



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

**SANTRAL SİNİR SİSTEMİ İLE İLİŞKİLİ**  
**ANOMALİLERİN TANISINDA FETAL MANYETİK REZONANS**  
**GÖRÜNTÜLEMENİN ROLÜ VE ULTRASONOGRAFİ İLE**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Malik ÇORAKLI**

**UZMANLIK TEZİ**

**TOKAT**

**2013**

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

**SANTRAL SİNİR SİSTEMİ İLE İLİŞKİLİ**  
**ANOMALİLERİN TANISINDA FETAL MANYETİK REZONANS**  
**GÖRÜNTÜLEMENİN ROLÜ VE ULTRASONOGRAFİ İLE**  
**KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Malik ÇORAKLI**

**UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**Yrd. Doç. Dr. Erkan GÖKÇE**

**TOKAT**

**2013**

## TEŞEKKÜR

Başta insani ve ahlaki değerleri ile bizlere iyi bir örnek olan, ayrıca asistanlık eğitimimi Tokat'ta almama vesile olan değerli hocam Prof. Dr. M. Murat FIRAT'a ve her konuda her zaman yanımda olan Yrd. Doç. Dr. Berat ACU' ya, eğitimime bilgi birikimi ve deneyimiyle katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Erkan GÖKÇE, Yrd. Doç. Dr. Z. Ruken Yüksekaya ÇELİKİYAY, Yrd. Doç. Dr. Fatih ÇELİKİYAY ve Yrd. Doç. Dr. Zafer ÖZMEN'e, kısa zaman için de olsa birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Yrd. Doç. Dr. Fatma AKTAŞ'a teşekkür ediyorum.

Tez yazım aşamasında Yrd. Doç. Dr. Berat ACU ve Yrd. Doç. Dr. Erkan GÖKÇE ile birlikte bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Taylan KARA' ya teşekkür ediyorum.

Uzmanlık eğitimimde bana destek olan ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum çalışma arkadaşlarım Dr. Ülkü BEKAR, Dr. M. Emrah GÜVEN, Dr. Ayşegül ALTUNKAŞ, Dr. Safiye TOPALOĞLU AŞÇI, Dr. Tansu PINARBAŞILI, Dr. Murat BEYHAN, Dr. Çağlar DENİZ, Dr. Recep SADE, Dr. Ferdağ ALMUS, Dr. Ufuk DAŞAR, Dr. Eda ALMUS'a ve tüm teknisyenlerimize, bölüm sekreterlerimize teşekkür ederim.

Hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen annem Gülay ÇORAKLI, babam Durmuş ÇORAKLI ve eşim Pınar ÇORAKLI' ya teşekkür ediyorum.

## ÖZET

Fetal SSS ve ilişkili anomalilerin değerlendirilmesinde temel görüntüleme yöntemi prenatal US' dir. Yapılan birçok çalışma ile de SSS patolojilerinin ve kompleks fetal anomalilerin değerlendirilmesinde MRG' nin US' ye ek katkı sağladığı gösterilmiştir. Çalışmamızda SSS ile ilişkili anomalilerin tanısında fetal MRG' nin rolünü ve US ile karşılaştırmayı amaçladık.

Şubat 2008 ile Mart 2012 tarihleri arasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Radyoloji Ana Bilim Dalı Ultrasonografi Ünitesi' ne anomali taraması için gönderilen ve obstetrik US tetkikinde santral sinir sistemi anomalisi saptanan, yaşları 16 ile 44 aralığında olan 48 gebeye US incelemesinden sonraki iki gün içerisinde obstetrik MRG tetkiki yapıldı.

Çalışmada en sık görülen SSS anomali bulgusu meningomyelose olup 32 fetusta saptandı. Otuz fetusta ventriküler sistem anomalileri, 29 fetusta posterior fossa anomalisi saptandı. En sık tanı konulan anomali ise Chiari II malformasyonu olup 23 fetusta saptandı. Bu tanıyı 5 fetusla akrani takip etmekteydi. Toplam 13 fetusta, SSS anomalisi dışında ek anomali saptandı. Çalışmamızda US ve MRG yöntemlerinden her ikisinde de aynı görüntüleme bulguları ve aynı radyolojik tanının saptandığı fetüs sayısı 18 (%37.5) idi. Oniki olguda US' de şüpheli olarak tariflenen meningomyelose kesesindeki nöral elemanlar MRG' de daha iyi gösterildi. Dokuz olguda ise US' de tanımlanan meningomyelose kesesi lokalizasyonu MRG ile değişti. Dört (%8) fetusta, US' de saptanamayan meningomyelose MRG ile tespit edildi. Dört (%8) olguda ise, US ile konulan tanılarda MRG tetkiki sonrası değişiklik yapıldı.

Sonuç olarak, US fetal taramada kullanılan ucuz bir yöntem olmakla birlikte SSS değerlendirmesinde US bulguları bilinerek yapılan MRG, tanısal güvenilirliği artırmakta ve ek katkılar sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** anomali taraması, fetal, manyetik rezonans görüntüleme, santral sinir sistemi anomalileri, ultrasonografi

## ABSTRACT

The main imaging method which is used in evaluations of fetal CNS and related anomalies is prenatal US. Many of conducted studies showed that MRI provides additional contribution to US in evaluations of CNS pathologies and complex fetal anomalies. In our study, we aimed to reveal MRI's role in diagnosis of CNS-related anomalies and to compare it with US.

To 48 pregnant women with ages between 16 and 44 who were sent to Ultrasonography Unit of Radiology Department of Gaziosmanpaşa University between February of 2008 and March of 2012 for anomaly screening and who were diagnosed with central nervous system anomaly in obstetric US implementation; obstetric MRI examination was applied within 2 days after US examination.

The anomaly finding which was found in study at highest rate is meningomyelocele, it was found in 32 fetuses. Ventricular system anomalies were found in 30 fetuses, while posterior fossa anomalies were found in 29 fetuses. The most frequent diagnosis is Chiari II malformation, while it was found in 23 fetuses. That diagnosis was followed by acrania with 5 fetuses. In total 13 fetuses, additional anomaly was found except CNS anomaly. During our study, the number of fetuses where both of US and MRI imaging methods gave same imaging results and same radiological diagnosis was 18 (37.5 %). In 12 cases; the neural units which were determined as suspected in US in meningomyelocele sac were showed better in MRI. In 9 cases, the localization of meningomyelocele sac which was determined by US changed with MRI. In 4 fetuses (8%), the meningomyelocele which could not be detected with US could be detected with MRI. Also in 4 cases (8%), the diagnosis which was made via US was changes when MRI examination was applied.

As a result; although US is a cheap method for using in US fetal screening, MRI examination after knowing US findings increases the reliability of diagnosis and also provides additional contributions.

**Keywords:** anomaly screening, fetal, magnetic resonance imaging, central nervous system anomalies, ultrasonography

## İÇİDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	İİ
ÖZET .....	İV
ABSTRACT .....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	Vİİİ
ŞEKİLLER .....	X
TABLOLAR.....	Xİ
1.GİRİŞ .....	1
2.GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Prenatal Tanı Yöntemleri .....	3
2.2. Prenatal Tanıda Kullanılan Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri .....	3
2.2.1 Ultrasonografi .....	4
2.2.2. Obstetrik Ultrasonografi.....	6
2.2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme.....	10
2.2.4. Fetal Manyetik Rezonans Görüntüleme .....	19
2.3. Santral Sinir Sistemi Embriyolojisi.....	23
2.3.1 Embriyonik Dönem.....	24
2.3.2 Fetal Dönem.....	29
2.4. Sinir Sistemi Anatomisi.....	35
2.5.1. Ventrikülomegali .....	38
2.5.2 Dorsal Nöral Tüp Gelişim Bozuklukları .....	39
2.5.3 Ventral Nöral Tüp Gelişim Bozuklukları .....	43
2.5.4 Nöral, Glial ve Mezenkimal Proliferasyon, Diferensiyasyon ve Histogenezis Bozuklukları .....	46
2.5.5. Migrasyon ve Kortikal Organizasyon Bozuklukları .....	48
2.5.6. Gelişmekte Olan SSS' nin Ensefaloklastik Anomalileri.....	51

2.5.7. Kombine Malformatif ve Ensefaloklastik Anomaliler .....	52
3.GEREÇ-YÖNTEM.....	53
4. BULGULAR .....	55
4.1.ÖRNEK OLGULAR.....	66
5.TARTIŞMA.....	78
6.SONUÇ .....	82
KAYNAKLAR.....	83

## SİMGELER VE KISALTMALAR

US: Ultrasonografi

MRG: Magnetik Rezonans Görüntüleme

AFP: Alfa fetoprotein

SSS: Santral sinir sistemi

MM: Meningomyelose

KK: Korpus kallozum

DWM: Dandy Walker Malformasyonu

BOS: Beyin omurilik sıvısı

SAR: Spesifik absorpsiyon oranı

SAT: Son adet tarihi

T: Tesla

T1A: T1 ağırlıklı

T2A: T2 ağırlıklı

FID: Free induction decay

GRE: Gradyent eko

TE: Eko zamanı

TR: Tekrarlama zamanı

SSFP: Steady state free precession

FSPGR: Fast spoiled gradient recalled sekansı

SSFSE: Single-shot fast spin echo

FISP: fast imaging with steady state precession

FLASH: Fast low angle shot

HASTE: Half-Fourier single shot fast spin-echo

TRUFI: True fast imaging with steady state precession (True FISP)

NEX: Kesit tekrarlama sayısı (Number of excitation)

FOV: Ekranaya uyan görüntüye uyan doku büyüklüğü (Field of view)

FA: Sapma açısı (Flip angle)

DAG: Difüzyon ağırlıklı görüntüleme

ADC: Apparent diffusion coefficient

BT: Bilgisayarlı tomografi

EPI: Ekoplanar görüntüleme



FIESTA: 3D Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition

BMP: Bone morphogenetic protein

SHH proteini: sonic hedgehog protein

GABA: Gama aminobütirik asit

MAG: Myelin-associated protein

msn.: milisaniye

örn: Örneğin

NTD: Nöral tüp defektleri

PDA: Proton dansite ağırlıklı

RF: Radyo frekans

SAR: Spesifik absorpsiyon oranı (specific absorption rate)

SE: Spin eko

sn.: Saniye

TSK: Tuberoskleroz kompleksi

3B: Üç boyutlu

4B: Dört boyutlu

BPD: Biparietal çap

FL:Femur uzunluğu

AC:Karın çevresi

NT: Nuchal Translucency (Ense kalınlığı)

MHz:Megahertz

vb: Ve benzeri

AVM: Arteria venöz malformasyon

## ŞEKİLLER

**Şekil 1.** ‘AUIM 2007 klavuzuna göre doğru şekilde NT ölçüm yöntemi

**Şekil 2.** Z ekseninde görülen longitudinal manyetizasyona dik oluşan Y eksenindeki transvers manyetizasyon

**Şekil 3.** aksiyel planda T1 ve T2 ağırlıklı normal beyin MR görüntüleri

**Şekil 4.** Sulkal gelişim

## **TABLolar**

**Tablo 1:** 1,5 T sabit manyetik alan ortamında bazı dokuların T1 ve T2 relaksasyon zamanları

**Tablo 2.** Ticari firmalara göre MRG sekansları

**Tablo3 .** Beynin ana gelişimsel alt bölünmeleri

**Tablo 4.** Serebral sulkus ve girus görünümünün sık görülen sıralanışı

**Tablo 5.** Prenatal US, MRG bulguları tanı ve takip sonuçları

## 1.GİRİŞ

Konjenital anomaliler tüm yenidoğanların %2-3'ünde görülür. Hayatın ilk yıllarında tespit edilen doğumsal defektlerde göz önüne alınırsa insidans iki kat artar. Konjenital anomalileri önceden belirleme, önlem alma, tedavi etmede prenatal tanı önemlidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde infantlardaki malnütrisyon ve enfeksiyonlara bağlı mortalite oranlarının azalması, konjenital malformasyona bağlı mortaliteleri ön plana çıkarmıştır. Konjenital anomalilerin yarısından fazlasının sebebi bilinmemektedir. Kromozomal anomaliler perinatal ölümün ve çocuk engelliliğinin bilinen ana nedenidir. Anomalilerin prenatal tanısına yönelik öncelikle non-invaziv tarama yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler; biyokimyasal olarak maternal serum alfa fetoprotein (AFP) düzeyi bakılması ve anne kanında fetal hücre aranması ve ultrasonografi (US) taramadır. Amniosentez, koryon villus örnekleme ve kordosentez gibi invaziv prenatal tanı yöntemleri de mevcuttur ancak bu yöntemlerde %1 oranında gebelik kaybı riski vardır (1).

Fetal anomalilerin tanısında US primer görüntüleme yöntemidir. Anne ve fetus için emniyetli, ucuz, ulaşılması ve uygulaması kolay ve maliyeti düşük bir görüntüleme yöntemidir. US, 18–20. gebelik haftalarında anomali taraması için rutin olarak kullanılmaktadır. Ancak uygulayıcı bağımlı olması yanı sıra maternal obezite, oligohidramniyoz, uygun olmayan fetal pozisyon durumlarında sağladığı bilginin sınırlı olması gibi dezavantajları mevcuttur (2).

Fetal manyetik rezonans görüntüleme (MRG), ilk kez 1980'lerde uygulanmış ancak son 10 yılda hızlı MRG sekanslarının geliştirilmesinden sonra yaygınlaşmıştır. Bu yeni ve hızlı MRG sekansları sayesinde kesit alma süresi 1 saniyenin altına inmiş ve bir nefes tutumu süresinde incelemenin tamamlanabilmesi mümkün olmuştur. Günümüzde geliştirilen hızlı MRG sekansları, kısa edinim zamanı (400 ms/kesit) ile fetal sedasyona gerek kalmaksızın görüntüyü yakalayabilmekte, fetal hareket artefaktlarının önüne geçebilmektedir. MRG ile fetal anatomi daha iyi gösterilebilmekte, patolojinin orijini ve uzanımı daha net ortaya konulabilmektedir. Fetal pozisyon değerlendirmeyi engellememektedir. Kontrast rezolüsyonu daha yüksektir. Bilinen zararı yoktur. Fetal MRG en sık fetal beynin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan birçok çalışma ile de santral sinir sistemi (SSS)

patolojilerinin ve kompleks fetal anomalilerin değerlendirilmesinde MRG' nin US' ye ek katkı sağladığı gösterilmiştir (2).

SSS anomalilerinin tahmini insidansı her 100 doğumda birdir. Konsültasyon, yönlendirme ve acil tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi için doğru ve erken tanı konulması zorunludur (3). Fetal SSS ve ilişkili anomalilerin değerlendirilmesinde temel görüntüleme yöntemi prenatal US' dir. Ancak US kullanılarak lezyonların tam karakterizasyonu veya eşlik eden anomalilerin tanımlanması her zaman mümkün değildir (4). US' de tanıda zorluğa yol açan, maternal obezite, fetal pozisyon, kemiğe bağlı akustik gölge artefaktı, oligohidroamniyoz ve teknik faktörler MRG' de engel teşkil etmez (5). US' ye göre daha az yaygın kullanım alanı bulunması, pahalı olması ve her annenin kabul etmemesi nedeni ile fetal MRG, tarama testi olarak kullanılmamaktadır (4). MRG ile özellikle fetal ventrikülomegali, posterior fossa lezyonları, serebral miyelinizasyon, migrasyon ve sulkasyon anomalileri saptanabilir (3). Literatürde fetal MRG ile US' nin tanısals etkinliğini karşılaştıran çalışma sonuçları, fetal MRG' nin fetal anatomi ve patolojilerin değerlendirilmesinde US' yi tamamlayıcı güvenilir ve non-invaziv bir görüntüleme yöntemi olarak kabul edilebileceği yönündedir. Biz alışmamızda SSS anomalilerinin tanısında fetal MRG' nin etkinliğini ve US ile karşılaştırılmasını hedefledik.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Prenatal Tanı Yöntemleri**

Prenatal tanı, esas olarak risk altındaki ailelere doğum öncesi bilgi sağlar. Böylece aileler ve ailelerin hekimleri, etkilenmiş bebek hakkında doğum öncesi bilgi sahibi olur. Terminasyonun bir seçenek olduğu durumlarda erken dönemde terminasyon kararı verilirse maternal risk oluşturmaksızın terminasyon sağlanabilir. Bir diğer seçenek ise etkilenmiş çocuğun doğumu için çiftlerin emosyonel olarak hazırlanması ve ilgili tıbbi personelin postnatal bakım ve doğum yöntemi için hazırlanmasıdır. Prenatal tanı yöntemlerinin sonuçlarının normal olması durumunda ise risk altındaki ailelerin gebelik süresince yaşayacakları stres ve şüphe giderilmiş olur (6).

Prenatal tanı yöntemleri invaziv ve noninvaziv olabilir. İnvaziv prenatal tanı yöntemleri, 15–20. gestasyonel haftada yapılan amniosentez ve 10–13. gestasyonel haftalarda yapılan koryon villus örneklemesidir. Noninvaziv yöntemler ise US ile 11–14. gebelik haftasında nüks kalınlık ölçümü, 18–20. gebelik haftalarında US ile fetal anomali taraması yapılması, biyokimyasal olarak 11–14. gebelik haftalarında ve 15–20. gebelik haftalarında maternal serum biyokimyası çalışılması, anne kanında fetal hücre aranması ve seçilmiş olgularda fetal MRG uygulaması şeklindedir (7).

### **2.2. Prenatal Tanıda Kullanılan Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri**

Prenatal tanıda temel olarak iki radyolojik yöntem kullanılır. Bunlar; rutin kullanımda olan tarama amaçlı da kullandığımız US ve seçilmiş olgularda ileri tanı yöntemi olarak başvurduğumuz MRG' dir. İki boyutlu ultrasonografik inceleme halen gebelik takibinde en sık kullanılan görüntüleme yöntemidir. Bunun başlıca nedenleri ultrasonografinin ucuz, ulaşılabilirliği ve uygulaması kolay, gerçek zamanlı bilgi veren, yüksek rezolüsyonlu bir tetkik olması ve anne ile bebek sağlığı için risk oluşturmamasıdır (8). Üç ve dört boyutlu US her geçen gün santral sinir sistemi, yüz ve dudaklar, toraks, spinal sistem gibi fetal vücut kesimlerinin değerlendirmesinde artan sıklıkla kullanılmaktadır. MRG ise gelişmiş bir tanı yöntemidir. Yeni coil dizaynları ve ultra hızlı sekanslar geliştirilmiş, daha yüksek rezolüsyonlu görüntüler ve görüntü oluşturma süresinde dramatik azalma sağlanmıştır (7).

### **2.2.1 Ultrasonografi**

Üniversitemiz Radyoloji Ana Bilim Dalı' na ayrıntılı fetal anomali taraması için gönderilen her gebeye 18–24. haftada anomali taraması yapılmaktadır. Ultrasonografik tarama sırasında standart bir şekilde, fetal başın bütünlüğü ve şekli, serebral ventriküler sistem, koroid pleksus, mezensefalon, posterior fossa (serebellum ve sisterna magna), falks serebri, kavum septum pellucidum değerlendirilir; baş çevresi ve biparietal çap ölçümleri, lateral ventrikül anterior ve posterior horn ölçümleri, nukal kalınlık ölçümü yapılır; aksiyel, koronal ve sagittal planlarda omurga incelenir. Ancak nöronal migrasyon anomalileri, iskemik lezyonlar, beyaz cevher hastalıkları gibi tanısı zor hastalıklar yanında oligohidroamniyos ve mikrosefali gibi durumların varlığında tanı güçlüğü bulunması nedeniyle ultrasonografi tetkikinin bazı kısıtlamaları mevcuttur (9). Ayrıca ileri hafta gebeliklerde posterior fossanın değerlendirilmesinde ve maternal barsak gazları, maternal obezite, fetal başın anne pelvisine desensusu bulunması halinde, ultrasonografi teknik olarak yetersiz kalmaktadır (3, 10).

### **Ultrasonografi Fiziği**

Tıp alanında ilk defa 1950 yılında kullanılmaya başlanan US' de çok yüksek frekanslı ses dalgaları kullanılır. Ultrason dalgaları, elektrik impulsları ile ultrason transduserindeki piezo-elektrik kristalleri hareket ettirerek elde edilir. Tanısal US' de 1–20 MHz arasında değişen farklı frekanslarda transduserler kullanılır. Transduser yüzeyine birleştirici ajan olarak suda çözülebilen jel sürüldükten sonra ultrason dalgaları farklı yoğunluklardaki dokular arası yüzeylere ulaşmaya kadar doku tabakaları arasında ilerler. Ara yüzeyler, ses dalgalarının transdüsere geri yansıtılmasına yol açar ve transdüsere yansıyan bu enerjiyi piezo-elektrik kristalleri elektrik impulslarına dönüştürür. Bu impulsların intensite ve dönüş zamanları bilgisi kullanılarak bilgisayar ekranında görüntü oluşturulur. Sıvılar ultrason dalgalarını yansıtmadığından ekranda görüntü oluşturamaz ve siyah renkte görünür. Kemik gibi sert yüzeylere çarpan ses dalgaları ise tümüyle yansır ve parlak bir görüntü

oluştururlar, böylelikle ekranda beyaz renkte görünürler. Ara yoğunluktaki dokular ise ses dalgalarını orta düzeyde yansıtıklarından gri renkte görülürler (11).

### **Ultrason Güvenliği**

Klinik olarak ultrasonografi elli yılı aşkın bir süredir güvenle kullanılmaktadır. US doku üzerine iki temel biyolojik etkisi bulunan bir enerji formudur. Bu etkilerden ısı direkt etkisi iken, negatif ve pozitif basınç dalgalarının oluşturduğu ossilatuar hareketler ise indirekt etkisidir (8). Literatürde tanısal ultrasonografik görüntülemenin fetusa olası yan etkilerini belirten birkaç çalışma mevcuttur ve bu çalışmalar temelde sonografinin termal ve kavitasyon etkilerine odaklanmıştır (11-14). Yumuşak doku ve kemik tarafından absorbe edilen ultrason dalga enerjisinin ortaya çıkardığı termal etki günümüz modern cihazlarında 1°C 'den azdır. Dünya Tıp ve Biyolojide Ultrason Federasyonu (The World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology) tarafından "*normal fizyolojik seviyelerden, maksimum 1,5°C'den daha az sıcaklık artışı yaratan tanısal işlemler termik sahada sakınca olmadan kullanılabilir*" diye belirtmiştir. Ayrıca, "*embriyo ve fetal vücut sıcaklığını 41°C üstüne beş dakikadan uzun süre çıkaran tanısal işlemler potansiyel olarak tehlikeli olarak değerlendirilmelidir*" diye eklemiştir (6).

B-mod ultrasonografi birinci trimesterde embriyogenez sırasında güvenle kullanılabilir. Ancak doppler ultrasonografinin sıcaklığı 1,5°C'den fazla arttırması olasıdır. Bu yüzden özellikle 1. trimesterde kullanımında dikkatli olunması gereklidir (11). Kavitasyon, sese maruz kalan dokuda fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiler oluşturabilen boşluklar ve gaz kabarcıkları oluşumu ve aktiviteleridir. Kavitasyon komşuluğunda, sıvıda meydana gelen gerilim hücre membranını bozar (11). B-mod incelemede kavitasyon etkisinden bahsedilse de insan dokusu kavitasyona karşı oldukça dirençlidir (11).

Doppler yöntemlerinde ise negatif maksimal basınç B-moddakinden daha büyük değildir. Bu nedenle kavitasyon oluşumu beklenmez. Ancak anlamlı biyolojik etkilere sahip akustik çıktılar üretme yeteneğindeki modern US yöntemleri gelişmesi ve US kullanımının artarak yaygınlaşması güvenlik açısından dikkatli olmayı gerektirir. Renkli Doppler ve kan akımı ölçen diğer yöntemler US' ye maruziyet süresini uzatmaktadır. Özellikle dokuya yüksek akustik intensiteyi veren spektral ve



puls Doppler en dikkat edilmesi gereken yöntemlerdir. Embriyonik dönem dış etkenlere özellikle hassas olduğu bilinen bir dönemdir. Bu dönemde Doppler US kullanımı sınırlandırılmalıdır. Ancak kesin tıbbi endikasyonu var ise ve faydalı bilgi vereceği düşünülüyorsa kullanılabilir. Klinik kullanımdaki sonografik uygulamalar, cihazların çıkış güçleri ve maruziyet zamanı kontrol edilerek, daha yeni teknikler ortaya çıkmadığı sürece yapılabilir. Embriyo yumuşak doku gibi davranır, akustik absorpsiyonu daha düşüktür ancak üçüncü ayda kemik mineralizasyonu nedeni ile ısı absorpsiyonu artar ve fetus büyüdükçe artış devam eder. Uygulayıcı, Doppler çalışmaları sırasında maruziyeti göz önünde bulundurarak inceleme süresini mümkün olduğunca kısa tutmalıdır (15).

Prenatal ultrasonun neonatal ve infant dönemindeki etkilerini değerlendirmek için yapılan hayvan deneylerinde intrauterin ultrasona maruz kalmış yenidoğan hayvanlarda düşük doğum ağırlığı, kısa boy ve düşük beyaz küre miktarı saptanmışsada boyut farklarının üç ay sonra kaybolduğu, hematolojik parametrelerin normale döndüğü belirlenmiştir (16). Nörogelişimsel çalışmalarda motor ve kognitif fonksiyonlarda ya da öğrenme yetilerinde anlamlı fark saptanmamıştır (11, 16). İnsan fetusu ve yenidoğanının değerlendirildiği çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmış, düşük doğum ağırlığı bulunan olgularda 7 yaş düzeyinde farkın kaybolduğu gözlenmiştir (17, 18).

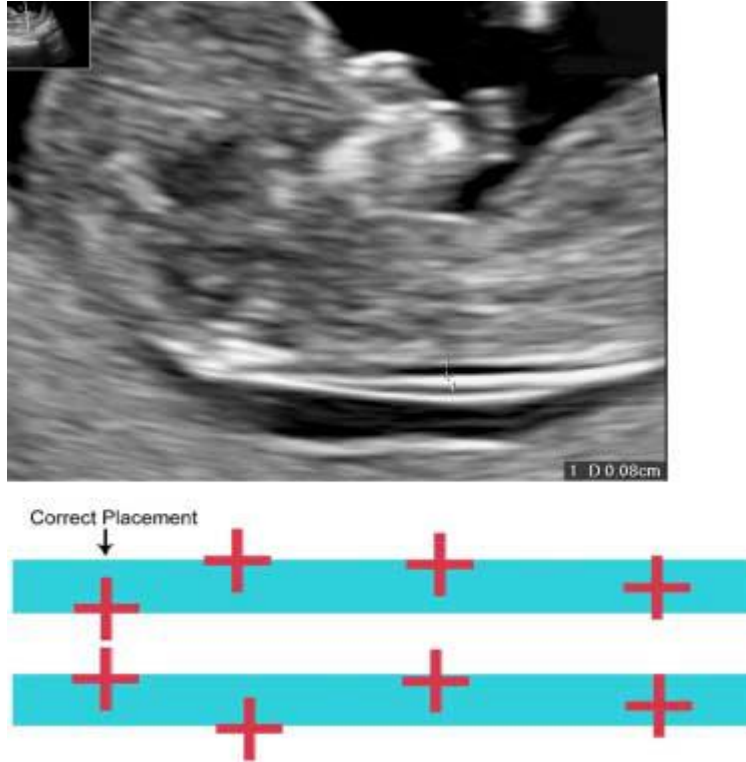
### **2.2.2. Obstetrik Ultrasonografi**

#### **Birinci Trimesterde Ultrasonografi Uygulamaları**

Birinci trimesterde ultrasonografi, tahmini doğum tarihi, embriyo sayısı ve embriyonun intrauterin yerleşimli olup olmadığı, çoğul gebeliklerde koryonik durum, anöploidi risk değerlendirmesi, fetal morfoloji, plasenta, uterus ve adneksleri değerlendirmede kullanılır (8). Gestasyonun 11–14. haftalarında sonografik nukal translusensi (NT) boyutu ölçümü ve serum belirteçleri (pregnancy associated plasma protein A ve total  $\beta$ -HCG) birlikte kullanılarak down sendromu için efektif bir tarama testi uygulanır (19).

Birinci trimesterin sonundaki ense kalınlığı ölçümü ve sınırlı sayıdaki 1. trimester anomali belirteçlerinin aranmasını hariç tutacak olursak 1. trimesterde US'nin işlevi şu iki soruyu cevaplamaktadır.

- 1) Gebelik kesesi ve fetal pol var mıdır?
- 2) Fetal kalp atımı var mıdır? (20).



**Şekil 1.** 'AUIM (American Institute of Ultrasound in Medicine) 2007 klavuzuna göre doğru şekilde NT ölçüm yöntemi

Gelişen teknolojiyle birlikte fetal anatomi gestasyonun erken dönemlerinde dahi detaylı vizualize edilmeye başlamıştır. Hızla değişen fetal pozisyon fetusu çok yönlü değerlendirmeyi sağlar. Ancak erken dönemde kardiyak, iskelet ve santral sinir sistemi anomalileri her zaman saptanamayabilir (7).

### **İkinci ve Üçüncü Trimester Ultrasonografi Uygulamaları**

Anomali taramaları çoğunlukla 18–20.gestasyonel haftalarda yapılır (7,21). İkinci trimester 14. haftadan sonra başlar. Anatomik süreçler 1. trimesterde

tamamlanmış olsa da US' nin saptayabileceği hemen hemen her anomali, artık US' nin duyarlılık spektrumuna girmiştir. Bir anomali saptanacaksa bunun için 2. trimester çok uygun bir dönemdir. Bu nedenle sistematik anomali taraması için en uygun dönem 2. trimesterdir (20).

Obstetrik US, 4 ana başlıkta sınıflandırılır:

- 1) 1. trimester US
- 2) Standart 2-3. trimester US
- 3) Sınırlı incelemeler
- 4) Özel incelemeler

Sınırlı incelemelerde belli bir soru sorulur ve bu soruyu yanıtlamak için US yapılır. Örn: vajinal kanamayla gelen hastada fetal kalp atımı var mı? Doğum öncesi fetusun prezentasyonu nedir? (v.b.)

