

AKSONA

Vol. 1 No. 1 Januari – April 2016

Manajemen Aneurisma Intrakranial

Yudhi Adrianto, A Firdaus Sani, Hendro Susilo

Staf Pengajar Departemen Neurologi FK Universitas Airlangga – RSUD Dr. Soetomo Surabaya

ABSTRAK

Manajemen aneurisma intrakranial membutuhkan pemahaman dan pendekatan yang menyeluruh. Pemahaman tentang perjalanan alamiah, konfigurasi anatomis aneurisma, kondisi pasien, fasilitas rumah sakit serta kemampuan operator merupakan pertimbangan yang penting dalam menentukan pilihan terapi. Pilihan pendekatan penanganan kasus aneurisma intrakranial baik itu konservatif maupun agresif akan berbeda tiap kasus. Pendekatan konservatif lebih pada observasi imejing dan evaluasi klinis hingga saat diputuskan untuk pendekatan yang agresif. Pendekatan agresif meliputi pemasangan klip aneurisma melalui prosedur bedah kepala terbuka dan pemasangan koil melalui prosedur minimal invasif (neurointervensi). Saat ini baik clipping maupun coiling bersaing sebagai pilihan terapi untuk berbagai kasus aneurisma intrakranial. Dalam kajian ilmiah ini akan diulas secara menyeluruh mengenai manajemen aneurisma intrakranial, mulai dari patofisiologi, perjalanan alamiah hingga berbagai pilihan terapi untuk penanganan kasus aneurisma intrakranial.

Kata kunci: aneurisma intrakranial, strokr, SAH, coiling, clipping

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Aneurisma intrakranial merupakan masalah kesehatan yang penting di seluruh dunia, menyebabkan mortalitas dan morbiditas yang tinggi. Insidensi seluruh dunia ialah sekitar 2% dari populasi (Qureshi, 2004, Qureshi, 2007, Orbach *et al.*, 2008, Brown RD 2009, Klompenhouwer *et al.*, 2011). Tampilan klinis aneurisma intrakranial bisa berupa defisit neurologis yang merupakan sekunder dari efek massa atau tromboemboli, namun tersering berupa perdarahan subarahnoid (PSA) (Orbach, Becske, Nelson PK, 2008). Operasi bedah kepala terbuka (clipping) atau teknik endovaskuler (coiling) harus dilakukan untuk mengurangi risiko perdarahan ulang setelah terjadi PSA akibat aneurisma (Bederson JB *et al.*, 2009).

Strategi tatalaksana aneurisma intrakranial melalui pendekatan endovaskuler (coiling) saat ini bersaing dengan pendekatan bedah kepala terbuka (clipping) sebagai tatalaksana standar aneurisma serebral (Gkogkas C *et al.*, 2005).

Epidemiologi

Insidensi

Aneurisma intrakranial tergolong abnormalitas pembuluh darah otak yang banyak terjadi dan menimbulkan masalah kesehatan di seluruh dunia (Orbach, Becske, Nelson PK, 2008). Insidensi seluruh dunia ialah sekitar 2% dari populasi (Qureshi, 2004, Qureshi *et al.*, 2007, Orbach *et al.*, 2008, Brown RD, 2009, Klompenhouwer *et al.*, 2011). PSA merupakan akibat paling berbahaya yang bisa ditimbulkan oleh pecahnya aneurisma intrakranial (Seibert *et al.*, 2011). PSA yang disebabkan aneurisma memiliki insiden tahunan 10–20 per 100.000, meningkat secara konsisten seiring pertambahan usia sampai dekade keenam, dengan insidensi puncak pada usia 55–60 tahun. namun bisa terjadi pada usia anak-anak sampai usia tua, wanita lebih sering terkena 1,8 kali lipat dibanding pria (Grieve, Kitchen, 2005).

Histologi Arteri Intrakranial

Dinding arteri terdiri dari 3 lapisan yaitu tunika intima, media, dan adventitia. Intima terdiri dari endotel dan

jaringan penyangga subendotel. Lamina elastik interna merupakan struktur penting untuk kekuatan mekanik, memisahkan intima dari tunika media. Tunika media merupakan lapisan dengan predominan jaringan muskuler. Sedangkan tunika adventisia terdiri dari jaringan kolagen. Tidak seperti arteri ekstrakranial, arteri intrakranial tidak memiliki lamina elastik eksterna yang berada diantara tunika media dan adventisia, dan tunika adventisia merupakan lapisan yang sangat tipis bila dibandingkan dengan pembuluh darah ekstrakranial yang berdiameter lumen sama (Krings *et al.*, 2011).

