

Caval filter – indications, extractions and complications

Kaválny filter – indikácie, extrakcie a komplikácie

Marek Hudák, Martin Koščo, Lucia Dekanová, Veronika Pavlíková, Mária Rašiová

Klinika angiológie UPJŠ LF a VÚSCH, a. s., Bratislava, Slovenská republika

Hudák M, Kosco M, Dekanova L, Pavlikova V, Rasiova M. **Caval filter – indications, extractions and complications.** Cardiology Lett. 2025;(34)1:29–40

Abstract: The inferior vena cava filter can prevent pulmonary embolism by mechanically capturing an embolus in the inferior vena cava. Despite its indisputable effectiveness in the prevention of pulmonary embolism in a selected group of patients, its use is associated with considerable controversy, especially in the last two decades. The introduction of extractable filters into clinical practice resulted in the emergence of a constellation of relative indications, and significantly increased the rate of filter implantation. This also led to a disproportionate increase in complications. The purpose of this article is to summarize the most current indications for filter insertion, and possible complications related to the use and extraction of the caval filter. Fig. 6, Tab. 1, Ref. 46, on-line full text (Free, PDF) www.cardiologyletters.sk

Key words: deep vein thrombosis – inferior vena caval filter – pulmonary embolism – indications for implantation – complications – retrieval

Hudák M, Koščo M, Dekanová L, Pavlíková V, Rašiová M. **Kaválny filter – indikácie, extrakcie a komplikácie.** Cardiology Lett. 2025;(34)1:29–40

Abstrakt: Kaválny filter môže mechanickým zachytením embolu v dolnej dutej žile zabrániť pľúcnej embólii. Napriek nespornej efektívnosti v prevencii pľúcnej embólie u vybranej skupiny pacientov je jeho použitie spojené so značnou kontroverznosťou, najmä v posledných dvoch dekádach. Zavedenie extrahovateľných filtrov do klinickej praxe vyústilo do vzniku skupiny relatívnych indikácií a významne zvýšilo mieru implantácie kaválneho filtra. To samozrejme viedlo aj k neúmernému nárastu komplikácií. Účelom tohto článku je zosumarizovať najaktuálnejšie indikácie na zavedenie filtra, možné komplikácie súvisiace s používaním a extrakciou kaválneho filtra. Obr. 6, Tab. 1, Lit. 46, on-line full text (Free, PDF) www.cardiologyletters.sk

Kľúčové slová: hlboká žilová trombóza – kaválny filter – pľúcna embólia – indikácie – komplikácie – extrakcia

Kaválny filter je zariadenie, ktoré sa zavádza do dolnej dutej žily u vybranej skupiny pacientov za účelom prevencie embolizácie do pľúcnice mechanickým zachytením a fixovaním embolu v dolnej dutej žile. Úplná prevencia pľúcnej embólie použitím kaválneho filtra v reálnych podmienkach nie je možná, pretože filter po zachytení embolu musí zostať dostatočne priechodný na to, aby sa zabránilo obštrukcii dolnej dutej žily s následnými závažnými hemodynamickými dôsledkami. Malé, zvyčajne klinicky nevýznamné (nie vždy) emboly môžu z filtra uniknúť. Vzhľadom na uvedené je vhodnejšie preformulovať vyššie uvedenú charakteristiku kaválneho filtra a namiesto všeobecného popisu „prevencia pľúcnej embólie“ používať popis „prevencia klinicky významnej pľúcnej embólie.“

Cieľom tohto článku je priniesť komplexný prehľad indikácií na zavedenie kaválnych filtrov, komplikácií súvisiacich s ich používaním, ako aj s ich extrakciou.

Typy kaválnych filtrov

Podľa možnosti extrakcie sa kaválne filtre rozdeľujú na extrahovateľné (niekedy nazývané aj dočasné) a trvalé (permanentné). V súčasnosti sa dominantne implantujú extrahovateľné filtre, pretože väčšinu z nich umožňuje výrobca použiť aj ako trvalé filtre. Okrem vyššie uvedených filtrov je k dispozícii aj najnovšia generácia tzv. konvertibilných filtrov, ktoré možno po skončení indikácie konvertovať krátkou endovaskulárnou procedúrou z uzavretej – filtrujúcej na otvorenú, nefiltrujúcu konfiguráciu (podobnú stentu), alebo konverzia nastáva spontánne (bez vonkajšieho zásahu) po približne 60 dňoch od implantácie. Cieľom vývoja konvertibilných filtrov bolo obmedziť potrebu invazívnej extrakcie filtra.

Indikácie

Základnou liečebnou možnosťou u pacientov s akútnym venóznym tromboembolizmom (VTE) je antikoagulačná liečba. Nemožnosť podávať antikoagulačnú liečbu v akútnej fáze VTE pre jej kontraindikácie alebo komplikácie predstavuje hlavnú indikáciu (absolútnu) na zavedenie kaválneho filtra. Nástup extrahovateľných

(dočasných) filtrov do klinickej praxe však spôsobil značné rozšírenie indikácií zavedenia kaválneho filtra o takzvané relatívne a profylaktické indikácie napriek nedostatku spoľahlivých dôkazov, ktoré by toto rozšírenie indikácií podporovali.

Výsledkom tak bolo nadužívanie filtrov, ktoré nie vždy súviselo s nemožnosťou podávania antikoagulačnej liečby. To malo za následok vydanie varovania FDA v roku 2010 s následným postupným poklesom počtu implantácií.

Kaválny filter sa tak stal veľmi kontroverznou medicínskou témou napriek nespornej efektívnosti v prevencii pľúcnej embólie u vybranej skupiny pacientov (1). **Tabuľka 1** (2 – 6) zobrazuje najaktuálnejšie odporúčania jednotlivých odborných spoločností, ktoré sa zaoberajú indikáciami implantácie kaválneho filtra. Z **tabuľky 1** je zjavné, že všetky spoločnosti sa okrem menších detailov zhodujú v tom, že hlavnou indikáciou na zavedenie kaválneho filtra je akútny venóznym tromboembolizmus a súčasne kontraindikácia antikoagulačnej liečby. Ide o konzervatívnejšie indikačné kritériá v porovnaní s rozšírenými, ktoré možno považovať už za prekonané.

Podľa konsenzu odborníkov ACCP (American College of Chest Physicians – Americká spoločnosť hrudných lekárov), ako aj ESC (Európska kardiologická spoločnosť) definujeme VTE ako hlbokú žilovú trombózu (HŽT) alebo pľúcnu embóliu (PE), pričom akútny VTE je definovaný ako VTE o trvaní do jedného mesiaca. Na základe odporúčaní v **tabuľke 1** môžeme konštatovať, že implantácia kaválneho filtra nie je zvažovaná pri každej HŽT, ale len u tzv. proximálnej HŽT dolnej končatiny. Ide o trombózu, ktorá z anatomickeho hľadiska postihuje hlboký žilový systém dolnej končatiny od v. poplitea (vrátane) proximálne. HŽT vén dolnej končatiny pod kolenom (distálne od v. poplitea), hornej končatiny alebo viscerálnych vén nie je indikovaná na implantáciu kaválneho filtra.

