

51 Pediatrik Derin Yerleşimli Supratentoryal Arteriovenöz Malformasyonun "Gamma Knife" Radyocerrahisi İle Tedavisinin Klinik Analizi

Gökçe Cırdı¹ , Osman Artunç Türe² , Seçkin Gündüz² , Bülent Kara¹ , Koray Özdoğan²

¹Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı Ve Hastalıkları Anabilim Dalı Çocuk Nörolojisi Bilim Dalı

²Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin Cerrahisi Anabilim Dalı

"Gamma Knife"



Milimetrik hassasiyet ile, odaklanmış yüksek dozda radyasyonun, hedeflenen beyin dokusuna yönlendirilmesini sağlayan **stereotaktik radyocerrahi yöntemi**

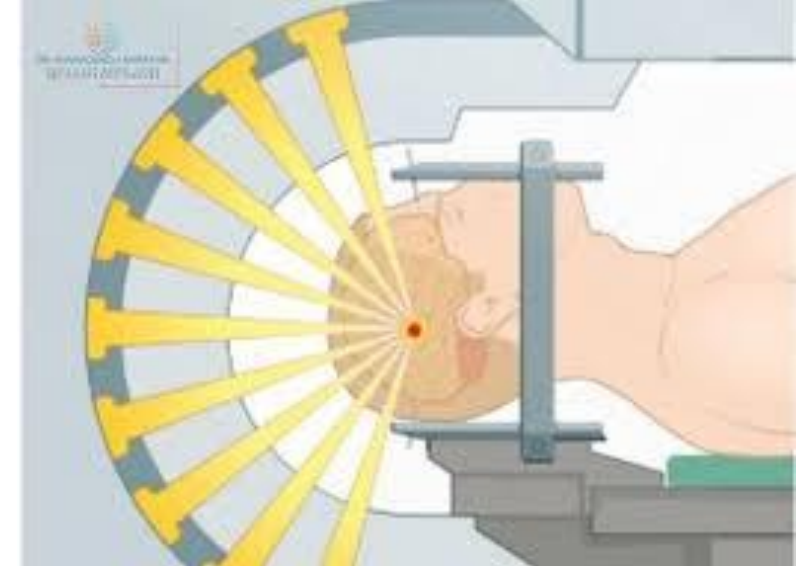
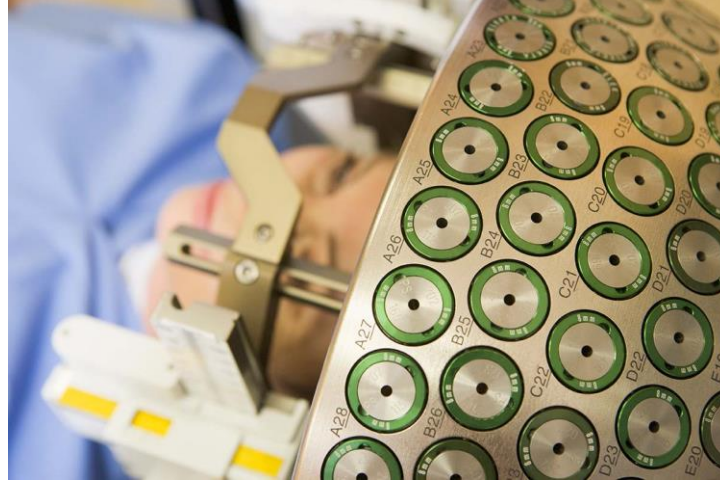
Cerrahi kesi yapılmaksızın cerrahi etkisi

201 adet kobalt-60 (Co-60) kaynağı farklı açılardan gelip tek noktada birleşir

Işınlar tek başına dokuya
zarar verecek güçte değil
ancak tek bir odakta
birleşince

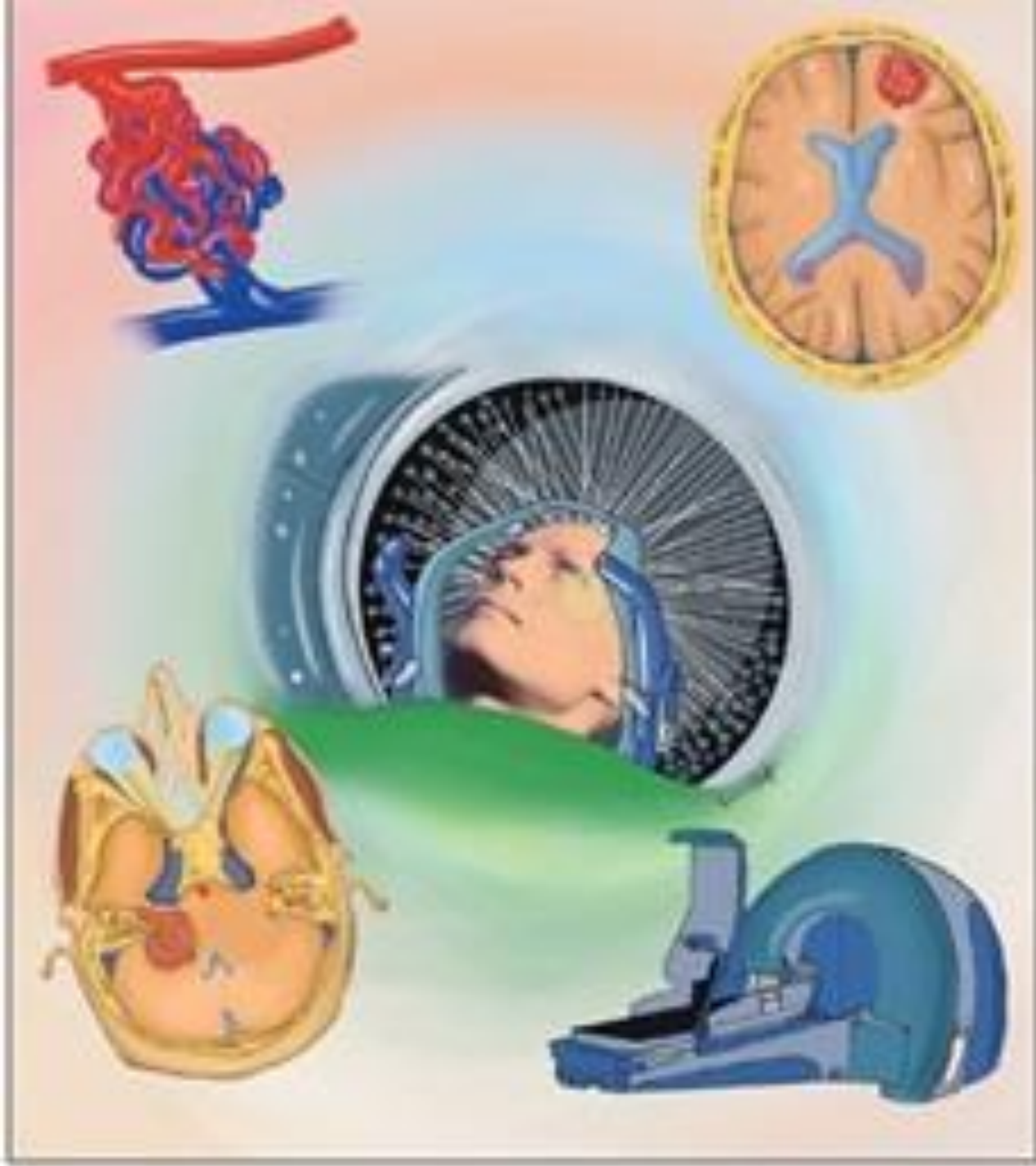


Stereotactic Mask



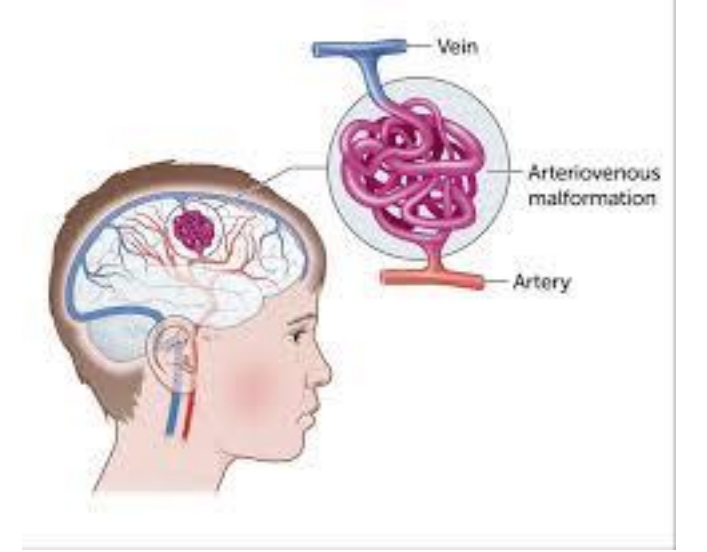
"Gamma Knife"

