

Stanovenie korelácie medzi ultrasonograficky získanými indexami krčných ciev a centrálnym venóznym tlakom u kriticky chorých detských pacientov

Bělohlávek T.¹, Grendár M.², Cibulka M.², Heinige P.³, Berčáková I.¹, Nosál S.¹

¹Klinika detskej anestéziológie a intenzívnej medicíny, Univerzitná nemocnica Martin, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského v Bratislave

²Martinské centrum pre biomedicínu, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského v Bratislave

³Klinika detskej chirurgie a traumatologie, 3. lekárska fakulta, Univerzita Karlova a Fakultní Thomayerova nemocnice, Praha

Cieľ štúdie: Cieľom štúdie bolo stanovenie korelácie medzi neinvazívne ultrasonograficky získanými indexmi krčných ciev a invazívne nameraným centrálnym venóznym tlakom u kriticky chorých detských pacientov.

Typ štúdie: Prospektívna observačná štúdia.

Typ pracoviska: Klinika detskej intenzívnej medicíny univerzitnej nemocnice.

Materiál a metóda: Do štúdie bolo zaradených 77 pacientov od 0 do nedovŕšených 19 rokov so zavedeným centrálnym venóznym katétrom a monitoringom centrálného venózneho tlaku vyžadujúcich hospitalizáciu na klinike intenzívnej medicíny. Do štúdie boli zaradení spontánne ventilujúci pacienti aj pacienti na umelej pľúcnej ventilácii, hemodynamicky stabilní pacienti aj deti s podporou obehu vazoaktívnymi látkami v nízkej dávke. Každá spojitá premenná (ultrasonografické indexy, vek, výška, váha, centrálny venózný tlak) bola sumarizovaná deskriptívnou štatistikou, preskúmaná bola distribúcia premenných a vzájomný vzťah bol kvantifikovaný Spearmanovou koreláciou. Analýza bola realizovaná v celom súbore údajov, ako aj v jednotlivých podskupinách pacientov.

Výsledky: V skupine všetkých meraní má najvyššiu mieru korelácie s centrálnym venóznym tlakom index kolapsibility *vena jugularis interna* (VJI) v B móde ($-0,58$, $p < 0,001$), index kolapsibility VJI v M móde ($-0,45$, $p < 0,001$) a pomer VJI v 30- a 0-stupňovej pozícii ($0,43$, $p < 0,001$). V skupine spontánne ventilujúcich pacientov bola najvyššia korelácia s centrálnym venóznym tlakom taktiež pri indexe kolapsibility VJI v B móde ($-0,51$, $p < 0,001$), u pacientov na umelej pľúcnej ventilácii pri indexe kolapsibility VJI v B móde ($-0,55$, $p < 0,001$) a indexe distenzibility VJI v B móde ($-0,55$, $p < 0,001$). Korelácia pomeru *vena jugularis interna* a *arteria carotis communis* s centrálnym venóznym tlakom bola nízka v skupine všetkých meraní ($0,25$, $p < 0,05$), v skupine spontánne ventilujúcich pacientov ($0,3$, $p < 0,05$) a žiadna v skupine ventilovaných pacientov ($0,04$).

Záver: Výsledky predloženej práce naznačujú, že ultrasonograficky získané indexy krčných ciev môžu predstavovať neinvazívnu, ľahko opakovateľnú bedside alternatívu vyšetrenia centrálného venózneho tlaku v odhade intravaskulárnej náplne kriticky chorých detských pacientov.

Kľúčové slová: ultrasonografia, centrálny venózný tlak, krčné cievy, korelácia.

Determination of the correlation between ultrasonographically obtained indices of cervical vessels and central venous pressure in critically ill pediatric patients

Objective: The study aimed to determine the correlation between noninvasively ultrasonographically obtained cervical vessel indices and invasively measured central venous pressure in critically ill pediatric patients.

Design: Prospective observational study.

Setting: Department of pediatric intensive care, university hospital.

Material and methods: 77 patients aged 0 to under 19 years with inserted central venous catheter and central venous pressure

KORESPONDENČNÁ ADRESA AUTORA:

MUDr. Michal Cibulka, PhD., michal.cibulka@uniba.sk

Článek přijat redakcí: 7. 10. 2023, Článek přijat k tisku: 6. 3. 2024

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2024;35(1):12-18

monitoring requiring admission to the department of intensive care medicine were included in the study. Both spontaneously ventilating patients and patients on artificial pulmonary ventilation, hemodynamically stable patients, and children with circulatory support with low-dose vasoactive agents were included in the study. Each continuous variable (ultrasonographic indices, age, height, weight, central venous pressure) was summarized by descriptive statistics, the distribution of variables was examined, and the correlation was quantified by Spearman correlation. The analysis was performed in the entire data set as well as in individual patient subgroups.

Results: In the group of all measurements, the collapsibility index of the internal jugular vein in B mode (-0.58 , $p < 0.001$), the collapsibility index of the internal jugular vein in M mode (-0.45 , $p < 0.001$), and the ratio of the internal jugular vein in 30- and 0-degree position (0.43 , $p < 0.001$) had the highest correlation with central venous pressure. In the group of spontaneously ventilated patients, the highest correlation with central venous pressure was also found for the collapsibility index of internal jugular vein in B mode (-0.51 , $p < 0.001$), and in patients on artificial pulmonary ventilation for the collapsibility index of internal jugular vein in B mode (-0.55 , $p < 0.001$) and the distensibility index of internal jugular vein in B mode (-0.55 , $p < 0.001$). The correlation of the ratio of the internal jugular vein and common carotid artery with central venous pressure was low in all measurements group (0.25 , $p < 0.05$), low in the spontaneously ventilated group (0.3 , $p < 0.05$) and none in the artificially ventilated group (0.04).

