

Point-of-care ultrasonografia (POCUS): revolúcia v bežnej dennej praxi internistu?

Juraj Smaha, Jakub Falat, Anzhelika Shevchuk, Martin Kužma, Peter Jackuliak, Juraj Payer

V. interná klinika Lekárskej fakulty Univerzity Komenského a Univerzitnej nemocnice Bratislava

Point-of-care ultrasonografia (POCUS) predstavuje formu ultrasonografie, keď ošetrojúci lekár vykonáva ultrasonografické vyšetrenie pri lôžku pacienta v reálnom čase, čo mu umožňuje hodnotiť aj dynamické zmeny USG obrazu a nálezy priamo korelovať so symptómami pacienta. Lekár vykonávajúci POCUS má zvyčajne na mysli konkrétnu klinickú otázku, ktorú si chce sonografickým vyšetrením zodpovedať. POCUS má potenciál zefektívniť diagnostiku, liečbu, monitoring a skrining mnohých ochorení u interne chorých pacientov, jeho postavenie v rámci vnútorného lekárstva však zatiaľ nie je jasne zadefinované. Článok sa venuje potenciálnym výhodám POCUS-u v kontexte vnútorného lekárstva, dátam o využití POCUS-u v reálnej klinickej praxi relevantnej pre internistu a dátam o využití tzv. vreckových USG prístrojov.

Kľúčové slová: point-of-care ultrasonografia, interná medicína, prenosný ultrazvuk, intenzívna starostlivosť.

Point-of-care ultrasonography: a revolution in a daily routine of an internist?

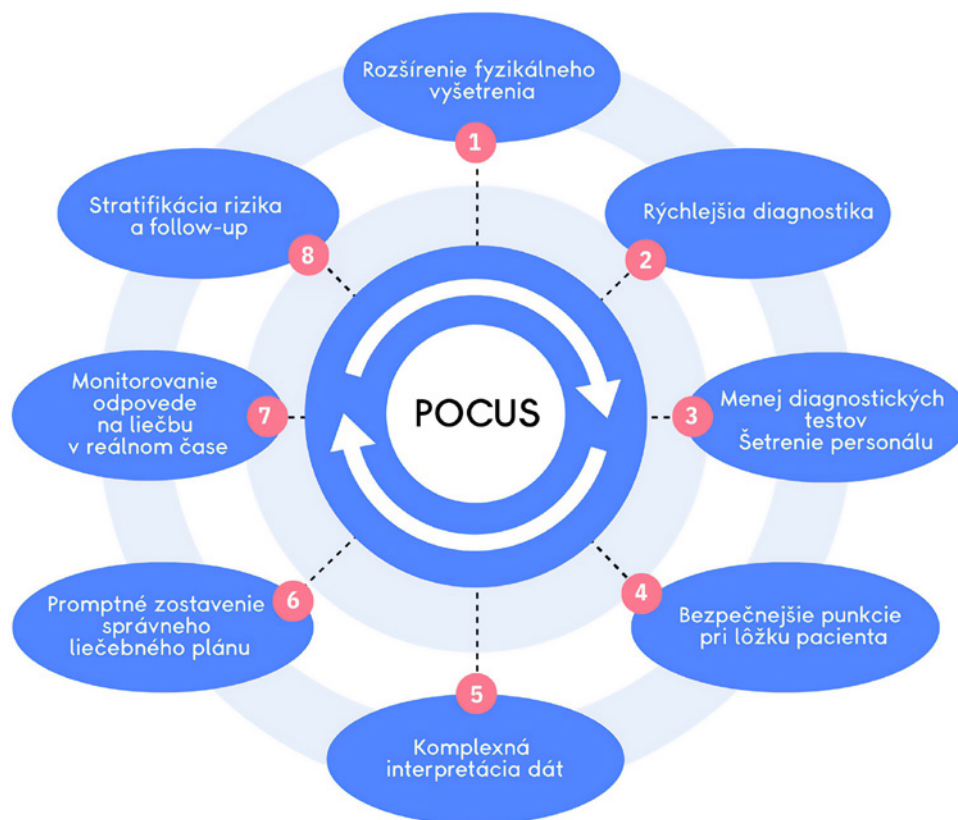
Point-of-care ultrasonography (POCUS) is a form of ultrasonography where the attending physician performs an ultrasonographic examination at the patient's bedside in real-time, which allows him to evaluate dynamic changes in the sonographic image and directly correlate the findings with the patient's symptoms. The doctor performing POCUS has a specific clinical question in mind that he wants to answer with the sonographic examination. POCUS has the potential to streamline the diagnosis, treatment, monitoring, and screening of many diseases in internally ill patients, but its position within internal medicine is not yet clearly defined. The present work is devoted to the potential advantages of POCUS in internal medicine, data on the use of POCUS in an actual clinical practice relevant to the internist, and data on the use of the so-called pocket ultrasound devices.

Key words: point-of-care ultrasound, internal medicine, portable ultrasound, intensive care.

Úvod

Point-of-care ultrasonografia (z angl. Point-of-care ultrasonography – POCUS) je metóda, keď ultrasonografické vyšetrenie vykonáva a interpretuje lekár (internista, hospitalista) priamo pri lôžku pacienta. Vyšetrenie možno realizovať okamžite s objavením sa symptómov a umožňuje lekárovi priamo korelovať nález na ultrazvuku s pacientovým klinickým stavom (1). POCUS vyšetrenie možno pri zmene stavu pacienta jednoducho zopakovať. POCUS bol nedávno zaradený do Európskeho kurikula internej medicíny (2) a má potenciál zlepšiť a zefektívniť poskytovanie zdravotnej starostlivosti na interných klinikách (Obrázok 1).

POCUS možno využiť v rámci diagnostiky, terapie, monitoringu a skriningu hospitalizovaných pacientov (Obrázok 2) (3). Oproti klasickému ultrazvuku, POCUS šetrí čas, keď musí byť pacient prevezený na ultrazukové vyšetrenie (a privezený naspäť na lôžko) a znižuje počet zdravotníckych pracovníkov, ktorí sú zapojení do diagnostického procesu u konkrétneho pacienta. Na druhej strane pacient benefituje z toho, že lôžkový lekár vykonávajúci POCUS v reálnom čase disponuje aj klinickými údajmi, čo zvyšuje jeho schopnosť rýchlejšie stanoviť správnu diagnózu. V jednej štúdii sa napríklad pri využití POCUS v diferenciálnej diagnostike akútneho dyspnoe znížil čas do správnej diagnózy (pneumónia, dekompenzované srdcové zlyhávanie,

Obr. 1. Potenciálne benefity point-of-care ultrasonografie v internej medicíne

exacerbácia chronickej obštrukčnej choroby pľúc) z viac ako 150 minút na 10 – 20 minút (4).

Lekár vykonávajúci POCUS by mal mať na mysli konkrétnu klinickú otázku (napr. prítomnosť tamponády srdca? – áno/nie), ktorú si chce prostredníctvom POCUS-u zodpovedať, a ktorú nemožno v rámci manažovania akútne chorého pacienta opomenúť (princíp „what kills first is treated first“) (5). Komplexné USG vyšetrenie (ak je nutné) môže byť potom realizované neskôr, po stabilizácii klinického stavu. POCUS nemá nahradiť fyzikálne vyšetrenie, má slúžiť na jeho spresnenie,

najmä tam, kde nám dáta ukazujú, že metódy fyzikálneho vyšetrenia nemajú dostatočnú diagnostickú presnosť. Niektorí autori uvažujú o ultrasonografii pri lôžku pacienta ako o piatom pilieri fyzikálneho vyšetrenia – inšpekcia, palpácia, perkusia, auskultácia a insonácia (insonation) (6).

