



Fetal manyetik rezonans görüntüleme endikasyonlarının incelenmesi

Serenat Eriş Yalçın¹, Yakup Yalçın², Esra Nur Tola³, And Yavuz⁴, Mehmet Özgür Akkurt⁵,
Mekin Sezik¹, Mehmet Okan Özkaya¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Perinatoloji Bilim Dalı, Isparta

²Isparta Şebir Hastanesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Bölümü, Isparta

³Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Isparta

⁴T.C. Sağlık Bakanlığı Zeynep Kamil Kadın ve Çocuk Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Perinatoloji Kliniği, İstanbul

⁵Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Perinatoloji Kliniği, Bursa

Özet

Amaç: Fetal anatomiye değerlendirmede ultrasonografi tercih edilen tarama yöntemi olmasına rağmen, hızlı tarama tekniklerinin gelişmesiyle fetal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) giderek daha fazla kullanılmaktadır. MRG, daha iyi doku kontrastı sağlar ve sonografiden farklı olarak, maternal obezite, fetal pozisyon, oligohidramnios veya kemik artefaktlardan önemli ölçüde etkilenmez. Fetal MRG genellikle kesin olmayan sonografik bulguları teyit etmek veya fetal malformasyonların ileri değerlendirilmesinde endikedir. Amacımız, üçüncü basamak merkezimizde klinisyenler tarafından tercih edilen fetal MRG endikasyonlarını incelemektir.

Yöntem: Üç yıllık dönemde fetal MRG yapılan 112 olguyu retrospektif olarak inceledik. Fetal lezyonları organ sistemlerine göre sınıflandırdık ve klinisyenlerin bu yöntemle başvurma nedenleri ile tercih edilen endikasyonları ortaya koyduk.

Bulgular: Fetal MRG incelemesine 112 fetüsten; 68'inde intrakraniyal anomaliler, 23'ünde maternal obezite, sekizinde intraabdominal anomali, beşinde intratorasik anomaliler, dördünde spinal kord anomalisi, bir olguda boyun anomalisi, bir olguda genitoüriner anomali ve iki fetüste de diğer anomaliler için başvurulmuştur.

Sonuç: İntrakraniyal patoloji, en sık saptanan alt grup ventrikülo-megali olmak üzere, fetal MRG değerlendirmesi için majör endikasyondur. Ventrikülo-megali nedeniyle MRG ile ileri değerlendirme yapılan olguların üçünde (%8.3) perinatal yönetimi değiştiren ek bulgular tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Endikasyon, fetal, manyetik rezonans görüntüleme.

Abstract: Investigation of fetal magnetic resonance imaging indications

Objective: Although ultrasonography is the preferred screening method for examining fetal anatomy, fetal magnetic resonance imaging (MRI) has been used more widely upon the advancements in rapid screening techniques. MRI provides a better tissue contrast, and unlike sonography, it is not affected significantly by maternal obesity, fetal position, oligohydramnios, or bone artifacts. Fetal MRI is usually indicated for confirming uncertain sonographic findings, or for the further evaluation of fetal malformations. Our purpose is to investigate fetal MRI indications preferred by the clinicians in our tertiary center.

Methods: We retrospectively evaluated 112 cases which underwent fetal MRI during a three-year period. We classified fetal lesions according to the organ systems, and determined the reasons why clinicians employed this method and the preferred indications.

Results: Of 112 fetuses which required fetal MRI examination, 68 had intracranial anomalies, 23 had maternal obesity, 8 had intraabdominal anomaly, 5 had intrathoracic anomalies, 4 had spinal cord anomaly, 1 had neck anomaly, 1 had genitourinary anomaly and 2 had other anomalies.

Conclusion: Intracranial pathology was the major indication for fetal MRI examination, as ventriculomegaly was the most frequently observed sub-group. We found additional findings changing the perinatal management in three (8.3%) of the cases which underwent further examination with MRI due to ventriculomegaly.

Keywords: Fetal, indication, magnetic resonance imaging.

Yazışma adresi: Dr. Serenat Eriş Yalçın, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum AD, Isparta. e-posta: serenateris@hotmail.com

Geliş tarihi: 23 Aralık 2017; **Kabul tarihi:** 26 Mart 2018

Bu yazının atf künyesi: Eriş Yalçın S, Yalçın Y, Tola EN, Yavuz A, Akkurt MÖ, Sezik M, Özkaya MO. Investigation of fetal magnetic resonance imaging indications. Perinatal Journal 2018;26(1):18-24.

