

Aspek Klinis dan Radiologis Cedera Kepala

Herdianta

Rumah Sakit Umum Daerah Cut Nyak Dhien, Meulaboh, Aceh

ABSTRAK

Kata Kunci:

Cedera Kepala;

CT Scan;

MRI;

Neuroimaging

Cedera kepala merupakan kejadian nondegeneratif dan nonkongenital pada otak yang disebabkan oleh kekuatan mekanik eksternal yang memungkinkan terjadinya kerusakan permanen atau sementara terhadap fungsi kognitif, fisik, dan psikososial dengan kondisi perubahan atau penurunan kesadaran. Stratifikasi risiko pasien dimulai dengan pemahaman mengenai mekanisme cedera, gejala dan temuan pemeriksaan fisik yang terkait dengan cedera kepala yang signifikan. Mekanisme cedera yang paling sering dikaitkan dengan cedera kepala berat, bahkan ketika pasien datang dengan gejala cedera kepala ringan, seperti pejalan kaki ditabrak kendaraan, penumpang terlempar dari kendaraan bermotor, atau jatuh dari ketinggian lebih dari satu meter atau lima tangga. Tidak semua pasien dengan trauma kepala memerlukan neuroimaging, sehingga banyak pasien yang dapat dipulangkan dengan aman setelah pemeriksaan riwayat medis dan pemeriksaan fisik menyeluruh, ditambah dengan periode observasi yang singkat. Cedera kepala dapat menyebabkan komplikasi kepada penderitanya, diantaranya adalah komplikasi kranial dan komplikasi sistemik. Komplikasi kranial merupakan komplikasi yang mungkin terjadi pada pasien dengan cedera kepala, antara lain: edema serebral, hipertensi intrakranial, infeksi, toksisitas ion kalsium dan vasospasme.

Korespondensi: herdigsperisai@gmail.com (Herdianta)

ABSTRACT

Keywords:

Head Injury;

CT scans;

MRIs;

Neuroimaging

Head injury is a non-degenerative and non-congenital event in the brain caused by external mechanical forces that may cause permanent or temporary damage to cognitive, physical and psychosocial functions with conditions of altered or decreased consciousness. Patient risk stratification begins with an understanding of the mechanism of injury, symptoms and physical examination findings associated with significant head injury. The most common mechanism of injury is associated with severe head injury, even when the patient presents with mild head injury symptoms, such as a pedestrian being hit by a vehicle, a passenger being thrown from a motorized vehicle, or a fall from a height of more than one meter or five stairs. Not all patients with head trauma require neuroimaging, so many patients can be safely discharged after a thorough medical history and physical examination, plus a short period of observation. Head injuries can cause complications to sufferers, including cranial complications and systemic complications. Cranial complications are complications that may occur in patients with head injuries, including: cerebral edema, intracranial hypertension, infection, calcium ion toxicity and vasospasm.

PENDAHULUAN

Cedera kepala merupakan kejadian nondegeneratif dan nonkongenital pada otak yang disebabkan oleh kekuatan mekanik eksternal yang memungkinkan terjadinya kerusakan permanen atau sementara terhadap fungsi kognitif, fisik, dan psikososial dengan kondisi perubahan atau penurunan kesadaran.¹ Trauma merupakan penyebab utama kematian pada orang yang berusia <45 tahun dan lebih dari setengah kematian ini adalah akibat dari cedera kepala.^{2,3}

Cedera kepala dapat menyebabkan komplikasi kepada penderitanya, diantaranya adalah komplikasi kranial dan komplikasi sistemik. Komplikasi kranial merupakan komplikasi yang mungkin terjadi pada pasien dengan TBI, antara lain: edema serebral, hipertensi intrakranial, infeksi, toksisitas ion kalsium dan vasospasme.^{3,4} Komplikasi sistemik terutama iskemik termasuk hipoksemia, hipotensi, hipertensi hiperglikemia, dan hipoglikemia. Hal ini membuat TBI harus segera ditatalaksana dengan baik.⁵

