



Celostna ultrazvočna ocena kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem – kaj moramo vedeti?

Assessment of congestion using ultrasound in patients with heart failure – what should we know?

Nace Ogorevc,^{1,2} Marta Cvijić^{2,3}

Izvleček

Ocena kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem v klinični praksi najpogosteje temelji na anamnezi, kliničnem pregledu in rentgenogramu prsnih organov. Klinični simptomi in znaki kongestije oz. znaki zastoja na rentgenogramu se pokažejo šele pri zmerni ali hudi kongestiji, kar lahko vodi do zamude pri postavitvi diagnoze in ustreznem zdravljenju bolnikov s srčnim popuščanjem. Ultrazvočna (UZ) ocena pljučne in sistemske venske kongestije omogoča natančnejše in zgodnejše prepoznavanje kongestije ter boljše prilagajanje zdravljenja z diuretiki, zato gre za zelo pomembno oceno tveganja za napoved izida zdravljenja bolnikov s srčnim popuščanjem. Za klinično uporabo se ocenjuje z UZ sistemska venska kongestija v spodnji votli veni, notranji jugularni veni, jetrni veni, portalni veni in interlobarni ledvični veni, medtem ko z UZ pljuč ocenimo kongestijo pljuč. Zaradi enostavnosti izvedbe in interpretiranja je UZ ocena kongestije dostopna tako začetnikom kot tudi tistim, ki niso veščji UZ srca. Odpira možnost uporabe metode širokemu krogu zdravnikov, ki se srečujejo z bolniki s srčnim popuščanjem. Članek predstavi posamezne UZ metode za oceno sistemske venske in pljučne kongestije, njihove prednosti in slabosti ter pojasnjuje interpretiranje pridobljenih vrednosti.

Abstract

In clinical practice, the assessment of congestion in patients with heart failure is most often based on history, clinical examination, and chest X-ray. Clinical symptoms and signs of congestion or signs of congestion on the radiograph appear only in moderate or severe congestion, which can lead to a delay in the diagnosis and appropriate treatment of patients with heart failure. Ultrasound assessment of pulmonary and systemic venous congestion enables more accurate and early identification of congestion, enables better adjustment of diuretic therapy, and represents an important risk assessment for predicting the treatment outcome in patients with heart failure. For clinical use, ultrasound evaluates systemic venous congestion in the inferior vena cava, internal jugular, hepatic, portal, and interlobar renal veins. In contrast, pulmonary

¹ Oddelek za radiologijo, Splošna bolnišnica Novo mesto, Novo mesto, Slovenija

² Medicinska Fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

³ Klinični oddelek za kardiologijo, Interna klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

Korespondenca / Correspondence: Nace Ogorevc, e: naceogorevc1@gmail.com

Ključne besede: ultrazvočna preiskava (UZ); venska kongestija; pljučna kongestija; UZ pljuč; volemija

Key words: ultrasound; venous congestion; pulmonary congestion; lung ultrasound; volemia

Prispelo / Received: 5. 3. 2024 | **Sprejeto / Accepted:** 13. 7. 2024

Citirajte kot/Cite as: Ogorevc N, Cvijić M. Celostna ultrazvočna ocena kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem – kaj moramo vedeti? Zdrav Vestn. 2024;93(11–12):400–9. DOI: <https://doi.org/10.6016/ZdravVestn.3528>



Avtorske pravice (c) 2024 Zdravniški Vestnik. To delo je licencirano pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0 mednarodno licenco.

congestion is evaluated with lung ultrasound. Due to the ease of implementation and interpretation, the ultrasound assessment of congestion is accessible to both beginners and those who are not skilled in ultrasound examination of the heart and opens the possibility of using the method to a wide range of doctors who encounter patients with heart failure. In the article, we present individual ultrasound methods for assessing systemic venous and pulmonary congestion, their advantages and disadvantages, and explain the interpretation of the obtained values.

1 Uvod

Poslabšanje srčnega popuščanja najpogosteje povezujemo s pojavom simptomov in kliničnih znakov kongestije, kot so npr. ortopneja, periferni edemi in pljučni edem. Podatki kažejo, da so glavni razlog za hospitalizacijo bolnikov s srčnim popuščanjem ravno simptomi in znaki kongestije, ne pa nizek minutni volumen srca (1). Prepoznavanje kongestije in ustrezno zdravljenje igrata pomembno vlogo pri obravnavi bolnikov s srčnim popuščanjem. Raziskave kažejo, da so že blagi znaki kongestije povezani s slabim izidom zdravljenja (2,3). Medtem pa ustrezno prepoznavanje zgodnjih subkliničnih znakov kongestije in usmerjeno diuretično zdravljenje pomembno zmanjša število hospitalizacij ali obiskov v urgentnem centru zaradi poslabšanja srčnega popuščanja (4).

V klinični praksi kongestijo ocenjujemo z anamnezo dispneje ali ortopneje, s prisotnostjo perifernih edemov, z oceno polnjenosti vratnih ven in s kliničnimi znaki zastoja nad pljuči, kot so inspiracijski piki ob avskultaciji pljuč in/ali zamolkline ob perkutaciji v primeru plevralnega izliva. Ti klinični simptomi in znaki kongestije se pokažejo šele pri zmerni ali hudi kongestiji, zaradi česar lahko prihaja do zamude pri postavitvi diagnoze in začetku ustreznega zdravljenja bolnikov s srčnim popuščanjem (5). Ocena centralnega venskega tlaka glede na polnjenost vratne vene, ki je ena najbolj pogostih kliničnih metod za oceno kongestije, ima nizko občutljivost (68,5 %) in specifičnost (28,2 %) za razpoznavanje povišanega centralnega venskega tlaka (6). Ob tem pa je klinično ocenjevanje kongestije lahko subjektivno in ne omogoča zanesljivo določiti stopnje kongestije. Številni točkovniki, ki upoštevajo več kliničnih znakov in simptomov kongestije, se sicer zdijo bolj učinkoviti (7,8), vendar je objavljenih podatkov o njihovi dejanski uporabnosti trenutno malo.

V zadnjih letih so se v klinični praksi uveljavile ultrazvočne (UZ) metode za oceno kongestije, ki so bolj občutljive in specifične, omogočajo natančnejšo postavitev diagnoze in bolj zgodnje odkrivanje kongestije, lahko pa se uporabljajo za spremljanje volumskega stanja med samim zdravljenjem (9). UZ metode

omogočajo oceniti kongestijo semikvantitativno (z različnimi točkovnimi sistemi) in kvantitativno, kar omogoča lažje vrednotenje stopnje kongestije in spremljanje učinkov zdravljenja. Ločimo UZ metode za opredelitev intravaskularne in ekstravaskularne kongestije. Kongestijo ožilja opredelimo z oceno sistemske venske kongestije (UZ spodnje votle vene, UZ notranje jugularne vene, UZ interlobarne ledvične vene, UZ jetrnih ven, UZ portalne vene in elastografija jeter), medtem ko ekstravaskularno kongestijo opredelimo z oceno kongestije pljuč (UZ pljuč) (9).

