

TINJAUAN PUSTAKA

Fenomena Kernohan *Notch*, Tinjauan Neuroanatomi Hemiparesis Paradoksikal

Maula Gaharu¹, Putri Kusuma Wardhani²

1. RS Bhayangkara Raden Said Sukanto, Jakarta; 2. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jakarta

Korespondensi: Maula Gaharu; alamat email: mgaharu@yahoo.com; no.ponsel: 08161979204

Abstrak

Tujuan: Artikel ini bertujuan untuk membahas fenomena kernohan *notch* dan tinjauan neuroanatomi. **Metode:** Penelusuran digital dengan menggunakan database Pubmed dan menggunakan artikel yang terbit dari tahun 2012. Artikel ini ditulis berdasarkan review beberapa literatur laporan kasus tunggal maupun ganda, serta artikel penelitian. **Hasil:** Berbagai hipotesa etiologi yang pernah dilaporkan yaitu anomali dekusasio piramidum, gangguan fungsional serebral, disfungsi serebrovaskular dan kompresi jaras traktus kortikospinal kontralateral dari efek massa supratentorial dan menyebabkan manifestasi klinis hemiparesis atau hemiplegia paradoksikal. Penatalaksanaan fenomena Kernohan *notch* bertujuan dekomresi tekanan intrakranial. Prognosis ditentukan bermacam faktor, meskipun demikian 67% kasus mempunyai prognosis fungsional baik. **Kesimpulan:** fenomena Kernohan *notch* merupakan fenomena bermanifestasi klinis hemiparesis yang unik dan jarang terjadi akibat efek desak ruang.

Kata kunci: Kernohan *notch*; Hemiparesis Paradoksikal; Pedunkulus Serebri

Abstract

Objective: This article aims to discuss the phenomenon of notch blurring and the science of neuroanatomy. **Methods:** Digital search using the Pubmed database and using articles published in 2012. This article was written based on a review of the literature on single and multiple case reports, as well as research articles. **Results:** Various etiological hypotheses have been reported, namely pyramidal decussation anomaly, cerebral functional disorders, cerebrovascular dysfunction and contralateral corticospinal tract compression from supratentorial mass effects and causing clinical manifestations of hemiparesis or paradoxical hemiplegia. Management of the Kernohan notch phenomenon aims to decompress intracranial pressure. Prognosis is determined by various factors, however, 67% of cases have a good functioning prognosis. Conclusion: The Kernohan notch phenomenon is a unique clinical manifestation of hemiparesis and rarely occurs due to space-occupying effects.

Keywords: Kernohan notch, Paradoxical Hemiparesis, Cerebral Peduncle

PENDAHULUAN

Fenomena Kernohan notch pertama kali ditemukan oleh Kernohan dan Woltman tahun 1929, merupakan fenomena manifestasi klinis yang jarang terjadi akibat adanya efek desak ruang. Pada pemeriksaan post-mortem 297 pasien, ditemukan letak lesi yang tidak sesuai dengan manifestasi klinis yang ditemukan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan tekanan intrakranial menyebabkan penekanan pedunkulus serebri kontralateral, sehingga menyebabkan kompresi terhadap sudut tentorial kontralateral. Berbagai etiologi yang mempunyai efek massa supratentorial dapat menyebabkan manifestasi klinis hemiparesis atau hemiplegia paradoksikal dan midriasis. Fenomena hemiparesis paradoksikal dilaporkan pada stadium lanjut neoplasma, cedera otak berat dan ruptur malformasi vaskular.^(1,2) Berikut tinjauan neuroanatomi pada fenomena menarik ini.

METODE

Pencarian literatur secara elektronik dengan menggunakan database Pubmed. Kata kunci yang digunakan "Kernohan" dan "Kernohan's" dengan durasi terbit literatur sejak tahun 2012. Literatur laporan kasus tunggal dan serial serta tinjauan pustaka yang menjelaskan patofisiologi, etiologi dan gambaran radiologi dijadikan acuan dalam pembuatan artikel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

James Watson Kernohan (1896–1981)⁽³⁾

Kernohan lahir di Moyasset, County Antrim, Irlandia Utara pada 1 Oktober 1896 .



James Watson Kernohan (1896–1981).

