Revijalni članak

Review article

DOPLER DIJAGNOSTIKA
VASKULARNOG SISTEMA

Dragan Vasić¹, Dragan Marković^{1,2},
Milica Stojadinović³

¹Klinika za vaskularnu i endovaskularnu hirurgiju, Klinički centar Srbije, Beograd, Srbija

²Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

³Centar za radiologiju i magnetnu rezonancu, Klinički centar Srbije, Beograd, Srbija

Rad je primljen 15. septembra 2019, revidiran 23. septembra 2019, rad prihvaćen 24. septembra 2019.

VASCULAR SYSTEM DOPPLER
DIAGNOSTIC

Dragan Vasić¹, Dragan Marković^{1,2},
Milica Stojadinović³

¹Clinic od Vascular and Endovascular Surgery, Clinical Center of Serbia, Belgrade, Serbia

²Medical Faculty, University of Belgrade, Serbia

³Center for Radiology and MR, Clinical Center of Serbia, Belgrade, Serbia

Submitted Received 15. September 2019, Revised 23. Septmber 2019, Accepted 24. September 2019.

Sažetak

Summary

Vaskularne bolesti su u Srbiji vodeći uzrok smrti i invaliditeta kod ljudi starijih od 50 godina. Ultrasonografski pregled krvnih sudova je brz, za bolesnika bezbolan, bezopasan i komforan, a za zdravstveni sistem zemlje, odnosno pacijenta, ekonomski isplativ i precizan. Danas je ova dijagnostička metoda „zlatni standard” u primarnoj dijagnostici, skriningu i praćenju vaskularnih bolesti. Kolor duplex (colour duplex) široko je rasprostranjena, neinvazivna procedura visoke senzitivnosti, koja čini kombinaciju pulsnog doplera i prikaza tkiva u realnom vremenu (real time B-mode). Ona omogućava da se na ekranu, u realnom vremenu, prati protok krvi kodiran bojom, unutar dvodimenzionalnog B-moda. U vaskularnoj ultrasonografiji se koriste linearne i konveksne sonde. Konveksna i sektorska sonda najčešće se koriste za prikaz duboko postavljenih struktura u abdomenu, maloj karlici ili grudnom košu. One rade na frekvenciji 2,5–5 MHz. Linearne sonde rade na znatno višim frekvencijama (7–13 MHz). One se koriste za prikaz površnije postavljenih struktura. Ultrasonografija u dijagnostici oboljenja krvnih sudova podrazumeva primenu različitih modaliteta, a sa ciljem procene morfoloških karakteristika krvnog suda i protoka kroz njega. Savremeni ultrazvučni sistemi podrazumevaju primenu B-moda i pulsnog doplera objedinjenih kao duplex scan. Kvalitativna procena arterijskog protoka je moguća analizom akustičkog talasa koji prezentuje arterijski protok. U slučaju grafičkog zapisa na ekranu ili papiru, moguća je analiza spektralnih arterijskih kriva protoka.

SVascular diseases are the leading cause of death in Serbia and disability in people over 50 years of age. Ultrasonography examination is quick, painless, safe and comfortable for patients, and for the public health care system inexpensive and accurate. Currently, this diagnostic method represents a “gold standard” in the primary diagnosis, screening and monitoring of vascular diseases. Color duplex is a widely used, non-invasive and highly sensitive procedure, which is a combination of pulse Doppler and real time B-mode. It enables an on-screen, real time observation of the blood flow, color coded within two-dimensional B-mode. In vascular ultrasound, both linear and convex probes are used. Convex and sector probes are used to show deep set structures in the abdomen, pelvis or chest. They operate at frequencies between 2.5 and 5 MHz. The linear probes operate at much higher frequencies (7 to 13 MHz). They are used for imaging of more superficial structures. Ultrasonography in the diagnosis of blood vessel diseases involves the application of modalities in order to assess morphologic characteristics of a blood vessel and a flow through it. Ultrasound systems include the B-mode and pulsed Doppler integrated as Duplex scan. Qualitative assessment of blood flow is possible by analyzing the acoustic waves that presents the arterial flow. Graphic record on the screen or paper enable analyzes of spectral arterial flow curves.

