

ARTIKEL PENELITIAN

Nilai *Transcranial Doppler*/TCD Pada Populasi Sehat Usia 20-60 Tahun di RS Dr. Mohammad Hoesin Palembang

Achmad Junaidi¹, Rini Nindela¹, Selly Marisdina¹, Rafika Monalisa¹, Irsan Saleh²

1. *Bagian Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya/RSUP Dr. Moh. Hoesin Palembang*; 2. *Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*

Korespondensi: Rini Nindela; email: nindelani@gmail.com atau rini_nindela@unsri.ac.id

Abstrak

Tujuan: *Transcranial Doppler* (TCD) merupakan modalitas pencitraan yang noninvasif, aman dan relatif murah untuk mengukur kecepatan aliran darah di berbagai arteri serebral. Hingga saat ini TCD telah digunakan untuk untuk diagnosis penyakit sel sabit, deteksi vasospasme pada perdarahan subaraknoid dan stenosis pada stroke. Meskipun penggunaannya pada berbagai penyakit telah banyak dipelajari, publikasi tentang hasil pemeriksaan TCD pada pembuluh darah yang normal masih sedikit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan nilai rujukan TCD pada populasi sehat.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan desain potong lintang. Terdapat 32 subjek pria dan wanita, usia 20-60 tahun, tanpa riwayat hipertensi, diabetes, penyakit jantung, stroke, dan tidak dalam keadaan demam maupun hamil. Pemeriksaan TCD untuk mengukur *mean flow velocity*/MFV dan *pulsatility index*/PI pada tujuh pembuluh darah besar di otak dilakukan pada seluruh pasien. Data yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan perbedaan usia, jenis kelamin, *handedness*, tekanan darah, indeks massa tubuh/IMT, dan nilai hematokrit. **Hasil:** Di antara semua segmen arteri intrakranial, MFV tertinggi di *middle cerebral artery*/MCA ($55,67 \pm 11,01$) dan terendah di *ophthalmic artery*/OA ($12,48 \pm 1,42$) di semua kelompok. MFV lebih tinggi pada pria dan orang kidal di semua segmen. MFV menurun dengan bertambahnya usia dan nilai hematokrit yang lebih rendah. Nilai PI berkisar 0,86-0,93. Di semua segmen, PI meningkat dengan bertambahnya usia, pada wanita, orang yang kidal dan hematokrit yang rendah. Variasi MFV dan PI berdasarkan usia mungkin disebabkan oleh penurunan metabolisme atau perubahan hemodinamik serebrovaskular selama proses penuaan. Perbedaan antara pria dan wanita diduga karena perbedaan hematokrit dan fluktuasi estrogen pada wanita. Hematokrit dan viskositas darah berbanding terbalik dengan kecepatan aliran darah otak.

Kesimpulan: Terdapat penurunan MFV dan peningkatan PI seiring pertambahan usia. Didapatkan MFV yang lebih tinggi dan PI yang lebih rendah pada pria, kidal, dan hematokrit tinggi. Nilai MFV dan PI bervariasi pada berbagai kelompok IMT.

Kata kunci: *Transcranial doppler* (TCD); *mean flow velocity* (MFV); *pulsatility index* (PI); populasi sehat

Abstract

Objective: *Transcranial Doppler* (TCD) is a noninvasive, safe and relatively inexpensive imaging modality for measuring the velocity of blood flow across various cerebral arteries. To date TCD has been used for the diagnosis of sickle cell disease, detection of vasospasm in subarachnoid hemorrhage and stenosis in stroke. Although its use in various diseases has been widely studied, publications about the results of TCD examination on normal blood vessels are still few. The purpose of the study was to determine the reference value of TCD in healthy populations. **Methods:** This is an observational study with cross-sectional design. There were 32 subjects, ages 20-60, with no history of hypertension,

diabetes, heart disease, stroke, and not having a fever or getting pregnant. TCD examination to measure mean flow velocity /MFV and pulsatility index /PI in seven large blood vessels in the brain was performed in all subjects. The data were then analyzed based on differences in age, sex, handedness, blood pressure, body mass index/BMI, and hematocrit values. **Results:** Among all intracranial artery segments, MFV was highest in middle cerebral artery/MCA (55.67 ± 11.01) and lowest in ophthalmic artery/OA (12.48 ± 1.42) in all groups. MFV was higher in men and left-handed subjects in all segments. MFV decreases with age and lower hematocrit values. PI values range from 0.86-0.93. Across all segments, PI increases with age, in women, left-handed subjects and low hematocrit. Age-variations of MFV and PI may be caused by decreased metabolism or changes in cerebrovascular hemodynamics during the aging process. The difference between men and women may result from difference in hematocrit levels and estrogen fluctuations in women. Hematocrit and blood viscosity are inversely proportional to the velocity of cerebral blood flow. **Conclusions:** There is a decrease in MFV and an increase in PI with age. Higher MFV and lower PI in men, left-handed subjects, and high-level of hematocrit. MFV and PI values vary across different groups of BMI.