Gambar 1. James Watson Kernohan.

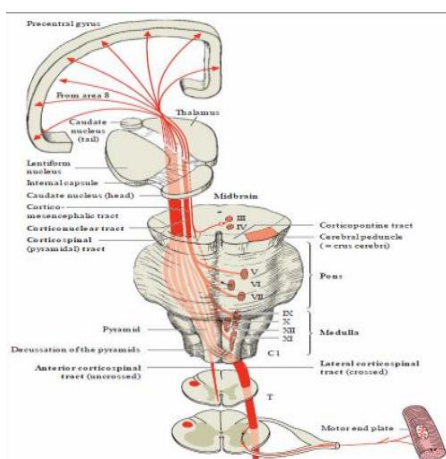
Sumber : James Watson Kernohan (1896-1981: *Frontiers in neuropathology*)

Setelah menyelesaikan pendidikan kedokteran di Queen's University, Belfast. Tahun 1922 melanjutkan pendidikan fellowship pada departemen patologi di Mayo Graduate School of Medicine, Minnesota. Tiga tahun kemudian ia bergabung dengan Departemen Patologi Anatomi di Mayo Clinic sebagai konsultan. Tahun 1929 ia menulis artikel klasik berjudul *Incisura of the Crus due to Contralateral Brain Tumor*. Pada artikel ini dipaparkan fenomena paradoks yang melibatkan crus cerebri yang menyebabkan defisit neurologis ipsilateral lesi (tanda lokalisasi palsu). Temuan ini dikenal sebagai fenomena Kernohan-

Woltman *notch*. Selain itu, karya tulis monumental lain adalah yang dipublikasi pada tahun 1949, ia mengembangkan sistem klasifikasi baru untuk tumor otak dengan menulis artikel penting berjudul *A Simplified Classification of the Glioma*, berisi stadium baru untuk menilai astrositoma, ependymoma, oligodendroglioma, dan neuroastrocytomas dari 1 hingga 4. Selain karir yang sukses di Mayo Clinic, Kernohan juga memegang posisi penting dalam masyarakat patologi, neuropatologi, dan neurologi. James Watson Kernohan meninggal pada 5 Mei 1981 pada usia 84 tahun.

Jaras Kortikospinal (2,4,5)

Jaras yang berasal dari area korteks precentralis motorik, berjalan melalui corona radiata, kapsula internal posterior, pedunculus serebral, pons dan medula oblongata. Sekitar 80-85% jaras piramidalis ini akan menyilang pada dekusasi piramidum dan melintasi medula spinalis kontralateral.



Gambar 2. Penyilangan pada dekusasi piramidum dan melintasi medula spinalis kontralateral.

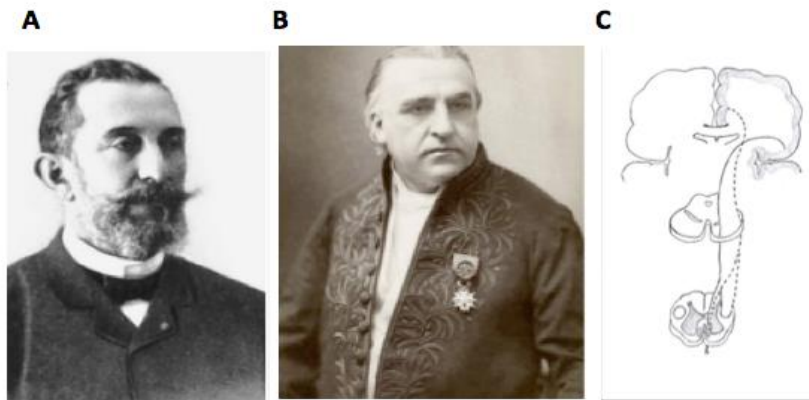
Sumber : Duus' topical diagnosis in neurology.