Antikoagulačná liečba VTE sa rozdeľuje na tri fázy: **iniciačná** (trvá niekoľko dní) – začiatkové podávanie antikoagulantov po diagnóze VTE, **terapeutická** fáza (trvá 3 mesiace) – hlavná liečebná fáza nasledujúca po iniciačnej fáze, po ktorej končí liečba akútnej príhody VTE. Posledná, tzv. **predĺžená** fáza sa indikuje len u vybranej skupiny pacientov s vysokým rizikom rekurencie VTE na zníženie rizika opakovaných príhod VTE. Ak je antikoagulačná liečba kontraindikovaná v iniciačnej alebo terapeutickú fázu a zároveň sú splnené časové

Tabuľka 1 Najaktuálnejšie odporúčania na zavedenie IVC filtra

Spoločnosť	Rok	Znenie
ESC (2)	2019	IVC filter by sa mal zvážiť u pacientov s PE a absolútnou kontraindikáciou antikoagulačnej liečby (IIa) IVC filter by sa mal zvážiť v prípade recidívy PE aj napriek terapeutickému antikoagulačnému liečeniu (IIa) Rutinné používanie IVC filtra sa neodporúča (III)
SIR (3)	2020	U pacientov s akútnou PE a kontraindikáciou antikoagulácie sa odporúča zvážiť IVC filter na základe rôznych klinických rizikových faktorov U pacientov s akútnou HŽT, bez PE a kontraindikáciou antikoagulácie sa odporúča zvážiť IVC filter na základe rôznych klinických rizikových faktorov U pacientov užívajúcich antikoagulačnú liečbu pre akútny VTE (HŽT, PE), u ktorých sa rozvinie kontraindikácia antikoagulačnej liečby, sa má zvážiť implantácia IVC filtra, a to v prípade pretrvávajúceho významného klinického rizika PE U pacientov, ktorí užívajú predĺženú antikoagulačnú liečbu pre VTE a majú ukončenú akútnu fázu liečby sa nemá IVC filter implantovať ani ak sa vyvinie kontraindikácia k antikoagulačnej liečbe U pacientov s recidívou VTE aj napriek adekvátnej antikoagulačnej liečbe sa neodporúča implantácia IVC filtra. Dôvody zlyhania antikoagulačnej liečby by sa mali vždy prešetriť Implantácia IVC filtra sa neodporúča, ak vznikne kontraindikácia antikoagulácie počas predĺženej fázy liečby, pričom hlavná fáza liečby (tri mesiace) pre akútny VTE je už ukončená U pacientov s akútnym VTE, ktorí sú liečení adekvátnou terapeutickou antikoagulačnou liečbou, sa neodporúča rutinná implantácia IVC filtra U pacientov po traume alebo chirurgickom zákroku bez známej akútnej epizódy VTE sa neodporúča rutinná implantácia IVC filtra v rámci primárnej profylaxie VTE
ASH (4)	2020	Pre pacientov s proximálnou HŽT a významným preexistujúcim kardio-pulmonálnym ochorením, ako aj pre pacientov s PE a hemodynamickou nestabilitou sa odporúča len samotná antikoagulačná liečba Poznámka: Tieto odporúčania sa vzťahujú na pacientov, u ktorých je antikoagulačná liečba možná. Pre pacientov s kontraindikáciou antikoagulačnej liečby sa môže indikovať implantácia extrahovateľného IVC filtra
ESVS (5)	2021	Implantácia dočasného IVC filtra sa odporúča u pacientov s proximálnou HŽT, ktorí majú absolútnu kontraindikáciu antikoagulácie počas úvodnej alebo hlavnej fázy liečby (tri mesiace) (I) Rutinná implantácia IVC filtra sa neodporúča u pacientov užívajúcich antikoagulačnú liečbu pre HŽT (III)
ACCP (6)	2021	IVC filter sa odporúča použiť u pacientov s akútnou proximálnou HŽT dolnej končatiny a kontraindikáciou antikoagulačnej liečby (pozn. liečebná fáza tri mesiace) IVC filter sa neodporúča použiť u pacientov s akútnou HŽT ako prídavnú terapiu k antikoagulačnej liečbe

ESC – Európska kardiologická spoločnosť; SIR – Spoločnosť intervenčnej rádiológie; ASH – Americká hematologická spoločnosť; ESVS – Európska spoločnosť pre cievnu chirurgiu; ACCP – Americká spoločnosť hrudných lekárov; VTE – venózný tromboembolizmus; IVC – dolná dutá žila; HŽT – hlboká žilová trombóza

a „anatomické“ kritériá VTE, potom sa indikuje implantácia kaválneho filtra.

Jasne vytýčiť kontraindikácie antikoagulačnej liečby nie je jednoduché, navyše sa kontraindikácie antikoagulačnej liečby odlišujú v závislosti od typu liečby (liečiva).

V literatúre sa najčastejšie uvádzajú tieto všeobecné kontraindikácie (7, 8):

- Aktívne, klinicky významné krvácanie
- Koagulopatia (hemoragická diatéza)
- Recentný veľký chirurgický výkon

- Akútne intrakraniálne krvácanie
- Nedodiferencovaná ťažká anémia
- Veľký úraz
- Trombocytopenia ($< 50 \times 10^9$)

V klinickej praxi sa nanešťastie môžeme stretnúť so situáciou, kedy dôjde k recidíve pľúcnej embólie (respektíve venózneho tromboembolizmu), a to aj napriek ordinovanej antikoagulačnej liečbe. Túto situáciu nazývame „zlyhanie“ antikoagulačnej liečby. Skutočnú recidívu VTE je niekedy ťažké odlíšiť od reziduálneho trombu po predchádzajúcej epizóde VTE pomocou zo-

brazovacích vyšetrovacích metód, pokiaľ nebol trombus identifikovaný v novej anatomickej lokalite.

Identifikovaných bolo viacero dôvodov zlyhania anti-koagulačnej liečby: suboptimálna adherencia k medikácii, liekové interakcie, nevhodné dávkovanie a anatomické poruchy, ktoré predisponujú k recidíve VTE.

K manažmentu tejto neľahkej klinickej situácie vzhľadom na indikáciu zavedenia kaválneho filtra nejestvuje ani ucelený konsenzuálny (medzi odbornými spoločnosťami) návod v aktuálne platných odporúčaniach. Podľa ESC z roku 2019 pre manažment PE sa má zvážiť implantácia kaválneho filtra v prípade zlyhania adekvátnej antikoagulačnej liečby (2). Najaktuálnejšie odporúčania spoločnosti ACCP, ESVS, ASH indikáciu kaválneho filtra v tejto situácii nešpecifikujú (4 – 6). Dá sa však dedukovať a predpokladať, že ak nie je antikoagulačná liečba kontraindikovaná, potom sa v nej má pokračovať aj napriek zlyhaniu a zároveň by sa mali vždy prešetriť dôvody zlyhania antikoagulačnej liečby. Spoločnosť intervenčnej rádiológie v odporúčaniach z roku 2020 pre manažment VTE neodporúča implantáciu kaválneho filtra u každého pacienta, u ktorého dôjde k zlyhaniu adekvátnej antikoagulačnej liečby (3). Dôvod zlyhania sa najprv musí dostatočne prešetriť.

Ak je však recidíva VTE objektívne potvrdená a zároveň neprítomné modifikovateľné problémy súvisiace s antikoagulačnou liečbou, ktoré mohli byť príčinou jej zlyhania, potom spoločnosť intervenčnej rádiológie pripúšťa možnosť implantácie kaválneho filtra aj napriek absencii jej kontraindikácie (3).

Veľmi zložitou a špecifickou problematikou je indikácia kaválneho filtra u tehotných žien. Tehotenstvo (najmä posledný trimester) a šestonedelie sú dobre známymi rizikovými faktormi pre VTE. Implantácia kaválneho filtra vystavuje matku a plod ionizujúcemu žiareniu. Zároveň v dôsledku fyziologických zmien, ktoré sa vyskytujú počas tehotenstva, môžu byť tehotné ženy vystavené zvýšenému riziku komplikácií v súvislosti s použitím kaválneho filtra. V dôsledku rozšírenej a zakrivenej dolnej dutej žily počas tehotenstva je vyššia pravdepodobnosť, že sa filter nakloní a/alebo migruje. Implantácia filtra infrarenálne je tiež spojená s kompresiou filtra gravidnou maternicou, čo môže viesť k migrácii alebo zlomeniu filtra. Navyše, vynechanie antikoagulačnej liečby u tehotných žien po implantácii filtra významne zvyšuje mieru jeho trombózy pre prirodzený trombofilný stav v tehotenstve.

