

Role selektivní spinální angiografie v diagnostice durálních arteriovenózních píštělí

Role of the spinal selective angiography in diagnosis of spinal dural arteriovenous fistulas

Antonín Krajina¹, Miroslav Lojík¹, Dagmar Krajíčková², Jaroslav Storm¹, Pavel Ryška¹, Vendelín Chovanec¹, Radka Dvořáková¹, Jan Raupach¹, Michal Rek¹, Jaroslav Adamkov³, Tomáš Česák³

¹Radiologická klinika LF a FN, Hradec Králové

²Neurologická klinika LF a FN, Hradec Králové

³Neurochirurgická klinika LF a FN, Hradec Králové

Hlavní stanovisko práce

Spinální selektivní angiografie patří svým rozsahem mezi nejpracnější angiografická vyšetření s vysokou radiační zátěží.

SOUHRN

Krajina A, Lojík M, Krajíčková D, Storm J, Ryška P, Chovanec V, Dvořáková R, Raupach J, Rek M, Adamkov J, Česák T. Role selektivní spinální angiografie v diagnostice durálních arteriovenózních píštělí

Cíl: Spinální selektivní angiografie (SSA) patří svým rozsahem mezi nejpracnější angiografická vyšetření s vysokou radiační zátěží. Naše retrospektivní studie analyzovala výsledky 5leté zkušenosti jednoho pracoviště se SSA v nejčastější indikaci, kterou bylo stanovení lokalizace durální AV fistuly (dAVF).

Metodika: Od roku 2014 do roku 2019 bylo na našem pracovišti provedeno celkem 50 SSA. Do studie bylo zařazeno 31 pacientů s podezřením na dAVF, průměrného věku 65,7 let (od 25 do 90 let). Všichni nemocní měli minimálně jedno MR vyšetření míchy a páteře – pro periferní parézy, případně poruchy mikce. Byli indikováni k SSA neurologem, neurochirurgem a intervenčním neuroradiologem. SSA byly provedeny v lokální anestezii z femorální tepny, na dvojprojekčním angiografickém přístroji. Jednotlivé nástřiky interkostálních a lumbálních tepen byly průběžně zapisovány do protokolu tak, aby nedošlo k opakování či vynechání některé úrovně. Na konci vyšetření byly zaznamenány počty selektivních angiografií, průkaz dAVF, lokalizace radikulomedulární a radikulopíální tepny a dávka záření.

Výsledky: Z celkových 50 SSA bylo 31 indikováno pro podezření na dAVF, která byla

Major statement

Spinal selective angiography is due to its extension one of the most demanding angiographic studies with high radiation dose.

SUMMARY

Krajina A, Lojík M, Krajíčková D, Storm J, Ryška P, Chovanec V, Dvořáková R, Raupach J, Rek M, Adamkov J, Česák T. Role of the spinal selective angiography in diagnosis of spinal dural arteriovenous fistulas

Purpose: Spinal selective angiography (SSA) is due to its extension one of the most demanding angiographic studies with high radiation dose. The retrospective study analysed single centre experience with the most frequent indication which was the dural arteriovenous fistula (dAVF) location during last 5 years.

Methods: There were 50 SSAs performed in our department between 2014 and 2019. The study included 31 patients with suspicion on the dAVF of average age 65.7 years (ranged from 25 to 90 years). All patients had at least one MR imaging of the spine for peripheral paresis, and/or urinary problems. Indication for the SSA was done by a neurologist, neurosurgeon or interventional neuroradiologist. The SSA were performed from femoral approach in local anesthesia using biplane angiographic machine. Selective injections of the intercostal and lumbal arteries were registered during procedure, to prevent repeating or skipping of some levels. Numbers of angiographic runs, positive finding of dAVF, location of radiculomedullary and radiculopial arteries, and radiation doses were recorded in each examination.

Results: There were 31 patients indicated for suspicion of the dAVF out of 50 patients

Přijato: 15. 9. 2019.

Korespondenční adresa:

prof. MUDr. Antonín Krajina, CSc., EBIR, EBNI
Radiologická klinika FN
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové
e-mail: antonin.krajina@fnhk.cz

Konflikt zájmů: žádný.

potvrzena u 26 (83 %) pacientů. SSA měly v průměru 22,3 scén (6 až 37 scén). DAVF byly rovnoměrně rozloženy vpravo a vlevo s dvěma maximy. Kraniálně bylo nejvíce přítoků v úrovni Th6 a Th7, kaudálně v úrovni L1. DAVF v úrovni hrudní a bederní páteře byly všechny u pacientů nad 48 let a jsou častější u mužů (v 69 %) než u žen (v 31 %). Radikulomedulární tepny v soulase s literárními údaji častěji odstupovaly na levé straně (v 69 %) než na pravé (v 31 %).