©2018 Perinatal Tıp Vakfı

Bu yazının çevrimiçi İngilizce sürümü:
www.perinataljournal.com/20180261006
doi:10.2399/prn.18.0261006
Karekod (Quick Response) Code:



Giriş

Ultrasonografi (USG), diğer modalitelere göre daha ucuz oluşu, anne ve fetus üzerinde zararlı etkilerinin bulunmayışı ve gerçek zamanlı görüntülemeye olanak sağlaması dolayısıyla, fetal anatomiyi değerlendirmede tercih edilen primer tarama yöntemidir.^[1,2] Bununla birlikte küçük görüş alanı, fetal pozisyon bağımlılığı, maternal obezite ve oligohidramniyos durumunda görüntü kalitesinde azalma, bunlara ek olarak ileri gebelik haftalarında ossifikasyon nedeniyle intrakraniyal yapıların görüntülenmesinde zorluk gibi kısıtlılıkları mevcuttur.^[1-3] Bu nedenle ultrasonografi bulguları belirsiz veya eksik olduğunda ya da yeterli görüntüleme sağlanamadığında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) daha iyi perinatal danışmanlık görevi görebilir ve yönetim açısından değerli bir rol oynayabilir.

Günümüzde, ultra hızlı MRG tekniklerinin gelişmesi ve fetal hareket artefaktlarının minimize edilmesi ile fetal MRG giderek daha fazla kullanıma girmiştir. MRG daha iyi doku kontrastı, multiplanar görüntüleme olanağı sağlar ve sonografiden farklı olarak maternal obezite, fetal pozisyon, oligohidramniyos veya kemik artefaktlardan önemli ölçüde etkilenmez.^[4,5]

Fetal MRG genellikle kesin olmayan sonografik bulguları teyit etmek veya fetal malformasyonların ileri değerlendirilmesinde endikedir. Bu çalışmada amacımız, üçüncü basamak merkezimizde klinisyenler tarafından tercih edilen antenatal dönem MRG endikasyonlarının incelenmesidir.

Yöntem

2014–2018 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Kliniğine farklı endikasyonlarla, 17–35. gebelik haftalarında refere edilen fetal MRG olguları retrospektif olarak veri tabanı incelemesi ile çıkartıldı. Toplamda 112 olgunun demografik verileri ile prenatal ultrason bulguları, prenatal ve postnatal MRG sonuçları kayıt altına alındı.

Tüm sonografik değerlendirmeler, 2–7 mHz konveks abdominal proba sahip olan Voluson 730 ve E6 ultrason cihazı (General Electric, Tiefenbach, Avusturya) kullanılarak obstetrik sonografide deneyimli klinisyenler tarafından gerçekleştirilmiştir.

MRG incelemeleri ise 1.5 Tesla MRG cihazında (Magnetom Avento; Siemens Medical Solutions, Er-

langen, Almanya) gebelik haftasına göre supin veya sol yan dekübit pozisyonda, maternal-fetal sedasyon olmadan, kontrast madde kullanılmadan ve *phased-array* vücut sarmalı kullanılarak yapılmıştır. Yorumlamalar fetal MRG konusunda deneyimli aynı radyolog tarafından gerçekleştirilmiştir.

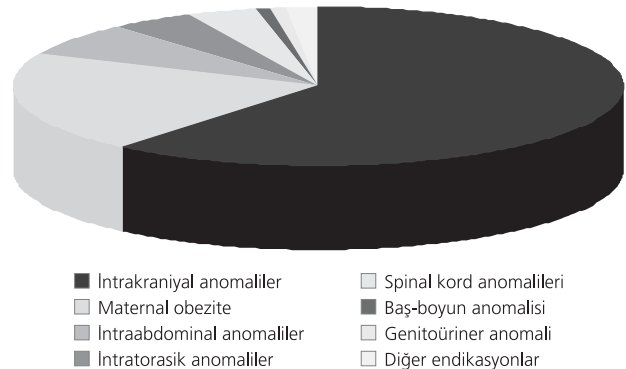
Fetal lezyonlar organ sistemlerine göre sınıflandırıldı. Sonografi ve MRG sonuçları uyum ya da tutarsızlıklar açısından incelendi. Klinisyenlerin bu modaliteye başvurma nedenleri ve tercih edilen endikasyonlar ortaya kondu.