Namen članka je predstaviti uporabnost UZ metod za oceno kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem v vsakdanji klinični praksi.

2 Patofiziološki mehanizem nastanka venske in pljučne kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem

Sprožilni dejavniki (ishemija srčne mišice, bolezen srčne zaklopke, aritmija, hipertenzija, okužba, stres, opustitev jemanja zdravil ...) lahko povzročijo poslabšanje sistolične in diastolične funkcije srca, tako levega kot desnega prekata, kar povzroča zadrževanje vode v telesu in nastanek kongestije.

Levostransko srčno popuščanje vodi do kongestije pljuč preko porasta tlakov v levem preddvoru, pljučnih venah in pljučnih kapilarah. Zaradi porušenega ravnovesja Starlingovih sil se ob visokem hidrostatskem tlaku v pljučni kapilari gradient tlakov usmerja v pljučni intersticij, kar povzroči intersticijski edem. Če so tlačni gradienti še višji, nastane alveolni edem (10). Med znake kongestije uvrščamo tudi plevralni izliv, ki prav tako nastane zaradi povišanih tlakov v pljučnih kapilarah. Plevralni izlivi kot posledica srčnega popuščanja so praviloma obojestranski; le redko so enostranski, ti so pogostejši na desni strani. Pri izoliranem desnostranskem srčnem popuščanju je plevralni izliv lahko prisoten, a le redko (11). Mehanizmi nastanka plevralnega izliva pri izoliranem desnostranskem srčnem popuščanju so vsaj trije. Povišan centralni venski tlak zmanjša

ali izniči tlačni gradient med venskim sistemom in velikimi limfnimi žilami, kar zmanjša limfno dreniranje parietalne plevre, zaradi česar se nabira tekočina v pleuralnem prostoru. Drugi mehanizem kot posledica povišanih centralnih venskih tlakov je tudi pojav povišanih hidrostatskih tlakov v bronhialnih venah in venah stene prsnega koša, kar vodi v nastajanje transudata v pleuralnem prostoru. Dodatno pa lahko ascites, ki nastane ob kongestivni bolezni jeter, prehaja preko por prepone v pleuralni prostor (12).

UZ srca je ključnega pomena za natančno opredelitev srčnega popuščanja in nas lahko usmeri v specifično zdravljenje vzroka srčnega popuščanja (npr. bolezen zaklopk). Z oceno iztisnega deleža levega prekata in oceno diastolične funkcije levega prekata lahko opredelimo, ali gre za srčno popuščanje z znižanim iztisnim deležem. Pri tem je že prvotno okvarjena sistolična funkcija srca. Lahko pa gre za srčno popuščanje z ohranjenim iztisnim deležem, pri katerem prevladuje diastolična okvara srca (13). Z oceno toka krvi skozi mitralno zaklopko s tkivnim dopplerskim UZ signalom z obroča mitralne zaklopke in z oceno volumna ter funkcije levega preddvora lahko ocenimo polnilni tlak levega prekata, ki je ključnega pomena pri nastanku pljučne kongestije. Medtem pa nam povečani desni prekat in oslabiljena funkcija desnega prekata, pomembna okvara trikuspidalne zaklopke ali pomembna pljučna hipertenzija lahko pojasni vzrok sistemske venske kongestije. Treba je omeniti, da je natančno vrednotenje parametrov sistolične in diastolične funkcije ter okvare zaklopk v pogojih hipervolemije zelo zahtevno. Ob tem se lahko preceni stopnja okvare (14,15).

Sistemska venska kongestija preko endotelnih, nevrohumoralnih, ledvičnih in srčnih mehanizmov poslabšuje srčno popuščanje (16). Venski endotel je pomemben endokrini organ, ki se odziva na raztegovanje stene ob kongestiji, kar povzroči izločanje prosvetnih, vazokonstriktorskih in prooksidativnih dejavnikov (endotelin, angiotenzin II, TNF-alfa, IL-6) v sistemski obtok. Ti vplivajo na hipoperfuzijo ledvic, kar vodi do zadrževanja natrija in vode. Podobno aktiviranje simpatičnega živčevja ob sprožitvenem stresnem dejavniku povzroči vazokonstrikcijo ledvičnih aferentnih arteriol, zmanjšano glomerulno filtracijo in ishemijo ledvičnega parenhima. Popuščajóče srce se na povečanje znotrajžilne prostornine ne more dobro prilagoditi, zato se višajo polnilni tlaki v srcu. Dodatno učinek simpatičnega živčnega sistema zmanjšuje podajnost centralnih ven, kar posredno vpliva na povišanje polnilnih tlakov v srcu (16). Zvišani centralni venski tlak obenem vodi do kongestije jeter in ledvic. Na ravni ledvic venska

kongestija poviša ledvične intersticijske tlake, povzroči ishemijo nefronov in zmanjšuje glomerulni filtracijski tlak, kar vodi v dodatno poslabšanje ledvične funkcije in razvoj srčno-ledvičnega sindroma (9).

3 Ultrazvočna ocena sistemske venske kongestije

3.1 UZ spodnje votle vene

UZ spodnje votle vene sodi med uveljavljene načine za oceno kongestije z UZ. Omogoča posredno oceniti tlak v desnem preddvoru. Pri srčnem popuščanju z napredovanjem bolezni poraste tlak v desnem preddvoru, kar razširi spodnjo votlo veno ($> 2,1$ cm), ki med dihanjem ne kolabira (< 50 % nihanja premera med dihanjem) (9).

Premer vene merimo pri ležečem preiskovancu v sagitalni desni paramediani osi 1–2 cm pred vtočiščem v desni preddvor običajno s konveksno UZ sondo (abdominalna sonda) ali z UZ sondo s fazno matriko (kardiološka sonda). Postavimo ju v žličko ter obrnemo smer, nasprotno od smeri urinega kazalca. Če je premer vene $\leq 2,1$ cm in ta kolabira > 50 %, je tlak v desnem preddvoru normalen (3 mmHg). Ko pa je premer vene $> 2,1$ cm in ta kolabira < 50 %, je tlak 15 mmHg. Ostale kombinacije premera vene in njene kolapsibilnosti med dihanjem pa kažejo na vrednost tlaka v desnem preddvoru okoli 8 mmHg. Pri določanju premera je treba paziti, da se ne meri na vtočišču jetrnih ven, ker lahko daje vtis o lažni razširjenosti. Merjenje premera spodnje votle vene v vzdolžni in prečni osi hkrati ali s pomočjo 3D ehokardiografije se je izkazalo z boljšo povezanostjo s tlakom v desnem preddvoru kot pa merjenje zgolj v posamezni osi (17,18). Mladi atleti imajo spodnjo votlo veno lahko razširjeno do 2,5 cm, vendar ta ob vdihu kolabira za > 50 % premera v mirovanju, kar štejemo za normalen izvid. Če pa ima bolnik povišan tlak v trebušni votlini, bo kljub zvišanim tlakom desnega preddvora premer spodnje votle vene lahko normalen (9,19).