Ključne reči: vaskularna ultrasonografija; dopler

Key words: vascular ultrasonography; Doppler

Autor za korespondenciju: Dragan Vasić, Klinika za vaskularnu i endovaskularnu hirurgiju, Klinički centar Srbije, Pasterova 2, 11000 Beograd, Srbija, Telefon: +381668302350, E-mail: dr_dragan_vasic@yahoo.com

Corresponding author: Dragan Vasić, Clinic od Vascular and Endovascular Surgery, Clinical Center of Serbia, Pasterova 2, 11000 Belgrade, Serbia, Telephone: +381668302350, E-mail: dr_dragan_vasic@yahoo.com

Uvod

Dijagnostika oboljenja krvnih sudova temelji se na primeni Doplerovog efekta. Urich je 1947. godine prvi obavio merenje brzine prolaska ultrazvučnih talasa kroz tkivo sisara. Razvojem vaskularne hirurgije, tehnološki napreduje i neinvazivna dijagnostika. Od sredine osamdesetih godina 20. veka počinje upotreba kolor dupleks (*Color Duplex* – CD) ultrasonografije^{1,2,3}. U dopler dijagnostici se primenjuju dve vrste ultrazvučnih talasa: Dopler kontinuiranih talasa (*CW Doppler*) i Dopler pulsni ultrazvučni talasa (*PW Doppler*).

CW doppler

Kontinuiranim doplerom indirektno se analizira hemodinamska reperkusija patoloških promena peri fernih krvnih sudova. Pri ispitivanju ovim načinom, ispituje se celi promer krvnog suda i dopler ultrazvučni signal sadrži informacije o svim brzinama profila toka strujanja².

Ankle brachial index

Ankle brachial index – ABI (poznat kao *ankle arm pressure index*, *ankle systolic pressure index*, pedobrahijalni indeks) predstavlja odnos pritiska na nivou nožnog zgloba i brahijalnog pritiska⁴. Pritisak iznad članka se menja sa centralnim aortnim pritiskom i to je poželjno poređenje pri svakom merenju tog pritiska. Meri se na klasičan način, pomoću manžetne koja se naduvava do suprasistolnih vrednosti, a kao detektor pojave protoka služi dopler ultrazvučni instrument (sonda) frekvencije od 8 MHz⁴.

Ankle brachial index je najjednostavniji pokazatelj prisutnosti i stepena obliterirajućih promena arterija donjih ekstremiteta. Ovim merenjem se uspešno ocenjuje stepen progresije bolesti i uspešnost lečenja⁴. Poteškoće pri određivanju vrednosti sistolnih pritisaka i njihova interpretacija mogu da se jave kod slabog signala, multisegmentne bolesti i nekompresibilnosti arterije. U odsustvu proksimalnih arterijskih bolesti, ABI je uvek veći od 1, sa srednjim variranjem od 0,10 (Tabela 1)⁴.

Tabela 1: Step en arterijske insuficijencije u odnosu na vrednosti *Ankle brachial index* (ABI)

Normalne vrednosti	1,00 ± 0,10
Laka arterijska insuficijencija	0,75–0,90
Funkcionalna nesposobnost	0,50–0,75
Teška arterijska insuficijencija (indikovana angiografija)	0,35–0,50
Bol u miru	0,25–0,35
Preteća gangrena	≤ 0,25

Segmentni sistolni pritisak (*Segmental Blood Pressures* – SBP)

ABI ne može da odredi lokaciju proksimalne lezije niti da ukaže na multi segmentne promene. Ove informacije mogu se dobiti merenjem sistolnog pritiska na različitom nivou ekstremiteta kod pacijenata sa abnormalnim pritiskom iznad članka⁴. U ovoj proceduri se primenjuju četiri manžetne od 41 cm do 83 cm dužine i 11 cm širine za svaku nogu. Manžetne se postavljaju u nivou butine, iznad kolena, ispod kolena i u nivou članka. Sistolni pritisak se određuje dopler ultrazvukom, postavljanjem sonde preko *arterije tibialis posterior* ili *arterije tibialis anterior*⁵.

Sistolni pritisak u nivou butine, meren ovom metodom, normalno nadvisuje brahijalni pritisak za 30–40 mmHg. Indeks je veći od 1,2. Ukoliko se kreće između 0,8–1,2, pobuđuje sumnju da se radi o aortoilijačnoj stenozi, dok indeks manji od 0,8 odgovara kompletnoj okluziji arterije ilijake⁶.

