

Derleme

Anevrizma Cerrahisinde İntraoperatif Görüntüleme Teknikleri ve Olgu Yönetimi

Intraoperative Imaging Techniques in Aneurysm Surgery and Case Management

Ümit EROĞLU¹, Fatih YAKAR², Hasan Çağlar UĞUR¹

¹Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Kars Harakani Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Kars, Türkiye

ÖZ

Anevrizma cerrahisinde, etkin kliplene hedefine yönelik olarak intraoperatif görüntüleme yöntemleri önemli yardımcılarıdır. Cerrahi esnasında klibin anevrizma boynunu tam olarak kapatıp kapatamadığı, rezidü varlığı ve ana arterlerin kliplene nedeniyle daralması durumlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece postoperatif dönemde iskemik olayların ve yeniden cerrahi gereksiniminin önüne geçilebilir. Mikroskopta yapılan gözlem tek başına bu değerlendirmede yetersiz kalacağından dolayı, intraoperatif görüntüleme teknikleri hayati önem taşımaktadırlar. Anevrizmaların tam olarak kapatılmasını ve ana arterin açıklığını değerlendirmede altın standart yöntem intraoperatif anjiyografi olsa da, son dönemde indosiyanın yeşili anjiyografisi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca vasküler hemodinamiyi değerlendirmek için mikrodoppler ultrasonografi de yardımcı bir yöntemdir. Bu makalede anevrizma cerrahisinde intraoperatif görüntüleme yöntemleri literatür eşliğinde tartışılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Anevrizma, Anjiyografi, İndosiyanın yeşili anjiyografi, Mikrodoppler ultrasonografi

ABSTRACT

Intraoperative imaging methods are important aids for the purpose of effective clipping during aneurysm surgery. It is necessary to evaluate whether the clip can completely close the aneurysm neck, the residual aneurysm and whether the main arteries are narrowed due to clipping to avoid postoperative ischemic events and re-surgery. Pure microscopic evaluation will be insufficient and intraoperative imaging techniques are of vital importance. Although the gold standard method for evaluating the complete closure of aneurysms and evaluating the parent artery patency is intraoperative angiography, indocyanine green angiography is also being widely used in recent times. Microdoppler ultrasonography is also an adjunct method to assess vascular hemodynamics. In this paper, intraoperative imaging methods in aneurysm surgery have been discussed with a review of relevant literature.

KEYWORDS: Aneurysm, Angiography, Microdoppler ultrasonography, Indocyanine green angiography

■ GİRİŞ

Anevrizma cerrahisinde temel olarak iki prensip mevcuttur. İlki anevrizma kesesinin tamamen kapatılarak vasküler sistemden izole edilmesi, ikincisi ise sereb-

ral kan akımının herhangi bir daralmaya sebebiyet verilmekten korunmasıdır (3). Nörovasküler cerrahi sırasında iskemik olaylar, postoperatif dönemdeki yeni nörolojik defisitlerin en sık nedenlerinden birisidir (14). Rezidü anevrizma dolumu, ana arter stenozu ve perforan arterlerin basıya maruz kalması



Yazışma adresi: Ümit EROĞLU

E-posta: umitkovikeroglu@hotmail.com

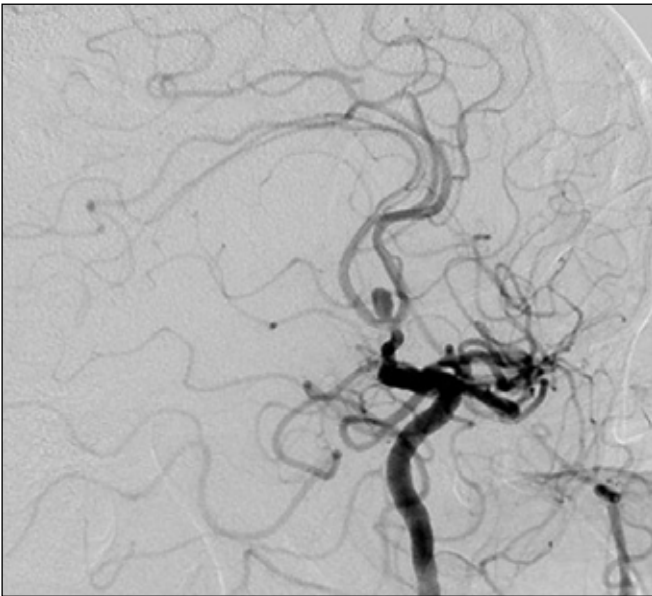
anevrizma cerrahisinin önemli komplikasyonlarıdır (7). Rezidü anevrizma dolumu farklı serilerde %3,9-%12 oranında bildirilmiştir (12,35,38). Anevrizmanın inkomplet kapatılması kanama riskini arttıracaktır (36). İntraoperatif görüntüleme teknikleri iskemik durumları azaltmakla birlikte, ek cerrahi işlem gereksinimi ya da inkomplet kapatılmış vasküler lezyonlar hakkında bilgi verir (14).