Özel incelemeler fetal Doppler, fetal ekokardiografi veya biyofizik profili gibi incelemelere örnektir. Bir anormallikle ilgili kuşku duyulacak bir klinik veya laboratuvar bulgusunun varlığı durumunda yapılan ayrıntılı inceleme de bu kapsama girer. Standart 2. trimester incelemesinde kılavuzlara göre aşağıdakilere bakılması gerekir (20).

1) Fetal kalp atımı, sayı, prezentasyon: Fetus canlı mıdır? Sayısı kaçtır? Prezentasyonu nedir?

2) Gestasyonel yaş: Gestasyonel Yaş için temelde aşağıdaki üç ölçüm kullanılır.

Biparietal çap (BPD)

Femur uzunluğu (FL)

Karın çevresi (AC)

3) Fetal ağırlık tahmini: Gestasyonel yaş için yapılan ölçümler kullanılarak fetal ağırlık tahmini yapılır. Gebelik yaşı ilerledikçe ölçümlerdeki uyumsuzluk miktarı artar. Tahmini doğum ağırlığında uyumsuzluk miktarı %15' e kadar çıkabilmektedir.

4) Maternal anatomi: Fetusun yanı sıra annenin uterusu, adneksial yapıları ve serviks incelenmelidir. Olası bir adneksial kitle, miyom v.s. raporda belirtilmelidir. Serviks görülmeli, özellikle iç servikal açıklık değerlendirilmelidir.

5) Fetal anatomik değerlendirme:

- a) Baş ve boyun: -Falks serebri  
-Kavum septum pellucidum

- Koroid pleksus
- Lateral ventriküller
- Sisterna manga
- Serebellum
- Üst dudak
- Ense kalınlığı (Olanaklı ise)

- b) Toraks: -Kalbin dört odacık görüntüsü  
-Teknik olarak mümkünse aort ve pulmoner arterler  
-Akciğerler  
-Diafram
- c) Abdomen: -Mide (varlığı, boyutu, situs)  
-Böbrekler  
-Mesane  
-Umbilikal kordun abdomene girim yeri  
-Umbilikal kord damar sayısı (üç damar)  
-Karaciğer  
-Barsaklar
- d) Omurga: -Servikal, torasik, lumbal ve sakral düzeylerde transvers ve longitudinal değerlendirme  
-Ossifikasyon merkezleri
- e) Ekstremiteler: -Varlığı veya yokluğu  
-Üst ve alt ekstremiteler: toplam 12 uzun kemik (femur, humerus, radius ve ulna)  
-Hareket
- f) Cinsiyet: -Çoğul gebelik dışında sadece tıbbi veya yasal endikasyon var ise yapılmalıdır.

#### 6) Fetus ekleri

- a) Amniyon sıvı: Hacmi hakkında kalitatif veya yarı kantitatif bilgi verilmelidir.
- b) Plasenta: -Konumu,

- Görünümü,
  - İnternal servikal ağızla ilişkisi,
  - Gerekli olgularda servikal uzunluk
- c) Umblikal kord: Damar sayısı ( iki arter bir ven)
- d) Serviks (20).

### **Üç Boyutlu Ultrasonografi**

Konjenital anomalilerin saptanmasında üç boyutlu (3B) US, dört boyutlu (4B) US ve iki boyutlu standart gri skala sonografi yöntemlerinin spesifite ve sensitivitesi arasında anlamlı fark yoktur (22). Üç boyutlu US ile fetal yüz gibi yüzey anatomilerinin iki boyutlu sonografik incelemede elde edilemeyecek kadar iyi vizualizasyonunu sağlar. 4B US (gerçek zamanlı 3B US) fetal kardiyak anatomi görüntülemesinde ilerleme sağlamıştır ve valvuler fonksiyonları daha iyi gösterir. Ancak her iki yöntemin efektif kullanılabilmesi için tecrübe şarttır (23).

### **2.2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme**

MRG, ilk olarak 1946 yılında Bloch ve Purcell tarafından tanımlanan, temel fizik prensipleri bilgisayarlı tomografi (BT)' den çok önce belirlenen ve geliştirilen bir görüntüleme yöntemi olmakla birlikte, tıbbi pratikte ilk kullanımı ilk kez 1973 yılında Lauterbur ile gerçekleştirilmiştir. 1980 yılında Hawkens, MRG' nin çok düzlemde (multiplanar) görüntü alabilme özelliğini ortaya çıkarmış ve ilk lezyonu tanımlamıştır. 1984 yılında MRG' de ilk defa kontrast madde (Gadolinium) kullanılmıştır. 1986 yılından itibaren ise hızlı görüntüleme yöntemleri kullanıma girmiştir. MR, diğer görüntüleme yöntemlerinden farklı olarak fizyolojik olarak vücutta bulunan Hidrojen atomlarının uyarılması ve bu atomların uyarım öncesi stabil durumlarına dönmeleri esnasında çeşitli düzeylerde fiziksel özelliklerinin kontrol edilmesi ve belirlenen noktalarda sinyal kayıtları alınması yoluyla dokuların anatomik ve fizyolojik özelliklerinin görüntülenebildiği ileri düzey bir görüntüleme yöntemidir (24, 25).

Fizik temellerinden kaynaklanan ayrıcalıklı özellikleri sayesinde vücudun tüm organlarının görüntülenmesinde kullanılabilir. MRG' ye özgü bazı teknik

özelliklerin temel olarak bilinmesi ve kullanılan terminolojinin anlaşılması, bu tetkik yönteminden en üst düzeyde yararlanabilmek için gereklidir (25).

### **MRG' nin Çalışma Prensipleri**

MRG, genel olarak ifade edilecek olursa güçlü bir manyetik alanda, bu alan ile etkileşime girebilen atomların çekirdeklerindeki protonlara aktarılan bir enerjinin tekrar geri salınımı sırasında elde edilen bilgilerin kullanılması yoluyla görüntü oluşturan bir tekniktir. Buradaki temel fizik ilke, manyetik alandan etkilenerek bazı fiziksel özellikleri değişen atom parçacıklarının sahip oldukları manyetik vektörlerin birbirleri ve manyetik alanın kendisi ile etkileşimlerine dayanmaktadır (24).

Bilindiği gibi hareketle yönü değişen (+) yüklü elektrik akımları kendi çevrelerinde bir manyetik alan oluşturmaktadır. Hidrojen atomu, çekirdeğinde sadece bir proton içeren, dolayısıyla (+) elektrik yüklü bir yapıdır. Normalde bu protonlar da kendi çevrelerinde dönmektedirler ve dolayısıyla bu (+) elektrik akımının yönü sürekli değişmektedir. Protonlar bu nedenle çevrelerinde bir manyetik alana sahiptirler (dolayısıyla bunları küçük birer mıknatıs çubuğu olarak düşünebiliriz). MRG' nin fizik özelliklerinin anlaşılabilmesi için öncelikle atomlar hakkında bazı temel bilgilerin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Atomlar çekirdek ve bu çekirdek çevresinde dönen elektronlardan oluşmaktadırlar. Çekirdek yapısı içerisinde nükleon adı verilen proton ve nötronlar bulunmaktadır. Bu nükleonlar, kendi eksenleri etrafında sürekli dönüş hareketi göstermektedirler. Bu dönüş hareketine spin hareketi adı verilmektedir. Nükleonlar çift sayıda olduklarında birbirlerinin dönüş hareketlerini ortadan kaldıracak şekilde dizilim gösterdiklerinden doğal manyetizasyonları (manyetik dipol hareketleri) yoktur. MRG' de sadece manyetik dipol özellikleri olan atomlardan görüntü elde edilebilmektedir. Bu tip özelliğe sahip olan ve biyolojik dokularda bulunan atomlar, hidrojen (tek proton), karbon (6 proton ve 7 nötron), sodyum (11 proton ve 12 nötron) ve fosfor (15 proton ve 16 nötron)' dur. Hidrojen atomunun çekirdeğinde sadece bir proton bulunmaktadır. Bu nedenle hidrojen çekirdeği proton ile özdeşleştirilebilir. Hidrojen atomu tüm vücutta bol miktarda bulunur (su ve yağ dokularında) ve diğer çekirdeklere göre sahip olduğu net manyetizasyon alanı daha yüksek olduğundan MR incelemede iyi bir sinyal

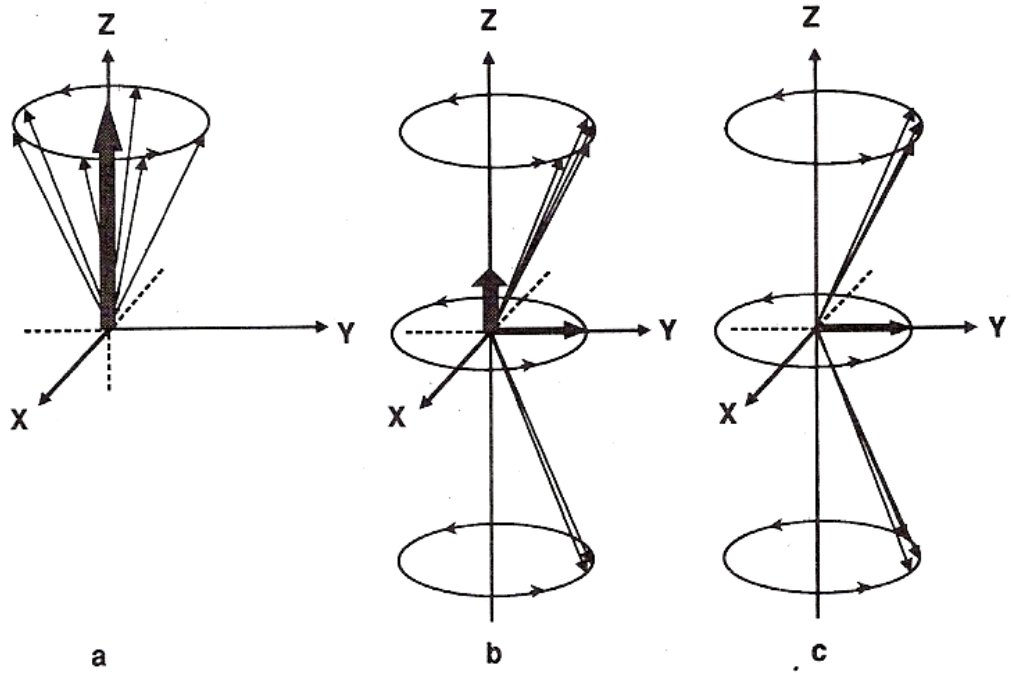
kaynağıdır. Bu nedenle, günümüzde rutin MRG sistemleri görüntüleme verilerini hidrojen atomlarından elde etmektedirler. Diğer bir deyişle proton görüntülemesi yapmaktadırlar (24).

### **MR Görüntüsünün Elde Edilmesi**

Kesitsel görüntü oluşturan tüm tıbbi tetkik yöntemleri, kullandıkları bir enerji sisteminin dokulardaki soğurulma ya da yansımaları sonucunda elde olunan verilerden yararlanmaktadır. MRG' de temel prensip budur. Burada, kuvvetli bir manyetik alan içerisinde (MRG cihazı) bu alanla etkileşime giren manyetik alan gücüne sahip yapıların (protonlar) bu alana entegre bir şekilde çalışan ve kontrollü olarak yaydığı sinyaller ile enerji seviyelerini değiştirecek bir uyarıcı (radyo dalgası) ile etkileşimleri ve aldıkları bu enerjiyi (radyo dalgası ile transfer edilen) geri verileri sırasında yine çeşitli düzeylerde kontrollü olarak toplanan verilerin görüntüye dönüştürülmesi söz konusudur. Normalde dokular içerisinde rastlantısal olarak farklı yönlerde salınım gösteren protonlar, kuvvetli manyetik alana sahip bir manyetik alan içerisinde manyetik alanın yönüne göre paralel ve antiparalel dizilim gösterirler. Bu protonlardan manyetik alana paralel yönelim gösterenlerin sayısı, antiparalel yönelim gösterenlerin sayısından bir miktar daha fazladır. Sonuç olarak, manyetik alan yönüne paralel yönde net manyetizasyon vektörü oluşur. Bu vektör sabit manyetik alanımızla aynı yöndedir ve longitudinal düzlemedir. Bundan dolayı buna longitudinal manyetizasyon adı verilir. Sinyal yani görüntü oluşturmak için kullanılan vektör işte budur. Bu longitudinal manyetizasyon, dış manyetik alanla aynı yönde olduğu için direkt olarak ölçülemez. Bu manyetik alanının ölçülebilmesi için, yönünün değiştirilmesi gerekmektedir ve bu işlem de radyofrekans (RF) dalgalarıyla gerçekleştirilir (24).

Manyetik alana paralel olarak yerleşmiş vektörden sinyal almak mümkün olmadığından bu manyetizasyon vektörünün eksternal bir uyarıcı yardımı ile enerji düzeyinin değiştirilmesi gereklidir. Bu uyarıcı, bir radyofrekans darbesidir (RF puls). Bu RF dalgasının protonlarla enerji etkileşimine girebilmesi için protonlarla aynı frekansta olması gerekmektedir. Sadece RF darbesinin ve protonların frekanslarının eşit olması durumunda protonlar bu darbeden enerji emebilirler. RF darbesine maruz

kalan bu protonların bazıları enerji emerek düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine çıkarlar ve dolayısı ile antiparalel konuma gelirler. Bu etki sonucunda longitudinal manyetizasyon azalır. RF dalgasının ikinci bir etkisi daha olmaktadır. Sabit manyetik alanımız içinde bulunan protonlar aslında üç boyutlu uzaysal düzlemde düşündüğümüzde, bu manyetik alana dik planda olan transvers düzlemde de vektörel bir manyetik alana sahiptirler. Kendi çevrelerinde yaptıkları dönüş hareketinden kaynaklanan bu ikinci manyetik vektör transvers manyetizasyon olarak adlandırılır (Şekil 2). Görüntü elde etmek amacıyla kullandığımız verilerde, longitudinal manyetizasyonun yanı sıra transvers manyetizasyon da kullanılmaktadır (24).



**Şekil 2.** Z ekseninde görülen longitudinal manyetizasyona dik oluşan Y eksenindeki transvers manyetizasyon

Tetkik esnasında RF dalgası kesik kesik verilmektedir. Yani bir dalga gönderilmekte ardından beklenmekte ve tekrar dalga gönderilerek bu işlem sürekli yapılmaktadır. RF darbesi ile enerji düzeyi yükselen protonlar, RF darbesinin kesilmesi ile birlikte önceki düşük enerjili konumlarına yavaş yavaş geri dönmeye



başlarlar. Bu sırada longitudinal manyetizasyon tekrar oluşur ve protonların faz uyumu kaybolarak transvers düzlemde iç faz (in phase)' da olan protonlar yavaş yavaş dış faz (out of phase)' da olurlar. Bu olaylar devam ederken net vektöryel büyüklük her an değişime uğrar ve free induction decay (indüksiyonun serbest bir şekilde azalması) denilen vektöryel değişim süreci içerisinde protonlardan alıcı sarmallarda sinyal toplanır. Alternatif akıma dönüştürülen bu sinyaller bilgisayar sistemleri yardımı ile görüntüye çevrilir. Eksternal manyetik alan yönündeki longitudinal manyetizasyonun %63' ünün tekrar oluşması için gereken süreye T1 relaksasyon zamanı, yine eksternal manyetizasyona dik yönde protonların faz uyumu ile oluşmuş olan transvers manyetizasyonun %37 seviyesine inmesi için gereken süre de T2 relaksasyon zamanı olarak bilinmektedir. T2\* relaksasyon zamanı ise T2 relaksasyon zamanının gradient eko (GRE) serilerdeki karşılığıdır. Longitudinal ve transvers relaksasyon birbirlerinden bağımsız fakat eş zamanlı olarak gerçekleşen olaylardır. Dokuların T1 zamanı, T2 zamanlarından daha uzundur. T1 ve T2 relaksasyon süreleri de her bir doku için farklılıklar gösterir. Örneğin suyun T1 ve T2 relaksasyon süreleri uzun, yağın ise T1 ve T2 relaksasyon süreleri kısadır. Tablo 1' de bazı dokuların 1,5 Tesla (T) sabit manyetik alan ortamında T1 ve T2 relaksasyon zamanları verilmiştir. Dokuların T1 ve T2 relaksasyon zamanları görüntü karakteristiklerini etkileyen önemli faktörlerdendir (24, 25).

**Tablo 1.** 1,5 T sabit manyetik alan ortamında bazı dokuların T1 ve T2 relaksasyon zamanları

Doku	T1(ms)	T2(ms)
kan	1200	360
kas	880	45
myokard	880	75
akciğer	820	140
yağ	260	110

## MR Görüntüsünün Sinyal Kaynağı

Longitudinal manyetizasyon ve transvers manyetizasyon, büyüklükleri ve yönleri olan kuvvetler oldukları için birer vektör olarak tanımlanabilirler. Birbirlerinden farklı yönlere sahip longitudinal manyetizasyon ve transvers manyetizasyon vektörleri toplandığında (vektörel toplam) ortaya çıkan bileşke vektörünün yönü bu 2 bileşkenin büyüklüklerine ve yönlerine bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. Bu bileşke vektör, bir dokunun toplam manyetik momentini temsil eder. Unutulmaması gereken, bu bileşke manyetik vektöründe bir spin hareketi yaptığıdır (yani kendi çevresinde dönmektedir). RF dalgasının kesilmesinden sonra bu toplam vektör transvers düzlemden longitudinal manyetizasyon eksenine doğrultusunda salınım yaptığı eski konumuna dönerken, yönü ve büyüklüğü değişen spiral benzeri bir hareket yapar. Devamlı olarak hareket eden ve yönü değişen bileşke manyetik vektör, bir alternatif elektrik akımı oluşturur, işte bu elektrik akımı MR sinyalinin kaynağıdır (24).

### **TR (time to repeat=tekrarlama zamanı) ve TE (time to echo=eko zamanı) Zamanları**

TR ve TE zamanları, bir MR incelemesinde tetkiki yapan tarafından seçilen ve elde edilecek görüntünün niteliğini önemli ölçüde belirleyen parametrelerdendir. Bu nedenle yapılacak incelemenin ve elde edilmesi umulan görüntünün özellikleri bakımından bu iki parametre iyi anlaşılmalıdır. Örnek olarak T1 relaksasyon zamanları farklı iki doku uzun TR' li seriler ile birbirinden ayrılmayabilir. Fakat kısa TR' li serilerdeki farklı sinyal intensiteleri ile gösterilebilir. Kısa TR değerleri ve T2 etkisinden de arındırılması için kısa TE değerleri kullanan seriler T1 ağırlıklı seriler olarak adlandırılır. TR değeri dokuların T1 relaksasyon zamanlarını tamamlamaya izin verecek şekilde uzun tutulduğunda (TE değeri kısa olmak kaydıyla) dokunun proton içeriği önem kazanır ve proton içeriği yüksek dokulardan daha çok sinyal alınır. Temel olarak bu tip seriler (uzun TR, kısa TE) proton dansite ağırlıklı (PDA) seriler olarak bilinirler. TR ve TE zamanları uzun olan seriler ise T2 ağırlıklı serilerdir. Genel olarak MRG' de kısa TE zamanı 30 milisaniye (ms)' den daha kısa,

uzun TE zamanı da 80 ms' den daha uzun seçilen değerler; kısa TR zamanı 500 ms' den daha kısa, uzun TR zamanı da 1500 ms' den daha uzun seçilen değerlerdir (24).

### **MRG' de kesit alınması ve imaj oluşturulması**

Bu yöntem dahilinde sırası ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

1. Vücut inceleme için magnet içerisine uygun şekilde yerleştirilir.
2. Kesit alınması istenen düzleme dik yönde bir gradiyent uygulanarak vücut üzerindeki manyetik alan her bölgede farklı olacak şekilde kontrollü olarak değiştirilir.
3. RF sarmalları kullanılarak kesit selektif eksitasyon ile sadece kesit planındaki protonların uyarılması sağlanır.
4. Uyarım kesildikten sonra bu protonlardan gelen sinyaller toplanır.
5. Toplanan ham sinyaller daha önceden belirlenmiş frekans ve faz eksenlerine yerleştirilerek Fourier Transformasyon ile görüntüye çevrilir (24).

### **MRG' de kullanılan inceleme serileri**

Görüntü elde etmede dört temel seri kullanılmaktadır.

**Saturation recovery/parsiyel saturasyon:** Sadece 90° pulslar uygulanarak PDA ya da T1 ağırlıklı görüntüler elde edilir.

**Spin eko (SE) serisi:** 90° ve 180° pulslar ardıl olarak kullanılarak görüntü oluşturulur. İlk önce spinler, kesit seçici özellikli 90° RF pulsu ile aktive edilir. Daha sonra TE/2 zamanında yine kesit seçici özellikli 180° RF pulsu ile faz uyumlarını kaybetmiş protonların tekrar faz uyumu içerisinde salınım yapması sağlanmaktadır. Daha sonra oluşan MR sinyali bir okuma gradiyenti eşliğinde analizlenir. TR ve TE değerleri değiştirilerek serinin T1 ve T2 ağırlıklı olması sağlanabilmektedir. SE görüntülemenin önemli bir özelliği hızlı akım özelliği olan kanın bu serilerde siyah görülmesidir. Bu etki 90° ve 180° pulslarının kesit seçici özellikte olmasından kaynaklanmaktadır. Erken dönemde 90° pulsu ile belli bir kesitteki protonlar uyarılır ve 180° RF pulsu da kesit seçici özellikte olduğundan dolayı sadece o uyarılmış protonların aynı kesit içerisinde kalanlarından sinyal alınması sağlanır. Damar

içerisinde bulunan uyarılmış protonlar kesiti terk ettiğinden dolayı damar içerisinden sinyal alınmaz ve bu nedenle damar içi siyah olarak görüntülenir. SE görüntülemenin özelliklerinin arasında azalmış manyetik duyarlılık artefaktları da bulunmaktadır (24).

**Inversion recovery görüntüleme:** T1 ağırlığının artırılmasını ve dolayısıyla dokunun anatomik detayının daha belirgin bir şekilde gösterilmesini sağlayan serilerdir. Yapı olarak SE serilere benzemekle birlikte ilk 90° puls öncesi 180° pulsunun uygulanması nedeniyle farklılık göstermektedir. Bu uygulamada protonlar longitudinal manyetizasyonlarını kazanana dek ortamda transvers manyetizasyon bulunmaz ve bu nedenle seri temel olarak T1A olur (24).

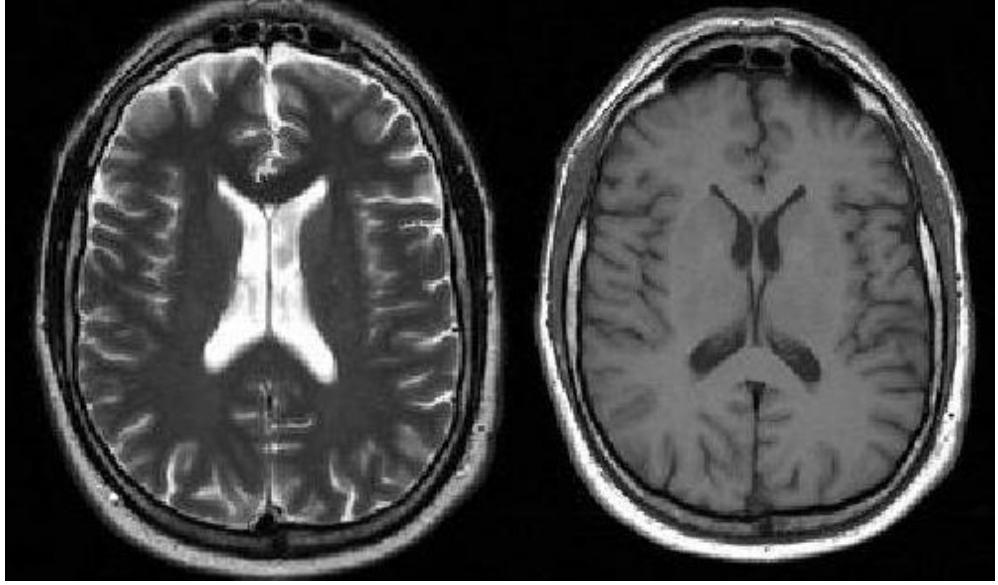
**Gradyent eko serisi:** GRE incelemede SE' de uygulanan 180 derece RF puls kullanılmayıp 90 dereceden küçük açıda olmak üzere tek RF pulsu kullanılmaktadır. Doksan dereceden küçük açılardaki RF pulsları arasındaki süre TR olarak bilinir ve bu seride çok kısa TR değerleri kullanılmaktadır. Bu kadar kısa süre içerisinde birçok dokuda longitudinal relaksasyon oluşmadığından birkaç RF puls sonra dokular satüre olacak yani ortamda longitudinal manyetizasyon kalmayacak ve buna bağlı olarak da RF pulsları ile sinyal elde edilemeyecek veya çok az bir amplitüde sinyal kaydı yapılabilecektir. Bunu önlemek için Flip Angle (FA) 90 yerine daha düşük derecelerde ayarlanır. Bu durumda dokuda her zaman için longitudinal manyetizasyon kalacaktır ve sonraki RF pulslar ile dokudan sinyal elde edilebilecektir. Kısa TR değerleri ile çalışılabildiğinden görüntüleme süresi de kısalmaktadır. GRE seride kullanılan kısa TR süresinde birçok dokuda transvers relaksasyon tamamlanamaz. Dolayısıyla ortamda longitudinal manyetizasyon ile birlikte hemen her zaman bir transvers manyetizasyonda olacaktır. Oluşan bu duruma steady state free precession (SSFP) denmektedir ve bu durum GRE' de çok önemlidir. Eğer T1 ağırlıklı görüntüler elde etmek istiyorsak, SE' de olduğu gibi dokuların T1 sürelerinin farklı olmasından faydalanmak zorundayız. Dolayısıyla steady-state konumuna ulaşmak avantajlı değildir (çünkü bu konumda dokuların T2 sürelerinin farklı olması ön plana çıkmaktadır). Bu konumdan kurtulmak için ortamda mevcut olan manyetizasyonu protonlar arasında faz şifti oluşturarak ortadan kaldıran bir gradyent kullanabiliriz. Kullanılan bu gradyente spoiler gradient, bu yöntemin kullanıldığı GRE serisine de FLASH (fast low angle shot) veya Spoiled

Flash denmektedir. SE incelemede kullanılan  $180^\circ$  pulslar yerine gradiyent çeviriciler konulması sayesinde görüntüleme süresi daha da kısaltılmıştır. Bu seride RF pulsları arasında transvers manyetizasyon etkili biçimde defaze oluyorsa; kısa TR ve 30-60 derece gibi FA açıları ile T1 ağırlıklı görüntüler elde edilebilmektedir. Bu teknikte T2 ve T2\* etkisinden kurtulmak için, TE mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Elde edilecek görüntünün T1 ağırlığı FA 90 dereceye yaklaştıkça artacaktır. Bu serilerde serinin T1 ve T2 ağırlıklı olması FA ve TE değerlerine bağımlılık göstermektedir. GRE seriler değişik firmalarda üretilen cihazlarda değişik isimler almaktadır. MPGR, GFE, FFE, STAGE ve FLASH bunlardan birkaçıdır (24).

### **Hızlı Görüntüleme Teknikleri**

Konvansiyonel SE serilerde tetkik sürelerinin uzun olması MRG incelemelerinde BT' ye nazaran bazı olumsuzlukların oluşmasına ve BT ile bir nefes tutma süresi içerisinde kolaylıkla görüntülenebilen bazı dokuların MRG ile görüntülenememesine yol açmıştır. Bu nedenle 1980' li yılların ikinci yarısı başlarından itibaren MRG' de hızlı görüntüleme serilerinde geliştirme çalışmaları başlamıştır (24). Görüntüleme süresini kısaltmaya yönelik uygulamaların tümü üç ana başlık altında toplanabilir:

1. K-alanının daha hızlı oluşturulması
2. Daha kısa sürede görüntü elde etmeye yönelik hızlı görüntüleme sekansları (Fast-GRE, Fast-SE, EPI (ekoplanar görüntüleme) gibi)
3. Sinyal gürültü oranı ve görüntüleme hızını arttırmaya yönelik bobin (coil) teknikleri (Phase array coil, paralel görüntüleme uygulamaları). Şekil 3' de aksiyel planda T1 ve T2 ağırlıklı normal beyin MR görüntüleri verilmiştir.



**Şekil 3.** Bazal gangliyonlar düzeyinden geçen normal sınırlarda a) T1 ağırlıklı ve b) T2 ağırlıklı beyin MR görüntüleri

#### **2.2.4. Fetal Manyetik Rezonans Görüntüleme**

##### **Fetal MRG' de Kullanılan Sekanslar**

**A. T2 Ağırlıklı Sekanslar:** Çok hızlı görüntüleme teknikleri, spin eko kaynaklı Half-Fourier acquisition single shot turbo spin-echo (HASTE) ve gradyent eko kaynaklı steady state free precession (trueFISP ya da TRUFI) sekanları tercih edilen puls sekanlarıdır. Her iki puls sekansı da ağır T2 görüntülerdir. Vücut sıvıları ve organlar arasında (örn. fetal BOS ve beyin, amniyotik sıvı ve fetal vücut yüzeyi arasında) yüksek sinyal kontrastı sağlarlar. Kortikal sulkuslar ile gyruslar arasındaki yüksek kontrast özelliği MRG' yi diğer görüntüleme yöntemlerine göre üstün kılar (24).

TRUFI tekniği ile hızlı görüntüleme, çok iyi bir doku kontrastı ile T2 ağırlıklı görüntüler elde edilir. 3D sekans olarak tasarlandığında 1,6 mm kalınlığında aralıksız kesitler sağlar. Reforme görüntülerdeki detayları tanımlamak için günümüzde kesit kalınlığı hala çok kalındır (25, 26).