- Yüksek hassasiyet
- Minimal invazif
- Doğruluk (sağlıklı beyin dokusu korunur)
- Tedavi kolaylığı (genellikle tek seans, aynı gün içinde mobilizasyon)
- Minimal komplikasyon



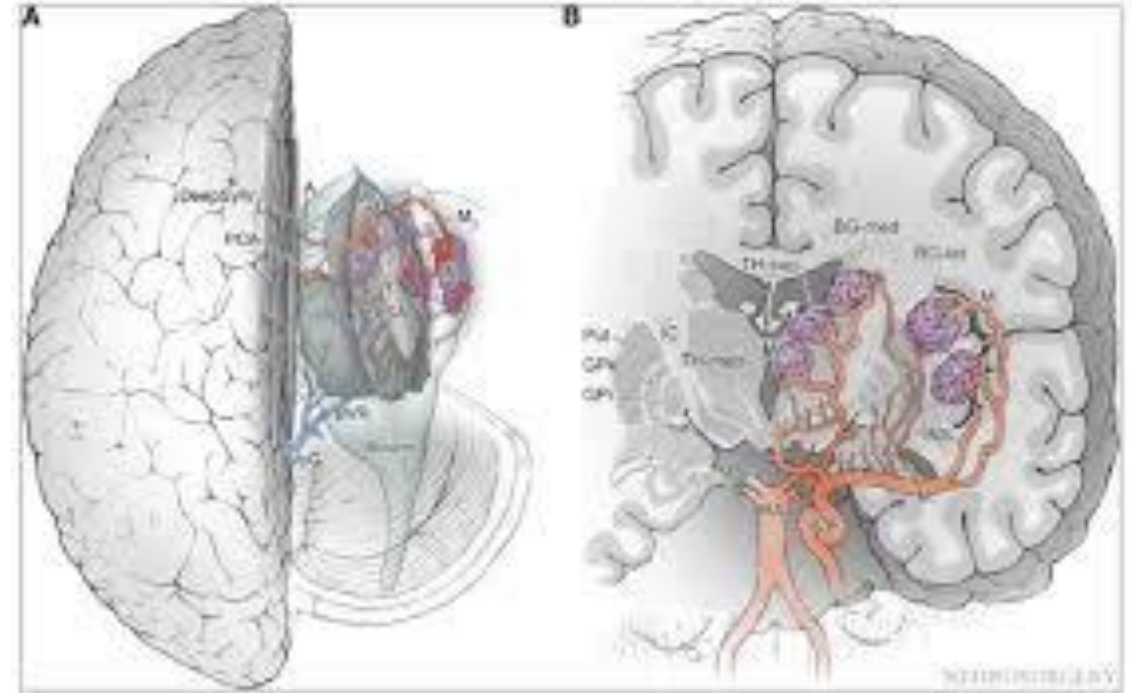
Pediatric AVM

- Kümülatif olarak kanama insidansı yüksek
- Beklenen yaşam periyodu uzun
- Sıklıkla tedavi edilmesi gerekmekte
- Yaklaşık %75 fonksiyonel açıdan önemli bölgelerde
- Bunların yaklaşık %42'si derin supratentorial yerleşimli



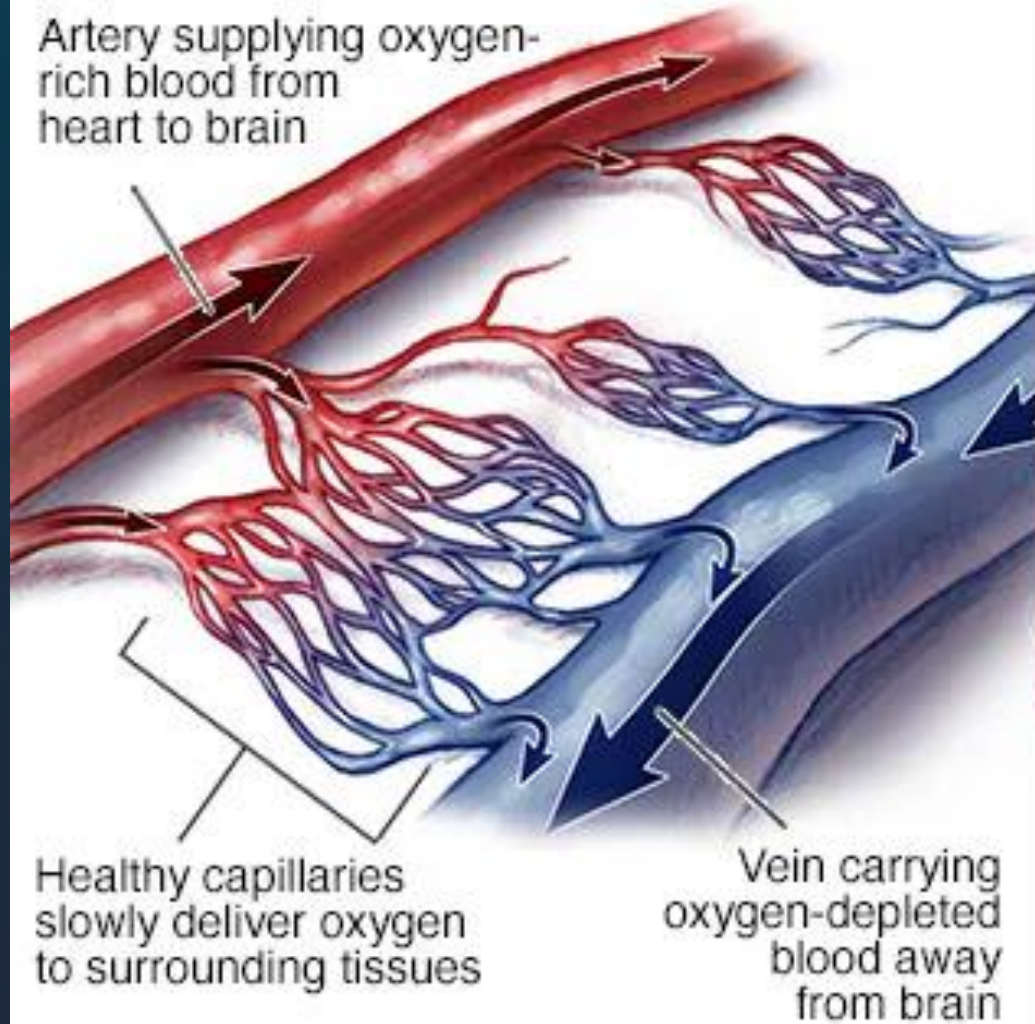
Derin yerleşimli suptatentoriyal AVM

- Ulaşılması zor
- Yüksek riskli cerrahi (derin perforan arterler; embolizasyonu güç)
- Minimal bir hasar büyük nörolojik defisite sebep olabilir
- Derin venöz sistemlere drene olurlar; tromboz riski
- Kanama riski ve kanamış olgularda tekrar riski yüksek (korteks tampon görevi görmez ve sifon mekanizması)