Bulgular

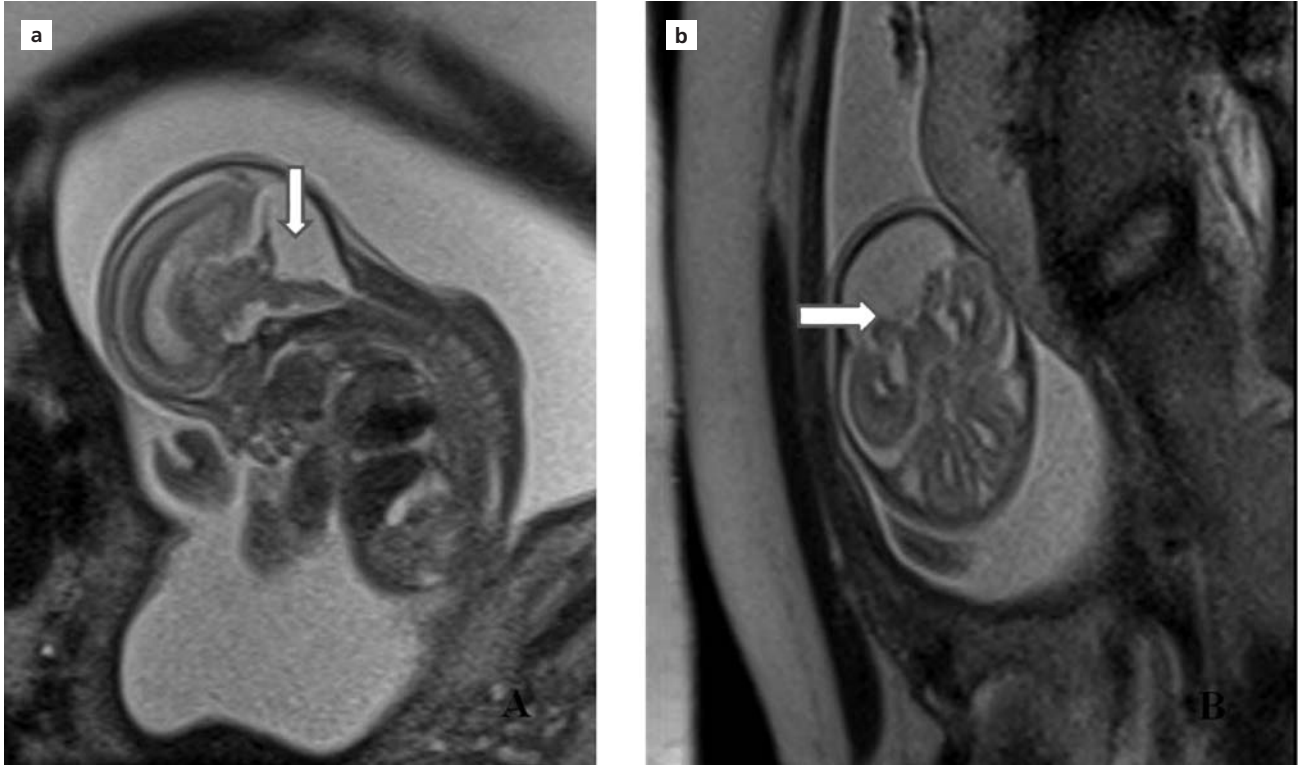
Olguların ortalama gestasyon yaşı 26.2 (aralık: 17–35) hafta olarak saptandı. Fetal MRG incelemesine 112 fetüsten; 68'inde (%60.7) intrakraniyal anomaliler, 23 olguda (%20.5) maternal obezite, sekiz olguda (%7.1) intraabdominal anomali, beş olguda (%4.4) intratorasik anomaliler, dört olguda (3.5) spinal kord anomalisi, bir olguda (%0.8) boyun anomalisi, bir olguda (%0.8) genitouriner anomali ve iki olguda (%1.7) da diğer anomaliler için başvurulmuştu (**Şekil 1**). İntrakraniyal patoloji, en sık saptanan alt grup ventrikülomegali olmak üzere, fetal MRG değerlendirmesi için majör endikasyon olarak saptandı.

Intrakraniyal anomaliler

68 hastanın 36'sında (%53) sonografik olarak tespit edilmiş ventrikülomegalinin ileri değerlendirmesi planlanmıştı. 17 olgu posterior fossa anomalileri (mega sisterna magna, serebellar hipoplazi/atrofi, Dandy-Walker



Şekil 1. Fetal MRG endikasyonlarının dağılımı.



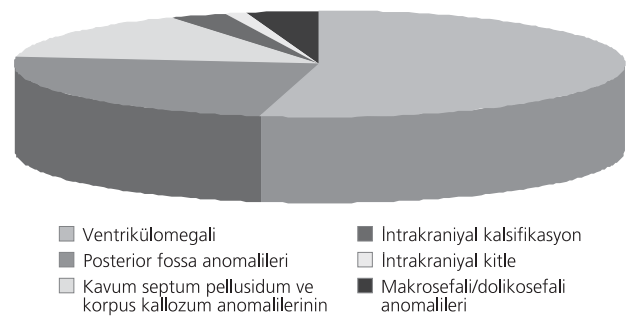
Şekil 2. Dandy-Walker malformasyonlu fetüste (a) sagittal ve (b) transaksiyel kesitlerde geniş posterior fossa ve serebellar vermis agenezisi (ok).

malformasyonu) (Şekil 2), 9 olguda kavum septum pellucidum ve korpus kallozum anomalilerinin ileri değerlendirilmesi, iki olguda intrakraniyal kalsifikasyon ve bir olguda şüpheli yer kaplayıcı oluşumun değerlendirilmesi, kalan üç olguda ise makrosefal/dolikosefal gelişimin değerlendirilmesi için bu modaliteye başvurulmuştu (Şekil 3).