Keywords: Transcranial doppler (TCD); mean flow velocity (MFV); pulsatility index (PI); healthy population

PENDAHULUAN

Ultrasonografi TCD sebagai teknik dalam insonasi pembuluh darah intrakranial melalui tengkorak yang intak, pertama kali dideskripsikan untuk penggunaan klinis pada tahun 1982. Selama beberapa dekade terakhir, TCD telah ditetapkan sebagai modalitas pencitraan diagnostik tanpa rasa sakit, aman, tidak invasif, dan lebih murah, yang mengukur kecepatan aliran darah di berbagai arteri serebral melalui "jendela akustik" di kranium di mana tengkoraknya tipis (temporal) atau tidak ada tulang (orbital, foraminal, dan submandibular).¹

TCD memiliki nilai prediktif dan diagnostik yang penting untuk anak-anak dengan penyakit sel sabit, orang dewasa dengan bahaya vasospasme pada perdarahan subaraknoid, dan pasien dengan stroke atau penyakit stenooklusif akut hingga kronis pada leher atau pembuluh darah intrakranial. Sensitivitas dan versatilitas teknik ini telah menyebabkan adaptasinya dalam mengukur reaktivitas vasomotor, mengukur embolisasi otak, mendeteksi keberadaan pirau kardiopulmoner kanan-ke-kiri dan sebagai konfirmasi diagnosis klinis kematian otak.² Untuk mendeteksi lesi yang mengganggu pada stroke iskemik akut, TCD sendiri memiliki sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif, dan negatif masing-masing 96%, 75%, 96% dan 75%. Keuntungan tambahan termasuk deteksi beberapa stenosis intrakranial, perubahan aliran hemodinamik akut dan adanya kolateral, pemantauan rekanalisasi selama trombolisis intravena; serta deteksi *real-time* dari reoklusi (perburukan setelah perbaikan).³

Hemodinamik rutin yang dinilai pada TCD adalah *peak velocity sistole* maupun

diastole, *mean flow velocity* (MFV) dan *Gosling pulsatility index* (PI). Diagnosis TCD dibuat berdasarkan deteksi pada perubahan kecepatan aliran darah, kekurangan aliran darah, perubahan pada *spectral waveform* atau perubahan pada pulsasi pembuluh darah tertentu. Reaksi pembuluh darah terhadap kompresi arteri karotis komunis ipsilateral dapat membantu dalam mengidentifikasi segmen arteri. Pengukuran TCD dipengaruhi oleh faktor fisiologik dan patologik serta obat-obat vasoaktif.¹

Meskipun banyak yang telah mempelajari validitas teknik TCD dan potensinya untuk memprediksi, mendiagnosis, dan mendokumentasikan penyakit, publikasi tentang kecepatan normal dalam pembuluh darah yang sehat masih sangat sedikit. Nilai normatif telah ditetapkan di beberapa negara, tetapi kriteria ini belum banyak dipelajari pada populasi sehat di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai MFV dan PI pada populasi sehat dari berbagai kelompok usia dan jenis kelamin, untuk kemudian digunakan sebagai nilai referensi pemeriksaan TCD di RSUP dr. Mohammad Hoesin Palembang

METODE

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan desain potong lintang. Subjek penelitian ini adalah orang-orang yang bekerja di RSUP dr. Mohammad Hoesin dan Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya Palembang yang berusia 20-60 tahun yang dipilih secara acak. Semua subjek memenuhi kriteria inklusi yaitu sehat, tanpa riwayat hipertensi, diabetes melitus, stroke, penyakit jantung koroner, demam, dan tidak dalam keadaan hamil. Jika setelah dilakukan pemeriksaan TCD