Operasyon mikroskobu ile vasküler yapılar gözlenebilse de damarların açıklığı ve rezidü anevrizma dolumu mikroskopla izlenemeyeceği için intraoperatif görüntüleme yöntemleri gerekmektedir (14). Özellikle lobüle anterior komunikan arter anevrizmalarında mikroskobik değerlendirme yetersiz kalacaktır (36). Anevrizma kliplenmesini takiben, kliplenmenin uygun olup olmadığını anlamak amacıyla kullanılabilen intraoperatif görüntüleme yöntemleri intraoperatif anjiyografi (DSA), indosiyanın yeşili videoanjiyografi (ICG-VA) ve mikrodoppler ultrasonografi'dir (MDU).

Cerrah kullanacağı görüntüleme yöntemlerinin güçlü ve zayıf yönlerini bilmelidir ve tercihini buna göre yapmalıdır (14). Güncel literatür bilgileri derlenerek, nörovasküler cerrahideki intraoperatif görüntüleme yöntemlerini tartışmak amacıyla bu makale hazırlanmıştır.

■ İNTRAOPERATİF ANJİYOGRAFI (DİJİTAL SUBTRAKSİYON ANJİYOGRAFI-DISA)

Anevrizmaların tam olarak kapatılmasını ve ana arterin açıklığını değerlendirmede halen altın standart olan yöntemdir (Şekil 1) (17). Birçok yazar tarafından intraoperatif DSA'nın etkinliği değerlendirilmiş olup etkin ve doğru bir yöntem olduğu bildirilmiştir (7,29,37). Chalouhi ve ark. tarafından 1093 vasküler olgunun değerlendirildiği ve hastaların tamamına intraoperatif DSA yapılan bu çalışmada, DSA'da saptanan bulguların yardımıyla hastaların %8'inde klip revizyonu



Şekil 1: Anterior komunikan arter anevrizmasının intraoperatif DSA ile görüntülenmesi.

yapılmıştır ve 101 arteriyovenöz malformasyon hastasının 9'unda ise rezidü saptanarak ek cerrahi girişimler planlanmıştır (7).

Martin ve ark. ise 57 anevrizma hastasına intraoperatif DSA uygulamış ve 5 hastada (%8,8) klip revizyonu gerekmiştir. Postoperatif dönemde yapılan kontrol DSA'larda intraoperatif DSA'da gözden kaçan rezidü anevrizma oranını %3,5 (2 hasta) olarak saptamışlardır (26).

DSA tekniğinin komplikasyonları ve teknik zorlukları da göz önünde bulundurulmalıdır (15). Barrow ve ark. intraoperatif DSA uyguladıkları 115 hastanın ikisinde komplikasyon bildirmişlerdir. Bunlar semptomatik olmayan anterior serebral arter embolisi ve aort diseksiyonu sonucu ölümle sonuçlanan komplikasyonlardır (6). Martin ve ark.nın serisinde kalıcı nörolojik defisit oranı %2,9 olarak saptanmıştır (26).

Deneyimli radyoloji ekibi gereksinimi, ameliyat süresinin uzaması, radyolüsen ameliyat masası ve C kolu ihtiyacı bu tekniğe ait zorluklardır. Fakat yine de, kompleks anatomik alanlardaki vasküler lezyonlar için en iyi selektif yöntemdir (17).

