

KISA RAPOR**SHORT REPORT****SUBARAKNOİD KANAMA TANISINDA MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME BULGULARI****Dilaver KAYA*, Ercan KARARSLAN**, Alp DİNÇER******Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji* ve Radyoloji** Anabilim Dalı, İSTANBUL****ÖZET**

Akut inme semptomları ile başvuran hastalarda nörogörüntüleme yapılması yaşamsal öneme sahiptir. Akut inme tanısında ilk başvuru değerlendirmesinde kullanılan standart inceleme yöntemi kontrastsız bilgisayarlı tomografidir (BT). Konvansiyonel BT incelemenin beyin kanamalarının tanısındaki hassasiyeti oldukça fazladır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda gradient recalled echo (GRE) MRG'nin, subaraknoid kanama tanısında kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu sekans deoksi-hemoglobinin paramagnetik özelliğine dayanır. Akut inme semptomları ile gelen hastalarda beyin kanaması tanısında MRG inceleme, BT inceleme kadar güvenle kullanılabilir. Bu yazıda, akut inme vakalarına ait MRG incelemelerde, subaraknoid kanama bulguları sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Manyetik rezonans görüntüleme, Gradient recalled echo MRG, Subaraknoid kanama

MAGNETIC RESONANCE IMAGING FINDINGS IN THE DIAGNOSIS OF SUBARACHNOID HEMORRHAGE**ABSTRACT**

Neuroimaging plays a crucial role in the evaluation of patients presenting with acute stroke symptoms. Noncontrast computed tomography (CT) is the standart brain imaging study for the initial evaluation of the patients with acute stroke symptoms. Conventional CT has excellent capacity to delineate the presence of brain hemorrhage. Recent study showed that subarachnoidal hemorrhage can be diagnosed on gradient recalled echo (GRE) MRI. This sequence detects the paramagnetic effects of deoxyhemoglobin. MRI may be as accurate as CT for the detection of acute hemorrhage in patients presenting with acute stroke symptoms. In this report, the findings of subarachnoid hemorrhage on MRI are presented in cases of acute stroke.

Key Words: Magnetic resonance imaging, Gradient recalled echo MRI, Subarachnoid hemorrhage

GİRİŞ

Akut inme semptomları ile başvuran hastalarda ilk tercih edilecek standart inceleme yöntemi beyin tomografisidir (BT).^{1,2} Klasik bilgilerimize göre hemorajik inme tanısındaki üstün inceleme BT iken, iskemik inmelerde manyetik rezonans görüntüleme (MRG) daha üstündür. Bilgisayarlı tomografinin, akut kanamaların saptanmasındaki duyarlılığı oldukça iyi olsa da, kronik kanamalarda ve iskeminin erken döneminde bilgi sağlamaması en büyük dezavantajını oluşturmaktadır. MRG sekanslarının artması ve kullanım alanlarının genişlemesi ile kullanımı giderek yaygınlaşan, gradient recalled-echo (GRE) veya susceptibility weighted imaging (SWI) sekansları ile beyin kanamalarının tanısı konulabilmektedir.^{3,4} Akut subaraknoid kanama tanısında oldukça önemli bilgiler sağlayabilen FLAIR inceleme ile birlikte GRE veya SWI sekanslarından birinin rutin incelemelere dahil edilmesi ile MRG'nin kanamalar konusundaki eksikliğini giderebileceği gösterilmiştir.⁵

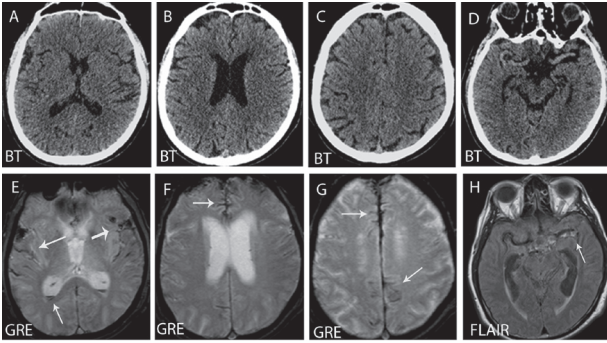
Akut inme ile başvuran hastaların yaklaşık % 80'nin iskemik inme olması ve erken dönemde iskemik inme varlığının kanıtlanabilmesini

sağladığından MRG'nin ilk inceleme olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. İskemi gibi kanamalarında, MRG'de yüksek güvenilirlikle saptanabilmesi bu incelemenin önemini arttırmıştır. İntrakranial akut kanamanın saptanmasında, GRE sekansının dahil edildiği 1.5 Tesla MRG ile BT eşit güvenilirlikte iken, kronik kanamaların saptanmasında 1.5 Tesla MRG, BT'den daha üstündür.^{6,7}

Burada akut nörolojik yakınma ile başvuran hastalarda, son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan, değişik MRG sekanslarında saptanan kanama özellikleri sunulmuştur.

