

Miloš Šurlan<sup>1</sup>

# Intervencijska radiologija

## *Interventional Radiology*

### **IZVLEČEK**

KLJUČNE BESEDE: intervencijska radiologija, znotrajilni posegi, nežilni posegi

Intervencijska radiologija je del radiologije, ki uporablja radiološke diagnostične postopke za vodenje minimalno invazivnih posegov v postopkih zdravljenja. V prispevku je prikazan razvoj intervencijske radiologije, ki se je razvila iz diagnostične radiologije kot posledica njenega ustvarjalnega in hitrega razvoja na področju ločljivosti slike, hitrosti slikovnega prikaza, računalniške obdelave podatkov in anatomskega prikaza v treh dimenzijah. Prikazana je tudi vloga sodobnega radiologa, ki je aktivno vključen v proces zdravljenja, ne samo v diagnostiko. Ob dobrem poznavanju radiološke diagnostike in izvajanju posegov intervencijske radiologije potrebuje radiolog tudi primerno klinično znanje in izkušnje za odločanje ali soodločanje o izbiri načina zdravljenja in spremljanju bolnika po njem. Le tako lahko ustrezno sodeluje z zdravniki drugih kliničnih strok pri vodenju in reševanju zapletenih kliničnih problemov. V prispevku je predstavljena tudi priprava bolnika na poseg, od razlage pomena posega, pričakovanega izhoda, možnosti zapleta vse do njegovega reševanja, kar je pogoj za pisno privoljenje bolnika, svojca ali starša na poseg. Med posegom je potrebno dobro sodelovanje bolnika, ki mora biti pomirjen in ne sme čutiti bolečine. Večino posegov izvajamo v lokalni anesteziji in včasih v zmerni sedaciji. Predstavljeni so pogoji za izvedbo posega in načela izvedbe znotrajilnih in nežilnih posegov.

### **ABSTRACT**

KEY WORDS: interventional radiology, endovascular procedures, non-vascular procedures

Interventional radiology is a part of radiology that uses diagnostic radiologic methods to guide minimally invasive treatment procedures. The article describes the development of interventional radiology that emerged from diagnostic radiology as a consequence of its creative and fast development in the field of image resolution, the speed of image display, computerised data analysis and display of three-dimensional anatomy. The role of modern radiologist, actively included in the treatment procedure, is also shown. In addition to good knowledge of diagnostic radiology and skilled performance of interventional procedures, interventional radiologist also needs proper clinical knowledge and skills to decide or co-decide on the appropriate treatment and follow-up method. Only in this way, a competent cooperation with doctors of other clinical professions can be achieved to guide and solve complex clinical problems. The article also shows patient preparation for the procedure, which includes explanation of the procedure, the expected

<sup>1</sup> Prof. dr. Miloš Šurlan, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; milos.surlan@guest.arnes.si

outcome, possible complications and their management, all of which is necessary for the patient's written consent. In addition to being calm and free of pain, it is important the patient cooperates sufficiently during the procedure. The majority of procedures are performed under local anesthesia and sometimes moderate sedation. The conditions for procedure performance and principles of endovascular and non-vascular procedures are presented.

## UVOD

Uvedba elektronskega ojačevalca rentgenske slike, avtomatskega izmenjevalca in razvijalca filmov ter uporaba manj osmolarnih jodnih kontrastnih sredstev so omogočili razvoj invazivne radiološke diagnostike in z njo začetek intervencijske radiologije (IR). Tako je bil omogočen prikaz srčnih votlin in krčenja srčne stene, možna je bila tudi ocena delovanja zaklopk in dinamike pretoka krvi v žilah ter srcu. Temu so sledile izboljšave kakovosti katetrov in vodilnih žic ter drugih pripomočkov z manjšo invazivnostjo in trombogenostjo (1–3). V 70. letih 20. stoletja so se v radiologijo začele uvajati nove diagnostične možnosti, kot so UZ, digitalna subtrakcijska angiografija (DSA), CT, računalniška tomografija z angiografijo (angl. *computed tomography angiography*, CTA) in nekoliko kasneje MRI ter magnetna resonanca z angiografijo (angl. *magnetic resonance angiography*, MRA) s paramagnetnim kontrastnim sredstvom in bolnikom prijaznejšim neionskim jodnim kontrastnim sredstvom (2). Skupaj z radiološko slikovno diagnostiko se je hkrati ves čas razvijala tudi IR srčno-žilnega in drugih organskih sistemov. Iz razvijajoče se nove veje radiologije sta se nato postopno organizacijsko in strokovno razvili intervencijska kardiologija in invazivna nevroradiologija. IR se je uveljavila tudi pri zdravljenju malignih tumorjev, tako da se je znotraj stroke oblikovalo novo poimenovanje, intervencijska onkologija (2).

Posege IR v grobem delimo na znotrajžilne in nežilne. Najpogostejši znotrajžilni

posegi so perkutana transluminalna angioplastika (PTA), postavitve žilnih opornic, tromboliza s perkutano mehanično trombektomijo, embolizacija in kemoembolizacija, postavitve vena kava filtrov ter žilnih in aortnih protez (2, 4–13). Med nežilne posege uvrščamo perkutane biopsije in drenaže, kot sta perkutana nefrostoma (PNS) in perkutana transhepatalna biliarna drenaža (PTBD), perkutane metode zdravljenja tumorjev, kot so radiofrekvenčna ablacija (RFA), krioblacija, elektroporacija in mikrovalovna ablacija, ter posege na mišicah in kosteh, kot sta vertebroplastika in njena novejša različica kifoplastika (2, 14–19).

Najpomembnejši pionirski prispevki v IR na svetovni ravni so dela Sven-Irina Seldingerja, Charlesa Dotterja in Andreasa Grüntziga (1–3, 19). Seldinger je leta 1953 uvedel preprost in varen postopek uvajanja katetrov v svetlino žil s punkcijo skupne stegenske arterije z iglo, kar je omogočilo razvoj srčno-žilne diagnostike in kasneje znotrajžilnega zdravljenja. Dotter je uvedel možnost širjenja kroničnih zožitev in zapor arterij s katetrom, pri svežih zaporah pa je leta 1964 uvedel lokalno dovajanje trombolitika streptokinaze skozi kateter do strdka. Grüntzig je leta 1974 uvedel balonski kateter z dvojnimi kanaloma za širjenje zožitev in kroničnih zapor arterij ter omogočil znotrajžilno zdravljenje celotnega srčno-žilnega sistema. Invazivno radiološko diagnostiko in prve srčno-žilne posege je v klinično prakso na Slovenskem uvedel Ivo Obrez.

