

Rok Dežman<sup>1</sup>, Peter Popovič<sup>2</sup>

## Perkutana embolizacija portalne vene pred desno hepatektomijo – predstavitev primera

### *Percutaneous Portal Vein Embolization Before Right Hepatectomy – a Case Report*

#### IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: portalna vena, embolizacija, jetrne bolezni, intervencijska radiologija

Embolizacija portalne vene je poseg intervencijske radiologije, ki spodbudi hipertrofijo nebolelega dela jeter pred načrtovano obsežno jetrno resekcijo z namenom, da se zmanjša možnost pooperativne jetrne odpovedi. V članku je predstavljen primer 50-letnega bolnika z jetrnimi zasevki karcinoma želodca, ki je bil uspešno zdravljen z desno hepatektomijo po predoperativni embolizaciji vej desne portalne vene. Predstavljene so indikacije in kontraindikacije za poseg, možni zapleti posega in metode za oceno jetrnega volumna pred in po posegu.

#### ABSTRACT

KEY WORDS: portal vein, embolization, liver diseases, interventional radiology

Portal vein embolization is an interventional radiologic procedure used in the preoperative treatment of patients scheduled for major hepatic resection. The procedure induces hypertrophy of the non-diseased portion of liver and thereby reduces the possibility of postoperative liver failure. In this article, we present a case of a 50-year old patient with preoperative portal vein embolization before right hepatectomy for metastatic gastric adenocarcinoma. We discuss the indications and contraindications for the procedure, possible complications and methods for assessing hepatic lobar hypertrophy.

<sup>1</sup> Rok Dežman, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; rok.dezman@kclj.si

<sup>2</sup> Doc. dr. Peter Popovič, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana

## UVOD

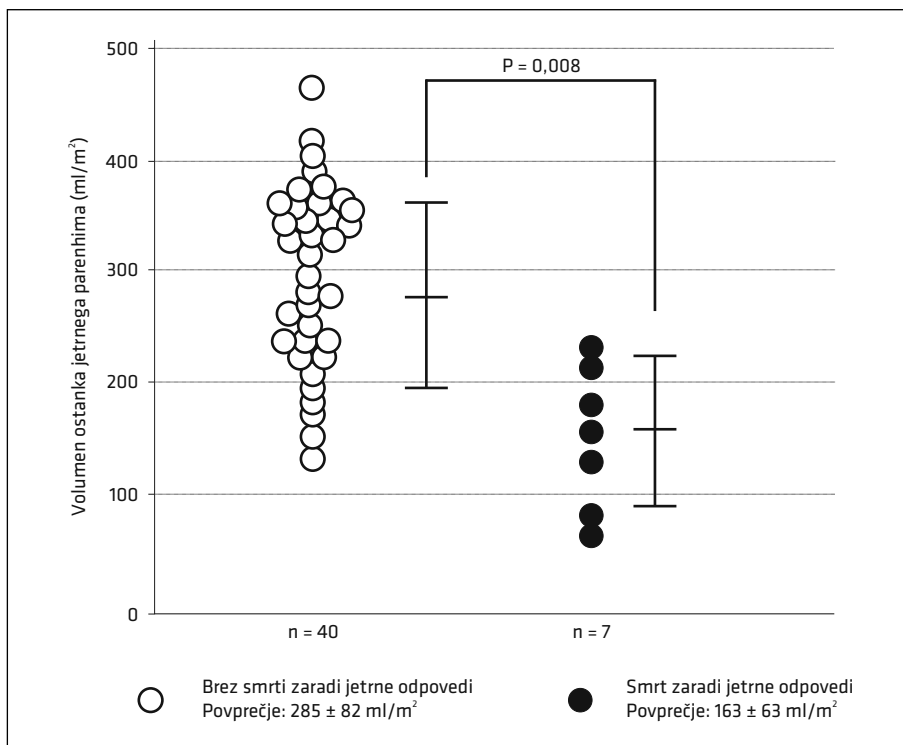
Kirurška odstranitev primarnih in sekundarnih tumorjev omogoča dolgoročno preživetje te skupine bolnikov. Pri 45 % takih bolnikov je potrebna obsežna resekcija jeter (1). Obsežne resekcije zaradi majhnega ostanka jeter predstavljajo tveganje za jetrno odpoved v perioperativnem obdobju. Dokazano je, da imajo bolniki z manjšim ostankom jeter po resekciji (angl. *future liver remnant*, FLR) višjo verjetnost za postoperativno jetrno odpoved in postoperativno umrljivost (slika 1) (1). Pri takih resekcijah je stopnja zapletov do 50 % in umrljivosti do 11 % (1, 2).