Conclusion: The results of the present study suggest that ultrasonographically obtained cervical vessel indices may provide a non-invasive, easily repeatable, bedside alternative to central venous pressure examination in the estimation of intravascular filling in critically ill pediatric patients.

Key words: ultrasonography, central venous pressure, cervical vessels, correlation.

Úvod

Zabezpečenie adekvátneho intravaskulárneho objemu tekutín a hemodynamická stabilizácia predstavujú jednu z kľúčových úloh v resuscitačnej starostlivosti o kriticky chorých pacientov. Neliečená hypovolémia rovnako ako hypervolémia dokázateľne zvyšuje morbiditu a mortalitu pacientov [1, 2]. Monitorovanie intravaskulárnej tekutinovej náplne pacienta je preto dôležité pri rozhodovaní o ďalšej terapeutickej intervencii. Aj keď sa v súčasnosti diskutuje úloha centrálného venózneho tlaku (CVT) v hodnotení preloadu a intravaskulárnej náplne pacienta [3], napriek tomu stále ide o využívaný a významný spôsob hemodynamického monitoringu v intenzívnej medicíne [4, 5, 6, 7]. Zavedenie centrálného venózneho katétra (CVK) je však invazívny, časovo často náročný výkon spojený s viacerými komplikáciami. V súčasnosti sa preto intenzívne študujú neinvazívne techniky hodnotenia tekutinovej náplne pacienta. Ultrasonografické (USG) vyšetrenie priemerov a indexov ciev by pre svoju dostupnosť, rýchlosť, opakovateľnosť a neinvazívnosť mohlo predstavovať ideálnu *bedside* techniku. Využívanie cieleného USG vyšetrenia (POCUS – *Point of Care Ultrasound*) intenzivistami sa v posledných rokoch výrazne zvýšilo a signifikantne zlepšilo kvalitu starostlivosti o kriticky chorých pacientov. Využitie USG zameraných priemerov dolnej dutej žily (VCI – *vena cava inferior*) a ich respiračná variácia na hodnotenie intravaskulárneho objemu tekutín u širokého spektra dospelých (a vo výrazne menšej miere aj detských) pacientov bola cieľom výskumu v početných štúdiách od roku 1979 [8, 9, 10, 11] a spája sa s prijateľnými výsledkami. Medzinárodné odporúčania pre cielené USG vyšetrenie kriticky chorých novorodencov a detí vypracované Európskou spoločnosťou pediatrikej a neonatálnej intenzívnej starostlivosti (*European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care – ESPNIC*) opisujú využitie veľkosti VCI a jej variáciu počas kardiorepiračného cyklu v semikvantitatívnom hodnotení preloadu a intravaskulárnej náplne u novorodencov a detí [12]. Uvádza sa však, že približne u 10 – 20 %

pacientov nie je vyšetrenie VCI možné vzhľadom na výraznú obezitu, stavy po brušných operáciách a následné operačné rany, meteorizmus, zvýšený intraabdominálny tlak či vonkajší útlak [13]. V týchto prípadoch by mohlo byť prospešné USG vyšetrenie krčných ciev, ktoré má niekoľko výhod, ako ľahšia dostupnosť cieľového miesta vyšetrenia, povrchovejšie uložené cievy, rýchlejšie meranie a predovšetkým odpadajú limitácie vyšetrenia brušných ciev.

Cieľom predloženej práce bolo stanovenie korelácie medzi invazívne nameraným CVT a neinvazívne získanými USG indexmi krčných ciev u detských pacientov.

Súbor a metódy

Prospektívna observačná štúdia. Projekt štúdie bol schválený etickou komisiou Jesseniovej lekárskej fakulty v Martine Univerzity Komenského v Bratislave (JLF UK) s kódom EK 2/2023. Zber dát prebiehal u pacientov hospitalizovaných na Klinike detskej anestéziológie a intenzívnej medicíny (KDAIM) Univerzitnej nemocnice Martin a JLF UK. U pacientov zaradených do súboru sa vykonalo porovnanie invazívne nameraného CVT a neinvazívne USG získaných indexov. Inklúzne kritériá na zaradenie pacientov zahŕňajú detských pacientov od novorodeneckého veku do nedovršných 19 rokov vyžadujúcich hospitalizáciu na KDAIM so zavedeným CVK a monitoringom CVT. Podmienkou bol CVK zavedený v správnej polohe v hornej dutej žile, kavoatriálnej junkcii, resp. na vstupe do pravej srdcovej predsieni, verifikovaný RTG snímkom hrudníka. Zaradení boli spontánne ventilujúci pacienti, resp. pacienti s nutnosťou umelej pľúcnej ventilácie (UPV) so špičkovým inspiračným tlakom (Ppeak) maximálne 30 cm H₂O vrátane a end-expiračným tlakom (PEEP) maximálne 6 cm H₂O vrátane, dychový objem 8 – 10 ml/kg a bez spontánnej dychovej aktivity. Zaradení boli hemodynamicky stabilní pacienti, prípadne pacienti s podporou obehu vazoaktívnymi látkami v nízkych dávkach (noradrenalin < 0,5 µg/kg/min). Exklúzne kritériá

predstavovali pacienti s diagnostikovanými ťažkými, hemodynamicky významnými vrodenými aj získanými kardiálnymi chybami (vrátane chlopňových chýb), pacienti s CVK zavedeným cestou dolnej dutej žily, s bilaterálne zavedeným CVK, resp. pacienti s trombózou krčných ciev alebo hornej dutej žily. U jedného pacienta mohli byť realizované najviac dve merania, pokiaľ spĺňal inklúzne kritériá ako pri spontánnej ventilácii, tak aj pri umelej pľúcnej ventilácii.