HASTE, iki boyutlu (2B) veri kazandırır (27). Daha küçük bir field of view (FOV, bakı alanı) (en az 170 mm), ve yüksek doku kontrastına izin vermesi nedeniyle günümüzde fetal beyin anatomisini görüntülemek için en iyi sekans olarak

düşünülmektedir. Yine de ileri hafta fetuslarda (>35 h) iyi bir doku kontrastı elde edebilmek için bazı parametrelerin değiştirilmesi gerekmektedir. Fetal bedeni görüntülemek için daha kısa TE değeri önerilebilir. Uzun TE ile (> 250 msn.) daha fazla kontrast sağlanır, bu durum özellikle akciğerde kistik lezyonların değerlendirilmesine yardım eder (26). Her bir kesit için 1,5-2 saniye (sn) tarama süresi ile tüm beyini incelemek 30-40 sn sürer. Bu kadar kısa sürede bile fetusta, özellikle hareket etmek için çok fazla alan bulunan 2. trimesterde, hareket görülebilir. Hemen tekrar pozisyonu değiştirmeden yapılan incelemede genellikle hareketsiz görüntüler elde edilebilir. Yine de 2B verilerde düşük uzaysal çözünürlük etkileri görülür. 2B verilerden volümetrik rekonstrüksiyon sağlanabilir ancak görüntü kalitesi yeterli olmaz ve uygulama zaman alıcıdır. Üç boyutlu (3B) FISP (fast imaging with steady state precession) ile görüntü elde edilmesi bir alternatif olabilir. Burada da uzun tarama zamanı ve hareket artefaktları kısıtlayıcıdır (25, 27).

**B. T1 Ağırlıklı Görüntüleme:** Yağ baskılı ya da baskılamasız çok çeşitli T1 ağırlıklı sekanslar fetal görüntülemeye kullanılmıştır. Günümüzde fast low angle shot sekansı (FLASH) ya da fast spoiled gradient recalled sekansı (FSPGR) en sık kullanılanlardır. Anneye nefes tutturularak ya da sedasyon ile yüksek kalitede görüntüler elde edilebilir. T1 ağırlıklı sekanslar fetal intrakraniyal lipom, hemoraji ya da kalsifikasyondan şüphelenildiğinde özellikle uygulanmalıdır. T1 ağırlıklı sekanslarda fetal beyine ait bilgiler yaşa bağlıdır. Yaklaşık 24. gestasyon haftasında T2 ağırlıklı görüntülere göre çok az ek bilgi sağlar. Başka bir kısıtlayıcı faktör ise düşük uzaysal çözünürlüktür. İlerleyen gestasyon haftalarında daha fazla detay ortaya çıkar, kortikal tabaka, beyin kökü, bazal gangliyonlarda T1 hiperintensite artar. Bu hiperintensiteler hücre miyelinizasyonunu yansıtır ancak yoğunluk konusu hala tartışmalıdır (26).

**C. Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DAG):** Eko planar görüntülemeye bağlı difüzyon ağırlıklı sekanslar 20 sn' den daha kısa sürede elde edilebilir ve günümüzde giderek kullanımı artmaktadır. DAG, hipoksik iskemik beyin lezyonlarına yüksek duyarlılığı nedeniyle fetal beyin görüntülemenin tamamlayıcısıdır. Difüzyon anizotropi premyelinasyon yapılarının ayırd edici özelliği olması nedeniyle myelinize olmayan korpus kallozum liflerini tanımlamak için kullanılabilir. ADC değerindeki değişikliklerin prenatal beyin maturasyonuna

paralel olduğu gösterilmiştir. Mikroskopik yapıya bağlı olarak, diş ve böbrek anizotropik özelliktedirler ve DAG' de görülebilirler. DAG kistik lezyonların karakterizasyonunu sağlayabilir. Yirmikinci gestasyon haftasından daha küçük fetusların tüm vücudu ve plasentası hiperintens olarak görülür. Ancak daha ileri haftalarda plasentanın hiperintens görülmesi normal değildir (28).

**D. Ekoplanar Sekanslar:** Ekoplanar görüntüleme (EPI), milisaniyelerde görüntü elde eder, böylece konvansiyonel MRG' de bulunan hareket artefaktlarının üstesinden gelir. EPI, volümetrik ölçümlerde kullanılır. Kardiyak hareketli görüntüler sağlar. T2 ağırlıklı sekanslarda izlenemeyen hepatik hematopoeze ait fizyolojik değişiklikler gösterilebilir. Yirmiyedinci gestasyon haftasından önce fetal iskeleti gösteren tek MRG sekansıdır. Kemik yapıları hipointens ve epifiz kartilajı hiperintens olarak görülür. Ancak daha ileri haftalarda kemik ve komşu kas yapıları ayırmak güç olabilir. Gradyent eko EPI görüntülerinin manyetik duyarlılık farklarına olan hassasiyeti, eski kanama alanlarının ve plasenta patolojilerinin saptanmasında oldukça yararlıdır. Damarlar hipointens olarak görülür. EPI kullanımını sınırlayan faktörler düşük uzaysal çözünürlük ve düşük yumuşak doku kontrastıdır (25).

**E. FLAIR Sekansı:** Farklı parametrelerle FLAIR sekansı fetal beyin incelenmesinde ek bilgiler sağlar, ayrıca hemorajiye duyarlıdır (25).

**F. Dinamik Sekanslar:** 4-6 frame/sn ve değişen kesit kalınlığı ile dinamik SSFP sekansı fetal vücut hareketlerinin değerlendirilmesine izin verir. Ayrıca yutma, peristaltik dalgalar ve diyafram hareketleri gibi intrafetal hareket de gösterilebilir. Ekstremit malformasyonlarının gösterilmesine olanak sağlar. Günümüzde geniş FOV nedeniyle kullanımı büyük fetüslerle sınırlı olmasına rağmen gelecekte fetal kardiyak MRG' nin temelini oluşturacaktır (25).

**G. Kalın Dilim T2 Ağırlıklı sekanslar:** İntrauterin içeriğin 3B görüntülenmesi sağlar ve bir saniyeden daha kısa sürede tarama yapar(25).

**H. Yeni Uygulamalar:** Son yıllarda in utero MR spektroskopi başarı ile uygulanmıştır. Ayrıca fonksiyonel MRG uygulamaları yayınlanmıştır (26). Kullanılan hızlı MRG sekanslarının adları değişik ticari firmalarda farklılıklar göstermekle birlikte aynı özellikleri temsil etmektedirler. Bu sekanslar Tablo 2' de özetlenmiştir (25).



**Tablo 2.** Ticari firmalara göre MRG sekansları (25).

	Siemens	GE	Philips	Toshiba	Hitachi
Single shot SE	HASTE	SSFSE	single shot TSE	FASE	single Shot FSE
Steady state free precession	TrueFISP	FIESTA	Balanced FFE	True SSFP	BASG
Incoherent GRE tekniki	FLASH	FSPGR	T1 FFE	Field Echo	GRE

### **Fetal Manyetik Rezonans Görüntüleme Güvenliği:**

Fetusun elektromanyetik alana kısa dönem maruziyetinin zararlı olduğuna dair kesin bir kanıt yoktur ancak güvenliği de tam olarak ispat edilememiştir. Gebeliği süresince MRG' de çalışan radyoloji personeli incelendiğinde gebelik sonrasında anlamlı bir ciddi sorun artışı saptanmamıştır (29). Gebeliğinde MRG uygulanan kadınların bebeklerinde gelişme geriliği insidansında artış ya da herhangi bir etkilenim saptanmamıştır (30). Bu yüzden geç dönemde meydana gelebilecek potansiyel riskin yok ya da oldukça az olduğu düşünölmektedir (29, 31). Manyetik rezonans görüntüleme sırasında maruz kalınan radyofrekans dalgalarına bağlı biyolojik dokularda ısı artışı oluşabilmektedir. Spesifik absorpsiyon oranı (SAR) monitörleri dokudaki enerji birikimini ölçmek için kullanılırlar. Gebe domuzlarla yapılan çalışmada fetal beyin, abdomen ve amnion sıvısında yapılan ısı ölçümlerinde hızlı MRG teknikleri ile ısı değişikliği saptanmamıştır (32). Yine de önerilen SAR' ın mümkün olduğunca düşük tutulması yönündedir. Diğer bir potansiyel risk oluşturan durumda Fetal MRG sırasında ortaya çıkan gürültüdür. Ancak amnion sıvısı ses dalgalarını oldukça iyi bir şekilde zayıflatmaktadır. Fetal dönemde MRG tetkiki uygulanan 2–4 yaş arası 25 çocuğun değerlendirildiği klinik bir çalışmada, çocukların hiçbirinde işitme ile ilgili bir soruna rastlanmamıştır (31). Tüm MRG

uygulanan hastalarda olduğu gibi fetal MRG uygulanacak gebelerde de kesin kontraendikasyonlar bulunmaktadır. Bazı hastalar ise tetkik yapılamayacak kadar klostrofobik olabilirler. Bu tip hastalarda kısa gövdeli magnet kullanımı ya da tüpe baş değil ayak girişı ile girmeleri fayda sağlayabilir. Dilaltı benzodiazepin ile sedasyon sağlanabilir. Üçüncü trimestride hasta masasında sırt üstü yatamayan gebeler yan yatırılabilir (7).

MRG' de kullanılan kontrast madde olan gadolinyumun plasentadan geçerek intravenöz verilışinden sadece birkaç dakika sonra fetal mesanede görülmesi, amniona salınması ve fetusun yutması sonrası gastrointestinal traktusundan emilerek fetal sirkulasyona tekrar dönmesi nedeniyle yarı ömrü bilinmemekte, dolayısıyla gebelerde kullanımı önerilmemektedir (33). İlk trimesterde gelişen embriyonun bölünmekte olan hücreleri fiziksel herhangi bir ajana karşı hassas olduğundan mümkünse ilk trimesterde fetal amaçlı MRG uygulanmamalıdır. Bu dönemde fetusun küçük boyutu nedeniyle çoğu zaman inceleme de efektif olmamaktadır. Ancak anne veya bebeğe yaklaşımı etkileyecek ise anne bilgilendirildikten ve sözlü ve yazılı onayı alındıktan sonra uygulanabilir. Gebelikteki MRG güvenilirliği hakkındaki bu tip tartışmalar sadece 1,5 T veya daha düşük manyetik güçteki MRG cihazları için yapılmakta olup daha yüksek manyetik güçteki cihazlar için halen güvenilirlik belirlenmemiştir (7).

MRG Grubu Güvenlik Komitesi (Safety Committee of the Society for MRI) diğer non iyonizan görüntüleme yöntemleri yeterli değil ise ya da X-ray veya BT gibi iyonizan radyasyon içeren tanı yöntemlerini kullanarak elde etmeniz gereken bilgileri sağlayabilecekse fetal MRG' nin kullanılabilceğini söylemektedir. Fetal MRG ile ilgili genel yaklaşım, 1,5 T manyetik alan gücünde cihaz kullanılması, tarama zamanının mümkün olduğunca kısa tutulması, SAR' ın düşük tutulması, Gadolinyum kullanılmaması ve birinci trimesterde taramadan sakınılmasıdır (34).

### **2.3. Santral Sinir Sistemi Embriyolojisi**

Prenatal hayat, embriyonik ve fetal dönem olmak üzere ikiye ayrılır. Embriyonik dönem, çok büyük bir hızla yeni özelliklerin ortaya çıktığı, morfolojik

evrelemeye yardımcı olan, alt bölümlere ayrılan bir süreçtir. Postfertilizasyon ilk 8 haftayı içerir. Konjenital anomalilerin büyük çoğunluğu bu dönemde izlenir. Fetal dönem ise var olan yapıların detaylarının oluştuğu ve bu nedenle daha kısıtlı gelişimsel değişikliklerin görüldüğü, morfolojik evrelemeye daha dirençli bir dönemdir (35). İnsan beyni ve spinal kordun gelişimi, her biri belirli gelişimsel hastalıklarla karakterize birçok faza ayrılır (36). İmplantasyondan sonra germ tabakalarının formasyon ve separasyonu meydana gelir, bunu dorsal ve ventral indüksiyon fazları ile nörogenez, migrasyon, organizasyon ve miyelinasyon fazları takip eder. Ancak bu fazlar birbirinin tamamen devamı olmayıp değişen derecelerde iç içe geçebilmektedir (37).

Embriyonik dönem, Carnegie sisteminde internal ve eksternal morfolojik kriterlere göre 23 alt gruba ayrılmıştır. Birinci gün (evre 1) fertilizasyona karşılık gelir. Birinci haftada (evre 2-4) blastokist oluşumu, 2. haftada (evre 5-6) implantasyon meydana gelir ve primitif yarık şekillenir, bunu takiben notokordal çıkıntı gelişir (evre 7) ve nörilasyon (evre 8-10) başlar. Somitler ilk defa evre 9' da ortaya çıkarlar. Nöral katlantılar evre 10' da birleşmeye başlar, rostral ve kaudal nöroporlar sırasıyla evre 11 ve 12' de kapanır. Kademeli bir şekilde faringeal çizgiler, optik ve otik veziküller, ekstremité tomurcukları belirir. Yaklaşık olarak evre 15' te beynin major beş alt grubu olan myelensefalon, metensefalon, mezensefalon, diensefalon ve telensefalon oluşmuştur (35).

Fetal dönem, morfolojik olarak tanımlanabilen alt gruplara ayrılamaz, gelişim yavaştır, keskin sınırları yoktur, karşılaştırma yapmak oldukça zordur. Bu döneme fetogenez denir. Ancak klinikte, prenatal dönemin 13 haftalık üç trimestera bölünmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir ve ikinci trimesterlerin kesişiminde yaklaşık 90. günde fetusun en büyük uzunluğu 90 mm olup ikinci ve üçüncü trimester kesişiminde fetus yaklaşık 250 mm uzunluğunda ve 1000 gr ağırlığındadır (38).

### **2.3.1 Embriyonik Dönem**

#### **Primer Nörilasyon**

Konsepsiyondan sonraki 15-17. günlerde, embriyoda endodermal, ektodermal ve mezodermal elemanları içeren trilaminar disk oluşumu mevcuttur. Mezodermal

elemanlardan oluşan notokordun etkisiyle ektodermin santral kesiminde yapısal değişiklikler meydana gelir. Nöral plak olarak adlandırılan bu özelleşmiş ektoderm, nöral olmayan komşu ektoderme göre belirgin kalınlaşma gösterir (evre 8) (37). Embriyonik disk rostrale doğru genişler ve derin olmayan nöral oluk ortaya çıkar. Nöral oyuk derinleşir ve uzar (evre 9) Nöroektoderm katlanmaya başlar ve konsepsiyondan sonra 20. günde, nöral tüpü oluşturmak üzere, kenarları orta hatta karşılaşarak birleşir (evre 10) ve nöral olmayan ektodermden ayrılır. Bu olaya ayrılma (disjunction) denir ve SSS' nin değişik seviyelerinde ve değişik zamanlarda meydana gelir. Füzyon, ilk önce 3. ve 6. somitler düzeyinde olmak üzere servikal bölgede gerçekleşir, kaudal ve sefalik yönler düzensiz sayılabilecek şekilde fermuar gibi ilerler. Ancak her iki uçta da amniyotik sıvı ile nöral tüp arasında geçici sıvı geçişinin sağlandığı kısa bir dönemde uçları açık kalır. Nöral tüpün sefalik ucu postkonsepsiyonel yaklaşık 24. günde (evre 11), kaudal ucu 26. günde (evre 12) kapanır. Nöroektoderm oluşumu ve nöral tüpün kapanması olaylarının tümüne birden primer nörilasyon denir (35). Nöral tüp defektleri en sık görülen malformasyonlardır (38).

### **Sekonder Nörilasyon**

Sekonder nörilasyon evre 12' de (yaklaşık 26.gün) nöral tüpün kaudal parçasından (kaudal eminentiadan) ara bir faz olmadan başlar (39). Kaudal eminentia, pluripotent doku kitlesi ile çevrili bir ektodermdir. İlk defa evre 9' da primitif çizgi düzeyinde bir embriyo yükseltisi olarak tanımlanır. Kaudal eminentiadan besleyici kanalın kaudal kesimi, çölm, kan damarları, notokord, somitler ve spinal kord gelişir. Evre 12' de nöral kord denilen solid hücresel kitle şekillenir. Buradan vücudun kaudal kısmının sinir sistemi köken alır. Daha rostral düzeylerde mevcut olan spinal kordun santral kanalı, nöral kord içine doğru ilerler. Evre 13' te nöral kord, eminentianın kaudal ucuna doğru uzanır ve yüzey ektodermi ile temas eder. Kaudal eminentia, somitik çift 32 ve takip eden çiftleri, alt ekstremitte tomurcukları için mezenkimi ve perineyi meydana getirir. 32. somit düzeyinden kaudalde küçük yuvarlak bir lümeni çevreleyen psödostrafiye epitelyum ve iki sıra nükleuslar bulunur. Kaudal nöroporun kapanmasından sonra spinal gangliyalardan biçimlenmesi durur. Sekonder nörilasyon, ayrıca 3-5 sakral vertebraları oluşturmak

için 32-34 somitlerde de başlar. Sekonder nöral tüpün kaudal kesimindeki kaviteler genellikle multipl ya da nöral kord içinde izole bölgelerde oluşur. Distal spinal kordun son adımı gestasyonun yaklaşık 38. gününde başlar. Bu dönemde hücresel kitle ve kaudal nöral tüpün santral lümeni, apoptozis sonucu küçülür (retrogresif diferensiyasyon). Sekonder nörilasyon, konus medullarisin en kaudal kesiminin, filum terminalenin ve santral kanaldaki fokal dilatasyonun (ventrikulus terminalis) şekillenmesini içerir. Terminal ventrikül çoğunlukla geriler ancak normal varyasyon olarak yetişkinlerde de kalabilir (38).

### **Spinal Kordun Gelişmesi**

Nörilasyondan sonra, spinal kord, nöral plağın lateralinden gelişen dorsal alar plak ve mediyalinden gelişen ventral bazal plak olmak üzere bölümlere ayrılır. Alar ve bazal plaklar His' in sulkus limitansı ile birbirinden ayrılır. Alar plaklar küçük çatı plağıyla, bazal plaklar ince taban plağıyla birleşirler. Alar plaklar ve gelen dorsal kökler spinal kordun afferent (sensoral) kesimini oluştururken, bazal plak ve çıkan ventral kökler efferent (motor) bölümünü meydana getirir. Spinal gangliyonlar nöral krestten gelişir. Alar ve ventral plakların gelişimi, notokord ve komşu ektoderm tarafından salınan ekstraselüler sinyal molekülleri ile indüklenir. Motor nöron ilk gelişen nöronudur. Yaklaşık 27. embriyonik günde (Carnegie evre 13-14) en yukarıdaki spinal segmentlerde ortaya çıkarlar. Bu dönemde ayrıca dorsal kök gangliyon hücreleride mevcuttur. Dorsal supraspinal liflerin spinal korda uzanımı evre 14' te, assenden liflerin beyin köküne ulaşımı evre 16' da, primer afferent lifler ile motor nöronlar arasındaki ilk sinapslar yaklaşık evre 17' de gerçekleşir. Spinal kord, vertebral kanalın sonuna kadar ilerler, fetal dönem sırasında sakral ve sonrasında lumbar seviyeye çıkar (25, 38).

### **Nöral Örüntüleme**

Nöral örüntüleme, mediyalden laterale ve rostanden kaudale olmak üzere iki yöne doğru beynin ilerleyici bir şekilde alt bölümlerine ayrılmasıdır (40, 41). Mediolateral ya da ventrodorsal örüntü biçimlenmesi, alar ve bazal plaklar gibi longitudinal alanlar meydana getirirken, rostrokaudal örüntü biçimlenmesi transvers

bölgeleri oluşturur (nöromerler). SSS üç bölüme ayrılır. Homeobox gen *Emx* ve *Otx* ekspresyonu ile karakterize olan anterior bölge önbeyin ile orta beyinin büyük bölümünü, orta bölge (istmoserebellar alan) orta beyin posterior kesimini ve ilk rombomerin büyük bir kısmını, *Hox* gen ekspresyonu ile karakterize olan üçüncü bölge rombensefalon ve spinal kordu kapsar. Longitudinal örüntüleme merkezleri nöral plak ve erken nöral tüpün ventral ve dorsal tarafları boyunca mevcuttur. Dorsalizasyon BMP (bone morphogenetic protein) ve ventralizasyon SHH proteini (sonic hedgehog protein) ile kontrol edilir. Holoprosensefali beyin patern formasyonu bozukluğu sonucu gelişir. Transvers örüntüleme merkezleri, nöral plakta anteroposteriora özel konumlarında bulunur. Bunlar, nöral tüpün komşu alanlarındaki bölgesel kimliği tespit etmekle görevli olarak salgılanan faktörlere kaynak sağlarlar (38).

### **Beynin Erken Dönem Gelişimi**

Nöral tüp üç fleksura nedeniyle kıvrımlı hale gelir. Bunlar:

- 1) Orta beyin düzeyindeki mezensefalik fleksura nöral katlantıların kapanmasından önce de belirgindir.
- 2) Rombensefalon ve spinal kordun birleşme yerindeki servikal fleksuradır.
- 3) Rombensefalondaki pontin fleksuradır. Önbeyin telensefalon ve diensefalona ayrılır. Serebellumun gelişmesiyle, pons, trigeminal sinir, arka beyin rostral kesimi olan metensefalon, kaudal kesimi medulla oblongata (myelensefalon) belirgin hale gelir. Arka beyin ve orta beyin kesişim yeri göreceli olarak daha dar olup istmus rombensefali olarak adlandırılır. Evre 15' te geleceğin serebral hemisferleri ayırt edilebilir. Beynin ana gelişimsel alt bölümleri Tablo 3' te gösterilmiştir. Serebral hemisferler embriyonik dönemin sonunda hızla genişler ve diensefalonu tamamen kaplar. Frontal, temporal ve oksipital kutuplar ile insula fark edilir hale gelirken, ventral yüzeyde olfaktör bulbul görülür (25, 38).

**Tablo 3.** Beynin ana gelişimsel alt bölümleri (25)

	Bölümler	Alt bölümler	Matürasyon	Kavitelevler
Ensefalón	Prosensefalón	Telensefalón	Serebral Hemisferler	Lateral Ventrikül 3. ventrikül
		Diensefalón		3. Ventrikül
	Mezensefalón	Mezensefalón		Aquadukt
	Rombensefalón	İstmus Rombensefali		4. Ventrikül
		Metensefalón	Serebellum	
			Pons	4. Ventrikül
		Myelensefalón	Medulla Oblongata	4. Ventrikül santral kanal

### Nöromerler

Beynin morfolojik segmentleri yani nöromerler von Baer (1828) tarafından önceden bilinmesine rağmen, insan beyni için Bartelmez (1923) ve Bergquist (1952) tarafından ayrıca diğer birçok omurgalılar için Nieuwenhuys (1998) tarafından tanımlanmıştır (25, 42).

Nöromerler nöral tüp boyunca, özellikle arka beyinde belirgin olmak üzere segmental olarak sıralanmış, transvers çıkıntılardır. Altı primer nöromer (prosensefalón, mezensefalón ve dört rombomer) 9. evre gibi henüz nöral tüp kapanmadan ortaya çıkar. On altı sekonder nöromer yaklaşık evre 11 gibi tanınır. Bunlar evre 15' ten sonra kademeli olarak kaybolur. Sekiz rombomer (istmik nöromer) (I), orta beyinde iki mesomer (M1, M2), iki diensefalik nöromer (D1, D2) ve bir telensefalik nöromer (T) ayırt edilebilir. Diensefalik nöromer, sinensefalón, parensesfalón kaudalis ve parensesfalón rostralis ayrılır. Nöromer D1, göz veziküllerini ve mediyal gangliyonik eminentiyayı verir (25, 43).

## **Gangliyonik Kabartı**

Başlangıçta serebral hemisferler, bazal ganglionları meydana getiren subpallium denilen kalın bir bazal kısım ve serebral korteksi oluşturan pallium diye adlandırılan ince bir kısım içerir. Subpallium gangliyonik ya da ventriküler kabartı olarak bilinen lateral ve mediyal yükselti olarak ortaya çıkar. Ventriküler kabartının kaudal kesimi (kaudal gangliyonik kabartı) amigdalayı meydana getirir. Diensefalondan kaynağını alan mediyal gangliyonik kabartı, globus pallidum oluşumuna katkıda bulunur. Telensefalondan gelişen daha geniş lateral gangliyonik kabartı, kaudat nükleus ve putameni verir. Lateral ve mediyal gangliyonik kabartılar ayrıca serebral korteks oluşumuna katkıda bulunur. Kortikal GABA (gama aminobütirik asit)’ erjik internöronlar her iki gangliyonik kabartıdan oluşur (25, 44).

### **2.3.2 Fetal Dönem**

Fetal dönemdeki en belirgin değişiklikler:

1. Serebellar hemisferlerin gelişmesi ve vermisin oluşması,
2. Serebral hemisferlerin devam eden büyümesi,
3. Özellikle korpus kallosum olmak üzere komissural bağlantıların oluşmasıdır.

### **Serebellum**

Serebellumun gelişmesi fetal dönemin büyük bir kısmını kaplar. Serebellum bilateral ilk rombomerin alar tabakasından köken alır. Erken fetal dönemde iki serebellar primordiyumun, vermisi oluşturmak için dorsalde birleştiği söylenir. Ancak Sidman ve Rakic (1982) ve Hochstetter’ in (1929) savunduğu görüş, böyle bir füzyonun gerçekleşmediği, sadece bir serebellar primordiyum (tuberkulum serebelli) olduğu yönündedir. Tuberkulum serebelli orta hatta ters V şekli oluşturacak şekilde uzanır. Altıncı postovulatuvar hafta boyunca kaudale ve laterale doğru kalınlaşma gösterir ve dördüncü ventrikül içine doğru çıkıntı yapar. Yedinci haftada hızla büyüyen serebellum dışa doğru uzanarak, flocculiyi temsil eden, eksternal serebellar çıkıntıları verir. Gelişimin üçüncü ayında orta hattın gelişmesiyle ters V’ nin uzantıları arasındaki boşluk dolar ve vermisi şekillendirir. 12. ve 13. haftalarda

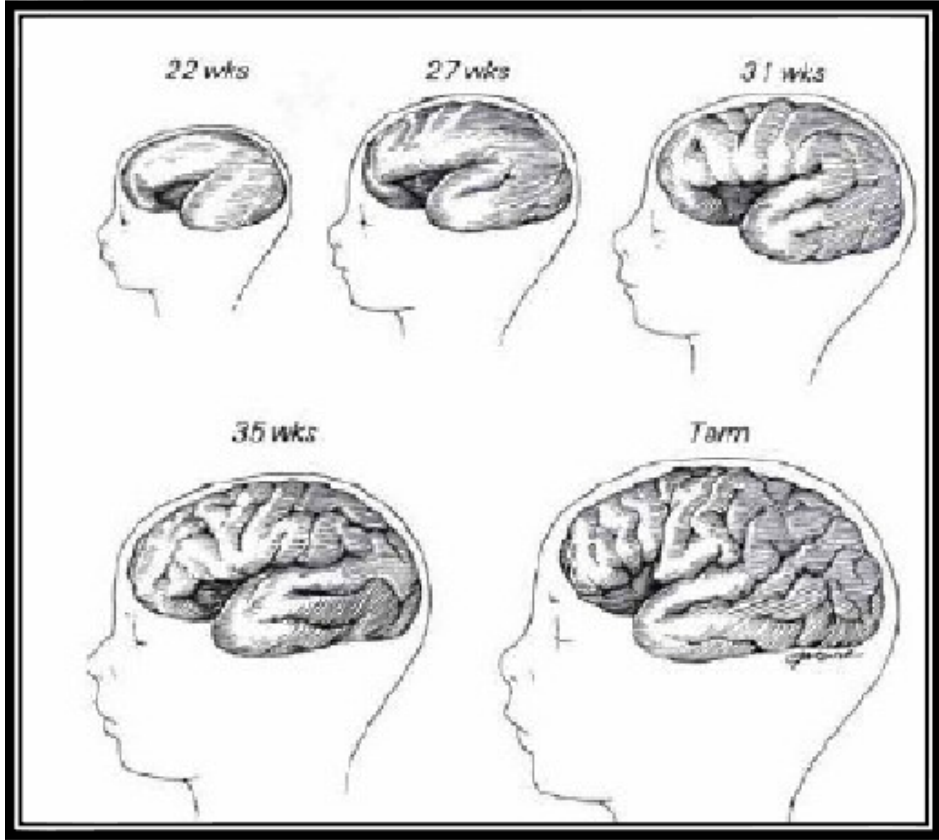


lateral, rostral ve dışarı doğru büyüme devam eder ve transvers olarak yerleşen doku dördüncü ventrikül üzerine biner. 12. haftada, beynin longitudinal aksına transvers olacak şekilde, vermisten başlayarak daha sonra hemisferlere uzanan fissürler gelişmeye başlar. Evre 18' de (yaklaşık 44. günde) dentat nükleus, evre 19' da serebellar pedinküller ve embriyonik periyodun sonunda serebellar komisürler belirir (25, 45). Fetal dönemde; eksternal germinal hücrelerin ileri proliferasyon ve migrasyonu ile internal granüler tabaka gelişir. Geçici bir tabaka olan lamina dışsekans, Purkinje hücreleri ve internal granüler tabakayı birbirinden ayırır. Eksternal germinal tabaka embriyonik dönemin sonunda ortaya çıkar ve doğumdan sonra bir-iki seneye kadar kalabilir. Alt rombik dudak, pontin nükleus ve nükleus olivarius inferiyoru verir. Bu preserebellar nükleuslar birçok yoldan göç ederek beyin kökündeki en son yerlerine ulaşırlar (25).