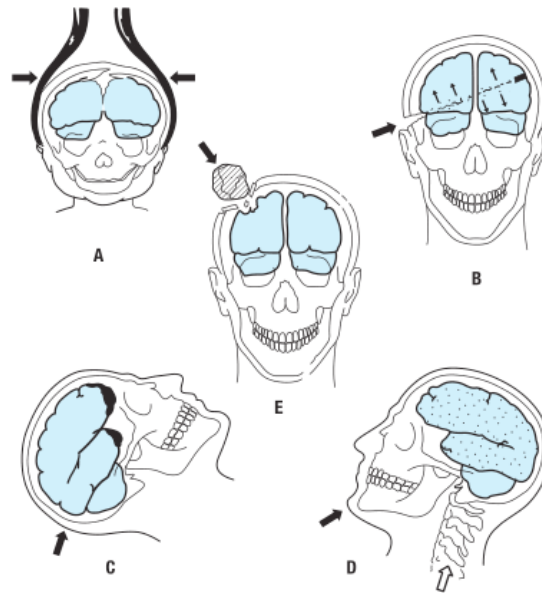
Tidak semua pasien dengan trauma kepala memerlukan neuroimaging, sehingga banyak pasien yang dapat dipulangkan dengan aman setelah

pemeriksaan riwayat medis dan pemeriksaan fisik menyeluruh, ditambah dengan periode observasi yang singkat. Penatalaksanaan optimal pasien cedera kepala dimulai dengan triase dini dan tepat. Keputusan klinis dapat membantu dalam identifikasi pasien berisiko rendah yang tidak memerlukan neuroimaging atau hanya periode pengamatan singkat.^{6,7}

KLASIFIKASI DAN MEKANISME KERUSAKAN

Mekanisme yang dapat menyebabkan trauma kepala, diantaranya adalah kecelakaan kendaraan bermotor, jatuh, cedera terkait olahraga, dan trauma tembus. Trauma kepala yang terjadi di negara berkembang pada umumnya disebabkan oleh kecelakaan bermotor, sedangkan di negara industri disebabkan oleh kecelakaan terkait pekerjaan.⁸ Penelitian menunjukkan bahwa kecelakaan kendaraan bermotor (terutama roda dua) merupakan hampir penyebab dari setengah kejadian trauma kepala yang ada di Amerika Serikat, terutama di daerah pinggiran kota.^{8,9}

Tingkat keparahan sering diklasifikasikan menggunakan *Glasgow Coma Scale* (GCS) yang merupakan skor dari penjumlahan dari respon



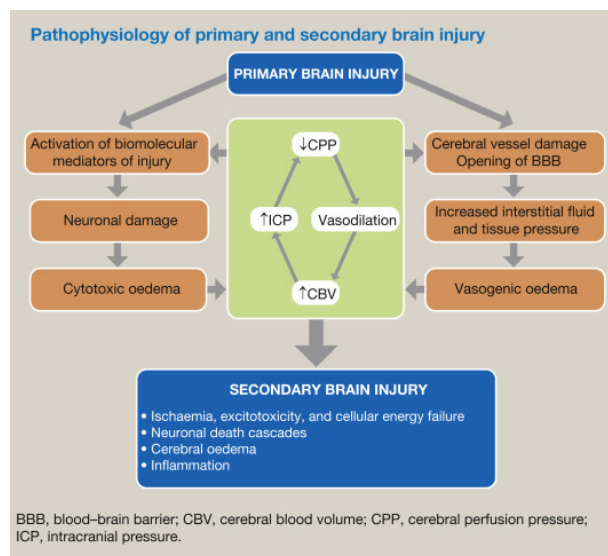
Gambar 1. Mekanisme cedera kraniocerebral. A: cranium terdistorsi oleh forsep (cedera saat lahir). B: luka tembak otak. C: jatuh (juga kecelakaan lalu lintas). D: pukulan pada dagu. E: cedera akibat benda jatuh³

mata, motorik, dan verbal. Cedera dikatakan ringan ketika skor GCS 13-15, 9-12 cedera sedang, dan <9 digolongkan dalam cedera berat. Kerusakan yang disebabkan oleh cedera kepala dibagi menjadi dua jenis, antara lain cedera otak primer dan sekunder.^{4,10}

Cedera primer merupakan cedera yang diakibatkan oleh trauma mekanis berupa benturan

fisik pada kepala yang mengakibatkan kompresi dan cedera jaringan yang berdekatan baik dengan atau tanpa kehilangan kesadaran. Sel otak disekelilingnya akan mengalami gangguan fungsional, tetapi belum mati dan bila keadaan menguntungkan sel akan sembuh dalam beberapa menit, jam atau hari.^{10,11}

Proses selanjutnya disebut proses patologi



Gambar 2. Patofisiologi cedera kepala

sekunder. Proses biokimiawi dan struktur massa yang rusak akan menyebabkan kerusakan seluler yang luas pada sel yang cedera maupun sel yang tidak cedera.² Cedera sekunder adalah proses kompleks yang terjadi dalam beberapa jam dan beberapa hari setelah cedera primer yang mencakup komplikasi kranial dan sistemik.¹⁰