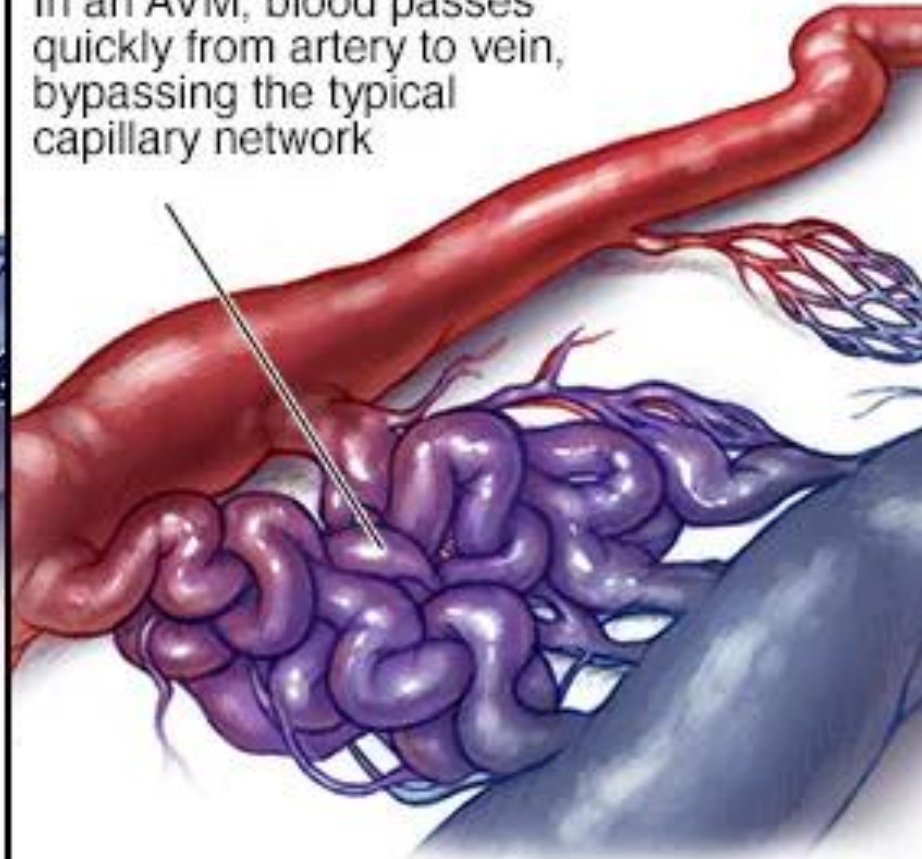
Without AVM

Artery supplying oxygen-rich blood from heart to brain

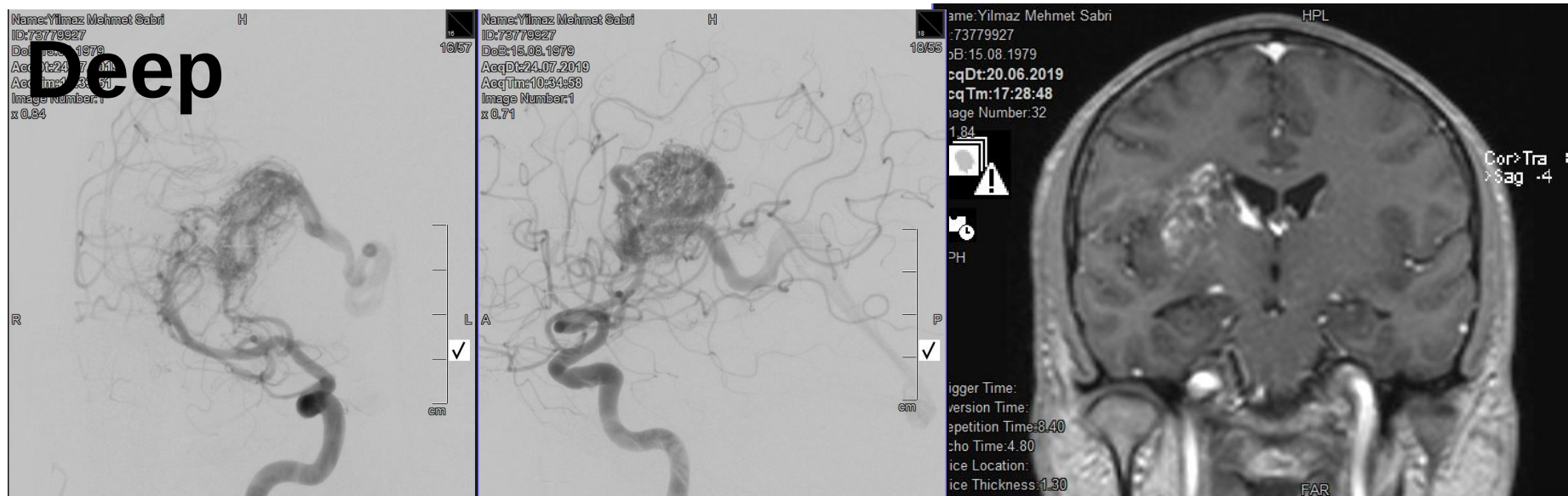
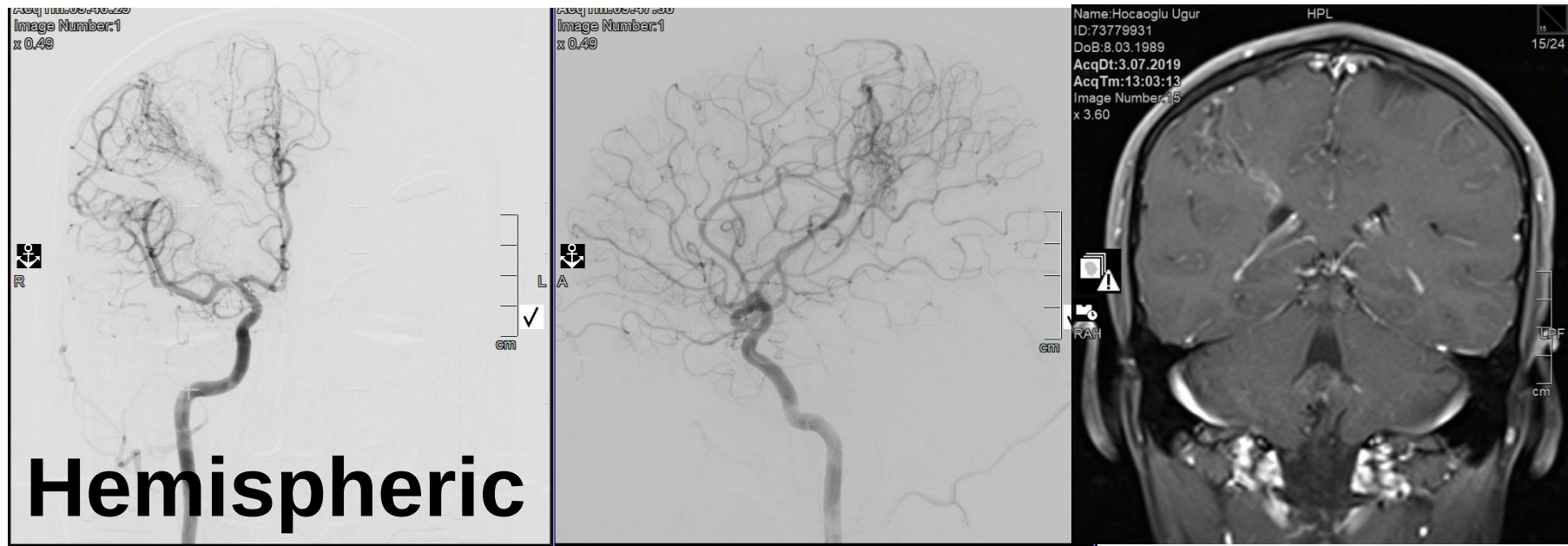


With AVM

In an AVM, blood passes quickly from artery to vein, bypassing the typical capillary network



Yüksek akım
düşük
rezistans



Metod

- Retrospektif analiz
- Şubat 2009 – Mart 2024
- 18 yaş altı, anjiyografi ile doğrulanmış derin supratentoriyal AVM tanısı olanlar ve işlem sonrası en az 6 aylık klinik ve radyolojik takip süresi
- Hasta demografisi, AVM'nin morfolojik ve lokalizasyon özellikleri, uygulanan tedavi parametreleri, klinik ve radyolojik sonuçlar

Bulgular

Toplam 51 pediatrik hasta



```
graph TD; A[Toplam 51 pediatrik hasta] --> B[Ortalama yaş: 11.7 yıl;  
Yaş aralığı: (4–18)]; B --> C[%54.9 erkek]; C --> D[31 hastanın en az 6 aylık takip verisi mevcuttu  
En uzun takip süresi 156 ay];
```

Ortalama yaş: 11.7 yıl;
Yaş aralığı: (4–18)