Embolizacija portalne vene (EPV) je metoda intervencijske radiologije, s katero zmanjšamo tok portalne krvi v obolen jetrni parenhim in ga preusmerimo v zdrav

(netumorski) del jeter ter s tem povzročimo hipertrofijo tega dela jeter (3, 4). Zaprtje portalne vene povzroči ishemijo prizadetega dela jeter, ki posledično vodi v apoptozo dela hepatocitov prizadetega parenhima (5). Ob tem ishemični del jeter izloča hepatocitne rastne faktorje in citokine, ki spodbujajo hiperplazijo zdravega (neishemičnega) dela jeter (6). Ob predoperativni izvedbi EPV se poveča volumen FLR in posledično zmanjša pojavnost jetrne odpovedi in umrljivosti v perioperativnem obdobju. Z izvedbo posega povečamo število kandidatov za kurativne kirurške resekcije primarnih ali sekundarnih tumorjev jeter.

## ŽILNA OSKRBA JETER

Jetra imajo dvojno oskrbo s krvjo in jo jemajo preko systemskega in portalnega krv-



**Slika 1.** Prikaz varnega volumna jetrnega ostanka po jetrni resekciji zaradi jetrnoceličnega karcinoma pri pacientih z jetrno cirozo. V skupini pacientov z ostankom jetrnega parenhima > 250 ml/m<sup>2</sup> ni pooperativne jetrne odpovedi in z njo povezanih smrti (1).

nega obtoka. Večinski delež volumna krvi (75–80 %) je pretežno deoksigenirane venske krvi, ki vstopa v jetra preko portalne vene in se drenira iz povirja vranice in prebavnega trakta. Hepatična arterija je veja celiakalnega trunkusa in prispeva 25 % volumna dobro oksigenirane arterijske krvi. Oskrba s kisikom tako prihaja iz obeh povirij, vsako prispeva približno polovico količine kisika.

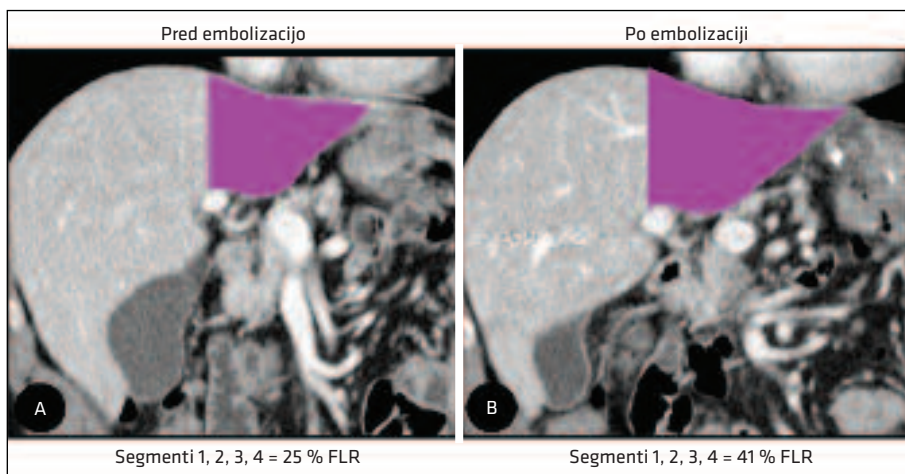
Portalna vena nastane ob sotočju zgornje mezenterične in lienalne vene, ki leži retroperitonealno, za glavo trebušne slinavke. Glavna portalna vena leži v hilusu jeter in se razcepi v dve veji – v vejo za levi jetrni reženj in vejo za desni jetrni reženj. Portalno razcepišče lahko leži ekstrahepatalno (48%), intrahepatalno (26%) ali tik ob vstopu v jetrni parenhim (26%). Obe glavni veji se nato delita na manjše sektorske in segmentne veje (7).