Faktor Risiko

Faktor risiko munculnya aneurisma bisa disebabkan berbagai macam faktor. Kelainan jaringan ikat bawaan memiliki keterkaitan dengan munculnya aneurisma, diantaranya penyakit ginjal polistik, sindroma marfan, fibromuskuler displasia dll. *Modifiable risk factor* yang paling signifikan untuk pembentukan aneurisma intrakranial dan PSA diantaranya kebiasaan merokok, hipertensi, konsumsi alkohol yang berlebihan (> 2 gelas/hari) dan penggunaan kontrasepsi oral dapat meningkatkan risiko PSA disebabkan ruptur aneurisma. Selain itu kebiasaan minum kopi yang berlebihan (> 5 gelas/hari) juga merupakan faktor risiko terjadinya PSA akibat pecahnya aneurisma (Harrigan MR, Deveikis JP, Ardelt AA, 2009)

Diagnosis

Aneurisma yang belum pecah mungkin ditemukan insidental atau muncul dengan gejala neurologis yang disebabkan oleh efek massa. Studi Raps *et al.* menemukan bahwa 51% asimtomatik. Gejala simtomatik neurologis akut termasuk iskemia (37%), nyeri kepala (37%), kejang (18%), dan neuropati kranial (12%). Gejala neurologis kronis meliputi nyeri kepala (51%), gangguan visual (29%), kelemahan ekstremitas (11%), dan nyeri wajah (9%) (Komotar RJ, Mocco J, Solomon RA, 2008).

Diagnostik awal sangat penting untuk perencanaan tindakan selanjutnya. Saat ini, diagnostik imejing pada

aneurisma intrakranial meliputi DSA (Digital Substraction Angiography), Computed Tomography Angiography (CTA) dan Magnetic Resonance Angiography (MRA). Namun hingga saat ini, untuk kasus aneurisma intrakranial, DSA masih menjadi standar baku utama. DSA mampu memberikan informasi baik hemodinamik maupun morfologis aneurisma dengan baik (Stafa, Leonardi, 2008).

MANAJEMEN ANEURISMA INTRAKRANIAL

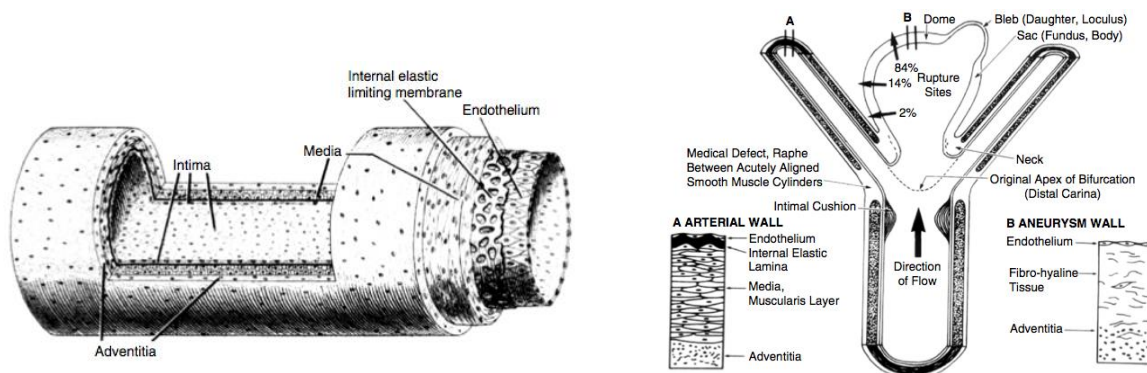
Perjalanan Alamiyah Aneurisma Intrakranial

Pengambilan keputusan pengobatan aneurisma intrakranial yang pecah jelas harus segera dilakukan penutupan aneurisma baik dengan endovaskuler maupun pendekatan bedah kepala terbuka, namun untuk aneurisma yang belum pecah dengan tanpa riwayat PSA sebelumnya, harus mempertimbangkan pengetahuan tentang perjalanan alamiyah dan rasio risiko-keuntungan pemilihan pengobatan spesifik (Loewenstein JE, 2012).

Ukuran Aneurisma Sebagai Faktor Risiko Pecah

Ukuran aneurisma merupakan prediktor signifikan pecahnya aneurisma. Secara umum, aneurisma berukuran besar memiliki risiko pecah lebih besar daripada aneurisma kecil (Loewenstein JE, 2012).