USG vyšetrenie bolo realizované v štandardnej supinačnej polohe s elevovanou hornou časťou tela o 15°, v horizontálnej 0° supinačnej polohe a v polohe s eleváciou hornej časti tela o 30°. Na vyšetrenie bol využitý ultrasonograf SonoSite M-Turbo, Versana Premier, lineárna (10 – 5 MHz) a lineárna „hockey-stick“ (13 – 6 MHz) USG sonda. Vyšetrenie vykonali anesteziológovia a detskí intenzivisti konvenčne trénovaní v bedside ultrasonografii využívanej v klinickej praxi na KDAIM. Pred a po USG vyšetrení zdravotná sestra zmerala hodnotu CVT. CVT je odčítavaný z monitora Phillips po prepojení distálneho portu CVK s prevodníkom a monitorom. CVT sa vyšetruje vo vodorovnej supinačnej polohe po kalibrácii a vynulovaní prevodníka v strednej axilárnej čiare na úrovni srdca. CVT vyšetří iný zdravotnícky pracovník ako ten, čo vykonáva USG vyšetrenie ciev.

U všetkých pacientov (spontánne ventilujúcich aj na UPV) boli vyšetrené USG indexy: index kolapsibility (IC) VJI v B a M USG móde, pomer VJI/ACC a VJI 30/0. U pacientov na UPV boli navyše vyšetrené indexy distenzibility (ID) VJI v B a M USG móde.

Postup ultrasonografického vyšetrenia vena jugularis interna (VJI) a arteria carotis communis (ACC)

Lineárna USG sonda sa aplikuje na krk transversálne, laterálne od hrta na v úrovni prstencovej chrupavky u pacienta v 15° supinačnej polohe bez podloženia hlavy (Obr. 1). Použije sa dostatočné množstvo gélu brániace priamemu kontaktu sondy s kožou pacienta a vyvíja sa minimálny tlak na sondu pre minimalizáciu kompresie ciev. Na základe kompresibility cievy, hrúbky steny a prítomnosti pulzácie je identifikovaná artéria a vena s verifikáciou dopplerovským vyšetrením. Následne je zaznamenaný najväčší priemer ACC a priemer VJI na konci inšpiria a expiria.

- Index kolapsibility VJI je definovaný podľa formuly:

$$[(\text{Max priemer} - \text{Min priemer}) / (\text{Max priemer})] \times 100 \%$$
- Index distenzibility VJI u pacientov na UPV je definovaný podľa formuly:

$$[(\text{Max priemer} - \text{Min priemer}) / (\text{Min priemer})] \times 100 \%$$
(Maximálny pred-zadný priemer VJI zodpovedá priemeru VJI na konci expiria a minimálny priemer zodpovedá priemeru VJI na vrchole inšpiria u spontánne ventilujúcich pacientov, u mechanicky ventilovaných pacientov maximálny priemer zodpovedá priemeru VJI na vrchole inšpiria a minimálny priemer zodpovedá priemeru VJI na konci expiria.)
- Pomer priemeru vena jugularis interna a arteria carotis communis sa vypočíta podľa formuly: VJI/ACC
(VJI – maximálny priemer VJI zodpovedá priemeru VJI na konci expiria u spontánne ventilujúceho pacienta, priemeru VJI na vrchole inšpiria u mechanicky ventilovaného pacienta, ACC – maximálny priemer ACC na vrchole systoly.)

Obr. 1. USG vyšetrenie VJI a ACC. 1 – miesto vyšetrenia krčných ciev na úrovni prstencovej chrupavky, 2 – minimalizácia kontaktu s kožou a kompresie ciev, 3 – zobrazenie ciev, VJI – vena jugularis interna, ACC – arteria carotis communis (zdroj: archív autorov)



Tab. 1. Deskriptívna štatistika spojených premenných

Premenná	n	NA	Priemer	Medián	SD	IQR	SEM
IC B VJI	78	23	24,8	20,8	15,8	24,1	1,8
IC M VJI	73	28	31,4	28,1	18,0	26,8	2,1
VJI/ACC	84	17	1,2	1,2	0,4	0,5	0,0
VJI 30/0	78	23	0,6	0,6	0,2	0,4	0,0
Vek	101	0	6,6	5,5	5,6	9,5	0,6
Váha	101	0	27,2	22,0	19,9	24,0	2,0
Výška	101	0	116,1	120,0	39,5	59,0	3,9
CVT priemer	101	0	5,5	5,0	3,1	5,0	0,3

n – počet pozorovaní, NA – chýbajúce pozorovania, SD – smerodajná odchýlka, IQR – medzikvartilový rozsah, SEM – štandardná chyba priemeru

Postup USG vyšetrenia vena jugularis interna v 0° a 30° polohe

S rovnakým postupom ako pri predchádzajúcom vyšetrení VJI sú zaznamenaná veľkosť/priemer VJI v inšpiriu a expiriu v supinačnej horizontálnej 0° polohe. Následne je vyšetrenie zopakované po elevácii hornej polovice tela do 30° polohy. Pomer priemeru VJI v 30° a 0° polohe (VJI 30/0) sa vypočítal podľa formuly: VJI 30/0 = maximálny priemer VJI v 30° polohe/maximálny priemer VJI v 0° polohe. Namerané hodnoty boli následne zaznamenané spolu so základnými demografickými údajmi do protokolu a podrobené štatistickej analýze.

Štatistická analýza dát

Každá spojitá premenná bola sumarizovaná podľa počtu pozorovaní, počtom chýbajúcich hodnôt, priemerom, mediánom, smerodajnou odchýlkou, medzikvartilovým rozsahom a štandardnou chybou priemeru (Tab. 1, Tab. 2). Distribúcia spojených premenných bola vizualizovaná pomocou krabicového grafu (boxplotu) (Obr. 2). Vzťah medzi dvomi spojitými premennými bol vizualizovaný bodovým grafom (scatterplotom) a kvantifikovaný Spearmanovou koreláciou (Obr. 3, Obr. 4, Obr. 5, Obr. 6). Spearmanova korelácia bola spočítaná pre súbor všetkých meraní a taktiež pre podskupiny spontánne ventilujúcich pacientov a pacientov na UPV.