ditemukan hasil abnormal subjek akan dieksklusi dari penelitian ini. Variabel pada penelitian ini meliputi usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh/IMT, tekanan darah sistolik, diastolik dan MAP (*Mean Artery Pressure/MAP*), kecenderungan pemakaian tangan (*handedness*), hematokrit, serta MFV (*Mean Flow Velocity*), dan PI (*Pulsatility Index*) pada 17 segmen arteri intrakranial utama yaitu *internal carotid artery/ICA*, *ophthalmic artery/OA*, *carotid siphon/CS*, *anterior cerebral artery/ACA*, *middle cerebral artery/MCA* (proksimal dan distal), *posterior cerebral artery/PCA*, *vertebral artery/VA*, dan *basilar artery/BA* (seluruhnya kanan dan kiri kecuali *basilar artery*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pemeriksaan TCD yang dilakukan pada subjek didapatkan kecepatan aliran darah rata-rata (MFV) yang tertinggi di MCA proksimal (54,86 cm/s) dan terendah di OA (12,31 cm/s) dengan urutan MCA proksimal dan distal > ACA > CS > BA > ICA > VA > PCA > OA. Indeks pulsatilitas (PI) yang tertinggi didapatkan di ICA (0,93) dan terendah di Siphon, MCA distal, dan BA (0,86) dengan urutan ICA > ACA > PCA dan OA > MCA prox dan VA > Siphon, MCA distal, dan BA.

Usia dikelompokkan ke dalam 4 kategori yaitu usia 20-29 tahun, 30-39 tahun, 40-49 tahun dan 50-60 tahun dengan jumlah subjek masing-masing sebanyak 8 orang. Pada tiap penambahan dekade, rata-rata kecepatan aliran darah TCD menurun sekitar 3-7% pada MCA proksimal, ACA, PCA dan BA. Karakteristik subjek berdasarkan jenis kelamin yaitu wanita sebanyak 20 orang (62,5%) dan laki-laki sebanyak 12 orang (37,5%). MFV pria lebih tinggi daripada perempuan, sedangkan nilai PI wanita lebih tinggi daripada pria. Karakteristik subjek

menurut indeks massa tubuh yaitu *underweight* sebanyak 6 orang (18,8%), *normoweight* 11 orang (34,4%), *overweight* 4 orang (12,5%), dan obesitas 11 orang (34,4%). Nilai tertinggi MFV segmen MCA proksimal, ACA, dan PCA berada pada kategori *normoweight* dan *underweight*, namun nilai tertinggi MFV BA berasal dari kelompok obesitas. Pada nilai PI, nilai tertinggi PI segmen MCA proksimal dan ACA berada pada kategori obesitas.

Tekanan darah sistolik subjek berkisar 100-130 mmHg (median 120 mmHg), diastolik berkisar 60-80 mmHg (median 80 mmHg), dan MAP berkisar 73,3-96,7 mmHg (median 93,3). Pada penelitian ini kategori MAP hanya pada kategori normal karena hipertensi termasuk dalam kriteria eksklusi. Subjek lebih banyak memakai tangan kanan (*handedness*) yaitu sebanyak 30 orang (93,7%). Penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam MFV dan PI dari sisi dominan ke nondominan.

Karakteristik subjek menurut kelompok hematokrit yaitu paling banyak di rentang 36-50% yaitu 28 orang (87,5%), sedangkan dengan hematokrit <36% sebanyak 3 orang (9,4%), dan hematokrit >50% sebanyak 1 orang (3,1%). Nilai MFV tertinggi di MCA proksimal, PCA, dan BA berasal dari subjek dengan level hematokrit tinggi, sedangkan nilai tertinggi PI semua segmen arteri ditempati oleh subjek dengan hematocrit yang rendah sedangkan PI yang terendah didapatkan pada hematokrit yang tinggi. Kecepatan aliran darah rata-rata (MFV) adalah yang tertinggi di MCA proksimal (54,86) dan terendah di OA (12,31) (MCA prox dan distal > ACA > Carotid Siphon > BA > ICA > VA > PCA > OA). Indeks pulsatilitas (PI) yang tertinggi di ICA (0,93) dan terendah di Siphon, MCA distal, dan BA (0,86) (ICA > ACA > PCA dan OA > MCA prox dan VA > Siphon, MCA distal, dan BA).

