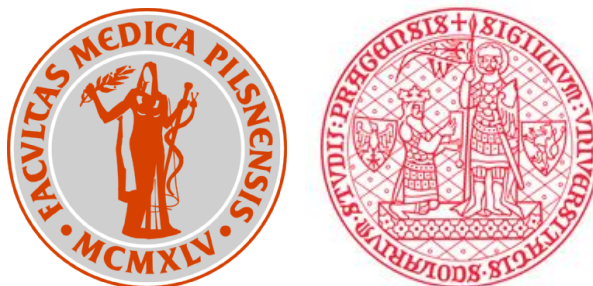


Univerzita Karlova v Praze, Lékařská  
fakulta v Plzni



**Alternativní možnosti získání autologních cévních náhrad  
v kardiovaskulární chirurgii**

**Alternative autologous vascular grafts in cardiovascular  
surgery**

MUDr. Petr Loskot

Ústav anatomie LF UK v Plzni

Kardiochirurgické oddělení FN Plzeň

Školitelé: Prof. MUDr. Jiří Valenta, DrSc. (od r. 2008 do r. 2015), doc. MUDr. Mgr.  
Zbyněk Tonar, Ph.D. (do r. 2015 konzultant, od r. 2015 školitel)

Dizertační práce

2016

## **Bibliografické informace**

**Autor:** MUDr. Petr Loskot

**Název práce:** Alternativní možnosti získávání cévních náhrad  
v kardiovaskulární chirurgii

**Jazyk práce:** český, anglický

**Typ práce:** Dizertační práce k získání akademického titulu Ph.D.

**Univerzita:** Univerzita Karlova v Praze

**Fakulta:** Lékařská fakulta v Plzni

**Ústav:** Ústav anatomie

**Oddělení:** Kardiochirurgické oddělení FN Plzeň

**Specializace:** Anatomie, histologie, embryologie

**Forma studia:** kombinovaná

**Školitelé:** Prof. MUDr. Jiří Valenta, DrSc. (od r. 2008 do r. 2015), doc. MUDr. Mgr. Zbyněk Tonar, Ph.D. (do r. 2015 konzultant, od r. 2015 školitel)

Datum odevzdání:

**Klíčová slova:** Koronární bypass, cévní štěp, tepenná revaskularizace  
myokardu, ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis  
(RDACFL)

**Název v angličtině:** Alternative autologous vascular grafts in cardiovascular  
surgery

**Klíčová slova v angličtině:** Coronary artery bypass graft (CABG), vascular  
graft, arterial myocardial revascularization, descending branch of  
lateral circumflex femoral artery (DBLCFA)

## **Errata**

Strana	Řádek	Chybně	Správně
--------	-------	--------	---------

## **Prohlášení k autorství**

Tato práce byla vypracovaná samostatně pod vedením školitelů pana prof. MUDr. Jiřího Valenty, DrSc., a pana doc. MUDr. Mgr. Zbyňka Tonara, Ph.D. Navrhl jsem design studie a provedl jsem její anatomicko-pitevní a chirurgickou část. V oblasti morfologie jsem navrhl postup a zpracování výsledků. Na histologické části jsem se podílel odběrem všech vzorků a navrhl cíl sledování. Jsem autorem kreslených obrázků a schémat, tabulek, grafů a některých fotografií. U poslední části práce jsem spoluautorem, doplňujícím náhled na prasečí aortu z pohledu kardiochirurga. Na provedení zobrazovacích metod (CTA) a popisu získaného materiálu se podílel pan doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D. Na zpracování, metodice a vyhodnocení histologických preparátů se podílel pan doc. MUDr. Mgr. Zbyněk Tonar, Ph.D. a paní MUDr. Lada Eberlová, Ph.D. Na grafickém zpracování grafů a matematických poznámkách se podílel pan Ing. Jan Očenášek, Ph.D.

Souhlasím se zapůjčováním práce.

Práci je možné nalézt na Oddělení pro vědu a vzdělání děkanátu Lékařské fakulty UK v Plzni.

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem těm, kteří se větší či menší měrou podíleli na vzniku této práce, která je výsledkem dlouhého úsilí. Především bych chtěl poděkovat svým školitelům, panu prof. MUDr. Jiřímu Valentovi, DrSc., za velmi lidský a vřelý přístup a inspiraci bohatým vědeckým a profesním životem a panu doc. MUDr. Mgr. Zbyňkovi Tonarovi, Ph.D., za velmi fundované odborné rady a připomínky a neocenitelnou pomoc při překonávání těžkostí a překážek, především při publikační činnosti a významnou pomoc při histologickém zpracování a hodnocení vzorků.

Dále bych chtěl poděkovat příteli, doc. MUDr. Janu Baxovi, Ph.D., za skvělou spolupráci a výborně odvedenou práci při vytvoření a popisu angiografických zobrazení cév. Další dík patří kolegyni MUDr. Ladě Eberlové, Ph.D., za pomoc při popisu histologie cév a dlouholetému příteli Ing. Janu Očenáškoví, Ph.D., za logicko-matematický náhled na práci a pomoc při tvorbě grafů a grafické úpravě práce.

Velký dík patří panu doc. RNDr. Pavlovi Fialovi, CSc., za umožnění studia v oboru anatomie, histologie a embryologie a za mnoholetou úspěšnou spolupráci při externí výuce na anatomickém ústavu.

Poděkování patří celému operačnímu týmu a kolegům z oddělení kardiologie, kteří se podíleli na operačních výkonech a sledování pacientů v pooperační době. Děkuji zároveň všem laborantům z anatomického a histologického ústavu, za spolupráci při získávání a zpracování vzorků cév a vysoké kvalitě odvedené práce. Část výzkumu by nebyla možná bez odběru vzorků z dobrovolných dárců těl pro výuku anatomie. Chtěl bych poděkovat všem těm, kteří se rozhodli darovat po smrti své tělo pro vědecké účely.

V neposlední řadě děkuji svému bratrovi Ing. Pavlovi Loskotovi, Ph.D., za cenné rady plynoucí z jeho bohatých zahraničních zkušeností a samozřejmě mojí manželce Mgr. Lucii Loskotové, za péči a trpělivost během celého studia a především během psaní dizertační práce a za pomoc při jazykové korektuře textů.

## Abstrakt

**Úvod:** Kardiovaskulární chirurgie je relativně mladý progresivně se rozvíjející obor. Konkrétně v kardiochirurgii během posledních několika desetiletí, došlo k významnému posunu v pochopení příčin, průběhu a léčby ischemické choroby srdeční (ICHS). Ta je zásadní částí kardiovaskulárních onemocnění, které jsou na prvním místě v morbiditě a mortalitě ve vyspělém světě. Není tedy překvapením významný posun, jak na poli základního výzkumu, tak v klinické praxi. Ta nyní zahrnuje specializovaná kardiovaskulární centra s komplexní péčí. Vznikla skupina intervenčních kardiologů, kteří jsou schopni v krátkém časovém úseku provést rutinně vyšetření koronárních cév pomocí selektivní koronarografie, popřípadě perkutánní intervenci s přímou implantací stentu. Posun je ve společné indikaci nemocných k optimální léčbě v režii kardioteamu. Ten zahrnuje kardiochirurga, intervenčního kardiologa, echokardiografistu a ošetřujícího lékaře, zpravidla kardiologa. Léčba ICHS zahrnuje od preventivní kardiologie pomocí režimových opatření a kontrol, přes farmakoterapii, intervenční kardiologii a kardiochirurgii, až po lázeňskou léčbu a rehabilitaci. Tato práce je zaměřena na chirurgickou léčbu ICHS, respektive na možnost odběru poměrně málo známého tepenného štěpu a jeho využití při koronární rekonstrukci. Důvodem hledání nového tepenného štěpu je poskytnout při koronární rekonstrukci pomocí bypassu (coronary artery bypass graft, CABG) štěp s dlouhou životností, snadno dosažitelný a s minimální traumatizací pacienta. Druhým důvodem je relativní nedostatek vhodných cévních autologních štěpů u některých, především mladších pacientů. Důvodem může být předchozí operace, poranění tkání úrazem, preference chirurga (někdy i pacienta) při výběru vhodného štěpu, trombóza, stenóza, atypický průběh, gracilita a mnoho dalších příčin. Aortokoronární bypass může a často doplňuje komplexnější typ výkonu, který zahrnuje jak výkony na chlopních, tak na ascendentní aortě včetně aortálního kořene. V tomto směru je využívána také prasečí aorta pro výzkum, získání materiálu a nácvik základních šicích technik pro začínající chirurgy. Výzkum spočívá v nalezení nových prezervačních postupů k ošetření cípů chlopně a tím zvýšit její životnost. Dále se zjišťuje hemodynamické měření průtoku aortou, stěna aorty a její elasticita. Snaha je predikovat podobné výsledky u člověka. Materiál se využívá při náhradách aortální chlopně stentovanou nebo bezstentovou chlopní a náhradách kořene aorty. Nácvik šicích technik spočívá ve vytvoření anastomóz ascendentní aorty, centrální anastomózy bypassu a implantace aortální chlopní náhrady.

**Cíl:** Cílem práce je kriticky posoudit význam, užití, výhody a omezení stávajících alternativních tepenných štěpů v kardiochirurgii a eventuální nutnosti hledat další. Pokusíme se ozřejmit základní principy chirurgické tepenné revaskularizace

myokardu a přiblížit možnost odběru poměrně raritního autologního tepenného štěpu (nejen v našich podmínkách) – ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis (RDACFL).

Práce je zaměřena na zjištění délky a průměru této cévy (RDACFL), popis anatomické variability, chirurgické dostupnosti a sklonu k ateroskleróze. Dále představíme praktické využití cévy jako tepenného štěpu při konstrukci koronárního bypassu. Dalším cílem je popsat cévní zásobení stěny prasečí aorty.

**Metodika a materiál:** První část studie zahrnuje anatomicko chirurgickou dostupnost tepny (RDACFL) – celkem 35 odběrů. Druhá část se zabývá zobrazením nativní cévy (RDACFL) pomocí CT angiografie (CTA) a zaměřuje se na její rozměry, variety, podíl na kolaterálním řečišti a sklon k ateroskleróze u 100 pacientů. Ve třetí části se zabýváme histologií odebraných vzorků, s důrazem na aterosklerotické postižení. Celkem bylo studováno 20 vzorků ze zemřelých, kteří podstoupily zdravotní pitvu a 15 vzorků z tepny odebrané a použité při revaskularizaci myokardu. Poslední část zahrnuje praktické použití RDACFL jako tepenného štěpu ke koronární rekonstrukci a ověřuje jeho krátkodobou průchodnost. V části věnované prokrvení cévní stěny u zvířecího modelu bylo cílem studie popsat hustotu vasa vasorum v jednotlivých segmentech hrudní a břišní aorty u prasete. Celkem bylo zpracováno 123 vzorků od 25 prasat.

**Výsledky:** Na základě provedených odběrů a CTA vyšetření definujeme, u kterého pacienta je vhodné provést odběr tepny. Prokázali jsme snadnou chirurgickou dostupnost s minimální traumatizací okolní tkáně. Dále jsme našli anatomickou stálost s minimální variabilitou, která není překážkou odběru, dostatečnou použitelnou délku a průměr odpovídající koronárnímu řečišti a minimální sklon k aterosklerotickému procesu. Také jsme prakticky ukázali možnost využití RDACFL jako plnohodnotného alternativního tepenného štěpu, použitelného při revaskularizaci myokardu. Prokázali jsme také výbornou krátkodobou průchodnost RDACFL jako kompozitního štěpu. V poslední části jsme zjistili hustotu vasa vasorum v jednotlivých vrstvách a segmentech prasečí aorty.