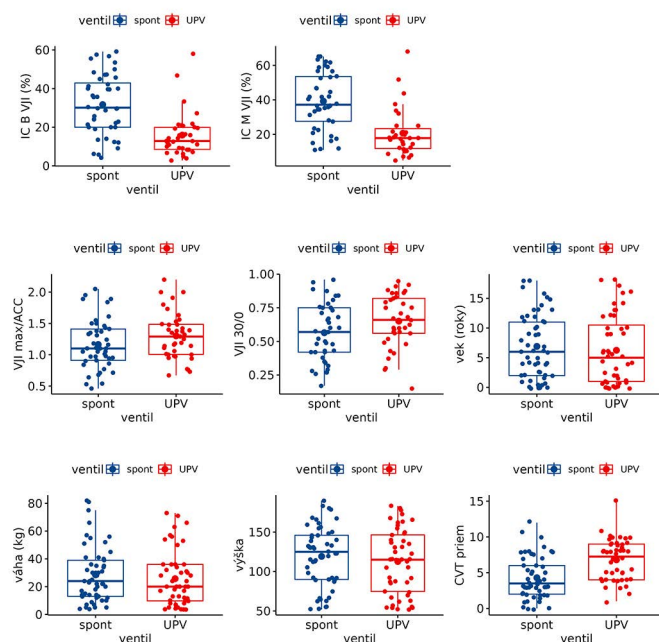
Výsledky

Do štúdie bolo zaradených 77 pacientov, u ktorých bolo realizovaných spolu 101 meraní. U niektorých pacientov sa z objektívnych príčin nedali vyšetří všetky uvedené indexy. V súbore boli mierne častejšie zastúpení chlapci (42, tj. 54,5 %) oproti dievčatám (35, tj. 45,5 %). Priemerný vek bol 6,6 roka (najmladší 0 rokov (23 dní), najstarší 18 rokov), priemerná váha 27,2 kg (najľahší 3,5 kg, najťažší 82 kg). Podrobnejšie demografické údaje

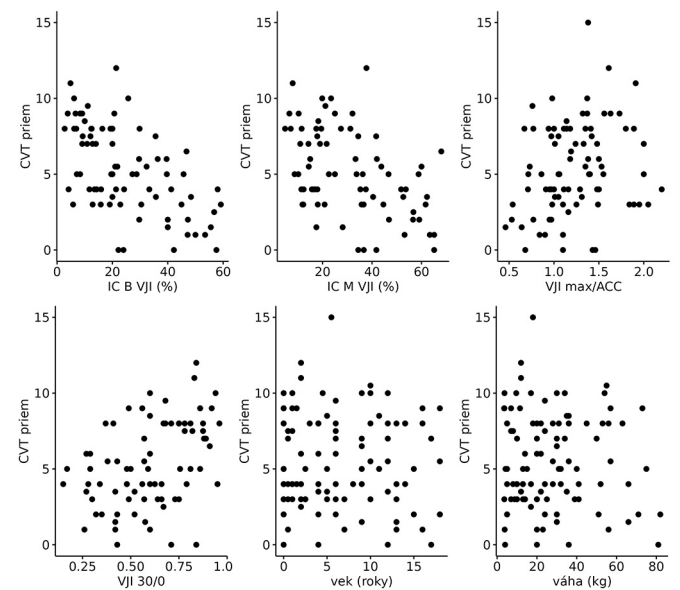
Tab. 2. Deskriptívna štatistika podľa druhu ventilácie

Premenná	Ventil	n	NA	Priemer	Medián	SD	IQR	SEM
CVT pr	spont	53	0	4,3	3,5	2,9	4,0	0,4
CVT pr	UPV	48	0	6,8	7,3	2,8	5,0	0,4
IC B VJI	spont	44	9	31,7	30,1	15,3	22,9	2,3
IC B VJI	UPV	34	14	15,9	12,8	11,6	11,4	2,0
IC M VJI	spont	42	11	39,2	37,2	16,5	25,9	2,6
IC M VJI	UPV	31	17	20,7	17,9	14,0	11,5	2,5
VJI 30/0	spont	41	12	0,6	0,6	0,2	0,3	0,0
VJI 30/0	UPV	37	11	0,7	0,7	0,2	0,3	0,0
VJI/ACC	spont	45	8	1,2	1,1	0,4	0,5	0,1
VJI/ACC	UPV	39	9	1,3	1,3	0,4	0,5	0,1
Vek	spont	53	0	6,9	6,0	5,5	9,0	0,8
Vek	UPV	48	0	6,3	5,0	5,8	9,5	0,8
Výška	spont	53	0	119,2	125,0	38,2	56,0	5,2
Výška	UPV	48	0	112,7	115,0	41,0	71,8	5,9
Váha	spont	53	0	28,5	24,0	20,0	26,0	2,8
Váha	UPV	48	0	25,7	20,0	19,8	26,3	2,9

n – počet pozorovaní, *NA* – chýbajúce pozorovania, *SD* – smerodajná odchýlka, *IQR* – medzikvartilový rozsah, *SEM* – štandardná chyba priemeru, *CVT pr* – priemerný CVT, *spont* – spontánna ventilácia, *UPV* – umelá pľúcna ventilácia