## VLOGA INTERVENCIJSKEGA RADIOLOGA PRI VODENJU BOLNIKOV

Z razvojem IR se je spreminjala tudi vloga radiologa, ki je razen v diagnostiki postal aktiven tudi v zdravljenju z metodami IR. V novi vlogi radiolog poleg diagnostike izvaja terapevtske posege, soodloča o indikacijah, seznanja bolnike s posegi, pregleduje zdravstveno dokumentacijo, odloča o protibolečinski zaščiti in uporabi pomirjeval. Usposobljen in opremljen je za reševanje morebitnih zapletov med posegom in po njem. Skrbi za bolnika vse do odhoda na klinični oddelek. Bolnike z večjim tveganjem obišče na kliničnem oddelku tudi po posegu in svetuje ali osebno sodeluje pri reševanju poznih zapletov, kot so na primer krvavitve. Radiolog mora biti pred posegom seznanjen z laboratorijskimi izvidi bolnika, predvsem z izvidi testov strjevanja krvi, ki v običajnih okoliščinah ne smejo biti starejši od tedna dni, v primerih krvnega obolenja ali jemanja zdravil proti strjevanju krvi pa ne več kot 24 ur. Pomembna pokazateljica stanja strjevanja krvi sta mednarodno umerjeno razmerje protrombinskega časa (angl. *international normalised ratio*, INR)  $< 1,5$  in število trombocitov  $> 100.000$  (2).

## PRIPRAVA BOLNIKA NA POSEG

Poseg je možno izvesti samo ob pridobitvi bolnikovega pisnega privoljenja ob upoštevanju vseh etičnih in zakonsko določenih predpisov. Običajno bolnik pisni pristanek podpiše že na kliničnem oddelku ali po pojasnilnem pogovoru z radiologom. V primeru opravilne nezmožnosti privoljenje podpiše najbližji sorodnik, pri otroku eden izmed staršev. Vsi posegi se izvajajo v aseptičnih pogojih in lokalni ali splošni anesteziji. Od radiologa se zahteva ustrezna usposobljenost za izvedbo posega kot tudi reševanje nepredvidenih zapletov med posegom in po njem. Med izvedbo posegov IR je potrebno dobro sodelovanje bolnikov,

ki morajo biti pomirjeni in ne smejo čutiti bolečine. Le manjši del posegov opravimo v splošni anesteziji, večino izvedemo v lokalni anesteziji ob ustrezni pripravi bolnika, kar dosežemo s pogovorom, dajanjem protibolečinskih sredstev in pomirjeval. Za analgezijo najpogosteje uporabljamo lokalni anestetik, 1–3 % raztopino lidokaina ali ksilokaina. Največja priporočena doza za 70-kilogramskega bolnika je 20 ml (2, 19). V primeru hujših bolečin uporabljamo tudi opioidne analgetike, pri čemer je potrebna previdnost, ker lahko povzročimo od odmerka odvisne neželene učinke (depresija dihanja in znižanje krvnega tlaka). Zdravilo dajemo počasi, intravenozno, običajno preko postavljenega venskega kanala, pri čemer je količina odvisna od obsega bolečine in možnih neželenih učinkov. Sedacijo s pomirjevali izvajamo oralno ali intravenozno. Oralno jo izvajamo z diazepamom, temazepamom ali midazolaminom, in to pri pričakovani bolečih posegih in nemirnem bolniku. Diazepam običajno dajemo noč pred posegom, medtem ko temazepam uro pred načrtovanim posegom. Intravenozno sedacijo izvaja anesteziolog, kadar je treba doseči sprostitve bolnika ob ohranjeni odzivnosti. Ob tem na monitorju skrbno beležimo bolnikove vitalne znake, prav tako je treba dovajati tudi kisik po maski.

## IZVEDBA POSEGA

Posege izvajamo na rentgenski mizi z DSA ali s pomočjo UZ, CT ali MRI v aseptičnih pogojih. Poseg na žilah običajno začnemo s palpatorno punkcijo arterije ali vene skozi kožo v lokalni anesteziji (4). Pri posegih na drugih organskih sistemih (votli sistem ledvice, žolčni vodi, tekočinske kolekcije, tumorji) pa perkutano punkcijo vodimo z eno od radioloških slikovnih metod, največkrat z UZ (2). Katetre, potrebne za zdravljenje bolezenskih procesov v različnih organskih sistemih, uvajamo po vodilni žici, pod nadzorom rentgenske diaskopije in kontrastnih sredstev.

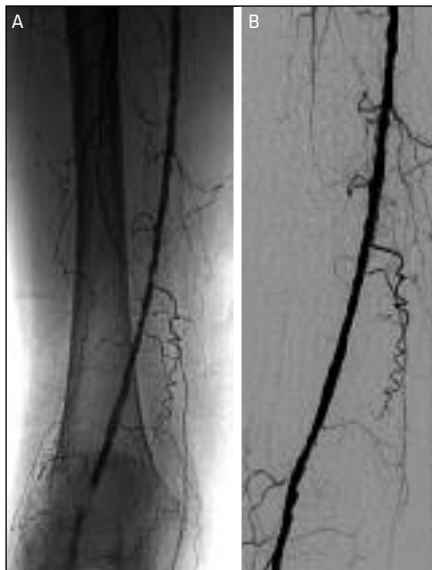
## ZNOTRAJŽILNO ZDRAVLJENJE

Metoda temelji na perkutanem pristopu skozi arterijo. V arterijski sistem vstopamo s perkutano punkcijo spodnje tretjine ene od skupnih stegenskih arterij, če tega ne preprečujejo zapore ali pooperativne spremembe. Drugo najpogostejše vstopno mesto je podpazdušna arterija, največkrat leva. Izvajamo ga, če stegenski pristop ni možen in če pričakujemo boljši rezultat. Poseg začnemo z lokalno anestezijo ter punkcijo arterije s Seldingerjevo iglo debeline 18 gauge in dolžine 8 cm z mandrenom (1, 2, 4, 5). Skozi iglo uvedemo vodilno žico, preko katere uvedemo žilno uvajalo s hemostatsko zaklopko na plastičnem razširjevalcu, s katerim razširimo vstopno mesto v steni žile. Nato skozi žilno uvajalo po vodilni žici uvedemo kateter v tarčno arterijo.