**Diskuze:** Snahou každého kardiochirurga je mít možnost širokého výběru autologních štěpů pro revaskularizační výkony. Mezi tradiční, dnes rutinně používané, řadíme a. thoracica interna (ITA) z obou stran v kombinaci s vena saphena magna (VSM) a a. radialis (RA). Tento stav je limitován nedostatkem nebo nemožností odběru těchto tradičních štěpů, z mnoha již uvedených důvodů. Dalším argumentem pro hledání nových tepenných štěpů je snaha preferovat tepenné štěpy u mladších pacientů z důvodu lepší dlouhodobé průchodnosti. Tepenné štěpy preferujeme především pro přemostění větví především levé koronární tepny. Pro přemostění pravé koronární

cévy se středně a dlouhodobá průchodnost výrazně neliší u tepenného a žilního štěpu. Je to pravděpodobně způsobené větším sklonem pravé koronární tepny a jejích větví ke steal fenoménu. Dále je vždy třeba vzít v úvahu významnost, popřípadě počtu stenóz nebo lokalizaci uzávěru koronární tepny. Je důležité vyhodnotit zastoupení a rozsah kolaterálního systému. Na celkovou průchodnost koronárního řečiště nám poskytuje odpověď selektivní koronarografie. Nicméně velikost a kvalita stěny jednotlivých koronárních větví je zřejmá až po přímém ohledání kardiochirurgem. V tomto okamžiku již rozhoduje zkušenost operátora, zda přistoupí k přemostění cévy, popřípadě jaký štěp použije. Riziko rozhodnutí je logicky větší u sekvenčního (skákavého) nebo kompozitního bypassu, kdy při obstrukci jedné anastomózy zpravidla dochází k trombóze celé příslušné koronární rekonstrukce.

**Závěr:** RDACFL je vhodným alternativním autologním tepenným štěpem. Z našeho pohledu se jedná o alternativu, kterou jsme ověřili přímo při koronární rekonstrukci. CTA studie potvrdila rozměry a anatomickou stálost. Minimální sklon k aterosklerotickému procesu byl zaznamenán dokonce i u pacientů s významným sklerotickým postižením pánevních tepen prokázaným pomocí (CTA) a histologicky potvrzen na odebraných vzorcích. Tento štěp již byl na některých pracovištích ve světě použit nebo je ojediněle používán. Význam této práce je v představení RDACFL v českých podmínkách jako kvalitního tepenného štěpu. Limitací pro odběr zůstává především jeho relativně malá délka a je tedy určen především pro doplnění běžně používaných štěpů, především a. thoracica interna sinistra (LITA). Domníváme se, že výsledky umožňují vnímat RDACFL jako skutečně snadno dostupný a použitelný tepenný štěp. V části věnované prokrvení aortální stěny u prasete jsme kvantitativním zmapováním výskytu vasa vasorum přispěli k interpretaci aterosklerotických změn, zánětlivé angiogeneze, experimentální tvorby a ovlivnění výdutě břišní aorty u prasete, jakožto experimentálního modelu v cévní chirurgii.



## **Abstract**

Introduction: Cardiovascular surgery is a relatively young but progressively evolving field in medicine. More specifically, in the past decades, cardiac surgery achieved significant advances in understanding the causes, progression and treatments of ischemic heart disease (IHD). The IHD is the most common coronary disease, and it ranks first in morbidity and mortality in the developed world. It justifies the need for significant fundamental research as well as its study in clinical practice. It now includes specialized cardiovascular centres with the complex specialized treatments. A group of interventional cardiologists capable of performing routine examinations of the coronary veins using selective angiography has been established. They can eventually also perform percutaneous coronary interventions with direct stent implants. Thus the advances have been made in comprehensive indication of the patients towards their optimal treatments under the regime of a cardio-team. Such team comprises of a cardio-surgeon, interventional cardiologist, echocardiography specialist and the attending physician who is usually the cardiologist.

The IHD treatments involve preventive cardiology with the regime measures and checks, pharmacotherapy, interventional cardiology and cardiac surgery to spa treatment and rehabilitation.

This work focuses on cardiac surgery treatments of IHD, and in particular, on opportunities of relatively less known removal of artery graft and its use in coronary reconstruction. The motivation to seek new artery grafts for coronary artery bypass (CABG) is to improve its lifetime, make it more easily obtainable, and to minimize traumatization of patients. Another motivation is a relative lack of suitable autologous artery grafts in some patients, mainly those younger ones. The reasons can be especially a previous surgery, tissue injury, thrombosis, stenosis, atypical progression, gracility as well as preference of the surgeon (and sometime also of the patient), and there may be many other causes. Aortocoronary bypass often complements more complex types of surgical treatment which incorporates both the surgery on the heart valves as well as the surgery on the ascending aorta including the aortic root. For this purpose, the aorta from pigs is also used for research, and to obtain the material for practicing the basic suturing techniques by beginning surgeons. The research aims to determine novel preserving procedures for treatment of the valve leaflets to improve their life time. Moreover, the hemodynamic flow measurement of aorta, its tissue and its elasticity are of interest. It is also useful to predict these results in humans. The material is also considered for the replacements of aortal valves with the stent and stentless valves, and the replacements of the aortic root. The practice of

suturing techniques is achieved by creating an anastomosis of the ascending aorta, central anastomosis bypass and implantation of the aortic valve replacement.

**Aims:** The target of this work is to assess critically the meaning, advantages and limitation of current alternative artery grafts and assess their needs for cardiac surgery. We attempt to explain the fundamental principles of surgical coronary artery revascularization, and identify the opportunities for removal of rare autologous artery grafts – descending branch of lateral circumflex femoral artery (DBLCFA) – not only in our conditions. Our intention is to determine the length and radius of this artery (DBLCFA), and provide the description of its anatomic variability, surgical availability and its tendency to atherosclerosis. Next we introduce practical use of this artery for artery grafts during reconstruction of the coronary bypass. A supplementary task is to describe arterial channels for the tissue supply of aorta in pigs.

**Methodology and materials:** The first part considers anatomic-surgical availability of artery (DBLCFA) – 35 sample collections in total. The second part is concerned with imaging of native artery (DBLCFA) using CT angiography (CTA) in order to determine its size, variability, contribution to the collateral circulation, and its tendency to atherosclerosis in a sample of 100 patients. In the third part, we study histology of collected samples with emphasis to evaluate the atherosclerotic damage. There were 20 samples from the deceased who underwent an autopsy studied in total with 15 samples removed from the artery and used in myocardial revascularization. The last part then includes practical case studies of using DBLCFA as an artery graft for coronary reconstruction and validating its short-term patency. In the supplement, we documented the vasa vasorum density in individual segments of thoracic and abdominal aorta in pigs using total 123 samples from 25 pigs.

**Results:** Examining the collected samples and the CTA, we can decide for each patient their suitability for artery removal. We proved there is an easy surgical access with minimum traumatization of the surrounding tissue. In the last part, we observed anatomical stability with minimal variability which does not impede the artery removal, and also sufficient useful length and radius corresponding to the coronary bloodstream while having minimum tendency to atherosclerosis. Furthermore, we demonstrated the possibility of practical use of DBLCFA as a fully adequate alternative artery graft which can be considered in myocardial revascularization. We also demonstrated the excellent short-term patency of DBLCFA when used as a composite graft. In the supplement, we determined the density of vasa vasorum in individual layers and segments of the aorta in pigs.

**Discussion:** Increasing the number of opportunities to select the autologous graft for revascularization cardiac surgery is very useful. Among more traditional and now commonly used artery grafts are internal thoracic artery (ITA) from both sides in combination with great saphenous vein (GSV) and radial artery (RA). However, their use is limited by unavailability or impossibility of these grafts removal, for many reasons stated above. Additional motivation for seeking new artery grafts is the preference for using artery grafts in younger patients due to a good long-term throughput. The artery grafts are preferred especially to bypass the left coronary artery. In bypassing the right coronary artery, the medium to long-term throughput does not differ significantly between the arterial and venous grafts. It is likely caused by higher tendency of the right coronary artery and its blood stream to a steal phenomenon. In addition, we have to take into account the significance and possibly the number of stenosis, and localization of the coronary vein closures. It is also important to evaluate the presence and extent of the collateral system. The overall throughput of the coronary bloodstream can be found by a selective coronary angiography. However, the size and quality of the coronary blood vessel tissues will not become obvious until the direct examination by the cardiac surgeon. At this point, the surgeon has to have enough experience to decide whether the artery bypass is needed and what graft will be used. The decision risk is obviously greater in sequential than in composite coronary bypass, since during the obstruction of one anastomosis usually leads to thrombosis of the whole corresponding coronary reconstruction.

**Conclusions:** DBLCFA was found to be useful alternative autologous arterial graft which was directly verified during coronary reconstruction. The CTA study confirmed the size and its anatomic stability. The minimum tendency to atherosclerosis was observed even in patients with significant sclerotic damage of the pelvic arteries using CTA, and also histologically confirmed on collected samples. This graft has been already used by some clinical institutions in the world, and in some cases, it is being used regularly. Hence, the main contribution of this work is investigating the opportunity of using DBLCFA as a high quality arterial graft in the specific conditions in our country. However, the limitations of this graft is its relatively short length which constrains its use mainly as a supplement of other commonly used grafts, especially with left internal thoracic artery (LITA). In summary, our study confirmed the initial expectations that DBLCFA can be used as an easily accessible and usable arterial graft. In the part dealing with the blood supply of the aortic tissue in pigs, we used quantitative mapping of the occurrences of the vasa vasorum to make contributions to interpretations of the atherosclerotic changes, inflammatory angiogenesis, and

experimental creation and influencing the abdominal cavity aorta in pigs as an experimental method in the vascular surgery.

## **OBSAH**

Prohlášení k autorství	4
Poděkování	5
Abstrakt	6
Abstract	9
Seznam použitých zkratek	16
1. AUTOLOGNÍ CÉVNÍ NÁHRADY V KARDIOVASKULÁRNÍ CHIRURGII – TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY	19
1.1. Etiopatogeneze aterosklerotického postižení cév	21
1.1.1. Rizikové faktory aterosklerózy	23
1.2. Ischemická choroba srdeční	24
1.3. Anatomie cévního zásobení srdce z pohledu kardiochirurga	28
1.4. Chirurgické techniky revaskularizace	29
1.5. Indikace k chirurgické revaskularizaci myokardu	30
1.6. Koronární řečiště z pohledu kardiochirurgických zákroků	32
1.7. Koronární bypass, revaskularizace pomocí autologního štěpu	34
1.8. Rutinně používané cévní štěpy v kardiovaskulární chirurgii v současnosti	40
1.8.1. Arteria thoracica interna (a.mammaria interna), (ITA, IMA)	40
1.8.2. Arteria radialis (RA)	42
1.8.3. Arteria gastroepiploica dextra (rGEA)	43
1.8.4. Vena saphena magna (VSM, GSV)	44
1.9. Méně používané autologní tepenné štěpy v kardiochirurgii	45
1.10. Hledání nových cévních náhrad	46
1.11. Kontraktilita, funkční a klinická klasifikace tepenných štěpů včetně RDACFL	47
1.12. Vlastnosti optimálního cévního štěpu pro CABG	48

2.	CÍLE PRÁCE, FORMULACE A ODŮVODNĚNÍ HYPOTÉZ	50
2.1.	Existuje vždy dostatek rutinně používaných autologních štěpů nebo je vhodné hledat alternativní méně obvyklé štěpy?	50
2.2.	Jaká je použitelná délka a průměr RDACFL? Jaká je anatomická stálost RDACFL a jaké jsou možné anatomické variety a kvantitativní zastoupení aterosklerózy RDACFL v porovnání s aterosklerózou velkých pánevních a stehenních tepen?	54
2.3.	Jaká je chirurgická dostupnost RDACFL, náročnost preparace a možné komplikace a důsledky odběru pro pacienta?	54
2.4.	Jak odolná je RDACFL vůči aterosklerotickému procesu?	54
2.5.	Lze reálně použít RDACFL při konstrukci kompozitního tepenného bypassu a jaká je krátkodobá průchodnost bypassu (RDACFL)?	56
2.6.	Jaká je hustota a rozložení vasa vasorum u prasečí aorty.	56
3.	METODY A MATERIÁL VÝZKUMU	58
3.1.	Definování vyšetřovacího procesu	58
3.2.	CT angiografie RDACFL – délka, anatomické variety, kvantitativní zastoupení aterosklerotických změn	58
3.3.	Chirurgická dostupnost RDACFL	59
3.4.	Histologie RDACFL	60
3.5.	RDACFL jako štěp ke koronární rekonstrukci	60
3.6.	Měření denzity vasa vasorum u prasečí aorty	61
4.	VÝSLEDKY	62
4.1.	Délka, anatomické variety, kvantitativní zastoupení a významnost aterosklerotických plátů RDACFL, pánevních a stehenních tepen dle CTA	62
4.2.	Chirurgická dostupnost štěpu	78
4.3.	Histologické hodnocení přítomnosti sklerotických změn RDACFL	79

