T.C.
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

# ÇOCUK HASTALARDA GELİŞİMSEL VENÖZ ANOMALİLERİN 3 TESLA KONTRASTLI BEYİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dr. Mehmet Alperen TEZCAN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. R. Berhan PİRİMOĞLU

ERZURUM-2022

# ONAY

"Çocuk Hastalarda Gelişimsel Venöz Anomalilerin 3 Tesla Kontrastlı Beyin Manyetik Rezonans Görüntüleme Bulgularının Değerlendirilmesi" isimli çalışmamız Radyoloji Anabilim Dalı'nın 07.04.2021 tarih ve E.2100100169 sayılı yazısına istinaden, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'nun 27.05.2021 tarih ve 4 sayılı oturumun 08 sayılı kararı ve Dahili Tıp Bilimleri Bölüm Kurulu'nun 09.04.2021 tarih ve 4 sayılı oturumun 34 sayılı kararı ile tez çalışması olarak uygun görülmüş ve onay almıştır.

# İÇİNDEKİLER

**ONAY** ..... **i**
**İÇİNDEKİLER** ..... **ii**
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **iii**
**KISALTMALAR DİZİNİ** ..... **vi**
**TEŞEKKÜR** ..... **viii**
**ÖZET** ..... **ix**
**ABSTRACT** ..... **xi**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
**2. GENEL BİLGİLER** ..... **3**
2.1. Serebral Venöz Sistem Embriyolojisi ..... 3
2.2. Serebral Venöz Sistem Anatomisi ..... 5
2.2.1. Serebral Venler ..... 5
2.2.1.1. Yüzeyel (Kortikal) Venler ..... 6
2.2.1.2. Derin Serebral Venler ..... 7
2.2.2. Beyin Sapı/Posterior Fossa Venleri ..... 10
2.2.3. Dural Venöz Sinüsler ..... 11
2.2.3.1. Posterosüperior Grup ..... 11
2.2.3.2. Anteroinferior Grup ..... 12
2.3. Gelişimsel Venöz Anomali ..... 14
2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme ..... 18
**3. MATERYAL VE METOT** ..... **24**
3.1. Olgular ..... 24
3.2. MRG Tekniği ..... 24
3.3. Görüntü Analizi ..... 25
3.4. İstatistiksel Analiz ..... 26
**4. BULGULAR** ..... **27**
**OLGU ÖRNEKLERİ** ..... **34**
**5. TARTIŞMA** ..... **41**
**6. SONUÇ** ..... **45**
**KAYNAKLAR** ..... **46**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 1**. 20 mm embriyo.....4
**Şekil 2**. 30 mm embriyo.....5
**Şekil 3.** Yüzeyel venlerin sagittal planda şematik görünümü (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36181).....7
**Şekil 4.** Serebral venlerin lateral görünüşünü gösteren beyin anjiyografi (Dr. Jeremy Jones'un izniyle, Radiopaedia.org, rID: 32913). .....9
**Şekil 5.** Serebral venlerin önden görünüşünü gösteren beyin anjiyografi (Dr. Jeremy Jones'un izniyle, Radiopaedia.org, rID: 32913). .....10
**Şekil 6.** Dural venöz sinüslerin şeması (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36180).....13
**Şekil 7.** Bilgisayarlı Tomografi Venografide serebral venler (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36159).....14
**Şekil 8.** Gian Lorenzo Bernini'nin eseri olan Medusa Başı Heykeli (‘’https://commons.wikimedia.org’’tan alınmıştır).....15
**Şekil 9.** Genişlemiş medüller venleri olan ve tek toplayıcı vene drene olan GVA’ya ait şematik çizim (Osborn AG. Osborn's Brain Imaging, Pathology and Anatomy: AMIRSYS; 2015’ten alınmıştır). .....16
**Şekil 10.** Derin ve yüzeyel venöz sisteme drene olan toplayıcı ven çaplarının ortalamasını ve dağılımını gösteren grafik.....27
**Şekil 11.** Derin ve yüzeyel venöz sisteme drene olan toplayıcı ven uzunluklarının dağılımını gösteren grafik. .....28
**Şekil 12.** Yaşlara göre GVA prevalans dağılımı.....29
**Şekil 13.** FLAIR görüntülemede GVA kaputunun görülmediği ve görüldüğü olgularda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik. .....31
**Şekil 14.** T2 SPACE görüntülemede GVA kaputunun görülmediği ve görüldüğü olgularda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik. .....32
**Şekil 15.** T2/FLAIR görüntülemede parankimal sinyal anormalliği görülen ve görülmeyen GVA’larda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik. .....33

**Olgu 1.** Nöbet şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sağ frontal lobda yüzeyel venöz sisteme drene olan nispeten uzun seyirli toplayıcı veni (kırmızı oklar) olan GVA izlenmektedir. .....34

**Olgu 2.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sol serebellar hemisferde 4. ventrikül komşuluğunda derin venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok) tipik kaput medusa görünümünün (beyaz oklar) saptandığı GVA izlenmektedir.....34

**Olgu 3.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 18 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sol serebellar hemisferde 4. ventrikül komşuluğunda derin + subkortikal yerleşimli yüzeyel venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok), tipik kaput medusa görünümünün (beyaz oklar) saptandığı GVA izlenmektedir. .....35

**Olgu 4.** Trafik kazası sonrası baş ağrısı şikayetleri devam eden 9 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde, kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, yüzeyel venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok) GVA izlenmektedir. .....35

**Olgu 5.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde (A ve B) sol frontal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir.....36

**Olgu 6.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 16 yaşındaki erkek hastada, aksiyel kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde, sol korona radiata düzleminde kaputu (beyaz ok) derin yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. .....36

**Olgu 7.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 14 yaşındaki kız hastada, koronal FLAIR (A), T2 SPACE (B), kontrastlı T1 MPRAGE (C), SWI (D, E) görüntülerde sağ parietal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. .....37

**Olgu 8.** Nöbet şikayetiyle başvuran 12 yaşındaki erkek hastada, koronal T2 SPACE (A, B) ve SWI (C), sagittal FLAIR (D) ve sagittal T2 SPACE (E) görüntülerde sağ parietal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. Ayrıca sagittal görüntülerde, sentrum semiovale düzleminde non-spesifik plak (siyah oklar) dikkati çekmiştir.....38

**Olgu 9.** Nöbet şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal FLAIR (A), T2 SPACE (B) ve kontrastlı T1 MPRAGE (C), aksiyel kontrastlı T1 MPRAGE (D) ve SWI (E, F) görüntülerde sol oksipital lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, hem derin hem yüzeyel venöz sisteme drene olan (kırmızı oklar: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. Ayrıca koronal görüntülerde, GVA'nın drene ettiği parankimde T2/FLAIR parankimal sinyal anormalliği (siyah oklar) dikkati çekmiştir. .....39

**Olgu 10.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 9 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE (A, F), SWI (B, C, D, E) görüntülerde sol parietooksipital lobda kaputu (beyaz oklar) tipik kaput medusa görünümünde derin + subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, yüzeyel venöz sisteme drene olan 3 adet toplayıcı veni (kırmızı oklar) bulunan GVA izlenmektedir. Ayrıca SWI görüntülerde, biri kontrastlanma gösteren subakut hemorajik materyaller (sarı ok) içeren iki adet kavernom (siyah oklar) dikkati çekmiştir.....40

## KISALTMALAR DİZİNİ

| | | |
|---|---|---|
| **2B** | **:** | 2 boyutlu |
| **3B** | **:** | 3 boyutlu |
| **3T** | **:** | 3 Tesla |
| **BOLD** | **:** | Blood oxygen level dependent |
| **BT** | **:** | Bilgisayarlı tomografi |
| **BTV** | **:** | Bilgisayarlı tomografi venografi |
| **CBF** | **:** | Serebral kan akımı |
| **CBV** | **:** | Serebral kan hacmi |
| **CNR** | **:** | Kontrast-gürültü oranı |
| **DSA** | **:** | Dijital substraksiyon anjiyografi |
| **FLAIR** | **:** | Fluid attenuated inversion recovery |
| **FSE** | **:** | Fast Spin Echo |
| **Gd** | **:** | Gadolinyum |
| **GE** | **:** | Gradient eko |
| **GV** | **:** | Galen veni |
| **GVA** | **:** | Gelişimsel venöz anomali |
| **Hz** | **:** | Hertz |
| **IR** | **:** | Inversion Recovery |
| **İJV** | **:** | İnternal juguler ven |
| **İPS** | **:** | İnferior petrozal sinüs |
| **İSV** | **:** | İnternal serebral ven |
| **KS** | **:** | Kavernöz sinüs |
| **KVP** | **:** | Klival venöz pleksus |
| **minIP** | **:** | Minimum intensity projection |
| **MPRAGE** | **:** | Magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo |
| **MR** | **:** | Manyetik rezonans |
| **MRG** | **:** | Manyetik rezonans görüntüleme |
| **MRV** | **:** | Manyetik rezonans venografi |
| **MTT** | **:** | Ortalama geçiş zamanı |

| | | |
|---|---|---|
| **NMR** | **:** | Nükleer manyetik rezonans |
| **PACS** | **:** | Picture Archieving and Communication System |
| **PV** | **:** | Petrozal ven |
| **RBV** | **:** | Rosenthal'in bazal veni |
| **RF** | **:** | Radyofrekans |
| **SAR** | **:** | Özgül absorbsiyon oranı |
| **SE** | **:** | Spin eko |
| **SNR** | **:** | Sinyal-gürültü oranı |
| **SPS** | **:** | Süperior petrozal sinüs |
| **SPSS** | **:** | Statistical Package for the Social Sciences |
| **SR** | **:** | Sinüs rektus |
| **SSS** | **:** | Süperior sagittal sinüs |
| **SWI** | **:** | Susceptibility-weighted imaging |
| **T1A** | **:** | T1 ağırlıklı |
| **T2 SPACE** | **:** | Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution |
| **T2*** | **:** | T2 star |
| **T2A** | **:** | T2 ağırlıklı |
| **TE** | **:** | Echo Time |
| **TI** | **:** | İnversiyon süresi |
| **TOF** | **:** | Time-of-flight |
| **TR** | **:** | Repeat Time |
| **TS** | **:** | Transvers sinüs |
| **TSE** | **:** | Turbo Spin Eko |
| **VRT** | **:** | Volume Rendering Technique |
| **YOSV** | **:** | Yüzeyel orta serebral ven |

## TEŞEKKÜR

Asistanlık sürecim boyunca bilgi ve tecrübelerinden her zaman faydalandığım, tezimi birlikte yapmaktan mutluluk duyduğum tez yöneticim Doç. Dr. R. Berhan PİRİMOĞLU'na gerek çalışmama gerekse eğitimime yaptığı katkılarından dolayı,

Tezimin istatistiksel analizleri konusunda değerli yardımları ve desteği için Doç. Dr. Ahmet YALÇIN'a,

Asistanlık sürecim boyunca desteğini esirgemeyen ve iyi bir radyolog olmamız için çabalarından dolayı bölüm başkanımız değerli hocam Prof. Dr. Fatih ALPER'e,

Bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim, mesleğimi bana öğreten ve sevdiren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Akın LEVENT'e, Prof. Dr. Suat EREN'e, Prof. Dr. A. Mecit KANTARCI'ya, Prof. Dr. Ümmügülsüm BAYRAKTUTAN'a, Prof. Dr. Hayri OĞUL'a, Doç. Dr. Adem KARAMAN'a, Doç. Dr. Recep SADE'ye, Doç. Dr. Gökhan POLAT'a, Doç. Dr. Fadime GÜVEN'e, Dr. Öğr. Üyesi Bahar YILMAZ ÇANKAYA'ya, Dr. Öğr. Üyesi Elif GÖZGEÇ'e,

Asistanlığımızı son derece kolay hale getiren bölüm sekreterimiz Nermin Kuzulugil'e,

Bugünlere gelmemde sonsuz emekleri olan ve desteklerini hiç esirgemeyen anneme ve babama,

Her zaman yanımda olduğunu bildiğim ve desteklerini her zaman hissettiğim kız kardeşlerim Zeynep, Mislina ve Ayyüce'ye,

Gösterdiği anlayış, sabır ve fedakarlıklarla her zaman yanımda olan sevgili eşim Neslihan'a ve varlığıyla hayatımıza anlam katan canım kızım Zeynep Ece'ye,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Arş. Gör. Dr. Mehmet Alperen TEZCAN

# ÖZET

## Çocuk Hastalarda Gelişimsel Venöz Anomalilerin 3 Tesla Kontrastlı Beyin Manyetik Rezonans Görüntüleme Bulgularının Değerlendirilmesi

**Amaç:** Pediatrik popülasyonda 3 Tesla (3T) kontrastlı manyetik rezonans (MR) 3 boyutlu (3B) volümetrik görüntülerdeki lokalizasyonlarını, drenaj venlerini, toplayıcı ven çaplarını ve uzunluklarını, gelişimsel venöz anomalilerin (GVA) yaygınlığını, birlikte var olan patolojileri ve GVA tespitinde 3B kontrastsız sekansların (FLAIR, T2 SPACE ve SWI) performansını değerlendirmeyi amaçladık.

**Materyal ve Metod:** 2016 Ocak – 2021 Mart tarihleri arasında Radyoloji Anabilim Dalımızda 3T MRG cihazı ile çeşitli nedenlerle çekilmiş pediatrik (0-18 yaş) hasta grubu kontrastlı beyin MR görüntüleri retrospektif olarak incelendi. 3T MRG cihazında anestezili çekim yapılamadığından 0-4 yaş hasta grubu çalışmamızda mevcut değildi. MR görüntüleri iki deneyimli radyolog tarafından ortak konsensus ile değerlendirilerek, GVA'lar anatomik lokalizasyonu, drene oldukları venöz sistem (derin / yüzeyel), toplayıcı ven çapları ve uzunlukları açısından değerlendirildi. Ayrıca, GVA'ların tüm komponentleri (GVA kaputu ve toplayıcı veni) elde olunan FLAIR, T2 SPACE, SWI ve kontrastlı T1 MPRAGE sekanslarda değerlendirildi.

**Bulgular:** 2016 Ocak – 2021 Mart ayları arasında 3T MRG cihazı ile kontrastlı beyin MRG çekilmiş 727 pediatrik hastanın 49'unda (%6.74) GVA saptandı. 49 olguda toplam 60 adet GVA (1 olguda beş adet, 1 olguda 3 adet, 5 olguda ikişer adet) saptandı. Kontrastlı T1 MPRAGE sekans ile karşılaştırıldığında, FLAIR görüntülemenin GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %91.8, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.4; T2 SPACE görüntülemenin GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %89.8, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.3; SWI sekansının GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %94, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.6 bulunmuş olup söz konusu kontrastsız sekanslarda tanı performansı açısından kontrastlı seri ile aralarında anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla p=0.125, p=0.062, p=0.234). SWI sekansının, GVA kaputunu tespitindeki duyarlılığı %96, özgüllüğü %100 ve isabet

oranı %99.7 bulunmuş olup tanı performansı açısından kontrastlı seri ile arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0.532).

**Sonuç:** Pediatrik hasta grubunda da GVA'lar yetişkinlerle benzer oranda tespit edilebilmektedir. Pediatrik hastalarda yüksek rezolüsyonlu görüntüler sağlayan 3T MRG cihazı kullanımının GVA tanısına yüksek oranda katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Ayrıca, kontrastsız ince kesit (3B FLAIR, 3B T2 SPACE ve özellikle SWI) sekansları içeren görüntülerin çocuklarda ekstra kontrast madde yükü oluşturmadan GVA tanı, takibinde, olası eşlikçi patolojilerin tespitinde ve değerlendirilmesinde kullanılması gerektiğini önermekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** 3 Tesla, MRG, gelişimsel venöz anomali, çocuk hasta

## ABSTRACT

### Evaluation of 3 Tesla Contrast-Enhanced Brain Magnetic Resonance Imaging Findings of Developmental Venous Anomalies in Pediatric Patients

**Objective:** We aimed to evaluate the localization, drainage veins, collecting vein diameters and lengths, prevalence of developmental venous anomalies (DVA), co-existing pathologies, and the performance of 3-dimensional (3D) non-contrast sequences (FLAIR, T2 SPACE ve SWI) in detecting DVA in 3 Tesla (3T) contrast-enhanced magnetic resonance (MR) 3D volumetric images in the pediatric population.

**Materials and Methods:** Contrast-enhanced brain MR images of pediatric patients (0-18 years old) taken for various reasons were retrospectively analyzed in our Radiology Department between January 2016 and March 2021. 0-4 years old patient group was not included in our study, since anesthesia was not performed with the 3T MRI device. MR images were evaluated by two experienced radiologists with a common consensus, and DVAs were evaluated in terms of their anatomical localization, the venous system they drain (deep / superficial), the diameters and lengths of the collecting veins. In addition, all components of DVAs (DVA hood and collecting vein) were evaluated in the obtained FLAIR, T2 SPACE, SWI and contrast-enhanced T1 MPRAGE sequences.

**Results:** DVA was detected in 49 (6.74%) of 727 pediatric patients who underwent contrast-enhanced brain MRI with a 3T MRI device between January 2016 and March 2021. A total of 60 DVAs were detected in 49 cases (five in 1 case, 3 in 1 case, and two in 5 cases). Compared with the contrast-enhanced T1 MPRAGE sequence, the sensitivity of FLAIR imaging in detecting the DVA collecting vein was 91.8%, the specificity 100%, and the accuracy 99.4%; T2 SPACE imaging has a sensitivity of 89.8%, a specificity of 100%, and an accuracy of 99.3% in detecting the DVA collecting vein; The sensitivity of the SWI sequence in detecting the DVA collecting vein was 94%, the specificity was 100%, and the accuracy rate was 99.6%, and no significant difference was found between them and the contrast-enhanced series in terms of diagnostic performance in these non-contrast sequences (respectively

p=0.125, p=0.062, p=0.234). The sensitivity of SWI sequence in detecting the DVA hood was 96%, the specificity was 100%, and the accuracy rate was 99.7%, and no significant difference was found between the contrast-enhanced series in terms of diagnostic performance (p=0.532).

**Conclusion:** DVAs can be detected at a similar rate to adults in the pediatric patient group. We think that the use of 3T MRI device, which provides high resolution images in pediatric patients, will contribute to the diagnosis of DVA at a high rate. In addition, we suggest that images containing non-contrast thin section (3D FLAIR, 3D T2 SPACE and especially SWI) sequences should be used in the diagnosis, follow-up, detection and evaluation of possible accompanying pathologies in children without creating an extra contrast agent burden.

**Key Words:** 3 Tesla, MRI, developmental venous anomaly, pediatric patient

# 1. GİRİŞ

Kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme tetkiklerinin yaygınlaşması ile beraber, gelişimsel venöz anomaliler en sık tanı konulan intrakraniyal vasküler malformasyonlar haline gelmiştir. Eskiden düşük kanama riski taşıdığı ve nadir olduğu düşünülen bu lezyonlar artık asemptomatik ve insidental görüntüleme bulguları olarak tanımlanmaktadır. Bu sık görülen lezyonlarda nörolojik komplikasyonlar nadirdir (1).

GVA'lar, ''venöz anjiomlar'' ve ''serebral venöz malformasyonlar'' dahil olmak üzere çeşitli isimlerle anılmıştır. GVA'lar, yüzeyel ve derin venöz sistemlere dökülen, şemsiye görünümü oluşturan genişlemiş intramedüller venlerden oluşan konjenital malformasyonlardır (2). Genel olarak doğuştan var oldukları düşünülür ve GVA'ların gerçek bir vasküler anormallikten ziyade venöz drenajın embriyolojik değişimi olduğu fikri dahil olmak üzere altta yatan patofizyolojiyle ilgili birçok teori vardır (3).

Genellikle insidental olarak saptanan GVA'lar asemptomatik olabileceği gibi toplayıcı venin tromboze olması ile venöz enfarkta yol açarak semptomatik olabilirler ve inme, baş ağrısı, nöbet gibi klinik bulgularla karşımıza çıkabilirler. Ayrıca GVA'lara kavernom benzeri malformasyonlar, parankimal hemoraji, drene ettiği beyin parankiminde beyaz cevher değişikliği, distrofik kalsifikasyon ve fokal atrofi eşlik edebilir (4-7).

