

Derleme

Bazal Ganglia Kanamaları

Basal Ganglia Hemorrhage

Mehmet Yiğit AKGÜN, Cihan İŞLER

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Hemorajik inmenin en sık görülen tipi olan spontan intraserebral hemoraji (İSH), inme ile ilişkili mortalite ve morbiditenin önde gelen nedenidir ve topluma büyük ekonomik yük oluşturmaktadır. Kontrolsüz hipertansiyon spontan İSH'nin en sık nedenidir. Nörogörüntülemelemedeki gelişmeler, organize inme bakım merkezi, özel nöro yoğun bakımlar ve cerrahi yönetim genel anlamda İSH yönetiminin önemli gelişmeler göstermesini sağlamıştır. Vasküler nöroloji, vasküler beyin cerrahisi, fizik tedavi ve rehabilitasyon uzmanından oluşan multidisipliner yaklaşım anahtar rol oynamaktadır. Erken yaş ve hematoma volümü basal ganglia hemorajilerinde kanama kaynağını saptamada en önemli belirleyicilerdir. Spontan İSH'lerde günümüze kadar en sık kullanılan geleneksel cerrahi girişim kraniyotomi ile hematoma boşaltılmasıdır. Teknolojideki gelişmeler ile minimal invaziv cerrahi ile ponksiyon ve drenaj, endoskopik cerrahi gibi yeni geliştirilen yöntemler spontan İSH tedavisinde giderek artan sıklıkla kullanılmaktadır. Navigasyon kılavuzluğunda hematoma ponksiyonu ve aspirasyonu da basit, efektif ve güvenli bir şekilde hipertansif basal ganglia hemorajilerinde kullanılabilir. Tüm bu gelişmelere rağmen İSH'li hastalarda cerrahi tedavinin tam olarak fayda sağlayıp sağlamadığı literatürde hâlâ tartışılan konulardan birisidir. Literatürdeki bilgi birikimi arttıkça spontan İSH yönetimi ile ilgili daha doğru ve güncel bilgiler edinileceği yadsınamaz bir gerçektir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Bazal ganglia, Hemoraji, Endoskopik cerrahi, Vasküler, Minimal invaziv cerrahi

ABSTRACT

Intracerebral haemorrhage (ICH) is the most devastating and disabling type of stroke. Uncontrolled hypertension (HTN) is the most common cause of spontaneous ICH. Recent advances in neuroimaging, organised stroke care, dedicated Neuro-ICUs, and medical and surgical management have improved the management of ICH. A multidisciplinary approach is recommended, with participation of vascular neurology, vascular neurosurgery, critical care, and rehabilitation medicine as the main players. Young age and hematoma volume are significant predictors for detection of a bleeding source in the event of basal ganglia hemorrhage. To date, craniotomy has been the most commonly used surgical intervention for spontaneous ICH. With advances in technology, minimally invasive surgery, including endoscopic surgery (ES) and minimally invasive puncture and drainage (MIPD), is expected to be one of the most promising surgical procedures for the treatment of spontaneous ICH, particularly deep hematomas. Moreover navigation-guided hematoma puncture aspiration and catheter drainage is simple, effective, and safe as a treatment for hypertensive basal ganglia hemorrhage. However, the usefulness of surgery for most patients with ICH is uncertain. The role of surgical hematoma evacuation for deep or ganglionic hematomas remains controversial.

KEYWORDS: Basal ganglia, Hemorrhage, Endoscopic surgery, Vascular, Minimally invasive surgery



Yazışma adresi: Mehmet Yiğit AKGÜN

E-posta: myigitakgun@gmail.com

■ GİRİŞ

Hemorajik inmenin en sık görülen tipi olan spontan intraserebral hemoraji (İSH), inme ile ilişkili mortalite ve morbiditenin önde gelen nedenidir ve topluma büyük ekonomik yük oluşturmaktadır (20). Kontrolsüz hipertansiyon nedeniyle oluşan İSH, yılda yaklaşık dört milyon kişiyi etkileyen yaygın bir klinik tablodur. Perforan arterlerin (100–400 µm) hemodinamik yaralanması, lipohyalinoz, fibrinoid nekroz ve Charcot-Bouchard mikroanevrizması gibi patolojik lezyonlara neden olmakta ve böylelikle rüptüre yatkınlık yaratmaktadır (9). Serebral amiloid anjiyopati (SAA), kontrolsüz hipertansiyonun ardından ikinci en sık risk faktörüdür ve özellikle yaşlı bireylerde lobar İSH'nin önemli bir nedenidir. İntraserebral hemorajilerin risk faktörleri tabloda belirtilmiştir (Tablo I).