%54.9 erkek

31 hastanın en az 6 aylık takip verisi mevcuttu
En uzun takip süresi 156 ay

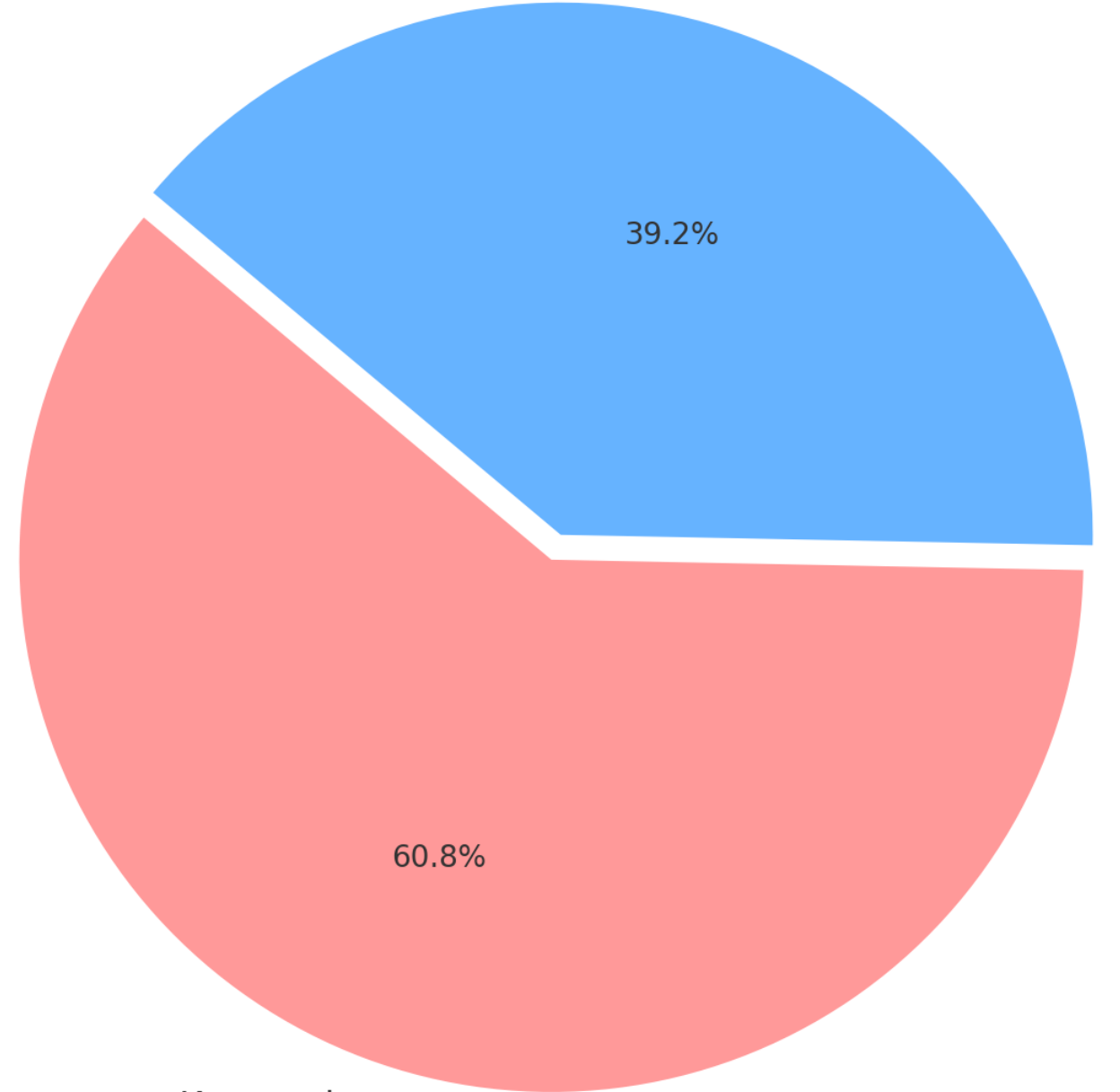
AVM Olgularında Kanama Durumu

Kanamasız

Bulgular

- Kanama, 51 hastada (%60.8) ilk başvuru bulgusu olarak izlendi.

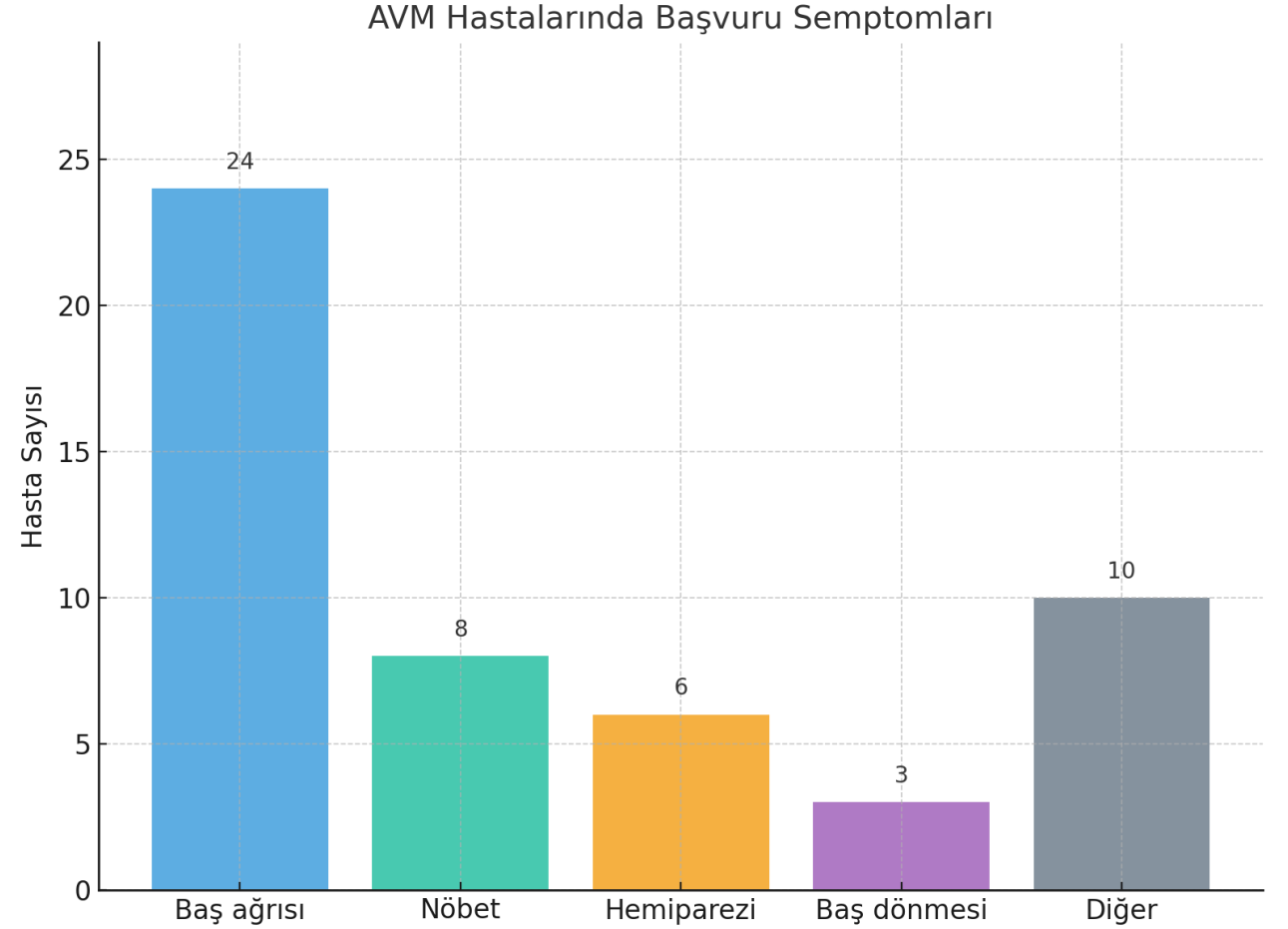
Derin perforan arterlerden
beslenip..... Derin venöz drenaja
boşalması



Kanamalı

Semptomlar

- En sık semptom baş ağrısıydı (24/51 hasta, %47.1), bunu nöbetler izledi (8/51 hasta, %15.7)
- Diğer semptomlar; dengesizlik, konuşma bozukluğu, kusma vb.)



AVM yerleşim yerlerine göre hasta dağılımı

- Derin supratentoriyal yerleşimli AVM'ler, anatomik lokalizasyona göre 7 başlık altında sınıflandırıldı.
- En sık yerleşim bölgeleri sırasıyla ventrikül komşuluğu (%23,5), talamik/mezensefalik (%15) ve bazal ganglion/putamen (%13) olarak saptanmıştır.

Yerleşim yeri	Hasta sayısı
Talamik /mezensefalik	8
Bazal ganglion / putaminal	7
İnternal kapsül	4
Ventrikül içi / trigon / korpus kallozum / pineal bölge	12
Hipokampal / insular	6
Parietal / frontal / oksipital / temporal derin yerleşimli	10
Diğer	4
Toplam	51

Spetzler martin skoru

- Üç temel faktöre dayanır:

1. AVM'nin boyutu:

1. **Küçük (<3 cm):** 1 puan
2. **Orta (3–6 cm):** 2 puan
3. **Büyük (>6 cm):** 3 puan

2. Etrafındaki beyin dokusunun işlevsel önemi: ★

1. **Etkilenmeyen alanlar (değerli olmayan bölge):** 0 puan
2. **Etkilenen alanlar (değerli bölge):** 1 puan
(Motor korteks, duyuşal korteks, görme korteksi, beyin sapı gibi kritik bölgeleri içerir.)

3. Venöz drenajın tipi: ★

1. **Sadece yüzeysel venöz drenaj:** 0 puan
2. **Derin venöz drenaj:** 1 puan
(Derin venöz drenaj, derin serebral venlere drenajı içerir ve genellikle daha karmaşık bir cerrahiye işaret eder.)