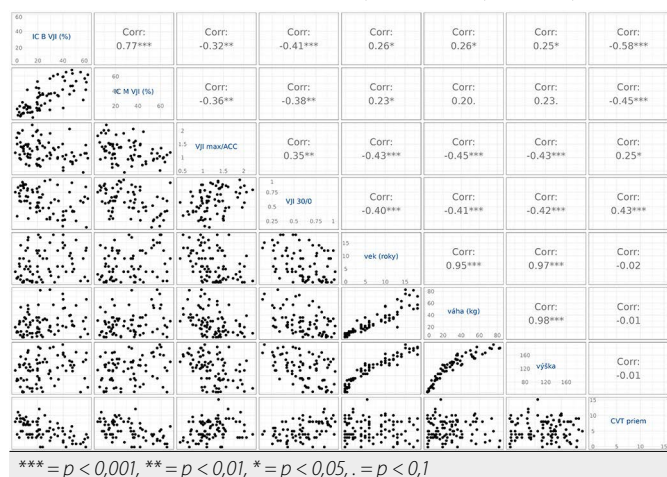
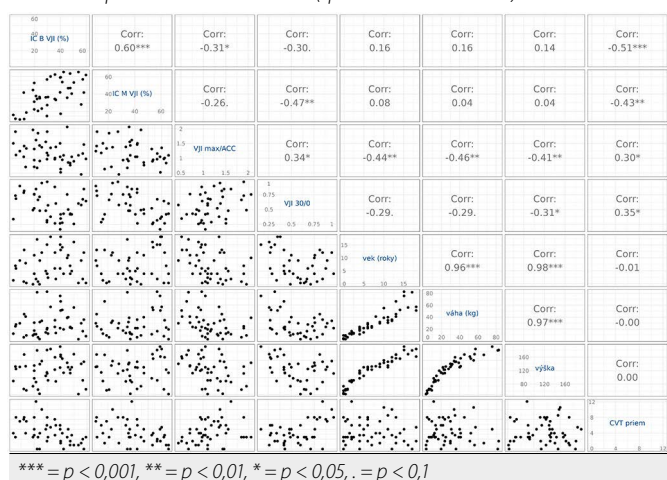
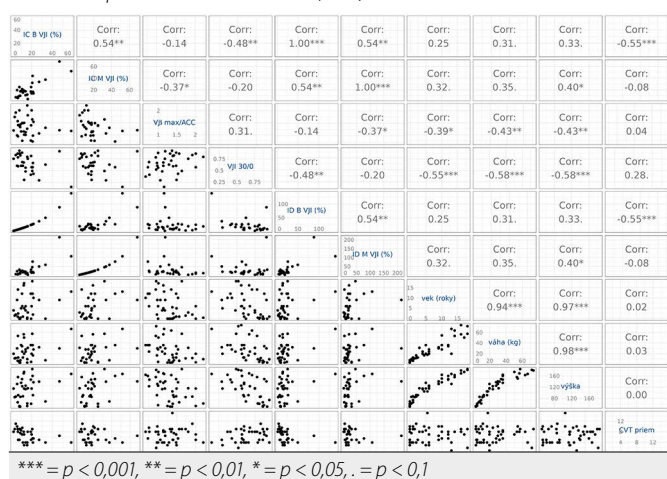
Obr. 2. Krabicové grafy spojitých premenných (všetky merania)

obsahuje Tabuľka 1 a Tabuľka 2. Najčastejšou základnou diagnózou pacientov v súbore bola akútna respiračná insuficiencia, nasledovaná sepsou a status epilepticus. V 13 prípadoch (12,9 %) bolo meranie vykonané pri vazoaktívnej podpore kontinuálnym noradrenalínom (v dávke od 0,02 do 0,1 $\mu\text{g/kg/min}$), v ostatných prípadoch (88, t.j. 87,1 %) bolo realizované u pacientov bez vazoaktívnej, resp. inotropnej podpory krvného obehu. 53 meraní bolo realizovaných u spontánne ventilujúcich pacientov (52,5 %), 48 u pacientov na UPV (47,5 %). Priemerný CVT (počítaný ako priemer z dvoch meraní – pred a po USG vyšetrení) z celého počtu meraní bol 5,5 mmHg (najnižší 0, najvyšší 15 mmHg), priemerný CVT u spontánne ventilujúcich pacientov bol 4,3 mmHg (najnižší 0, najvyšší 12 mmHg) a u pacientov na UPV 6,8 mmHg (najnižší 1, najvyšší 15 mmHg).

Obr. 3. Bodový graf CVT a spojitých premenných (všetky merania)

Vykonal sa štatistická analýza dát na stanovenia korelácie medzi USG indexmi a CVT. V prvom kroku bola realizovaná analýza celého súboru dát, následne analýza meraní u spontánne ventilujúcich pacientov a analýza meraní u pacientov na UPV. Výsledky deskriptívnej štatistiky sú zosumarizované v Tabuľke 1 a Tabuľke 2.

V skupine všetkých meraní bola najvyššia korelácia s CVT pri IC VJI v B móde ($-0,58$, $p < 0,001$) a IC VJI v M móde ($-0,45$, $p < 0,001$). Druhá najvyššia korelácia s CVT v skupine všetkých meraní bola pri VJI 30/0 ($0,43$, $p < 0,001$). Korelácia VJI/ACC s CVT vyšla nízka ($0,25$, $p < 0,05$). V skupine meraní u spontánne ventilujúcich pacientov vyšla najvyššia korelácia s CVT taktiež pri IC B VJI ($-0,51$, $p < 0,001$), nižšia pri IC M VJI ($-0,43$, $p < 0,01$). Nízka korelácia s CVT bola pri VJI 30/0 ($0,35$, $p < 0,05$) a najnižšia pri VJI/ACC ($0,3$, $p < 0,05$). V skupine meraní u pacientov na UPV vyšla najvyššia korelácia s CVT pri IC B

Obr. 4. Spearmanova korelácia spojitých premenných (všetky merania)**Obr. 5.** Spearmanova korelácia (spontánna ventilácia)**Obr. 6.** Spearmanova korelácia (UPV)

VJI (-0,55, $p < 0,001$) a ID B VJI (-0,55, $p < 0,001$), ktoré sú kolinéárne. Slabá korelácia s CVT bola prítomná pri VJI 30/0 (0,28, $p < 0,1$) a žiadna pri ID M VJI (-0,08), IC M VJI (-0,08) a VJI/ACC (0,04). Korelácia medzi vekom, výškou, váhou a CVT bola blízka nule vo všetkých skupinách meraní.