1. Vaka: 57 y erkek hasta, motosiklet kazası sonrası yere düştüğünde kafasını yere çarpmıştı. Kafa travması sonrasında, başağrısı yakınması başlamış, bulantı kusma olmamış, kuvvet kaybı olmamıştı. Ağrısının geçmemesi nedeni ile hasta travma sonrası ikinci saatte acil serviste görüldü. Nörolojik muayenede bilinci açık koopere ve oryante olan hastanın ense sertliği yoktu. Göz dibi incelemesi, motor, duyu ve serebeller muayenesi de normaldi. Patolojik refleksi yoktu. Nörolojik defisiti olmayan hastanın kranial BT

incelemesinin normal gelmesi üzerine, kranial MRG çekimi yapıldı. GRE'de silviyan fissürlerde ve anterior interhemisferik aralıktaki hipointens sinyallerin olduğu, FLAIR incelemede de subaraknoid aralıkta hiperintensite olduğu gözlemlendi. Diğer sekanslarda patolojik bulgu saptanmadı bu bulguların akut subaraknoid kanama ile uyumlu olduğu düşünüldü. Tanı lomber ponksiyon ile doğrulandı (Şekil 1).



Şekil 1

Şekil 1: Aksiyel; BT incelemelerde A-D: Normal, E-G: GRE incelemelerde, heriki silviyan fissürde, interhemisferik sulkuslarda ve ventrikül içinde hipointensite, H: FLAIR incelemede sol orta serebral arter komşuluğunda subaraknoid aralıkta hiperintensitenin subaraknoid kanama ile uyumlu olduğunu düşündürmüştür.

2. Vaka: 56 y kadın hasta, hafif başağrısı, bulantı sonrası, uykuya eğilimin artması yakınmaları ile semptom başlangıcının 30. dakikasında acil servise başvurdu. Geldiğinde bilinci açık uykuya eğilimi olan hastanın travma öyküsü yoktu, kan basıncı 130/70 mm/Hg idi. Hastanın uykuya eğilimi giderek artıyordu. Sağ tarafta belirgin quadriparesisi vardı. Plantar yanıtları bilateral ekstansordu. Hasta hızla ilerleyen bir klinikle semptom başlangıcının erken döneminde başvurduğundan ayırıcı tanıda

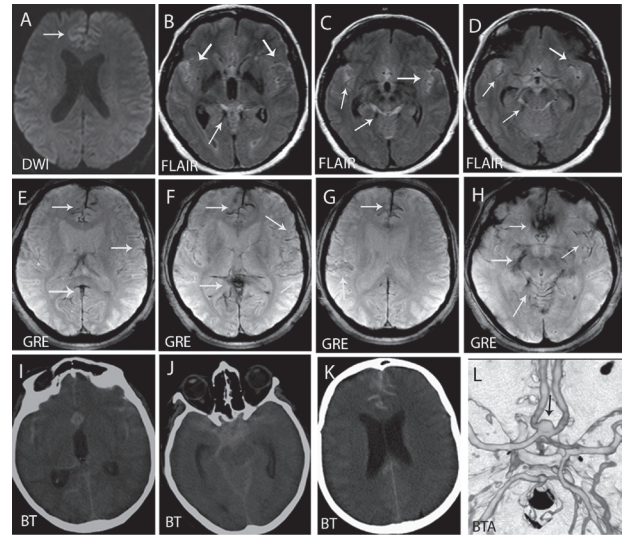
Tablo 1: Görüntüleme yöntemlerinin beyin kanamalarına duyarlılıkları

	Akut	Subakut	Kronik
BT	+	+	-
MRG	GRE*, + SWI**, FLAIR (SAK)	GRE + SWI, FLAIR, T1, T2	GRE, + SWI, FLAIR, T1, T2

BT: Bilgisayarlı tomografi, **MRG:** Manyetik rezonans görüntüleme, **GRE:** Gradient-eko, **SWI:** Susceptibility weighted imaging, **FLAIR:** Fluid-attenuated inversion recovery, **SAK:** Subaraknoid kanama.