İntraserebral kanama, beyin parankimi içindeki yeri ile tanımlanır; “derin” İSH, bazal ganglia ve internal kapsül (%35-70), beyin sapı (%5-%10) ve serebellumda (%5-%10) görülen kanamalardır. Buna karşılık, “lobar” İSH (%15-%30) kortikal-subkortikal bölgelerde görülen kanamalara işaret etmektedir ve beynin bir veya daha az sıklıkla birden fazla lobunu etkileyecek şekilde görülmektedirler. Derin İSH, spontan İSH olgularının yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktayken, lobar İSH ise geri kalan üçte birini oluşturmaktadır (7).

İntraserebral kanama monofazik bir olay değildir. Koagülopatik İSH'de 24 saate kadar, nonkoagülopatik İSH'de ise 6 saate kadar, hematoma genişlemeye devam etmektedir. Perihematoma ödemi 72. saatte en belirgin seviyesine çıkmakta ve genellikle 5 gün boyunca devam etmektedir. Ayrıca 2 haftaya kadar devam edebileceği literatürde belirtilmiştir (21).

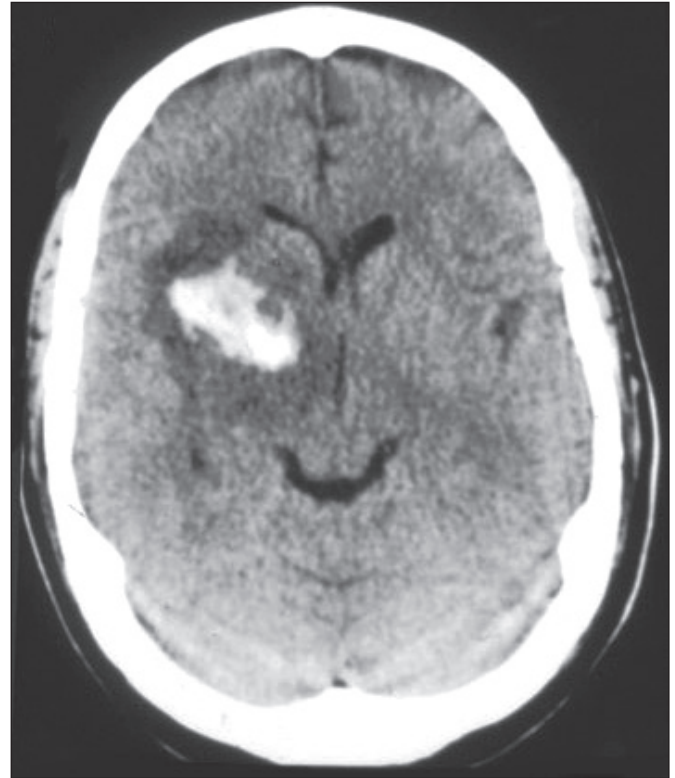
İkincil nöronal hasar hematoma tetiklediği ödem sonucu oluşmaktadır. Hem vasojenik hem de sitotoksik ödem, kan-beyin bariyerinin ve sodyum-pompasının bozulmasına neden olmakta böylelikle nöron ölümüne yol açmaktadır.