Razlika sistolnog pritiska između dva susedna nivoa na nozi ili istih nivoa obe noge treba da bude manja od 20 mmHg kod zdravih pojedinaca. Ukoliko je razlika veća od 20 mmHg, ona ukazuje na prisutnu okluzivnu bolest odgovarajućeg segmenta^{4,5,6}.

Segmentni sistolni pritisci gornjih ekstremiteta

Ateroskleroza ređe zahvata gornje ekstremitete, a opstruktivne lezije su uglavnom upalne etiologije (arteritisi)⁴. Najčešća patologija su vazospastični poremećaji i sindrom gornje torakalne aperture⁵.

Na rukama se određuju sistolni pritisci na nadlaktici, podlaktici, zatim pri elevaciji i Adso novom

manevru. Merenje se izvodi uz pomoć dopler ultrazvuka, sondom frekvencije 8–10 MHz. Razlika sistolnog pritiska dva susedna nivoa na ruci ili istih nivoa obe ruke treba da bude manja od 10 mmHg ($< 10\%$). Razlika veća od 10 mmHg ($> 10\%$) ukazuje na prisustvo stenoze na odgovarajućem nivou. Takođe, vrednosti se porede pri elevaciji i Adsonovom manevru (Slika 1)^{4,5,6}.

ishemija i vazodilatacija distalno od manžetne. Promene pritiska iznad članka nakon otpuštanja manžetne su slične onim posmatranim tokom testa opterećenja. Mada normalno ekstremiteti ne pokazuju pad *ankle systolic pressure* nakon testa opterećenja, kratkotrajan pad se dešava tokom testa reaktivne hiperemije. Ovaj pad *ankle pressure* je u opsegu od 17–34%^{5,6,7}.

Slika 1: Šema izvođenja testova pri sumnji na arterijski *Thoracic Outlet Syndrome* (TOS). A. Registrovanje trofazičnog pulsog talasa nad radijalnom arterijom u normalnom položaju; B. Izmenjena kriva protoka bifazičnog pulsog talasa pri Adsonovom manevru; C. Monofazičan talas protoka radijalne arterije u položaju elevacije zbog kompresije vratnog rebra na potključnu arteriju.

Test reaktivne hiperemije

Reaktivna hiperemija je alternativan metod opterećenja periferne cirkulacije, zamena za test opterećenja. Test je imitacija odgovora na opterećenje vežbanjem. Primenjuje se kod pacijenata sa neodgovarajućim kardiološkim statusom, teškim plućnim oboljenjem, sa ishemičnom ulceracijom na nozi, kod pacijenata koji ne smeju ili ne mogu na pokretnu traku (neuromuskuloskeletne bolesti, amputirani donji ekstremitet)⁶.

Procedura izvođenja samog testa zasniva se na naduvavanju manžetne u nivou butine suprasistolnim pritiskom, čime se nakon 3–5 minuta stvara

Tumačenje testa podrazumeva da je kod pacijenata sa promenjenim arterijama odgovor na reaktivnu hiperemiju nagla še nije. Pacijenti sa jedno-segmentnom opstrukcijom imaju pad pritiska do 50%, a pacijenti sa višesegmentnom opstrukcijom imaju pad veći od 50%^{5,6,7}.

Ograničenje testa je loša tolerabilnost same procedure kod mnogih pacijenata zbog bola uzrokovano stezanjem manžetne. Iako je test pogodan za otkrivanje „skrivenih” okluzivnih bolesti, diferencijacija pravih vaskularnih klaudikacija od pseudoklaudikacija nije dobra. Test opterećenja je pogodniji test, jer stvara fiziološko opterećenje i reprodukciju pacijentovih simptoma^{4,5,6,7}.

Test opterećenja (*treadmill exercise test*)

Test opterećenja na pokretnoj traci je najbolji pokazatelj stepena arterijske insuficijencije, arterijske kolateralizacije i objektivno merilo toka bolesti i rezultata lečenja⁶. Test je koristan zato što simultana aktivnost proizvodi pacijentove simptome i određuje stepen nesposobnosti⁴. On dozvoljava procenu porekla tegoba, funkcionalne sposobnosti i značenje stenoze u multisegmentnoj bolesti.