### **Serebral Korteks**

Serebral korteksin gelişimi ve kortikal nöronların proliferasyon ve migrasyonu fetal dönemde oldukça fazla yer kaplar. Her bir hemisfer ilk başta kaudale doğru büyür, daha sonra ventral ve dorsal yönlere doğru yönelir. Bu şekilde temporal lop ortaya çıkar. Kaudat nükleus, amigdala ve hipokampus C şeklinde bir yol izleyerek benzer şekilde oluşur. Fetal dönemde kortekte girus ve sulkusların karmaşık yapısı şekillenir. Sulkus ve girusların sık görülen gelişim sırası haftalara göre düzenlenerek tablo 4' te özetlenmiştir. Lateral ve santral sulkuslar dört aydan sonra ayırt edilir. Prefrontal korteksin gelişmesi nedeniyle, santral sulkus kademeli olarak kaudale doğru yer değiştirir. Bunun mediyal yüzünde ilk önce paryetookspital ve singulat sulkuslar, daha sonra kalkarin ve santral sulkuslar ortaya çıkar (Şekil 4) (46).

Lateral ventriküllerin pleksus koroidusları telensefalik vezikülün medial duvarının alt kesiminden gelişir (35).



Şekil 4. Sulkal gelişim

**Tablo 4.** Serebral sulkus ve gyrus görünümlerinin sık görülen sıralanışı (25)

Hafta	Sulkuslar		Gyruslar	
	Lateral	Mediyal	Lateral	Mediyal
10-15	Lateral	Kollozal		
16-19	Pariyetooksipital	Singulat Kalkarin		Gyrus rektus Singulat Cuneus
20-23	Santral süperiyor temporal (T1)	Kollateral	Süperiyor temporal	Parahipokampal
24-27	Presantral İnferiyor temporal (T2) Postsantral Süperiyor frontal (F1) intrapariyetal	Oksipito- temporal	Presantral Middle temporal inferiyor temporal Medial ve lateral okspitotemporal Postsantral Süperiyor frontal Süperiyor ve inferiyor pariyetal lobüller	
28-31	İnferiyor frontal (F3) Middle frontal (F2)		Middle frontal inferiyor frontal Pars triangularis	
32-35				Parasantral lobul

## **Serebral Korteksin Gelişim Aşamaları:**

**1. Stem cell (kök hücre) Proliferasyonu:** Gestasyonun 7. haftasında, lateral venrikül duvarlarında germinal matriks adı verilen bölgede kök hücre proliferasyonu ile nöroblastlar oluşur (25).

**2. Nöronal Migrasyon:** Gestasyonun 8. haftasında fetal beyinde nöronal migrasyon başlar. Radyal migrasyon gestasyonun 3-5. ayları arasında çok aktif olup, postnatal 5. aya kadar devam eder. Nöron migrasyonu subependimal bölgede, pia' ya doğru, radyal glial hücreler boyunca (radyal migrasyon) olur. Germinal zonda proliferasyon olan hücreler, oluşacak kortikal tabakaya, birebir eşleşecek şekilde ulaşır. 1. tabakayı oluşturacak hücreler, kortekse en önce ulaşır ve en dışta yer alırlar. Geçici en derin tabaka 7. tabaka olup subplate tabakada denir, 1. tabaka gibi erken göç eden tabakadır. Bundan sonra göç eden hücreler, en içten dışa doğru 6., 5., 4., 3., 2. tabakaya yerleşirler (25).

**3. Kortikal Organizasyon:** Kortekse ulaşan nöronlar farklı laminalar oluşturacak şekilde yerleşir ve birbirleriyle sinaps oluşturur. Normal serebral korteksin periferden derine doğru 6 tabakası şöyle sıralanabilir (46).

- I. Marjinal tabaka (hücreden fakir)
- II. Eksternal granüler tabaka (selüler)
- III. Eksternal piramidal tabaka (selüler)
- IV. İnternal piramidal tabaka (selüler)
- V. İnternal granüler tabaka (selüler)
- VI. Füziform tabaka (selüler)

## **Serebral Komissürler**

Serebral komissürler embriyonik lamina terminalis denilen ince plak olarak ortaya çıkar. Telensefalonun mediyal duvarı, kiyazmatik plağın rostralidir. Lamina reuniens ya da *Schlussplatte* olarak da bilinir. Yaklaşık olarak beşinci haftada (evre 16) komissural plak, embriyonik lamina terminaliste kalınlınlaşma olarak görülür.

Lamina kalıntısı daha sonra yetişkindeki lamina terminalisi oluşturur. Komissüral plak, anterior komissür, hipokampal komissür ve korpus kallozumu meydana getirir. Anterior komissür embriyonik dönem sonunda ortaya çıkar ve geleceğin temporal loblarını birleştirir. Hipokampal komissür birkaç hafta daha geç ortaya çıkar ve fornixin kuruslarını birleştirir. Korpus kallozum erken fetal dönemde ortaya çıkar ve serebral hemisferleri birleştirir. Korpus kallozum ovulasyondan sonraki 11–12 haftalarda ilk defa tanımlanabilir, kademeli olarak kaudale doğru uzanır. Komissüral plağın üstteki kesimi inceleyerek septum pellucidum meydana getirir. Septum içerisinde kavum septum pellucidum denilen dar bir kavite ortaya çıkar. Korpus kallozum prenatal hayatın ortalarında tam olarak şekillenir. Korpus kallozumun parsiyel ya da komple yokluğu sık görülmez. Ancak komissüral plağın gelişimini etkileyen her türlü bozukluk bu malformasyona yol açar. Korpus kallozumun disgenезisi izole hastalık olarak olguların %20' sinde bulunur ancak geriye kalan %80' i beynin diğer malformasyonlarıyla birlikte izlenir (25, 38).

Beyaz cevher başlıca myelinden meydana gelmektedir. Myelinasyon, intrauterin dönemde 2. trimesterde başlayarak doğumdan sonra erişkin döneme kadar devam eden dinamik bir süreçtir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, matürasyonun bir göstergesi olan myelinasyon doğumdan sonraki ilk iki yılda en hızlıdır. Myelinasyonun gerçek anlamda değerlendirilmesi MRG' nin klinik kullanıma girmesi ile olmuştur. Günümüzde myelinasyonun invivo değerlendirilmesine olanak tanıyan tek yöntem MRG' dir (25).

MRG ile detaylı olarak incelenebilen myelinasyon, myelin molekülünün serbest su içeriğindeki farklılıklar ve su moleküllerinin myelin lifleri boyunca anizotropik difüzyonunu temel alan, manyetizasyon transfer ve difüzyon ağırlıklı görüntülemelerle de değerlendirilebilmektedir. Beyaz cevherin temel bileşeni olan myelin, aslında oligodendrositlerin uzantıdır. Aksonların etrafını saran ince sitoplazmik uzantıların migrasyonu ile çoklu lameller tabakadan oluşan myelin meydana gelir. Myelinasyon farklı bölgelerde farklı hızlarda devam eden ve bu nedenle de topografik farklılıklar gösteren bir süreçtir. Gebeliğin ikinci yarısından başlayarak doğumdan sonraki ilk birkaç yıl boyunca myelinasyon en hızlıdır. Buna göre:

1. Filogenetik olarak en eski olan yapılar, en erken myeline olur.

2. Myelinasyon periferik sinir sisteminde, santral sinir sisteminden önce başlar.
3. Traktusların myelinasyonu, fonksiyone olacakları dönemde başlar.
4. Duyu bölgelerindeki myelinasyon, motor bölgelerden öncedir.
5. SSS'de primer fonksiyon bölgelerinin myelinasyonu, asosiasyon liflerinden önce başlar.
6. Myelinasyon çoğu zaman uyarı iletim yönünde devam eder.
7. Myelinasyon kaudalden rostrale (spinal korddan beyine), santralden perifer (diensefalondan perifer kesimlere) ve posteriordan anteriyora doğrudur.

En aktif myelin sentezi postnatal ilk 8 ayda gerçekleşmektedir. Matürasyonun en aktif olduğu dönem ise 8-15. aylardır. Myelin matürasyonu arttıkça önce proteinler, sonra lipidler matür şekline ulaşır. Kronolojik yaşa uygun *invivo* myelin matürasyonu standartlarını gösteren çok çeşitli şemalar kullanılmaktadır. Belli bölgelerin baz alındığı şemaların kullanımı, klinik uygulamaları kolaylaştırır. Kronolojik dizi ile myelin oluşumu arasında korelasyon vardır ve MRG ile takip edilebilir. Prematür çocuklarda myelinasyonun değerlendirilmesi daha zordur. Değerlendirme gestasyonel yasa göre ya da düzeltilmiş kronolojik yaşa göre yapılabilir. Ancak pratik olarak prematür çocuklar, artmış endojen steroid salınımı ve hızlı myelinasyon süreci ile 2. ayda term yenidoğan myelin formuna ulaşmaktadır (47).

#### **2.4. Sinir Sistemi Anatomisi**

Sinir sisteminin santral ve periferik olmak üzere iki bölümü vardır. SSS, beyin ve medulla spinalis' ten oluşur. SSS, kranyum ve vertebral kanal içinde sınırlanmıştır. Meninks adı verilen bağ dokudan oluşan membranlarla çevrilidir. En dış tabakadan başlamak üzere meninksler; dura mater, araknoid ve pia mater şeklinde tabakalaşır. Dura mater ile araknoid arasında subdural mesafe yer alır. Pia mater beyin dış yüzünü ve sulkusları tamamen saran, damar ve sinirden zengin bir membrandır. Araknoid ile pia mater arasında subaraknoid mesafe ve beyin omurilik sıvısı (BOS) bulunur. Subaraknoid mesafe yer yer genişlemeler göstererek sisternaları oluşturur. Kalın ve esnemeyen bir zar olan dura mater'in kranyum

boşluğuna doğru iki uzantısı vardır. Bunlardan tentoryum serebelli kranyum boşluğunu supratentoryal ve infratentoryal olmak üzere ikiye böler. Supratentoryal bölgede serebral hemisferler, posterior fossa adı da verilen infratentoryal bölgede ise beyin sapı (mezensefalon, pons ve bulbustan oluşan parça) ve serebellum yer alır. İki serebral hemisfer arasındaki dura mater uzantısına ise falks serebri adı verilir. Serebral hemisferler, ortasında falks serebrinin bulunduğu bir fissür ile birbirinden ayrılır. Fissürün alt bölümünde iki hemisfer arasındaki bağlantıyı sağlayan yoğun lif demetlerinden oluşan korpus kallozum yer alır. Her bir hemisfer frontal, temporal, paryetal ve oksipital olmak üzere dört loba ayrılır. Serebral hemisferlerin en dıştaki ince tabakasına beyin korteksi adı verilir. Gri maddeden (substantia grisea) yapılmış olan bu tabakanın kalınlığı 1,5–4,5 mm arasında değişir. Bazı bölgesel değişiklikler göstermekle birlikte, korteks altı tabakadan oluşur. Nöronların gövdeleri korteks içinde yer alır. Korteks altında beyaz madde (substantia alba) bulunur. Burası aksonların bulunduğu kısımdır. Beyaz madde içinde bulunan nukleus kaudatus, nukleus lentiformis gibi gri madde yapılarına bazal ganglionlar denir. Diensefalon beyin sapının rostralinde, serebral hemisferlerin derinliğinde yer alır. Talamus, hipotalamus, epitalamus ve subthalmus olmak üzere dört kısmı vardır. Buradaki en büyük ve önemli nöral yapı, çok sayıda nukleustan oluşan talamustur. Beyin sapı serebellum önünde yer alır ve sinir lifi demetlerinden oluşan üst, orta ve alt olmak üzere üç çift serebellar pedinkül aracılığı ile serebelluma bağlanır (25).

Mezensefalon beyin sapının en üst bölümünü oluşturur. Üçüncü ve dördüncü kranyal sinirlerin nukleusları buradadır (25).

Pons beyin sapının en geniş parçasıdır. Beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci kranyal sinir çekirdekleri ponda yer alır. Dokuz, on, onbir, onikinci kranyal sinir çekirdekleri bulbustadır (25).

Serebellumun ortada vermis ve iki yanda serebellar hemisfer adı verilen üç parçası vardır. İçyapısı ise dışta serebellar korteks, altında beyaz madde ve bunun içinde gri madde çekirdeklerinden oluşmaktadır. Ventriküler sistem serebral hemisferler içerisinde yer alan lateral ventriküller, talamuslar ile hipotalamus arasında yerleşmiş olan üçüncü ventrikül ve beyin sapı ile serebellumun ortasında yer alan dördüncü ventrikülden oluşur. Lateral ventriküller foramen Monro ile üçüncü ventriküle açılırlar. Akuaduktus Sylvi üçüncü ventrikülü dördüncü ventriküle bağlar.

Kaudalde santral spinal kanal ile bağlantılı olan dördüncü ventrikül, posteriorda foramen Magendi, yanlarda ise foramen Luschka' lar ile subaraknoid aralığa açılır (25, 48, 49).

Kalp debisinin beşte birini alan beyin, internal karotis ve vertebral arterler ile bunların oluşturduğu Willis poligonundan çıkan arterler tarafından beslenir. Serebral venler ile beyinden gelen venöz kan ise araknoid granüller aracılığı ile subaraknoid aralıktan gelen BOS ile birlikte, venöz sinüsler yoluyla internal juguler vene drene olur. Venöz sinüsler duranın periostal ve meningeal tabakalarının belirli yerlerde birbirinden ayrılmasıyla oluşur. Protuberansia hizasında süperiyor sagital sinüs, sinüs rektus ve transvers sinüsler birleşerek konfluen sinüsü meydana getirirler (49).

## **2.5. Fetal Santral Sinir Sistemi Anomalileri ve Görüntülemesi**

Yüksek rezolüsyonlu US yöntemlerine ve endovaginal yolla değerlendirilebilirliğe rağmen ossifiye kranyum, akustik gölgelenme oluşturarak kafa tabanını, alt beyin yapılarını ve subaraknoid aralığın değerlendirilebilirliğini oldukça zorlaştırır. Fetal santral sinir sisteminin değerlendirilmesi MRG' nin özellikle yararlı olduğu alanlardan birisidir (50).

MRG, beyin anatomisi ve parankimini US' ye göre daha iyi göstermekte olup pek çok yayınlanmış olgu ve seri raporlarında MRG' nin SSS anomalilerinin tanısında US' ye üstünlüğü gösterilmiştir (50-54). MRG fetal beynin hem gestasyonel yaş ile uyumlu gelişim gösterip göstermediğini değerlendirmede, hem de intrakraniyal anomalilerin saptanmasında üstündür. Multiplanar görüntü sağlar. Fetal pozisyon ve anneye bağlı fiziksel faktörlerden etkilenmez. Kortikal gelişim, beyin miyelinizasyonu, orta hat ve posterior fossa yapıları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebilir. Migrasyon anomalileri, iskemik lezyonlar ve US ile saptanamayacak pek çok anomali görüntülenebilir. MRG ile ensefaloseller, arteriovenöz malformasyonlar, nöral tüp defektleri ve araknoid kistlerin kitle etkileri ultrasona göre daha iyi gösterilebilir (55, 56).

Levine D. ve arkadaşlarının (57) yapmış olduğu bir çalışmada sonografik olarak saptanamayan porensel, korpus kallozum parsiyel ya da komplet agenezileri, kortikal girus anomalileri, tethered kord, septum pellucidum anomalileri,



holoprozosefali, serebellar hipoplazi, kortikal ve subkortikal tuberler, vasküler malformasyonlar, hemoraji ve vermian kist olguları sadece MRG ile gösterilebilmiştir. Yine bu çalışmaya göre ventrikülomegalili olgularda MRG eşlik eden anomalileri göstermede oldukça faydalı bulunmuştur (57).

MRG ile şüpheli tanı netleşir, böylece gebeliğin devam edip etmeyeceği, edecek ise takibinde yapılacak fetal girişimin türü belirlenir. MRG ile erken gestasyonel haftalarda terminasyon kararı, geç haftalarda doğum şekli, zamanı ve perinatal bakım planlanır (6).

### **2.5.1. Ventrikülomegali**

Ventrikülomegali, nedeni ne olursa olsun, serebral ventriküllerin genişlemesine denilir. Prenatal US' de transvers planda koroid plexusun glomusu seviyesinden yapılan ölçümde ventrikül çapının 10 mm ve üzeri olması ile tanı konulur (4, 58, 59). Ventrikül genişliği benzer şekilde fetal MRG ile de ölçülebilir. Ventrikülomegali, hafif (10-15 mm), orta (>15 mm ve >3 mm komşu korteks kalınlığı) ve şiddetli ( ventrikülomegali ve <2 mm korteks kalınlığı) olmak üzere üçe ayrılır. Hidrosefali, anormal BOS dinamiklerine (ör. BOS aşırı yapımı, BOS emilim bozukluğu, BOS dolaşımında tıkanıklık) bağlı olarak ventriküler ya da subaraknoid boşlukların hacminin artmasıdır. Neden olan anomali spesifik olarak tanımlanmamışsa bu terim kullanılmamalıdır. Ventrikülomegalinin nedenini bulmak her zaman kolay değildir. Eğer hafif formda ise genellikle geçicidir ya da muhtemelen normal bulgudur. Ventrikülomegali serebral disgenezi, korpus kallozum hipogenezisi, lizensefali veya ex vacuo fenomeni (iskemi ya da enfeksiyona sekonder atrofi) ile ilişkili olabilir ve sonuçta hidrosefaliye neden olabilir (55).

Ventrikülomegalinin sonuçları, ventriküler genişlemenin nedeni ve derecesine, eşlik eden anomalilere, ortaya çıktığı gestasyonel yaşa ve progresyonuna bağlıdır. Fetal MRG, US ile tespit edilemeyen ilişkili anomalileri göstermekte oldukça yardımcıdır (57). Yine de bazen prenatal görüntüleme yöntemleri ile etiyojoloji saptanamaz. Olguların çoğunda izole hafif ventrikülomegalinin (10-12 mm) postnatal sonuçları kötü değildir. Bazı olgularda gelişme geriliği ile ilişkili olabilir. Kortikal ve ventriküler volüm ile kortikal kalınlık ölçümleri, maturasyonu ve

postnatal sonuçları değerlendirmek açısından daha kantitatifdir. Simetri, orantı ve ventrikülomegalinin konturları ayrıca önemlidir. İzole asimetric ventrikülomegalinin önemi belirsizdir. Lateral ventriküllerin konturlarının açılı olması nöral tüp defektlerinin bir özelliğidir. Frontal hornların kutu şeklinde görünümü sıklıkla septum pellucidum yokluğuna işaret eder (59). Ventrikülomegali ile ilişkili olarak ekstraserebral BOS mesafeleri silindiğinde ve kafa çapı genişlediğinde obstruksiyondan şüphelenmelidir. Ventrikülomegali olgularında ekstraserebral BOS mesafeleri belirgin olduğunda, kafa çapı küçükse hipogenezisden bahsedilebilir. Bazı olgularda hem hipogenezis hem de hidrosefali birlikte bulunabilir ya da hidrosefali daha sonradan gelişebilir. Kolposefali (küçük frontal horn ile birlikte atria ve oksipital hornlarda orantısız dilatasyon) genellikle korpus kallozum hipogenezisine eşlik eder (58) .

Frontal hornlar ile oksipital hornlar arasındaki hafif relatif orantısızlık durumu 24. Gestasyon haftasına kadar normal bir bulgu olabilir (fetal primitif konfigürasyon). Levine ve ark. (59) (2002) çalışmalarında, beş yıllık fetal MRG tecrübelerine dayanarak elde ettikleri sonuca göre kolposefali tanımını, frontal ve oksipital hornlar arasındaki orantısızlık belirginse ya da frontal hornların görünüşü anormal ise kullanmışlardır Bu nedenle ventriküllerin multipl planda değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

## **2.5.2 Dorsal Nöral Tüp Gelişim Bozuklukları**

### **Primer Nörilasyon Bozuklukları**

Primer nörilasyon gestasyonun ilk 3-4 haftasını kapsar. Nöral tüpün, embriyonun kraniyal ucundan kaudale doğru yaklaşık L1-2 seviyesine kadar nöral notokord boyunca oluşmasını tanımlar.

**A. Anensefali:** Kranyal çatinın ve telensefalonun yokluğu ile karakterizedir. Orbita üzerinde vasküler bir stroma bulunabilir. US ile çok iyi ortaya konabildiği için prenatal MRG' nin rolü azdır. Bununla birlikte MRG anensefalik fetusun eş ikizinin değerlendirilmesinde faydalıdır.

**B. Sefalosefali:** Kafatasındaki kemik defektinden intrakranyal içeriğin protrüzyonudur. Sırayla en sık yerleşim yerleri frontal, paryetal ve bazal kesimlerdir. Protrüzyon

sadece meninksleri içeriyorsa meningesel denir. Fetal MRG meningeselin diğer kistik lezyonlardan (kistik higroma, teratom, hemanjiyom) ayırıcı tanısına yardım eder. Ensefalosel meninksleri ve nöral dokuları içerir ve genellikle ventrikülomegali ve diğer malformasyon ve sendromlarla ilişkilidir. Fetal MRG ensefalosel içeriğini ve beyinde altta yatan anomaliyi tanımlamak için önemlidir (57).

**C. Spina Bifida:** Açık nöral tüp defektleri (myelosel, myelomeningosel gibi) hemen her zaman serebellumun foramen magnumdan üst servikal spinal kanala doğru herniyasyonu ile karakterize Chiari tip II malformasyonu ile birlikte. Anomali en iyi MRG ile gösterilir (60). Ventrikülomegali ya da hidrosefali bulunabilir. Ventriküller dar açılı görünümündedir (59).

**D. Chiari Malformasyonları:** Küçük posterior fossa ve açık spina bifida defektiyle karakterize beyin malformasyonlarıdır. Chiari tip II malformasyonu kallozal anomaliler, falks fenestrasyonu, polimikrogiri ve heterotopiler ile ilişkili olabilir. Çoğunlukla myelomeningosel (tip I-III) eşlik eder. Posterior fossanın morfolojik görünümüne göre olarak dört tipi vardır.

Tip I: Serebellar tonsiller foramen magnumdan aşağı doğru yer değiştirmiştir

Tip II: Vermis, medulla oblongata ve pons, 4. ventrikülle birlikte aşağı doğru yönelmiştir.

Tip III: Hemen hemen tüm serebellum foramen magnumun için uzanır.

Tip IV: Serebellum foramen magnumdan aşağı uzanır ve normal gelişimi bozulmuştur (51).

Çoğunlukla myelomeningosel (tip I-III) eşlik eder. Chiari tip II malformasyonu kallozal anomaliler, falks fenestrasyonu, polimikrogiri ve heterotopiler ile ilişkili olabilir. Aşağı uzanımlı torcular herofili, foramen magnumdan vermisin herniyasyonu, küçük yarık tarzı 4. ventrikül nedeniyle sisterna magna genellikle oblitere. Herniye olan serebellum sıklıkla dejenere olur ve şiddetli olgularda görsel olarak izlenemeyebilir. Herniyasyona ve küçük posterior fossaya bağlı olarak serebellum muz şeklinde görülebilir. Fetusta limon şeklinde kafatası izlenebilir. Limon işareti (lemon sign) yassılaştırmış frontal kemikler nedeniyle 24. gestasyon haftasında önce myelomenigoselle birlikte görülebilir. Limon işareti birçok anomali ile birlikte bulunabilse de Chiari tip II malformasyonu için oldukça duyarlıdır. US' nin Chiari tip II malformasyonu saptamada duyarlılığı ve

özgüllüğü yüksektir. Fetal MRG posterior fossa yapılarının daha iyi değerlendirilmesini ve herni derecesinin gösterilmesini daha iyi sağlar (61).

### **Sekonder Nörilasyon Bozuklukları**

Sekonder nörilasyon, notokordun aşağısında kanalizasyon ve geriye doğru diferensiyasyon ile kaudal nöral tüpün formasyonunu tanımlar. Alt lomber, sakral ve koksigeal segmentler bu şekilde oluşur. Bu kanalizasyon 4-7 gestasyon haftalarında meydana gelir. Sekonder nörilasyondaki bozukluğa bağlı anomaliler olarak diastematomyeli, meningosel, lipomeningosel, tethered kord ve kaudal regresyon sendromu sayılabilir (25, 62).

**A. Diastematomyeli:** Spinal kordun longitudinal olarak iki hemikorda bölünmesidir. Kemik, kartilaj ya da fibröz septum bulunur. MRG incelemesinde, korddan geçen bant görülebilir (62).

**B. Meningosel ve Miyelomeningosel:** Spina bifida, ventral ve dorsal defektler olarak ikiye ayrılır. Dorsal defektler daha sıktır ve açık ve kapalı defektler olarak alt gruplara ayrılır. Ventral defektler nadirdir ve nörenterik kaynaklı bir kist eşlik edebilir. Açık nöral tüp defektleri, cilt ve ciltaltı yumuşak dokuların tam kat defektleridir. Vertebral arklar açıktır ve spinal kanal ile nöral elemanlar açığa çıkmıştır. Defekt ince bir meningeal membran ile çevrili olabilir ve sadece spinal sıvı içerebilir (meningosel). Kese içerisinde nöral doku bulunduğu, lezyon meningomiyelosel olarak adlandırılır. Açık nöral tüp defektlerinin prenatal MRG' sinde cilde uzanan tekal sak görülür. Defekt çevreleyen kese ince olduğunda, US' de MRG' den daha iyi gösterilir (55). Kapalı nöral tüp defektlerinde ciltle kaplı küçük bir defekt vardır. Bu olgularda, spinal kord pozisyonu US' ye göre MRG' de daha iyi görüntülediği için fetal MRG daha yararlıdır. Kapalı spinal disrafizme lipomyelosel, lipomiyelomeningosel, meningosel ve miyelosistosel gibi kitlesel oluşumlar eşlik eder. Kapalı ve açık nöral tüp defektlerinin prenatal olarak ayrımının önemli olmasının sebebi, kapalı defektli bulunan gruplarda uzun dönem fonksiyonel ve nörolojik prognoz daha iyi olmasındandır. Ek olarak ciltle kaplı defektlerde vajinal doğum mümkündür (63). Nöral tüp defektleri en sık lumbosakral bölgeye yerleşir. MRG' de genellikle nöral arkta genişleme ve posteriorda kist benzeri lezyon izlenir. Bu lezyonlar US' de daha iyi gösterilir (60). Bunun nedeni, bir tarafta komşu BOS ve

diğer tarafta amniyotik sıvının volüm ortalamasına bağlı olarak meningesel ya da miyelomeningesel kesesinin ince membranının silinmesidir. Nöral tüp defektlerine eşlik eden kranyal anomaliler, sisterna magna da silinmeyle birlikte Arnold Chiari malformasyonu, frontal kemiklerin anormal konfigürasyonu, lateral ventriküllerin frontal hornlarının angular konfigürasyonu ile birlikte ventrikülomegalidir. Spinal defekt küçük ve aşağı yerleşimli olduğunda, beyin bulguları ilk ipuçları olabilir (25).

**C. Sakral Disgenezi:** Kaudal regresyon sendromu, sirenomeli (vasküler çalma sendromu), kloakal ekstrofi ya da diğer nadir sendromlar ile ilişkili olabilir. Kaudal displazi sekansı olarak da bilinen kaudal regresyon sendromu, pelvik deformite ile ilişkili sakral ve lomber vertebraların komple ya da parsiyel agenezisi ile karakterizedir. Femoral hipoplazi, clubfoot ve alt ekstremitelerde fleksiyon deformiteleri yaygın olarak görülür. Ek olarak kaudal regresyon sendromunda gastrointestinal sistem, genitouriner sistem, kalp anomalileri ve nöral tüp defektleri görülebilir. Olguların büyük bir kısmı sporadiktir. Diyabetik anne çocuklarında yaklaşık %1 oranında meydana gelir. Olguların %14' ü diabetes mellitus ile ilişkilidir (64).

**D. Sakrokoksigeal Teratoma:** Presakral bölgeden köken alan germ hücreli tümördür. Yenidoganlarda en sık görülen tümördür. Tümör tipik olarak ekstrapelviktir ancak intrapelvik uzanımı bulunabilir. Pelvis ve abdomene uzanım derecesine göre sınıflandırılır. Matür tümör ya da malign dejenerasyon riski bulunan immatür tümör olabilir. Kistik ve/veya solid olabilirler. Genelde oldukça vaskülerdir. Bazen, büyük tümör boyutu, hemorajik değişiklikler, intrapelvik ya da intraspinal uzanım ya da komşu kemiklerden gelen gölgeler nedeniyle kesin tanı koymak ve tümörü tariflenmek zorlaşabilir (65). MRG, tümörün intrapelvik uzanımını değerlendirmede US' den daha iyidir. Ek olarak MRG, US' de ortaya konamayan intraspinal uzanımı da gösterebilir. Bu bilgi lezyona uygulanacak olan postnatal cerrahi yöntemi etkileyeceği için önemlidir. Fetal MRG' nin, postpartum cerrahi planlanması, doğumun şekli ve zamanlamasına karar verilmesi için faydalı olduğ u gösterilmiştir (66).

**E. Skolyoz, Spinal Stenoz ve Tethered Kord:** Skolyoz, omurganın laterale anormal kavislenmesidir. Kifo z, omurganın anteroposterior yönde anormal kavis yapmasıdır ve skolyoz ile birlikte olabilir Bu anormal kavislenme, vertebra korpuslarındaki

yapısal anomaliler nedeniyle meydana gelir. Fetusta, en sık nöral tüp defektleriyle birlikte görülür (67). MRG' de skolyoz tanısı, omurganın normal kıvrımlanmasının süregelen bir şekilde bozulmasıyla konur. Takip eden görüntülerin dikkatlice gözlenmesi vücut oryantasyonundaki değişiklikleri ortaya çıkarabilir (ör. fetal gövdede, önemli bir fetal hareket bulunmaksızın, tek bir sekansta sagittalden koronale değişme). Kısıtlı miktarda amniyotik sıvı varlığında tanı dikkatle yapılmalıdır. Tethered kord, nöral tüp defektleri, spinal lipom, skolyoz, spinal stenoz ve kloakal ekstrofi gibi diğer sendromlar ile birlikte izlenebilir (68). Spinal kordun böbreklerin orta kesiminden daha aşağıda görülmesiyle tanıdan şüphelenilir. Erken cerrahi ile güçsüzlük, inkontinans ve ağrı gibi geç morbiditeden kaçınılması için tethered kord tanısı önemlidir (69).