İSH hastaları genellikle fokal nörolojik defisitlerle birlikte, beklenmedik ve ani klinik başlangıçlı inme benzeri semptomlar göstermektedirler. Büyük hematoma, artmış intrakraniyal

basıncın (ICP) bir sonucu olarak bilinç seviyesinin azalmasına yol açmaktadırlar. Bir İSH'nin iskemik inmeden ayırt edilmesi klinik olarak zordur, ancak baş ağrısı, bulantı, kusma ve hızlı şekilde kötüleşen bilinç seviyesi, iskemik inme ile karşılaştırıldığında hemorajik bir olay için şüpheyi artırmalıdır. Sistemik kan basıncı, İSH'de akut iskemik inmeye göre daha yüksek olma eğilimindedir. Başlangıçta uyanık olan hastaların yaklaşık % 25'inde, ilk 24 saat içinde bilinç düzeyinde bozulma meydana gelmektedir (1).

Tanı koymak ve İSH'nin etiolojisini aydınlatmak için nöro-röntüleme çalışmalarına ihtiyaç vardır. Kanamalar BT ve beyne göre hiperdens olarak saptanmaktadır. BT ve manyetik rezonans görüntülemenin (MRG), akut İSH'yi tanımlamada eşit derecede performans gösterdiği bildirilmiştir. BT, intraventriküler ve subaraknoid tutulum gösteren durumlarda daha üstün olabilirken, MRG altta yatan yapısal lezyonların (neoplazmlar ve vasküler malformasyonlar) saptanmasında daha üstündür. Ancak zaman, maliyet ve hasta toleransı; çoğu durumda acil MRG'yi engellemektedir. Mikrokanamalar veya mikrohemorajiler (<10 mm), T2 gradyan eko MRG'de, ferritin ve hemosiderin birikimine sekonder derin hipointens olarak görülen küçük bölgelerdir ve bazal ganglialar, beyin sapı ve serebellumda bulduklarında küçük damar hastalıkları spektrumunun bir parçası olarak kabul edilmektedirler (Şekil 1) (13).

İSH de mortalite oranı ilk 1 ay için yaklaşık %40, ilk 1 yıl için ise yaklaşık %50'dir (16). Subaraknoid kanamaya benzer şekilde en ölümcül akut tıbbi olaylardan birini oluşturmaktadır.



Şekil 1: 65 yaşında erkek hastada şiddetli baş ağrısı sonrası çekilen bilgisayarlı tomografide hipertansif bazal ganglia hemorajisi saptanmıştır.

Tablo I: İntraserebral Hemoraji Risk Faktörleri

Hipertansiyon
Serebral Amiloid Anjiyopati
İlerlemiş Yaş
Antikoagulan tedaviler
Lökoaraozis veya beyaz cevher hastalıkları
Daha önce geçirilmiş inme
Hematolojik anormallikler
Kronik böbrek hastalığı
Anevrizma/Vasküler malformasyon
Kronik alkol kullanımı
İlaç suistimali

Ölümlerin yarısı ilk 48 ila 72 saatte gerçekleşir ve nörolojik komplikasyonlarla (örneğin, kitle etkisi, artmış ICP ve / veya herniasyon) ilişkilidir; ilk aydan sonra meydana gelen ölümler genellikle tıbbi komplikasyonların (örneğin, pulmoner emboli, aspirasyon pnömoni, sepsis ve gastrointestinal kanama) bir sonucudur. Akut başlangıçta, 30 günlük mortalite belirleyicileri hematoma büyüklüğü, hematoma yayılımı, hasta yaşı, koma durumu, intraventriküler hemoraji (IVH) ve infratentoryal yerleşimi içermektedir (16).

Vasküler Patolojilerin Yeri

Hipertansif hastalarda derin yerleşimli kanamalar sıklıkla hipertansiyona bağlı olmakla birlikte, vasküler patolojilerde önemli ölçüde derin yerleşimli hemorajiye neden olabilmektedir. Bazal ganglia ve talamik yerleşimli arteriyovenöz malformasyonlar (AVM'ler) tüm AVM'lerin %4-11'ini oluşturmakta ve daha yüksek kanama riski taşımaktadırlar. Derin yerleşimli AVM'lerde %72-91'e kadar hemoraji saptanmaktadır, tüm AVM'lerde bu oran yaklaşık %50 civarında görülmektedir (3). Özellikle, bazal gangliada yer alan derin yerleşimli AVM'ler daha agresif bir doğal seyre sahip olma eğilimindedir ve daha yüksek rüptür riski taşırlar. Yaygın İSH veya izole ventriküler hemorajiye neden olurlar. Potts ve ark. derin yerleşimli AVM'lerin %35 gibi yüksek bir rüptür riski ve %62,5 gibi yüksek bir ölüm oranına sahip olduğunu bildirmiştir (15).