Türk Serebrovasküler Hastalıklar Dergisi 2010 16:3; 85-89

baziller arter trombozunun da olabileceği ve t-PA yapılabileceği düşünüldüğünden ilk olarak MRG çekimine alındı. MRG'de difüzyon incelemede frontal bölgede anterior serebral arter alanında difüzyon kısıtlanması olduğu gözlemlendi. Heriki silviyan fissürde, bazal sisternalarda, perimezensefalik sisternada, anterior ve posterior interhemisferik sulkuslarda, GRE incelemede izlenen hipointens ve FLAIR incelemelerde izlenen hiperintens görüntünün, akut subaraknoid kanama ile uyumlu olduğu düşünüldü. Yapılan BT anjiyografide anterior serebral arterde anevrizma olduğu saptandı, difüzyon incelemedeki kısıtlanmanın vazospazma bağlı gelişen iskemiye bağlı olduğu düşünüldü (Şekil 2).

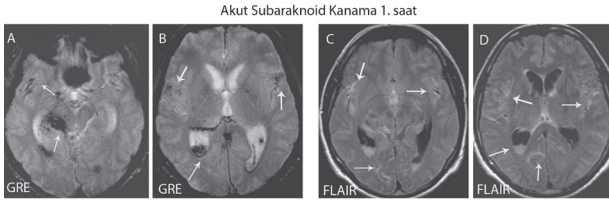


Şekil 2

Şekil 2: Aksiyel A: DWI incelemede anterior serebral arter trasesi komşuluğunda bilateral difüzyon kısıtlanması, B-D: FLAIR incelemelerde heriki silviyan fissür, bazal sisternalarda hiperintensite, E-G: GRE incelemelerde, hemisferin dış tarafında giral paternde subaraknoid aralıkla uyumlu bölgelerde, heriki silviyan ve interhemisferik sulkuslarda belirgin hipointensite, I-K: BT incelemelerde bazal sisternalar, heriki silviyan fissürde hiperdensite, L: BT anjiyografide anterior kominikan arterde anevrizma

3. Vaka: 47 yaşındaki erkek hastaya 1 yıl önce PICA anevrizması nedeni ile endovasküler koil embolizasyonu yapılmış. Son günlerde başağrısı olmuş, aktif konumda iken aniden başağrısı artmış ve bayılmış. Nörolojik incelemesinde bilinci açık koopere, oryante, konuşma anlama doğal, şüpheli ense sertliği mevcuttu. Kranial sinirler normal, sağ tarafta 3/5 kas gücü vardı. Derin tendon refleksleri normal, sağ plantar yanıt ekstansor, sol taraf ilgisizdi. Hastanın kranial MRG'sinde heriki silviyan fissürde, subaraknoid aralıkla

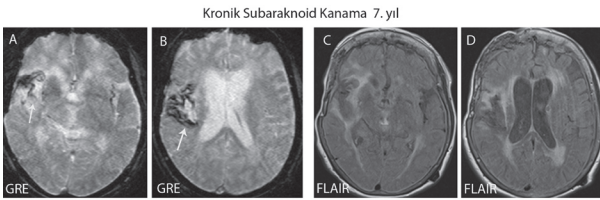
uyumlu bölgelerde, sağ lateral ventrikül içinde GRE incelemede hipointens, FLAIR incelemede hiperintens izlenen görünümün akut subaraknoid kanama ile uyumlu olduğu düşünüldü (Şekil 3).



Şekil 3

Şekil 3: Aksiyel A-B: GRE incelemede ventrikül içinde, her iki silviyan fissürde bazal sisternada hipointensite; C-D: FLAIR incelemede her iki serebral hemisferde sulkuslarda giral paternde, silviyan fissürde ve ventrikül içinde hiperintensite akut subaraknoid kanama ile uyumlu bulunmuştur.