## PREDSTAVITEV PRIMERA

Moški, star 50 let, je imel opravljeno delno resekcijo želodca zaradi adenokarcinoma (T2N1M0) in je bil dodatno zdravljen

z adjuvantno kemoradioterapijo. Po šestih mesecih so bile na kontrolnem UZ trebuha v jetrih vidne novo nastale hipohogone spremembe. CT trebuha je pokazal spremembe v 6., 7. in 8. segmentu jeter, ki so bile hiperdenzne v arterijski fazi in hipodenzne v venski fazi – izgled, ki je skladen z zasevki adenokarcinoma želodca. Pozitronska emisijska tomografija (PET/CT) ni pokazala zasevkov v drugih organih.

Zaradi dobrega stanja pacienta in omejenosti razsejane bolezni je bil sprejet sklep o kurativnem zdravljenju z odstranitvijo desnega jetrnega režnja (desnostranska hepatektomija). Meritev volumna jeter na predoperativnem CT je pokazala, da volumen levega jetrnega režnja predstavlja 410 ml oz. 25 % volumna celotnih jeter (slika 2). Ker je pacient prejel pooperativno kemoterapijo, ki je povzročila okvaro jetrnega parenhima, je bil omenjen volumen načrtovanega FLR premajhen, da bi zagotavljal zadostno pooperativno jetrno funkcijo. Za povečanje FLR je bila sprejeta odločitev o predoperativni embolizaciji portalne vene za desni jetrni reženj.



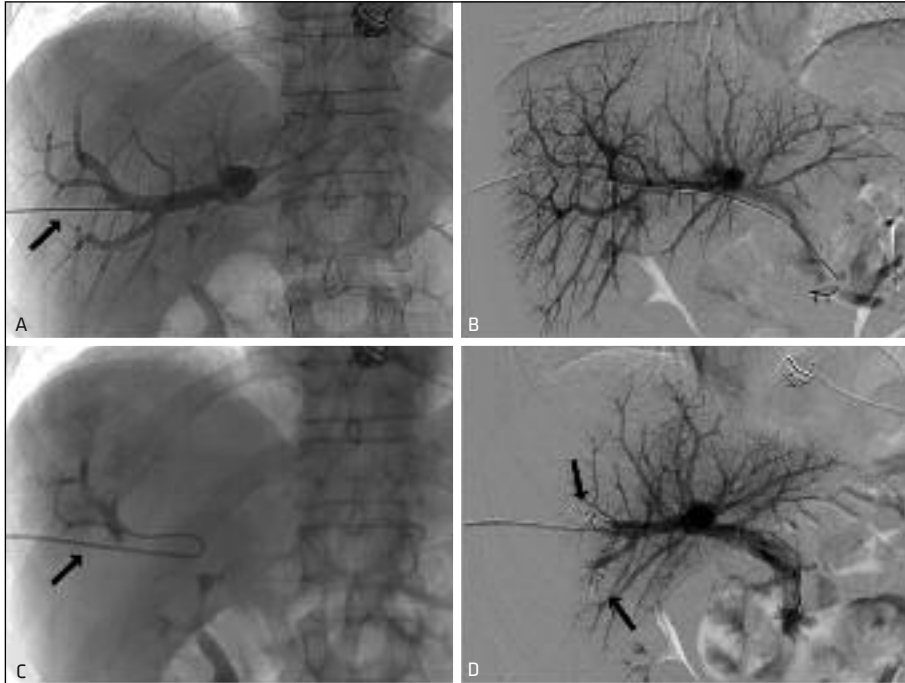
**Slika 2.** Primer pacienta pred načrtovano resekcijo desnega jetrnega režnja zaradi zasevkov adenokarcinoma želodca. Na koronarnih rekonstrukcijah je obarvan načrtovan ostanek jetrnega parenhima pred embolizacijo portalne vene (A) in pet tednov po embolizaciji vene za desna jetra (B). Prišlo je do pomembne hipertrofije levega jetrnega režnja za 263 ml oz. za 16 % glede na celoten volumen jeter. FLR – ostanek jetrnega parenhima (angl. *future liver remnant*).

