

Tinjauan Pustaka

Peran Vital Ultrasonografi Dupleks pada Fistula Arteriovenosa Sebagai Akses Hemodialisis

Pivotal Role of Duplex Ultrasonography on Arteriovenous Fistula for Hemodialysis Access

Achmad Jauhar Firdaus¹, Novi Kurnianingsih²

¹ Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya – RSUD Dr. Saiful Anwar Provinsi Jawa Timur, Malang, Jawa Timur, Indonesia

² Departemen Keilmuan Jantung dan Pembuluh Darah, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya – RSUD Dr. Saiful Anwar Provinsi Jawa Timur, Malang, Jawa Timur, Indonesia

Diterima 20 Februari 2024; direvisi 5 Maret 2024; publikasi 25 Juni 2024

INFORMASI ARTIKEL

Penulis Koresponding:

Achmad Jauhar Firdaus. Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya – RSUD Dr. Saiful Anwar Provinsi Jawa Timur, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: achmadjirdaus@gmail.com

ABSTRAK

Insidensi global dari penyakit ginjal stadium akhir (ESRD) semakin meningkat hingga mencapai lebih dari 800 juta orang di dunia, sejalan pula dengan bertambahnya jumlah pasien yang menjalani hemodialisis sebagai modalitas terapi. Hemodialisis memerlukan akses vaskuler, dan akses fistula arteriovenosa (AVF) dianggap sebagai pilihan akses vaskuler paling ideal oleh karena patensi jangka panjang dan rendahnya angka komplikasi dibandingkan pilihan akses lain. Namun sepertiga dari admisi rumah sakit pada pasien dengan ESRD dikarenakan oleh disfungsi AVF, yang juga merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada pasien pasien ESRD. Pembuatan AVF memerlukan evaluasi pre dan post operatif yang hati-hati untuk memastikan maturasi dan patensi dari akses vaskuler. Disaat panduan terbaru belum secara tegas menekankan peran dari pemetaan dan surveilans vaskuler, pemeriksaan rutin ultrasonografi dupleks pre dan post prosedur pembuatan AVF menyimpan banyak potensi keunggulan untuk memastikan keberhasilan akses AV untuk hemodialisis.

Kata Kunci: Ultrasonografi dupleks; fistula arteriovenosa; hemodialisis; penyakit ginjal stadium akhir.

ABSTRACT

The global incidence of end-stage renal disease (ESRD) is on the rise, reaching more than 800 million individuals worldwide, in line with the increasing number of patients undergoing hemodialysis as a treatment modality. Hemodialysis requires vascular access, and the arteriovenous fistula (AVF) access is considered the most ideal vascular access option due to its long-term patency and low complication rate compared to another access options. However, up to one-third of hospital admissions for ESRD patients are caused by AVF dysfunction, which is also one of the main causes of morbidity and mortality in ESRD patients. AVF creation requires careful pre- and post-operative evaluation to ensure the vascular access maturation and patency. While the latest guidelines have not explicitly emphasized the role of vascular mapping and surveillance, routine duplex ultrasonography before and after AVF creation procedures holds great potential advantages to ensure the success of AV access for hemodialysis.

Keywords: Duplex ultrasonography; arteriovenous fistula; hemodialysis; end-stage renal disease.

PENDAHULUAN

Penyakit ginjal stadium akhir atau *end-stage renal disease* (ESRD) mempengaruhi lebih dari 10% populasi di seluruh dunia, mencapai lebih dari 800 juta orang, dengan lebih dari 70% di antaranya menjalani hemodialisis sebagai modalitas terapi.¹ Di Indonesia, berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) yang dirilis pada tahun 2018, lebih dari 713.000 orang terdiagnosis ESRD, dan 19,33% di antaranya menjalani hemodialisis.² Hemodialisis adalah suatu metode penggantian fungsi ginjal yang memerlukan aliran darah secara cukup ke dalam aliran darah secara teratur minimal 500 mL/menit. Hemodialisis memerlukan akses vaskular yang paten, di mana terdapat tiga jenis akses vaskular yang tersedia untuk hemodialisis, yaitu fistula arteriovenosa (AVF), *graft* arteriovenosa (AVG), dan kateter vena sentral (CVC), yang masing-masing jenis memiliki keunggulan dan kekurangan tersendiri. Akses AVF dianggap sebagai pilihan akses vaskular yang paling ideal karena patensi jangka panjangnya dan tingkat komplikasi yang rendah dibandingkan pilihan akses vaskular lainnya. Namun, disfungsi AVF merupakan penyebab dari sepertiga dari pasien dengan ESRD menjalani rawat inap di rumah sakit, yang juga merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada pasien dengan ESRD.³⁻⁶

Pembuatan akses arteriovenosa (AV) memerlukan evaluasi pra operasi dan pasca operasi yang cermat untuk memastikan maturasi dan patensi akses vaskular. Disfungsi AVF merupakan proses multifaktorial yang merupakan kombinasi kejadian pada hulu dan hilir dari aliran darah, yang kemudian mengakibatkan hiperplasia neointimal dari vena, remodeling yang tidak adekuat, kerusakan endotel, stres oksidatif dan peradangan. Skrining dengan ultrasonografi (USG) dupleks, yang masih belum umum dilakukan dalam praktik sehari-hari, dapat memastikan bahwa pembuluh darah

dan jenis akses AV yang dipilih adalah yang paling sesuai, sedangkan pada fase pasca operasi, surveilans akses hemodialisis dengan pemeriksaan fisik dan USG dupleks secara rutin memainkan peran penting dalam deteksi dini dan pencegahan komplikasi akses vaskular.^{7,8}

Tinjauan ini bertujuan untuk menekankan kembali manfaat skrining USG dupleks rutin untuk meningkatkan tingkat keberhasilan pembuatan AVF dan meminimalkan kemungkinan komplikasi AVF untuk akses hemodialisis.