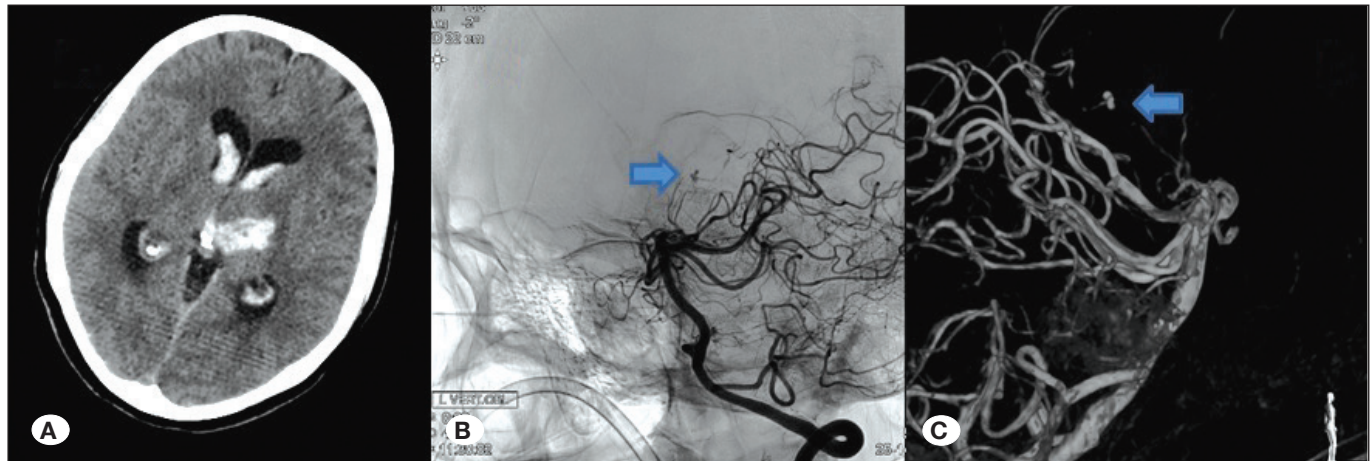
Hipertansif hastalarda derin yerleşimli kanamalar sıklıkla hipertansiyona bağlı iken, hipertansif olmayan yaşlı hastalarda görülen lobar kanamalar genellikle serebral amiloid anjiyopatiye bağlıdır; bununla birlikte, hipertansif hastalarda önemli sayıda kanama, vasküler patolojilerden kaynaklanabilmektedir. Özellikle hipertansiyon öyküsü olan yaşlı hastalarda derin yerleşimli AVM kanaması hipertansif kanama olarak değerlendirilip yanlış tanı konulabilmektedir. Dinç ve ark. tarafından yapılan çalışmada, bazal ganglia kanaması olan 57 hastanın 19'unda, vasküler patoloji tespit edilmiştir. Bunların %94,7'si AVM iken bir olguda da kavernom saptanmıştır (4). Özellikle genç yaş, daha düşük İSH hacmi ve klinik başvuru anında nörolojik tablosu daha iyi olan hastalarda altta yatan neden olarak vasküler patolojiler ayırıcı tanıda mutlaka ön

planda tutulmalıdır. Bu parametreler vasküler kanamalarda, hipertansiyon veya amiloid anjiyopatiye bağlı oluşan travmatik olmayan spontan İSH'ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterilmiştir (4). Özet olarak, genç yaş ve hematoma hacmi istatistiksel olarak vasküler patolojinin neden olduğu hemorajiler için anlamlı belirteçler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bazal ganglia hemorajilerinde hemoraji hacmini anlamlı bir prediktif değişken olarak göstermeyen birçok çalışma da yayınlanmıştır.