Teori neuroanatomi ini sejak paruh kedua abad 19 diakui berperan pada kontrol fungsi motorik yang berasal dari hemisfer kontralateral menjadi hal yang menarik pada temuan manifestasi hemiparesis paradoksikal atau hemiparesis ipsilateral. Domenico Mistichelli pada tahun 1790 memaparkan konsep penyilangan traktus kortikospinal pada area dekusasi piramidum yang kemudian setahun kemudian diperkuat lagi konsep tersebut berdasarkan temuan François Pourfour du Petit pada manifestasi hemiparesis akibat kerusakan otak kotralateral. Namun konsep tersebut diyakini tidak berlaku mutlak oleh Jean Martin Charcot karena temuan otopsi pada kasus hemiparesis paradoksikal. Bahkan Carrasco Moro R dkk menemukan 75 laporan kasus pada masa era sebelum MRI berkembang, dengan ketidaksesuaian topis lesi dengan defisit neurologis yang terjadi. Tiga puluh sembilan lesi massa supratentorial di hemisfer kiri yang bersifat tumbuh lambat dan ekstraparenkim mempunyai defisit neurologis motorik yang sesuai dengan lesi. Temuan ini seakan menabrak keyakinan yang sudah ada, bahkan James Collier menyebutnya sebagai tanda lokalisasi palsu. Pada masa itu para ahli bedah saraf yang menganut konsep homogenitas otak, melakukan operasi dengan patokan letak topis lesi berdasarkan manifestasi klinis, sehingga kerap menemukan kesalahan dalam menentukan letak lesi. Oleh sebab itu timbul 4 hipotesa yang mencoba menjelaskan fenomena tersebut, yaitu anomali dekusasi piramidum, gangguan

fungsional serebral, disfungsi serebrovaskular dan kompresi traktus kortikospinal kontralateral.

Teori anomali dekusasio piramidum dipaparkan oleh Albert Pitre dan Jean Martin Charcot berdasarkan temuan otopsi pada kasus tumor otak.

Hipotesa Fenomena Kernohan *Notch* ⁽⁵⁾



Gambar 3. A. Albert Pitre; B. Jean Martin Charcot; C. Anomali dekusasio piramidum.

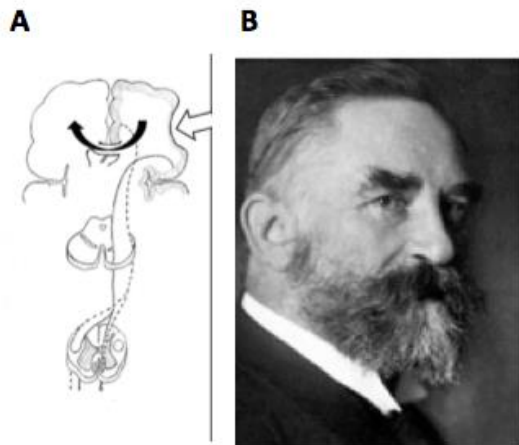
Sumber : Ipsilateral hemiparesis: the forgotten history of this paradoxical neurological sign.

Hal ini mematahkan konsep kesamaan otak yang sudah diyakini sejak tahun 1870, dan sejalan dengan teori Paul Flechsig yang menjelaskan adanya anomali dekusasio piramidum pada traktus kortikospinal. Jaras traktus kortikospinal sebagai jaras motorik merupakan proyeksi serabut jaras jalur panjang yang terbentang dari kortikal homunkulus serebri hingga kornu anterior medula spinalis kontralateral. Traktus kortikospinalis berasal dari homunkulus area korteks motorik dan berjalan melalui korona radiata, kapsula interna posterior, pons sentral pedunkulus serebral (krus serebri), pons, dan dasar (pons anterior) medula oblongata, dimana traktus tersebut tampak sebagai penonjolan yang dinamakan piramidum. Pada ujung bawah medulla oblongata sekitar 80-85% serabut piramidalis akan menyilang ke sisi

kontralateral melalui dekusasio piramidum (*Mistichelli intercros*).