### Perkutana transluminalna angioplastika

Znotrajžilno najpogosteje zdravimo zožitve in krajše kronične zapore arterij zaradi ateroskleroze (slika 1). PTA-posegi z žilnimi opornicami ali brez njih se po arterijskih področjih med sabo delno razlikujejo. Razlike so glede na namen posega, potreben radiološki prikaz, način izvedbe, možnost zapletov ter glede na takojšnje in dolgoročne rezultate. Periferno arterijsko okluzivno bolezen (PAOB), povzročeno s trombozo, zdravimo najprej z lokalno trombolizo in/ali trombektomijo, nato še s PTA ali s PTA in žilno opornico. Mehanizem širjenja svetline arterije pri PTA je širitev žile na mestu zožitve s pritiskom napolnjenega balona ob podpori pretoka krvi. Med širjenjem v arteriosklerotičnih oblogah nastanejo razpoke, saj plaki niso stisljivi in jih ni mogoče raztegniti. Razpoke v oblogah in omejene disekcije v steni arterije, vidne pri arteriografiji ali znotrajžilnem UZ, so normalen izid, če ne motijo pretoka. Če zožitev povzroči ekscentrična obloga, se med širitvijo razpoke v plakih večinoma ne pojavijo. Raztegne se le neprizadeti del žilne stene, ki os-

tane raztegnjen zaradi delne izgube raztegljivosti medije žilne stene. Adventicija je odporna na raztezanje, ker je večinoma zgrajena iz kolagena. Nepoškodovana adventicija zagotovi ohranitev žilne svetline oz. preprečuje, da bi se med PTA le-ta pretrgala. Balon katetra za širjenje svetline postavimo natančno v zožitev ali zaporo, kar nam omogočajo kovinske oznake na obeh koncih balona. Balon polnimo z razredčenim kontrastnim sredstvom, da ga vidimo na rentgenski presvetlitvi. Polnimo ga z visokotlačno brizgalko z manometrom za kontrolo tlaka. PTA običajno izvajamo z delovnim pritiskom v balonu med 4 in 8 bari. Balon prenese navadno tudi za tretjino višji pritisk. Visokotlačni baloni prenesejo tlak 20–30 barov brez nevarnosti, da bi se deformirali ali počili (2–4, 20). Običajni balon za PTA ima premer od 1,5 do 14 mm in je dolg od 20 do 250 mm (2, 4). Velikost izberemo na osnovi meritev žile in lezije s pomočjo CTA, MRA in DSA (21, 22).



**Slika 1.** Perkutana transluminalna angioplastika femoropoplitealnega segmenta. Kratka zapora femoropoplitealnega segmenta, prikazana z arteriografijo (A). Kontrolna angiografija pokaže dobro prehodno arterijo (B).

## Žilne opornice

Uvedba žilnih opornic (angl. *stent*) je pomembno izboljšala varnost in učinkovitost znotrajžilnega zdravljenja kronične ishemijske. Žilna opornica je kovinska mrežica, ki kot vložek v žili z notranje strani nudi oporo žilni steni za ohranitev pretoka. Lahko je samoraztezna (navadno iz nitinola) ali na balonu (jeklena ali iz kobaltove in kromove zlitine). Opornica naj vsebuje čim manj kovine, da po prekritju s fibrinom in endotelijem ne povzroča zožitve ali zapore žile. Ideja za izdelavo žilnih opornic je nastala iz potrebe po reševanju zapletov in slabih izhodov PTA, kot so zaporna disekcija, velik ostanek zožitve in hitra ponovna zožitve. Sčasoma so se ob teh drugotnih indikacijah izoblikovale primarne indikacije za vstavljanje opornic pri ekscentričnih zožitvah, zožitvah na ustju in razcepišču arterij ter vse več tudi za daljšo prehodnost arterij po PTA (2, 8, 20, 23). Z uporabo opornic in balonov, prevlečenih z zdravili (angl. *drug eluting*), ki zavirajo hiperplazijo nove intimne nad razpokami v plakih, in endotelnim prekritjem opornice, se prehodnost arterij še izboljšuje. Raziskave, ki potekajo na področju opornic, so usmerjene v izdelavo biološko razgradljivih opornic (20, 23).

## Perkutana trombektomija

Perkutana trombektomija je odstranjevanje strdkov z mehanično razgradnjo in vsrkavanjem strdka iz žile skozi kateter (10–12). Poteka ročno s pomočjo večje brizge ali motorja. Namen posega je skozi kateter odstraniti strdek pri akutni in subakutni ne preveliki arterijski trombozi, predvsem če lokalna tromboliza ni izvedljiva, ni uspešna ali traja predolgo. Svež, relativno majhen strdek na mestu PTA je mogoče skozi kateter odstraniti hitro in brez težav. Starejši, večji in deloma že na žilno steno pritrjen strdek je treba prej delno razgraditi z lokalnim dovajanjem trombolitika. Obratno lahko z vsrkavanjem strdkov skozi kateter pospešimo predolgo trajajočo razgradnjo strdka z lokalno trombolizo (2).

## Zdravljenje z znotrajžilno protezo

Znotrajžilne proteze (angl. *stent graft, endoprosthesis*) so nastale z združevanjem žilnih opornic in sintetičnih žilnih protez. Oporni del je iz nitinola ali nerjavečega jekla, proteza (srajčka) pa iz tkanin: iz dakrona, poliestra ali politetrafluoretilena (PTFE) (2, 13). Znotrajžilno zdravimo z znotrajžilnimi protezami aortne (trebušno anevrizmo in anevrizmo descendentnega dela prsne aorte) ter arterijske anevrizme, ki jih kot bolezen žilne stene najpogosteje povzroča dilatativna oblika ateroskleroze. Z žilno protezo zdravimo simptomatske in asimptomatske aortne anevrizme: simptomatske zaradi pritiska na sosednje organe ali zaradi življenjsko ogrožajočih ruptur s krvavitvijo, asimptomatske pa zaradi velikosti in hitre rasti z grožnjo raztrganja. Z znotrajžilnimi protezami poleg anevrizem zdravimo tudi psevdoanevrizme in visokopretočne arterijsko-venske povezave in fistule, disekcije aorte tipa B ter krvavitev iz večjih in srednje velikih arterij ali ven (13, 21, 24–26).