Karakteristik subjek berdasarkan usia

Dalam penelitian ini ditemukan bahwa pada setiap dekade rata-rata kecepatan aliran darah TCD menurun sekitar 3-7% pada MCA proksimal, ACA, PCA dan BA yang penting secara klinis pada wanita dan pria sehat. Asosiasi yang bergantung pada usia ini tidak tergantung pada dominasi hemisfer, dan tidak dipengaruhi oleh faktor fisiologis lain seperti MAP dan IMT. PI sebagai ukuran TCD juga cenderung meningkat seiring bertambahnya usia. Temuan ini memiliki signifikansi statistik secara keseluruhan.

Temuan penelitian ini mirip dengan tren umum yang ditemukan di sebagian besar penelitian lain, meskipun beberapa penulis tidak menemukan hubungan antara usia dan kecepatan aliran darah otak.⁴ Variasi MFV berdasarkan usia mungkin karena penurunan metabolisme, hematokrit yang lebih tinggi, atau perubahan hemodinamik serebrovaskular selama proses penuaan, dan perubahan autoregulasi serebral dengan usia sebagai akibat dari akumulasi beban faktor risiko vaskular dan kelainan otonom. Peningkatan insiden penyakit jantung, pengerasan arteri proksimal besar, atau pembuluh darah intrakranial, dan penurunan curah jantung juga dapat menjadi faktor penting untuk mengurangi kecepatan aliran rata-rata dan peningkatan PI pada populasi yang lebih tua.¹ Beberapa penelitian sebelumnya memasukkan individu dengan kondisi vaskular ini atau proporsi tertentu orang dengan faktor risiko vaskular penting seperti hipertensi dan diabetes, yang mungkin menjadi penyebab perbedaan antara studi tersebut. Keuntungan dari hasil saat ini adalah bahwa individu dengan penyakit vaskular sebelumnya atau memiliki faktor risiko telah dieksklusi dan oleh karena itu hasil ini mewakili nilai

normatif yang berguna untuk studi perbandingan di masa depan.

PI meningkat seiring bertambahnya usia dalam penelitian ini seperti yang diharapkan dari hasil penelitian sebelumnya. PI adalah parameter yang penting dalam pemantauan berbagai kondisi klinis, termasuk SAH, stenosis intrakranial, peningkatan ICP, dan TBI. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk hemodinamik, pernapasan, dan hematologi. Untuk alasan ini, PI secara umum tidak dianggap cukup untuk mengkarakterisasi kondisi hemodinamik intrakranial secara keseluruhan pada populasi umum. Keuntungan utama dari PI adalah PI tidak terpengaruh oleh sudut insonasi dan oleh karena itu mungkin menjadi parameter yang sangat sensitif untuk deteksi dini perubahan hemodinamik intrakranial.⁴

Karakteristik subjek berdasarkan jenis kelamin

Wanita telah terbukti memiliki MFV lebih tinggi daripada pria, tetapi tidak dalam penelitian ini. Penelitian ini tidak menemukan perbedaan statistik, kecuali MCA distal dan BA, dimana MFV pria lebih tinggi daripada perempuan. Pada nilai PI ditemukan hasil bahwa nilai PI wanita lebih tinggi daripada pria. Hal ini pun berbeda dengan penelitian sebelumnya dikarenakan kurang proporsionalnya jumlah subjek penelitian. Perbedaan antara pria dan wanita diduga karena perbedaan hematokrit dan fluktuasi estrogen pada wanita. Penelitian oleh Tegeler dkk menemukan bahwa MFV di kedua MCA, lebih tinggi pada wanita daripada pria secara keseluruhan, meskipun perbedaan statistik untuk pengukuran MCA berkurang untuk mereka yang lebih tua dari. Hilangnya kecepatan

MCA yang lebih tinggi seiring bertambahnya usia pada wanita mungkin terkait dengan terjadinya menopause, dan perubahan lingkungan hormonal.¹

Karakteristik subjek berdasarkan indeks massa tubuh

Penelitian yang dilakukan Selim M dkk menunjukkan obesitas dapat mempengaruhi kecepatan aliran dan resistensi pada lapisan serebrovaskular, terlepas dari adanya diagnosis diabetes mellitus tipe-2, hipertensi atau stroke. Peningkatan IMT, tanpa memandang usia atau jenis kelamin dikaitkan dengan penurunan CBFV dan peningkatan CVR. Penelitian Selim dkk sejalan dengan penelitian ini pada MFV segmen arteri MCA proksimal, ACA, dan PCA dimana nilai tertinggi berada pada kategori normoweight dan underweight, namun tidak untuk BA dimana nilai MFV tertinggi ada pada obesitas. Pada nilai PI, nilai tertinggi PI segmen MCA proksimal dan ACA berada pada kategori obesitas, hal ini mendukung pernyataan bahwa peningkatan IMT dikaitkan dengan peningkatan resistensi vaskular otak, dimana di TCD hal ini digambarkan dari PI. Namun tidak pada PCA dan BA dimana nilai PI obesitas berada di nilai terendah. Hal ini dikarenakan tidak proporsionalnya jumlah subjek penelitian.⁵