4. Vaka: 64 yaşında kadın hasta, sol fokal motor sekonder jeneralize epileptik nöbet sonrasında başvurdu. Hastanın, 7 yıl önce subaraknoid kanamaya bağlı sol hemiparezi öyküsü vardı. İlk defa nöbet geçirmiş, nöbeti birkaç dakikada bitmiş ve postiktal dönemi olmuştu, hastanın ek yakınması olmamıştı. Nörolojik incemesinde bilinci açık koopere oryante konuşma anlama doğal sekel sol santral fasial paralizi ve sol hemiparezi mevcuttu. Yeni nörolojik defisit gelişmemişti. Hastanın kraniyal MRG'sinde sağ silviyan fissür ve derin yapılarda GRE incelemelerde belirgin lineer hipointens görünümün subaraknoid kanamaya bağlı olduğu düşünüldü. FLAIR incelemede aynı bölgelerde hiperintensitenin gözlenmemesi olayın akut değil, kronik subaraknoid kanamanın doğal görüntüsü olduğunu düşündürdü. Bulgular, 7 yıl önce subaraknoid kanama geçirme öyküsü ile de uyumlu idi. Hastanın görüntülemelerinde yeni gelişen lezyon saptanmadı (Şekil 4).

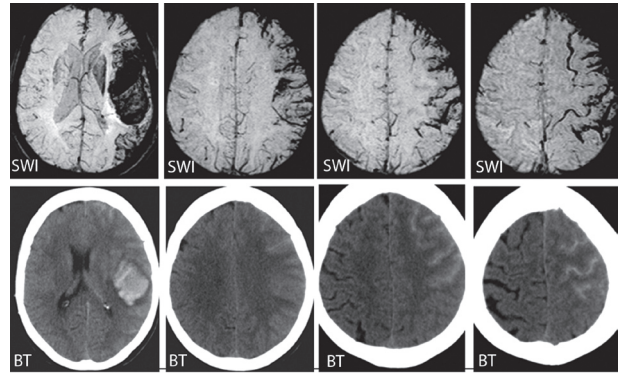


Şekil 4

Şekil 4: Aksiyel A-B: GRE incelemede sağ silviyan fissürde belirgin hipointensite subaraknoid kanama ile uyumlu olup, C-D: FLAIR incelemelerde aynı bölgede gliosis izlenmekte olup bulgular kronik subaraknoid kanama ile uyumlu bulunmuştur.

5. Vaka: 73 yaşında kadın hasta, ani gelişen konuşma bozukluğu, başağrısı, sağ tarafta

kuvvetsizlik ve yere düşme yakınmaları nedeni ile acil servise başvurdu. Olay sırasında kan basıncı 210/100 mm/Hg idi. Önceden hipertansiyon öyküsü olan hastanın nörolojik incelemesinde bilinci açık ama global afazik, sağ santral fasial paralizi ve sağ hemiplejisi vardı, sağ tarafta derin tendon refleksleri artmıştı, sağ tarafta plantar yanıt ekstansordu. Hastanın kraniyal MRG'sinde SWI incelemede sol temporal bölgede kitle etkisi yapan belirgin hipointens lezyonun parankimal hematoma ile uyumlu olduğu düşünüldü. Subaraknoid aralıkla uyumlu bölgelerde, lineer hipointensitelerin subaraknoid kanama ile uyumlu olduğu düşünüldü. Anevrizma olup olmadığını araştırmak için yapılan BT ve BT anjiyografi incelemesi ile tanı doğrulandı, sol orta serebral arterde anevrizma saptandı (Şekil 5).



Şekil 5

Şekil 5: Aksiyel SWI incelemelerde sol parietelde belirgin hipointens alan ve sulkuslarda subaraknoid aralıkla uyumlu bölgede belirgin hipointensite. BT incelemelerde SWI ile uyumlu olarak, ilişkili bölgelerde hipodansite, akut subaraknoid kanama ile uyumlu bulunmuştur.