Metoda merjenja premera spodnje votle vene je natančnejša, saj zazna spremembe v volemiji prej kot poraste telesna teža ali se poslabšajo simptomi srčnega popuščanja (9). Približno polovica bolnikov brez kliničnih znakov kongestije in z minimalnimi simptomi srčnega popuščanja ima razširjeno spodnjo votlo veno (20). UZ spodnje votle vene omogoča enostavno spremljanje odzivnosti na zdravljenje z diuretiki pri bolnikih s srčnim popuščanjem, hkrati pa ima tudi pomen za napoved izida. Vztajajoče razširjena vena pri bolnikih s srčnim popuščanjem je povezana s slabšim izidom zdravljenja

(9). Pri interpretiranju tlaka v desnem preddvoru zgolj na osnovi premera spodnje votle vene pa moramo biti previdni. Primerjava z invazivnimi meritvami tlaka v desnem preddvoru je namreč pokazala velika odstopanja. Le pri tretjini primerov sta bili meritvi med seboj primerljivi (9,21).

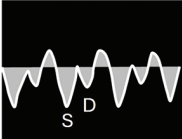
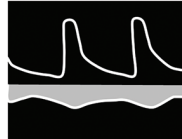
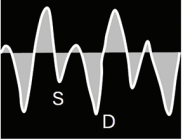
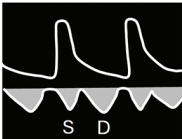
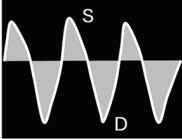
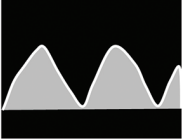
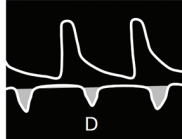
3.2 UZ jetrne vene

Dopplerska krivulja pretokov v jetrni veni je pulzativna in podobna vzorcu pretoka v desnem preddvoru. Neposredno odsliskava prilagoditev desnega prekata na venski priliv. UZ okno za pregled jetrnih ven je v subksifoidni projekciji. Lahko pa je tudi v desnem oknu pod rebri v srednji liniji ključnice ali v desnem medrebrnem oknu v sprednji aksilarni liniji pri uporabi konveksne ali kardiološke UZ sonde. Uporaba barvnega dopplerskega UZ nam pomaga lažje razpoznavati jetrne vene, ki jih prepoznamo po toku krvi v smeri stran od UZ sonde (moder barvni dopplerski signal). Zbiralno okno pulznega dopplerskega UZ namestimo 1 cm pred vtočiščem v spodnjo votlo veno, zajemanje

podatkov pa opravimo ob koncu izdiha pri normalnem dihanju (19).

Vzorec pretoka v jetrni veni pri zdravi osebi sestavljajo 4 valovi. Retrogradni val A (za valom P v EKG-signalu) predstavlja sistolo preddvora. Sledi anterogradni sistolni val S (tako za kompleksom QRS v EKG), ki predstavlja sistolo prekata in sprostitve preddvora. Nato se pojavi manjši retrogradni val V ob koncu sistole prekato, ki predstavlja pomik trikuspidnega obroča bazalno. Zadnji val je anterogradni diastolni val D (za valom T v EKG), ki predstavlja diastolo prekata. Z naraščanjem centralnega venskega tlaka se val S pomembno zmanjša v primerjavi z valom D. Ob še večji kongestiji pa pride do obrata vala S (19) (Slika 1).

Pri interpretiranju stopnje kongestije glede na vzorec pretokov v jetrnih venah je treba poznati določene omejitve. Trikuspidalna regurgitacija neodvisno od kongestije povzroči bodisi val $S < D$, bodisi obrat vala S pri hudi stopnji regurgitacije. Preddvorna fibrilacija povzroči odsotnost vala A in pojav vala $S < D$. Meritve pretokov bodo nezanesljive tudi pri zamaščenosti jeter, jetrni cirozi in ascitesu (19).

	HEPATALNA VENA	PORTALNA VENA	RENALNA VENA	SPODNJA VOTLA VENA	
NORMALNO	 $S > D$	 $PI < 30 \%$	 kontinuiran pretok	 $\leq 2,1 \text{ cm}$	VEXUS 0 Ni kongestije
BLAGO PATOLOŠKO	 $S < D$	 $PI 30-50 \%$	 bifazni pretok	 $> 2,1 \text{ cm}$	VEXUS 1 Blaga kongestija (VCI $> 2,1 \text{ cm}$ in normalni/blago patološki pretoki)
HUDO PATOLOŠKO	 obrat vala S	 $PI > 50 \%$	 monofazni pretok		VEXUS 2 Zmerna kongestija (VCI $> 2,1 \text{ cm}$ in en zelo patološki pretok)
					VEXUS 3 Huda kongestija (VCI $> 2,1 \text{ cm}$ in vsaj dva zelo patološka pretoka)

Slika 1: Točkovnik VExUS - stopenjska ocena venske kongestije. Povzeto po Soliman-Aboumarie H, Denault AY, 2023 (19).

Ob prisotnosti razširjene spodnje votle vene (premer $> 2,1 \text{ cm}$) se v vsaki od ven (jetrna vena, portalna vena, ledvična interlobarna vena) oceni pretok in opredeli, ali je prisoten normalen pretok, blaga kongestija ali huda kongestija. VExUS stopnje 0 je brez znakov zastoja v katerem koli organu, VExUS stopnje 1 ima le blage znake kongestije, VExUS stopnje 2 ima znake hude kongestije le v enem organu, VExUS stopnje 3 pa ima znake hude kongestije v vsaj dveh od treh ven (jetrna vena, portalna vena, ledvična interlobarna vena).

Legenda: PI – pulzativni indeks; VCI – spodnja votla vena.

Vir: Marta Cvijić, lasten arhiv; povzeto po Soliman-Aboumarie H, Denault AY, 2023 (19).

V najnovejši raziskavi so kvantificirali pretok v jetrni veni z indeksom venskega zastoja v jetrih, ki je razmerje med časom z retrogradnim pretokom v jetrni veni in brez pretoka in med časom celotnega cikla (22). Bolniki z višjim indeksom venskega zastoja so imeli večji premer spodnje votle vene in višje vrednosti invazivno izmerjenega tlaka v desnem preddvoru. Hkrati pa je bil višji indeks povezan s slabšim izidom zdravljenja pri bolnikih s srčnim popuščanjem.

3.3 UZ portalne (dojetrne) vene

Portalni venski sistem je od sistemskega venskega obtoka ločen s postsinusoidnimi sfinktri. Zato je, za razliko od jetrne vene, fiziološki pretok v portalni veni enakomeren ali le blago pulzira. Če se tlak v desnem preddvoru pomembno poveča, se le-ta prenese čez jetrne sinusoidne v portalno veno. Nastane pulzativni vzorec pretoka.