Najpogostejši zaplet zdravljenja aortne anevrizme z endoprotezo je zgodnje ali pozno puščanje v anevrizmatsko vrečo (angl. *endoleak*). Poznamo štiri vrste puščanj, ki jih v primerih, da so simptomatski, zdravimo z embolizacijo ali premoščanjem s pomočjo proteznega podaljška (21, 26). V primeru, da to ni uspešno, pa lahko puščanje zdravimo operativno.

## Znotrajžilni posegi na venah

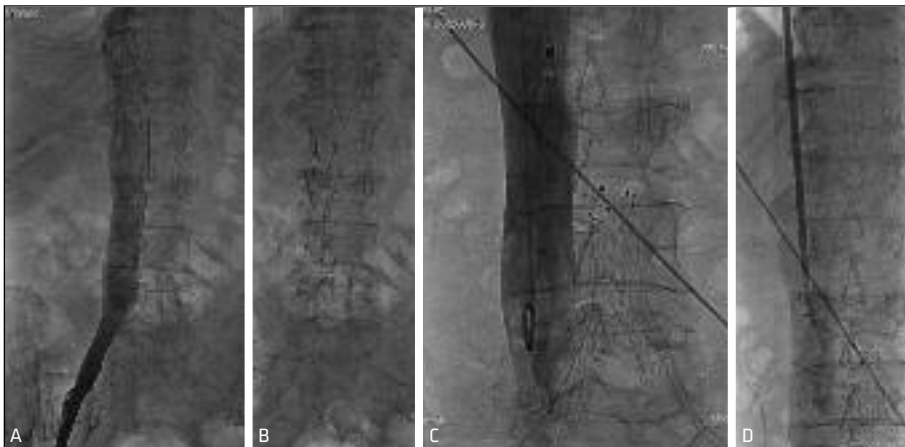
Število posegov intervencijske radiologije na venah narašča. Najpogosteje izvajamo PTA-zožitve dializne arterijsko-venske fistule za podaljševanje njenega delovanja in zmanjšanja izgube ven s prehitro izdelavo novih fistul in PTA-zožitve ali zapore ileofemoralne vene, ki je pogosto vzrok venskega popuščanja spodnjih udov (27, 28). Zadnje čase se vse bolj uveljavlja znotrajžilno zdravljenje z embolizacijo testikularne vene pri simptomatskih varikokelah in

z embolizacijo ovarialnih ven in/ali medeničnih ven pri bolnicah s pelvičnim kongestivnim sindromom (slika 2) (2). Podobno kot na arterijski strani lahko skozi kateter



**Slika 2.** Embolizacija varikokele pri mlajšem bolniku z bolečinami v levem modu. Selektivna venografija potrdi razširjeno levo testikularno veno z obrnjenim pretokom (A). Kontrolna venografija po embolizaciji s spiralam in zaprtjem obrnjenega toka (B).

drobimo in z vsrkavanjem odstranjujemo strdke pri globoki venski trombozi in masivni pljučni emboliji (11, 12). Pljučno embolijo preprečujemo s postavljanjem filtra v spodnjo votlo veno, ki ustavi v venski krvi plavajoče strdke (slika 3). Filter za votlo veno ima običajno obliko dežnika, zgrajen pa je iz nerjavečega jekla ali titinola (29). Po sprostitvi iz katetra se razpre in s kavlji oprime stene spodnje votle vene pod vtokom ledvičnih ven. Filter je odprt navzdol, v zgornjem delu v obliki kupole pa se ustavljajo strdki. Nad kupolo filtra je kavelj, ki ga v primerih indikacije za začasno vstavev pri odstranjevanju primemo z zanko in ga odstranimo (2, 29). Znotrajžilno lahko kanaliziramo zaporo zgornje votle vene in začasno ali trajno saniramo venski zastoj na vratu in glavi, ki ga v 90 % povzročijo maligni tumorji v medpljučju. Življenje ogrožajočo vensko krvavitev iz varic požiralnika pri hipertenziji v sistemu portalne vene, ki jo povzroči ciroza jeter, preprečimo s transjugularnim intrahepatalnim portosistemskim spojem (TIPS), ki za dlje časa prestavi nevarnost krvavitve z odvodom dela krvi neposredno iz portalne vene v sistemske vene (30, 31).



**Slika 3.** Preprečevanje pljučne embolije s postavitvijo vena kava filtra. Venografija: transfemorálni pristop (A). Postavitve vena kava filtra pod vtočiščem ledvičnih ven (B). Kavografija pred odstranitvijo filtra: transjugularni pristop (C). Odstranitev filtra (D).

## Embolizacija

Z embolizacijo in dovajanjem zdravil skozi kateter v arterijo radiologi izvajamo potrebna zapiranja arterij in nadzor toka krvi. Z embolizacijo arterije najpogosteje ustavljamo življenjsko nevarne krvavitve ali povzročamo ishemijo za zaviranje rasti tumorja (25, 32–36). Embolizacijo izvajamo kolikor je mogoče selektivno, da ne povzročamo nepotrebne ishemije zdravih struktur. Skozi vodilni kateter, po posebno oblikovani in s hidrofilno snovjo prevlečeni žici, ki ima zelo majhen premer, dovedemo manjši kateter (mikrokateter) s svetlino premera 0,9–1 mm. Konica katetra mora biti čim bližje mestu bolezenske spremembe. Žile lahko zapiramo s trdimi delci ali s tekočimi sredstvi in sredstvi, ki se v žili strdijo in lepijo na žilno steno. Delimo jih na trajna in začasna, zadnja se s časom razgradijo. Srednje velike in manjše žile največkrat trajno zapremo z večjimi in manjšimi kovinskimi spiralami. Majhne arterijske veje emboliziramo z mikroembolizacijskimi delci ali s čistim alkoholom, da bi dosegli čim večjo nekrozo tumorskega tkiva. Mikroembolizacijska sredstva so drobni delci nepravilnih ali sferičnih oblik iz ivalona, polivinilalkohola (PVA), delcev želatine in embosfere. Tekoča embolizacijska sredstva so lepila, oniks, sklerozirajoča sredstva in čisti alkohol (25, 32). Embolizacijo prilagodimo namenu. Če je to ustavitev krvavitve, emboliziramo žilo, ki je vir krvavitve, ali žilo, ki največ prispeva h krvavitvi. Za tumorje se priporoča embolizacija žilnega obrobja in zaprtje čim več žil, ki prehranjujejo tumor. Maligne tumorje in miome maternice emboliziramo z mikroembolizacijskimi delci. Tumorje ledvic večinoma emboliziramo s čistim alkoholom. Za visoko pretočne arterijsko-venske malformacije uporabljamo več vrst embolizacijskih sredstev, katerih cilj je zmanjšati pretok in bolnikove težave zaradi volumske preobremenitve srca. Poporodne krvavitve ustavimo z začasnimi embolizacijskimi sredstvi (že-