TARTIŞMA

Akut inme kliniği ile başvuran hastalarda doğru tanının konulması ve etkin tedavi seçeneklerinin değerlendirilebilmesi açısından nöro-görüntüleme yöntemleri yaşamsal öneme sahiptir. Kraniyal görüntüleme yapmadan kanama ve iskemi ayırımı yapma imkanı bulunmamaktadır. Öykü ve muayene ile bazı hastalarda kanama olasılığının daha yüksek olduğunu öngörüp ilk inceleme olarak BT'yi tercih etmemiz ve kanamanın varlığını kanıtlayabilmemiz mümkündür. Birçok vakada ise iskemi olasılığının daha yüksek olduğunu düşünüp MRG'yi tercih edebiliriz ancak böyle bir vakanın kanama çıkma olasılığı da bulunmaktadır ve kanamanın MRG'deki bulgularına dikkat

edilmesi, hayati önem taşımaktadır. Akut inme değerlendirmesinde gecikmeye neden olmadan MRG kullanılabileceği, gerekli tüm sekansları ile MRG incelemenin akut inmeli bir hastada, 10-15 dakikada tamamlanabileceği gösterilmiştir.^{8,9}

Beyin kanamalarında doku içine sızan kan ve kan ürünlerinde bulunanoksi-hemoglobin zamanla oksijenini kaybederek deoksi-hemoglobine dönüşür. Oksi-hemoglobin diamagnetik bir molekül olmasına karşın deoksi-hemoglobin paramagnetik bir moleküldür.¹⁰ Doku içinde deoksi-hemoglobin miktarı giderek artmakta ve MRG'de sinyal kaybına (hipointensiteye) neden olmaktadır. Adeta endojen kontrast madde gibi davranan deoksi-hemoglobinin yarattığı bu magnetik etkiye hassas olan ve MRG'de sinyal kaybı (hipointensite) oluşan sekans GRE incelemesidir.¹¹

Akut inme şüphesi olan hastalar başvuruda MRG ile değerlendirilecek ise rutin sekanslara FLAIR ile birlikte GRE incelemenin de dahil edilmesi önerilmektedir.¹² Bu sekanslar sayesinde MRG'de kanama varlığı doğrulanabilir ve akut/kronik kanama ayırımı yapılabilir. Beyin kanamasına bağlı olarak parankimde veya subaraknoid aralıkta kalan ve uzaklaştırılmayan paramagnetik moleküllerin yıllar sonra bile GRE incelemede sinyal kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Şekil 4). Bir başka söyleme ile GRE inceleme, hastada kanama tanısını konulmasını sağlayabilir ancak akut/kronik kanama ayırımı bu sekans ile yapılamaz. Akut/kronik kanama ayırımı için FLAIR inceleme ile birlikte değerlendirme yapılması önerilmektedir. FLAIR incelemede akut kanama, her zaman hiperintens olarak izlenmektedir (Şekil 3,4). Bu hiperintensite ortalama 18 gün devam etmekte, maksimum 45 güne kadar izlenebilmektedir.¹³ Yapılan deneysel ve klinik çalışmalarda subaraknoid kanama tanısında FLAIR incelemenin, BT'den daha hassas olduğu da gösterilmiştir.^{14,15,16,17} Ancak FLAIR incelemeler artefaktlara çok duyarlıdır. Subaraknoid alanda izlenen her hiperintensite subaraknoid kanama tanısı için yeterli olmamakta, leptomeningeal patolojiler ile beyin omurilik sıvısı ve vasküler yapılara ait pulsasyonlar da subaraknoid aralıkla uyumlu bölgelerde bu artefakta ait hiperintens görüntü verebilmektedir.^{18,19,20} Leptomeningeal patolojileri, artefaktları ekarte edebilmek, intrakraniyal kanama varlığını gösterebilmek, akut/kronik kanama ayırımını yapabilmek için GRE ve FLAIR incelemelerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.²¹

T1 ve T2 incelemeler akut kanamaların

saptanmasında hassasiyetleri oldukça az iken, subakut ve kronik kanamaların saptanmasında oldukça hassastırlar.^{22,23} Çok daha yakın zamanda kullanıma giren ve bir nevi gradient eko sekansından geliştirilmiş olan SWI sekansı, kan ürünlerinin gösterilmesi konusunda son derece hassastır, bu inceleme subaraknoid kanamalar açısından BT'den ve parankimal kanamaların saptanması açısından, GRE sekansından daha üstün olduğu da gösterilmiştir (Şekil 5).²⁴