Her yaşta ve her iki cinsiyette de görülebilen GVA'lar, tüm serebrovasküler malformasyonların %60'ını oluşturmakta olup kontrastlı MRG tetkiklerinde genel popülasyonda prevalansı %2.5-9 arasında bildirilmiştir. Bunun yanında; en sık derin beyaz cevherde, lateral ventrikül anterior hornu komşuluğunda ve ikinci sıklıkta ise 4. ventrikül komşuluğunda lokalizasyon göstermektedir (1, 8, 9).

Literatür taramaları göz önüne alındığında, sadece 3T MRG cihazı kullanılarak pediatrik yaş grubunda GVA'ların epidemiyolojik ve anatomik değerlendirmesini yapan bir çalışma bulunmadığından, kontrastlı 3T MRG cihazında çekilmiş 3B volümetrik görüntüler üzerinde retrospektif olarak GVA'ların lokalizasyonlarını,

drenaj damarlarını, morfometrik özelliklerini, birlikte var olan patolojileri ve GVA tespitinde 3B kontrastsız sekansların performansını değerlendirmeyi amaçlamaktayız. Bu sayede, pediatrik hasta grubunda beyin MRG incelemelerinde GVA'nın tespit edilebilme farkındalığını arttırmayı da hedeflemekteyiz. Ulusal tez veritabanında, çalışmamıza benzer sadece 3T MRG cihazından elde edilen görüntülerde GVA tespitinde 3B kontrastsız sekansların performansını değerlendiren bir tez çalışmasına rastlanılmamış olup çalışmamız çocuk hasta grubunda bir ilk olma özelliği taşımaktadır.

# 2. GENEL BİLGİLER

## 2.1. Serebral Venöz Sistem Embriyolojisi

Serebral venöz drenaj, ilk aşamalarında, anterior (prosensefalik), medial (metensefalik) ve posterior (telensefalik) olmak üzere üç ana trunkus gövdesi tarafından boşaltılan birbirine bağlı venöz göller sisteminden oluşur. Bu gövdeler, her iki tarafta, ilkel juguler ven ile devamlılık gösteren birincil baş sinüsü ile bağlanır. Post-brankial aşamada, serebral drenajı dural duvarı geçen en lateral dural sinüsler ile bağlamak için pioaraknoidal damarlar ortaya çıkar. Normal olarak ensefalik veziküllerin (telensefalon, diensefalon, mezensefalon, metensefalon ve miyelensefalon) her biri için dorsal ve ventral olmak üzere iki damar vardır (şekil 1). Bu damarların bazıları yetişkin venöz drenajında persistan kalır, örneğin ventral metensefalik pioaraknoidal ven süperior petrozal sinüste kalacak ve ventral miyelensefalik ven, inferior petrozal sinüse dönüşecektir. Aynı zamanda ve daha sonra, pleksus elemanlarının bağlantısı, kraniyal olarak primer baş sinüsüne paralel olan transvers ve sigmoid sinüs olarak kalacak ve primer baş sinüsü neredeyse tamamen kaybolurken yeni bir venöz kanal oluşturacaktır. Daha sonraki aşamalarda, falks serebri üzerindeki pleksual göller, tek bir süperior sagittal sinüste birleşecektir (10-14).

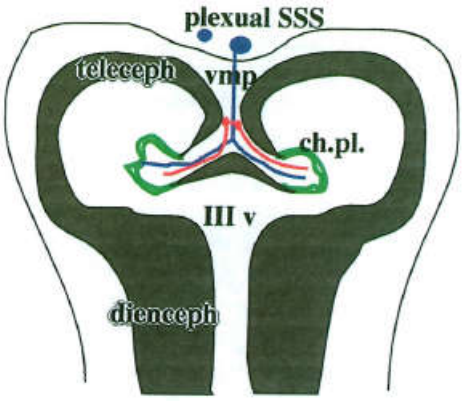
Prosensefalik derin venöz drenaj başlangıçta koroid pleksusları önden boşaltan medial prosensefalik ven (şekil 2) ve anterior pleksusun tentoryal sinüs adı verilen bir dalı ile bağlanacak olan posterior diensefalik ve telensefalik venlerle temsil edilir. Muazzam beyin katlanması ve gelişimi, orta hat ve lateral dural sinüsler arasında yer alan yeni bir uzunlamasına kanal geliştirme ihtiyacını doğurur (10-14).

Rosenthal'in bazal veni olan bu yeni pial ven, venöz paramedial elementlerin telensefalondan mezensefalona geç füzyonundan kaynaklanır. Serebellar damarlar başlangıçta her iki tarafta hem ön hem de arka metensefalik pioaraknoid damarlarla temsil edilir. Serebellar gelişim, serebral gelişimden daha geç gerçekleştiği için 60-70 mm'den sonra fetüslerde detaylı incelenmelidir (10-14).

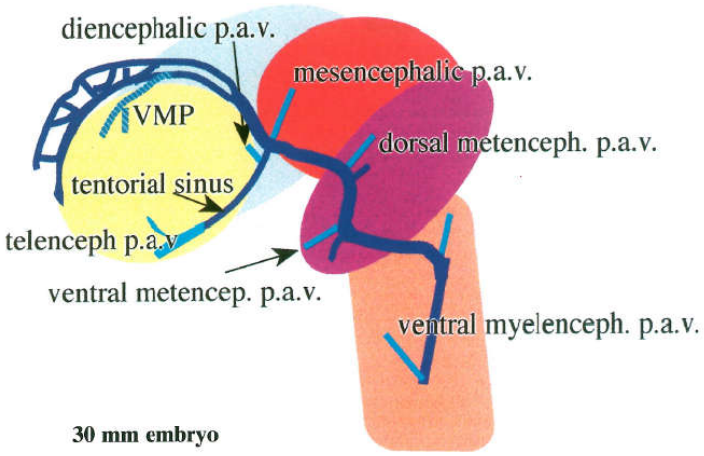
Galen venine dökülen süperior grup, pioaraknoidal dorsal mezensefalik venin ön dalları aracılığıyla mezensefalonun drenajına katkıda bulunur. Vermisin üst bölgesini ve serebellar hemisferleri drene eden damarlar, bu bölgedeki pleksual venöz elementlerden gelir (10-14).

Arka grup (transvers sinüs drenajı): Posterior serebellar bölgenin venöz drenajı, esas olarak, nihai konfigürasyonda yetişkin tentoryal sinüsler tarafından temsil edilen dorsal pioaraknoidal metensefalik venlerden türetilen damarlar tarafından gerçekleştirilir. Bununla birlikte, diğer damarlar (4. ventrikülün koroid pleksusunun veni ve muhtemelen dorsal mezensefalik venin türevleri) serebellumun arka lobunun drenajında rol oynar (10-14).

Ön grup (petrozal ven): Fetal yaşam boyunca, petrozal ven başlangıçta tamamen intraduraldir. Bu bölgenin tüm kraniyal sinirlerinin, ön serebellar ve beyin sapı parankiminde olduğu gibi, petrozal vene en az bir kol gönderdiği gözlemlenebilir. Oluşum süreçleri nedeniyle, beyin sapı damarlarının dağılımı, ön ve üst konfluentlerle bağlanan çoklu anastomozlar gösterir (10-14).




**Şekil 1**. 20 mm embriyo




**Şekil 2**. 30 mm embriyo

### 2.2. Serebral Venöz Sistem Anatomisi

Serebral venöz sistem drenajı karmaşık olup vücudun diğer bölümlerinde olduğu gibi çoğunlukla arterlere eşlik etmezler. Dural sinüsler ve serebral venler bağımsız olarak seyrettiğinden drenaj bölgeleri de arteriyel dağılımı yansıtmaz. Bu yüzden bir venöz inme ana arteriyel tıkanıklıktan farklı görünür ve davranır. Serebral venlerin kas dokusu içermeyen ince duvarları vardır, kapakçıkları yoktur, iki yönlü akım bulunabilir ve pleksuslar oluştururlar. Beyinden çıkarlar ve subaraknoid boşlukta uzanırlar, beynin yüzeyi üzerinde ilerlerler, araknoid mater ve dura materin meningeal tabakasını delip sinüs durae matrise drene olana kadar daha büyük kanallarda toplanırlar. İntrakraniyal venöz sistemin lokalizasyonlarına göre serebral venler, dural venöz sinüsler ve beyin sapı/posterior fossa venleri olmak üzere başlıca üç komponenti vardır (15-18).

#### 2.2.1. Serebral Venler

Serebral venler iki alt gruba ayrılır: yüzeyel (kortikal) venler ve derin serebral venler.

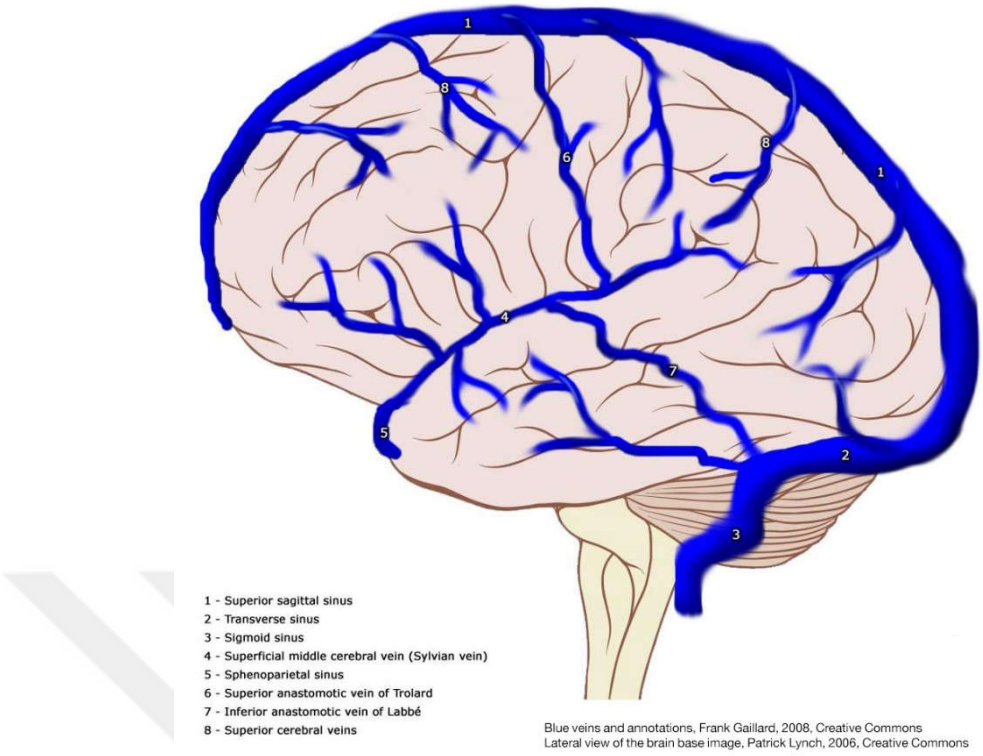
#### 2.2.1.1. Yüzeyel (Kortikal) Venler

Beyin yüzeyinde, çoğunlukla spatium subarachnoideum'da seyrederek serebral korteksin ven kanını toplar. Süperior, orta ve inferior gruptan oluşur (16).

**Venae superiores cerebri:** Beynin konveks yüzeyini drene ederek süperior sagittal sinüse (SSS) dökülür (şekil 3-5,7). Bu sırada araknoidi delip köprü venleri olarak dar subdural bir aralıktan geçerler. Kafa travmaları sonucu, bu lokalizasyonda kolayca zedelenebildiklerinden yırtılmalarına bağlı subdural hematom oluşabilir (16, 17).

**Venae inferiores cerebri:** Beynin alt yüzeyindeki kanı toplayarak transvers sinüse (TS), süperior petrozal sinüse (SPS) ve kavernöz sinüse (KS) taşırlar (16).

**V. media superficialis cerebri:** Sulcus lateraliste bulunan bu ven, beynin yan yüzünden kanı KS'ye taşır. Bu gruptaki en belirgin ven yüzeyel orta serebral vendir (YOSV). YOSV, Silvian fissür üzerinde başlar ve temporal, frontal ve lateral serebral fissür üzerinden sarkan parietal operkuladan çok sayıda küçük dalları toplar (şekil 3). Ayrıca, vena media superficialis cerebri, v. anastomotica superior (Trolard veni) ile SSS'ye, v. anastomotica inferior (Labbe veni) aracılığıyla TS'ye bağlanır (şekil 3). Bahsedilen bu üç yüzeyel anastomotik ven (Trolard veni, Labbe veni ve YOSV) birbiriyle ters orantılı şekilde boyut farklılığı gösterebilir. Eğer bir veya ikisi baskınsa üçüncü anastomotik ven genellikle yoktur veya hipoplaziktir (1, 16, 17, 19, 20).




**Şekil 3.** Yüzeyel venlerin sagittal planda şematik görünümü (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36181).

#### 2.2.1.2. Derin Serebral Venler

Beynin bazal bölümlerinin kanını toplayarak v. magna cerebri (Galen veni)'ye dökülen ve sinüs rektusa (SR) drene olan derin serebral venler medüller, subependimal ve derin paramedian venler olmak üzere üç alt gruba ayrılır (1, 16, 17, 19, 20).

**Medüller Venler:** Korteksin bir veya iki santimetre aşağısından çok sayıda küçük venler orijin alarak beyaz cevher içinden geçip ventriküllere doğru seyreder ve subependimal venlerde sonlanırlar. Genellikle görüntüleme çalışmalarında vizualize edilememekle birlikte deoksijenize kan paramanyetik olduğundan medüller venleri en iyi susceptibility-weighted imaging (SWI) gösterir (1, 19-21).

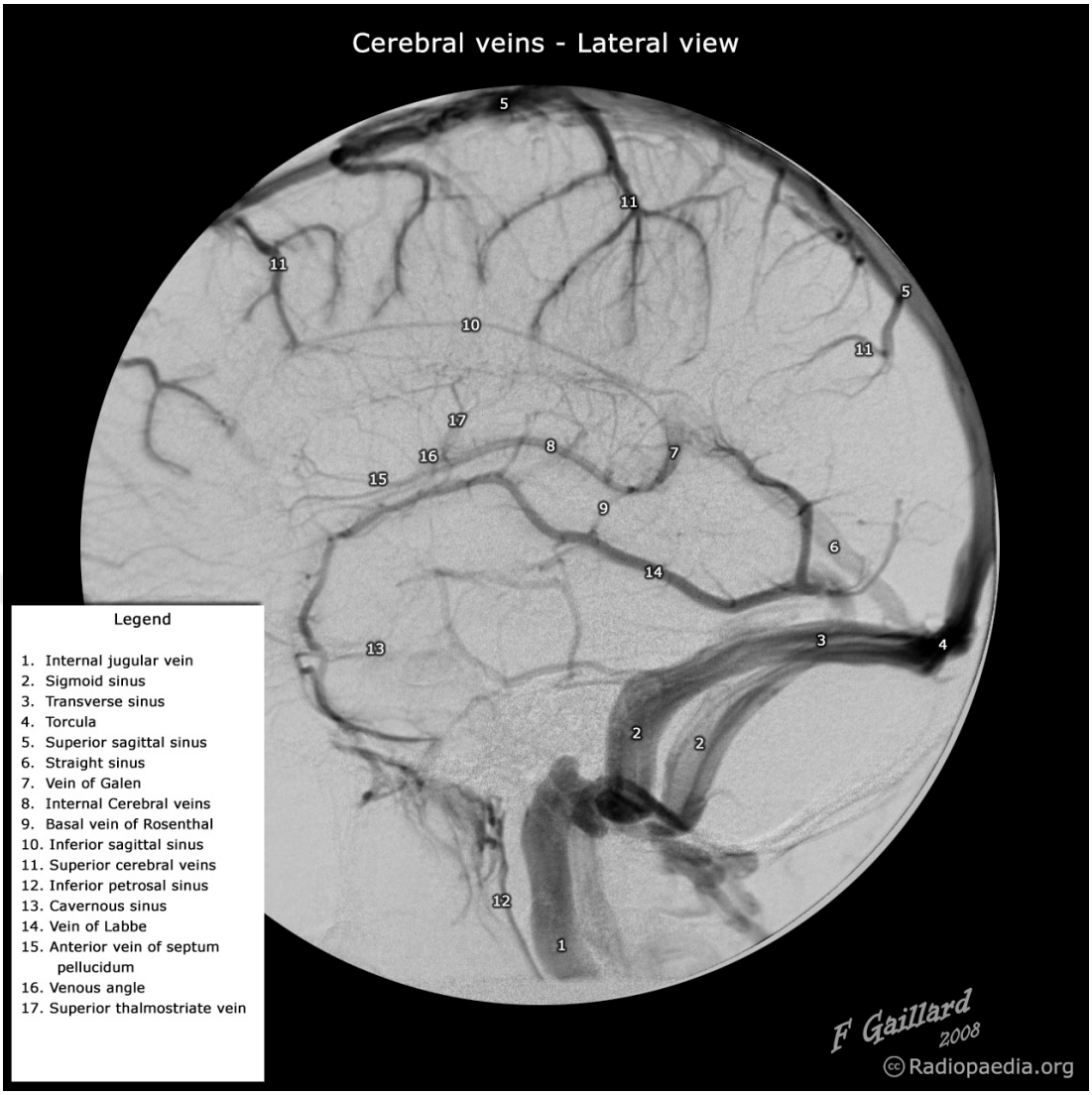
**Subependimal Venler:** Ventriküler ependimin altında seyrederek bazal ganglionlar ve derin beyaz cevherden (medüller venler aracılığıyla) kan toplar. Septal ve talamostriat ven olmak üzere iki önemli dal vermektedir. Septal venler lateral ventriküllerin anterior hornları etrafından dönerek septum pellusidum boyunca arkaya

seyrederler (şekil 4). Talamostriat venler ise kaudat nükleus ve talamuslardan dallar toplayarak foramen Monro kenarında septal venlerle birleşip iki adet internal serebral ven (İSV) oluşturmak üzere mediale kıvrılırlar (şekil 4) (1, 19-22).

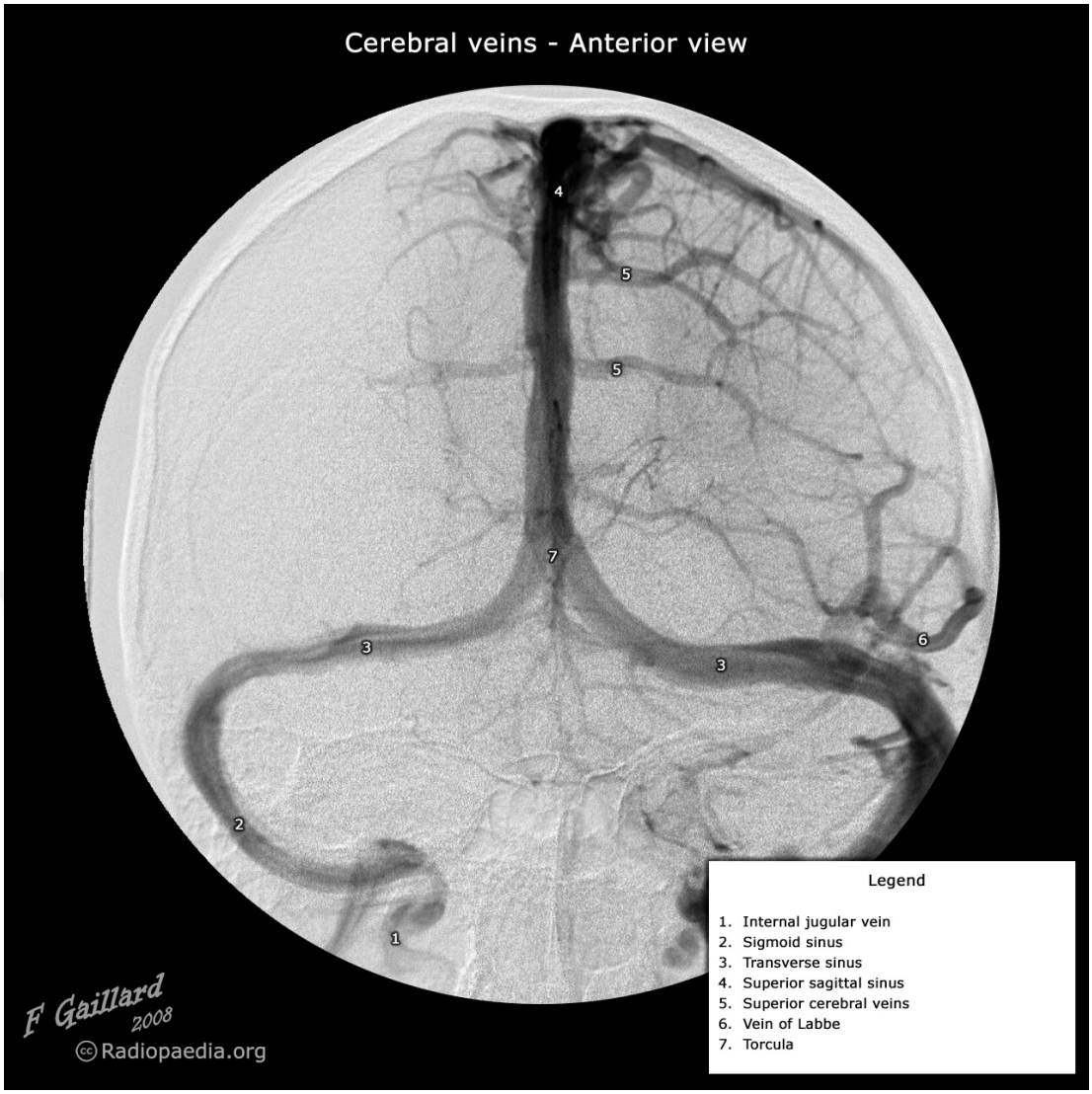
**Derin Paramedian Venler:** Derin beyin yapılarının büyük kısmına İSV, Rosenthal'in bazal veni (RBV) ve Galen veni (GV) drenaj sağlar. İSV'ler arkaya doğru kavum velum interpozitum içinde seyreden bir çift paramedian vendir (şekil 4,7). İSV'ler rostral kuadrigeminal sisternde birbiri ve RBV'ler ile GV'yi oluşturmak üzere birleşerek sonlanır (1, 19, 20, 23).