Diskuse: Studie prokázala, že dodržáním protokolu lze určit místo přítoků tepenných zkratů v kraniokaudální úrovni hrudní a bederní páteře u 83 % nemocných s podezřením na dAVF a odstupy radikulomedulárních a radikulopiálních tepen. Studie popsala výskyt dAVF s ohledem na věk, pohlaví, kraniokaudální lokalizaci a rozsah SSA.

Klíčová slova: angiografie, spinální durální arteriovenózní pístěl, arteria spinalis anterior.

indicated for the SSA. The dAVF was confirmed in 26 (83%) patients. The SSA had 22.3 angiographic runs (ranged 6–37 runs). The dAVF feeders were equally distributed on the right and left side with two maximum peaks. The cranial peak was at the level of T6 a T7, caudal one was at L1. The thoracolumbal dAVFs occurred in patients above the age of 48 years and more often in men than in women (69% versus 31%). The radiculomedullary arteries arised more often on the left side than on the right (69% versus 31%).

Discussion: The study revealed that keeping strict angiographic protocol, the dAVF feeders can be proved in 83% patients suspected for thoracolumbal dAVF and origin of the radiculomedullary arteries is localised too. Age, gender, craniocaudal location of the dAVF, and extension of the SSA were studied as well.

Key words: angiography, spinal dural arteriovenous fistula, anterior spinal artery.

ÚVOD

Tepny zásobující míchu se vyznačují kromě malých rozměrů (průměr pod 1 mm) i značnou anatomickou variabilitou a jsou angiograficky těžko zobrazitelné (1). Spinální angiografie vyžaduje precizní techniku, je spojena s vysokou radiační zátěží a množstvím podané jódové kontrastní látky (2). Na druhé straně selektivní spinální angiografie (SSA) pomáhá určit lokalizaci nejčastěji durálních arteriovenózních pístělí (dAVF), odstupů radikulomedulárních (RM) a radikulopiálních (RP) tepen před chirurgickou léčbou, anatomii medulárních AVM (3, 4). Dalšími indikacemi je vyšetření vaskularizovaných nádorů míchy a obratlových těl (5, 6). Na SSA často navazuje endovaskulární léčba. SSA tak přispívá k úspěchu a snížení rizika chirurgické a endovaskulární léčby. Výše uvedená onemocnění míchy v případě neúspěšné či komplikované léčby mají pro pacienta závažné sociální důsledky. Z českých radiologů se touto problematikou zabýval Jiří Bret (7). Cílem naší studie byla retrospektivní analýza souboru pacientů jednoho centra s podezřením na dAVF, u kterých byla provedena SSA a následně byli léčeni chirurgicky či endovaskulárně. Analýza se zaměřila na demografická a anatomická data pacientů, úspěšnost SSA s ohledem na diagnostiku dAVF, což byla nejčastější indikace.

METODIKA

Od června roku 2014 do června 2019 bylo na pracovišti Angio a intervenční radiologie Radiologické kliniky v Hradci Králové provedeno celkem 50 SSA. Nejčastější indikací k SSA byl průkaz a lokalizace přítoků dAVF v 31 (62 %) případech, ostatní indikací byly hyper-vaskularizované metastázy obratlových těl 7 (14 %), spinální AVM 5 (10 %), subarachnoidální krvácení 3 (6 %), tzv. agresivní hemangiom obratlového těla 2 (4 %), hemangiopericytom, tumor kosti křížové po 1 (po 2 %). Naše studie se zaměřila na angiografickou diagnostiku dAVF. Nemocní v tomto souboru byli indikováni neurologem, neurochirurgem a intervenčním neuroradiologem, indikace byla založena na neurologickém nálezu v trvání od 2 měsíců až 7 roků na základě MR nálezu edému míchy nebo i myelopatie zároveň s průkazem hypertrofie perimedulárního žilního plexu. Za myelopatii jsou považovány změny ve smyslu atrofie míchy např. při déletrvajícím edému míchy. Všichni nemocní měli minimálně jedno MR vyšetření cílené na patologickou oblast páteře. Pět nemocných mělo již SSA z jiného pracoviště, jeden nemocný měl pozitivní SSA, u ostatních čtyř byla angiografie nediodagnostická.