### 2.5.3 Ventral Nöral Tüp Gelişim Bozuklukları

Ventral nöralasyon, 5-10. gestasyon haftalarında embriyonun rostral ucunda oluşan, yüz ve beyin biçimlenmesini meydana getiren, tetikleyici olaylardır. Prosensefalon, telensefalon ve diensefalon, rombensefalon ise metensefalon ve myelensefalonu ayrılır. Bunlardan serebrum, beyin kökü ve serebellum oluşur (25, 56).

**A. Holoprosensefali:** Normal orta hat ayrılmasındaki yetmezlik ve tam olmayan midfasial gelişim ile karakterize pronsefalon malformasyonlarının bir spektrumudur. Fasiyal anomaliler arasında siklopi, hipotelorizm, anoftalmi, arinia, probosiz, yarık damak dudak sayılabilir. Alobar formunda, interhemisferik fissür ve falks serebri tamamen yoktur. Geniş bir monoventrikül ve dorsal kist vardır. Talamuslarda füzyon bulunur. Baş genellikle küçüktür ve sagittal bakıda alın eğimli, orbitalar dışarı çıkık olarak görülür. Semilobar formunda, serebral hemisferler posteriora kısmen ayrılmıştır ancak tek ventriküler kavite vardır. Lobar formunda, iki ayrı hemisfer bulunur ancak singulat girus ve lateral ventriküllerin frontal hornları seviyesinde füzyon vardır. Septum pellucidum yoktur. Lobar holoprosensefali ve septooptik displazi arasında ayırıcı tanı yapmak zor olabilir. Daha nadir formları orta interhemisferik varyant ve vertekste sefaloseldir. Holoprosensefalinin çeşitli tipleri

genellikle US ile tanınır. Sonografik tanı kesin olmadığında ( fetal boyut ya da pozisyon, maternal vücut davranışı, falksın ve diğer orta hat yapılarının görüntülenmesini zorlaştırabilir), fetal MRG yardımcı olabilir. Fetal MRG özellikle holoprosensefalinin, geniş orta hat kistlerinden ayrımında faydalıdır (56).

**B. Kavum Septum Pellucidum Yokluğu ve Septooptik Displazi:** Kavum septum pellucidum yokluğu izole veya diğer anomalilerle birlikte olabilir. Septal yaprakçıkların izole parsiyel yokluğundan tamamen yokluğuna kadar uzanan bir spektrum olasıdır. Septooptik displazide (De-Morsier sendromu) optik trakt hipoplazisi, endokrin ve görme bozuklukları eşlik eder. Prognoz eşlik eden anomalilere bağlıdır. Lateral ventrikül frontal hornları orta hatta birleşmiştir ve kare görünümündedir. Korpus kallozum genellikle mevcuttur. Septooptik displazi ile lobar holoprosensefaliyi ayırmak oldukça güç olmasına rağmen ventriküler kavite içerisinde birleşmiş forniksleri görmek lobar holoprosensefaliyi düşündürür (25).

**C. Dandy-Walker Spektrumu:** Genel olarak sisterna magna çok küçük olduğunda (Chiari II malformasyonu gibi) ya da çok büyük olduğunda (Dandy-Walker spektrumu, serebellar hipogenezisi gibi), US ile posterior fossa ve arka beyin anomalilerinden şüphelenilir. US' de suboksipitobregmatik planda sisterna magna 1 cm ölçüldüğünde geniş sisterna magna tanısı konur. Dandy-Walker spektrumu sıklıkla genişlemiş sisterna magnanın nedenidir. Bu spektrum, Dandy-Walker malformasyonu, Dandy-Walker varyantı, mega sisterna magna, Blake' in poş kisti ve retroserebellar araknoid kisti içerir. Dandy-Walker malformasyonunda, komplet ya da parsiyel serebellar vermis agenezisine bağlı olarak 4. ventrikül ile ilişkili geniş sisterna magna bulunur. Posteriorfossa hacmi 4. ventrikül ve sisterna magnadaki kistik dilatasyon nedeniyle artar, tentoryum, lateral venöz sinüsler ve torkula yukarı doğru yer değiştirir. Vermis kalıntısı genellikle anterosüperiora doğru dönmüştür. Kafatasının oksipital bölgesinde kabarıklık ve eroziv çentiklenme olabilir. Serebellar hemisferlerde hipoplazi ve ileri olgularda lateralde posterior fossanın duvarına doğru sıkışır. Dandy-Walker malformasyonu genellikle kromozomal anomaliler, korpus kallozum hipogenezisi, holoprosensefali, kortikal migrasyon ve organizasyon bozuklukları (Walker-Warburg sendromu) gibi diğer SSS ve sistemik anomalilere

eşlik eder. Dandy-Walker varyantında, serebellar vermian hipogenezisi, 4. ventrikül dilatasyonu, posterior fossa genişlemesi daha az derecelerde görülür. Fetal MRG, midsagittal bakıda 4. ventrikülün sisterna magna ile devamlılığını, inferiyor vermian dokusunun miktarını ve posterior fossa boyutunu göstererek Dandy-Walker varyantı tanısına yardım eder (25, 70).

Bazen Dandy-Walker varyantı ile Blake' in poş kisti veya retroserebellar araknoid kistin ayrımı zor olabilir. Mega sisterna magna, bu spektrumun en hafif formudur. Bazı gözlemciler tarafından normal varyant olarak değerlendirilir. Aynı bir 4. ventrikülle birlikte vermian tamamen formedir. Ancak geniş bir sisterna magna ve geniş bir posterior fossa vardır. Blake' in poş kisti, belirginleşmiş sisterna magna ile devamlılık gösteren 4. ventrikül ve inferiyor vermian hafif hipoplazi ile karakterizedir. Retroserebellar araknoid kist, tamamen forme vermian, aynı bir 4. ventrikül ve ikisinin birden biçimini bozan geniş bir kist ile ilişkilidir. Hidrosefali siktir. Dandy-Walker malformasyonu, Dandy-Walker varyantı, mega sisterna magna ve Blake' in poş kisti ile karşılaştırıldığında retroserebellar araknoid kistin diğer SSS veya sistemik anomalilerle birlikte bulunması daha az olasıdır (25).

**D. Serebellar Hipogenezisi:** Serebellar aplazi, bir veya iki serebellar hemisfer oluşmadığında meydana gelir. Serebellar hipoplazide, serebellum tamamen şekillenmiştir ancak normalden küçüktür ya da serebellar hipogenezisi eşlik etse de etmese de vermian hipogenezisi mevcuttur. Serebellar hipogenezisi, fetal ventrikülomegalinin sık bulgularından biri olduğu için her zaman serebellum çapının ölçülmesi oldukça önemlidir. Bu ölçüm serebellar hemisferlerin en geniş yerinden ya koronal ya da aksiyel planda transvers olarak yapılır. Bu sınıfta Joubert sendromu, pontoserebellar hipoplazi ve sitomegalovirus enfeksiyonu sayılabilir. Serebellar displazide, serebellar folyolarda anomali vardır. Rombensefalosinapsis ve Lhermitte-Duclos bu gruba örnek verilebilir (71, 72).



#### **2.5.4. Nöral, Glial ve Mezenkimal Proliferasyon, Diferensiyasyon ve Histogenezis Bozuklukları**

Bu bozukluklar 2-5. veya daha ileri gestasyonel haftalarda meydana gelir, mikrosefali, megalensefali, nörokutanöz hastalıklar, konjenital tümörler, vasküler malformasyonlar, akuadukt stenozu ve poreensefali ile hidranensefalinin bazı formlarını içerir (25).

**A. Mikrosefali:** Mikrosefali formasyon yetersizliğinden veya in-utero yaygın nekroz nedeniyle meydana gelir. Çevresel (enfeksiyon, anoksi ya da radyasyon) ya da genetik nedenlere bağlıdır. US' de kafa çapı, ortalamanın 2-3 standart sapma altındadır. Beyin gözle görülür bir şekilde küçüktür ve alın eğimlidir. Serebral hemisferler diğer yapılara göre daha büyük çapta etkilenmiştir. Anormal gyral örnekleme, poreensefali ve holoprosensefali sıklıkla mikrosefaliye eşlik eder (25).

**B. Hemimegalensefali:** Bir lobun ya da bir hemisferin tümünün fazla büyümesidir. Hemigigantizm ile ilişkilidir. Kalınlaşmış korteks ve disorganize kortikal tabakalar ile karakterize gyral patern anomalileri sıklıkla görülür. Görüntüleme bulguları; kitle etkisi olmadan serebral hemisferlerden birisinin genişlemesi ve ipsilateral ventrikülomegalidir. Fetal MRG' nin tanıya yardımcı olduğu gösterilmiştir (73).

**C. Hidranensefali:** Beynin temel yapıları belirdikten sonraki bir zamanda internal karotis arterlerin sulama alanındaki iskemik bir olay nedeniyle meydana gelir. Serebral hemisferlerin büyük bir kısmı yerini sıvı dolu kavitelere bırakır. İntakt bir falksın varlığı hidranensefaliyi alobar holoprosensefaliden ayırır. Gestasyonun erken dönemlerinde oluştuğunda ve daha fazla arter tutulduğunda, doku kaybı oldukça geniş olabilir (25).

**D. Nörokutanöz Hastalıklar:** İn utero en sık tanımlanan nörokutanöz hastalık tuberosklerozdur. Tuberoskleroz kompleksi (TSK), anjiomyolipom, kardiyak rabdomyom, epilepsi ve mental retardasyonla karakterize otozomal dominant, multisistem bir hastalıktır. TSK' da beyin lezyonları subependimal nodüller ve

kortikal tuberlerdir. MRG ile 21. gestasyon haftasında subependimal nodüller, lateral ventriküllerin yüksek intensiteli BOS' una doğru çıkıntı yapan fokal T2 hipointesiteler olarak görülebilir (74).

**E. Konjenital Tümörler:** Doğumsal beyin tümörleri nadirdir. Olguların büyük çoğunluğunda teratom görülür. Fetal MRG, kitlenin yapısı, lokalizasyonu ve uzanımını tanımlamaya yardım eder (75).

**F. Konjenital Vasküler Malformasyonlar:** Galen ven malformasyonu prenatal olarak tanı konulan en sık serebrovasküler malformasyondur. Arteriyel besleyicileri Willis poligonundan ve vertebrobaziler arteriyel sistemden köken alır ve Galen veni ile anastomoz yapar, Galen veni anevrizmal olarak genişler. Fetus ve yenidoğanda iki tip Galen ven malformasyonu görülür. Koroidal tipinde, Galen veninde dilatasyonla birlikte multipl arteriovenöz fistül bulunur. Sıklıkla kardiyomegali ve yüksek çıkışlı konjestif kalp yetmezliği eşlik eder. Serebral iskemik değişiklikler çalma etkisine bağlı olabilir. Mural tipinde, çıkan venlerde obstrüksiyon nedeniyle daha az arteriovenöz şant vardır. Genellikle hidrosefali izlenir. Bunlar nadiren hemorajiktir. T2 ağırlıklı görüntüleme, Galen ven ve düz sinüs lokalizasyonunda orta hatta geniş sinyalsiz vasküler alanlar görülür. Fetal MRG malformasyon tiplerinin ayırt edilmesine yardımcı olabilir. Daha az sıklıkla görülen bir diğer vasküler malformasyon ise nongalenik dural arteriovenöz malformasyondur. Burada vasküler malformasyon orta hattın dışında ve genellikle ekstraaksiyel yerleşimlidir. Genellikle asemptomatik olan küçük venöz malformasyonlarda fetal MRG ile tespit edilebilir (57).

**G. Aquadukt Stenozi:** Aquadukt stenozi, örneğin X-linked hidrosefalide olduğu gibi herediter de olabilir. İkinci trimesterin erken dönemlerinde sadece hafif bir ventrikülomegali görülebilir. Normal 4. ventrikül ile birlikte 3. ve lateral ventriküllerdeki karakteristik genişleme üçüncü trimestera kadar izlenmeyebilir. Aquaduktus stenozuna diğer anomaliler (korpus kallozum hipogenezisi, Dandy-Walker malformasyonu) ile ilişkili ya da edinsel (hemoraji ya da enfeksiyonu takiben) olabilir (76).

**H. Araknoid ve Nöroepitelyal Kistler:** Araknoid kistler benign BOS koleksiyonu olup araknoid membran tabaklarından gelişir. Genellikle serbest olarak subaraknoid boşluğa ya da ventriküle açılmazlar. Kistler iyi sınırlı, düz bir duvarı bulunan, hemen her zaman unilokülerdir. MRG’ de kistler BOS’ a benzer sıvı intensitesindedir. Komşu beyin parankimi deforme olabilir (ör: kitle etkisine bağlı bası), ancak genellikle morfolojik olarak normaldir. Fetal MRG tanıyı doğrulamaya yardımcı olur ve anatomik detayı betimler (52). Fetal beyin geliştikçe, kistler aynı boyutlarda kalabilir ya da boyutları, uzanımı ve komşu beyindeki deforme azalabilir. İnterhemisferik araknoid kistler kallozal disgenezi ile ilişkilidir. Posterior fossa araknoid kistleri, Dandy-Walker spektrumundaki herhangi bir kist benzeri anomali ile karışabilir. Eğer posterior fossa lezyonu, çevre dokularda kitle etkisine yol açıyorsa ve hidrosefali eşlik ediyorsa büyük olasılıkla araknoid kisttir. Bazı Dandy-Walker varyantlı olgularda ve megasisterna magnada, hidrosefali eşlik etmiyorsa araknoid kistten ayırımı zor olabilir (25, 77).

Nöroepitelyal kistler, koroid, pineal ve kolloid kistleridir. Koroid pleksus kistleri fetus ve yenidoğanda en sık görülen nöroepitelyal kistlerdir. İkinci trimesterdeki fetuslarda US’ de sık bir bulgudur, normal gebeliklerin yaklaşık %1’ inde izlenir. Sıklıkla trizomi 18 ile ilişkilidir. Bazen büyük kistler ventriküler dilatasyona neden olabilir. Küçük koroid pleksus kistlerinin çoğu, ventriküler BOS ile izointens oldukları için MRG ile görüntülenemez. Büyük kistler çevreleyen koroid pleksustan hafif yüksek intensitede görülebilir (77).

### **2.5.5. Migrasyon ve Kortikal Organizasyon Bozuklukları**

Nöronal ve glial kök hücrelerin periventriküler germinal matriksteki köken aldıkları bölgeden beynin kortikal ve subkortikal alanlarına migrasyonu gestasyonun 3-5. aylarında meydana gelir. Migrasyon bozuklukları içerisinde şizensefali, lizensefali, pakigiri, polimikrogiri, heterotopi ve korpus kallozum hipogenezisi bulunmaktadır. Genetik, metabolik, enfeksiyöz veya iskemik olaylara bağlı olarak gelişebilirler. Postnatal klinik olarak gelişme geriliği, hipotoni ve nöbet görülür (57).

**A. Lizenfali (Agiri-Pakigiri):** Sulkasyon ve giyrasyonun yokluğunu ya da zayıf olduğunu tanımlar. Lizenfali tip I' de (klasik lizenfali), geniş düz giyruslar ve birkaç adet sığ sulkus ile kalınlaşmış korteks, azalmış beyaz cevher, derin olmayan vertikal silvian fissür vardır. Ağır olgularda, korpus kallozum hipogenetiktir. İzole ya da bir sendrom ile birlikte olabilir (Miller-Dieker sendromu). Baş çevresi prenatal olarak normal ya da küçük olabilir ancak progresif mikrosefali postnatal ilk birkaç yıl içerisinde görülür. Hastalar genellikle doğumda hipotoniktir ama progresif spastisite gelişir. Nöbetler sıktır. Tip II lizenfali (kaldırım taşı lizenfali), kalınlaşmış ve ciddi bir şekilde katmanlaşması olmayan, dizorganize bir korteks vardır. Meninksler kalınlaşmıştır ve geçilemeyecek şekilde kortekse yapışmıştır, subaraknoid boşluk oblitere edilmiştir bu nedenle hidrosefaliye neden olur (ör. Walker-Warburg sendromu). Subkortikal heterotipi gelişebilir. Mikroftalmi, kallozal hipogenezi, serebellar kortikal displazi ve serebellar vermis hipoplazisi eşlik edebilir. Bu hastalarda musküler distrofi, konjenital göz malformasyonları ya da posterior sefalosel izlenebilir (78-80). Fetal MRG bu olgularda karakteristik bulguları gösterebilir (81).

**B. Polimikrogiri:** Kortikal giyruslarda çok sayıda küçük katlantılar bulunduğu meydana gelir. Polimikrogirinin birçok tipi muhtemelen iskemik zedelenme sonucu oluşur. Katmanlaşmamış polimikrogiri erken ikinci trimesterdeki zedelenmeye bağlı, katmanlaşmış polimikrogiri ikinci trimester ortasından sonuna kadar ki bir zamanda meydana gelen zedelenmeye bağlı olarak gelişir. Daha spesifik etiyojiler arasında sitomegalovirus, toksoplazma, sifiliz ve maternal şok sayılabilir. MRG' de polimikrogiride, hafif olarak kalınlaşmış ve düzensiz bir korteks ve sığ sulkuslar görülür (82).

**C. Şizensefali:** Serebral hemisferlerde bir veya daha fazla polimikrogiri ile kaplanmış bir yarıktır. Etiyoloji ve klinik bulguları polimikrogiriye benzer. Şizensefali fetal MRG' de BOS dolu, korteksten lateral ventrikül duvarına doğru uzanan, çevresi gri cevherle kaplı bir yarık olarak izlenir (83, 84). Ventrikülomegali, polimikrogiri, heterotopi, kallozal hipogenezi, septum pellucidum yokluğu gibi anomaliler eşlik edebilir (85).

**D. Nöronal Heterotopi:** Migrasyonun bloke olması sonucu gri cevherin anormal lokalizasyonda bulunmasıdır. Genetik, vasküler ya da çevresel faktörlere bağlı olabilir (ör. Trizomi 13, fetal alkol sendromu). Heterotopiler fokal ya da laminar olabilir. Subependimal, subkortikal ya da kortikal bölgelerde yerleşebilir. Subependimal heterotopisi bulunan hastalar hayatın ikinci dekadında nöbet geçirmeye eğilimlidirler. Fokal kortikal heterotopisi bulunan hastalarda belirtiler, lezyonların yeri ve sayısı ile bağlantılıdır. Laminar ya da bant heterotopisi bulunan hastalarda genellikle gelişme geriliği ve erken başlayan nöbetler bulunur (86). Fetal MRG bu lezyonları, ventriküler duvara projekte olan gri cevher intensitesinde nodüller olarak saptar ve tüberöz skleröz kompleksindeki subependimal tuberlerden (T2 ağırlıklı görüntülemelerde daha düşük sinyal intensitesindedir) ayırıcı tanısını yapar. Yine de bazı olgularda ayırım zor olabilir (9).

**E. Korpus Kallozum Hipogenezisi:** Komplet (ör: agenezi) ya da parsiyel olabilir. Muhtemelen gestasyonun 12. haftasından sonra meydana gelen vasküler ya da enflamatuvar zedelenmeye bağlı gelişir. Sıklıkla diğer malformasyonlar, kromozom anomalileri ve genetik sendromlar ile birlikte bulunur. Korpus kallozum hipogenezisinde, interhemisferik serebral aksonal lifler orta hattın karşısına geçemezler. Rezidü komissural lifler probst demeti olarak longitudinal olarak uzanırlar ve lateral ventriküllerin süperomediyal kesiminde yerleşirler, frontal hornlara protrude olabilirler. Kolposefali sık olarak görülür ve 3. ventrikül superiyora yer değiştirir. Korpus kallozum hipogenezisi, normalden şiddetli bilişsel bozukluğa kadar uzanan geniş bir fonksiyonel spektrum gösterir. Bu bozukluk çoğunlukla ek beyin anomalileriyle ilişkilidir (87, 88). Korpus kallozum hipogenezisinin prenatal US ile tanısı genellikle problemlidir. MRG bulguları, kolposefali, ventrikülomegali, frontal hornların paralel yönlenmesi, geniş interhemisferik fissür, septum pellucidum yokluğu, 3. ventrikülün yukarı yerleşimi, serebellar hipoplazi, baş çevresinin küçük olması olarak sayılabilir. Korpus kallozum tam agenezisinde singulat sulkus yoktur. Dandy-Walker malformasyonu ve nöral tüp defektleri (ör. Chiari tip II) de sıklıkla eşlik eder. Gelişimsel bir malformasyon olan komplet korpus kallozum agenezisinin aksine parsiyel korpus kallozum hipogenezisi, inkomplet formasyona ya da

postformasyonel ensefaloklastik olaylara bağlı olabilir. İncelmiş bir korpus kallozum tam olarak gösterilemeyeceği için belirgin ventrikülomegali bulunan olgularda, korpus kallozum hipogenezisi tanısı koymak zor olabilir. Bu olgularda lateral ventrikül kenarlarının normal olması, korpus kallozumun incelmiş olmasına rağmen varlığına işaret eder. Normal ayrılmış frontal hornları olan şiddetli kolposefali izlenmesi ise korpus kallozumun parsiyel hipogenezisini akla getirir. Fetal MRG, perikallosal lipom, anormal giyrasyon (ör. stenogiri) ve nöronal heterotopi gibi ek anomalileri de tanımlar (88, 89).

### **2.5.6. Gelişmekte Olan SSS' nin Ensefaloklastik Anomalileri**

Bu kategorideki anomaliler formasyonel kategoridekiler ile üst üste gelebilir. Enfarkt, hemoraji, hidranensefali, porencefali, multikistik ensefalopati, ensefalomalazi, lökomalazi, hemiatrofi ve hidrosefali (ör: aquadukt stenozuna sekonder) bu grupta sayılır (25).

**A. Enfarkt:** MRG, fetal inmeyi değerlendirmek için tercih edilen bir yöntemdir (90).

**B. Hemoraji:** İntrakranyal hemoraji (ekstraaksiyel, intraventriküler ya da parenkimal), altta yatan vasküler malformasyon, koagulopati, travma ya da hipoksik iskemik zedelenmeye bağlı olarak gelişebilir. İncelemenin yapıldığı zamana bağlı olarak hemoraji, sekonder bulguları olan ventrikülomegali, kist, kavite, porencefali ya da atrofi dışında, görüntülenemeyebilir. Fetal MRG, T1 ve T2 ağırlıklı sekanslar ile kan ürünlerini göstermede (91) ve kanama yaşını belirlemede faydalıdır. Fetal MRG, ekstraaksiyel yerleşimli hematomların saptanmasına da yardım eder (92).

**C. Porencefali ve Ensefalomalazi:** Enfeksiyon, travma, hemoraji ya da enfakta sekonder nekroz sonucu gelişirler. Fetal MRG bu lezyonları çok iyi bir şekilde tanımlar. İkinci ya da üçüncü trimesterde monokoryonik ikizlerden birisinin ölmesi, canlı kalan diğer ikizde porencefali ya da multikistik ensefalomalazi gelişmesine sebep olur. Henüz tanıdaki rolü aydınlatılmamasına rağmen, fetal MRG daha erken tanı konulmasına imkan verebilir (55, 93). Lezyonlar, günümüzdeki görüntüleme

yöntemleriyle saptanamayacak kadar küçük olabilirler. Zedelenme tanımlandığı zaman, girişimsel yöntemler (ör. yaşayan ikiz eşinin erken doğumu) prognozu iyileştirmez. Ancak ciddi beyin hasarının tanınması, doğumun planlanması için fikir vermesi açısından önemlidir (55).

### **2.5.7. Kombine Malformatif ve Ensefaloklastik Anomaliler**

Konjenital enfeksiyonlar (ör. sitomegalovirus) mikrosefali, migrasyonal bozukluklar, ventrikülomegali ve mineralizasyona yol açabilir. Periventriküler kalsifikasyonlar US'de görüntülenebilir ancak MRG'de görülemeyebilir (94). Fetal MRG hem atrofiyi hem de polimikrogiriyi gösterir (95).

### 3.GEREÇ-YÖNTEM

Şubat 2008 ile Mart 2012 tarihleri arasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Radyoloji Ana Bilim Dalı Ultrasonografi Ünitesi' ne anomali taraması için gönderilen ve obstetrik US tetkikinde santral sinir sistemi anomali saptanan 48 gebeye US incelemesinden sonraki iki gün içerisinde obstetrik MRG tetkiki yapıldı. Bu çalışmada amacımız obstetrik US' de SSS anomali olduğu düşünülen veya şüphelenilen gebeliklerde tanı, ayırıcı tanı ve gebeliğin yönlendirilmesinde noninvaziv ileri teknik bir görüntüleme yöntemi olan fetal MRG' nin retrospektif olarak etkinliğini araştırmak ve US bulguları ile karşılaştırmaktır.

Çalışmaya dahil edilen gebelerin yaşları 16 ile 44 aralığında idi. Gestasyonel yaş aralığı ise 12 hafta 3 gün ile 36 hafta 3 gün aralığında (ortalama 22.4 hafta  $\pm$ 5.3) idi. Gestasyonel yaş tayini, son adet tarihine göre belirlenmiş olup yeterli anamnez alınamayan 10 olguda gestasyonel yaş FL' ye göre belirlendi. Kapalı yer korkusu olan, gebeliği 12 haftanın altında olan ve MRG' nin kontrendike olduğu olgular çalışma dışı bırakıldı.

Çalışmamız Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komitesi tarafından 19.03.2012 tarihinde B.30.2.GOÜ.0.01.00.00/103 numaralı kararı ile onaylandı. Olgular tetkik öncesi kendilerine yapılacak tetkikler hakkında bilgilendirildi ve onam alındı.

Ultrasonografik incelemeler için Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Ana Bilim Dalı Ultrasonografi Ünitesi' nde bulunan cihazlar kullanıldı (Logic 7, GE Medical Systems, Milwaukee-USA 4 MHz konveks prob ve Siemens, Acuson Antares Medical Solutions, USA 4 MHz konveks prob). Tüm US incelemeleri supin pozisyonda 4 MHz transduser ile transabdominal olarak yapıldı.

Obstetrik MRG işlemi sırasında sedasyon ve kontrast madde kullanılmadı. Tüm obstetrik MRG tetkikleri US bulguları bilinerek yapıldı. MRG incelemeleri 1.5 T magnet gücünde MRG cihazı (Signa Excite HDX12.0 M5B software, GE Healthcare Milwaukee, WI, USA, 2005) ile ve 8 kanallı vücut koilleri kullanılarak



gerçekleştirildi. Görüntüleme alanı (FOV) fetüs ve anne boyutuna uygun olarak ayarlandı.

Öncelikle anatomiye yönelik olarak aksiyal, koronal, sagittal 2D FIESTA FATSAT (kesit kalınlığı 5 mm, kesit aralığı 1.5 mm, matrix:256x288, NEX:1, FA 70, TE:1,8 (minimum), daha sonra şüphelenilen yada anomali düşünülen yerlere yönelik T2 SSFSE sekansı (kesit kalınlığı 5 mm, kesit aralığı 0 mm, matrix 288x224, NEX :1, TR: minimum, TE: 85) alındı.

Tüm gebeler olgular konusunda deneyimli bir radyoloji uzmanı ve bir araştırma görevlisi tarafından incelendi.

#### 4. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 48 hastanın tümüne US ve MRG tetkiki yapıldı. Gestasyon haftalarının dağılımı ve bulgular tabloda özetlendi. Çalışmada en sık görülen SSS anomali bulgusu meningomiyelosele olup 32 fetüste saptandı. Diğerleri ise sıklık sırasına göre 30 fetüste ventriküler sistem anomalileri ve 29 fetüste posterior fossa anomali idi. En sık tanı konulan anomali 23 olgu ile Chiari II malformasyonu idi. İkinci en sık görülen tanı ise 5 olgu ile akrani idi. İki olguya alobar, bir olguya semilobar olmak üzere toplam üç olguya da holoprozensefali tanısı konuldu. Toplam 13 olguda SSS anomali dışında ek anomali saptandı. Diğer bulgular ve tanılar tablo 5' te özetlenerek verildi.

Çalışmamızda US ve MRG yöntemlerinden her ikisinde aynı bulgu ve tanıyı verdiği gebe sayısı 18 (%37.5) idi. Oniki olguda US' de şüpheli olan meningomiyelosele kesesindeki nöral elemanlar, MRG' de daha iyi gösterildi. Dokuz olguda ise US' de tanımlanan meningomiyelosele kesesi lokasyonu, MRG ile değişti. Dört olguda US' de saptanamayan meningomiyelosele, MRG' de tespit edildi. Bir olguda MRG' de ek olarak cilt ödemi, bir olguda oksipital kemik defekti, bir olguda lomber kifoz, bir olguda skolyoz, bir olguda mikrognati, bir olguda 4. ventrikül obliterasyonu saptandı. Bir olguda US' de şüpheli parsiyel korpus kollozum agenezisi tanısı, MRG ile doğrulandı, bir olguda ise MRG ile dışlandı. Bir olguda US' de saptanan akrani' ye ek olarak MRG' de karaciğer, mide ve ince barsakların ventral herniyasyonu ve plevral efüzyon saptandı. Toplam 15 olguda MRG' de ek bulgular tespit edildi. Dört olguda MRG' den sonra tanı değişikliği oldu.

Sonografik olarak bilateral milimetrik boyutlu koroid pleksus kisti saptanan bir olguda, bu bulgu MRG ile saptanamadı. Bir olguda ise US' de meningomiyelosele lumbosakral bölgede olduğu belirtilirken MRG' de torakolomber meningomyelosele tanısı konuldu. Bu hastanın patoloji sonucu lumbosakral meningomyelosele olarak raporlandı. Aynı hastada Chiari II tanısı koymamıza rağmen patoloji sonucunda bu tanı belirtilmedi (22. Olgu). Bu iki olguda US, MRG' ye üstünlük sağladı.