Kerusakan sekunder pada lokasi trauma dapat diperberat dengan kaskade yang kompleks dari respon inflamasi seluler pada banyak kasus cedera kepala. Inflamasi merupakan respon dasar terhadap trauma sangat berperan dalam terjadinya cedera sekunder. Proses inflamasi terjadi segera setelah trauma yang ditandai dengan aktivasi substansi mediator yang menyebabkan dilatasi pembuluh darah, penurunan aliran darah, dan permeabilitas kapiler yang meningkat.¹²

ASESMEN AWAL PASIEN

Stratifikasi risiko pasien dimulai dengan pemahaman mengenai mekanisme cedera, gejala dan temuan pemeriksaan fisik yang terkait dengan cedera kepala yang signifikan. Mekanisme cedera yang paling sering dikaitkan dengan cedera kepala berat (CKB), bahkan ketika pasien datang dengan gejala cedera kepala ringan (CKR), seperti pejalan kaki ditabrak kendaraan, penumpang terlempar dari kendaraan bermotor, atau jatuh dari ketinggian lebih dari satu meter atau lima tangga.^{6,7}

Pasien yang datang dengan muntah, terutama lebih dari dua episode memiliki kemungkinan lebih tinggi yang dikaitkan dengan CKB. Kejang pasca-trauma juga berhubungan positif dengan keparahan cedera kepala. Meskipun ada kekhawatiran dari pasien dan keluarga mereka, artikel terbaru menunjukkan bahwa kehilangan kesadaran yang singkat atau sakit kepala pasca-cedera yang terjadi pada orang dewasa tidak memprediksi keparahan cedera kepala, contusio serebri, perjalanan klinis, atau gangguan kognitif jangka panjang.^{6,7}

Temuan pemeriksaan fisik dapat membantu dalam memprediksi keparahan cedera pada pasien dengan cedera kepala ringan sampai sedang. Defisit neurologis fokal dikaitkan dengan CKB. Tanda-

tanda fraktur tengkorak (terbuka, tertekan, atau basilar) seperti hemotimpanum, otorrhea cairan serebrospinal (CSS), ekimosis peri-orbital, atau fraktur tengkorak basilar terisolasi yang diidentifikasi oleh ekimosis postauricular (tanda *Battle*) juga berhubungan dengan CKB. Cedera berat pada pasien mabuk yang tidak sadarkan diri dapat dengan mudah terlewatkan atau dikaitkan dengan keracunan.^{6,7} Hasil pemeriksaan GCS awal 13, perburukan GCS, dan GCS <14 setelah dua jam pasca cedera semuanya terkait dengan kemungkinan cedera intrakranial berat yang lebih tinggi. Anak-anak, terutama yang berusia di bawah dua tahun dapat menderita cedera kepala dengan mekanisme cedera ringan. Selain itu, anak-anak seringkali sulit untuk dinilai, dan cedera intrakranial yang signifikan sering tidak menunjukkan gejala.^{13,14}

Tanda yang diketahui terkait dengan cedera intrakranial parah pada anak-anak termasuk kehilangan kesadaran, muntah (terutama ketika beberapa episode atau dikombinasikan dengan indikator keparahan lainnya), kejang pasca trauma, dan fraktur kranium. Hingga dua pertiga dari anak-anak dengan cedera kepala parah dapat mengalami cedera substansial lainnya yang tidak dapat mereka laporkan.¹³

PEMERIKSAAN RADIOLOGIS

Tidak semua pasien dengan trauma kepala memerlukan neuroimaging, sehingga banyak pasien yang dapat dipulangkan dengan aman setelah pemeriksaan riwayat medis dan pemeriksaan fisik menyeluruh, ditambah dengan periode observasi yang singkat. *Canadian Head CT Rule* dan *New Orleans Criteria* adalah instrument yang divalidasi dan dapat membantu dokter dalam mengidentifikasi pasien dewasa berisiko rendah dengan cedera kepala ringan yang seringkali tidak memerlukan neuroimaging. Pasien dengan cedera kepala ringan, jika tidak tampak baik pada pemeriksaan, dan tidak adanya kriteria dari *Canadian Head CT Rule* dan *New Orleans Criteria* memiliki risiko cedera intrakranial yang sangat rendah dan tidak memerlukan neuroimaging.¹³ Contributing to sustained disability *Canadian Head CT Rule* memiliki akurasi