Teori kedua yaitu gangguan fungsional serebral. Hal ini diyakini sebagai gangguan keseimbangan konektisitas input serebral dari hemisfer yang tidak terdapat lesi primer. Brown Sequard melaporkan kasus hemiparesis paradoksikal pada kasus schwannoma, penjelasan neuronatomi yang dipaparkan adalah adanya gangguan konektifitas pada jaras kortikospinal yang melintas serebelum kontralateral. Hal ini disebut sebagai fenomena iritatif serebral pada jaras kortikospinal mediasi serebelum. Fenomena lain dari teori gangguan fungsional serebral adalah fenomena diaschisis. Constantin von Monakow beranggapan teori yang dipaparkan Charcot tidak didasari temuan patologi anatomi yang kuat, menurut Monakow

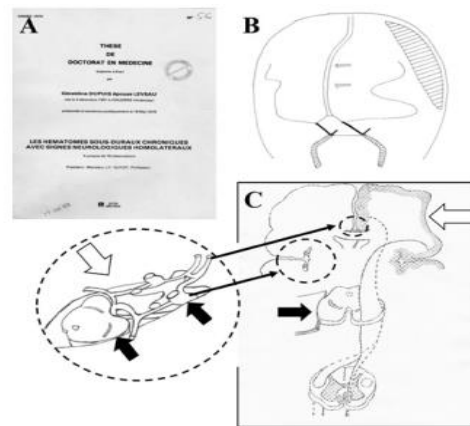
hemiparesis paradoxical terjadi akibat gangguan aktivasi fungsional normal dari hemisfer kontralateral akibat gangguan jaras kortikokomisura yang melintasi korpus kalosum. Hal ini dikenal dengan diaschisis serebral.



Gambar 4: A. Diaschisis serebral; B. Constantin von Monakow.

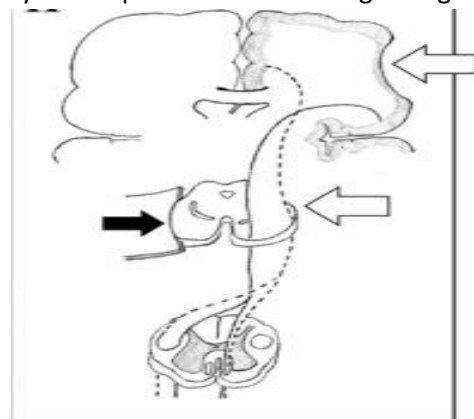
Sumber: Ipsilateral hemiparesis: the forgotten history of this paradoxical neurological sign.

Teori ketiga, disfungsi serebrovaskular. Geraldine Dupois Leveau pada disertasi memaparkan temuan serebral angiografi pada kasus hemiparesis paradoxical berupa penurunan aliran darah serebral akibat kompresi arteri karotis kontralateral pada struktur tulang klinoid. Pada proyeksi anteroposterior angiografi tampak sebagai *windshield wiper*. Penurunan aliran darah otak ini dapat menimbulkan defisit neurologis permanen jika tidak segera ditangani. Teori keempat, kompresi jaras traktus kortikospinal kontralateral.



Gambar 5. A. Halaman depan disertasi doktor Dupuis-Leveau; B. Representasi skema dari gambar "Windshield Wiper", tampak pada proyeksi anteroposterior dari angiogram serebral, yang disebabkan oleh perpindahan vaskular arteri karotis akibat hematoma subdural; C. Pergeseran otak (panah putih) akan menyebabkan kompresi batang otak kontralateral terhadap tepi tentorium, serta *kinking* dari arteri karotis interna kontralateral terhadap struktur kaku di dasar tengkorak (panah hitam), sehingga menimbulkan serebral iskemia hemisfer kontralateral yang melibatkan daerah yang disuplai oleh arteri serebral median dan/atau anterior.

Sumber: Ipsilateral hemiparesis: the forgotten history of this paradoxical neurological sign.



Gambar 6. Skema ilustrasi yang menunjukkan kompresi mekanis pedunkulus kontralateral terhadap tepi tentorium serebri (panah hitam) akibat pergeseran batang otak ke lateral batang otak oleh massa supratentorial atau infratentorial (panah putih).

Sumber: Ipsilateral hemiparesis: the forgotten history of this paradoxical neurological sign

Mekanisme herniasi serebral pada kejadian peningkatan tekanan intrakranial menyebabkan kompresi korteks motorik kontralateral pada permukaan dalam tulang tengkorak. teori ini lebih banyak didukung dibandingkan teori-teori sebelumnya dan buktikan pada konsep pedunkulus notch dan sindroma Ector. James W. Kernohan (1896–1981) dan Henry W. Woltman (1889–1964) pada tahun 1929 menemukan suatu indentasi atau notch pada pedunkulus serebral kontralateral pada sebagian kasus dari 276 otopsi kasus neoplasma intrakranial. Hal ini juga dijelaskan oleh Leon Ector pada kasus meningioma pada girus ketiga lobus frontal yang dapat menyebabkan penekanan pada arteri meningea media dan ventikel. Ector menemukan manifestasi klinis berupa gangguan kognitif, gaze okular sefalrotasi ipsilateral dan hipertensi intrakranial.