Spetzler-Martin Derecesi	Risk Seviyesi
Grade I (1 puan)	En düşük cerrahi risk
Grade II (2 puan)	Düşük cerrahi risk
Grade III (3 puan)	Orta cerrahi risk
Grade IV (4 puan)	Yüksek cerrahi risk
Grade V (5 puan)	En yüksek cerrahi risk

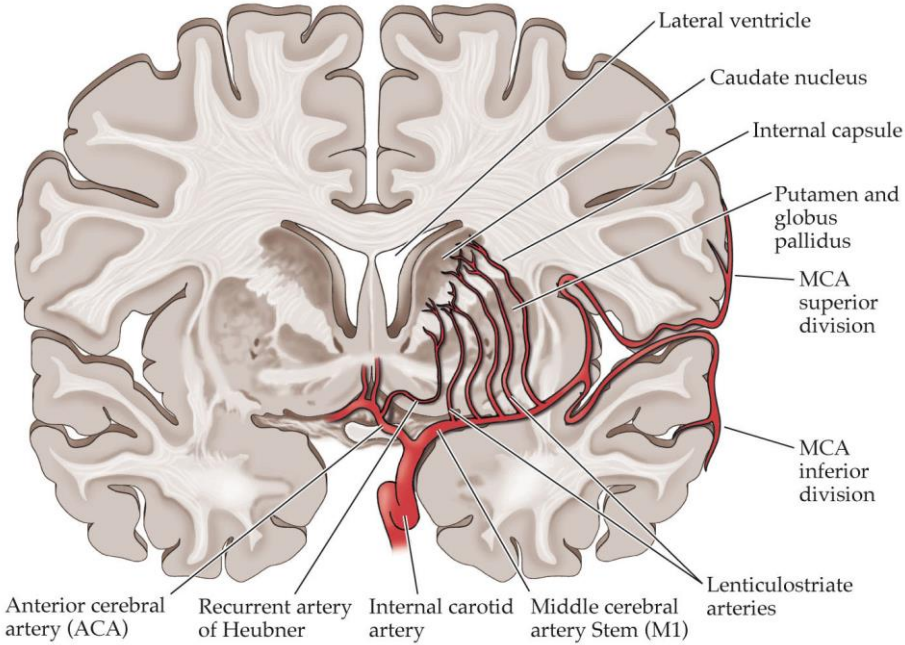
- Pediatrik AVMlerin çoğu SM grade II–III aralığındadır; Uluslararası Gamma Knife Araştırma Derneği (IGKRF) serisinde çocuk hastaların %59’unda, refrakter pediatrik vakaların dahil edildiği bir diğer çalışmada ise %80’inde SM skoru III veya daha yüksek
- Çalışmamızda **neredeyse tümünün SM skoru 3’ün üzerindeydi**

Spetzler martin derecesi	Hasta sayısı
Grade 1	0
Grade 2	1
Grade 3	38
Grade 4	10
Grade 5	2
Toplam	51

Starke RM, Ding D, Kano H, Mathieu D, Huang PP, Feliciano C, Rodriguez-Mercado R, Almodovar L, Grills IS, Silva D, Abbassy M, Missios S, Kondziolka D, Barnett GH, Lunsford LD, Sheehan JP. International multicenter cohort study of pediatric brain arteriovenous malformations. Part 2: Outcomes after stereotactic radiosurgery. *J Neurosurg Pediatr.* 2017 Feb;19(2):136–148. doi:10.3171/2016.9.PEDS16284. Epub 2016 Dec 2. PMID: 27903044.

Horiba A, Hayashi M, Oka M, Funatsu T. Gamma Knife treatment strategies for paediatric AVMs: approaches to refractory cases. *J Radiother Pract.* 2024;23. doi:10.1017/S1460396924000013.