Bununla birlikte, literatürde, 50 yaşından büyük hastaların % 21,1'inde kanama nedeni olarak vasküler bir patoloji saptandığı bildirilmiştir. Dikkate alınması gereken bir diğer konu; ileri yaşlı hastalar olsa dahi talamik hemorajinin yanı sıra tamamen intraventriküler hemorajinin görüldüğü durumlarda bir vasküler patoloji olabileceği unutulmamalıdır (Şekil 2A-C). Bazal ganglia kanamasında altta yatan kanama kaynağı olarak yüksek insidanslarda saptanan AVM'in, önemli oranlarda tehlikeye sebep olduğu görülmektedir. Bu nedenle, rüptüre olmayan bazal ganglia AVM'lerinde, hemoraji ve sekonder ortaya çıkan morbidite ve mortalite riskini ortadan kaldırmak için profilaktik olarak tedavi edilmesi gerekip gerekmediği hâlâ tartışmalı konular arasında yer almaktadır. AVM tedavisinin temel amacının, nörolojik işlevin korunması olduğu unutulmamalıdır. Serebral kanama durumunda, tedavi kalitesi ve hastaların sonuçları, hızlı ve yeterli tanı yöntemleri ile ilişkilidir (11).

Cerrahi Tedavi Yaklaşımları

AHA konsensus kılavuzlarına göre, > 30 cc'den supratentoryal yüzeysel lobar kanamaların ve > 3 cm serebellar kanamaların cerrahi girişimlerden fayda göreceği bildirilmektedir. Ayrıca klinik olarak kötüleşen, ventriküler sistem dolaşımında obstrüksiyona sekonder hidrosefalisi gelişen ve beyin sapında kompresyonu olan hastaların da cerrahi tedaviden fayda gördüğü bildirilmiştir. İSH'de nöral parankimde ve yolaklardaki hasar; kanama olduğu anda oluşan birincil, ve daha sonrasında meydana gelen ikincil yolaklar ile açıklanmaktadır. Birincil yaralanma esas olarak hematomun mekanik kütle etkisinin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve ikincil yaralanma, birincil



Şekil 2: 40 yaş kadın hastanın baş ağrısı, bulantı, kusma şikayetleri sonrası çekilen bilgisayarlı tomografisinde (A) ventriküle açılmış talamik hematoma saptanmıştır. İleri tetkik esnasında yapılan anjiyografisinde (B) (C) eşlik eden anevrizma (ok) saptanmıştır.

yaralanmanın indüklediği doku tepkisi ve pıhtı bileşenlerinin serbest bırakılması ile başlatılan bir dizi olaylar zincirinden kaynaklanmaktadır. Teorik olarak hematoma klirensi yararlı bulunmaktadır, çünkü hematoma hacmi azalmakta, intrakraniyal basınç düşmekte ve komşu beyin parankimindeki perfüzyon artmaktadır. Ayrıca trombin ve hematoma degradasyon ürünleri de ortadan kaldırılacağı için sekonder nörotoksik ödemi de önlenebilmektedir. Kraniotomi ile hematoma boşaltma spontan İSH için en sık kullanılan cerrahi girişim olmuştur, ancak optimal medikal tedavi stratejileri ile karşılaştırıldığında klinikte anlamlı bir yarar göstermediği bildirilmiştir. 2 prospektif randomize kontrollü çalışma (Surgical Trial in Lobar Intracerebral Haemorrhage [STICH] and STICH II), konservatif tedaviye kıyasla kraniotomi rezeksiyonunun yararı olmadığını bildirmiştir (10). Bu da kraniotomi ile boşaltım sırasında perihematoma beyin dokusuna ciddi travmaya neden olunmasına ve böylece hematoma boşaltımının yararlarını ortadan kaldırılmasına bağlanmıştır (5). Bu nedenle, en az cerrahi travma ile birlikte hızlı ve tam hematoma boşaltılması, İSH için ideal cerrahi tedavi hedefi olmaya devam etmektedir. Teknolojideki ilerlemelerle, endoskopik cerrahi (EC) (18) ve minimal invaziv ponksiyon ve drenaj (MIPD) (14) dahil olmak üzere minimal invaziv cerrahinin, özellikle derin hematoma olmak üzere, spontan İSH tedavisi için umut verici cerrahi prosedürlerden biri olması beklenmektedir. Hem EC hem de kraniotomi ile hematoma hızlıca çıkarılabilmekte ve etraf parankimde hematoma bağlı meydana gelen sürekli hasarı önlemektedir, MIPD ise hematoma yavaş yavaş temizlemektedir (en az 48 saat sürmektedir). Beyin dokusundaki hasar, kompresyon zamanı ile artmaktadır. Sekonder klinik nörolojik bozulma, supratentorial İSH başlangıcından yaklaşık 12 saat sonra ortaya çıkmaktadır ve araştırmalar, hematoma başlangıcından 24 saat sonra iskemiyin ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu, inmeli hastalarda motor bozukluğun derecesini daha da kötüleştirebilmektedir. Bu nedenle hematoma erken dönemde boşaltılması spontan İSH'si olan hastaların prognozunu iyileştirebilmektedir. Bununla birlikte, hematoma ultra-erken operasyon ile (<6 saat) çıkarılması, hematoma instabilitesinden ötürü tekrar kanama riskini de artırmaktadır; bu nedenle, literatürde 6-12 saatte uygulanan cerrahi girişim optimal kabul edilmektedir (6).