Neistotu v súvislosti s implantáciou kaválneho filtra v tehotenstve dopĺňa aj skutočnosť, že doposiaľ žiadne randomizované klinické štúdie nehodnotili účinnosť a riziká implantácie kaválneho filtra v tehotenstve. Rovnako tak ani jednotlivé odborné spoločnosti vo svojich odporúčaniach nezohľadňujú a nešpecifikujú túto problematiku (ako je zjavné z **tabuľky 1**). Implantácia kaválneho filtra by sa preto mala zvážiť v rovnakých situáciách ako v bežnej populácii, teda v prípade kontraindikácie antikoagulačnej liečby a akútnej príhody VTE (PE alebo proximálna HŽT).

Ak sa u tehotnej ženy rozvinie akútny VTE, najlepšou liečebnou možnosťou je podávanie heparínov. Samotný pôrod sa potom realizuje počas krátkodobého prerušenia antikoagulačnej liečby. Avšak, ak VTE (HŽT) vznikne menej ako dva týždne pred pôrodom, potom riziko progresie HŽT alebo PE je vysoké, a to aj napriek len krátkemu prerušeniu antikoagulačnej liečby počas pôrodu. Navyše zmeny intra-abdominálneho tlaku alebo tlak plodu na iliakálne vény počas pôrodu môžu zvýšiť riziko uvoľnenia trombu.

V takejto situácii možno zvážiť implantáciu kaválneho filtra podľa odporúčaní Európskej spoločnosti pre cievnu chirurgiu z roku 2021 aj napriek absencii významnej kontraindikácie antikoagulačnej liečby.

Kaválny filter sa štandardne implantuje do dolnej dutej žily v jej infrarenálnom úseku, tak, aby sa predišlo uzáveru renálnych vén v dôsledku prípadnej propagácie trombózy z vén dolných končatín proximálne/kraniálne do a v dolnej dutej žile. Pri určitých podmienkach možno pristúpiť k implantácii kaválneho filtra aj do suprarenálnej časti dolnej dutej žily. Medzi najvýznamnejšie dôvody takejto implantácie patrí: trombus, uzáver alebo zúženie infrarenálnej časti dolnej dutej žily; tehotenstvo alebo iný masívny útvar v panve (tumor) – môžu totiž utláčať infrarenálny úsek dolnej dutej žily; uzáver (trombóza) renálnych vén + súčasná flebotrombóza dolnej končatiny; zdvojená dolná dutá žila v infrarenálnom úseku. Pri implantácii kaválneho filtra suprarenálne treba mať na zreteli, že suprarenálny úsek má zvyčajne väčší priemer – to môže mať za následok migráciu filtra. Okrem toho, propagácia trombózy z vén dolných končatín do dolnej dutej žily môže spôsobiť kompletný uzáver dolnej dutej žily a kaválneho filtra, čo pri suprarenálnej lokalite implantácie filtra má za následok aj uzáver oboch renálnych vén s následným akútnym renálnym zlyhaním.

Extrakcia kaválneho filtra

Extrakciou kaválneho filtra označujeme procedúru, ktorej cieľom je odstrániť kaválny filter z dolnej dutej žily najčastejšie z dôvodu skončenie jeho potreby (extrahovateľné filtre) alebo menej často z dôvodu vzniku závažných komplikácií súvisiacich so zotrvaním filtra v dolnej dutej žile (extrahovateľné aj trvalé filtre). Implementácia dočasných (extrahovateľných) kaválnych filtrov do klinickej praxe spôsobila neúmerný nárast počtu zavedení kaválnych filtrov, pričom počet extrakcií sa významne nezvýšil a vo všeobecnosti je pomerne nízky. V literatúre sa uvádza miera extrakcií extrahovateľných (dočasných) filtrov na úrovni 8,5 – 34 % (9 – 11). Možným vysvetlením je strata pacienta z klinického sledovania z dôvodu úmrtia, alebo častejšie z dôvodu nedostatočných klinických kontrol pri neadekvátne organizovanej zdravotnej starostlivosti.

Techniku extrakcie môžeme rozdeliť podľa jej náročnosti, potreby sofistikovaných pomôcok k extrakcii, klinickej situácie (pred-extrakčné komplikácie) na **štandardnú a komplexnú extrakciu**.

Štandardná extrakcia

Týmto termínom sa označujú extrakcie dočasných (extrahovateľných) kaválnych filtrov s použitím len jednoduchého inštrumentária – slučkového katétra alebo extraktora dedikovaného výrobcou filtra. Úspešnosť štandardnej extrakcie je pomerne vysoká a pohybuje sa na úrovni 82 – 99,4 % (12, 13) pričom miera komplikácií je relatívne nízka 0,4 – 1,7 % (13 – 15). Hlavným mechanizmom štandardnej extrakcie je jednoduché zachytenie háčika na „hlavičke“ filtra slučkovým katétrom alebo priamo hlavičky filtra extraktorom dodávaným výrobcou filtra s následným koaxiálnym kolapsom filtra a odpútaním kotviacich elementov filtra (vzpery/nožičky) od steny dolnej dutej žily prevlečením puzdra závädzača (sheath) kaudálnym smerom cez zachytený filter.

Komplexná extrakcia filtra

Štandardná extrakcia filtra môže zlyhať z rôznych dôvodov, najmä v dôsledku komplikácií súvisiacich so zotrvaním filtra v dolnej dutej žile (pozri ďalšiu časť článku). V takom prípade je nevyhnutné použiť techniku tzv. komplexnej extrakcie filtra, ktorú môžeme charakterizovať ako akúkoľvek inú techniku použitú na extrakciu filtra okrem štandardnej

techniky extrakcie. Ide o výkon náročný, spojený s vyšším rizikom komplikácií. Ich miera sa udáva na úrovni 2,1 – 9 % (13, 15, 16, 18). Úspešnosť komplexnej extrakcie sa pohybuje v rozmedzí 92,6 – 98,4 % (15 – 17).

Medzi najčastejšie používané techniky komplexnej extrakcie filtra patrí: **technika slučka-laso**, **disekčná technika endobronchiálnymi kliešťami**, **laserová tepelná diseckcia excimerovým laserom**.

Technika slučka-laso

Táto technika komplexnej extrakcie sa využíva najmä v prípade veľmi skloneného filtra alebo v prípade zavzatého háčika/hlavičky filtra do steny dolnej dutej žily. Podstatou tejto techniky je „prevlečenie“ vodiča cez telo filtra za účelom vytvorenia slučky (akoby sme prevliekli niť cez ucho ihly). Prevlečená špička vodiča sa zachytí slučkovým (laso) katétrom a vytiahne von z tela pacienta – z pacienta tak „trčia“ oba konce vodiča, cez ktoré sa po ich napnutí zavedie puzdro cez filter za účelom dosiahnutia koaxiálneho kolapsu filtra a oddeleniu fixačných vzpier (nožičiek) filtra od steny dolnej dutej žily (9, 19, 20).