latina). Arterijsko-vensko fistulo trajno zapremo s primerno velikimi kovinskimi spiralami, včasih lahko povezave izključimo z znotrajžilno protezo. Krvavitve iz prebavil in pljuč, ki niso dostopna endoskopskemu nadzoru, ustavimo s selektivno embolizacijo, največkrat z mikrospiralami skozi mikrokateter. Z njimi skozi mikrokateter rutinsko in vse bolj uspešno emboliziramo in iz pretoka izključujemo anevrizme na možganskih arterijah, ki bolnike ogrožajo zaradi možnosti življenjsko nevarnih subarahnoidnih krvavitev. Emboliziramo tudi že krvaveče anevrizme, vendar z večjim tveganjem za zaplete (2, 25). Prvi pogoj za selektivno natančno uvajanje mikrokatetrov ter varno in uspešno izvajanje posegov je dober radiološki slikovni prikaz s tehnologijo visoke ločljivosti s prikazom tudi v 3D-rekonstrukcijah. K reševanju resnih kliničnih stanj pri topih poškodbah in/ali politravmah lahko radiologi pomembno prispevamo s posegi IR. Vzroki teh stanj so najpogosteje težko dostopna mesta krvavitve, poškodbe žil s krvavitvijo ali disekcijo in trombozo ter trombembolijo. Ti bolniki so največkrat hemodinamsko nestabilni in imajo moteno strjevanje krvi, kar onemogoča odprto kirurško popravo poškodb. Hitra ustavitev krvavitve z malo invazivnim posegom bolniku prihrani veliko transfuzijo krvi, ki je zaradi motenega strjevanja krvi pri hemodinamski stabilizaciji bolnika omejeno učinkovita ali neuspešna. Krvavitev največkrat ustavimo z embolizacijo krvaveče žile skozi kateter ali z vstavitvijo žilne proteze, kadar je krvaveča žila večja. Notranjo poškodbo žile (razslojitev stene) z možnostjo zaprtja pretoka ali razvoja lažne anevrizme, ki grozi z za življenje nevarno krvavitvijo, lahko na manjših žilah saniramo z žilno opornico, na večjih žilah z žilno protezo in na aorti z aortno protezo.

## INTERVENCIJSKA ONKOLOGIJA

Posege IR v onkologiji izvajamo kot paliativno zdravljenje, izboljšanje možnosti za

učinkovitejše kirurško in onkološko zdravljenje, vse bolj pa tudi za dokončno zdravljenje. Malignih zožitev prebavne cevi od požiralnika do danke v določenem odstotku ni mogoče radikalno operirati. S posegi IR jih v paliativne namene širimo z balonom in vstavljamo kovinske opornice ali proteze za daljše in boljše preživetje. Izboljšanje bolnikovega stanja hkrati omogoča izvajanje značilnega onkološkega zdravljenja. Drenaža seča s PNS omogoča optimalno izločevalno funkcijo ledvic, ki je pogoj za zdravljenje s citostatiki in radioterapijo. Tudi za radioterapijo in operacijsko odstranitev tumorja v mali medenici je pogosto potrebna drenaža s PNS. S PTBD lahko izboljšamo izločevalno in druge funkcije jeter, ki bolniku omogočijo preživetje po radikalni operaciji tumorja z obsežno odstranitvijo jeter. Z embolizacijo vej portalne vene v segmentih ali režnju jeter, ki bodo pri operaciji odstranjeni skupaj s tumorjem, dosežemo, da se delovanje tega dela jeter zmanjša. Pretok se preusmeri v zdravi del jeter, ki se zaradi obnovitvenih sposobnosti jetrnega parenhima morfološko in funkcionalno poveča in bolniku zagotovi večjo možnost preživetja po operaciji. Uspešnost hipertrofije zdravih predelov jeter nadziramo od 3 do 4 tedne po embolizaciji s pomočjo CT- ali MRI-volumetrije (37). Ledvico s svetloceličnim rakom v 3. in 4. stadiju bolezni emboliziramo s čistim alkoholom, da zavremo rast in širitev obolenja, če bolnik ne bo operiran. Če bo operiran, pa zmanjšamo krvavitev in možnost širjenja ra-

kavih celic med operacijo. Manjše tumorje v 1. stadiju lahko uspešno zdravimo perkutano z RFA. To je postopek, ki ga izvajamo pod nadzorom CT ali UZ. CT omogoča natančno postavitve igel, dober nadzor nad uničenjem tumorja ter objektivni nadzor in spremljanje uspeha zdravljenja. RFA je lokalna termoablacijska metoda. Radiofrekvenčni valovi tkiva ne poškodujejo neposredno, temveč s toploto, ki nastaja ob nihanju delcev. Toplota, ki se sprosti, povzroči koagulacijsko nekrozo v neposredni okolici igle, prek katere dovajamo izmenični tok. Najustreznejša temperatura za koagulacijo tumorja je med 80 in 100 °C. Poseg pri nas izvajamo s sondo, ki ima devet igel, ki se dežnikasto izvlečejo in s katerimi lahko uničimo tumor velikosti do 5 cm ter zagotovimo 1 cm širok varnostni rob (18). Večinoma se uporablja za kurativno ali paliativno zdravljenje jetrnoceličnega karcinoma (angl. *hepatocellular carcinoma*, HCC) v zgodnjem ali vmesnem stadiju bolezni in za zdravljenje jetrnih zasevkov (17, 33). Z RFA zdravimo tudi tumorje v pljučih, kosteh in drugod (slika 4). Ostale perkutane metode, s katerimi dosežemo nekrozo tumorja, so izpostavitve tumorskih celic kemični snovi (etanolu, očetni kislini), poškodbi celične membrane (nepovratna elektroporacija) ali spremembi temperature (ablacija z mikrovalovi, krioablacija).