Test opterećenja je važan za jasnu procenu pacijenata koji imaju prave klaudi kateje od onih koji imaju pseudoklaudikacije, kao što su pacijenti sa spinalnom stenozom, lumbalnom ishialgijom i drugim nevaskularnim uzrocima. Test opterećenja je određen i pacijentovom snagom, motivacijom i tolerancijom bola⁵.

Indikacije za izvođenje testa opterećenja su:

1. pacijenti koji se žale na bol u nogama tokom hoda
2. niže vrednosti ABI (naročito 0,50–0,90)
3. kontrola stepena progresije bolesti
4. kontrola postoperativnih rezultata.

Kontraindikacije za izvođenje testa opterećenja su iste kao kod testa opterećenja srca, ishemijske ulceracije na nozi, amputi rani ekstremiteti⁶. Tokom testa se analizira vreme hodanja bez tegoba, maksimalna klaudikaciona distanca, karakter i lokalizacija bola, promena sistolnog pritiska iznad članka, vreme oporavka i vraćanja na nivo pre opterećenja. Normalan odgovor na napor je neznatno povećanje i bez promene vrednosti sistolnog pritiska iznad članka u odnosu na vrednosti pre opterećenja^{4,5,6,7}.

PW dopler

Kolor dupleks (*Color Duplex* – CD) ultrasonografija predstavlja široko rasprostranjenu neinvazivnu proceduru visoke senzitivnosti⁷. Kombinacija je pulsno-dopler (PW) i prikaza tkiva u realnom vremenu (*real time B-mode*). Omogućava da na ekranu u momentu događanja pratimo protok krvi unutar dvodimenzionalne B-slike kodirane bojom. B-prikaz (*B-mode, brightness modulation*) predstavlja dvodimenzionalni prikaz, način registracije, gde svetle tačke označavaju mesto s kojeg se vratio odjek, a mesta gde nema odjeka su bez zapisa. Upotreba tzv. sive skale (*gray scale*)

omogućava gradaciju intenziteta svetline između crnog i belog i označava prikaz kod kojeg je svetlina tačke na ekranu proporcionalna intenzitetu primljenog odjeka. U CD ultrasonografiji dobijene dopler informacije su prikazane u obliku grafičkog prikaza spektra pulsni talasa i boje protoka krvi u krvnom sudu. Koristi se dopler pulsni talasa, koji za razliku od CW doplera ima mogućnost promene frekvencije i dubine pulsno talasa. U praktičnom smislu, pulsni talas može da se upravlja u određena tkiva, konkretno u lumen krvnog suda. Analiza spektra pulsni talasa je ista kao kod CW doplera. Kolor dopler informacije prikazuju ukupan protok u krvnom sudu. Smer je kodiran crveno-plavo. Crveno predstavlja anterogradni smer (u smeru strujanja krvi), a plavo inverzan – povratni tok. Svetle nijanse svake boje predstavljaju veće frekvencije, a maksimalna brzina je prikazana belom bojom⁷.

U vaskularnoj ultrasonografiji se koriste linearne i konveksne sonde. Konveksne i sektorske sonde se najčešće koriste za prikaz duboko postavljenih struktura u abdomenu, maloj karlici ili grudnom košu. One rade na frekvenciji 2,5–5 MHz. Za razliku od njih, linearne sonde rade na znatno višim frekvencijama (7–13 MHz). One se koriste za prikaz površnije postavljenih struktura. Što znači da sonde koje rade na niskim frekvencijama dozvoljavaju prikaz duboko lociranih struktura i patoloških promena sa manjim brojem detalja, dok se korišćenjem sonde koje rade na visokim frekvencijama dobija kvalitetan prikaz, ali samo površno postavljenih struktura⁷.

Spektralna analiza

Reč *spectrum* potiče iz latinskog jezika i znači slika. Dopler spektar je u stvari slika stvorena kretanjem krvi. Spektar pokazuje izmešane dopler frekvencije prisutne u ehu suda u svakom trenutku vremena. Normalan pulsni talas je trofazičan.

Sistolna komponenta odgovara sistoli srca. Rana dijastolna komponenta predstavlja kratkotrajnu promenu smeru krvi zbog pada pritiska u levoj komori, a kasna dijastolna komponenta je anterogradnog smeru. Kvalitativna i kvantitativna analiza dopler spektra označava analizu oblika krivulje, brzinu protoka, kao i određivanje indeksa rezistencije i pulsatilnog indeksa.