Diskusia

Predložený rukopis predstavuje pilotnú štúdiu porovnania uvedených USG parametrov a CVT v pediatrickej populácii. Podľa našich informácií

nebola doposiaľ obdobná komplexná štúdia stanovujúca koreláciu medzi všetkými uvedenými USG indexami krčných ciev a CVT u detí vykonaná.

V našom súbore bolo realizovaných spolu 101 meraní u 77 detských pacientov. Z objektívnych príčin, ako fixačný krčný golier, fraktúry stavcov znemožňujúce polohovanie pacienta, hematómy po punkcii cievy, traumatické poranenia krku, trombóza a podobne, nebolo možné pri všetkých meraniach vždy vyšetriť všetky USG indexy (od 73 – 84 meraní pri jednotlivých parametroch). V súbore boli zastúpené všetky vekové kategórie detského veku (od neskoršieho novorodeneckého po adolescentov) a mierne prevládali chlapci (54,5 %). Zaradení do štúdie boli ako spontánne ventilujúci pacienti (52,5 %), tak aj pacienti na UPV (47,5 %), nakoľko v intenzívnej medicíne sú zastúpené obe formy ventilácie. Použité boli pomerne prísne inklúzne kritériá. Pacienti na UPV museli spĺňať predpísané ventilačné parametre (predovšetkým dostatočný dychový objem, neprítomnosť spontánnej dychovej aktivity pri UPV a maximálny PEEP), aby sme minimalizovali ovplyvnenie CVT a respiračnej variácie ciev ventilátorom. Zaradení neboli pacienti s asistovanými ventilačnými režimami (s prítomnou spontánnou dychovou aktivitou pri UPV) a pacienti s neinvazívnou ventilačnou podporou. V týchto situáciách sú zmeny intratorakálnych tlakov nepredvídateľné (rôzny príspevok spontánneho úsilia pacienta a ventilátora počas dychového cyklu) a ovplyvnenie variácie ciev nejasné [14]. Do súboru boli zaradení aj pacienti s nízkou dávkou vazoaktívnej podpory (noradrenalín $< 0,5 \mu\text{g/kg/min}$), nakoľko určitá vazopresorická podpora je v intenzívnej medicíne častá, nie je jednoznačne dokázaný efekt nízkodávkovej podpory na CVT, resp. priemer ciev, a vylúčenie týchto pacientov by významne limitovalo využitie USG v praxi intenzívnej medicíny.

Výraznou zmenou oproti predchádzajúcim štúdiám analyzujúcim vzťah medzi USG indexmi a CVT u detských pacientov bolo zaradenie len pacientov s CVK zavedeným cez hornú dutú žilu do kavoatriálnej junkcie, resp. vstupu do pravej srdcovej predsieni. U detských pacientov je bežné zavádzanie CVK cestou femorálnych žíl, avšak tieto katetre často končia v abdominálnej časti VCI, prípadne v iliackých vénach, nie v pravej srdcovej predsieni. Umiestnenie konca CVK v abdomene môže byť výraznejšie ovplyvnené externými faktormi v porovnaní s katetrami zavedenými cez hornú dutú žilu [15, 16]. Správna poloha CVK je základnou podmienkou presného merania CVT. Okrem samotnej tekutinovej náplne a tlaku v pravej srdcovej predsieni je CVT ovplyvnený aj torakálnymi, perikardiálnymi, abdominálnymi tlakmi a zmenami venózneho návratu [17]. Preto sa jeho využitie odporúča ako súčasť multimodálneho hemodynamického monitoringu, predovšetkým u nestabilných pacientov refraktérnych na iniciálnu terapiu, avšak s nutnosťou poznania jeho limitácií a patofyziologických zmien pri prebiehajúcom ochorení [7].

Za jedno z najzásadnejších zistení našej práce považujeme nálezy významných korelácií s CVT v skupine všetkých meraní pri IC B VJI, IC M VJI a VJI 30/0 (Obr. 4).

Index kolapsibility (IC) VJI má signifikantnú stredne silnú negatívnu koreláciu s CVT ako v B (-0,58, $p < 0,001$), tak aj v M USG móde (-0,45, $p < 0,001$). Z uvedeného vyplýva, že čím vyššia hodnota IC VJI, tým nižší bude CVT a naopak, taktiež vyššia miera korelácie pri meraní v B USG móde (Obr. 4). Tieto naše výsledky súhlasia s prácou Killu a kol.

(dospelí pacienti), u ktorých IC VJI ≥ 39 % koreloval s hypovolémiou [18]. Jassim a kol. našli významnú koreláciu medzi IC VJI (meraným v 0° aj 30° polohe pacienta) a CVT u spontánne ventilujúcich dospelých pacientov, pričom vyššia bola v 30° polohe [7]. Taktiež Chawang a kol. našli štatisticky signifikantnú koreláciu medzi IC VJI (v 0° a 30° polohe) a CVT u spontánne ventilujúcich dospelých pacientov v šoku, významnejšia bola rovnako v 30° polohe [19]. V našej práci bola stredne silná a signifikantná negatívna korelácia IC B VJI s CVT taktiež v podskupine spontánne ventilujúcich pacientov ($-0,51$, $p < 0,001$) aj pacientov na UPV ($-0,55$, $p < 0,001$). V podskupine pacientov na UPV sme taktiež stanovovali koreláciu CVT s indexom distenzibility (ID) VJI, analógovo k využívaniu ID u ventilovaných pacientov pri VCI. V našom súbore bola prítomná stredne silná signifikantná korelácia ID B VJI s CVT ($-0,55$, $p < 0,001$). Pri meraniach v M móde bola korelácia blízka nule. Z uvedeného vyplýva, že IC VJI a ID VJI signifikantne koreluje s CVT pri realizovaní meraní v B a M móde. V súčasnosti nám nie je jednoznačne známy dôvod prítomnej korelácie v B móde a neprítomnej v M móde. Jedným z dôvodov môže byť akcidentálna výraznejšia kompresia cievy pri prepínaní ultrasonografu do M módu a zaznamenávania slučky, resp. mierne podhodnocovanie priemeru cievy v M móde.