Tabel 1. Keputusan untuk neuroimaging pada trauma kepala ringan^{16,17} 14 (16.7%

Canadian head CT rule	New Orleans criteria
• >65 tahun • Mekanisme berbahaya: pejalan kaki tertabrak kendaraan bermotor, penumpang terlempar dari kendaraan bermotor, atau jatuh dari tangga >1 m atau >5 anak tangga • Muntah >1 episode • Amnesia lebih dari 30 menit • GCS < 15 pada 2 jam • Diduga fraktur tengkorak terbuka, depres, atau basilar	• >60 tahun • Intoksikasi • Sakit kepala • Setiap muntah • Kejang • Amnesia • Trauma yang ditemukan di atas klavikula
<i>Pertimbangkan CT kepala pada pasien yang memiliki 1 atau lebih kriteria di atas.</i>	

diagnostik yang lebih baik daripada *New Orleans Criteria*. Penting juga untuk dicatat bahwa aturan keputusan ini divalidasi dalam pengaturan perawatan akut berpenghasilan tinggi, dan generalisasi mereka untuk pengambilan keputusan klinis di komunitas atau negara dengan pendapatan menengah kebawah mungkin terbatas. Kriteria *Pediatric Emergency Care*

Applied Research Network (PECARN) juga dapat digunakan dengan pasien anak (<18 tahun) dengan trauma kepala ringan untuk mengidentifikasi pasien yang tidak memerlukan neuroimaging.¹⁵

Kriteria PECARN berbeda untuk pasien di bawah usia 2 tahun dan mereka yang berusia antara 2 dan 18 tahun. Sebuah studi validasi baru-

Tabel 2. Aturan PECARN untuk cedera kepala pada anak-anak¹⁵

Usia <2 tahun	Usia >2 tahun
• GCS 14 atau perubahan status mental • Mekanisme cedera parah • Kehilangan kesadaran >5 detik • Hematoma temporal, parietal, atau oksipital (tidak termasuk hematoma frontal) • Fraktur tengkorak teraba • Bertingkah tidak normal menurut orang tua	• GCS 14 atau perubahan status mental lainnya • Mekanisme cedera yang parah • Dan kehilangan kesadaran • Riwayat muntah • Tanda-tanda fraktur tengkorak basilaris • Sakit kepala parah
• Perubahan status mental: GCS 14, agitasi, somnolen, respons terhadap komunikasi verbal atau pertanyaan berulang lambat. • Mekanisme berat: kecelakaan kendaraan bermotor dengan pasien terlempar, kematian penumpang lain, atau terguling; pejalan kaki atau pengendara sepeda tanpa helm yang ditabrak kendaraan; jatuh > 0,9 m jika usia < 2 tahun, atau > 1,5 m jika usia 2 tahun; atau kepala terbentur benda keras • Tanda fraktur basilar tengkorak: hemotympanum, memar retro-auricular (Battle sign), memar periorbital (raccoon eyes), otorrhea atau rhinorrhea cairan serebrospinal	



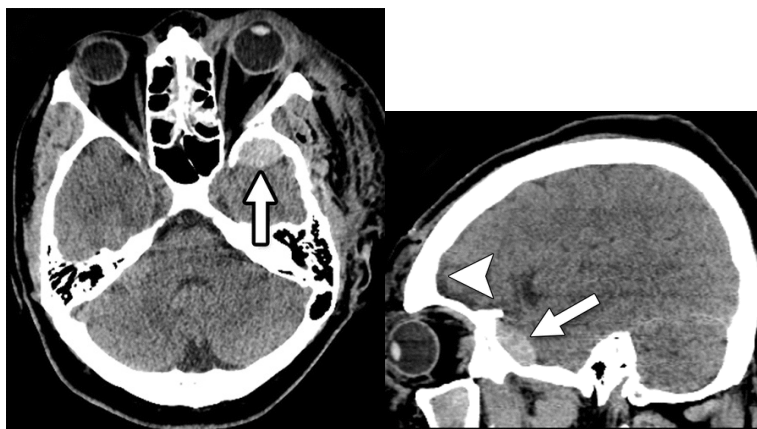
Gambar 3. Cedera kepala dengan fraktur tengkorak depres¹⁸

baru ini membandingkan PECARN dengan dua aturan keputusan cedera kepala pediatrik lainnya menemukan sensitivitas superior dengan PECARN yang hampir 100% sensitif untuk cedera kepala yang signifikan secara klinis (95% CI = 84-100%).¹⁵