Disekčná technika endobronchiálnymi kliešťami

Využíva sa v situáciách, keď háčik alebo hlavičku filtra nie je možné zachytiť z dôvodu veľkého naklonenia filtra, významného zavzatia hlavičky/háčika filtra do steny dolnej dutej žily, alebo ak je hlavička/háčik filtra prekrytý fibrínom či hyperplastickým tkanivom. Rigidné endobronchiálne kliešte umožňujú vypreparovať a uvoľniť hlavičku/háčik filtra z cievnej steny, ktoré je potom možné zachytiť, napnúť, vyrovnať a následne prevliekaním puzdra cez filter dosiahnuť jeho koaxiálny kolaps (9, 19, 20).

Laserová tepelná diseckcia excimerovým laserom

Aj napriek úspešnému uvoľneniu a zachyteniu hlavičky/háčika filtra vyššie uvedenými technikami sa nemusí vždy dosiahnuť koaxiálny kolaps filtra a jeho následné vtiahnutie do puzdra (sheathu). Je to zapríčinené hypertrofičným tkanivom steny dolnej dutej žily v mieste zavzatia nožičiek (vzpier) filtra do steny. Pokus o koaxiálny kolaps filtra vedie v takomto prípade ku kolapsu dolnej dutej žily (pri zdanlivom koaxiálnom kolapse filtra sa steny žily ťahom nožičiek filtra k sebe približujú namiesto toho aby sa nožičky/vzpery uvoľnili zo steny vény). V tejto situácii

môže použitie puzdra s endovaskulárnym excimerovým laserom na špičke pomôcť uvoľniť fibrínom a hypertrofickým tkanivom prekryté kotviace elementy filtra (vzpery/nožičky) od steny cievy (9, 19, 20).

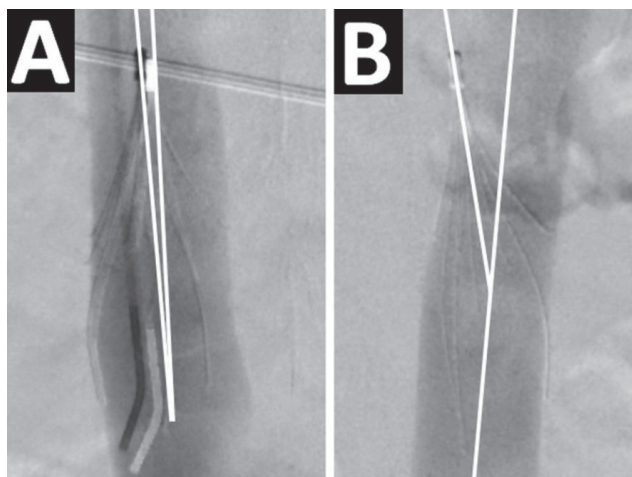
Najvýznamnejšími rizikovými faktormi pre zlyhanie štandardnej extrakcie a potrebu komplexnej extrakcie sú: **sklon filtra, zavzatý háčik/hlavička filtra do steny, dlhší čas zotrvania filtra v dolnej dutej žile**. Sklon filtra v rozmedzí 5 – 15° zvyšuje riziko komplexnej extrakcie 2,4-násobne a sklon > 15° zvyšuje riziko 7,9- až 33-násobne (21). Dlhší čas zotrvania filtra v dolnej dutej žile viac ako šesť mesiacov zvyšuje riziko komplexnej extrakcie asi 2,1-násobne (21). Zavzatá hlavička/háčik filtra do steny cievy je jeden z najvýznamnejších rizikových faktorov zlyhania štandardnej extrakcie a zvyšuje riziko komplexnej extrakcie 129-násobne (22).

Komplikácie kaválnych filtrov

Komplikácie v súvislosti s použitím kaválneho filtra môžeme rozdeliť na tri základné skupiny: **1. včasné (periprocedurálne) komplikácie, 2. neskoré komplikácie, súvisiace so zotrvaním filtra v dolnej dutej žile a 3. komplikácie súvisiace s extrakciou filtra.**

1. Včasné (periprocedurálne) komplikácie

Ide o skupinu komplikácií, ktorých vznik sa viaže bezprostredne na implantačnú procedúru. Niektoré z nich



Obrázok 1 Kavografia demonštrujúca rôzny stupeň naklonenia filtra. A – tilt 2°; B – tilt 16°

však môžu mať vplyv na výskyt niektorých neskorých komplikácií, respektíve sťažovať extrakciu filtra. Zaradujeme sem: **a) lokálne komplikácie v mieste vpichu, b) neúplné otvorenie filtra, c) sklon filtra – Tilt a d) iné komplikácie.**

a) Lokálne komplikácie v mieste vpichu

Medzi najčastejšie lokálne komplikácie patrí krvácanie z miesta vpichu, ktoré je zväčša dobre riešiteľné jednoduchou manuálnou kompresiou – ak nebola neúmyselná napichnutá femorálna artéria.

b) Neúplné otvorenie filtra

Dizajn filtra, materiál z ktorého je filter vyrobený, ako aj chyby implantéra patria medzi najvýznamnejšie príčiny neúplného otvorenia. Prepracovanie dizajnu filtra a zavedenie materiálu Nitinol (zliatina niklu a titánu) na výrobu filtrov zredukovalo výskyt neúplného otvorenia filtra na úroveň 0,4 – 0,5 % (verus 71 %) (23). V súčasnosti je príčinou uvedenej komplikácie najmä zavedenie filtra do časti dolnej dutej žily s nespoznanou nástenkou trombózou alebo zavedenie filtra na nesprávne miesto (napríklad v iliakálnych, renálnych a mezenterálnych vénach) (24). Klinicky môže neúplné otvorenie filtra viesť k výraznému zníženiu účinnosti filtra, a to o viac ako 80 % pre malý embolus (24, 25).

c) Sklon filtra – Tilt

Sklon filtra (**obrázok 1**) je definovaný ako uhol, ktorý zvierá dlhá os filtra s dlhou osou dolnej dutej žily. Meria sa v antero-posteriórnej, ale aj latero-laterálnej projekcii. Uhol v rozmedzí 0 až 5° sa považuje za optimálny sklon filtra. Za veľmi nepriaznivý sklon sa považuje uhol väčší ako 15° (24).

Približne 33 % implantácii kaválneho filtra sa spája s uhlom sklonu filtra viac ako 5° a 3 – 9 % prípadov s významnejším sklonom v rozmedzí 15 – 20° (30). So zväčšujúcim sa uhlom sklonu sa zvyšuje riziko malfunkcie filtra, ako aj riziko neskorých komplikácií (19, 21).

Väčší uhol sklonu zvyšuje pravdepodobnosť zlyhania štandardnej a nevyhnutnosť použitia komplexnej extrakcie filtra, zvyšuje pravdepodobnosť penetrácie kotviacich elementov filtra (19, 21), znižuje účinnosť zachytávania menších embolov (26).

d) Iné komplikácie

Medzi ďalšie, pomerne raritné komplikácie implantácie kaválneho filtra patrí **nesprávne umiestnenie filtra a nesprávna orientácia filtra.**

Nesprávne umiestnenie znamená zavedenie filtra mimo cieľovej zóny v infrarenálnej časti dolnej dutej

žily – napríklad iliakálne alebo renálne vény atď. Nesprávna orientácia filtra znamená otočenie filtra okolo horizontálnej osi, teda „hore nohami“ najčastejšie spôsobená chybnou voľbou filtra vzhľadom na výrobcom predpísaný spôsob jeho implantácie, t. j. implantácia filtra určeného pre transjugulárny prístup transfemorálne a opačne (24).