Studi oleh Ishibashi dkk menggolongkan aneurisma berdasar ukuran, yakni ukuran kecil (< 5 mm), sedang (5–9.9 mm), besar (> 10 mm), dan raksasa (> 25 mm), dan melaporkan risiko pecah tahunan sebesar 0,8%, 1,2%, 7,1%, and 43,1%. Lebih lanjut meta analisis dilakukan oleh Wermer dkk pada lebih dari 4700 pasien dan 6500 aneurisma yang didapat dari 19 studi diseluruh dunia menunjukkan bahwa aneurisma berukuran 5–10 mm dan > 10 mm memiliki risiko pecah 2,8 kali dan 5,2 kali lebih besar daripada aneurisma berukuran < 5 mm (Loewenstein JE, 2012).



Gambar 1. Susunan Arteri intrakranial (Thubrikar MJ, 2007) dan Struktur aneurisma, morfologi, dan histologi (Feng Y, 2002, Thubrikar MJ, 2007)

Pembesaran Aneurisma Sebagai Faktor Risiko Pecah

Pertumbuhan aneurisma seiring berjalannya waktu penting sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, selain ukuran awal, penting untuk diketahui pola tumbuh aneurisma untuk kepentingan rencana pengobatan dan evaluasi lanjutan (Loewenstein JE, 2012).

Riwayat PSA Sebagai Faktor Risiko Pecahnya Aneurisma

Adanya riwayat PSA juga berkontribusi terhadap risiko pecahnya aneurisma beberapa waktu ke depan. Hal ini disebutkan oleh beberapa studi diantaranya studi ISUIA (Loewenstein JE, 2012).

Lokasi Sebagai Faktor Risiko Pecahnya Aneurisma Intrakranial

Pembuluh darah serebral memiliki karakteristik yang bervariasi serta kondisi hemodinamik yang berbeda-beda. Beberapa studi diantaranya Karison dkk dan Inagawa dkk melaporkan bahwa aneurisma yang berlokasi pada arteri komunikan anterior dan perikalosal memiliki risiko tinggi pecah. Namun saat ini yang diketahui paling memiliki risiko tinggi pecah ialah aneurisma yang berlokasi pada sirkulasi posterior (Loewenstein JE, 2012).

Karakteristik Morfologi Sebagai Faktor Risiko Pecahnya Aneurisma

Morfologi aneurisma seperti multilobus, adanya formasi anak kantung aneurisma (bleb), serta morfologi unik lainnya berperan penting pada peningkatan risiko pecah aneurisma. Aneurisma sirkulasi posterior dengan morfologi multilobus memiliki risiko pecah yang paling tinggi (Loewenstein JE, 2012).

Karakteristik Spesifik Pasien Sebagai Faktor Risiko Pecahnya Aneurisma

Faktor pasien seperti usia, gender (wanita 1,5–3 kali cenderung mengalami pecah aneurisma), dan komorbid lainnya seperti hipertensi dan merokok turut berperan penting pada risiko pecahnya aneurisma (Loewenstein JE, 2012).

Strategi Endovaskuler pada Manajemen Aneurisma Intrakranial

Pada awalnya pengobatan bedah klip telah lebih dulu sebagai pengobatan PSA yang disebabkan aneurisma dan aneurisma yang ditemukan insidental, namun saat ini pengobatan endovaskuler telah berkembang pesat dalam 10 tahun terakhir dan bahkan merupakan pilihan utama pada banyak kasus (Orbach, Becske, Nelson PK, 2008).

Pemasangan koil intra-aneurisma bertujuan untuk mengeklusi aneurisma dari sirkulasi arterial dengan masih



Gambar 2. Gambaran 3D-DSA menunjukkan adanya aneurisma paraclinoid LICA, dilakukan coiling aneurisma

mempertahankan pembuluh darah utama (parent vessel). Pendekatan secara umum ialah endosakuler, yaitu dengan melakukan pengisian kantong aneurisma dengan koil (Orbach, Becske, Nelson PK, 2008).

Keuntungan *detachable coil* sebagai pengobatan aneurisma serebral meliputi: (1) metode pengiriman koil yang bisa diatur, sehingga meningkatkan kesempatan untuk mencapai oklusi intraaneurismal yang ideal, (2) Keadaan intrinsik *coil* yang memungkinkan adaptasi terhadap berbagai morfologi aneurisma, (3) Trombogenitas yang rendah sehingga memungkinkan penarikan dan reposisi koil tanpa khawatir masalah klot yang disebabkan manipulasi koil, dan (4) Ketersediaan yang bervariasi baik ukuran maupun bentuk dari berbagai macam pabrikasi (Orbach, Becske, Nelson PK, 2008).