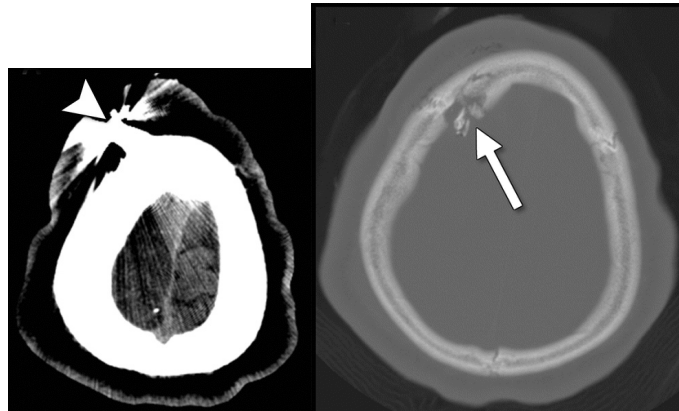
Pasien dengan CKR dan CKS dapat diobservasi di IGD dan menunda pencitraan segera. Pencitraan selanjutnya diperoleh jika kondisi klinis pasien memburuk atau tidak membaik. Dokter yang melayani pasien dengan sumber sumber daya terbatas seringkali memerlukan pemindahan pasien ke fasilitas lain dengan modalitas pencitraan yang sesuai. Sambil menunggu transfer, pasien dengan CKS dan CKB harus menjalani stabilisasi

dan ditatalaksana dengan pemberian obat-obatan. Trauma kepala sering juga disertai dengan cedera traumatis pada tulang belakang leher dan bagian tubuh lainnya, sehingga pemeriksaan neuroimaging sering dibuat bersamaan dengan pencitraan CT untuk cedera lainnya.¹³

Pemeriksaan CT scan memiliki sensitivitas yang jauh lebih tinggi untuk mendeteksi fraktur (terkait dengan hematoma epidural, cedera pembuluh darah, dan kebocoran cairan serebrospinal [CSS]) serta tidak perlu melakukan skrining untuk keamanan. *Computed tomography* (CT) direkomendasikan sebagai pencitraan pilihan dan dapat mengidentifikasi hematoma subdural, hematoma epidural, perdarahan



Gambar 4. Cedera kepala dengan fraktur tengkorak depres, fraktur maksilofasial kompleks, EDH vena dan arteri, hematoma subdural (SDH), dan kontusio serebri. GCS pasien saat presentasi adalah 15



Gambar 5. Pasien dengan luka tembak di bagian kepala

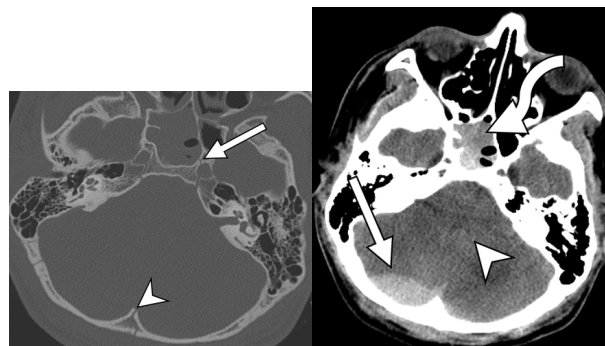
subarachnoid, fraktur tengkorak, pneumosefalus, efek massa, dan tanda-tanda edema serebral.¹⁸

Pemeriksaan CT scan kurang sensitif dalam mendeteksi lesi non-hemoragik seperti kontusio,

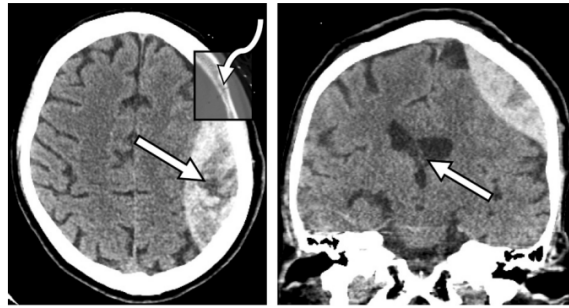
cedera aksonal difus, edema serebral dini, dan cedera halus. Sensitivitas CT scan turun menurun dan gagal mendeteksi cedera kecil saat pasien menjalani pemeriksaan lebih dari 24 jam setelah cedera.¹³