**Rosenthal'in bazal veni (RBV):** Substantia perforata anterior'dan başlayarak tractus opticus'u çaprazlar ve crus cerebri'lerin etrafından dorsale uzanarak GV'ye dökülür (şekil 4). Özellikle a. cerebri anterior ve media'nın beslediği alanların kanını toplar (16, 22).

**V. magna cerebri (Galen veni):** Korpus kallosum spleniumu altında posterosüperiora seyrederek SR'ye dökülen yaklaşık 1 cm uzunluğunda beynin en büyük venidir (şekil 4) (1, 16, 19-22).




**Şekil 4.** Serebral venlerin lateral görünüşünü gösteren beyin anjiyografi (Dr. Jeremy Jones'un izniyle, Radiopaedia.org, rID: 32913).




**Şekil 5.** Serebral venlerin önden görünüşünü gösteren beyin anjiyografi (Dr. Jeremy Jones'un izniyle, Radiopaedia.org, rID: 32913).

### 2.2.2. Beyin Sapı/Posterior Fossa Venleri

Mezensefalon ve posterior fossa yapılarını drene eden venler üç gruba ayrılır.

**Süperior (Galenik) Grup:** Süperiorda GV'ye drene olan bu grupta lobus centralis'ten gelen presantral serebellar ven, vermisten gelen süperior vermian ven ve fossa interpedincularis'e kadar uzanan anterior pontomezensefalik ven bulunur (Şekil 7) (1, 16, 19, 20, 22, 24, 25).

**Anterior (Petrozal) Grup:** Petrozal ven (PV), serebellopontin açı sisterninde yer alan, flocculus bölgesinin kanını taşıyan, internal akustik kanal üzerinde SPS'ye drene olan büyük bir venöz trunkustur (1, 16, 19, 20, 22, 24, 26).

**Posterior (Tentoryal) Grup:** Bu grupta anjiografik açıdan en önemli venler, vermisin altında kıvrılan ve serebellumun inferior yüzeyini drene eden inferior vermian venlerdir (1, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 27).

### 2.2.3. Dural Venöz Sinüsler

Dural venöz sinüsler , dura mater'in endosteal ve meningeal tabakası arasında yer alan kapaksız endotel kaplı venöz kanallardır. Süperior sagittal sinüs (SSS), inferior sagittal sinüs (İSS), sinüs rektus (SR) ve oksipital sinüs tek, diğer sinüsler çifttir. Posterosüperior ve anteroinferior grup olmak üzere ikiye ayrılırlar. Posterosüperior grup SSS, İSS, SR, konflüens sinüs (torküler herofili), transvers sinüsler (TS), sigmoid sinüsler ve juguler bulbuslardan oluşur. Anteroinferior grubu ise kavernöz sinüsler (KS), süperior ve inferior petrozal sinüsler (SPS ve İPS), klival venöz pleksus (KVP) ve sfenoparietal sinüsten oluşur (1, 27-30).

#### 2.2.3.1. Posterosüperior Grup

**Süperior Sagittal Sinüs:** Frontal sinüsün hemen arkasında krista galli düzeyinden başlayarak falks serebrinin üst kısmında sagittal bir düzlemde seyrederek protuberantia oksipitalis interna hizasında SR ile birleşip konflüens sinüsü oluşturarak sonlanan en büyük dural sinüstür. SSS'nin rostral bölümü hipoplazik ya da atrezik olabilir. Bu durumda, kan parasagittal yerleşimle arkaya doğru seyreden intradural venöz damarlar yoluyla taşınır. Bu durum tromboz ile karıştırılmamalıdır (şekil 3-5,7) (28-33).

**İnferior Sagittal Sinüs:** Falks serebri alt kenarında seyrederek falks, korpus kallosum ve singulat girusu drene ederek GV ile birleşerek sinus rektusu oluşturmak üzere falkotentoryal bileşkede sonlanır (Şekil 4,7) (1, 27, 30, 34, 35).

**Sinüs Rektus (Straight Sinus):** İSS ve GV'nin birleşmesiyle oluşan, falks serebri ve tentoryum serebelli birleşme yerinde lokalize ve buraları drene eden, genellikle sol olmak üzere TS'ye dökülen vendir (şekil 4,7) (1, 15, 35).

**Konflüens Sinüs (Torküler Herofili):** Oksipital kemiğin protuberantia oksipitalis interna hizasında yerleşir ve SSS, SR ve oksipital sinüslerin birleşmesiyle oluşarak genellikle TS olarak devam eder (şekil 4,5,7) (27, 30, 36).

**Transvers Sinüsler:** Sağ ve sol TS'ler protuberantia oksipitalis interna düzeyinde konflüens sinüsten başlayıp oksipital kemik yanlarından ilerleyerek sigmoid sinüs olarak devam ederler. Sol taraf SR'nin devamı, sağ taraf SSS'nin devamı olarak seyredebilir. TS'lerin değişken anatomik varyantları olduğundan olası sinüs ven trombozu olanlarda görüntüleme değerlendirmesi zorlaşmaktadır (şekil 3-6) (15, 31, 35, 37, 38).

**Sigmoid Sinüsler ve Juguler Bulbuslar:** TS'lerin aşağıya devamı olarak seyrederek tentoryum serebelli sona erdiğinde sigmoid sinüs olur ve foramen jugulareden itibaren v. jugularis interna olarak devam eder. Juguler bulbuslar kafa tabanı seviyesinde sigmoid sinüsler ve ekstrakraniyal internal juguler venler (İJV) arasında yer alan fokal venöz genişlemelerdir (şekil 3-6) (1, 39).

#### 2.2.3.2. Anteroinferior Grup

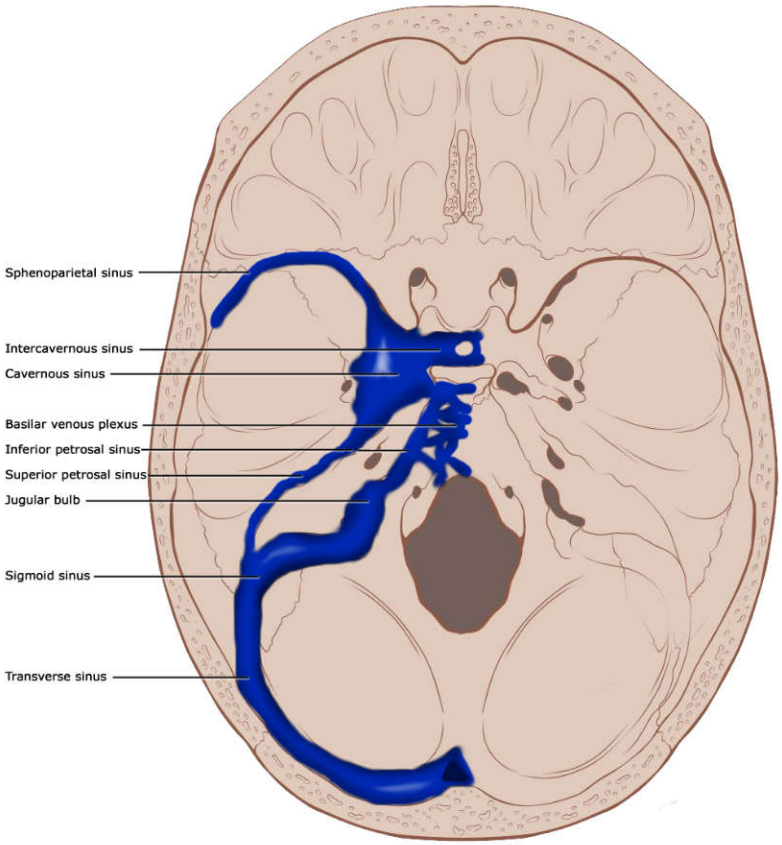
**Kavernöz Sinüsler:** Yaklaşık 2 cm uzunluğunda ve 1 cm genişliğindedir. Sella tursikanın her iki yanında ve sfenoid kemiğin gövdesinde bulunurlar. Her KS, serebral hemisferlerin lateral fissüründeki üst ve alt oftalmik venlerden kan alır. KS, TS ve sigmoid sinüslerin birleşim yeri ile SPS yoluyla ve sigmoid sinüs ile İPS yoluyla bağlantı kurar (şekil 4-6) (15, 35, 39-41).

**Süperior ve İnferior Petrozal Sinüsler:** SPS'ler**,** kavernöz sinüsü boşaltır ve petröz temporal kemiğin üst yüzü boyunca posterolaterale seyrederek TS'ye taşır (şekil 6). Pons, üst medulla oblongata, serebellum ve iç kulak venlerini drene eder. İPS'ler, her iki tarafta KS'lerden aldığı venöz kanı, temporal kemiğin petröz parçasının

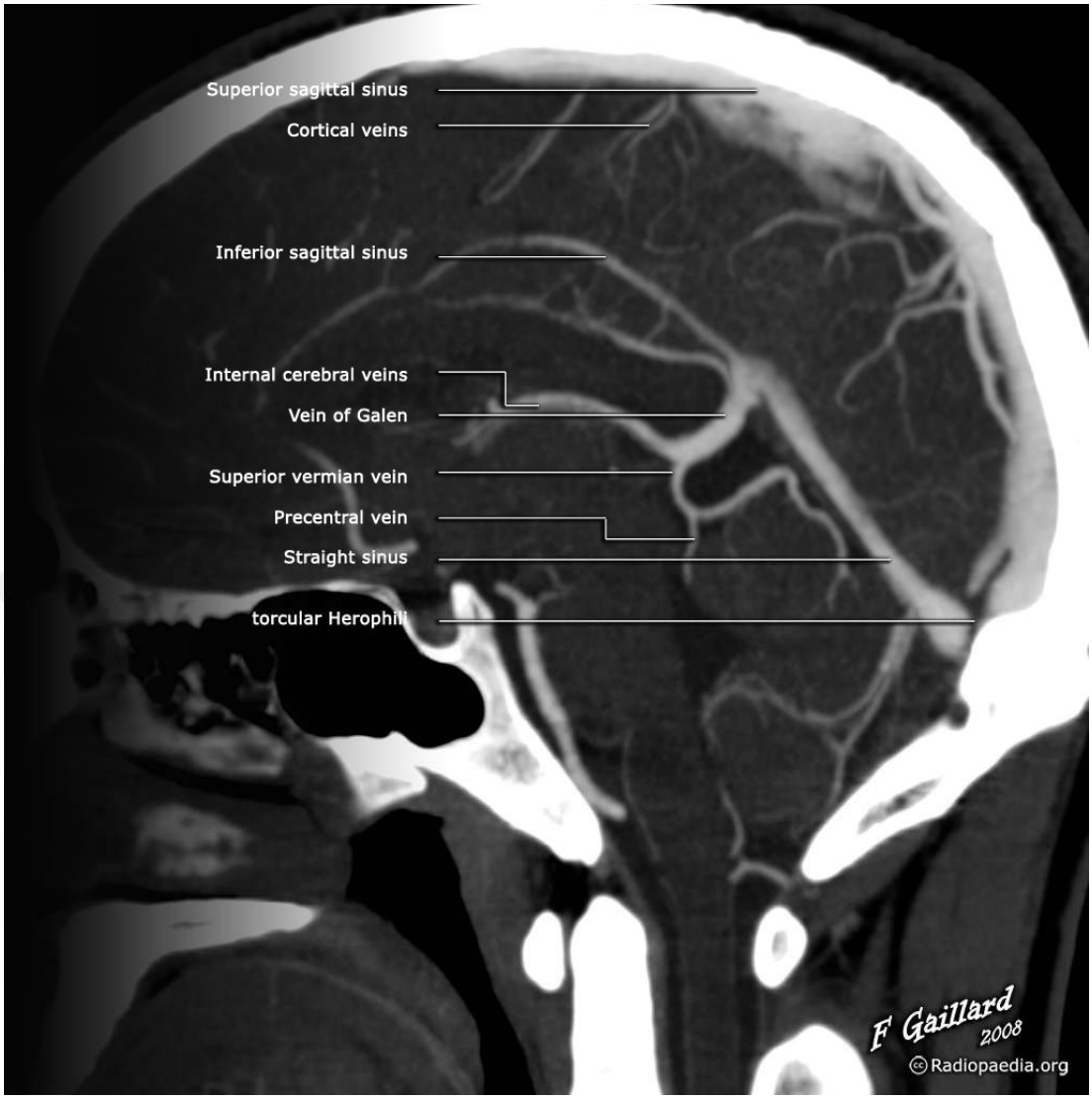
alt sınırı boyunca arkaya doğru uzanarak internal juguler vene taşırlar (şekil 4,6) (1, 31, 35, 39).

**Klival Venöz Pleksus:** Foramen magnumdan klivus boyunca yukarı dorsum sellaya kadar uzanan venöz damarlardır. Foramen magnum çevresinde KS'leri, petrozal sinüsleri ve suboksipital venleri birbirine bağlar (1, 22, 35, 39, 42).

**Sfenoparietal Sinüs (Sinus of Breschet):** Orta kraniyal fossada sfenoid küçük kanadı çevresinden başlayarak anterior temporal lobtan aldığı yüzeyel venleri KS'lere veya İPS'lere boşaltır (Şekil 3,6) (1, 43, 44).




**Şekil 6.** Dural venöz sinüslerin şeması (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36180).

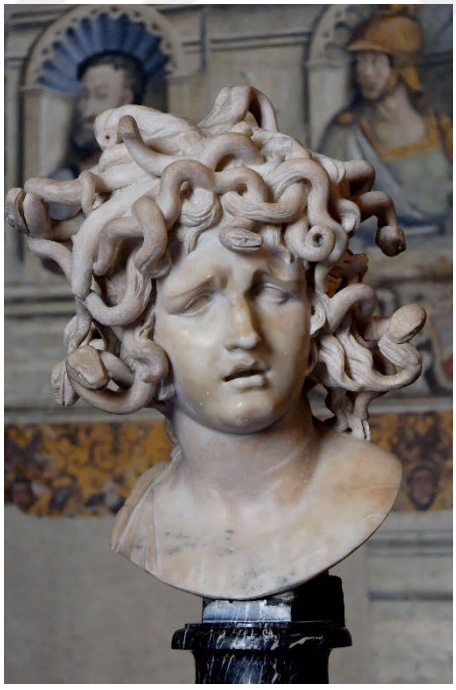



**Şekil 7.** Bilgisayarlı Tomografi Venografide serebral venler (Doç. Dr. Frank Gaillard'ın izniyle, Radiopaedia.org, rID: 36159).

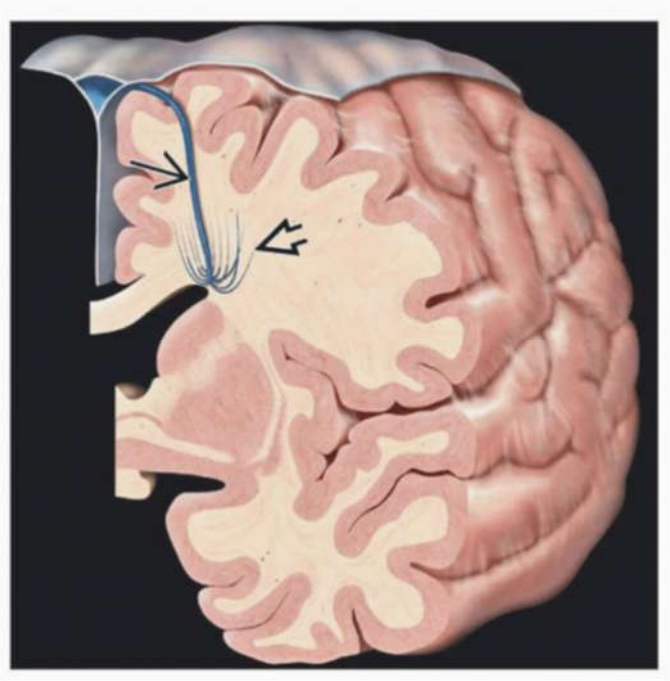
### 2.3. Gelişimsel Venöz Anomali

Gelişimsel venöz anomalilerin (GVA) bir zamanlar nadir lezyonlar olduğu düşünülüyordu fakat görüntüleme tekniklerinden özellikle kontrastlı MRG'nin yaygınlaşmasıyla, GVA'ların tespit edilme oranı belirgin artmıştır ve en sık tanı konulan intrakraniyal vasküler malformasyon olmuştur. Ayrıca tüm serebrovasküler malformasyonların %60'ını oluşturmaktadır ve kontrastlı MRG'lerde prevalansı %2.5-9 arasında gösterilmektedir. Önceden düşük kanama riski taşıdığı düşünülen GVA'lar; artık asemptomatik ve insidental görüntüleme bulguları olarak değerlendirilmektedir (1, 45).

GVA'ların etyolojisi kesin olarak bilinmemekle birlikte, Ruiz ve ark. pial veya subependimal venlerin muhtemelen bölgesel anormal gelişiminin bir sonucu olarak ortaya çıkan venöz drenajın anatomik bir varyasyonunu temsil ettiğine inanmaktadırlar. Birtakım araştırmacılar ise GVA'ların, önceden var olan transmedüller venleri toplayan ve genişleten yüzeyel veya derin venlerin tıkanmasına ya da gelişim geriliğine bağlı oluşan embriyolojik adaptasyonlar olduğunu varsaymaktadırlar. Morfolojik olarak, tipik ‘’medusa başı’’ görünümüne sahip, anormal şekilde genişlemiş medüller beyaz cevher venlerinden oluşurlar. Bu venöz pedikül kümeleri, toplayıcı venin seyrinin değişken transparankimal uzanımı ile yüzeyel veya derin venöz sisteme drene olan baskın bir toplayıcı vende birleşir (şekil 8). GVA’lar diğer serebrovasküler malformasyonlardan farklı olarak büyüme faktörleri içermez. Histolojik olarak, normal nöral parankim ile arasına serpiştirilmiş kalınlaşmış ve hiyalinize venler görülmektedir. GVA'lar beyinde en sık karşılaşılan vasküler malformasyon olarak kabul edilmektedir. Daha önceki “venöz anjiom” ve “venöz malformasyon” terimleri, bu anatomik varyasyonları gerçek vasküler malformasyonlardan ayırt edebilmek için terk edilmiştir (1, 46, 47).