Çalışmamızda bir olguda Galen veni anevrizması, bir olguda ise sol frontal lobda AVM tespit edildi. Her iki serebral vasküler patolojide de hem US, hemde MRG ile tanıya ulaşıldı.

Oniki olgu abortus sonrası patoloji ile veya postpartum görüntüleme ile kesin tanı aldı. Oniki olgunun tamamı, fetal MRG tanısını doğruladı. Ancak bir olguda meningomiyelosele lokalizasyonunu belirlemede US, MRG'ye üstünlük sağladı.

**Tablo 5.** Prenatal US, MRG bulguları tanı ve takip sonuçları

		Yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomali	KKA	Posterior fossa gelişim anomali	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
1**	AD	27	22 h 2 g	-	-	protrüde nöral elemanlar, MM lokalizasyonu değişti	-	-	-	-	okspitoservikal bileşkede MM	MM	doğum tanı MRG ile aynı
2	AD	33	24h	-	tek arter - ven, 'lemon sign'	MM kesesindeki nöral elemanlar gösterildi, lokalizasyon değişti	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM
3*	BÖ	29	23 h 3 g	Anensefali	'lemon sign'	protrüde nöral elemanlar, MM lokalizasyonu değişti, başta belirgin retrofleksiyon, 4. ventr. ve sisterna magna oblitere. <b>Tanı değişti</b>	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	totakolomber MM	iniensefali	DM
4	CY	17	SAT? FL;23 h 3g	-	'lemon sign'	protrüde nöral elemanlar	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lomber MM	Chiari II	DM
5**	CS	27	19 h 6 g	-	Bochdalek hernisi, pulmoner hipoplazi, bilateral pes ekinovarus, sol el parmaklarında sıkılmış yumruk görünümü	Koroid pleksus kistleri US' de saptanıp MRG' de saptanamadı.	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	-	-	-	bilateral koroid pleksus kisti ve ek anomaliler	amniosentez trizomi 18, patoloji; aort dekstrapozisyonu, Bochdalek hernisi, bilateral pes ekinovarus, bilateral el parmaklarında radial deviasyon

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
6	ÇÖ	44	SAT? FL;19h	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lomber MM ve torakolomber skolyoz	Chiari II	DM
7	ÇG	33	22h 6 g	-	'lemon sign'	şüpheli olan MM doğrulandı, lokalizasyonu değişti	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM
8	EK	24	25h2g	-	-	şüpheli olan MM doğrulandı, lokalizasyonu değişti	-	-	-	-	sakrokoksigeal teratom, sakral MM	Sakrokoksigeal teratom, sakral MM	DM
9	EK	40	25h 3g	-	'lemon sign'	protrüde nöral elemanlar	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	totakolomber MM	Chiari II	DM
10	EŞ	23	20h 2g	-	-	-	-	-	-	-	-	Anensefali	DM
11	FA	21	15h 6 g	-	-	torakolomber MM	-	-	-	-	torakolomber füzyon defekti ve torakolomber MM	Akrani ve torakolomber MM	DM
12	FÇ	31	24h 5g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
13	FK	22	SAT? FL;19 h	-	hipotelörizm füzyone talamuslar	sakrokoksigeal MM	monoventrikül	agenezi	hipoplazik serebellum	-	sakrokoksigeal MM	Semilobar holoprozansefali	DM
14 **	FS	23	16h 1g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lomber MM	Chiari II	Patoloji: Chiari II
15 **	FŞ	22	22h	-	poihidroamnios, cilt altı ödemli, 'lemon sign'	cilt altı ödemi	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik serebellum, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	Torakolomber skolyoz ve torakolomber MM	Chiari II	DM patoloji: lumbosakral MM (US ile aynı)
16	GÇ	24	19 h	-	pilor stenozu	torakolomber MM, servikotorakolomber skolyoz	-	-	-	-	torakolomber MM, servikotorakolomber skolyoz	Akrani	DM
17	GI	27	22h 3g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lomber MM	Chiari II	DM
18	HK	19	24h 2g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
19	HB	19	21h 5g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolomber MM	Chiari II	DM
20*	MB	26	25h 3g	-	abdominal herniasyon, bilateral pes ekinovarus ve polikistik böbrek, kistik higroma, 'lemon sign'	oksipital kemik defekt, <b>tanı değişti</b>	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolomber MM, servikal kifoz Oksipital meningesel	Chiari III	DM
21	MK	19	19h	-	-	US de kifoskolyoz, MRG da skolyoz	-	-	-	-	-	Akrani	DM
22	MK	40	19h 2 g	-	bilateral pes ekinovarus, tek arter ven, füzyone talamuslar	lumbosakral MM, US'de lomber füzyon defekti	monovertrikül	-	hipoplazik posterior fossa	-	lumbosakral MM,	Alobar holoprozansefali	DM
23**	MI	29	23h 2g	-	-	MM kesesinde nöral elemanlar daha iyi seçildi	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM,	Chiari II	doğum, MRG ile aynı

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
24 **	MS	19	16h3g	-	'lemon sign'	4. ventrikül obliterasyonu	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	-	-	-	Aquaduktus stenozu	Postpartum BT, postpartum şant, 1 ay sonra ex
25	NU	28	SAT? FL;20h 3 g	-	fasyal kemiklerde deformite, hipotelörizm, frontoetmoidal meningoel, füzyone talamuslar	-	monovertrikül	agenezi	serebellar hemisferler hipoplazik	-	-	Alobar holoprozan-sefali	DM
26 **	NŞ	34	25h 1g	-	-	MM lokasyonu değişti	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolumbosakral MM	Chiari II	postpartum BT obstetrik MRG ile uyumlu 40. günde sepsis ve ex
27	ND	34	27h 3g	-	bilateral pes ekinovarus, yarık dudak damak, sol el bileğinde dorsal fleksiyon kontraktürü	-	-	-	-	-	oksipital meningoense-falozel	Oksipital meningoense falozel	DM
28	NA	31	18 h 2g	-	-	lomber kifoz	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolomber MM lomber kifoz	Chiari II	DM



		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomali	KKA	Posterior fossa gelişim anomali	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
29	PG	29	15h 3g	-	-	servikotorakal MM	-	-	-	-	-	Akrani	DM
30	PA	22	SAT? FL;12h 3 g	-	-	-	-	-	-	-	-	Akrani	DM
31	PD	19	29h 4g	-	karaciğer, mide ve ince barsaklarda ventral herniasyon plevral efüzyon	karaciğer, mide ve ince barsaklarda ventral herniasyon plevral efüzyon	-	-	-	-	kifoskolyoz	Akrani	DM
32	SB	27	15h 6g	-	-	MRG; lumbosakral MM US; lomber füzyon defekti	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM
33 *	SY	35	20h 4g	-	'lemon sign'	lumbosakral MM, US de şüpheli KK agenezisi dışlandı, <b>Tanı değişti</b>	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
34	SE	24	26h 5g	-	'lemon sign'	şüpheli parsiyel korpus kallozum agenezisi teyid edildi	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	Parsiyel KKA	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	okspitoservikal bileşke de ensefalosel	Chiari III	patoloji: Chiari III
35	SA	19	31h 6g	-	'lemon sign' Bochdalek hernisi	skolyoz	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolomber MM, skolyoz	Chiari II	DM
36	SK	35	20h 6g	-	'lemon sign'	-	-	-	-	-	okspital ensefalosel	izole ensefalosel	postpartum opere, MRG ile uyumlu
37	SA	36	SAT? FL;30h	-	sol 4 ve 5. parmaklarda sindaktili, posterior üretral valv	mikrognati	-	-	-	-	-	supraserebellar siternde araknoid kist	DM, doğumdan 5 saat sonra ex
38	SK	16	36 h 3g	-	-	-	-	-	-	-	-	MCA ile yüzeyel kortikal venler arasında AVM	DM

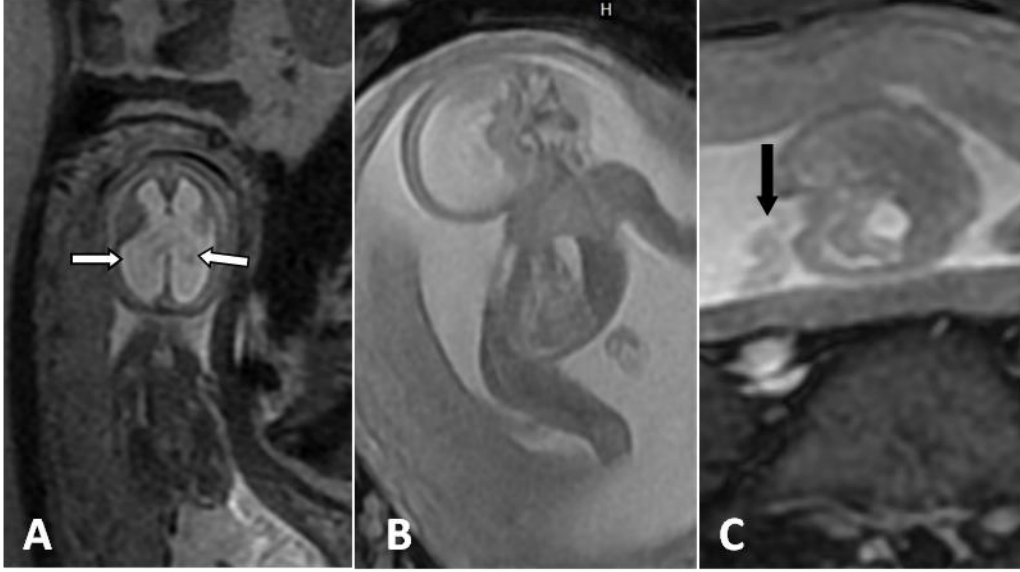
		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomali	KKA	Posterior fossa gelişim anomali	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
39	SU	31	SAT? FL;33h 4 g	-	-	-	-	-	-	-	-	Galen veni anevrizması	DM
40	ŞS	35	SAT? FL;17h 1g	-	sağ pes ekinovarus	-	-	-	-	-	-	Oksipital ensefalosel torakal, lomber ve sakral MM	DM
41	TA	19	18h 1g	-	-	-	-	-	-	-	-	bilateral koroid pleksus kisti, servikotorakal kistik higroma	DM
42 **	TC	19	21h 6g	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM Doğum, MRG ile aynı
43 *	VE	18	SAT? FL;19h	-	'lemon sign'	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye, MM şüphesi doğrulanmış, <b>tanı değişti</b>	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM

		yaş	Gebelik yaşı	A.G. Öyküsü	Eşlik eden ek anomali ve bulgular	US de saptanamayan, MRG de saptanan anomali	Ventriküler sistem anomalisi	KKA	Posterior fossa gelişim anomalisi	KGA	Spinal anomali varlığı	Tanı	Takip
44	YÇ	20	SAT? FL;17h 4g	-	'lemon sign'	MM lokalizasyonu değişti, nöral elemanlar daha iyi gösterildi	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	torakolomber MM	Chiari II	DM
45 **	ZD	37	SAT? FL;21h 3g	-	'lemon sign'	MM lokalizasyonu değişti	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	Doğum, MRG ile aynı
46	ŞE	42	SAT? FL;29h 5g	-		-		-		-	izole anterior sakral meningesel	izole anterior sakral meningesel	DM
47 **	ŞY	29	SAT? FL;19h 5g	-	'lemon sign'	MM kesesindeki nöral elemanlar görüldü	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna magna	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lomber MM	Chiari II	DM patoloji+, MRG ile aynı
48	ZÖ	22	16h	-	'lemon sign'	-	lateral ve 3. ventrikül dilatasyonu, oblitere 4. ventrikül ve sisterna manga	-	hipoplazik posterior fossa, serebellar tonsiller spinal kanala herniye	-	lumbosakral MM	Chiari II	DM

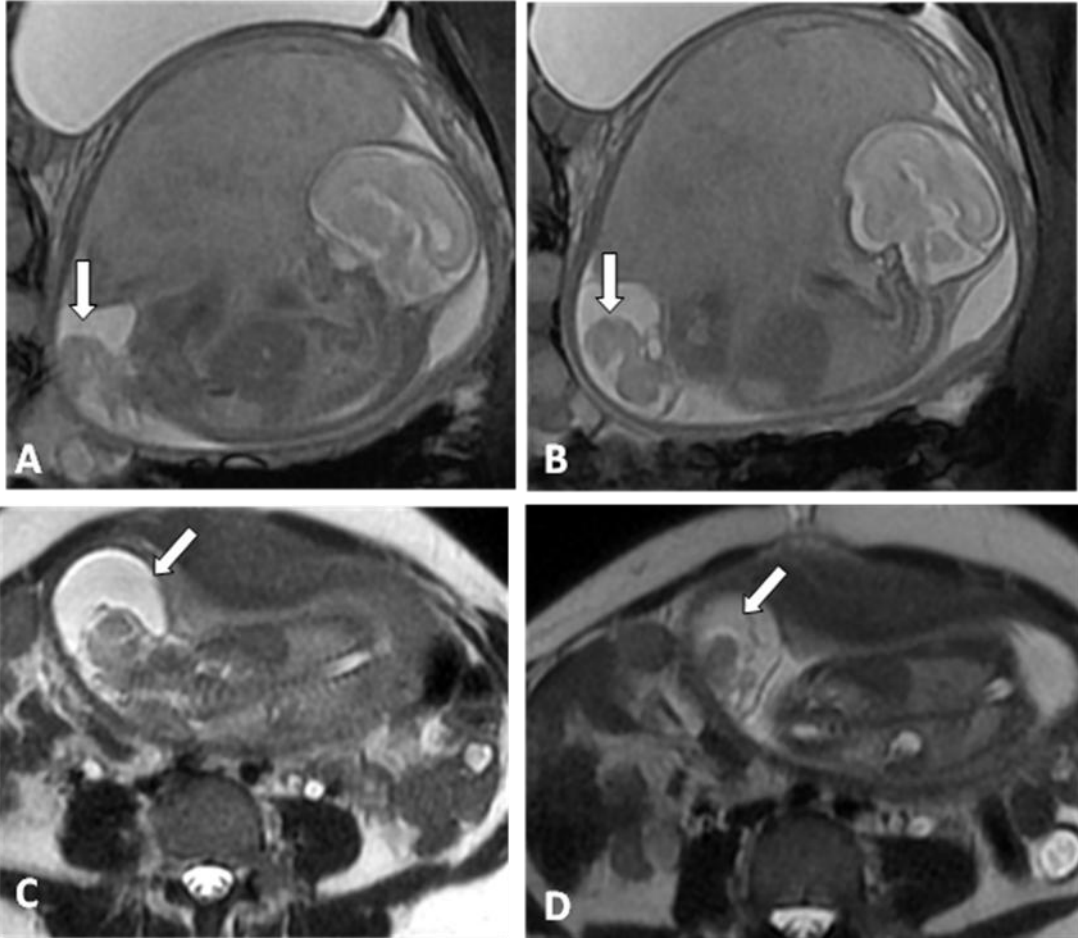
MM= Meningomyelosel, KKA=Korpus kallozum agenezisi, KGA=Kortikal gelişim anomalsi, A.G=Anomalili gebelik, DM=Dış merkez,

\*=MRG ile tanısı değişen olgular, \*\*= Patoloji veya postpartum görüntüleme ile kesin tanı alan olgular

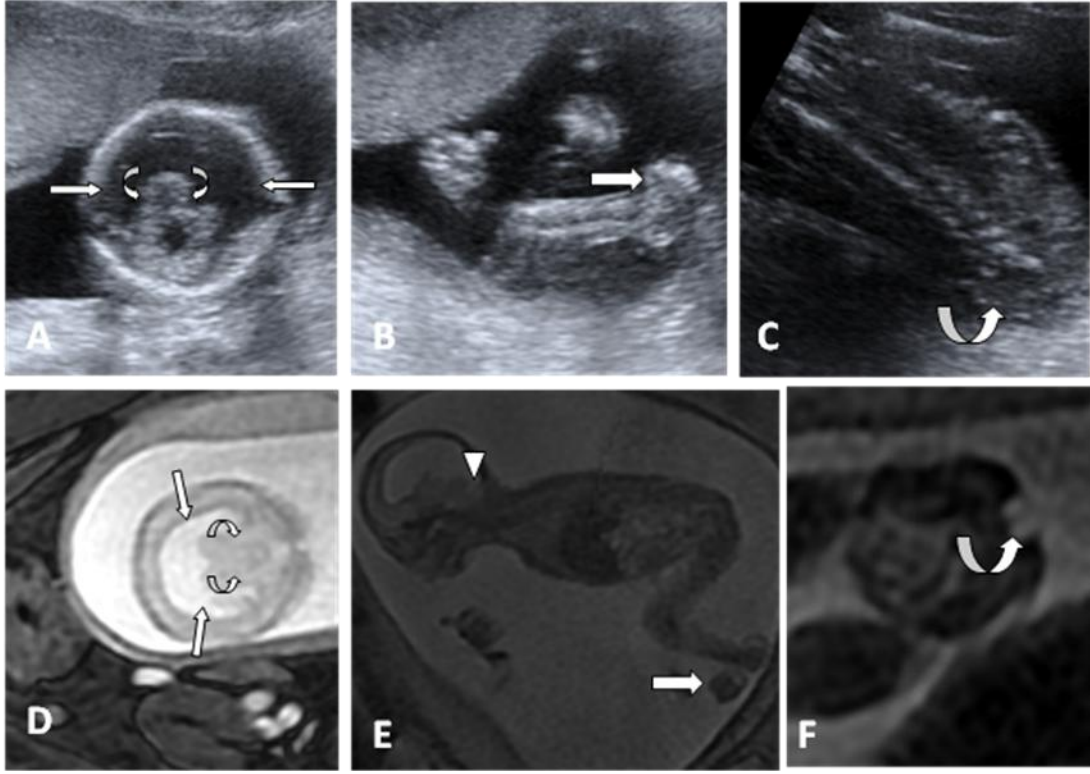
#### 4.1. ÖRNEK OLGULAR



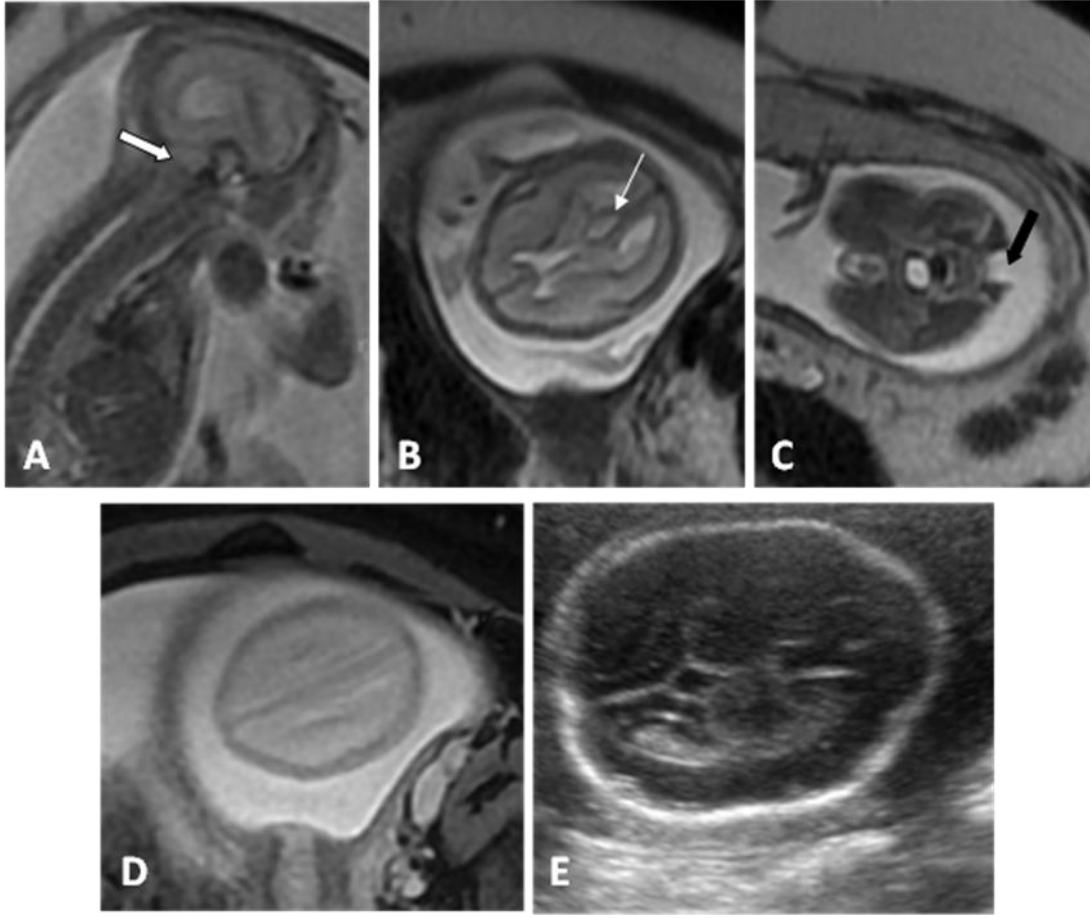
**Olgu 1:** (3. Olgu) 29 yaşında ayrıntılı fetal anomali taraması amacıyla gönderilen SAT' a göre 23 hafta 3 günlük gebede US' de ventrikülomegali, hipoplazik posterior fossa, oblitere sisterna magna, kranial 'lemon sign', torakal füzyon defekti saptandı. Bunun üzerine gebeye fetal MRG tetkiki yapıldı. Burada ventrikülomegali, hipoplazik posterior fossa, oblitere sisterna magna, üst lomber vertebralarda meningomiyelose ve başta belirgin retrofleksiyon, kranial 'lemon sign', torakal füzyon defekti saptandı. US' de Chiari II olarak düşünülen tanı MRG incelemede İniensefali olarak değiştirildi. **A.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında fetal kraniumda belirgin ventrikülomegali, **B.** Sagittal T2 SSFSE sekansında fetal kraniumda belirgin ventrikülomegali ve retrofleksiyon, **C.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında torakal füzyon defekti gösterilmiştir.



**Olgu 2:** (8. Olgu) 24 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen SAT' a göre 25 hafta 2 günlük gebede US' de sakrokoksigeal bölgede amnion mayi içine protrüde olan kistik ve kalsifik alanlar bulunan kitle, sakrokoksigeal bölgede füzyon defekti ve şüpheli meningomyelosel saptandı. Yapılan MRG' de sakral meningomyelosel doğrulandı ve sakrokoksigeal lezyonun teratoma ait olduğu düşünüldü. **A** ve **B**' de sagittal planda, **C** ve **D**' de koronal planda T2 SSFSE sekansında sakrokoksigeal teratoma ait olduğu düşünülen kitle gösterilmiştir.

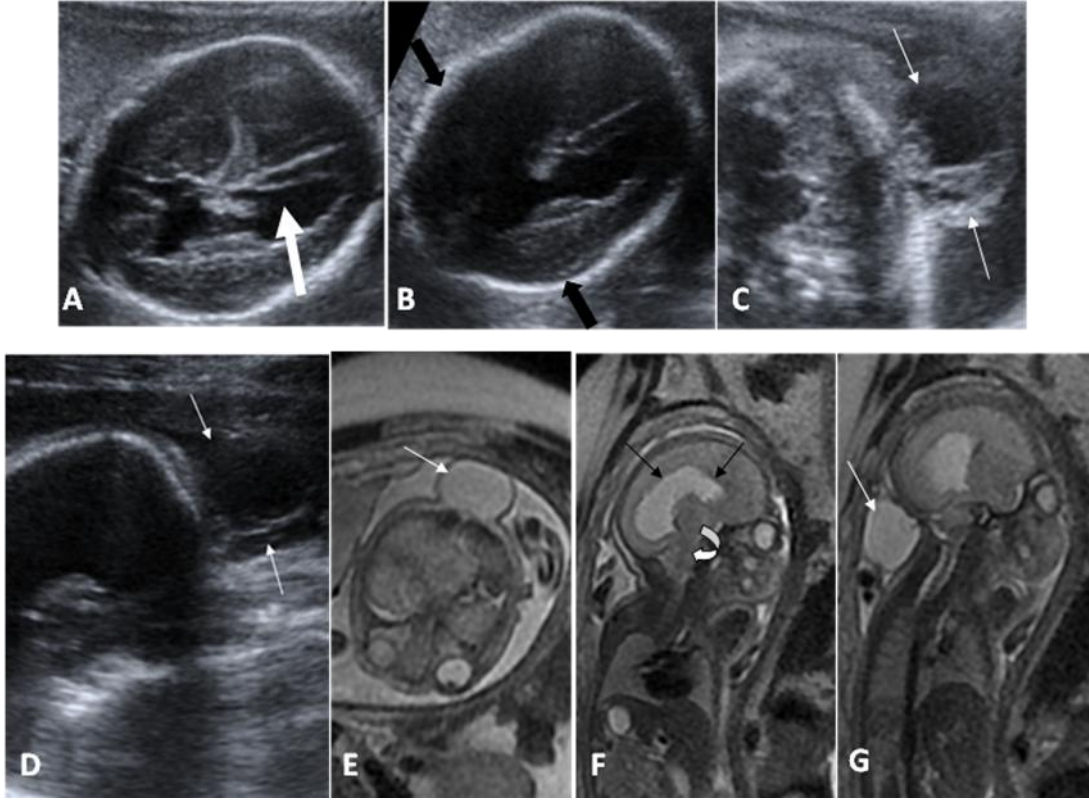


**Olgu 3:** (22. Olgu) 40 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen SAT' a göre 19 hafta 2 günlük gebede US' de monoventrikül, tek arter ve ven, füzyone talamuslar, hipoplazik posterior fossa, bilateral pes ekinovarus, ve lomber bölgede füzyon defekti saptandı. Tanı alobar holoprozansfali olarak kondu. Yapılan MRG' de lumbosakral meningomyelosele görüldü. Diğer bulgular teyit edildi. **A.** Aksiyel fetal US' de monoventrikül (kıvrık oklar) ve füzyone talamuslar (beyaz oklar), **B.** US' de pes ekinovarus, **C.** koronal US görüntüsünde lomber füzyon defekti, **D.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında monoventrikül (kıvrık oklar) ve füzyone talamuslar (beyaz oklar), **E.** Sagittal T2 SSFSE sekansında hipoplazik posterior fossa (ok başı) ve bilateral pes ekinovarus (kalın beyaz ok), **F.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında lumbosakral meningomyelosele (kıvrık ok) gösterilmiştir.

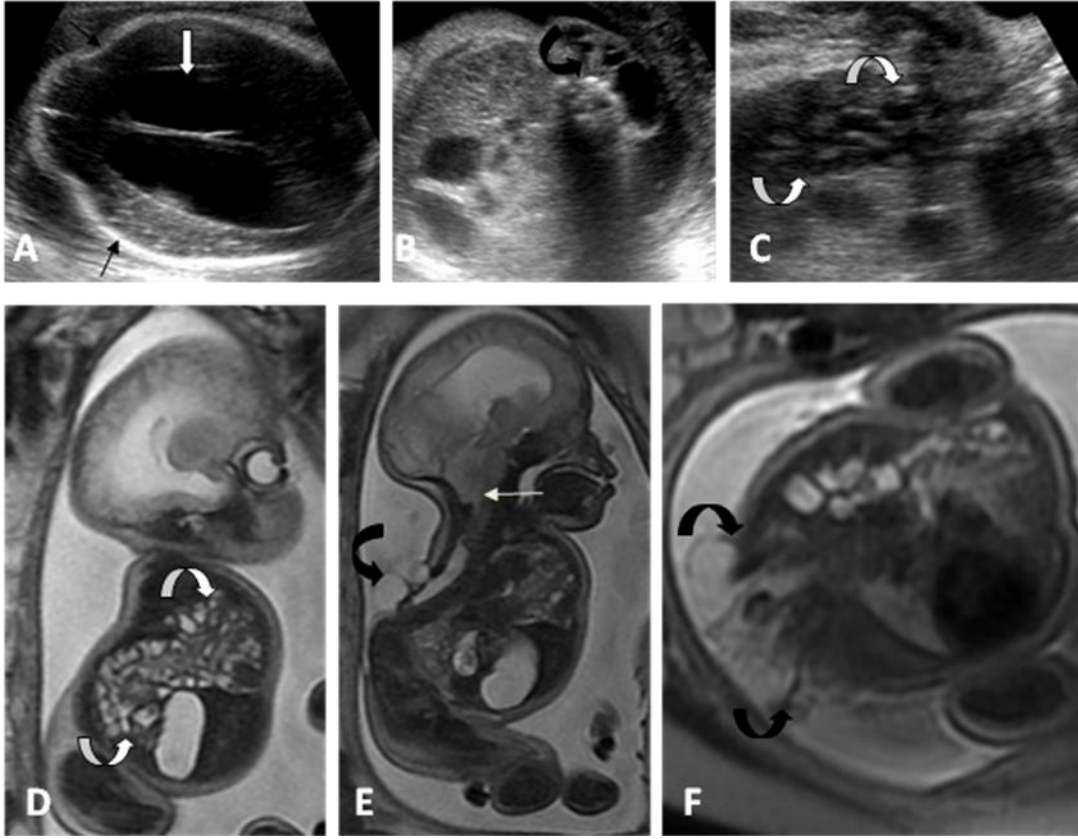


**Olgu 4:** (18. Olgu) 19 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen SAT' a göre 24 hafta 2 günlük gebede US' de ventrikülomegali, 4. ventrikül ve sisterna magna da obliterasyon, hipoplazik posterior fossa ve servikal spinal kanala herniye olan serebellar tonsiller, kraniumda 'lemon sign' görünümü ve lumbosakral meningomyelosele izlendi. MRG' de bu bulgular teyit edildi. Ek olarak interventriküler kavum septum pellucidum et Vergae varyasyonu görüldü. Tanı Chiari II malformasyonu olarak teyit edildi. **A.** Sagittal T2 SSFSE sekansında hipoplazik posterior fossa, **B.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında interventriküler kavum septum pellucidum et Vergae varyasyonu, **C.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında lumbosakral meningomyelosele, **D.** Aksiyel T2 SSFSE sekansında fetal kranial 'lemon sign' görünümü, **E.** Aksiyel US görüntüsünde fetal kranial 'lemon sign' görünümü gösterilmiştir.