Indikasi dan Kontraindikasi

Indikasi secara umum ialah: (Harrigan MR, Deveikis JP, Ardelt AA, 2009)

1. PSA yang disebabkan pecahnya aneurisma intrakranial
2. Aneurisma intrakranial yang belum pecah:
 - a. Rasio *dome-neck* ≥ 2 (Greenberg MS, 2010)
 - b. Tergolong kandidat pasien yang tidak bagus bila dilakukan operasi:
 - Pasien usia tua
 - Pasien dengan berbagai macam problem medis yang berat
 - c. Aneurisma sirkulasi posterior
 - d. Aneurisma arteri karotis interna segmen kavernosa

Kontraindikasi relatif: (Harrigan MR, Deveikis JP, Ardelt AA, 2009)

1. Anatomi vaskuler yang tergolong sulit misal pembuluh darah yang berkelok tajam (tortuous).
2. Penyakit aterosklerosis yang jelas atau abnormalitas lain yang mempengaruhi akses arterial misal stenosis signifikan pada bifurkasio karotis diakibatkan aterosklerosis.
3. Gangguan koagulasi atau hipersensitifitas heparin.
4. Infeksi aktif bakterial misal terjadi bakteremia saat direncanakan tindakan endovaskuler.

Manajemen Endovaskuler Aneurisma Leher Lebar

Beberapa strategi muncul sebagai pendekatan endovaskuler untuk aneurisma leher lebar dengan menggunakan teknik tambahan, diantaranya *balloon-assisted coiling* dan *stent-assisted coiling* (Huang *et al.*, 2009).

Koil yang akan ditempatkan pada lumen aneurisma leher lebar memiliki masalah yakni koil dapat menonjol keluar menuju pembuluh darah utama.

Potensial Komplikasi Prosedur Endovaskular Coiling

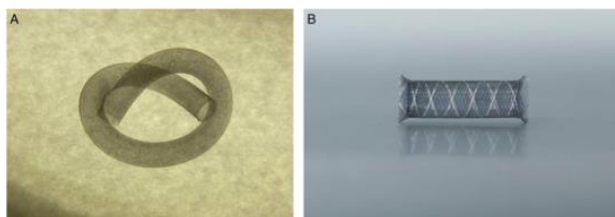
Potensial komplikasi yang mungkin muncul saat prosedur coiling aneurisma diantaranya vasospasme terkait proses manipulasi kateterisasi intravaskular, emboli pada sirkulasi distal, migrasi koil, dan ruptur aneurisma durante prosedur. Namun potensial komplikasi diatas bisa diminimalkan dengan persiapan yang baik, dan kemampuan operator yang baik, serta bersifat *treatable*.

Peran Flow Diversion pada Manajemen Aneurisma Intrakranial

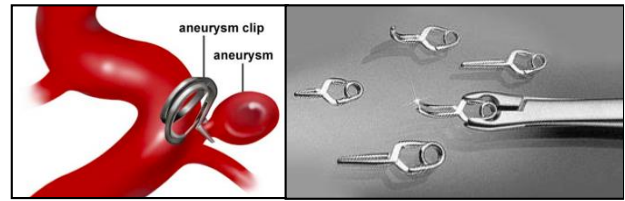
Pada kasus-kasus aneurisma berukuran sangat besar dan berleher lebar merupakan kasus yang sulit, dengan tingkat rekurensi 50% untuk masing-masing kasus tersebut (Woo *et al.*, 2009). Selama beberapa tahun terakhir ini, generasi baru peralatan endovaskuler yakni *flow diverter* telah dikembangkan untuk pengobatan aneurisma (Woo



Gambar 3. Teknik *balloon-assisted coiling* dan *Stent-assisted coiling* pada kasus aneurisma leher lebar (Harrigan MR, Deveikis JP, Ardelt AA, 2009).



Gambar 4. (A) *Pipeline embolization device* dan (B) *Silk stent* (Pierot L, 2011).



Gambar 5. Gambaran aneurisma yang telah di klip dan beberapa contoh model klip beserta alat pelepasnya (Zuccarello M, Ringer A, 2010)

Strategi Bedah pada Manajemen Aneurisma Intrakranial

Pengobatan aneurisma dengan pemasangan klip melalui teknik bedah mikro merupakan salah satu pilihan utama dalam penanganan aneurisma cerebral. Pilihan pengobatan ini mampu menjamin penutupan komplrit aneurisma untuk mencegah pecahnya aneurisma serta menghilangkan efek massa akibat aneurisma (Martin NA, Brant AJ, 2005).

Pada pemasangan klip yang komplrit, *clipping* memiliki keunggulan angka rekurensi yang rendah serta jarang diperlukan prosedur ulangan. Kelemahan utama metode bedah klip ialah tindakan operasi kepala terbuka serta adanya manipulasi pada otak dengan berbagai macam konsekuensinya. (Mason dan Barrow, 2009).