**Şekil 8.** Gian Lorenzo Bernini'nin eseri olan Medusa Başı Heykeli (‘’https://commons.wikimedia.org’’tan alınmıştır).



**Şekil 9.** Genişlemiş medüller venleri olan ve tek toplayıcı vene drene olan GVA'ya ait şematik çizim (Osborn AG. Osborn's Brain Imaging, Pathology and Anatomy: AMIRSYS; 2015'ten alınmıştır).

Daha sık görülen soliter beyin GVA'larında genetik bir ilişki henüz tespit edilmemiş olmakla birlikte multipl GVA'larda blue rubber bleb nevus sendromunda kromozom 9 ile bağlantı olabileceği iddia edilmektedir (48). Ayrıca GVA'lar kavernöz veya kapiller malformasyon, sinüs perikrani, kortikal displazi, servikofasiyal venöz veya lenfatik malformasyonlarla birliktelik gösterebilir (45).

GVA'lar en sık lateral ventrikül anterior hornu komşuluğunda derin beyaz cevherde yerleşim göstermekle birlikte ikinci sıklıkta tespit edildiği lokalizasyon ise 4. ventrikül komşuluğudur. Boyutları genellikle 3 santimetrenin altında olup görülemeyecek kadar küçük ebatlardan dev boyutlara da ulaşabilirler. GVA'lar her yaşta ve her iki cinsiyette izlenebilir (1, 45).

GVA'lar klinik olarak sessiz lezyonlardır ve çoğu durumda görüntülemeyi gerektiren semptomlarla ilişkili değildir. Tipik olarak, GVA'larla ilgili olmayan semptomların araştırılması sırasında tesadüfen teşhis edilirler. Bu nedenle, GVA'ların varlığında herhangi bir hemorajik olay, nöroradyologları öncelikle kavernöz malformasyonları veya diğer patolojileri aramaya yönlendirmelidir. Nadiren baş

ağrısı, nöbet ve fokal nörolojik defisitlerle başvurabilirler. Epileptik olaylar, kortikal displaziler veya kavernomlar gibi diğer ilişkili yapısal lezyonlarla da ilgili olabilir (46, 47, 49). Fokal nörolojik defisitler, kavernöz malformasyona bağlı kanamaya sekonder görülebilir. GVA'ların kanama riski lezyon başına yılda %0.15 olup drene eden venin stenozu veya trombozu ya da kavernöz malformasyonla birlikteliği hemoraji riskinde artışa neden olur (45, 50). Yılda yaklaşık 500 kişinin takip edildiği uzun süreli bir başka çalışmada ise, rastlantısal tespit edilen GVA'larda semptom oluşturan hemoraji ya da enfarkt gelişmediği görülmüştür (1).

GVA'lar, klasik görünümü ''medusa başı'' şeklinde olan, dural veya subependimal geniş bir toplayıcı vene doğru drene olan, genişlemiş radyal yerleşimli medüller venlerden oluşur (şekil 8). Tanıda bilgisayarlı tomografi (BT), MRG ve nadiren dijital substraksiyon anjiyografi (DSA) kullanılır (1, 45).

Kontrastsız BT'de büyük ebatlarda ve belirgin bir toplayıcı vene sahip olmadığı sürece görülemeyebilir. Genelde genişlemiş toplayıcı ven hiperdens görülür ve nadiren de olsa drenaj veni tromboze olursa akut parankimal kanama tespit edilebilir. Eğer mikst kavernöz malformasyon eşlik ediyorsa kalsifikasyon da saptanabilir. Kontrastlı BT'de, toplayıcı veni, tipik olarak derin beyaz cevherden derin vene veya dural sinüse doğru drene olan lineer veya eğrisel bir kontrastlanma olarak görülür (1, 45, 47).

MRG'de, GVA'lar karakteristik olarak hem T1 hem de T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal kaybı gösterir. Toplayıcı vendeki akım hızına bağlı olarak sinyal kayıpları değişkenlik gösterebilir. FLAIR (Fluid Attenuation Inversion Recovery) sekansında genellikle saptanamazken, venöz enfarkt ya da kanama olması durumunda T1 ve FLAIR sekanslarda hiperintens alan görülebilir. Küçük boyutlarda GVA'lar kontrastsız konvansiyonel sekanslarda saptanamayabilir. Kontrastlı T1 ağırlıklı görüntülerde, yıldız şeklindeki tübüler venlerin dural sinüs veya subependimal vene drene olan toplayıcı vende birleştiği görülür. T2* görüntüler (Gradient eko (GE), SWI (Susceptibility Weighted Imaging)), GVA'nın yerini ve seyrini göstermede özellikle yararlıdır. GVA'larda klasik olarak yavaş akım olduğundan, deoksihemoglobin içeren venöz yapıları iyi gösteren SWI'da keskin lineer hipointensiteler olarak görülürler.

Kavernöz malformasyon ile birlikte görülen GVA'larda farklı evrelerde kan yıkım ürünleri mevcut olduğundan T2* sekanslarda blooming görülür. Difüzyon ağırlıklı görüntüler, genellikle normal olup drenaj alanlarında hafif difüzyon artışı saptanabilir. Nadiren, akut venöz enfarkta bağlı difüzyon kısıtlanması da görülebilir. Perfüzyon ağırlıklı görüntülerde ise, artmış serebral kan akımı (CBF), serebral kan hacmi (CBV) ve ortalama geçiş zamanı (MTT) gözlenir. MR venografide (MRV), ''medusa başı'' görünümü ve drenaj paterni tanımlanabilir (1, 45-47, 49, 51).

Kateter anjiografi tanıda nadiren kullanılmakla beraber, DSA incelemelerinde arteriyel faz normal olup venöz fazda ''medusa başı'' görünümü izlenir (1, 45).

GVA tanısında en iyi görüntüleme yöntemi, 3B VRT (Volume Rendering Technique) MRV ve SWI içeren T1 K+ MR görüntülemedir (45).

Barkovich ve ark. tarafından, nörogörüntüleme değerlendirmelerinde, normalde ayda 1 veya 2 GVA görülemiyorsa, muhtemelen onların gözden kaçırıldığı ve çok fazla kontrastlı MRG yapılmıyorsa, muhtemelen insidental GVA'ların atlandığı belirtilmektedir (45).

GVA'ların ayırıcı tanısında mikst vasküler malformasyon, glioblastom gibi vasküler neoplazmlar, kronik dural sinüs trombozları, Sturge-Weber sendromundaki ileri derecede genişlemiş medüller ve subependimal venler akılda tutulmalıdır (1).

### 2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme

MRG, 1946 yılında Edward Purcell ve Felix Bloch adlı iki fizikçi tarafından keşfedilen nükleer manyetik rezonans (NMR) temeli üzerine kurulu olup iki bilim insanı da 1952 yılında Nobel Fizik Ödülü ile ödüllendirilmiştir. Paul C. Lauterbur 1973 yılında ''Nature'' dergisinde ilk NMR görüntüsünü yayımlamıştır. İngiliz fizikçi Sir Peter Mansfield ise 1977'de insanlar üzerindeki ilk kesitsel görüntüyü elde etmiştir. Lauterbur ve Sir Peter Mansfield 2003 yılında Nobel Tıp Ödülü almışlardır. MRG cihazları 1983 yılından itibaren klinik kullanıma girmeye başlamıştır (52-54).

MRG'de çok düşük enerji seviyeli radyofrekans (RF) dalgaları kullanıldığından iyonize radyasyon yoktur. 3B görüntüler oluşturulabilmesinin yanında görüntülerden morfolojik, metabolik ve fonksiyonel bilgi elde edilebilir. Bunlar klinik kullanımda MRG'nin temel avantajlarıdır. MRG'nin yumuşak doku ayırt etme gücü yüksek olduğundan santral sinir sistemi, kardiyak, abdomen, kas-iskelet ve damar duvarı görüntülemelerinde daha detaylı bilgi sağlar ve diğer görüntüleme yöntemlerinden üstündür. Çekim süresinin uzun olması, çekim maliyetinin yüksek olması, klostrofobi hastalarında çekim zorluğu, kalp pili, nörostimülatör, metalik protez, anevrizma klipsi, kohlear implant ve insülin pompası bulunan hastaların çekime alınamaması MRG'nin dezavantajları arasında sayılabilir (53, 55).

MRG sisteminin bileşenleri; statik alan üreten bir magnet, manyetik alan gradientleri uygulanması için koiller, eksitasyon ve sinyal tespiti için RF ünitesi, sistem kontrolü, veri kazanımı ve imaj rekonstrüksiyonu için bilgisayar sistemidir (53).

MRG, hidrojen atomlarının manyetik momentlerinin güçlü bir eksternal manyetik alanda sıralı hale gelmesi prensibi üzerine kuruludur. MRG çekilecek hasta MRG cihazının masasına yatırılarak ana mıknatısın oluşturduğu manyetik alan içine yerleştirilir. Bu manyetik alanın yönü genellikle hastanın vücudu ile aynı doğrultudadır. Cihazdaki sargılarla oluşturulan RF dalgaları pulslar şeklinde uygulanır. Uygulanan RF dalgasının frekansı vücuttaki protonların salınım frekansına benzer ise RF enerjisi protonlara aktarılır ve protonlar uyarılır. Bu olay manyetik rezonans olarak adlandırılır. RF pulsu kesilince enerji protonlardan ortama geri salınır, bu enerji alıcı sargılar tarafından toplanır ve depolanır. Elde edilen ham verilerden görüntü oluşturulur. Görüntü oluşumunda kontrastı oluşturan başlıca unsurlar dokuların longitudinal (T1) ve transvers (T2) relaksasyon süreleri arasındaki farklardır. Bu farkları ortaya koyacak şekilde düzenlenmiş çeşitli MR sekansları ile görüntüler elde edilir (52, 53).

T2 ağırlıklı (T2A) görüntüler, sıvı koleksiyonlarına duyarlı oldukları için en önemli MR görüntülerinden biridir. Birçok patolojik dokuda yüksek kapiller yoğunluk

veya aşırı sıvı birikimi olduğundan, bu görüntüler ön tanının doğrulanmasını sağlar ve hastalığın boyutunu gösterir. Yani örneğin dizdeki menisküs yırtığı, yırtıktaki eklem sıvısı kıkırdaktan daha parlak olduğu için iyi görünür. T2A kontrastı, spin eko (SE) veya bazı gradient eko (GE) sekansları tarafından ortaya çıkarılabilir (GE sekansları aslında T2 * görüntüler ortaya çıkarır). SE T2 görüntüleri uzun TR (Repeat Time) ve uzun TE (Echo Time) gerektirir, bu nedenle uzun bir tarama süresine sahiptirler çünkü tarama süresi doğrudan TR'ye bağlıdır. T2A görüntülerde, uzun T2 relaksasyon sürelerine sahip dokular, kısa T2'lere sahip dokulardan daha parlaktır. Beyin ve omurga görüntüleme için, T2A görüntüler genellikle SE sekansıyla elde edilir. Nefes tutmanın gerekli olduğu karaciğer için, T2A görüntüler daha hızlı olan GE kullanılarak elde edilebilir (56).

Beyin T2A görüntülerde çok yüksek BOS sinyali, radyologun periventriküler lezyonları tespit etmesini zorlaştırabilir. BOS sinyalini, SE yerine bir Inversion Recovery (IR) sekansı seçerek ve inversiyon süresini (TI) dikkatlice ayarlayarak kaldırmak mümkündür. BOS'u baskılamak için ayarlandığında (uzun TI) FLAIR sekansı elde edilir. BOS sinyali baskılandığı için kortikal, periventriküler ve meningeal lezyonlar daha iyi görünür (52, 56).

T2 SPACE (Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution) sekansı, kesit selektif, değişken RF pulslarına uyumlu 3B TSE (Turbo Spin Eko) sekansıdır. Bu sekans, klinik olarak kabul edilebilir bir zaman çerçevesi içinde ve SAR sınırlamaları olmaksızın, 1.5T ve 3T'de 2B (2 boyutlu) T2 ağırlıklı, T1 ağırlıklı, proton dansite ve FLAIR temelli protokollerden elde edilenlere benzer kontrastlara sahip yüksek çözünürlüklü 3B veri kümelerinin elde edilmesini sağlar. Düşük SAR değerleri, 3B izotropik veri seti sayesinde reformat görüntüler elde edilebilmesi ve daha kısa zaman diliminde 3B yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmesi bu sekansın avantajları arasında yer alır. 3B tarama sayesinde küçük lezyonları tespit edebilmek için beyin görüntülemede kullanılmaktadır (57).

T1 ağırlıklı (T1A) görüntüler SE veya GE sekansları kullanılarak ortaya çıkartılabilir. Uzun T2 dokularının parlak bir sinyale sahip olduğu T2A görüntülerden

farklı olarak, T1A görüntülerde en uzun T1'ler en karanlık sinyale sahiptir. Kısa T1'li dokular daha parlak görünür. T1A görüntülerin elde edilmesi genellikle oldukça hızlıdır çünkü TR kısadır. T1A görüntüler genellikle mükemmel kontrasta sahiptir: statik sıvılar, ör. eklem sıvısı, çok koyu, su bazlı dokular orta gri ve yağ bazlı dokular çok parlaktır. Akışkan sıvıların (örneğin kan) görünümü, akış hızına ve sekans parametrelerine bağlıdır. T1A görüntüler, farklı dokular arasındaki sınırları en net şekilde gösterdikleri için genellikle anatomiyi ortaya koymak için kullanılır (56).

MRG, farklı görüntü kontrastları yaratmada son derece esnek olmasına rağmen, sadece puls sekanslarını ve zamanlama parametrelerini değiştirerek, kontrast maddelerin rolünü üstlenmesi mümkün değildir. En yaygın olarak kullanılan kontrast maddeler, güçlü bir paramanyetik duyarlılığa sahip metalik bir element olan gadolinyum (Gd) bazlıdır. Vücuda bir Gd kontrast maddesi enjekte edildiğinde, arterlerde ve venlerde yayılmaya başlar, hızla ekstrasellüler sıvıya geçer (yarı ömrü yaklaşık 10 dakikadır) ve daha sonra yavaş yavaş böbrekler yoluyla atılır. Böbrek fonksiyonları normal olan kişilerde toplam vücut dozunun yarılanma ömrü yaklaşık 90 dakikadır ve 24 saat sonra tamamen elimine edildiği kabul edilebilir. Biriktiği dokuların T1'ini kısaltma etkisine sahiptir ve bu nedenle Gd sonrası elde edilecek en faydalı görüntüler T1 ağırlıklıdır. Gd öncesi ve sonrası tarama için tam olarak aynı parametreleri tutulduğundan görüntüler arasında karşılaştırma daha kolay olur. İki taramada aynı pencereyi/seviyeyi korumak çok önemlidir. Gd, T1'leri azalttığından, etkilenen dokular Gd T1A sonrası görüntülerde daha yüksek sinyale sahip olacaktır. Örneğin vasküler tümörler daha parlak hale gelecek ve kan-beyin bariyerinin bozulduğu yerde gadolinyum bölgeye sızacak ve o bölge kontrastlanacaktır (56).

Susceptibility Weighted Imaging (SWI), kanın, kan ürünlerinin, demirin ve kalsifikasyonların manyetik özelliklerini vurgulayan, faz bilgisi içeren yüksek uzaysal rezolüsyonlu bir 3B GE MRG tekniğidir. Duyarlılık artefaktları ve çevreleyen dokular arasındaki faz farklılıklarını artırmak için bir maske oluşturulur. Kontrast-gürültü oranı, filtrelenmiş faz görüntüleri ile oluşturulan faz maskesi ve magnitud görüntüler çarpılarak optimize edilir. Damarlar ve fokal lezyonlar arasındaki ayrımı kolaylaştırmak için minIP (minimum intensity projection) görüntüler oluşturulur. Oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin manyetik özelliklerindeki fark, çeşitli

oksijen konsantrasyonlarına sahip bölgeler arasında bir faz farkına yol açar. Bu, blood oxygen level dependent (BOLD) MR venografinin temelidir. Bu özelliklerinden dolayı, SWI pediatrik nöroradyolojide, ağırlıklı olarak kanama, vasküler malformasyonlar ve travmatik beyin hasarının yanı sıra beyin tümörleri, konjenital enfeksiyonlar ve nörodejeneratif hastalıkların değerlendirilmesi için giderek daha fazla kullanılmaktadır (52, 58, 59).

3T MRG cihazları, yüksek sinyal-gürültü oranı (SNR), kontrast-gürültü oranı (CNR), uzaysal ve temporal rezolüsyon, kısa çekim süresi avantajlarıyla 2000'li yıllardan itibaren klinik kullanıma girmiştir. Aynı zamanda, özgül absorpsiyon oranı (SAR), duyarlılık (susceptibility) artefaktları ve kimyasal kayma artefaktlarında artış gibi sorunlar da ortaya çıkmıştır (53, 60).

1.5T'den 3T alan gücüne çıkarılmasıyla T1 relaksasyon zamanında %25-30 artış olup TOF (time-of-flight) MR anjiografide görüntü kalitesinde iyileşmeyi beraberinde getirmektedir. Kontrast maddelerin relaksivitesi alan gücüne bağlı olduğundan aynı miktarda dozla 1.5T'den daha güçlü kontrastlanma elde edilebilmektedir. T1A görüntülerde dokular arasında azalmış ayrım, TR'yi arttırarak çözülebilmektedir. Ayrıca, T1A görüntülerdeki uzun çekim süresi, T1A GE sekansı kullanarak kısaltılabilmektedir. T2 relaksasyon zamanı <%15 azalmakta olup FSE (Fast Spin Echo) sekanslardaki bulanık görünüm daha kısa TE, daha kısa ETL (Echo Train Length) ve paralel görüntüleme kullanılarak düzeltilebilmektedir (53, 60).

3T'nin en önemli avantajı olan SNR, teorik olarak ikiye katlanır ve artan SNR, daha yüksek hızda görüntü elde edilmesinde (temporal rezolüsyonda kazanç) ve ince detayların görüntülenmesinde iyileşme (uzaysal rezolüsyonda kazanç) sağlamaktadır. Ayrıca yüksek CNR de, solid organlarda lezyon belirginliğinde artışa, kontrast madde ihtiyacında azalmaya ve kontrastlı MR anjiografide çözünürlük artışına yol açmaktadır (53, 60).

Radyofrekans (RF) enerji birikimi, alan gücü yüksek MR görüntülemesinin en zorlu sorunu olup SAR ölçülerek dikkatle izlenmelidir. RF enerji birikimi, 1.5T'den 3T'ye dört katına çıktığından, SAR limitlerine çok daha erken ulaşılacak ve bu nedenle

özellikle FSE görüntüleme gibi güçlü enerji birikimine neden olan hızlı puls sekanslarının sınırlanması gerekecektir. Çocuk hastalarda, FOV'un daraltılmasıyla SAR azaltılabilir (53, 60, 61).

Yüksek alan gücünün dezavantajlarından biri de duyarlılık etkilerine eğilimin artmasıdır. Özellikle bağırsaklarda ve kalp-akciğer arayüzünde görüntü distorsiyonu ve sinyal kaybı, sıklıkla arayüzlerde meydana gelen artefaktlar sorun oluşturmaktadır. Voksel boyutlarını küçültmek, lokalize shimming kullanmak ve ETL'yi azaltmak (alıcı bant genişliğini arttırarak) sorunlarla baş etmemize yardımcı olabilir. Duyarlılık etkileri aynı zamanda BOLD-fonksiyonel MRG, MR perfüzyon görüntüleme ve hemosiderin ile demir tespitinde hassasiyeti arttırarak olumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (53, 60).

1.5T'den 3T'ye geçildikçe su ve yağ protonları arasındaki fark 220 Hertz (Hz)'den 440 Hz'e çıkar ve bu durum kimyasal kayma artefaktlarında iki kat artışa neden olur. Bant genişliği azaltılarak ve yağ baskılama yöntemleri kullanılarak bu sorunun üstesinden gelinebilir. İn-faz ve out-faz görüntüleme için TE, 1.5T'de 4,5 msn ve 6,7 msn iken, 3T'de asgari süreler sırası ile 2,2 msn ve 3,4 msn olmaktadır (53, 60).

Tüm bu olumlu ve olumsuz yanlarıyla 3T MRG, özellikle çocuk hasta grubunda beyin, kardiyak, üst abdominal, kas-iskelet, anjiografi ve yüksek çözünürlüklü damar duvarı görüntülemesinde ön plana çıkmaktadır (53).