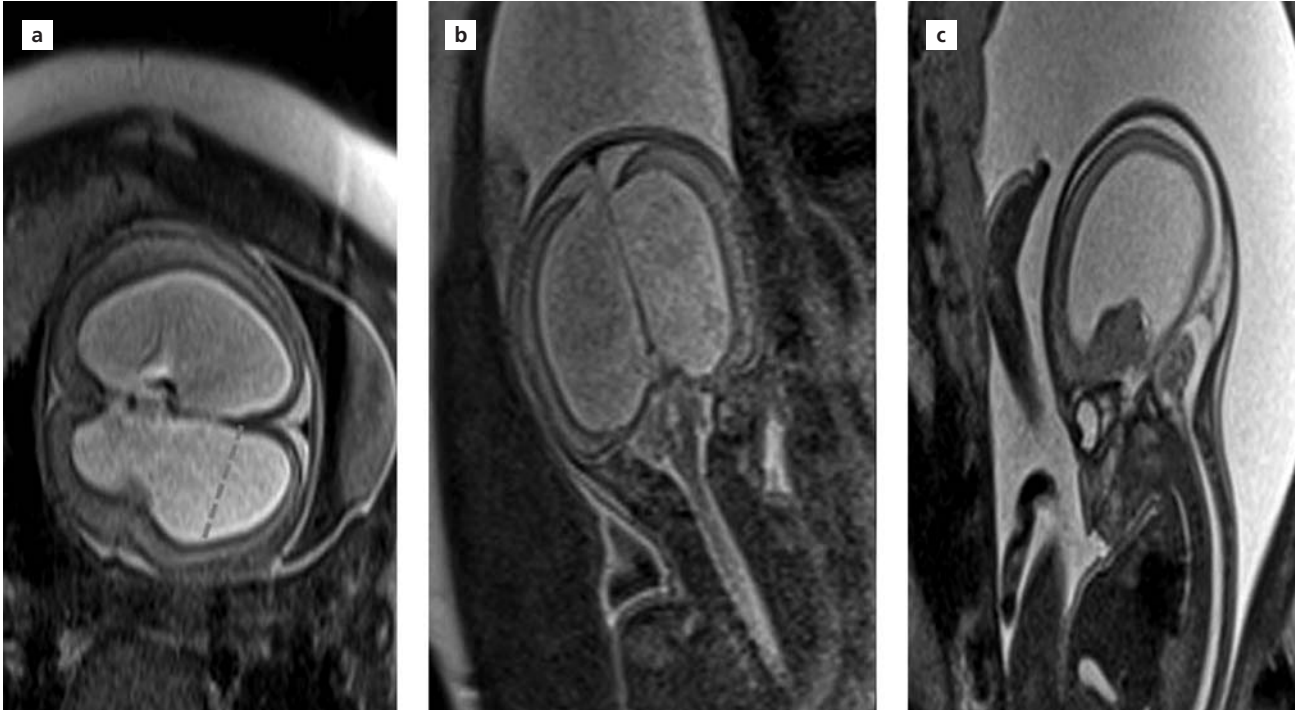
Altmış sekiz olgunun 42'sinde fetal MRG bulguları USG ile korele ve üç olguda antenatal sonografiye ek bulgular saptandı. İki olguda sonografide tespit edilemeyen giral anomaliler (lissensefali ve poligiri) ve bir olguda korpus kallozum agenezisi fetal MRG ile ortaya konmuştu (Şekil 4).

Postnatal bulgulara bakıldığında MRG ile normal olarak değerlendirilen 26 olgunun confirmasyonu için ek görüntüleme yapılmamıştı; izole hafif ventrikülo-megali saptanan 16 olgudan sekizi postnatal görüntülemelerde normal olarak değerlendirilmişti. 42 olgudan 10'una terminasyon önerilmiş, beş olguda terminasyon gerçekleştirilmişti; bu olgulardan biri prenatal sonografide tespit edilmeyip MRG ile ortaya konan korpus

kallozum agenezi vakası idi. Lissensefali tespit edilen olguya terminasyon önerilmiş ancak aile gebeliğin devamını talep etmişti. Dolikosefali ve hafif ventrikülo-megali nedeniyle değerlendirilen ve fetal MRG'de poligiri eşlik ettiği de belirlenen olguda distal trizomi 15q sendromu teşhis edilmiş ancak ileri gebelik haftası nedeniyle aileye terminasyon seçeneği sunulmamıştı.



