.com.tr> (Erişim tarihi 2.01.2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Özkan E, Arsava EM, Topçuoğlu MA.**, 2018, Akut İnme Hasta Değerlendirilmesi. Gökçe M, editör. İnme -1 Ankara: Türkiye Klinikleri; 2018 p.20-6
- Öztürk B., Özön AÖ.**, 2020, İskemik İnme ve Cinsiyet. Akd Tıp D 2020; 6(1):59-65
- Öztürk N.**, 2010, Temel Radyasyon Fiziği Kavramları, Birimleri, <https://www.tmrtdr.org.tr/wp-content/uploads/2012/12/temel-radyasyon-fizigi.pdf>, (Erişim tarihi:17.12.2022)
- Park J.**, 2017, Acute Ischemic Stroke Medical, Endovascular and Surgical Techniques. Singapore: Springer Nature
- PCA Enfarktı Nedir?** Belirtileri ve Tedavisi, <https://www.doktorfizik.com> (Erişim tarihi: 8.09.2022).
- Pekçevik Y., Ovalı GY.**, 2021, İskemik İnmede BT ve BT Anjiyografi, Trd Sem 2021; 9: 218-226
- Peker A, Arsava EM, Topçuoğlu MA, Arat A.** Acute Ischemic Stroke: Stentriever Usage for Mechanical Thrombectomy Device. Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics. 2017;10(1):86-92
- Pekkafalı Z.**, Girişimsel Radyoloji Riskleri Nelerdir, <https://www.zekaipekkafali.com>, (Erişim tarihi 3.08 2021)
- Penumbra Pivotal Stroke Trial Investigators**, 2009, The penumbra pivotal stroke trial: safety and effectiveness of a new generation of mechanical devices for clot removal in intracranial large vessel occlusive disease. Stroke. 2009;40(8):2761-8.
- Poyraz AK.**, X Işınlarnın Tarihçesi <https://docplayer.biz.tr>, (Erişim Tarihi: 1.5.2023).
- Prince EA., & Ahn SH.**, 2013, Basic vascular neuroanatomy of the brain and spine:
- Radyasyon Kaynaklar**, [https:// www.afad.gov.tr](https://www.afad.gov.tr), (Erişim tarihi: 5.12.2022)
- Radyasyon Nedir?** <https://www.afad.gov.tr> (Erişim tarihi: 11.10.2022)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Radyasyon Ölçüm Birimleri ve Dönüşümleri**, <https://www.afad.gov.tr> (Erişim tarihi: 20.10.2022)
- Radyasyon ve Biz**, <https://nuken.tenmak.gov.tr> (Erişim tarihi: 11.10.2022)
- Radyasyondan Korunma Yöntemleri**, <http://www.tumrad.net> (Erişim Tarihi: 1.5.2023)
- Radyasyondan Korunma Yöntemleri**, <https://www.afad.gov.tr> (Erişim Tarihi: 16.12.2022)
- Radyasyonun Sağlık Etkileri**, 2008, Ulusal Nükleer veya Radyolojik Kaza ve Tehlike Durumu Yönetimi Sempozyumu. 19-20 Kasım- GATA, Ankara 2008.
- Rowley HA.**, The four Ps of acute stroke imaging: parenchyma, pipes, perfusion, and penumbra. AJNR American journal of neuroradiology. 2001;22(4):599-601.
- Sacco RL., Kasner SE., Broderick JP., Caplan LR., Connors JJ., Culebras, A.**, 2013, An updated definition of stroke for the 21st century: A statement for healthcare professionals from the American heart association/American stroke association. Stroke, 44(7), 2064–2089. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e318296aeca>
- Sağlık Bakanlığı R, Hıfzısıhha Merkezi Müdürlüğü.** Ulusal Hastalık Yüğü ve Maliyet Etkililik Çalışması, (Hastalık Yüğü Final Raporu). Ankara2004. p. 138-52 (Erişim Tarihi:3.02.2023)
- Seibert, JA.**, 2006, Flat-panel detectors: how much better are they? Pediatric radiology, 36, 173-181
- Superior serebellar arter.** <https://tr.wikipedia.org/wiki>(ErişimTarihi: 10.12.2022)
- Şahan M., Satar S., Koç A. F., Sebe A.**, 2010, İskemik İnme ve Akut Faz Reaktanları. aktd. 2010; 19(2): 85-140
- The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP** (International Commission on Radiological Protection), Publication 103.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- TOSHIBA**, ToshibaInfinix8000V Girişimsel Anjiyografi Sistemi. <https://merkeztibbicihazgeribildirim.saglik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 22.1 2023).
- Tuğan Yıldız C. B, Gökçe M, İnanç Y, Özyurt E, Demirhan Özçekiç S.**, 2018, İnme hastalarına yapılan serebral dijital substraksiyon anjiyografi bulguları. Türk Beyin Damar Hastalıkları Dergisi 2018; 24 (2): 58-61. doi: 10.5505/tbdhd.2018.948409
- Türel D., Baltacıoğlu F.**, 2017, Acute Ischemic Stroke: Intraarterial Thrombolysis. Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics. 2017;10(1):71-80.