SSA byly provedeny v lokální anestezii dvěma zkušenými intervenčními radiology s praxí 30 a 25 let, na dvojprojekčním angiografickém přístroji

Allura FD 20/20 biplane (Philips, Best, Holandsko), katetrizací z femorální tepny. SSA byly hodnoceny na základě pozitivního průkazu a lokalizace dAVF, lokalizace RM popřípadě RP tepen. Dále byl zaznamenán počet angiografických scén, množství podané jódomé kontrastní látky (JKL) iohexolum (Visipaque 320, GE Healthcare, Oslo, Norsko) a případné komplikace SSA. Nástříky byly prováděny ručně 5F katétrů tvaru hůlky (RC, Cook, Bjaeverskov Dánsko). Jednotlivé nástříky byly označeny ihned dle obrátlového těla a zapisovány do protokolu. Zobrazované pole bylo co nejvíce vycloňeno kvůli snížení dávky, ale i ke snížení sekundárního záření. Boční projekce byla prováděna pouze při nástřiku přímého arteriálního přítoku zkratu. K určení místa přechodu tepny v žílu byla možnost použít frekvenci snímkování šest snímků za sekundu. Žilní drenáž byla zobrazována jen povšechně, zda koresponduje s MR nálezem, selektivní nástřik byl cílen na úroveň fistuly. Ke snížení pohybových artefaktů z peristaltiky střev byl intravenózně podáván butylscopolamin (Buscopan, Ipsen Pharma, Boulogne-Billancourt, Francie). Angiografické scény byly označeny dle úrovně obrátlového těla a ukládány do PACS vždy subtrahované a zároveň i s plným pozadím tak, aby bylo možné kdykoliv zpětně dohledat úroveň zkratu. Centrace byla volena tak, aby byl patrný ve snímkovacím poli 1. či 12. hrudní obratel. Angiografie byla ukončena vytažením 5F sheathu a zástavou krvácení manuální kompresí. Nemocní byli ponecháni do rána druhého dne na lůžku.

Odhad efektivních dávek pacientů spojených s provedenými spinálními angiografickými výkony byl proveden v aplikaci PCXMC 2.0.1.4, kterou vytvořila finská vládní organizace STUK (Radiation and Nuclear Safety Authority). Do programu byly zadávány hodnoty výšky a hmotnosti pacienta, věková skupina, parametry angiografického přístroje a na základě hodnot průměrného napětí a vyšetřovací geometrie, dostupných v dávkovém protokolu automaticky generovaném angiografickým přístrojem byly provedeny rekonstrukce konkrétních fází výkonu. Jako vstupní veličina charakterizující radiační zátěž pacienta byly využity hodnoty produktu dávky a plochy (DAP). U té části celkové hodnoty DAP, u které není v dávkovém protokolu uvedena vyšetřovací

geometrie, byl odhad efektivní dávky stanoven na základě tohoto podílu DAP k celkové hodnotě DAP posuzovaného výkonu. Hodnoty efektivních dávek vycházejí z doporučení ICRP 103 (International Commission on Radiation Protection) (8).

VÝSLEDKY

Z 31 SSA indikovaných pro podezření na dAVF bylo pět negativních. U těchto nemocných (dvě ženy věku 73 a 74 let a tři muži věku 25, 39, 46 let) byl přítomen edém míchy (u jednoho muže v krčním úseku). Těchto pět pacientů bylo později na základě dalších vyšetření vedeno pod diagnózami adhezivní arachnoiditidy, progresivní hydroxyringomyelie a stav po subarachnoidálním krvácení u 73leté ženy, chronická blížie nespecifikovaná myelopatie krční míchy u 74leté ženy, stav po proběhlém subarachnoidálním krvácení v hrudním úseku u 25letého muže, stav po opakovaných operacích hernie L5/S1 s nálezem edému krční míchy, následně vyšetření mozku neprokázalo demyelinizační onemocnění u 39letého muže a změny svědčící pro adhezivní arachnoiditidu při stenóze L3/4 u posledního 46letého muže.

U dvou mužů věku 51 a 35 let byla dAVF lokalizována v krčním úseku a zobrazena nástřikem vertebraálních tepen. Jeden pacient byl operován a druhý léčen embolizací (4).

Zbývajících pacientů (n = 24) měli dAVF lokalizovanou v hrudním nebo lumbálním úseku páteře a k jejich průkazu byla provedena SSA nástřikem interkostálních, lumbálních a iliakálních tepen před endovaskulární (11krát) nebo chirurgickou léčbou (13krát). Po embolizaci bylo operováno pro přetrvávání plnění dAVF z jiných úrovní (ověřeno angiograficky) pět pacientů, po operaci byl embolizován jeden nemocný. SSA měla v průměru 22,3 scén (6 až 37 scén). DAVF byly rovnoměrně rozloženy vpravo a vlevo se dvěma maximy. Kraniálně bylo nejvíce přítoků v úrovni Th6 a Th7, kaudálně v úrovni L1. DAVF v úrovni hrudní a bederní páteře byly všechny u pacientů nad 48 let a jsou významně častěji u mužů než u žen. RM tepny častěji odstupovaly na levé straně než na pravé (tab. 1).

U tří nemocných byl lumbální přítok zkratu drénován do epidurální žíly a z té teprve do perimedulárního plexu

uloženého intradurálně. Jednalo se tak o epidurální arteriovenózní zkrat (9).