AVM besleyici arterler



%84 beynin derin
arterlerinden besleniyor

BESLEYİCİ NİHAYİ SINIFLAMA

SAYI

Derin beslenme

28

Kombine beslenme

15

Hemisferik beslenme

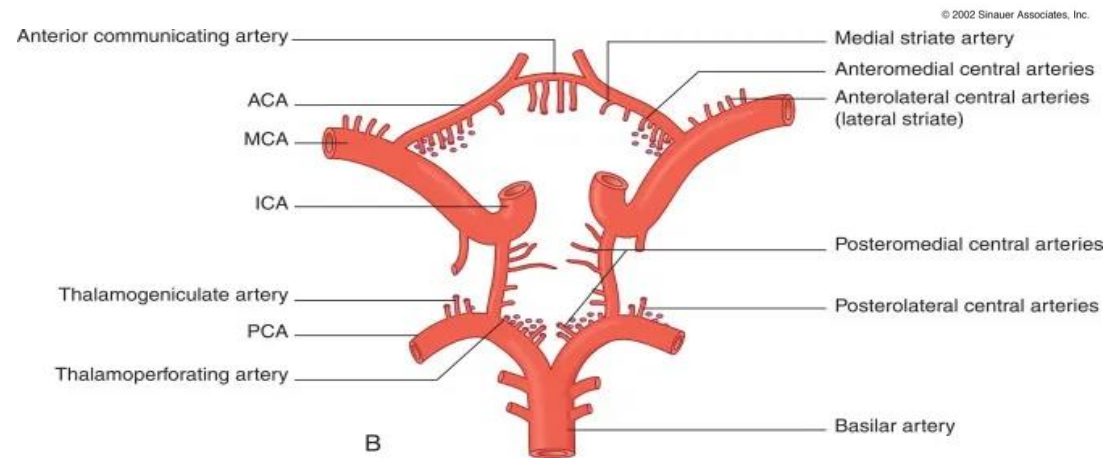
7

Diğer

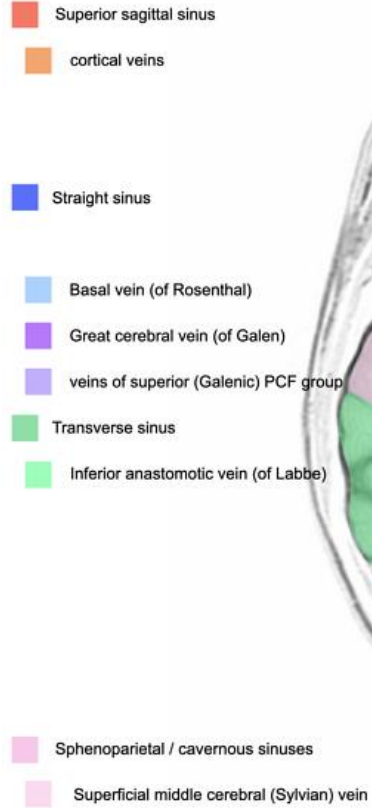
1

Toplam

51



Brain venous vascular territories



Craig Hacking
2020 CC-BY-SA-NC
Radiopaedia.org

BOŞALTICI SINIFLAMA

Hasta Sayısı

Derin

40

Kombine

6

Yüzeyel

4

Diğer

1

Toplam

51

AVM boşaltıcı venler

%90 beynin derin venlere boşalıyor

Nidus hacmi

Ortalama nidus hacmi 3.23 cm³

En küçük 0,1 cm³

En büyük 12,3 cm³

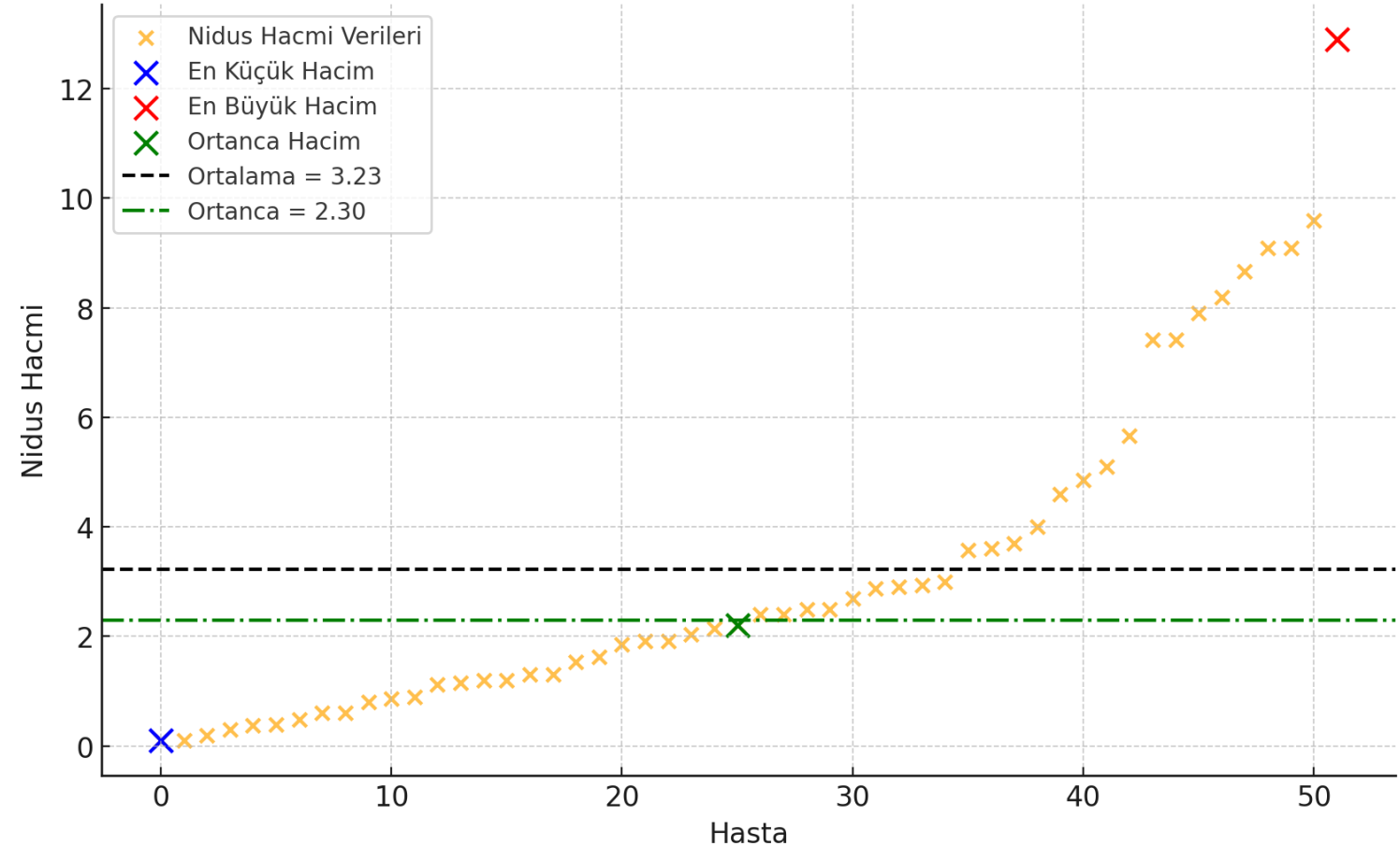
Ortanca hacim 2,3 cm³

34 hasta (%66) 3 cm altında

S&M sınıflama;

✓ AVM'nin boyutu:

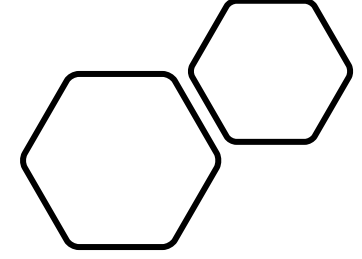
1. Küçük (<3 cm): 1 puan
2. Orta (3–6 cm): 2 puan
3. Büyük (>6 cm): 3 puan



Doz



Doz 17,29 Gy
(min:12-max:
25) ortanca18



Çocuk hastalarda uygulanan GKRS tekniği, erişkinlerde olduğu gibi yüksek obliterasyon sağlamak üzere yeterli doz verilmesini gerektirir, ancak gelişmekte olan beyinde yan etkileri en aza indirecek dikkat gösterilir.