Krive protoka nad visceralnim arterijama (renalnim arterijama, mezenteričnim arterijama pre obroka, unutrašnjim karotidnim arterijama) najčešće imaju izgled monofaznih kriva, s obzirom na nisku vaskularnu rezistenciju u distalnim segmentima.

Pulsativni indeks (PI) predstavlja meru oscilatorne energije protoka – brzine talasa⁷. Stenoza suda dovodi do redukcije PI distalno od mesta stenozе.

$$\text{Pulsativni indeks (PI)} = \frac{A - B}{\text{srednja frekvencija}}$$

Indeks rezistencije (RI) koristi se kao indikator otpora cirkulacije iza tačke merenja⁷. Stenoza dovodi do redukcije protoka krvi i povećanja otpora. Visoki indeks rezistencije može da bude i znak sniženja protoka u kapilarnom sistemu.

$$\text{Indeks rezistencije (RI)} = \frac{A - B}{A}$$

Tabela 2: Kriterijum za klasifikaciju periferne lezije arterija

Klasifikacija	Karakteristike
Normalno	Trofazičan pulsni talas
1–19%	Trofazičan talas sa minimalnim spektralnim proširenjem
20–49%	Trofazičan talas povećanih sistolnih brzina, jasnog spektralnog širenja

Morfološki parametri koje pratimo su: kalibar arterijskog suda, zidovi suda, postojanje parijetalnih depozita, karakter depozita (tromb ili ateromatozni plak), stepen stenozе, kao i postojanje ekstraluminalnih masa koje kompromituju protok kroz ispitivani sud^{4,7}. Hemodinamski parametri su vršne sistolne brzine, kao i gradijent brzine, koji predstavlja odnos vršne sistolne brzine na mestu stenozе i prestenotično^{4,5,6,7}.

Artefakti ultrasonografije

Artefakti su formacije koje ne postoje i koje imitiraju normalne ili patološke strukture. Tokom ultrasonografije karotidnih arterija nastaju zbog

neispravnosti opreme, neadekvatnog podešavanja parametra pregleda, neispravne obrade slike i uticaja posmatrane sredine⁷.

Ultrazvučni pregled karotidnih arterija

Značaj pregleda karotidnih arterija leži u činjenici da se centralni nervni sistem snabdeva krvlju preko četiri arterijska suda, dve karotidne i dve vertebralne arterije. Ultrazvučni pregled karotidnog sliva podrazumeva pregled zajedničkih karotidnih arterija, kao i ekstrakranijalnih segmenata spoljašnje i unutrašnje karotidne arterije. Pregled obavljaмо linearnom sondom frekvencije 7–10 MHz.

Pouzdana detekcija karotidne stenozе ili okluzije pomoću kolor dupleks ultrasonografije uglavnom je moguća kombinacijom B-moda i *color flow* prikazom^{7,8,9}. B-modom se definišu spoljne granice krvnog suda i redukcija lumena, dok se kolor imidžingom pokazuje uzorak protoka. Dopler spektralna analiza služi da potvrdi imidžing nalaz i neophodna je za kvantifikaciju. Stepен karotidne stenozе može biti procenjen merenjem dijametра ili area rezidualnog lumena i dijametра ili area originalnog lumena (Slika 2).

Slika 2: Kolor dopler prikaz poprečnog preseka ACI (area stenozе i dijametar stenozе)

Tačnost merenja stenozе karotidnih arterija zavisi od dobrog kvaliteta slike i postizanja pravog poprečnog preseka krvnog suda. Kvalitativan poprečan presek ne može uvek da se dobije, ako su krvni sudovi tortuozni ili su sa kalcifikovanim plakovima^{7,9}. U takvim slučajevima stepen stenozе mora da se proceni na osnovu dopler spektralne analize (Slika 3).

Slika 3: Visokostepena stenozna ACI sa porastom brzina > 300 cm/s, enddiastolne brzine 120 cm/s. U nivou stenozе istovremeno se registruje anterogradni i reverzni protok sa spektralnim proširenjem.

