



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**0-18 YAŞ GRUBUNDAKİ HASTALARDA
KRANİYAL MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEMEDE 3D SPACE SEKANSININ
KULLANIMI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Nazmi TOPRAK

Antalya, 2019



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**0-18 YAŞ GRUBUNDAKİ HASTALARDA
KRANİYAL MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEMEDE 3D SPACE SEKANSININ
KULLANIMI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Nazmi TOPRAK

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Utku ŞENOL

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2019

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlaması sırasında çalışmalarıma ışık tutan tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Abdullah Utku şENOL'a

Uzmanlık eğitimim sürecinde tüm bilgilerini, deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. H. Timur şİNDEL'e, Prof. Dr. Can ÖZKAYNAK'a, Prof. Dr. Ali APAYDIN'a, Prof. Dr. S. Metin ÇUBUK'a, Prof. Dr. A. Gökhan ARSLAN'a, Prof. Dr. Can EVİKOL'a, Prof. Dr. Emel DURMAZ'a, Prof. Dr. Kamil KARAALİ'ye, Dr. Öęr. Üyesi Kaęan ÇEKEN'e, Dr. Öęr. Üyesi zhan ÖZGÜR'e,

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm araştırma görevlisi, uzman doktor, teknisyen, hemşire, yardımcı personel ve sekreter arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında ve tüm eğitim sürecimde karşılıksız sonsuz sevgi ve sabırlarını benden esirgemeyen yol arkadaşım Emine Esra VARKAL TOPRAK'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Resimler Dizini	vi
Şekiller Dizini	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme	3
2.1.1. Fizik Prensipler	3
2.1.2. MRG’de Kesit Alınması ve Rekonstrüksiyon	5
2.1.3. K Alanı	6
2.1.4. Frekans Kodlama ve Faz Kodlama Gradiyenti	6
2.1.5. Spin Eko (SE) Sekansı	6
2.1.6. İki Boyutlu Fast Spin Eko (2D-FSE) Sekansı	9
2.1.7. Üç Boyutlu Fast Spin Eko (3D-FSE) Sekansı	10
2.1.8. SPACE (Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution) Sekansı	13
2.2. Hidrosefali Hakkında Genel Bilgiler	19
2.2.1. Ventriküler Anatomi	19
2.2.1.1. Lateral Ventrikül	20
2.2.1.2. Üçüncü Ventrikül	21
2.2.1.3. Dördüncü Ventrikül	23
2.2.2. BOS Fیزیopatolojisi ve Dolaşımı	23
2.2.2.1. Bos Akımını Etkileyen Faktörler	24
2.2.3. Hidrosefali	26
2.2.3.1. Hidrosefali Sınıflaması	27
2.2.3.2. Hidrosefali Etiyolojisi	28
2.2.3.3. Klinik Bulgular	31
2.2.3.4. Hidrosefalide Görüntüleme Bulguları	31
2.3. Araknoid Kistler Hakkında Genel Bilgiler	37
2.3.1. Epidemiyoloji	37
2.3.2. Klinik Bulgular	38
2.2.3. Görüntüleme Bulguları	42

3. GEREÇ VE YÖNTEM	44
3.1. Hasta ve Kontrol Grubu Seçimi	45
3.2. MR Görüntüleme Protokolü	45
3.3. Ölçümler	45
3.4. İstatistiksel Analiz	54
4. BULGULAR	55
5. TARTIŞMA	70
6. SONUÇLAR	74
7. ÖZET	76
8. ABSTRACT	78
9. KAYNAKLAR	80



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2D FSE	İki Boyutlu Fast Spin Eko
3D FSE	Üç Boyutlu Fast Spin Eko
3D CISS	Three Dimensional Constructive Interference in the Steady State
BOS	Beyin-Omurilik Sıvısı
BBT	Bilgisayarlı Beyin Tomografisi
ESP	Eko Aralığı
ETL	Eko Zincir Uzunluğu
FA	Flip Angle
FISP	Fast İmaging with Steady State Precession
FSE	Fast Spin Eko
FT	Fourier transformasyonu
GRASE	Gradiend And Spin Echo
HASTE	Half Fourier Acquisition
KMRS	Kontrastlı Manyetik Rezonans Sisternografi
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
RF	Radyofrekans
RARE	Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement
PC-MRG	Faz Kontrast Manyetik Rezonans Görüntüleme
SAR	Spesific Absorbsion Rate
SE	Spin Eko
SPACE	Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using diffenent flip angle Evolution
SPAMM	Spatial Modilation of Magnetization
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSTSE	Single Shot Turbo Spin Echo
T	Tesla
T1A	T1 Ağırlıklı
T2A	T2 Ağırlıklı
TE	Eko zamanı
TEeff	Efektif TE
TR	Repitasyon zamanı
VFAM	Variable Flip Angle Mode

RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. BBT’de Parametrik Ölçümler	33
2.2. BBT’de Hidrosefali Tespiti	33
2.3. Hidrosefali Tanısında MRG	35
3.1. Evans İndeksi	46
3.2. Sagittal Kesitte 3D SPACE Sekansının Görünümü	47
3.3. Sagittal Kesitte 3D SPACE Sekansının Görünümü	48
3.4. Posterior Fossa Yerleşimli Araknoid Kistin Aksiyel Kesitte T2 FLAIR Sekansında Görünümü	49
3.5. Posterior Fossa Yerleşimli Araknoid Kistin Sagittal Kesitte 3D SPACE Sekansında Görünümü	50
3.6. Posterior Fossada Normal Vermis Ve Normal Dördüncü Ventrikül Varlığında Sagittal Kesitte 3D SPACE Sekansında Mega Sisterna Magna Görünümü	51
3.7. Sagittal Kesitte 3D SPACE Sekansında Dorsum Sella Seviyesindeki Görüntülerde Oklarla Gösterilen Dorsum Selladan Üçüncü Ventrikül Tabanından Geçip Ponstaki Mamiller Cisime Uzanan Liliequist Membranına Ait Görünümler	52
3.8. Aksiyel T2 FLAIR Sekansında Siyah Okla Gösterilen Alanda Sağ Lateral Ventrikül Komşuluğunda BOS İle Eş Intensitede Çevresinde Zayıf T2 Hiperintens Gliosis Sahasının İzlendiği Ensafalomalazik Alan İzlenmektedir. Yıldız İle Gösterilen Alanda Subdural Kanamaya Ait Intensite Değişiklikler, Beyaz Okla Gösterilen Alanda Subdural Mesafede İzlenen Effuzyona Ait Sinyal Intensite Değişiklikler	53
3.9. Aksiyel 3D SPACE Sekansında Aynı Hastanın Görünümü İzlenmektedir. Subdural Kanama, Ensefalomalazik Alan ve Subdural Effuzyon Benzer Intensite Değişiklikleri Göstermektedir.	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Normalde Rastgele Dizilen Protonların Kuvvetli Manyetik Alanda Bu Alana Paralel Ya Da Antiparalel Dizilimleri	4
2.2. Spin Eko Sekansının Temel Prensipleri	7
2.3. TR ve TE Değerlerine Göre Görüntü Özellikleri	8
2.4. 2D FSE Görüntülemesi	9
2.5. MR Görüntüsü Elde Etmede Kullanılan Temel Yöntemler: 2 Boyutlu Kesitler, 3 Boyutlu Single Slab ve 3D Multi-Slab Yöntemleri	10
2.6. RF Pulslarının Eksitasyon, Refocusing ve Store/Recall Roller	11
2.7. Selektif Olmayan Refocusing RF Pulsları Kullanılarak ESP'nin Kısaltılması	14
2.8. Değişken Sapma Açılı Refocusing RF Pulsları Kullanılarak Eko Zincir Süresinin Uzatılması	15
2.9. BOS'un Üretildiği Beyin Boşlukları ve Dolanım Yollarını Gösteren Şematik Resim ve MRG'de BOS'un Akım Yolu ve Yönleri	24

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İntrakraniyal patolojileri belirlemede manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ana görüntüleme yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır. MRG' deki teknolojik gelişmeler beyin omurilik sıvısının (BOS) dolaşımını değerlendirmede bize oldukça yardımcı olmaktadır. MRG ile BOS dolaşımındaki obstrüksiyon, hidrosefali, araknoid kist gibi BOS hastalıklarının tanısında ve tedavi planlamasında etkili yöntemdir.

Üç boyutlu Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution (3D SPACE) sekansı yeni geliştirilen değişken flip angle (VFAM) kullanılan, ultra kısa eko aralığının (ESP) kullanıldığı, çok uzun eko zincir aralığının (ETL) olduğu, özel optimizasyonların ve modifikasyonların yapıldığı izotropik 3 boyutlu hacim (single slab/multi slab 3D) elde edilen turbo spin echo (TSE) bazlı bir sekanstır. 3D SPACE sekansı anatomik rezolusyonun güçlü olduğu hareket duyarlı bir MRG sekansıdır. Bu özellik kullanılarak araknoid kist gibi intrakraniyal kistik lezyonların kökenini ya da hidrosefali vakalarında etyolojiyi belirlemekte rutin kullanıma girmeye başlamıştır.

Hidrosefali BOS'nın üretim ve emilimi arasındaki dengesizlik veya BOS dolaşım yollarında herhangi bir yerde tıkanma sonucu ventriküllerde BOS birikimi ve bunlara bağlı olarak sıklıkla intrakranial basınç yükselmeleri ile karakterize patolojik bir durumdur (1). Belirti olarak, infantlarda akut başlangıçta irritabilite, bilinç düzeyi değişikliği, kusma, geç dönemde mental retardasyon, gelişim geriliği meydana gelir. Anterior fontanelde gerginlik-bombelik, dilate venler ve incelmış saçlı deri, baş çevresinde artış, batan güneş manzarası gibi bulgular elde edilir (2,3). Anormal BOS birikimi, akımda obstrüksiyona, yetersiz absorpsiyona veya aşırı üretime bağlı olabilir. Hidrosefali tanısı temel olarak hasta hikayesi, nörolojik ve fizik muayenesiyle ve radyolojik tetkikler aracılığıyla konulmaktadır. Görüntüleme yöntemi olarak, Kraniyografi, MRG, Bilgisayarlı Beyin Tomografisi (BBT), Ultrasonografi (USG) kullanılmaktadır (2,4,5,6). BBT en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Hidrosefali tanısında kesin ve hızlı sonuç verebilmesinin yanısıra, hidrosefalinin uzun süreli takibinde kullanılmaktadır. MRG ise özellikle cerrahi planlanan olgularda preoperatif ve postoperatif

değerlendirmede önemli rol oynar.

İntrakraniyal araknoid kist ilk defa 1831 yılında Bright tarafından tanımlanmıştır (7). Araknoid kistler iyi huylu, BOS ile aynı karakteristiğe sahip, homojen içerikli, ekstraaksiyal yerleşimli, düzgün kenarlı, sıklıkla dura ile beyin yapıları arasında bulunan, ventriküler sistemle bağlantısı olmayan, intraaraknoidal yerleşimli, beynin en sık karşılaşılan konjenital kistik lezyonları olarak tanımlanmıştır (8,9).

Çalışmamızın amacı hastanemiz MRG arşivinde 0-18 yaş grubu retrospektif olarak taranarak 3D SPACE sekansının kullanılmış olduğu olgular üzerinden bu sekansın hidrosefali, araknoid kist vb. intrakraniyal patoloji saptanması ve etyolojilerinin belirlenmesinde klinik gereksinimlere ve cerrahi branşlara katkısını araştırmak ve bu kapsamda 3D SPACE sekansının 0-18 yaş grubundaki hastalara sağladığı avantajları ve dezavantajlarını ortaya koymaktır.

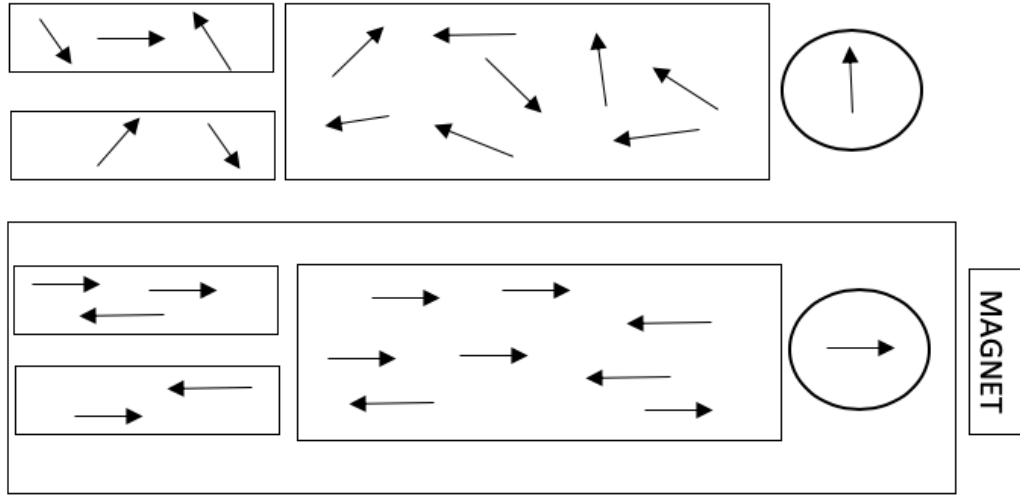
2.GENEL BİLGİLER

2.1 MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) manyetik bir alanda, elektromanyetik radyo dalgalarının vücuda gönderilmesi ve vücuttan dönen sinyallerin işlenerek görüntüye dönüştürülmesi temeline dayanan bir görüntüleme yöntemidir. Manyetik rezonans fizik prensipleri 1946 yılında Bloch ve Purcell tarafından tanımlanmıştır. Görüntüleme yöntemi olarak ise ilk kez 1971 yılında Lauterbur tarafından kullanılmıştır (10). MRG yumuşak doku kontrast çözümüleme gücü en yüksek olarak radyolojik görüntüleme yöntemidir. MRG cihazı; manyetik alanı sağlayan ana magnet, gradient sargılar, radyofrekans sargılar ve bilgisayar olmak üzere dört temel parçadan oluşur. MRG multiplanar görüntüleme imkanı sağlaması, yumuşak doku çözünürlüğünün daha yüksek olması, iyonize radyasyon kullanmaması gibi özellikleriyle diğer görüntüleme yöntemlerinden ayrılır.

2.1.1 Fizik Prensipler

Doğadaki tüm maddeler (gaz, katı ve sıvı) atomlardan meydana gelmektedir. Atomlar ise proton, nötron ve elektron denen partiküllerden oluşmaktadır. Proton ve nötronlar (bunlara nükleon da denmektedir) atomun nükleus (çekirdek) denen bölümünde bulunurlar; elektronlar ise nükleus çevresinde seviyeler şeklinde ilerleyen çemberlerde bulunur (bunlara orbit veya shell denmektedir) Bütün nükleonlar kendi etrafında devamlı olarak spin hareketi denilen dönüşler yaparlar. Bu spin hareketleri sayesinde nükleonlar doğal bir manyetik alan oluştururlar. Oluşan bu manyetizmaya nükleer manyetizma denir. Çekirdekteki nükleonlar eğer çift sayıda ise birbirlerinin spin hareketlerini ortadan kaldıracak şekilde dizilim gösterirler ve birbirlerini nötralize ederler. Ancak tek sayıda nükleon içeren atomlarda net bir manyetik dipol hareketi bulunur. Bu durumda nükleer manyetizma oluşmaktadır. Bu özelliğe sahip atomlar için “Nükleer Manyetik Rezonans aktif” terimi kullanılmaktadır. MRG’de sinyal kaynağı olarak tek sayıda nükleon içermesi ve biyolojik yapılarda fazla miktarda bulunması nedeniyle hidrojen atomu (H^+) kullanılır. Normalde dokularda rastgele dağılmış olan H^+ dipolleri güçlü bir manyetik alana yerleştirildiklerinde, dış manyetik alana paralel ve antiparalel dizilim gösterirler.



Şekil 2.1: Normalde rastgele dizilen protonların kuvvetli manyetik alanda bu alana paralel ya da antiparalel dizilimleri (10).

Paralel dizilim daha az enerji gerektirdiği için paralel dizilim gösteren atomlar antiparalel dizilim gösterenlere göre çok az daha fazladır. Manyetik vektör ana manyetik alana paralel olur (10,11). Buna longitudinal manyetizasyon denir. Protonlar kendi etraflarındaki spin hareketine devam ederken, bir yandan da dış manyetik alanın gücü ile orantılı olarak bu manyetik vektörün aksı etrafında salınım (precession) hareketi yaparlar. Salınım hareketinin frekansı Larmour denklemi ile belirtilmiştir.

$$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$$

$$\omega_0 = \text{salınım frekansı (}\mu\text{Hz/sn)}$$

$$\gamma = \text{giromanyetik sabite (}\mu\text{Hz/Tesla)}$$

$$B_0 = \text{manyetik alanın gücü (Tesla)}$$

İnsan vücudunu değişik durum ve ilişkiler içinde bulunan protonların oluşturduğu bir kütle olarak düşünürsek, hidrojen en fazla miktarda bulunan ve giromanyetik oranı en yüksek olan protondur. O nedenle MRG sinyalinin doğal kaynağıdır. Dokunun net manyetik vektörü (longitudinal manyetizasyon) dış manyetik alana paralel olduğu için sinyal alamayız. Sinyal alabilmek için manyetik vektörün 90° radyofrekans (RF) pulsu ile transvers plana yönlendirilmesi gerekir. RF pulsu ana manyetik alan gücünde ve dokuya özgü Larmour frekansı ile uygulanır. Oluşturulan yeni durum transvers manyetizasyon

adını alır ve RF pulsu kesildiğinde protonlar önceki düşük enerjili durumlarına dönmeye başlarlar. Bu sırada protonların transvers manyetizasyon sağlandığında gösterdikleri faz uyumu bozulmaya başlar ve longitudinal manyetizasyon tekrar artar. Bu değişim 'free induction decay = FID' adını alır ve sinyal kaydı bu sırada gerçekleştirilir. Alıcı sargılar tarafından algılanan sinyaller alternatif akıma ve sonra da bilgisayar yardımıyla görüntüye dönüştürülür (10,11). 90 derece RF pulsu verildikten sonra, ana manyetik alan yönündeki longitudinal manyetizasyonun %63'ünün yeniden kazanılması için gereken süre T1 relaksasyon zamanı olarak isimlendirilir ve bu süre ana manyetik alanın gücü ile dokuların içyapı özelliklerine göre değişir. T1 süresi hızlı olan dokular (yağ gibi) parlak (hiperintens), T1 süresi uzun olan dokular ise (BOS) düşük intensitede (hipointens olarak) görülürler (10). 90 derece RF pulsu verilmesinden hemen sonra transvers manyetizasyonun gücü, 90 derece pulstan önceki longitudinal manyetizasyonun gücüne eşittir. Aynı zamanda protonlar arasında faz uyumu oluşmuş durumdadır. RF pulsu kesildikten hemen sonra ise protonlar arası etkileşimler sonucu faz birlikteliği bozulur ve faz kaybı oluşmaya başlar. Transvers manyetizasyon azalır ve başlangıç degerinin %37'si seviyesine inmesine kadar ki süre T2 relaksasyon zamanı olarak adlandırılır. T2 süresi iç ve dış manyetik alan inhomojenitelerinden etkilenir, dış manyetik alan gücünden bağımsızdır. Gerçek T2 süresi sadece dokuların fiziksel özelliklerinden etkilenir. Hem dış alan manyetik inhomojenitelerinden, hem de dokuların fiziksel özelliklerinden kaynaklanan relaksasyona T2* relaksasyon denir (10,11).

2.1.2 MRG' de Kesit Alınması ve Rekonstrüksiyon

MRG'de veri toplama ve görüntü oluşturulmasında en çok kullanılan yöntem Fourier transformasyondur (FT). Bu tekniğin aşamaları şunlardır:

1. İnceleme için vücut ana manyetik alana yerleştirilir.
2. Kesit alınması istenen düzleme dik yönde kesit belirleme gradiyenti uygulanır. Bu şekilde baş ve ayak ucu arasında farklılaşmış manyetik alan gücü sağlanır ve her bölge farklı rezonans frekansına sahip olur.
3. RF sargıları ile kesit alınacak düzlemdeki manyetik alan gücü değerinde (Larmour denkleminde göre) bir puls gönderilerek, sadece istenen kesit alanındaki protonlar uyarılır. Pulsun frekansı kesit yerini, bant genişliği ise kesit kalınlığını

belirlemiş olur.

4. Uyarım kesildikten sonra, ilgili kesitteki protonların rezonansından oluşan sinyaller algılayıcı sargılar tarafından toplanır.

5. Toplanan ham sinyaller, daha önceden seçilmiş frekans ve faz eksenlerine yerleştirilerek Fourier transformasyonu denilen bir dizi bilgisayar işlemine tabi tutularak görüntüye çevrilir (10).

2.1.3 K Alanı

Dokulardan gelen MR sinyallerinin Fourier transformasyondan sonra spasyal frekanslarına göre kodlanarak yerleştirildiği yerdir. K alanı bir kavramdır ve görüntüsü asıl MR görüntüsünden farklıdır. K alanında, y ekseninde faz kodlama, x ekseninde ise frekans kodlama gradiyentlerinden alınan sinyallerin frekanslarına göre yerleri belirlenir. Merkezde toplananlar düşük spasyal frekanslı sinyallerdir ve kontrast rezolüsyonundan sorumludurlar. Çevrede toplananlar ise yüksek frekanslıdır ve geometrik rezolüsyondan sorumludurlar. Ayrıca görüntünün her noktasına K-alanının tüm noktaları etki etmektedir. Faz kodlama gradiyentlerinin sayısı ya da aralıklarının arttırılması ile K-alanı büyütülebilir. Bu da görüntünün geometrik rezolüsyonunu arttırır (10).

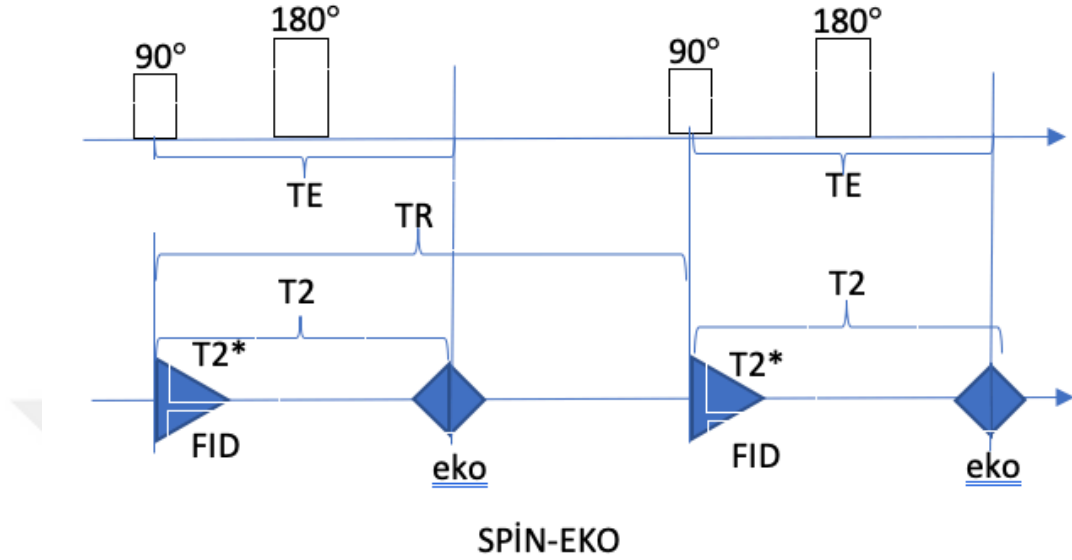
2.1.4 Frekans Kodlama ve Faz Kodlama Gradientleri

Kesit belirleme gradiyentiyle sinyalin hangi kesitten geldiği anlaşıldıktan sonra; kesit belirleme gradiyentine dik olan frekans kodlama gradienti kullanılır. Kesit içinde farklı gradiyentler oluşmasını sağlar. Bu gradiyente bağlı olarak, kesitte farklı salınım frekansları gösteren kolonlar oluşacaktır. Ancak sıraların belirlenmesi ve matriksin olusturulması için sinyalin hangi sıralardan kaynaklandığının da bilinmesi gereklidir. Bunun için üçüncü bir boyut olarak kesit belirleme ve frekans kodlama gradiyentlerine dik başka bir gradiyent uygulanır ki buna da faz kodlama gradiyenti denir (10).

2.1.5 Spin Eko (SE) Sekansı :

İnversion Recovery (ters dönüşüm düzenlemesi), spin eko (SE) ve gradient eko sekansları MRG'de sık kullanılan temel sekanslardır (10). Araştırmamızda incelediğimiz üç boyutlu SPACE sekansı bir üç boyutlu FSE (fast spin eko) sekansı olduğu için SE sekansının özelliklerinden kısaca bahsetmek gerekir. MRG'de konvansiyonel sekans olarak bilinir ve MRG'de halen en sık olarak

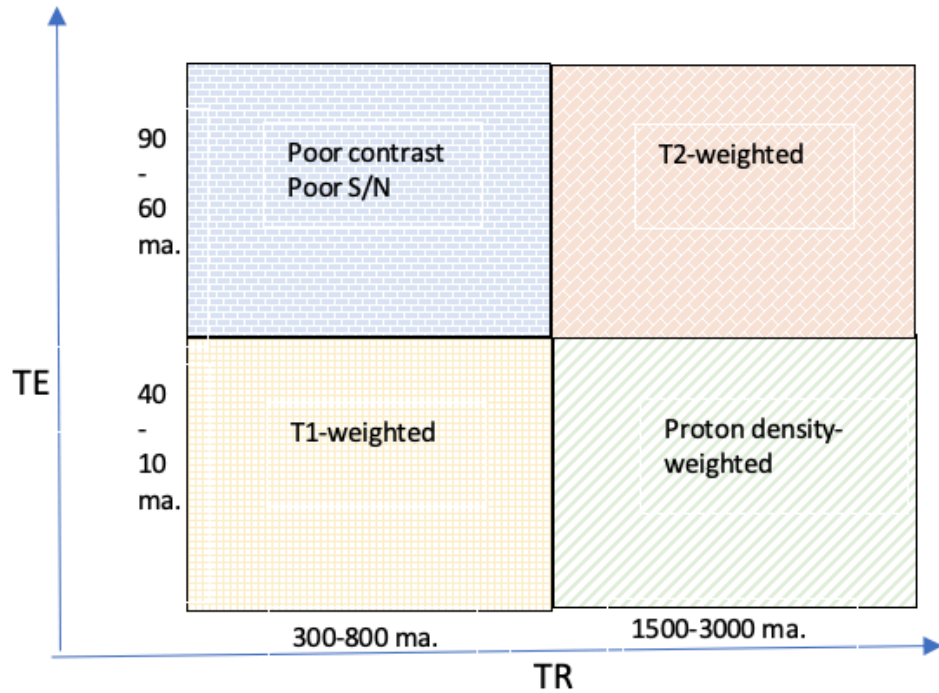
kullanılan sekansdır.



Şekil 2.2: Spin eko sekansının temel prensipleri (10)

1950 yılında Hahn tarafından geliştirilen bu sekans şekilde de görüldüğü gibi 90 ve 180 derece RF pulslardan oluşmaktadır. Spin eko sekansında 180 derece pulse kullanmamızın nedeni dokuların T2 farklılıklarından yararlanmaktır. Eğer 180 derece RF puls kullanmazsak, dokuların T2 farklılıklarından yararlanamayız; dolayısıyla T2 ağırlıklı görüntüler elde etmek için 180 derece RF puls kullanılması gerekmektedir. Ayrıca 180 derece RF puls etkisi ile magnetin inhomojenitesi ortadan kalkmakta, buna bağlı olarak da dokuların mikroskopik manyetik çevre farklılıklarını ortaya çıkarmaktadır. Bu gradiyente bağlı olarak, kesitte farklı salınım frekansları gösteren kolonlar oluşacaktır. Şekil 2’de görüldüğü gibi TE (eko zamanı) 90 derece RF puls ile eko-sinyal arasındaki süre; TR (repitasyon zamanı) ise 90 derece RF pulsler arasındaki süredir. TE ve TR değerlerini değiştirerek farklı görüntüler elde edilebilir. Eğer biz TR değerini uzun seçersek voksellerimizde longitudinal manyetizasyonlar tamamlanacak ve ikinci 90 derece RF puls uygulandığında tüm voksellerden birbirlerine çok yakın transvers manyetizasyonlar (sinyal) elde edeceğiz. Ancak TR değerini kısa seçersek bazı voksellerde longitudinal manyetizasyonlar tamamlanmış, bazı voksellerde ise longitudinal manyetizasyon daha tamamlanmamış olacağından

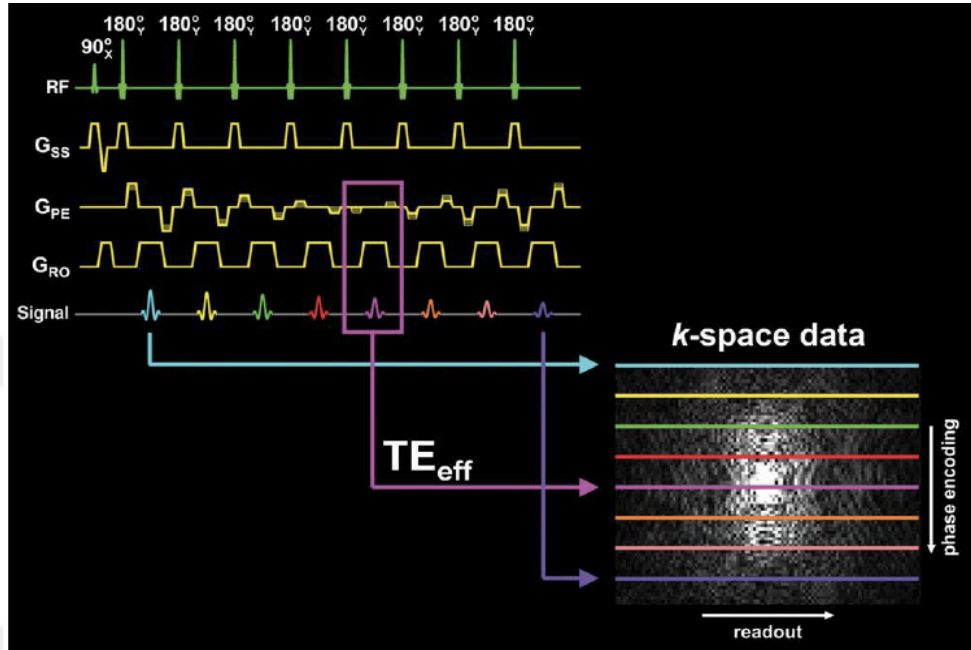
dolayı, ikinci 90 derece RF puls ile voksellerimizden farklı şiddette transvers manyetizasyon değerleri (sinyal) elde etmekteyiz. Bunun anlamı, TR uzun ise görüntü dokuların T1 sürelerinin farklı olmasından etkilenmeyecektir; dolayısıyla elde edeceğimiz görüntüde T1 ağırlığı olmaz. (voksellere düşen proton yoğunlukları farklı olduğundan dolayı görüntü proton dansitesinde olur). TR kısa tutulduğunda ise dokular T1 sürelerinin farklı olmasından faydalandığımız için elde edeceğimiz görüntü T1 ağırlıklı olacaktır. TE değerinin önemine gelince; transvers manyetizasyon oluşuktan sonra bazı voksellerimizdeki protonlar daha hızlı olarak salınım frekansı gösterecek, bazı voksellerimizdeki protonlar ise daha yavaş salınım göstereceklerdir. Bu nedenle, 90 derece RF puls sonrası $TE / 2$ kadar zaman sonra 180 derece RF puls uyguladığımızda dokular arasındaki bu farklılığa bağlı olarak farklı sinyaller elde ederiz ve görüntümüz T2 ağırlıklı olmaktadır. Eğer TE değerini uzun seçersek dokular arasında bu farklılığın oluşmasına izin vereceğimizden dolayı görüntünün T2 ağırlığı artmaktadır. Buna karşın TE değeri kısa seçilirse buna izin verecek yeterli zaman olmadığından dolayı görüntünün T2 ağırlığı azalacaktır. Dokuların hem T1 hem de T2 farklılıklarından yararlanmaz isek, elde edeceğimiz görüntü proton dansitesinde olacaktır. Yani TR değeri uzun, TE değeri kısa seçildiğinde görüntü proton dansitesi özellikleri taşır (10).