4.4.	Praktické použití RDACFL k revaskularizaci myokardu a jeho krátkodobá průchodnost	86
4.5.	Zastoupení vasa vasorum u prasečí aorty	89
5.	DISKUZE A HODNOCENÍ	90
5.1.	Doporučení	95
5.2.	Limitace studie	95
6.	ZÁVĚR	98
7.	LITERATURA	99
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	112
8.1.	Seznam obrázků	112
8.2.	Seznam tabulek	114
9.	PUBLIKACE AUTORA VZTAHUJÍCÍ SE K DISERTAČNÍ PRÁCI	115
9.1.	Publikace	115
9.2.	Přednášky	115
10.	PŘÍLOHY – PUBLIKACE AUTORA VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU DIZERTAČNÍ PRÁCE	116

## Seznam použitých zkratk

AA	aorta abdominalis
ACFL	arteria circumflexa femoris lateralis
ACS, ACD	arteria coronaria sinistra, arteria coronaria dextra
AFC	arteria femoralis communis
AFP	arteria femoralis profunda
AFS	arteria femoralis superficialis
AHA	American Heart Association
AP	angina pectoris
ATA	arteria tibialis anterior
ATP	arteria tibialis posterior
BITA (BIMA)	bilateral internal thoracic (mammary) artery
CABG	coronary artery bypass graft
CMP	cévní mozková příhoda
CO	oxid uhelnatý
CTA	computed tomography angiography
DBLCFA	descending branch of lateral circumflex femoral artery
DES	drug eluting stent
DK	dolní končetina
DVD, SVD	double, single vessel disease
ECM	extracelulární matrix
ECMO	extrakorporální membránová oxygenace
ECHO	echokardiografie
EKG	elektrokardiogram
FDG	fluorodeoxyglukóza
IABK	intraaortální balonková kontrapulzace
IE	infekční endokarditis



IHD	ischemic heart disease
ICHDK	ischemická choroba dolních končetin
ICHS	ischemická choroba srdeční
IM	infarkt myokardu
ITA	internal thoracic artery
LDK	levá dolní končetina
LDL	low density lipoprotein
LIMA (LITA)	left internal mammary artery (left internal thoracic artery)
LKS	levá komora srdeční
LMS	left main stenosis
MO	mimotělní oběh
MVD	multi vessel disease
NYHA	New York Heart Association
OPCABG	off pump coronary artery bypass graft
OTI	orotrachální intubace
PCI	perkutánní koronární intervence
PET	polyetylentereftalát
PET CT	Positron Emmission Tomography - Computed Tomography
PTFE	polytetrafluoroethylen
RA	arteria radialis
RAACFL	ramus ascendens arteriae circumflexae femoris lateralis
RCx	ramus circumflexus
RD	ramus diagonalis
RDACFL	ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis
ReDo	znovu opakovaná operace, reoperace
rGEA	artria gastroepiploica dextra
RIA	ramus interventricularis anterior

RIMA (fRIMA)	arteria mammaria dextra, (volný štěp)
RIVP	ramus interventricularis posterior
RMD	ramus marginalis dexter
RMS	ramus marginalis sinister
RPLD	ramus posterolateralis dexter
RPLS	ramus posterolateralis sinister
RS	ramus septalis
SIAS	spina iliaca anterior superior
SKG	selektivní koronarografie
TIMI flow	Thrombolysis In Myocardial Infarction - průtok koronární tepnou
TECAB	totally endoscopic coronary artery bypass
TMLR	transmyokardiální laserová revaskularizace
VSM	vena saphena magna
VSMC	vascular smooth muscle cells

# 1. AUTOLOGNÍ CÉVNÍ NÁHRADY V KARDIOVASKULÁRNÍ CHIRURGII – TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Tato práce se zabývá alternativním autologním tepenným štěpem ramus descendens arteriae circumflexae (RDACFL), jako vhodného štěpu k revaskularizaci myokardu u vybraných pacientů, indikovaných k chirurgické léčbě. Domníváme se, že tento štěp rozšíří a doplní několik již rutinně používaných tepenných autologních náhrad (Taggart, 2013).

Cílem práce je ověřit morfologické vlastnosti jako je délka a vhodný průměr a makroskopické aterosklerotické změny v souvislosti s aterosklerotickým postižením břišní aorty, pánevních a femorálních tepen. K tomu jsme použili metodu CT angiografie (CTA). Dále jsme chtěli ověřit chirurgickou dostupnost a možné komplikace odběru. Prověřili jsme přítomnost sklerotických změn pomocí histologického rozboru vzorků nativní cévy, odebrané při kardiochirurgické operaci a ze sekčního materiálu. Poslední část zahrnuje praktické využití štěpu při revaskularizaci myokardu a zhodnocení našich zkušeností a krátkodobé průchodnosti bypassu. V celé práci je použito latinské označení (cév), které je preferováno v klinické medicíně. U některých názvů se proto název struktury může lišit od oficiální anatomické terminologie (Terminologie anatomica, 1998).

Ischemická choroba srdeční a její léčba je v popředí zájmu světové medicíny, protože je to nejčastější závažné onemocnění v populaci průmyslově rozvinutých zemí. Vzhledem k rozsahu postižené populace je riziková nejen svojí morbiditou a mortalitou, ale i významným ekonomickým problémem. Medicínské řešení zahrnuje nejen prevenci, ale především léčbu. Součástí léčby je farmakoterapie, perkutánní intervence (PCI) a samozřejmě chirurgická revaskularizace (Walk et al., 2014).

První pokusy o chirurgickou léčbu ischemické choroby srdeční se objevují již na počátku 20. století. V té době nebyl znám přesný mechanismus a podstata této choroby, proto se léčba zaměřila pouze na odstranění typických symptomů. Léčba se pokusila odstranit stenokardie pomocí hrudní sympatektomie. Další významné poznatky o příčinách ischemické choroby vedly ke snaze podpořit neorevaskularizaci pomocí neoangiogeneze na povrchu srdce. Metoda spočívala v mechanické nebo chemické abrazi perikardiální dutiny nebo ve snaze přiložit na povrch srdce jiný orgán. Například se jednalo o přiložení svalu (m. pectoralis major – tzv. operace Beck I), omentum majus, části sleziny atd.

V poválečném období dochází k výraznému rozvoji různých chirurgických technik, s cílem zlepšit prokrvení myokardu. Objevují se snahy o přímou

revaskularizaci myokardu pomocí přivedení arteriální krve chirurgicky zhotovenou spojkou. K nejznámějším patří operace Beck II, tedy vytvoření píštěle mezi aortou a sinus coronarius pomocí části brachiální tepny a všití distálního konce arteria thoracica interna (arteria mammaria) do srdeční svaloviny. Roku 1954 vytvořil první aortokoronární bypass u psa (Murray) a v roce 1956 došlo k první úspěšné endarterektomii koronární cévy u člověka (Bailey et al. 1967).

Další techniky se dařilo vyvíjet a zlepšovat především objevem a použitím mimotělního oběhu (MO), ten poprvé použil Gibon v roce 1953 a objevem možnosti zobrazení koronárního řečiště pomocí kontrastní látky – selektivní koronarografie (SKG), kterou jako první provedl Sones v roce 1959. V padesátých letech se objevují různé chirurgické techniky, které lze rozdělit do skupiny používající cévní náhrady a operace bez nich.

Dále budou tyto operační techniky zmíněny, nicméně důraz této práce bude kladen na aortokoronární bypass s využitím autologního tepenného štěpu. Tato technika se ukázala jako zlatý standard a rutinně se používá již více než 40 let (Wijns et al., 2010). První aortokoronární bypassy byly zkonstruovány již v 60. letech 20. století a od té doby se upřesnily vlastnosti jednotlivých štěpů a pravidla pro jejich využití.

V počátcích aortokoronárních rekonstrukcí byly používány téměř výhradně žilní štěpy. Kromě dnes rutinně používané vena saphena magna (VSM) se využívaly vena saphena parva, vena cephalica, vena basilica. Postupně se ukázalo, že nejvhodnějším žilním štěpem je vena saphena magna pro svoji snadnou dostupnost, značnou délku, odolnost při chirurgické manipulaci a vhodný průměr. Žíly z horní končetiny se ukázaly jako nevhodné pro svůj sklon aneurysmaticky dilatovat a elongovat. Tato nevýhoda se zkoušela eliminovat tzv. arterializací, kdy se příslušná žíla nejprve implantovala na několik týdnů do tepenného řečiště a teprve poté byla využita k revaskularizaci. Další obdobnou metodou bylo potažení žíly polypropylenovou sítkou, která měla zabránit dilataci. I přes tato opatření, se průchodnost takto upravené žíly pohybovala kolem 50 % za 2 roky.

Jako další slepá ulička při hledání cévních náhrad pro koronární rekonstrukce se ukázaly umělé materiály běžně používané v cévní chirurgii. Tedy cévní protézy pletené, tkané nebo dnes již lité (polytetrafluorethylen, PTFE). Vzhledem k minimálním rozměrům odpovídajícím koronárnímu řečišti docházelo k časným uzávěrům (Matsumoto et al. 1973).

Je nutno zmínit nový typ syntetických nanovláknenných cévních náhrad o malém průměru. Jedná se o dvouvrstevnou strukturu, která vzniká elektrostatickým zvlákněním biokompatibilních a biodegradabilních materiálů. Taková struktura

podporuje ukládání buněčných struktur do své stěny a po několika měsících podléhá degradaci. Poté přetrvává pouze nově vytvořená céva z vlastních buněk, u které se očekávají optimální cévní vlastnosti. Tento výzkum je nyní ve fázi preklinických studií u zvířecích modelů, publikace na toto téma dosud chybějí.

Při chirurgické revaskularizaci myokardu se v posledních letech stává trendem využít zvláště u mladších pacientů tepenné štěpy. Ty jsou preferovány pro svojí výrazně lepší dlouhodobou průchodnost, než štěpy žilní. Zatím nejkvalitnější dostupný štěp pro revaskularizaci myokardu je levostranná arteria thoracica interna (LIMA, LITA), který se využívá k přemostění ramus interventricularis anterior (RIA), jako koronární cévy s největším povodím. Rutinně se používá již od 80. let, kdy byl prokázán její jednoznačný benefit pro pacienty (Buxton and Galvin, 2013).

### **1.1. Etiopatogeneze aterosklerotického postižení cév**

Ateroskleróza je celosvětově na prvním místě v morbiditě a mortalitě kardiovaskulárních onemocnění. Toto chronické onemocnění doprovází lidstvo v celých dějinách, nicméně podstatný rozvoj přichází až se změnou životního stylu v období industrializace. Ta sebou přináší určité životní pohodlí doprovázené nárůstem kouření, zvýšenou konzumací energeticky vydatných potravin bohatých na tuky a výrazným snížením pohybové aktivity. Tento trend se v průmyslově rozvinutých zemích i nadále prohlubuje. Poprvé v době zjišťování podobných údajů je na světě více obézních lidí než těch, kteří kvůli nedostatku jídla hladoví a trpí podváhou. Jen za posledních 40 let sledování vývoje obezity, se počet mužů a žen spadajících do kategorie obezity zvýšil ze 105 miliónů na 641 miliónů. V roce 2014 bylo nejvíce obézních lidí v Číně (43,2 miliónu mužů a 46,4 miliónu žen). Na druhém místě jsou Spojené státy americké. Nadváha všeobecně představuje v ČR problém pro více než polovinu populace starší 50 let, obézních je 25 procent všech žen a 22 procent všech mužů (Staněk, 2014).

Kromě růstu prevalence obezity a s ní úzce souvisejícím růstem diabetu II. typu narůstá kromě prevalence aterosklerózy i riziko fatálních komplikací. Dnes se ateroskleróza dostává do popředí i v méně rozvinutých oblastech, kde byla na prvním místě mortality a morbidity infekční onemocnění.

Ateroskleróza je multifaktoriální proces, který ve svém důsledku vede k mechanické obstrukci krevního toku a z toho rezultujících klinických obtíží. Objevilo se již mnoho hypotéz, které se pokusily objasnit proces aterosklerózy.

Lipidová teorie spočívala v myšlence, že hlavním viníkem aterosklerózy je infiltrace cévní stěny lipidy. Nejčastěji uváděný lipid je LDL (low density lipoprotein) částice s tvorbou pěnových buněk jako základu sklerotické léze.

Trombogenní teorie předpokládala nejprve intraluminární vznik trombu s jeho následnou impregnací do stěny tepny. Tuto teorii podporovalo nalezení fibrinu a trombocyty produkovaných proteinů přítomných, jak ve vznikajícím, tak zralém sklerotickém plátu. Tato teorie však spíše vysvětlovala trombus jako následek aterosklerotického procesu.