Vertebralne arterije neizostavno pregledamo u istom aktu kada i karotidne arterije. Pacijent je u istom položaju kao za pregled karotidnih arterija i pregled se obavlja istim sondama. Takođe, treba pomenuti elongacije i tortuoznost karotidnih arterija.

Tortuoznost je izduženost krvnog suda u obliku slova S ili C. Za razliku od tortuozno izmenjene arterije, kinking je presavijenost krvnog suda pod ostrim uglom. Koiling je elongiranost krvnog suda u obliku petlje (Slika 4).

Slika 4: Kinking unutrašnje karotidne arterije, ugao manji od 30°

Kod pregleda vertebralnih arterija problem nam predstavljaju koštane strukture, zbog specifične anatomije. Po ulasku u transverzalne vertebralne

otvore, od vertebralnih arterija vidimo samo kraće segmente.

Kao i kod karotidnih arterija, određujemo dijametar vertebralne arterije (oko 4 mm), utvrđujemo postojanje depozita, obeležavamo smer kretanja krvi (stenozna ili okluzija istostrane potključne arterije dovodi do sindroma krađe krvi iz vertebralne arterije i reverznog protoka krvi kroz ispitivanu vertebralnu arteriju), merimo brzinu protoka krvi (vršna sistolna brzina ne sme biti manja od 10 cm/sec)^{7,8,9}.

Ultrazvučno ispitivanje abdominalne aorte

Abdominalna aorta, kao dominantni arterijski sud u abdomenu, sonografski je jasno definisanih zidova, postavljena lako ulevo od središnje linije. Maksimalni promer iznosi oko 20 mm, dok su ili-jačne arterije promera oko 10 mm.

Otkrivanje aneurizmi abdominalne aorte je najčešći zadatak za dijagnostičara. Smatra se da je arterija aneurizmatски izmenjena ukoliko joj je dijametar uvećan za 1,5 do 2 puta u odnosu na uobičajeni. Utvrđuje se maksimalni promer aneurizme, oblik, longitudinalna ekstenzija i postojanje parijetalnog tromba (Slika 5).

Slika 5: Infrarenalna aneurizma, dijametra 104 mm, sa cirkumferentnim trombnim masama koje ispunjavaju 1/3 lumena

Sa hirurškog aspekta je izuzetno važno određivanje nivoa od kog se aneurizma pruža, te je obaveza svakog dijagnostičara da izmeri tačnu dužinu aortnog segmenta od ishodišta renalnih arterija do početka aneurizme (imajući u vidu da je najveći broj aneurizmi infrarenalno lokalizovan).

Disekcija abdominalne aorte je prodor krvi kroz oštećenje intime u mediju arterije. Obično počinje u torakalnom delu aorte, te se pruža prema abdominalnom delu aorte¹⁰. Sonografski se uočava kao dvostruki lumen arterije (tanka, hiperehogena, membrana deli lumen na dva odeljka) od kojih „lažni” može da bude aktivan, tj. protočan ili tromboziran. Disekcija može, ali ne mora da bude udružena sa postojanjem aneurizme (Slika 6)^{7,10}.

Slika 6: Disekantna aneurizma, longitudinalni presek

Ultrazvučno ispitivanje vena

Upotreba dupleks ultrasonografije u dijagnostici venskih oboljenja je postala rutinska metoda u svim vaskularnim ambulantom. Ona ima nekoliko važnih karakteristika: (1) odličnu prostornu rezoluciju, sadržanu u opsegu frekvencije od 5 do 10 MHz; (2) odličnu rezoluciju sive skale (dinamičan opseg); (3) pulsni dopler koji je dovoljno osetljiv da detektuje male brzine protoka prisutne u manjim venama. Problem predstavljaju gasovi, kost i veće količine tečnosti koje oslabljuju penetraciju dopler talasa.

U slučaju normalnog nalaza, slika vene na kolor dupleksu ima sledeće karakteristike:

1. *Anehogenost* – lumen normalne vene je anehogen, unutrašnja površina venskog zida je glatka. U slučaju zadebljanja zida, možemo da govorimo o poremećaju. Valve mogu povremeno da se vide kada je kvalitet slike odličan.
2. *Kompresibilnost* – venski lumen može da bude obliterisan i malim spoljašnjim pritiskom.