DISKUSE

Naše studie ukázala, že na základě klinických příznaků a průkazu edému míchy na MR byla potvrzena přítomnost dAVF u 83 % případů (u 26 pacientů z 31). Z toho byly kompletní dávkové protokoly provedených výkonů dostupné u 15 pacientů (19 výkonů), kteří byli na našem pracovišti vyšetřeni od roku 2017. Pokud pomíneme dva případy dAVF v krčním úseku, kde k průkazu a detailnímu zobrazení postačovaly nástříky vertebraálních tepen a bylo provedeno 11 scén včetně embolizace a 6 scén ve druhém případě k předoperační angiografii, bylo nutné provést v průměru 18 scén (17 v zadopřední + 1 v boční projekci) Maximální indikovaná hodnota kerry v referenčním intervenčním bodě byla 2965 mGy, průměrná hodnota 1159 mGy. To svědčí pro poměrně rozsáhlé angiografické vyšetření. Pro srovnání průměrná hodnota kerry v referenčním intervenčním bodě při léčbě intrakraniálních tepenných aneurysmat provedené na stejném přístroji u 43 pacientů v roce 2017 byla 1027 mGy s průměrně 17 scénami. Radiační zátěž se při SSA zvyšuje s použitím bočních projekcí, které provádíme jen v úrovni dAVF. Angiografický přístroj, na kterém byly všechny SSA provedeny má speciální software k redukci radiační dávky (tzv. Clarity, Philips, Best, Holandsko) (10). Námí spočítaná efektivní dávka na jednu SSA se pohybovala od 5 do 40 mSv. Průměrná efektivní dávka 23 mSv, odpovídá přibližně desetinásobku celosvětového průměru roční efektivní dávky na jednoho obyvatele (11, 12).

Zobrazení RM a RP tepen (obr. 1) kromě cévní patologie má vliv na snížení perioperačních ischemických komplikací míchy (13). U pacientů, kde ze stejné úrovně odstupovala přírodní tepna dAVF a RM či RP tepna, byla preferována chirurgická léčba spočívající v cílené koagulaci počátku drénující žíly intradurálně před embolizací. Přesto v jednom případě při embolizaci došlo k průniku embolizační látky do RP přítoku s následkem infarktu v zadních míšních provazcích a zhoršením hybnosti dolních končetin (obr. 2 a 3). Tyto RP tepny nebyly na cílené angiografii

Tab. 1. Nemocní, u kterých byla provedena angiografie pro podezření na durální míšní arteriovenózní zkrat (dAVZ). Sloupce označují pořadí nemocných, jejich věk, průkaz zkratu, jeho úroveň a stranu. Dále angiografický průkaz radikulomedulární (RM) tepny, její úroveň a stranu, ze které odstupuje, totéž u radikulopíální (RP) tepny, pokud byla zobrazena (pokud nebyla, je vyznačeno jako 0). Dále je vyznačeno, zda byl pacient léčen embolizací, či chirurgicky. Zbývající sloupce zobrazují DAP – dose area product, kerma v referenčním intervenčním bodě v předozadní projekci, kerma v referenčním intervenčním bodě v boční projekci a efektivní dávku

Table 1. The patients whom angiography was performed for suspicion of the dural arteriovenous shunt (dAVZ). Columns show order of patients, their age, proved shunt, its level and side. The others show angiographically proved radiculomedullary artery, its level and side of origin, the same for radiculopial (RP) arteries, if they were imaged (if not, then it is marked as 0). Further columns show if a patient was treated with embolisation or surgery. Remaining columns show DAP – dose area product, kerma in referential interventional point in posteroanterior view, kerma in referential interventional point in lateral view, and effective dose