Poseg smo opravili na Oddelku za intervencijsko radiologijo Kliničnega inštituta za radiologijo Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana (slika 3). Poseg je potekal v lokalni anesteziji. Uporabili smo interkostalni pristop skozi desni jetrni reženj (slika 3A). Embolizirali smo portalne vene za desni jetrni reženj (5., 6., 7. in 8. segment). Za primarno embolizacijo smo uporabili mikrokredce iz trisakrilnih želatin (Embozene® Microspheres, CeloNova BioSciences, Inc., San Antonio, ZDA) velikosti 250, 500, 700, 900 in 1.300  $\mu\text{m}$ . Po praktično popolni zauzavitvi toka krvi smo obe glavni veji za desna jetra dodatno embolizirali še s kovinskimi spiralami (slika 3D). Poseg je potekal brez zapletov. En mesec po posegu je bil pri bolniku opravljen kontrolni CT za oceno hiperplazije levega jetrnega režnja. Volumen režnja je meril 670 ml, kar je predstav-

ljalo 41 % celotnih jeter (1630 ml). V primerjavi s preiskavo pred posegom se je levi jetrni reženj povečal za 263 ml (za 16 % glede na celotni jetrni volumen oz. za 64 % glede na FLR pred embolizacijo). Pri pacientu je bila opravljena desna hepatektomija. V pooperativnem obdobju ni prišlo do zapletov.

### OPRAVLJANJE MERITVE NAČRTOVANEGA OSTANKA JETRNEGA PARENHIMA

Za oceno razširjenosti bolezni, načrtovanje operacije in oceno bodočega FLR pri pacientih opravimo CT trebuha s kontrastnim sredstvom. Glede na razširjenost bolezni ocenimo, če je pacient kandidat za kurativno zdravljenje in kako obsežna resekcija jeter bo potrebna. Nato poiščemo žilne resekcijske robove in z meritvami ocenimo volumen načrtovanega FLR.



**Slika 3.** Diaskopski posnetki embolizacije portalne vene. Poseg se prične s punkcijo veje desne portalne vene, primerno lego potrdimo s kontrastnim sredstvom (A). Nato opravimo venografijo portalne vene (B). Preko katetra (puščica) selektivno emboliziramo veje portalne vene za desni jetrni reženj (C). Kontrolna venografija portalne vene (D) pokaže zaprte vene za desni jetrni reženj in kovinski spirali v glavnih sektorskih vejah (črni puščici).

Meritve opravimo na aksialnih rezih CT. Na vsakem rezu v računalniškem programu očrtamo področje načrtovanega FLR. Program nato na podlagi ploščine očrtanih področij in podatkov o debelini rezov izračuna absolutni volumen načrtovanega FLR. Opisani postopek imenujemo CT-volumetrija. Absolutni volumen FLR pa še ni zadosten podatek. Večji pacienti namreč potrebujejo večji volumen FLR za normalno delovanje v primerjavi z manjšimi pacienti. Velikost FLR moramo zato standardizirati glede na pacientovo velikost in ga izraziti kot delež glede na celotni funkcionalni volumen jeter. Standardizirani FLR (sFLR), izražen kot delež celotnega funkcionalnega volumna jeter, lahko nato primerjamo med pacienti in operativnimi podatki in tako ocenimo, če je pri pacientu potrebna predoperativna EPV.

Za izračun sFLR moramo tako določiti tudi celoten volumen funkcionalnega jetrnega parenhima. To lahko storimo na enak način kot za oceno FLR s CT-volumetrijo – najprej izmerimo volumen celotnih jeter in nato odštejemo volumen tumorsko infiltriranega parenhima. Občasno pa je volumen tumorja prevelik oz. je jetrni parenhim nehomogeno infiltriran s tumorjem, volumetrija pa je posledično zaradi nejasno očrtanih mej tumorja nezanesljiva. V takih primerih lahko ocenimo volumen celotnega funkcionalnega jetrnega parenhima glede na pacientovo telesno površino (8, 9).