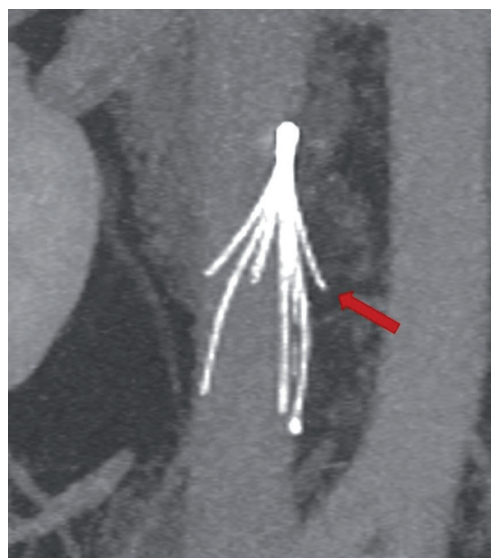
2. Neskoré komplikácie

Neskoré komplikácie sú výsledkom zotrvania filtra v dolnej dutej žile, preto ich výskyt analogicky stúpa s dlhším časom zotrvania filtra v dolnej dutej žile.

Medzi najvýznamnejšie neskoré komplikácie kaválnych filtrov zaraďujeme: **penetráciu, fraktúru, migráciu, trombózu filtra a dolnej dutej žily v súvislosti s implantovaným filtrom.**

a) Penetrácia

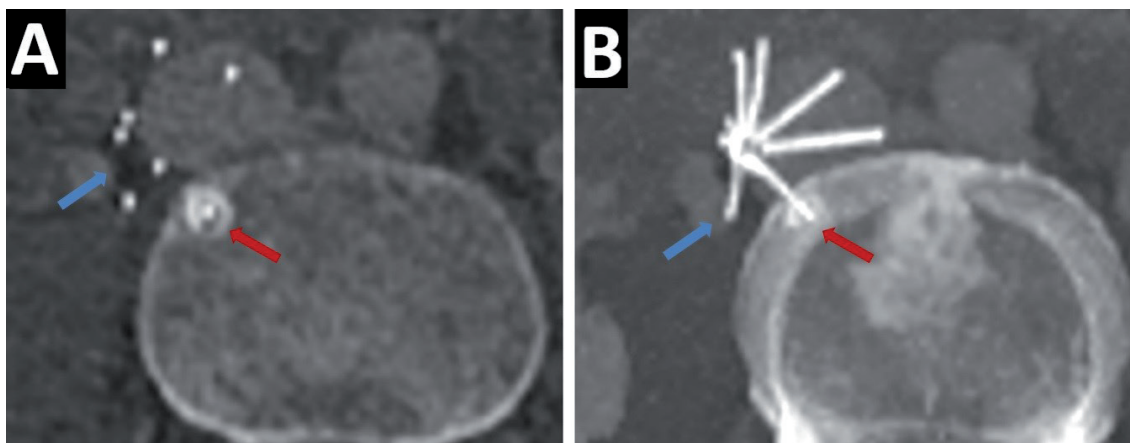
Penetráciu charakterizujeme ako prienik kotviacich elementov (vzpier/nožičiek) cez stenu dolnej dutej žily do okolitých štruktúr, t. j. do retroperitoneálneho priestoru (**obrázok 2** a **obrázok 3**), kostí – stavcov (**obrázok 3**), aorty a jej vetiev, svalov a do viscerálnych orgánov, napríklad čriev, pankreasu. V reálnych podmienkach je istá miera penetrácie do steny dolnej dutej žily nevyhnutná na udržanie žiaducej pozície a teda prevencie migrácie filtra. Tento typ penetrácie, pri ktorej kotviace elementy filtra neprenikajú viac ako 3 mm za stenu dolnej dutej žily, nazývame limitovaná (27, 28).



Obrázok 2 CT angiografické vyšetrenie brušných ciev – následne spracovaný (post-processing) frontálny rez
Vyšetrenie zobrazuje penetráciu kotviacich elementov kaválneho filtra do retroperitoneálneho priestoru a okolitých štruktúr. Červená šípka označuje penetrované kotviace elementy (nožičky) filtra.

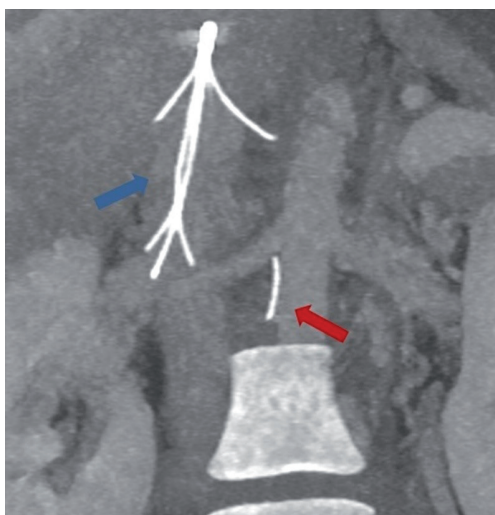
Penetráciu kotviacich elementov o viac ako 3 mm za stenu dolnej dutej žily označujeme ako patologickú (27, 28). Vyskytuje sa približne v 19 až 34 % (28).

Hlavnými rizikovými faktormi penetrácie sú: geometria filtra, najmä kónicky tvarované filtre s voľnými nožičkami, radiálna sila vyvolaná filtrom pôsobiaca na stenu dolnej dutej žily, mechanické vlastnosti nožičiek



Obrázok 3 CT angiografické vyšetrenie brušných ciev zobrazujúce penetráciu kaválneho filtra do stavca a okolitého retroperitoneálneho priestoru

A – axiálny rez; B – axiálny, následne spracovaný (post-processing) rez. Červené šípky označujú penetráciu kotviacich elementov filtra (nožičiek) do stavca, modré šípky označujú penetráciu do okolitého retroperitoneálneho priestoru.



Obrázok 4 CT angiografické vyšetrenie – frontálny, následne spracovaný (post-processing) rez, zobrazujúci fraktúru filtra

Červená šípka ukazuje lokálny, extravaskulárny fragment filtra lokalizovaný v retroperitoneálnom priestore pri stene aorty. Modrá šípka ukazuje reziduálny, zlomený a významne deformovaný kaválny filter, navyše aj s penetráciou kotviacich elementov filtra cez stenu dolnej dutej žily do retroperitoneálneho priestoru.

filtra (ostrosť a tuhosť), výrazný sklon filtra ($> 15^\circ$), malý priemer dolnej dutej žily a mechanické vlastnosti nativnej steny dolnej dutej žily (28, 29). Medzi klinické prejavy penetrácie patrí bolesť chrbta/brucha, teplota, slabosť, dyspeptické ťažkosti horného alebo dolného typu, avšak môže byť aj asymptomatická.

Vo všeobecnosti možno povedať, že extrakcia filtra by sa mala zvážiť vo všetkých prípadoch penetrácie bez ohľadu na symptómy, keď indikácia pre kaválny filter skončí, pretože penetrácia nie je stabilná, ale má tendenciu sa časom zhoršovať (30, 31).

b) Fraktúra

Zlomenie filtra (**obrázok 4**) je definované ako strata štrukturálnej integrity, čo vedie k fragmentácii, migrácii a potencionálnej embolizácii fragmentu (24, 32). Výskyt varíuje od 0 do 21 % (33). Z časového hľadiska fraktúru filtra rozdeľujeme na akútnu a chronickú. Akútna fraktúra vzniká tupým poranením brucha alebo náhlým zvýšením intra-abdominálneho tlaku a chronická vzniká v dôsledku cyklického, dynamického zaťaženia vedúceho k únave materiálu a únavovému lomu. Na mieru výskytu fraktúry filtra vplyva geometria (chronická fraktúra je typickejšia pre kónické filtre), významný sklon filtra (tilt)

a čas zotrvania v dolnej dutej žile, napríklad 8,2 % po jednom a dvoch rokoch a až 30,8 % po troch rokoch od implantácie (34).