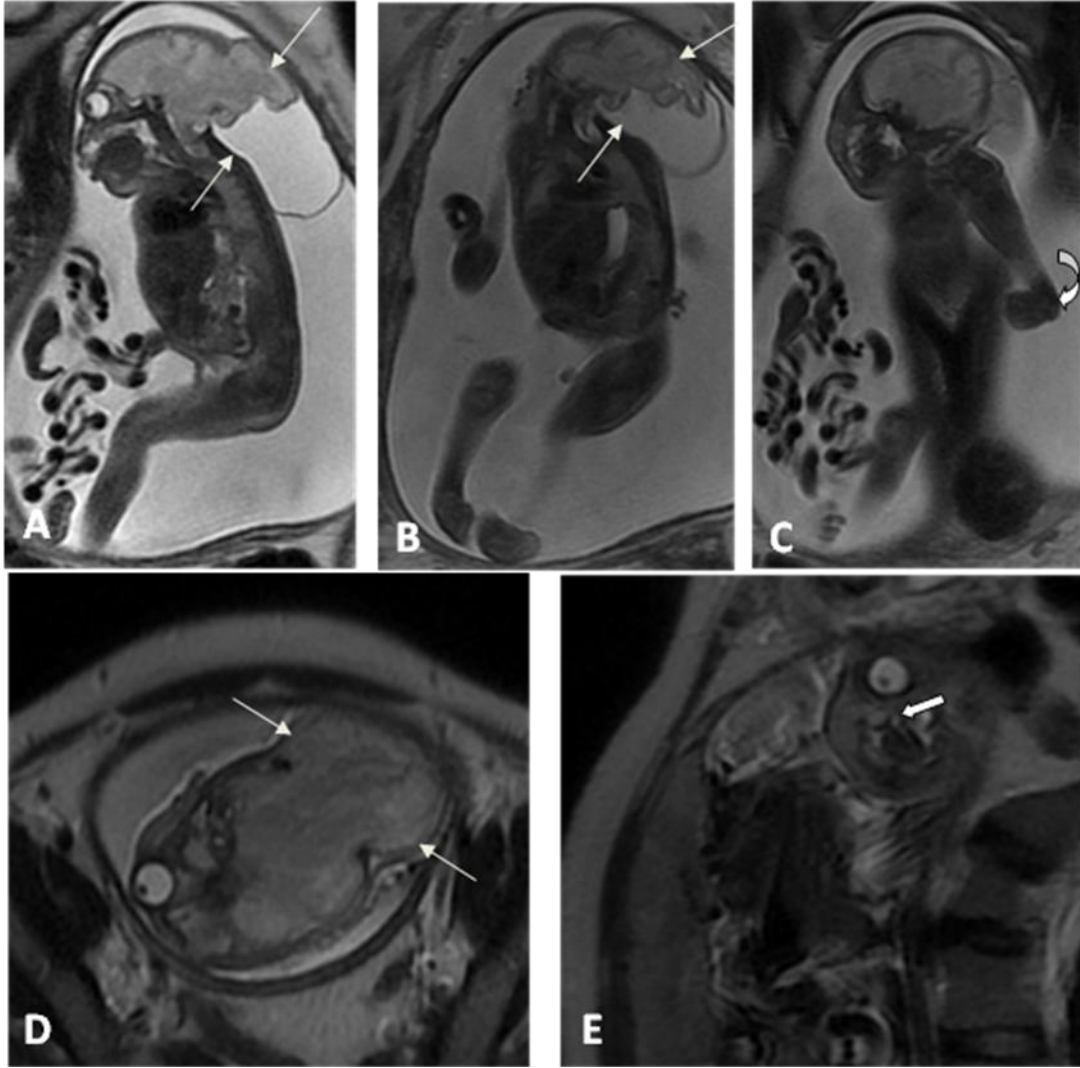




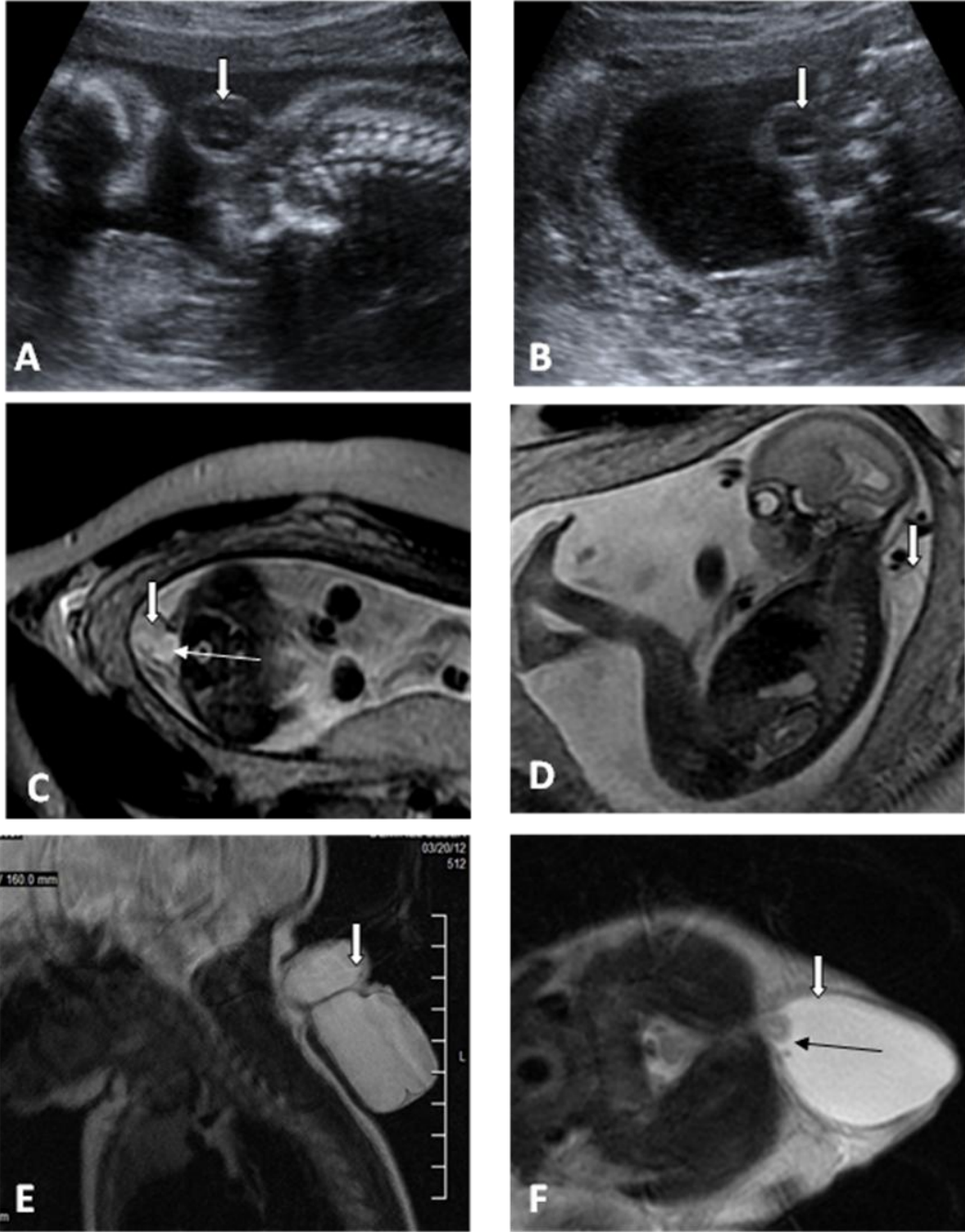
**Olgu 5:** (34. Olgu) 24 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen SAT' a göre 26 hafta 5 günlük gebede US' de her iki lateral ventrikülde dilatasyon, şüpheli parsiyel korpus kallozum agenezisine bağlı kolposefalik görünüm, oksipitoservikal bileşkede ensefalosel, hipoplazik posterior fossa ve spinal kanala herniye serebellar tonsiller mevcuttu. Tanı Chiari III malformasyonu olarak kondu. MRG tetkikinde parsiyel korpus kallozum agenezisi doğrulandı. Diğer bulgularda teyit edildi. **A, B.** fetal aksiyel US' de ventriküllerde kolposefalik görünüm (beyaz ok) ve kraniyumda 'lemon sign' görünümü, **C, D.** Fetal aksiyel ve sagittal US' de oksipitoservikal bileşkede ensefalosel, **E.** Aksiyel planda T2 SSFSE sekansında oksipitoservikal bileşkede ensefalosel, **F.** Sagittal planda T2 SSFSE sekansında parsiyel korpus kallozum agenezisi (siyah oklar) ve hipoplazik posterior fossa ve spinal kanala herniye serebellar tonsiller (kıvrık ok), **G.** Sagittal planda T2 SSFSE sekansında oksipitoservikal bileşkede ensefalosel gösterilmiştir.



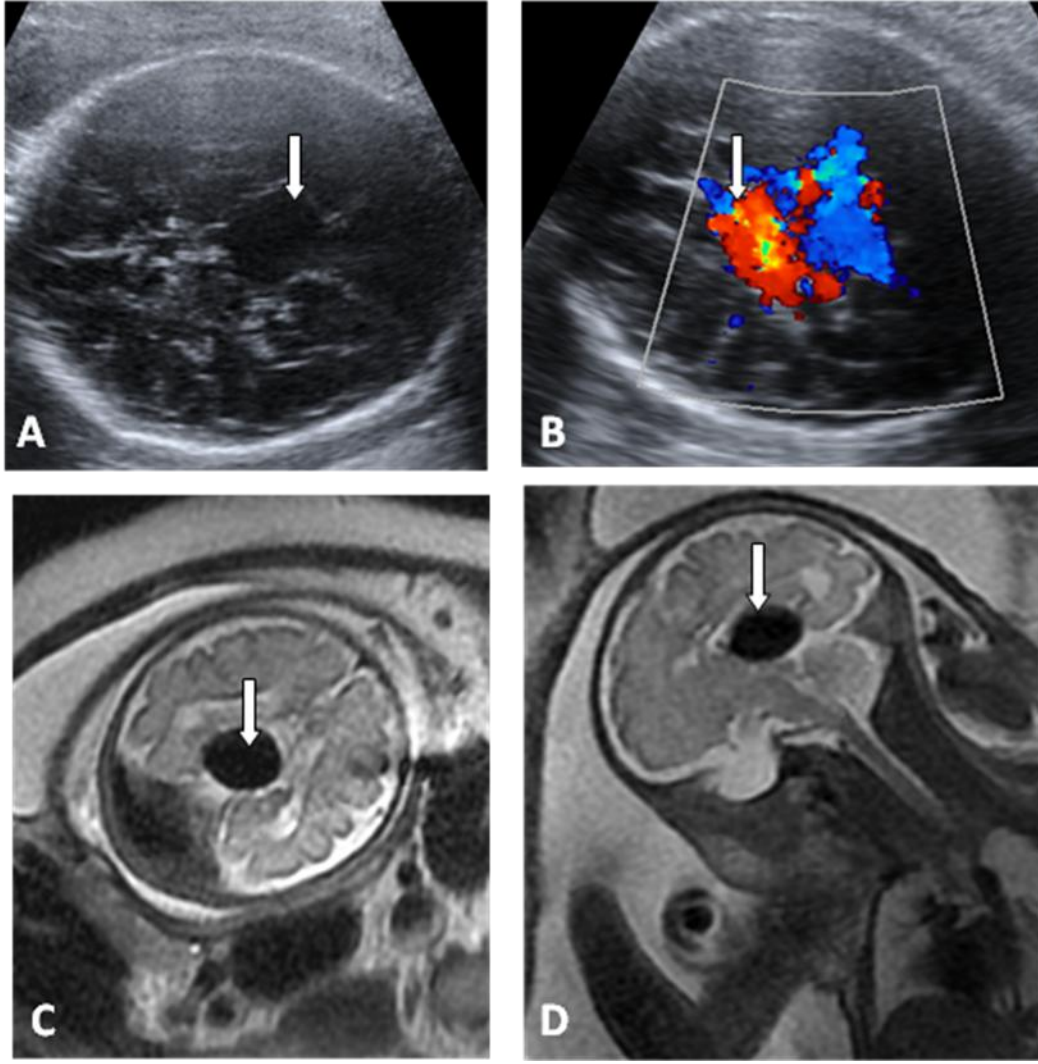
**Olgu 6:** (35. Olgu) 19 yaşında oligohidroamnios ve nöral tüp defekti ön tanısıyla gönderilen SAT' a göre 31 hafta 6 günlük gebede US' de her iki lateral ventrikülde dilatasyon, ve kraniyumda 'lemon sign' görünümü, torakolomber meningomyelosele mevcuttu. Toraks içerisine herniye olan barsak ansları ve hipoplazik posterior fossa ile spinal kanala herniye olan serebellar tonsiller izlendi. MRG tetkikinde bulgular teyit edildi ve vertebral aksta skolyoz görüldü. Tanı Chiari II malformasyonu ve Bochdalek hernisi olarak kondu. **A.** Aksiyel planda fetal kranial US' de lateral ventriküllerde dilatasyon (beyaz ok) ve kraniyumda 'lemon sign' görünümü (siyah oklar), **B.** Aksiyel plan US' de torakolomber meningomyelosele, **C.** Koronal planda fetal US' de toraks içerisine herniye olan barsak ansları, **D.** Sagittal planda T2 SSFSE sekansında toraks içerisine herniye olan barsak ansları, **E.** Sagittal planda T2 SSFSE sekansında torakolomber meningomyelosele (kıvrık siyah ok), hipoplazik posterior fossa ile spinal kanala herniye olan serebellar tonsiller, **F.** Aksiyel planda T2 SSFSE sekansında torakolomber meningomyelosele gösterilmiştir.



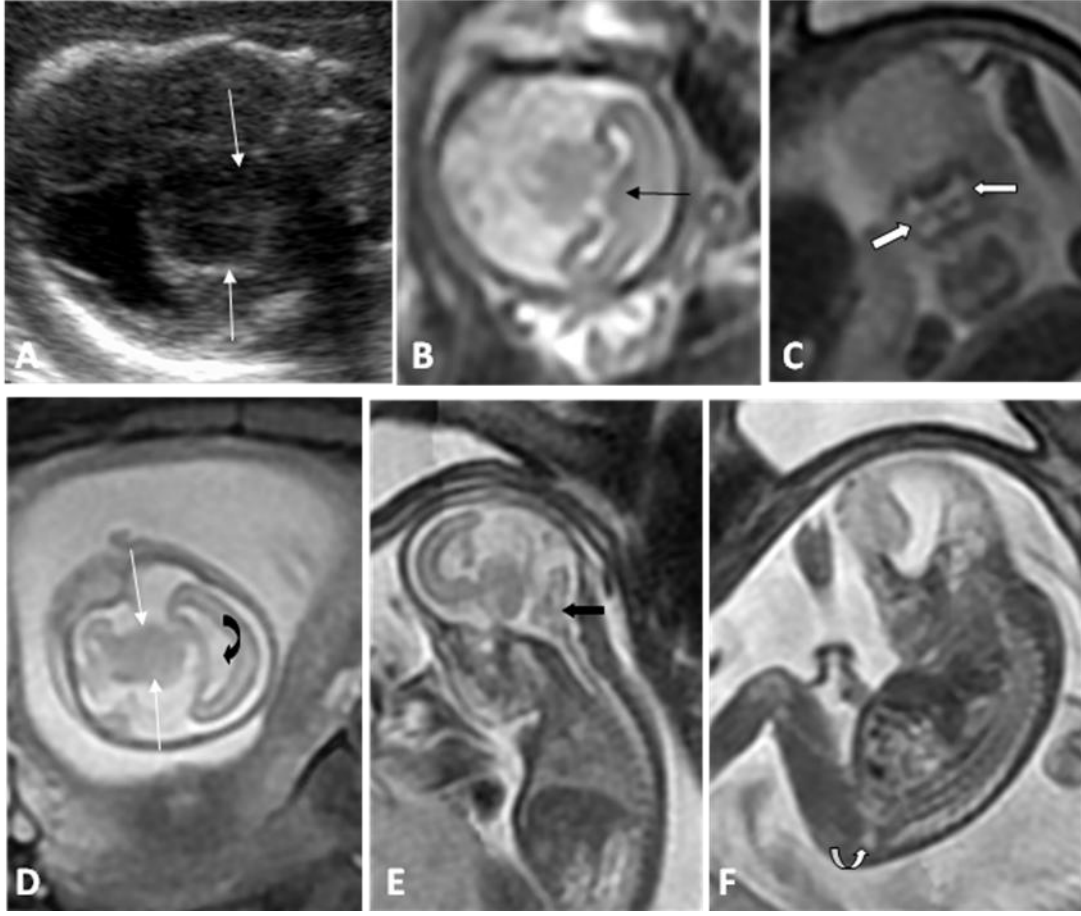
**Olgu 7:**( 27. Olgu) 34 yaşında meningoensefalosel ön tanısıyla gönderilen SAT' a göre 27 hafta 3 günlük gebede US' de oksipital meningoensefalosel, bilateral pes ekinovarus, sol el bileğinde dorsal fleksiyon kontraktürü ve yarık damak-dudak mevcuttu. MRG tetkikinde bulgular teyit edildi. **A, B.** Sagittal planda T2 SSFSE sekansında oksipital meningoensefalosel, **C.** sol el bileğinde dorsal fleksiyon kontraktürü, **D.** Aksiyel planda T2 SSFSE sekansında oksipital meningoensefalosel, **E.** Koronal planda T2 SSFSE sekansında yarık damak- dudak gösterilmiştir.



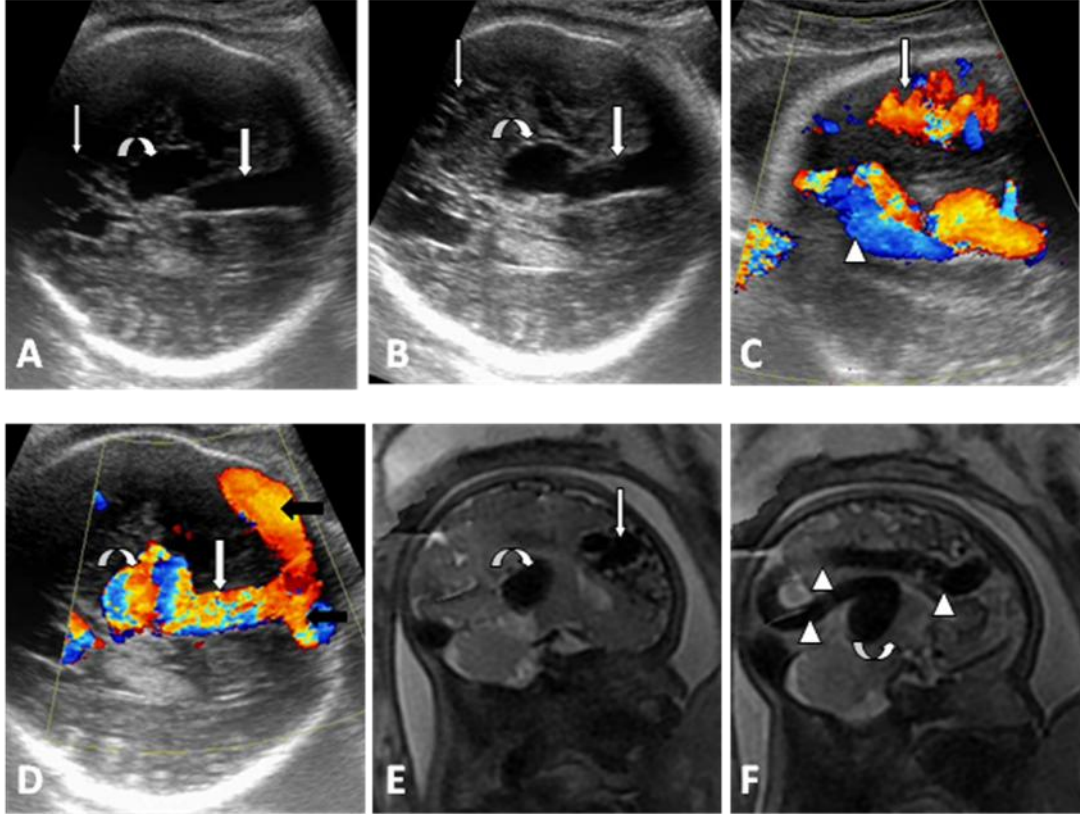
**Olgu 8:** (1. Olgu) 27 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen SAT' a göre 22 hafta 2 günlük gebede US' de oksipitoservikal bileşkede miyelomeningosel saptandı. Fetal MRG tetkikinde kese içerisindeki nöral elemanlar daha iyi görüldü. Postpartum MRG ile tanı kesinleştirildi ve yenidoğan opere edildi. Operasyon sonrası bulgular teyit edildi. **A, B.** Sagittal ve aksiyel planda fetal US' de, **C, D.** Aksiyel ve sagittal plan T2 SSFSE MRG sekansında, **E, F.** Sagittal ve aksiyel plan postnatal T2A sekansında oksipitoservikal bileşkede miyelomeningosel gösterilmiştir.



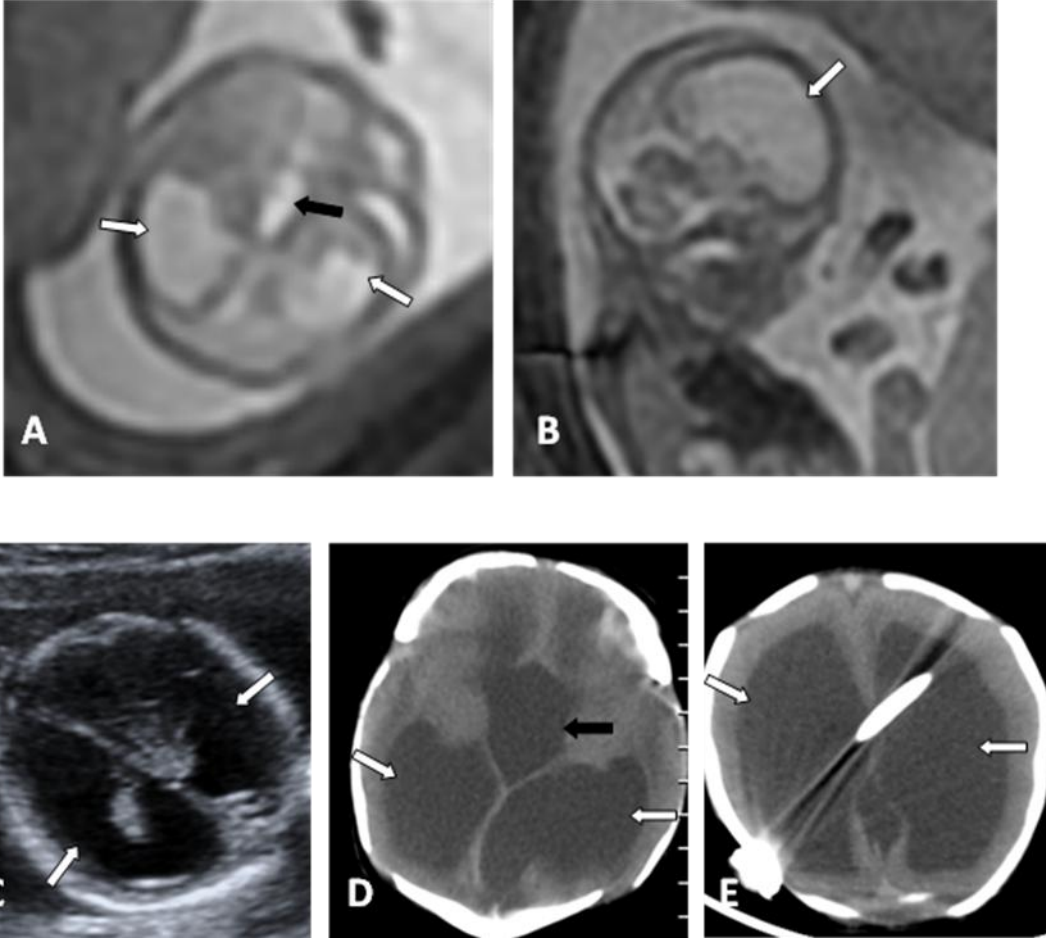
**Olgu 9:** (39. Olgu) 31 yaşında kranial kistik lezyon ön tanısıyla gönderilen FL' ye göre 31 hafta 6 günlük gebede US' de orta hatta interhemisferik düzeyde 26x21 mm boyutunda Doppler US' de vasküler olan kistik lezyon izlendi. Yapılan MRG tetkikinde aksiyel ve sagittal planda lezyon sinyal void olarak görüldü ve lezyonun lokalizasyonu nedeniyle Galen veni anevrizması tanısı kondu. **A.** B mod US' de orta hatta interhemisferik kistik lezyon, **B.** Doppler US' de orta hatta vasküler lezyon, **C, D.** Aksiyel ve sagittal planda T2 SSFSE sekansında sinyal void özellikle lezyon gösterilmiştir.



**Olgu 10:** (13. Olgu) 22 yaşında ayrıntılı fetal tarama amaçlı gönderilen FL' ye göre 19 haftalık gebede US' de monoventriküler görünüm mevcut idi. Korpus kallosum ve septum pellucidum izlenmedi. Hipoplazik posterior fossa ve serebellum izlendi. Talamuslar füzyone idi. Ayrıca orbital mesafede hipotelorizm görünümü mevcuttu. MRG tetkikinde bu bulgular teyit edildi ve ek olarak sakrokoksigal meningomyeloseal görüldü. Serebral hemisferlerin posteriora kısmen ayrılmış olması nedeniyle semilobar holoprozansafali tanısı konuldu. **A.** Fetal US' de füzyone talamuslar, **B.** Aksiyel plan T2 SSFSE sekansında posteriora kısmen ayrılmış serebellar hemisfer, **C.** Koronal plan T2 SSFSE sekansında hipotelorizm, **D.** Aksiyel plan T2 SSFSE sekansında füzyone talamus (ince beyaz oklar) ve monoventrikül (siyah kıvrık ok), **E.** Sagittal plan T2 SSFSE sekansında hipoplazik posterior fossa ve serebellum, **F.** Sagittal plan T2 SSFSE sekansında sakrokoksigal meningomyeloseal gösterilmiştir.



**Olgu 11:** ( 38. Olgu) 16 yaşında SAT'a göre 36 hafta 3 günlük gebe kranial kistik kitle ön tanısı ile gönderildi. Obstetrik US'de sağ frontal bölgede arteria venöz malformasyona (AVM) bağlı vasküler yumak izlendi. AVM nin drenaj veninin Galen venine açıldığı görüldü. Galen veni anevrizmatik idi. Sinüs rektus ve her iki transvers sinüs dilate idi. MRG' de bulgular teyit edildi. AVM, Galen veni, drenaj veni, sinüs rektus ve transvers sinüsler sinyal void özellikte görüldü. **A, B.** Fetal US' de AVM' ye bağlı vasküler yumak (ince beyaz oklar), Galen veni (kıvrık oklar) ve sinüs rektus (kalın beyaz oklar), **C, D.** Doppler US' de vasküler yumak (ince beyaz ok), drenaj veni (ok başı), Galen veni (kıvrık oklar), sinüs rektus (kalın beyaz oklar) ve her iki transvers sinüs (siyah kalın ok), **E.** Sagittal plan T2 SSFSE sekansında Galen veni (kıvrık oklar) ve vasküler yumak (beyaz ok), **F.** Sagittal plan T2 SSFSE sekansında Galen veni (kıvrık oklar) ve drenaj veni (ok başı) gösterilmiştir.



**Olgu 12:** ( 24. Olgu) 19 yaşında SAT'a göre 16 hafta 3 günlük gebe hidrosefali ön tanısı ile gönderildi. Obstetrik US'de her iki lateral ventrikül ileri derecede dilate olup serebral doku izlenemedi. Kraniumda ve spinal kanalda meningomyelose kesesi saptanmadı. Tanı hidranensefali olarak düşünüldü. MRG incelemesinde her iki lateral ventriküller ve 3. ventrikül ileri derecede dilate olarak görüldü. Dördüncü ventrikül görülemedi. Tanı aquaduktus stenozu olarak değiştirildi. Postpartum beyin BT incelemesi tanıyı doğrular nitelikte idi. Bebeğe şant kateteri koyulmasına rağmen postpartum 1. ayda ex oldu. **A.** Aksiyel plan T2 SSFSE sekansında dilate lateral ventriküller ve üçüncü ventrikül, **B.** Sagittal plan T2 SSFSE sekansında dilate lateral ventriküller, **C.** Fetal US' de lateral ventriküllerde ileri derecede dilatasyon, **D, E.** Postpartum BT' de dilate lateral ventriküller ve üçüncü ventrikül ile şant kateteri gösterilmiştir.



## 5. TARTIŞMA

US, fetal santral sinir sistemi anomalilerinin değerlendirilmesinde standart bir tetkiktir (55). Radyasyon içermeyen, ucuz, yaygın, gerçek zamanlı incelemeye olanak sağlayan ancak kullanıcı bağımlı bir görüntüleme yöntemidir. Fetusa ve anneye zararlı etkileri olmayan bu tetkik prenatal tanı yöntemi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak US' nin teknik olarak yetersiz kaldığı ya da başarısız olabildiği bazı durumlar vardır. Örneğin, maternal obezite, oligohidramniyoz, geç gebelik döneminde fetal başın annenin kemik pelvisine angajmanı ve fetal kraniyal kemiklerin ossifikasyonu gibi durumlarda US' nin tanısallığı düşer (3).