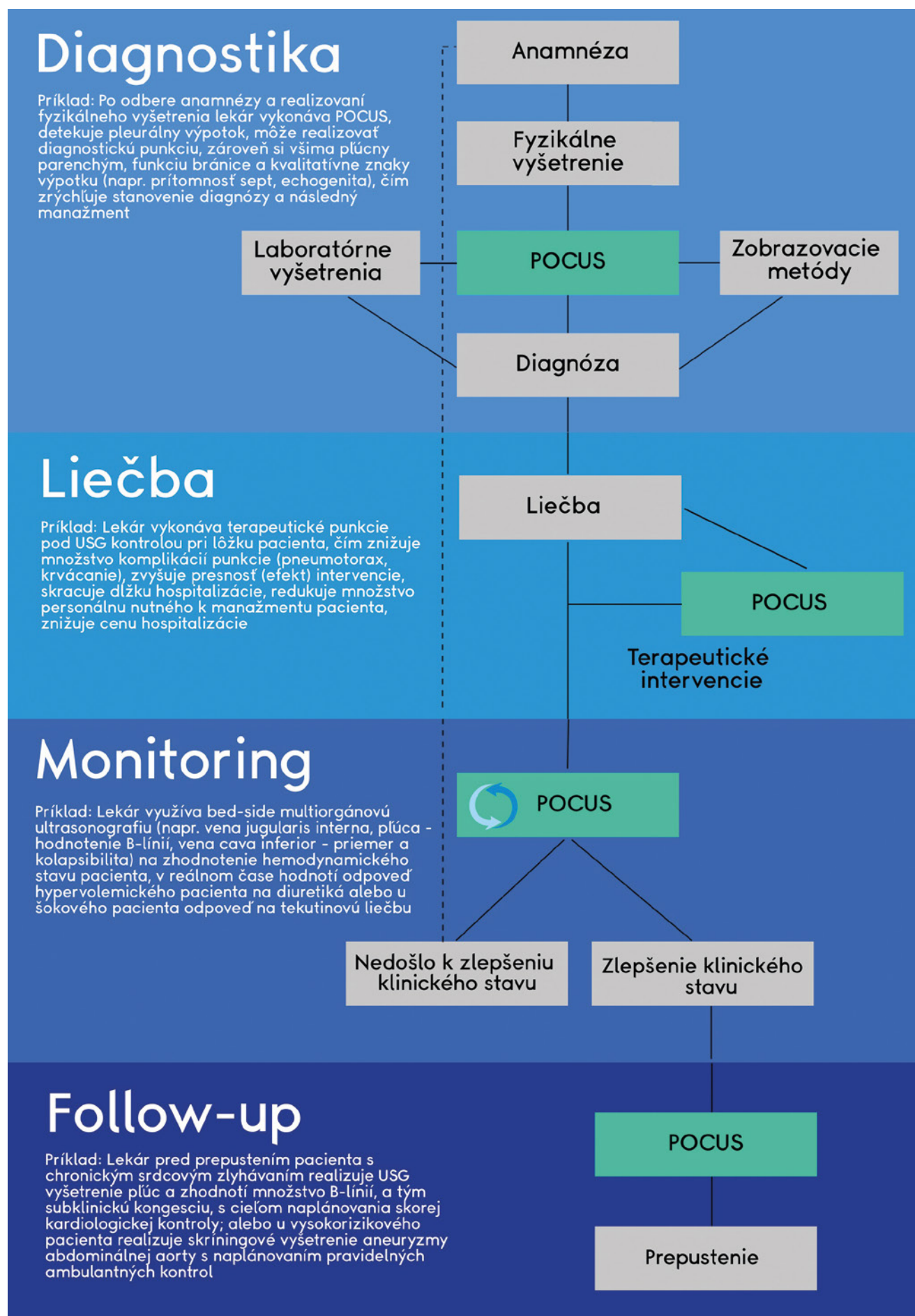
Internisti, obzvlášť tí, ktorí sa zaoberajú pacientmi s akútnymi ochoreniami, musia byť trénovaní v diagnostike a manažmente širokého spektra ochorení. Diagnostika je často problematická aj pre vysoký vek a polymorbiditu mnohých interných pacientov. Keďže odbor vnútorného lekárstva sa týka celého tela, je logické, že internisti by mali byť vzdelávaní v multiorgánovej ultrasonografii. Európska federácia internej medicíny (European Federation of Internal Medicine – EFIM) vytvorila pracovnú skupinu pre ultrazvuk a stanovila kľúčové kompetencie POCUS (Tabuľka 1 a Tabuľka 2) pre internistu (2).

Tab. 1. Kľúčové kompetencie v POCUS podľa EFIM pracovnej skupiny pre ultrazvuk (2)

POCUS kompetencia
Detekcia voľnej tekutiny (pleurálna, perikardiálna, peritoneálna)
Zhodnotenie kongescie pľúcneho parenchýmu („suché vs. vlhké pľúca“)
Dilatácia komôr srdca
Závažná systolická dysfunkcia ľavej komory
Priemer a kolapsibilita dolnej dutej žily
Palpovateľná alebo suspektná masa v abdomene
Splenomegália
Cholecystolithiáza
Obštrukcia žlčových ciest
Hydronefróza
Dilatácia tenkého čreva
Aneurizma brušnej aorty
Subvezikálna obštrukcia
Výkony pod USG kontrolou: thorakocentéza, paracentéza, venepunkcia, punkcia artérie, katetrizácia centrálnej veny
Detekcia špičky katétra v močovom mechúre
Proximálna hlboká žilová trombóza (kompresná ultrasonografia)

Tab. 2. Klinické situácie, v ktorých by mal byť internista schopný využiť POCUS v rámci diferenciálnej diagnostiky podľa EFIM pracovnej skupiny pre ultrazvuk (2)

Klinická situácia
Dyspnoe nejasnej etiológie
Bolesť na hrudníku
Pacient v šoku a pacient so zastavením obehu
Bolesť brucha
Masa v dutine brušnej
Ikterus
Poškodenie obličiek (akútne aj chronické)
Opuch dolnej končatiny

Obr. 2. Koncept integrácie point-of-care ultrazvuku do rutínnej klinickej práce internistu v nemocnici. Modifikované podľa (3)

Niektoré aplikácie point-of-care ultrasonografie relevantné pre internistu na lôžkovom oddelení/jednotke intenzívnej starostlivosti

Na V. internej klinike LF UK a UNB v súčasnosti lôžkoví lekári využívajú POCUS vo viacerých indikáciách. V ďalšom texte sú uvedené aplikácie POCUS-u v klinických situáciách, s ktorými sa internista u hospitalizovaných pacientov stretáva veľmi často.

Plúca a pleura

Diagnostické punkcie telesných dutín sú neodmysliteľnou súčasťou rutínnej praxe internistu. Napríklad biochemické vyšetrenie pleurálneho výpotku je zlatým štandardom v diagnostike exsudátu či empyému hrudníka. Všetky diagnostické či terapeutické punkcie sa v súčasnosti odporúčajú realizovať pod USG kontrolou. Realizáciu týchto výkonov s USG kontrolou sa významne znižuje množstvo komplikácií a výrazne zvyšuje presnosť intervencie (7). Pri punkcii pleurálneho výpotku prítomnosť pneumothoraxu po traumatickej thorakocentéze zvyšuje cenu hospitalizácie o 2 800 dolárov a dĺžku hospitalizácie o 1,5 dňa (8). Využitie ultrasonografie je najdôležitejším faktorom pri znížení rizika pneumothoraxu (9). Toto však platí, iba ak sa USG vyšetrenie vykonáva bezprostredne pred realizáciou samotnej punkcie (teda ako aplikácia POCUS-u). V prípade, že sa pacient odosiela na USG vyšetrenie nadbráničných priestorov a následne je neskôr iným lekárom realizovaná punkcia, USG vyšetrenie podľa štúdií nevedie k zníženiu rizika komplikácií (10).

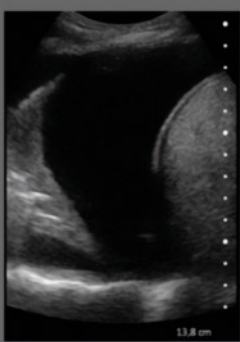
Detekcia množstva pleurálnej tekutiny je tradičnou aplikáciou ultrazvuku. Ultrazvukom možno detegovať už 20 ml tekutiny v pleurálnom

priestore a senzitivita ultrazvukového vyšetrenia pri pleurálnom výpotku > 100 ml je 100 % (11). Naproti tomu, otupenie kostofrenického uhla na RTG sa objavuje až pri akumulácii > 200 ml výpotku a zneostrenie kontúry bránice sa objavuje až pri > 500 ml výpotku (12). Okrem detekcie tekutiny však ultrazvukom pri lôžku pacienta dokážeme detegovať aj dynamické javy: rozsah pohybu kompresívnej atelektázy (zhodnotenie tzv. trapped lung) či paradoxné pohyby bránice. Tieto dynamické javy môžu mať z hľadiska predikcie nutnosti terapeutической pleurálnej punkcie väčší význam ako samotné množstvo pleurálneho výpotku (13).