Sindroma Ector ini merupakan lateralisasi awal dan jika penekanan terus berlanjut dapat bermanifestasi klinis motorik pada ekstremitas seperti fenomena Kernohan. Kedua konsep tersebut menjelaskan efek penekanan pada tepi tentorium akibat pergeseran pedunkulus kontralateral akibat proses desak ruang. Manifestasi klinis yang terjadi tidak selalu disebabkan oleh ukuran lesi desak ruang yang terjadi, namun akibat berapa besar derajat pergeseran batang otak. Kernohan notch berada pada sudut area tentorial yang berdekatan dengan area mesensefalon-

pons. Tentorium serebri merupakan area yang dibentuk oleh selaput otak duramater dan memisahkan area supratentorium dengan infratentorium. Sudut ini pada proses desak ruang tertentu dapat menekan batang otak akibat proses desak ruang yang berasal dari lesi kontralateral, sehingga jaras kortikospinal yang berada sebelum dekusasio piramidalis yang tertekan sudut tentorial tersebut akan terpengaruh.

Manifestasi Klinis

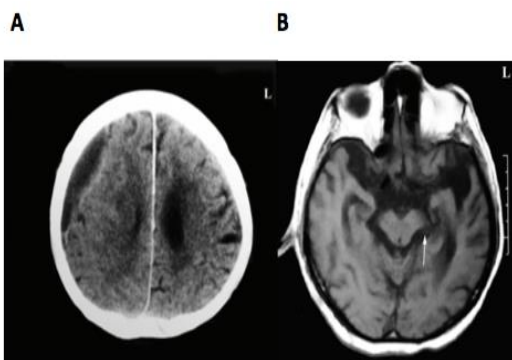
Manifestasi klinis yang terjadi selain hemiparesis paradoksikal, dapat berupa defisit neurologis lain karena keterlibatan uncus, gyrus parahipokampus, hippocampus, arteri serebri posterior, arteri serebelar superior dan saraf kranial yang berada area ini. Manifestasi klinis yang dapat ditemukan adalah midriasis ipsilateral, *divergent gaze*, ptosis sekunder akibat keterlibatan saraf okulomotor, kelumpuhan saraf wajah neuron motorik atas ipsilateral karena keterlibatan serat kortikobulbar di batang otak, dan postur ekstensor abnormal dan dapat terjadinya penurunan kesadaran.^(2,6,7) Manifestasi ekstrapiramidal parkinsonism juga pernah dilaporkan. Mayoritas etiologi dari fenomena Kernohan notch adalah cedera kepala derajat sedang hingga berat, lesi desak ruang dan ruptur malformasi vaskular.⁽⁸⁾

Etiologi Lesi Desak Ruang

Beberapa kasus lesi desak ruang dengan manifestasi fenomena Kernohan *notch* yang pernah dilaporkan:

Subdural hemoragik kronik pada geriatri.⁽¹⁾

Pria, 88 tahun dengan keluhan sefalgia, afasia, hemiparesis kanan dan midriasis pupil kanan. CT Scan SDH frontoparietal kanan dengan midline shift. Pada MRI kepala terdapat obliterasi sisterna basilar dan penyempitan jarak antara pedunculus serebral-tepi tentorium kiri

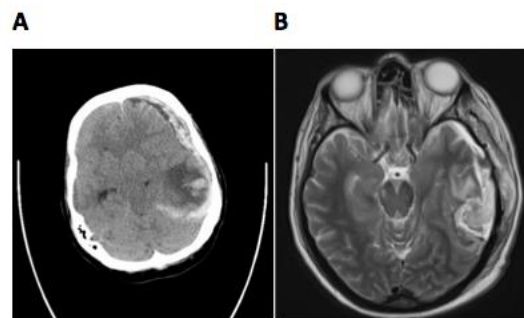


Gambar 7. A. CT otak menunjukkan kronik subdural hemoragik di frontoparietal kanan dan pergeseran ke sisi kiri otak; **B.** MRI menunjukkan kompresi dan penyempitan batang otak kiri di tepi tentorial jika dibandingkan dengan sisi kanan.