Další teorie mluví o mechanickém poškození, endoteliální dysfunkci a zánětu (Berliner et al., 1995).

Dnešní názor je spíše kombinací předchozích názorů. Jedná se tedy o dynamický multifaktoriální proces zánětlivého onemocnění tepenné stěny (Libby, 2012), ve spojení s endoteliální dysfunkcí a následným průnikem LDL partikulí do subendoteliálního prostoru (Fábryová et al., 1995). Za těmito LDL částicemi pronikají monocyty, které se mění v makrofágy (Moor and Tabas, 2010). Ty dále fagocytují LDL částice, čímž se mění na pěnové buňky, které již nejsou mobilní a zůstávají na místě. Nahromadění pěnových buněk lze vidět pouhým okem ve stěně cévy jako žlutavé proužky, které ukazují na časné stádium aterosklerózy (Woollard and Geissman, 2010). Při dalším vývoji sklerotického plátu se začínají uplatňovat svalové buňky situované v tunica media. Tyto buňky jsou stimulovány specifickými aminokyselinami, které jsou produkovány zánětlivými buňkami. Takto aktivovány pronikají z medie do subintimální vrstvy, kde se funkčně mění z kontraktilních na buňky sekreční. Ty vytvářejí kolagen a vzniká tak fibrózní kryt aterosklerotického plátu. Ten spíše známe pod názvem stabilní nebo nekomplikovaný aterosklerotický plát. Kolagenní kryt je v periférii plátu nejtenčí a má v těchto místech největší sklon k ruptuře. Tím vzniká štěrbinovitá smáčivá plocha, ve které se rychle shlukují trombocyty. V tomto případě mluvíme o bílém trombu. Na něm ulpívají fibrinová vlákna z přeměněného fibrinogenu, do jejichž sítě se zachytávají erytrocyty a vzniká tak červený trombus, který je podkladem komplikované progredující léze. Ta často vyústí v obstrukci příslušné tepny s různě závažnou klinickou manifestací. Sklon ke vzniku komplikované rizikové léze mají pláty s velkým lipidovým jádrem a minimální nebo jen malou intraluminární propagací. Přítomnost těchto plátů je často zpočátku klinicky nemá (např. bez přítomnosti anginózních obtíží). Rizikové jsou tepny menšího kalibru v koronárním a cerebrálním řečišti. V oblasti aorty a velkých tepen pozorujeme spíše exulcerace s možnou embolizací, tvorbu aneurysmat nebo disekcí.

Aterosklerotický proces je v možno klasifikovat podle Staryho (Stary, 1995), který se stal podkladem pro všeobecně uznávanou klasifikaci American Heart

Association. Typ I začíná nahromaděním makrofágů bohaté na lipidy (pěnové buňky), které jsou izolovaně situovány v ztlustělé intimě. U typu II jsou pěnové buňky konzistentně řazeny ve vrstvách a tukové částice pronikají i do intimálních svalových buněk. U typu III již hovoříme o praeatheromu, který je charakterizovaný rozpadem pěnových buněk a uvolněním lipidových částic do mezibuněčných prostor. Aktivované makrofágy jsou zdrojem řady zánětlivých cytokinů, které chemotakticky lákají do místa léze další buňky a podílejí se tak na rozvoji léze. Stadium IV je již stadium atheromu. Extracelulární lipidy se masivně akumulují a vytvářejí lipidové jádro, které je kryto pěnovými buňkami a intimou. Zároveň se zvětšuje množství lipidů i v buňkách hladké svaloviny. Od stadia atheromu lze pozorovat vývoj léze různými směry. Vývoj závisí na typu cévy, lokalitě léze, systémové hypertenzi, stupni dyslipidemie, reaktivitě cévní stěny a mnoha dalších faktorech. U V stadia nacházíme fibromuskulární kryt léze. Ten kryje jak lipidové jádro, tak počínající kalcifikace. V tomto stadiu dochází ke zvýšení rigidity cévy a výrazněji se zužuje její lumen. VI stadium je charakteristické rupturou krytu s následnou nasedající trombózou. Stadium VII popisujeme jako výraznou kalcifikaci v lézi, až s možnou osteoidní metaplazií a ve stadiu VIII převažuje reparativní fibroprodukce. Existuje ještě několik sub-stadií a modifikací tohoto systému, které zohledňují skutečnost, že jednotlivá stadia od č. IV výše na sebe nemusejí přímo navazovat, ale vývoj léze může probíhat dle různých scénářů s ohledem na konkrétní typ cévy a její poloze v oběhovém systému, na hemodynamických a dalších lokálních faktorech. Všechny systémy však vycházejí z původní uznávané AHA klasifikace.

#### 1.1.1. Rizikové faktory aterosklerózy

Vzhledem k převládajícímu názoru o multifaktoriální příčině vzniku aterosklerózy (McGill, 1978), nejsme schopni jednoznačně určit příčinu vzniku. Nicméně je na mnoha studiích jednoznačně prokázán vliv rizikových faktorů. Mezi faktory neovlivnitelné patří věk, anamnéza a mužské pohlaví (zvyšuje riziko až 4x). Ovlivnitelné faktory, které přímo zhoršují endoteliální dysfunkci jsou kouření, diabetes, hypertenze a dyslipidémie (hypercholesterolémie). Tyto faktory zahrnujeme pod pojem rizikové faktory vzniku aterosklerózy.

Kombinací rizikových faktorů výrazně stoupá pravděpodobnost infarktu (IM) myokardu (Pencak et al., 2013) a cévní mozkové příhody (CMP).

Současný pohled na aterosklerózu vychází z podrobnějších poznatků buněk, které převažují v aterosklerotickém plátu a tím ovlivňují riziko fatální klinické

příhody. Jedná se o proces, který lze z významné části ovlivnit stravou, optimálním pohybem a zdravím životním stylem, často doplněný vhodnou farmakoterapií.

## **1.2. Ischemická choroba srdeční**

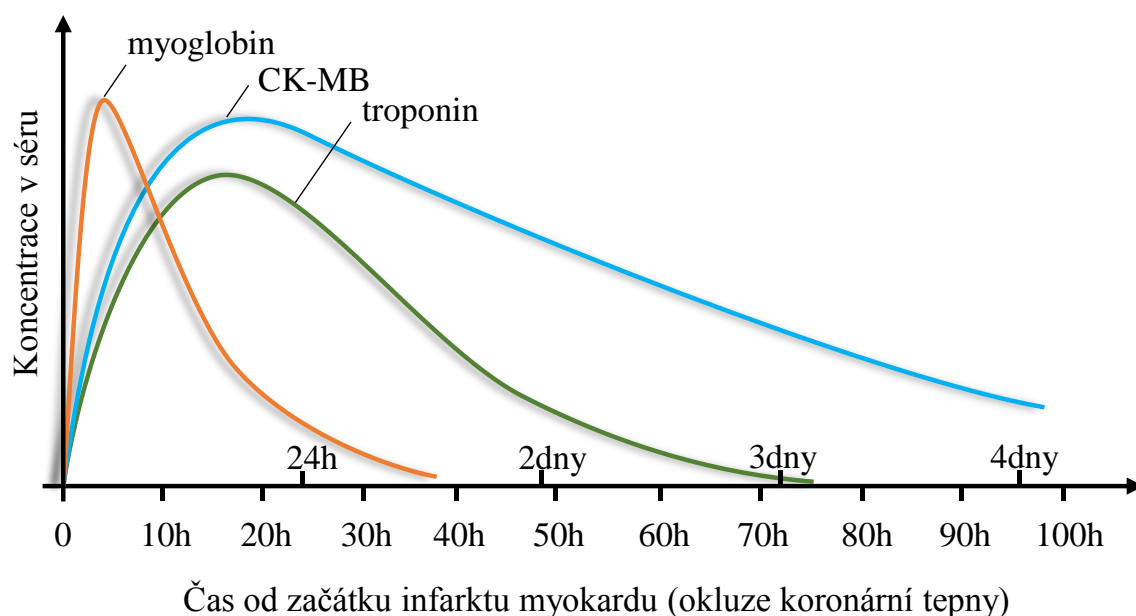
Ischemická choroba srdeční (ICHS) je v rozvinutých zemích nejčastější příčina úmrtí. Výskyt do určité míry kopíruje socioekonomický vývoj země. Prudký nárůst byl nejprve evidován ve 30. letech ve Spojených státech amerických (Lotufo et al., 2013), poté se objevil v poválečné době 50. let v západní Evropě. Po roce 1989 se objevuje ve střední a východní Evropě. Po počátečním rychlém růstu se postupně nárůst snižuje, nyní již kromě několika výjimek východní Evropy a Asie sledujeme postupný pokles výskytu ICHS. V České republice je pokles pozorován přibližně od 90. let minulého století. Mortalita do současnosti poklesla asi o 50%. Na poklesu se podílí především lepší prevence a léčba.

ICHS z patofyziologického hlediska lze definovat jako postižení koronárního řečiště s omezením průtoku krve do myokardu. Na tom se ve více než 98% podílí aterosklerotické postižení koronárních cév. Principem je omezení průtoku cévou a tedy nepoměr mezi perfuzí myokardu a jeho metabolickými nároky. V takovém okamžiku dochází k nedostatečnému přísunu kyslíku a živin ke svalovým buňkám. Patofyziologické důsledky hypoperfuze závisí na momentálních nárocích myokardu, které se liší se v čase i intenzitou práce, kterou musí myokard vykonávat. Při nepoměru nabídky a poptávky tkání po kyslíku je myokardu přinucen přejít z oxidačního na anaerobní metabolismus. V tomto okamžiku mluvíme o ischemii (Meerson, 1969).

Fyziologicky srdce využívá oxidaci mastných kyselin a glukózy. V případě nedostatku kyslíku dochází k anaerobní glykolýze, ale i přes její velký nárůst je energeticky výrazně méně výhodná než oxidace. Při oxidaci glukózy je účinnost využití chemické energie substrátu v organismu asi 40 %, při anaerobním srovnatelném procesu činí energetické využití srovnatelných substrátů jen přibližně 7 %. Při takto energeticky nevýhodném metabolismu se v buňce hromadí laktát. Při jeho nadměrné produkci se již nestačí vyplavovat do oběhu a v buňce inaktivuje glykolytické enzymy. Následkem je buněčná smrt, ve větším rozsahu mluvíme o ischemické nekróze potažmo o infarktu myokardu. Při něm se z buněk vyplavují specifické enzymy (obr. 1), které lze následně detekovat v krevním oběhu. Na základě jejich kvantitativních hodnot (odebíraných v časových intervalech), lze posoudit rozsah postižení (nekrózy) myokardu a odhadnout časový vývoj léze (Apple and Collinson, 2012). Tyto údaje výrazně pomáhají stanovit odpovídající optimální léčebný postup.



Ischemie myokardu může být dočasná nebo trvalá. O dočasné mluvíme, jestliže srdce má dočasně vysoké nároky na přísun kyslíku a živin, které při hypoperfuzi nelze dodat. Tento stav se většinou projeví stenokardiemi, které vznikají drážděním sympatických vláken produkovanými aminy při acidóze buňky. Pokud takové nároky nepřesáhnou přibližně 20 minut a poté se obnoví původní průtok a metabolické nároky myokardu, dokáže srdeční svalovina návrat k aerobnímu stavu zvládnout bez ireverzibilního poškození. Prakticky se obnoví jeho funkce bez ztráty kontraktility.