Portalno veno si z UZ prikažemo v desnem podrebrnem oknu v srednji ključnični liniji ali v medrebrnem oknu v srednji aksilarni liniji ob koncu izdiha, in sicer s konveksno ali s kardiološko sondo. Z barvnim dopplerskim UZ portalne vene prepoznamo po toku krvi proti UZ sondi (rdeč barvni dopplerski signal). Lestvico pulznega dopplerskega UZ nastavimo na 20 cm/s in ocenimo pulzatilnost vene. Kvantitativno oceno opravimo z izračunom pulzativnega indeksa ($PI = [V_{max} - V_{min}] / V_{max}$). Upošteva namreč največjo hitrost pretoka (V_{max}) in najnižjo hitrost pretoka (V_{min}). Fiziološko je variabilnost pretoka v veni majhna (< 30 %). Z naraščanjem centralnega venskega tlaka pa se večja (Slika 1).

Večja pulzatilnost portalne vene pri bolnikih s srčnim popuščanjem je povezana z bolj napredovalo obliko srčnega popuščanja, z višjim funkcijskim razredom NYHA, z večjo stopnjo trikuspidalne regurgitacije, s kongestijo jeter in z ascitesom (23).

Pomembno je vedeti, da je pri jetrni cirozi ocena meritve nezanesljiva, saj lahko dopplerskih znakov kongestije ni. Podobno velja tudi pri suhih zdravih osebah, pri katerih pogosto vidimo pulzatilnost portalne vene, ki pa ni povezana s povišanim centralnim venskim tlakom ali s kongestijo (19).

3.4 UZ ledvične interlobarne vene

Za oceno kongestije uporabljamo pulzni dopplerski UZ signal ledvičnih interlobarnih ven, kajti zvišani centralni venski tlak vpliva na pretok v njih. Bolnik med preiskavo leži na hrbtu ali na boku. Zaradi lažje izvedbe opravimo meritve na desni ledvici (stranska

srednja bočna linija) ob koncu izdiha s konveksno UZ sondo. Lahko pa opravimo meritve tudi na levi ledvici. Ob koncu spontanega izdiha bolnik zadrži sapo. Uporaba barvnega dopplerskega UZ nam glede na tok krvi omogoča ločiti arterije od ven. Nastavitev Nyquistove meje prekrivanja na maksimalno 20 cm/s nam omogoča boljše zaznavanje interlobarnih ven. Vene razpoznamo po toku krvi proti sredici ledvice (tok krvi stran od UZ sonde je moder barvni dopplerski UZ signal). UZ metoda je tehnično zahtevna, saj so vene majhne, hkrati pa se ledvica z dihanjem premika za 3–7 cm kraniokavdalno (9,19).

Semikvantitativno oceno stanja kongestije določimo glede na vzorec pretokov v interlobarni veni. Ločimo 4 vrste pretokov, ki si sledijo po vrsti z naraščajočim centralnim venskim tlakom. Normalno je pretok kontinuiran in zgolj malo variira med srčnim ciklom. Kasneje pride do pulzativnega diskontinuiranega pretoka, ko pretok za kratek čas pade na 0. Z večanjem kongestije postane pretok diskontinuiran in dvofazen. Pri zelo visokem centralnem venskem tlaku pa je pretok enofazen, in sicer zgolj v diastoli. Za oceno faze srčnega cikla lahko izkoristimo ledvični interlobarni arterijski signal, ali pa opravimo UZ snemanje z EKG signalom. Venski pretok lahko kvantificiramo z venskim impedančnim indeksom (VII) ali z venskim diskontinuirnim indeksom (VDI). VII izračunamo iz največje in najmanjše hitrosti (razmerje $(V_{max} - V_{min}) / V_{max}$). Lahko ima vrednosti od 0 (normalno) do 1 (diskontinuiran pretok). Medtem ko z VDI opredelimo čas brez pretoka (čas brez pretoka na čas cikla). Vrednosti blizu 1 so patološke (9).

Metoda je koristna tako za diagnosticiranje volemije kot tudi za napoved izida pri bolnikih s srčnim popuščanjem (9). Največja prednost metode je, da gre za zanesljivejši zgodnji označevalec kongestije od premera spodnje votle vene. Sprememba v diskontinuirani pretok ob volumski obremenitvi bolnikov s srčnim popuščanjem namreč nastane, ko spodnja votla vena še ni pomembno razširjena (24). Bifazni pretok v interlobarni veni je običajno povezan s povišanim tlakom v desnem preddvoru (> 10 mmHg). Bolniki z monofaznimi pretoki imajo slabše enoletno preživetje in več hospitalizacij zaradi akutnega poslabšanja srčnega popuščanja kot bolniki z dvofaznimi pretoki (24).

Ocena sistemske venske kongestije po UZ signalu interlobarne vene ni zanesljiva pri bolnikih z ascitesom, pri obstruktivni ledvični bolezni in pri bolnikih z zvišanim centralnim venskim tlakom zaradi vzrokov, ki niso povezani s srcem. Metoda ocene pretokov renalne interlobarne vene je dobro ponovljiva, saj je variabilnost VII med preiskovalci zelo majhna ($5 \% \pm 12 \%$) (25).

3.5 UZ notranje jugularne vene

Klinična ocena centralnega venskega tlaka iz polnjenosti vratnih ven je subjektivna in ni zanesljiva. Pri bolnikih s čezmerno telesno težo lahko zvišani centralni venski tlak tudi spregledamo. Alternativna UZ metoda vrednotenja centralnega venskega tlaka je meritev premera notranje jugularne vene, ki je tehnično enostavna in zelo dobro ponovljiva (9).

Meritve opravimo z linearno UZ sondo v polsedečem položaju (kot 45°). Sondo postavimo pod čeljustni kot ter jo počasi premikamo navzdol proti manubriosternalnemu sklepu. Najpogosteje najdemo notranjo jugularno veno manj kot 5 cm od roba kota čeljustnice. Izmerimo premer vene ob normalnem dihanju na koncu izdiha in med manevrom po Valsalvi (indeks Valsalva – mirovanje). Pri izvedbi je treba biti pozoren, da UZ sondo zgolj položimo na kožo vratu in vene ne pritiskamo. Glede na razmerje premera med Valsalvo in premera vene v mirovanju ocenimo stopnjo kongestije. Vrednosti razmerja > 4 so normalne. Maksimalni premer vene med Valsalvo se ne razlikuje med zdravimi posamezniki in bolniki s srčnim popuščanjem. Razlika pa se pokaže v mirovanju, ko pri zdravih vena kolabira. Pri hudem poslabšanju srčnega popuščanja z znaki venske kongestije je vena že v mirovanju razširjena, medtem ko je razmerje običajno < 2 .

Nižje vrednosti indeksa premera jugularne vene Valsalva – mirovanje so bile pogosto prisotne pri bolnikih s sistolično okvaro desnega prekata, s trikuspidalno regurgitacijo in s pljučno hipertenzijo (9,26). Vrednost indeksa Valsalva – mirovanje 1,6 zelo dobro loči bolnike s tlakom v desnem preddvoru ≤ 7 od tistih s tlakom > 7 mmHg (27). Razširjena vena v mirovanju ali nižji indeks Valsalva – mirovanje sta bila povezana s povečano umrljivostjo, večjim številom presaditev srca in večjim številom ponovnih hospitalizacij zaradi poslabšanja srčnega popuščanja (9,26,27).