Primarne in sekundarne maligne tumorje jeter zdravimo z različnimi intraarterijskimi metodami, kot so transarterijska kemoembolizacija (angl. *transarterial che-*



**Slika 4.** Zdravljenje tumorja ledvice z radiofrekvenčno ablacijo. Na CT-sliki je prikazan tumor v skorji leve ledvice (histološko potrjen hipernefrom) (A). Prikaz UZ-vodene punkcije tumorja (B). CT s konusnim snopom: kontrola položaja radiofrekvenčnih ablacijskih igel v tumorju (C). Na kontrolnih CT-slikah tumor ni kopičil kontrasta, kar je znak popolnega odgovora na zdravljenje (D).



moembolization, TACE) in radioembolizacija (angl. *selective intraarterial radioembolization, SIRT*) (34–36). Kemoembolizacija je poseg IR za lokalno perkutano intraarterijsko dajanje kemoterapevtika v kombinaciji z nosilcem. Intraarterijsko dajanje mešanice lipiodola in citostatika imenujemo konvencionalna kemoembolizacija. V zadnjem času za kemoembolizacijo uporabljamo večinoma novo embolizacijsko sredstvo DEB (angl. *drug eluting beads*), ki nase zelo dobro veže citostatik doksorubicin ali irinotekan, v stiku z vodo in krvjo pa nato izrazito poveča volumen, zaradi česar je učinek občutno večji in nekroza tumorja obsežnejša. Poseg se imenuje DEBTACE. Vežavo doxorubicina na delce imenujemo DEBDOX (angl. *drug eluting beads doxorubicin*) TACE in vežavo irinotekana na delce DEBIRI (angl. *drug eluting beads irinotecan*) TACE (32, 36). DEBDOX TACE večinoma uporabljamo za zdravljenje HCC v srednjem stadiju bolezni in za zdravljenje neoperabilnega holangiokarcinoma. DEBIRI TACE večinoma uporabljamo za zdravljenje neoperabilnih jetrnih zasevkov raka debelega črevesja in danke. Novejša metoda zdravljenja HCC v srednjem in napredovalem stadiju bolezni in za zdravljenje neoperabilnih zasevkov raka debelega črevesja in danke je radioembolizacija. Pri radioembolizaciji, v primerjavi s TACE, lokalno perkutano intraarterijsko dovajamo radioaktivni itrij, ki je vezan na nosilce velikosti 100 µm (32). Nekroza tumorja je posledica β-sevanja radioaktivnega itrija. S TACE in radioembolizacijo zdravimo še neoperabilne jetrne zasevke karcinoma želodca, dojke in simptomatske zasevke nevroendokrinih tumorjev. Uspeh zdravljenja ocenjujemo klinično, laboratorijsko in z radiološkim prikazom.

## HEMOSTAZA PO POSEGU

Pomembna naloga radiologa je zanesljiva izvedba hemostaze po znotrajžilnem posegu, ki običajno traja do 5 minut. Hemostazo dosežemo s pravilno izvedbo ročne kom-

presije nad vstopnim mestom v žilo. V največjem času za ustavitev krvavitve uporabljamo tudi pripomočke za zaprtje odprtine v žilni steni. Kljub različnim pripomočkom mora radiolog bolnika in vstopno mesto določen čas opazovati ter po potrebi z ročno kompresijo pomagati doseči popolno hemostazo. Kljub doseženi hemostazi mora biti bolnik na kliničnem oddelku pod strokovno kontrolo, posebej če je bila uporabljena večja količina zdravila proti strjevanju krvi in sredstva za topitev strdkov.

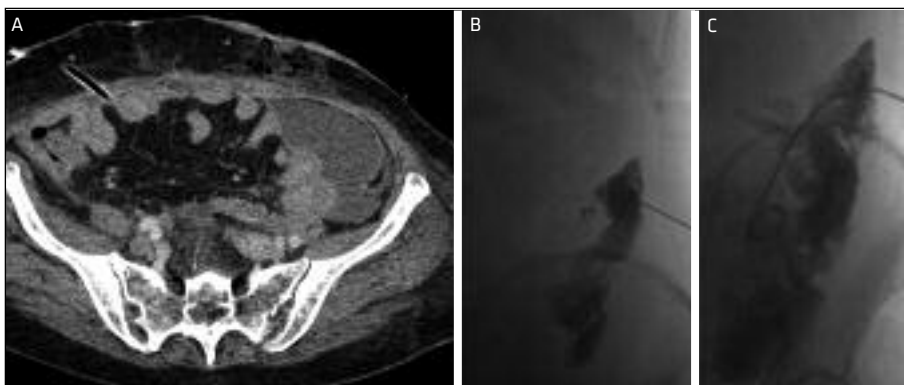
## NEŽILNO ZDRAVLJENJE - PUNKCIJE IN DRENAŽE

Iz radiološkega prikaza bolezenskega procesa lahko radiolog s pomočjo slikovno vodene perkutane (biopsijske) punkcije z iglo odvzame material za citološko ali histološko preiskavo, ki opredeli naravo bolezni. Radiolog tako prispeva k rešitvi številnih kliničnih vprašanj in v celoti nadomesti za to potreben kirurški poseg. Vzorce celic ali tkiv lahko odvezamo s skoraj vseh področij telesa.