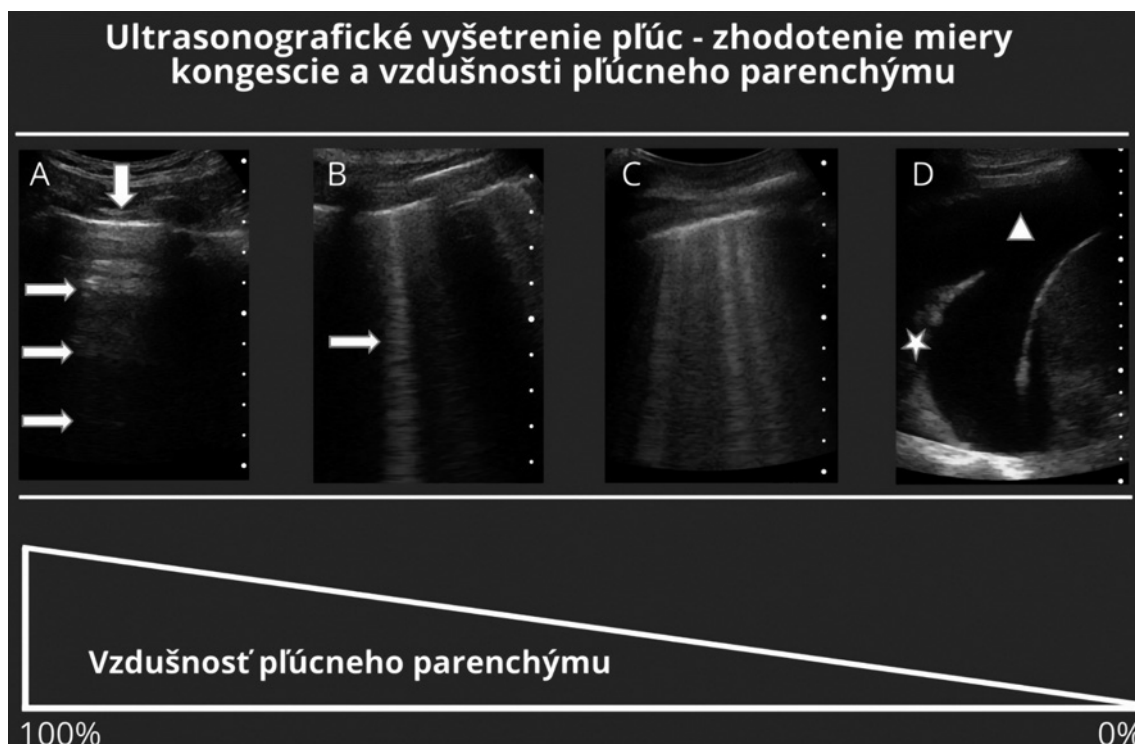
Ultrazvukom možno vyšetriť aj tzv. lung sliding, ktorý svedčí o apozícii parietálnej a viscerálnej pleury. Hoci prítomnosť lung slidingu vylučuje prítomnosť pneumothoraxu, absencia tohto dynamického USG javu ho nevylučuje, tzn. absencia lung slidingu nie je špecifická pre pneumothorax. Naproti tomu detekcia tzv. lung pointu je pre pneumothorax patognomický USG nález (14). Podľa súčasných odporúčaní by sa malo vyšetrenie lung slidingu realizovať pred a po thorakocentéze za účelom zhodnotenia prítomnosti periprocudrálneho pneumothoraxu (7). Toto vyšetrenie nevyužíva ionizujúce žiarenie, je lacnejšie než CT, môže byť rýchlo a bezpečne realizované ako bed-side vyšetrenie a je zároveň senzitivnejším testom než RTG hrudníka.

Ďalšou modernou aplikáciou je predikcia etiológie pleurálneho výpotku (15) (Obrázok 3). Septovaný alebo homogénne echogénny výpotok má 96% pozitívnu prediktívnu hodnotu pre exsudát (16). Prítomnosť sept je nezávisle asociovaná s komplikovanou parapneumonickou infekciou (17). Pacienti s komplexným septovaným výpotkom častejšie potrebujú intenzivistickú liečbu a majú vyššiu mortalitu (18). Detekcia komplexného výpotku vyžaduje urgentný manažment, pre-

Obr. 3. (A) 43-ročná pacientka s anamnézou ikteru, dekompenzovanej cirhózy pečene a dyspnoe. RTG vyšetrenie hrudníka preukázalo pravostranný fluidothorax. Bed-side realizované USG vyšetrenie pleurálnych priestorov preukázalo komplexný septovaný výpotok. Biochemickým vyšetrením sa potvrdil empyém hrudníka a pacientka podstúpila thorakochirurgickú operáciu. (B) 36-ročná pacientka takisto s anamnézou ikteru, dekompenzovanej cirhózy pečene a dyspnoe. RTG vyšetrenie hrudníka preukázalo bilaterálny fluidothorax. USG vyšetrenie nadbráničných priestorov zobrazilo simplexný anechogénny výpotok. Biochemické vyšetrenie potvrdilo transsudát. Pacientke bola realizovaná bed-side thorakocentéza s evakuáciou výpotku a bola upravená chronická diuretická liečba s kompletným vymiznutím výpotkov. Bed-side vyšetrenie pleurálnych priestorov môže významne urýchliť diagnostiku a manažment pacientov s pleurálnymi výpotkami.

			Sérum LDH 2,98 μkat/L Celkové bielkoviny 67,25 g/L Bilirubín 79,34 μmol/L Výpotok LDH 31,08 μkat/L Celkové bielkoviny 40,23 g/L Bilirubín 116,26 μmol/L Leukocyty 55 891 $10 \times 6/L$
			Sérum LDH 4,56 μkat/L Celkové bielkoviny 55,9 g/L Bilirubín 202,17 μmol/L Výpotok LDH 1,03 μkat/L Celkové bielkoviny 9,2 g/L Bilirubín 48,2 μmol/L Leukocyty 85 $10 \times 6/L$

Obr. 4. Nomenklatúru nálezov pri USG vyšetrení pľúc opísal Lichtenstein (20). Na obrázku (A) je typický obraz vzdušného parenchýmu s tzv. A profilom. A línie (horizontálne línie, horizontálne šípky na obrázku) predstavujú artefakt – reverbarančný fenomén vytváraný odrazom ultrazvuku od pleurálnej línie (zvislá šípka na obrázku). Prítomnosť A-línií znamená, že pod pleurálnou líniou je prítomný vzduch. (B) S akumuláciou tekutiny v pľúcnom parenchýme sa začínajú na USG vyšetrení pľúc zobrazovať tzv. B-línie (horizontálna šípka na obrázku). B-línie sú vertikálne línie, ktoré sú hyperechogénne, „mažú“ priebeh A-línií, vychádzajú z pleurálnej línie a pohybujú sa s dýchacími exkurziami pľúc. (C) Nález viac ako troch B-línií v jednom medzirebrovom priestore označujeme ako intersticiálny syndróm. Mnohopočetné B-línie významne korelujú s množstvom extravaskulárnej tekutiny v pľúcnom parenchýme. (D) Sonograficky možno detegovať aj konsolidáciu pľúc (hviezda) a pleurálny výpotok (trojuholník). S využitím USG možno bezpečne realizovať thorakocentézu a monitorovať vývoj konsolidácie pľúcneho parenchýmu pri liečbe pneumónie antibiotikami alebo rozvinutia konsolidovaného parenchýmu po terapeutickú punkciu pleurálnej dutiny.



tože už za 12 – 24 hodín môže dôjsť k tvorbe sept a empyému, ktorý je zaťažený excesívnou nemocničnou mortalitou (19). Ide preto o ďalšiu prirodzenú aplikáciu POCUS-u, keď ošetrojúci lekár pri podozrení na pleurálnu infekciu realizuje hneď pri fyzikálnom vyšetrení aj bed-side USG vyšetrenie hrudníka a pri náleze komplexného výpotku bezodkladne zostaví správny liečebný plán.

USG vyšetrenie pleury a pleurálnych priestorov patrí pod širšiu aplikáciu ultrazvuku – ultrasonografické vyšetrenie hrudníka. Ešte pred pár rokmi sa USG vyšetrenie pľúc považovalo za prakticky nemožné. Za posledné roky sa však naakumulovalo dostatok dôkazov o užitočnosti USG vyšetrenia pľúc a v súčasnosti sa využíva za účelom diferenciálnej diagnostiky akútneho dyspnoe, zhodnotenia extravaskulárnej tekutiny v pľúcach (detekcia pľúcneho edému či pľúcnej fibrózy), diagnostiky pneumónie, kontúzie pľúc, a taktiež za účelom monitoringu (kongescia v malom obeh, efekt podávanej liečby) (14). Ultrazvuk je veľmi užitočný v zhodnotení vzdušnosti pľúcneho parenchýmu (Obrázok 4) a môže byť označený za „denzitometer“ pľúcneho parenchýmu (14). Ultrazukový nález tzv. B-línií veľmi dobre koreluje s mierou kongescie a využíva sa na monitoring miery vzdušnosti v pľúcach a aj pri monitoringu hemodynamického stavu pacienta. Diagnostická presnosť USG vyšetrenia pľúc pre intersticiálny syndróm je 95 % a pre konsolidáciu pľúcneho parenchýmu 97%. Naproti tomu, diagnostická presnosť RTG hrudníka pre intersticiálny syndróm je 75 % a pre konsolidáciu pľúc 72 %.