Z klinického hľadiska je efektivita mechanického zachytenia embolu zlomeným filtrom znížená a navyše môžu oddelené fragmenty filtra embolizovať. Manažment pacienta so zlomeným filtrom je extrémne náročný a vyžaduje si prísne individuálne posúdenie prípad od prípadu, pričom sa musí prihliadať na typ filtra, lokalizáciu fragmentu, klinické prejavy prípadnej migrácie a embolizácie, a pretrvávajúce indikácie filtra. Lokalizácia fragmentu filtra je kľúčová v manažmente fraktúry filtra. Fragment môže byť podľa lokalizácie charakterizovaný ako **lokálny, intrakardiálny a intrapulmonálny** (32). Lokálny fragment ostáva lokalizovaný v blízkosti hlavnej časti filtra a môže byť intra- alebo extravaskulárny. Klinicky sa prejavuje podobne ako penetrácia. Intrakardiálny fragment je najzávažnejšou komplikáciou fraktúry filtra. Ide o fragment filtra, ktorý embolizoval do srdcových dutín a veľkých ciev, kde ostáva zachytený.

Medzi symptómy patrí bolesť na hrudníku, arytmie (najmä komorová tachykardia), hemoperikard pri perforácii steny srdcových dutín a potencionálne aj smrť. Intrapulmonálny fragment je vo všeobecnosti najmenej závažný, zvyčajne lokalizovaný hlboko v pľúcnom parenchýme, môže sa prejavovať ako pleurálny syndróm (32, 35).

c) Migrácia

Migráciu filtra definujeme ako posun filtra o viac ako 2 cm z pôvodnej polohy. Jej výskyt sa pohybuje od 0 do 11,8 % (36, 37). Medzi príčiny migrácie filtra patrí fraktúra filtra – kotviaceho elementu, implantácia príliš malého filtra vzhľadom na rozmer dolnej dutej žily, ale aj iatrogénne príčiny – napríklad migrácia filtra v dôsledku jeho zachytenia vodičom alebo katétrom pri elektrofyzikálnom vyšetrení srdca, alebo pri zavedení centrálného venózneho katétra cez femorálny prístup. Rozsah migrácie môže byť rôznorodý – od jednoduchého posunu filtra kaniálne z infrarenálnej časti dolnej dutej žily do suprarenálnej až po migráciu filtra do pravej predsene, trikuspidálnej chlopne, pravej komory alebo pľúcnice (38). Symptómy môžu variovať od asymptomatickej migrácie až po komorovú tachykardiu, asystómiu a smrť, závisia od rozsahu migrácie – malá vs. migrácia do srdca/pľúcnice.

d) Trombóza filtra a dolnej dutej žily v súvislosti s implantovaným filtrom

Pri návrhu kaválneho filtra sa musí okrem zachytávania embolu prihliadať aj na zachovanie dobrého prietoku cez dolnú dutú žilu. Avšak aj pri maximálnom úsilí o minimalizáciu vplyvu filtra na tok krvi cez dolnú dutú žilu je filter trombogénne cudzie teleso a môže iniciovať trombogenézu in situ. Extrahovateľné filtre sú asociované asi s 0,6 % až 8 % (36, 39) a trvalé s 1,6 % až 33 % mierou trombózy (39, 40). Rozsah trombózy varíruje od malého nevýznamného trombu až po kompletnú oklúziu dolnej dutej žily s výskytom až u 2 % prípadov (41). Z časového hľadiska môže prebiehať akútne alebo chronicky a z klinického pohľadu asymptomaticky alebo symptomaticky.

Asymptomatická trombóza

V literatúre sa uvádza, že viac ako 98 % prípadov trombózy prebieha asymptomaticky (41) a trombus je diagnostikovaný náhodne. Keďže je trombus asymptomatický, môže byť v čase diagnózy akútny alebo chronický.

Základom liečby je, ak je to možné, antikoagulačná liečba za účelom prevencie extenzie a progresie trombózy s následným kompletným uzáverom dolnej dutej žily. Vždy sa musí prehodnotiť riziko krvácania vs. riziko uzáveru dolnej dutej žily. Trombus vo filtri nemá len hemodynamické dôsledky, ale môže sťažiť extrakciu filtra, respektíve môže viesť k pľúcnej embólii počas extrakcie. Za medznú hodnotu veľkosti trombu, pri ktorej stúpa riziko komplikovanej extrakcie alebo embólie pri extrakcii, sa považuje trombus s veľkosťou asi 25 % z objemu filtra (42).

Symptomatická trombóza – akútna

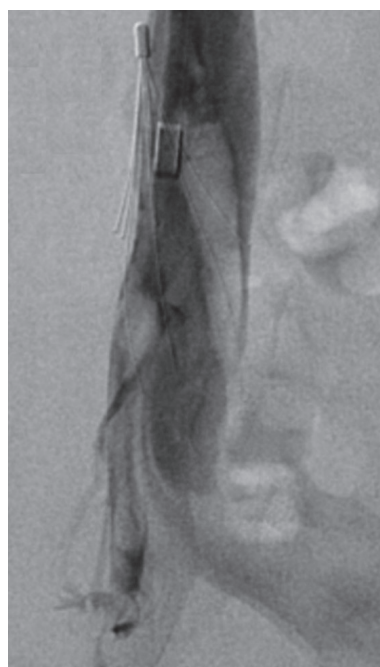
Medzi symptómy akútnej trombózy filtra a dolnej dutej žily môžeme zaradiť bolesť dolnej časti chrbta, sedacej oblasti alebo dolných končatín sprevádzanú symetrickým opuchom dolných končatín a brušnej steny. Kompletná oklúzia dolnej dutej žily (**obrázok 5**) môže z hemodynamického hľadiska prebiehať ako hypovolemický šok pre významnú redukciu end-diastolickej náplne srdcových komôr. Extenzia trombu kraniálnejšie môže obmedziť venózy návrat z obličiek alebo pečene, čo môže mať za následok obličkové alebo hepatálne zlyhanie (43). Základom manažmentu je antikoagulačná liečba, ak je možná. Avšak pre riziko závažných komplikácií je potrebné antikoagulačnú liečbu rozšíriť o techniky priamo odstraňujúce trombus – v súčasnosti endovaskulárne techniky (trombolytická liečba, mechanická trombektómia).

Symptomatická trombóza – chronická

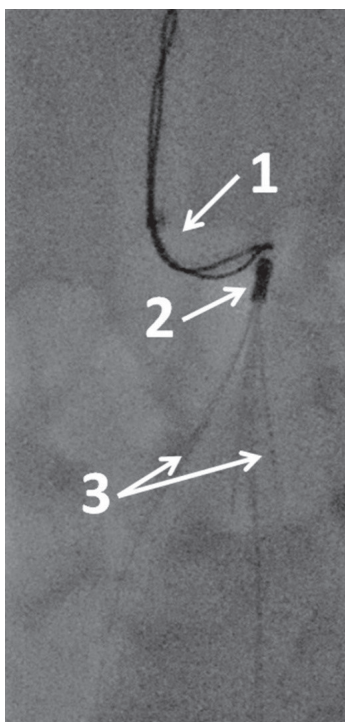
Medzi klinicky najzávažnejšie formy chronickej symptomatickej trombózy patrí chronická iliako-kaválna obštrukcia, ktorá vedie k rozvoju posttrombotického syndrómu (48). Rekanalizácia chronickej oklúzie vedie k zmierneniu morbidít pacientov asociovaných s posttrombotickým syndrómom a realizuje sa zvyčajne endovaskulárne dvoma postupmi: filter sa ponechá in situ a prekryje sa stentom, alebo sa uzáver najprv predilatuje balónom, čo vedie k zmiazdeniu filtra a v druhom kroku sa implantuje stent. Štúdie ukázali, že ide o bezpečné a úspešné metódy (44, 45).