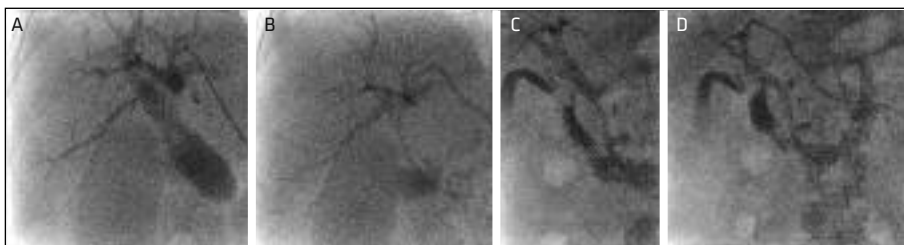
Perkutana drenaža je poseg, s katerim zdravimo bolezenske tekočinske kolekcije brez kirurškega posega (38). Z UZ, CT ali MRI prikažemo mesto bolezenskega procesa, izberemo varen pristop ter naredimo punkcijo, ki je največkrat vodena z UZ. Skozi iglo vsrkamo vsebino za makroskopsko potrditev diagnoze in po potrebi odvzamemo vzorec za laboratorijske preiskave. Nato skozi iglo uvedemo vodilno žico ter po njej drenažni kateter pod diaskopskim nadzorom (slika 5). Kateter nato s šivom pritrdimo na kožo za postopen odtok bolezenske vsebine iz telesa. Perkutana drenaža ognjoka po operacijah ali pri drugih resnih stanjih ima poseben pomen pri reševanju močno prizadetih in življenjsko ogroženih bolnikov. Pred drenažo ognjoka dajemo bolniku antibiotike po shemi, lahko tudi lokalno med posegom in po njem (16). Rezultat zdravljenja ocenjujemo klinično, laboratorijsko in z UZ. V primeru motene

drenaže ugotovimo vzrok motnje z RTG z vbrizganjem kontrastnega sredstva v votlino ognjka. Med zdravljenjem je pomembna skrb za prehodnost drenažnega katetra in za preprečevanje prezgodnjega izpada katetra. Zunanjo drenažo urina pri zastoju, ki ga povzroči zapora sečevoda, izvajamo s PNS, ki je sorazmerno preprost, zanesljiv in učinkovit poseg. Pod kontrolo UZ v lokalni anesteziji punktiramo razširjeni votli sistem ledvice in skozi ledvični parenhim vstavimo drenažni kateter. Drenažo zastoja žolča pri zaporah žolčevodov izvajamo s PTBD (21). Razširjeni žolčni vod punktiramo z iglo skozi kožo in jetra pod kontrolo UZ. Po aspiraciji žolča v žolčevode vbrizgamo kontrastno sredstvo in opravimo RTG.

Nato skozi isto iglo ali po novi punkciji uvedemo vodilno žico in drenažni kateter za zunanjo drenažo (slika 6). Bolj naravna in za bolnika koristna je notranja drenaža s katetrom, ki ima več stranskih odprtin, ali z vstavitvijo plastične proteze oz. kovinske opornice. Notranjo drenažo naredimo s premostitvijo zapore z vodilno žico in katetrom. PTBD je namenjen za drenažo žolča pri zaporah žolčevodov, katerih vzrok so malignomi in, manj pogosto, bolezni benigne narave. PTBD največkrat uporabljamo pri visoko ležečem raku žolčevodov, pri raku glave trebušne slinavke in ponovitvi raka na kirurški povezavi žolčnih izvodil z rekonstruiranim črevesjem, ki ni dostopno za retrogradno endoskopsko drenažo (15, 16).



**Slika 5.** Zdravljenje ognjka s perkutano drenažo. CT-prikaz ognjka parakolično levo (A). Kontrolni RTG ognjka, prikazanega s kontrastnim sredstvom, vbrizganim skozi drenažni kateter (B). Lega drenažnega katetra (C).



**Slika 6.** Perkutana drenaža žolča pri bolniku z rakom žolčevoda. Prikaz žolčevoda (holangiografija) s kontrastnim sredstvom, vbrizganim skozi kateter zunanje drenaže žolča. Vidna je zapora končnega dela žolčevoda (A). Zunanja drenaža žolča (B). Po nekajdnevni drenaži menjava zunanje drenaže z notranjo drenažo: rekanalizacija zapore (C). Notranja drenaža žolča (zunanjí del drena je zaprt, žolč odteka v prebavni trakt) (D).

## ZAKLJUČEK

IR je bistveno spremenila vlogo radiologa, ki je sedaj aktivno vključen tudi v proces zdravljenja, ne samo v diagnostiko. Ob dobrem poznavanju radiološke diagnostike in izvajanju posegov IR potrebuje radiolog tudi primerno klinično znanje in izkušnje za odločanje in soodločanje o izbiri načina zdrav-

ljenja in spremljanju bolnika po zdravljenju. Malo invazivne posege IR v grobem delimo na nežilne in znotrajžilne, ki so namenjeni zdravljenju številnih bolezenskih stanj in izboljšanju učinka zdravljenja z zdravili ali začasnemu izboljšanju boleznih pred tveganim kirurškim posegom, da ta poteka varneje in uspešneje.

---

## LITERATURA

1. Baum S, Pentecost MJ. *Abram's angiography interventional radiology*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006.
2. Jevtič V, Matela J, Šurlan M. *Diagnostična in intervencijska radiologija*. Splošni del. Maribor: Založba Pivec; 2014.
3. Dotter CT, Judkins MP. Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction and a preliminary report of its applications. *Circulation*. 1964; 30: 654-75.
4. Šurlan M, Pavčnik D. Perkutana transluminalna angioplastika. *Med Razgl*. 1994; 33 Suppl 1: 73-83.
5. Šurlan M, Pavčnik D. Perkutani revaskularizacijski posegi na arterijah. *Med Razgl*. 1994; 33 Suppl 1: 13-9.
6. Šurlan M, Pavčnik D, Obrez I. Rezultati perkutane transluminalne angioplastike na arterijama donjih ekstremiteta. In: *Perkutana transluminalna angioplastika. Jugoslovanski simpozij o perkutani transluminalni angioplastiki*; 1985; Jugoslavija. p. 60-5.
7. Šurlan M. Posebnosti perkutanih revaskularizacijskih posegov na perifernem žilju pri bolnikih s sladkorno boleznijo. *Med Razgl*. 2001; 40 Suppl 3: 99-104.
8. Šurlan M, Pavčnik D, Klančar J, et al. Perkutana transluminalna renalna angioplastika in uporaba žilne opornice. *Med Razgl*. 1994; 33 Suppl 1: 157-62.
9. Šurlan M, Pavčnik D, Koželj M, et al. Percutaneous transluminal angioplasty in a transplanted kidney with fibromuscular dysplasia [letter]. *Transplant Int*. 1996; 9 (1): 86-7.
10. Šurlan M. Transkatetrsko aspiracijsko odstranjevanje strdkov pri akutni zaporji arterij femoropoplitealnega predela. In: Geršak B, ed. *Zbornik simpozija Kirurgija arterij femoropoplitealnega predela*. Ljubljana, 1997. Ljubljana: Klinični center, Kirurška klinika; 1997. p. 66-70.
11. Šurlan M, Možina H. Katetrsko odstranjevanje embolov iz pljuč. *Med Razgl*. 2000; 39 Suppl 2: 109-13.
12. Popović P, Bunc M. Massive pulmonary embolism : percutaneous emergency treatment using an aspirex thrombectomy catheter. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010; 33 (5): 1052-5.
13. Šurlan M, Salapura V. Endovascular treatment of aortic aneurysm by endoprosthesis. *Radiol Oncol*. 2000; 34 (2): 107-13.
14. Gervais DA, Sabharwal T. *Interventional radiology procedures in biopsy and drainage*. London: Springer-Verlag; 2011.
15. Šurlan M, Popović P. Vloga perkutane transhepatične diagnostike in vodenja zapor žolčevodov pri holangio-karcinomu. In: Jelenc F, ed. *Zbornik s simpozija Kirurgija žolčnika in žolčevodov*; 2003; Ljubljana, Slovenija. Ljubljana: Kirurška šola, Klinični oddelek za abdominalno kirurgijo, Kirurška klinika; c2003. p. 46-52.
16. Kuhelj D, Popović P, Glušič M, et al. Interventni radiološki posegi pri peritonitisu. In: Juvan R, Repše S, eds. *Zbornik s simpozija Peritonitis*; 2007; Ljubljana, Slovenija. Ljubljana: Kirurška šola, Klinični oddelek za abdominalno kirurgijo, Kirurška klinika; c2007. p. 96-100.