EC ve MIPD şu anda derin yerleşimli hematoma boşaltmak için kraniotominin en güvenilir alternatifi olarak görülmekte ve cerrahi travmayı da önlediği düşünülmektedir. Literatürde, EC ve MIPD sonrası gözlenen ödemli alanların kraniotomiye kıyasla daha az olduğu; böylelikle minimal invaziv bir cerrahinin hematoma çevresindeki dokuda kraniotomiye göre daha az hasara neden olabileceği gösterilmiştir (6). İSH'li hastaların sonuçları, hematoma yeri, hematoma hacmi, hematoma varlığının süresi ve komplikasyonlar ile yakından ilişkilidir.

Açık kraniotomi, uzun ameliyat süresi, masif kan kaybı, perioperatif komplikasyonların insidansı ve kraniotomi sonrası bir dizi potansiyel patofizyolojik değişiklikler ile bir takım ekşi yönlere sahiptir. Dikkatli hemostaz, EC gibi minimal invaziv prosedürlerde koagülasyon ile sağlanabilirken, MIPD sırasında kanamayı durdurmak imkansızdır. Bu nedenle, İSH'ın ciddi bir komplikasyonu olan tekrar kanama oranları, MIPD'de EC'ye kıyasla anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Ek olarak,

hematoma varlığı MIPD ile daha uzun süre olmakta ve beyin dokusu üzerindeki olumsuz etkileri artmaktadır. Böylelikle MIPD'nin etkinliğinin azaldığı gösterilmiştir. EC, kraniotomi ile kıyaslandığında daha az invaziv bir yöntem olarak öne çıkmakta ve MIPD ile kıyaslandığında ise cerrahiye bağlı komplikasyonların daha az olması ile fazla sayıda avantajlara sahiptir. Bu nedenle, EC'nin 30-60 ml arası hematoma volümü görülen olgularda İSH için optimal cerrahi tedavi modalitesi olduğu ortaya konmaktadır (2).

Nöronavigasyon kılavuzluğunda ponksiyon ve hipertansif hematoma drenajı, minimal invaziv tekniklerin kullanıldığı, beyin dokusunda ciddi hasara yol açmayan ve penumbra dokusunun canlı kalmasını maksimize etmeye çalışan, yakın zamanda ortaya çıkmış ve geniş çapta kabul görmüş bir cerrahi işlemdir. Navigasyon ile kraniotomi karşılaştırıldığında navigasyon grubunda daha kısa ameliyat süresi, daha kısa yatış süresi, daha düşük komplikasyon oranı ve daha iyi sonuçlar olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle, bazal ganglia hipertansif hematomalarında kullanılabilecek etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Ancak navigasyon sisteminin pahalı bir sistem olması ve çalışmadaki hastaların hiç birinde herniasyon bulgularının olmaması çalışmanın negatif yanı olarak bildirilmiştir (8,19).