e) Zavzatie hlavičky filtra do steny dolnej dutej žily

Kontakt hlavičky/háčika filtra so stenou dolnej dutej žily, najmä pri významnom sklone filtra, spôsobuje lokálnu iritáciu, agresívnu epitelizáciu, neointimálnu hyperpláziu a fibrózu. Výsledkom je vytvorenie akejsi čiapočky, ktorá prekryje hlavičku/háčik filtra a ten sa stáva akoby súčasťou steny dolnej dutej žily (**obrázok 6**). Zavzatie do steny dolnej dutej žily nie je samo o sebe komplikáciou v pravom slova zmysle, je len nevyhnutným dôsledkom prítomnosti filtra vo véne a chronickej iritácie, preto dlhšie zotrvanie



Obrázok 5 Kavografia zobrazujúca masívnu trombózu filtra, celej dolnej dutej žily s prechodom na iliakálne veny



Obrázok 6 Kavografia zobrazujúca pokus o extrakciu kaválneho filtra slučkovým (laso) katéterom

Zachytenie hlavičky filtra nie je možné z dôvodu jej zavzatia do steny dolnej dutej žily a prekrytia fibrínovou čiapočkou. Slučkový katéter sa „opiera“ o fibrínovú čiapočku, ktorá nedovolí zachytenie hlavičky filtra. 1: slučkový (laso) katéter, 2: hlavička filtra, 3: kotviace elementy (nožičky) filtra.

filtra v dolnej dutej žile je spojené s väčšou mierou zavzatia filtra, čo môže do značnej miery skomplikovať extrakciu filtra.

3. Komplikácie súvisiace s extrakciou filtra

a) Poranenie steny dolnej dutej žily

Obávanou komplikáciou extrakcie kaválneho filtra – najmä komplexnej je poškodenie steny dolnej dutej žily vo forme lacerácie, pseudoaneuryzmy alebo až ruptúry. Poranenie menšieho rozsahu, napríklad malé kryté poranenie alebo pseudoaneuryzmu možno riešiť dočasnou tamponádou nafúknutím oklúzneho balónika. Vo väčšine prípadov sa tieto malé defekty v stene dolnej dutej žily spontánne zacelia. Ak je poranenie závažné a vedie k vzniku retroperitoneálneho hematómu, potom ho možno zvládnuť implantáciou stent-graftu (46).

b) Fraktúra filtra a embolizácia fragmentu

Fraktúra filtra môže nastať okrem vyššie popísaných situácií (pozri kapitola „Neskoré komplikácie“) aj počas extrakcie filtra v dôsledku pôsobenia veľkého mechanického namáhania pri komplexnej extrakcii. Nebezpečný je najmä lokálny intravaskulárny fragment, pretože ten môže bezprostredne embolizovať do pravostranných srdcových oddielov, čo môže spôsobiť komorové poruchy rytmu, tamponádu alebo smrť.

Záver

Kaválny filter zostáva naďalej dôležitou možnosťou prevencie pľúcnej embólie. Komplikácie asociované s jeho používaním sú prirodzenou súčasťou tohto medicínskeho výkonu tak ako každého iného a nie je ich možné kompletne eliminovať. Naším cieľom by mala byť snaha o ich minimalizáciu. Správna indikácia zavedenia kaválneho filtra má v tejto snahe kľúčovú úlohu. Pri indikácii zavedenia kaválneho filtra je žiaduce opierať sa o dôkazy, nie o dojmy. Zároveň je nevyhnutné poznať komplikácie a myslieť na ne tak v priebehu implantácie, ako aj po implantácii.

Prehlásenie a konflikte záujmu a financovaní

Autori prehlasujú, že nemajú konflikt záujmu. Na prípravu tohto článku neboli použité finančné prostriedky od tretích strán.

Literatúra

1. DeYoung E, Minocha J. Inferior Vena Cava Filters: Guidelines, Best Practice, and Expanding Indications. *Semin Intervent Radiol.* 2016;33:65-70.
2. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. ESC Scientific Document Group. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J.* 2020;41:543-603.
3. Kaufman JA, Barnes GD, Chaer RA, Cuschieri J, Eberhardt RT, Johnson MS, et al. Society of Interventional Radiology Clinical Practice Guideline for Inferior Vena Cava Filters in the Treatment of Patients with Venous Thromboembolic Disease: Developed in collaboration with the American College of Cardiology, American College of Chest Physicians, American College of Surgeons Committee on Trauma, American Heart Association, Society for Vascular Surgery, and Society for Vascular Medicine. *J Vasc Interv Radiol.* 2020;1529-1544.