17. McGhan JP, Dodd GD. Radiofrequency ablation of the liver: current status. *AJR*. 2001; 176 (1): 3–16.
18. Popovič P, Lukič S, Mijailović M, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of small renal cell carcinoma: technique, complications, and outcomes. *J BUON*. 2012; 17: 621–6.
19. Kessel D, Robertson I. *Interventional radiology: a survival guide*. 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, Elsevier; 2011.
20. Morgan RA, Walser E. *Handbook of angioplasty and stenting procedures*. London: Springer-Verlag; 2010.
21. Šurlan M, Berden P, Vrtovec M, et al. Racionalna slikovna diagnostika anevrizme trebušne aorte pred in po znotrajžilnem zdravljenju. In: Blinc A, Kozak M, Šabovič M, eds. *Slikovne metode v odkrivanju in zdravljenju žilnih bolezni*. Letno srečanje Zdrženja za žilne bolezni SZD; 2005 Maj; Ljubljana. Ljubljana: Zdrženje za žilne bolezni; 2005. p. 217–28.
22. Rubin GD, Rofsky NM. *CT and MR angiography: comprehensive vascular assessment*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, Wolters Kluwer business; 2009.
23. White CH, Gray WA. Endovascular therapies for peripheral arterial disease. *Circulation*. 2007; 116: 2203–15.
24. Šurlan M, Gasparini M, Berden P, et al. Smernice za odkrivanje in zdravljenje anevrizme abdominalne aorte. *Zdrav Vestn*. 2005; 74 (1): 5–9.
25. Popovič P, Garbajs M. Diagnostika in znotrajžilno zdravljenje arterijskih pseudoanevrizem. In: Kozak M, Blinc A, eds. *Anevrizmska bolezen arterij*; 2013 Apr 12–13; Otočec, Slovenija. Ljubljana: Zdrženje za žilne bolezni, Slovensko zdravniško društvo; c2013. p. 251–62.
26. Šurlan M, Pavčnik D, Gabrijelčič T, et al. Late complications and shape changes of the endografts after gigantic thoracic aortic aneurysm repair over a 7-year follow-up. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 50 (2): 104–8.
27. Šurlan M, Popovič P. The role of interventional radiology in management of patients with end-stage renal disease. *Eur J Radiol*. 2003; 46 (2): 96–114.
28. Popovič P, Torkar A. Znotrajžilno zdravljenje zožitev in kroničnih zapor ileofemoralnih ven. In: Kozak M, Blinc A, eds. *Bolezni ven: priročnik za obravnavo bolnikov*. Ljubljana: Zdrženje za žilne bolezni, Slovensko zdravniško društvo; 2011. p. 300–7.
29. Popovič P, Marin A, Kuhelj D, et al. Odstranljivi filtri spodnje vene kave. In: Kozak M, Blinc A, eds. *Bolezni ven: priročnik za obravnavo bolnikov*. Ljubljana: Zdrženje za žilne bolezni, Slovensko zdravniško društvo; 2011. p. 104–9.
30. Šurlan M, Jereb J. Transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS). *Radiol Oncol*. 2000; 34 (2): 93–9.
31. Popovič P, Šurlan M. Transjugularni intrahepatični portosistemski odvod. *Gastroenterolog*. 2004; 8 (1): 59–66.
32. Popovič P, Štabuc M, Dežman R, et al. Slikovna diagnostika in interventni posegi pri boleznih prebavil. *Gastroenterolog*. 2013; 17: 50–62.
33. Popovič P, Stanislavjevič D, Jeromel M. Percutaneous transcatheter arterial embolization in haemodynamically stable patients with blunt splenic injury. *Radiol Oncol*. 2010; 44 (1): 30–3.
34. Markovič S, Gadžijev E, Štabuc B, et al. Treatment options in western hepatocellular carcinoma: a prospective study of 224 patients. *J Hepatol*. 1998; 29: 650–9.
35. Štabuc B, Janša R, Stanislavjevič D, et al. Jetnoločilni karcinom: priporočila za obravnavo. *Gastroenterolog*. 2010; 14 (1): 3–15.
36. Boc N, Boc M, Popovič P. Vloga endovaskularnega zdravljenja jetrnih zasevkov. *Gastroenterolog*. 2011; 15 (1): 16–23.
37. Ribero D, Abdalla EK, Madoff DC, et al. Portal vein embolization before major hepatectomy and its effects on regeneration, resectability and outcome. *Br J Surg*. 2007; 94 (11): 1386–94.
38. Sever M, Vidmar D, Šurlan M, et al. Percutaneous drainage of pancreatic pseudocyst into the stomach. *Surg Endosc*. 1998; 12: 1249–53.