■ İNDOİYANİN YEŞİLİ VİDEOANJİYOGRAFI (ICG-VA)

ICG-VA uzun yıllar retinal mikrosirkülasyonu göstermek amacıyla oftalmolojide kullanılmıştır (2). İlk kez 2003 yılında Raabe ve ark. tarafından nöroşirürjikal operasyonlarda kullanılmaya başlanmıştır (31). ICG vücutta değişmeden hepatik sistemden atılır ve majör komplikasyon oranı oldukça düşüktür. İntravenöz olarak hastaya uygulanır, hızlıca plazma proteinlerine bağlanır ve 30 saniye içinde serebrovasküler dolaşıma ulaşır (32). Yarılanma ömrü 2,4 dakikadır ve re-enjeksiyonu mümkündür (8). ICG-VA gerçek zamanlı rezidü anevrizma dolumu ve perforan arterler de dahil olmak üzere sahadaki her arterin açıklığı hakkında yüksek çözünürlüklü görüntü sağlar (Şekil 2) (31).

ICG-VA'nın intraoperatif DSA'ya karşı üstünlükleri: daha hızlı görüntü elde edilebilmesi, ICG-VA esnasında cerrahi alanda manipülasyon yapılabilmesi ve küçük perforan arterleri dahi değerlendirebilmeyi sağlayan yüksek çözünürlük özelliğidir (24). Katz ve ark. intraoperatif olarak rezidü anevrizma dolumu ve ana arter stenozunu saptama açısından her iki yöntemi karşılaştırdıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptamışlardır (24). ICG-VA intaoperatif ve postoperatif DSA ile karşılaştırıldığında klip re-pozisyonu ve ana arterin stenozu saptama oranları benzerdir (32,39,40).

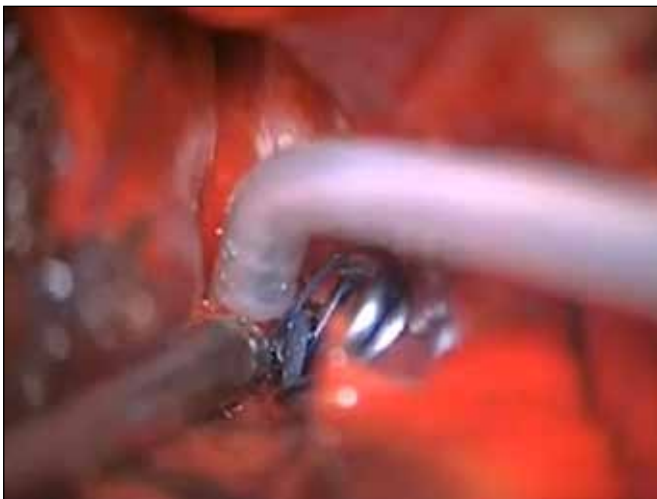
Riva ve ark. yaptığı literatür derlemesinde mikroskobik olarak gözden kaçan ve ICG-VA'da saptanan hatalı kliplene oranı %6,1 iken, ICG-VA'da gözden kaçan ve DSA'da saptanan hatalı kliplene oranı %4,5 olarak saptanmıştır (33). Hardesty ve ark. ise bu iki yöntemi güvenilirlik, etkinlik ve maliyet açısından 100'er hasta değerlendirerek karşılaştırmışlardır. Klip yeniden konumlandırılması ve ana arter tıkanıklığı saptama oranları ve yanlış negatiflik oranları açısından anlamlı farklılık saptanmamış olup maliyet ICG-VA'da daha düşük saptanmıştır (19). Dashti ve ark. anevrizma kliplenesinin yapıldığı ve intraoperatif ICG-VA ile değerlendirilen 239 hastanın %6'sında

postoperatif görüntülemelerde rezidü saptamıştır (9). Özgiray ve ark. intraoperatif ICG-VA kullandıkları 4 anevrizma hastasında, bu yöntemin anevrizma kesesindeki akımı göstermede yetersiz kaldığı ve 1 hastada ise rezidü anevrizma boynunu atlattığını bildirmişlerdir (28). İntraoperatif DSA ve ICG-VA'nın etkinliğinin karşılaştırıldığı birçok seride uyum oranı %90-%100 olarak bildirilmiştir (9,18,22,23). Fakat Washington ve ark. ise intraoperatif ICG-VA ve intraoperatif DSA'yı karşılaştırdıkları çalışmalarında %14,3 (7/49 olgu) uyumsuzluk saptamışlardır. Washington ve ark. iki tekniğin birlikte kullanımının daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (40).