## IZVEDBA POSEGA

Cilj posega je zapora vseh izbranih segmentov portalne vene (npr. portalne vene za desni jetrni reženj). Treba je embolizirati vse veje, vključno z distalnimi, saj tako preprečimo nastanek porto-portalnih spojev. Za izvedbo embolizacije se lahko uporabljajo različna embolizacijska sredstva: N-butilcianoakrilat (NBCA), fibrinsko lepilo, etanol ali mikrodenci (polivinilni alkoholi ali trisakrilne želatine). Idealno embolizacijsko sredstvo mora biti enostavno za uporabo,

povzročiti mora popolno okluzijo žil in ne sme povzročati stranskih učinkov. Retrospektivne raziskave so pokazale približno enako učinkovitost naštetih embolizacijskih sredstev, prospektivne randomizirane raziskave na to temo pa niso bile opravljene (2).

Pri večini posegov EPV je cilj embolizacija desnega jetrnega režnja pred načrtovano desno hepatektomijo oz. razširjeno desno hepatektomijo (desni reženj in 4. segment). EPV levega jetrnega režnja se izvaja redko, saj je desni jetrni reženj precej večji kot levi in je volumen desnega režnja po resekciji levega režnja večinoma zadosten za ohranjanje normalne jetrne funkcije.

Poseg se izvaja perkutano. Uporablja se transhepatični pristop, ki je lahko ipsilateralni (preko jetrnega režnja, ki ga želimo embolizirati) ali kontralateralni (preko zdravega jetrnega režnja). V naši ustanovi uporabljamo ipsilateralni pristop, če je tehnično mogoč. Z izbiro tega pristopa se izognemo morebitni poškodbi zdravih jeter. Poskušamo se izogniti pristopu skozi tumor, saj pri tem obstaja možnost širjenja tumorja preko punkcijske poti.

Pod UZ-kontrolo z iglo punktiramo vejo portalne vene. Preko žice v portalno-venski sistem uvedemo kateter in opravimo kontrolno angiografijo za potrditev pravilne lege in oceno anatomije portalno-venskega sistema (slika 3B). Sledi embolizacija, ki se začne z embolizacijo perifernih vej (slika 3C). V naši ustanovi za embolizacijo perifernih vej uporabljamo mikrodenci iz trisakrilnih želatin. Najprej apliciramo delce manjšega premera (250–500  $\mu\text{m}$ ), s katerimi zapremo manjše žile. Nato postopoma apliciramo delce večjega premera (do 1.300  $\mu\text{m}$ ), dokler ne dosežemo skoraj popolne zaustavitve pretoka krvi. Po zaključeni embolizaciji z mikrodenci sledi še embolizacija s spiralami. V centralne veje portalne vene vstavimo kovinske spirale, ki učinkoviteje preprečujejo rekanalizacijo emboliziranih ven. Uspeh posega preverimo s kontrolno angiografijo (slika 3D).

Zapleti posega so relativno redki in so podobni kot pri ostalih transhepatičnih posegih (npr. histološka punkcija ali perkutana transhepatična biliarna drenaža) (10). Najpogostejši so subkapsularni hematomi, hemobilija, hematoperitonej, pnevmotoraks in holangitis. Za EPV specifični zapleti so netarčna embolizacija (angl. *non-target embolization*), tromboza celotne portalne vene in drugih vej portalnega sistema ali rekanalizacija embolizirane vene. V metaanalizah zbranih raziskav glede EPV je bila pojavnost zapletov 2 %, smrtnost pa 0 % (2). Zapleti so pogostejši pri pacientih s kronično jetrno okvaro zaradi večjega tveganja za trombozo neemboliziranih vej portalne vene (11).

$$\text{Delež povečanja FLR (\%)} = \frac{\text{FLR po EPV (\%)} - \text{FLR pred EPV (\%)}}{\text{FLR pred EPV (\%)} \cdot 100\%} \quad (1)$$

$$\text{Stopnja hipertrofije (\%)} = \text{FLR po EPV (\%)} - \text{FLR pred EPV (\%)} \quad (2)$$

Stopnja hipertrofije FLR po EPV je pri pacientih brez difuzne okvare parenhima jeter med 8 % in 25 %. Hipertrofija FLR je pri teh pacientih vedno prisotna. Pri pacientih z jetrno cirozo EPV ni vedno učinkovita, saj pri 20 % pacientov po posegu ni prisotne hipertrofije FLR. Stopnja hipertrofije FLR je pri teh pacientih nekoliko nižja, med 6 % in 20 % (12).