Senzitivita ultrazvuku pre intersticiálny syndróm je 98 % (21). B-línie sa objavujú už pri subklinickej kongescii, teda ešte pred tým, než začne byť pacient symptomatický, čo má dôležitý prognostický význam (22).

Srdce

Podľa EFIM odporúčaní k základným zručnostiam internistu v rámci klinickej sonografie srdca patrí detekcia perikardiálneho výpotku, identifikácia dilatácie komôr srdca a závažnej systolickej dysfunkcie ľavej komory (pozri Tabuľku č. 1). EFIM odporúčania zároveň identifikujú klinické situácie, keď by mal internista vedieť využiť POCUS, a kde zobrazenie srdca hrá kľúčovú úlohu – dyspnoe nejasnej etiológie, bolesť na hrudníku, pacient v šoku a pacient so zastavením obehu (viď Tabuľku č. 2).

V rámci POCUS vyšetrenia srdca rozoznávame 5 štandardných pohľadov: parasternálna dlhá os (parasternal long axis, PLAX), parasternálna krátká os (parasternal short axis, PSAX), apikálny štvorkomorový pohľad (apical 4-chamber, A4C), subkostálny štvorkomorový pohľad (subcostal 4-chamber, S4C) a subkostálny pohľad na dolnú dutú žilu (subcostal IVC view, IVC) (3). Z perspektívy POCUS vyšetrenia zvládnutie týchto piatich pohľadov na srdce umožňuje internistovi zodpovedať prevažnú väčšinu klinicky relevantných otázok (3).

Začiatkom roka 2023 boli publikované odporúčania pre využitie POCUS pri bežných kardiálnych aplikáciách. Európska federácia spoločností pre ultrazvuk v medicíne (European Federation of Societies

for Ultrasound in Medicine and Biology, EFSUMB) odporúča doplniť fyzikálne vyšetrenie u pacienta s hypotenziou a/alebo kardiorepiračnou symptomatológiou POCUS vyšetrením, s cieľom skorého rozpoznania perikardiálneho výpotku, event. tamponády. Potenciálny benefit spočíva vo včasnej identifikácii klinicky relevantného výpotku a následne rýchlejšej triáže na adekvátne oddelenie so zabezpečením správneho manažmentu (23).

Zhodnotenie funkcie ľavej komory je kľúčové z hľadiska diferenciálnej diagnostiky akútneho dyspnoe, šoku a zastavenia obehu. Vo všeobecnosti možno povedať, že existuje stredná až vysoká miera zhody vo vizuálnom hodnotení funkcie ľavej komory medzi lekármi vykonávajúcimi POCUS a „klasickými“ sonografistami (echokardiografistami). Dobrá miera zhody panuje najmä v zhodnotení normálnej a závažne redukovanej systolickej funkcie ľavej komory (24, 25, 26). Podľa EFSUMB odporúčaní môžu byť aj „nováčikovia“ v klinickej sonografii schopní vizuálne adekvátne zhodnotiť funkciu ľavej komory (normálna, redukovaná, závažne redukovaná). Odporúčania EFSUMB ďalej udávajú, že POCUS srdca možno využiť pri zhodnotení prítomnosti srdcovej činnosti u pacientov počas KPCR a u pacientov pri diagnostike hemodynamicky nestabilnej embólie do pľúcnice (23).

FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) a FAFF (Focused Assessment for Free Fluid) protokol

FAST protokol sa využíva ako „rule in“ vyšetrenie za účelom detekcie voľnej tekutiny u pacienta po traume (27). Nález voľnej tekutiny znamená krvácanie, pokiaľ sa nepreukáže opak. Využitie FAST protokolu znižuje množstvo CT vyšetrení, skrakuje čas do realizácie chirurgického výkonu a redukuje počet hospitalizačných dní (28). Ide o vyšetrenie s binárnou otázkou: prítomnosť voľnej tekutiny – áno/nie (Obrázok 5). Vyšetrenie

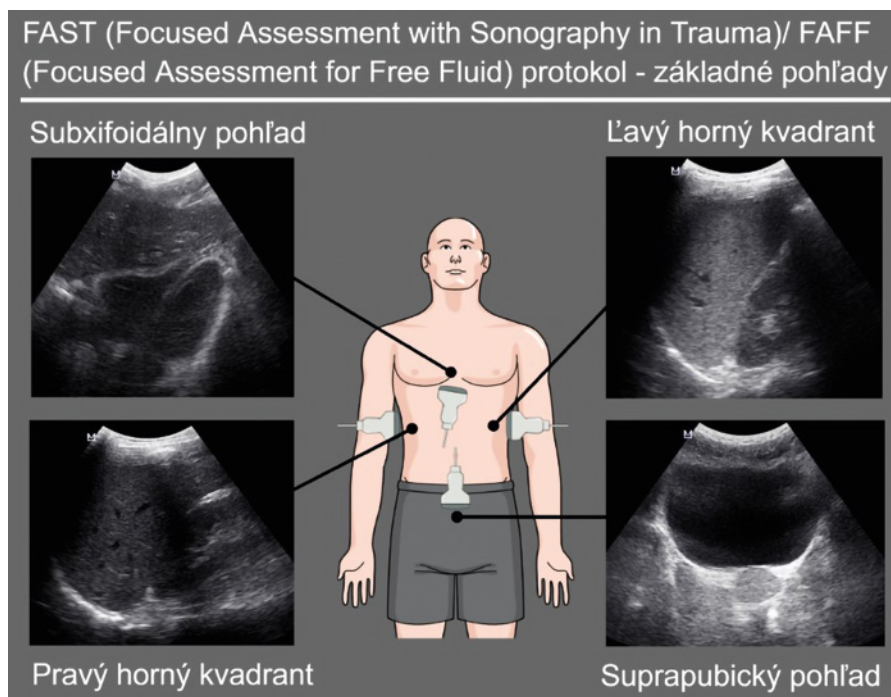
u skúseného lekára trvá menej ako 2 minúty a môže byť u pacienta so zhoršujúcim sa klinickým stavom kedykoľvek zopakované. Rovnaké princípy možno aplikovať v rámci FAFF protokolu (27) pri netraumatických emergentných stavoch, keď sa zvažuje možné vnútorné krvácanie (ektopické tehotenstvo, hypotenzia u pacienta s hypokoagulačným stavom, nevysvetliteľný pokles v hemoglobíne + hypotenzia, ...).

Paracentéza ascitu

Fyzikálne vyšetrenie brucha nie je spoľahlivou metódou pre detekciu voľnej tekutiny v dutine brušnej. Diagnostická presnosť pre detekciu ascitu je pri fyzikálnom vyšetrení iba 58 % a musí sa naakumulovať minimálne 500 ml tekutiny, aby bolo možné ascites detegovať metódami fyzikálneho vyšetrenia (28). Ultrazvukom však možno detegovať už 100 ml ascitu (29). V súčasnosti sa odporúča realizovať paracentézu ascitu vždy pod USG kontrolou (30). Sken brucha nám okrem detekcie samotnej tekutiny môže povedať viac aj o etiológii a distribúcii tekutiny v dutine brušnej. Okrem toho je možné zhodnotiť hrúbku tekutinového lemu, hrúbku brušnej steny a blízkosť intraabdominálnych orgánov (30). S využitím lineárnej sondy a Dopplerovského vyšetrenia je možné zobraziť aj cievy prednej brušnej steny, ktoré sú známe variabilitou svojho priebehu (31), a tým ďalej redukovat riziko traumatickej punkcie. Tak ako pri thorakocentéze, tak aj pri paracentéze je nutné, aby pacient zostal v rovnakej polohe, v akej mu bolo vykonávané ultrasonografické vyšetrenie, teda benefit tohto vyšetrenia sa stráca pokiaľ sa nerealizuje pri lôžku pacienta bezprostredne pred výkonom. V prípade malých alebo ťažšie prístupných tekutinových kolekcii možno realizovať paracentézu s real-time ultrazvukovou navigáciou.