Şekil 3. Intrakraniyal nedenlere bağlı endikasyonların dağılımı.



Şekil 4. (a) Aksiyel, (b) koronal ve (c) sagittal kesitlerde şiddetli ventrikülomegali ve lissensefali görünümü.

Intratorasik anomaliler

Beş olgunun üçünde konjenital diyafragma hernisi nedeniyle akciğer volüm değerlendirmesi amacıyla ve ikisinde MRG'de konfirme edilen pulmoner sekestrasyon şüphesi ile bu yöntemle başvurulmuştu. Diyafragma hernili olgulardan birine MRG'de konfirme edilen kötü prognostik faktörler nedeniyle terminasyon uygulanırken diğer iki olguda aile bilgilendirmesi sonrası takip kararı verilmişti.

İntraabdominal anomalilerden üç olguda, sonografide fetal abdomende farklı lokasyonlarda şüphelenilen kist/kitle MRG'de teyit edilememişti. Bir olguda batın ön duvar defekti ileri değerlendirmesi; gastroşizis/rüptüre omfalosel ayrımı açısından bu modaliteye başvurulmuş ve olgu gastroşizis olarak değerlendirilmişti. Dört olguda, sonografide midesi küçük izlenen/izlenemeyen polihidramniyos eşlik eden olgulardaki trakeo-özofageal fistül/atrezi araştırması açısından, fetal MRG istenmiş olup bu olgulardan birinde özofageal atrezi saptanarak pediatrik cerrahi bölümü ile konsültasyon ve operasyon planlaması prenatal dönemde sağlanmıştı.

Spinal kord anomalileri olan dört olgunun ikisinde sonografide izlenen nöral tüp defektinin prognoz açısın-

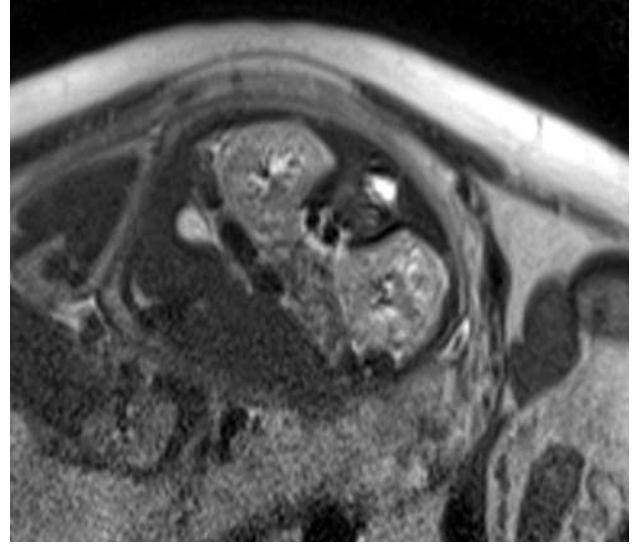
dan genişliğini tam olarak saptamak amacıyla ve kalan iki olguda da kitle şüphesi ile bu modaliteye başvurulmuş olup bu olgulardan birinde diastematomiyeli saptanmıştı. Boyun anomalileri olan bir olguda MRG'de konfirme edilemeyen fetal guatr şüphesi ile bu modaliteye başvurulmuştu. Ürogenital trakt anomalileri mevcut olan oligohidramniyoslu bir olguda renal değerlendirme için fetal MRG istenmiş ve sonuçta polikistik böbrek saptanmıştı (Şekil 5). Bu olgu ilerleyen haftalarda intrauterin kayıp ile sonlanmıştı.