3.6 Točkovnik VExUS

Za celotno oceno sistemske venske kongestije se je najbolj uveljavil točkovnik VExUS (*angl.* venous excess ultrasound score, VExUS). Združuje oceno spodnje votle vene, jetrne vene, portalne vene in ledvične interlobarne vene (28). Vrednosti točkovnega sistema so predstavljene na Sliki 1. VExUS stopnje 0 pomeni odsotnost kongestije, medtem ko gre pri VExUS-u stopnje 3 za hudo kongestijo. VExUS stopnje 3 zelo dobro opredeli vrednost tlaka v desnem prekatu ≥ 12 mmHg (občutljivost 1,00 (95-odstotni interval zaupanja 0,69–1,00), in

specifičnost 0,85 (95-odstotni interval zaupanja 0,71–0,94)) (29).

V literaturi zasledimo tudi razširjeni VExUS (E-VExUS) (30), ki dodatno ocenjuje še notranjo jugularno veno, zgornjo votlo veno, stegensko veno in vene drobovja. Zaradi kompleksnosti analize se ta točkovnik v klinični uporabi za oceno kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem ni uveljavil.

3.7 Elastografija jeter

UZ elastografija jeter se uporablja za oceno togosti jeter pri kroničnih jetrnih boleznih, pri katerih se razvije fibroza. Pri venski kongestiji jeter ob srčnem popuščanju se prav tako poveča togost, kar lahko z metodo izmerimo in s tem posredno določimo tlak v desnem preddvoru. Za ta namen pa se metoda uporablja le v raziskovalne namene, saj je potrebna specifična oprema in izkušnost preiskovalca (31). Posebna UZ sonda, namenjena za elastografijo jeter, odda pulzne valove v tkivo jeter, kjer nastanejo strižni valovi (*angl.* shear wave), ki se širijo po tkivu. Hitrost potovanja strižnega vala po jetrih je sorazmerna s togostjo jeter (32). Meritve izvedemo na ležečem bolniku, in sicer na stičišču srednje bočne linije in vodoravne linije v ravni ksifoida. Izvedba je omejena pri ozkih medrebrnih ksifoidnih prostorih in debelosti, meritve pa niso zanesljive tudi ob prisotnosti ascitesa (31). Pri bolnikih s srčnim popuščanjem, ki so imeli vrednost togosti jeter 10,1 kPa, je to ustrezalo izmerjenemu tlaku 9,7 mmHg v desnem preddvoru (31).

4 Ultrazvočna ocena kongestije pljuč

4.1 UZ pljuč

UZ pljuč pri bolnikih s srčnim popuščanjem uporabljamo za oceno tekočine v pljučih zunaj žil, bodisi kot prisotnost intersticijskega edema bodisi kot plevralni izliv. Prisotnost intersticijskega edema ocenjujemo posredno preko števila B-linij, ki predstavljajo navpične artefakte od plevre do dna UZ zaslona. Uporabljamo konveksno ali kardialno UZ sondo v medrebrnih prostorih v sagitalni ali horizontalni ravnini z nastavljeno globino zajemanja slike približno 15 cm. V klinični praksi največkrat pogledamo 8 polj na pljučih (8-conski sistem: 4 analizirana polja na polovico prsnega koša). Ko bolnika spremljamo med zdravljenjem, je potrebno preiskavo vedno opravljati v enakem položaju (leže ali plosede). UZ pljuč je enostavna metoda, ki jo lahko osvoji začetnik že po kratkem strukturiranem učenju in pregledu 11 pljučnih polj (33).

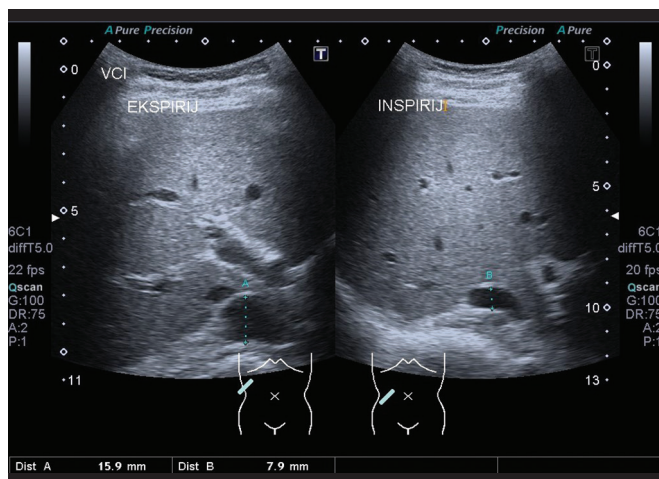
UZ najdbe, ki nas usmerjajo, da gre za prisotnost tekočine zunaj žil, najverjetneje kot posledica srčnega popuščanja, sta 2 pozitivni coni na posamezno polovico prsnega koša; pozitivna cona pa se opredeljuje kot 3 B-linije ali več. B-linije so pri srčnem popuščanju obojestranske, jih je več in so difuzne. Povečano število B-linij je povezano z višjim polnilnim tlakom levega prekata (13,34). Metoda je zelo natančna za potrditev suma, da gre za akutno poslabšanje srčnega popuščanja, njena občutljivost pa je 94–97 %. Hkrati je metoda bolj specifična (97 %) kot klinični pregled, EKG in rentgenogram prsnega koša skupaj (35–37).

UZ pljuč nima pomembne vloge samo pri diagnosticiranju srčnega popuščanja, ampak tudi pri optimiziranju terapije z diuretiki in pri opredelitvi ogroženosti bolnikov za ponovne hospitalizacije zaradi poslabšanja srčnega popuščanja (34). Pri bolnikih s srčnim popuščanjem, ki so imeli prisotno pljučno kongestijo ob odpustu, je bilo zabeleženih več ponovnih hospitalizacij zaradi srčnega popuščanja in večje število smrti (38). Več kot 15 B-linij ob odpustu je bil pomemben neodvisen dejavnik tveganja za ponovno hospitalizacijo zaradi srčnega popuščanja ali za smrt v 6-mesečnem obdobju po odpustu (39). Pri bolnikih, pri katerih so zdravljenje z diuretiki prilagajali glede na prisotnost kongestije pri UZ pljuč, je bilo pomembno manj obiskov urgentnih centrov zaradi akutnih poslabšanj srčnega popuščanja. Hkrati se je izboljšala tudi funkcionalna zmogljivost (6-minutni test hoje) v primerjavi z bolniki, pri katerih se je zdravljenje z diuretiki prilagajalo glede na klasične znake in simptome srčnega popuščanja (40).