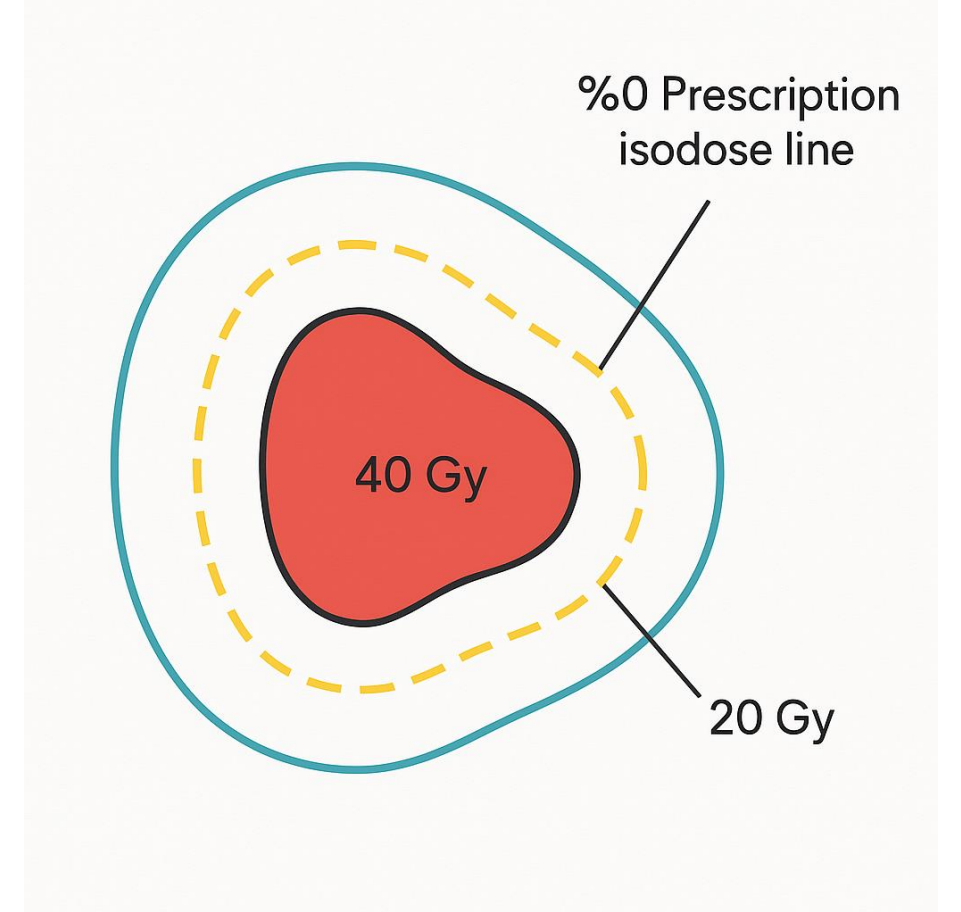
İzodoz

Ortalama izodoz %49.71

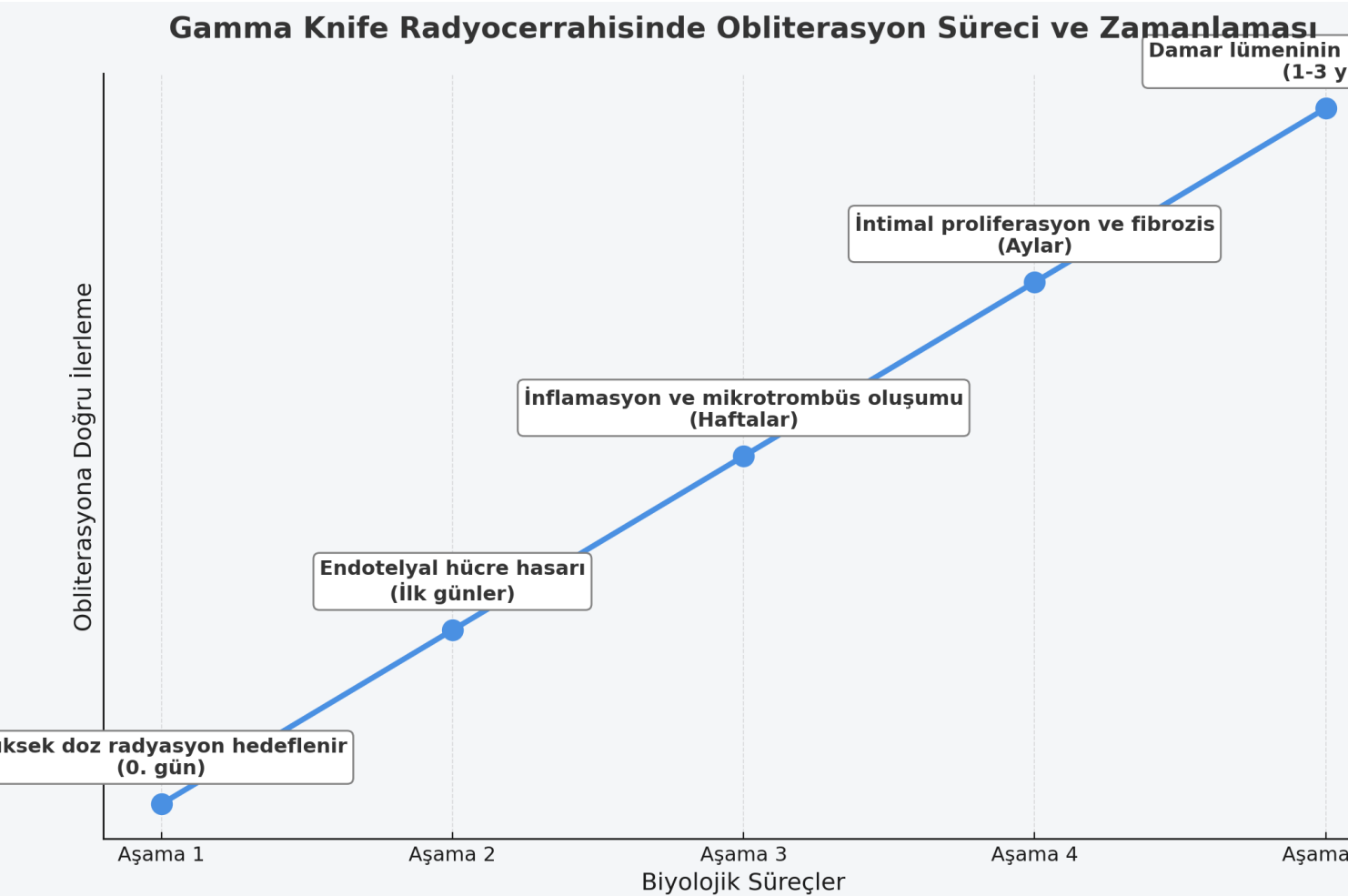
Minimum %40 maksimum %55

Ortanca %50

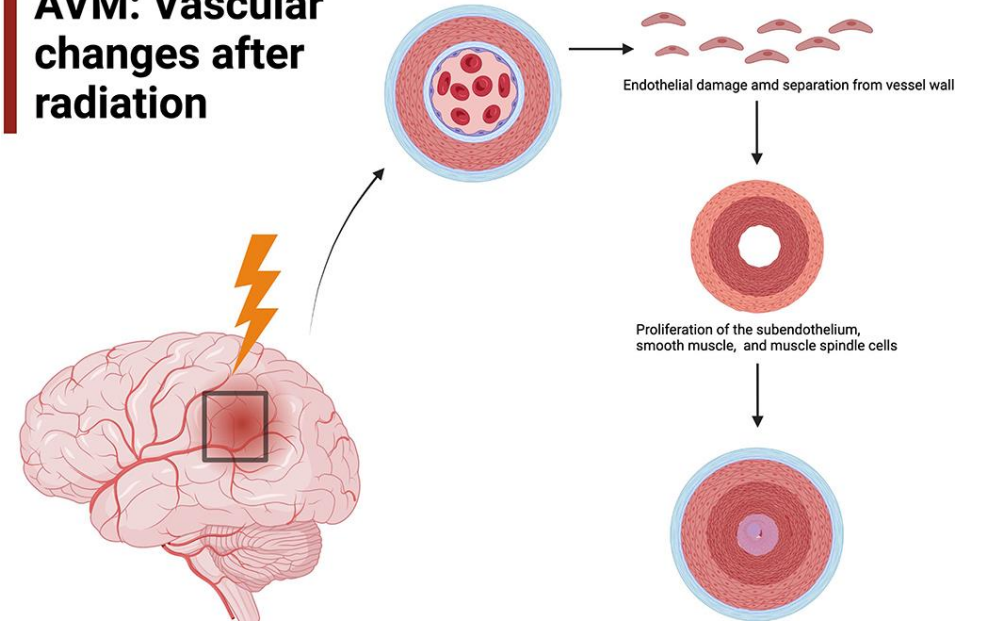
AMAÇ: Tümörün veya AVM'nin **tamamını yeterli dozda** ışınlarken sağlıklı beyin dokusuna **mümkün olduğunca az zarar** vermek