Şekil 2.3.: TR ve TE değerlerine göre görüntü özellikleri (10)

2.1.6 İki Boyutlu Fast Spin Eko (2-D FSE) Sekansı

Günümüzde kullanılan 2D – FSE pulse sekansları, 1986 yılında Hennig et al. Tarafından tanıtılan RARE (Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement)’den uyarlanmış sekanslardır (12). 2D- FSE puls sekansının ana hatları şekil 4 ’te gösterilmiştir.



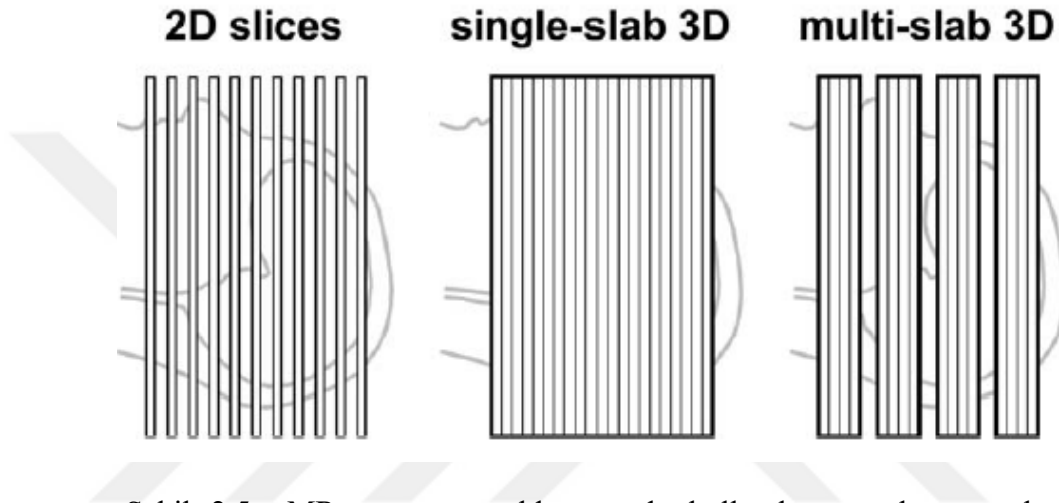
Şekil 2.4.: 2D FSE görüntülemesi (13)

90 derece (eksitasyon) RF pulsunu takip eden ve ardışık spin ekolar üreten 180 derece (refocusing) RF puls zincirinden oluşur. Oluşan spin ekolar şekilde sinyal adlı sırada gösterilmiştir. Bu spin ekolar k alanının farklı sıralarına yukardan aşağı birer data olarak yerleştirilir (şeklin sağ alt kısmında görülüyor). FSE sekansında TE yerine efektif TE (TE_{eff}) terimi kullanılır. Bu terim k alanının santralindeki dataya denk gelen spin ekonun TE'sidir. Ardışık oluşan iki eko arasındaki süreye echo spacing –eko aralığı (ESP) denir. Şekilde ESP'yi 20 msn ve k alanının santralindeki ekoyu beşinci eko olarak kabul edersek şekildeki incelemenin TE_{eff} 'i 100 msn ($5 \times ESP$) olarak hesaplanır. 180 derece (refocusing) RF pulslarının sayısı eko zincir uzunluğu (ETL) olarak adlandırılır. Bu sayı oluşan spin eko sayısına eşittir. Klinikte rutin kullanılan FSE sekanslarında ETL değerleri birkaç ile otuz arasında değişir. Bu aralıktaki ETL'ye sahip tetkiklerde oluşan data k alanını doldurmaya yetmez çünkü k alanındaki faz kodlama sıraları ETL değerinden çok daha fazladır. Bu nedenle k alanını doldurmak için puls sekanslar tekrar edilir. Ancak single shot FSE görüntülemesinde ETL değeri yüze kadar

çıkıldığından tek bir eksitasyon sonrası oluşan ekolardan elde edilen datalar k alanını doldurmaya yeterlidir. Birden fazla eksitasyona gerek duyulmaz (13).

2.1.7 3 Boyutlu Fast Spin Eko (3D-FSE) Sekansı:

İlgililenilen bir anatomik bölgeye ait MR görüntüleri ya iki boyutlu bir seri (2D kesitler) olarak ya da üç boyutlu hacim (single slab 3D – multi slab 3D) olarak elde edilebilir.

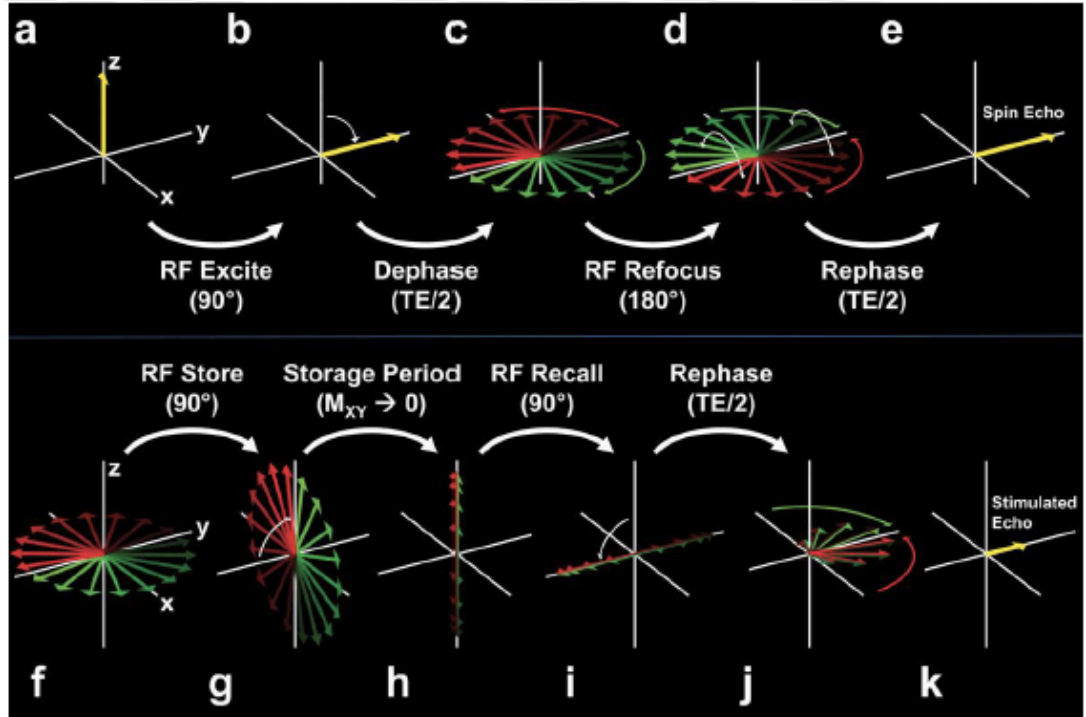


Şekil 2.5.: MR görüntüsü elde etmede kullanılan temel yöntemler: 2 boyutlu kesitler, 3 boyutlu single slab ve 3D multi-slab yöntemleri (13)

Üç boyutlu tekniklerde uzaysal kodlama yapabilmek için kesit belirleme yönünde ikinci bir faz kodlama gradienti uygulanır. Böylece bir volüm içerisinde birbiriyle devamlılığını koruyan kesitler elde edilmiş olur. Üç boyutlu görüntülemelerde, görüntüleme zamanı TR değeriyle ikinci ve üçüncü boyut için alınan faz kodlama basamaklarının çarpımı kadardır. Eğer üçüncü boyutta çok fazla kesit isteniyorsa TR değeri görece kısa olsa bile inceleme süresi uzun olacaktır. Kafa veya diz gibi yüksek volümlü yapıların üç boyutlu FSE görüntülenmesi için gereken süre oldukça uzundur. Bu nedenle klinik kullanımda pratik değildir. Ancak son yıllarda bazı firmalar 3D FSE'nin tekniğini optimize ederek klinikte kullanılabilecek sekanslar oluşturmuştur. Bu yöntemlerde spasyal selektif olmayan kısa RF pulsları kullanılarak ESP anlamlı ölçüde kısaltılır. Ayrıca değişken flip angle (sapma açısı) değerleri kullanılarak bulanıklaşma azaltılır ve daha uzun eko zincirleri kullanılabilir. Böylece single slab FSE süresi klinikte kullanılabilir hale getirilmiştir. Multi slab üç boyutlu görüntüleme aslında

iki boyutlu ve üç boyutlu görüntülemenin karışımıdır. İncelenmek istenen bölge kalın kesitler (slab) şeklinde taranır. Her bir slab için üçüncü boyutta faz kodlama uygulanarak üç boyutlu olarak taranır. Datalar k alanına aktarılırken iki boyutlu görüntülemeye olduğu gibi aralıklı olarak aktarıldığından tetkik süresi klinikte kullanmaya uygundur. Ancak artefaktlar nedeniyle klinikte kullanımı yaygınlaşmamıştır. Klinik görüntülemeye kullanılan gerçek üç boyutlu görüntüleme single slab 3D tekniğidir (13).

RF pulsları incelemenin tekniğine bağlı olarak 0 ile 180 derece arasında ayarlanabilmektedir. Bu açı (dokunun net manyetik vektöründeki sapma açısı) “Flip angle” (sapma açısı) olarak bilinir. Farklı açılardaki RF pulslarının uygulanan dokuya etkileri farklıdır (13).



Şekil 2.6.: RF pulslarının eksitasyon, refocusing ve store/recall rolleri (13)

RF pulslarının eksitasyon, refocusing ve store/recall olmak üzere üç tane ana rolü vardır. Bu roller şekil 6’da şematik olarak gösterilmiştir. Bu şekildeki sarı vektörler bir vokseldeki toplam manyetizasyonu temsil etmektedir. Kırmızı ve yeşil vektörler ise statik alan inhomojenitesi ve/veya uygulanan gradient koillere bağlı oluşan vokselin farklı rezonans frekanslarına sahip bölgelerindeki manyetizasyonları göstermektedir. Şekil 6’da a’dan e’ye kadar olan bölüm RF pulslarının eksitasyon ve refocusing özelliklerini anlatmaktadır. Eksitasyon RF pulsunun amacı longitudinal (z) manyetizasyonun hepsini veya bir kısmını

transvers (x, y) plana aktarmaktır. Şekil 6'da a ve b'de RF pulsu sonucunda manyetik vektör z ekseninden 90 derece dönerek y eksenine yer değiştirmiştir. Eksitasyon sonrası statik alan inhomojenitesi ve uygulanan manyetik alan gradienti sonu oluşan inhomojeniteden dolayı her vokseldeki manyetik vektörler farklı rezonanstadır ve farklı hızda salınım gösterirler. Şekil 6'da c'de defaze olmuş manyetik vektörler görülmektedir. TE/2 zaman boyunca yeşil vektörlerin salınım hızları fazla olduğu için z aksında saat yönünde dönerler. Kırmızı oklar ise ortalama frekanstan daha yavaş oldukları için saat yönünün tersinde dönerler. Şekil 6 c'de TE/2 zaman sonra refocusing RF pulsu uygulanır. Bunun amacı manyetik vektörlerin oryantasyonunu değiştirerek tekrar bir araya gelmesini sağlamaktır. Şekil 6 d'de görüldüğü gibi 180 derecelik refocusing RF pulsu uygulandığında kırmızı ve yeşil oklar y aksında yer değiştirmektedir. Yeşil oklar z eksenini etrafında saat yönünde kırmızı oklar da saat yönünün tersine dönmeye devam eder. Bu durum ikinci TE/2 süresi boyunca devam eder ve vektörler refaze olmuş olur. Böylece TE süresinde vektörler tekrar aynı doğrultuda dizilir ve spin eko oluşur. Şekil 6 e'de görüldüğü gibi klinikte kullanılan çoğu MRG sekansında RF pulsları eksitasyon veya refocusing için kullanılırlar. Ancak single slab 3D FSE tekniğinde refocusing RF pulsları, değişken sapma açılarında kullanılır. Böylece stimüle eko oluşur. Stimüle eko oluşması için üç RF pulsuna ihtiyaç vardır. Şekil 6f- 6k'de eksitasyon 90 derece RF pulsunu takiben uygulanan iki tane 90 derece RF pulsu sonucunda stimüle eko oluştuğu görülmektedir. Şekil 6 f'de transvers manyetizasyonun, eksitasyon pulsundan TE/2 süre sonra defaze olduğu görülüyor. Görüldüğü üzere şekil 6c ve 6f birbirinin aynısı olarak izlenmektedir. Daha sonra 90 derecelik bir RF pulsu, transvers haldeki manyetik vektörlerin oryantasyonun longitudinal planda depolanmasını sağlıyor (şekil 6g: storage- depolama evresi). Şekil 6g'deki vektörlerin z aksı etrafındaki yeri RF pulsu uygulanmadan önceki transvers plandaki oryantasyonu yansıtmaktadır. Üçüncü 90 derecelik RF pulsu uygulandığında ise longitudinal manyetizasyon tekrar transvers plana yer değiştiriyor (şekil 6i: recall – geri çağırma) Üçüncü RF pulsundan sonra gerçekleşen refazing evresinde kırmızı ve yeşil vektörler yer değiştiriyor (spin ekodaki refazing evresinin analogu). Bu süreç sonunda oluşan ekoya stimüle eko denir. Ancak bu süreç sonunda tüm yeşil ve kırmızı vektörler y ekseninin aynı tarafında olmazlar. Bu nedenle oluşan transvers manyetizasyon (kırmızı ve yeşil vektörlerin toplamı) spin ekoya göre daha küçük boyuttadır.

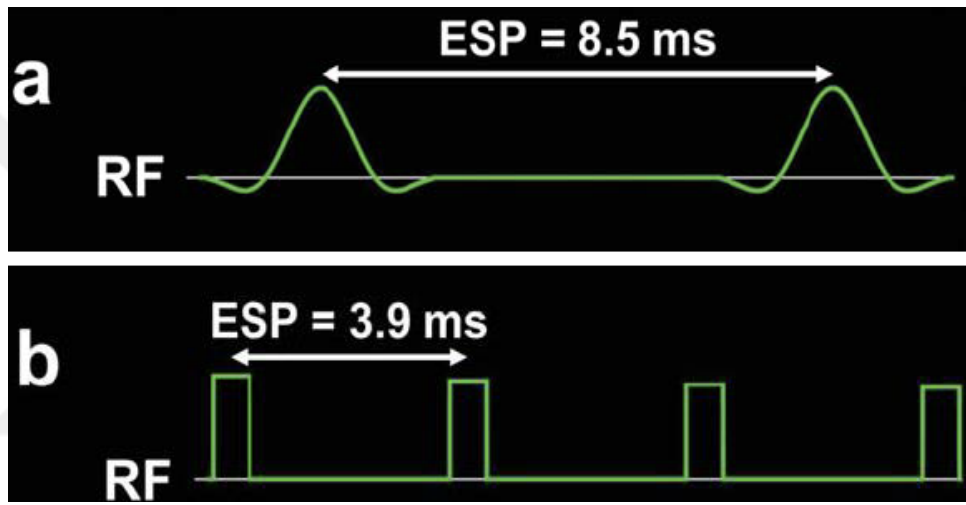
Buradaki anahtar nokta depolama ve geri çağırma RF pulsarı arasında depolanan longitudinal manyetizasyon dokuların T1 relaksasyon süresine göre azalır. Bu nedenle stimüle ekonun amplitüdünü belirleyen esas faktör dokunun T1 değeridir. Birinci (eksitasyon) puls-ikinci (depolama) puls arasındaki sürede ve üçüncü (geri çağırma) pulstan eko oluşumuna kadar olan sürede T2 decay olduğu için aynı zamanda dokunun T2 relaksasyonundan da küçük ölçüde etkilenir. Buna karşılık spin ekonun amplitüdü sadece dokunun T2 değerinden etkilenir. Birçok biyolojik dokunun T1 değeri T2 değerinden uzun olduğu için stimüle ekodan daha uzun süre sinyal elde edilebilir. Daha sonra detaylı olarak anlatılacağı gibi refocusing RF pulsarı değişken sapma açılarında kullanıldığında FSE görüntülemeindeki eko zincir uzunlukları arttırılabilir (13).

2.1.8 SPACE (Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution) Sekansı:

Bizim araştırmamızda kullandığımız SPACE sekansı son yıllarda yapılan teknik optimizasyonlarla klinik uygulama için kabul edilebilir bir sürede elde edilen üç boyutlu single slab FSE eko sekansıdır. Bu sekans farklı üreticilerde farklı isimler almaktadır. Örneğin General Electric firması **CUBE** olarak, Philips firması **VISTA** (Volume **IS**otropic Turbo spin echo **A**cquisition), Hitachi firması **isoFSE**, Canon firması **3D MVOX** (Multi**VOX**el), Siemens firması **SPACE** (Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution) olarak adlandırmaktadır. Bu görüntülemede elde edilen voksellerin üç boyutu da aynı değerde olduğundan (örneğin 0,6 mm x 0,6 mm x 0,6 mm) volüm izotropik bir görüntüleme yöntemidir. Bundan dolayı elde edilen görüntülerden rezolüsyon kaybı olmadan tüm planlarda reformat yapılabilir. Bu tetkik öncelikle beyin incelemesinde kullanılmıştır (14,15,16). Bu tekniğin en önemli avantajı tüm kraniyumun taranması için geçen sürenin beş dakikadan az olması ve üç tesla tarayıcılarda düşük specific absorption rate (SAR) değerlerine sahip olmasıdır. (14,17,18,19). Yüksek rezolüsyonlu üç boyutlu görüntüler elde edilebildiğinden diz, ayak bileği, omuz ve el bileği gibi kompleks anatomiye sahip eklemlerin görüntülenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır (20). Ayrıca 3D FSE ekonun akım özelliklerinden dolayı MR anjiyografide de kullanılmaktadır (21,22,23). Single slab yöntemle üç boyutlu görüntü elde edildiğinden multi slab görüntülemede izlenen slab sınır artefaktları görülmez. SPACE sekansının en

önemli özellikleri daha kısa ESP değeri olması ve değişken sapma açısı sayesinde çok uzun eko zincirleri kullanılmasıdır. Spasyal selektif olmayan kısa RF pulsları kullanıldığı için daha kısa ESP değerlerine (3-4 msn) sahiptir ve böylelikle tetkik süresi kısalmaktadır. Değişken flip angle değerleri kullanılmasıyla ise hem bulanıklaşma önlenir hem de çok uzun eko zincirleri kullanılarak görüntü elde edilebilir. Bu özellikleri sayesinde günümüzde klinik uygulamada kullanılabilir hale gelmiştir (13). Ayrıca k alanını doldurmada parsiyal Fourier tekniği kullanılarak yine sürenin azalması sağlanmaktadır

1-Daha kısa ESP değerleri:

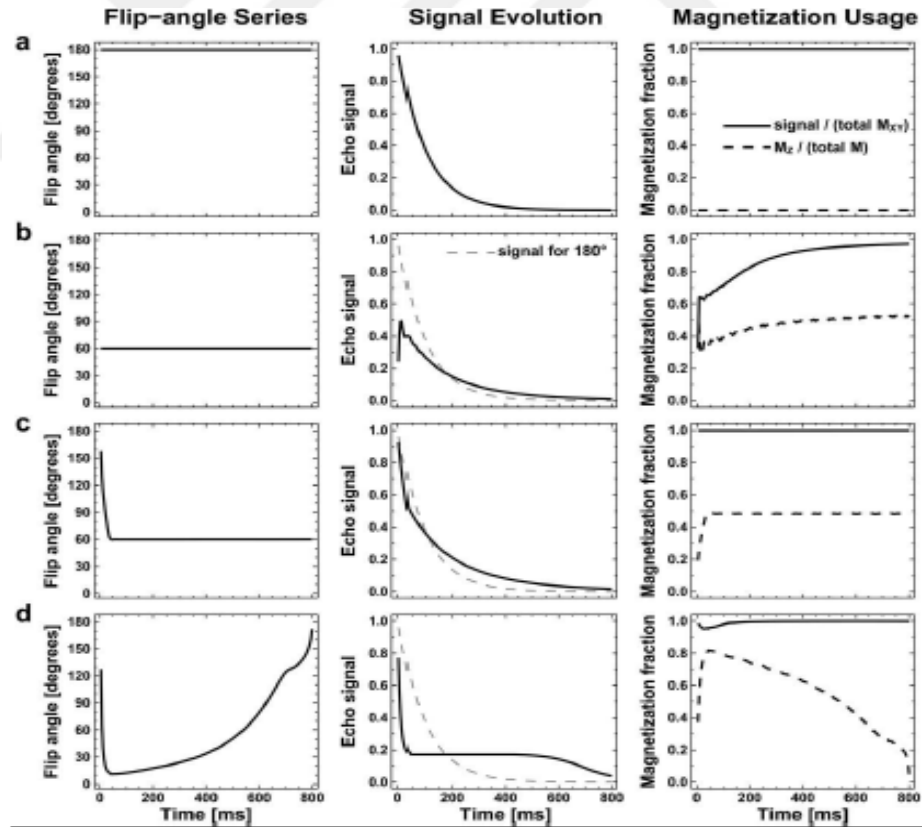


Şekil 2.7: Selektif olmayan refocusing RF pulsları kullanılarak ESP'nin kısaltılması (13)

Klinik MRG'de kullanılan çoğu puls sekansda spasyal selektif (kesit selektif) RF pulsları kullanılır. Bu RF pulsları bir manyetik alan gradiyenti varlığında kullanıldığında dalga formunda bir şekle sahiptir. Yaklaşık bir ila on msn arasında değişen sürede RF pulsu devam eder. Multi slab 3D FSE yönteminde iyi sınırlı kesitler elde etmek için RF pulsunun süresi en az birkaç msn olmalıdır. Şekil 7a Multi Slab 3D FSE puls sekansındaki ESP'nin şematik halidir. Bu şekilde ardışık 2 tane dalga formunda refocusing RF pulsu görülüyor. Örnekteki RF pulsunun süresi 3.84 msn ve ESP değeri ise 8.5 msn'dir. Görüldüğü gibi RF pulsu ESP'nin %45'ini oluşturmakta ve ESP'yi arttırmaktadır. Şekil 7b'de ise single slab 3D FSE puls sekansının zaman diagramından şekil 26a'yla aynı süreyi kapsayan bir kesit görülüyor. Single slab tekniğinde spasyal selektiflik

gerekeceğinden spasyal selektif olmayan daha kısa süreli RF pulsları kullanılabilir. Bu RF pulsları şekilde de görüldüğü gibi 0,6 msn süren dikdörtgen formda RF pulslarıdır (14,24). Bu yöntem günümüzde beyin veya diz gibi bölgelerin görüntülenmesinde kullanılan boyutlu gradient sekanslardaki yöntemle analog bir yöntemdir. Spasyal selektif olmayan refocusing RF pulsları 3D GRASE (Gradient And Spin Echo) görüntülemelerde de kullanılmaktadır (25). Bu yöntemlerde spasyal selektiflik olmadığından aliasing artefaktının önüne geçmek için; slab kalınlığı ve buna bağlı olarak spasyal kodlanan volüm, inceleyeceğimiz yapının hepsini içine alacak şekilde geniş olmalıdır. Kısa RF pulsu kullanıldığında ESP değeri de azalmış olmaktadır. Spasyal selektif olmayan kısa refocusing RF pulsları (<1msn) kullanıldığında ESP değerleri azalmakta böylece belli bir eko zincir süresi boyunca uygulanan RF puls sayısı artmakta ve toplanan eko değeri de artmaktadır (13).

2-Değişken sapma açısı ve daha uzun eko zincirleri:



Şekil 2.8.: Değişken sapma açılı refocusing RF pulsları kullanılarak eko zincir süresinin uzatılması: a) sabit 180 RF b) sabit 60 RF c) sapma açısı rampası sonrasında sabit 60 RF d) eko zincir boyunca değişken sapma açılı RF echo-train duration by using variable flip angles for the refocusing RF pulses. Sol kolon :

refocusing RF pulslarının sapma açısı, orta kolon: oluşan eko sinyalin amplitüt grafiği sağ kolon devamlı çizgi : transvers manyetizasyonun total sinyale oranı , sağ kolon kesikli çizgi: z aksı boyunca depolanan manyetizmanın total manyetizmaya oranının 800 ms'lik eko zinciri boyunca grafiği (13)

Tipik FSE puls sekanslarında refocusing RF pulsarı için yüksek sapma açıları kullanılır (180 dereceye eşit veya çok yakın). 180 derecelik seri refocusing RF pulsları kullanıldığında, eksitasyon RF pulsu (90 derece) tarafından oluşturulan transvers manyetizasyon odaklanır ve sadece transvers manyetizasyon (T2) tarafından sinyal oluşur. Dokuların T2 relaksasyon sürelerine bağlı olarak eko zinciri boyunca her bir eko zamanında sinyal düşer (şekil 8a ortadaki grafik). Ve bir süre sonra o dokudan sinyal toplanamaz. Bu yüzden klinik FSE sekanslarında eko zincir uzunluğu kısa TE_{eff}'li yöntemlerde (T1 veya PD) incelenen dokunun T2 değerinden kısa olmalıdır. Uzun TE_{eff}'li değerlerde (T2 ağırlıklı) ise eko zincir uzunluğu dokunun T2 değerinin 2 veya 3 katından daha kısa olmalıdır. Örneğin beyindeki gri ve beyaz cevherin T2 değerleri yaklaşık 100 ms' olduğundan T2 ağırlıklı FSE beyin görüntülemesinde kullanılan eko zincir süresi 300 ms'nin altındadır. 300 ms'den daha uzun eko zincir süresi kullanıldığında bu yöntemlerde bulanıklaşma gibi artefaktlar oluşur (26,27). Yirmi yıl kadar önce Hennig refocusing RF pulsu olarak sabit düşük sapma açısında RF pulsu kullanarak T1 bağımlı eko zincirleri oluşturmayı önermiştir. Biyolojik dokuların T1 değerleri T2 değerlerine göre çok daha uzun olduğundan T1 bağımlı eko zincir süresi daha uzun olacaktır (28). Görece daha düşük sapma açısı kullanmanın etkisini şekil 8b'de ortadaki grafiğe bakarak görebiliriz. Şekilde ortadaki grafikler; sol kolonda gösterilen değişik değerlerdeki sapma açısına bağlı oluşan sinyal grafiğini göstermektedir. Bu grafikler T1/T2 relaksasyon sürelerinin 1000/100 ms' olan bir dokuya yönelik yaklaşık 800 ms'lik uzun eko zinciri (ESP 4 ms' olan 200 eko içeren) kullanılarak yapılan bir yöntemi temsil etmektedir. Şekil 8b'de ortadaki grafiğe bakıldığında; 200 veya 400 ms'deki elde edilen sinyaller, sabit 60 derece RF pulsu kullanıldığında (devamlı çizgi) sabit 180 derecelik RF pulsu kullanıldığı duruma (kesikli çizgi) göre daha fazladır. Çünkü 60 derecelik refocusing RF pulsu kullanıldığında hem spin eko hem de stimüle ekolar oluşur (şekil 6). Oluşan stimüle eko manyetizasyonu dokunun T1 relaksasyon değerine göre azalır. Örneğimizdeki dokunun T1 değeri T2 değerine göre 10 kat daha fazla olduğundan stimüle ekodan daha uzun süre sinyal elde

edilebilir. Sağ kolondaki grafikler kullanılan refocusing RF pulslarının genel performansını temsil etmektedir. Kesik çizgiler; storage periyodundaki depolanan z aksındaki manyetizasyonun tüm manyetizasyona oranını göstermektedir. 180 derece refocusing RF pulsları kullanıldığında tüm transvers manyetizasyon eksitasyon pulsu tarafından oluşturulur. Z aksında depolanan manyetizasyon yoktur. Bu yüzden bu değer tüm eko zinciri boyunca sıfırdır (şekil 8a sağdaki grafik kesik çizgi). Sağ kolondaki grafiklerdeki devamlı çizgiler ise transvers plandaki manyetizasyonun tüm manyetizasyona oranını göstermektedir. Bu değer transvers manyetizasyonun ne kadar verimlilikte kullanıldığı gösterir.

Stimüle eko olduğunda daha önce de anlatıldığı gibi tüm manyetik vektörler aynı yönde olmadığından oluşan tranvers manyetizasyon spin ekoya göre daha düşüktür. Sabit 60 derece refocusing RF pulsları kullanıldığında daha uzun eko zamanlarında sabit 180 derece RF pulslarına göre daha fazla sinyal elde edilmesine rağmen tranvers manyetizasyon yeteri kadar efektif kullanılamamaktadır. Devamlı çizgi şeklinde olan eğrideki değer bire ulaşamaz ve eğrinin ilk çögüğünde 0.8'in altındaki değerleri görmekteyiz (şekil 8b sağdaki grafik). Sabit 60 derecelik RF pulsu kullanılmasının da kısıtlamaları vardır (13).