5 Primer klinične uporabe

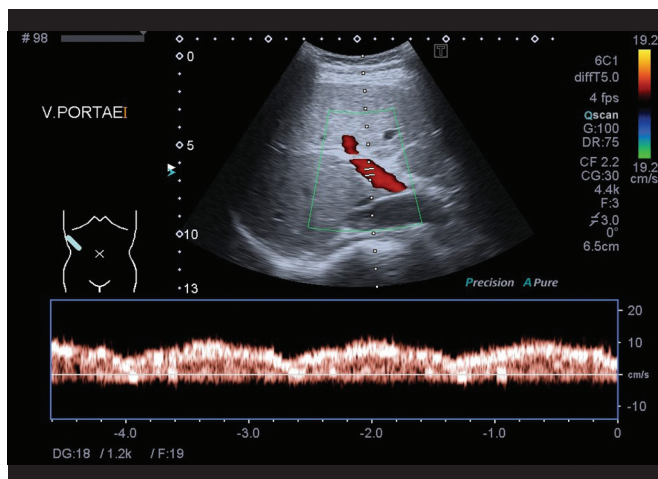
S primerom želimo pokazati pomen celostne ocenenske kongestije pri obravnavi bolnika s srčnim popuščanjem.

Predstavljamo primer 48-letnega moškega, ki je bil sprejet zaradi hitre utrudljivosti in 3 tedne trajajoče bolečine v prsnem košu, ki se je poslabšala ob vdihu. Pri kliničnem pregledu smo ugotovili sinusno tahikardijo 105/min, saturacija brez dodanega kisika je bila 96 %. Bolnik ni imel znakov zastoja nad pljuči, prav tako ni imel prisotnih perifernih edemov ali ascitesa. V laboratorijskih izvidih je bila ledvična funkcija normalna (kreatinin 95 $\mu\text{mol/L}$ (62–106)), prisotna je bila blaga hepatopatija (AST 0,75 ukat/L ($< 0,58$); ALT 0,88 ukat/L ($< 0,74$); Gama GT 1,40 ukat/L ($< 0,92$); alkalna fosfataza 2,34 ukat/L ($< 2,15$)), označevalec srčnega popuščanja S-proBNP je bil povišan (1815 ng/L). V sklopu diagnostične obravnave je opravil UZ srca. Preiskava je pokazala normalno velik levi prekat z normalno sistolično funkcijo in normalnim polnilnim tlakom. Desni prekat je bil normalno velik, medtem ko je bila sistolična funkcija blago oslABLJena. Pomembne pljučne hipertenzije ali patologije na zaklopkah ni bilo. Prisoten je bil majhen, omejen, hemodinamsko nepomemben perikardialni izliv. Pri bolniku smo opravili UZ oceno sistemske venske kongestije ([Slika 2-5](#)). Spodnja votla vena je imela prisoten normalni respiracijski kolaps, kar govori v prid normalnega centralnega venskega tlaka. Na pulznem dopplerskem UZ signalu jetrne vene smo beležili višji val D od vala S, v portalni veni je bila prisotna blago povečana pulzatilnost,



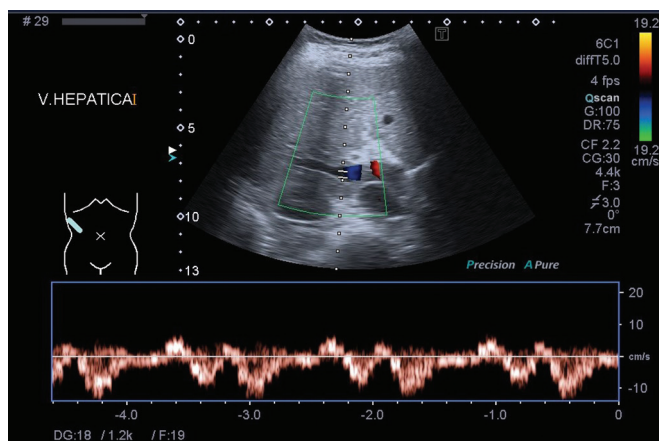
Slika 2: Spodnja votla vena (prečni presek), ki kolabira za 50 % ob normalnem vdihu.

Vir: Nace Ogorevc, lasten arhiv.



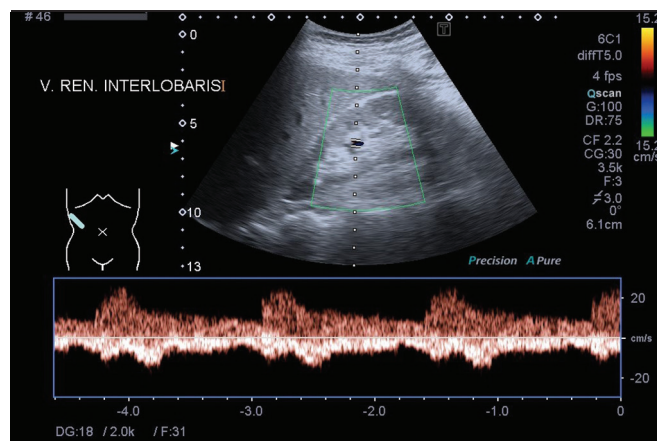
Slika 3: Portalna vena, ki ima pulzatilnost 30–50 % – znak blage kongestije.

Vir: Nace Ogorevc, lasten arhiv.



Slika 4: Jetrna vena, val D > vala S – znak blago zvišanega centralnega venskega tlaka.

Vir: Nace Ogorevc, lasten arhiv.



Slika 5: Ledvična interlobarna vena (spodnji signal), ki ima mestoma diskontinuirani pretok, nakazujeta se dvofazna vala – znak blage kongestije. Zgornji signal predstavlja signal renalne interlobarne arterije.

Vir: Nace Ogorevc, lasten arhiv.

medtem ko je bil pretok na ledvični interlobarni veni nakazano diskontinuiran in dvofazen. Vse 3 najdbe so govorile za blago do zmerno kongestijo v sklopu srčnega popuščanja (oslabljena funkcija desnega prekata in povišan označevalec S-proBNP).

Primer prikazuje, da je spodnja votla vena slabše občutljiva za zaznavo blage stopnje kongestije, medtem ko so pretoki v ostalih venah bolj občutljivi. Spremenjeni so že pri blagih oblikah kongestije. Ocene kongestije po točkovniku VExUS ne moremo določiti, saj ta točkovnik izključuje prisotnost kongestije na jetrni, portalni in ledvični veni pri ozki spodnji votli veni. To je tudi ena glavnih pomanjkljivosti uporabe točkovnika VExUS.

6 Zaključek

UZ preiskava omogoča zanesljivo oceno tako znotrajžilne kot zunajžilne kongestije pri bolnikih s srčnim popuščanjem. Sočasna uporaba UZ metode sistemske

venske kongestije in pljučne kongestije je bolj natančna in bolj občutljiva za zaznavanje kongestije kot klinični pregled in rentgenogram pljuč. Hkrati je UZ ocena kongestije koristna za spremljanje bolnikov s srčnim popuščanjem in titriranjem diuretičnih zdravil. Zaradi enostavnosti izvedbe in interpretiranja je metoda UZ ocene kongestije dostopna tako začetnikom kot tudi tistim, ki še niso večji UZ preiskave srca. Odpira možnost uporabe metode širokemu krogu zdravnikov, ki se srečujejo z bolniki s srčnim popuščanjem.

Izjava o navzkrižju interesov

Avtorja nimava navzkrižja interesov.

Soglasje za objavo

Oseba se strinja z objavo članka, ki opisuje njen konkretni primer.