# 3. MATERYAL VE METOT

## 3.1. Olgular

Retrospektif çalışmamızda, etik kurul onayı alındıktan sonra 2016 Ocak – 2021 Mart tarihleri arasında Radyoloji Anabilim Dalımızda 3T MRG cihazı ile çeşitli nedenlerle çekilmiş pediatrik (0-18 yaş) hasta grubu kontrastlı beyin MR görüntüleri çalışmamıza dahil edildi. 3T MRG cihazında anestezili çekim yapılamadığından 0-4 yaş hasta grubu çalışmamızda mevcut değildi. Dahil etme kriterlerini taşıyan toplam 872 hasta vardı. Dışlama kriterleri; kraniyal cerrahi geçirmiş (n=59) ve MR görüntüleri hareket artefaktları nedeniyle düşük kalitede olan çekimlerdi (n=86). Bu kriterlere uyan beyin MR görüntülerine sahip toplam 727 pediatrik hasta (386 kız, 341 erkek) çalışmaya dahil edildi. Değerlendirilen 727 MRG tetkikinde toplam 49 olguda (%6.74) GVA tespit edildi.

## 3.2. MRG Tekniği

MR görüntüleri, pediatrik 20 kanallı baş koili kullanılarak 3T MRG cihazında (Skyra, Siemens, Erlangen, Almanya) elde edildi. Kontrast ajan Gadoterik asit (Gd-DOTA, Dotarem(®), Guerbet, Roissy CdG, Fransa) otomatik enjektörle 0.1 mmol / kg doz enjekte edildi. Kontrastlı 3B T1 MPRAGE (magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo) sekansı parametreleri; FOV 25.6 cm, kesit kalınlığı 1,15 mm, TR / TE / flip açısı: 1420 ms / 2.98 ms / 9° ve rekonstrüksiyon matriksi 256x256 şeklindedir. FLAIR sekans parametreleri; FOV 25 cm, kesit kalınlığı 1 mm, TR / TE: 5000 ms / 396 ms ve rekonstrüksiyon matriksi 228x256. T2 SPACE parametreleri; FOV 25 cm, kesit kalınlığı 1 mm, TR / TE: 3200 ms / 411 ms ve rekonstrüksiyon matriksi 220x256. SWI için sekans parametreleri ise; FOV: 24 cm, kesit kalınlığı 3,5 mm ve TR / TE / flip açısı 27 ms / 20 ms / 15° ve rekonstrüksiyon matriksi 180x256.

### 3.3. Görüntü Analizi

2016 Ocak – 2021 Mart tarihleri arasında Radyoloji Anabilim Dalımızda 3T MRG cihazı ile çeşitli nedenlerle çekilmiş pediatrik (5-18 yaş) hasta grubu kontrastlı beyin MRG raporlarında ‘’gelişimsel venöz anomali, GVA, venöz anjiom, venöz anomali ve vasküler anomali’’ yazanlar tespit edilerek MR görüntüleri, nöroradyoloji sertifikası olan sekiz yıllık deneyime sahip pediatrik radyolog ve dört yıllık deneyime sahip radyoloji araştırma görevlisi doktor (B.P., A.T.) tarafından iş istasyonunda (SyngoVia konsolu, versiyon VB40, Siemens AG Medical Solutions, Erlangen, Almanya) ortak konsensus ile değerlendirildi. MR görüntüleri üzerinde GVA'ların anatomik lokalizasyonu, drene oldukları venöz sistem (derin, yüzeyel ve derin + yüzeyel), morfometrik özellikleri (toplayıcı ven çapı ve uzunluğu) ve eşlik eden patolojiler belirlenerek kaydedildi. Kontrastlı 3B T1 MPRAGE görüntülerde toplayıcı venin tüm planlardaki en geniş çapı ve uzunluğu ölçülerek kaydedildi. GVA lob yerleşimi dışında GVA kaputunun lokalizasyonu derin, subkortikal, jukstakortikal, derin + subkortikal, jukstakortikal + subkortikal alan olarak ekstra belirtildi. Subkortikal alan, ventriküler duvara bitişik olmayan jukstakortikal bölgenin altındaki alan olarak tanımlandı. Derin bölge ise; lateral, 3. veya 4. ventriküle ve bazal ganglionlara, brachium pontis'e, dentat nükleusa bitişik alan veya ponsta merkezdeki alan olarak tanımlanmıştır. GVA kaputunun hem derin hem de subkortikal bölgelere veya hem jukstakortikal hem de subkortikal bölgelere yayıldığı durumlarda GVA'ların yeri derin + subkortikal ve jukstakortikal + subkortikal olarak kategorize edildi (62). GVA’ların tüm komponentleri (GVA kaputu ve toplayıcı veni) elde olunan FLAIR, T2 SPACE, SWI ve kontrastlı T1 MPRAGE sekanslarda değerlendirildi. FLAIR, T2 SPACE ve SWI serilerde ‘’medusa başı’’ şeklinde olan toplayıcı vene doğru drene olan, genişlemiş venlerden oluşan sinyal kaybı gösteren hipointens tübüler yapılar GVA olarak tanımlandı. Kontrastlı T1 MPRAGE serilerde ise ‘’medusa başı’’ şeklinde olan toplayıcı vene doğru drene olan, genişlemiş kontrastlanan venöz yapılar GVA olarak tanımlandı ve bu sekans GVA tanısında altın standart kabul edildi (63).

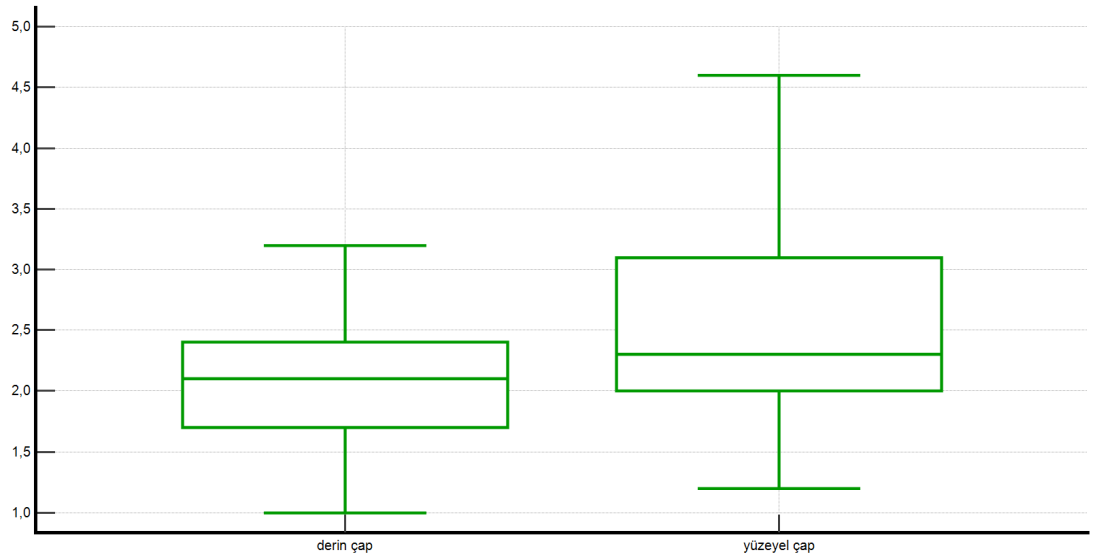
### 3.4. İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler, MedCalc (Ostend, Belçika, deneme sürümü 20.027) yazılımı kullanılarak elde edildi. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı D'Agostino-Pearson testi kullanılarak belirlendi. Nominal kategorik verilerin karşılaştırılması $\chi 2$ testi kullanılarak yapıldı. Farklı sekansların GVA'yı tespit etmedeki performanslarının altın standart olan kontrastlı sekans ile karşılaştırılmasında Mc Nemar testi kullanıldı. Toplayıcı ven çaplarının ve uzunluklarının iki grup arasındaki karşılaştırılması normal dağılımda bağımsız t-testi ile, normal olmayan dağılımlarda ise Mann-Whitney U testi ile yapıldı. Bildirilen tüm p değerleri çift yönlü olarak hesaplandı ve $p<0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

# 4. BULGULAR

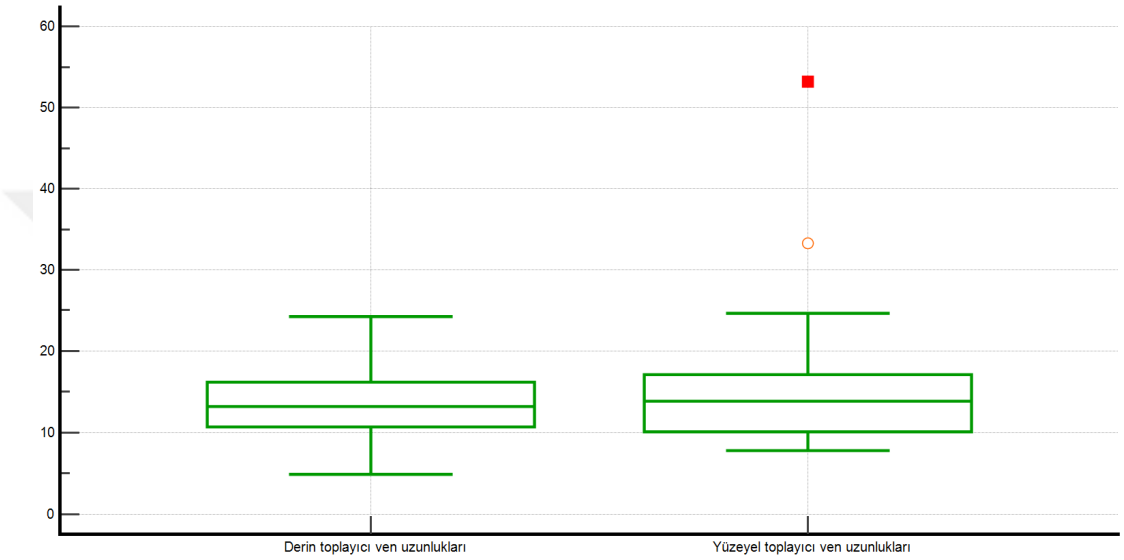
Beyin MRG'leri retrospektif olarak incelenen toplam 727 çocuk hastanın 49'unda GVA tespit edilmiş olup prevalans % 6.74 olarak saptandı. Total hasta popülasyonunun %53'ü kız (n=386) ve %47'si erkek (n=341) cinsiyete sahipken GVA'lı olguların %44.9'u kız (n=22), %55.1 ise erkekti (n=27). Erkekler arasında %7.9, kadınlar arasında %5.7 oranında GVA görülmüştür. GVA dağılımı ile cinsiyetler arasında anlamlı farklılık mevcut değildi (p=0.362). 49 olguda toplam 60 adet GVA (1 olguda beş adet, 1 olguda 3 adet, 5 olguda ikişer adet) saptandı. Olguların yaş ortalaması 12.22±3.55 idi.

Toplayıcı ven çaplarının tamamında en düşük çap 1 mm, en yüksek çap 4.6 mm (median 2.1 mm) ölçüldü. Yüzeyel venöz sisteme drene olan ortalama toplayıcı ven çapı 2.51±0.82 mm, derin venöz sisteme drene olan ortalama toplayıcı ven çapı ise 2.04±0.55 mm ölçüldü. Derin ve yüzeyel toplayıcı ven çapları arasında anlamlı farklılık saptandı (p=0.009) (şekil 9).



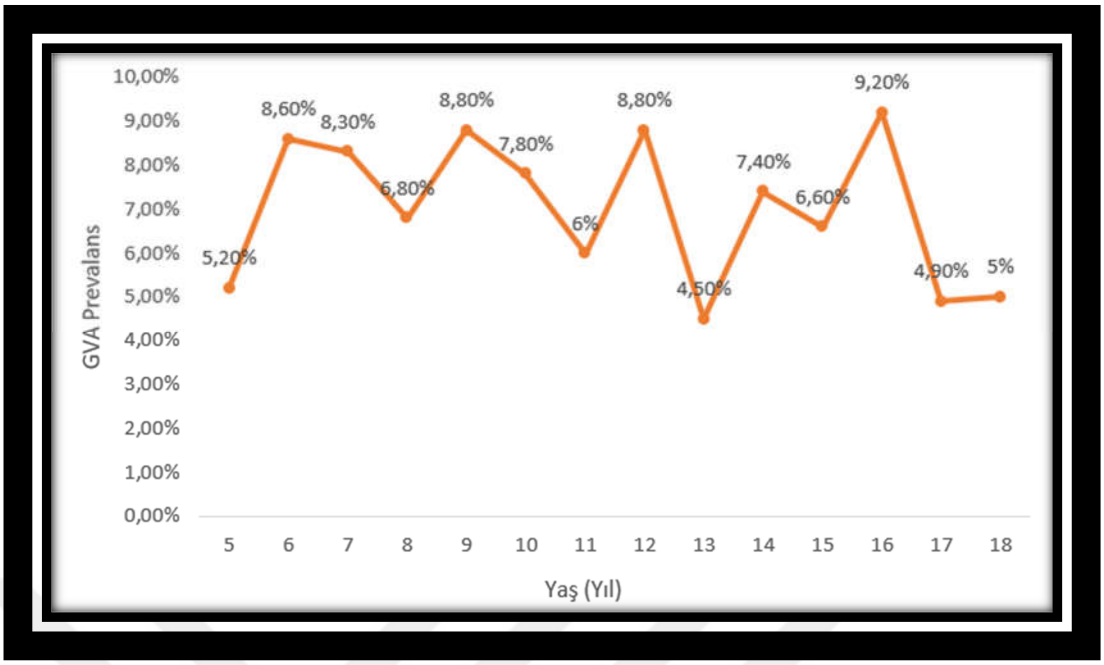

**Şekil 10.** Derin ve yüzeyel venöz sisteme drene olan toplayıcı ven çaplarının ortalamasını ve dağılımını gösteren grafik.

Toplayıcı ven uzunlukları en düşük 4.9 mm, en yüksek 53.2 mm (median 13.7 mm) ölçüldü. Yüzeyel venöz sisteme drene olan toplayıcı ven uzunluğu en düşük 7.8 mm, en yüksek uzunluk 53.2 mm (median 13.85 mm) ölçüldü. Derin venöz sisteme drene olan toplayıcı ven uzunluğu en düşük 4.9 mm, en yüksek uzunluk 24.2 mm (median 13.2 mm) ölçüldü. Derin ve yüzeyel toplayıcı ven uzunlukları arasında anlamlı farklılık saptanmadı (p=0.511).




**Şekil 11.** Derin ve yüzeyel venöz sisteme drene olan toplayıcı ven uzunluklarının dağılımını gösteren grafik.

Yaşlara göre GVA dağılımı Şekil 11'de gösterilmiş olup yaşa göre GVA prevalans oranları arasında anlamlı fark izlenmedi (p=0.582). Cinsiyet ile GVA yerleşim yeri, drene olduğu venöz sistem ve kaput lokalizasyonu arasında anlamlı farklılık saptanmadı (sırasıyla p=0.530, p=0.389 ve p=0.452).




**Şekil 12.** Yaşlara göre GVA prevalans dağılımı.

GVA'lar en sık frontal lobda (%46.6), ikinci sıklıkta ise serebellar (%21.6) yerleşim göstermekteydi. Frontal lobda yer alan GVA'ların yarısı anterior horn komşuluğunda, serebellumdakilerin ise %77'si 4. ventrikül komşuluğunda lokalizeydi. GVA'lar, serebellumda %84.6 oranında sol serebellar hemisferde yerleşim göstermekte iken frontal lobda %53.5 oranında sol dominansi mevcuttu.

Tüm GVA'lar değerlendirildiğinde %61.6 ile sol dominansi mevcut iken, diğer loblarda da sol hakimiyeti saptandı. Sadece parietal lobda %66.6 ile sağ dominansi dikkati çekmiştir. Ayrıca beyin sapı düzeyinde bir olgu pons sol kesiminde, diğeri de sol brakium pontis'te lokalizeydi.

GVA'ların %75'i supratentorial yerleşimli idi. Supratentorial ve infratentorial GVA'larda cinsiyet dağılımı bakımından anlamlı fark saptanmadı (p=0.623). Supratentorial lokalizasyonda %53.3 oranında sol lob yerleşimi mevcutken, infratentorial alanda ise %86.6 oranında sol taraf baskınlığı saptanmış olup anlamlı farklılık saptandı (p=0.022).

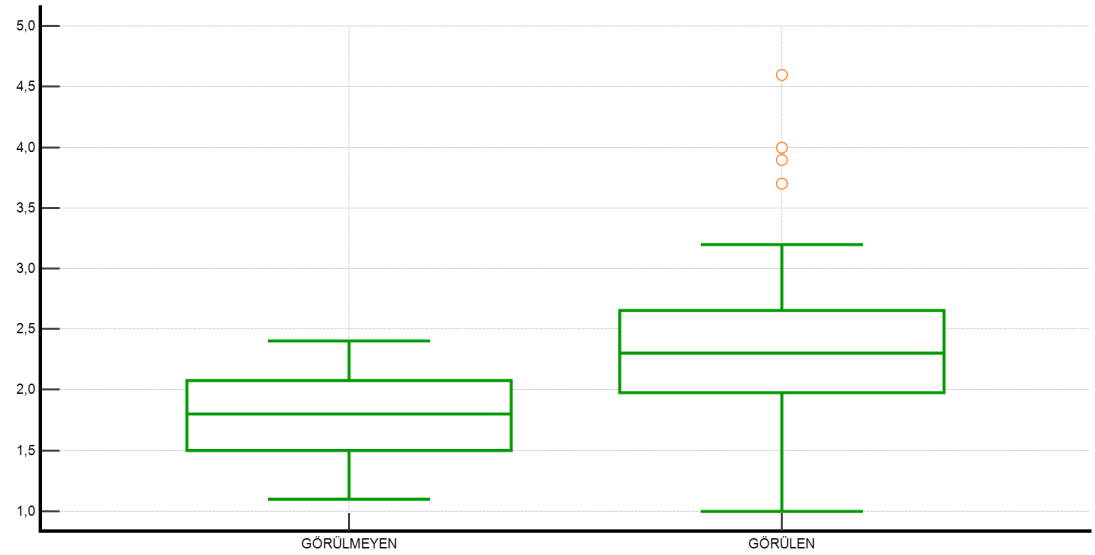
Venöz drenaj, en sık derin (%51.6), daha sonra yüzeyel (%36.6), %11.6 oranında ise hem derin hem yüzeyel venöz sisteme olmaktadır. İnfratentorial

GVA'ların %84.6'sında drenaj derin venöz sisteme iken, supratentorial GVA'larda derin venöz sisteme drenaj oranı %36.2 ile anlamlı olarak düşüktü ($p<0.001$).

GVA kaputu en sık subkortikal + jukstakortikal (%41.6), ikinci sıklıkta derin + subkortikal (%33.3), üçüncü sıklıkta ise derin (%18.3) yerleşim göstermekteydi. Bir olguda subkortikal, bir olguda ise jukstakortikal lokalizasyon mevcuttu. Ayrıca bahsedilen 5 grup lokalizasyonun dışında iki olguda derin + subkortikal + jukstakortikal yerleşim dikkati çekmiştir.