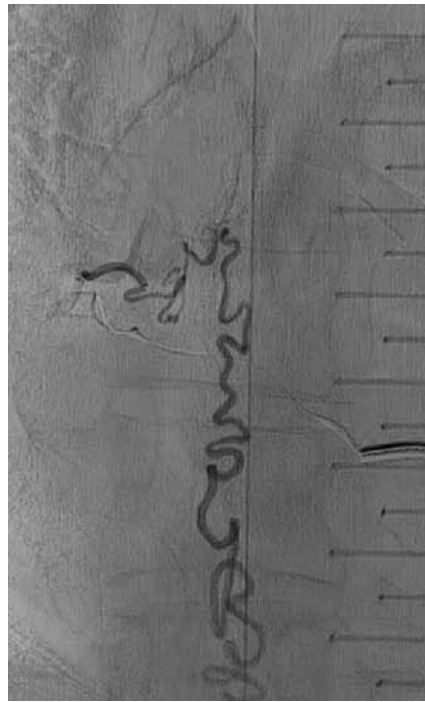
Pořadové číslo	Věk (roky)	Patologie/úroveň/strana	RM úroveň/strana	RP úroveň/strana	embolizace/operace	DAP mGycm ²	Kerma PA K _{TRP} (mGy)	Kerma L K _{TRP} (mGy)	Efektivní dávka E (mSv)
1.	51	dAVZ Th7 P	TH10L	0	ne/ano	455 609	2602	239	–
2.	78	dAVZ L4 P	L1 L	0	ano//ne	977 076	4610	361	–
3.	56	dAVZ L1 P	TH10 L	0	ano/ne	418 339	2301	0	–
4.	65	dAVZ Th11 P	TH9 P	0	ano/ne	44 388	862	0	–
5.	73	negativní	TH12 L	TH11L	ne/ne	504 332	2245	183	–
6.	51	dAVZ C5 L	0	0	ano/ne	21 287	120	75	–
7.	62	dAVZ TH9 L	TH10 P	0	ano/ano	339 983	1511	238	–
8.	25	negativní	L2 L	TH10L TH12 P	ne/ne	97 769	523	0	–
9.	65	dAVZ TH6 P	0	0	ano/ano	817 119	3178	0	–
10.	66	dAVZ TH6 P	TH8 L	TH6	ne/ano	169 555	996	49	–
11.	61	dAVZ TH8 L	TH10 L	TH7 P	ano/ne	321 035	3210	156	–
12.	66	dAVZ L2 P	L1 L	0	ne/ano	200 639	1205	250	–
13.	66	dAVZ Th5 L	TH5LHaller	0	ne/ano	82 215	452	169	12,3
14.	63	dAVZTH10 L	TH10 P	0	ne/ano	133 895	823	25	–
15.	48	dAVZ Th6 P	TH7 P	TH6	ano/ano	239 436	4972	139	–
16.	60	dAVZ L1 P	TH11 L	0	ne/ne	241 150	1742	0	–
17.	74	negativní susp. C lokalizace	0	0	ne/ne	119 879	717	54	11,3
18.	48	dAVZ L1 P	L1 P TH8 L Haller	0	ne/ano	188 139	956	218	24,5
19.	35	dAVZ C4 L	0	0	embolizace/ano	13 096	76	27	0,9
20.	75	dAVZTH9 L	TH11 P	TH10 L	ne/ano	303 277	1680	100	38,7
21.	66	dAVZ TH7 P	TH8 L	0	embolizace 2x/ano	303 725	1326	283	39,8
22.	39	dAVZ C3 L	0	0	ne/ano	11 536	50	39	1
23.	74	dAVZTH6 L	L1 L TH6 L Haller	0	pak embolizace/ano	303 725	1326	283	39,8
23.	74	dAVZTH6 L	L1 L TH6 L Haller	0	embolizace	40 361	220	0	4,9
24.	46	negativní	L2 L+TH10 L Hall	0	ne/ne	514 767	2965	0	41,4
25.	56	dAVZL1 L	TH12 L	0	ne/ano	222 510	984	285	23,2
25.	56	dAVZL1 L	TH12 L	0	kontrola po embolizaci	57584	247	0	6
26.	76	dAVZ S1 L	TH12 L	0	ano/ne	265 991	1719	0	30,9
26.	76	dAVZ S1 L	S2 L S1 L	0	embolizace	188 120	1149	18	21,2
27.	69	AVZ L3 epidurální L	TH12 L	0	ne/ne	191 664	499	296	20,1
28.	90	dAVZL3 L epidurální	0	0	embolizace 2x/ne	136 534	1359	48	25,2
28.	90	dAVZL3 L/P	0	0	dvě embolizace	116 306	2144	0	22,6
29.	77	dAVZTH7 L	TH9 P	0	ne/ano	213 530	745	219	30,1
30.	73	dAVZ TH12 L epidurální	TH9 L	0	embolie po chirurgické léčbě	291 870	1554	259	28,9
31.	39	negativní	TH7 L	0	ne/ne	239 420	4920	136	24,7

TH – hrudní, L – lumbální, C – krční, PA – předozadní, L – boční, Haller. – Hallerova tepna
TH – thoracic, L – lumbar, C – cervical, PA – posteroanterior, L – lateral, Haller. – the artery of Haller



1 Angiografické zobrazení radikulomedulární tepny zásobující přední spinální tepnu odstupující z Th7 interkostální tepny vpravo u 48letého muže s paraparézou

Angiogram of the radiculomedullary artery arising from the right T7 intercostal branch. It supplies the anterior spinal artery in a 48 years old male patient with paraparesis



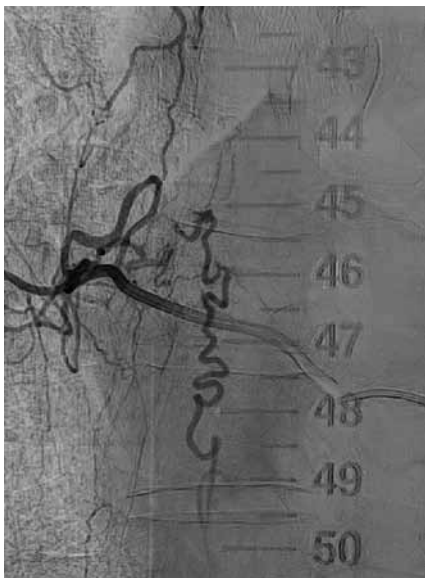
3 Selektivní angiografie provedená mikrokatétrem před embolizací tekutou embolizační látkou. Tato angiografie nezobrazila radikulopialní tepnu, do které látka pronikla a způsobila míšň infarkt zadních provazců vpravo (stejný pacient jako na obrázcích 1 a 2).