1990'lı yılların sonlarında Alsop 180 derecenin altında sabit RF pulsu kullanılmasını yeni bir yöntem geliştirirerek daha verimli hale getirmiştir (29). Bu methodda tetkik başlangıcında kısa bir süre yüksek sapma açısı kullanılıp sonra hızlıca sapma açısını düşürülerek tetkik genelinde düşük sapma açısı kullanılmaktadır (şekil 8c soldaki grafik). Böylece tetkik boyunca oluşan sinyalin davranışı geliştirildiği gibi daha uzun eko zincir zamanında da yüksek amplitütlü sinyal elde edilebilmektedir. Şekil 8c'de sağdaki grafiğe bakıldığında bu yöntemle transvers manyetizasyonun efektif olarak kullanıldığı görülebilmektedir (devamlı çizgideki değerler tüm eko zamanlarında bire yakın). Bu alanda en son gelişmelerle artık eko zinciri boyunca değişken sapma açıları kullanılabilir (şekil 8d). Bu durumda eko zincirinin santralindeki sinyalin amplitüdü sabit 180 derece sapma açısı kullanılan tekniğe göre daha fazladır. Orta noktada (400 msn) sinyal amplitüdünün yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmektedir (şekil 8d ortadaki grafik). Bu yöntemde başlangıçta manyetizasyonun büyük kısmı z aksında depolanmakta sonra depolanan z aksındaki manyetizasyon transvers manyetizasyona dönüştürülmektedir. Böylece transvers manyetizasyon efektif

olarak kullanılabilir. Şekil 8d'de sağdaki grafikte görüldüğü gibi devamlı çizginin değerleri tüm eko zamanı boyunca bire yakındır.

Özetleyecek olursak değişken sapma açıları kullanılarak yapılan tekniklerde (SPACE gibi) hem daha uzun eko zincir zamanları kullanılabilir hem de bulanıklaşma gibi artefaktların önüne geçilmektedir (13).

3D SPACE VFAM sekansında görüntü kontrastını; flip angle modu, eko zincir dizaynı, TR ve TE değerlerinin değişikliği üç farklı şekilde etkiler. Örneğin TE değeri 580 ms, FAM modu değişken seçildiğinde VFAM imajlar BOS ve kan gibi hareketli yapıları değerlendirilmesini düşük sinyal olacak şekilde sağlanmaktadır. Bu sekansta diğer parametreler değiştirilmeden, sabit FAM seçildiğinde ağır T2 ağırlıklı görüntüler elde edilir. Diğer taraftan eğer TE değeri 140 ms sabitlendiğinde ve FAM modu sabit olarak kalırsa elde edilen görüntüler konvansiyonel T2 ağırlıklı görüntüler elde edilecektir. 3D SPACE tekniğinin bu esnekliği doğru değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır. T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM görüntülerinde BOS gibi hareketli yada akışkan dokular hipointens olarak izlenilir. Çünkü bu sekansın hareket duyarlı olmasını sağlayan etken düşük flip angle değerlerinde sağlanmaktadır (17). Bu özellik obstruksiyon nedeniyle durgunlaşan yada sıkışan BOS akımını ayırt etmede kullanılır. Bu bize BOS sirkülasyonundaki durumu anlatmada hızlı, efektif ve problem çözücü veriler sağlamaktadır (18,30). Tüm kraniyumu tarayan doğru yeniden biçimlendirilmiş izotropik veriler, protokolü standartlaştırmada yardımcı olur, ek taramaları azaltır ve bu nedenle toplam görüntülemeyi azaltır. Sonuçta T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM görüntüleme tekniği neredeyse tüm hidrosefali vakalarını doğru bir şekilde değerlendirmesinde; düşük SAR değerleri ile hızlı, esnek ve etkili bir yöntemdir. (18,30). Son yıllarda bazı medikal merkezlerde T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM sekansları hidrosefali vakalarının değerlendirilmesinde rutin kullanılan sekanslar içerisinde yer almaktadır. T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM sekansının hidrosefali vakalarının değerlendirilmesinde gözlemciler ve gözlemciler arası değerlendirmesinde mükemmel anlaşma değerleri elde edilmiştir. (18,31). Bazen günlük rutin klinik pratiğimizde bazı obstruktif hidrosefali vakalarında optimum değerlendirmeyi sağlamak adına ağır üç boyutlu T2 ağırlıklı görüntüleri kullanmaktayız. Üç boyutlu constructive-interference in steady state (3D-CISS) bu amaçla sıklıkla kullandığımız sekanslar arasındadır. Bu sekans anatomik

detayları gösterme ve sıvı ile doku ayrımı açısından SNR değerlerinin yüksek olması nedeniyle oldukça faydalıdır. Ancak bu sekansın yumuşak doku rezolüsyonunun oldukça düşük olması, uzun çekim süreleri, sınırlı slab kalınlıkları ve gradiyant eko haritasında duyarlılık artefaktları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (31,32,33,34). PC-MRI sekansı BOS hareketini değerlendirmede oldukça duyarlı sekansların başında gelmektedir. T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM görüntüler ve PC-MRI dayalı değerlendirmelerde aralarında iyi korelasyon olduğu gösterilmiştir (18,31). Ancak T2 ağırlıklı 3D SPACE VFAM görüntülerin anatomik rezolüsyonunun güçlü olması nedeniyle PC-MRI görüntülerde yanlış pozitif bulunan hastaların doğru değerlendirmesinde katkı sağlanmaktadır (31,32).

Özetleyecek olursak 3D SPACE sekansının değişken sapma açıları kullanılarak harekete duyarlılığı sağlanmakta, izotropik veriler sayesinde yüksek anatomik rezolüsyon alınabilmektedir. Bu sekansın değişkenliği klinik kullanımda oldukça yararlı veriler sağlanmaktadır (13).

2.2 HİDROSEFALİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.2.1 Ventriküler Anatomi

Beyin ve beyin sapı içerisinde yer alan birbiri ile bağlantılı beyin omurilik sıvısıyla (BOS) dolu boşluklara ventrikül adı verilir. Her iki beyin hemisferi içerisine yerleşmiş olan sağ ve sol lateral ventriküller, her iki talamus ve hipotalamus arasında yer alan 3.ventrikül ve beyin sapı posterior kesimde 4.ventrikül olmak üzere birbiri ile bağlantılı dört adet ventrikül mevcuttur. Lateral ventriküller ile 3.ventrikül arası bağlantı Foramen Monro'lar ile sağlanırken 3. ventrikül ise ince ve 1 santimetre uzunluğundaki Aqueductus Sylvius ile 4. ventrikül ile bağlantılıdır. Medulla spinalis içerisinde uzanan canalis centralis ile bağlantılı olan 4.ventrikül posteriorda Foramen Magendi, lateralde Foramen Lusckha'larla subaraknoid aralığa açılır. BOS beyin çevresinde dolaşarak beyin yüzeyindeki büyük toplar damarlara özel dokular (araknoid villus) sayesinde emilerek geri döner. Lateral ve üçüncü ventriküller derin yerleşimli, etrafı tamamen nöral yapılar ile çevrili, duvarlarında motor, duyuşal, görsel yollar ile yaşamsal önemde otonomik ve endokrin merkezlerin bulunduğu anatomik

yapılardır. Bununla birlikte lateral ve üçüncü ventriküller derin venöz sistemle çok yakın ilişki içindedir. Ayrıca her bir ventrikül duvarı birçok arteryal yapı ile beslenmektedir. Dolayısıyla lateral ve üçüncü ventrikül içi patolojilere cerrahi yaklaşım her zaman oldukça zor olmuştur. Bazı lezyonlar lateral ve 3.ventriküllerin spesifik anatomik bölümlerinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle lateral ve 3. ventriküller bir takım anatomik bölgelere ayrılmıştır (35,36,37,38).

2.2.1.1 Lateral Ventrikül

Frontal Boynuz -lateral ventriküllerin üçgen şeklinde uzantıları olup interventriküler foramenin anteriorunda kalan kısımdır. Lateral yüzeyinde kaudat nukleusun kaput kısmı, anterior ve süperior yüzeyinde korpus kallozumun genu kısmı, medial yüzeyinde septum pellusidum ve daha dar olan taban kısmında ise korpus kallozumun rostrumu tarafından sınırlandırılmıştır. Posteromedialde yer alan interventriküler foramen frontal boynuzların posterior uzanımını temsil ederken sınır ise interventriküler foramenin hemen anteriorunda yer alan forniseal kolonlardan oluşmaktadır. Frontal boynuzlar koroid pleksus içermemektedir.

Korpus-lateral ventrikül korpusu interventriküler foramenin posterior kenarından başlamakta ve posteriorda korpus kallozumun spleniyum kısmının anterior sınırına kadar uzanmaktadır. Lateral ventrikül korpusu süperiorunda korpus kallozum, lateral yüzeyinde kaudat nukleusun korpusu bulunmaktadır. Medial yüzeyi ise üstte septum pellusidum, altta fornixsin korpusu tarafından oluşturulmuştur. Taban ise talamus tarafından meydana getirilmiştir.

Atrium-lateral ventrikül atriumuna “trigon” da denilmektedir. Korpus, temporal ve oksipital boynuzların birbirleri ile birleştiği yerdir. Anteriorda hem talamusun üzerinden lateral ventrikül korpusuna hem de talamusun altından lateral ventrikül temporal boynuzuna, posteriorda ise oksipital boynuza açılmaktadır. Atrium talamusun posterior kenarında korpusun bir devamı gibi başlamakta ve daha posteriorda korpus kallozumun oksipital lob ile birleştiği noktada sonlanmaktadır. Atriumun anterior duvarı medial ve lateral olarak ikiye ayrılabilir; medial kısmı pulvinarın posterior kesiminin etrafını saran fornixsin krusu, lateral kısmı ise pulvinar tarafından oluşturulmaktadır. Süperiorda korpus kallozumun splenial kısmı ve daha posteriorda ise yine korpus kallozumun tapetum kısmı atriumun çatısını oluşturmaktadırlar. Bu çatı posteriorda lateral duvara doğru kıvrıldığından lateral duvarın bu segmentini tapetum örtmekte daha

anteriorıda ise kaudat nukleusun kuyruk kısmı lateral duvarı örtmektedir. Taban ise üçgen şeklinde olup kollateral sulkusun posterior ucunun yukarı doğru şişkinlik yarattığı anatomik yapı olarak da tanımlanan “kollateral trigon” tarafından meydana getirilmektedir.

Oksipital Boynuz-atriumun posteriora doğru oksipital lob içine uzanım göstermesiyle meydana gelen anatomik yapıdır. Boyutları son derece değişken olabilmektedir. Medial duvarı aynı zamanda atriumun medial duvarını da meydana getiren süperiorda kalkar avis ve inferiorda ise forseps majör tarafından oluşturulmaktadır. Aynı şekilde kollateral trigon da oksipital boynuzun tabanını oluşturmaktadır. Oksipital boynuzun en ilgi çekici özelliği ise koroid pleksusun olmamasıdır.

Temporal Boynuz-lateral ventriküllerin medial temporal loba uzanım göstermeleriyle meydana gelmektedir. Bu yapı pulvinarın altında, atriumdan başlayarak temporal lob orta kesimine doğru uzanım göstermekte ve amigdaloid nukleusun hemen arkasında sonlanmaktadır. Tabanda medialde hipokampus, lateralde ise kollateral eminens olmak üzere ventrikül içine uzanım gösteren iki tümsek yapı göze çarpmaktadır. Temporal boynuz çatısı medial ve lateral olarak ikiye ayrılabilir. Medial kısım kaudat nukleusun kuyruğu tarafından oluşturulmaktadır. Kaudat nukleusun kuyruğu anteriorıda amigdaloid nukleusa doğru uzanmaktadır. Kaudat nukleusun kuyruğu ile talamus striotalamik sulkus ile birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Çatının lateral kısmı ise tapetum tarafından oluşturulmaktadır. Temporal boynuzun medial duvarı talamusun inferolateral yüzeyi ile fornixin fimbriasını birbirinden ayıran ve ince, dar bir yarık olan koroidal fissür tarafından oluşturulmaktadır.

2.2.1.2.Üçüncü Ventrikül

Üçüncü ventrikül korpus kallozum ve lateral ventrikül korpusunun altında sella tursikanın, pitüiter bezin ve mezensefalonun üzerinde, talamus ve hipotalamusun her iki yarısı arasında yerleşmiştir. Willis poligonu ve dalları ile olduğu kadar Galen veni ve bu vene dökülen diğer damarlar ile de yakın ilişki içindedir. Anterosüperior kenarında Foramen Monro’lar yoluyla her iki lateral ventriküller ile ilişki halindedir. Üçüncü ventrikülün yaklaşık üçte biri bu foramenin anteriorunda yer almakta ve inferiora doğru optik kiyazmaya uzanmaktadır. Posteriorıda ise serebral aquaduktus yoluyla dördüncü ventrikül ile

ilişki halindedir. Üçüncü ventrikülün çatısı, tabanı, anterior, posterior ve iki lateral duvarı bulunmaktadır. Dış yüzeyden görünebilen anterior duvar optik kiyazma ile lamina terminalis tarafından oluşturulmuştur. Lamina terminalis ince bir pia ve gri cevher yaprağı şeklinde yapı olup inferiorda optik kiyazma, süperiorda ise rostrum arasında seyreder. Optik kiyazma ile arasındaki boşluğu lamina terminalis doldurmaktadır. Ventrikül içinden ve önden bakıldığında ise yukarıdan aşağıya posterior duvar sınırları, suprapineal reses, habenular kommisür, pineal cisim ve resesi, posterior komisür ve aquaduktus tarafından meydana getirilmiştir. Posteriodan bakıldığında ise posterior duvarda görünür tek yapı pineal cisimdir. Pineal bez posteriora doğru kuadrigeminal sisterne uzanım göstermekte olup süperiorda spleniyum, laterallerde talamus, inferiorda ise korpora kuadrigemina ve serebellar vermis tarafından örtülmüştür. Inferiorda hipotalamuslar ve süperiorda talamuslar tarafından meydana getirilmişlerdir. Sağ ve sol talamuslar massa intermedia ile birbirlerine bağlanırlar. Hipotalamik ve talamik yüzeyler birbirlerinden hipotalamik sulkus ile ayrılmışlardır. Üçüncü ventrikül çatısı anteriora Foramen Monro'dan posterioda suprapineal resese kadar yukarı doğru hafif bir yay şeklinde uzanım göstermektedir. Üçüncü ventrikül tabanı optik kiyazmadan aquaduktus silvi'nin girişine kadar uzanan kısımdır. Anterior 1/2'lik kısmı diensefalik, posterior 1/2'lik kısmı mezensefalik yapılardan oluşur. Beyine alt yüzünden bakıldığında tabanı önden arkaya doğru optik kiyazma, hipotalamusun infundibulumu, tuber cinereum, mamiller cisimler posterior perforan substans ve serebral pediküllerin medial yüzeyinin üzerindeki tegmentum olarak sıralanmışlardır. Optik kiyazma üçüncü ventrikülün ön yüzü ile tabanın birleştiği bölgededir. Kiyazmanın alt yüzü tabanın ön kısmını, üst yüzeyi de ön duvarı alt kısmını oluşturur (39). Lateral ventriküller 3. ventriküle Foramen Monro ile bağlanırlar. Üçüncü ve dördüncü ventriküller birbirlerine mezensefalonun lümeni aracılığı ile bağlıdırlar. Bu lümen daha sonra giderek daralır ve bundan sonra aquaduktus Sylvii (aqueductus cerebri) adını alır (40). Aquaduktus Sylvii, üçüncü ve dördüncü ventrikülleri birbirine bağlayan, corpora quadrigemina ve tectum arasında yer alan, yaklaşık onbeş milimetre uzunluğunda dar bir kanaldır. Transvers düzlemdeki yapısı, değişik düzeylerde değişik görünüm verir: üst kısımda üçgen ya da T şeklinde, orta kesimi (ampulla) ise oval yapıdadır. Santral kısım hafif dilate görünümde olup, Retzius tarafından 'orta beyin ventrikülü' şeklinde tarif edilmiştir. En alt kısmı ise pars posterior

olarak adlandırılmıştır (41).

2.2.1.3. Dördüncü Ventrikül

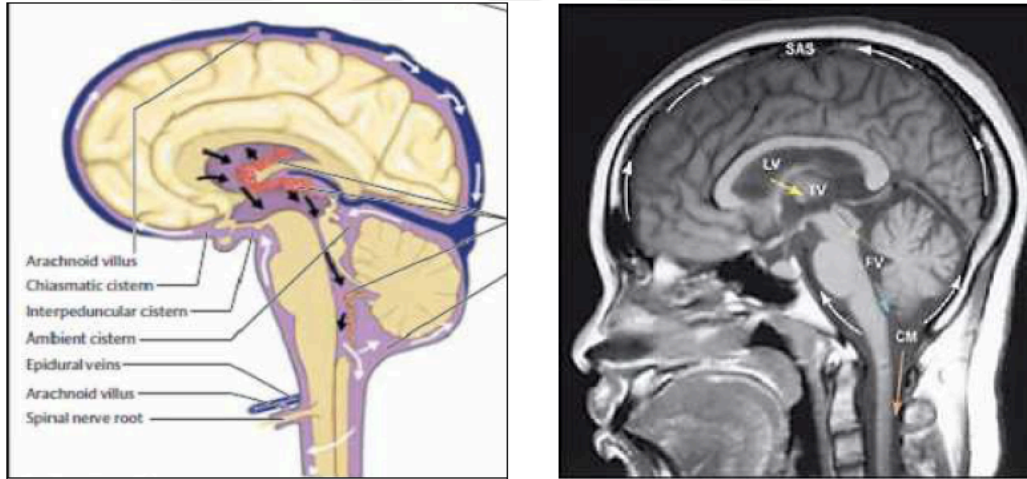
Romboid fossanın posteriordan velum medullare ile kapanmasından oluşmuş bir odacıktır. Dörtgen şeklinde olan romboid fossa 4.ventrikülün döşemesini meydana getirir. Yanlardan serebellar pedinküller ile sınırlanmıştır. Alt ucuna obeks, yan çıkmazlarına resessus lateralis denir. Koroid pleksus vasküler desteğini anterior ve posterolateral koroidal arterlerden alır, 3.ventrikül içindeki kısmı ise posterior medial koroidal arter ve 4.ventriküldeki koroid pleksus ise posterior inferior serebellar arterden beslenir. Venöz dönüşü koroidal ven ile internal serebral venlere olmaktadır. 4.ventrikül koroid pleksusu ve tela koroideayı drene eden medial ve lateral venöz segmentler ise serebellomedüller fissür veni, inferior pedinkül venlerine dökülürler.

2.2.2 BOS FİZYOLOGİSİ VE DOLAŞIMI

BOS ventriküler sistemle subaraknoid boşluk arasında dolaşan berrak renksiz bir sıvıdır. Beyin için doğal bir yastık görevi yapar. Bununla birlikte beyin metabolizmasının çeşitli substratlarının, metabolik ürünlerinin, hormonların ve nörotransmitterlerin dolaşımını sağlayarak, santral sinir sisteminin iç ortamında düzenleme görevi yapmak, beyini mekanik travmalara karşı korumak, beynin ekstrasellüler bölge ile direk temasını engellemek gibi birçok fonksiyonu vardır. BOS yaklaşık 0,35-0,37 mililitre/dakika veya ortalama 20 mililitre/saatlik bir hız ile günde 450–500 mililitre kadar üretilir (42). Bu üretimin yaklaşık yüzde sekseninden koroid pleksus sorumludur. Koroid pleksus, yan ventriküllerin tabanında, 3. ve 4. ventrikülün tavanında yer alan, kapillerler ve epitel hücrelerinden oluşmuş özel bir yapıdır. Koroid pleksus içerisinde yer alan kapillerlerin endotel hücreleri, beyindeki kapillerlerin endotel hücrelerinin aksine, birbirlerine sıkı bağlar ile bağlı değildir. Bu nedenle koroid pleksuslarda kan–beyin bariyeri yoktur. Koroid pleksuslarda BOS oluşumu, plazmanın kapiller endotel hücrelerinden süzülmesiyle başlar. Daha sonra bu filtrat epitel hücrelerinin mikrovillilerinden, enerji gerektiren, Na/K adenozintrifosfataz ve karbonik anhidraz enzimlerine bağımlı bir mekanizma ile salgılanır.

Koroid pleksusun tahrip edilmiş olgularda, BOS oluşumunun geçici olarak

yavaşladığı fakat kısa bir süre sonra tekrar normale döndüğü gözlenmiştir. Bu gözlem doğrultusunda, koroid pleksusların BOS üretiminin tek kaynağı olmadığı ortaya konmuştur. BOS üretimine en büyük katkıda bulunan ikinci etkenin, beynin ekstrasellüler sıvısının ventriküler boşluğa akması olduğu düşünülmektedir. Üretilen BOS, ardından birtakım yollardan geçmektedir. Lateral ventriküllerden Foramen Monro'dan geçerek üçüncü ventriküle ulaşmakta ve Aquaduktus Silvi yolu ile dördüncü ventriküle ulaşmaktadır. BOS daha sonra iki adet Foramen Luschka ve bir adet Foramen Magendi'den geçerek Sisterna Magna'ya yani subaraknoid boşluğa açılmaktadır. Subaraknoid boşluk beyin bazal yüzeyi etrafında yerleşmiş olup birbirleriyle bağlantılı bir BOS sistem ağı oluşturmaktadır. BOS tentoryumun çevresinden yukarı doğru emileceği yer olan süperior sagital sinüse doğru akmaktadır. Bununla beraber, bir kısım BOS ise lomber subaraknoid boşluğa ulaşmak üzere aşağı doğru akmaktadır.



Şekil 2.9: BOS'un üretildiği beyin boşlukları ve dolanım yollarını gösteren şematik resim ve MRG'de BOS'un akım yolu ve yönleri.

2.2.2.1 BOS Akımını Etkileyen Faktörler

BOS'un ventrikülo sisternal hareketi ilk yapılan çalışmalarda “bulk flow” teorisi ile açıklanmıştır. “Bulk flow” teorisi 1960'lı yıllarda Welch ve Friedman'in araknoid granülasyonların mekanik valv görevi gördüklerini ortaya atmasıyla çıkmıştır (43,44).

Bu teoriye göre BOS koroid pleksuslarda yapılmakta ve araknoid granülasyonlarda emilmektedir. BOS'un ventriküler sistemden araknoid

granülasyonlara hareketini ve emilimini sağlayan güç BOS'un üretildiği yerdeki basıncın emildiği yerdeki basınçtan hafifçe yüksek olmasıdır (45). Sistolde arteriyel kanın net bir şekilde kraniyuma akması ve beyin sapı ile diensefalonun kaudal pulsatil hareketine neden olan bir basınç dalgasının oluşmasından dolayı kapalı bir sistem olan kalvaryum içindeki BOS basıncı artar, sistolde doğal olarak kraniokaudal yönde bir BOS akımı oluşur (46). Diastolde ise venöz kanın kalvaryum dışına çıkması nedeni ile BOS basıncı azalır ve diastolde kaudokranial yönde bir BOS akımı meydana gelir. Bu akıma diensefalonun kontraksiyonu ve dura materin elastikiyetine bağlı subaraknoid boşluğun diastol esnasında bir geri tepme reaksiyonu göstermesi de katkıda bulunur. İşte BOS'un temelde kardiyak sikludan kaynaklanan ve kardiyak siklusla senkronize bir şekilde subaraknoid boşlukta foramen magnumdan spinal kanal içine doğru ileri-geri hareketine "pulsatile-flow" adı verilir. BOS'un merkezde koroid pleksuslarda üretildiği yerden periferde absorbe olacağı Pacchioni granülasyonlarına doğru olan akımına "bulk-flow" adı verilir (47).

Klasik bilgilere göre BOS'un emilim yeri olarak araknoid granülasyonlar gösterilse de BOS başlıca koroid pleksuslar olmak üzere santral sinir sisteminin kapiller sisteminde üretilmekte ve araknoid granülasyonlarla birlikte diffüz olarak santral sinir sisteminin kapiller yatağında emilmektedir (44,45,47,48).

Yapılan çalışmalarda fetus döneminde araknoid villus veya granülasyonlar izlenmemiştir. Neonatal dönemde araknoid granülasyonların yeni oluşmaya başlaması BOS emiliminde alternatif yolların olduğunu düşündürmektedir. En önemli yol olarak ise kribriform tabakayı geçen olfaktör sinir gözükmemektedir. Olfaktör sinir aracılığıyla nazal mukozaya gelen BOS burada lenfatik damarlar tarafından emilmekte ve boyundaki lenf nodları aracılığı ile plazmaya dönmektedir. Ayrıca BOS'un kraniyumu başka sinirler aracılığı ile de terk ettiği düşünülmektedir. Bu görüş verilmiş olan radyoaktif maddenin optik sinir ve vagus sinirinde de saptanmasıyla da desteklenmektedir.

BOS üretimi, kafa içi basıncından bağımsız ve sabittir. Öte yandan BOS emilimi kafa içi basıncı ile orantılıdır. 68 milimetre su basıncına kadar BOS emilimi yoktur. BOS emilimi bu basınçta başlar ve kafa içi basıncı ile birlikte doğru orantılı olarak artar. 140 milimetre su basıncı seviyesinde BOS üretimi ve emilimi birbirine eşittir, bu da normal kafa içi basıncı seviyesidir. Kafa içi

basıncının yüksek olduğu durumlarda BOS emilimi de artar ve yükselen kafa içi basıncını düşürmek için mevcut BOS hacmi azaltılmaya çalışılır. Diğer bir deyişle, sagittal sinüs ile ventriküler sistem arasında açılış basıncı 68 milimetre su olan ve her iki yapıda aynı seviyede olduğu için vücudun pozisyonuna bağlı sifon etkisi göstermeyen doğal bir şant vardır (48,49,50).

2.2.3 HİDROSEFALİ

Hidrosefali aşırı miktarda BOS'nın dilate serebral ventriküller ve subaraknoid boşlukta birikmesi ile seyreden bir bozukluktur (51,52). Çocuklarda, hidrosefali hemen her zaman artmış kafa içi basıncı (KİBAS) ile ilişkilidir. Çoğu olguda bu durum, BOS dolanımındaki bozukluğa bağlı olarak (obstrüktif veya non-komunike hidrosefali) fazla miktardaki BOS'un serebral ventriküllerde birikmesinden kaynaklanır. Daha az sıklıkta emilimdeki yetersizlik (komunike hidrosefali) BOS birikimine neden olur. Normal basınçlı hidrosefalide serebral ventriküller patolojik olarak genişlemiş fakat KİBAS normal sınırlardadır. Bu durum genellikle bozulmuş BOS emiliminden kaynaklanır. Hidrosefalinin bu formları aynı kelimeyi içeren iki radyolojik bulgudan ayırt edilmelidir; 'Hidrosefali ex-vacuo' terimi beyin atrofisine veya yaralanmaya sekonder beyin dokusu kaybına bağlı ventriküllerdeki dilatasyonu anlatmaktadır. Hidrosefali ex-vacuo'ya KİBAS artışı eşlik etmez. Eksternal hidrosefali terimi ise subaraknoid boşlukta fazla miktarda BOS bulunmasını ifade etmektedir (53).

Bilinen ilk bilimsel hidrosefali tanımı Hippokrat'a (M.Ö.466-377) aittir. Hidrosefali tanımı da ilk kez Hipokrat kaynaklarında rastlanmaktadır. Ancak o dönemde bu terim bugünkü anlamından daha çok, beyin dokusunu çevreleyen subdural higromalar, kafa içindeki genişlemiş subaraknoid mesafeler ve araknoid kistleri tanımlamak üzere kullanılmaktaydı (54). Bergamalı Claudius Galen'e dayanan bilgiler (M.S.130-200) hayvan diseksiyonlarına atfedilen kapsamlı bir ventrikül anatomisinden bahsetmektedirler. Kafaiçi sıvı birikimlerinin ilk anatomopatolojik sınıflamasını yapanda Galen'dir (55). 1551 yılında insan otopsisine dayandırılarak yapılan ilk bilimsel hidrosefali tanımı De Humani Corporis Fabrica Libre Septem'de Andreas Vesalius tarafından bildirildi. BOS dolanımı ve fizyopatolojisi ile ilgili çalışmaların önü açıldı.

Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da konjenital hidrosefali prevalansı

0,5–0,8/1000 canlı ve ölü doğum olarak hesaplanmıştır (56,57,58). Bu vakaların yaklaşık yarısının myelomeningosel (spina bifida) ile ilişkili olduğu, ancak bu oranın popülasyonlar arasında değişiklik gösterdiği bildirilmektedir.

2.2.3.1. Hidrocefali Sınıflaması

Hidrocefalide çeşitli sınıflamalar mümkündür. Komünike-nonkomünike (Dandy&Blackfan 1914), obstrüktif-nonobstrüktif (Russell, 1949), idiyopatik, doğumsal kazanılmış, sendromik non-sendromik, internal-eksternal gibi sınıflandırmalar yapılmıştır (46,59,60).

Hidrocefali “bulk flow” teorisine göre, aşırı BOS üretimi ve BOS emiliminin azalmasına bağlı iki grupta sınıflandırılmaktadır (42).

a. Aşırı BOS üretimi: BOS üretimindeki artış son derece az görülen bir antite olup genellikle tümöral bir oluşum sonrası (koroid plexus papillomu-karsinomu) ortaya çıkmaktadır. Bu olguların %80’inden fazlasını 0-5 yaş çocuklar oluşturmaktadır. Bu yaş grubunda papillomlar lateral ventrikül trigonlarında yerleşmiş şekilde görülmektedir. Yetişkin hastalarda ise bu patolojiyi daha çok dördüncü ventrikül düzeyinde görmekteyiz (61). Aşırı BOS üretimine bağlı hidrocefalinin radyolojik bulgusu dördüncü ventrikülü de içeren tüm ventriküler sistemde genişlemedir

b. BOS emilim azalması: Komünike ve non-komünike olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir.

1-Komünike hidrocefali: Foramen Magendi ve Luschka sonrası ortaya çıkan bir emilim problemi nedeni ile oluşan hidrocefali durumudur.

Bulk flow teorisine göre komünike hidrocefali nedenlerine bakıldığında;

a. Araknoid villus obstrüksiyonu

- Karsinomatöz menenjit
- Kimyasal menenjit
- Hemoraji
- Yüksek BOS protein değerleri
- AVM veya galen veni anevrizmasına sekonder venöz basınç artışı
- Mukopolisakkaridoz

- Non-enfeksiyöz enflamatuvar sebepler
- Venöz tromboz

b. Kafa tabanı düzeyinde obstrüksiyon

- Akondroplazi
- Chiari tip 2-3
- Dandy-Walker malformasyonu

3. Nedeni bilinmeyen (idiyopatik)

- Eksternal hidrocefali
- Normal basınçlı hidrocefali (NBH)

Komunikan hidrosefalinin radyolojik bulgusu dördüncü ventrikülü de içeren tüm ventriküler sistemde genişlemedir.