Podľa aktuálnych dát je paracentéza s využitím USG bezpečná aj u pacientov s trombocytopéniou a predĺženou hodnotou INR. Veľká

Obr. 5. Štandardne sa na vyšetrenie využívajú štyri anatomické oblasti: pravý horný kvadrant (pleurálny priestor, hepatorenálny – Morisonov – priestor, dolný okraj pečene, dolný pól obličky), ľavý horný kvadrant (pleurálny priestor, póly sleziny, suprasplenický/subdiafragmatický priestor, splenorenálny priestor, dolný pól obličky), suprapubický pohľad (pričný aj longitudinálny rez) a subxiphoidálny pohľad (perikard).



retrospektívna štúdia z viac ako 600 nemocníc (69 859 paracentéz) preukázala, že využitie ultrazvuku pri paracentéze redukuje riziko krvácajúcich komplikácií o 68 %. Dôležitým je aj údaj, že ak sa už krvácanie počas paracentézy vyskytlo, tak cena hospitalizácie vzrástla o cca 19 000 dolárov, doba hospitalizácie sa predĺžila o viac ako 4 dni a pacienti s krvácajou komplikáciou pri punkcii ascitu mali signifikantne vyššiu nemocničnú mortalitu než pacienti s ascitom bez krvácajacej komplikácie (8).

Abdominálna aorta

Aneuryzma abdominálnej aorty je najčastejšia patológia aorty. Medzi komplikácie patrí jej trombóza, disekcia alebo ruptúra s mortalitou až okolo 90 %. Pacienti s ruptúrou aneuryzmy abdominálnej aorty bývajú často iniciálne zle diagnostikovaní, pričom práve skorá diagnostika môže zlepšiť prognózu tohto závažného ochorenia. Akútny aortálny syndróm treba zvažovať u každého pacienta s bolesťou brucha, obzvlášť ak sú súčasne prítomné klasické rizikové faktory, alebo nález hypotenzie, bolesti krížov či pulzujúca masa v abdomene (32, 33). Priemer aorty meraný pri POCUS vyšetrení dobre koreluje s meraním realizovaným pri CT vyšetrení aorty (34). POCUS má vysokú senzitivitu (viac než 95 %) a špecifitu (viac než 90 %) pre detekciu aneuryzmy abdominálnej aorty (35). Lekár vykonávajúci POCUS môže využiť ultrazvuk na rýchlu detekciu aneuryzmy abdominálnej aorty, monitorovať jej veľkosť u pacienta so známou aneuryzmou, či realizovať skríning u vysokorizikových hospitalizovaných pacientov (3).

Uropoetický systém

Akútne poškodenie obličiek je u hospitalizovaných pacientov veľmi časté. Oneskorenie v správnej diagnostike a liečbe príčin akútneho poškodenia obličiek vedie k horšej prognóze a vyššej mortalite (36). USG vyšetrenie obličiek hrá v diagnostike akútneho poškodenia obličiek kľúčovú úlohu. Pri POCUS vyšetrení uropoetického traktu máme na mysli najmä dve binárne otázky – (a): je prítomná hydronefróza ?, (b): je prítomná retencia moču ? Postrenálne príčiny akútneho poškodenia obličiek sú menej časté než prerenálne (kedy je USG vyšetrenie obličiek často normálne), avšak nález hydronefrózy či retencie moču je extrémne dôležitý, pretože rýchla detekcia

a liečba obštrukčnej uropatie vedie signifikantnému zlepšeniu stavu pacienta (37).

Neininvazívne monitorovanie hemodynamického stavu pacienta

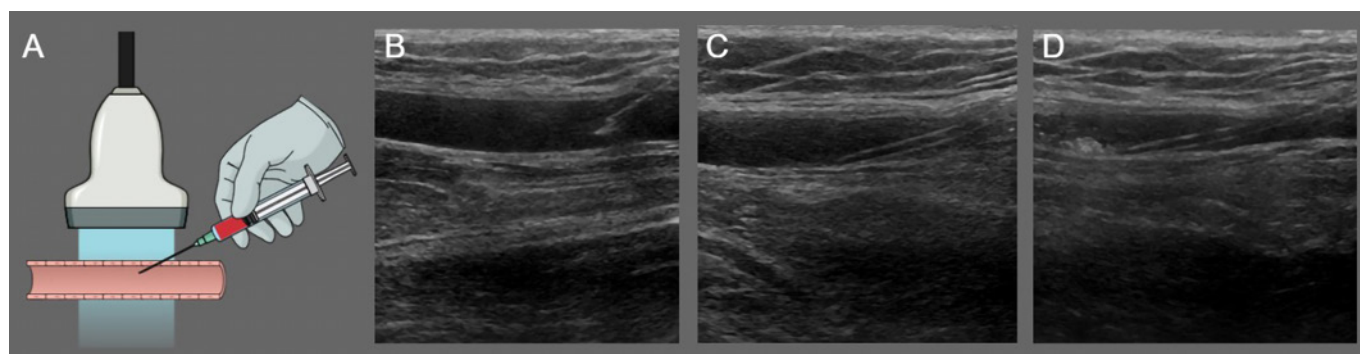
Zhodnotenie objemového statusu u pacientov je esenciálnou súčasťou v hodnotení klinického stavu. Zlatým štandardom merania centrálného venózneho tlaku je monitoring pomocou centrálného venózneho katétra. Vzhľadom na invazivnosť, možnosti trombózy, riziko krvácajúcich alebo infekčných komplikácií, by mohlo byť POCUS vyšetrenie zaujímavou alternatívou v zhodnotení objemového statusu pacienta (38).

Jednou z najznámejších aplikácií ultrazvuku v kontexte hodnotenia objemového statusu je vyšetrenie dolnej dutej žily. Pri vyšetrení možno merať statické aj dynamické parametre. Podľa súčasných odporúčaní je priemer dolnej dutej žily > 2,1 cm a index kolapsibility pri inšpirii < 50 % asociovaný so zvýšeným centrálnym venóznym tlakom (10 – 20 mmHg) (39). Dilatácia dolnej dutej žily má prognostický význam, avšak existuje mnoho fyziologických a patofyziologických stavov, ktoré sťažujú korektnú interpretáciu USG nálezu dolnej dutej žily. Napriek tomu ide o rýchle, lacné a pomerne jednoduché vyšetrenie, ktoré môže byť realizované pri lôžku pacienta a pomôcť v diferenciálnej diagnostike akútneho dyspnoe (dekompenzované srdcové zlyhávanie vs. primárne pľúcna príčina) a monitoringu odpovede na liečbu (zmeny v priemere dolnej dutej žily v závislosti od podania diuretík alebo intravenózných tekutín) (40, 41).

Vzhľadom na limitácie pri USG vyšetrení dolnej dutej žily sa v posledných rokoch pridalo k tomuto vyšetreniu aj tzv. zhodnotenie excesívneho venózneho objemu (venous excess ultrasound – VexUS). Sonografické zhodnotenie venózne kongescie vyšetrením dolnej dutej žily spolu s Dopplerovským vyšetrením hepatálnej, portálnej a intrarenálnej vény predstavuje sľubnú alternatívu k invazívnemu meraniu centrálného venózneho tlaku a môže v budúcnosti viesť k personalizovanému prístupu s cieľom zlepšiť perfúziu koncových orgánov u akútne chorých pacientov (42).

Ultrasonografické vyšetrenie dolnej dutej žily a splanchnickej kongescie môže byť u akútne chorých pacientov často technicky náročné

Obr. 6. Počas zavádzania intravenózneho katétra môže byť ihla vizualizovaná v reálnom čase, buď „in-plane“ alebo „out-of-plane“, technikou. Pri zaistovaní cievneho vstupu in-plane technikou vizualizujeme dlhú os ciev (A). Pri zavádzaní katétra v reálnom čase je tento prístup preferovaný, pretože počas výkonu môžeme vizualizovať celú dĺžku ihly (1). Tento prístup však môže byť niekedy technicky náročný, najmä čo sa týka vizualizácie celej dĺžky ihly počas celého trvania výkonu a vizualizácie dlhej osy menších ciev. Lekár si môže v reálnom čase kontrolovať punkciu cievy (B), správnu polohu katétra (C) a aj správnu intravenóznou aplikáciu liečiva (D).



vzhľadom na obezitu, meteorizmus, možné pooperačné rany, edém prednej brušnej steny a podobne. Vyšetrenie vena jugularis interna pomocou lineárnej sondy môže byť ľahšie prístupnou alternatívou. Štúdia z roku 2022 na 100 pacientoch podstupujúcich katetrizáciu pravého srdca preukázala, že bed-side USG vyšetrenie vena jugularis interna dobre koreluje s tlakom v pravej predsieni srdca meraným invazívne a predstavuje akceptovateľnú alternatívu odhadu centrálného venózneho tlaku (43).