Literatura

- O'Connor CM, Stough WG, Gallup DS, Hasselblad V, Gheorghiade M. Demographics, clinical characteristics, and outcomes of patients hospitalized for decompensated heart failure: observations from the IMPACT-HF registry. *J Card Fail.* 2005;11(3):200-5. DOI: [10.1016/j.cardfail.2004.08.160](https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2004.08.160) PMID: 15812748
- Rastogi T, Bozec E, Pellicori P, Bayes-Genis A, Coiro S, Domingo M, et al. Prognostic Value and Therapeutic Utility of Lung Ultrasound in Acute and Chronic Heart Failure: A Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2022;15(5):950-2. DOI: [10.1016/j.jcmg.2021.11.024](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.11.024) PMID: 35033496
- Pugliese NR, Pellicori P, Filidei F, Del Punta L, De Biase N, Balletti A, et al. The incremental value of multi-organ assessment of congestion using ultrasound in outpatients with heart failure. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2023;24(7):961-71. DOI: [10.1093/ehjci/jeac254](https://doi.org/10.1093/ehjci/jeac254) PMID: 36595324
- Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, Maestro A, López-López L, Solé-González E, et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (LUS-HF study). *Eur J Heart Fail.* 2019;21(12):1605-13. DOI: [10.1002/ehfj.1604](https://doi.org/10.1002/ehfj.1604) PMID: 31667987

5. Chakko S, Woska D, Martinez H, de Marchena E, Futterman L, Kessler KM, et al. Clinical, radiographic, and hemodynamic correlations in chronic congestive heart failure: conflicting results may lead to inappropriate care. *Am J Med.* 1991;90(3):353-9. DOI: [10.1016/0002-9343\(91\)80016-F](https://doi.org/10.1016/0002-9343(91)80016-F) PMID: 1825901
6. Breidhardt T, Moreno-Weidmann Z, Uthoff H, Sabti Z, Aeppli S, Puelacher C, et al. How accurate is clinical assessment of neck veins in the estimation of central venous pressure in acute heart failure? Insights from a prospective study. *Eur J Heart Fail.* 2018;20(7):1160-2. DOI: [10.1002/ehjhf.1111](https://doi.org/10.1002/ehjhf.1111) PMID: 29314487
7. Ambrosy AP, Pang PS, Khan S, Konstam MA, Fonarow GC, Traver B, et al.; EVEREST Trial Investigators. Clinical course and predictive value of congestion during hospitalization in patients admitted for worsening signs and symptoms of heart failure with reduced ejection fraction: findings from the EVEREST trial. *Eur Heart J.* 2013;34(11):835-43. DOI: [10.1093/eurheartj/ehs444](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs444) PMID: 23293303
8. Gheorghiade M, Follath F, Ponikowski P, Barsuk JH, Blair JE, Cleland JG, et al.; European Society of Cardiology; European Society of Intensive Care Medicine. Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of the European Society of Cardiology and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine. *Eur J Heart Fail.* 2010;12(5):423-33. DOI: [10.1093/eurjhf/hfq045](https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfq045) PMID: 20354029
9. Pellicori P, Platz E, Dauw J, Ter Maaten JM, Martens P, Pivetta E, et al. Ultrasound imaging of congestion in heart failure: examinations beyond the heart. *Eur J Heart Fail.* 2021;23(5):703-12. DOI: [10.1002/ehjhf.2032](https://doi.org/10.1002/ehjhf.2032) PMID: 33118672
10. Iqbal MA, Gupta M. Cardiogenic Pulmonary Edema. In: MacLeod RD, Block L, eds. *StatPearls*. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Jan 12]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544260/>.
11. Porcel JM. Pleural effusions from congestive heart failure. *Semin Respir Crit Care Med.* 2010;31(6):689-97. DOI: [10.1055/s-0030-1269828](https://doi.org/10.1055/s-0030-1269828) PMID: 21213200
12. Brixey AG, Light RW. Pleural effusions occurring with right heart failure. *Curr Opin Pulm Med.* 2011;17(4):226-31. DOI: [10.1097/MCP.0b013e32834702fb](https://doi.org/10.1097/MCP.0b013e32834702fb) PMID: 21623177
13. Ambrožič J, Lučovnik M, Cvijić M. The role of lung and cardiac ultrasound for cardiovascular hemodynamic assessment of women with preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol MFM.* 2024;6(3). DOI: [10.1016/j.ajogmf.2024.101306](https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2024.101306) PMID: 38301997
14. Voigt JU, Cvijic M. 2- and 3-Dimensional Myocardial Strain in Cardiac Health and Disease. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2019;12(9):1849-63. DOI: [10.1016/j.jcmg.2019.01.044](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.01.044) PMID: 31488253
15. Ambrožič J, Lučovnik M, Cvijić M. Evolution of cardiac geometry and function in women with severe preeclampsia from immediately post-delivery to 1 year postpartum. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;37(7):2217-25. DOI: [10.1007/s10554-021-02210-6](https://doi.org/10.1007/s10554-021-02210-6) PMID: 33713218
16. Colombo PC, Jorde UP. The active role of venous congestion in the pathophysiology of acute decompensated heart failure. *Rev Esp Cardiol.* 2010;63(1):5-8. DOI: [10.1016/S0300-8932\(10\)70002-6](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(10)70002-6) PMID: 20089219
17. Seo Y, Iida N, Yamamoto M, Machino-Ohtsuka T, Ishizu T, Aonuma K. Estimation of Central Venous Pressure Using the Ratio of Short to Long Diameter from Cross-Sectional Images of the Inferior Vena Cava. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017;30(5):461-7. DOI: [10.1016/j.echo.2016.12.002](https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.12.002) PMID: 28065586
18. Huguet R, Fard D, d'Humieres T, Brault-Meslin O, Favier L, Nahory L, et al. Three-Dimensional Inferior Vena Cava for Assessing Central Venous Pressure in Patients with Cardiogenic Shock. *J Am Soc Echocardiogr.* 2018;31(9):1034-43. DOI: [10.1016/j.echo.2018.04.003](https://doi.org/10.1016/j.echo.2018.04.003) PMID: 29908724
19. Soliman-Aboumarie H, Denault AY. How to assess systemic venous congestion with point of care ultrasound. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2023;24(2):177-80. DOI: [10.1093/ehjci/jeac239](https://doi.org/10.1093/ehjci/jeac239) PMID: 36464836
20. Pellicori P, Shah P, Cuthbert J, Urbinati A, Zhang J, Kallvikbacka-Bennett A, et al. Prevalence, pattern and clinical relevance of ultrasound indices of congestion in outpatients with heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(7):904-16. DOI: [10.1002/ehjhf.1383](https://doi.org/10.1002/ehjhf.1383) PMID: 30666769
21. Magnino C, Omedè P, Avenatti E, Presutti D, Iannaccone A, Chiarlo M, et al.; RIGHT1 Investigators. Inaccuracy of Right Atrial Pressure Estimates Through Inferior Vena Cava Indices. *Am J Cardiol.* 2017;120(9):1667-73. DOI: [10.1016/j.amjcard.2017.07.069](https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.07.069) PMID: 28912040
22. Ohara H, Yoshihisa A, Ishibashi S, Matsuda M, Yamadera Y, Sugawara Y, et al. Hepatic Venous Stasis Index Reflects Hepatic Congestion and Predicts Adverse Outcomes in Patients With Heart Failure. *J Am Heart Assoc.* 2023;12(12). DOI: [10.1161/JAHA.122.029857](https://doi.org/10.1161/JAHA.122.029857) PMID: 37301763
23. Rengo C, Brevetti G, Sorrentino G, D'Amato T, Imparato M, Vitale DF, et al. Portal vein pulsatility ratio provides a measure of right heart function in chronic heart failure. *Ultrasound Med Biol.* 1998;24(3):327-32. DOI: [10.1016/S0301-5629\(97\)00272-X](https://doi.org/10.1016/S0301-5629(97)00272-X) PMID: 9587988
24. Iida N, Seo Y, Sai S, Machino-Ohtsuka T, Yamamoto M, Ishizu T, et al. Clinical Implications of Intrarenal Hemodynamic Evaluation by Doppler Ultrasonography in Heart Failure. *JACC Heart Fail.* 2016;4(8):674-82. DOI: [10.1016/j.jchf.2016.03.016](https://doi.org/10.1016/j.jchf.2016.03.016) PMID: 27179835
25. Nijst P, Martens P, Dupont M, Tang WH, Mullens W. Intrarenal Flow Alterations During Transition From Euvolemia to Intravascular Volume Expansion in Heart Failure Patients. *JACC Heart Fail.* 2017;5(9):672-81. DOI: [10.1016/j.jchf.2017.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jchf.2017.05.006) PMID: 28711449
26. Pellicori P, Kallvikbacka-Bennett A, Dierckx R, Zhang J, Putzu P, Cuthbert J, et al. Prognostic significance of ultrasound-assessed jugular vein distensibility in heart failure. *Heart.* 2015;101(14):1149-58. DOI: [10.1136/heartjnl-2015-307558](https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-307558) PMID: 26006717
27. Ammirati E, Marchetti D, Colombo G, Pellicori P, Gentile P, D'Angelo L, et al. Estimation of Right Atrial Pressure by Ultrasound-Assessed Jugular Vein Distensibility in Patients With Heart Failure. *Circ Heart Fail.* 2024;17(2). DOI: [10.1161/CIRCHEARTFAILURE.123.010973](https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.123.010973) PMID: 38299348
28. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J.* 2020;12(1):16. DOI: [10.1186/s13089-020-00163-w](https://doi.org/10.1186/s13089-020-00163-w) PMID: 32270297
29. Longino A, Martin K, Leyba K, Siegel G, Gill E, Douglas IS, et al. Correlation between the VExUS score and right atrial pressure: a pilot prospective observational study. *Crit Care.* 2023;27(1):205. DOI: [10.1186/s13054-023-04471-0](https://doi.org/10.1186/s13054-023-04471-0) PMID: 37237315
30. Turk M, Robertson T, Koratala A. Point-of-care ultrasound in diagnosis and management of congestive nephropathy. *World J Crit Care Med.* 2023;12(2):53-62. DOI: [10.5492/wjccm.v12.i2.53](https://doi.org/10.5492/wjccm.v12.i2.53) PMID: 37034023
31. Taniguchi T, Ohtani T, Kioka H, Tsukamoto Y, Onishi T, Nakamoto K, et al. Liver Stiffness Reflecting Right-Sided Filling Pressure Can Predict Adverse Outcomes in Patients With Heart Failure. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2019;12(6):955-64. DOI: [10.1016/j.jcmg.2017.10.022](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.10.022) PMID: 29361489
32. Frulio N, Trillaud H. Ultrasound elastography in liver. *Diagn Interv Imaging.* 2013;94(5):515-34. DOI: [10.1016/j.diii.2013.02.005](https://doi.org/10.1016/j.diii.2013.02.005) PMID: 23623211
33. Russell FM, Ferre R, Ehrman RR, Noble V, Gargani L, Collins SP, et al. What are the minimum requirements to establish proficiency in lung ultrasound training for quantifying B-lines? *ESC Heart Fail.* 2020;7(5):2941-7. DOI: [10.1002/ehf2.12907](https://doi.org/10.1002/ehf2.12907) PMID: 32697034
34. Ambrozic J, Brzan Simenc G, Prokselj K, Tul N, Cvijic M, Lucovnik M. Lung and cardiac ultrasound for hemodynamic monitoring of patients with severe pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2017;49(1):104-9. DOI: [10.1002/uog.17331](https://doi.org/10.1002/uog.17331) PMID: 27736042
35. Pivetta E, Goffi A, Lupia E, Tizzani M, Porrino G, Ferreri E, et al.; SIMEU Group for Lung Ultrasound in the Emergency Department in Piedmont. Lung Ultrasound-Implemented Diagnosis of Acute Decompensated Heart Failure in the ED: A SIMEU Multicenter Study. *Chest.* 2015;148(1):202-10. DOI: [10.1378/chest.14-2608](https://doi.org/10.1378/chest.14-2608) PMID: 25654562