2-Non-komünike hidrocefali: Tıkanıklık nedeni ile ortaya çıkan bu durum ventriküllerde Foramen Monroe seviyesinden başlayıp çıkış foramenleri olan Magendi ve Luschka seviyesine kadar olan bölümde ortaya çıkan obstrüksiyonlar nedeni ile oluşur. Ventrikül içerisinde olabilecek neoplazmlar (ependimom, subependimom, meningiom vb.) ile komşu yapıların neoplazmları, dev baziler tepe anevrizmaları, araknoid kistler bu tıkanıklığa neden olabilmektedir. İntrakranial enfeksiyonlar ve intraventriküler hemorajiler de özellikle aquaduct düzeyinde tıkanmaya yol açabilmektedir (62,63). Konjenital aquaduct stenozu ise özellikle yeni doğan döneminde ciddi hidrosefalilere neden olabilmektedir. Hidrosefalinin en sık nedeni BOS akımındaki obstrüksiyondur (64). Obstrüksiyonun proksimalinde ventriküler sistemde dilatasyon izlenir.

2.2.3.2. Hidrocefali Etiyolojisi

Hidrocefali konjenital veya edinilmiş olabilir. Santral sinir sistemi malformasyonları, enfeksiyonlar, intraventriküler hemorajiler, genetik defektler, travma ve teratojenler konjenital hidrocefaliye neden olabilirler (65).

Konjenital hidrosefalinin en sık görülen genetik formu X'e bağlı hidrosefalidir. Konjenital hidrocefali olgularının yaklaşık %5'inden sorumlu olan bu bozukluk akuaduktus stenozu ile seyretmektedir. Etkilenen erkek çocukların %50'sinde görülen hipoplastik baş parmak tanıya yardımcı olmaktadır (66). L1

molekölünü kodlayan gendeki mutasyonlar bu bozukluktan sorumludur. L1, nöral gelişim için esansiyel olan bir nöral hücre adezyon molekülüdür (67).

Santral sinir sistemi malformasyonları hidrosefalinin diğer sık rastlanan nedenleridir. Sıklıkla nöral tüp defektlerinin eşlik ettiği Chiari malformasyonunda beyin sapı ve serebellum servikal spinal kanala doğru yer değiştirmiştir. Bu BOS'un posterior fossadaki akımını bozarak hidrosefaliye neden olur. Dandy-Walker malformasyonunda dördüncü ventrikül ile ilişkili geniş bir posterior fossa kisti ve buna eşlik eden serebellar gelişim defekti mevcuttur. Serebellar vermisin tam veya parsiyel agenezisi bulunur. Foramen Luschka ve Magendie'lerin atrezisine bağlı olarak, Dandy – Walker malformasyonlu hastaların %70 – 90'ında hidrosefali gelişir (68). Galen veni malformasyonu hidrosefalinin nadir bir nedenidir. Dilate ve disloke olmuş galen veninin akuadukta bası yapması sonucu obstrüksiyon gelişir. Bu hastalar yeni doğan döneminde dirençli kalp yetmezliği tablosu ile prezente olabilirler (69). Myelomeningosel vakalarının çoğunda hidrosefali görülmektedir. Etiyolojide dördüncü ventrikül çıkışında obstrüksiyon, Chiari II malformasyonuna bağlı olarak posterior fossada BOS akımında bozukluk veya eşlik eden akuaduktal stenoza suçlanmaktadır. Ensefalosel, beyin ve/veya meninkslerin kafatasındaki bir defektten herniye olduğu, sık görülen başka bir nöral tüp defektidir. Oksipital ensefaloseli olan vakaların yaklaşık yarısına hidrosefali eşlik etmektedir.

Rubella, CMV, toksoplazma, sifiliz gibi intrauterin enfeksiyonlar hidrosefaliye neden olabilirler. Buradaki mekanizma ventriküler sistemin ependimal tabakasının ve subaraknoid boşluktaki meninkslerin inflamasyonudur. (65). Bu BOS'un emilim bozukluğuna ve/veya akuadukt veya bazal sisternler düzeyinde BOS akımının obstrüksiyonuna yol açabilir.

İzole hidrosefali sıklıkla akuaduktal stenoza bağlı gelişir. Bu akuaduktun konjenital idiyopatik daralmasına bağlı veya intrauterin bir enfeksiyona bağlı gelişebilir (64).

Koroid pleksus papilomu veya karsinomları artmış BOS sekresyonu nedeniyle komünikan hidrosefaliye yol açabilirler.

a-Lokalizasyonlarına göre hidrosefali nedenleri:

1-Foramen Monro: Komşu dokulardan kaynaklanan tümörler (örneğin

glial tümörler, epandimomlar ve subepandimomlar), intra- veya periventriküler kistler (araknoid, dermoid veya epidermoid kistler), geçirilmiş hemorajiler ve ventrikülit sonrası gelişen yapışıklıklar; Foramen Monroe'yu tıkayabilir (70,71). Bu bölgede yerleşen, en özellikli obstrüksiyon sebebi, kolloid kisttir. Kist içeriğine bağlı olarak MRG'de farklı sinyal karakteristikleri izlenilebilirse de, bu kistler genel olarak T1 ağırlıklı (A) imajlarda hiperintens, T2 ağırlıklı (A) imajlarda ise izo-hipointens görünümündedir (72). Diğer hidrocefali nedenlerinden farklı olarak; Foramen Monroe obstrüksiyonu, bazen unilateral ventrikülomegali yapabilir (70).

2-Aquaduktus serebri (AS): Aquaduktus serebri stenozu kongenital veya edinilmiş olabilir ve hidrocefali olgularının % 20'sinde görülür (71,73,74,75). En sık stenoz nedenleri; pineal gland tümörleri, tectum-tegmentum yerleşimli gliomlar, tentoryal menenjiomlar, Galen veni anevrizmaları, web, şineşiler veya sistiserkozistir (70,76). Üç boyutlu (3B) ağır T2A imajlarda; aquaduktal web direkt olarak izlenebilir (77). Ayrıca aquaduktal açıklığın değerlendirilmesinde; BOS akım MRG'de faydalı olabilir (78). Kontrastlı Manyetik Rezonans Sisternografi (KMRS), şüpheli veya tanı konamayan olgularda ek bilgiler verebilir (76). Son zamanlarda yayınlanan çalışmalar göstermiştir ki; üç boyutlu SPACE sekansının varyant FA modu (VFAM) ile kullanımı; aquaduktus serebri stenozu tanısında sıklıkla tek başına yeterli olabilmektedir (75). Üç boyutlu SPACE tekniği ile elde olunan ağır T2A imajlarda; diğer üç boyutlu sekanslardan farklı olarak, daha az artefakt izlenmektedir (75,79).

3-4.ventrikül çıkımı: Tıkanıklık araştırmasında; üç boyutlu ağır T2A sekanslar veya üç boyutlu SPACE tekniği (VFAM modu ile) kullanılabilir (70). Bununla birlikte tam tanı konamayan olgularda, KMRS faydalıdır (76). Foramen Luschka veya Foramen Magendi tıkanmasının en sık nedenleri; kanama, menenjit ve dıştan baskı yapan lezyonlardır (tümörler, kranyoservikal gelişim bozukluğu gibi) (70). Posterior fossa neoplazmları arasında çocuk yaş grubunda en sık izlenenleri; medulloblastom, serebellar astrositoma ve beyin sapı gliomları'dır (70,71). Nadiren posterior sistemin enfarktları kitle etkisi yaratarak 4. ventrikül çıkımını tıkayabilirler ve akut hidrocefali yapabilirler.

4-Foramen Magnum: Daralmış foramen magnum sebebi olabilecek

durumlar arasında; osteokondrodizplaziler, metabolik hastalıklar, gelişimsel bozukluklar ve Chiari malformasyonları sayılabilir (77). Daralmış foramen magnum; serebral venöz dönüşü jugular foramen düzeyinde engelleyerek, sıklıkla intrakranyal hipertansiyona neden olmaktadır (77,80). Bu tür olguların tanısında yukarıda sözü edilen teknikler faydalı olmakla birlikte, en uygun morfolojik analiz için üç boyutlu T1A imajların da elde olunması önerilmektedir. Posterior fossa-foramen magnum düzeyindeki BOS akımının değerlendirilmesinde; phase cine (PC-MRG) faydalı olabilmekle birlikte, üç boyutlu SPACE sekansının VFAM tekniği ile elde olunan imajları, bu gereksinimi büyük oranda ortadan kaldırmıştır (81).

2.2.3.3. KLİNİK BULGULAR

Hidrosefalinin bulguları çocuğun yaşına ve BOS'un artma derecesine göre değişebilir. Yenidoğanlarda görülen hidrosefalide, merkezi sinir sisteminde BOS'un artmasına ve bundan dolayı fontanelin çıkıntı yapmasına ve kafanın normalden büyük olmasına sebep olur. BOS'un basıncından dolayı henüz kaynaşmamış kafatası kemikleri birleşme noktalarından dışarıya doğru taşar ve bu durum hastanın yüz hariç oldukça büyük bir kafaya sahip olmasına sebep olur. Kranial suturelerin açık olduğu iki yaşın altındaki çocuklarda baş çevresinde büyümenin en önemli bulgulardan biridir. Ayrıca fontaneler açıksa fontanel kabarıklığı, kranial suturelerde açılmalar, apne, bradikardi, oftalmopleji, kusma, iştahsızlık, kilo alamama, uykuya eğilim, ilerlemiş olgularda ise frontal çıkıntı ve setting sun fenomeni (batan güneş belirtisi) klinik olarak görülebilir. Kranial sutureler ve fontaneleri kapanmış çocuklarda ise, hidrosefalinin neden olduğu KİBAS sık karşılaşılabilen bir durumdur. Çocuklarda aşırı baş ağrısı veya KİBAS artışı düşünülürken diğer bulguların varlığında hidrosefali akla getirilmelidir. Hidrosefali mental retardasyona yol açabilir.

2.2.3.4 HİDROSEFALİDE GÖRÜNTÜLEME BULGULARI

Öykü, fizik ve nörolojik muayene bulguları yanında radyolojik inceleme tanı koydurucudur. Radyolojik tanı yöntemleri arasında, direk kranium grafisi, ultrason, bilgisayarlı beyin tomografisi ve manyetik rezonans görüntüleme yer alır.

1-Kranial Ultrasonografi: Hidrosefalisi kanıtlanmış veya şüpheli olan

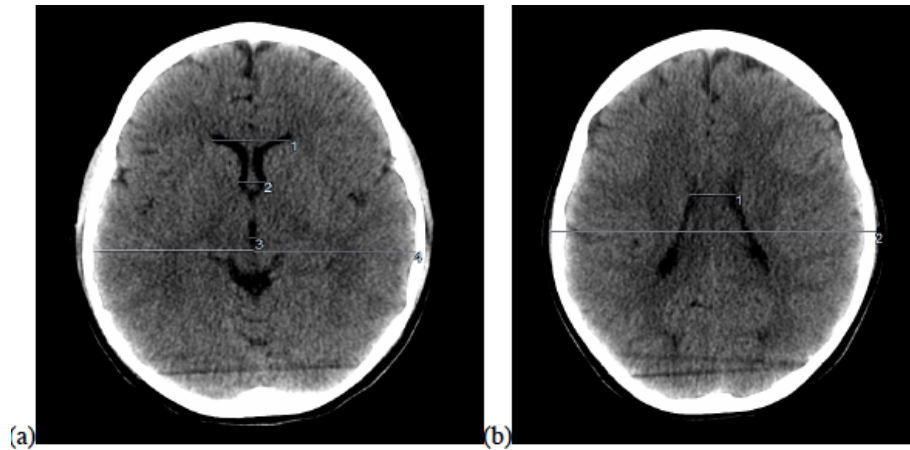
prenatal infantların takibinde kullanılabilir. Radyasyon içermemesi, taşınabilir olması ve hastaya sedasyon gerektirmemesi gibi avantajları olmakla birlikte, yalnızca fontaneli açık olan infantlarda kullanılabilmesi ve yalnızca supratentorial yapıları gösterebilmesi sebebiyle sınırlı kullanım alanına sahiptir.

2-Direk kranium grafileri: Genişlemiş kafa ve kraniofasial oransızlık, sütür seperasyonu, ön fontanelde genişlik görülebilir. Ayrıca kranium kemiklerinde, bazen de posterior klinoid proçeste, sfenoid kemiğin kanatlarında incelme ve demineralizasyon izlenebilir. Uzamış intrakranial basınç artışı gösteren dövülmüş bakır görünümü olabilir. Geniş bir posterior fossa Dandy-Walker sendromunu düşündürülebilir. Galenik arteriovenöz malformasyona (AVM) ait kalsifikasyon görülebilir.

3-Ventrikülografi ve Sisternografi: BOS akım alanları arasında komunikasyon olup olmadığını ortaya koyabilen diğer radyolojik yöntemlerdir.

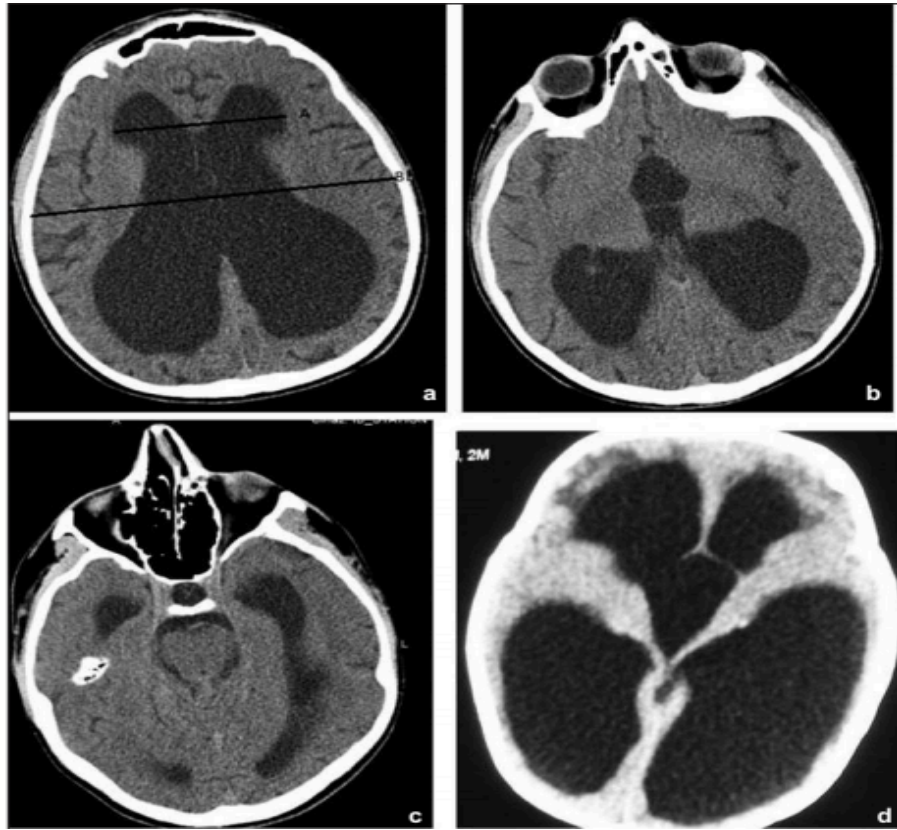
4-Bilgisayarlı Beyin Tomografisi

Bilgisayarlı Beyin Tomografisi (BBT) hidrosefalinin tanı ve tedavi takibinde kolay uygulanabilen, hızlı, tekrarlanabilen bir incelemedir. BBT hidrosefali tanı ve tedavi takibinde sık sık ventriküler boyutunun tayin edilmesi için, öncelikle uygulanır. Lateral ventriküllerin hangi oranda dilatasyon göstermiş olduğu ve frontal horn konfigürasyon değişikliğini belirlemede Evans oranı (frontal boynuzların genişliği en büyük biparietal çapa bölündüğünde sonuç 0,3'ten büyük ise bu veri hidrosefali lehine kabul edilir) BBT görüntüleri kullanılarak belirlenebilir (Resim 2.2.). Yine 3. ventrikül yapısı hidrosefali tanısında balonlaşma göstermesi (Resim 2.2) ve temporal hornlarda genişleme BBT (Resim 2.2.) de görülebilir.



Resim 2.1.: BBT’de parametrik ölçümler (normal olgu): (a)1-Maksimum bifrontal uzaklık 2-Foramen Monro düzeyinde kaudat nukleuslar arası uzaklık 3-3.ventrikülün maksimum genişliği 4-Maksimum bifrontal uzaklığın ölçüm düzeyinde, maksimum kafa iç çapı (b)1- Sella medialar-lateral ventriküllerin pars santrali arası minimum genişlik 2- Cella media ölçüm düzeyinde maksimum dış interparietal çap

Evans indeksi: $1/4=3,14/12,68=0,2$ (0,3’ten büyük ise hidrocefali lehine kabul edilir)



Resim 2.2.: BBT’de hidrocefali tespiti. Evan oranının hesaplanması A/B (a), 3.ventrikülde balonlaşma, genişleme (b), temporal hornlarda genişleme (c), ileri derecede ventrikül dilatasyonu (d). (Tüm resim ve şekiller Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji A.D arşivinden alınmıştır.)

Ventrikül boyut oranında ise, lateral ventriküllerin frontal boynuzlarının en geniş olduğu kesit alınır. Frontal boynuzların en yan noktalarının birbirlerine olan uzaklığı ölçülür. Daha sonra bu değer aynı seviyede, kafatasının iç tabulalarının birbirine olan uzaklığına bölünür, ortaya çıkan değer 0,5’ten büyükse bu bulgu

hidrosefali lehinedir.

Ventrikülomegali tanısı kalitatif ve kantitatif ölçümlerle yapılabilir. Kalitatif yaklaşım en doğrusudur (82,83,84,85,86,87,88,89). Ölçüm, biparietal çap ölçümü için kullanılan planın hemen üzerindeki transaksiyel plandan alınır. İşaretler ventriküler duvarı içermemeli ve ventriküler duvarlara dikey yerleştirilmelidir. Ön boynuzların, atriumların ve arka boynuzların normal büyüklüklerinin normogramları vardır (90,91,92).

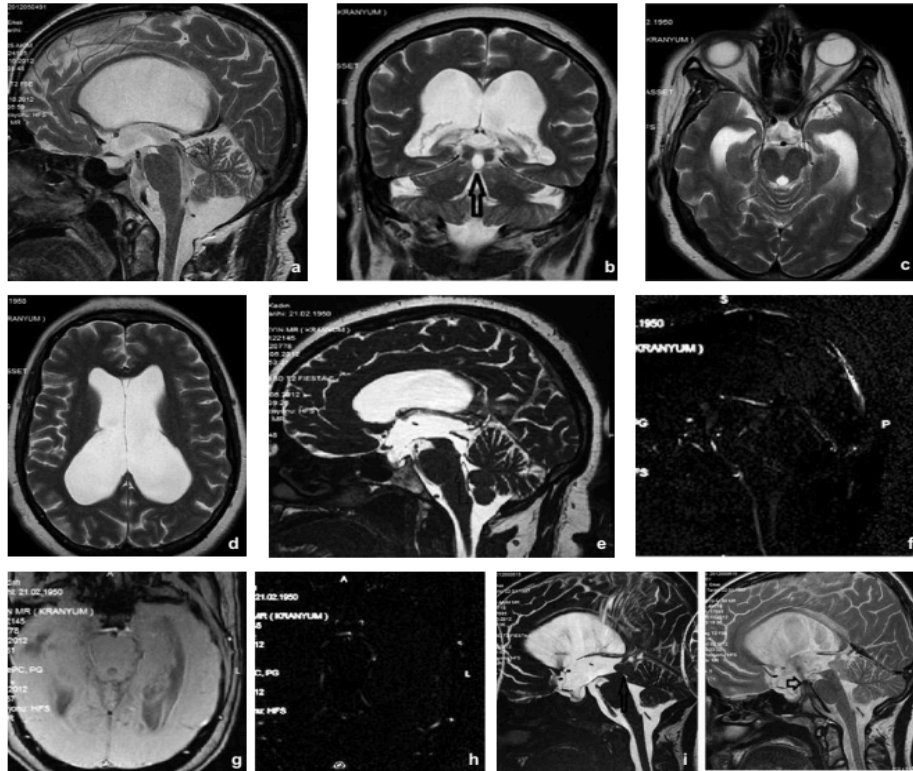
Günümüzde atrium genişliklerinin ölçümü sıklıkla kullanılmaktadır. Lateral ventriküllerin ölçümü (atrium hizasında) normalde 10 milimetre altında olmalıdır. 10 milimetre ve üzerinde olanlar üç gruba ayrılmaktadır:

Lateral Ventrikül Genişliği 10-12 milimetre arasında olanlar hafif ventrikülomegali, 12-15 milimetre arasında olanlar orta ventrikülomegali, 15 milimetre ve üzerinde olanlar ağır ventrikülomegali olarak sınıflandırılır.

Basınç artışı nedeniyle transventriküler transependimal beyin omurilik sıvısının beyin parankimi içine geçişi periventriküler ödemin tespiti BBT de hidrosefali tanısı için kullanılan parametreler arasındadır. Şant yerleştirilmesi sonrası ventrikül ucunun lokalizasyonunu belirlemede de BBT kullanılmaktadır (77,93). Tekniğin posterior fossayı iyi göstermemesi bu nedenle beyin sapı lezyonlarının değerlendirilmesinde yetersizlik, tek düzlemde görüntü alması, X ışını kullanması gibi dezavantajları nedeniyle son yıllarda hidrosefalinin tanısında yerini MRG'ye bırakmıştır. BBT'nin en büyük dezavantajı ise özellikle pediatrik populasyon için X ışını kullanmasıdır. Hidrosefalinin tanısında ve izleminde sıkça kullanılır oluşu ve X ışını nedeniyle özellikle 5 yaş altı populasyonda ileri dönemler için potansiyel sinir sistemi üzerinde malignite riski taşır. Şant malfonksiyonunun ilk bir yıl içinde literatürde %33 oranında olması düşünülürse tekrarlayan BBT incelemesine bağlı olarak bu riskin önemi bir kez daha görülebilir (93,94). Bu etkisini azaltmak üzere literatürde sınırlandırılmış üç kesitli BBT uygulamaları mevcuttur. Önerilen bu protokolda foramen magnum ve verteks orta noktası, mastoid hava hücreleri üst noktası ve orbital çatı tanımlanan üç referans noktasıdır ki hızlı bir şekilde bu üç noktadan alınan kesitler ile hidrosefalinin cerrahi sonrası takibinde bir tanı metodu olarak kullanılabileceği önerilmektedir. Bu protokol ile özellikle şant malfonksiyonu takibinde uygulanan doz miktarı %90 oranında azaltılabilmektedir (95).

5- Manyetik Rezonans Görüntüleme

MRG son yıllarda hamilelerde de kullanılması nedeniyle özellikle ventrikülomegali ve hidroşefali vakalarının tanısında ve etyolojik nedenlerinin belirlenmesinde, BOS hidrodinamiğinin tespitinde yaygın olarak kullanıma girmiştir (77,96,97,98,99,100,101,102,103). MRG; yalnızca BOS ile ilişkili hastalıklara tanı konulmasında değil, tedavi gerekliliğini belirlemede ve cerrahi tedavi sonrası izlemde de faydalı bir tekniktir. MRG teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak geliştirilen yeni sekans ve teknikler ile, başta hidroşefali olmak üzere birçok BOS ile ilişkili hastalığın doğru ve etkin değerlendirmesi, çok daha hızlı olarak yapılabilmektedir. MRG ile rutin T1 ve T2 incelemeleri yapılarak parankim, ventriküler sistem patolojileri tespit edilebilir. Spin Echo (SE), half fourier acquisition (HASTE), true fast imaging with steady state procession (FISP), single shot turbo spin echo (SSTSE), tree dimensional constructive interference in the steady state (3D-CISS) spatial modulation of magnetization (SPAMM), cine phase contrast (cine-PC) sisternaların BOS akım dinamiğinin belirlenmesinde kullanılan MRG protokolleridir. Bunlardan TSE, FSE, cine-PC protokolleri sisterna anatomisi ve BOS akımının incelenmesi için rutin olarak kullanılmaktadır.



Resim 2.3: Hidroşefali tanısında MRG; Akuaduktusta tıkanıklığa bağlı

oluşan triventriküler hidrocefali (a), akuaduktusta saptanan tıkanıklık nedeniyle oluşan temporal hornlarda belirginleşme (b) temporal hornlarda genişleme (c), lateral ventriküllerde genişleme (d), sagittal (e,f), axial (g,h) BOS akım MRG incelemesi, T2A 3D SPACE sekansında akuaduktus seviyesinde tam tıkanıklık (i), T2A 3D SPACE sekansında ETV sonrası oluşan aralıktan BOS akımını gösteren hipointens flow void görünümü (j).

Hidrocefali tanısında en çok kullanılan kriterler aşağıda verilmiştir;

- 1- Ventrikülomegali (Evans indeks >0.3)
- 2- 3. ventrikül girintilerinde ve lateral ventrikül hornlarında genişleme
- 3- Frontal hornlar arası açıda ve mamillopontin mesafede azalma
- 4- Korpus kallozum'da incelme ve yukarıya doğru elongasyon
- 5- 3. ventrikül duvar hareketlerinde azalma
- 6- Normal veya daralmış kortikal sulkuslar
- 7- Periventriküler beyaz cevher hiperintensiteleri (interstisyel ödem ve akut hidrocefali bulgusudur)
- 8- Akuaduktus silvide flow void fenomeni saptanması (kommunikan tipte sık görülür) (104).

Tüm bu kriterler MRG ile rahatlıkla tespit edilebilmektedir. MRG intrakranial patolojileri ve transependimal BOS absorpsiyonunu net olarak gösterebilmektedir. Bu nedenle hidrocefalinin etyolojisinin aydınlatılmasında ve tedavi planlanmasında; yeni MR teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında faz-kontrast sine MR (PC-MRG veya BOS akım MR), üç boyutlu ağır T2A sekanslar ve MR sisternografi (MRS) sayılabilir. Her üç tekniğin de, kendi avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin PC-MRI; BOS dolaşımı hakkında fizyolojik bilgiler verebilmekle birlikte, karmaşık akım varlığında yalancı pozitif-negatif sonuçlara sebep olabilmektedir (74,105). Ayrıca PC-MRG tekniği; teknik faktörlere bağlı olarak hatalı sonuçlar verebilmektedir (106).

Üç boyutlu ağır T2A sekanslar ise anatomik detayı güzel göstermekle birlikte, fizyolojik bilgi verememektedir (107,108). KMRS ise; invaziv bir testtir ve deneyim gerektirmektedir (76). Son yıllarda; Üç boyutlu SPACE tekniğinin, hidrocefalisi olan hastaların değerlendirilmesinde faydalı olduğu belirtilmiştir

(107). Bu tekniğin en önemli avantajları; tüm kranyumun kabul edilebilir bir sürede izotropik vokseller ile taranabilmesi (yüksek kaliteli multiplanar reformatted imajların elde olunmasına olanak sağlar), 3 tesla cihazlarda, spesifik absorption rate (SAR) limitlerini aşmadan kullanılabilmesi, farklı sekans tiplerinin alınmasına olanak vermesi (T1A, T2A, FLAIR, proton-dansite, or varyant flip-angle mode T2A gibi), non-invaziv olması ve artefaktlara daha az duyarlı olmasıdır (75,79).

2.3 ARAKNOİD KİSTLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Intrakraniyal araknoid kist ilk defa 1831 yılında Bright tarafından tanımlanmıştır (7). Araknoid kistler iyi huylu, BOS ile aynı karakteristiğe sahip, homojen içerikli, ekstraaksiyal yerleşimli, düzgün kenarlı, kontrast madde tutmayan, kalsifikasyon olmayan, sıklıkla dura ile beyin yapıları arasında bulunan, ventriküler sistemle bağlantısı olmayan, intraaraknoidal yerleşimli, beynin en sık karşılaşılan konjenital kistik lezyonları olarak tanımlanmıştır (8,9,109). Araknoid kistler sıklıkla rastlantısal bir görüntüleme bulgusudur (110). Araknoid kistlerin %75' i çocukluk çağında tanı almalarına rağmen tüm yaş gruplarında görülebilirler. Toplum tabanlı çalışmalarda, araknoid kistlerin tüm intrakraniyal yer kaplayan lezyonların yaklaşık %1'ini oluşturduğu bildirilmiştir, ancak genel popülasyonda ki gerçek sıklığı net bilinmemektedir çünkü yapılan prevalans çalışmaları nöroaksis görüntülemeye tabi tutulanlarda semptomatik hasta popülasyonunda yapılmaktadır (111). Çalışmalar sıklığın bir ve beş yaşında en yüksek olduğunu (sırasıyla %3,8 ve %4,6) göstermektedir. Yapılan bir çalışmada 11 yıllık süre içinde beyin MR görüntülemesi yapılan 11738 çocuk hastada araknoid kist sıklığını %2,6 olarak saptadıklarını bildirmişlerdir (112). Aynı çalışmada kist görülme oranı erkeklerde kızlardan daha yüksek saptanmış. Bu kistlerin çoğunluğunun orta fossa yerleşimli olduğu ve yaşa göre dağılımda anlamlı farklılık olmadığı bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda hem yetişkinlerde hem de çocuklarda erkeklerde daha sık görüldüğü (2:1 erkek/kadın) dikkati çekmektedir (112,113,114).

2.3.1 Epidemiyoloji

Intrakraniyal araknoid kistler primer (konjenital) ya da travmaya, kanamaya, enfeksiyona sekonder (kazanılmış) olabilirler (115). Genellikle oldukça büyük bir kist olsada hastaların yakınması olmayabilir ve bu kistler yıllarca asemptomatik

kalabilir veya tesadüfen otopsi bulgusu olarak saptanabilir (116,117). Araknoid kistler yaşam boyu asemptomatik olabildikleri için, onların gerçek insidansı tam olarak bilinmemektedir (118,119,120,121). Travmayı takiben oluşan araknoid kistlerin 10 ay-6,2 yıl arasında bir latent dönemden sonra oluştukları tesbit edilmiştir (122). Bir çalışmada ise araknoid kistlerin gelişimsel bir bozukluk olduğunu bildirilmiştir (123,124). Araknoid kistlerin beyindeki en sık yerleşim yeri orta fossa olup, orta fossada yaklaşık %66 oranında; arka fossada %17 oranında; suprasellar, frontal, serebral konveksite, interhemisferik fissür ve kuadrigeminal sinternde %17 oranında görülmektedir. Orta fossa araknoid kistleri yerleşimleri nedeni ile silvian fissür ya da temporal fossa kistleri olarak da adlandırılır. Orta fossa kistlerinin %25'i bilateraldir (7,115,122,125,126,127). Çocuklarda kistlerin yaklaşık yarısı orta fossada bulunur. Erkeklerde ve solda (%66) daha sık görülme eğilimi gösterirler (112). Orta fossa kistleri yetişkinlerde biraz daha az yaygın olmasına rağmen (vakaların%34'ü), sol ve sağ hemisfer arasındaki dağılım çocuklarla benzerdir. Bazı çalışmalarda cinsiyet farklılıklarının temporal fossa araknoid kisti dışında istatistiksel olarak anlamlılık göstermediğini bildirmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise radyografik olarak araknoid kistleri olan yetişkinler üzerine yaptıkları çalışmada, serebellopontin açıda, kuadrigeminal alanda ve sella'da bulunan kistlerde istatistiksel olarak anlamlı artmış semptomatik kist oranı tespit ederken, erişkinlerde görülen orta fossa kistlerinin daha düşük oranda belirti verdiklerini saptamışlardır. Araknoid kistler nadiren diploe aralığı ve ventrikül içi gibi subaraknoid aralık ile anatomik olarak ilişkisiz bölgelerde de gelişebilir (113,128,129,130,131).