4. Ortel TL, Neumann I, Ageno W, Beyth R, Clark NP, Cuker A, et al. American Society of Hematology 2020 guidelines for management of venous thromboembolism: treatment of deep vein thrombosis and pulmonary embolism. *Blood Adv.* 2020;4:4693-4738.
5. Kakkos SK, Gohel M, Baekgaard N, Bauersachs R, Bellmunt-Montoya S, Black SA, et al. Editor's Choice - European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2021 Clinical Practice Guidelines on the Management of Venous Thrombosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2021;61:9-82.
6. Stevens SM, Woller SC, Kreuziger LB, Bounameaux H, Doerschug K, Geersing GJ, et al. Antithrombotic Therapy for VTE Disease: Second Update of the CHEST Guideline and Expert Panel Report. *Chest.* 2021;160:e545-e608.
7. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, Arbelo E, Bax JJ, Blomström-Lundqvist C et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur Heart J.* 2021;42:373-498.
8. Adderley N, Ryan R, Marshall T. The role of contraindications in prescribing anticoagulants to patients with atrial fibrillation: a cross-sectional analysis of primary care data in the UK. *Br J Gen Pract.* 2017;67:e588-e597.
9. Kuyumcu G, Walker TG. Inferior vena cava filter retrievals, standard and novel techniques. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2016;6:642-650.
10. Davies R, Stanley J, Wickremesekera J, Khashram M. Retrieval rates of inferior vena cava (IVC) filters: are we retrieving enough? *N Z Med J.* 2015;128:31-40.
11. Tao MJ, Montbriand JM, Eisenberg N, Sniderman KW, Roche-Nagle G. Temporary inferior vena cava filter indications, retrieval rates, and follow-up management at a multicenter tertiary care institution. *J Vasc Surg.* 2016;64:430-437.
12. Desai KR, Laws JL, Salem R, Mouli SK, Errea MF, Karp JK, et al. Defining Prolonged Dwell Time: When Are Advanced Inferior Vena Cava Filter Retrieval Techniques Necessary? An Analysis in 762 Procedures. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017;10:1-5.
13. Ahmed O, Kim YJ, Patel MV, Tullius TG, Jr, Navuluri R, Funaki B, et al. A single-institutional comparative analysis of advanced versus standard snare removal of inferior vena cava filters. *J Vasc Interv Radiol.* 2020;31:53-60.
14. Al-Hakim R, Kee ST, Olinger K, Lee EW, Moriarty JM, McWilliams JP. Inferior vena cava filter retrieval: effectiveness and complications of routine and advanced techniques. *J Vasc Interv Radiol.* 2014;25:933-25939.
15. Schuchardt P, Kis L, Goloubev A, Keshishian E, Mhaskar R, Hoots G, et al. Safety and efficacy of inferior vena cava filter retrieval: a 5-year single center retrospective review from a tertiary care center. *CVIR Endovasc.* 2022;5:39.
16. Kethidi N, Barsoum K, Shukla PA, Kumar A. Inferior vena cava filter retrievals using advanced techniques: a systematic review. *Diagn Interv Radiol.* 2023;29:500-508.
17. Su Q, Ding X, Dong Z, Liu Y, Li G, Jiang J. A modified loop snare technique for difficult retrievals of inferior vena cava filter and migrated coil. *Int Heart J.* 2019;60:93-99.
18. Desai TR, Morcos OC, Lind BB, Schindler N, Caprini JA, Hahn D, et al. Complications of indwelling retrievable versus permanent inferior vena cava filters. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2014;2:166-173.
19. Quencer KB, Smith TA, Deipolyi A, Mojibian H, Ayyagari R, Latich I, et al. Procedural complications of inferior vena cava filter retrieval, an illustrated review. *CVIR Endovasc.* 2020;3:23.
20. Laws JL, Lewandowski RJ, Ryu RK, Desai KR. Retrieval of Inferior Vena Cava Filters: Technical Considerations. *Semin Intervent Radiol.* 2016;33:144-148.
21. Clements W, Moriarty HK, Paul E, Goh GS. Stratification of Pre-procedure Risk Factors Associated with Difficult-to-remove Inferior Vena Cava (IVC) Filters: A 6-year Retrospective Analysis at a Tertiary Center. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2020;43:238-245.
22. Dinglasan LA, Oh JC, Schmitt JE, Trerotola SO, Shlansky-Goldberg RD, Stavropoulos SW. Complicated inferior vena cava filter retrievals: associated factors identified at preretrieval CT. *Radiology.* 2013;266:347-354.
23. Giannoudis PV, Pountos I, Pape HC, Patel JV. Safety and efficacy of vena cava filters in trauma patients. *Injury.* 2007;38:7-18.
24. Li X, Haddadin I, McLennan G, Farivar B, Staub D, Beck A, et al. Inferior vena cava filter - comprehensive overview of current indications, techniques, complications and retrieval rates. *Vasa.* 2020;49:449-462.
25. Korbin CD, Van Allan RJ, Andrews RT, Katz MD, Teitelbaum GP. Strut interlocking of titanium Greenfield vena cava filters and its effect on clot capturing: an in vitro study. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1994;17:204-206.
26. Günther RW, Neuerburg J, Mossdorf A, Pfeffer J, Høj AR, Mølgaard-Nielsen A, et al. New optional IVC filter for percutaneous retrieval--in vitro evaluation of embolus capturing efficiency. *Rofo.* 2005;177:632-636.
27. Grassi CJ, Swan TL, Cardella JF, Meranze SG, Oglevie SB, Omary RA, et al. Society of Cardiovascular & Interventional Radiology, Standards of Practice Committee. Quality improvement guidelines for percutaneous permanent inferior vena cava filter placement for the prevention of pulmonary embolism. SCVIR Standards of Practice Committee. *J Vasc Interv Radiol.* 2001;12:137-141.
28. Jia Z, Wu A, Tam M, Spain J, McKinney JM, Wang W. Caval Penetration by Inferior Vena Cava Filters: A Systematic Literature Review of Clinical Significance and Management. *Circulation.* 2015;132:944-952.
29. Gwon JG. Structural Injury of Adjacent Organs Due to Inferior Vena Cava Filter Penetration. *Ann Phlebology* 2020;18:55-58.
30. Duncan C, Trerotola SO, Stavropoulos SW. Endovascular Removal of Inferior Vena Cava Filters with Arterial Penetration. *J Vasc Interv Radiol.* 2018;29:486-490.
31. Holly BP, Gaba RC, Lessne ML, Lewandowski RJ, Ryu RK, Desai KR, et al. Vena Cava Filter Retrieval with Aorto-Iliac Arterial Strut Penetration. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2018;41:1184-1188.
32. Hong M Jr, Brown MA, Ryu RK. Mechanism and Approach to Fractured Filters, In: Desai KR, Ahmed O, Van Ha T, eds. *Placement and Retrieval of Inferior Vena Cava Filters. A Case-Based Approach.* Cham: Springer Nature Switzerland AG; 2020:113-130.
33. Wang W, Zhou D, Obuchowski N, Spain J, An T, Moon E. Fracture and migration of Celect inferior vena cava filters: a retrospec-

- tive review of 741 consecutive implantations. *J Vasc Interv Radiol.* 2013;24:1719-1722.
34. Vijay K, Hughes JA, Burdette AS, Scorza LB, Singh H, Waybill PN, et al. Fractured Bard Recovery, G2, and G2 express inferior vena cava filters: incidence, clinical consequences, and outcomes of removal attempts. *J Vasc Interv Radiol.* 2012;23:188-194.
35. Peters MN, Khazi Syed RH, Katz MJ, Moscona JC, Nijjar VS, Bisharat MB. Inferior vena cava filter migration to the right ventricle causing nonsustained ventricular tachycardia. *Tex Heart Inst J.* 2013;40:316-319.
36. Nazzal M, Chan E, Nazzal M, Abbas J, Erikson G, Sediqe S, et al. Complications related to inferior vena cava filters: a single-center experience. *Ann Vasc Surg.* 2010 May;24:480-486.
37. Zhu X, Tam MD, Bartholomew J, Newman JS, Sands MJ, Wang W. Retrievability and device-related complications of the G2 filter: a retrospective study of 139 filter retrievals. *J Vasc Interv Radiol.* 2011;22:806-812.
38. Owens CA, Bui JT, Knuttinen MG, Gaba RC, Carrillo TC, Hoefling N, et al. Intracardiac migration of inferior vena cava filters: review of published data. *Chest.* 2009;136:877-887.
39. Andreoli JM, Thornburg BG, Hickey RM. Inferior Vena Cava Filter-Related Thrombus/Deep Vein Thrombosis: Data and Management. *Semin Intervent Radiol.* 2016;33:101-104.
40. Hajduk B, Tomkowski WZ, Malek G, Davidson BL. Vena cava filter occlusion and venous thromboembolism risk in persistently anticoagulated patients: a prospective, observational cohort study. *Chest* 2010;137:877-882.
41. Ahmad I, Yeddula K, Wicky S, Kalva SP. Clinical sequelae of thrombus in an inferior vena cava filter. *Cardiovasc Interv Radiol* 2010;33:285-289.
42. Lessne ML, Holly B. Management of the Acute Thrombus-Bearing IVC Filter, In: Desai KR, Ahmed O, Van Ha T, eds. *Placement and Retrieval of Inferior Vena Cava Filters. A Case-Based Approach.* Cham: Springer Nature Switzerland AG; 2020:177-188.
43. Chick JFB, Jo A, Meadows JM, Abramowitz SD, Khaja MS, Cooper KJ, et al. Endovascular Iliocaval Stent Reconstruction for Inferior Vena Cava Filter-Associated Iliocaval Thrombosis: Approach, Technical Success, Safety, and Two-Year Outcomes in 120 Patients. *J Vasc Interv Radiol.* 2017;28:933-939.
44. Desai KR, Xiao N, Karp J, Salem R, Rodriguez H, Eskandari M, et al. Single-session inferior vena cava filter removal, recanalization, and endovenous reconstruction for chronic ilio caval thrombosis. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2019;7:176-183.
45. Klepitch ET, Desai KR. Management of Filter-Related Chronic Iliocaval Occlusion, In: Desai KR, Ahmed O, Van Ha T, eds. *Placement and Retrieval of Inferior Vena Cava Filters. A Case-Based Approach.* Cham: Springer Nature Switzerland AG; 2020:189-202.
46. Grewal S, Lewandowski RJ, Ryu R KW, Desai KR. Inferior Vena Cava Filter Retrieval: Patient Selection, Procedural Planning, and Postprocedural Complications. *AJR Am J Roentgenol.* 2020;215:790-794.