Diğer endikasyonlar

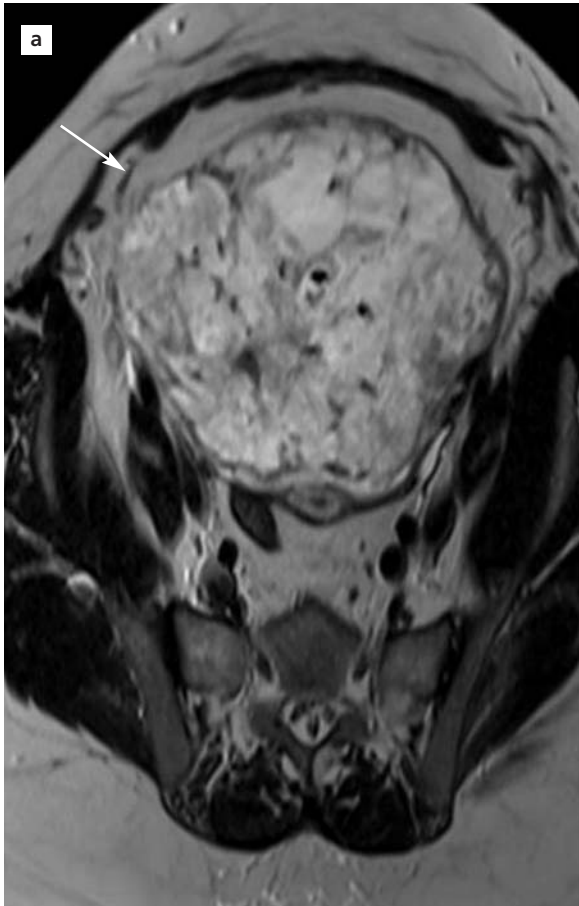
Yirmi üç olguda maternal obezite nedeniyle fetal değerlendirmede sonografinin yetersiz kaldığı düşünülerek MRG istenmişti. Bu olguların sekizinde üçlü tarama testinde alfa-feto protein (AFP) yüksekliği saptanmış ancak fetal sırt incelemesinde yetersiz kalınmıştı. 23 olgunun birinde ventrikülomegali izlenmiş, diğer olgularda fetal MRG'de anomali saptanmamıştı. Plasenta previa tespit edilmiş bir olguda plasental yapışma anomalilerinin değerlendirilmesi (Şekil 6) ve yine geniş amniyotik sheet izlenen bir olguda ileri değerlendirme açısından MRG yöntemine başvurulmuştu.

Tartışma

Ultrasonografi her zaman antenatal görüntülemenin temelini oluşturacak olsa da fetal MRG prenatal tanıda önemi giderek artan yardımcı bir yöntemdir. Röntgen ile bilgisayarlı tomografi taramalarının aksine, MRG iyonize radyasyonu kullanmaz. Hamile kalmış MR teknisyenlerinin de dahil olduğu çok sayıda çalışma, MRG'nin güvenilirliğini ve olumsuz klinik etkilerinin olmadığını göstermiştir.^[6-8] MRG'nin güvenilirliği araştırılmaya devam edilmesine rağmen, insan embriyoları ya da fetüsler üzerinde zararlı etkiler ürettiğine ilişkin herhangi bir kanıt yoktur.^[9-11] Ancak pratik olarak, teratojenite açısından temkinli olmak, küçük fetüslerde düşük sinyal-gürültü oranı ve fetal hareketin artması ve organ gelişiminin değerlendirme açısından yetersiz olması nedeniyle ikinci trimestere kadar beklemek tercih edilir. Intravenöz kontrast maddeye gelince, kanıtlanmış bir güvenlik



Şekil 5. Bilateral polikistik böbrek ile uyumlu MR görüntüsü.



Şekil 6. Plasenta previalı olguda (a ve b) fokal invazyon alanı (ok) ile uyumlu görünüm.

düzeyi olmadığından kullanımından kaçınılır.^[12,13] Bizim merkezimizde de en erken tetkik uygulaması 17 hafta idi ve birinci trimester döneminde hiçbir olguda fetal MRG yöntemine başvurulmamıştı.

Fetal MRG öncelikli olarak sonografik olarak şüphelenilen bir anomalinin varlığını teyit etmek için kullanılır. Anormalliğin karakterize edilmesine ek olarak, ultrasonografi ile tespit edilmemiş ek bulgular da sağlayabilir. Fetal MRG endikasyonları, perinatal yönetimdeki bölgesel farklılıklar, hekim ve teknisyen deneyimi, uygun cihazın bulunma durumu ve fetal cerrahiye erişim gibi bazı faktörlere bağlı olduğu için merkezler arasında değişkenlik gösterebilir.^[3] Bazı merkezlerde fetal MRG normal ultrason varlığında bile fetüsün yüksek risk altında olduğu düşünüldüğünde kullanılmaktadır.^[14]

Şüpheli merkezi sinir sistem anomalileri, özellikle de beyin anomalileri fetal MRG için en yaygın endikasyondur. Fetal beyin MRG'si için en yaygın üç endikasyon ise ventrikülomegali, posterior fossa ve korpus kallozum anomalileri olarak saptanmıştır.^[3-5,15] Bizim çalışmamızda da intrakraniyal patoloji, en sık saptanan alt grup ventrikülomegali olmak üzere, fetal MRG değerlendirmesi için majör endikasyon idi.