2.3.2 Klinik Bulgular

Araknoid kistlerin klinik bulguları sıklıkla nonspesifik ve değişkendir. Bir kısmı herhangi bir klinik semptom göstermeyen, rastlantısal olarak bulunan olgulardır (132). Bu lezyonlar muhtemelen gelişimsel olarak gelişmektedir ve ilerleyici genişleme nedeniyle veya kist içine kanama nedeniyle semptomatik hale gelmektedir (133). Klinik bulgular, kistin boyutu, anatomik lokalizasyonu ve BOS akımına olan etkisi ile ilişkilidir (132). Küçük boyutta kalıp klinik olarak sessiz olabildikleri gibi, büyüyerek ve çevre nöronal dokular üzerinde kitle etkisine neden olarak çeşitli semptomlar meydana getirebilir. En sık karşılaşılan semptomlar; artmış intrakranial basınç ve nöronal dokuların kompresyonundan

kaynaklanan başağrısı, nöbet, baş dönmesi, yürüme bozukluğu, bulantı-kusma, kulak çınlaması, çift görme, gelişme geriliği ve kalvaryumda şişlik gibi yakınmalardır (118,132,134,135).

Semptomatik araknoid kistleri olduğu düşünülen erişkin hastalarda en sık görülen şikayet baş ağrısı olmakla birlikte hidrosefali, ataksi, vertigo, işitme kaybı ve nöbetler de bu popülasyondaki yaygın şikâyetlerdendir (113). Dengesizlik ve yürüme güçlükleri aynı zamanda araknoid kistin neden olduğu hidrosefaliye bağlı semptomlar da olabilir. Hidrosefali ile kombine edildiğinde, bu semptomlar, araknoid kistin dekompresyonu veya hem dekompresyon hem de şantlama ile başarılı bir şekilde tedavi edilebilir (136). Dengesizlik, motor veya duyu korteksin yakınında bir araknoid kistin neden olduğu fokal nörolojik bozukluktan da kaynaklanabilir (137). Hidrosefali veya motor/duyu semptomları ile kombine olmanın yanı sıra, baş dönmesi ve dengesizlik hissi araknoid kisti olan hastalarda ikinci en sık görülen semptomdur (138). Orta hat kistleri genellikle obstruktif hidrosefali ile karşımıza çıkar. Orta fossa kistlerinde en sık yakınma, supraorbital veya temporal bölgede fiziksel egzersizle şiddetlenebilen tek taraflı baş ağrısıdır. Baş ağrısı; bulantı, kusma ve papil ödem gibi artmış intrakranyal basıncın diğer bulgu ve belirtileriyle nadiren ilişkilendirilebilir (139). İkinci sıklıkta görülen başvuru yakınması, hastaların üçte bir oranında ortaya çıkan fokal, kompleks-parsiyel veya jeneralize nöbetlerdir (140,141,142). Araknoid kist fenestrasyonunu takiben nöbet kontrolünde iyileşme konusunda bildiriler olmasına rağmen, bu hastalarda nöbetlerin nedeni bilinmemektedir (143,144). Temporal araknoid kistlerin klinik davranışlarını radyolojik bulgular ile ilişkilendirmek amacıyla Galassi ve arkadaşları, bir dizi kistin konfigürasyonunu ve bitişik BOS alanları ile ilişkilerini incelediler. Galassi sınıflamasına göre üç tip kist tanımlanmıştır.

Tip I kistleri, sylvian fissürün içinde sfenoid kanadın posteriorunda, orta fossanın anterior polunde yer alan küçük, lentiküler, bikonveks birikimlerdir. Kitle etkisi düşüktür ve genellikle kalvaryal deformiteler ile ilişkileri yoktur. Bunlar, bu kategoride yaklaşık %68 oranında en yaygın orta fossa kistleridir (111).

Tip II kistler daha büyük üçgen veya dörtgen görünümlü kistlerdir. İnsular korteksin medial sınırı ile sylvian fissürün orta proksimal bölümünü içerirler. Bitişik bazal sisternlerle iletişim kurma olasılığı daha düşüktür ve sisternografide

kontrast alımını geciktirirler.

Tip III kistler, sylvian fissürün tüm uzunluğunu içeren büyük, yuvarlak kistlerdir. Tipik olarak; çocuklarda belirgin kitle etkisi ve orta hat şifti, orta fossa kranial kemiklerinin (temporal squamöz incilmesi veya sfenoid kemiğin kanatlarının yer değiştirmesi) incilmesi, taraklanması ve genişlemesi ile veya küçük çocuklarda kranial sütürlerin genişlemesiyle ortaya çıkarlar. Galassi başlangıçta araknoid kistlerin yaklaşık %30'unun bu kategoriye girdiğini bildirmiştir, ancak daha yeni çalışmalarda bu oranın daha düşük (%17) olduğu bildirilmiştir (111). Tip III kistler tipik olarak tüm orta fossaları işgal eder ve bazen frontal lobun konveksitesini sıkıştırmak için anterior fosaysa uzanırlar. Genellikle bitişik sisternalar ile iletişimi yoktur. Posterior fossa kistleri nadiren, yürüme bozukluğu, kranial sinir disfonksiyonları ile prezente olabilirler. Bağlantısız araknoid kistler kitle etkilerinden dolayı genellikle semptomatiktir. Bu nedenle bağlantılı kistlerin bağlantısız kistlerden ayrımının yapılması, uygun tedavi planlaması için esastır (134,145).

Parasellar intraaraknoid kistler, diaphragma sella ile olan ilişkilerine göre intrasellar ve suprasellar alt gruplara ayrılır. Bildirilen olguların retrospektif analizinde suprasellar kistlerin yaklaşık %50'si beş yaşın altındaki çocuklarda, %20'si bir yaşımdan küçük çocuklarda tanımlanmıştır. Genellikle üçüncü ventriküle uzanıp aqueductus sylviusda obstruksiyon yaparak hidrosefaliye neden olarak semptomatik olurlar. Ancak beyin MR incelemelerinin büyük bir derlemesinde, suprasellar kist semptomların varlığı ile anlamlı bir ilişki göstermemiştir (112). Suprasellar kistlerle ilişkili diğer ciddi semptomlar, görme bozuklukları (alan kesileri ve keskinlik değişiklikleri), yürüme ataksisi, opistotonos ve bobble-head doll sendromunu (Nadir görülen hareket bozukluğudur. Ataksi, tremor, gelişim geriliği ile seyredir. Üçüncü ventrikül ilişkili kistik lezyonlarda görülebilir) içerir (146,147,148). Suprasellar araknoid kistleri olan hastaların %10 ile %60'ı endokrinopati ile birlikte görülebilir. Erken ergenlik ve büyüme hormonu eksikliği en sık görülen endokrinolojik bulgudur (149,150). İntrasellar araknoid kistler nadirdir ve keşfedildiğinde tipik olarak yaşamın dördüncü ya da beşinci yılında semptomlar gösterir. En sık görülen semptom baş ağrısıdır, ancak görme değişiklikleri ve endokrinopati de yaygındır (151). Bu semptomlarla ilişkili sella yerleşimli diğer sellar lezyonlarla

karşılaştırıldığında, intrasellar araknoid kistler nadirdir. İntrasellar araknoid kisti intrasellar kraniofarengioma veya Rathke'nin yarık kistinden tek başına görüntüleme ile ayırt etmek zor olabilir.

Serebral konveksitelerin araknoid kistleri genellikle baş ağrısı, nöbetler veya her ikisi ile görülür. Yaş, boyut ve yer tipik olarak klinik bulgusunu belirler. Küçük kistler, altta yatan beyne fokal bası yapabilirken ve üstteki kemiği incetebilirken, büyük kistler asimetric kalvaryal genişleme, sütür diastasisi ve hemisferik distorsiyona yol açabilir. İnterhemisferik kistler sıklıkla korpus kallozumun agenezisi ile ilişkilidir (152). En sık olarak makrosefali ve asimetric kafatası büyümesi nedeni ile saptanırlar. Araknoid kistler kafa içi artmış basınca, gelişimsel gecikmeye, tonus değişikliklerine, hemipareziye, oküler değişikliklere ve epilepsiye neden olabilir (153). İnfantlarda progresif makrosefali en sık görülen semptomdur. Kollikular bölgeye bitişik kuadrigeminal sisternalardaki araknoid kistler sylvian kanalı tıkayarak hidrosefaliye neden olabilir. Bunların semptomatik olma olasılığı daha yüksektir. Kuadrigeminal plak sisterna araknoid kistleriyle ilişkili diğer belirti ve bulgular; parinaud sendromu, nistagmus, işitme bozuklukları, troklear sinir felci ve apne ataklarını içerir (140,154). Serebellopontin köşenin araknoid kistleri kulak çınlaması, baş dönmesi, fasiyal güçsüzlük, yüzde duyu kaybı, işitme kaybı veya ataksi ile birlikte olabilir (155). Klinik, meniere hastalığından ayırt edilemeyebilir. Diğer semptomlar arasında trigeminal nevralji ve hemifasiyal spazm yer almaktadır (156,157,158,159,160). Büyük orta hat posterior fossa kistleri sıklıkla obstrüktif hidrosefali ile görülür. Bu durum mega sisterna magna, Dandy-Walker malformasyonu, epidermoid kist ve astrositom ve hemanjioblastom gibi kistik tümörlerden ayırt edilmelidir. Özellikle posterior fossa yerleşimli araknoid kistlerde olmak üzere, diğer kistik lezyonlardan araknoid kistlerin ayırıcı tanısını yapmak bazı durumlarda zor olabilir (161,162). Nadiren posterior fossa kistleri ataksi, nistagmus ve kranial sinir disfonksiyonu ve ilerleyici kuadriparezi gibi serebellar bulgularla ortaya çıkabilir (109). Baş ağrısı genellikle paroksizmal olup suboksipitaldir (155). Araknoid kistler bazen atipik yerleşim ve klinik bulgularla ortaya çıkabilirler. Yayınlarda periorbital ağrı, proptozis, bakış kısıtlılığına yol açan intradiploik kist, optik sinir atrofisine yol açan orbital apeks yerleşimli kist, hipotalamik hamartomla beraber olan kist, temporal yerleşimli dikkat bozukluğu hiperaktivite sendromuna yol açan araknoid kist, temporal yerleşimli olup unkal herniasyona

yol açan araknoid kist, petroz apekte kolesteatom, neoplazi, mukosel ile karışabilen araknoid kist, temporal lob agenezisine yol açan dev araknoid kistler bildirilmiştir (141,163). Progresif makrosefali, kafa içi basınç artışı, baş ağrısı, hidrosefali ve gelişimsel gecikme en sık görülen araknoid kist tedavi endikasyonlarıdır (112,114). Araknoid kistler, hafif kafa travmasından sonra dahi etkilenen hastaları intrakraniyal kanamaya yatkın hale getirebilir (164). Bu gözlemi destekleyen bilişimsel mekanistik çalışmalar, kistin dış kenarının normal beyne göre, travma kuvvetlerine azalmış kompliyansının kanama eğilimini arttırdığını ortaya koymaktadır. Bu teori, daha büyük kistlerin hemoraji için artmış risk altında olduğunu düşündürmektedir (165). Populasyon analizleri, ilişkinin biraz daha karmaşık olduğunu göstermektedir. Yapıla bir çalışmada araknoid kistlerin %6'sının 5 yıl boyunca kanama ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Kanama riskini önemli ölçüde artıran faktörler, kistin en büyük çapı ve kafa travması öyküsüdür (166). Bir diğer çalışmada, 17 yıl boyunca izledikleri araknoid kistlerde, kanama öyküsünü, %4,6 olarak daha düşük bir insidansda bildirmişlerdir ve hemorajinin temporal kistleri olan hastalara özel olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bu grupta bile, temporal kist tanısı alan hastaların sadece %6'sının çalışma süresince kist ile ilişkili bir kanaması olduğu bulunmuştur (167). Her iki çalışmadaki hastalar genç ve kafa içi kanama riski düşük olmasına rağmen, her iki çalışma da kist ile ilişkili hemorajilerin nadir olaylar olduğunu düşündürmektedir (109). Orta fossa yerlesimli araknoid kistlerin subdural hematoma ve higroma ile birlikte olabilmesine karşın, bu birliktelik diğer bölgelerdeki araknoid kistlerde nadirdir.

Rastlantısal olmayan pediatrik araknoid kistlerin semptomları diğer çocukluk çağı kitle lezyonlarına benzerdir.

2.2.3 Görüntüleme Bulguları

Intrakranial araknoid kistlere prenatal ultrasonografi ile artan sayıda tanı konulmaktadır. Ultrasonografi özellikle beyin malformasyonlarında olmak üzere, noninvaziv ve ucuz bir tanı yöntemi olup, efektif bir tarama aracı olarak kullanılabilir. Modern radyolojik görüntüleme tekniklerine rağmen araknoid kistlerde kesin tanı bazen tartışma konusu olmaktadır (168,169). Bağlantılı ve bağlantısız kistler arasındaki ayrımın BBT ya da non fonksiyonel (konvansiyonel) MR incelemeleri ile yapılması sıklıkla mümkün değildir. Bu

ayrımı yapmak için geçmişte sistografi, ventrikülografi, pnömoensefalografi, radionüklid sisternografi, miyelografi ve BT sisternografi gibi invaziv metodlar kullanılıyordu. Son yıllarda dinamik incelemeye olanak tanıyan sekansların gelişmesi sonucu BOS, MR ile dinamik olarak incelenebilmektedir. Dolayısı ile araknoid kistlerin BOS ile bağlantılı olup olmadığı da MR ile gösterilebilmektedir (8). Konjenital araknoid kistlerin BT veya MR ile görüntülenmesi, keskin sınırlı, düzgün şekilli, kontrastlanmayan, BOS'a göre intens ve izodens lezyonları gösterir. Duvarları çok ince olduğundan, genellikle çevreleyen yapılar üzerinde uyguladıkları bası etkisi ile tanımlanırlar. Geleneksel görüntülemelerde sınırlarını anlamak zor olabilir. Ultrason sıklıkla araknoid kistleri utero veya neonatal dönemde tanımlar, ancak ileri karakterizasyon için daha ileri görüntüleme önerilir. Kontrastsız BBT genellikle bir araknoid kisti diğer kistik lezyonlardan ayırmak için yeterlidir. Beyin BT ventrikülografi, sisternografi veya sistografi, kistin bazal sisternalar ve subaraknoid boşlukla ilişkisini gösterebilir (170,171). BBT tek başına BOS akış dinamiklerini ve araknoid kistin çevredeki subaraknoid boşluğa ilişkisini gösterememektedir. Intratekal veya intraventriküler *metrizamid* enjeksiyonu ile BT aynı anda subaraknoid ve intraventriküler boşluğun yanı sıra fizyolojik bilgilerin anatomik detayını sağlayabilir. Kommünikan araknoid kistlerde, kistin içi *metrizamid* ile dolar, fakat kistten kontrastın temizlenmesi, subaraknoid boşluğa ve bazal sisternaları çevrelemesiyle gecikir. Nonkommünikan kistlerde kontrastın kiste erken geçişi yoktur (iki ile altı saat), fakat kontrastlar, kist etrafında ve sisternada birikir ve kist sınırını (yaklaşık 24 saat) sınırlayan bir halo oluşturur. Kontrast daha sonra subaraknoid alandan temizlenir ve araknoid kist içinde yavaşça toplanır. Araknoid kistlerin bazal sisternalarla olan üç boyutlu ilişkisi, MRG'nin multiplanar çekimi ile en iyi şekilde görülebilir. Komşu yapılar üzerindeki kitle etkisi ve ilişkili anomaliler, özellikle, etrafındaki vasküler anatomiyi vurgulamak için kontrast görüntüleme ile birleştirildiğinde en iyi şekilde görüntülenebilir. Beyin MRG'nin daha büyük çözünürlüğü, kemik yapılara komşu küçük kistlerin ve kistlerin daha iyi tespit edilmesini sağlar. Beyin MRG, çoğu araknoid kistin BOS benzeri sıvısı ile diğer kistik lezyonların proteinli sıvısı arasında ayrım yapabilir. Beyin MRG sekansları ayrıca, proton yoğunluğu ağırlıklı ve difüzyon ağırlıklı sekanslarda hiperintens görünümüyle araknoid kistlerden epidermoid kistleri ayırt edebilir. Parazitlerle ilişkili kistler proton yoğunluğu ağırlıklı görüntülerde de hiperintensdir. Manyetik

rezonans görüntüleme çağında *metrizamid* BT, birçok durumda BOS akışına duyarlı MR dizileri ile değiştirilmiştir (172,173) Elektrokardiyogramlı sinüs-modu MRG sekansları, hastaların %95'inde intrakranial araknoid kist ve BOS alanları arasındaki iletişimi gösterebilmektedir (174). Bu sonuçlar, BT sisternografisi ve operatif bulgular ile karşılaştırılabilir. T2 ağırlıklı manyetik rezonans sisternografi veya üç boyutlu Fourier dönüşümü ile yapılan kararlı durumdaki yapıcı girişimler veya sabit durum elde etme ile hızlı görüntüleme, medial araknoid kist duvarlarını, ince kranial sinirleri, küçük damarları ve kortikal sulkusu detaylı olarak gösterebilir. Bu yapıların tanımlanması nöroendoskopik cerrahi sırasında doğrulanmıştır ve bazal subaraknoid sisternalara fenestrasyonun planlanması için yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Birçok kistik lezyon T2A görüntülemelerde hiperintens ve T1A görüntülemelerde hipointens gibi görünmektedir ve kistik duvarın, çevredeki ödem ve kontrast tutulumunun ortaya çıkması tanıya yönelik ipuçları sunsa da, özgüllük düşük kalmaktadır. Kontrast sekansların eklenmesi, difüzyon ağırlıklı görüntüleme ve görünür difüzyon katsayısı haritaları, diğer kistik lezyonlardan araknoid kistleri ayırt etmeye yardımcı olur (175,176). Bunun cerrahi planlama için önemli sonuçları vardır, çünkü cerrahinin amaçları kist tipine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Supratentoryal yerleşimli araknoid kistlerin ayırıcı tanısında diğer kistik oluşumlardan birçoğu yeralır. Bunlar arasında; kistik tümörler, kolloid kist, kraniofarengioma, poransefalik kavite, holoprozensefali, korpus kallosum agenezisi, epidermoid kist ve hidatik kist sayılabilir (136). Araknoid kistlerin ayırıcı tanısının en zor olduğu yer ise posterior fossadır. Posterior fossa araknoid kistleri ve posterior fossanın diğer kistik konjenital lezyonları (Dandy Walker sendromu, vermian–serebellar hipoplazi, mega sisterna magna) arasındaki ayırıcı tanıda faydalanılabilecek özellikler pratik olarak şöyle özetlenebilir:

1. Dördüncü ventrikül ve vermisin MRG'de görülmesi,
2. Transvers sinüslerin normal pozisyonunda olması,
3. Posterior fossanın normal veya normale yakın hacimde olması (177).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 10.07.2019 tarih ve 639 sayılı karar ile bilimsel ve etik açıdan

uygun görülüp kabul edilmiştir (Ek-1).

3.1. HASTA VE KONTROL GRUBU SEÇİMİ

Ocak 2016 – Mayıs 2019 tarihleri arasında 0-18 yaş grubunda kraniyal MR görüntülemesi yapılmış ve 3D SPACE sekansının kullanıldığı 245 hastanın retrospektif olarak klinik kayıtları taranmıştır. Artefaktlar nedeniyle diagnostik kalitede olmayan MR görüntüleri bulunan dokuz hasta çalışma dışında bırakılmıştır. Çalışmaya toplam 136'sı erkek, 100'ü kız toplamda 236 hasta dahil edilmiştir.

3.2. MR GÖRÜNTÜLEME PROTOKOLÜ

Tüm MR incelemeleri 1,5T MR ve 3T MR sisteminde yapıldı (Aera, Siemens Healthcare, Germany; Spectra, Siemens Healthcare, Germany). Bulgular beyin protokolünde bulunan tüm beyni içine alan üç boyutlu T2- Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution (SPACE) sekansında

Aera: TR/TE, 3200/382; flip angle, T2 variable 120 degree; matrix, 256x205; FOV, 250 mm; ESP, 3.94 ms; turbo factor, 248; ETL, 221; PAT factor, 2; PAT mode, GRAPPA; NEX, 1; imaging plane, sagittal; number of sagittal slices, 160; slice thickness, 1 mm with no gap

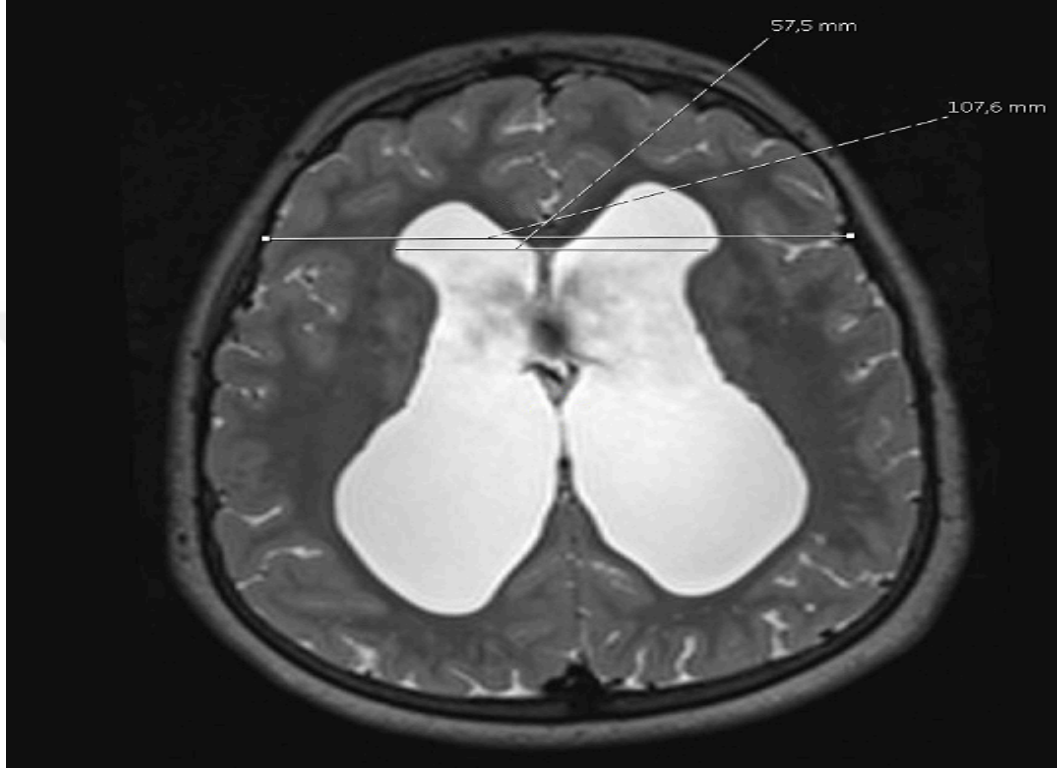
Spectra: TR/TE, 3200/417; flip angle, T2 variable 120 degree; matrix, 256x232; FOV, 250 mm; ESP, 4.05 ms; turbo factor, 282; ETL, 244; PAT factor, 2; PAT mode, GRAPPA; NEX, 1; imaging plane, sagittal; number of sagittal slices, 176; slice thickness, 1 mm with no gap olarak yapılmıştır.

Tüm 3D T2 SPACE görüntüler iş istasyonunda Sectra (IDS 7, 18.2, Linköping, Sweden) görüntüleme programı içerisindeki 3 boyutlu multiplanar rekonstrüksiyon (MPR) seçeneği kullanılarak incelenmiştir.

3.3 ÖLÇÜMLER

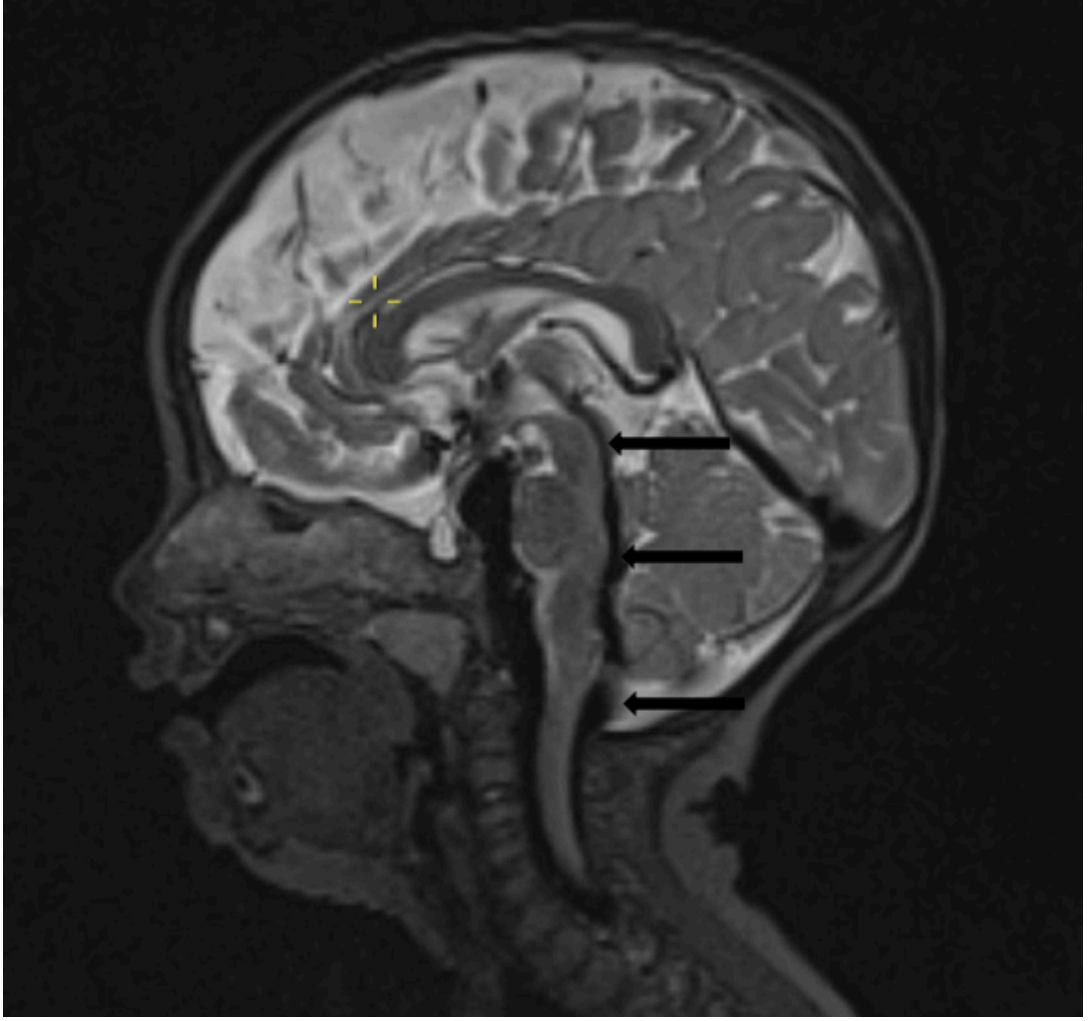
Hidrosefali ölçümleri için Evans indeksi kullanıldı. Evans indeksi aksiyel planda lateral ventriküllerin frontal boynuzu arasındaki en geniş çap, aynı seviyede en geniş kraniyumdaki en geniş internal çapa bölünmesi ile bulunur. Bunun için sagittal plandaki 3D SPACE görüntüleri multiplanar reconstruction

(MPR) yapılarak aksiyel plana alınıp lateral ventriküllerin frontal boynuzları arasındaki en geniş mesafe ile bu seviyede kraniyumdaki en geniş internal çapa bölünerek bulundu. 0,3 üzeri değerler hidrosetali lehine değeriendirildi(Resim 3.1)



Resim 3.1. Evans İndeksi: Aksiyel planda lateral ventriküllerin frontal boynuzu arasındaki en geniş çap, aynı seviyede en geniş kraniyumdaki en geniş internal çapa bölünmesi ile bulunur.

Obstüksiyon değeriendirilmesi sagittal plandaki 3D SPACE sekansı ile değeriendirildi. Foramen Monro seviyesi, Aquaduktus Cerebri seviyesi, 4. Ventrikül çıkım seviyesi ve Foramen Magnum seviyesinde flow-void kaybı obstrüksiyon lehine değeriendirildi. Bu seviyede izlenilen flow-void görünümünün akımın mevcut olması lehine değeriendirildi (Resim 3.2, Resim 3.3).