Multiorgánová ultrasonografia (srdce, pľúca, dolná dutá žila, portálna, hepatálna a renálna vena) predstavuje komplexný spôsob hodnotenia objemového stavu. Vzhľadom na svoju neinvazivitu, dostupnosť, nízku cenu a opakovateľnosť je ideálnou metódou na zhodnotenie hemodynamického stavu obzvlášť u akútne chorých pacientov (38).

Zavádzanie periférnych cievnych vstupov pod USG kontrolou v reálnom čase

Pacienti s insuficientnou perifériou sú častým problémom v praxi internistu. Ťažký periférny prístup je definovaný ako dva neúspešné pokusy o zavedenie intravenózneho linky alebo anamnéza asociovaná s ťažším periférnym prístupom (edém, obezita, abúzus intravenózných drog, chemoterapia, diabetes, hypovolémia, chronické ochorenie, vaskulopatia, časté rehospitalizácie) (44).

Prospektívne štúdie s využitím real time ultrazvuku pri zavádzaní periférnych venózných katétrov preukázali vysokú mieru úspešnosti (87 – 96 %) oproti tradičnej technike, obzvlášť pri zavedení do vena basilica alebo vena cephalica (44,45). Využitie ultrazvuku bolo asociované s menším počtom vpichov a kratším časom zabezpečenia žilového prístupu (46). Časté komplikácie periférneho i. v. vstupu sú flebitída, tromboflebitída, hematóm, punkcia artérie a extravazácia tekutín, a môžu sa objaviť až pri 50 % zavedených periférnych i. v. katétroch (47). V štúdiu u pacientov na jednotke intenzívnej starostlivosti sa flebitída objavila iba u 0,7 % pacientov, ktorým bol zavedený periférny i. v. vstup pod USG kontrolou (48).

Využitie POCUS-u pri zavádzaní i. v. katétrov má potenciál redukovať množstvo centrálnych venózných katétrov pri insuficientnej periférii. U pacientov s ťažko napichnuteľnou perifériou po dvoch neúspešných pokusoch bolo s využitím ultrasonografie možné zabezpečiť perifériu a redukovať množstvo zavedených centrálnych venózných katétrov až o 84 % (49).

Venózny tromboembolizmus

Venózny tromboembolizmus je veľmi častou príčinou morbiditu a mortality hospitalizovaných pacientov. U viac než 70 % pacientov s embolizáciou do pľúcnice, u ktorých sa nájde trombus, je prítomná proximálna hlboká žilová trombóza. POCUS je ideálna metóda pre skorú detekciu hlbokéj žilovej trombózy u hospitalizovaných pacientov (50). Metaanalýza 16 štúdií preukázala, že bed-side USG vyšetrením vén hlbokého venózneho systému možno spoľahlivo detegovať hlbokú venóznú trombózu so senzitivitou 96 % a špecificitou 97 % (51). Kompresná sonografia v B-móde má približne rovnakú diagnostickú presnosť ako klasický protokol pre vyšetrenie hlbokého venózneho systému (B-mód, farebný Doppler, power Doppler), ktorý je navyše na viacerých praco-

viskách vykonávaný iba sonografistami-rádiológmi (52). Recentné práce poukazujú na fakt, že lekári sú s využitím POCUS-u schopní spoľahlivo detegovať hlbokú žilovú trombózu dolnej končatiny po krátkom tréningu. V jednej štúdii z USA boli hospitalisti po 2-hodinovom tréningu a desiatich vyšetreniach pod dohľadom skúseného sonografistu schopní realizovať POCUS vyšetrenie hlbokého žilového systému s dobrou senzitivitou a excelentnou špecificitou. Čas od objednania do realizácie kompletného USG vyšetrenia hlbokého žilového systému sa skrátil z 11,5 hodiny (keď USG vykonával sonografista/rádiológ) na 5,8 hodiny (keď USG vykonával hospitalista) (53). Existuje viacero protokolov na bed-side vyšetrenie hlbokého venózneho systému, a na základe niektorých publikovaných prác možno s dostatočnou presnosťou realizovať kompresné vyšetrenie hlbokého žilového systému iba s využitím dvoch bodov: vena femoralis communis a vena poplitea. Pri tomto limitovanom vyšetrení však treba zhodnotiť aspoň junkciu medzi vena femoralis communis a vena saphena magna, bifurkáciu vena femoralis communis na vena femoralis a venu femoralis profunda a venu popliteu (54). Vyšetrenie distálnych vén predkolenia nie je v POCUS vyšetrení zahrnuté pre malý embolický potenciál distálnej trombózy, a pre fakt, že ani experti v oblasti sonografie nedokážu s využitím kompresnej sonografie spoľahlivo detegovať distálnu žilovú trombózu (55).

Využitie tzv. hand-held sonografov v rámci POCUS

Technologický pokrok v posledných rokoch viedol k širšiemu využitiu takzvaných „pocket“ alebo „handheld“ ultrazvukových prístrojov v rutinej klinickej praxi. Ide o ultrasonografické prístroje malých rozmerov, ktoré sú spojené s externým displejom (tabletom, mobilným telefónom) prostredníctvom tradičného káblového systému alebo prostredníctvom bezkáblového wi-fi pripojenia. Medzi hlavné výhody patria malé rozmery, krátky operačný čas na zapnutie prístroja, intuitívne ovládanie a relatívne nízka cena, ktorá z nich robí najdostupnejšie sonografické prístroje vôbec (56).

Najdôležitejšou otázkou pri zavádzaní týchto prístrojov do praxe bolo, či budú schopné generovať sonografické obrazy dostatočnej kvality. Americká spoločnosť pre urgentnú medicínu nedávno vydala stanovisko, že obraz generovaný týmito sonografmi je porovnateľný s obrazom generovaným konvenčným ultrasonografickým prístrojom (57).

Vzhľadom na prenosnosť a malé rozmery majú tieto prístroje obrovský potenciál v rámci point-of-care ultrasonografie na interných oddeleniach.

Dostupné dáta ukazujú, že handheld sonografy možno využiť v rámci diferenciálnej diagnostiky akútneho dyspnoe, šoku, či bolesti na hrudníku (58). Systematický prehľad 16 štúdií porovnávajúcich handheld sonografy s tradičnými prístrojmi preukázal vynikajúcu mieru zhody pri detekcii voľnej tekutiny v dutine brušnej, pri gynekologických indikáciách, pri vyšetrení pleurálnych priestorov, detekcii hydronefrózy, detekcii aneuryzmy brušnej aorty, vysoká miera zhody panovala aj pri detekcii cholelithiázy a detekcii vhodného miesta pre paracentézu (59). Systematický prehľad štúdií skúmajúcich porovnanie medzi handheld sonografmi a tradičnou echokardiografiou preukázal, že využitie handheld sonografie viedlo k vyššej diagnostickej presnosti kardiálnej patológie

v porovnaní s fyzikálnym vyšetrením, a mohlo by slúžiť ako skríningové vyšetrenie pred realizovaním formálnej echokardiografie (60). Ďalšia metaanalýza prác porovnávajúcich handheld sonografy a tradičnú echokardiografiu pri detekcii abnormalít ľavej komory preukázala, že handheld sonografia je dostatočne senzitívna aj špecifická metóda pre zhodnotenie funkcie a morfológie ľavej komory. Autori ďalej uvádzajú, že vyšetrenie funkcie ľavej komory pomocou handheld sonografie pri lôžku pacienta je užitočným vyšetrením a má potenciál identifikovať pacientov, ktorí vyžadujú formálnu echokardiografiu, a na druhej strane znížiť počet neindikovaných echokardiografických vyšetrení (61).