FISTULA ARTERIOVENOSA

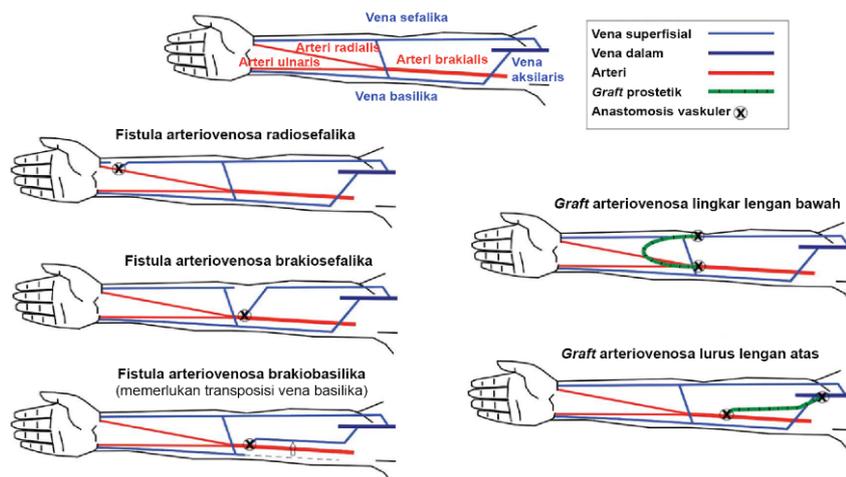
Fistula arteriovenosa (AVF) adalah koneksi abnormal antara arteri dan vena. AVF dapat terjadi akibat kelainan kongenital, akibat cedera atau trauma iatrogenik, atau dapat pula dibuat melalui pembedahan. Dalam konteks hemodialisis, AVF biasanya dibuat melalui pembedahan untuk akses vaskular permanen.^{9,10} Fistula dialisis yang optimal harus memberikan laju aliran yang besar untuk memastikan dialisis yang efisien, dapat digunakan untuk kanulasi berulang, dan memiliki patensi yang tahan lama dengan komplikasi minimal. Meskipun terdapat berbagai metode berbeda untuk membuat akses dialisis permanen, AVF telah menunjukkan manfaat klinis dan ekonomis yang lebih unggul. *The National Kidney Foundation's Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* (KDOQI) dan pedoman *Fistula First Initiative* menyarankan untuk memprioritaskan AVF autogenous sebagai pilihan akses awal untuk hemodialisis pada individu dengan ESRD, diikuti oleh AVG, dan terakhir, CVC. Perencanaan AVF untuk hemodialisis harus mempertimbangkan jenis dan penempatan akses, dengan mempertimbangkan kebutuhan pasien dalam jangka pendek dan jangka panjang. Akses vaskular yang dipilih, mencakup jenis dan lokasi, harus memastikan pasien memiliki akses yang dapat diandalkan dan fungsional, dapat digunakan secara

konsisten untuk hemodialisis, meminimalkan komplikasi dan intervensi, sehingga memungkinkan pasien mencapai tujuan hemodialisisnya. Bagi individu yang diperkirakan akan menjalani hemodialisis dalam jangka waktu lama, strategi dari distal ke proksimal dalam menciptakan AVF, dengan preferensi untuk menggunakan vena superfisial, atau mempertimbangkan AVG lengan bawah ketika AVF lengan bawah dianggap tidak cocok, sebelum melakukan memilih akses lengan atas,

merupakan pendekatan yang paling menguntungkan dalam menjaga pembuluh darah untuk potensi akses vaskular di masa depan. Berbagai lokasi pembuatan AVF dapat dipilih berdasarkan anatomi pembuluh darah pasien. Pilihan yang lebih disukai termasuk fistula *radiocephalic*, fistula *brachiocephalic* dan fistula *brachio basilic*, yang setiap lokasinya memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.^{3,7,11}

Tabel 1. Lokasi Pembuluh Darah dan Jenis Akses untuk Fistula Arteriovenosa. (Dimodifikasi dari ^{3,7})

Lokasi Pembuluh Darah	Jenis Akses	Keuntungan	Kekurangan
Lengan bawah	<i>Radiocephalic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Prosedur pembuatan lebih mudah - Vena proksimal terjaga untuk akses vaskuler di masa mendatang - <i>Steal syndrome</i> lebih rendah - <i>Ischemic monomelic neuropathy</i> rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Angka maturasi rendah - Laju aliran rendah
Lengan atas	<i>Brachiocephalic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Prosedur pembuatan lebih mudah - Laju aliran tinggi - Angka maturasi tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Steal syndrome</i> lebih tinggi - <i>Ischemic monomelic neuropathy</i> dan stenosis vena sentral lebih tinggi
	<i>Brachio basilic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Laju aliran tinggi - Angka maturasi tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Prosedur pembuatan lebih sulit dengan peningkatan morbiditas perioperative - <i>Steal syndrome</i> lebih tinggi - <i>Ischemic monomelic neuropathy</i> dan stenosis vena sentral lebih tinggi



Gambar 1. Akses Arteriovenosa untuk Hemodialisis ⁶

SKRINING ULTRASONOGRAFI DUPEKS PRAOPERATIF

Menurut pedoman KDOQI, direkomendasikan diameter vena minimal 2,0 mm tanpa kompresi *tourniquet* dan 2,5 mm dengan kompresi *tourniquet*, segmen akses vena dengan panjang >6 cm dan kedalaman <6 mm untuk kanulasi, tidak adanya vena aksesori dalam jarak 5 cm dari AVF, dan vena sentral dan drainase yang paten untuk keberhasilan akses AVF. Di sisi lain, *The European Society of Vascular Surgery* (ESVS) menyarankan pemilihan akses se-distal mungkin pada lengan bawah untuk menjaga akses vaskuler di masa depan, dengan preferensi pada lengan non-dominan. Tujuan pemeriksaan praoperatif secara menyeluruh ditujukan untuk mengurangi tingkat kegagalan primer dan meningkatkan tingkat patensi tanpa atau dengan sedikit intervensi tambahan. Asumsi bahwa pemetaan vaskular dengan USG dupleks lebih baik dibandingkan pemeriksaan klinis masih menjadi perdebatan. Pemetaan vaskular praoperatif untuk menilai arteri dan vena menggunakan USG dupleks yang direkomendasikan di masa lalu merupakan rekomendasi berdasarkan pendapat para ahli. Meskipun pemeriksaan klinis menyeluruh dapat sangat membantu, kriteria tertentu hanya dapat ditentukan melalui pemeriksaan pencitraan. KDOQI menyarankan USG

dupleks selektif sebelum operasi pada pasien yang berisiko tinggi mengalami kegagalan AVF daripada pemetaan vaskular rutin pada semua pasien. Oleh karena itu, pemetaan vaskular praoperatif menggunakan USG dupleks tetap diperlukan untuk menilai aspek struktural dan fungsional pembuluh darah sebelum memutuskan pembuluh darah mana yang akan digunakan untuk pembuatan AVF. ^{7,12,13}