Sumber : Kernohan-Woltman Notch Phenomenon Related to Chronic Subdural Hematoma: A Case

Subdural dan intraserebral hemoragik pada multipel mieloma.^(2,9)

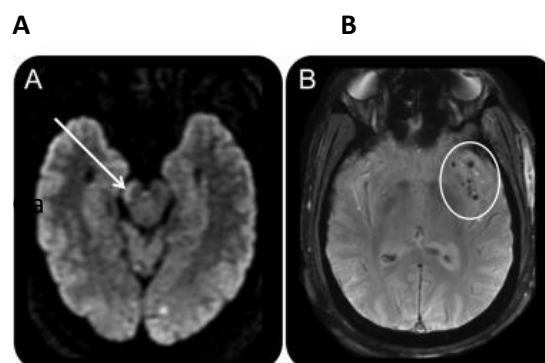
Wanita, 56 tahun dengan keluhan penurunan kesadaran dan kejang. Terdapat midriasis pupil kiri dan pada CT scan kepala, subdural dan intraserebral temporal kiri. Riwayat multipel mieloma dan gagal ginjal akut. Tatalaksana kraniotomi dekomresi, beberapa hari kemudian terdapat hemiparesis kiri. Dilakukan MRI kepala dan ditemukan lesi pada kontralateral pedunculus serebri



Gambar 8. A. CT scan subdural hemoragik kiri and intraserebral hemoragik; **B.** MRI kepala tampak lesi hiperintens pada pedunculus serebri kanan.

Sumber: Kernohan–Woltman notch phenomenon: a review article.

Hemiparesis terjadi selama 6 bulan. Laporan kasus subdural hemoragik pasca cedera kepala juga dilaporkan oleh Chang GY.



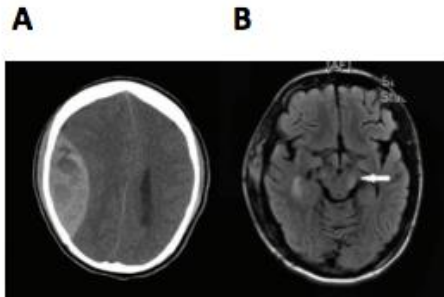
Gambar 9. A. Diffuse Weighted Imaging menunjukkan lesi pedunculus serebri kanan. **B.** Tampak kontusio dengan perdarahan mikro ipsilateral trauma kepala.

Sumber : Contusional Kernohan notch phenomenon.

Epidural hemoragik non-traumatik pada penyakit sickle-cell.⁽¹⁰⁾

Pria, 19 tahun dengan keluhan myalgia berat yang tidak respon dengan ibuprofen. Pada perawatan hari kedua terjadi penurunan kesadaran dan CT scan kepala terdapat epidural hemoragik (EDH)

pada hemisphere kanan. Riwayat trauma disangkal. Pasca dekompresi, MRI kepala ditemukan infark pada mesensefalon kiri

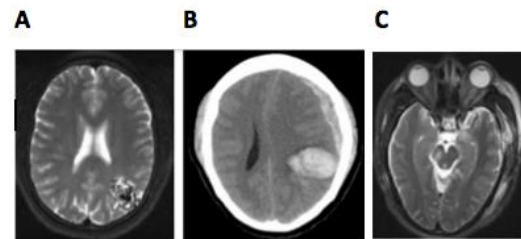


Gambar 10. Kasus EDH traumatik pada anak pernah dilaporkan Ozturk S dkk dengan klinis hemiparesis ipsilateral lesi ⁽¹¹⁾

A. CT scan pre-operasi menunjukkan hematoma epidural kanan besar dengan pergeseran garis tengah. **B.** MRI pasca operasi menunjukkan infark krus serebri kontralateral akibat herniasi serebri (fenomena Kernohan's notch). **Sumber :** HbSC Disease and Spontaneous Epidural Hematoma with Kernohan's Notch Phenomena.