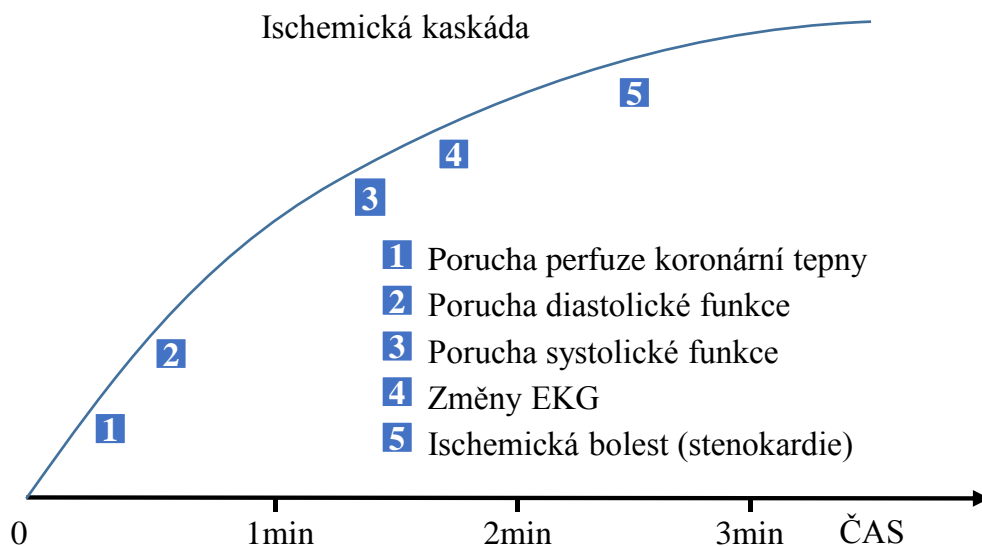


**Obr. 1** – Vývoj hladiny kardiospecifických markerů u nekrózy myokardu v čase (upraveno podle Staněk 2014).

Při okluzi koronární cévy se v časovém sledu projeví téměř okamžitě porucha diastolické relaxace (aktivní děj), poté následuje porucha systolické funkce. Dále se objevují změny na EKG ve smyslu ST elevací (depresí) způsobené změnou akčního potenciálu myocytů vlivem acidózy při ischemii (obr. 2). Nakonec se dostaví typická bolest na hrudi – stenokardie. Stenokardie je typický doprovodný jev při kritické poruše perfuze myokardu, ale nemusí být vždy jasně vyjádřena. Chybí např. u diabetiků v důsledku metabolické neuropatie. Součástí tohoto procesu jsou také arytmie, které jsou důsledkem asymetrického dráždění sympatického autonomního nervstva. Tyto arytmie mohou mít i maligní charakter (komorové tachykardie a komorová fibrilace) s fatálním následkem pro čerpací funkci srdce.

Pokud dojde k poruše perfuze na delší dobu, než přibližně 20 minut, dojde nejen k funkčnímu ale i k nevratnému buněčnému poškození svaloviny (Reed and Nallamothu, 2014). Podle délky potom rozlišujeme několik fází. Při chronické

hypoperfuzi bez úplné okluze tepny, dochází k postupnému snížení až vymizení kontraktility. Takový stav označujeme pojmem hibernující myokard. To znamená, že je zachován minimální metabolismus myokardu a nedochází k nekróze, avšak k mizení schopnosti kontrakce (Thygesen et al., 2012).



**Obr. 2** – Vývoj ischemických změn po okluzi koronární tepny (upraveno podle Zipes et al., 2005).

Tento stav lze snadno ověřit zátěžovým vyšetřením, které spočívá v podání inotropik (Dobutamin), kdy se pod vlivem katecholaminu obnoví kontraktilita (viabilita) myokardu v daném povodí (Camici et al., 2013). Další možností je PET CT (Positron Emmision Tomography - Computed Tomography) s použitím značené fluorodeoxyglukózy (FDG) k odlišení intenzity metabolismu glukózy v různě perfundovaných místech. Oba tyto nejpoužívanější testy spolehlivě informují o velikosti hibernujícího (omráčeného) myokardu a výrazně pomáhají v rozhodování o optimálním léčebném procesu, především u výrazně snížené systolické funkce.

Při déle trvající ischemii tedy mezi 20-40 minutami již dochází k nekróze u přibližně 70% buněk. Viabilita myokardu se přesouvá k okrajům postižení do marginální zóny. Po 2-3 hodinách dochází k úplné nekróze svalu. Vzniká otok způsobený zvýšením permeability buněčné membrány a do oběhu se začínají uvolňovat intracelulární enzymy (kreatinkináza, troponiny (obr. 1)), (Cullen et al., 2013). V tomto okamžiku již opět prokrvení nevede k obnovení funkce a reperfuzi (no-reflow fenomén). Obnovení perfuze může obnovit funkci pouze marginální zóny.

Adekvátní projevy ischemie lze monitorovat EKG křivkou, která je jedním ze třech nezbytných kritérií pro diagnostiku nejen infarktu myokardu. Další nezbytné

vyšetření pro jednoznačné posouzení stavu myokardu je dnes rutinně používaná echokardiografie (2D, 3D ECHO (Monaghan, 2006)) a laboratorní vyšetření.

Klinické formy ICHS lze rozdělit do dvou skupin. Na chronické a akutní. K akutním formám řadíme nestabilní anginu pectoris (AP), infarkt myokardu a náhlou koronární smrt. K chronickým formám patří němá ischemie, stabilní angina pectoris a komplikované stavy po infarktu myokardu. Především mluvíme o srdečním selhání a arytmiických poinfarktových formách.

Je také třeba zmínit se o neaterosklerotických příčinách ischemické choroby myokardu. Ty lze rozdělit do čtyř skupin podle mechanismu jejich působení. V první skupině najdeme embolizační příčiny, ve druhé externí kompresi koronární tepny, ve třetí zánětlivé postižení (arteritidy) a do poslední skupiny řadíme všechny ostatní příčiny (tab. 1).

**Tabulka 1** – Neaterosklerotické příčiny ischemické choroby srdce (volně upraveno podle Alexander et al., 1998).

Embolizace	Endokarditis (aortální, mitrální chlopeň) Nestabilní sklerotický plát (kalcifikace) Nitrosrdeční nádor (myxom) trombus
Zevní komprese	Disekce aorty (koronární cévy) Aneurysma kořene aorty Konstriktivní perikarditis Nádor ve stěně
Zánět (arteritis)	Takayasuova choroba Buergerova choroba Temporální arteritis
Další příčina	Anomální odstup koronární cévy (z a. pulmonalis Blandův-Whiteův-Garlandův syndrom) Spazmus Vrozené zkratové vady Trauma Ozáření Abusus drog Otravy (CO)

### 1.3. Anatomie cévního zásobení srdce z pohledu kardiochirurga

Srdce je dutý svalový orgán s vysokými nároky na dodávky kyslíku a živin. Je zásobeno dvěma věnčitými cévami – arteriae coronariae dextra et sinistra. Klinická medicína definuje pojem tří koronárních artérií, z důvodu časného dělení ACS na dvě velké tepny (RIA a RCx), (Yatesa and Zamvarb, 2014). Tyto cévy probíhají společně s žilami a autonomním nervovým systémem (plexus coronarius dexter a sinister) v epikardiální vrstvě, která je zpravidla kryta serosní membránou, pod níž je vrstva epikardiálního tuku.

Arteria coronaria sinistra (ACS) je zpravidla silnější než arteria coronaria dextra (ACD) a odstupuje z levého koronárního sinusu. Její krátký kmen, který leží za truncus pulmonalis, se asi po 2-3 cm dělí na dvě hlavní cévy: ramus interventricularis anterior (RIA) a ramus circumflexus (RCx). Ramus interventricularis anterior sbíhá na přední stěnu srdce do žlábků oddělující obě srdeční komory (sulcus interventricularis anterior). Je to dominantní céva, která zásobuje velkou část přední stěny a hrot, především levé komory srdeční (LKS). V průběhu vydává rami diagonales (RD), které zpravidla v počtu 1-3 odstupují laterálně a zásobují přední stěnu LKS. Dále z ní odstupují rami septales (RS), které odstupují do hloubky a zásobují mezikomorové septum. Ramus circumflexus sbíhá před ouškem levé síně na boční stěnu a cestou vydává obvykle 1-3 marginální větve (ramus marginalis sinister – RMS) pro zásobení boční stěny LKS. Poslední marginální větev pokud dosahuje až k sulcus interventricularis posterior zpravidla označujeme jako ramus posterolateralis sinister (RPLS). Kromě již zmíněných větví popisujeme také drobné, spíše variabilně se vyskytující větve jako je ramus nodi sinoatrialis, ramus coní arteriosi, rami atriales, ramus atrioventricularis et ramus atrialis anastomoticus, která přes spodní část síňového septa zásobuje atrioventrikulární uzel a zároveň anastomozuje s povodím ACD (Čihák, 2014). Tyto drobné větve zpravidla vzhledem k velmi malému kalibru nejsou pro chirurgickou revaskularizaci myokardu zásadní.

Arteria coronaria dextra odstupuje z pravého koronárního sinu a sbíhá před ouškem pravé síně na spodní stěnu v sulcus coronarius na rozhraní pravé síně a komory. Její konečná větev je ramus interventricularis posterior (RIVP) ležící ve stejnojmenném žlábků a z něj odstupující rami interventriculares septales. Často také vydává ramus posterolateralis dexter k zásobení zadní třetiny mezikomorové přepážky (Engel et al., 1975). V oblasti margo acutus často odstupuje ramus marginalis dexter (RMD). Kromě těchto velkých větví popisujeme celou řadu nekonstantních drobných větví, jako jsou rami atriales, rami ventriculares dextri anteriores et posteriores, ramus coní arteriosi et ramus nodi sinoatrialis. Tyto drobné větve se opět chirurgicky vzhledem ke svému kalibru nerevaskularizují.

Dle kalibru a velikosti povodí především na spodní stěně srdeční popisujeme dominanci pravé nebo levé tepny. Tedy levodominanci, pravodominanci, popř. vyrovnaný typ zásobení. Poté tedy definujeme jako dominantní tepnu pro zásobení spodní popřípadě i zadní stěny ramus posterolateralis sinister (RPLS) v pozici velké dominantní marginální větve (ACS) nebo ramus posterolateralis dexter (RPLD) jako terminální větev ACD.

Pochopení uspořádání koronárního řečiště je úzce provázáno se znalostí fyziologie a patofyziologie myokardu (Fiegl, 1983). Chirurg tedy musí očekávat a předpovídat, jaké nesnáze mohou nastat při ischemii nebo úplné okluzi jednotlivých koronárních cév či segmentů.

## **1.4. Chirurgické techniky revaskularizace**

Diagnostika stavu koronárních cév a jejich chirurgické ošetření je jednou ze základních náplní práce kardiochirurga. Výsledkem by měla být pro pacienta optimální forma revaskularizace. Tím se rozumí zvolit takovou techniku a místo intervence na koronární tepně, která pacientovi přinese pokud možno dlouhodobý benefit. Zároveň je nutné vyvarovat se poranění pacienta či ischemie u nekvalitní anastomózy, které by mohly zhoršit jeho zdravotní stav.

Chirurgickou léčbu ICHS můžeme rozdělit na operace bez cévních konduktů a na techniky využívající cévní konduity.

Jednou z prvních metod byla endarterektomie, považovaná za přímou chirurgickou revaskularizace myokardu. Jako první na světě ji použil Bailey již v roce 1956. Je to velmi riskantní metoda, která vede k časným uzávěrům tepny, v závislosti na jejím kalibru. Se zmenšujícím se průměrem tepny klesá i úspěšnost endarterektomie. Tato metoda má přesto stále své opodstatnění, ale pouze v kombinaci s jinou technikou. Nejčastěji endarterektomii doplňuje aortokoronární bypass nebo plastika tepny pomocí žilní záplaty. Používá se v těžce kalcifikovaném úseku tepny většího kalibru (Yadav et al., 2004). Předpokladem je volné lumen s možností průtoku za endarterektovaným úsekem. Volnost se v daném úseku tepny snadno ověří koronární sondou.

Další důležitou metodou jsou záplatové techniky prováděné pomocí autologní žíly, někdy i perikardu (Ladowski et al., 1991). Tyto metody mají opodstatnění v izolovaném stenotickém úseku, špatně dostupným pro bypass. Jedná se většinou o plastiku kmene v místě odstupu z aorty. Indikací může být ostiální stenóza nebo komplikované rekonstrukční výkony na kořeni aorty spojené s poraněním nebo disekcí

koronárního řečiště. Tato technika je vhodná především u stenóz neaterosklerotického původu.

Jednou z dalších možností je transmyokardiální laserová revaskularizace (TMLR). Tato metoda spočívá ve vytvoření několika desítek kanálů pomocí laseru s myšlenkou vytvořit zkrat mezi koronárním řečištěm a srdeční dutinou (Okada, 1998). Je to relativně bezpečná metoda, která ale nezlepšuje po operaci funkci levé komory srdeční (LKS) a jen u části pacientů odstraní nebo zmenší klinické obtíže (tj. stupeň anginy pectoris).

Metoda podávání růstových faktorů do koronárních cév, které je založeno na myšlence podpoření neorevaskularizace růstem nových větví z původní koronární cévy, je stále na poli výzkumu a zatím se nestala rutinní metodou léčby ICHS.