Pemetaan vaskular praoperatif dengan USG dupleks mengatasi kekurangan dari pemeriksaan fisik pada banyak pasien, memungkinkan penilaian non-invasif terhadap seluruh aspek pembuluh darah yang penting untuk maturasi AVF. Meskipun USG dupleks adalah metode yang aman, mudah diakses, dan hemat biaya, namun memerlukan waktu, keterampilan, dan pengalaman operator. Keterbatasan utamanya terletak pada kemampuan untuk mengevaluasi patensi vena sentral, yang berpotensi memerlukan angiografi jika dicurigai adanya stenosis vena sentral. Kesalahan pengukuran karena keterampilan operator, perbedaan interpretasi antara teknisi USG dan ahli bedah, ketidaknyamanan pasien, meningkatnya biaya perawatan yang lebih tinggi dibandingkan pemeriksaan fisik, dan keterlambatan dalam pembuatan akses juga merupakan beberapa kekurangan dari penggunaan rutin dari USG dupleks. ^{7,14}

Tabel 2. Pemeriksaan Fisik Terfokus untuk Pembuatan Akses Vaskular (Dimodifikasi dari 7)

Pemeriksaan	Relevansi
Arteri	- Sistem arteri harus adekuat
- Karakteristik pulsasi	- Pola pulsasi dan aliran arteri yang abnormal dapat menjadi kontraindikasi dari AVF <i>snuffbox</i> atau <i>radiocephalic</i> .
- Tes Allen	- Adanya diskrepansi tekanan darah berkorelasi dengan <i>inflow</i> arteri dan pemilihan akses di ekstremitas atas.
- Perbandingan tekanan darah ekstremitas atas	
Vena	- Edema menunjukkan masalah <i>outflow</i> vena
- Edema	- Perbedaan ukuran lengan mungkin menunjukkan aliran vena yang tidak adekuat atau obstruksi vena
- Perbandingan ukuran lengan	- Adanya vena kolateral menunjukkan adanya obstruksi vena
- Pemeriksaan vena kolateral	- Palpasi yang diaugmentasi dengan kompresi <i>tourniquet</i> dan/atau stimulus suhu hangat dapat menginformasikan karakteristik dan distensibilitas vena
- Palpasi yang diaugmentasi	- Penggunaan CVC berhubungan dengan stenosis vena sentral; riwayat kateter vena, alat pacu jantung, dan lain lain sebelumnya mungkin dapat merusak pembuluh darah target
- Riwayat kateter vena sentral atau perifer sebelumnya	
Sistem kardiovaskular umum	- Kerusakan pembuluh darah yang berhubungan dengan trauma atau prosedur pembedahan sebelumnya dapat membatasi pemilihan lokasi akses vaskuler
- Riwayat operasi/trauma lengan, dada, atau leher	- Curah jantung atau LVEF yang buruk dapat meningkatkan risiko kegagalan maturasi AVF
- Gagal jantung	- AVF/AVG dapat mempengaruhi curah jantung

Tabel 3. Profil Klinis Resiko Tinggi Kegagalan akses AV. (Dimodifikasi dari 7)

Permasalahan Klinis	Faktor Risiko
Kegagalan Fistula	- Usia tua - Perempuan - Penyakit penyerta (contoh: penyakit arteri perifer (PAD), penyakit jantung koroner (CAD)) - Pasien pediatrik
Kerusakan pembuluh darah perifer	- Riwayat <i>peripherally inserted central catheter</i> (PICC) - Iatrogenik (contoh: pungsi vena berulang) - <i>Intravenous drug users</i> (IVDU) - Penyakit penyerta (contoh: vaskulitis) - <i>Harvesting</i> arteri radialis untuk CABG
Stenosis vena sentral	- Durasi CVC multipel dan berkepanjangan - Penggunaan alat elektronik kardiovaskuler implan (ALEKA) / <i>cardiovascular implantable electronic device</i> (CIED) - Riwayat PICC - Trauma atau pembedahan sebelumnya pada leher, dada, atau ekstremitas atas
Batasan pemeriksaan fisik	- Obesitas - Kondisi suboptimal (dehidrasi, vasokonstriksi) - Integritas kulit buruk - Kepatuhan pasien yang buruk

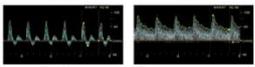
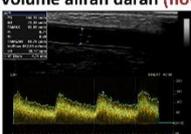
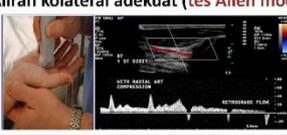
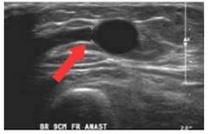
Ultrasonografi dupleks menggabungkan pencitraan Doppler dan *B-mode*

untuk menghasilkan pengukuran kuantitatif aliran akses AV serta visualisasi anatomi

pembuluh darah. Ultrasonografi dupleks dilakukan dengan probe linier (frekuensi ≥ 7 MHz untuk *B-mode* dan ≥ 5 MHz untuk Doppler) dan harus dilakukan dengan pasien dalam posisi terlentang di ruangan hangat untuk mencegah respons vasokonstriksi. Penilaian sistematis mencakup evaluasi transversal dan longitudinal, secara sekuensial dari pembuluh darah distal ke proksimal.^{7,14}

Evaluasi arteri dimulai dengan pengukuran diameter arteri radialis dan brakialis, dilanjutkan dengan penilaian ketebalan dinding dan kalsifikasi. Sebuah meta-analisis menunjukkan tingkat keberhasilan AVF sebesar 59% ketika diameter arteri radialis melebihi 2 mm, dan hanya 40% jika diameter arteri radialis kurang dari 2 mm. Oleh karena itu panduan ESVS merekomendasikan diameter arteri radialis

≥ 2 mm untuk pembuatan AVF. Diameter internal arteri $< 1,5$ mm, diameter vena $< 2,5$ mm dengan kompresi *tourniquet* dan indeks resistensi (RI) $> 0,7$ menggunakan USG dupleks juga disebutkan sebagai indikator lain untuk memprediksi hasil akhir AVF yang buruk. Patensi arteri-arteri di *fossa cubiti* sangat penting untuk meminimalkan kejadian *dialysis access steal syndrome* (DASS), dan perhatian terhadap variasi anatomi, seperti bifurkasio/percabangan arteri diperlukan karena kaitannya dengan insiden non-maturasi fistula dan trombosis AVG yang lebih tinggi. Adanya aliran balik dari arteri radialis pada tes Allen dengan USG menunjukkan sirkulasi kolateral pembuluh darah tangan yang adekuat, sehingga meminimalkan kemungkinan *steal syndrome*.^{7,14,15}