Indikasi dan Kontraindikasi

Berikut ialah aneurisma intrakranial yang diutamakan untuk dilakukan pilihan pemasangan klip : (Martin NA, Brant AJ, 2005)

1. Aneurisma dengan leher lebar
2. Aneurisma berukuran sangat besar (giant aneurysm)
3. Ruptur aneurisma dengan kondisi pasien yang stabil, usia muda
4. Aneurisma dengan gejala neurologis terkait efek massa

Studi prospektif ISUIA menunjukkan bahwa peningkatan ukuran aneurisma dan usia pasien serta lokasi pada sirkulasi posterior (terutama *basilar tip* dan arteri komunikasi posterior) berkorelasi dengan hasil keluaran klinis yang buruk jika dilakukan operasi bedah klip. Oleh karena itu, pada pasien usia tua, lokasi aneurisma pada sirkulasi posterior merupakan kandidat utama untuk dilakukan pengobatan endovaskuler (Loewenstein JE *et al.*, 2012).

Petensial Komplikasi

Risiko bedah pada umumnya meliputi perdarahan, infeksi, stroke, kelumpuhan, koma dan kematian. Bekas insisi kraniotomi secara umum bisa sembuh dengan baik namun masih bisa menimbulkan keluhan rasa tidak enak atau sedikit nyeri.

Secara umum tidak ada operasi kepala tanpa risiko. Komplikasi umum yang mungkin terjadi terkait operasi otak meliputi infeksi, reaksi alergi terhadap obat anestesi, stroke, kejang, dan edema serebral (Zuccarello M, Ringer A, 2010).

Beberapa komplikasi spesifik yang bisa terjadi diantaranya ruptur aneurisma durante operasi. Kejadian pecah aneurisma intraoperatif terjadi pada sekitar 20% kasus. Pecahnya aneurisma intraoperatif bisa terjadi baik pada fase awal manipulasi aneurisma hingga saat proses pemasangan klip (Srinivasan J *et al.*, 2005). Pemasangan klip yang kurang sempurna dapat menyebabkan inkomplitnya oklusi leher aneurisma atau bahkan ikut tertutupnya arteri utama sehingga bisa menyebabkan stroke (Zuccarello M, Ringer A, 2010).

PENGAMBILAN KEPUTUSAN PADA KASUS ANEURISMA INTRAKRANIAL

Secara umum pada kasus aneurisma intrakranial, pilihan pengobatan bedah atau pengobatan endovaskuler masih merupakan keputusan individual atau kasus per kasus. Faktor-faktor berikut berperan penting pada pengambilan keputusan diantaranya usia, riwayat penyakit dahulu, dan status umum/neurologis, membantu dalam menentukan apakah pasien mampu menoleransi pilihan pengobatan spesifik yang akan ditentukan. Karakteristik aneurisma seperti lokasi, morfologi, dan ukuran juga sangat penting. Aneurisma pada sirkulasi posterior seperti aneurisma tip basiler pendekatan endovaskuler lebih diutamakan. Sebaliknya, aneurisma berasal dari arteri serebri media yang memiliki morfologi kompleks dengan leher lebar dan merupakan lokasi percabangan penting otak, operasi bedah klip lebih diutamakan. Kemampuan dan pengalaman senter endovaskuler/bedah dalam penanganan aneurisma juga berpengaruh pada pengambilan keputusan pilihan pengobatan aneurisma (Seibert *et al.*, 2011)

Rekomendasi dari Organisasi Profesional

Konsil Stroke dalam American Heart Association (AHA) pada tahun 2012 mengeluarkan beberapa rekomendasi terkait tatalaksana aneurisma intrakranial: (Connolly ES *et al.*, 2012)

1. 3D DSA diindikasikan untuk mendeteksi adanya aneurisma pada pasien PSA (kecuali bila aneurisma telah diketahui sebelumnya melalui angiogram noninvasif) dan untuk merencanakan pengobatan (untuk menilai kesesuaian pilihan pengobatan endovaskuler koil atau bedah mikro pemasangan klip) (**Class 1 level of evidence B**)
2. Operasi bedah klip atau prosedur endovaskuler koil harus dilakukan sedini mungkin pada mayoritas pasien untuk mereduksi kejadian perdarahan ulang setelah PSA (**Class 1 level of evidence B**)
3. Untuk pasien ruptur aneurisma yang secara teknis memungkinkan untuk dilakukan baik endovaskuler koil maupun bedah klip, maka prosedur endovaskuler lebih diutamakan (**Class 1 level of evidence B**)
4. Selain ukuran, lokasi dan usia pasien serta kondisi pasien, karakteristik morfologi dan hemodinamik

aneurisma harus dipertimbangkan dalam penentuan risiko pecahnya aneurisma (**Class IIb, Level B**)