Jednou z posledních možností současné medicíny je zařazení do transplantačního programu po vyčerpání všech možností léčby, která zahrnuje jak farmakoterapii, PCI (perkutánní koronární intervence), chirurgickou léčbu až po přístrojovou podporu oběhu.

Jednou ze základních chirurgických metod řešení ischemické choroby srdeční je bypass (CABG, Coronary Artery Bypass Graft). Je to metoda používaná rutinně již více než 50 let (Campeau et al., 1984). O aortokoronárním bypassu mluvíme v případě přemostění pomocí volného štěpu (tepny nebo žíly), kdy se periferní anastomóza našívá distálním koncem za stenózu koronární tepny a proximálním koncem do ascendentní aorty. Tím se vytvoří neokoronární ústí. Existuje ještě mnoho jiných typů bypassů podle své polohy a typu anastomóz, o kterých bude zmínka v následující kapitole.

V poslední době je populární tzv. hybridní výkon (Harskamp, 2014), tj. kombinace bypassu a ošetření pomocí koronárního stentu (PCI). Tato metoda má své opodstatnění při řešení akutních koronárních syndromů, popř. u pacientů s difusně kalcifikovaným řečištěm, které nelze bezpečně nebo nelze vůbec revaskularizovat pouze jednou z uvedených metod.

## **1.5. Indikace k chirurgické revaskularizaci myokardu**

Primární vyšetření věnčitých cév u pacientů s podezřením na ischemickou chorobu srdeční provádí intervenční kardiolog metodou selektivního nástřiku kontrastní látky podávané katetrem přímo do odstupů koronární cévy z koronárního sinu. Jedná se o bezpečnou metodu, která zaručí přesnou diagnostiku a morfologický popis řečiště s přehledným zobrazením stenóz. V posledních letech je preferovaný přístup z arteria

radialis. Tento přístup je po technické stránce umožněn dostupností užšího instrumentária a pro pacienta přináší komfort ve formě ambulantního vyšetření. Místo vpichu lze snadno komprimovat tlakovým náramkem. V některých případech je nutno použít i dříve běžný femorální přístup např. při pozitivním Allenově testu (funkční vyšetření průchodnosti palmárních oblouků) nebo neprůchodnosti radiální arterie. Tento postup vyžaduje alespoň jednodenní hospitalizaci s cílenou kompresí místa vpichu do femorální tepny.

Kromě diagnostiky může invazivní kardiolog dle klinického stavu a stavu koronárního řečiště přistoupit i k přímému ošetření stenotické cévy zavedením stentu (direct-PCI), (Bravata et al., 2007). Nález můžeme rozdělit podle závažnosti na stenotické postižení jedné tepny (Single Vessel Disease, SVD), tedy stenóza v povodí RIA, RCx nebo ACD. Dále popisujeme stenózu 2 nebo 3 tepen (Double Vessel Disease DVD, Multi-vessel Disease, MVD), (Wijns et al., 2010). V případě vícečetného postižení 2 a více hlavních koronárních větví, vícečetných nebo komplikovaných stenóz, bifurkačních stenóz v odstupu velkých větví, nebo tandemové stenózy v povodí RIA je vždy kontaktován kardiochirurg (Hillis, 2011).

Obecně uznávaným kritériem, který jednoznačně indikuje pacienta k chirurgické revaskularizaci myokardu, je nález MVD, významná stenóza kmene levé koronární cévy (left main stenosis, LMS) a významné stenotické postižení proximálního úseku RIA (Windecker, 2014).

Ostatní nálezy je nutné řešit na základě domluvy intervenčního kardiologa a kardiochirurga, někdy i echokardiografisty nebo kardioanestezologa (cardio-team). Na základě jejich konsenzu s přihlédnutím k přání pacienta (pokud lze), dochází ke stanovení léčebného postupu. Rozhodne se o indikaci ke kardiochirurgickému výkonu a jeho načasování. Pokud je pacient indikován ke kardiochirurgickému řešení, tj. bypassu (CABG), je klasifikován do čtyř kategorií dle urgentnosti nálezu.

První skupinu tvoří pacienti se stabilním klinickým nálezem, tedy bez klidových stenokardií, bez klidové dušnosti jako ekvivalent (AP), (Fox et al., 2006). Mají chronické potíže (většinou stabilní námahová AP), které se v posledních týdnech až měsících nevyvíjí. Nemají vývoj na EKG ve smyslu čerstvých ischemických změn, kardiocifické enzymy (troponin, CK) jsou negativní nebo nemají vzestupnou tendenci. Nález na koronárním řečišti je bez kritických nebo vlasových stenóz a bez přítomnosti trombu. Poté je pacient indikován k elektivní revaskularizaci myokardu a je zařazený do plánovaného programu (waiting list). Zpravidla není nutná hospitalizace.

Do druhé skupiny jsou zařazeni pacienti se stabilním klinickým nálezem. To znamená pacienti bez klidových stenokardií a dušnosti. Může být přítomna

akcelerovaná angina pectoris nebo zhoršení dušnosti, klasifikována dle NYHA (New York Heart Association). Může být přítomno snížení tolerance fyzické zátěže, bez přítomnosti stenokardií nebo dušnosti. Tento stav se rozvíjí v týdnech až měsících. Na EKG křivce nedochází ke známkám ischemie myokardu a laboratorně nejsou pozitivní specifické enzymy. Na koronárním řečišti jsou přítomny těsné nebo vlasové stenózy, případně se jedná o ostiální stenózu kmene, která ohrožuje povodí celé tepny. V tomto případě indikujeme pacienta k akutní revaskularizaci, tedy revaskularizaci „z lůžka“, optimálně do 24-48 hodin. Po celou dobu předoperační přípravy a vyšetření je pacient monitorován (EKG, TK klinický stav) a zajištěn příslušnou antianginózní léčbou.

Ve třetí skupině jsou pacienti s klinickými obtížemi. Zpravidla právě probíhajícími stenokardiemi, nestabilní klidovou AP nebo klidovou dušností. Na EKG je obvykle vývoj ve smyslu elevací ST úseků (O'gara et al., 2013), ale nemusí to být podmínkou. Mohou se ale objevit i ST deprese, poruchy rytmu až maligní arytmie. Klinická stav koreluje s koronarografickým nálezem, kde nacházíme zhoršený nebo žádný průtok postiženou cévou (TIMI flow 0-I), vlasové stenózy, akutní uzávěry, čerstvé tromby, tandemové nebo vícečetné stenózy. Kardiospecifické enzymy jsou již vysoké, nebo je předpoklad jejich rychlého vzestupu. Někdy je nutná farmakologická nebo mechanická podpora oběhu, popř. orotracheální intubace (OTI). Nejčastěji používanou mechanickou podporou je intraaortální balonková kontrapulzace (IABK) nebo extrakorporální membránová oxygenace (ECMO). Tento pacient je indikován k emergentnímu výkonu. Tedy operaci dle stavu ihned nebo do několika hodin.

Čtvrtá skupina zahrnuje krizové řešení. Známe ji pod pojmem „katastrofická operace“. Je určena pro pacienty v kritickém stavu. Zpravidla resuscitovanými farmakologicky i mechanicky, s jasným koronarografickým nálezem akutního uzávěru nativní cévy, popř. bypassu. Tato situace je někdy řešitelná pomocí direct PCI, v případě pooperačního kritického stavu po CABG přistupujeme k reoperaci na operačním sále nebo na lůžku (Montalescot et al., 2013, Steg et al., 2012).

## **1.6. Koronární řečiště z pohledu kardiochirurgických zákroků**

Při revaskularizaci v oblasti koronárních cév je cílem najít optimální místo pro konstrukci periferní anastomózy. Toto místo je vybíráno s ohledem na koronarografii, musí tedy být bezpečně za stenotickým úsekem, který chceme přemostit. Pro chirurga je tedy nutné znát praktickou anatomii koronárního řečiště. Dalším kritériem je kvalita cévy, tj. kvalita stěny a její průměr v místě plánované anastomózy. Stěna cévy se vyšetřuje pohledem a především přímým pohmatem. Pokud je céva masivně kalcifikovaná (pohmatem připomíná husí brk), je vždy otázkou ve kterém místě a zda



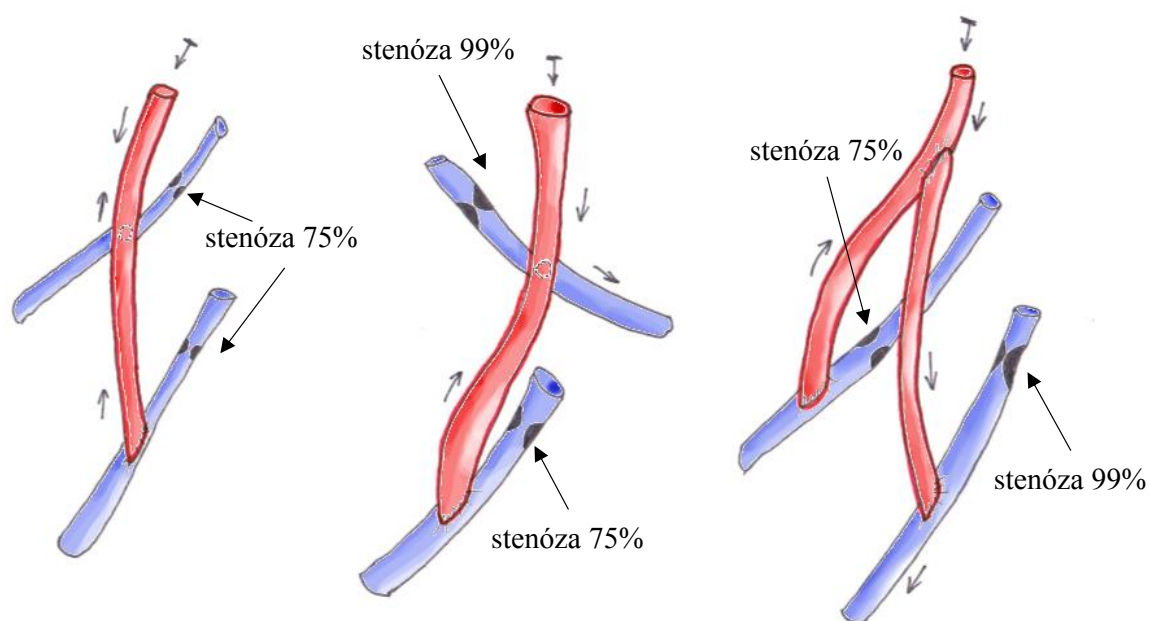
vůbec cévu otevřít. Snažíme se najít měkčí místo s modravě prosvítajícím místem (krev v tepně) nebo alespoň kladoucí elastický odpor. Další argument pro přemostění cévy je její plnění kontrastní látkou při SKG. Pokud se nativní céva neplní od ostia (uzávěr) a nejsou vytvořeny ani homo či heterokolaterály, je nepravděpodobné, že bude mít vhodný lumen pro našití periferní anastomózy. Zásadní pro kardiochirurga je průměr cílové cévy. Optimální průměr pro anastomózu se pohybuje kolem 2-2,5 mm. Chirurg nejprve posoudí zevní průměr cévy. Pokud se pohybuje pod hranicí 1mm je céva prakticky nepřemostitelná, resp. její průchodnost je v časovém horizontu minimální. U cév s průměrem mezi 1 a 1,5 mm je ke zvážení provést bypass. Většinou se k takové revaskularizaci přistupuje pouze v případě nenalezení vhodnějšího místa anastomózy, nebo u chronicky zavřené cévy. Po otevření koronární cévy v místě plánované anastomózy, lze koronární sondou snadno ověřit její minimální průměr a průchodnost, event. ověřit místo uzávěru nebo významné stenózy (Tranbaugh et al., 2013).

Chirurg se vždy snaží revaskularizovat všechny postižené cévy, tj. provést kompletní revaskularizaci. Existují situace, kdy pro kalibr cévy nebo její významnou aterosklerózu („non graftable arteries“) je nucen jeden nebo více bypassů vynechat a provést tak nekompletní revaskularizaci (Garcia et al., 2013).

U přemostění ACD se ukázalo, že žilní i tepenný štěp mají přibližně stejnou dlouhodobou průchodnost (Wijns et al., 2010, Glineur et al., 2008). Je to pravděpodobně způsobené kompeticí průtoku, která je v ACD větší než v ACS. Riziko kompetice se zmenšuje s významností stenózy kmene ACD. U stenózy kmene ACD menší než 90 % a méně než 75 % v periferní části tepny existuje vysoké riziko kompetice bypassu (obr. 3), (Uchida, 1996, Glineur et al., 2012).