PEMETAAN VASKULER PREOPERATIF: PREDIKTOR KEBERHASILAN FISTULA ARTERIOVENOSA	
ARTERI	VENA
<p>PEMERIKSAAN FISIK</p> <ul style="list-style-type: none"> Pulsasi arteri radialis mudah diraba Pola pulsasi arteri normal Aliran kolateral adekuat (tes Allen) Tekanan darah lengan atas bilateral sama (perbedaan < 15 mmHg) <p>USG DUPEKS</p> <ul style="list-style-type: none"> Diameter AP arteri radialis ≥ 2 mm Distensibilitas dinding arteri: <ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada penebalan intima-media (IMT) - Tidak ada kalsifikasi - Laju puncak sistolik (PSV) radial > 50 cm/s - Hiperemia reaktif; Indeks resistensi (RI) < 0.7   <p>Patensi aliran arteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bifurkasio dan tortuositas minimal - Tidak ada lesi steno-obstruktif - Volume aliran darah (flow volume) 40-100 ml/min  <p>Aliran kolateral adekuat (tes Allen modifikasi dengan USG Dupleks)</p> 	<p>PEMERIKSAAN FISIK</p> <ul style="list-style-type: none"> Ukuran kedua lengan sama dan tidak ada tanda edema Tidak ada tortuositas dan vena kolateral Distensibilitas vena baik dengan palpasi yang diaugmentasi: <ul style="list-style-type: none"> - Vena terlihat setelah kompresi <i>tourniquet</i> dan/atau stimulus hangat - Tidak ada riwayat CVC, alat pacu jantung dan penggunaan akses vena lain <p>USG DUPEKS</p> <ul style="list-style-type: none"> Diameter vena: <ul style="list-style-type: none"> - Sefalika: ≥ 2 mm (tanpa <i>tourniquet</i>) dan ≥ 2.5 mm (dengan <i>tourniquet</i>) - Brakialis: ≥ 3 mm Distensibilitas Vena: <ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan <i>B-Mode</i>, peningkatan diameter 25-50% setelah <i>tourniquet</i> Vena superfisial untuk segmen akses: <ul style="list-style-type: none"> - Panjang ≥ 6 mm; atau 2 segmen lurus dengan panjang ≥ 4 mm, jika didapatkan tortuositas - Kedalaman < 6 mm - Tidak ada vena aksesoris dalam jarak 5 cm dari segmen akses  <p>Vena <i>draining</i> dan vena sentral paten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada lesi steno-trombosis - Vena aksilaris: Gelombang monofasik, penurunan PSV tajam pada fase inspirasi, diikuti gelombang spektral pulsatil
<p>Dimodifikasi dari</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schäberle W. <i>Ultrasound in Vascular Diagnosis: A Therapy-Oriented Textbook and Atlas</i>. Springer International Publishing; 2018 - Chytlova E, et al. Role of Doppler ultrasound in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors. <i>J Vasc Access</i>. 2021 - Lee T, et al. Standardized Definitions for Hemodialysis Vascular Access. <i>Semin Dial</i>. 2011 - Zamboli P, Fiorini F, D'Amelio A, Fatuzzo P, Granata A. Color Doppler ultrasound and arteriovenous fistulas for hemodialysis. <i>J Ultrasound</i>. 2014 	

Gambar 2. Pemetaan Vaskular Praoperatif dari Fistula Arteriovenosa (Dimodifikasi dari¹⁶⁻¹⁹)

Informasi detail mengenai ketebalan dan struktur dinding arteri, termasuk adanya kalsifikasi yang diperoleh melalui *B-mode* sangat penting karena arteri dengan aliran masuk yang sempit perlu mengalami dilatasi setelah dibuatnya akses untuk mengakomodasi meningkatnya kebutuhan aliran darah. Arteri dengan dinding yang menebal cenderung tidak mengalami dilatasi yang diperlukan untuk mengakomodir peningkatan aliran yang signifikan. Aliran darah normal ke ekstremitas atas berkisar antara 40 hingga 100 ml/menit, tetapi pada akses hemodialisis yang berfungsi dengan baik, aliran tersebut harus meningkat hingga 600–1500 ml/menit. Menilai kapasitas pelebaran arteri sangat penting dan dapat dicapai melalui penilaian hemodinamik yang melibatkan pengukuran laju puncak sistolik/*peak systolic velocity* (PSV) dan evaluasi aliran darah di sepanjang jalur arteri. PSV arteri radialis <50 cm/detik dianggap rendah dan dikaitkan dengan tingkat kegagalan fistula primer yang lebih tinggi. Untuk prediksi maturasi fistula yang lebih akurat, tes hiperemia reaktif harus dilakukan untuk mengevaluasi distensibilitas arteri. Tes ini menilai peningkatan fisiologis aliran darah melalui arteri setelah menginduksi periode iskemia dengan meminta pasien mengepalkan tangan selama 2 menit. Peningkatan aliran arteri (hiperemia reaktif) selanjutnya diamati segera setelah melepaskan tangan. Selama fase iskemik, gelombang doppler arteri biasanya menunjukkan pola trifasik, yang menunjukkan resistensi yang tinggi. Jika arteri mampu melebar, gelombang arteri menjadi bifasik (resistensi rendah) selama fase hiperemia reaktif. Variasi spektral doppler ini dihitung dengan menghitung indeks resistensi (RI) ($RI = [PSV - \text{end diastolic velocity}] / PSV$). Intensitas hiperemia reaktif yang lebih tinggi berhubungan dengan RI yang lebih rendah. RI yang melebihi 0,7 setelah kepalan tangan dibuka menunjukkan peningkatan aliran arteri

yang tidak mencukupi selama pengujian, sehingga memprediksi kegagalan AVF pasca operasi dan meningkatkan tingkat kegagalan fistula primer dari 37% menjadi 95%.^{7,12,13,16}