Ruptur malformasi arteri-vena. ⁽¹²⁾

1. Wanita, 30 tahun dengan penurunan kesadaran dan dengan riwayat epilepsi sekunder dan malformasi arteri-vena pada hemisfer kiri. CT scan kepala terdapat intraserebral dan subdural hemoragik. Pasca dekompresi terdapat paresis nervus fasialis dan hemiparesis kiri. MRI kepala ditemukan infark pada pedunkulus serebral kanan

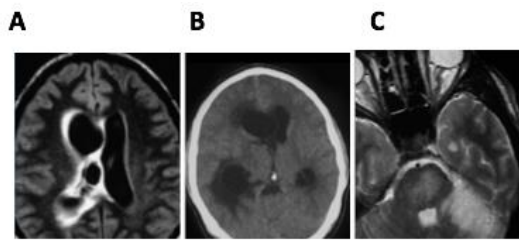


Gambar 11. **A.** Axial T2 MRI menunjukkan AVM lobus parietal pada kornu posterior ventrikel lateral hingga korteks lobus parietalis; **B.** CT scan aksial menunjukkan intraserebral hemoragik lobus parietal dan subdural hemoragik pada lobus frontoparietal disertai pergeseran garis tengah kiri-ke-kanan; **C.** aksial T2 MRI pasca operasi hari ke-2 menunjukkan kerusakan iskemik pada hippocampus dan batang otak kanan di area traktus kortikospinalis (Kernohan's Notch).

Sumber: Ruptured Arteriovenous Malformation Presenting with Kernohan's Notch.

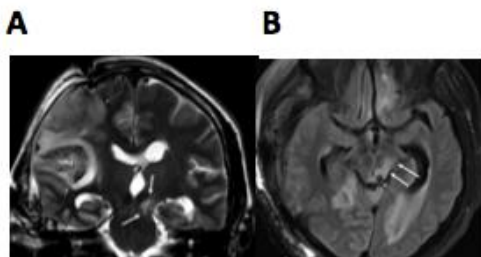
Infark arteri serebeli superior pada herniasi serebri. ^(13,14)

Pria, 24 tahun dengan sefalgia kronik progresif. Pada funduskopi terdapat papil diskus pucat, MRI kepala ditemukan hidrosefalus dengan multipel septum ventrikel kanan. Pasca operasi fenestrasi septum intraventrikel kanan, pada hari ke-12 terjadi penurunan kesadaran dengan hemiparesis kanan. Pada CT scan terdapat hidrosefalus dengan periventrikular edema dan midline shift. MRI Kepala pasca operasi shunting, terdapat iskemik pada area arteri serebeli superior kiri akibat herniasi serebri.



Gambar 12. A. Axial FLAIR MRI kepala menunjukkan septasi intraventrikular multipel menyebabkan hidrosefalus biventrikular dengan edema periventrikular di sisi kanan dan pergeseran garis tengah ke kiri; B. CT scan kepala saat perawatan kedua menunjukkan hidrosefalus dan pergeseran garis tengah ke sisi yang kontralateral; C. MRI kepala T2 Aksial tampak iskemik pada arteri serebri superior kiri.

Sumber: Contralateral Superior Cerebellar Artery Syndrome: A Consequence of Brain Herniation.



Gambar 13. A. Gambar koronal T2 menunjukkan infark teritori arteri serebri media kanan subakut dengan konversi hemoragik tipe petekie ringan (panah kecil) dan hiperintens T2 pada krus serebri kiri serta tegmentum lateral. B. Gambar FLAIR aksial menunjukkan hiperintens pada krus serebri kiri, tegmentum lateral, dan tektum atas (panah besar) dan perdarahan hipointens FLAIR yang tumpang tindih di dalam tektum kiri.

Sumber: Unilateral cerebral herniation resulting in combined contralateral superior cerebellar artery territory infarction and mesencephalic injury: Two cases of a severe

unrecognized variant of Kernohan notch phenomenon?.