- Türkiye_Atom_Enerjisi_Kurumu**, <https://tr.wikipedia.org> (Erişim tarihi: 1.5.2023)
- Umudova S.**, 2020, Anjiyografik Trombektomi Yapılan Hastalarda Kullanılan Anestezi Yönteminin Hemodinamik Stabilite ve Postoperatif Sağ Kalıma Etkisinin Araştırılması, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Utku, U.**, 2007, İnme Tanımı, Etiyolojisi, Sınıflandırma ve Risk Faktörleri. Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 2007,53(1):1-3.
- Üreyen MÇ.**,2019, Tanısal Karotis Arter Anjiyografi ve Karotis Stentleme Radyasyon Parametreleri Açısından Değerlendirildiğinde Koroner İşlemlere Kıyasla Güvenlimidir? Medical Journal of İzmir Hospital, 23 (3): 215-221
- Üstüner E.**, <https://acikders.ankara.edu.tr> (Erişim Tarihi: 2.12.2022)
- Valji K.**, 2012, Neurointerventions. The Practice of Interventional Radiology with Online Cases and Videos. Philadelphia.: Saunders; 2012. p. 612-3.
- Vañó E, Miller DL, Martin CJ.**, 2017, ICRP Publication 135: diagnostic reference levels in medical imaging. Ann ICRP 46:1– 144
- Vert C, Parra-Farinas C, Rovira A.**, 2017, MR imaging in hyperacute ischemic stroke. European journal of radiology. 2017; 96:125-32.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Wunderle KA, Rakowski JT, Dong FF.**, 2016, Approaches to interventional fluoroscopic dose curves. J Appl Clin Med Phys. 2016 Jan 8;17(1):342-352. doi: 10.1120/jacmp. v17i1.5788. PMID: 26894349; PMCID: PMC5690202.
- Yaşar S., Saygın M., Çetinkaya G., Parpar T.**, 2014, Girişimsel Radyolojideki Sessiz Tehlike, Med J SDU / SDÜ Tıp Fak Derg 2014;21(4):151-157
- Yemişçi, M., Gürer G., Dalkara, T.**, 2004, İskemik İnmede Gelişen Fizyopatolojik Olaylar. Türkiye Klinikleri J Neur. 2004;2(1):22-30
- Yentür EA., Bayındır P., Pabuflcu Y.**, 2006, <https://jag.journalagent.com>, (Erişim Tarihi: 7.5.2023).
- Yıldız D.**, 2018. Birinci Basamak Sağlık Hizmetinde Çalışan Hekimler Arasında İskemik İnme Farkındalığı, Bakırköy Tıp Dergisi 2018;14:377-80, DOI: 10.4274/BTDMJB.20180120104251
- Yılmaz S.**, 2011, Karotid Arter Stenozlu Hastalarda, Asetilsalisilikasit + Pentoksifilin ve Silostazol Tedavilerinin Etkileri, Tıpta Uzmanlık Tezi. YÖK Tez Merkezi.
- Zeyrek CT.**, 2013, İyonize Radyasyon Uygulamaları İçin Güvenlik ve Korunmaya Yönelik Genel Kavramlar, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(3), 1-9.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenciliğim sürecinde bilgi ve becerilerini benden esirgemeyen öğrencisi olmaktan onur ve gurur duyduğum her zaman destek olan tez danışmanlarım sayın Prof. Dr. M. Murat Saç ve Doç. Dr. Celal Çınar'a, Ege Üniversitesi Nükleer bilimler Enstitüsü Müdürü sayın Prof. Dr. Sabriye Yuşan, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Nükleer Teknolojiler Bilim Dalı Öğretim Üyesi sayın Prof. Dr. Fatma Yurt Onaran' a, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Nükleer Bilimler Bilim Dalı sayın Dr. Öğr. Üyesi Caner Taşköprü' ye teşekkür ederim. Bu çalışma süresince gerekli verilerin sağlanmasında kolaylık ve hassasiyet gösteren olan Özgür Akça'ya ve diğer tüm anjiyo ekibine teşekkürü borç bilirim.

Eğitimim sırasında derslerime destek olan araştırmalarımnda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Yusuf Kurtulmuş' a, öğrenciliğim süresinde desteğini ve sabrını benden esirgemeyen hem mesai hem de okul arkadaşım değerli meslektaşım sayın Tahsin Kuş'a, bu meşakkatli dönemde her türlü desteğini benden esirgemeyen ve her zaman yanımda olan değerli aileme ve özellikle yol göstericim canım babama teşekkürlerimi sunarım.

.... / / 20..

Demet ÖZMEN

İmzası

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Demet Özmen

Lisans Öğrenimi: İstanbul Üniversitesi Sağlık Yönetimi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Çalıştığı Kurumlar: Ege Üniversitesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı
Bornova/İzmir

Adres : Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı
Bornova/İzmir

Tarih:..../...../.....