ICG'nin kliplleme öncesi enjeksiyonu ICG-VA'da anevrizma değerlendirmesinde yanıltıcı olabilir. Bunun nedeni anevrizma domunda, klip bıçakları tarafından ICG tutulmasıdır (10). ICG'nin doku penetrasyonu düşüktür. ICG-VA'nın görüş alanı mikroskobun gördüğü cerrahi saha ile sınırlı olduğu için bu durum anevrizma, klip ya da beyin parankimi tarafından örtülmüş vasküler yapıların değerlendirilmesini güçleştirir.



Şekil 2: Anevrizma kliplemesini takiben ICG-VA ile rezidü anevrizma varlığı ve ana arterlerin dolum kontrolü görülmektedir.



Şekil 3: İntraoperatif dönemde kliplleme sonrası anevrizma domu ve ana arterlerin hemodinamisi MDU ile değerlendirilmektedir.

Ek olarak ileri derecede kalsifiye ya da kompleks vasküler yapıları olan hastalarda, kısmi trombozu olan anevrizmalarda DSA ile görüntüleme daha uygun olacaktır. Bununla birlikte intraoperatif DSA, postoperatif DSA ile karşılaştırıldığında %5-8 oranında beklenmedik damar daralması veya anevrizma dolumu saptanması nedeniyle kusursuz bir yöntem değildir (30).

İntraoperatif boya maddesi olarak sodyum floresein kullanımına dair yayınlar da bulunmaktadır (21). Mikroskoptaki ölü açılı bölgelerdeki kan akışını ortaya koyduğu için, bu yeni materyalin kullanımının anevrizma ameliyatlarında etkili bir yöntem olabileceği bildirilmiştir (20).

■ MİKRODOPPLER ULTRASONOGRAFİ (MDU)

Doppler ultrasonografi ilk olarak serebral hemodinaminin değerlendirilmesi için ekstrakranial damarlarda kullanılmıştır (36). Aaslid ve ark. doppler tekniğini serebral damarların transkraniyal olarak gözlenmesi için modifiye etmiştir (1). Serebral damarların direkt olarak değerlendirilebilmesi ise Nornes ve ark.(27) ve Gilsbach'ın (16) yaptığı çalışmalarla geliştirilen mikroproplar ile mümkün olabilmektedir (Şekil 3).

İntraoperatif MDU cerrahi sahadaki vasküler yapıların hemodinamisini değerlendirmede invazif olmayan, ucuz, kolay, güvenli ve güvenilir bir yöntemdir. Siasios ve ark. literatürdeki 19 seriyi değerlendirerek en yüksek yanlış pozitiflik oranını %2, yanlış negatiflik oranını en yüksek %1,6 olarak saptamışlardır ve MDU'un etkin bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (34). Operasyon esnasında vasküler daralmaları hızlıca saptayarak cerraha anlık geri bildirim sağlaması operasyon başarısını etkilemektedir. Anevrizmanın kapanma oranı ve ana arterin klip nedeniyle daralması hakkında sağladığı bilgilerin intra/postoperatif DSA ile yüksek oranda uyumlu olduğu birçok yazar tarafından bildirilmiştir (4,13,25,34).

Kompleks anatomik yapılarda bile anevrizma kesesindeki akım paternini tayin edebilir. Akım yönünün belirlenmesinde ve vazospazmı algılamada yüksek oranda duyarlılığa sahiptir (5). Fakat MDU anevrizma kesesinin tamamen kapanması konusunda fikir verse de rezidü anevrizma boynu hakkında fikir vermez (36).

Ayrıca teknolojinin nörovasküler cerrahiye sunduğu yeni bir imkan ise hibrid suit sistemlerdir. C kolu kullanımını ve hastanın pozisyonunu değiştirmeyi gerektirmeyen, intraoperatif DSA ve MRG'nin mikrocerrahi ile aynı anda kullanımı sağlayan uygulanabilir ve güvenli sistemlerdir (11).