Obliterasyon oranı= başarı



AVM: Vascular changes after radiation

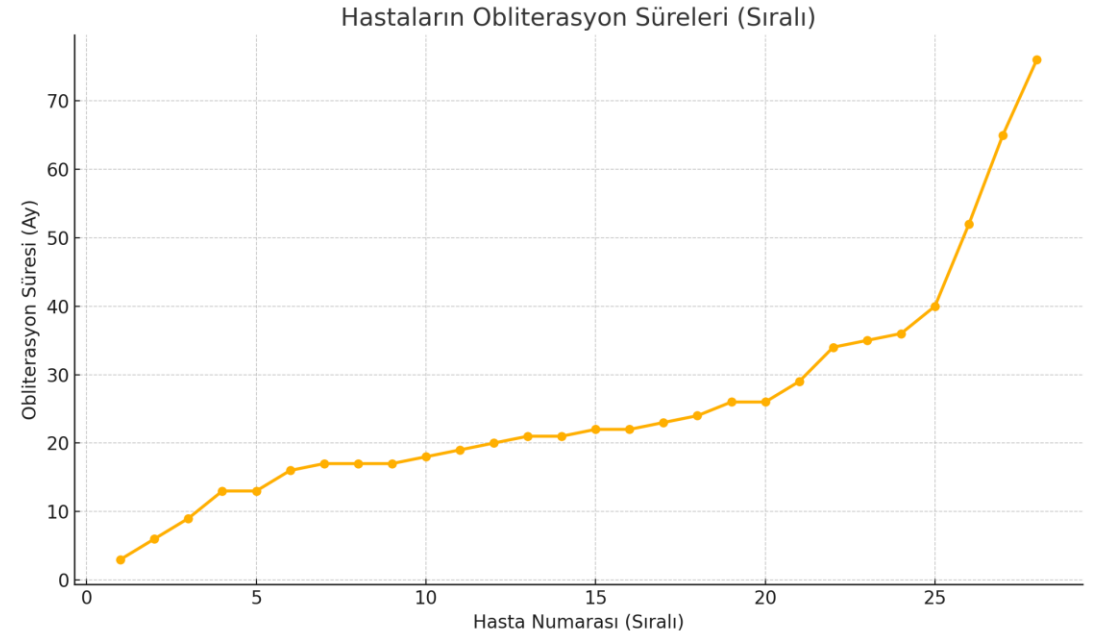


Olgularımızın obliterasyon oranları

**GK sonrası ortalama
obliterasyon süresi 25,5 aydı**

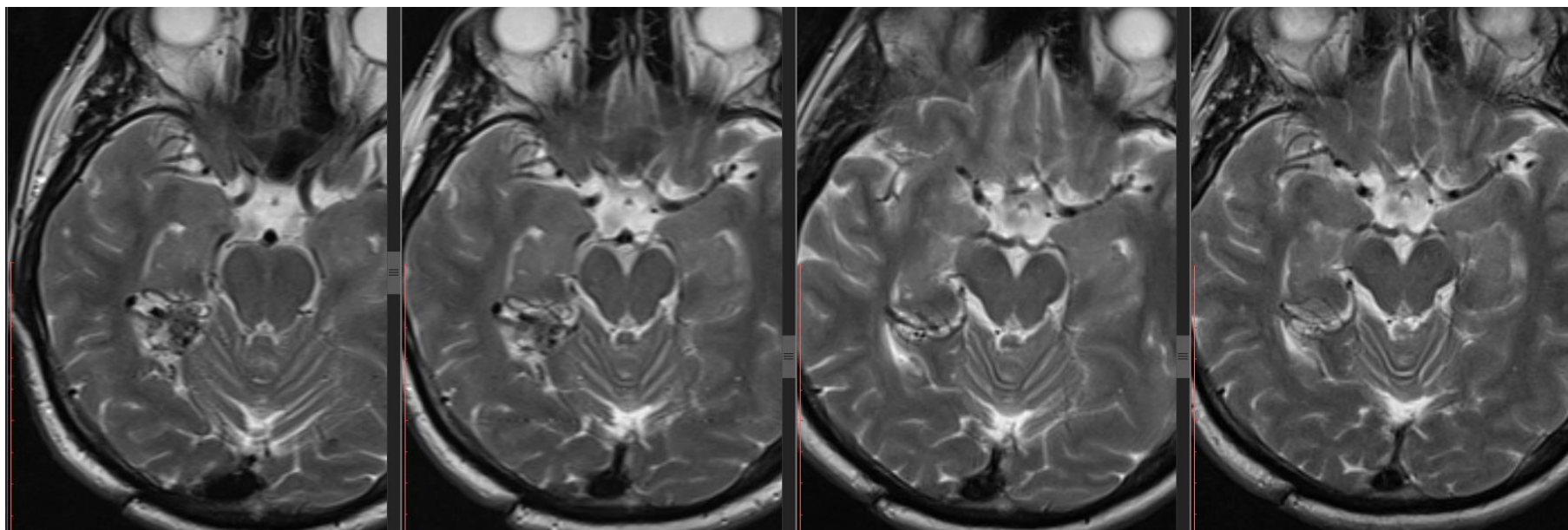
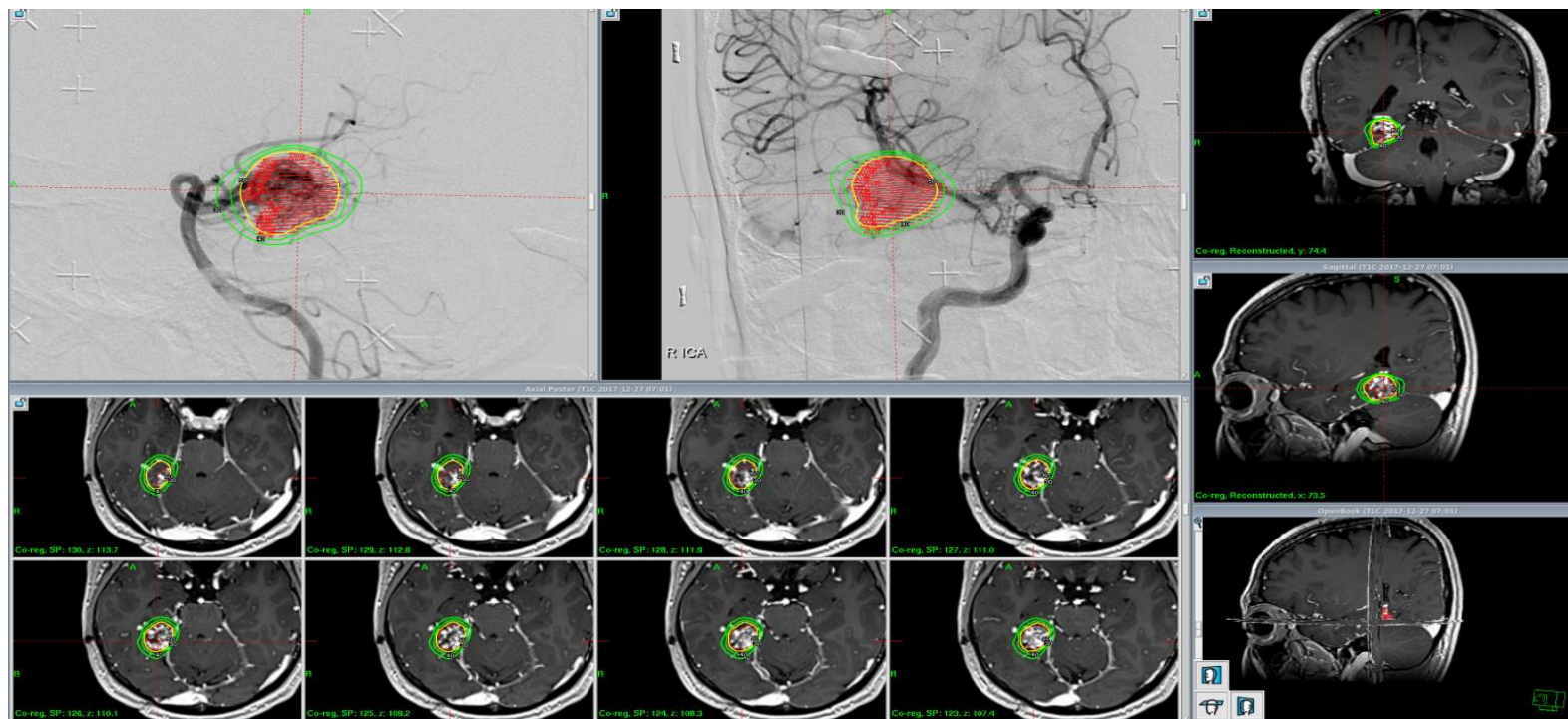
Hastaların 6'sı 6 ayda

En uzun obliterasyon süresi 76
ay (6-76)



Ek veriler

- 5 hasta GK öncesi endovasküler cerrahi olmuş, hepsi kanama ile başvurdu, işlem sonrası komplikasyon görülmedi ve obliterasyon sağlandı.
- Hastaların üçü 2 kez ışınlandı (AVM nidusu büyük olanlar)
- Latans döneminde literatürde %9 oranında kanama olduğu bildirilmiş, bizde kanama olmadı.
- İşlem sonrası baş ağrısı, halsizlik gibi hafif klinik bulgular görülmekle birlikte majör komplikasyon (kapsüle hematoma, kist, radyasyon nekrozu vb.) görülmedi.



GKRS ilişkili veriler tablosu

• Marjinal doz (Gy)	• Ortanca 18 gy, ortalama 18.43 gy
• İzodoz çizgisi %	• 49,7
• Aşamalı GK uygulanan hasta sayısı %	• Yok
• Obliterasyon gelişen hasta sayısı (%)	• 93,5
• Ortanca AVM hacmi cm³	• 2,5
• Ortalama spetzler-martin skoru	• 3,09
• GK sonrası ortalama obliterasyon süresi (ay)	• 25,5 (6-76)

Tartışma

- Uluslararası çok merkezli çalışmalarda, pediatrik AVM’lerde tek seans GKRS sonrası obliterasyon oranı genellikle %60–70 arasında bildirilmiş olup, ek seanslar veya uzun takip ile bu oran %80’e kadar ulaşabilmektedir.
- Bizim çalışmamızda en az 6 aylık takibi olan hastaların %93.5’inde obliterasyon sağlanması, GKRS’nin derin supratentoryal pediatrik AVM’lerde dahi yüksek başarı ile uygulanabileceğini göstermektedir.
- *Literatürle benzer şekilde nidus hacimlerinin küçük ve verilen dozun 16 Gy üzerinde olmasının başarıda etkili olabileceği kanaatindeyiz.*

1. Starke RM, Ding D, Kano H, Mathieu D, Huang PP, Feliciano C, et al. International multicenter cohort study of pediatric brain arteriovenous malformations. Part 2: Outcomes after stereotactic radiosurgery. *J Neurosurg Pediatr.* 2017;19(2):136–148.
2. Pan DH, Chung WY, Guo WY, Wang LW, Wu HM, Shiao CY. Gamma knife radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations: An analysis of long-term radiographic and clinical outcomes. *J Neurosurg.* 2008;109(Suppl):51–59.
3. Zeller FA, McDonald PJ, Kaufmann AM, West M. Pediatric cerebral arteriovenous malformations and Gamma Knife radiosurgery: Systematic review and case series. *Childs Nerv Syst.* 2016;32(2):243–253.
4. Hasegawa H, Hanakita S, Shin M, Kawashima M, Takahashi W, Ishikawa O, et al. Comparison of the long-term efficacy and safety of Gamma Knife radiosurgery for arteriovenous malformations in pediatric and adult patients. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2018;58(6):231–239.

Tartışma

- Bizim serimizdeki hastalarda yalnızca derin supratentoryal bölgede AVM olması ve bu hastaların çoğunun ilk başvurularının kanama ile olması, bu anatomik yerleşimin daha yüksek hemorajik potansiyele sahip olduğunu desteklemektedir.
- *Bu durum, literatürde tanımlanan sifon etkisi ve derin perforan arterlerin lineer akım yapısı ile ilişkili olabilir.*

Tartışma

- Literatürde AVM obliterasyon başarısını etkileyen başlıca faktörler arasında *nidus hacmi, yaş ve AVM'nin diffüz morfolojisi* yer almaktadır.
- Bizim serimizde ortalama AVM hacmi 2.5 cm³ olup, bu boyutun literatürde tanımlanan <3–4 cm³ sınırının altında kalması, yüksek obliterasyon oranını açıklayan etkenlerden biri olabilir. Çalışmalarda, küçük hacimli ve kompakt morfolojili AVM'lerde obliterasyon oranlarının anlamlı derecede yüksek olduğunu gösterilmiştir.
- Ayrıca bazı çalışmalarda, ≤12 yaşındaki çocukların tedaviye daha iyi yanıt verdiği bildirilmiştir; olgularımızda ortalama yaş 11.7 olup bu açıdan da literatürle uyumludur.

Sonuç

- Uygulama sonrasında hastalarımızda kanama görülmemesi, uygun koşullar altında yapıldığında GKRC'nin, derin yerleşimli pediatrik AVM'ler için **yüksek obliterasyon oranları ve minimal komplikasyonlar ile** etkili ve güvenli bir tedavi seçeneği olduğunu desteklemiştir.

Sonuç

Çalışmamız sadece derin supratentoryal yerleşimli pediatrik AVM'lere odaklanan ilk çalışmadır.

Bulguların doğrulanması ve tedavi stratejilerinin geliştirilmesi için daha geniş hasta gruplarıyla ve uzun takip süreleriyle yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.



- Teşekkür ederim..