Penilaian pada vena melibatkan sistem vena superfisial dan dalam, menggunakan *tourniquet*. Pengukuran diameter dilakukan dari vena sefalika hingga vena aksilaris. Tingkat keberhasilan setelah pembuatan AVF lebih tinggi, yaitu 74% ketika diameter vena sefalika melebihi 2 mm, dibandingkan dengan 29% ketika diameternya lebih kecil dari 2 mm. Penilaian mengenai jalur pembuluh darah, ketebalan dinding, dan variasi anatomi sangat penting, dengan fokus pada identifikasi lesi stenobstruktif untuk menghindari komplikasi pada vena yang dipilih sebagai akses vaskuler. Distensibilitas memainkan peran penting, memungkinkan vena melebar dan mengakomodasi aliran darah yang diperlukan. Hal ini dapat dievaluasi menggunakan *B-mode* setelah kompresi *tourniquet*, dengan target dapat meningkatkan diameter vena sebesar 25–50%. Selain itu penilaian vena juga harus diperluas hingga penilaian vena *draining* dan vena sentral untuk mengetahui potensi adanya stenosis. Menganalisis perubahan bentuk gelombang pada fasisitas pernapasan dan denyut jantung yang ditransmisikan merupakan metode pendekatan utama. Manuver pertama melibatkan evaluasi spektrum doppler di vena aksilaris sambil menginstruksikan pasien untuk mengambil napas dalam. Spektrum normal adalah monofasik, dengan penurunan tajam PSV selama fase inspirasi. Pada manuver kedua, kemungkinan tidak adanya stenosis vena sentral jika evaluasi doppler pada vena aksilaris mendeteksi denyut jantung yang berasal dari jantung kanan. Namun, USG dupleks hanya memberikan penilaian tidak langsung terhadap patensi pembuluh darah sentral, sehingga memerlukan teknik tambahan, terutama pada pasien dengan riwayat penggunaan

CVC. Dalam kasus seperti itu, venografi mungkin mempunyai peran yang lebih relevan. Anatomi pasien memiliki peran penting dalam menentukan kelayakan, keberhasilan pembuatan dan pemeliharaan patensi AVF dalam jangka panjang, sehingga pemeriksaan praoperatif yang terfokus dalam pembuatan AVF wajib dilakukan.^{7,12,14}

SURVEILANS ULTRASONOGRAFI DU- PLEKS PASCA PROSEDUR PEMBUATAN AVF

Maturasi dan patensi AVF dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti volume aliran darah, panjang dan radius pembuluh darah, dan kekentalan darah, oleh karena itu surveilans AVF pasca operasi dinilai penting untuk dapat mendeteksi secara dini masalah yang terjadi pasca prosedur dan memastikan agar AVF dapat mengalami maturasi dan dapat digunakan sebagai akses hemodialisis. Waktu ideal untuk melakukan evaluasi AVF bervariasi dan sebagian besar didasarkan pada pendapat para ahli. Secara umum pemeriksaan pertama setelah pembuatan AVF dilakukan 10-14 hari setelah prosedur melalui pemeriksaan fisik dan pengukuran aliran darah dengan USG dupleks. Setelah itu dilakukan pemeriksaan lagi 4 minggu setelah tindakan. Pada saat ini dilakukan pemeriksaan menyeluruh baik pemeriksaan fisik maupun USG doppler untuk mengetahui apakah AVF sudah matang dan siap digunakan. Jika AVF dianggap belum matang, AVF harus diikuti selama jangka waktu 4 minggu lagi dan kemudian penilaian ulang harus dilakukan untuk memutuskan apakah memerlukan prosedur tambahan seperti angioplasti atau koreksi bedah untuk mempercepat maturasi.^{7,12,16,20}

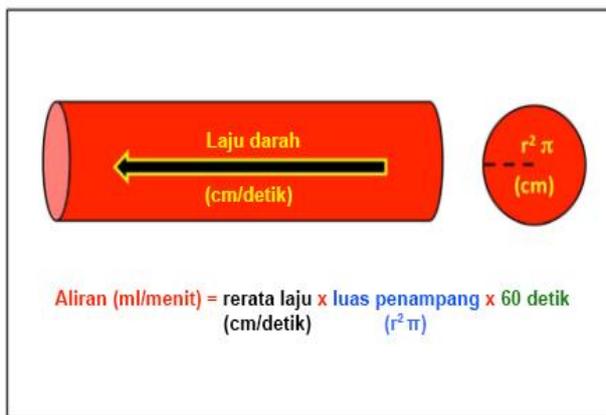
AVF dapat didefinisikan matur secara fungsional jika fistula dapat memberikan dialisis yang konsisten dengan dua jarum selama lebih dari 75% sesi dialisis

dalam empat minggu berturut-turut pada 6 minggu setelah prosedur pembuatan. Ada juga definisi lain yang disebut matur secara fisiologis jika AVF memiliki setidaknya diameter vena akses sepanjang 6 mm, volume aliran darah 600 ml/menit, kedalaman kulit <6 mm dan segmen lurus untuk kanulasi ≥6 cm, yang biasa disebut dengan "rule of 6". Pengukuran volume aliran (*flow volume*) menggunakan USG dupleks (*Volume flow* (ml/menit) = *vessel cross-sectional area* ($\pi \times r^2$; cm²) x *time average mean velocity* (TAMEAN, TAMV ; cm/detik) x 60) adalah salah satu pemeriksaan terpenting untuk evaluasi maturasi AVF. Direkomendasikan untuk mengukur volume aliran di tiga bagian AVF, arteri *feeding*, di dalam fistula, dan vena *draining*. Untuk mendapatkan hasil pengukuran volume aliran yang akurat, hindari pengukuran pada aliran turbulen (aliran sirkular), tentukan diameter pembuluh darah secara akurat, sudut insonasi ≤60° dan pastikan tidak terjadi pengalihan darah yang signifikan melalui vena aksesori. Dalam kasus adanya vena aksesori atau anatomi vena kompleks, volume aliran ditentukan dengan pengukuran pada arteri *feeding* ^{7,12,16}

Setelah AVF matur dan dapat digunakan secara rutin, surveilans terhadap AVF wajib dilakukan untuk memastikan patensinya dalam jangka panjang. Evaluasi diameter vena *draining*, jarak pembuluh darah dari kulit, percabangan vena dalam 10 cm pertama dari anastomosis dan pengukuran volume aliran dengan USG dupleks direkomendasikan untuk pemeriksaan rutin. Pedoman ESVS merekomendasikan USG dupleks rutin setiap bulan untuk AVG dan setiap 3 bulan untuk AVF atau bila ditemukan tanda awal stenosis berupa volume aliran (Qa) <500 ml/menit selama prosedur hemodialisis.^{16,20}