Selective angiogram via a microcatheter before embolisation with liquid embolic agent. This angiogram did not revealed the radiculopial branch, which was inadvertently embolised with consequent dorsal spinal infarction on the right side (the same patient as on figures 1 and 2).



4 Angiografické zobrazení společného kmene interkostálních tepen Th11 a Th12 vpravo. Z kranální interkostální tepny odstupuje durální arteriovenózní zkrat, který byl úspěšně uzavřen tekutou embolizační látkou (prokázáno na MR). Pokud nelze nasondovat interkostální tepnu v očekávané úrovni, doporučujeme zkusit nasondovat o úroveň výše či níže. Rovněž přestříkem lze naplnit více úrovní interkostálních tepen přes vertikální kolaterály jako na obrázku 1.

Angiogram of the common intercostal trunk of the T11 and T12 on the right side. The dural arteriovenous shunt is supplied from the cranial intercostal artery was embolised with liquid embolic agent (proved by the MR). If selective catheterisation is impossible in expected level, we recommend to try upper or lower level. There is also a chance to image simultaneously more than one level of the intercostal arteries via vertical collaterals with a forceful injection.



2 Angiografické zobrazení přítoku zásobujícího durální arteriovenózní pístěl (stejný pacient jako na obr. 1). Velmi tenký arteriální přítok procházející durou přes fistuli plní náhle rozšířenou perimedulární vinutou žílu směřující kaudálně.

Angiogram of the dural arteriovenous fistula feeder (the same patient as on the Fig. 1). A tiny arterial feeder perforates the dura and supplies via the fistula dilated descending perimedullary vein.

mikrokatétrem patrné. Tato komplikace zvyšuje nutnost zobrazení s vysokým rozlišením nejen RM, ale i RP tepen. Tyto tepny vzhledem ke svému velmi malému kalibru mohou být snadno přehlédnuty na nekvalitním angiogramu často s pohybovými artefakty z dýchání, pohybu srdce nebo střevní peristaltiky. Ke snížení vzniku těchto artefaktů se podávají léky k útlumu střevní peristaltiky. Někdy je doporučeno SSA provádět v celkové anestezii a jednotlivé nástřiky při dechové zástavě (14). Tato nepochybně náročnější metoda má vyšší záchytnost především malých zkratů nebo i víceúrovňových. Další výhodou celkové anestezie je eliminace častých mimovolních pohybů dolních končetin u nemocných s těžkými paraparézami. Použití izoosmolární JKL nevede k bolestivým pocitům nemocných při vstřiku, a tak k jejich vyššímu motorickému klidu. Použitá JKL však má nižší koncentraci jódu a je viskóznější než

například tzv. nízkoosmolární JKL od stejného výrobce. Isoosmolární JKL je třeba předem zahřát na tělesnou teplotu, aby se její viskozita snížila.

Anatomie tepenného zásobení míchy je značně variabilní. Vysvětlení pro tuto variabilitu je nutné hledat v embryologii (15–17). Toto se týká například významně častějšího odstupu RM tepen zleva než zprava. Rovněž častý průkaz další RM tepny v hrudním úseku, tzv. Hallerova tepna, na kterou upozornil Gailoud (1) je v souladu s naší zkušeností. Znalost jejich odstupu u konkrétního pacienta vede operátory k opatrnosti, a tak ke snížení vzniku míšň ischemie

(13). Vedle vrozených anomálií spinálních tepen mají význam při průkazu přímého přítoku dAVF pravolevé či levoprávé (horizontální) kolaterály a kolaterály spojující interkostální či lumbální tepny vertikálně. Při dostatečně intenzivním nástřiku tak lze často naplnit několik úrovní zároveň (obr. 1). Vždy však tepny plněné přes kolaterály nastříkujeme selektivně k definitivnímu vyšetření. DAVF jsou nízkoprůtokové a nemusí se při malé náplni zobrazit. Při nemožnosti nasondovat některou úroveň je třeba myslet i na vrozený společný odstup interkostální nebo lumbální tepny pro dvě a více úrovní (obr. 4) (18).