Pro přemostění ACD tepenným štěpem, je vhodné pro očekávanou dlouhodobou průchodnost přemostit cévu, která má alespoň 80% stenózou a zároveň má zachovaný průtok (Nakajima et al., 2004).

Dlouhodobá průchodnost bypassu je podmíněna optimálním průtokem. Ten je úzce spjat s kapacitou přemostěného koronárního řečiště v závislosti na významnosti stenózy cílové tepny. Za významnou stenózu se považuje zúžení lumen o 60-70% v závislosti na místním průměru cévy.



**Obr. 3** – Průtok krve bypassem v závislosti na významnosti stenóz koronárního řečiště. U stenózy koronární tepny menší než 75 %, může dojít k redistribuci krve podle tlakového gradientu a obrácení toku v segmentu bypassu (kompetice). Šipky ukazují směr toku (přítoku do bypassu |→) krve. Červeně znázorněn bypass, modře koronární řečiště. Upraveno podle (Nakajima, 2006)

### 1.7. Koronární bypass, revaskularizace pomocí autologního štěpu

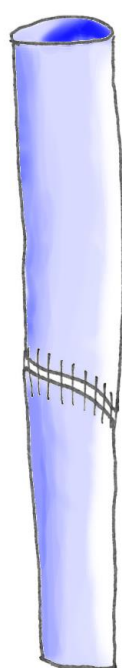
Aortokoronární bypass je přemostění stenotické části koronární tepny pomocí volného (free graft) žilního nebo tepenného štěpu. Proximální konec se našívá zpravidla na přední stěnu ascendentní aorty a distální konec na cílovou koronární tepnu za stenózu (Kirklin et al., 1991)

Existuje několik technických možností, jak přemostit myokard. Kromě aortokoronárního bypassu existují i tzv. stopkaté štěpy (obr. 5). Z běžně používaných jsou to oboustranná arteria thoracica interna a arteria gastroepiploica dextra. Principem je přerušit po preparaci cévy pouze její distální konec ve směru toku. Ten se poté našije na cílové místo a zbylý pahýl se podvazuje. Tato technika má výhodu jen jedné anastomózy. Odpadá centrální anastomóza na ascendentní aortu, což může být výhodou u významně kalcifikované aorty (porcelánová aorta) a ojediněle prominujících nebo měkkých plátů. Využíváme jí při taktice „no touch“ aorta (Kim et

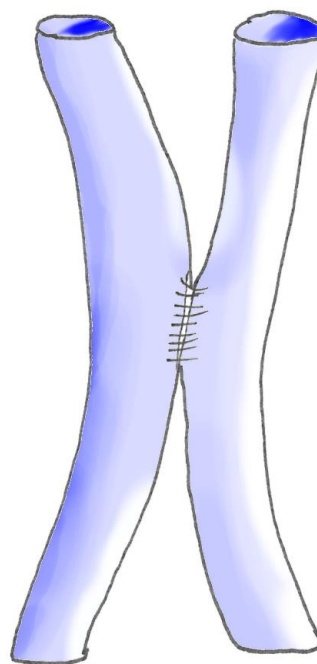
al., 2008). Vyhneme se tím hrozícímu riziku embolizace plátu do centrálního oběhu nebo do štěpu a samozřejmě riziko ruptury nebo disekce aorty.

Dále existuje koro-koronární bypass, kdy se oba konce cévního štěpu našívají na koronární cévy. Jedním z důvodů je nedostatek štěpů nebo jejich nedostatečná délka. Předpokladem je kvalitní céva s dobrým průtokem a slušným kalibrem. Tento systém je v poslední době některými autory znovu modifikován. Využívají koro-koronární žilní bypass, do kterého našívají stopkatý štěp a. thoracica interna sinistra.

Typy anastomóz mezi cévami jsou podobné jako v cévní chirurgii. Existuje anastomóza šitá koncem ke konci (end to end, obr. 4), koncem ke straně (end to side, obr. 5) a stranou ke straně (side to side, obr. 4). Typ anastomózy „end to end“, se používá spíše výjimečně pro atypické rekonstrukce, jako jsou nastavení krátkého žilního štěpu, všítní cévního interpozitu, rekonstrukce koronárního terčíku, traumatické přerušení koronární cévy. V ostatních případech je nejčastěji používána anastomóza „end to side“.



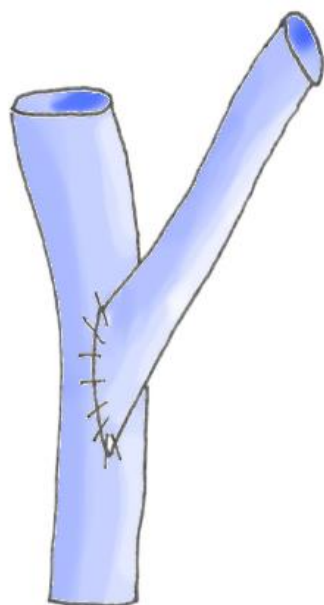
anastomóza „end to end“



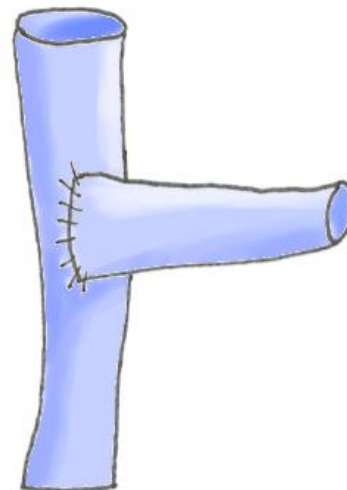
anastomóza „side to side“

#### **Obr. 4** – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci

Anastomóza „side to side“ je používána u skákavého (jump) a sekvenčního bypassu (obr. 6). Skákavý bypass přemostí alespoň 2 úseky jedné cílové tepny, kdy se na proximální části uplatní minimálně jedna anastomóza „side to side“ a na distálním konci je ukončena anastomózou „end to side“. Aplikuje se pro tandemové stenózy na velké koronární tepně, mezi kterými odstupuje několik



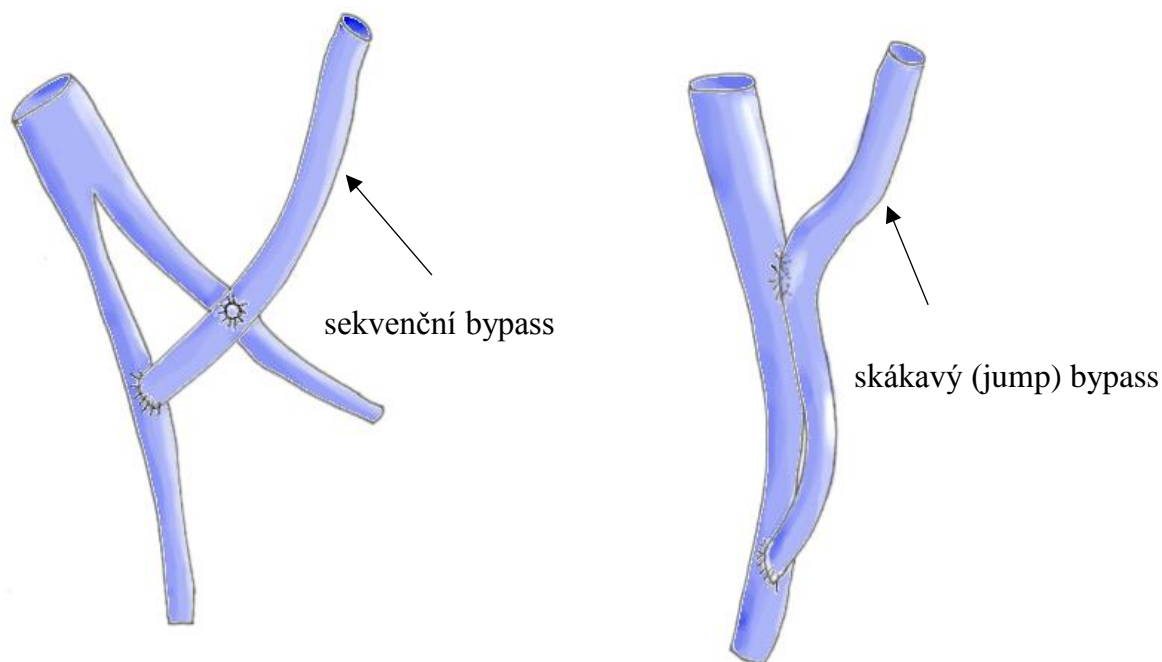
Y - anastomóza „end to side“



T - anastomóza „end to side“

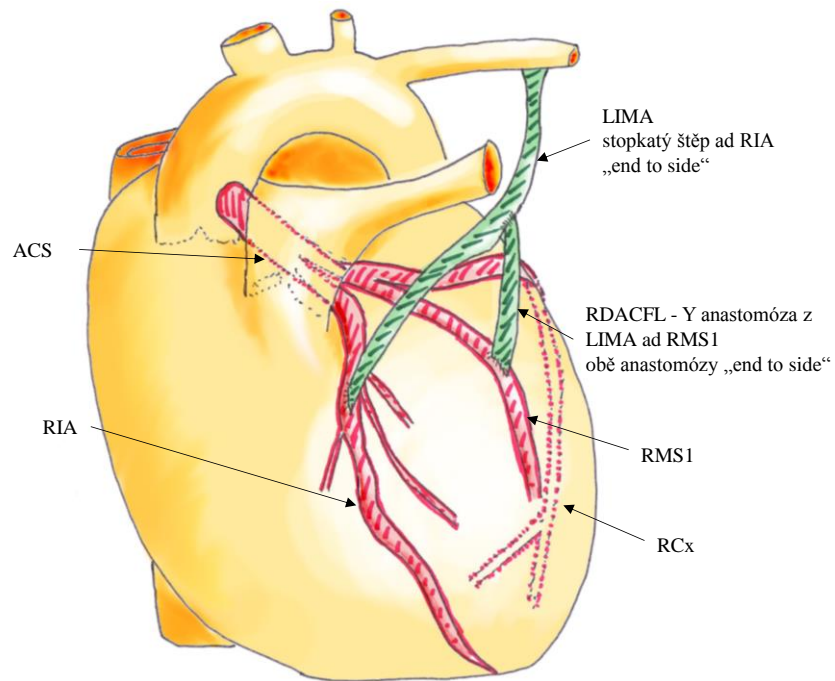
**Obr. 5** – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci

zdravých větví bez odstupových stenóz. Sekvenční bypass má prakticky stejný princip. Rozdíl je v přemostění několika cílových tepen jedním graftem, přičemž každá anastomóza je na jiné cílové tepně. Sekvenční technika je s výhodou používána v případě většího počtu bypassů nebo nedostatku štěpů. Výhodou je vysoký průtok, který slibuje dlouhodobou průchodnost. Nevýhodou je riziko uzávěru celé rekonstrukce při okluzi (trombóza) jedné anastomózy, či koronární tepny.



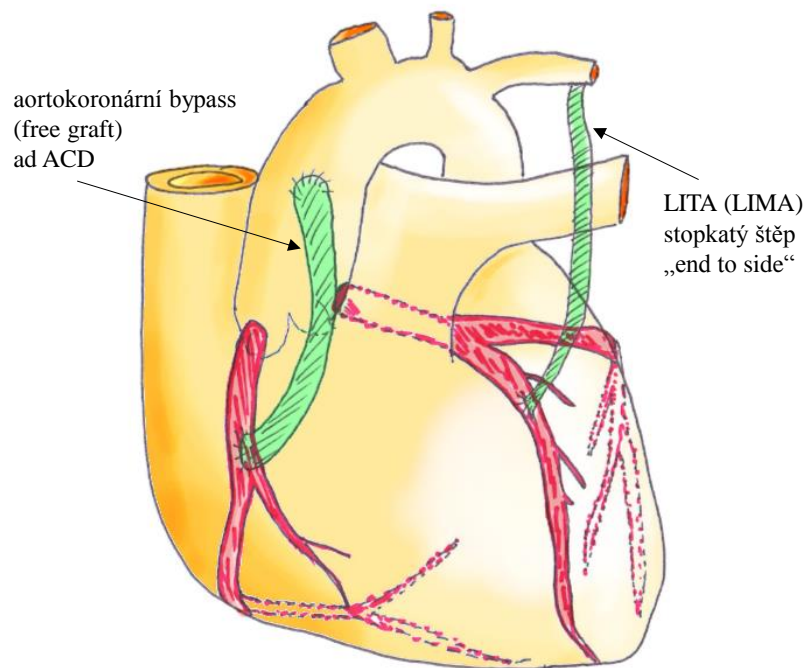
**Obr. 6** – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci

Další v poslední době hojně užívanou technikou je použití kompozitního graftu (obr. 7). To znamená našít dalšího graftu na předchozí bypass, obvykle „end to side“. Ten může být našit pod různým úhlem, proto někdy hovoříme o „T“ (Tector, 1994) nebo „Y“ graftu (obr. 5). Výhodou této techniky je možnost vynechat centrální anastomózu na aortě při užití stopkatého štěpu. Je možné kombinovat štěpy jak žilní, tak tepenné, ale pro dlouhodobý průtok je vhodné anastomozovat jen odpovídající cévy, tj. žílu do žíly a tepnu do tepny. Nevýhodou je technická a časová náročnost této metody a nutnost kvalitních štěpů s dobrým průtokem. Další riziko je v ohrožení ischemií celého revaskularizovaného povodí, při uzavěru kmenové cévy. Nejčastěji se u tepenných štěpů používá jako zdrojová tepna a. thoracica interna sin. (left internal mammary artery, LIMA), (Stevens et al., 2004, Calafiore et al., 2004).