5. CTA dapat digunakan untuk penentuan pengobatan aneurisma, namun jika CTA dianggap belum cukup dalam penentuan pengobatan, DSA tetap direkomendasikan (**Class IIb, Level C**)
6. Operasi bedah klip lebih dipertimbangkan pada pasien dengan perdarahan intraparenkim luas (>50 mL) dan aneurisma pada arteri serebri media. Sedangkan prosedur endovaskuler koil lebih diutamakan pada usia tua (> 70 tahun), pada pasien PSA akibat aneurisma pecah dengan derajat klasifikasi WFNS (World Federation of Neurosurgical Society) rendah, dan aneurisma pada tip basiler (**Class IIb, Level C**)
7. Pada pasien yang telah diputuskan untuk manajemen noninvasif, tanpa tindakan bedah maupun endovaskuler, evaluasi lanjutan dilakukan pada 6 sampai 12 bulan pasca diagnosa awal, dilanjutkan tahun berikutnya atau tiap tahun berikutnya (**Class IIb, Level of Evidence C**) (Thompson BG *et al.*, 2015)
8. Pada pasien yang telah diputuskan untuk manajemen noninvasif serta tidak ada kontraindikasi imejing MRI, lebih disarankan TOF MRA dibanding CTA sebagai evaluasi lanjutan jangka panjang (**Class IIb, Level of Evidence C**) (Thompson BG *et al.*, 2015)

KESIMPULAN

Manajemen aneurisma intrakranial melibatkan 2 strategi pengobatan, yakni pengobatan bedah dan pengobatan endovaskuler. Awalnya pengobatan bedah melalui metode pemasangan klip merupakan pengobatan utama, namun saat ini pengobatan endovaskuler telah berkembang pesat, bersaing dengan pengobatan bedah sebagai pengobatan utama aneurisma intrakranial.

Pengobatan bedah memiliki keunggulan dalam hal ketahanan, kestabilan hasil pengobatan serta berperan signifikan pada kasus aneurisma intrakranial dengan efek massa sebagai keluhan utama. Sedangkan pengobatan endovaskuler menawarkan pendekatan prosedur invasif minimal, hasil pengobatan yang baik, dan tidak adanya manipulasi mekanik pada parenkim otak serta pendeknya perawatan pasca prosedur.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abrahams MJ, Diamond SL, 2005. Endovascular Biologic Aneurysm Management. In Le Roux PD *et al* (Eds). Management of Cerebral Aneurysms. Pennsylvania: Saunders, 63: p 997-999.
2. Abud DG *et al.*, 2005. Venous Phase Timing during Balloon Test Occlusion as a Criterion for Permanent Internal Carotid Artery Sacrifice. AJNR Am J Neuroradiol. Paris, 26: 2602-2609.
3. Bederson JB *et al.* 2009. Guidelines for the Management of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Statement for Healthcare Professionals From a Special Writing Group of the Stroke Council. American Heart Association. Stroke. Dallas: American Heart Association, 40: p 994-1025.