■ KAYNAKLAR

1. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H: Non-invasive transcranial doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 57: 769-774, 1982
2. Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, Pättilä T, Spillmann T, Tuchin VV, Venermo M, Välisuo P: A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. Int J Biomed Imaging 2012: 940585, 2012

3. Allcock JM, Drake CG: Postoperative angiography in cases of ruptured intracranial aneurysm. *J Neurosurg* 20:752-759, 1963
4. Amin-Hanjani S, Meglio G, Gatto R, Bauer A, Charbel FT: The utility of intraoperative blood flow measurement during aneurysm surgery using an ultrasonic perivascular flow probe. *Neurosurgery* 58(4 Suppl 2):ONS-305-12; discussion ONS-312, 2006
5. Bailes JE, Tantuwaya LS, Fukushima T, Schurman GW, Davis D: Intraoperative microvascular doppler sonography in aneurysm surgery. *Neurosurgery* 40: 965-970, 1997
6. Barrow DL, Boyer KL, Joseph GJ: Intraoperative angiography in the management of neurovascular disorders. *Neurosurgery* 30: 153-159, 1992
7. Chalouhi N, Theofanis T, Jabbour P, Dumont AS, Fernando Gonzalez L, Starke RM, Dalyai RT, Hann S, Rosenwasser R, Tjoumakaris S: Safety and efficacy of intraoperative angiography in craniotomies for cerebral aneurysms and arteriovenous malformations: A review of 1093 consecutive cases. *Neurosurgery* 71: 1162-1169, 2012
8. Cherrick GR, Stein SW, Leevy CM, Davidson CS: Indocyanine green: Observations on its physical properties, plasma decay, and hepatic extraction. *J Clin Invest* 39: 592-600, 1960
9. Dashti R, Laakso A, Niemela M, Porras M, Hernesniemi J: Microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography during surgery of intracranial aneurysms: The Helsinki experience. *Surg Neurol* 71: 543-550, 2009
10. Della Puppa A, Rustemi O, Scienza R: The "ICG Entrapment Sign" in cerebral aneurysm surgery assisted by indocyanine green videoangiography. *World Neurosurg* 97: 287-291, 2017
11. Fandino J, Taussky P, Marbacher S, Muroi C, Diepers M, Fathi AR, Remonda L: The concept of a hybrid operating room: Applications in cerebrovascular surgery. *Acta Neurochir Suppl* 115: 113-117, 2013
12. Feuerberg I, Lindquist C, Lindqvist M, Steiner L: Natural history of postoperative aneurysm rests. *J Neurosurg* 66: 30-34, 1987
13. Firsching R, Synowitz HJ, Hanebeck J: Practicability of intraoperative microvascular doppler sonography in aneurysm surgery. *Minim Invasive Neurosurg* 43: 144-148, 2000
14. Fredrickson VL, Russin JJ, Strickland BA, Bakhsheshian J, Amar AP: Intraoperative imaging for vascular lesions. *Neurosurg Clin N Am* 28(4): 603-613, 2017
15. Friedman JA, Kumar R: Intraoperative angiography should be standard in cerebral aneurysm surgery. *BMC Surg* 9: 7, 2009
16. Gilsbach JM: Mikrovaskuläre intraoperative doppler sonographie. *Ultraschall Med* 5: 246-254, 1984
17. Goren O, Monteith SJ, Hadani M, Bakon M, Harnof S: Modern intraoperative imaging modalities for the vascular neurosurgeon treating intracerebral hemorrhage. *Neurosurg Focus* 34(5): E2, 2013
18. Gruber A, Dorfer C, Standhardt H, Bavinzski G, Knosp E: Prospective comparison of intraoperative vascular monitoring technologies during cerebral aneurysm surgery. *Neurosurgery* 68: 657-673, 2011
19. Hardesty DA, Thind H, Zabramski JM, Spetzler RF, Nakaji P: Safety, efficacy, and cost of intraoperative indocyanine green angiography compared to intraoperative catheter angiography in cerebral aneurysm surgery. *J Clin Neurosci* 21(8):1377-1382, 2014
20. Hashimoto K, Kinouchi H, Yoshioka H, Kanemaru K, Ogiwara M, Yagi T, Wakai T, Fukumoto Y: Efficacy of endoscopic fluorescein video angiography in aneurysm surgery-novel and innovative assessment of vascular blood flow in the dead angles of the microscope. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 13(4): 471-481, 2017
21. Ichikawa T, Suzuki K, Watanabe Y, Sato T, Sakuma J, Saito K: Development of and clinical experience with a simple device for performing intraoperative fluorescein fluorescence cerebral angiography: Technical notes. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 56(3):141-149, 2016
22. Imizu S, Kato Y, Sangli A, Oguri D, Sano H: Assessment of incomplete clipping of aneurysms intraoperatively by a near-infrared indocyanine green-video angiography (Niic-Va) integrated microscope. *Minim Invasive Neurosurg* 51: 199-203, 2008
23. Jing Z, Ou S, Ban Y, Tong Z, Wang Y: Intraoperative assessment of anterior circulation aneurysms using the indocyanine green video angiography technique. *J Clin Neurosci* 17: 26-28, 2010
24. Katz JM, Gologorsky Y, Tsiouris AJ, Wells-Roth D, Mascitelli J, Gobin YP, Stieg PE, Riina HA: Is routine intraoperative angiography in the surgical treatment of cerebral aneurysms justified? A consecutive series of 147 aneurysms. *Neurosurgery* 58(4): 719-727, 2006
25. Marchese E, Albanese A, Denaro L, Vignati A, Fernandez E, Maira G: Intraoperative microvascular doppler in intracranial aneurysm surgery. *Surg Neurol* 63: 336-342, 2005
26. Martin NA, Bentson J, Viñuela F, Hieshima G, Reicher M, Black K, Dion J, Becker D: Intraoperative digital subtraction angiography and the surgical treatment of intracranial aneurysms and vascular malformations. *J Neurosurg* 73: 526-533, 1990
27. Nornes H, Grip A, Wikeby P: Intraoperative evaluation of cerebral haemodynamics using directional doppler technique: Part 2: Saccular aneurysms. *J Neurosurg* 50: 570-577, 1979
28. Ozgiray E, Akture E, Patel N, Baggott C, Bozkurt M, Niemann D, Baskaya MK: How reliable and accurate is indocyanine green video angiography in the evaluation of aneurysm obliteration? *Clin Neurol Neurosurg* 115: 870-878, 2012
29. Pai BS, Muralimohan S: Intraoperative angiography in aneurysm surgery: An initial experience. *Neurol India* 58: 571-575, 2010
30. Payner TD, Horner TG, Leipzig TJ, Scott JA, Gilmore RL, DeNardo AJ: Role of intraoperative angiography in the surgical treatment of cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 88: 441-448, 1998
31. Raabe A, Beck J, Gerlach R, Zimmermann M, Seifert V: Near-infrared indocyanine green video angiography: A new method for intraoperative assessment of vascular flow. *Neurosurgery* 52: 132-139, 2003