Diğer yandan minimal invaziv tekniklerin ne kadar yararlı olduğu hakkında literatürde zıt görüşler de bildirilmektedir. Trombolizis ile birlikte endoskopik boşaltım ve aspirasyonun incelendiği MISTIE çalışması, pıhtı lizisi ile minimal invaziv cerrahiye karşılaştırmaktadır. Çalışmanın sonuçları tam olarak yayınlanmasa da ilk gelen sonuçlarda cerrahinin herhangi bir üstünlüğü olmadığı da bildirilmiştir (12).

İSH yüksek morbidite ve mortaliteye sahip kritik bir nörolojik-nöroşirürjikal bir hastalıktır. Dünyada yılda yaklaşık 4 milyon hastayı etkilemekte ve ilk 1 ay içinde ortalama %40'a varan oranlarda mortalite saptanmaktadır. Hayatta kalanların çoğunda ise ciddi morbiditeler olduğu bildirilmiştir. İSH, tüm inmelerin yaklaşık %10 ila %30'unu oluşturur (17). Oldukça sık görülen ve ciddi sonuçlar doğuran bu patolojiyi doğru yönetmek oldukça önemlidir. Kliniğimizde nörolojik tablosunda giderek kötüleşme saptanan ve herniasyon bulgularına sahip hastalarda intraserebral hemorajilerde, geniş dekompresif kraniektomi ve ICP takibi amacıyla EVD takılması operasyonu en sık tercih edilen cerrahi yöntem olarak öne çıkmaktadır. Post op dönemde hastalar nörolojik ve metabolik stabilizasyon sağlanana kadar nöroşirürji yoğun bakım ünitesinde takip edilmektedir.

■ SONUÇ

Intraserebral kanama tanı ve tedavisi, risk faktörleri, patofizyolojisi ve yönetimi hakkında artan bilgi birikimine bağlı olarak son on yılda gelişme göstermektedir. Nörogörüntüleme alanındaki gelişme, MRG ile saptanan mikrokanamalar, altta yatan patofizyolojiyi tahmin etmeye yardımcı olabilmekte ve prognozunu belirlemesine yardımcı olabilmektedir. İSH'nin birincil tedavisi hızlı klinik değerlendirme, herhangi bir koagülasyon bozukluğunun düzeltilmesi, yoğun bakım ünitesinde takip ve kan basıncının dikkatli kontrolünü içermektedir. Cerrahi yolla

hematom boşaltımının rolü belirsizdir. Bazı çalışmalarda özellikle minimal invaziv cerrahi teknikler ile oldukça yararlı sonuçlar alındığı bildirilmiştir. Bunun dışında kraniotomi ile boşaltım ile medikal tedavi arasında fark olmadığı, hatta minimal invaziv cerrahi ile konservatif tedaviler arasında fark olmadığını savunan çalışmalar da mevcuttur. Erken İSH büyümesini durdurmak, serebral ödemi en aza indirmek ve kan ürünlerinin toksik etkilerini hafifletmek için en iyi önlemleri belirlemek için daha fazla çalışma gerekmektedir. Bu nedenle, hastaların hayatlarını kurtarmanın yanı sıra, nöroşirürjiyenler, cerrahi hasarın derecesine daha fazla dikkat etmeli ve hasarı minimize etmek için her hasta için en uygun tedavi modalitesini multidisipliner olarak kararlaştırmalıdır.