Tabel 4. "Rule of 6" Kriteria Sonografi untuk Maturasi AVF ^{6,16}

Kriteria	Deskripsi
Diameter vena aliran keluar ≥ 6 mm pada ultrasonografi	Vena aliran keluar akan secara progresif melebar seiring berjalannya waktu. Umumnya, diameter 6 mm menunjukkan vena aliran keluar yang mudah dikanulasi dan akan menyediakan aliran darah yang cukup untuk hemodialisis
Kedalaman vena aliran keluar < 6 mm pada ultrasonografi	Jika vena aliran keluar berada terlalu dalam dibawah jaringan subkutan maka akan sulit dikanulasi. Vena yang terlalu dalam mungkin membutuhkan operasi lebih lanjut untuk mengurangi kedalamannya.
Segmen lurus untuk kanulasi sepanjang ≥ 6 cm	Diperlukan segmen kanulasi yang lurus. Jika segmen aliran keluar didapatkan tortuositas, maka dibutuhkan 2 segmen kanulasi yang lurus dengan panjang ≥ 4 cm.
Aliran darah ≥ 600 mL/min	Diperlukan aliran darah yang mencukupi untuk mendukung hemodialisis yang adekuat
Kanulasi ≥ 6 minggu pasca pembuatan	Sebaiknya AVF ditunggu hingga setidaknya 6 minggu pasca pembuatan untuk memberikan waktu untuk terjadinya arterialisasi



Gambar 3. Menghitung Volume Aliran Darah/*Blood Flow Volume* dengan USG dupleks ¹⁹

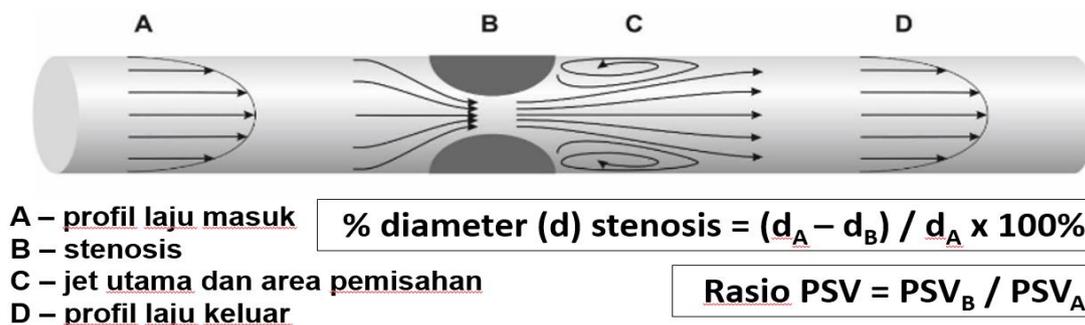
ULTRASONOGRAFI DUPEKS PADA KOMPLIKASI AVF

Meskipun dianggap sebagai pilihan akses vaskular yang relatif dapat diandalkan, AVF juga membawa risiko berbagai komplikasi, seperti stenosis, trombosis, atau infeksi. Stenosis AVF paling umum terjadi pada bagian *juxta-anastomosis* AVF. KDOQI mengkarakterisasi stenosis yang signifikan secara hemodinamik sebagai penurunan diameter lebih dari 50% dari diameter normal pembuluh darah (% diameter stenosis = [diameter lumen asli - diameter lumen sisa] / diameter lumen asli x 100%). Kriteria ini harus disertai dengan satu atau

lebih kelainan pada hemodinamik, fungsi, atau aspek klinis yang mencakup penurunan aliran darah, penurunan jumlah hemodialisis yang diberikan tanpa sebab yang jelas, pembengkakan ekstremitas yang persisten, perdarahan berkepanjangan, perubahan denyut nadi, *thrill* atau bruit pada fistula atau *graft*, dan temuan USG dupleks abnormal lainnya. Kelainan ini tidak boleh disebabkan oleh penyebab lain. Metode lain untuk mengukur stenosis signifikan dengan USG dupleks adalah dengan memeriksa tanda-tanda langsung dan tidak langsung dari stenosis signifikan. Tanda langsung stenosis yang signifikan diperoleh dengan

mengukur nilai PSV absolut dan rasio PSV. Rasio PSV diperoleh dari PSV pada lokasi stenosis dibandingkan dengan PSV arteri *feeding* pada 2 cm ke bagian *upstream*. Stenosis pada arteri *feeding* memiliki rasio PSV ≥ 2 , stenosis pada anastomosis memiliki rasio PSV ≥ 3 atau PSV absolut >400 cm/detik, dan stenosis pada vena *draining* memiliki rasio PSV ≥ 3 atau PSV absolut >100

cm/detik. Ada juga beberapa tanda tidak langsung yang dapat ditemukan pada pasien stenosis AVF, yaitu penurunan volume aliran (<250 ml/menit), resistensi aliran tinggi di bagian proksimal AVF (RI $>0,7$) dan tertundanya *systolic upstroke* di bagian distal AVF..^{7,17,18}



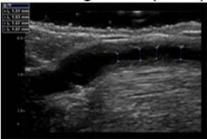
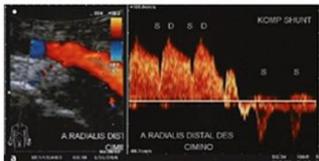
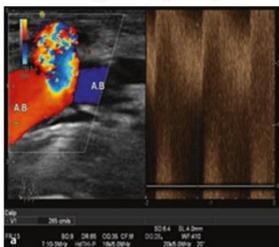
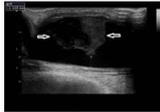
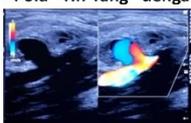
Gambar 4 . Evaluasi Stenosis dengan Ultrasonografi Dupleks (Dimodifikasi dari⁵)