SSA při vyšetření intra- a perimedulárních AVM je co do detailu nidu a vyšetření jeho hemodynamiky daleko složitější, je třeba použít rychlou frekvenci snímků a mít jistotu, že byly zobrazeny všechny přítoky. Z jednotlivých angiogramů je pak „poskládána“ angioarchitektonika nidu před endovaskulární či chirurgickou léčbou (19–26).

DAVF jsou všeobecně považovány za získaná onemocnění (27), proto často užívaný název „malformace“ je irelevantní. Jejich poslední klasifikace se pokouší vysvětlit mimo jiné častější výskyt v některých lokalizacích u různých pohlaví. Například durální zkraty v kavernoózním splavu jsou častější u žen, v oblasti hrudní a bederní dury naopak u mužů (28). Mikroskopická arteriovenózní píštěl zkratuje krev z radikulární tepny intradurálně do perimedulárního žilního plexu. Tím dochází ke zvýšení krevního tlaku na

žilní straně a ke zhoršení perfuze míchy a k jejímu edému. DAVF se mohou vyskytovat i vícečetně (29).

Léčba dAVF je chirurgická nebo endovaskulární (4, 30). Endovaskulární léčba může ihned navazovat na SSA, nevyžaduje celkovou anestezii a je minimálně invazivní. Dosažení trvalého uzávěru závisí na průniku tekuté tuhounoucí embolizační látky přes místo, kde tepna přechází do žíly a ještě na 1–2 cm úsek drénující žíly. Toho je obtížné často dosáhnout. Kromě anatomických faktorů umožňujících zavedení mikrokatétu co nejbližší zkratu se na úspěšné léčbě (tedy s prokázaným průnikem na žilní stranu) nepochybně podílí zkušenost operátora. Embolizační léčba je riziková na průnik tekuté embolizační látky do RM a RP tepen. Pokud jsou tyto prokázány svými odstupy ve stejné úrovni, je preferována chirurgická léčba. Úspěch chirurgické léčby závisí na správné lokalizaci zkratu. Neurochirurgie je proto pro snadnější peroperační orientaci rentgenem vítáno zavedení kontrastní kovové značky (embolizační mikrospirály) do příslušné interkostální tepny. V minulosti byly provedeny studie s lokalizací úrovně jak RM a RP tepen, tak i dAVF pomocí MR angiografie, což by mohlo nahradit SSA (31). Tato vyšetření se v naší praxi zatím rutinně neprovádějí. Je třeba dodat, že přínos MR vyšetření páteře byl revoluční k diagnostice dAVF, které se před tím daly diagnostikovat pouze na základě vinutých cévních defektů při perimyelografii.

ZÁVĚR

DAVF jsou vážné, vzácné onemocnění s plíživým nástupem potíží, které je obtížně diagnostikovatelné, jak také bylo patrné z délky potíží našich nemocných, opakovaných MR, ale i katetrizačních vyšetření před léčbou. SSA při podezření na dAVF míchy je vzhledem k rozsahu nástřiků, malým rozměrům zkratů a RM či RP tepen náročná na systematický protokol, kvalitu zobrazení. V našem souboru typický pacient s tímto onemocněním byl muž starší 48 let s MR průkazem edému míchy na MR, zbytnělým perimedulárním žilním plexem (ne ve všech případech). Zkraty byly zásobeny rovnoměrně zleva i zprava s maximem přítoků kranálně v úrovni Th6–7 a druhým maximem kaudálně v úrovni L1. ●

LITERATURA

- Gailloud P. The artery of von Haller: a constant anterior radiculomedullary artery at the upper thoracic level. *Neurosurgery* 2013; 73(6): 1034–1043.
- Krajina A, Náhlovský J, Rodesch G. Endovaskulární léčba cévních onemocnění míchy. In Krajina A, Peregrin JH, a kol: *Intervenční radiologie*. Hradec Králové: Olga Čermáková 2005; 462–470.
- Kim LJ, Spetzler RF. Classification and surgical management of spinal arteriovenous lesions: arteriovenous fistulae and arteriovenous malformations. *Neurosurgery* 2006; 59(5 Suppl 3): S195–201; discussion S3–13.
- Česák T, Adamkov A, Poczos P, et al. Multidisciplinary approach in the treatment of spinal dural arteriovenous fistula – results of endovascular and surgical treatment. *Acta Neurochirurgica* 2018; 160(12): 2439–2448. doi:10.1007/s00701-018-3672-z
- Wilson MA, Cooke DL, Ghodke B, et al. Retrospective analysis of preoperative embolization of spinal tumors. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; 31(4): 656–660.
- Rehak S, Krajina A, Ungerman L, et al. The role of embolization in radical surgery of renal cell carcinoma spinal metastases. *Acta Neurochir* 2008; 150: 1177–1181.
- Kunc Z, Bret J. Diagnosis and treatment of vascular malformations of the spinal cord. *J Neurosurg* 1969; 30: 436–445.
- ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37(2–4): 1–332.
- Reul J, Braun V. Spinal arteriovenous epidural fistula with acute paraplegia. Diagnosis and neurointerventional emergency treatment. A case report. *Intervent Neuroradiol* 2007; 13: 75–78.
- Söderman M, Holmín S, Andersson T, Palmgren C, Babic D, Hoomaert B. Image noise reduction algorithm for digital subtraction angiography: clinical results. *Radiology* 2013; 269: 553–560.
- United Nations Environment Programme. Radiation: effects and sources. United Nations Environment Programme 2016. <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/booklet.html>
- Alexander MD, Oliff MC, Olorunsola OG, Brus-Ramer M, Nickoloff EL, Meyers PM. Patient radiation exposure during diagnostic and therapeutic interventional neuroradiology procedures. *J Neurointervent Surg* 2010; 2: 6–10.