4. Brown RD, 2009. Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms: Surgery, Coiling, or Nothing ?. *Current Neurology and Neuroscience Report*. Rochester, 2: p 6-12.
5. Chyatte D, 2005. Pathology of Intracranial Aneurysms. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 7: p 89-95.
6. Clarke M et al., 2005. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of Neurosurgical Clipping Versus Endovascular Coiling in 2143 Patients with Ruptured Intracranial Aneurysms: a randomized Comparison of Effects on Survival, Dependency, Seizures, Rebleeding, Subgroups, and Aneurysm Occlusion. *Lancet*. Edinburg, 366: p 809-817.
7. Clifton GA, 2005. Interventional Neuroradiology. In Moore AJ, Newell DW (Eds). *Neurosurgery*. London: Springer, 19: p 333-340.
8. Cognard et al., 2012. Safety and Efficacy of Balloon Remodeling Technique during Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms: Critical Review of the Literature. *AJNR Am J Neuroradiol*. Paris, 33: p 12-15.
9. Connolly ES et al., 2012. Guidelines for the Management of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage : A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. Dallas, 43: p 1711-1737.
10. de Oliveira et al., 2007. Comparison between clipping and coiling on the incidence of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. Frankfurt: Springer-verlag, 30: p 22-31.
11. Feng Y, 2002. A Biomathematical Model on the Rupture of Intracranial Aneurysms. New York; 2: p 1-20.
12. Flamm ES, 1993. Cerebral Aneurysm at the Bifurcation of the Internal Carotid Artery. In Rengachary SS, Wilkins RH (Eds). *Neurosurgical Operative Atlas*. Chicago: The American Association of Neurological Surgeons, 1: p 79-88.
13. Friedman JA et al., 2003. Guglielmi Detachable Coil Treatment of Ruptured Saccular Cerebral Aneurysms: Retrospective Review of a 10-Year Single-Center Experience. *AJNR Am J Neuroradiol*. Rochester, 24: p 526-533.
14. Gkogkas C et al., 2005. Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms. In Proctor MR, Black PM (Eds). *Minimal Invasive Neurosurgery*. New Jersey: Humana Press, 7: p 151-168.
15. Gonzales, Analysa M. 2010. Aneurysm Surgeries, p 1-7. Available at <http://www.scribd.com/doc/36898294/Aneurysms>.
16. Gounis et al., 2005. Flow Dynamics in Aneurysms. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 8: p 99-101.
17. Greenberg MS, 2010. Cerebral Aneurysms. In Greenberg MS (Ed). *Handbook of Neurosurgery*. 7th ed. New York: Thieme, 30.5: p 1055-1082.
18. Grieve JP, Kitchen ND, 2005. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. In Moore AJ, Newell DW (Eds). *Neurosurgery*. London: Springer, 18: p 315-331.
19. Harrigan MR, Deveikis JP, Ardel AA, 2009. Intracranial Aneurysm Treatment. In Harrigan MR, Deveikis JP (Eds). *Handbook of Cerebrovascular Disease and Neurointerventional Technique*. New York: Humana Press, 5: p 143-175.
20. Harrigan MR, Deveikis JP, Ardel AA, 2009. Intracranial Aneurysms and Treatment. In Harrigan MR, Deveikis JP (Eds). *Handbook of Cerebrovascular Disease and Neurointerventional Technique*. New York: Humana Press, 5: p 433-479.
21. Huang et al., 2009. Stent-Assisted Embolization of Wide-Neck Anterior Communicating Artery Aneurysms: Review of 21 Consecutive Cases. *AJNR Am J Neuroradiol*. Shanghai, 30: p 1502-1506.
22. Klompenhouwer EG et al., 2011. Single-Center Experience of Surgical and Endovascular Treatment of Ruptured Intracranial Aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol*. Maastricht, 32: p 570-575.
23. Komotar RJ, Mocco J, Solomon RA, 2008. Guidelines for the Surgical Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms. The 1st Annual J. Lawrence Pool Memorial Research Symposium. New York, p 1-32.
24. Kraus G, 2006. Craniotomy: Aneurysms. Available at www.Neurosurgerypa.com/procedures/CraniotomyAneurysm.html
25. Krings et al., 2011. Intracranial Aneurysms: from vessel wall pathology to therapeutic approach. *Nat Rev Neurol*. Toronto, 7: p 547-559.
26. Le Roux et al., 2005. Pathology and Pathophysiology of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 10: p 127-130.
27. Lee et al., 2005. History of Aneurysm Maagement and Surgery. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 1: p 1-3.
28. Lindsay K, 2010. Vascular Disease. In Lumenta CB et al (Eds). *Neurosurgery*. London: Springer, 3.3: p 181-193.
29. Loewenstein JE et al., 2012. The Natural History and Treatment Options for Unruptured Intracranial Aneurysms. *International Journal of Vascular Medicine*. New Jersey, 23: p 1-11.
30. Martin NA, Brant AJ, 2005. Combined Endovascular and Surgical Techniques. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders,; 60: p 952-960.
31. Mason AM, Cawley M, Barrow DL, 2009. Surgical Management of Intracranial Aneurysms in the Endovascular Era : Review Article. *J Korean Neurosurg Soc*. Atalanta, 45: p 133-142.
32. Narayan P, Barrow DL, 2005. Minimally Invasive Techniques in Vascular Neurosurgery. In Proctor MR, Black PM (Eds). *Minimally Invasive Neurosurgery*. New Jersey: Humana Press, 16: p 331-335.
33. Natarajan SK et al. 2008. Outcomes of Ruptured Intracranial Aneurysms Treated by Microsurgical Clipping and Endovascular Coiling in a High-Volume Center. *AJNR Am J Neuroradiol*. Washington, 29: p 753-759.
34. Orbach D, Becske T, Nelson PK, 2008. Endovascular Management of Intracranial Aneurysms. In Hurst RW, Rosenwasser RH (Eds). *Interventional Neuroradiology*. New York: Informa healthcare, 13: p 239-257.
35. Pierot L, 2011. Flow Diverter Stents in the Treatment of Intracranial Aneurysms: Where are we?. *Journal of Neuroradiology*. France: Elsevier, 38: p 40-46.
36. Qureshi A et al., 2011. Intracranial Aneurysms. In Qureshi A, Georgiadis A (Eds). *Textbook of Interventional Neurology*. New York: Cambridge University Press, 11: p 197-224.
37. Qureshi A, 2004. Endovascular Treatment of Cerebrovascular Diseases and Intracranial Neoplasms. *Lancet*. New Jersey, 363: p 804-813.
38. Qureshi A, 2004. Endovascular treatment of cerebrovascular diseases and intracranial neoplasms. *Lancet*. New Jersey, 363: p 804-813.
39. Qureshi A, Georgiadis A, 2009. *Atlas of Interventional Neurology*. Minnesota: Demos Medical, 1:p 1-12.
40. Qureshi A, Janardhan V, Hanel RA, Lanzino G, 2007. Comparison of Endovascular and Surgical Treatments for Intracranial Aneurysms: an evidence-based review. *Lancet Neurol*. Minnesota; 6: p 816-825.
41. Qureshi A, Taylor AR, 2009. 10 Most Commonly Asked Questions About Training in Interventional Neurology. *The Neurologist*. Minnesota: Lippincott Williams & Wilkins, 15:p 230-233.
42. Ries et al., 2007. Long-Term Follow-Up of Cerebral Aneurysms after Endovascular Therapy–Prediction and Outcome of Retreatment. *AJNR Am J Neuroradiol*. Hamburg, 28: p 1755-1761.
43. Roberts GA, Dacey Jr, 2005. General Techniques of Aneurysm Surgery. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 37: p 563-580.
44. Ryu et al., 2010. Endovascular Management of the Wide-neck Aneurysms: the Applications of the Coils and Catheter. *Neurointervention*. Seoul, 5: p 71-78.
45. Seibert et al., 2011. Intracranial Aneurysms: review of current treatment option and outcomes. *Frontiers in Neurology*. Minneapolis, 2: p 1-11.
46. Sellar R, 2008. Complications of Interventional treatment of Cerebral Aneurysms. *Interventional Neurology*. Scotland, 14: p 63-74.
47. Srinivasan J et al., 2005. Intraoperative Aneurysm Rupture. In Le Roux PD et al (Eds). *Management of Cerebral Aneurysms*. Pennsylvania: Saunders, 54: p 867-871.