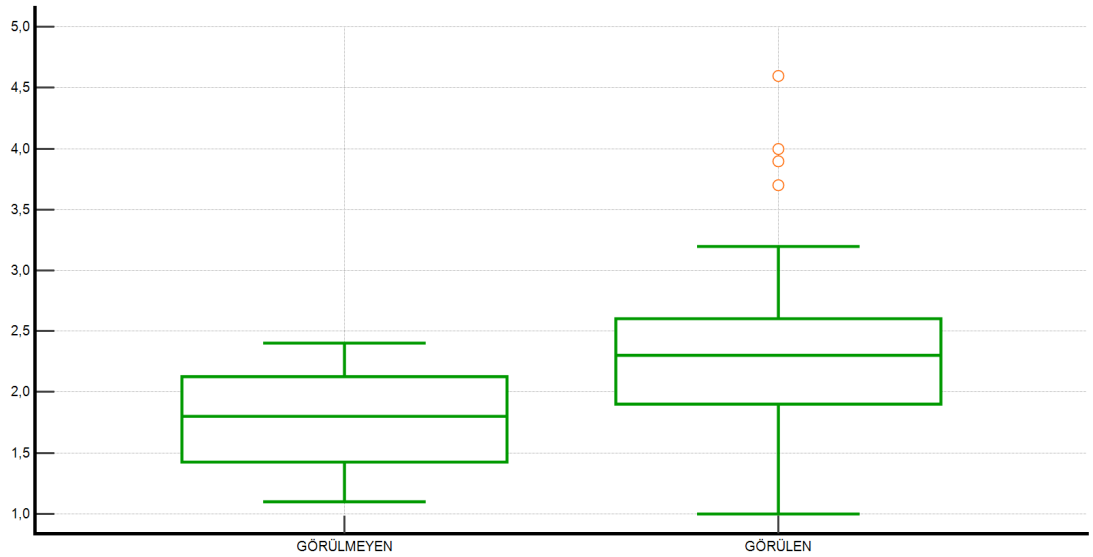
GVA kaputunun subkortikal + jukstakortikal yerleşiminde %48 oranında derin, %44 oranında yüzeyel, %8 oranında hem derin hem yüzeyel venöz sisteme drenaj tespit edildi. Derin + subkortikal lokalizasyonda ise %55 oranında derin, %25 oranında hem derin hem yüzeyel, %20 oranında ise yüzeyel venöz sisteme drenaj dikkati çekmiştir. Derin yerleşimde ise %72.7 oranında derin venöz sisteme, %27.3 oranında yüzeyel venöz sisteme drenaj saptandı.

Kontrastlı T1 MPRAGE sekans ile karşılaştırıldığında, FLAIR görüntülemenin GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %91.8, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.4 bulunmuş olup tanı performansı açısından kontrastlı seri ile arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.125$). FLAIR görüntülemenin GVA kaputunu tespitindeki duyarlılığı %67.3, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %97.8 bulunmuş olup tanı performansı kontrastlı seriye göre anlamlı olarak düşüktü ($p<0.001$). FLAIR görüntülemede, kavernom eşlik eden üç olguda GVA vizualize edilemedi. FLAIR görüntülemede, GVA kaputunun görülmediği olgularda en düşük çap 1.1 mm, en yüksek çap 2.4 mm (median 1.8 mm), görüldüğü olgularda ise en düşük çap 1.1 mm, en yüksek çap 4.6 mm (median 2.3 mm) ölçülmüş olup istatistiksel anlamlı farklılık mevcuttu ($p=0.005$) (şekil 13).




**Şekil 13.** FLAIR görüntülemede GVA kaputunun görülmediği ve görüldüğü olgularda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik.

Kontrastlı T1 MPRAGE sekans ile karşılaştırıldığında, T2 SPACE görüntülemenin GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %89.8, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.3 bulunmuş olup tanı performansı açısından kontrastlı seri ile arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0.062). T2 SPACE görüntülemenin GVA kaputunu tespitindeki duyarlılığı %71.4, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %98.1 bulunmuş olup tanı performansı kontrastlı seriye göre anlamlı olarak düşüktü (p<0.001). T2 SPACE görüntülemede, kavernom eşlik eden bir olguda GVA görülemezken, iki olguda ise kavernom nedeniyle GVA kaputu seçilememiştir. Ayrıca, T2 SPACE görüntülerde, hareket artefaktları nedeniyle bir olguda GVA görülememiş olup bir diğer olguda ise GVA kaputu seçilememiştir. T2 SPACE görüntülemede, GVA kaputunun vizualize edilemediği olgularda en düşük çap 1.1 mm, en yüksek çap 2.4 mm (median 1.8 mm), görüldüğü olgularda ise en düşük çap 1.1 mm, en yüksek çap 4.6 mm (median 2.3 mm) ölçülmüş olup istatistiksel anlamlılık saptandı (p=0.021) (şekil 14).



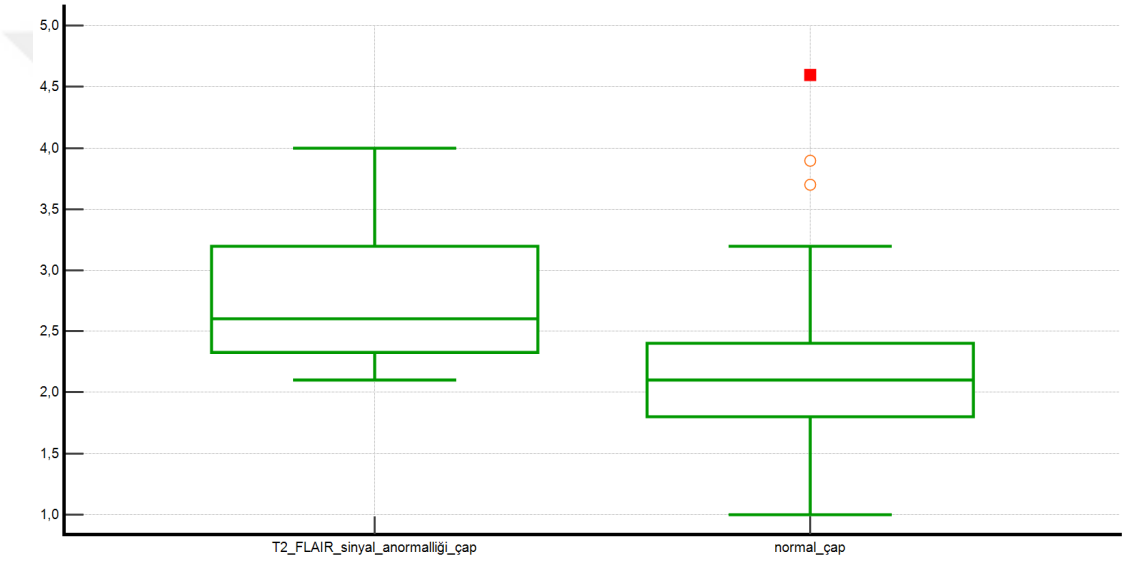

**Şekil 14.** T2 SPACE görüntülemede GVA kaputunun görülmediği ve görüldüğü olgularda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik.

Kontrastlı T1 MPRAGE sekans ile karşılaştırıldığında, SWI sekansının GVA toplayıcı venini tespitindeki duyarlılığı %94, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.6 bulunmuş olup tanı performansı açısından kontrastlı seri ile arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0.234). SWI görüntülemenin GVA kaputunu tespitindeki duyarlılığı %96, özgüllüğü %100 ve isabet oranı %99.7 bulunmuş olup tanı performansı açısından kontrastlı seri ile arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0.532). SWI incelemede, kavernom eşlik eden olgularımızın sadece birinde, GVA kaputu tespit edilememiştir.

İncelenen MR görüntülerinde 16 (%32.6) olguda herhangi bir ilave radyolojik patoloji saptanmamış olup ilave radyolojik patoloji tespit edilenlerin arasında birinci sırayı beşer (%10.2) olguyla non-spesifik plak ve araknoid kist paylaşmaktadır. En sık eşlik eden patoloji olarak ise ilk sırayı beşer (%10.2) olgu ile kavernom ve T2/FLAIR parankimal sinyal anormallikleri paylaşmaktadır. Tüm GVA'lar (60 adet) içerisinde 5 adet (%8.3) GVA'nın drenaj alanındaki parankimde T2/FLAIR sinyal anormallikleri tespit edildi. Bu GVA'lardan 3'ü (%60) derin, 1'i (%20) yüzeyel, 1'i (%20) de hem derin hem de yüzeyel venöz sisteme drene olmaktaydı. Bunun yanında, bu GVA kaputlarının 2'si (%40) derin + subkortikal, 2'si subkortikal + jukstakortikal, 1'i (%20) ise derin yerleşim göstermekteydi. Bu GVA'ların toplayıcı ven çapı en düşük 2.1 mm, en yüksek 4 mm (median 2.6 mm), T2/FLAIR görüntülerde herhangi bir parankimal

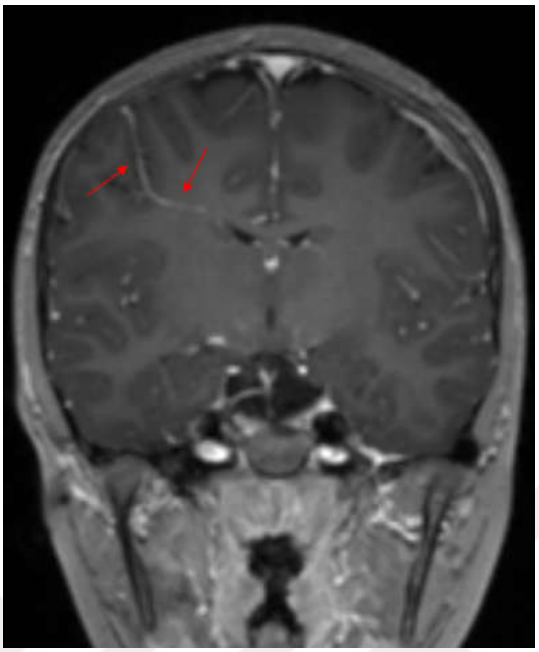
sinyal değişikliği göstermeyen GVA'ların toplayıcı ven çapı en düşük 1 mm, en yüksek 4.6 mm (median 2.1 mm) ölçülmüş olup T2/FLAIR sinyal değişikliği gösteren toplayıcı ven çaplarında anlamlı yükseklik dikkati çekmiştir (p=0.012) (şekil 15).

Kavernom eşlik eden olgularımızdan ikisinde subakut ve akut hemoraji ürünleri içeren kavernomlar mevcuttu. Sadece bir hastamızda kavernom olmaksızın GVA ile ilişkili parankimal hemoraji saptandı. Ayrıca ilave radyolojik patolojiler arasında nörofibrom, düşük gradeli glial neoplazi, Ewing sarkom metastazı ve tüberküloz granülomları da tespit edildi.

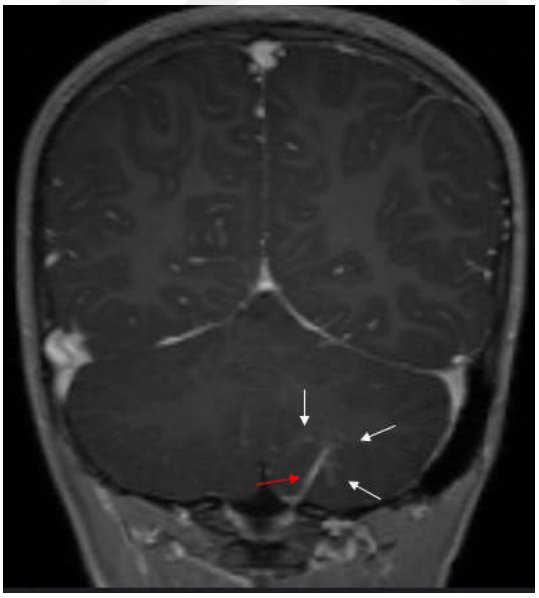



**Şekil 15.** T2/FLAIR görüntülemede parankimal sinyal anormalliği görülen ve görülmeyen GVA'larda toplayıcı ven çaplarının dağılımını gösteren grafik.

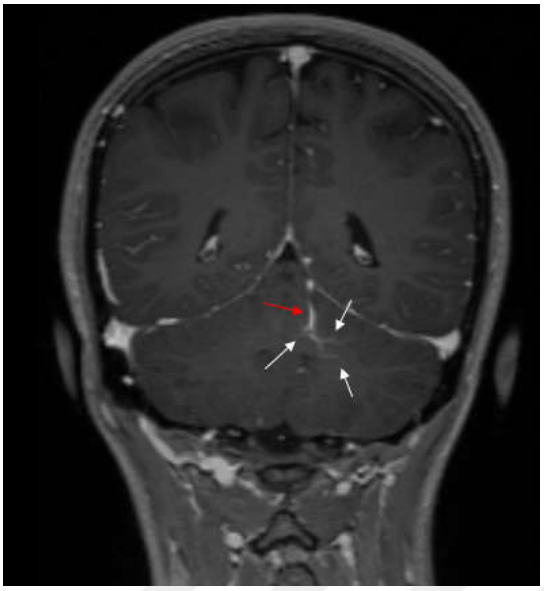
## OLGU ÖRNEKLERİ



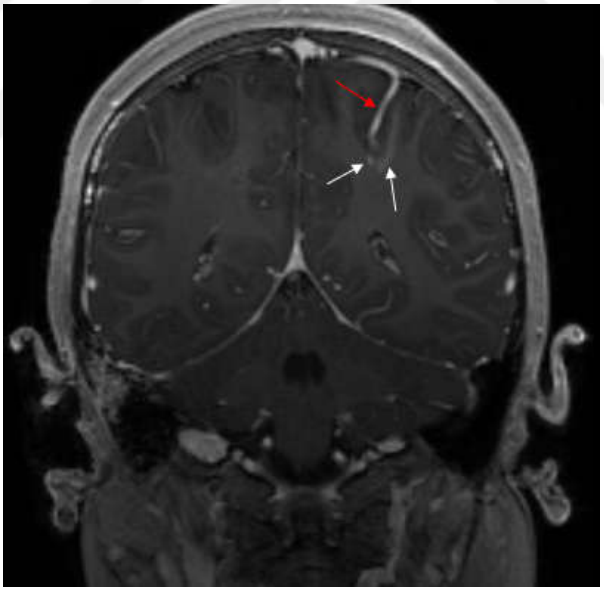
**Olgu 1.** Nöbet şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sağ frontal lobda yüzeyel venöz sisteme drene olan nispeten uzun seyirli toplayıcı veni (kırmızı oklar) olan GVA izlenmektedir.



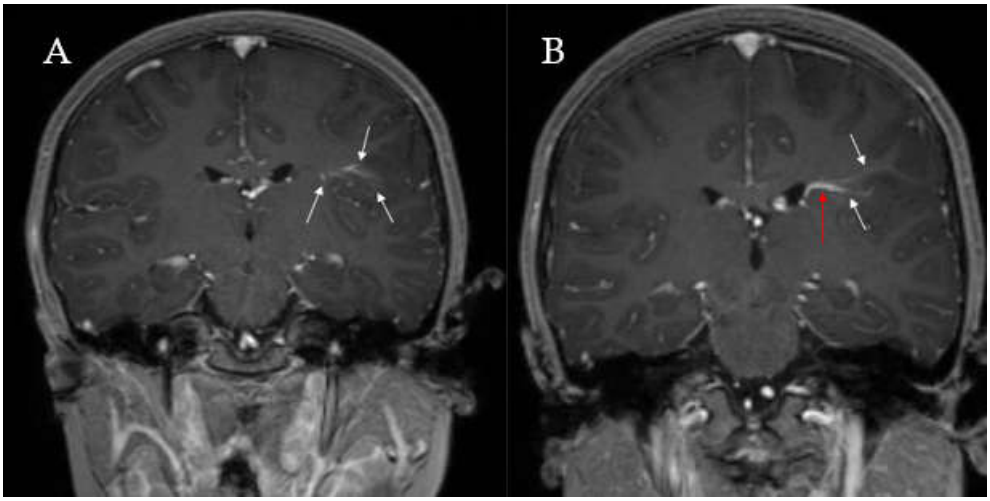
**Olgu 2.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sol serebellar hemisferde 4. ventrikül komşuluğunda derin venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok) tipik kaput medusa görünümünün (beyaz oklar) saptandığı GVA izlenmektedir.



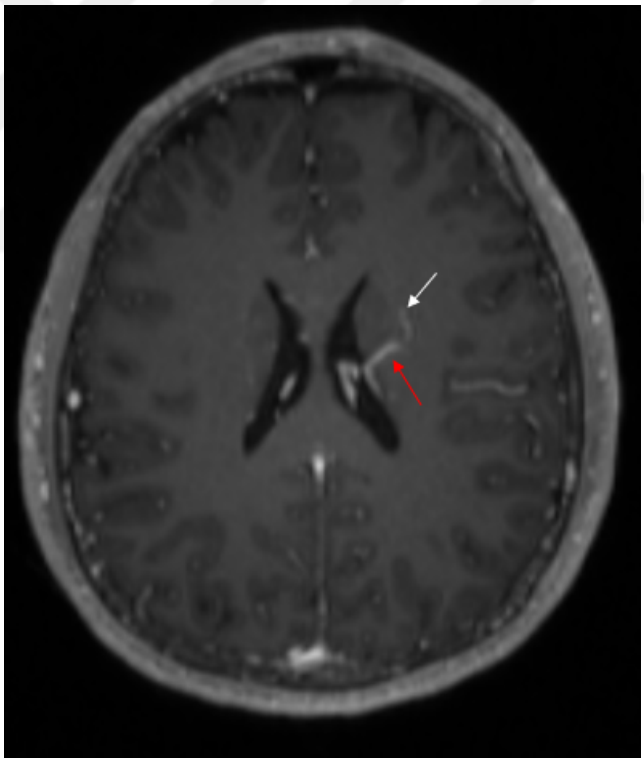
**Olgu 3.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 18 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde sol serebellar hemisferde 4. ventrikül komşuluğunda derin + subkortikal yerleşimli yüzeyel venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok), tipik kaput medusa görünümünün (beyaz oklar) saptandığı GVA izlenmektedir.



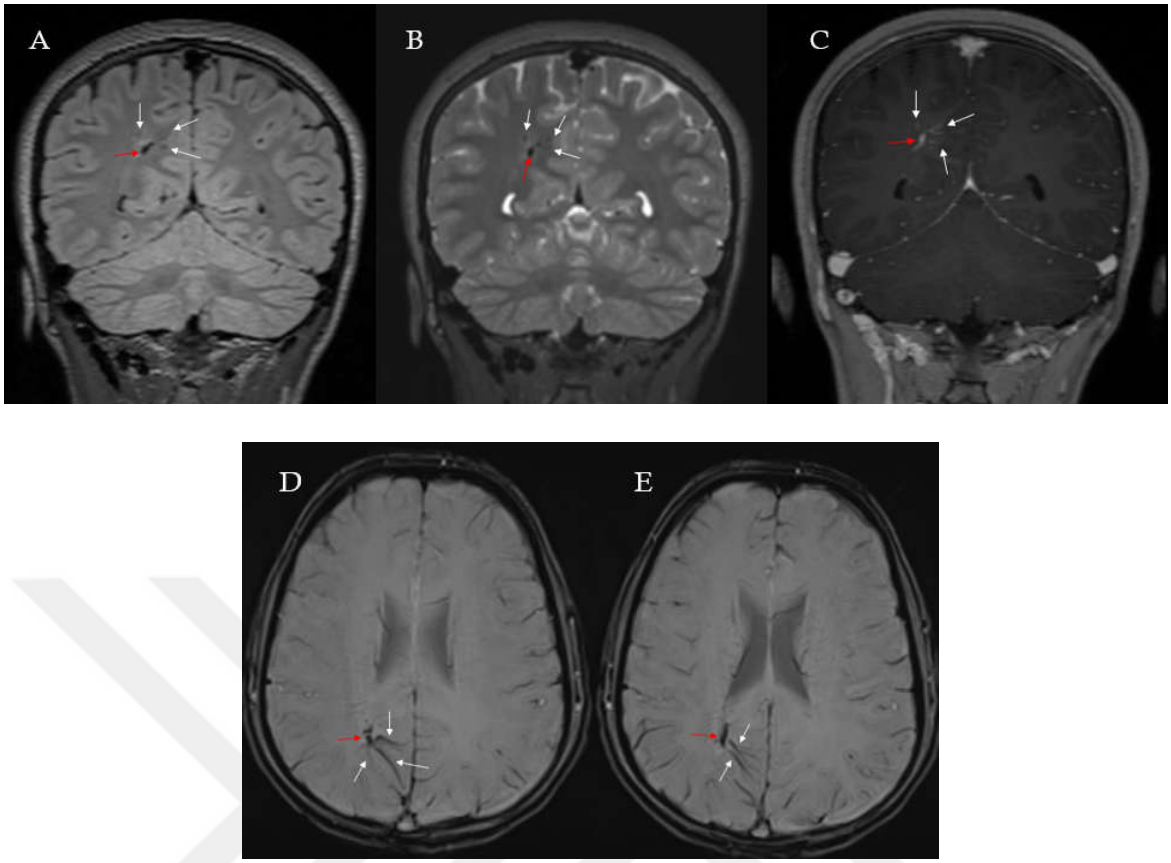
**Olgu 4.** Trafik kazası sonrası baş ağrısı şikayetleri devam eden 9 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde, kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, yüzeyel venöz sisteme drene olan (toplayıcı ven: kırmızı ok) GVA izlenmektedir.