VJI 30/0 má podľa našich výsledkov pozitívnu, stredne silnú, signifikantnú koreláciu ($0,43$, $p < 0,001$) s CVT v skupine všetkých meraní. Tieto zistenia súhlasia s prácou Hilbert a kol., ktorí v štúdiu na ventilovaných dospelých pacientoch po kardiochirurgickom výkone zistili koreláciu medzi VJI 30/0 a CVT, pričom optimálnu hranicu VJI 30/0 predikujúcu nízke CVT (≤ 7 cm H₂O [$5,1$ mmHg]) stanovili na $< 0,45$ [20]. Meranie priemeru VJI pred a po zmene polohy vnáša do vyšetrenia dynamický komponent zmeny náplne VJI, napodobňujúci dynamickú odpoveď CVT po podaní bolusu tekutín alebo pasívneho zdvihnutia nôh [20, 21]. U pediatrických pacientov zatiaľ obdobná štúdia neprebehla. Podľa našich výsledkov je limitáciou využitia VJI 30/0 predovšetkým podskupina ventilovaných pacientov, kde bola korelácia s CVT nevýznamná.

Pilotnú štúdiu využitia USG získaného pomeru VJI/ACC v predikcii CVT realizoval Bailey a kol. na piatich detských pacientoch s popáleniami, kde výsledky práce naznačovali, že pacienti s pomerom VJI/ACC prierezovej plochy 2 a viac (veľkosť VJI je minimálne dvakrát väčšia ako veľkosť ACC) majú CVT aspoň 10,9 cm H₂O (8 mmHg) [22]. Hossein-Nejad a kol. dokázali silnú a signifikantnú koreláciu medzi pomerom VJI/ACC

a CVT u dospelých spontánne ventilujúcich pacientov, s východiskovou hodnotou pomeru VJI/ACC < 2 signalizujúcim CVT < 10 cm H₂O (7,4 mmHg) [23]. Bano a kol. však v štúdiu na dospelých pacientoch, kde už 51 % bolo ventilovaných, zistili, že prediktívna hodnota VJI/ACC pri východiskovej hodnote < 2 bola nesignifikantná, a preto navrhli novú východiskovú hodnotu VJI/ACC $< 1,75$, ktorá spoľahlivejšie predpovedala CVT < 10 cm H₂O (7,4 mmHg) [24]. Naše výsledky sú v rozpore s uvedenými prácami, nakoľko korelácia VJI/ACC s CVT bola slabá a nevýznamná ako v skupine všetkých meraní, tak v jednotlivých podskupinách pacientov.

Demografické údaje ako vek, výška a váha v našom súbore s CVT nekorelujú ani v jednej skupine meraní, čo naznačuje využiteľnosť uvádzaných výsledkov v celom sledovanom spektre pediatrických pacientov, od neskoršieho novorodeneckého veku až po adolescentov.

Vzhľadom na uvedené výsledky a prítomné signifikantné korelácie predpokladáme, že by vyšetrenie krčných ciev mohlo predstavovať alternatívu vyšetrenia VCI a v predloženej štúdiu budeme pokračovať. Limitáciami našej práce sú predovšetkým údaje pochádzajúce len z jedného centra, menší počet meraní a nezariadenie výrazne hemodynamicky nestabilných pacientov s nutnosťou vyšších dávok vazopresorov, inotropie, prípadne ich kombinácie. Potrebne je ďalšie vedecké skúmanie, stanovenie prediktívnej sily jednotlivých parametrov, a to predovšetkým v populácii detských pacientov.

Záver

Výsledky predloženej práce naznačujú, že USG vyšetrenie indexov krčných ciev – indexu kolapsibility VJI, indexu distenzibility VJI a pomeru VJI v 0° a 30° polohe – by mohlo predstavovať neinvazívnu, ľahko opakovateľnú, bezpečnú bedside techniku odhadu CVT kriticky chorých detských pacientov. Predovšetkým v situáciách, keď by bolo zavedenie CVK z časového a technického hľadiska náročné. Zároveň by mohlo predstavovať alternatívu nápomocnú pri rozhodovaní o ďalšom terapeutickom procese, analógovo k využívaniu kardiorespiračnej variácie dolnej dutej žily. Naopak pomer VJI a ACC podľa našich výsledkov s CVT nekoreluje. Ako bolo uvedené, ide o pilotnú štúdiu v detskej populácii s cieľom stanoviť koreláciu, nutné bude ďalšie vedecké skúmanie a predovšetkým stanovenie prediktívnej sily jednotlivých USG parametrov v predpovedi CVT.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. **Podíl autorů:** Všichni autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. BT 60 %, GM 15 %, CM 10 %, HP 5 %, BI 5 %, NS 5 %. **Financování:** N/A. **Projednání etickou komisí:** Etická komise Jesseniovej lékařské fakulty v Martine Univerzity Komenského v Bratislave, kód: EK 2/2023.