36. Pivetta E, Goffi A, Nazerian P, Castagno D, Tozzetti C, Tizzani P, et al.; Study Group on Lung Ultrasound from the Molinette and Careggi Hospitals. Lung ultrasound integrated with clinical assessment for the diagnosis of acute decompensated heart failure in the emergency department: a randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(6):754-66. DOI: [10.1002/ehf.1379](https://doi.org/10.1002/ehf.1379) PMID: [30690825](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30690825/)
37. Mazzola M, Pugliese NR, Zavagli M, De Biase N, Bandini G, Barbarisi G, et al. Diagnostic and Prognostic Value of Lung Ultrasound B-Lines in Acute Heart Failure With Concomitant Pneumonia. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8. DOI: [10.3389/fcvm.2021.693912](https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.693912) PMID: [34490365](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34490365/)
38. Coiro S, Porot G, Rossignol P, Ambrosio G, Carluccio E, Tritto I, et al. Prognostic value of pulmonary congestion assessed by lung ultrasound imaging during heart failure hospitalisation: A two-centre cohort study. *Sci Rep.* 2016;6(1):39426. DOI: [10.1038/srep39426](https://doi.org/10.1038/srep39426) PMID: [27995971](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27995971/)
39. Gargani L, Pang PS, Frassi F, Miglioranza MH, Dini FL, Landi P, et al. Persistent pulmonary congestion before discharge predicts rehospitalization in heart failure: a lung ultrasound study. *Cardiovasc Ultrasound.* 2015;13(1):40. DOI: [10.1186/s12947-015-0033-4](https://doi.org/10.1186/s12947-015-0033-4) PMID: [26337295](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26337295/)
40. Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, Maestro A, López-López L, Solé-González E, et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (LUS-HF study). *Eur J Heart Fail.* 2019;21(12):1605-13. DOI: [10.1002/ehf.1604](https://doi.org/10.1002/ehf.1604) PMID: [31667987](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31667987/)