İlk vakamız travma sonrasında başvurmuştu, nörolojik defisiti yoktu ve BT incelemesi de normaldi. Ancak GRE sekansı sayesinde hastada subaraknoid kanama olduğu anlaşıldı ve tanı lomber ponksiyon ile doğrulandı. İkinci vakamızda başağrısı yakınması hafif olarak başlamıştı ve çok ön planda değildi, daha çok ilerleyen arka sistem iskemik inme kliniği ile başvurmuştu ve kliniği hızla kötüye gidiyordu. Arka sistem inme ve trombolitik tedavi şansı açısından, tıkalı damarı göstermek amacı ile hasta ilk inceleme olarak MRG'ye alınmıştı. Hastanın difüzyon incelemesinde de, anterior serebral arter trasesinde küçük bir alanda difüzyon kısıtlanması görüldü. TOF MRA'da tüm major vasküler yapılar açık olarak izleniyordu ve bu difüzyon kısıtlanması hastanın kliniğini izah etmiyordu. Diğer sekanslardan GRE ve FLAIR incelemeler hastada akut subaraknoid kanama olduğunu, difüzyon kısıtlanmasının anevrizmaya bağlı spazm sonucu geliştiğini düşündürdü. Akut inmede MRG kullanımında tüm sekansların birlikte kullanımının önemini göstermesi ve kanama özellikleri açısından bu vaka önemlidir.

Akut ve kronik subaraknoid kanama ayırımının yapılması açısından üçüncü ve dördüncü vakalara ait bulgular önemlidir. Sadece GRE inceleme ile karar verilmesi durumunda her iki hasta içinde subaraknoid kanama tanısı doğru bir şekilde konulabilir. Ancak tek başına GRE inceleme ile kanamanın yaşı belirlenemeyeceğinden, hastalara zararlı olabilecek gereksiz girişim ve tedavi seçeneklerini gündeme almayı gerektirebilir. Aynı tanılara sahip olan bu vakalarda, doğru yaklaşımı ve tedavi sürecini belirleyebilmek açısından akut/kronik kanama ayırımı, FLAIR incelemelerdeki bulgularla yapılmıştır. MRG incelemenin multisekans olduğu ve tüm sekansları dikkatlice değerlendirmeden karar verilmesinin, doğru tanı ve tedavi seçeneklerinin belirlenmesinden uzaklaştırabileceği unutulmamalıdır. Son vakada yeni kullanıma giren SWI sekansının kanama alanını BT'deki alandan daha büyük göstermesi, bu sekansın,

kanamaya olan duyarlılığını göstermesi açısından önemlidir.