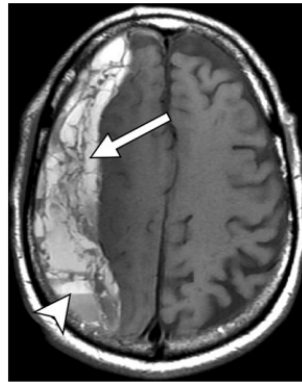
Gambar 6. Akumulasi darah didapatkan pada lokasi peluru bersarang



Gambar 7. Fraktur fossa oksipital posterior dan dasar tengkorak dengan EDH pada seorang pria berusia 34 tahun yang dipukul di bagian belakang kepala dengan besi



Gambar 8. Temuan EDH hiperakut

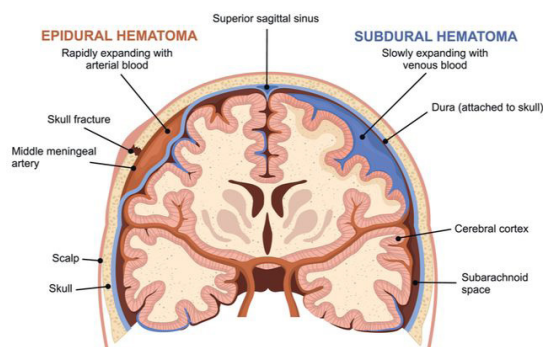


Gambar 9. Temuan SDH dengan herniasi serebri

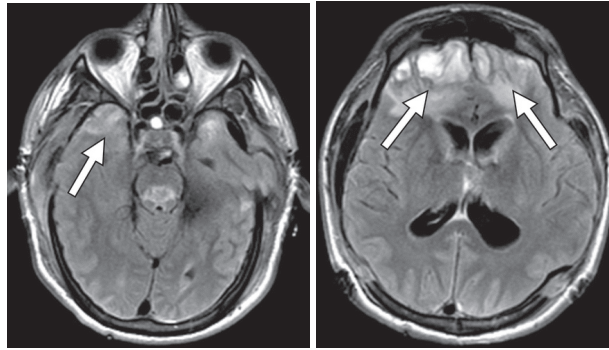
Rekomendasi menyatakan bahwa MRI dilakukan apabila pemeriksaan CT normal dan ada temuan neurologis persisten yang tidak dapat dijelaskan. Namun, peran optimal MRI pada cedera kepala dalam skenario klinis lainnya masih belum jelas, terutama mengingat masalah keamanan (misalnya benda

asing logam), ketersediaan yang terbatas, waktu pencitraan yang lebih lama, kepekaan terhadap gerakan pasien, dan biaya yang lebih tinggi. Protokol MRI otak untuk orang dewasa yang dilakukan adalah pemeriksaan MRI-T2W dengan meneman kontras lemak.¹⁸

EPIDURAL HEMATOMA VS SUBDURAL HEMATOMA



Gambar 10. Perbedaan hematoma epidural dan subdural



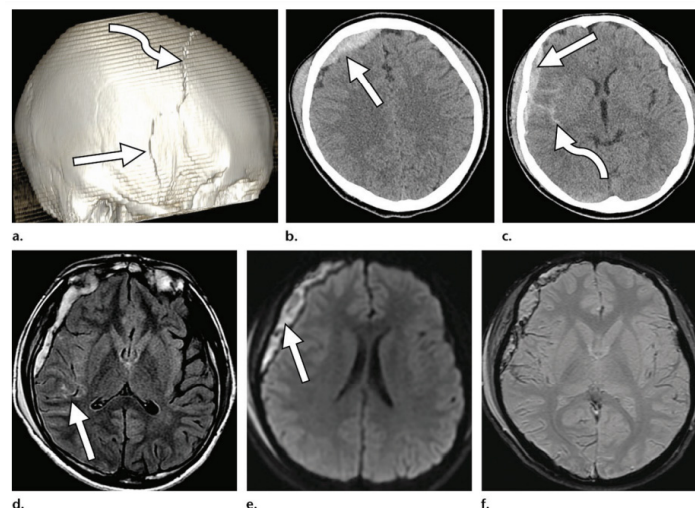
Gambar 11. Fraktur dasar tengkorak, memar hemoragik frontal anterior yang besar, edema otak difus, herniasi, dan perdarahan Duret pada wanita berusia 40 tahun yang tertabrak mobil