Ventrikülomegali saptanan fetüslerin önemli bir kısmında eşlik eden yapısal veya kromozomal bir anormallik olabilir. İzole ventrikülomegali olanların daha iyi nörogelişimsel sonuca sahip olmaları nedeniyle, eşlik eden bir anomalinin varlığı veya yokluğu prognoz üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.^[2,6] Ventrikülomegali ultrasonla iyi bir şekilde görüntülenebilmesine rağmen, eşlik eden anomaliler sonografik değerlendirmeye saptanamayabilir. Fetal MRG'nin USG'ye göre ek faydası iki alanda değerlendirilir; bunların ilki, gebeliğin tedavisi planında değişikliğe yol açmadan ek tanısal veriler elde edilmesi, diğeri ise MRG ile elde edilen ek tanısal verilerin gebeliğe sonraki yaklaşımda değişikliklere yol açması şeklindedir. Örneğin Rossi ve Prefumo'nun çalışmasında MRG %65.4 olguda USG bulgularını konfirme ederken %22.1 fetüste ek bulgular sağlamıştı. %30 gibi yüksek oranda olguda ise MRG ile sonografi birbirinden o kadar farklıydı ki perinatal yönetim değişiklik göstermişti. Anlaşmazlık çoğunlukla orta hat anomalilerinde gözlenmişti.^[16] Amini ve ark.'nın çalışmasında da MRG %55 olguda ek bulgu sağlamadan sonografiyi konfirme ederken, %35 olguda perinatal yönetimi değiştirmeyen ek bulgular tespit etmiş ve %10 olguda da gebeliğe yaklaşımı değiştiren ek veriler sağlamıştı. Bu olgularda yeni veriler ışığında gebeliklerin terminasyonu sağlanmıştı.^[17]

Bizim çalışmamızda da ventrikülomegali nedeniyle fetal MRG çekilen 36 olgudan üçünde ek anomaliler saptanmış ve MRG fetal prognoz için verilen danışmanlığa katkı sağlamıştır. Bu olgulardan ikisinde terminasyon seçeneği gündeme gelirken diğeri olguda ileri hafta nedeniyle bu seçenek düşünülmemiş ancak yenidoğanın postnatal yönetimi ile ilgili gerekli bölümlerle prenatal dönemde planlama olanağı sağlanmıştır.

Korpus kallozum ve posterior fossa anomalilerinde, MRG'nin multiplanar özelliği bu yapıların daha detaylı değerlendirilmesine olanak sağlarken, yine prognozda önemi olan eşlik eden anomalilerin saptanmasında da yararlıdır.^[15] Konjenital diyafragma hernili fetüslerde pulmoner hipoplazi neonatal mortalite ve morbiditeyi etkileyen en önemli faktördür.^[1-3] Bizim de merkezimizde tercih ettiğimiz üzere fetal MRG ile akciğer hacim ölçümleri neonatal sağkalım tahmini ile perinatal yönetim katkısı sağlamaktadır. Lee ve ark.'nın, fetal MRG'den elde edilen toplam akciğer volümü ile konjenital diyafragma hernisi sonuçlarını araştırdığı çalışmasında; toplam akciğer volümü 40 mL'den büyük hastalarda sağkalım %90 iken, 20 mL'den az olanlarda %35 olarak saptanmıştır. Total akciğer volümü ile ekstrakorporeal membran oksijenasyonu ihtiyacı arasında anlamlı ilişki gözlenmiştir.^[18] Çalışmamızda yer alan üç diyafragma hernili olgudan birinde fetal MRG'den elde edilen veriler ışığında terminasyon planlanırken, diğeri iki olguda iyi prognoz düşünülerek takip kararı alınmıştı.

Obstetrik ultrasonografideki önemli teknik ilerlemelere rağmen maternal obezitenin ses dalgalarının yayılımı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle bu hasta grubunda fetal sonografide zorluklar yaşanmaktadır.^[19] Önceki çalışmalarda özellikle kalp ve serebrospinal sıvıların değerlendirilmesinde yeterli görüntü elde etmekteki zorluklar üzerinde durulmuştur. Obezitenin obstetrik görüntüleme üzerindeki negatif etkilerinin üstesinden gelebilmek adına fetal MRG gibi komplementer görüntü modalitelerinin kullanılması önerilir.^[20] Bizim merkezimizde de 23 olguda obezite nedeniyle fetal sonografide yetersiz kalınmış, özellikle nöral tüp defekti taramasında kullanılan AFP değerlerinin yüksek olduğu grupta batın ön duvarı ve fetal sırt değerlendirmesinde fetal MRG yöntemine başvurulmuştur. MRG fetal kardiyak yapıların değerlendirilmesinde fetal ekokardiyografiden üstün değildir. Bu nedenle bu hasta grubunda ek katkısı tartışmalıdır.^[3] Merkezimizde kardiyak anomali nedeniyle MRG uygulanan hasta saptanmamıştır.