13. **Nijenhuis RJ, Leiner T, Cornips EMJ, et al.** Spinal cord feeding arteries at MR angiography for thoracoscopic spinal surgery: feasibility study and implications for surgical approach. *Radiology* 2004; 233: 541–547.
14. **Willinsky R, Lasjaunias P, TerBrugge K, Hurth M.** Angiography in the investigation of spinal dural arteriovenous fistula. A protocol with application of the venous phase. *Neuroradiol* 1990; 32: 114–116.
15. **Taterna D, Skinningsrud B, Pekala PA, et al.** Artery of Adamkiewicz: a meta-analysis of anatomical characteristics. *Neuroradiology* 2019; 61: 869–880.
16. **Brugieres P, Djindjian M, Revel MP, et al.** Anterior cervical spinal artery originating from a right vertebral artery with a bifid origin. *Neuroradiology* 1990; 32: 506–507.
17. **Mercier P, Brassier G, Fournier D, et al.** Predictability of the cervical origin of the anterior spinal artery. *Interventional Neuroradiology* 1997; 3: 283–288.
18. **Brew S, Waldman A, Casey A, et al.** Anomalous intercostal arterial trunk. *Interventional Neuroradiology* 2001; 7: 131–133.
19. **Miyasaka K, Asano T, Ushikoshi S, et al.** Vascular anatomy of the spinal cord and classification of spinal arteriovenous malformations. *Interventional Neuro-radiology* 2000; 6(1): 195–198.
20. **Casasco A, Guimaraens L, Senturk C, et al.** Endovascular treatment of cervical giant perimedullary arteriovenous fistulas. *Neurosurgery* 2012; 70(1): 141–149.
21. **Veznedaroglu E, Nelson PK, Jabbour PM, et al.** Endovascular treatment of spinal cord arteriovenous malformations. *Neurosurgery* 2006; 59(5): S202–209.
22. **Lasjaunias P, Mailot C, TerBrugge K.** Pial relations with spinal cord veins explain MRI occult spinal AV shunts. *Interventional Neuroradiology* 2000; 6: 333–336.
23. **Roccatagliata L, Kominami S, Krajina A, et al.** Spinal cord arteriovenous shunts of the ventral (anterior) sulcus: anatomical, clinical, and therapeutic considerations. *Neuroradiology* 2017; 59: 289–296.
24. **Niimi Y, Uchiyama N, Eljovich L, et al.** Spinal arteriovenous metamerism syndrome: clinical manifestations and endovascular management. *Am J Neuroradiol* 2013; 34: 457–463.
25. **Choi IS.** Spinal arteriovenous metamerism syndrome: angioarchitecture and their prognosis. *Am J Neuroradiol* 2013; 34: 464–465.
26. **Wilson DA, Abia AA, Uschold TD, et al.** Multimodality treatment of conus medullaris arteriovenous malformations: 2 decades of experience with combined endovascular and microsurgical treatments. *Neurosurgery* 2012; 71(1): 100–108.
27. **Gerlach R, Boehm-Weigert M, Berkefeld J, et al.** Thrombophilic risk factors in patients with cranial and spinal dural arteriovenous fistulae. *Neurosurgery* 2008; 63: 693–699.
28. **Geibprasert S, Pereira V, Krings T, et al.** Dural arteriovenous shunts. A new classification of craniospinal epidural venous anatomical bases and clinical correlations. *Stroke* 2008; 39: 3783–3794.
29. **Krings T, Mull M, Reinges MH, Thron A.** Double spinal dural arteriovenous fistulae: case report and review of the literature. *Neuroradiology* 2004; 46: 238–242.
30. **Bakker NA, Uyttenboogaart M, Luijckx GJ, et al.** Recurrence rates after surgical or endovascular treatment of spinal dural arteriovenous fistulas: a meta-analysis. *Neurosurgery* 2015; 77 (1): 137–144.
31. **Nijenhuis RJ, Mull M, Wilmink JT, et al.** MR angiography of the great anterior radiculomedullary artery (Adamkiewicz artery) validated by digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2006; 27: 1565–1572.