Komplikasi lain dari akses vaskular yang dapat diamati dengan USG dupleks termasuk trombosis, aneurisma, pseudoaneurisma, hematoma, dan *steal syndrome*. Trombosis AVF sering disebabkan oleh stenosis akibat hiperplasia neointima dari vena. Trombosis adalah komplikasi yang lebih sering terjadi pada akses AVG dibandingkan AVF dan merupakan penyebab utama kegagalan akses AV secara keseluruhan. Trombosis AVF menyumbang 65-85% dari seluruh penyebab hilangnya akses permanen. Trombosis AVF dapat terjadi pada tahap awal yaitu akibat aliran darah yang tidak adekuat pasca operasi pembuatan AVF, dan dapat juga terjadi pada tahap akhir sebagai dampak jangka panjang dari stenosis AVF. Penyebab lain yang dipertimbangkan adalah cedera pembuluh darah, kelainan trombosit dan hiperkoagulabilitas, sehingga beberapa jenis antioksidan, antiplatelet dan antikoagulan berpotensi menjadi salah satu solusi untuk mencegah trombosis AVF. Pembentukan aneurisma dan pseudoaneurisma jarang terjadi pada periode pematangan

awal karena aneurisma biasanya merupakan efek sekunder dari stenosis dan degenerasi dinding pembuluh darah. Pseudoaneurisma dan hematoma biasanya terjadi di lokasi tusukan berulang atau pasca prosedur PTA akibat perdarahan yang berkepanjangan. *Steal syndrome*, juga dikenal sebagai *hand ischemia*, terjadi ketika aliran arteri ke *vascular bed* dialihkan ke AVF, yang menyebabkan berkurangnya aliran darah ke tangan dan menyebabkan gejala iskemik. Kondisi ini biasa disebut dengan *hemodialysis access-induced distal ischemia* (HAIDI) atau *distal hypoperfusion ischemic syndrome* (DHIS). Aliran dua arah (aliran *antegrade* selama sistolik dan aliran *retrograde* selama diastolik) dan kembalinya aliran *antegrade* di arteri distal dengan kompresi lembut pada AVF merupakan temuan yang dapat diperoleh pada pemeriksaan USG dupleks. *Steal syndrome* juga dapat disebabkan oleh stenosis arteri proksimal, plak aterosklerotik di tangan dan lengan, hipertensi vena regional, dan pembentukan trombosis, yang semuanya dapat

dideteksi dengan USG dupleks. Tes Allen sebelum operasi menggunakan USG dupleks dapat memberikan bantuan untuk mendeteksi individu dengan risiko tinggi *steal syndrome*. USG dupleks memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi dalam mengidentifikasi patologi arteri dan vena dan memberikan informasi unik mengenai profil hemodinamik kompleks dari akses vaskuler untuk hemodialisis. Informasi ini sangat

relevan untuk memutuskan strategi tatalaksana terbaik pada pasien dengan permasalahan atau komplikasi akses hemodialisis dibandingkan hanya informasi morfologi yang didapatkan dari angiografi. Selain itu, lokasi patologi yang terdeteksi secara sonografi dapat langsung ditandai pada kulit pasien untuk menuntun prosedur koreksi lebih lanjut.^{7,16-18}

THREE-POINT STRATEGY: PEMERIKSAAN ULTRASONOGRAFI DUPELKS TERSTRUKTUR PADA KOMPLIKASI AVF		
<p>ARTERI FEEDING PROKSIMAL DARI ANASTOMOSIS</p> <p>stenosis arteri sentral:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Upstroke</i> terlambat - Volume aliran (<i>flow volume</i>) menurun <p>Stenosis arteri di proksimal anastomosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stenosis signifikan (>50%)  <ul style="list-style-type: none"> - Rasio PSV ≥ 2 - Pulsatilitas menurun saat kompresi fistula <p>Stenosis <i>juxta-anastomosis</i> (fistula):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pulsatilitas meningkat - Resistensi perifer meningkat (RI >0.7) - Volume aliran (<i>flow volume</i>) menurun 	<p>ARTERI FEEDING DISTAL DARI ANASTOMOSIS</p> <p>Dialysis Access Steal Syndrome (DASS):</p> <ul style="list-style-type: none"> - PSV menurun - Aliran bidireksional (gelombang <i>to-and-fro</i>), aliran <i>retrograde</i> saat diastolik, aliran <i>antegrade</i> kembali muncul saat kompresi fistula  <p>Stenosis <i>juxta-anastomosis</i> (fistula):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stenosis signifikan (>50%)  <ul style="list-style-type: none"> - Rasio PSV ≥ 3 atau PSV > 400 cm/detik 	<p>VENA AKSES (2-4 CM DARI ANASTOMOSIS)</p> <p>Stenosis dan trombosis vena akses:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stenosis signifikan (>50%) - Gambaran thrombus  <ul style="list-style-type: none"> - Rasio PSV ≥ 3 atau PSV > 100 cm/detik di vena <i>draining</i> - Pulsatilitas meningkat <p>Stenosis <i>juxta-anastomosis</i> (fistula):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peningkatan PSV intrastenosis  <ul style="list-style-type: none"> - Munculnya vena aksesoris <p>Aneurisma dan pseudoaneurisma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Striktur dan dilatasi oleh karena formasi jaringan parut pada lokasi kanulasi vena - Pola "Yin-Yang" dengan gelombang <i>to-and-fro</i>  <p>Hematoma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Area hipoekoik tanpa adanya aliran
<p>Dimodifikasi dari</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schäberle W. Ultrasound in Vascular Diagnosis: A Therapy-Oriented Textbook and Atlas. Springer International Publishing; 2018 - Chytlova E, et al. Role of Doppler ultrasound in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors. J Vasc Access. 2021 - Lee T, et al. Standardized Definitions for Hemodialysis Vascular Access. Semin Dial. 2011 - Zamboli P, Fiorini F, D'Amelio A, Fatuzzo P, Granata A. Color Doppler ultrasound and arteriovenous fistulas for hemodialysis. J Ultrasound. 2014 - Hassan MH, Abdelrazek GM, Hashim AA. The clinical importance of color Doppler ultrasonography in puncture related complications of hemodialysis vascular access. Egypt J Radiol Nucl Med. 2019;50(1):89. 		