Sonuçolarakuygunsekanslarla değerlendirildiğinde MRG incelemenin kanamalar konusundaki eksikliği giderilebilmektedir. Birden fazla sekansın birlikte değerlendirilmesi ile oldukça fazla bilgiye ulaşma olanağı bulunmaktadır. Ancak hangi görüntüleme yöntemi kullanılırsa kullanılsın hiçbir inceleme yöntemi subaraknoid kanama varlığını % 100 güvenilirlikle ekarte edememektedir. Eğer klinik tablo gerektiriyorsa, görüntülemeler normal gözükse bile doğru tanı için lomber ponksiyon yapılması gereklidir. MRG'deki gelişmelere rağmen özellikle kanama şüphesi varlığında, BT halen tüm dünyada ilk tercih edilecek incelemedir. Bu yazıda vurgulanmak istenen MRG'nin üstünlüğü değil, klinisyenlere sunduğu olanakların tartışılmasıdır. Bir merkez için en iyi nörogörüntüleme yönteminin, tüm ekibin yimidört saat, yedi gün rahatlıkla ulaşım, değerlendirebildiği, deneyimlerini kullanabildiği, yöntem olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Broderick JP, Adams HP, Barsan W et al. Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage. *Stroke* 1999;30:905-915.
2. Adams HP, Adams RJ, Brott T, et al. Guidelines for the early management of patients with ischemic stroke. *Stroke* 2003;34:1056-1083.
3. Edelman RR, Johnson K, Buxton R, Shoukimas G, Rosen BR, Davis KR, Brady TJ. MR of hemorrhage: a new approach. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1986;7(5):751-6.
4. Patel MR, Edelman RR, Warach S. Detection of hyperacute primary intraparenchymal hemorrhage by magnetic resonance imaging. *Stroke.* 1996;27(12):2321-4.
5. Tong KA, Ashwal S, Holshouser BA, Shutter LA, Herigault G, Haacke EM, Kido DK. Hemorrhagic shearing lesions in children and adolescents with posttraumatic diffuse axonal injury: improved detection and initial results. *Radiology* 2003;227(2):332-9.
6. Fazekas F, Kleinert R, Roob G, Kleinert G, Kapeller P, Schmidt R, et al. Histopathologic analysis of foci of signal loss on gradient-echo T2*-weighted MR images in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage: evidence of microangiopathy-related microbleeds. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999;20(4):637-42.
7. Fiebach JB, Schellinger PD, Gass A, Kucinski T, Siebler M, Villringer A, et al. Stroke magnetic resonance imaging is accurate in hyperacute intracerebral hemorrhage: a multicenter study on the validity of stroke imaging. *Stroke* 2004;35(2):502-6.
8. Kidwell CS, Chalela JA, Saver JL, et al. Comparison of MRI and CT for detection of acute intracerebral hemorrhage. *JAMA* 2004;292:1823-1830.
9. Kang DW, Chalela JA, Dunn W, Warach S; NIH-Suburban Stroke Center Investigators. MRI screening before standard tissue plasminogen activator therapy is feasible and safe. *Stroke* 2005;36(9):1939-43.
10. Reichenbach JR, Venkatesan R, Schillinger DJ, et al. Small vessels in the human brain: MR venography with deoxyhemoglobin as an intrinsic contrast agent. *Radiology* 1997;204(1):272-77.
11. Ogawa S, Lee TM, Kay AR, et al. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc Natl Acad Sci USA* 1990;87:9868-72.
12. Wintermark M, Albers GW, Alexandrov AV, Alger JR, Bammer R, Baron JC, et al. Acute stroke imaging research roadmap. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008;29(5):e23-30.
13. Noguchi K, Ogawa T, Seto H, Inugami A, Hadeishi H, Fujita H, et al. Subacute and chronic subarachnoid hemorrhage: diagnosis with fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging. *Radiology* 1997;203(1):257-62.
14. Woodcock RJ Jr, Short J, Do HM, Jensen ME, Kallmes DF. Imaging of acute subarachnoid hemorrhage with a fluid-attenuated inversion recovery sequence in an animal model: comparison with non-contrast-enhanced CT. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22(9):1698-703.
15. Noguchi K, Ogawa T, Inugami A, Toyoshima H, Sugawara S, Hatazawa J, et al. Acute subarachnoid hemorrhage: MR imaging with fluid-attenuated inversion recovery pulse sequences. *Radiology* 1995;196(3):773-7.
16. Noguchi K, Seto H, Kamisaki Y, Tomizawa G, Toyoshima S, Watanabe N. Comparison of fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging with CT in a simulated model of acute subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21(5):923-7.
17. Wiesmann M, Mayer TE, Yousry I, Medele R, Hamann GF, Brückmann H. Detection of hyperacute subarachnoid hemorrhage of the brain by using magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 2002;96(4):684-9.
18. Mohamed M, Heasley DC, Yagmurlu B, Yousem DM. Fluid-attenuated inversion recovery MR imaging and subarachnoid hemorrhage: not a panacea. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25(4):545-50.
19. Bakshi R, Caruthers SD, Janardhan V, Wasay M. Intraventricular CSF pulsation artifact on fast fluid-attenuated inversion-recovery MR images: analysis of 100 consecutive normal studies. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21(3):503-8.
20. Cianfoni A, Martin MG, Du J, Hesselink JR, Imbesi SG, Bradley WG, Bydder GM. Artifact simulating subarachnoid and intraventricular hemorrhage on single-shot, fast spin-echo fluid-attenuated inversion recovery images caused by head movement: A trap for the unwary. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27(4):843-9.
21. Singer MB, Atlas SW, Drayer BP. Subarachnoid space disease. *Radiology* 1998;208:417-422.
22. Atlas SW, Thulborn KR. MR detection of hyperacute parenchymal hemorrhage of the brain. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998;19(8):1471-7.
23. Linfante I, Llinas RH, Caplan LR, Warach S. MRI features of intracerebral hemorrhage within 2 hours from symptom onset. *Stroke* 1999;30(11):2263-7.
24. Wu Z, Li S, Lei J, An D, Haacke EM. Evaluation of traumatic subarachnoid hemorrhage using susceptibility-weighted imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31(7):1302-10.