Zdrava jetra se regenerirajo s hitrostjo 12 do 21 cm<sup>3</sup>/dan, ob prisotnosti ciroze pa je regeneracija počasnejša, okoli 9 cm<sup>3</sup>/dan (13). Pri pacientih z zdravimi jetri tako do zadostne regeneracije pride v 2–4 tednih, pri cirotičnih jetrih pa v 4–8 tednih.

Če je prišlo do zadostne regeneracije načrtovanega FLR in ni prišlo do napredovanja bolezni v področje načrtovanega FLR, se odločimo za resekcijo jeter. V primeru nezadostne regeneracije načrtovanega FLR pa opravimo kontrolni CT čez en mesec.

## OCENA USPEŠNOSTI POSEGA

Pacienta po posegu spremljamo zaradi morebitnih zapletov. Ob normalnem poteku je v domačo oskrbo običajno odpuščen dan po posegu. Kontrolni CT trebuha z volumetrijo jeter za oceno hipertrofije načrtovanega FLR opravimo čez približno štiri tedne. Rast FLR po EPV lahko opišemo na dva načina, in sicer kot razliko v volumnu FLR pred in volumnu FLR po posegu glede na volumen FLR pred posegom (delež povečanja FLR), kar prikazuje enačba 1, ali kot razliko med deležem volumna FLR glede na volumen celotnega jetrnega parenhima pred in po embolizaciji (stopnja hipertrofije), kar prikazuje enačba 2.

## RAZPRAVA

Predstavili smo primer pacienta s karcinomom želodca, pri katerem so se po resekciji primarnega tumorja pojavili zasevki v desnem jetrnem režnju. Jetrni zasevki so bili uspešno zdravljeni z resekcijo desnega režnja po predhodni embolizaciji vej portalne vene za odstranjeni reženj.

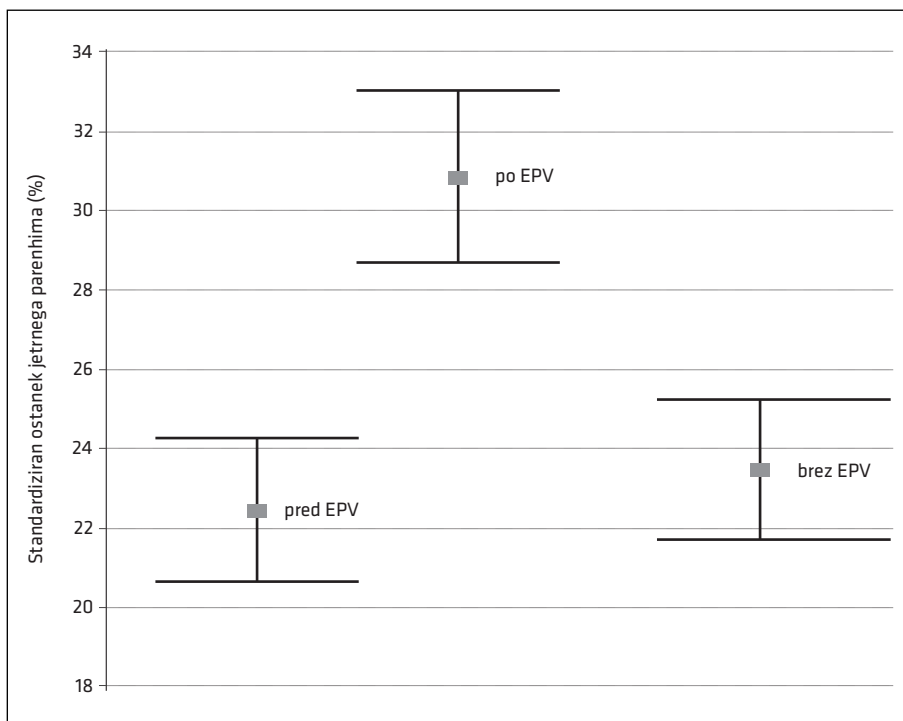
Pri pacientih z lokaliziranim primarnim ali metastatskim tumorjem jeter je metoda zdravljenja kurativna resekcija jeter. Količina odstranjenega jetrnega parenhima je odvisna od razširjenosti bolezni; v primeru manjših tumorjev je volumen odstranjenega jetrnega parenhima lahko majhen, ob razširjenosti tumorja na celoten reženj pa je potrebna levostranska oz. desnostranska hepatektomija. Trenutno je stopnja zapletov po jetrni resekciji 10–20 %, stopnja umrljivosti pa 0–5 %. Pri obsežnejših resekcijah