32. Raabe A, Nakaji P, Beck J, Kim LJ, Hsu FP, Kamerman JD, Seifert V, Spetzler RF: Prospective evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *J Neurosurg* 103:982–989, 2005
33. Riva M, Amin-Hanjani S, Giussani C, De Witte O, Bruneau M: Indocyanine green videoangiography in aneurysm surgery: Systematic review and meta-analysis. *Neurosurgery* 2017 Aug 2. doi: 10.1093/neuros/nyx387 [Epub ahead of print]
34. Siasios I, Kapsalaki EZ, Fountas KN: The role of intraoperative micro-doppler ultrasound in verifying proper clip placement in intracranial aneurysm surgery. *Neuroradiology* 54:1109–1118, 2012
35. Stellar S: Intraoperative angiography in cerebral aneurysm surgery: A prospective study of 100 craniotomies. *Neurosurgery* 40: 1108, 1997
36. Stendel R, Pietilä T, Al Hassan AA, Schilling A, Brock M: Intraoperative microvascular doppler ultrasonography in cerebral aneurysm surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 68(1): 29-35, 2000
37. Tang G, Cawley CM, Dion JE, Barrow DL: Intraoperative angiography during aneurysm surgery: A prospective evaluation of efficacy. *J Neurosurg* 96: 993–999, 2002
38. Thornton J, Bashir Q, Aletich VA, Debrun GM, Ausman JI, Charbel FT: What percentage of surgically clipped intracranial aneurysms have residual necks? *Neurosurgery* 46: 1294–1298, 2000
39. Wang S, Liu L, Zhao Y, Zhang D, Yang M, Zhao J: Evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *Neurosurg Rev* 34: 209–215, 2010
40. Washington CW, Zipfel GJ, Chicoine MR, Derdeyn CP, Rich KM, Moran CJ, Cross DT, Dacey RG Jr: Comparing indocyanine green videoangiography to the gold standard of intraoperative digital subtraction angiography used in aneurysm surgery. *J Neurosurg* 118: 420–427, 2013