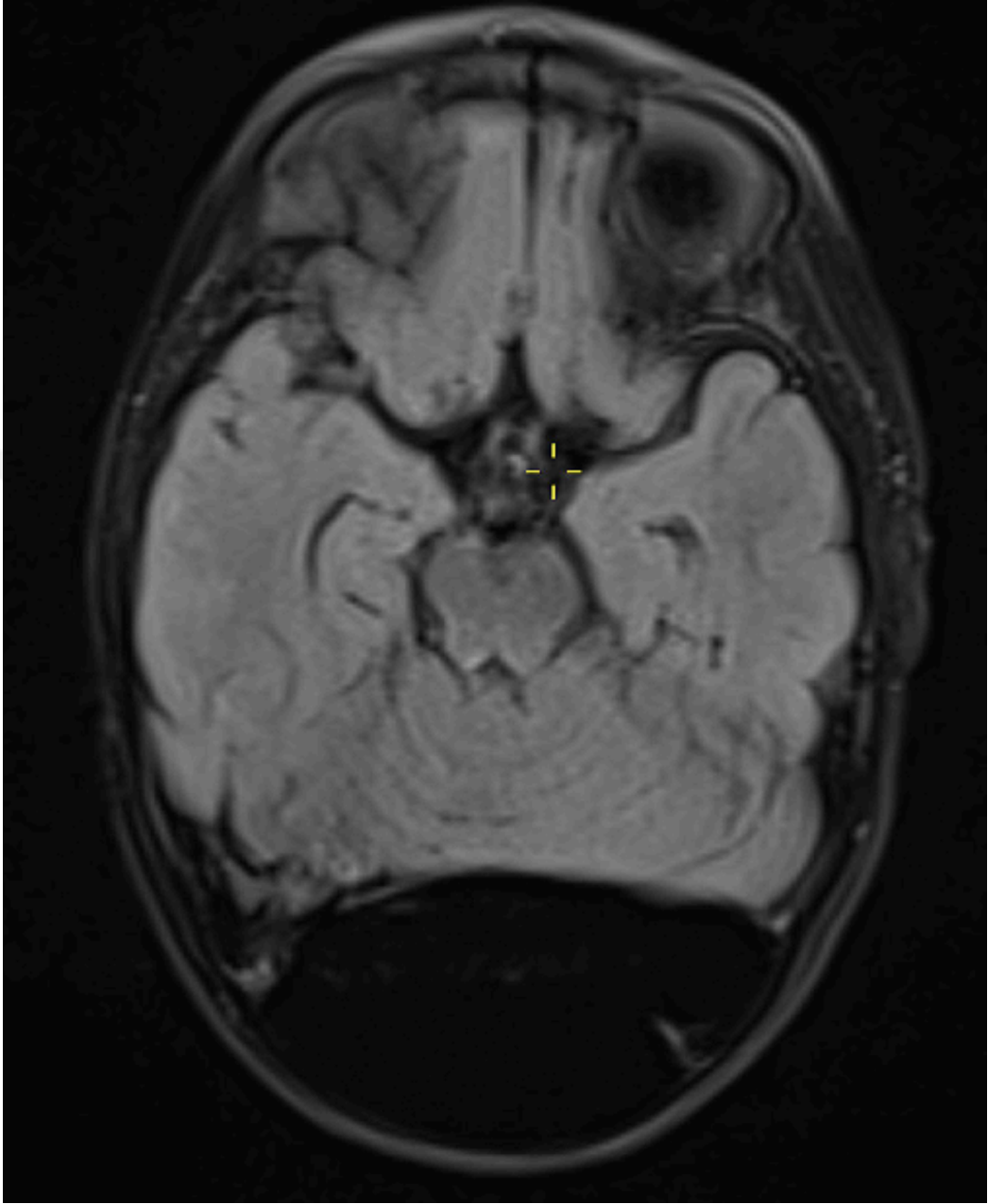
Resim 3.2. Sagittal kesitte 3D SPACE sekansının görünümü. Oklarla gösterilen Aqueductus Cerebri seviyesi, 4. Ventrikül çıkım seviyesi ve Foramen Magnum seviyesinde flow void görünümünün mevcut olduğunu ve akımın olduğunu göstermektedir.



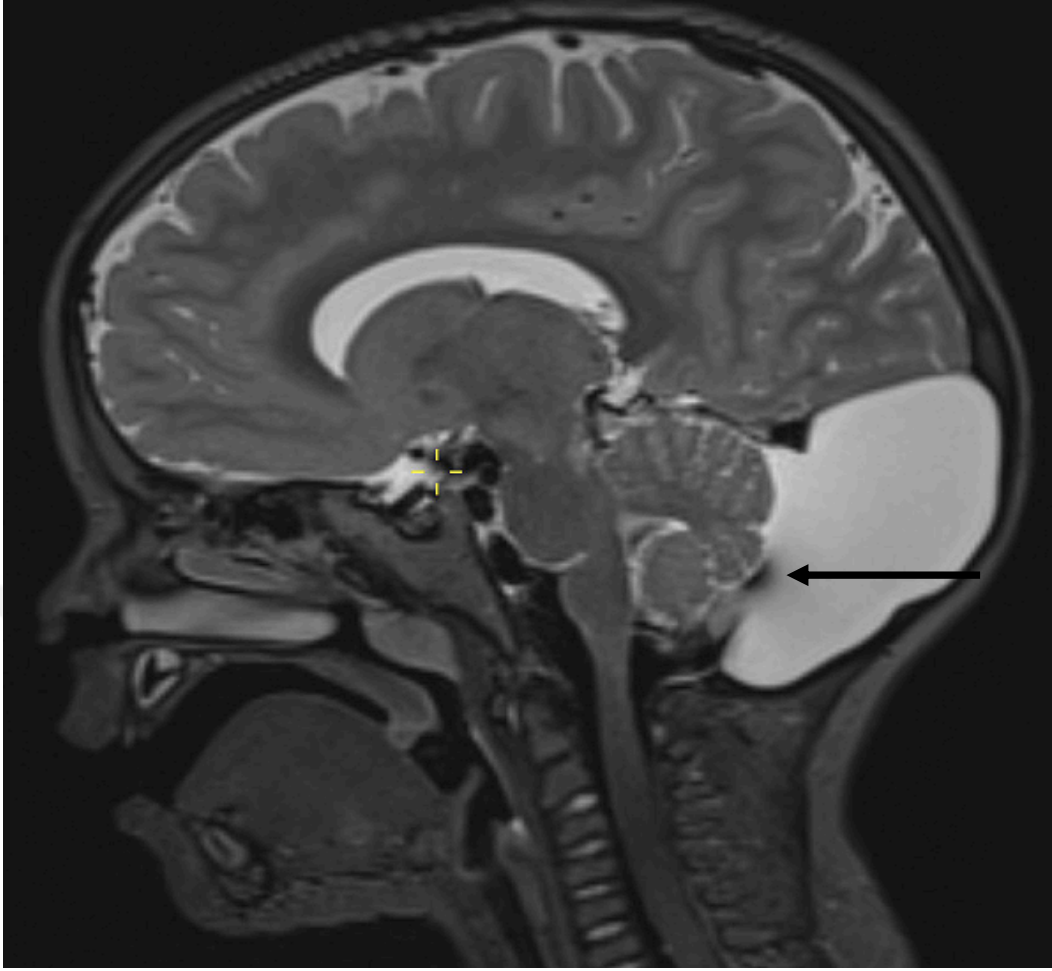
Resim 3.3 Sagittal kesitte 3D SPACE sekansının görünümü. Okla gösterilen posterior fossada yerleşim gösteren kitle nedeniyle flow void kaybı görülmektedir. Bu bulgu obstrüksiyon lehine değerlendirilmiştir.

Araknoid kist tanısı için aksiyel T2A FLAIR sekansları ve sagittal plandaki 3D SPACE sekansları beraber kullanıldı. Aksiyel T2 FLAIR sekansı diğer kistik lezyonlardan ayırımı açısından (koloidal kist, subdural kanama v.b) kullanıldı. Sagittal 3D SPACE sekansları BOS ile olan ilişkiyi ve kist duvarlarını göstermekte kullanıldı. Araknoid kist tanısı için subaraknoid mesafede, ekstraaksiyel yerleşimli, BOS ile eş sinyalde kistik lezyonlar olarak tanımlanırlar. Araknoid kistlerin sıvı içeriğinin T2A FLAIR sekanslarında baskılanması ile ve yerleşim yerine göre sınıflandırıp, 3D SPACE sekansı ile BOS ile ilişkili olan kistlerde bağlantı yerindeki flow void görünümü olarak değerlendirildi. Araknoid kist boyut ölçümü sagittal T2 SPACE sekansında yapıldı. Kistin sagittal plandaki

en geniş çapı kist boyutu olarak hesaplandı (Resim 3.4., Resim 3.5.).

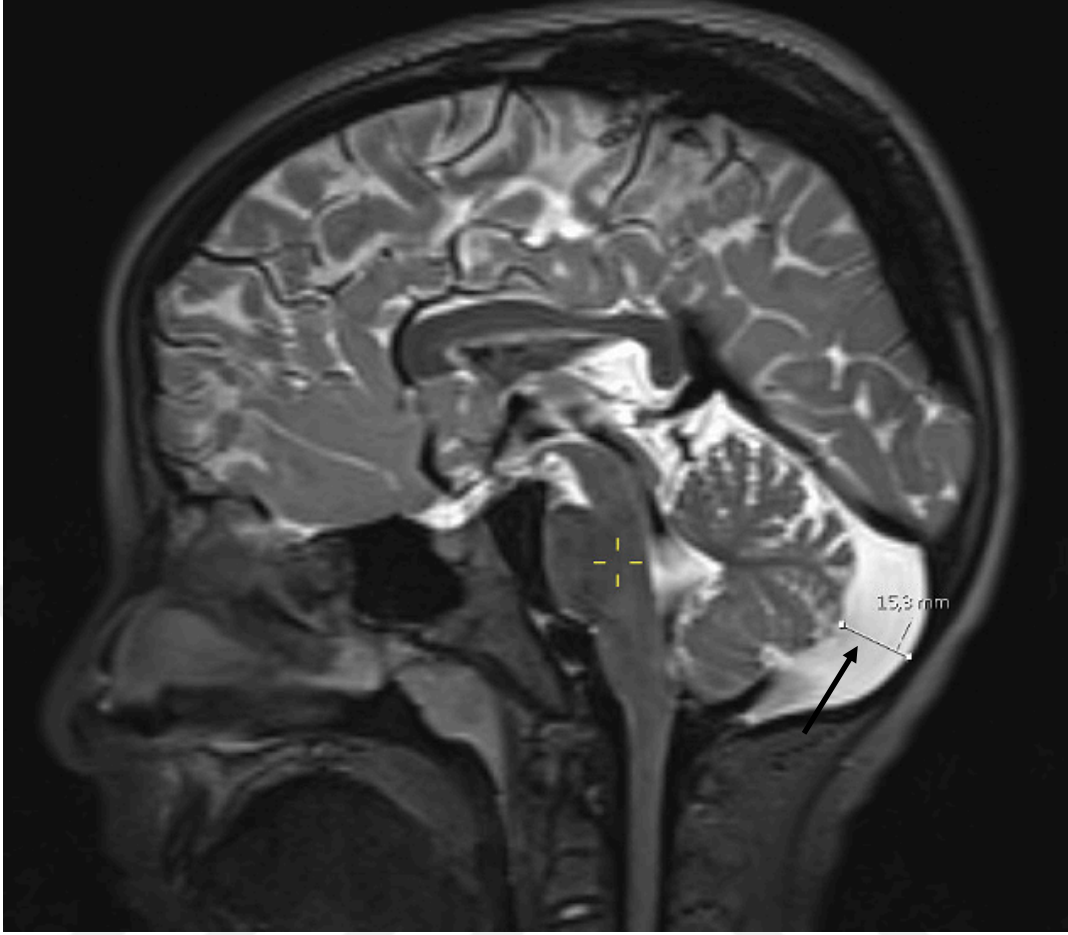


Resim 3.4. Posterior fossa yerleşimli araknoid kistin aksiyel kesitte T2 FLAIR sekansında görünümü. Ekstraaksiyel yerleşimli, BOS ile eş sinyalde kistik lezyon olarak izlenmektedir. T2 FLAIR sekansında BOS ile benzer şekilde baskılı olduğu görülmektedir.



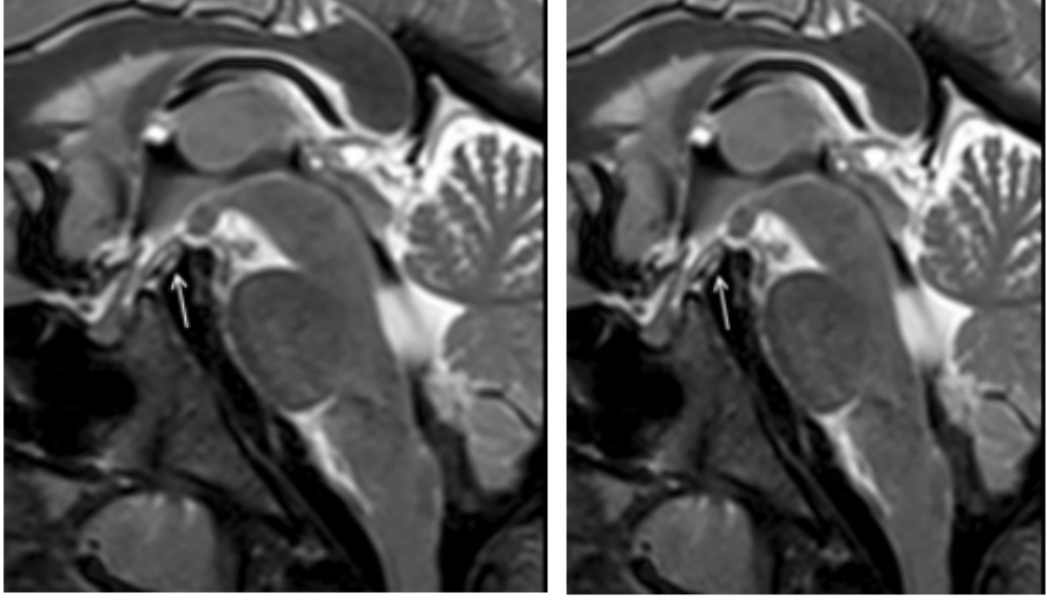
Resim 3.5 Posterior fossa yerleşimli araknoid kistin sagittal kesitte 3D SPACE sekansında görünümü. Okla gösterilen alandaki flow void görünümü araknoid kistin BOS ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Mega sisterna magna ölçümü için normal serebellar vermis ve normal dördüncü ventrikül varlığında sagittal planda, mid sagittal hatta sisterna çapı on milimetre üzerindeki olgularda mega sisterna magna olarak kabul edilmiştir (Resim 3.6).



Resim 3.6. Posterior fossada normal vermis ve normal dördüncü ventrikül varlığında sagittal kesitte 3D SPACE sekansında mega sisterna magna görünümü. Okla gösterilen ölçümde mid sagittal hatta sisterna çapı on milimetre üzerinde olduğu görülmektedir.

Liliequist membranı dorsum selladan başlayıp 3. Ventrikül tabanı boyunca uzanıp ponstaki mamillar cisim üzerine tutunan cerrahlar tarafında oldukça iyi bilinen anatomik bir yapıdır. Liliequist membranı ile hidrosefali, suprasellar araknoid kistler, kafa tabanı anevrizmaları gibi bazı hastalıkların etiyolojisinde karşımıza çıkmaktadır. Liliequist membranı için sagittal plandaki 3D SPACE sekanslarında dorsum sella seviyesindeki görüntü alınarak ponstaki mamiller cisime doğru uzanan 3. Ventrikül tabanından geçen genellikle körvilineer uzanan sinyal kaybı olarak değerlendirildi (Resim 3.7., Resim 3.8.).

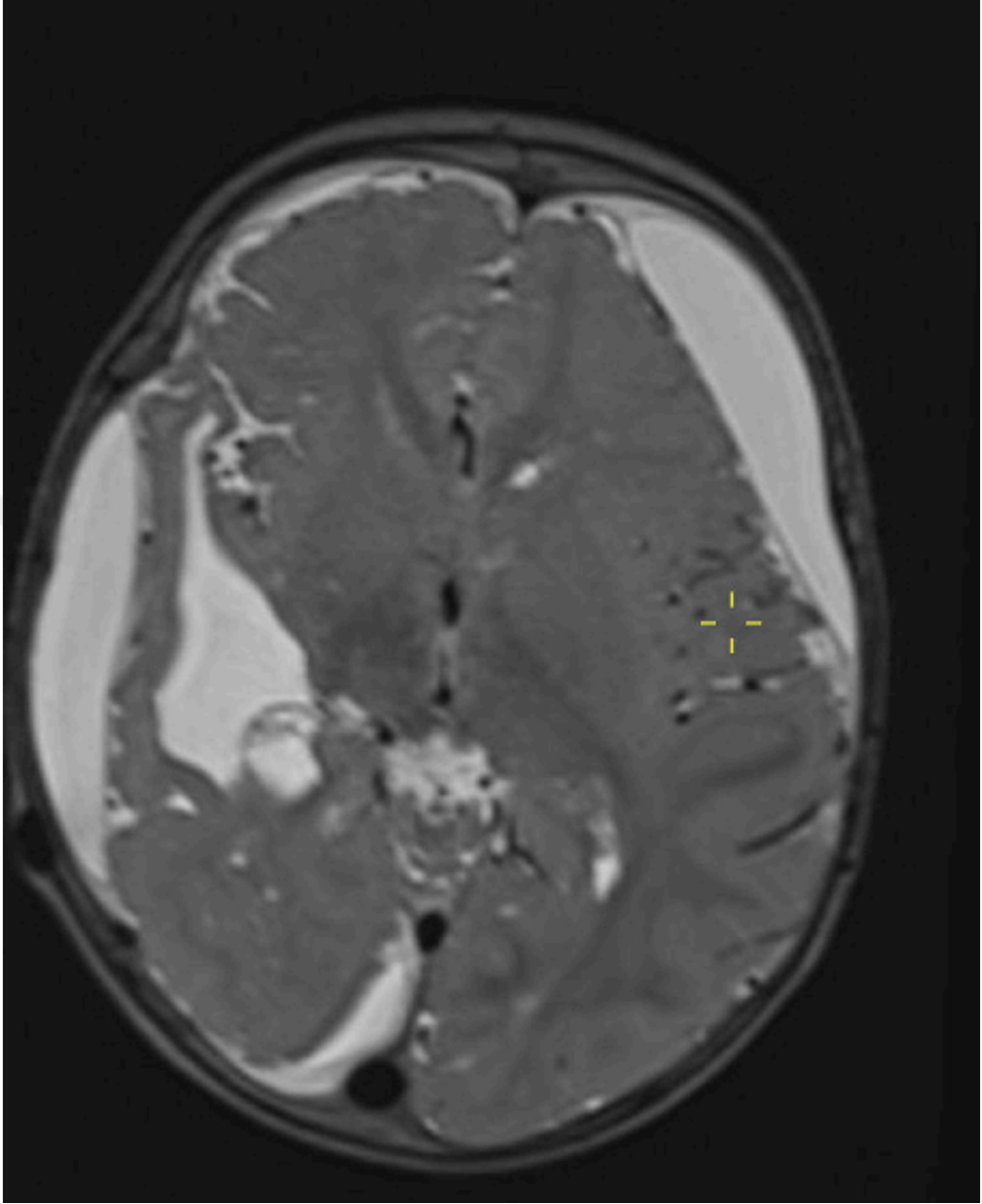


Resim 3.7., Resim 3.8. Sagittal kesitte 3D SPACE sekansında dorsum sella seviyesindeki görüntülerde oklarla gösterilen dorsum selladan üçüncü ventrikül tabanından geçip ponstaki mamiller cisime uzanan liliequist membranına ait görünüm

Ensefalomalazi ölçümleri için aksiyel T2A FLAIR görüntüleri ve sagittal 3D SPACE görüntüleri kullanıldı. Sagittal 3D SPACE görüntüler kistik kaviteyi göstermede, aksiyel T2A FLAIR görüntüleri çevre dokudaki gliozisi sinyal artışı olarak göstermektedir (Resim 3.9, Resim 3.10).



Resim 3.9. Aksiyel T2 FLAIR sekansında siyah okla gösterilen alanda sağ lateral ventrikül komşuluğunda BOS ile eş intensitede çevresinde zayıf T2 hiperintens gliosis sahasının izlendiği ensefalomalazik alan izlenmektedir. Yıldız ile gösterilen alanda subdural kanamaya ait intensite değişiklikleri izlenmektedir. Beyaz okla gösterilen alanda subdural mesafede izlenen effuzyona ait sinyal intensite değişiklikleri izlenmektedir.



Resim 3.10. Aksiyel 3D SPACE sekansında aynı hastanın görünümü izlenmektedir. Subdural kanama, ensefalomalazik alan ve subdural effuzyon benzer intensite değişiklikleri göstermektedir.

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizlerde SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.23.0 paket programı (Chicago, IL, USA) kullanılarak yapıldı. Tüm hasta verileri SPSS programına girildi. Verilerin normallik analizleri Kolmogorov-Smirnov

uyum testi kullanılarak değerlendirildi. Normal dağılım yaklaşımı sağlanamayan parametreler için grup karşılaştırmaları, non-parametrik testlerden Mann-Whitney-U Testi, Kruskal Wallis Testi ve Ki-kare Testi kullanıldı. Tüm hipotezler iki yönlü kurulmuş olup; alfa seviyesi $p<0.05$ olarak ayarlandı. İstatistiksel analizlerde $p<0,05$ ise sonuçlar anlamlı kabul edilmiştir.

4.BULGULAR

Tablo 4.1: Araştırma Grubunun Cinsiyetlerine Göre Dağılımları

Cinsiyet	Sayı (n)	Yüzde (%)
Kız	100	42,4
Erkek	136	57,6
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 100'ü (%42,4) kız, 136'sı (%57,6) erkeklerden oluşmaktadır.

Tablo 4.2: Araştırma Grubunun Yaşlarına Göre Dağılımları

Cinsiyet	Sayı (n)	Yüzde (%)
0-9 yaş	160	67,8
10-18 yaş	76	32,2
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 160'ı (%67,8) 0-9 yaş grubu arasında iken, 76'sı (%32,2) 10-18 yaş grubu arasında oluşmaktadır.

Tablo 4.3: Araştırma Grubunun Hastaneye Başvuru Anından Bilinen Hastalığının Olma Durumu

Bilinen Hastalıklar	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	204	86,4
Yok	32	13,6
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 32'si (%13,6) daha önce bilinen bir hastalığı yok, 204'nün (%86,4) daha önceden bilinen bir hastalığı bulunmaktadır.

Tablo 4.4: Araştırma Grubunun Hastaneye Başvuru Anında Bilinen Hastalıklarının Dağılımı

Bilinen Hastalıklar	Sayı (n)	Yüzde (%)
Hidrosefali	57	27,9
Araknoid Kist	22	10,7
Chiari-2 Malformasyonu	13	6,3
İntrakraniyal kanama	13	6,3
İntrakraniyal kitle	13	6,3
Meningomyelosel	9	4,4
Diğer (Serebral Palsi, Epilepsi vb.)	77	37,7
Toplam	204	100

Araştırma grubunda daha önceden hastalığı olanların 57'si (%27,9) hidrosefali, 22'si (%10,7) araknoid kist, 13'ü (%6,3) Chiari-2 malformasyonu, 13'ü (%6,3) intrakraniyal kanama, 13'ü (%6,3) intrakraniyal kitle, 9'u (%4,4) meningomyelosel, 77'si (%37,7) diğer hastalıklardan (intrakraniyal kist, mental retardasyon, serebral palsi, epilepsi, akondroplazi v.b) oluşmaktadır.

Tablo 4.5: Araştırma Grubunda Daha Önce SSS Cerrahisi Geçiren Hastalar

SSS Cerrahisi	Sayı (n)	Yüzde (%)
Evet	64	27,1
Hayır	172	72,9
Toplam	236	100

****Ventriküloperitoneal şant öyküsü SSS cerrahisi olarak kabul edilmiştir.**

Araştırma grubunda bulunan hastaların 64'ü (%27,1) daha önce SSS cerrahisi öyküsü bulunurken, 172'sinde (%72,9) daha önce SSS cerrahisi öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.6: Araştırma Grubunda İntrauterin TORCH Enfeksiyonu Öyküsü

İntrauterin TORCH enfeksiyonu öyküsü	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	11	4,7
Yok	225	95,3
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 11'i (%4,7) intrauterin TORCH enfeksiyonu öyküsü bulunurken, 225'inde (%95,3) intrauterin TORCH enfeksiyon öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.7: Araştırma Grubunda Ensefalosel Öyküsü Bulunan Hastalar

Ensefalosel	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	2	0,8
Yok	234	99,2
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 2'si (%0,8) ensefalosel öyküsü bulunurken, 234'ü (%99,2) ensefalosel öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.8: Araştırma Grubunda Chiari-2 Malformasyonu Öyküsü Bulunan Hastalar

Chiari-2 Malformasyonu	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	26	11,0
Yok	210	89,0
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 26'sı (%11,0) Chiari-2 Malformasyonu öyküsü bulunurken, 210'u (%89,0) Chiari-2 Malformasyonu öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.9: Araştırma Grubunda Dandy-Walker Malformasyonu Öyküsü Bulunan Hastalar

Dandy Walker Malformasyonu	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	13	5,5
Yok	223	94,5
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 13'ü (%5,5) Dandy-Walker Malformasyonu öyküsü bulunurken, 223'ü (%94,5) Dandy-Walker Malformasyonu öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.10: Araştırma Grubunda Travma Öyküsü Bulunan Hastalar

Travma	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	14	5,9
Yok	222	94,1
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 14'ü (%5,9) travma öyküsü bulunurken, 222'si (%94,1) travma öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.11: Araştırma Grubunda İntrakraniyal Kanama Öyküsü Bulunan Hastalar

İntrakraniyal Kanama	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	40	16,9
Yok	196	83,1
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 40'ında (%16,9) intrakraniyal kanama öyküsü bulunurken, 196'sında (%83,1) intrakraniyal kanama öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.12: Araştırma Grubunda Teratojen Maruziyeti Öyküsü Bulunan Hastalar

Teratojen Maruziyeti	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	5	2,1
Yok	231	97,9
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 5'inde (%2,1) teratojen maruziyeti öyküsü bulunurken, 231'inde (%97,9) teratojen maruziyeti öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.13: Araştırma Grubunda İntrakraniyal Kitle Öyküsü Bulunan Hastalar

İntrakraniyal Kitle	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	17	7,2
Yok	219	92,8
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 17'sinde (%7,2) intrakraniyal kitle öyküsü bulunurken, 219'unda (%92,8) intrakraniyal kitle öyküsü bulunmamaktadır.

Tablo 4.14: Araştırma Grubunun Hastaneye İlk Başvuru Şikayetleri

Başvuru Şikayeti	Sayı (n)	Yüzde (%)
Baş Ağrısı	44	18,6
Nöbet	34	13,1
Hidrocefali	22	9,3
Baş Çevresinde Büyüme	17	7,2
Meningomyelosel	10	4,2
Diğer (Araknoid kist, görme bozukluğu vb.)	109	47,6
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların hastaneye ilk başvuru şikayetleri; 44'ünde (%18,6) baş ağrısı, 34'ünde (%13,1) nöbet, 22'sinde (%9,3) hidrocefali, 17'sinde

(%7,2) baş çevresinde büyüme, 10'unda (%4,2) meningomyelosel, 109'ünde (%47,6) diğer (araknoid kist, bayılma, görme bozukluğu, huzursuzluk, kucaktan düşme, kusma v.b) nedenlerle oluşmaktadır.

Tablo 4.15: Araştırma Grubundaki Hastaların Başvuru Ön Tanıları

Ön Tanı	Sayı (n)	Yüzde (%)
Hidrocefali	156	66,1
Araknoid Kist	36	15,3
İntrakranial Kanama	8	3,4
İntrakranial Kitle	7	3,1
Diğer	29	12,1
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların hastaneye başvurdıkları ö n tanıları 156'sında (%66,1) hidrocefali, 36'sında (%15,3) araknoid kist, 8'inde(%3,4) intrakraniyal kanama, 7'sinde (%3,1) intrakraniyal kitle, 29'unda (%12,1) diğer hastalıklar (rinore, multipl skleroz, serebral palsy, koroid pleksus kisti, serebellar hipoplazi vb.)'dır.

Tablo 4.16: Araştırma Grubunda 3D SPACE Sekansı Kullanılarak Tanı Konulan Hastalar

Tanı Konulan Hasta	Sayı (n)	Yüzde (%)
Yok	47	19,9
Var	189	80,1
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 189'unda (%80,1) 3D SPACE sekansı ile bir veya birden fazla patoloji veya varyasyon saptanmış, 47'sinde (%19,9) 3D SPACE sekansı ile herhangi patoloji veya varyasyon saptanamamıştır.

Tablo 4.17: 3D SPACE Sekansı Kullanılan Hastalarda Saptanan Patolojiler

Patolojiler	Patolojisi Olanlar (n)	Yüzde (%)	Patolojisi Olmayanlar (n)	Yüzde (%)
Hidrosefali	143	60,6	93	39,4
Araknoid Kist	60	25,4	176	74,6
Mega Sisterna Magna	52	22,0	184	78,0
Ensefalomalazi	46	19,5	190	80,5
V-P Şant Kateteri	50	21,2	186	78,8
Diğer Kistik Hastalıklar*	26	11,0	210	89,0

* Diğer Kistik Hastalıklar: Aquaduktal web, poreensefalik kist, nöroglial kist, intraventriküler kist v.b

3D SPACE sekansı ile değerlendirilen 236 hastanın 143'ünde (%60,6) hidrosefali saptanırken, 93'ünde (%39,4) hidrosefali saptanmamıştır. 60 hastada (%25,4) araknoid kist saptanırken, 176'sında (%74,6) araknoid kist saptanmamıştır. 52 hastada (%22,0) mega sisterna magna saptanırken, 184'ünde (%78,0) mega sisterna magna saptanmamıştır. 46 hastada (%19,5) ensefalomalazi saptanırken, 190'nında (%80,5) ensefalomalazi saptanmamıştır. 50 hastada (%21,2) V-P şant kateteri saptanırken, 186'sında (%78,8) V-P şant kateteri saptanmamıştır. 26 hastada (%11,0) diğer kistik hastalıklar saptanırken, 210'unda (%89,0) V-P diğer kistik hastalıklar saptanmamıştır.

Tablo 4.18: Hidrosefali Saptanan Hastaların EVANS İndeksleri

Hidrosefali (n)	Minimum-Maksimum Değerler	Ortalama±Standart Sapma
143	0,31-0,88	0,49±0,12

Aksiyal kesitlerde 3D SPACE sekansı ile hidrosefali tanısı alan hastaların Evans İndeksleri ortalama 0,49 (Standart Sapma $\pm 0,12$), minimum değer 0,31, maksimum değer 0,88 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.19: Hidrosefali Saptanan Olguların Tipi

Hidrosefali Tipleri	Sayı (n)	Yüzde (%)
Obstruktif	66	46,1
Non-Obstruktif	77	53,9
Toplam	143	100

Hidrosefali bulunan hastaların 66'sinde (%46,1) 3D SPACE sekansı ile obstruktif bir neden saptanabilirken, 77'sinde (%53,9) 3D SPACE sekansı ile obstruktif bir neden saptanamamıştır.

Tablo 4.20: Obstruktif Hidrosefali Saptanan Olguların Lokalizasyonları

Lokalizasyonlar	Sayı (n)	Yüzde (%)
Foramen Monro	11	16,6
Aquaduktus Cerebri	37	56,6
4.Ventrikül Çıkımı	8	12,1
Foramen Magnum	10	14,7
Toplam	66	100

Obstruktif hidrosefali saptanan hastaların obstrüksiyon seviyeleri; 11'inde (%16,6) Foramen Monro seviyesinde, 37'sinde (%56,6) Aquaduktus Cerebri seviyesinde, 8'inde (%12,1) 4. Ventrikül çıkımı seviyesinde, 10'unda (%14,7) Foramen Magnum seviyesinde saptanmıştır.

Tablo 4.21: Araknoid Kistlerin İntrakraniyal Lokalizasyonları

Lokalizasyonlar	Sayı (n)	Yüzde (%)
Temporal Fossa	20	33,3
Posterior Fossa	21	35,0
Diğer	19	31,7
Toplam	60	100

Araknoid kistlerin 20'si (%33,3) temporal fossa yerleşimli, 21'i (%35,0) posterior fossa yerleşimli, 19'si (%31,7) diğer alanlarda (interhemisferik fissür, quadrigeminal sistern, frontal lob v.b) yerleşim göstermektedir.