48. Stafa A, Leonardi M, 2008. Role of Neuroradiology in Evaluating Cerebral Aneurysms. *Interventional Neuroradiology*. Bologna, 14: p 23-27.
49. Sumantri F, Firdaus Sani A, Husain S, 2012. Safety of Cerebral Digital Subtraction Angiography : Complication Rate Analysis. *Universa Medicina*. Jakarta, 31: p 27-33.
50. Taha MM et al., 2006. Endovascular embolization vs surgical clipping in treatment of cerebral aneurysms: morbidity and mortality with short-term outcome. *Surgical Neurology*. Fukuoka, 66: p 277-284.
51. Thubrikar MJ, 2007. Intracranial Aneurysms. In *Vascular Mechanics and Pathology*. New York: Springer, 14: p 403-423.
52. Thompson BG, Brown RD, Jr., Amin-Hanjani S, Broderick JP, Cockroft KM, Connolly ES, Jr., et al. Guidelines for the Management of Patients With Unruptured Intracranial Aneurysms: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/ American Stroke Association. *Stroke*. 2015.
53. Van Rooij et al., 2005. Predictive Value of Angiographic Testing for Tolerance to Therapeutic Occlusion of the Carotid Artery. *AJNR Am J Neuroradiol*. Utrecht, 26: p 175-178.
54. Vega C, Kwoon JV, Lavine SD, 2002. Intracranial Aneurysms: Current Evidence and Clinical Practice. *American Family Physician*. California, 66: p 601-607.
55. Williams M, Lafuente J. Intracranial Aneurysm Surgery and Its Future. *J R Soc Med*. London, 96: p 540-543.
56. Willinsky RA et al., 2009. Clinical and Angiographic Follow-up of Ruptured Intracranial Aneurysms Treated with Endovascular Embolization. *AJNR Am J Neuroradiol*. Toronto, 30: p 1035-1040.
57. Woo et al., 2009. Flow Diversion for Intracranial Aneurysm Treatment. *Endovascular Today*. New York, p 67-74.
58. Zhang XL, Huang L, Zee CS, 2012. Temporary Occlusion Test Using a Microcatheter. *World Neurosurgery*. Shanghai, 77: p 398-399.
59. Zuccarello M, Ringer A, 2010. Aneurysma Clipping, Advanced Level. Cincinnati: Mayfield Clinic, available at www.mayfieldclinic.com/PE-Clipping.htm