Záver

POCUS nemá nahradiť fyzikálne vyšetrenie alebo štandardné zobrazovacie metódy, pokiaľ sú nevyhnutné. POCUS vyšetrenie by malo slúžiť ako rozšírenie fyzikálneho vyšetrenia. Sonografia pri lôžku pacienta s využitím vreckového sonografu sa môže stať piatym pilierom fyzikálneho vyšetrenia. Pri správnom využití má POCUS potenciál znížiť počet diagnostických chýb, zefektívniť diagnostiku v reálnom čase a doplniť, alebo v konkrétnych definovaných prípadoch aj nahradiť, sofistikovanejšie (a drahšie) zobrazovacie vyšetrenia. V určitých špecifických prípadoch môže dokonca POCUS vyšetrenie slúžiť ako širokodostupné a lacné skríningové vyšetrenie hospitalizovaných pacientov (1). Hlavné piliere racionálneho využitia POCUS-u v rámci internej medicíny spočívajú v (a) presnej formulácii konkrétnej klinickej otázky, ktorú možno zodpovedať sonografickým vyšetrením pri lôžku pacienta; (b) v tom,

ako interpretovať náhodné nálezy, a vyhodnotiť, ktoré z nich vyžadujú ďalšie prešetrenie; (c) a v tom, ako nálezy z POCUS-u integrovať do pracovnej diagnózy vystavanej z odberu anamnézy a fyzikálneho vyšetrenia (6). Pred integráciou POCUS-u do širšej klinickej praxe je nutné identifikovať viacero kľúčových otázok:

- Je nutné definovať kľúčové kompetencie a konkrétne klinické situácie, kedy by mal byť internista schopný realizovať POCUS vyšetrenie.
- Je nutné zadefinovať minimálne požiadavky a tréning nevyhnutný pre samostatný výkon POCUS vyšetrenia.
- Je nutné zadefinovať charakter výukových centier a identifikovať autoritu, ktorá bude garantovať kvalitu výuky a lektorov.
- Je nutné zadefinovať spôsob dokumentácie nálezov a archivácie obrazovej dokumentácie.
- Je nutné zabezpečiť materiálové vybavenie oddelení tak, aby bolo na danom pracovisku možné realizovať bezodkladne akékoľvek POCUS vyšetrenie podľa zoznamu kľúčových kompetencií EFIM pracovnej skupiny pre ultrazvuk v internej medicíne (nutný USG prístroj s abdominálnou, lineárnou a sektorovou sondou).

V najbližšom čase by nemala debata prebiehať o tom, či POCUS stojí v opozícii voči klasickému fyzikálnemu vyšetreniu, ale o tom, ako dokážeme rýchlejšie a efektívnejšie stanoviť správnu diagnózu u konkrétneho pacienta. Využitie POCUS-u by malo byť doplnkom k našim zmyslom pri vykonávaní fyzikálneho vyšetrenia, a malo by sa stať súčasťou moderného fyzikálneho vyšetrenia (6).

LITERATÚRA

1. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011 Feb 24;364(8):749-57. Available from DOI: 10.1056/NEJMra0909487.
2. Torres-Macho J, Aro T, et al. Point-of-care ultrasound in internal medicine: A position paper by the ultrasound working group of the European federation of internal medicine. *Eur J Intern Med*. 2020 Mar;73:67-71. Available from DOI: 10.1016/j.ejim.2019.11.016.
3. Soni NJ, Lucas BP. Diagnostic point-of-care ultrasound for hospitalists. *J Hosp Med*. 2015 Feb;10(2):120-4. Available from: 10.1002/jhm.2285.
4. Staub LJ, Mazzali Biscaro RR, Kaszubowski E, et al. Lung Ultrasound for the Emergency Diagnosis of Pneumonia, Acute Heart Failure, and Exacerbations of Chronic Obstructive Pulmonary Disease/Asthma in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Emerg Med*. 2019 Jan;56(1):53-69. Available from DOI: 10.1016/j.jemermed.2018.09.009.
5. Blans MJ, Bosch FH. Ultrasound in acute internal medicine; time to set a European standard. *Eur J Intern Med*. 2017 Nov;45:51-53. Available from DOI: 10.1016/j.ejim.2017.09.040.
6. Narula J, Chandrashekar Y, Braunwald E. Time to Add a Fifth Pillar to Bedside Physical Examination: Inspection, Palpation, Percussion, Auscultation, and Insonation. *JAMA Cardiol*. 2018 Apr 1;3(4):346-350. Available from 10.1001/jamacardio.2018.0001.
7. Dancel R, Schnobrich D, Puri N, et al. Recommendations on the Use of Ultrasound Guidance for Adult Thoracentesis: A Position Statement of the Society of Hospital Medicine. *J Hosp Med*. 2018 Feb;13(2):126-135. Available from 10.12788/jhm.2940.
8. Mercaldi CJ, Lanes SF. Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis. *Chest*. 2013 Feb 1;143(2):532-538. Available from 10.1378/chest.12-0447.
9. Perazzo A, Gatto P, Barlacini C, et al. Can ultrasound guidance reduce the risk of pneumothorax following thoracentesis? *J Bras Pneumol*. 2014 Jan-Feb;40(1):6-12. Available from DOI: 10.1590/S1806-37132014000100002.
10. Kohan JM, Poe RH, Israel RH, et al. Value of chest ultrasonography versus decubitus roentgenography for thoracentesis. *Am Rev Respir Dis*. 1986 Jun;133(6):1124-6. Available from DOI: 10.1164/arrd.1986.133.6.1124.
11. Kalokairinou-Motogna M, Maratou K, Paianid I, et al. Application of color Doppler ultrasound in the study of small pleural effusion. *Med Ultrason*. 2010 Mar;12(1):12-6.
12. Blackmore CC, Black WC, Dallas RV, et al. Pleural fluid volume estimation: a chest radiograph prediction rule. *Acad Radiol*. 1996 Feb;3(2):103-9. Available from DOI: 10.1016/s1076-6332(05)80373-3.
13. Kocián M, Šimek R, Michalovičová M, et al. Patologie pleury a pleurálních prostorů. In: Kocián M, Šimek R, Michalovičová M. (eds). *Sonografie hrudníku a plic v respirační medicíně*. Visual Medicine s.r.o.: Olomouc 2022: 101-111. ISBN: 978-80-908323-0-5.
14. Gargani L. Basic Lung Ultrasound. In: Walden A, Campbell A, Miller A, et al. (eds). *Ultrasound in the Critically Ill: A Practical Guide*. Springer Nature Switzerland AG 2022: 41-51. ISBN: 978-3-030-71740-7.
15. Hassan M, Mercer RM, Rahman NM. Thoracic ultrasound in the modern management of pleural disease. *Eur Respir Rev*. 2020 Apr 29;29(156):190136. Available from DOI: 10.1183/16000617.0136-2019.
16. Shkolnik B, Judson MA, Austin A, et al. Diagnostic Accuracy of Thoracic Ultrasonography to Differentiate Transudative From Exudative Pleural Effusion. *Chest*. 2020 Aug;158(2):692-697. Available from 10.1016/j.chest.2020.02.051.
17. Chang SY, Chen YC, Tsai CL, et al. Sonographic septation: a useful diagnostic predictor of complicated parapneumonic effusion. *J Investig Med*. 2021 Dec;69(8):1447-1452. Available from 10.1136/jim-2020-001770.
18. Chen CH, Chen W, Chen HJ, et al. Transthoracic ultrasonography in predicting the outcome of small-bore catheter drainage in empyemas or complicated parapneumonic effusions. *Ultrasound Med Biol*. 2009 Sep;35(9):1468-74. Available from DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2009.04.021.
19. Light RW. Parapneumonic effusions and empyema. *Proc Am Thorac Soc*. 2006;3(1):75-80. Available from DOI: 10.1513/pats.200510-113JH.
20. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014 Jan 9;4(1):1. Available from DOI: 10.1186/2110-5820-4-1.
21. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004 Jan;100(1):9-15. Available from DOI: 10.1097/0000542-200401000-00006.
22. Platz E, Lewis EF, Uno H, et al. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients. *Eur Heart J*. 2016 Apr 14;37(15):1244-51. Available from DOI: 10.1093/eurheartj/ehv745.
23. Jarman RD, McDermott C, Colclough A, et al. EFSUMB Clinical Practice Guidelines for Point-of-Care Ultrasound: Part One (Common Heart and Pulmonary Applications) LONG VERSION. *Ultraschall Med*. 2023 Feb;44(1):e1-e24. English. Available from DOI: 10.1055/a-1882-5615. Epub 2022 Oct 13.