Pencitraan yang dilakukan setelah pemberian bahan kontras (pascakontras) tidak rutin dilakukan pada keadaan trauma. Namun, penelitian awal telah menunjukkan bahwa peningkatan meningeal yang sugestif menunjukkan cedera meningeal, serta dapat lebih sensitif dideteksi dengan rangkaian FLAIR postcontrast T2-weighted. Pemeriksaan CT atau MR angiografi dianjurkan ketika fraktur melintasi kanal karotis, dalam kasus cedera tembus, ketika ada kekhawatiran pasca trauma vasospasme, dan ketika pola perdarahan intrakranial tidak khas untuk trauma.¹⁸

Pola perdarahan yang atipikal untuk trauma termasuk SAH terisolasi di bagian basilar, SAH volume

besar terisolasi di fisura sylvian, dan SAH terisolasi di fisura interhemispheric anterior. Angiografi harus dipertimbangkan dalam kasus ini untuk mengevaluasi pecahnya aneurisma. Selain itu, hematoma besar dengan kalsifikasi terkait atau pembuluh darah yang menonjol harus meningkatkan kecurigaan untuk malformasi vaskular dan harus dilakukan angiografi. CT atau MR venografi sangat membantu dalam kasus di mana fraktur melintasi sinus vena dural, karena fraktur ini terkait dengan EDH vena dan trombotik sinus vena dural.¹⁸

Perdarahan intraventricular dalam keadaan trauma dapat berasal dari ruptur vena subependymal, perluasan dari hematoma intraparenkim, atau



Gambar 12. Gambaran EDH akut dan hiperakut

redistribusi retrograde dari ruang subarachnoid. Perdarahan intraventricular pada gambar CT kepala awal berkorelasi dengan DAI pada gambar MR berikutnya, dengan odds ratio univariat dan multivariat masing-masing 3,7 dan 4,2, ditunjukkan dalam satu penelitian.¹⁸

Cedera aksonal terjadi akibat peregangan aksonal dan / atau tekanan geser dan sebagian besar memengaruhi kanal substansia alba yang sangat terorganisir dan permukaan antara jaringan otak dengan kepadatan berbeda (yaitu, persimpangan abu-abu putih). Ada penggunaan variabel dari dua istilah terkait, yaitu *traumatic axonal injury* (TAI) dan *diffuse axonal injury* (DAI), dimana keduanya sering digunakan secara bergantian.

Cedera geser dapat terjadi dengan cedera TBI yang lebih ringan dan pada tingkat yang lebih rendah seiring kemajuan perangkat keras dan teknik MRI. Akibatnya, istilah TAI digunakan untuk mencerminkan cedera geser unifokal atau multifokal ringan terisolasi (yaitu, tiga atau lebih sedikit fokus berdasarkan TBI *Common Data Elements*).¹⁸

Nilai pemeriksaan ultrasonografi (USG) dalam pengaturan sumber daya yang terbatas telah mendapatkan perhatian akhir-akhir ini, sehingga membuat USG untuk cedera kepala layak untuk dinilai. Pengukuran sonografi dari diameter selubung saraf optik menunjukkan harapan awal dalam mendeteksi peningkatan tekanan intrakranial (TIK). Dalam pengaturan trauma, peningkatan TIK cenderung menunjukkan terdapat peningkatan hematoma atau edema yang signifikan.¹³

KOMPLIKASI

Cedera kepala dapat menyebabkan komplikasi kepada penderitanya, diantaranya adalah komplikasi kranial dan komplikasi sistemik. Komplikasi kranial merupakan komplikasi yang mungkin terjadi pada pasien dengan cedera kepala, antara lain: edema serebral, hipertensi intrakranial, infeksi, toksisitas ion kalsium dan vasospasme.⁴ Komplikasi sistemik terutama iskemik termasuk hipoksemia, hipotensi, hipertensi hiperglikemia, dan hipoglikemia.⁵

Hiperglikemia pada pasien cedera kepala merupakan salah satu komplikasi yang paling umum yang terjadi dan berkorelasi dengan tingkat keparahan cedera dan hasil klinis serta prognosis yang buruk. Hubungan antara hiperglikemia dan prognosis buruk juga diamati pada pasien stroke iskemik, perdarahan subarakhnoid, dan perdarahan intraserebral yang penting sebagai tatalaksana untuk hiperglikemia.⁵