LITERATÚRA

1. Fathi EM, Narchi H, Chedid F. Noninvasive hemodynamic monitoring of septic shock in children. World J Methodol. 2018 Jun 28;8(1):1-8. doi: 10.5662/wjm.v8.i1. 1.
2. Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, Walley KR, Russell JA. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. Crit Care Med. 2011 Feb;39(2):259-65.
3. Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. Crit Care Med. 2013;41:1774-81. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828a25fd.
4. Cecconi M, Hofer C, Teboul J-L, Pettiti V, Wilkman E, Molnar Z, et al. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: A global inception cohort study. Intensive Care Med. 2015 Sep;41(9):1529-1537. doi: 10.1007/s00134-015-3850-x.
5. Kastrup M, Markewitz A, Spies C, Carl M, Erb J, Grosse J, et al. Current practice of hemodynamic monitoring and vasopressor and inotropic therapy in post-operative cardiac surgery patients in Germany: results from a postal survey. Acta Anaesthesiol Scand. 2007 March;51(3):347-58. doi: 10.1111/j.1399-6576.2006.01190.x.
6. Watson RS et Thompson AE. Pediatric intensive care. Oxford University Press; 2017.

7. Singh Y, Villaescusa JU, Da Cruz EM, Tibby SM, Bottari G, Saxena R, et al. Recommendations for hemodynamic monitoring for critically ill children-expert consensus statement issued by the cardiovascular dynamics section of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care*. 2020;24(1):620.
8. Natori H, Tamaki S, Kira S. Ultrasonographic Evaluation of Ventilatory Effect on Inferior Vena Caval Configuration. *Am Rev Respir Dis*. 1979;120(2):421-7.
9. Si X, Xu H, Liu Z, Wu J, Cao D, Chen J, et al. Does Respiratory Variation in Inferior Vena Cava Diameter Predict Fluid Responsiveness in Mechanically Ventilated Patients? A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesth Analg*. 2018 Nov;127(5):1157-1164. doi: 10.1213/ANE.0000000000003459.
10. Huang H, Shen Q, Liu Y, Xu H, Fang Y. Value of Variation Index of Inferior Vena Cava Diameter in Predicting Fluid Responsiveness in Patients With Circulatory Shock Receiving Mechanical Ventilation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care*. 2018 Aug;22(1):204. doi: 10.1186/s13054-018-2063-4.
11. Ilyas A, Ishtiaq W, Assad S, Ghazanfar H, Mansoor S, Haris M, et al. Correlation of IVC Diameter and Collapsibility Index With Central Venous Pressure in the Assessment of Intravascular Volume in Critically Ill Patients. *Cureus*. 2017 Feb;9(2):e1025. doi: 10.7759/cureus.1025.
12. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, Yousef N, Cortes RG, Lopez J, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care*. 2020 b;24:65. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9>.
13. Jassim HM, Naushad VA, Khatib MY, Chandra P, Abuhmaira MM, Koya SH, et al. IJV Collapsibility Index vs IVC Collapsibility Index by Point of Care Ultrasound for Estimation of CVP: A Comparative Study With Direct Estimation of CVP. *Open Access Emerg Med*. 2019 Apr;11:65-75. doi: 10.2147/OAEM.S176175.
14. Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med*. 2016;42(7):1164-7.
15. Kusumastuti NP, Latief A, Pudjadi AH. Inferior Vena Cava/Abdominal Aorta Ratio as a Guide for Fluid Resuscitation. *J Emerg Trauma Shock*. 2021;14(4):211-2015.
16. Ng L, Khine H, Taragin BH, Avner JR, Ushay M, Nunez D. Does bedside sonographic measurement of the inferior vena cava diameter correlate with central venous pressure in the assessment of intravascular volume in children? *Pediatr Emerg Care*. 2013 March;29(3):337-41. doi: 10.1097/PEC.0b013e31828512a5.
17. Backer DD, Vincent J-L. Should we measure the central venous pressure to guide fluid management? Ten answers to 10 questions. *Crit Care*. 2018;22(1): 43. doi: 10.1186/s13054-018-1959-3.
18. Killu K, Coba V, Huang Y, Andrezejewski T, Dulchavsky S. Internal jugular vein collapsibility index associated with hypovolemia in the intensive care unit patients. *Critical Ultrasound Journal*. 2010;13-17. doi: <https://doi.org/10.1007/s13089-010-0034-3>.
19. Chawang HJ, Kaeley N, Bhardwaj BB, Chauhan U, Baid H, Asokan R, et al. Ultrasound-guided estimation of internal jugular vein collapsibility index in patients with shock in emergency department. *Turk J Emerg Med*. 2022; 22(4):206-2012.
20. Hilbert T, Ellerkmann RK, Klaschik S, Putensen C, Thudium M. The Use of Internal Jugular Vein Ultrasonography to Anticipate Low or High Central Venous Pressure During Mechanical Ventilation. *J Emerg Med*. 2016;50(4):581-7. doi: 10.1016/j.jemermed.2015. 11. 033.
21. Keller G, Desebbe O, Benard M, Bouchet JB, Lehot JJ. Bedside assessment of passive leg raising effects on venous return. *J Clin Monit Comput*. 2011 Aug;25(4):257-63. doi: 10.1007/s10877-011-9303-3.
22. Bailey JK, McCall J, Smith S, Kagan RJ. Correlation of internal jugular vein/common carotid artery ratio to central venous pressure: a pilot study in pediatric burn patients. *J Burn Care Res*. 2012;33(1):89-92. doi: 10.1097/BCR.0b013e318234d965.
23. Hossein-Nejad H, Mohammadinejad P, Ahmadi F. Internal jugular vein/common carotid artery cross-sectional area ratio and central venous pressure. *J Clin Ultrasound*. 2016;44(5):312-8. doi: 10.1002/jcu.22339.
24. Bano S, Qadeer A, Akhtar A, ur-Rehman HMA, Munawar K, Hussain SW. Measurement of Internal Jugular Vein and Common Carotid Artery Diameter Ratio by Ultrasound to Estimate Central Venous Pressure. *Cureus*. 2018;10(3):e2277. doi: 10.7759/cureus.2277.