Prenatal konjenital anomali tarama yöntemi olarak US, altın standart yöntem olmasına rağmen istenilen duyarlılık ve özgüllük değerlerine ulaşılamamıştır. Bu gibi nedenlerle fetusun görüntülenebilmesi, gebeliğin devamı ya da sonlandırılması ile ilgili kararın verilmesinde alternatif bir prenatal görüntüleme yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Bu gereksinim yeni arayışlara yol açmış ve MRG' yi fetusun konjenital anomali yönünden incelenmesinde giderek artan sıklıkta kullanılan bir radyolojik görüntüleme yöntemi haline getirmiştir. MRG yüksek kontrast rezolüsyonuna sahip olması, multiplanar görüntü alabilme yeteneği, iyonizan radyasyon içermemesi, oligohidroamniyozdan, fetal pozisyondan ve anne vücut yapısından etkilenmemesi nedeniyle fetusun incelenmesinde, prenatal tarama yöntemlerine ek olarak, seçilmiş olgularda uygulanabilen tanı koydurucu ve problem çözücü bir yöntem konumuna gelmiştir. Ayrıca fetal MRG, ileri gebelik haftalarında ossifiye kraniyumun ve diğer fetal yapıların ultrasonografide oluşturduğu görüntüleme kısıtlılıklarına da sahip değildir. Fetal MRG, en sık olarak fetal beynin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır ve bu konuda US' ye olan üstünlüğü ortaya konmuştur (96). MRG ile fetal beyin parankimi direkt olarak görüntülenebilmektedir. Serebral korteks gelişimi ve miyelinasyon, korpus kallozum, posterior fossa yapıları ve serebral parankimal hasarın değerlendirilmesinde MRG, US' ye belirgin üstünlük sağlamaktadır. MRG ile fetal anatomi daha iyi görüntülenebilmekte, patolojinin orijini ve yaygınlığı daha net ortaya konulabilmektedir (7).

Optimal bir obstetrik US incelemesinde tetkik süresi en az 30 dakikadır. Fetal MRG' de tetkik süresi ise fetal hareket nedeniyle tetkik tekrarına, fetus sayısına

ve fetüsta komplike malformasyon varlığına göre değişkenlik gösterir. Ancak ortalama 20-30 dakikadır. Maternal ve fetal hareket MRG' de tetkik süresini ve görüntü kalitesini etkileyen en önemli faktördür. Günümüzde hızlı MRG sekansları sayesinde T2 ağırlıklı görüntüleme sedasyon kullanılmadan yapılabilmektedir. Bu sekanslar hem 'single shot' olmaları hemde kesit alma sürelerinin bir saniyenin altında olması nedeniyle hızlı ve hareketsiz görüntüler elde edilebilmesine olanak sağlamıştır (97).

Fetal MRG ile ilgili literatürde birçok yayın mevcuttur. Bunların çoğunu olgu sunumları ve US ile MRG' nin karşılaştırıldığı çalışmalar oluşturmaktadır (2, 7). Çalışmamızda da MRG ile US karşılaştırılmış, ancak hasta takiplerinin dış merkezli olması nedeniyle olgularımızın çoğu takip edilememiştir.

SSS anomalilerinin tanısında fetal MRG'nin kullanılması ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Yapılan çeşitli çalışmalar göstermiştir ki SSS anomalili olguların yaklaşık %50' sinde US ile saptanamayan anomaliler, fetal MRG ile saptanabilir (98-100). Sonografik olarak saptanamayan ya da zayıf vizualizasyon nedeniyle tespit edilemeyen gelişimsel ya da destrüktif lezyonlar MRG ile tanılabilmektedir (101). Özellikle korpus kallozum agenezisi, sulkasyon anomalileri, heterotopiler, serebellar displazi, posterior fossa kistleri, periventriküler lökomalazi, porensel, multikistik ensefalomalazi, germinal matriks kanamalarını belirlemede, MRG oldukça etkindir (99). Levin ve ark. (102) 54 fetüs üzerinde yaptıkları bir çalışmada 20 haftanın üzerindeki gebeliklerde fetal anatomisinin daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebildiğini, 20 haftadan küçük fetüslerde ise değerlendirmenin sınırlı kaldığını bildirmiştir. Bizim çalışmamız bunu destekler nitelikte idi. Çalışmamızda da SSS anomalisine sahip 48 olgunun 15 (%31)' inde fetal MRG' de ek bulgu saptandı. 12 olguda (%25) meningo-myelose kesesindeki şüpheli nöral elemanlar, MRG ile teyit edildi. Dokuz olguda (%19) US' de saptanan meningo-myelose kesesinin MRG ile lokalizasyonu değiştirdi. US' de saptanan şüpheli korpus kallozum agenezisi olan bir olgu, MRG ile dışlandı. Şüpheli parsiyel korpus kallozum agenezili bir olgu ise, fetal MRG ile teyit edildi. Özellikle korpus kallozumun değerlendirilmesinde, meningo-myelose kesesinin lokalizasyonunun saptanmasında ve içerisindeki nöral elemanların gösterilmesinde MRG, US' den üstün olarak değerlendirildi. Kalvaryum ve vertebralar gibi kemik yapılar nedeni ile

SSS' nin değerlendirilmesinde US yetersiz kalırken, MRG optimal kontrast farkı oluşturarak serobrospinal sıvı ve solid nöral yapıları daha ayrıntılı değerlendirmeye olanak sağlamaktadır (103). Aaronson ve arkadaşlarının (103) yaptığı çalışmaya göre US ve MRG, meningomiyelose seviyesini belirlemede eşit oranda doğruluğa sahip olduğu belirtilmiştir, ancak çalışmamızda bundan farklı olarak MRG, US' ye göre üstün olarak bulundu.

Griffiths ve arkadaşları (104) tarafından 50 gebe üzerinden yapılan bir çalışmada, fetal MRG' nin 10 (%20) olguda US tanısını değiştirdiği bildirilmiştir Levine ve arkadaşları tarafından yapılan üç ayrı çalışmada (56, 57, 105) SSS yönelik fetal MRG incelemelerinin önemli ek bilgiler sağladığını ve bu bilgilere göre %39 ile %47 arasında değişen oranlarda fetal MRG' nin, ailelerin gebelik devamı ile ilgili kararını değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda fetal MRG, 15 (%31) olguda US ile konulan tanıya önemli ek bilgiler sağlarken 4 (% 8) olguda ise tanıyı değiştirdi. Takip edebildiğimiz olguların hiçbirinde fetal MRG sonucu, ailelerin gebelik devamı ile ilgili kararını değiştirmedir.

Fetal MRG ile değerlendirilen posterior fossa anomalileri, Dandy-Walker malformasyonu, Dandy-Walker varyantı, mega sisterna magna, araknoid kist, Blake' in poş kisti, serebellar displazi, serebellar hipoplazi, serebellar hemoraji, Walker-Warburg sendromu ve Chiari malformasyonlarıdır (106). Bizim çalışmamızda 29 posterior fossa anomalili olgudan 23 tanesine Chiari II, iki olguya Chiari III, üç olguya holoprosensefeli tanısı konuldu, bir olguya ise US' de Chiari II malformasyonu tanısı konmasına rağmen MRG' de belirgin retrofleksiyon görülerek iniensefali tanısı konuldu. US' de Chiari II tanısı konan, ancak MRG ile oksipital kemik defekt saptanarak Chiari III olarak değiştirilen bir olgu, US' de ventrikülomegali saptanan ve MRG' de posterior fossa anomalisi ve lumbosakral meningomiyelose görülerek Chiari II tanısı konan bir olgu ile iniensefali olgusunda MRG, tanıyı değiştirmiştir. Bu bulgular ile birlikte posterior fossa anomalisi olan olgularda MRG' nin US' ye üstün olduğunu düşünmekteyiz.

Fetal MRG' de vertebral kanal ile birlikte vertebral kolon ve anomalileride ortaya konabilmektedir. Wang ve ark. (54) 10 hemivertebral ile bir skolyoz olgusu, Levine ve ark. (55,57) yaptıkları iki ayrı çalışmada birer skolyoz olgusu

tanımlamışlardır. Çalışmamızda 5 olguda skolyoz, iki olguda kifoz ve bir olguda kifoskolyoz saptandı. Bu olgulardan üçü (16, 28, ve 35. olgular) US' de saptanamazken, MRG ile tespit edilmiştir. Vertebral aks anomalisi olan kifoskolyozlu bir olguda, US' de saptayamadığımız ventral herniyi, servikal kifozu olan bir olguda oksipital kemik defektini ve skolyozu olan bir olgu da ise meningomyelose kesesini MRG ile saptadık. Hasta sayısı yeterli olmamakla birlikte vertebral aks anomalisi olan olgularda MRG' nin US' ye üstün olduğunu düşünmekteyiz.

Holoprosensefali, intrauterin erken gelişim döneminde prosensefalunun farklılaşma ve ayrışma bozukluğudur. Relatif olarak nadir görülmesine rağmen, beyin ve yüz anomalilerinin birlikte bulunduğu en sık anomalidir. Alobar, semilobar ve lobar olmak üzere 3 grupta incelenir. En ağır formu alobar holoprosensefalidir. US ve MRG holoprosensefalinin alobar formunu kolayca gösterebilmesine rağmen, US ile semilobar ve lobar tiplerin prenatal tanısı zordur, bazen sadece hidrosefali olarak değerlendirilir. Bu olgularda MRG tanıya yardımcı ek bilgiler sağlar (51). Bizim çalışmamızda ikisi alobar biri semilobar olmak üzere toplam üç adet holoprosensefali saptandı. US ile holoprosensefali tanıları tam olarak konuldu ve tiplendirildi. MRG ile bir olguda, US' de saptanamayan sakrokoksigeal meningomyelose tespit edildi. Bir olguda US' de saptanan lomber füzyon defektinin, MRG ile lumbosakral meningomyelose olduğu görüldü.

Çalışmamızda SSS' nin prenatal değerlendirmesi için günümüzdeki klinik standart yöntem olan antenatal US tetkikine karşılık fetal MRG tetkikinin etkinliği araştırıldığında US ile elde edilebilenden çok daha fazla bilgiye ulaşıldı. Ancak elde edilen bilgilerin doğruluğunu kanıtlayacak otopsi ya da postnatal MRG tetkikinin tüm olgulara uygulanamaması nedeni ile kesin tanı kriteri olarak fetal MRG kullanıldı. Fetal MRG' nin doğru tanı koyma oranı %100 olmadığı göz önüne alındığında bu durumun çalışmanın en önemli sınırlılığı olduğu düşünüldü.

## 6. SONUÇ

SSS anomalisine sahip 48 olgunun 15 (%31)' inde fetal MRG' de ek bulgu saptandı. 12 (%25) olguda meningomyelose kesesindeki şüpheli nöral elemanlar MRG ile teyit edildi. Dokuz (%19) olguda US' de saptanan meningomyelose kesesinin MRG ile lokalizasyonu değişti. Fetal MRG 4 (% 8) olguda tanıyı değiştirdi. Ancak takip edebildiğimiz hiçbir olguda fetal MRG ailenin gebelik devamı ile ilgili kararını değiştirmede. Ayrıca US' de saptanan bazı bulgular MRG ile teyit edildi ya da dışlandı. Meningomyelose seviyesini belirlemede fetal MRG, US' ye üstünlük sağladı. MRG korpus kallosum ve posterior fossa anomalilerinin tanısında ya da dışlanmasında, SSS anomalilerinin yanında ek bulgular saptanmasına katkıda bulundu.

Sonuç olarak, US fetal taramada kullanılan ucuz bir yöntem olmakla birlikte SSS değerlendirmesinde US bulguları bilinerek yapılan MRG, tanısal güvenilirliği artırmakta ve ek katkılar sağlamaktadır. Ancak çalışmaya dahil edilen ve US ile tespit ettiğimiz nöral anomalili hasta sayısı kabul edilebilir olmasına rağmen MRG' nin belirtilen birtakım üstünlüklerinin doğrulanması amacı ile daha geniş serili çalışmalara ihtiyaç vardır.

MRG' nin katkısının tam olarak anlaşılabilmesi için patoloğ, radyoloğ, perinataloğ ve genetik uzmanının birlikte çalıştığı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW. Diagnostic Ultrasound. 2005. 2(3): p. 1157-1181.
2. Frates MC, et al. Fetal anomalies: comparison of MR imaging and US for diagnosis. Radiology, 2004. 232(2): p. 398-404.
3. Huisman T.A, et al. Fetal magnetic resonance imaging of the central nervous system: a pictorial essay. Eur Radiol, 2002. 12(8): p. 1952-61.
4. Uluşık TB, Ceyhan M, İncesu L, Tosun M, Malatyaloğlu E, Alper YT, and Dağçınar A. The role of fetal magnetic resonance imaging in the diagnosis of fetal ventriculomegaly and ventricular system associated anomalies. Deneysel ve Klinik Tıp Dergisi, 2011. 28: p. 155-161.
5. Laifer-Narin, S., et al., Fetal magnetic resonance imaging: a review. Curr Opin Obstet Gynecol, 2007. 19(2): p. 151-6.
6. Callen PW, Ultrasonography in obstetrics and gynecology. 2008(5th ed): p. 48-49.
7. Korkmaz HAA. Fetal anomalilerde USG ve MRG' nin tanısal etkinliğinin karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Ana Bilim Dalı, 2010
8. Reddy, U.M., Filly RA, and J.A. Copel, Prenatal imaging: ultrasonography and magnetic resonance imaging. Obstet Gynecol, 2008. 112(1): p. 145-57.
9. Sonigo, P.C., et al., MR imaging of fetal cerebral anomalies. Pediatr Radiol, 1998. 28(4): p. 212-22.
10. Mocan BÖ, Fötal santral sinir sisteminin manyetik rezonans görüntülemesi. Hacettepe Tıp Dergisi, 2010. 41:155-161
11. Herskovitz, R., E. Sheiner, and M. Mazor, Ultrasound in obstetrics: a review of safety. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2002. 101(1): p. 15-8.

12. Cavicchi, T.J. and W.D. O'Brien, Jr., Heat generated by ultrasound in an absorbing medium. *J Acoust Soc Am*, 1984. 76(4): p. 1244-5.
13. Nyborg, W.L. and R.B. Steele, Temperature elevation in a beam of ultrasound. *Ultrasound Med Biol*, 1983. 9(6): p. 611-20.
14. Child, S.Z., et al., Lung damage from exposure to pulsed ultrasound. *Ultrasound Med Biol*, 1990. 16(8): p. 817-25.
15. Barnett, S.B., Guidelines and recommendations for safe use of Doppler ultrasound in perinatal applications. *The Journal of Maternal-Fetal Medicine* 2001. 10: p. 75-84.
16. Abramowicz, J.S., et al., Fetal thermal effects of diagnostic ultrasound. *J Ultrasound Med*, 2008. 27(4): p. 541-59; quiz 560-3.
17. Lyons, E.A., et al., In utero exposure to diagnostic ultrasound: a 6-year follow-up. *Radiology*, 1988. 166(3): p. 687-90.
18. Stark, C.R., et al., Short- and long-term risks after exposure to diagnostic ultrasound in utero. *Obstet Gynecol*, 1984. 63(2): p. 194-200.
19. ACOG Practice Bulletin No. 77: screening for fetal chromosomal abnormalities. *Obstet Gynecol*, 2007. 109(1): p. 217-27.
20. AIUM practice guideline for the performance of obstetric ultrasound examinations. *J Ultrasound Med*, 2010. 29(1): p. 157-66.
21. Şen C, Yayla M. Birinci Trimester Ultrasonogafi. *Perinatoloji Dergisi* 2001; 9(4):209 - 223
22. Goncalves LF, N.J., Espinoza J, Kusanovic JP, Lee W, Swope B, et al, What does 2-dimensional imaging add to 3- and 4-dimensional obstetric ultrasonography? *J Ultrasound Med*, 2006 25: p. 691–9.

23. Goncalves, L.F., Lee W, Espinoza J, Romero R, Three- and 4-dimensional ultrasound in obstetric practice: does it help? *J Ultrasound Med*, 2005. 24: p. 1599–624.
24. Oyar O, Gülsoy UK. *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*. 2003, Ankara: Nobel Tıp Kitabevi.
25. Erenler ZC. Manyetik Rezonans Görüntüleme Yöntemi ile Fetal Santral Sinir Sistemi ve İlişkili Anomalilerin Tespiti ve Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyodiagnostik Ana Bilim Dalı, 2009
26. Brugger, P.C., et al., Methods of fetal MR: beyond T2-weighted imaging. *Eur J Radiol*, 2006. 57(2): p. 172-81.
27. Guo, W.Y. and T.T. Wong, Screening of fetal CNS anomalies by MR imaging. *Childs Nerv Syst*, 2003. 19(7-8): p. 410-4.
28. Righini, A., et al., Apparent diffusion coefficient determination in normal fetal brain: a prenatal MR imaging study. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2003. 24(5): p. 799-804.
29. Kanal E, G.J., Evans JA, et al, Survey of reproductive health among female MR workers. *Radiology* 1993. 187: p. 395-9.
30. Levine, D., Fetal magnetic resonance imaging. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2004. 15(2): p. 85-94.
31. Baker PN, J.I., Harvey PR, et al, A three-year follow-up of children imaged in utero using echo planar magnetic resonance. *Am J Obstet Gynecol* 1994. 170: p. 32-3.
32. Levine, D., et al., Potential heating effect in the gravid uterus during MR HASTE imaging. *J Magn Reson Imaging*, 2001. 13(6): p. 856-61.



33. Shellock, F.G., Biological effects and safety aspects of magnetic resonance imaging. *Magn Reson Q*, 1989. 5(4): p. 243-61.
34. Shellock, F.G. and E. Kanal, Policies, guidelines, and recommendations for MR imaging safety and patient management. SMRI Safety Committee. *J Magn Reson Imaging*, 1991. 1(1): p. 97-101.
35. O'rahilly R, M.F., *The Embryonic Human Brain: An Atlas Of Developmental Stages*. third. 2006: John Willey & Sons, Inc., Hoboken NJ,.
36. van der Knaap, M.S. and J. Valk, Classification of congenital abnormalities of the CNS. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1988. 9(2): p. 315-26.
37. Griffiths, P.D., Paley, M.N.J, Whitby, E.H, *Imaging the Central Nervous System of the Fetus and Neonate*. First Edition ed. 2006, New York: Taylor and Francis Group.
38. Donkelaar, H.J.T., Lammens, M, Hori, A and *Clinical Neuroembryology Development and Developmental Disorders of the Human Central Nervous System*. 1 ed. 2006: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
39. Saitsu, H., et al., Development of the posterior neural tube in human embryos. *Anat Embryol (Berl)*, 2004. 209(2): p. 107-17.
40. Lumsden, A. and R. Krumlauf, Patterning the vertebrate neuraxis. *Science*, 1996. 274(5290): p. 1109-15.
41. Rubenstein, J.L. and P.A. Beachy, Patterning of the embryonic forebrain. *Curr Opin Neurobiol*, 1998. 8(1): p. 18-26.
42. Nieuwenhuys R. Morphogenesis and general structure. In: Nieuwenhuys R, t., N.C. Donkelaar H.J, and *The Central Nervous System of Vertebrates*. 1998, New York: Springer, Berlin Heidelberg. 159–228.

43. Müller F, O.R.R., The timing and sequence of appearance of neuromeres and their derivatives in staged human embryos. *Acta Anatomica*, 1997. 158: p. 83-99.
44. Parnavelas, J.G., The origin and migration of cortical neurones: new vistas. *Trends Neurosci*, 2000. 23(3): p. 126-31.
45. Müller F, O.R.R., The human brain at stages 21–23, with particular reference to the cerebral cortical plate and to the development of the cerebellum. *Anat Embryol (Berl)* 1990. 182: p. 375-400.
46. AJ, B., *Pediatric Neuroimaging*. 3 ed. 2000, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 251-381.
47. Barkovich, A.J., Concepts of myelin and myelination in neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2000. 21(6): p. 1099-109.
48. Ogul, E., *Temel ve Klinik Nöroloji*. 2006, Bursa: Uludag Üniversitesi Basımevi. 381.
49. Taner, D., *Fonksiyonel Nöroanatomi*. 2007, Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
50. Kul, S., et al., Contribution of MRI to ultrasound in the diagnosis of fetal anomalies. *J Magn Reson Imaging*, 2012. 35(4): p. 882-90.
51. Herman-Sucharska, I., M. Bekiesinska-Figatowska, and A. Urbanik, Fetal central nervous system malformations on MR images. *Brain Dev*, 2009. 31(3): p. 185-99.
52. Levine, D., Ultrasound versus magnetic resonance imaging in fetal evaluation. *Top Magn Reson Imaging*, 2001. 12(1): p. 25-38.
53. Messing-Junger, A.M., et al., Fetal MRI of the central nervous system: clinical relevance. *Childs Nerv Syst*, 2009. 25(2): p. 165-71.

54. Wang, G.B., et al., Fetal central nervous system anomalies: comparison of magnetic resonance imaging and ultrasonography for diagnosis. *Chin Med J (Engl)*, 2006. 119(15): p. 1272-7.
55. Levine, D., et al., Central nervous system abnormalities assessed with prenatal magnetic resonance imaging. *Obstet Gynecol*, 1999. 94(6): p. 1011-9.
56. Levine, D., et al., Fetal central nervous system anomalies: MR imaging augments sonographic diagnosis. *Radiology*, 1997. 204(3): p. 635-42.
57. Levine, D., et al., Fast MR imaging of fetal central nervous system abnormalities. *Radiology*, 2003. 229(1): p. 51-61.
58. Cardoza, J.D., R.B. Goldstein, and R.A. Filly, Exclusion of fetal ventriculomegaly with a single measurement: the width of the lateral ventricular atrium. *Radiology*, 1988. 169(3): p. 711-4.
59. Levine, D., et al., MR imaging appearance of fetal cerebral ventricular morphology. *Radiology*, 2002. 223(3): p. 652-60.
60. Mangels, K.J., et al., Fetal MRI in the evaluation of intrauterine myelomeningocele. *Pediatr Neurosurg*, 2000. 32(3): p. 124-31.
61. Oh, K.Y., et al., The fetal posterior fossa: clinical correlation of findings on prenatal ultrasound and fetal magnetic resonance imaging. *Ultrasound Q*, 2007. 23(3): p. 203-10.
62. Guthkelch, A.N., Diastematomyelia with median septum. *Brain*, 1974. 97(4): p. 729-42.
63. Kim, S.Y., et al., Prenatal diagnosis of lipomyelomeningocele. *J Ultrasound Med*, 2000. 19(11): p. 801-5.

64. Stroustrup Smith, A., I. Grable, and D. Levine, Case 66: caudal regression syndrome in the fetus of a diabetic mother. *Radiology*, 2004. 230(1): p. 229-33.
65. Chuileannain, F.N., N. Woodrow, and L. de Crespigny, Prenatal diagnosis and management of sacrococcygeal teratoma. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*, 1999. 39(4): p. 497-501.
66. Avni, F.E., et al., MR imaging of fetal sacrococcygeal teratoma: diagnosis and assessment. *AJR Am J Roentgenol*, 2002. 178(1): p. 179-83.
67. Harrison, L.A., D.H. Pretorius, and N.E. Budorick, Abnormal spinal curvature in the fetus. *J Ultrasound Med*, 1992. 11(9): p. 473-9.
68. Warf, B.C., et al., Tethered spinal cord in patients with anorectal and urogenital malformations. *Pediatr Neurosurg*, 1993. 19(1): p. 25-30.
69. Kanev, P.M., et al., Management and long-term follow-up review of children with lipomyelomeningocele, 1952-1987. *J Neurosurg*, 1990. 73(1): p. 48-52.
70. Yuh, W.T., et al., MR of fetal central nervous system abnormalities. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1994. 15(3): p. 459-64.
71. Stroustrup Smith, A., et al., Magnetic resonance imaging of the kinked fetal brain stem: a sign of severe dysgenesis. *J Ultrasound Med*, 2005. 24(12): p. 1697-709.
72. Serhatlioglu, S., et al., Sonographic measurement of the fetal cerebellum, cisterna magna, and cavum septum pellucidum in normal fetuses in the second and third trimesters of pregnancy. *J Clin Ultrasound*, 2003. 31(4): p. 194-200.
73. Ramirez, M., et al., Prenatal diagnosis of unilateral megalencephaly by real-time ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol*, 1994. 170(5 Pt 1): p. 1384-5.

74. Levine, D., et al., Tuberosus sclerosis in the fetus: second-trimester diagnosis of subependymal tubers with ultrafast MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*, 2000. 175(4): p. 1067-9.
75. Morof, D.F., et al., Congenital glioblastoma multiforme: prenatal diagnosis on the basis of sonography and magnetic resonance imaging. *J Ultrasound Med*, 2001. 20(12): p. 1369-75.
76. Levitsky, D.B., et al., Fetal aqueductal stenosis diagnosed sonographically: how grave is the prognosis? *AJR Am J Roentgenol*, 1995. 164(3): p. 725-30.
77. Gupta, J.K., et al., Clinical significance of fetal choroid plexus cysts. *Lancet*, 1995. 346(8977): p. 724-9.
78. Aicardi, J., The agyria-pachygyria complex: a spectrum of cortical malformations. *Brain Dev*, 1991. 13(1): p. 1-8.
79. Barkovich, A.J., T.K. Koch, and C.L. Carrol, The spectrum of lissencephaly: report of ten patients analyzed by magnetic resonance imaging. *Ann Neurol*, 1991. 30(2): p. 139-46.
80. Leventer, R.J., R. Guerrini, and W.B. Dobyns, Malformations of cortical development and epilepsy. *Dialogues Clin Neurosci*, 2008. 10(1): p. 47-62.
81. Glenn, O.A. and J. Barkovich, Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: an increasingly important tool in prenatal diagnosis: part 2. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006. 27(9): p. 1807-14.
82. Barkovich, A.J. and B.O. Kjos, Nonlissencephalic cortical dysplasias: correlation of imaging findings with clinical deficits. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1992. 13(1): p. 95-103.
83. Denis, D., et al., Prenatal diagnosis of schizencephaly by fetal magnetic resonance imaging. *Fetal Diagn Ther*, 2001. 16(6): p. 354-9.

84. Oh, K.Y., et al., Fetal schizencephaly: pre- and postnatal imaging with a review of the clinical manifestations. *Radiographics*, 2005. 25(3): p. 647-57.
85. Komarniski, C.A., et al., Prenatal diagnosis of schizencephaly. *J Ultrasound Med*, 1990. 9(5): p. 305-7.
86. Barkovich, A.J. and B.O. Kjos, Gray matter heterotopias: MR characteristics and correlation with developmental and neurologic manifestations. *Radiology*, 1992. 182(2): p. 493-9.
87. Serrien, D.J., A.C. Nirkko, and M. Wiesendanger, Role of the corpus callosum in bimanual coordination: a comparison of patients with congenital and acquired callosal damage. *Eur J Neurosci*, 2001. 14(11): p. 1897-905.
88. Tang, P.H., et al., Agenesis of the Corpus Callosum: An MR Imaging Analysis of Associated Abnormalities in the Fetus. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009. 30: p. 257-63.
89. d'Ercole, C., et al., Prenatal diagnosis of fetal corpus callosum agenesis by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Prenat Diagn*, 1998. 18(3): p. 247-53.
90. Ozduman, K., et al., Fetal stroke. *Pediatr Neurol*, 2004. 30(3): p. 151-62.
91. Fusch, C., et al., Perinatal ultrasonography and magnetic resonance imaging findings in congenital hydrocephalus associated with fetal intraventricular hemorrhage. *Am J Obstet Gynecol*, 1997. 177(3): p. 512-8.
92. Folkerth, R.D., M.E. McLaughlin, and D. Levine, Organizing posterior fossa hematomas simulating developmental cysts on prenatal imaging: report of 3 cases. *J Ultrasound Med*, 2001. 20(11): p. 1233-40.
93. Bejar, R., et al., Antenatal origin of neurologic damage in newborn infants. II. Multiple gestations. *Am J Obstet Gynecol*, 1990. 162(5): p. 1230-6.

94. D'Ercole, C., et al., Prenatal diagnosis of fetal cerebral abnormalities by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 1993. 50(3): p. 177-84.
95. Soussotte, C., et al., Contribution of transvaginal ultrasonography and fetal cerebral MRI in a case of congenital cytomegalovirus infection. *Fetal Diagn Ther*, 2000. 15(4): p. 219-23.
96. Rajesh, S.A., MD. Paul Nikolaidis, MD. Akira Kawashima, MD. Larry A. Kramer, MD and Randy D. Ernst, MD, Normal Anatomy of the Fetus at MR Imaging. *Obstetric Imaging*, 1999. 19: p. 201-14.
97. Levine, D., P.D. Barnes, and R.R. Edelman, Obstetric MR imaging. *Radiology*, 1999. 211(3): p. 609-17.
98. Martin, C., et al., Magnetic resonance imaging of the intrauterine fetal genitourinary tract: normal anatomy and pathology. *Abdom Imaging*, 2004. 29(3): p. 286-302.
99. Glenn, O.A. and A.J. Barkovich, Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: an increasingly important tool in prenatal diagnosis, part 1. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006. 27(8): p. 1604-11.
100. Malinger, G., et al., Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2004. 23(4): p. 333-40.
101. Simon, E.M., et al., Fast MR imaging of fetal CNS anomalies in utero. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2000. 21(9): p. 1688-98.
102. Levine, D.B., PD, Cortical Maturation in Normal and Abnormal Fetuses as Assessed with Prenatal MR Imaging. *Radiology*, 1999. 210: p. 751-58.
103. Aaronson, O.S., et al., Myelomeningocele: prenatal evaluation--comparison between transabdominal US and MR imaging. *Radiology*, 2003. 227(3): p. 839-43.

104. Griffiths, P.D., et al., Imaging the fetal spine using in utero MR: diagnostic accuracy and impact on management. *Pediatr Radiol*, 2006. 36(9): p. 927-33.
105. Levine, D., et al., Fetal CNS anomalies revealed on ultrafast MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*, 1999. 172(3): p. 813-8.
106. Kubik-Huch, R.A., et al., Ultrafast MR imaging of the fetus. *AJR Am J Roentgenol*, 2000. 174(6): p. 1599-606.