■ KAYNAKLAR

1. Arboix A, Comes E, Garcia-Eroles L, et al: Site of bleeding and early outcome in primary intracerebral hemorrhage. *Acta Neurol Scand* 105(4):282-288, 2002
2. Beynon C, Schiebel P, Bösel J, Unterberg AW, Orakcioglu B: Minimally invasive endoscopic surgery for treatment of spontaneous intracerebral haematomas. *Neurosurg Rev* 38:421-428, 2015
3. Cohen-Inbar O, Ding D, Sheehan JP: Stereotactic radiosurgery for deep intracranial arteriovenous malformations, part 2: Basal ganglia and thalamus arteriovenous malformations. *J Clin Neurosci* 24:37-42, 2016
4. Dinc N, Won SY, Brawanski N, Quick-Weller J, Herrmann E, et al: Predictive variables for the presence of vascular malformations as the cause of basal ganglia hemorrhages. *Neurosurg Rev* 2018 (Epub ahead of print)
5. Fiorella D, Arthur A, Bain M, Mocco J: Minimally invasive surgery for intracerebral hemorrhage: Rationale, review of existing data and emerging technologies. *Curr Neurol Neurosci Rep* 18:34, 2016
6. Fu C, Wang N, Chen B, Wang P, Chen H, et al: Surgical management of moderate basal ganglia intracerebral hemorrhage: Comparison of safety and efficacy of endoscopic surgery, minimally invasive puncture and drainage, and craniotomy. *World Neurosurg* 2018 (Epub ahead of print)
7. Grysiewicz RA, Thomas K, Pandey DK: Epidemiology of ischemic and hemorrhagic stroke: Incidence, prevalence, mortality, and risk factors. *Neurol Clin* 26(4):871-895, 2008
8. Harrisson SE, Shooman D, Grundy PL: A prospective study of the safety and efficacy of frameless, pinless electromagnetic image-guided biopsy of cerebral lesions. *Neurosurgery* 70: 29-33, 2012
9. McCarron MO, Nicoll JA: Spontaneous intracerebral hemorrhage. *N Engl J Med* 345:769, 2001
10. Mendelow AD, Gregson BA, Rowan EN, Murray GD, et al: Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas (STICH II): A randomised trial. *Lancet* 382:397-408, 2013
11. Mohr JP, Parides MK, Stapf C, Moquete E, Moy CS, et al: Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA): A multicentre, non-blinded, randomised trial. *Lancet* 383(9917):614-621, 2014
12. Morgan T, Zuccarello M, Narayan R, Keyl P, Lane K, et al: Preliminary findings of the minimally-invasive surgery plus rtPA for intracerebral hemorrhage evacuation (MISTIE) clinical trial. *Acta Neurochir Suppl* 105:147-151, 2008
13. Morgenstern LB, Hemphill 3rd JC, Anderson C, et al: Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 41(9):2108-2129, 2010
14. Mould WA, Carhuapoma JR, Muschelli J, Lane K, Morgan TC, et al: Minimally invasive surgery plus recombinant tissue-type plasminogen activator for intracerebral hemorrhage evacuation decreases perihematomal edema. *Stroke* 44: 627-634, 2013
15. Potts MB, Jahangiri A, Jen M, Sneed PK, McDermott MW, et al: Deep arteriovenous malformations in the basal ganglia, thalamus, and insula: Multimodality management, patient selection, and results. *World Neurosurg* 82(3-4):386-394, 2014
16. Ronning P, Sorteberg W, Nakstad P, Russell D, Helseth E: Aspects of intracerebral hematomas—an update. *Acta Neurol Scand* 118(6):347-361, 2008
17. van Asch CJ1, Luitse MJ, Rinkel GJ, van der Tweel I, Algra A, Klijn CJ: Incidence, case fatality, and functional outcome of intracerebral haemorrhage over time, according to age, sex, and ethnic origin: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol* 9(2):167-176, 2010
18. Wang WH, Hung YC, Hsu SP, Lin CF, Chen HH, et al: Endoscopic hematoma evacuation in patients with spontaneous supratentorial intracerebral hemorrhage. *J Chin Med Assoc* 78:101-107, 2015
19. Wu R, Qin H, Cai Z, Shi J, Cao J, et al: The clinical efficacy of electromagnetic navigation-guided hematoma puncture drainage in patients with hypertensive basal ganglia hemorrhage. *World Neurosurg* 118:115-122, 2018
20. Qureshi AI, Mendelow AD, Hanley DF: Intracerebral haemorrhage. *Lancet* 373:1632-1644, 2009
21. Zazulia AR, Diringer MN, Derdeyn CP, Powers WJ: Progression of mass effect after intracerebral hemorrhage. *Stroke* 30(6):1167-1173, 1999