Tablo 4.22: Araknoid Kistlerin Boyutları ile İlgili Değerler

Araknoid Kist (n)	Minimum-Maksimum Değerler(mm)	Ortalama±Standart Sapma(mm)
60	12-154	46,4±29,6

Araknoid kistlerin boyut ölçümleri sagittal planda 3D SPACE sekansında ortalama 46,6 mm (standart sapma $\pm 29,6$), minimum değer 12mm ve maksimum değer 154 mm'dir.

Tablo 4.23: Araknoid Kistlerin BOS ile İlişkisi

BOS İlişkisi	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	29	48,3
Yok	31	51,7
Toplam	60	100

Araknoid kistlerin 29'unda (%48,3) 3D SPACE sekansında BOS ile ilişkili olduğu saptanırken, 31'inde (%51,7) 3D SPACE sekansında BOS ile ilişkili olduğu saptanmamıştır.

Tablo 4.24: Araştırma Grubunda Mega Sisterna Magna Saptanan Hastalar

Mega Sisterna Magna	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	52	22,0
Yok	184	78,0
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 52'sinde (%22,0) mega sisterna magna saptanırken, 184'ünde (%78,0) mega sisterna magna saptanamamıştır.

Tablo 4.25: Araştırma Grubunda Ensefalomalazi Saptanan Hastalar

Ensefalomalazi	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	46	19,5
Yok	190	80,5
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 46'sında (%19,5) ensefalomalazik alan saptanırken, 190'ında (%80,5) ensefalomalazik alan saptanmamıştır.

Tablo 4.26: Liliequist Membranın Gösterilmesi

Liliequist Membran	Sayı (n)	Yüzde (%)
Görüntüleniyor	138	58,5
Görüntülenemiyor	69	29,2
Şüpheli Görüntüleme	29	12,3
Toplam	236	100

3D SPACE sekansı kullanılan 138 vakada (%58,5) liliequist membran görüntülenebilirken, 29 vakada (%12,3) liliequist membran şüpheli görüntülenmekte, 69 vakada (%29,2) liliequist membran görüntülenememektedir.

Tablo 4.27: Araştırma Grubunda V-P Şant Kateteri Saptanan Hastalar

V-P Şant Kateteri	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	50	21,2
Yok	186	78,8
Toplam	236	100

Araştırma grubunda bulunan hastaların 50'sinde (%21,2) V-P şant kateteri saptanırken, 186'sında (%78,8) V-P şant kateteri saptanmamıştır.

Tablo 4.28: Araştırma Grubunda Diğer Kistik Lezyon Saptanan Hastalar

Diğer Kistik Lezyonlar	Sayı (n)	Yüzde (%)
Var	26	11,0
Yok	210	89,0
Toplam	236	100

****Diğer Kistik Hastalıklar:** Nöroglial kist, koroidal kist, porenselalik kist, aquaduktal web v.b

Araştırma grubunda bulunan hastaların 26'sında (%11,0) diğer kistik hastalıklar saptanırken, 210'unda (%89,0) diğer kistik hastalıklar saptanmamıştır.

Tablo 4.29: Araştırma Grubunda Bilinen Hastalık Durumu ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Bilinen Hastalık	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	135	66,2	69	33,8	204	100,0
Yok	8	25,0	24	75,0	32	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 19,641 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan bilinen hastalık durumu ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların önceden bilinen hastalığı daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.30: Araştırma Grubunda Yaş Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Yaş	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
0-9 yaş	113	70,6	47	29,4	160	100,0
10-18 yaş	30	39,5	46	60,5	76	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 20,940 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan yaşı ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların 0-9 yaş aralığında daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.31: Araştırma Grubunda Geçirilmiş SSS Cerrahisi Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Geçirilmiş SSS Cerrahisi	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	50	78,1	14	21,9	64	100,0
Yok	93	54,1	79	45,9	172	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 11,304 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan geçirilmiş SSS cerrahisi öyküsü ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların geçirilmiş SSS cerrahisi öyküsü varlığı daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.32: Araştırma Grubunda Chiari II Malformasyonu Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Chiari II Malformasyonu	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	24	92,3	2	7,7	26	100,0
Yok	119	56,7	91	43,3	210	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 12,308 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan Chiari II malformasyonu ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların Chiari II malformasyonu daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.33: Araştırma Grubunda Dandy-Walker Malformasyonu Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Dandy-Walker Malformasyonu	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	12	92,3	1	7,7	13	100,0
Yok	131	58,7	92	41,3	223	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 5,795 p=0,016

Araştırmaya katılan hastalardan Dandy-Walker malformasyonu ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların Dandy-Walker malformasyonu daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.34: Araştırma Grubunda İntrakraniyal Hemoraji Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
İntrakraniyal Hemoraji	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	34	85,0	6	15,0	40	100,0
Yok	109	55,6	87	44,4	196	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 12,016 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan intrakraniyal kanaması olanlar ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların intrakraniyal kanaması varlığı daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.35: Araştırma Grubunda Araknoid Kist Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Araknoid Kist	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	23	38,3	37	61,7	60	100,0
Yok	120	68,2	56	31,8	176	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 16,696 p=0,01

Araştırmaya katılan hastalardan araknoid kist ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların araknoid kist varlığı daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.36: Araştırma Grubunda Mega Sisterna Magna Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Mega Sisterna Magna	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	38	66,2	14	26,9	52	100,0
Yok	105	25,0	79	42,9	184	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 4,353 p=0,037

Araştırmaya katılan hastalardan mega sisterna magna ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların mega sisterna magna varlığı daha fazla olarak bulunmuştur.

Tablo 4.37: Araştırma Grubunda Hidrosefali Ön Tanısı Olması Değişkeni ile Hidrosefali Tanısı Alma Durumunun Karşılaştırılması

Değişken	Hidrosefali					
	Var		Yok		Toplam	
Hidrosefali ön tanısı	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Var	125	80,6	30	19,4	155	100,0
Yok	18	22,2	63	77,8	81	100,0
Toplam	143	60,6	93	39,4	236	100,0

Ki-kare= 76,046 p=0,001

Araştırmaya katılan hastalardan hidrosefali ön tanısı olanlar ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidrosefali tanısı alanların hidrosefali ön tanısı olması daha fazla olarak bulunmuştur.

Araştırmaya katılan hastalardan teratojen maruziyeti, travma öyküsü, ensefalosel varlığı, TORCH enfeksiyon öyküsü, ailede hidrosefali öyküsü ve cinsiyet değişkenleri ile hidrosefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tablo 4.38: Araştırma Grubunda Araknoid Kist Boyutunun Değişkeni ile BOS İlişkisinin Karşılaştırılması

	BOS İlişkisi Olanlar [Ortn(CAG)]	BOS İlişkisi Olmayanlar [Ortn(CAG)]	P değeri
Araknoid Kistin Boyutu	42,0(36,0)	35,0(34,0)	0,178

*Mann Whitney U Testi

Araştırmaya katılanlardan araknoid kisti olan hastaların, kistin boyutu ile BOS ile ilişki durumu karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tablo 4.39: Araştırma Grubunda Araknoid Kist Boyutunun Değişkeni ile Yerleşim Yeri Arasındaki İlişkinin Karşılaştırılması

	Sayı	Yüzde	Ort±SS
Temporal fossada yerleşimli araknoid kist	20	33,3	54,1±37,3
Posterior fossa yerleşimli araknoid kist	21	35,0	48,8±28,1
Quadrigeminal sistern yerleşimli araknoid kist	19	31,7	35,8±18,4
Toplam	60	100	46,4±29,6

P=0,208 Kruskal Wallis Testi

Araştırmaya katılanlardan araknoid kisti olan hastaların kistin yerleşim yeri ile boyutu karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.

5. TARTIŞMA

Üç boyutlu Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution (3D SPACE) sekansında değişken flip angle (VFAM) kullanılması ile akım dinamikleri ve anatomik rezolüsyonun güçlü olması sebebiyle BOS akım dinamikleri ve ventriküler sistem anatomisini değerlendirmede son yıllarda yeni kullanılan sekanslar arasına girmiştir. Üç boyutlu olması nedeniyle ventriküler sistem anatomisi değerlendirmede, değişken flip angle kullanılması nedeniyle BOS akımının hareketini değerlendirmede kullanılmaktadır (32).

Çalışmamızın amacı 0-18 yaş grubunda 3D SPACE sekansının kullanılmış olduğu olgularda saptanan hidrosefali, araknoid kist vb. intrakraniyal patolojilerin etyolojilerinin belirlenmesinin literatür bulguları ile karşılaştırılmasıdır.

Araştırmaya katılanlardan hidrosefali tanısı alan hastalar ile cinsiyet değişkeni karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Literatürde

pediatrik yaş grubundaki hidroşefali olgularının cinsiyete göre dağılımları erkeklerde (%55-60) daha sık saptanmıştır (178).

Araştırmaya katılan hastaların yaş grubu ile hidroşefali tanısı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. 0-9 yaş grubunda hidroşefali tanısı daha fazla bulunmuştur. Literatürde pediatrik yaş grubundaki hidroşefali olgularının yaşa göre dağılımları araştırmamız ile benzer olarak 0-9 yaş grubu arasında %65-70, 10-18 yaş grubunda %30-35 olarak bildirilmektedir (178).

Çalışmamızdaki 204 (%86,4) hastanın daha önce bilinen hastalığı bulunmaktadır. Bu sayının fazla olmasındaki nedenlerin başında çalışmamızın merkezinin üçüncü basamak sağlık merkezi olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bilinen hastalık durumu ile hidroşefali varlığı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Hidroşefali tanısı alanların önceden bilinen hastalığı daha fazla olarak bulunmuştur. Bu durum hidroşefalinin birçok hastalığa eşlik etmesinden kaynaklanmış olabilir (57,58,62).

Literatürde hidroşefali etiyolojisi ile ilişkili durumlardan en sık neden konjenital nedenler olarak bulunmaktadır. Bunun yanında Dandy-Walker malformasyonu, Chiari-II malformasyonu, TORCH enfeksiyonları, enfeksiyöz menenjitler, genetik defektler, travma, teratojen maruziyeti, Galen ven anevrizması, araknoid granülomlar, koroid pleksus tümörleri, obstrüksiyona yol açan yer kaplayan lezyonlar, hemoraji gibi birçok neden sıralanabilir (52). Bizim çalışmamızda literatür ile benzer olarak hidroşefali ile Dandy-Walker malformasyonu, Chiari-II malformasyonu, intrakraniyal kanama, araknoid kist, mega sisterna magna ile istatistiksel olarak anlamlı fark vardır, bu patolojilerin varlığında hidroşefali daha sık saptanmıştır. Literatürden farklı olarak TORCH enfeksiyonları, teratojen maruziyeti, travma öyküsü, aile öyküsü ile istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Bunun nedeni teratojen maruziyetinin ve TORCH enfeksiyonlarının görülme sıklığında azalma olması olarak sıralanabilir. Bu durum bazı hastaların travma öyküsünün hatırlanmıyor oluşu ve hastanın anamnez bilgilerinin hastane bilgi sistemine eksik girilmesi nedeniyle olabilir.

Hastaların hidrosefali ön tanısıyla radyoloji kliniğine başvurusu ile hidrosefali tanısı alması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu duruma hastanemizin üçüncü basamak sağlık merkezi olması neden olmuş olabilir. Ayrıca hidrosefali uzun dönemde etki eden hastalık nedeni olduğu için hastanın ilk başvuru merkezi farklı merkez olması nedeniyle bu sonuca neden olarak gösterilebilir.

Çalışmamızdaki 236 hastanın 189'unda (%80,1) 3D SPACE sekansı ile bir veya birden fazla patoloji veya varyasyon saptanmış, 47'sinde (%19,9) 3D SPACE sekansı ile herhangi patoloji veya varyasyon saptanamamıştır. Patoloji ya da varyasyon saptanan hastaların 143'ünde (%75,6) hidrosefali, 60'ında (%31,7) araknoid kist, 14'ünde (%7,4) hem araknoid kist hem de hidrosefali saptanmıştır.

Çalışmamızda 143 hidrosefali saptanan hastalarının Evans İndeksleri ortalama 0,49 (Standart Sapma $\pm 0,12$), minimum değer 0,31, maksimum değer 0,88 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar literatürde yapılan çalışmalarda Evans İndeks oranları farklı sonuçlar olsa da çalışmaların büyük çoğunluğunda Evans İndeksleri 0,41-0,47 arasında olarak bulunmuştur (52,61).

Literatürde pediatrik yaş grubundaki hidrosefali olgularının obstrüktif/non-obstrüktif nedenlere bağlı dağılımları; obstrüktif nedenler %30-35 iken, non-obstrüktif nedenler %65-70 arasında olduğu belirtilmiştir (77,79). Çalışmamızda hidrosefali saptanan 143 hastada literatürden farklı olarak 66'sı (%46,1) obstrüktif nedenlere bağlı iken, 77'si (%53,9) non-obstrüktif nedenlere bağlı olarak bulunmuştur. Obstrüktif nedenlere bağlı vakaların literatüre göre fazla bulunmasının nedeni, daha önce yapılan çalışmalarda 3D SPACE sekansının kullanılmaması ve konvansiyonel sekansların obstrüktif/nonobstrüktif ayırımında yetersiz kalmasındandır (74,75).

Obstrüksiyon lokalizasyonu literatürde en sık Aquaduktus Serebri seviyesinde bulunmaktadır. Literatürde farklı oranlarda çalışmalar olsa da en fazla obstrüksiyon lokalizasyonu Aquaduktus Serebri seviyesinde bulunmaktadır (76,77,79). Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak obstrüktif hidrosefali

saptanan hastaların obstrüksiyon seviyelerinden en sık olarak 66 hastanın 37'sinde (%56,6) Aquaduktus Cerebri seviyesinde saptanmıştır.

Araştırmaya katılanlardan araknoid kist boyutu ile araknoid kist yerleşim yeri değişkeni karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda temporal fossa yerleşimli kistlerin boyutu diğer alanlardaki kistlerin boyutundan daha büyük bulunmuştur (112,113,131). Bizim araştırmamızda temporal fossa yerleşimli kistin boyutu $54,1 \pm 37,3$ mm olarak bulunmuştur. Posterior fossa yerleşimli kistin boyutu $48,8 \pm 28,1$ mm olarak bulunmuştur. Diğer alanlarda yerleşim gösteren kistin boyutu $35,8 \pm 18,4$ mm olarak bulunmuştur.

Araştırmaya katılanlardan araknoid kist boyutu ile BOS ilişkisi değişkeni ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda BOS ile ilişkili kistlerin boyutu BOS ile ilişkisiz kistlerin boyutundan daha büyük bulunmuştur (112,113,118).

Araştırmaya katılanlardan kist yerleşim yeri ile BOS ilişkisi değişkeni ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda BOS ile ilişkili kistlerin boyutu BOS ile ilişkisiz kistlerin boyutundan daha büyük bulunmuştur. (118,131)

Araştırmamızda bazı kısıtlılıklar mevcuttu. Görüntüleme süresini arttıracığından dolayı 3D SPACE sekansı ile karşılaştıracak hareket duyarlı (PC-MRI, 3D-CISS) MRG sekansları alamadığımızdan dolayı iki harekete duyarlı tetkik arasında karşılaştırma yapılamamıştır. Daha sonraki çalışmalarda bu karşılaştırmanın ele alınmasını öneririz.

Olgular genellikle ön tanıları ile kliniğimize başvuru yaptığından araknoid kist, hidrosefali gibi daha önce patoloji saptanan olgularda; patoloji saptanmayan vakalara göre; daha fazla sıklıkta 3D SPACE sekansı ile görüntüleme yapılmıştır. Bu durum araştırma evrenini etkilemiş olup toplumu yansıtmamasına neden olmaktadır.

6.SONUÇLAR

3D SPACE sekansı FSE temelli hidrosefali, araknoid kist gibi BOS kökenli patolojilerde harekete duyarlı olması nedeniyle etyoloji belirlemede konvansiyonel sekanslara göre daha üstün tanı koyduran, anatomik kayıp olmadan BOS hidrodinamiği hakkında bilgiler sağlayan yeni geliştirilen MRG sekansıdır. 3D SPACE sekansı yakın gelecekte özellikle hidrosefali gibi BOS hidrodinamiği ile ilişkili patolojilerde invaziv tekniklerin yerini alabilir.

Araştırmamızda obstrüktif patolojileri literatüre göre daha fazla bulunmuştur. Bu sonuç 3D SPACE sekansı ile obstrüksiyonun daha iyi belirlenmesinden kaynaklanıyor olabilir. VFAM modunda düşük hızlardaki harekete duyarlı olması nedeniyle tetkiki değerlendiren kişiye bağlı olabilecek yanlış pozitiflik ve yanlış negatiflik oranlarını azaltarak daha objektif sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Araştırmamızda araknoid kist lokalizasyonun, BOS ilişkisinin kist boyutu ile ilişkisiz olduğu bulunmuştur. Bu bulgular literatür bilgileri ile uyuşmamaktadır. Bu duruma bizim olgularımızın yeterli sayıda olmayışı, araştırmanın evreninin homojen dağılmıyor oluşu olabilir. 3D SPACE sekansındaki VFAM modu ile BOS ile araknoid kist arasındaki ilişkiyi konvansiyonel sekanslara göre daha iyi değerlendirme imkanı sunmaktadır.

Araştırmamızda BOS kökenli patolojilerin değerlendirilmesinde gold standart bir görüntüleme tetkiki olmaması nedeniyle diğer konvansiyonel sekanslarla yada farklı görüntüleme tetkikleriyle karşılaştırma biasa neden olabileceğinden dolayı yapılmamıştır. Literatürde 3D SPACE sekansı ile ilgili çalışmalar oldukça az sayıda olmakla beraber bu çalışma diğer araştırmalara yol gösterici olabilir.

3D SPACE sekansı BOS ilişkili intrakraniyal patolojilerde konvansiyonel sekanslara bir takım üstünlükler göstermekle beraber tetkik süresini uzattığından özellikle bizim çalışmamızda olduğu gibi pediatrik yaş grubundaki hastalarda sedasyon ihtiyacını ve olası sedasyona bağlı komplikasyon görülme sıklığını arttırabilir. 3D SPACE sekansı her MRG cihazında yapılabilen bir sekans olmamasına ve sedasyon bağımlı komplikasyon riskini arttırmasına rağmen BOS ile ilişkili patolojilerde gereksiz invaziv girişime olan ihtiyacı azalttığından rutin kullanımı önerilir.



7. ÖZET

0-18 YAŞ GRUBUNDAKİ HASTALARDA KRANİYAL MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMEDE 3D SPACE SEKANSININ KULLANIMI

İntrakraniyal patolojileri belirlemede manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ana görüntüleme yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır. Üç boyutlu Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle Evolution (3D SPACE) sekansı yeni geliştirilen değişken flip angle (FA) kullanılan, ultra kısa eko aralığının (ESP) kullanıldığı, çok uzun eko zincir aralığının (ETL) olduğu, özel optimizasyonların ve modifikasyonların yapıldığı izotropik 3 boyutlu hacim (single slab/multi slab 3D) elde edilen turbo spin echo (TSE) bazlı bir sekanstır. 3D SPACE sekansı anatomik rezolusyonun güçlü olduğu bir MRG sekansıdır. Bu özellik kullanılarak araknoid kist gibi intrakraniyal kistik lezyonların kökenini ya da hidrosefali vakalarında etyolojiyi belirlemekte rutin kullanıma girmeye başlamıştır. Hidrosefali BOS'nın üretim ve emilimi arasındaki dengesizlik veya BOS dolaşım yollarında herhangi bir yerde tıkanma sonucu ventriküllerde BOS birikimi ve bunlara bağlı olarak sıklıkla intrakranial basınç yükselmeleri ile karakterize patolojik bir durumdur. İntrakraniyal araknoid kist ilk defa 1831 yılında Bright tarafından tanımlanmıştır. Araknoid kistler iyi huylu, BOS ile aynı karakteristiğe sahip, homojen içerikli, ekstraaksiyal yerleşimli, düzgün kenarlı, sıklıkla dura ile beyin yapıları arasında bulunan, ventriküler sistemle bağlantısı olmayan, intraaraknoidal yerleşimli, beynin en sık karşılaşılan konjenital kistik lezyonları olarak tanımlanmıştır.

Çalışmamızın amacı hastane görüntüleme arşivi taranarak 0-18 yaş grubunda 3D SPACE sekansının kullanılmış olduğu olgularda saptanan hidrosefali, araknoid kist vb. BOS ile ilişkili intrakraniyal patolojilerin etyolojilerinin belirlenmesinin literatür bulguları ile karşılaştırılmasıdır.

Bu amaçla Ocak 2016 – Mayıs 2019 tarihleri arasında 0-18 yaş grubunda kraniyal MR görüntülemesi yapılmış ve 3D SPACE sekansının kullanıldığı 245 hastanın retrospektif olarak klinik kayıtları taranmıştır. Artefaktlar nedeniyle diagnostik kalitede olmayan MR görüntüleri bulunan dokuz hasta çalışma dışında bırakılmıştır. Çalışmaya toplam 136'sı erkek, 100'ü kız toplamda 236 hasta dahil edilmiştir.

Hidrosefali ölçümleri için Evans indeksi kullanıldı. Evans indeksi aksiyel planda lateral ventriküllerin frontal boynuzu arasındaki en geniş çap, aynı seviyede en geniş kraniyumdaki en geniş internal çapa bölünmesi ile bulunur. Obstüksiyon değerlendirilmesi Foramen Monro seviyesi, Aquaduktus Cerebri seviyesi, 4. Ventrikül çıkım seviyesi ve Foramen Magnum seviyesinde flow-void kaybı obstrüksiyon lehine değerlendirildi. Araknoid kist tanısı için aksiyel T2A FLAIR sekansları ve sagittal plandaki 3D SPACE sekansları beraber kullanıldı. Aksiyel T2 FLAIR sekansı diğer kistik lezyonlardan ayrımı açısından (kolloidal kist, subdural kanama v.b) kullanıldı. Sagittal 3D SPACE sekansları BOS ile olan ilişkiyi ve kist duvarlarını göstermekte kullanıldı.

Hidrosefali sıklığı ile yaş, daha önce bilinen hastalık varlığı, SSS cerrahisi geçirme öyküsü bulunması, Chiari II malformasyonu, Dandy Walker malformasyonu, intrakranial hemoraji, araknoid kist, mega sisterna magna ve daha önce hidrocefali ön tanısı varlığında artmaktadır. Araknoid kistlerin boyutları yerleşim yeri ya da BOS ile ilişkili olması durumundan etkilenmemektedir.

3D SPACE sekansı FSE temelli hidrocefali, araknoid kist gibi BOS kökenli patolojilerde harekete duyarlı olması nedeniyle etyoloji belirlemede konvansiyonel sekanslara göre daha üstün tanı koyduran, anatomik kayıp olmadan BOS hidrodinamiği hakkında bilgiler sağlayan yeni geliştirilen MRG sekansıdır. 3D SPACE sekansı yakın gelecekte özellikle hidrocefali gibi BOS hidrodinamiği ile ilişkili patolojilerde invaziv tekniklerin yerini alabilir.

Anahtar Sözcükler: MRG, 0-18 yaş, 3D SPACE, Hidrocefali, Araknoid Kist

8.ABSTRACT

USE OF 3D SPACE SEQUENCE IN CRANIAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN PATIENTS IN THE 0-18 YEARS OLD GROUP

Magnetic resonance imaging (MRI) is the main imaging modality in determining intracranial pathologies. Three-dimensional Sampling Perfection with Application optimized Contrasts using different flip angle The Evolution (3D SPACE) sequence uses a newly developed variable flip angle (FA), uses ultra-short echo interval (ESP), has very long echo chain interval (ETL), isotropic 3D volume (single slab / multi slab 3D) in which modifications are made. The 3D SPACE sequence is an MRI sequence with strong anatomical resolution. Using this feature, it has begun to be used routinely to determine the origin of intracranial cystic lesions such as arachnoid cyst or etiology in cases of hydrocephalus. Hydrocephalus is a pathological condition characterized by an imbalance between the production and absorption of CSF or the accumulation of CSF in the ventricles and consequently increased intracranial pressure due to blockage of the CSF circulatory paths. Intracranial arachnoid cyst was first described by Bright in 1831. Arachnoid cysts have been described as benign, homogenous, extraaxial, smooth-edged, with the same characteristics as CSF, with regular margins, often between dura and brain structures, not connected to ventricular system, intraarachnoidally located, most common congenital cystic lesions of the brain.

The aim of this study was to investigate the presence of hydrocephalus, arachnoid cyst, etc. in patients with 3D SPACE sequence in the 0-18 age group. The aim of this study is to compare the etiology of intracranial pathologies associated with CSF with literature findings.

For this purpose, cranial MRI of 0-18 age group was performed between January 2016 and May 2019 and clinical records of 245 patients using 3D SPACE sequence were reviewed retrospectively. Nine patients with MRI images of non-diagnostic quality due to artifacts were excluded. A total of 236 patients, 136 males and 100 females, were included in the study.

Evans index was used for hydrocephalus measurements. The Evans index is found in the axial plane by dividing the largest diameter of the lateral ventricles between the frontal horns and the largest internal diameter in the largest cranium at the same level. Obstruction evaluation Foramen Monro level, Aqueductus Cerebri level, 4th Ventricular outflow level and Foramen Magnum level flow-void loss were evaluated in favor of obstruction. Axial T2W FLAIR sequences and 3D SPACE sequences on the sagittal plane were used for the diagnosis of arachnoid cysts. Axial T2 FLAIR sequence was used to differentiate it from other cystic lesions (colloidal cyst, subdural hemorrhage, etc.). Sagittal 3D SPACE sequences were used to show the relationship between CSF and cyst walls.

The prevalence of hydrocephalus increases with age, presence of a previously known disease, history of CNS surgery, Chiari II malformation, Dandy Walker malformation, intracranial hemorrhage, arachnoid cyst, mega cisterna magna and previous diagnosis of hydrocephalus. The dimensions of the arachnoid cysts are not affected by the location or association with CSF.

3D SPACE sequence is a newly developed MRI sequence that provides information about CSF hydrodynamics without anatomic loss, which makes FSE-based hydrocephalus superior to conventional sequences in determining etiology due to its sensitivity to motion in CSF-derived pathologies such as arachnoid cyst. The 3D SPACE sequence may replace invasive techniques in the near future, particularly in pathologies associated with CSF hydrodynamics such as hydrocephalus

Key Words: MRG, 3D SPACE, Hydrocephalus, Arachnoid cyst

9. KAYNAKLAR

1. Zileli M: Hidrosefalide klinik bulgulara temel fizyolojik kavramlar. Ege Nörolojik Bilimler Derg 1:33, 1988
2. Stein SC, Schut L: Hydrocephalus in myelomeningocele. Child's Brain 5:413,1979.
3. Begsneider M.: Evolving concepts of cerebrospinal fluid physiology. Neurosurgery Clinics of North America 2001; 36:632-638.
4. Mertol T, Cınaz P: Pediatrik yaş gruplarında hidrosefali. Yeni Tıp Derg 4:26, 1987.
5. Mori K: Hydrocephalus- revision of its definition and classification with special reference to "intractable infantile hydrocephalus". Childs Nerv Syst 6:198, 1990.
6. Bradley WG, Quencer RM.: Hydrocephalus and cerebrospinal fluid flow. Magnetic Resonance Imaging 1999; 3:1483-1506.
7. Wester K. Peculiarities of intracranial arachnoid cysts: location, sidedness, and sex distribution in 126 consecutive patients. Neurosurgery. 1999;45(4):775-9
8. Yıldız H. İntrakranial araknoid kistlerin subaraknoid mesafe ile bağlantısını göstermede BOS-flow MR İnceleme [Uzmanlık tezi]: Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2002,
9. Görücü Y, Barut Y, Mutlu İ.N. Araknoid Kist (Olgu Sunumu) İstanbul Tıp Dergisi;2006. p. 43-6
10. Orhan O, Tıbbi Görüntüleme Fizigi 2003: p. 281-366.
11. Grossman, C., Physical Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging In: Grossman CB. Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography of the Head and Spine. 2nd edition. 1996: p. 10-58.
12. Hennig J, Nauerth A, Friedburg H. RARE imaging: a fast imaging method for clinical MR. Magn Reson Med 1986;3: 823–833.
13. Mugler JP. Optimized three-dimensional fast-spin-echo MRI. J Magn Reson

Imaging [Internet]. 2014;39(4):745–67. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jmri.24542>

14. Mugler JP III, Bao S, Mulkern RV, et al. Optimized single-slab three-dimensional spin-echo MR imaging of the brain. *Radiology* 2000; 216:891–899.
15. Kallmes DF, Hui FK, Mugler JP III. Suppression of cerebrospinal fluid and blood flow artifacts in FLAIR MR imaging with a singleslab three-dimensional pulse sequence: initial experience. *Radiology* 2001; 221:251–255
16. Pouwels PJ, Kuijer JP, Mugler JP III, Guttman CR, Barkhof F. Human gray matter: feasibility of single-slab 3D double inversion-recovery high-spatial-resolution MR imaging. *Radiology* 2006; 241:873–879
17. Mugler JP 3rd (2014) Optimized three-dimensional fast-spin-echo MRI. *J Magn Reson Imaging* 39(4):745–767
18. Kartal MG, Ocakoglu G, Algin O (2015) Feasibility of 3-dimensional sampling perfection with application optimized contrast sequence in the evaluation of patients with hydrocephalus. *J Comput Assist Tomogr* 39(3):321–328
19. Gerigk L, Bostel T, Hegewald A et al (2012) Dynamic magnetic resonance imaging of the cervical spine with high-resolution 3-dimensional T2-imaging. *Clin Neuroradiol* 22(1):93–99
20. Kijowski R, Gold GE. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. *J Magn Reson Imaging* 2011; 33:758–771.
21. Lim RP, Storey P, Atanasova IP, et al. Three-dimensional electrocardiographically gated variable flip angle FSE imaging for MR angiography of the hands at 3.0 T: initial experience. *Radiology* 2009; 252:874–881.
22. Mihai G, Chung YC, Kariisa M, Raman SV, Simonetti OP, Rajagopalan S. Initial feasibility of a multi-station high resolution three-dimensional dark blood angiography protocol for the assessment of peripheral arterial disease. *J Magn Reson Imaging* 2009; 30:7.