jeter je količina odstranjenega jetrnega parenhima večja, stopnja zapletov in umrljivosti pa pričakovano višja (zapleti do 50 %, umrljivost do 11 %) (1, 2).

Glavna vzroka umrljivosti po resekciji jeter sta abdominalna sepsa in pooperativna jetrna odpoved zaradi nezadostnega FLR. V raziskavah se je izkazalo, da je načrtovani FLR, ki še zagotavlja primerno jetrno funkcijo po operaciji, vsaj 20 % celotnega jetrnega volumna. V največji seriji 300 pacientov, pri katerih je bila opravljena razširjena desna hepatektomija, je bilo število pooperativnih smrti in pooperativnih jetrnih okvar pomembno večje pri pacientih z volumnom FLR < 20 % (14). Ob okvari jetrnega parenhima (npr. zaradi kemoterapije, kot v našem primeru, ciroze ali maščobne infiltracije zaradi metaboličnega sindroma) je primeren odstotek volumna FLR zaradi slabše jetrne

funkcije večji. Analiza, ki so jo opravili Shirabe in sodelavci je pokazala, da je varna količina FLR pri pacientih z okvaro jetrnega parenhima več kot 250 ml/m<sup>2</sup> telesne površine (slika 4) (1). Strokovni konsenz na podlagi trenutnih ugotovitev je, da je tveganje za jetrno odpoved ob boleznih jetrnega parenhima veliko, če je FLR < 40 % (15, 16).

Dejanski FLR je odvisen od individualne anatomije posameznika, razširjenosti bolezni in z njo načrtovane operacije. Načrtovan FLR pri desni jetrni resekciji je med 20 in 30 %, pri razširjeni desni resekciji (desni jetrni reženi in četrti segment) pa manj kot 20 % (17). Pri pacientih pred jetrno resekcijo zato načrtovani FLR natančno ocenimo s pomočjo meritev, ki jih opravimo na predoperativnem CT ali MRI jeter (volumetrija). Pri našem pacientu je bil načrtovani FLR pred desno hepatektomijo



**Slika 4.** Volumen načrtovanega ostanka jetrnega parenhima se je po embolizaciji portalne vene povečal v primerjavi z volumnom pred embolizacijo in v primerjavi s kontrolno skupino pacientov, pri katerih embolizacija ni bila opravljena (18). EPV – embolizacija portalne vene.

25 %, kar je ob upoštevanju okvare jeter zaradi kemoterapije nezadosten volumen (15). V preteklosti so bili pacienti s premajhnim načrtovanim FLR obravnavani kot neoperabilni.

Da bi omogočili operacijo takih pacientov, je bilo preizkušenih več tehnik za povečanje načrtovanega FLR. Med njimi se je najbolj uveljavila perkutana EPV, s katero volumen načrtovanega FLR povečamo 20–46 % (delež povečanja FLR) oz. za 7–27 % (stopnja hipertrofije) glede na stanje pred posegom (slika 4) (2, 18). Pri našem pacientu smo s posegom FLR povečali za 16 % glede na celotni jetrni volumen (stopnja hipertrofije) oz. za 64 % glede na volumen FLR pred posegom (delež povečanja FLR). S posegom smo tako omogočili kurativno

jetrno resekcijo pri pacientu, ki bi sicer imel premajhen pooperativni FLR za ohranjanje normalne jetrne funkcije.