3. *Veličina vena u odnosu na arterije* – glavne vene ruke i natkolenice su umereno većeg dijametra od odgovarajućih arterija. Ako su vene bitno veće od arterija, više od dva puta, venska tromboza je suspektna. Vene mogu da budu povećane zbog kongestivne slabosti srca.

Dopler karakteristike normalnih vena imaju pet važnih obeležja: spontanost, fazičnost, Valsalva odgovor, augmentacija na distalnu kompresiju i usmerenost protoka u pravcu srca. Akutna tromboza, koja se manifestuje kao inicijalna tromboza, najčešće nastaje u sinusima solealnog mišića. Kod 80% pacijenata ne dolazi do propagacije ili embolizacije, već dolazi do spontane lize tromba ili rekanalizacije. U 5% slučajeva potkolena flebotromboza može da dovede do embolizacije. Akutna venska tromboza se odnosi na period 1–2 nedelje nakon početka procesa. To je period kada najčešće dolazi do embolizacije. Kolor dupleks ultrasonografski se uočavaju hipoehogene trombnne mase, gubitak kompresibilnosti i venska distenzija (Slika 7).

Slika 7: Akutna tromboza površne femoralne vene. Dijametar površne femoralne vene je dva puta veći od dijametra površne femoralne arterije.

Uopšteno posmatrano, termin „hronična venska tromboza” je pogrešan, pravilnije je reći hronične sekvele venske tromboze. Vremenom dolazi do adherencije tromba za venski zid i njegove organizacije. Odlikuje se hiperehogenim trombnim masama i dijametrom vene koji odgovara normalnom nalazu (Slika 8).

Slika 8: Organizovana tromboza površne femoralne vene sa hiperehogenim trombnim masama

Tromboza vena ruku retko nastaje i najčešće je posledica preteranog fizičkog napora. Tromboflebitis natkolenog dela *vene safene magne* može da dovede do embolizacije kod 10% hospitalizovanih pacijenata. Klinički nalaz je karakterističan – traskasto zapaljenje kože sa okolnim eritemom i edemom, a ultrazvučni nalaz često pokazuje proksimalniju propagaciju trombotičkog procesa^{11,12,13}.

Nekoliko različitih stanja mogu da imitiraju znake i simptome duboke venske tromboze: kongestivna srčana insuficijencija, apsces, adenopatija, tumor mekih tkiva, Bejkerova cista (Baker's cyst) i limfedem. Senzitivnost i specifičnost CD ultrasonografije u dijagnostici femoropoplitealnih flebotromboza je 90–100%, a flebotromboza vena potkolenice 60–90%¹³. Kod 25–30% pacijenata sa angiografski dokazanom plućnom embolijom tromboza vena ekstremiteta je odsutna¹³. Ultrasonografski skrining visokorizičnih pacijenata se ne radi, već se vrši pregled pacijenata koji imaju simptome tromboze dubokih vena ili plućne embolije^{7,11,12,13}.

Neinvazivno ispitivanje povreda krvnih sudova

Ultrazvučna dijagnostika ima značajnu ulogu u otkrivanju bolesti i u praćenju operisanih bolesnika. Nakon hirurške rekonstrukcije krvnog suda, potrebno je isključiti postojanje komplikacija kao što su krvavljenje i formiranje hematoma, infekcija

i stvaranje perigrafnih kolekcija, pseudoaneurizmi na anastomozama, kao i stenoza i okluzija grafta.

Na postojanje pseudoaneurizme potrebno je posumnjati u svim slučajevima kada se nakon angiografske procedure u nivou punkcije javi otok praćen jakim bolom. Osim bolne osetljivosti na palpaciju, auskultacija može da ukaže na postojanje šuma. Metoda izbora u dijagnostici pseudoaneurizmi perifernih arterija je *color duplex scan*^{7,12}. Njegova senzitivnost i specifičnost u dijagnostici pseudoaneurizmi femoralne arterije je 95 do 98%⁷ (Slika 9).