23. Lanzman RS, Blondin D, Schmitt P, et al. Non-enhanced 3D MR angiography of the lower extremity using ECG-gated TSE imaging with non-selective refocusing pulses--initial experience. *RoFo* 2010; 182:861–867.
24. Wielopolski P, Achten E, de Groot JC, et al. A dual echo threedimensional inversion recovery HASTE sequence: initial experience and potential applications for the quantification of white matter lesions and brain tissue volumes. In: *Proceedings of the 4th*
25. Luk-Pat GT, Gold GE, Olcott EW, Hu BS, Nishimura DG. Highresolution threedimensional in vivo imaging of atherosclerotic plaque. *Magn Reson Med* 1999; 42:762–771.
26. Melki PS, Jolesz FA, Mulkern RV. Partial RF echo planar imaging with the FAISE method. I. Experimental and theoretical assessment of artifact. *Magn Reson Med* 1992; 26:328–341
27. Constable RT, Gore JC. The loss of small objects in variable TE imaging: implications for FSE, RARE, and EPI. *Magn Reson Med* 1992; 28:9–24
28. Hennig J. Multiecho imaging sequences with low refocusing flip angles. *J Magn Reson* 1988; 78:397–407
29. Alsop DC. The sensitivity of low flip angle RARE imaging. *Magn Reson Med* 1997; 37:176–184.
30. Kartal MG, Algin O (2014) Evaluation of hydrocephalus and other cerebrospinal fluid disorders with MRI: an update. *Insights Imaging* (4):531–541
31. Algin O, Turkbey B, Ozmen E et al (2013) Evaluation of spontaneous third ventriculostomy by three-dimensional sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip-angle evolutions (3D-SPACE) sequence by 3T MR imaging: preliminary results with variant flip-angle mode. *J Neuroradiol* 40(1):11–18
32. Algin O (2015) Prediction of endoscopic third ventriculostomy (ETV) success with 3D-SPACE technique. *Neurosurg Rev* 38(2):395–397
33. Held P, Fellner C, Fellner F et al (1997) MRI of inner ear and facial nerve

pathology using 3D MP-RAGE and 3D CISS sequences. Br J Radiol 70(834):558–566

34. Park SH, Han PK, Choi SH (2015) Physiological and functional magnetic resonance imaging using balanced steady-state free precession. Korean J Radiol 16(3):550–559
35. Santamarta D, Alvarez AD, Gonçalves JM, Hernandez J.: Outcome of endoscopic third ventriculostomy. Results from an unselected series with noncommunicating hydrocephalus. Acta Neurochir 2005; 147: 377-382
36. Ruggiero C, Cinalli G, Spennato P, et al.: Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of hydrocephalus in posterior fossa tumors in children. Child Nerv Sys 2004;20: 828-833.
37. Schroeder HWS, Oertel J, Gaab MR. Endoscopic treatment of cerebrospinal fluid pathway obstructions. Neurosurgery 2007; 60: 44-52.
38. Fujii K, Lenkey C, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the choroidal arteries lateral and third ventricles. J Neurosurg 1980; 52: 165-188
39. Drake R, Vogl W, Mitchell A. Gray's Anatomy for Students. London: Churchill Livingstone, 2004: 850-885
40. Sadler TW. Santral sinir sistemi. Langman's medical embriyoloji, 7. baskı. Williams and Wilkins, 1995; 358-396.
41. May C, Kaye JA, Atack JR, Schapiro MB, Friedland RP, Rapaport SI. Cerebrospinal fluid production is reduced in healthy aging. Neurology 1990; 40:500-503
42. Grossman RI, Yousem DM. Cranial anatomy. Neuroradiology 2nd ed. Elsevier Inc, 2003;37-96.
43. McComb JG. Recent research into the nature of cerebrospinal fluid formation and absorption. J Neurosurg 1983; 59:369-383.
44. Penn RD, Linninger A: The physics of hydrocephalus. Pediatr Neurosurg 45:161-174,2009
45. McComb JG. Cerebrospinal fluid physiology of the developing fetus. AJNR 1992; 12:595-599

46. Bradley WG, Scalzo D, Queralt J, Nitz WN, Atkinson DJ, Wong P. Normal pressure hydrocephalus: evaluation with cerebrospinal fluid flow measurements at MR imaging. *Radiology* 1996; 198:523-529.
47. Greitz D. Radiological assessment of hydrocephalus: new theories and implications of therapy. *Neurosurg Rev* 2004; 27:145-165
48. Czosnyka M, Czosnyka Z, Momjian S, et al. Cerebrospinal fluid dynamics. *Physiol Meas* 2004; 25: R51-76.
49. Çataltepe O. Hidrosefali Sınıflama, Patofizyoloji, Klinik ve Tedavi. Aksoy K (ed). *Temel Nöroşirürji*. Ankara: Buluş Tasarım ve Matbaacılık, 2005: 1446-1454
50. Greitz D, Wirestam R, Franck A, Nordell B, Thomsen C, Stahlberg F. Pulsatile brain movement and associated hydrodynamics studied by magnetic resonance imaging. The Monroe-Kellie doctrine revisited. *Neuroradiology* 1992; 34:370-380.
51. Fishman MA. Hydrocephalus. In: Eliasson SG, Pinsky AL, Hardin WB, editors. *Neurological pathophysiology*. New York: Oxford; 1978
52. Carey CM, Tullous MW, Walker ML. Hydrocephalus: Etiology, Pathologic Effects, Diagnosis, and Natural History. In: Cheek WR, editor. *Pediatric Neurosurgery*, 3 ed, Philadelphia: WB Saunders Company; 1994.
53. Hellbusch LC. Benign extracerebral fluid collections in infancy: clinical presentation and long-term follow-up. *J Neurosurg* 2007; 107:119-25.
54. Aronik KE. The history and classification of hydrocephalus. *Neurosurg Clin N Am* 1993;4(4):599-609
55. Torack RM. Historical aspects of normal and abnormal brain fluids. I. Cerebro-spinal fluid. *Arch Neurol* 1982;39(4):197-20
56. Fernell E, Hagberg G, Hagberg B. Infantile hydrocephalus epidemiology: an indicator of enhanced survival. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1994; 70: F123-8.
57. Jeng S, Gupta N, Wrensch M, et al. Prevalence of congenital hydrocephalus in California, 1991-2000. *Pediatr Neurol* 2011; 45: 67-71.

58. Garne E, Loane M, Addor MC, et al. Congenital hydrocephalus--prevalence, prenatal diagnosis and outcome of pregnancy in four European regions. *Eur J Paediatr Neurol* 2010; 14: 150-5
59. Russell DS: Observation on the pathology of hydrocephalus. Medical Research Council. Special report series No. 265. London: His Majesty's Stationery Office, 1949:112-113
60. Oi S: Classification of hydrocephalus: Critical analysis of classification categories and advantages of "Multi-categorical Hydrocephalus Classification" (Mc HC). *Childs Nerv Syst* 27: 1523-1533, 2011
61. Barkovich AJ. Hydrocephalus. In: Barkovich AJ, ed. *Pediatric Neuroimaging*. 3rd ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2000; 581-621
62. Osborn AG. Brain tumors and tumorlike processes. In: *Diagnostic Neuroradiology*. Mosby; 401-665
63. Pierre-Kahn A, Sonigo P. Malformative intracranial cysts: diagnosis and outcome. *Childs Nerv Syst* 2003; 19: 477-483
64. Beni-Adani L, Biani N, Ben-Sirah L, Constantini S. The occurrence of obstructive vs absorptive hydrocephalus in newborns and infants: relevance to treatment choices. *Childs Nerv Syst* 2006; 22: 1543-63
65. Schrander Stumpel C, Fryns JP. Congenital hydrocephalus: nosology and guidelines for clinical approach and genetic counselling. *Eur J Pediatr* 1998; 157: 355-62
66. Graf WD, Born DE, Sarnat HB. The pachygyriapoly microgyria spectrum of cortical dysplasia in X-linked hydrocephalus. *Eur J Pediatr Surg* 1998; 8 Suppl 1: 10-4.
67. Fransen E, Van Camp G, Vits L, Willems PJ. L1-associated diseases: clinical geneticists divide, molecular geneticists unite. *Hum Mol Genet* 1997; 6: 1625-32
68. Sasaki-Adams D, Elbabaa SK, Jewells V, et al. The Dandy Walker variant: a case series of 24 pediatric patients and evaluation of associated anomalies, incidence of hydrocephalus, and developmental outcomes. *J Neurosurg Pediatr* 2008; 2: 194-9

69. Frawley GP, Dargaville PA, Mitchell PJ, et al. Clinical course and medical management of neonates with severe cardiac failure related to vein of Galen malformation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2002; 87: F144-9.
70. Yamada S. Cerebrospinal fluid physiology: visualization of fluid dynamics using the magnetic resonance imaging Time-Spatial Inversion Pulse method. *Croat Med J* 2014 Aug 28;55(4):337-46.
71. Men S. BOS akım hastalıkları ve hidrocefali. In: Erden I (ed). *Nöroradyoloji manyetik rezonans uygulamaları* (first ed). Ankara: Türk manyetik rezonans derneği 2006, pp 80-95 (in Turkish)
72. Osborn AG, Preece MT. Intracranial cysts: Radiologic-pathologic correlation and imaging approach. *Radiology* 2006;239(3): 650-64
73. Bonetti MG, Scarabino T, Rosi R, Ceddia A, Salvolini U. Intracranial hypertension. In: Scarabino T, Salvolini U, Jinkins JR, editors. *Emergency neuroradiology*. Springer: Berlin Heidelberg 2006: p.195–237
74. Algin O, Hakyemez B, Parlak M. Phase-contrast MRI and 3D-CISS versus contrast-enhanced MR cisternography on the evaluation of the aqueductal stenosis. *Neuroradiology* 2010; 52:99-108
75. Algin O, Turkbey B. Evaluation of aqueductal stenosis by 3D sampling perfection with application-optimized contrasts using different flip angle evolutions sequence: preliminary results with 3T MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012;33(4):740-6
76. Algin O, Turkbey B. Intrathecal Gadolinium-Enhanced MR Cisternography: A Comprehensive Review. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013; 34(1): 14-22
77. Dinçer A, Özek MM. Radiologic evaluation of pediatric hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 2011;27(10):1543-62
78. Pople IK. Hydrocephalus and shunts: what the neurologist should know. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002;73: i17-22
79. Algin O, Ozmen E. Heavily T2W 3D-SPACE images for evaluation of cerebrospinal fluid containing spaces. *Indian J Radiol Imaging* 2012;22(1):74-5
80. Bejjani GK. Association of the Adult Chiari Malformation and Idiopathic

Intracranial Hypertension: more than a coincidence. *Med Hypotheses* 2003; 60(6): 859-63

81. Battal B, Kocaoglu M, Bulakbasi N, Husmen G, Tuba Sanal H, Tayfun C. Cerebrospinal fluid flow imaging by using phase-contrast MR technique. *Br J Radiol.* 2011;84(1004):758
82. Cardoza JD, Goldstein RB, Filly RA, et al. Exclusion of fetal ventriculomegaly with a single measurement: The width of the lateral ventricular atrium. *Radiology.* 1988;169:711
83. Pilu G, Reece EA, Goldstein I, et al. Sonographic evaluation of the normal developmental anatomy of the fetal cerebral ventricles. II: The atria. *Obstet Gynecol.* 1989;73: 250
84. Goldstein I, Reece EA, Pilu G, et al. Sonographic evaluation of the normal developmental anatomy of the fetal cerebral ventricles. IV: The posterior horn. *Am J Perinatol.* 1990; 7: 79
85. Heiserman J, Filly RA, Goldstein RB: The effect of measurement errors on the sonographic evaluation of ventriculomegaly. *J Ultrasound Med.* 1991; 10:121
86. Alagoppa R, Browning PD Laarr A, et al. Distal lateral ventricular atrium. Reevaluation of normal range. *Radiology.* 1994;405:193.
87. Farrel TA, Hertzberg BS, Kliewer MA, et al. Fetal lateral ventricles: Reassessment of normal values for atrial diameter at US. *Radiology.* 1994;409:193
88. Patel MD, Goldstein RB, Tung S, et al. Fetal cerebral ventricular atrium: Difference in size according to sex. *Radiology.* 1995;713:194.46
89. Chapman P.H: Hydrocephalus in Childhood. In Youmans JR (ed):*Neurological Surgery*, ed 3. Philadelphia: WB Saunders, 1990, pp 236
90. Baskaya MK, Coscarella E, Gomez F, Morcos JJ. Surgical and angiographic anatomy of the posterior communicating and anterior choroideal arteries. *Neuroanatomy* 2004; 3: 38-42
91. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE, Moomjy M. Nomograms of the fetal ventricles using transvaginal sonography. *J Ultrasound Med.* 1993;12: 265.

92. Selcuk H, Albayram S, Ozer H, Ulus S, Sanus GZ, Kaynar MY, et al. Intrathecal gadolinium-enhanced MR cisternography in the evaluation of CSF leakage. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31(1):71–5
93. Chiewvit S, Nuntaaree S, Kanchaanapiboon P, Chiewvit P. Assessment lumboperitoneal or ventriculoperitoneal shunt patency by radionuclide technique: a review experience cases. *World J Nucl Med* 2014;13(2):75-84
94. O'Neill BR, Pruthi S, Bains H, Robison R, Weir K, Ojemann J, et al. Rapid sequence magnetic resonance imaging in the assessment of children with hydrocephalus. *World Neurosurg* 2013;80 (6):e307-12
95. Alhilali LM, Dohatcu AC, Fakhra S. Evaluation of a limited three-slice head CT protocol for monitoring patients with ventriculoperitoneal shunts. *AJR Am J Roentgenol* 2013;201(2):400-5
96. Manganaro L, Savelli S, Francioso A, Di Maurizio M, Coratella F, Vilella G, et al. Role of fetal MRI in the diagnosis of cerebral ventriculomegaly assessed by ultrasonography. *Radiol Med* 2009;114(7):1013-23
97. Newman WD, Hollman AS, Dutton GN, Carachi R. Measurement of optic nerve sheath diameter by ultrasound: Means of detecting acute raised intracranial pressure in hydrocephalus. *Br J Ophthalmol* 2002;86(10): 1109-13
98. Koral K, Blackburn T, Bailey AA, Koral KM, Anderson J. Strengthening the argument for rapid brain MR imaging: estimation of reduction in lifetime attributable risk of developing fatal cancer in children with shunted hydrocephalus by instituting a rapid brain MR imaging protocol in lieu of Head CT. *JNR Am J Neuroradiol* 2012;33(10):1851-4
99. Grossman R, Hoffman C, Mardor Y, Biegon A. Quantitative MRI measurements of human fetal brain development in utero. *Neuroimage* 2006; 33(2):463-70.
100. Huisman TA. Fetal magnetic resonance imaging of the brain: is ventriculomegaly the tip of the syndromal iceberg? *Semin Ultrasound CT MR* 2011; 32(6):491-509.

101. Rozovsky K, Ventureyra EC, Miller E. Fastbrain MRI in children is quick, without sedation, and radiation-free, but beware of limitations. *J Clin Neurosci* 2013; 20(3):400- 5.
102. Yuan W, McKinstry RC, Shimony JS, Altaye M, Powell SK, Phillips JM, et al. Diffusion tensor imaging properties and neurobehavioral outcomes in children with hydrocephalus. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013;34(2):439- 45
103. Zhang B, Li SB. Cine-PC MR in assessment of cerebrospinal fluid velocity in the aqueduct of the midbrain correlated with intracranial pressure--initial study. *Med Hypotheses* 2012; 78(2):227-30
104. Algin O, Ozmen E, Karaoglanoglu M. The role of MRI in pediatric obstructive hydrocephalus: An update. *J Pediatr Neuroradiol* 2012; 2: 71-80.
105. Algin O, Hakyemez B, Parlak M. Phase-contrast MRI and 3D-CISS versus contrast-enhanced MR cisternography on the evaluation of spontaneous third ventriculostomy existence. *Journal of Neuroradiology* 2011;38(2):98-104
106. Ufuk K. Gülsoy, Orhan OYAR Tıbbi Görüntüleme Fiziği. ISBN 975-6813-40-7 Ankara 2003
107. Hodel J, Rahmouni A, Zins M, Vignaud A, Decq P. MRI of non-communicating hydrocephalus. *World Neurosurgery* 2012; doi: 10.1016/j.wneu.2012.02.009
108. Hingwala D, Chatterjee S, Kesavadas C, Thomas B, Kapilamoorthy TR. Applications of 3D CISS sequence for problem solving in neuroimaging. *Indian J Radiol Imaging* 2011; 21(2): 90-7
109. Pain M, Ghatan S. Youmans and Winn Neurological Surgery: Arachnoid Cysts in Childhood 3ed 2011. 1524-30
110. Yıkılmaz A. İntrakraniyal kistik lezyonlarda diffüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntülemenin yeri [Tıpta Uzmanlık]: Erciyes Üniversitesi Tıp fakültesi; 2005.
111. Galassi E, Piazza G, Gaist G, Frank F. Arachnoid cysts of the middle cranial fossa: a clinical and radiological study of 25 cases treated surgically. *Surg*

Neurol. 1980;14(3):211-9

112. Al-Holou WN, Yew AY, Boomsaad ZE, Garton HJ, Muraszko KM, Maher CO. Prevalence and natural history of arachnoid cysts in children. *Journal of neurosurgery Pediatrics*. 2010;5(6):578-85
113. Al-Holou WN, Terman S, Kilburg C, Garton HJ, Muraszko KM, Maher CO. Prevalence and natural history of arachnoid cysts in adults. *J Neurosurg*. 2013;118(2):222-31
114. Oberbauer RW, Haase J, Pucher R. Arachnoid cysts in children: a European co-operative study. *Child's Nervous System*. 1992;8(5):281-6
115. Rengachary SS, Watanabe I. Ultrastructure and pathogenesis of intracranial arachnoid cysts. *Journal of neuropathology and experimental neurology*. 1981;40(1):61-83.
116. Berkmen YM, Brucher J, Salmon JH. Congenital arachnoid cysts. *American Journal of Roentgenology*. 1969;105(2):298-304
117. Görücü Y, Barut Y, Mutlu İ.N. Araknoid Kist (Olgu Sunumu) *İstanbul Tıp Dergisi*;2006. p. 43-6
118. Passero S, Filosomi G, Cioni R, Venturi C, Volpini B. Arachnoid cysts of the middle cranial fossa: a clinical, radiological and follow-up study. *Acta neurologica Scandinavica*. 1990;82(2):94-100
119. Von Wild K. Arachnoid cysts of the middle cranial fossa. *Neurochirurgia*. 1992;35(6):177-82.
120. Parsch CS, Krauss J, Hofmann E, Meixensberger J, Roosen K. Arachnoid cysts associated with subdural hematomas and hygromas: analysis of 16 cases, long-term follow-up, and review of the literature. *Neurosurgery*. 1997;40(3):483-90
121. Aicardi J, Bauman F. Supratentorial extracerebral cysts in infants and children. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 1975;38(1):57-68.
122. Choi JU, Kim DS. Pathogenesis of Arachnoid Cyst: Congenital or Traumatic? *Pediatric Neurosurgery*. 1998;29(5):260-6.

123. Jakubiak P, Dunsmore RH, Beckett RS. Supratentorial Brain Cysts. *Journal of Neurosurgery*. 1968;28(2):129-36
124. Starkman SP, Brown TC, Linell EA. Cerebral Arachnoid Cysts. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*. 1958;17(3):484-500
125. Spaziante R, Cirillo S, Constans JP, de Divitiis E, Donzelli R, Stella L. Arachnoid cyst of the quadrigeminal cistern. *Neurochirurgia*. 1986;29(4):117-23.
126. Garcia Santos JM, Martinez-Lage J, Gilabert Ubeda A, Capel Aleman A, Climent Oltra V. Arachnoid cysts of the middle cranial fossa: a consideration of their origins based on imaging. *Neuroradiology*. 1993;35(5):355-8
127. Lange M, Oeckler R. Results of surgical treatment in patients with arachnoid cysts. *Acta Neurochir (Wien)*. 1987;87(3-4):99-104
128. Nakase H, Hisanaga M, Hashimoto S, Imanishi M, Utsumi S. Intraventricular arachnoid cyst. Report of two cases. *J Neurosurg*. 1988;68(3):482-6.
129. Faris AA, Bale GF, Cannon B. Arachnoidal cyst of the third ventricle with precocious puberty. *Southern medical journal*. 1971;64(9):1139- 42.
130. Wester K. Gender distribution and sidedness of middle fossa arachnoid cysts: a review of cases diagnosed with computed imaging. *Neurosurgery*. 1992;31(5):940-4
131. Helland CA, Johansen ML, Wester K. Location, sidedness, and sex distribution of intracranial arachnoid cysts in a population-based sample. *Journal of Neurosurgery*. 2010;113(5):934-9.
132. Romner B, Egge A, Trumpy JH. Symptomatic, expansive middle cranial fossa arachnoid cyst treated by a cysto-peritoneal shunt. Case report and evaluation of treatment options. *Acta neurologica Scandinavica*. 1994;89(3):230-2
133. Hellwig D, Tirakotai W, Paterno V, Kappus C. Chapter 26 - Arachnoid, Suprasellar, and Rathke's Cleft Cysts A2 - Quiñones-Hinojosa, Alfredo. *Schmidek and Sweet Operative Neurosurgical Techniques (Sixth Edition)*.

Philadelphia: W.B. Saunders; 2012. p. 311-29

134. Becker T, Wagner M, Hofmann E, Warmuth-Metz M, Nadjmi M. Do arachnoid cysts grow? A retrospective CT volumetric study. *Neuroradiology*. 1991;33(4):341-5.
135. Koch CA, Voth D, Kraemer G, Schwarz M. Arachnoid cysts: does surgery improve epileptic seizures and headaches? *Neurosurgical review*. 1995;18(3):173-8
136. Cincu R, Agrawal A, Eiras J. Intracranial arachnoid cysts: current concepts and treatment alternatives. *Clin Neurol Neurosurg*. 2007;109(10):837-43
137. Boutarbouch M, El Ouahabi A, Rifi L, Arkha Y, Derraz S, El Khamlichi A. Management of intracranial arachnoid cysts: institutional experience with initial 32 cases and review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg*. 2008;110(1):1-7.
138. Helland CA, Wester K. A population based study of intracranial arachnoid cysts: clinical and neuroimaging outcomes following surgical cyst decompression in adults. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 2007;78(10):1129-35
139. Hanieh A, Simpson DA, North JB. Arachnoid cysts: a critical review of 41 cases. *Child's nervous system: ChNS: official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery*. 1988; 4:92-6.
140. Pascual-Castroviejo I, Roche MC, Martinez Bermejo A, Arcas J, Garcia Blazquez M. Primary intracranial arachnoidal cysts. *Child's Nervous System*. 1991;7(5):257-63.
141. Arai H, Sato K, Wachi A, Okuda O, Nobuaki T. Arachnoid Cysts of the Middle Cranial Fossa: Experience with 77 Patients Who Were Treated with Cystoperitoneal Shunting. *Neurosurgery*. 1996;39(6):1108-13.
142. Samuel F. Ciricillo, Philip H. Cogen, Griffith R. Harsh, Michael S. B. Edwards. Intracranial arachnoid cysts in children. A comparison of the effects of fenestration and shunting. *Journal of Neurosurgery*. 1991;74(2):230-5
143. Gan YC, Connolly MBC, Steinbok P. Epilepsy associated with a cerebellar

arachnoid cyst: seizure control following fenestration of the cyst. *Child's Nervous System*. 2008;24(1):125-34

144. Sajko T, Hecimovic H, Boric M, Sesar N, Rotim K. Complete resolution of medically refractory temporal lobe epilepsy after arachnoid cyst fenestration. *Acta Clin Croat*. 2011; 50:589-93.
145. Santamarta D, Aguas J, Ferrer E. The Natural History of Arachnoid Cysts: Endoscopic and Cine-Mode MRI Evidence of a Slit-Valve Mechanism. *Minim Invasive Neurosurg*. 1995;38(04):133-7.
146. Bhattacharyya KB, Senapati A, Basu S, Bhattacharya S, Ghosh S. Bobble-head doll syndrome: some atypical features with a new lesion and review of the literature. *Acta neurologica Scandinavica*. 2003;108(3):216-20.
147. Desai KI, Nadkarni TD, Muzumdar D, Goel A. Suprasellar arachnoid cyst presenting with bobble-head doll movements: a report of 3 cases. *Neurol India* 2003.;51(3):407-9
148. Hagebeuk EE, Kloet A, Grotenhuis JA, Peeters EA. Bobble-head doll syndrome successfully treated with an endoscopic ventriculocystocisternostomy. Case report and review of the literature. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2005;103(3):253-9
149. Adan L, Bussi res L, Dinand V, Zerah M, Pierre-Kahn A, Brauner R. Growth, puberty and hypothalamic-pituitary function in children with suprasellar arachnoid cyst. *European Journal of Pediatrics*. 2000;159(5):348-55
150. Werder EA, Haertel M, Bekier A, Weber JR, Siegfried J. Suprasellar arachnoidal cyst as a cause of early puberty. *Helv Paediatr Acta*. 1984; 39:261-4
151. Meyer FB, Carpenter SM, Laws ER. Intracellular arachnoid cysts. *Surgical Neurology*. 1987;28(2):105-10
152. Lena G, van C lenberg F, Genitori L, Choux M. Supratentorial interhemispheric cysts associated with callosal agenesis: surgical treatment and outcome in 16 children. *Child's Nervous System*. 1995;11(10):568-73.
153. Caldarelli M, Di Rocco C. Surgical options in the treatment of

- interhemispheric arachnoid cysts. *Surgical Neurology*. 1996;46(3):212-21.
154. Garg K, Tandon V, Sharma S, Suri A, Chandra PS, Kumar R, Mahapatra AK, Sharma BS. Quadrigeminal cistern arachnoid cyst: A series of 18 patients and a review of literature. *Br J Neurosurg*. 2014;1-7
 155. Jallo GI, Woo HH, Meshki C, Epstein FJ, Wisoff JH. Arachnoid cysts of the cerebellopontine angle: diagnosis and surgery. *Neurosurgery*. 1997; 40:31-7; discussion 37-8
 156. Babu R, Murali R. Arachnoid Cyst of the Cerebellopontine Angle Manifesting as Contralateral Trigeminal Neuralgia: Case Report. *Neurosurgery*. 1991;28(6):886-7.
 157. Altinörs N, Kars Z, Çepoğlu C. Rare causes of hemifacial spasm: Report of two cases. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 1991;93(2):155-8.
 158. Higashi S, Yamashita J, Yamamoto Y, Izumi K. Hemifacial spasm associated with a cerebellopontine angle arachnoid cyst in a young adult. *Surgical Neurology*. 1992;37(4):289-92
 159. Takano S, Maruno T, Shirai S, Nose T. Facial Spasm and Paroxysmal Tinnitus Associated with an Arachnoid Cyst of the Cerebellopontine Angle; Case Report. *Neurologia medico-chirurgica*. 1998;38(2):100-3.
 160. Ögütçen-Toller M, Uzun E, Incesu L. Clinical and magnetic resonance imaging evaluation of facial pain. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(5):652-8
 161. Ismail A, Tampieri D, Melanson D, Pokrupa R, Villemure JG, Bertrand G. Glioblastoma: CT and MR findings. *Journal of computer assisted tomography*. 1992;16(6):860-4
 162. Tsuruda JS, Chew WM, Moseley ME, Norman D. Diffusion-weighted MR imaging of the brain: value of differentiating between extraaxial cysts and epidermoid tumors. *AJR American journal of roentgenology*. 1990;155(5):1059-65; discussion 66-8
 163. Millichap JG. Temporal lobe arachnoid cyst-attention deficit disorder syndrome: role of the electroencephalogram in diagnosis. *Neurology*. 1997;48(5):1435-9.

164. Scheel M, Bauknecht HC. Teaching NeurolImages: Head banging without head trauma, Subdural hemorrhage in association with arachnoid cysts. *Neurology*. 2011;76(12): e60-e
165. Lee C-H, Han IS, Lee JY, Phi JH, Kim S-K, Kim Y-E, Wang KC. Analysis of a bleeding mechanism in patients with the sylvian arachnoid cyst using a finite element model. *Child's Nervous System*. 2014;30(6):1029-36
166. Cress M, Kestle JRW, Holubkov R, Riva-Cambrin J. Risk Factors for Pediatric Arachnoid Cyst Rupture/HemorrhageA Case-Control Study. *Neurosurgery*. 2013;72(5):716-22
167. Wester K, Helland CA. How often do chronic extra-cerebral haematomas occur in patients with intracranial arachnoid cysts? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2008;79(1):72-5.
168. Tamas LB, Wyler AR. Intracranial mucocoele mimicking arachnoid cyst: case report. *Neurosurgery*. 1985;16(1):85-6.
169. Yamakawa H, Ohkuma A, Hattori T, Niikawa S, Kobayashi H. Primary intracranial arachnoid cyst in the elderly: a survey on 39 cases. *Acta Neurochir (Wien)*. 1991;113(1-2):42-7.
170. Galassi E, Tognetti F, Gaist G, Fagioli L, Frank F, Frank G. Ct scan and metrizamide CT cisternography in arachnoid cysts of the middle cranial fossa: Classification and pathophysiological aspects. *Surgical Neurology*. 1982;17(5):363-9
171. Hayashi T, Anegawa S, Honda E, Kuramoto S, Mori K, Murata T, Miwa S, Handa H. Clinical Analysis of Arachnoid Cysts in the Middle Fossa. *Neurochirurgia (Stuttg)*. 1979;22(06):201-10
172. Decq P, Brugières P, Guerin CL, Djindjian M, Kéravel Y, Nguyen JP. Percutaneous endoscopic treatment of suprasellar arachnoid cysts: ventriculocystostomy or ventriculocystocisternostomy? *Journal of Neurosurgery*. 1996;84(4):696-701
173. Yildiz H, Erdogan C, Yalcin R, Yazici Z, Hakyemez B, Parlak M, Tuncel E. Evaluation of communication between intracranial arachnoid cysts and cisterns with phase-contrast cine MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*.

2005; 26:145-51

174. Hoffmann KT, Hosten N, Meyer BU, Rörich S, Sprung C, Oellinger J, Gutberlet M, Felix R. CSF flow studies of intracranial cysts and cystlike lesions achieved using reversed fast imaging with steady-state precession MR sequences. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2000; 21:493-502.
175. Lai PH, Hsu SS, Ding SW, Ko CW, Fu JH, Weng MJ, Yeh LR, Wu MT, Liang HL, Chen CK, Pan HB. Proton magnetic resonance spectroscopy and diffusion-weighted imaging in intracranial cystic mass lesions. *Surgical Neurology.* 2007;68: S25-S36.
176. Nguyen JB, Ahktar N, Delgado PN, Lowe LH. Magnetic resonance imaging and proton magnetic resonance spectroscopy of intracranial epidermoid tumors. *Crit Rev Comput Tomogr.* 2004(45):389-427.
177. Erdinciler, Kaynar MY, Bozkus H, Ciplak N. Posterior fossa arachnoid cysts. *Br J Neurosurg.* 1999;13(1):10-7.
178. Casey ATH, Kimmings EJ, Kleinlugtebeld AD, et. Al. The long-term Outlook for Hydrocephalus in Childhood. *Pediatr Neurosurg* 1997;27,63-70.