PENUTUP

Penatalaksanaan optimal pasien cedera kepala dimulai dengan triase dini dan tepat. Anamnesis dan pemeriksaan fisik yang lengkap dapat mengidentifikasi pasien berisiko tinggi yang datang dengan cedera kepala ringan atau sedang. Keputusan klinis dapat membantu dalam identifikasi pasien berisiko rendah yang tidak memerlukan neuroimaging atau hanya periode pengamatan singkat. Penatalaksanaan pasien cedera kepala berat memerlukan pendekatan sistematis yang berfokus pada menghindari cedera sekunder, termasuk hipotensi, hipoksia, dan hipoglikemia. Sebagian besar intervensi untuk mencegah cedera sekunder dapat diterapkan di semua tingkat fasilitas. Pencitraan saraf segera direkomendasikan untuk pasien dengan cedera kepala berat diikuti dengan konsultasi dengan ahli bedah saraf dan transfer ke unit perawatan intensif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Vedin T, Edelhamre M, Karlsson M, Bergenheim M, Larsson P-A. Management of Traumatic Brain Injury in the Emergency Department: Guideline Adherence and Patient Safety. *Qual Manag Health Care*. 2017;26(4):190–5.
2. Brain Injury Assoc. Brain Injury [Internet]. BIA. 2018. Available from: <https://www.biausa.org/brain-injury/about-brain-injury>
3. Ropper AH, Samuel MA. Adams and Victor's Principles of Neurology. 9th ed. Boston: Mc Graw Hill Companies Inc; 2014.

4. Kostic A; Stefanovic IC; Novak V; et al. Prognostic significance of intracranial pressure monitoring and intracranial hypertension in severe brain trauma patients. *Med Pregl*. 2011;64(9):461–5.
5. Johnson U; Nilsson P; Ronne EE; et al. Favorable outcome in traumatic brain injury patients with impaired cerebral pressure autoregulation when treated at low cerebral perfusion pressure levels. *Neurosurg*. 2011;168(3):714–21.
6. Easter JS, Haukoos JS, Meehan WP, Novack V, Edlow JA. Will Neuroimaging Reveal a Severe Intracranial Injury in This Adult With Minor Head Trauma?: The Rational Clinical Examination Systematic Review. *JAMA*. 2015 Dec;314(24):2672–81.
7. Ibañez J, Arian F, Pedraza S, Sánchez E, Poca MA, Rodriguez D, et al. Reliability of clinical guidelines in the detection of patients at risk following mild head injury: results of a prospective study. *J Neurosurg*. 2004 May;100(5):825–34.
8. Louis ED; Mayer SA; Rowland LP. *Merritt's neurology*. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2016.
9. Shetty VS, Reis MN, Aulino JM, Berger KL, Broder J, Choudhri AF, et al. ACR Appropriateness Criteria Head Trauma. *J Am Coll Radiol*. 2016 Jun;13(6):668–79.
10. Sorrentino E; Diedler J; Kasprowicz M; et al. Critical thresholds for cerebrovascular reactivity after traumatic brain injury. *Neurocrit Care*. 2012;16(2):258–66.
11. Quintard H; Ichai C; Payen JP. *The Stress Response after Traumatic Brain Injury: Metabolic and Hormonal Aspects*. Springer Int Publ Switz. 2016;12(3):78–83.
12. Price SA LM. *Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit*. Jakarta: EGC; 2016.
13. Dixon J, Comstock G, Whitfield J, Richards D, Burkholder TW, Leifer N, et al. Emergency department management of traumatic brain injuries: A resource tiered review. *African J Emerg Med Rev africaine la Med d'urgence*. 2020 Sep;10(3):159–66.
14. Stewart TC, Alharfi IM, Fraser DD. The role of serious concomitant injuries in the treatment and outcome of pediatric severe traumatic brain injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013 Nov;75(5):836–42.
15. Atabaki SM, Hoyle JDJ, Schunk JE, Monroe DJ, Alpern ER, Quayle KS, et al. Comparison of Prediction Rules and Clinician Suspicion for Identifying Children With Clinically Important Brain Injuries After Blunt Head Trauma. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med*. 2016 May;23(5):566–75.
16. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement C, Lesiuk H, Laupacis A, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet* (London, England). 2001 May;357(9266):1391–6.
17. Haydel MJ, Preston CA, Mills TJ, Luber S, Blaudeau E, DeBlieux PM. Indications for computed tomography in patients with minor head injury. *N Engl J Med*. 2000 Jul;343(2):100–5.
18. Schweitzer AD, Niogi SN, Whitlow CT, Tsiouris AJ. Traumatic Brain Injury: Imaging Patterns and Complications. *RadioGraphics* [Internet]. 2019 Oct 1;39(6):1571–95. Available from: <https://doi.org/10.1148/rg.2019190076>