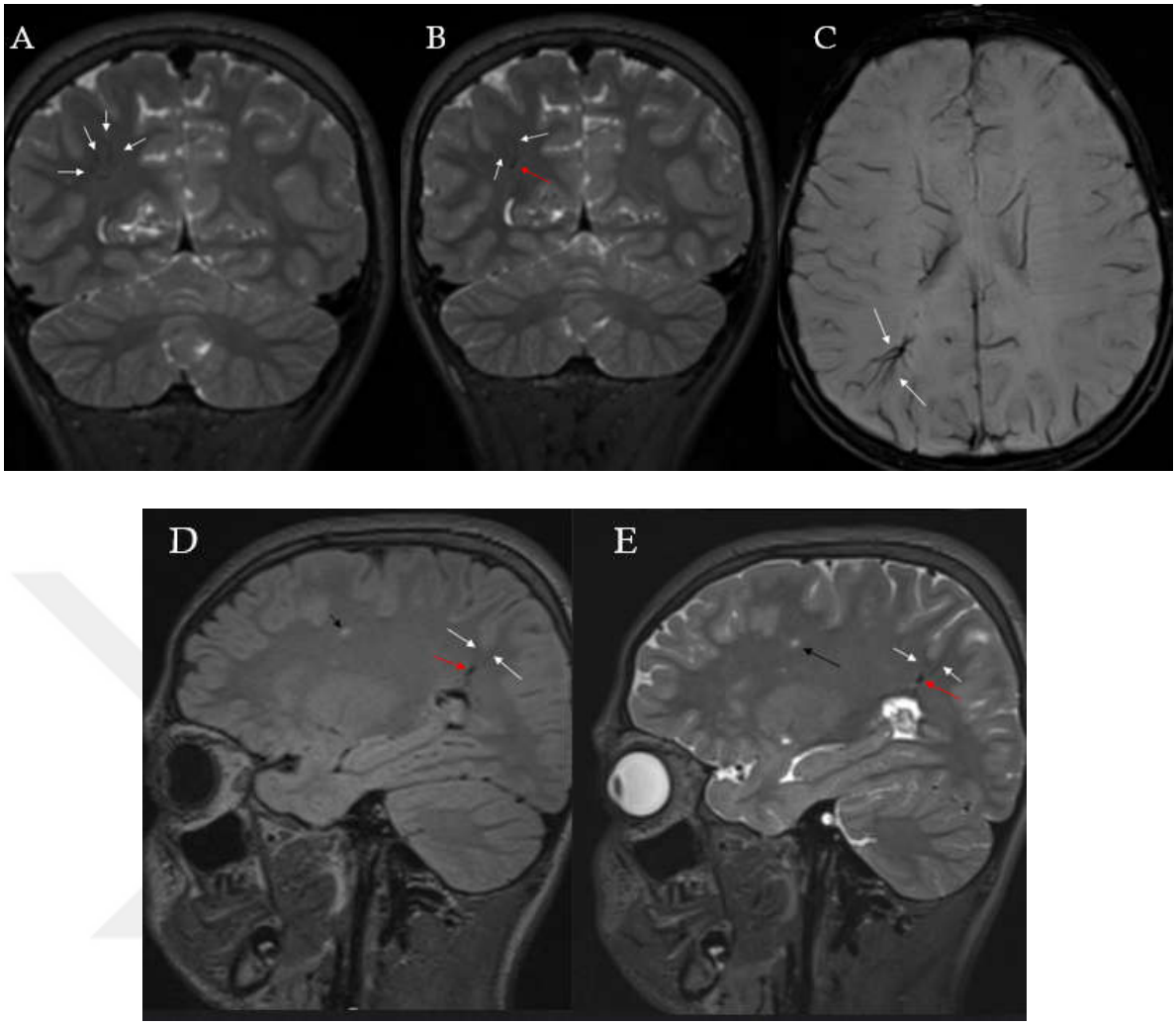

**Olgu 5.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde (A ve B) sol frontal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir.



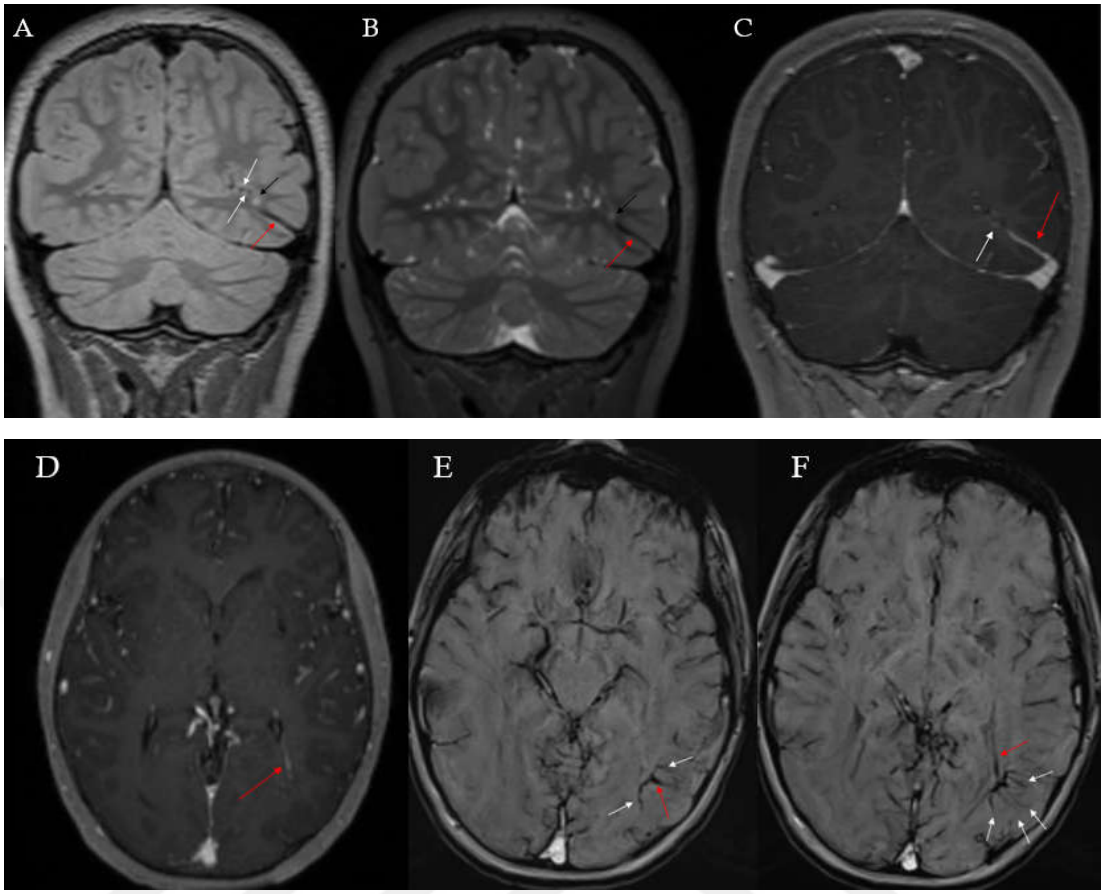
**Olgu 6.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 16 yaşındaki erkek hastada, aksiyel kontrastlı T1 MPRAGE görüntülerde, sol korona radiata düzleminde kaputu (beyaz ok) derin yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir.



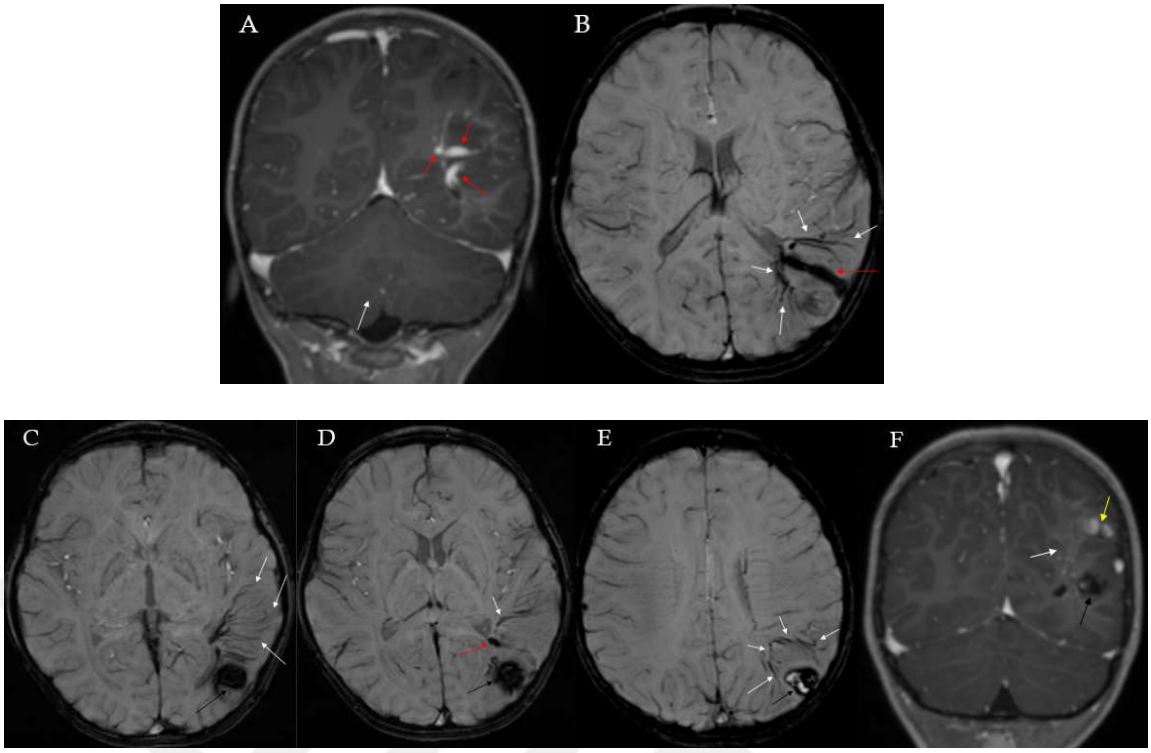

**Olgu 7.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 14 yaşındaki kız hastada, koronal FLAIR (A), T2 SPACE (B), kontrastlı T1 MPRAGE (C), SWI (D, E) görüntülerde sağ parietal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir.




**Olgu 8.** Nöbet şikayetiyle başvuran 12 yaşındaki erkek hastada, koronal T2 SPACE (A, B) ve SWI (C), sagittal FLAIR (D) ve sagittal T2 SPACE (E) görüntülerde sağ parietal lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, derin venöz sisteme drene olan (kırmızı ok: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. Ayrıca sagittal görüntülerde, sentrum semiovale düzleminde non-spesifik plak (siyah oklar) dikkati çekmiştir.




**Olgu 9.** Nöbet şikayetiyle başvuran 10 yaşındaki kız hastada, koronal FLAIR (A), T2 SPACE (B) ve kontrastlı T1 MPRAGE (C), aksiyel kontrastlı T1 MPRAGE (D) ve SWI (E, F) görüntülerde sol oksipital lobda kaputu (beyaz oklar) subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, hem derin hem yüzeyel venöz sisteme drene olan (kırmızı oklar: toplayıcı ven) GVA izlenmektedir. Ayrıca koronal görüntülerde, GVA'nın drene ettiği parankimde T2/FLAIR parankimal sinyal anormalliği (siyah oklar) dikkati çekmiştir.




**Olgu 10.** Baş ağrısı şikayetiyle başvuran 9 yaşındaki erkek hastada, koronal kontrastlı T1 MPRAGE (A, F), SWI (B, C, D, E) görüntülerde sol parietooksipital lobda kaputu (beyaz oklar) tipik kaput medusa görünümünde derin + subkortikal + jukstakortikal yerleşimli, yüzeyel venöz sisteme drene olan 3 adet toplayıcı veni (kırmızı oklar) bulunan GVA izlenmektedir. Ayrıca SWI görüntülerde, biri kontrastlanma gösteren subakut hemorajik materyaller (sarı ok) içeren iki adet kavernom (siyah oklar) dikkati çekmiştir.

# 5. TARTIŞMA

GVA'lar, normal beyin parankimini drene eden asemptomatik ve insidental görüntüleme bulguları olarak kabul edilseler de tespit edilemediklerinde opere olmaları ya da anjiografik yöntemlerle embolize edilmeleri durumunda drene ettikleri alanda enfarkt ya da hemorajiye neden olup ciddi sonuçlara yol açabilirler. Ayrıca, eşlik eden patolojiler görüldüğünde de GVA'ların saptanması önem arz etmektedir. Bu tez çalışmamız, 3T MRG cihazında çekilmiş 3B volümetrik sekanslara ait görüntülerin, pediatrik yaş grubundaki GVA'ların lokalizasyonlarını, kaputunu, toplayıcı venini ve drene oldukları venöz sistemi kolaylıkla tespit edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Literatürde GVA'ların yaygınlığı üzerine birçok çalışma vardır; örneğin otopsi serilerinde %2.56 olarak bildirilmiştir (64). MRG'nin klinik kullanımından önce, GVA'ların tespiti sadece %0.48-0.7 civarındaydı (65-67). MRG ile sağlanan yüksek uzaysal rezolüsyon ve volümetrik değerlendirme, GVA'ların tespit edilebilirliğini önemli ölçüde arttırdı. Çoğunlukla erişkin hasta içeren 1.5T MR ile yapılan kontrast sonrası değerlendirmede GVA prevalansı %6.4 olarak bulunmuştur (62). Çalışmalar, intrakraniyal neoplazmı olan ve kavernöz malformasyonları olanlarda GVA prevalansının arttığını göstermektedir (68, 69). 1.5T ve 3T MR görüntüleri birlikte içeren başka bir çalışmada, 1-5 yaş pediatrik grupta prevalans %7.1, 6-17 yaş grubunda ise %9.6 tespit edilmiştir. Modern serilerde prevalans %5-10 arası bulunmuştur (68, 70). Mevcut 3T MR çalışmamızda prevalans % 6.74 olup modern serilere yakın değerdedir. Pediatrik hasta grubunda GVA değerlendirmesi ile ilgili sadece sınırlı çalışma bulunmakta olup bildiğimiz kadarıyla bu çalışmamız literatürde halihazırda bulunan çalışmalar içerisinde, çocuk hasta grubunda sadece 3T kontrastlı MRG ile prevalans çalışması yapılmış ilk çalışma özelliğini taşımaktadır.

Çalışmamızda, GVA erkek hastalarda daha sık görüldü ve bu durum Ruiz ve ark. yaptığı çalışmanın sonuçlarıyla uyumluydu (7). Literatürden ve bizim çalışmamızdan farklı olarak, Brinjikji ve ark. yaptığı çalışmada ise oran kadın popülasyon lehineydi (70). Bizim çalışmamızda, erkekler daha sık olmasına karşın anlamlı farklılık yoktu.

Bir diğer bulgu ise; GVA'nın pediatrik hasta grubunda en sık supratentorial lokalizasyonda görülmesidir. Literatürde açıklanan GVA'ların yaklaşık %70'i supratentorialdir ve %36-56 oranında frontal lobda, %14-29 oranında ise serebellumda bulunur (7, 71-73). GVA'ların lokalizasyonu, pediatrik ve erişkin hasta grupları arasında benzerdir. Literatürün aksine, Kurt ve ark. yaptığı çalışmada GVA'larda %31.7 serebellum, %24.7 oranında frontal lob yerleşimi saptanmıştır (74).

GVA'ların drenajı, yetişkin hastaların %57-63'ünde yüzeyel venöz sisteme, %34-40 oranında derin venöz sisteme, %3'ünde ise hem yüzeyel hem de derin venöz sisteme olmaktadır (68, 75). Lee ve ark., Gökçe ve ark. yaptığı çoğunlukla erişkin hasta grubu içeren iki ayrı çalışmada ise, hem derin hem yüzeyel venöz sisteme drene olan olguların oranı sırasıyla %6.9 ve %6.8 olarak bulunmuştur (62, 71). Bizim çalışmamızda, hem derin hem de yüzeyel venöz sisteme drenajın, erişkin hastalara göre pediatrik hasta grubunda %11.6 ile daha sık olduğu tespit edildi. Literatürde yapılan çalışmalar, venöz yapılarda gelişen iskemik ve trombotik süreçler nedeniyle hasta yaşı arttıkça parankimal sinyal değişiklikleri ve atrofi gibi patolojilerin sıklığının arttığını göstermiştir (7, 68, 76). Ruiz ve ark. yaptığı çoğunlukla erişkin hasta içeren çalışmada, T2/FLAIR parankimal sinyal anormallikleri %28.3, Santucci ve ark. yaptığı bir başka çalışmada ise %12.5 olmak üzere çok farklı oranlarda bulunmuştur (7, 75). GVA'nın drenaj alanındaki parankimal sinyal değişikliklerinin histopatolojisi net değildir, olasılıkla ödem, gliozis, demiyelinizasyon, lökoriazis veya glial metaplaziyi yansıtabilir (75). GVA'lara bağlı parankimal sinyal değişikliklerinin etiyolojisi de belirsizdir. T2/FLAIR görüntülerdeki hiperintensiteler, anormal venöz drenajın neden olduğu hafif kronik venöz hipertansiyona bağlı ödem veya gliozisi temsil edebileceği ileri sürülmektedir. Değişen hemodinami nedeniyle, GVA'nın drenaj bölgesinde serebral kan akımının azaldığına dair iddialar öne sürülmüştür (75, 77, 78). Drenaj veninin duradan geçerken stenozu, bazı GVA'larda daha önce rapor edilmiş olup, bunun kronik venöz obstrüksiyon ile sonuçlandığı varsayılmıştır (75, 79, 80). Çalışmamızda pediatrik hastalarda T2/FLAIR parankimal sinyal anormalliklerinin daha az sıklıkta olması bu hipotezi desteklemektedir. Bunun nedeni, birden fazla toplayıcı vene sahip hastalarda zaman içerisinde gelişebilecek olası trombotik ve stenoza bağlı iskemik olaylar nedeniyle toplayıcı venlerden birinin

obstrüksiyonu olabilir. Bizim sonuçlarımız, bir veya daha fazla toplayıcı venin zamanla azalabileceğini destekleyebilir. Ayrıca, Santucci ve ark. parankim sinyal anormalliği ile toplayıcı ven çapı arasında bir ilişki bulamamışlardır (75). Fakat, biz çalışmamızda örneklem sayımız düşük olmasına karşın sinyal anormalliği görülen GVA'larda toplayıcı ven çapının anlamlı derecede yüksek olduğunu tespit ettik ve bu nedenle anormal venöz drenaja bağlı kronik venöz hipertansiyonun parankim sinyal anormalliğine yol açabileceğini düşünmekteyiz. Bu konuda hem pediatrik hem yetişkin grubun bir arada inceleneceği daha geniş serilerde çalışmalar yapılmalıdır.

Gökçe ve ark. yaptığı çalışmada, çoğunlukla erişkin hasta grubundaki toplayıcı venlerin incelenmesinde, kalibrasyon değerleri minimum 1 mm ile maksimum 4.3 mm (ortanca 2.0 mm) arasında değişmektedir. Mevcut çalışmada, ayrıca toplayıcı ven çapı ile GVA görünürlüğü arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir. GVA'ların yaklaşık %45.5'u kontrastsız 1.5T MR görüntülerinde görülmemiştir. Görülmeyen GVA'lardaki toplayıcı ven çapının görülebilen GVA'lardan daha az olduğu tespit edilmiştir. Gökçe ve ark. 1.5T MR ile büyük oranda erişkin vaka içeren çalışmalarında kontrastsız serilerde tespit edilemeyen GVA oranının nispeten yüksek olduğu görülmektedir (62). Ayrıca, Anne G. Osborn, GVA'ların FLAIR sekansında genellikle saptanamazken, venöz enfarkt ya da kanama olması durumunda T1 ve FLAIR sekanslarda hiperintens alan görülebildiğini belirtmiştir (45). Yine Anne G. Osborn tarafından başka bir kaynakta, küçük boyutlarda GVA'ların kontrastsız konvansiyonel sekanslarda saptanamayabileceğinden bahsedilmiştir (1). Çalışmamızın verileri göz önüne alındığında, 3T MRG cihazı ile pediatrik hasta grubunda kontrastsız 3B FLAIR ve T2 SPACE serilerde yüksek duyarlılıkla GVA toplayıcı veni tespiti gerçekleştirilmiştir. Toplayıcı ven uzunlukları en düşük 4.9 mm, en yüksek 53.2 mm (ortalama 14.41±7.13 mm) ölçülmüş olup ince kesit 3B görüntülerde tüm planlarda dikkatli değerlendirmeyle toplayıcı venler rahatlıkla tespit edilebilmiştir. Ayrıca, SWI sekans, kaput ve toplayıcı ven tespitinde kontrastlı seriler kadar etkinlik göstermiştir. Barkovich ve ark., GVA tanısında en iyi görüntüleme yönteminin, 3B VRT MRV ve SWI içeren T1 K+ MR görüntüleme olduğunu söylemişlerdir (45). Çalışmamızın verileri de bu yönde olup özellikle SWI sekansın incelemeye ilave edildiği 3B

kontrastsız FLAIR ve  T2 SPACE serilerde yüksek oranda GVA tespit edilebilirliğini ortaya koymuş bulunmaktayız.