Gambar 5. *Three-Point Strategy:* Pemeriksaan Ultrasonografi Dupleks Terstruktur untuk Komplikasi AVF (Dimodifikasi dari^{15-19,21})

KESIMPULAN

Beberapa penelitian telah menjelaskan keunggulan pasien yang menjalani pemetaan vaskular praoperatif dan surveilans dengan USG dupleks secara rutin dibandingkan dengan pemeriksaan fisik saja, dimana diperoleh luaran AVF yang lebih

baik. Beberapa penelitian menunjukkan tingkat patensi primer AVF dalam 1 tahun mencapai 98%. Studi lain juga menunjukkan penurunan tingkat kegagalan dini AVF dari 36% menjadi 8% pada pasien yang menjalani pemeriksaan dan surveilans dengan USG dupleks. Kegagalan akses vas-

kular mengakibatkan terhentinya terapi hemodialisis dan peningkatan biaya kesehatan akibat prosedur koreksi akses vaskular yang tidak diperlukan sehingga membahayakan kesehatan pasien. Pada fase preoperatif, pemeriksaan USG dupleks memang akan menambah waktu kunjungan ke rumah sakit dan menunda tindakan pembuatan AVF, namun dengan kelebihannya dalam mengevaluasi aspek anatomi dan fisiologis pembuluh darah serta korelasi hemodinamik vena dan arteri, USG dupleks dapat memastikan pembuluh darah yang paling ideal untuk dibuat menjadi akses AVF. Pada fase pascaoperatif, skrining dengan USG dupleks dapat memastikan kematangan fisiologis dan fungsional dari AVF, juga membantu dalam deteksi dini adanya komplikasi dari AVF. Pada kasus komplikasi AVF, pemeriksaan USG dupleks memiliki keunggulan dibandingkan metode diagnostik lain untuk dapat memandu dalam pemilihan strategi tatalaksana yang paling efektif. Pemeriksaan USG dupleks rutin dapat meningkatkan angka keberhasilan pembuatan AVF sehingga biaya kesehatan tambahan yang diperlukan akan lebih rendah dibandingkan dengan biaya kesehatan tambahan dari prosedur koreksi AVF berulang. USG dupleks idealnya dilakukan dalam praktik rutin baik sebelum prosedur pembuatan AVF maupun surveilans pasca prosedur pembuatan AVF. Penelitian lebih lanjut mengenai efikasi, efektivitas waktu dan biaya kesehatan serta analisis risiko dan manfaat pada pemeriksaan USG dupleks rutin masih perlu dilakukan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- United States Renal Data System. *2023 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States*. <https://adr.usrds.org/2023>
- Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) (2018). Published online 2019. Accessed January 1, 2023. <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514/1/Laporan%20Risikesdas%202018%20Nasional.pdf>
- Quencer KB, Arici M. Arteriovenous Fistulas and Their Characteristic Sites of Stenosis. *Am J Roentgenol*. 2015;205(4):726-734. doi:10.2214/AJR.15.14650
- Gameiro J, Ibeas J. Factors affecting arteriovenous fistula dysfunction: A narrative review. *J Vasc Access*. 2020;21(2):134-147. doi:10.1177/1129729819845562
- Malik J, de Bont C, Valerianova A, Krupickova Z, Novakova L. Arteriovenous Hemodialysis Access Stenosis Diagnosed by Duplex Doppler Ultrasonography: A Review. *Diagnostics*. 2022;12(8):1979. doi:10.3390/diagnostics12081979
- Arasu R, Jegatheesan D, Sivakumaran Y. Overview of hemodialysis access and assessment. *Can Fam Physician*. 2022;68(8):577-582. doi:10.46747/cfp.6808577
- Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis*. 2020;75(4, Supplement 2):S1-S164. doi:10.1053/j.ajkd.2019.12.001
- Chlorogiannis DD, Bousi SE, Zachiotis M, Chlorogiannis A, Kyriakoulis I, Bellos I. Pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula formation: an updated systematic review and meta-analysis. *J Nephrol*. Published online December 22, 2023. doi:10.1007/s40620-023-01814-6
- Jayroe H, Foley K. Arteriovenous Fistula. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing; 2024. Accessed February 4, 2024. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559213/>
- Marsh AM, Genova R, Lopez JL. Dialysis Fistula. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing; 2024. Accessed February 4, 2024. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559085/>
- MacRae JM, Pandeya S, Humen DP, Krivitski N, Lindsay RM. Arteriovenous fistula-associated high-output cardiac failure: a review of mechanisms. *Am J Kidney Dis*. 2004;43(5):e21-1.
- Siddiqui MA, Ashraff S, Carline T. Maturation of arteriovenous fistula: Analysis of key factors. *Kidney Res Clin Pract*. 2017;36(4):318-328. doi:10.23876/j.krcp.2017.36.4.318
- Almasri J, Alsawas M, Mainou M, et al. Outcomes of vascular access for hemodialysis: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg*. 2016;64(1):236-243. doi:10.1016/j.jvs.2016.01.053
- Marques MG, Ponce P. Pre-operative Assessment for Arteriovenous Fistula Placement for Dialysis. *Semin Dial*. 2017;30(1):58-62. doi:10.1111/sdi.12561
- Konner K, Nonnast-Daniel B, Ritz E. The arteriovenous fistula. *J Am Soc Nephrol*. 2003;14(6):1669-1680.
- Chytilova E, Jemcov T, Malik J, Pajek J, Fila B, Kavan J. Role of Doppler ultrasonography in the evaluation of hemodialysis arteriovenous access maturation and influencing factors. *J Vasc Access*. 2021;22(1 Suppl):42-55. doi:10.1177/1129729820965064
- Schäberle W. Arteriovenous Fistulas. In: Schäberle W, ed. *Ultrasonography in Vascular Diagnosis: A*

- Therapy-Oriented Textbook and Atlas*. Springer International Publishing; 2018:263-290. doi:10.1007/978-3-319-64997-9_4
18. Lee T, Mokrzycki M, Moist L, Maya I, Vazquez M, Lok C. Standardized Definitions for Hemodialysis Vascular Access. *Semin Dial*. 2011;24(5):515-524. doi:10.1111/j.1525-139X.2011.00969.x
19. Zamboli P, Fiorini F, D'Amelio A, Fatuzzo P, Granata A. Color Doppler ultrasound and arteriovenous fistulas for hemodialysis. *J Ultrasound*. 2014;17(4):253-263. doi:10.1007/s40477-014-0113-6
20. Schmidli J, Widmer MK, Basile C, et al. Editor's Choice - Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2018;55(6):757-818. doi:10.1016/j.ejvs.2018.02.001
21. Hassan MH, Abdelrazek GM, Hashim AA. The clinical importance of color Doppler ultrasonography in puncture related complications of hemodialysis vascular access. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2019;50(1):89. doi:10.1186/s43055-019-0087-7