Slika 9: Color duplex scan pseudoaneurizme zajedničke femoralne arterije nakon PCI procedure

Razvoj ultrazvučne dijagnostike od dopler spektralne analize kontinuiranih talasa do dupleks ultrasonografije i kolor dupleks ultrasonografije je omogućio utvrđivanje postojanja arteriovenskih (AV) fistula ekstremiteta, kao i većine visceralnih grana. Ova metoda ne može pouzdano da isključi postojanje AV fistule ukoliko su njene hemodinamske osobine od manjeg značaja^{2,7,12}. Zadatak ultrasonografije je da odredi morfološke osobine AV fistula (mesto, veličinu, strukturne promene arterije i vene spojene fistuloznim kanalom, postojanje hematoma i drugih promena okolnog tkiva) i hemodinamske osobine (protok kroz AV fistulu, arteriju i venu proksimalno i distalno od mesta fistule, postojanje venske i arterijske insuficijencije).

Mesto komunikacije se kolor dopler tehnikom prikazuje u vidu višebojnih blještećih polja, od nijansi narandžaste do bele boje, koja se šire u venu neposredno i proksimalno od komunikacije, kao i prekomunikaciono u arteriji (Slika 10)^{2,7,12,14,15}.

Slika 10: Color duplex scan nalaz arteriovenske fistule femoralnih krvnih sudova

Kongenitalne vaskularne malformacije

Kongenitalne vaskularne malformacije su heterogena grupa retkih displazija koja zahvata arterijski, kapilarni, venski ili limfatički sistem. One su prisutne na rođenju, mogu da se povećaju i da se nikad spontano ne regresiraju¹⁵. U poslednjih nekoliko decenija se dosta saznalo o histopatologiji, etiologiji i tretmanu vaskularnih anomalija, što je dovelo do promena u klasifikaciji i terminologiji koja se koristi pri opisu ovih patoloških stanja. Često se koriste nazivi latinskog porekla *hemangioma simplex*, *angioma telangiectaticum*, *hemangioma cavernosum*. Mnoge vaskularne anomalije mogu da se dijagnostikuju fizikalnim pregledom i istorijom bolesti. Međutim, ultrasonografija i magnetna rezonanca su najvažniji imidžing modaliteti (Slika 11).

Slika 11: Color duplex scan nalaz hemangioma

Arteriovenske malformacije i arteriovenske fistule su tipično kongenitalne i stečene malformacije, koje se karakterišu mnoštvom arterijskih i venskih kanala, visokog protoka, bez postojanja značajne solidne formacije^{1,2,7,12,15}.

Literatura:

1. Rutherford RB. Vascular surgery (5th edition). PA:W.B. Saunders, Philadelphia, 2000.
2. Dean RH, Yao JST, Brewster DC. Current Diagnosis & Treatment in Vascular Surgery. Appleton&Lange, 1995.
3. Gordon T, Kannel WB. Predisposition to atherosclerosis in the head, heart, and legs. The Framingham study. JAMA 1972; 221(7):661–6.
4. Brown AL, Juergens JL. Arteriosclerosis and atherosclerosis. In: Allen EV, et al. Peripheral vascular disease. Saunders, Philadelphia, 1972; 57–66.
5. Sumner DS, Strandness DE Jr. The relationship between calf blood flow and ankle blood pressure in patients with intermittent claudication. Surgery, 1969; 65:763–771.
6. Yao ST. Hemodynamic studies in peripheral arterial disease. Br J Surg, 1970; 57(10):761–766.
7. Vasic D. Vascular ultrasound, book for postgraduate education, Belgrade University School of Medicine, Belgrade, 2014.
8. Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. Diabet Med. 1998; 15(7):539–553.
9. Strandness DE. Duplex scanning in vascular disorders. Raven Press, New York, 1993.
10. Vasic D. Ultrasound diagnostic diseases of abdominal aorta. In: Surgery of aorta. Davidovic L, Institute for Textbooks, Belgrade, 2015; 24–31.
11. Dormandy J, Verstraete M, Andreani D, et al. Second European consensus document on chronic critical leg ischemia. Circulation, 1991; 84(suppl 4):1–26.
12. Lanzer P, Rösch J. Vascular diagnostics: noninvasive and invasive techniques, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994.
13. Belcaro G, Nicolaides AN, Veller M. Venous disorders, Saunders London, 1995.
14. Vasic D. Thoracic Outlet Syndrome. In: European Book of Angiology / Vascular Medicine. VAS Association, 2018.
15. Zwiebel WJ. Introduction to vascular ultrasonography fourth edition, Saunders Philadelphia, 2000.