Karakteristik subjek berdasarkan handedness

Penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam MFV dan PI dari sisi dominan ke nondominan. Kecepatan yang lebih tinggi di sebelah kiri telah dilaporkan oleh penelitian lain, karena dominasi belahan kiri atau kurangnya istirahat yang memadai antara stimulasi pasien dan inisiasi pemeriksaan. Variabilitas yang lebih besar dalam

kecepatan aliran darah otak di sisi kiri sirkulus Willis⁶ dapat menjelaskan kurangnya perbedaan kecepatan hemisfer dalam penelitian ini.

Karakteristik subjek berdasarkan hematokrit

Hematokrit dan viskositas berbanding terbalik dengan kecepatan aliran darah otak.⁶ Kecepatan aliran darah meningkat $\pm 20\%$ dengan penurunan hematokrit dari 40% menjadi 30%, sebaliknya pada anemia CBF sangat meninggi.⁷ Dehidrasi dengan hematokrit meningkat akan menurunkan CBF, sementara hemodilusi dan hipervolemi akan menyebabkan CBF meningkat.⁶ Namun hal ini tidak ditemukan pada penelitian ini. Pada penelitian ini ditemukan nilai MFV tertinggi di MCA proksimal, PCA, dan BA berasal dari kelompok dengan hematokrit yang tinggi, sedangkan nilai tertinggi PI semua segmen arteri ditempati oleh subjek dengan hematokrit rendah. Kurang proporsionalnya jumlah subjek masing-masing kategori menjadi penyebab tidak sejalan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.

SIMPULAN

Melalui penelitian ini telah didapatkan seperangkat nilai MFV dan PI dari pemeriksaan TCD intrakranial pada populasi sehat. Nilai yang didapatkan berdasarkan kategori usia sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya. Akan tetapi, terdapat perbedaan pada kategori lainnya seperti jenis kelamin, IMT dan hematokrit, kemungkinan akibat kurang proporsionalnya jumlah sampel. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan jumlah

sampel yang lebih besar dan melibatkan berbagai suku di Sumatera Selatan.

DUKUNGAN FINANSIAL

Penelitian ini dibiayai oleh Anggaran DIPA Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya melalui SK Dekan No.0330/UN9.FK/TU.SK/2021 tanggal 21 Mei 2021.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tegeler CH, Crutchfield K, Katsnelson M, *et al.* Clinical Investigative Study: Transcranial Doppler Velocities in a Large, Healthy Population. *J Neuroimaging* 2013;23: 466-472. DOI: 10.1111/j.1552-6569.2012.00711.x
2. Sharma VK, Wong KS, Alexandrov AV. Transcranial Doppler. *Front Neurol Neurosci.* Basel, Karger, 2016, vol 40, pp 124–140. DOI: 10.1159/000448309
3. Alexandrov AV, Sloan MA, Tegeler CH, *et al.* Practice Standards for Transcranial Doppler (TCD) Ultrasound. Part II. Clinical Indications and Expected Outcomes. *J Neuroimaging* vol 22 No 3 July 2012. doi: 10.1111/j.1552-6569.2010.00523.x. [Epub ahead of print] PMID: 20977531 [PubMed—as supplied by publisher].
4. D'Andrea A, Conte M, Cavallaro M, *et al.* Transcranial Doppler ultrasonography: From methodology to major clinical applications. *World J Cardiol* 2016 July 26; 8(7): 383-400. DOI: 10.4330/wjc.v8.i7.383.
5. Patel PM, Drummond JC. Cerebral physiology and the effects of anesthetic drugs. 7th edition. Elsevier Inc; 2018; p. 305–39.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak Ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak Ada.

6. McDicken WN, Hoskins PR. Physics: principles, practice and artefacts. *Clinical Doppler Ultrasound: Expert Consult: Online.* 2013:1.6.
7. Bathala L, Mehndiratta MM, Sharma VK. Transcranial doppler: technique and common findings (Part 1). *Annals of Indian Academy of Neurology.* 2013;16(2):174.