Bu çalışmanın birkaç sınırlaması vardı. İlk olarak hasta popülasyonumuz nispeten küçüktü ve kliniğimizdeki 3T MRG cihazında anestezili çekim yapılamadığından 0-4 yaş çocuk hasta grubu mevcut değildi. İkincisi, çalışmamızda sadece 3T MR görüntülerinin mevcut olmasıdır. Pediatrik hasta grubunda 1.5T ve 3T MR görüntülerinin dahil olduğu daha geniş seriler üzerinde yapılacak çalışmaların literatüre daha fazla katkıda bulunacağını düşünmekteyiz.

# 6. SONUÇ

Pediatrik hasta grubunda da GVA'lar yetişkinlerle benzer oranda tespit edilebilmektedir. Pediatrik hastalarda yüksek rezolüsyonlu görüntüler sağlayan 3T MRG cihazı kullanımının GVA tanısına yüksek oranda katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Ayrıca, kontrastsız ince kesit (3B FLAIR, 3B T2 SPACE ve özellikle SWI) sekansları içeren görüntülerin çocuklarda ekstra kontrast madde yükü oluşturmadan GVA tanı, takibinde, olası eşlik eden patolojilerin tespitinde ve değerlendirilmesinde kullanılması gerektiğini önermekteyiz.

## KAYNAKLAR


1. Osborn AG. Osborn's Brain Imaging, Pathology and Anatomy: AMIRSYS; 2015. 153-7 p.
2. Marzouk O, Marzouk S, Liyanage SH, Grunwald IQ. Cerebellar developmental venous anomaly with associated cavernoma causing a hemorrhage–a rare occurrence. Radiology Case Reports. 2021;16(6):1463-8.
3. Lasjaunias P, Burrows P, Planet C. Developmental venous anomalies (DVA): the so-called venous angioma. Neurosurgical review. 1986;9(3):233-42.
4. Huber G, Henkes H, Hermes M, Felber S, Terstegge K, Piepgras U. Regional association of developmental venous anomalies with angiographically occult vascular malformations. Eur Radiol. 1996;6(1):30-7. PubMed PMID: 8797947. Epub 1996/01/01. eng.
5. Mooney MA, Zabramski JM. Developmental venous anomalies. Handb Clin Neurol. 2017;143:279-82. PubMed PMID: 28552150. Epub 2017/05/30. eng.
6. Ostertun B, Solymosi L. Magnetic resonance angiography of cerebral developmental venous anomalies: its role in differential diagnosis. Neuroradiology. 1993 1993/01/01;35(2):97-104.
7. Ruíz DSM, Delavelle J, Yilmaz H, Gailloud P, Piovan E, Bertramello A, et al. Parenchymal abnormalities associated with developmental venous anomalies. Neuroradiology. 2007;49(12):987-95.
8. Al-Holou WN, O'Lynnger TM, Pandey AS, Gemmete JJ, Thompson BG, Muraszko KM, et al. Natural history and imaging prevalence of cavernous malformations in children and young adults. J Neurosurg Pediatr. 2012 Feb;9(2):198-205. PubMed PMID: 22295927. Epub 2012/02/03. eng.
9. McLaughlin MR, Kondziolka D, Flickinger JC, Lunsford S, Lunsford LD. The prospective natural history of cerebral venous malformations. Neurosurgery. 1998 Aug;43(2):195-200; discussion -1. PubMed PMID: 9696070. Epub 1998/08/08. eng.
10. De Miquel MA. Encephalic Veins: Embryology and Anatomy. Rivista di Neuroradiologia. 1999;12(3_suppl):43-6.

11. de Miquel MA. Encephalic Venous DrainageEncephalic venous drainage: Understanding Anatomy and Pathology from a Developmental Approach. In: Lanzer P, editor. PanVascular Medicine. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 2551-91.
12. Okudera T, Huang YP, Ohta T, Yokota A, Nakamura Y, Maehara F, et al. Development of posterior fossa dural sinuses, emissary veins, and jugular bulb: morphological and radiologic study. AJNR Am J Neuroradiol. 1994 Nov;15(10):1871-83. PubMed PMID: 7863937. Epub 1994/11/01. eng.
13. Padget DH. The cranial venous system in man in reference to development, adult configuration, and relation to the arteries. Am J Anat. 1956 May;98(3):307-55. PubMed PMID: 13362118. Epub 1956/05/01. eng.
14. Raybaud C. Normal and abnormal embryology and development of the intracranial vascular system. Neurosurg Clin N Am. 2010 Jul;21(3):399-426. PubMed PMID: 20561492. Epub 2010/06/22. eng.
15. Kilic T, Akakin A. Anatomy of cerebral veins and sinuses. Frontiers of neurology and neuroscience. 2008 02/01;23:4-15.
16. Schumacher GH, Aumüller G. Topografik insan anatomisi: klinik temelli: Deomed; 2010.
17. Yıldırım M. Topografik Anatomi: Nobel Tip Kitabevi; 2016.
18. Miller E, Daneman A, Doria AS, Blaser S, Traubici J, Jarrin J, et al. Color Doppler US of normal cerebral venous sinuses in neonates: a comparison with MR venography. Pediatric Radiology. 2012 2012/09/01;42(9):1070-9.
19. Brockmann C, Kunze SC, Schmiedek P, Groden C, Scharf J. Variations of the superior sagittal sinus and bridging veins in human dissections and computed tomography venography. Clinical Imaging. 2012 2012/03/01/;36(2):85-9.
20. Nowinski WL. Proposition of a new classiWcation of the cerebral veins based on their termination. Surg Radiol Anat. 2012 (34):107-14.
21. Ayanzen RH, Bird CR, Keller PJ, McCully FJ, Theobald MR, Heiserman JE. Cerebral MR venography: normal anatomy and potential diagnostic pitfalls. AJNR American journal of neuroradiology. 2000 2000/01//;21(1):74-8. PubMed PMID: 10669228. eng.

22. Snell RS. Clinical Neuroanatomy: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
23. Rhoton AL, Rhoton AL, Congress of Neurological S. Rhoton cranial anatomy and surgical approaches. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
24. Curé JK, Van Tassel P, Smith MT. Normal and variant anatomy of the dural venous sinuses. Semin Ultrasound CT MR. 1994 1994/12//;15(6):499-519. PubMed PMID: 7880564. eng.
25. Huang YP, Wolf BS. The Veins Of The Posterior Fossa—Superior Or Galenic Draining Group. American Journal of Roentgenology. 1965 1965/12/01;95(4):808-21.
26. Huang YP, Wolf BS, Antin SP, Okudera T. THE VEINS OF THE POSTERIOR FOSSA—ANTERIOR OR PETROSAL DRAINING GROUP. American Journal of Roentgenology. 1968 1968/09/01;104(1):36-56.
27. Huang YP, Wolf BS. The Vein Of The Lateral Recess Of The Fourth Ventricle And Its Tributaries. American Journal of Roentgenology. 1967 1967/09/01;101(1):1-21.
28. Burt AM. Textbook of Neuroanatomy: Saunders; 1993. 168-92 p.
29. Jones HR, Burns T, Aminoff MJ, Pomeroy S. The Netter Collection of Medical Illustrations: Nervous System, Volume 7, Part I - Brain e-Book: Elsevier Health Sciences; 2013.
30. Kopuz C, Aydin ME, Kale A, Demir MT, Corumlu U, Kaya AH. The termination of superior sagittal sinus and drainage patterns of the lateral, occipital at confluens sinuum in newborns: clinical and embryological implications. Surg Radiol Anat. 2010 Nov;32(9):827-33. PubMed PMID: 20182724. Epub 2010/02/26. eng.
31. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Gray H, Gray H. Gray's anatomy for students. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010.
32. Huang YP, Wolf BS. The vein of the lateral recess of the fourth ventricle and its tributaries. Roentgen appearance and anatomic relationships. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med. 1967 Sep;101(1):1-21. PubMed PMID: 5298586. Epub 1967/09/01. eng.
33. Yiğit H, Turan A, Ergün E, Koşar P, Koşar U. Time-resolved MR angiography of the intracranial venous system: an alternative MR venography technique. Eur

Radiol. 2012 May;22(5):980-9. PubMed PMID: 22101744. Epub 2011/11/22. eng.

34. Avci E, Kocaogullar Y, Fossett D, Caputy A. Lateral posterior fossa venous sinus relationships to surface landmarks. Surgical neurology. 2003 06/01;59:392-7; discussion 7.
35. Rhoton AL, Jr. The cerebral veins. Neurosurgery. 2002 Oct;51(4 Suppl):S159-205. PubMed PMID: 12234449. Epub 2002/09/18. eng.
36. Romero Reveron R. Herophilos, the great anatomist of antiquity. Anatomy. 2015 08/31;9:108-11.
37. Alper F, Kantarci M, Dane S, Gumustekin K, Onbas O, Durur I. Importance of Anatomical Asymmetries of Transverse Sinuses: An MR Venographic Study. Cerebrovascular Diseases. 2004;18(3):236-9.
38. Strydom MA, Briers N, Bosman MC, Steyn S. The anatomical basis of venographic filling defects of the transverse sinus. Clin Anat. 2010 Mar;23(2):153-9. PubMed PMID: 20014389. Epub 2009/12/17. eng.
39. Standring S. Gray's anatomy : the anatomical basis of clinical practice2016.
40. Braun JP, Tournade A, Panisset JL, Straub P. Anatomical and neuroradiological study of the veins of the tentorium and the floor of the middle cranial fossa, and their drainage to dural sinuses. J Neuroradiol. 1978 Jun;5(2):113-32. PubMed PMID: 755094. Epub 1978/06/01. engfre.
41. Moore KL, Dalley AF. Clinically Oriented Anatomy: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
42. Mizutani K, Toda M, Kurasawa J, Akiyama T, Fujiwara H, Jinzaki M, et al. Analysis of the venous channel within the clivus using multidetector computed tomography digital subtraction venography. Neuroradiology. 2017 Mar;59(3):213-9. PubMed PMID: 28236049. Epub 2017/02/27. eng.
43. San Millán Ruíz D, Fasel JHD, Rüfenacht DA, Gailloud P. The sphenoparietal sinus of breschet: does it exist? An anatomic study. AJNR American journal of neuroradiology. 2004 1/20/pubmed4/28/medline1/20/entrez;25(1):112-20.
44. Takahashi S, Sakuma I, Otani T, Yasuda K, Tomura N, Watarai J, et al. Venous Anatomy of the Sphenoparietal Sinus: Evaluation by MR Imaging. Interv Neuroradiol. 2007 2007/03//;13 Suppl 1:84-9. PubMed PMID: 20566082. eng.

45. Barkovich AJ, Moore KR. Pediatric Neuroradiology: Elsevier Science Health Science; 2014.
46. San Millán Ruíz D, Yilmaz H, Gailloud P. Cerebral developmental venous anomalies: current concepts. Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society. 2009;66(3):271-83.
47. A. R. Pediatric Neuroradiology2015. 19-27 p.
48. Petersen TA, Morrison LA, Schrader RM, Hart BL. Familial versus sporadic cavernous malformations: differences in developmental venous anomaly association and lesion phenotype. American journal of neuroradiology. 2010;31(2):377-82.
49. Ruíz DSM, Gailloud P. Cerebral developmental venous anomalies. Child's Nervous System. 2010;26(10):1395-406.
50. Naff NJ, Wemmer J, Hoenig-Rigamonti K, Rigamonti DR. A longitudinal study of patients with venous malformations: documentation of a negligible hemorrhage risk and benign natural history. Neurology. 1998 Jun;50(6):1709-14. PubMed PMID: 9633715. Epub 1998/06/20. eng.
51. Reichenbach JR, Jonetz-Mentzel L, Fitzek C, Haacke EM, Kido DK, Lee BC, et al. High-resolution blood oxygen-level dependent MR venography (HRBV): a new technique. Neuroradiology. 2001 May;43(5):364-9. PubMed PMID: 11396739. Epub 2001/06/09. eng.
52. Fazıl G. Radyoloji Fiziği. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2020 2020.
53. Ernst J. Rummeny PR, Walter Heindel. MR Imaging of the Body. USA: Thieme Medical Publishers.
54. Mansfield P, Pykett IL, Morris PG. Human whole body line-scan imaging by NMR. Br J Radiol. 1978 Nov;51(611):921-2. PubMed PMID: 709046. Epub 1978/11/01. eng.
55. OYAR O. Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG)'nin Klinik Uygulamaları Ve Endikasyonları. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2008;5:31-40.
56. McRobbie DWMEAGMJ. MRI from Picture to Proton. 2017. English.
57. Available from: https://www.siemens-healthineers.com/tr/magnetic-resonance-imaging/options-and-upgrades/clinical-applications/syngo-space.

58. Bosemani T, Verschuuren SI, Poretti A, Huisman TA. Pitfalls in susceptibility-weighted imaging of the pediatric brain. J Neuroimaging. 2014 May-Jun;24(3):221-5. PubMed PMID: 24015797. Epub 2013/09/11. eng.
59. Verschuuren S, Poretti A, Buerki S, Lequin MH, Huisman TA. Susceptibility-weighted imaging of the pediatric brain. AJR Am J Roentgenol. 2012 May;198(5):W440-9. PubMed PMID: 22528925. Epub 2012/04/25. eng.
60. Chavhan GB, Babyn PS, Singh M, Vidarsson L, Shroff M. MR imaging at 3.0 T in children: technical differences, safety issues, and initial experience. Radiographics. 2009 Sep-Oct;29(5):1451-66. PubMed PMID: 19755605. Epub 2009/09/17. eng.
61. Willinek WA, Kuhl CK. 3.0 T neuroimaging: technical considerations and clinical applications. Neuroimaging Clin N Am. 2006 May;16(2):217-28, ix. PubMed PMID: 16731361. Epub 2006/05/30. eng.
62. Gökçe E, Acu B, Beyhan M, Celikyay F, Celikyay R. Magnetic resonance imaging findings of developmental venous anomalies. Clin Neuroradiol. 2014 Jun;24(2):135-43. PubMed PMID: 24240482. Epub 2013/11/19. eng.
63. Young A, Poretti A, Bosemani T, Goel R, Huisman T. Sensitivity of susceptibility-weighted imaging in detecting developmental venous anomalies and associated cavernomas and microhemorrhages in children. Neuroradiology. 2017 Aug;59(8):797-802. PubMed PMID: 28667359. Epub 2017/07/02. eng.
64. Sarwar M, McCormick WF. Intracerebral venous angioma. Case report and review. Arch Neurol. 1978 May;35(5):323-5. PubMed PMID: 646686. Epub 1978/05/01. eng.
65. Wilms G DP, Robberecht W. Coincidence of developmental venous anomalies and other brain lesions: a clinical study. Eur Radiol. 1995;5:495–500.
66. Töpper R, Jürgens E, Reul J, Thron A. Clinical significance of intracranial developmental venous anomalies. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry. 1999;67(2):234-8.
67. Aoki R, Srivatanakul K. Developmental Venous Anomaly: Benign or Not Benign. Neurol Med Chir (Tokyo). 2016 Sep 15;56(9):534-43. PubMed PMID: 27250700. Pubmed Central PMCID: PMC5027236. Epub 2016/06/03. eng.

68. Linscott LL, Leach JL, Zhang B, Jones BV. Brain parenchymal signal abnormalities associated with developmental venous anomalies in children and young adults. AJNR Am J Neuroradiol. 2014 Aug;35(8):1600-7. PubMed PMID: 24831595. Pubmed Central PMCID: PMC7964448. Epub 2014/05/17. eng.
69. Knerlich-Lukoschus F, Steinbok P, Dunham C, Cochrane DD. Cerebellar cavernous malformation in pediatric patients: defining clinical, neuroimaging, and therapeutic characteristics. J Neurosurg Pediatr. 2015 Sep;16(3):256-66. PubMed PMID: 26053436. Epub 2015/06/09. eng.
70. Brinjikji W, El-Rida El-Masri A, Wald JT, Lanzino G. Prevalence of Developmental Venous Anomalies Increases With Age. Stroke. 2017 Jul;48(7):1997-9. PubMed PMID: 28536179. Epub 2017/05/26. eng.
71. Lee C, Pennington MA, Kenney CM, 3rd. MR evaluation of developmental venous anomalies: medullary venous anatomy of venous angiomas. AJNR Am J Neuroradiol. 1996 Jan;17(1):61-70. PubMed PMID: 8770251. Pubmed Central PMCID: PMC8337971. Epub 1996/01/01. eng.
72. Valavanis A, Wellauer J, Yaşargil MG. The radiological diagnosis of cerebral venous angioma: cerebral angiography and computed tomography. Neuroradiology. 1983;24(4):193-9. PubMed PMID: 6828235. Epub 1983/01/01. eng.
73. Guerrero WR, Dandapat S, Ortega-Gutierrez S. Hemorrhagic Cerebrovascular Pathology in the Pediatric Population. Frontiers in Neurology. 2020 2020-September-17;11. English.
74. Kurt G, Aslan A, Kara E, Erol G, Şahin MB, Uçar M. Different Aspects on Clinical Presentation of Developmental Venous Anomalies: Are They as Benign as Known? A Single Center Experience. Clin Neurol Neurosurg. 2021 Feb;201:106443. PubMed PMID: 33388660. Epub 2021/01/04. eng.
75. Santucci GM, Leach JL, Ying J, Leach SD, Tomsick TA. Brain parenchymal signal abnormalities associated with developmental venous anomalies: detailed MR imaging assessment. AJNR Am J Neuroradiol. 2008 Aug;29(7):1317-23. PubMed PMID: 18417603. Pubmed Central PMCID: PMC8119141. Epub 2008/04/18. eng.

76. Umino M, Maeda M, Matsushima N, Matsuura K, Yamada T, Sakuma H. High-signal-intensity abnormalities evaluated by 3D fluid-attenuated inversion recovery imaging within the drainage territory of developmental venous anomalies identified by susceptibility-weighted imaging at 3 T. Jpn J Radiol. 2014 Jul;32(7):397-404. PubMed PMID: 24793590. Epub 2014/05/06. eng.
77. Matsuda H, Terada T, Katoh M, Ishida S, Onuma T, Nakano H, et al. Brain perfusion SPECT in a patient with a subtle venous angioma. Clin Nucl Med. 1994 Sep;19(9):785-8. PubMed PMID: 7982312. Epub 1994/09/01. eng.
78. Uchida K, Tamura K, Takayama H, Kodaki K, Kawase T, Shiga H, et al. [Xenon-enhanced CT CBF measurements in intracranial vascular malformations]. No Shinkei Geka. 1989 Mar;17(3):239-46. PubMed PMID: 2770961. Epub 1989/03/01. jpn.
79. Dillon WP. Cryptic vascular malformations: controversies in terminology, diagnosis, pathophysiology, and treatment. AJNR Am J Neuroradiol. 1997 Nov-Dec;18(10):1839-46. PubMed PMID: 9403438. Pubmed Central PMCID: PMC8337362. Epub 1997/12/24. eng.
80. Truwit CL. Venous angioma of the brain: history, significance, and imaging findings. AJR Am J Roentgenol. 1992 Dec;159(6):1299-307. PubMed PMID: 1442406. Epub 1992/12/01. eng.