Sonuç

Sonuç olarak sonografinin yetersiz kaldığı hallerde uygun perinatal yönetim ve danışmanlık için fetal MRG giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır. MR cihazlarının daha ulaşılabilir olması, bu alandaki uzmanlığın artması ve MRG teknolojisindeki ileri gelişmeler bu modalitenin perinatoloji alanında daha yaygın kullanımı ile sonuçlanacaktır. Ancak fetal MRG'nin gereksiz kullanımı hasta-da anksiyete ve artmış maliyet yükü ile ilişkilidir. Obstetrik yönetimde rol alan klinisyenlerin radyologlarla işbirliği, doğru endikasyonların seçiminde ve gereksiz uygulamaların önüne geçilmesinde yararlıdır.

Çıkar Çakışması: Çıkar çakışması bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Rathee S, Joshi P, Kelkar A, Seth N. Fetal MRI: a pictorial essay. *Indian J Radiol Imaging* 2016;26:52–62.
2. Robinson I. Fetal magnetic resonance imaging: a valuable diagnostic tool. *Infant* 2009;5:124–6.
3. Patenaude Y, Pugash D, Lim K, Morin L; Diagnostic Imaging Committee; Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. The use of magnetic resonance imaging in the obstetric patient. *J Obstet Gynaecol Can* 2014;36:349–63.
4. Sohn YS, Kim MJ, Kwon JY, Kim YH, Park YW. The usefulness of fetal MRI for prenatal diagnosis. *Yonsei Med J* 2007;48:671–7.
5. Daire A, Andronikou S, Boutall A, Constantatos S, Stewart C, Candy SE. Evaluation of fetal MRI in a South African referral centre. *S Afr Med J* 2015;105:930–3.
6. Coakley FV, Glenn OA, Qayyum A, Barkovich AJ, Goldstein R, Filly RA. Fetal MRI: a developing technique for the developing patient. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:243–52.
7. Kok RD, de Vries MM, Heerschap A, van den Berg PP. Absence of harmful effects of magnetic resonance exposure at 1.5 T in utero during the third trimester of pregnancy: a follow-up study. *Magn Reson Imaging* 2004;22:851–4.
8. Baker PN, Johnson IR, Harvey PR, Gowland PA, Mansfield P. A three-year follow-up of children imaged in utero with echo-planar magnetic resonance. *Am J Obstet Gynecol* 1994;170(1 Pt 1):32–3.
9. Yip YP, Capriotti C, Talagala SL, Yip JW. Effects of MR exposure at 1.5 T on early embryonic development of the chick. *J Magn Reson Imaging* 1994;4:742–8.
10. Tyndall DA. MRI effects on craniofacial size and crown-rump length in C57BL/6J mice in 1.5T fields. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;76:655–60.
11. Chen MM, Coakley FV, Kaimal A, Laros RK Jr. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. *Obstet Gynecol* 2008;112:333–40.
12. Brasseur-Daudruy M, Ickowicz V, Eurin D. Fetal MRI: indications, limits and dangers. [Article in French] *Gynecol Obstet Fertil* 2007;35:678–83.
13. Garcia-Bournissen F, Shrim A, Koren G. Safety of gadolinium during pregnancy. *Can Fam Physician* 2006;52:309–10.
14. Glenn OA, Barkovich J. Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: an increasingly important tool in prenatal diagnosis: part 2. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27:1807–14.
15. Glenn OA. MR imaging of the fetal brain. *Pediatr Radiol* 2010;40:68–81.
16. Rossi AC, Prefumo F. Additional value of fetal magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of central nervous system anomalies: a systematic review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014;44:388–93.
17. Amini H, Axelsson O, Raiend M, Wikström J. The clinical impact of fetal magnetic resonance imaging on management of CNS anomalies in the second trimester of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2010;89:1571–81.
18. Lee TC, Lim FY, Keswani SG, Frischer JS, Haberman B, Kingma PS, et al. Late gestation fetal magnetic resonance imaging-derived total lung volume predicts postnatal survival and need for extracorporeal membrane oxygenation support in isolated congenital diaphragmatic hernia. *J Pediatr Surg* 2011;46:1165–71.
19. Tsai PJ, Loichinger M, Zalud I. Obesity and the challenges of ultrasound fetal abnormality diagnosis. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2015;29:320–7.
20. Maxwell C, Glanc P. Imaging and obesity: a perspective during pregnancy. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:311–9.