24. Unlüer EE, Karagöz A, Akoğlu H, Bayata S. Visual estimation of bedside echocardiographic ejection fraction by emergency physicians. *West J Emerg Med*. 2014 Mar;15(2):221-6. Available from DOI: 10.5811/westjem.2013.9.16185.
25. Farsi D, Hajsadeghi S, Hajjighanbari MJ, et al. Focused cardiac ultrasound (FOCUS) by emergency medicine residents in patients with suspected cardiovascular diseases. *J Ultrasound*. 2017 May 2;20(2):133-138. Available from DOI: 10.1007/s40477-017-0246-5.
26. Albaroudi B, Haddad M, Albaroudi O, et al. Assessing left ventricular systolic function by emergency physician using point of care echocardiography compared to expert: systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med*. 2022 Feb 1;29(1):18-32. Available from DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000866.
27. Brenchley J. FAST Scanning. In: Walden A, Campbell A, Miller A, et al. (eds). *Ultrasound in the Critically Ill: A Practical Guide*. Springer Nature Switzerland AG 2022: 41-51. ISBN: 978-3-030-71740-7.
28. Melniker LA, Leibner E, McKenney MG, et al. Randomized controlled clinical trial of point-of-care, limited ultrasonography for trauma in the emergency department: the first sonography outcomes assessment program trial. *Ann Emerg Med*. 2006 Sep;48(3):227-35. Available from DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.01.008.
29. Cattau EL Jr, Benjamin SB, Knuff TE, et al. The accuracy of the physical examination in the diagnosis of suspected ascites. *JAMA*. 1982 Feb 26;247(8):1164-6.
30. Von Kuenssberg Jehle D, Stiller G, Wagner D. Sensitivity in detecting free intraperitoneal fluid with the pelvic views of the FAST exam. *Am J Emerg Med*. 2003 Oct;21(6):476-8. Available from DOI: 10.1016/S0735-6757(03)00162-1.
31. Cho J, Jensen TP, Reiersen K, et al. Recommendations on the Use of Ultrasound Guidance for Adult Abdominal Paracentesis: A Position Statement of the Society of Hospital Medicine. *J Hosp Med*. 2019 Jan 2;14:E7-E15. Available from DOI: 10.12788/jhm.3095.
32. Saber AA, Meslemani AM, Davis R, et al. Safety zones for anterior abdominal wall entry during laparoscopy: a CT scan mapping of epigastric vessels. *Ann Surg*. 2004 Feb;239(2):182-5. Available from DOI: 10.1097/01.sla.0000109151.53296.07.
33. Sakalihsan N, Limet R, Defawe OD. Abdominal aortic aneurysm. *Lancet*. 2005 Apr 30-May 6;365(9470):1577-89. Available from DOI: 10.1016/S0140-6736(05)66459-8.
34. Chaikof EL, Dalman RL, Eskandari MK, et al. The Society for Vascular Surgery practice guidelines on the care of patients with an abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg*. 2018 Jan;67(1):2-77.e2. Available from DOI: 10.1016/j.jvs.2017.10.044.
35. Knaut AL, Kendall JL, Patten R, et al. Ultrasonographic measurement of aortic diameter by emergency physicians approximates results obtained by computed tomography. *J Emerg Med*. 2005 Feb;28(2):119-26. Available from DOI: 10.1016/j.jemermed.2004.07.013.
36. Costantino TG, Bruno EC, Handly N, et al. Accuracy of emergency medicine ultrasound in the evaluation of abdominal aortic aneurysm. *J Emerg Med*. 2005 Nov;29(4):455-60. Available from DOI: 10.1016/j.jemermed.2005.02.016.
37. Rizo-Topete LM, Rosner MH, Ronco C. Acute Kidney Injury Risk Assessment and the Nephrology Rapid Response Team. *Blood Purif*. 2017;43(1-3):82-88. Available from DOI: 10.1159/000452402.
38. Briggs JH. The Patient with Acute Kidney Injury. In: Walden A, Campbell A, Miller A, et al. (eds). *Ultrasound in the Critically Ill: A Practical Guide*. Springer Nature Switzerland AG 2022: 41-51. ISBN: 978-3-030-71740-7.
39. Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, et al. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. *J Clin Med*. 2023 Mar 13;12(6):2217. Available from DOI: 10.3390/jcm12062217.
40. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015 Jan;28(1):1-39.e14. Available from DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
41. Miller JB, Sen A, Strote SR, et al. Inferior vena cava assessment in the bedside diagnosis of acute heart failure. *Am J Emerg Med*. 2012 Jun;30(5):778-83. Dostupné z DOI: 10.1016/j.ajem.2011.04.008.
42. Guiotto G, Masarone M, Paladino F, et al. Inferior vena cava collapsibility to guide fluid removal in slow continuous ultrafiltration: a pilot study. *Intensive Care Med*. 2010 Apr;36(4):692-6. Available from DOI: 10.1007/s00134-009-1745-4.
43. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J*. 2020 Apr 9;12(1):16. Available from DOI: 10.1186/s13089-020-00163-w.
44. Wang L, Harrison J, Dranow E, et al. Accuracy of Ultrasound Jugular Venous Pressure Height in Predicting Central Venous Congestion. *Ann Intern Med*. 2022 Mar;175(3):344-351. Available from DOI: 10.7326/M21-2781.
45. Franco-Sadud R, Schnobrich D, Mathews BK, et al. Recommendations on the Use of Ultrasound Guidance for Central and Peripheral Vascular Access in Adults: A Position Statement of the Society of Hospital Medicine. *J Hosp Med*. 2019 Sep;14(9):E1-E22. Available from DOI: 10.12788/jhm.3287.
46. Egan G, Healy D, O'Neill H, et al. Ultrasound guidance for difficult peripheral venous access: systematic review and meta-analysis. *Emerg Med J*. 2013 Jul;30(7):521-6. Available from DOI: 10.1136/emmermed-2012-201652.
47. Mahler SA, Wang H, Lester C, et al. Ultrasound-guided peripheral intravenous access in the emergency department using a modified Seldinger technique. *J Emerg Med*. 2010 Sep;39(3):325-9. Available from DOI: 10.1016/j.jemermed.2009.02.013.
48. Miliani K, Taravella R, Thillard D, et al. Peripheral Venous Catheter-Related Adverse Events: Evaluation from a Multicentre Epidemiological Study in France (the CATHEVAL Project). *PLoS One*. 2017 Jan 3;12(1):e0168637. Available from DOI: 10.1371/journal.pone.0168637.
49. Gregg SC, Murthi SB, Sisley AC, et al. Ultrasound-guided peripheral intravenous access in the intensive care unit. *J Crit Care*. 2010 Sep;25(3):514-9. Available from DOI: 10.1016/j.jccr.2009.09.003.
50. Au AK, Rotte MJ, Grzybowski RJ, et al. Decrease in central venous catheter placement due to use of ultrasound guidance for peripheral intravenous catheters. *Am J Emerg Med*. 2012 Nov;30(9):1950-4. Available from DOI: 10.1016/j.ajem.2012.04.016.
51. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Respir J*. 2019 Oct 9;54(3):1901647. Available from DOI: 10.1183/13993003.01647-2019.
52. Pomero F, Dentali F, Borretta V, et al. Accuracy of emergency physician-performed ultrasonography in the diagnosis of deep-vein thrombosis: a systematic review and meta-analysis. *Thromb Haemost*. 2013 Jan;109(1):137-45. Available from DOI: 10.1160/TH12-07-0473.
53. Theodoro D, Blaivas M, Duggal S, et al. Real-time B-mode ultrasound in the ED saves time in the diagnosis of deep vein thrombosis (DVT). *Am J Emerg Med*. 2004 May;22(3):197-200. Available from DOI: 10.1016/j.ajem.2004.02.007.
54. Fischer EA, Kinnear B, Sall D, et al. Hospitalist-Operated Compression Ultrasonography: a Point-of-Care Ultrasound Study (HOCUS-POCUS). *J Gen Intern Med*. 2019 Oct;34(10):2062-2067. Dostupné z DOI: 10.1007/s11606-019-05120-5.
55. Soni N, Arntfield R, Kory P, et al. *Point of Care Ultrasound*. 2nd Edition. Elsevier Health Sciences 2019. ISBN:978032354472.
56. Malik AN, Rowland J, Haber BD, et al. The Use of Handheld Ultrasound Devices in Emergency Medicine. *Curr Emerg Hosp Med Rep*. 2021;9(3):73-81. Available from DOI: 10.1007/s40138-021-00229-6.
57. Appropriate Use Criteria for Handheld/Pocket Ultrasound Devices. *Ann Emerg Med*. 2018 Oct;72(4):e31-e33. Available from DOI: 10.1016/j.annemergmed.2018.07.042.
58. Mancusi C, Carlino MV, Sforza A. Point-of-care ultrasound with pocket-size devices in emergency department. *Echocardiography*. 2019 Sep;36(9):1755-1764. Available from DOI: 10.1111/echo.14451.
59. Rykkje A, Carlsen JF, Nielsen MB. Hand-Held Ultrasound Devices Compared with High-End Ultrasound Systems: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2019 Jun 15;9(2):61. Available from DOI: 10.3390/diagnostics9020061.
60. Galusko V, Bodger O, Ionescu A. A systematic review of pocket-sized imaging devices: small and mighty? *Echo Res Pract*. 2018 Dec 1;5(4):113-138. Available from DOI: 10.1530/ERP-18-0030.
61. Jenkins S, Alabed S, Swift A, et al. Diagnostic accuracy of handheld cardiac ultrasound device for assessment of left ventricular structure and function: systematic review and meta-analysis. *Heart*. 2021 Nov;107(22):1826-1834. Available from DOI: 10.1136/heartjnl-2021-319561.