## **ZAKLJUČEK**

Predoperativna embolizacija portalne vene ima pomembno vlogo pri kirurškem zdravljenju jetrnih tumorjev. Indicirana je pri pacientih z načrtovano resekcijo jeter, pri katerih je volumen načrtovanega ostanka jeter po resekciji premajhen za ohranjanje normalne jetrne funkcije. Z metodo povečamo predvideni jetrni ostanek in tako omogočimo obsežnejše resekcije jeter. S tem povečamo število pacientov, primernih za kurativno zdravljenje, obenem pa tudi znižamo pooperativno obolevnost in umrljivost po jetrnih resekcijah.



**LITERATURA**

1. Shirabe K, Shimada M, Gion T, et al. Postoperative liver failure after major hepatic resection for hepatocellular carcinoma in the modern era with special reference to remnant liver volume. *J Am Coll Surg.* 1999; 188 (3): 304–9.
2. Abulkhir A, Limongelli P, Healey AJ, et al. Preoperative portal vein embolization for major liver resection: a meta-analysis. *Ann Surg.* 2008; 247 (1): 49–57.
3. Kinoshita H, Sakai K, Hirohashi K, et al. Preoperative portal vein embolization for hepatocellular carcinoma. *World J Surg.* 1986; 10 (5): 803–8.
4. Makuuchi M, Thai BL, Takayasu K, et al. Preoperative portal embolization to increase safety of major hepatectomy for hilar bile duct carcinoma: a preliminary report. *Surgery.* 1990; 107 (5): 521–7.
5. Ikeda K, Kinoshita H, Hirohashi K, et al. The ultrastructure, kinetics and intralobular distribution of apoptotic hepatocytes after portal branch ligation with special reference to their relationship to necrotic hepatocytes. *Arch Histol Cytol.* 1995; 58 (2): 171–84.
6. Huh CG, Factor VM, Sánchez A, et al. Hepatocyte growth factor/c-met signaling pathway is required for efficient liver regeneration and repair. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2004; 101 (13): 4477–82.
7. Schultz SR, LaBerge JM, Gordon RL, et al. Anatomy of the portal vein bifurcation: intra versus extrahepatic location implications for transjugular intrahepatic portosystemic shunts. *J Vasc Interv Radiol.* 1994; 5 (3): 457–9.
8. Vauthey JN, Abdalla EK, Doherty DA, et al. Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults. *Liver Transpl.* 2002; 8 (3): 233–40.
9. 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.
10. Popovič P, Štabuc M, Dežman R, et al. Slikovna diagnostika in interventni posegi pri boleznih prebavil. *Gastroenterolog.* 2013; 17 Suppl 1: 50–62.
11. Kodama Y, Shimizu T, Endo H, et al. Complications of percutaneous transhepatic portal vein embolization. *J Vasc Interv Radiol.* 2002; 13 (12): 1233–7.
12. Loffroy R, Favelier S, Chevallier O, et al. Preoperative portal vein embolization in liver cancer: indications, techniques and outcomes. *Quant Imaging Med Surg.* 2015; 5 (5): 730–9.
13. Madoff DC, Hicks ME, Vauthey JN, et al. Transhepatic portal vein embolization: anatomy, indications, and technical considerations. *Radiographics.* 2002; 22 (5): 1063–76.
14. Kishi Y, Abdalla EK, Chun YS, et al. Three hundred and one consecutive extended right hepatectomies: evaluation of outcome based on systematic liver volumetry. *Ann Surg.* 2009; 250 (4): 540–8.
15. Imamura H, Sano K, Sugawara Y, et al. Assessment of hepatic reserve for indication of hepatic resection: decision tree incorporating indocyanine green test. *J Hepatobiliary Pancreat Surg.* 2005; 12 (1): 16–22.
16. Kokudo N, Makuuchi M. Current role of portal vein embolization/hepatic artery chemoembolization. *Surg Clin North Am.* 2004; 84 (2): 643–57.
17. Abdalla EK, Denys A, Chevalier P, et al. Total and segmental liver volume variations: implications for liver surgery. *Surgery.* 2004; 135 (4): 404–10.
18. Hemming AW, Reed AI, Howard RJ, et al. Preoperative portal vein embolization for extended hepatectomy. *Ann Surg.* 2003; 237 (5): 686–91.