Prognosis

Laporan terkait prognosis fungsional jangka panjang tidak banyak dibahas karena fenomena Kernohan *notch* merupakan kasus jarang. Zhang CH melaporkan 67% kasus terdapat perbaikan motorik dan 10% kasus memerlukan durasi 32 bulan.⁽²⁾ Tatalaksana fenomena Kernohan notch adalah dekompresi surgikal tergantung etiologi, seperti kraniotomi, prosedur *shunting*, hiperventilasi dan pemberian diuretik osmotik. Pada beberapa kasus masih terdapat sekuele defisit neurologis, variabel prediktor prognosis antara lain usia lanjut, *Glasgow Coma Scale*, refleks pupil, midline shift >5 mm, dan obliterasi dari basal cisterna.^(2,4)

SIMPULAN

Fenomena Kernohan *notch* merupakan suatu anomali jaras kortikospinal yang sudah lama dikenal, meskipun jarang dijumpai namun pemahaman patofisiologi secara neuroanatomi menjadi hal penting. Tatalaksana dekompresi untuk mengatasi efek lesi desak ruang dan neurorestorasi menjadikan prognosis fungsional pada sebagian besar kasus adalah baik.

DUKUNGAN FINANSIAL

Tidaka ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Serdal Albayrak, Necati Ucler, Omer Ayden, Hakan Cakin. Kernohan-Woltman Notch Phenomenon Related to Chronic Subdural Hematoma: A Case Report. *J Med Cases* 2012;3(1):20-22.
- 2 Zhang CH, DeSouza RM, Kho JS, Vundavalli S, Critchley G. Kernohan–Woltman notch phenomenon: a review article. *Br J Neurosurg* 2017 Apr;31(2):159-166.
- 3 Etienne D, Zurada A, Matusz P, Shoja MM, Tubbs RS, Loukas M. James Watson Kernohan (1896-1981: Frontiers in neuropathology. *Clin Anat* 2012 May;25(4):527-9.
- 4 Bähr M, Frotscher M. Duus' topical diagnosis in neurology. 5th ed. Hamburg, Germany: Thieme; 2012.
- 5 Rodrigo Carrasco-Moro, Ines Castro-Dufourny, Juan S. Martínez-San Millán, Lidia Cabañes-Martínez, José M. Pascual. Ipsilateral hemiparesis: the forgotten history of this paradoxical neurological sign. *Neurosurg Focus* 47 (3):E7, 2019.
- 6 Cristin Mckenna, Jonathan Fellus, Anna M. Barrett. False localizing signs in traumatic brain injury. *Brain Inj* 2009;23(7): 597–601.
- 7 Carlos Umberto Pereira. Kernohan-Woltman Notch Phenomenon—Case Report. *Arq Bras Neurocir* 2019;38:56–59
- 8 Kayli Gimarc, Teresa L. Massagli. Kernohan-Woltman Notch Phenomenon in Two Patients with Subdural Hematoma and Ipsilateral Hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil* 2020;99:1195–1196.
- 9 Gregory Youngnam Chang. Contusional Kernohan notch phenomenon.
- 10 Yogarajah M, Agu CC, Sivasambu B, Mittler MA. HbSC Disease and Spontaneous Epidural Hematoma with Kernohan's Notch Phenomena. *Case Rep Hematol*. 2015;2015:470873.
- 11 Ozturk S, Ozturk Y, Ocal O. The First Case of Kernohan-Woltman Notch Phenomenon Caused by Epidural Hematoma in a Pediatric Patient. *Pediatr Neurosurg*. 2017;52(3):181-184.
- 12 Christopher F. Dibble, Michael P. Wemhoff, Tarik Ibrahim, Deanna Sasaki-Adams, Sten Solander, Anand V. Germanwala. Ruptured Arteriovenous Malformation Presenting with Kernohan's Notch. *Case Reports in Neurological Medicine* Volume 2015, Article ID 921930.
- 13 Mohseni M, Habibi Z, Nejat F. Contralateral Superior Cerebellar Artery Syndrome: A Consequence of Brain Herniation. *J Korean Neurosurg Soc* 2017;60(3):362-366.
- 14 Leever JD. Unilateral cerebral herniation resulting in combined contralateral superior cerebellar artery territory infarction and mesencephalic injury: Two cases of a severe unrecognized variant of Kernohan notch phenomenon?. *Radiol Case Rep* 2020;15(3):250-253