**Obr. 7** – Kompozitní štěp LIMA- RIA, Y-RDACFL ad RMS1

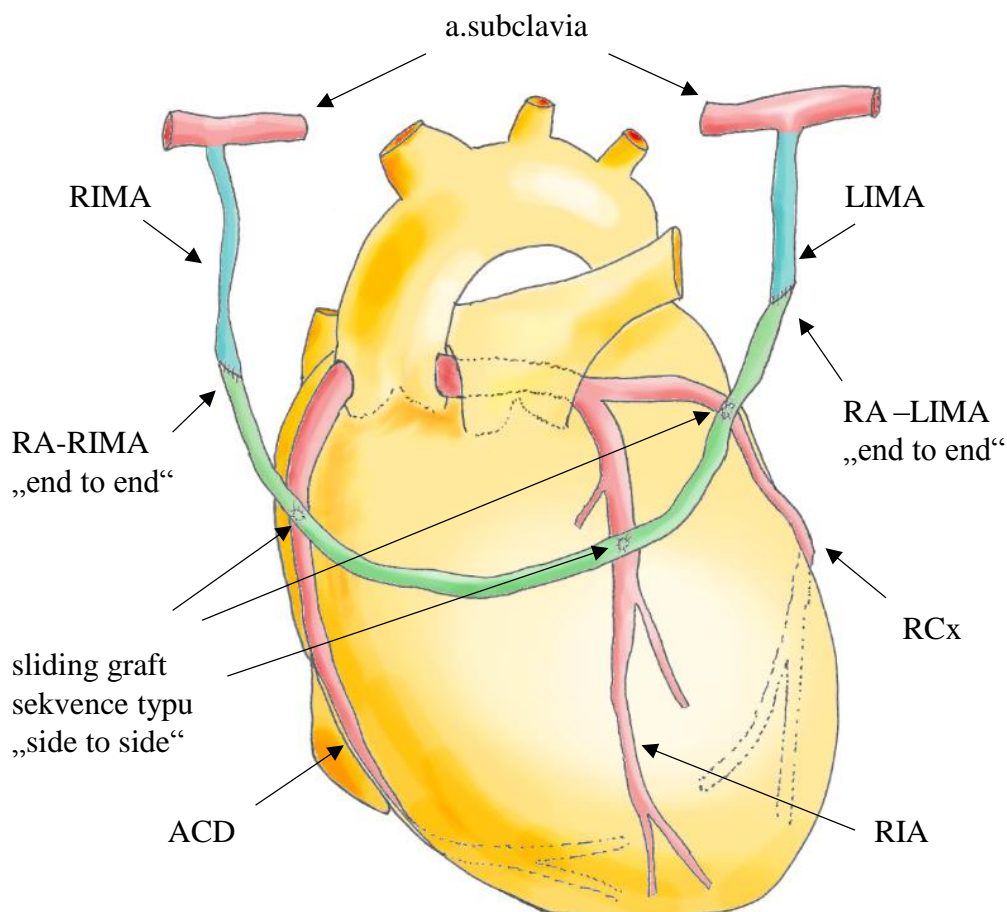
ACS – arteria coronaria sinistra, RIA- ramus interventricularis anterior, LIMA – left internal mammary artery, RDACFL – ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis, RMS1-1.ramus marginalis sinister, RCx – ramus circumflexus



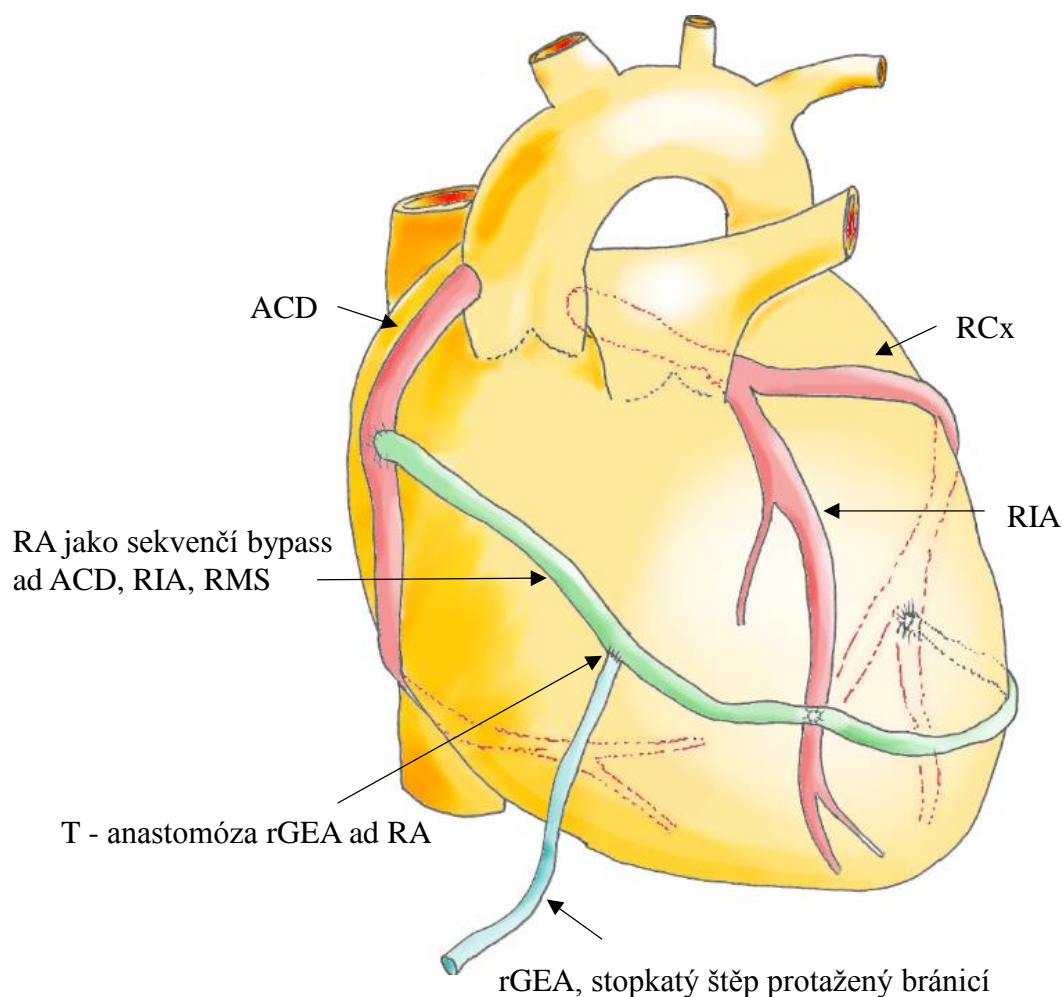
**Obr. 8** – Jednoduchý bypass, stopkatý štěp LIMA-RIA, volný aortokoronární bypass ad ACD (vena nebo arterie)

ACD –arteria coronaria dextra, LITA – left internal thoracic artery

Existují ještě další, spíše raritně používané koronární rekonstrukce. Mluvíme o konstrukcích, které mají názvy podle své anatomické polohy. Například TY graft (do mammární tepny jsou našity další dva volné štěpy),  $\pi$ -graft (do mammární tepny je našit jeden volný štěp a do něj další volný štěp), loop techniky s využitím kombinace LITA a RA, K-graft, X-graft, U-graft, H-graft s LITA in situ. A dále již ojedinělé techniky, jako je sliding graft (Parvaiz, 2005, obr. 9) nebo reverzní T graft (obr. 10). Ve všech uvedených případech jde o možnosti, jak kombinovat tepenné (někdy i žilní) štěpy s cílem maximálního využití délky štěpu. Nicméně dosud chybí přesvědčivé studie o dlouhodobé průchodnosti různých méně obvyklých revaskularizačních konstrukcí.



**Obr. 9** – Sliding bypass využívající dvou zdrojů – bilaterální stopkatou mammární tepnu, v kombinaci s radiální tepnou k přemostění ACD, RIA, RCx



**Obr. 10** – Reverzní T graft, jako zdrojovou tepnu využívá stopkatou rGEA, vlastní přemostění ACD, RIA, a RCx zajišťuje RA jako sekvenční štěp

## 1.8. Rutinně používané cévní štěpy v kardiovaskulární chirurgii v současnosti

### 1.8.1. Arteria thoracica interna (a.mammaria interna), (ITA, IMA)

Arteria thoracica interna, v anglosaské literatuře hojně používaný název a. mammaria, je v současné době nejkvalitnějším štěpem pro revaskularizaci myokardu. Je používán téměř 70 let (Vineberg, Miller 1946, Calafiore et al., 2005). Její první použití spočívalo v implantaci přímo do myokardu, kde se předpokládala přímá perfuze svalů s vytvořením nových kolaterál v okolí anastomózy. Postupně se zlepšovala technická a logistická úroveň zákroků, až v roce 1985 byla tepna doporučena jako optimální štěp ke koronárnímu bypassu (American Heart Association, AHA). Jedná se o typ elastické tepny v proximální části, zatímco v distálním úseku má tepna již muskulární charakter (ubývá elastických vláken). Dlouhodobá průchodnost cévy (10-15 let) se pohybuje dle



různých studií mezi 92-100%. V konfiguraci LIMA-RIA má nejlepší dlouhodobou průchodnost.

Anatomicky tepna odstupuje kaudálně z arteria subclavia v její intraskalenické části. Sbíhá po vnitřní straně hrudní stěny asi 1-2 cm od hrudní kosti po obou stranách. Z každé strany ji doprovází žíla v. thoracica interna. Za svého průběhu vydává:

- a. pericardiacophrenica – doprovází nervus phrenicus, zásobuje část perikardu a bránice
- rr. mediastinales – větve pro thymus, sternum a bronchy
- rr. intercostales anteriores – 2 větve do každého mezižebří

Na terminální větve se dělí přibližně u 6-7 mezižebří,

- a.musculophrenica – probíhá laterálně po obvodu bránice a zásobuje posledních 5 mezižebří
- a. epigastrica superior – sbíhá po vnitřní straně m. rectus abdominis

A. thoracica interna má excelentní průtok a optimální průměr. Má minimální anatomickou variabilitu a je relativně dobře chirurgicky dostupná. Vzhledem k těmto vlastnostem je určena především pro přemostění ramus interventricularis anterior (RIA), jakožto koronární tepny zásobující největší část levé komory srdeční.

Odběr tepny je kontraindikovaný u významné stenózy a. subclavia, ostiální stenózy ITA, předchozích operacích v této krajině (hrudní, srdeční, mediastinální) a při poškození tepny radioterapií. Bilaterální odběr se nedoporučuje u diabetiků, ke zvažení je u těžce obézních starších pacientů.

Odběr se provádí ze střední sternotomie, před otevřením perikardiální dutiny. Pomocí rozvěrače se elevuje příslušná polovina hrudní stěny. Tepna se odebírá jako stopkatý nebo volný štěp. Většinou se odběr provádí s pediklem, tedy s pruhem doprovodné tkáně (žíly, facie) za pomoci elektrokauteru nebo harmonického skalpelu a hemostatických klipů. Některá pracoviště preferují skeletonizaci tepny, což znamená preparaci samotné tepny od veškeré okolní tkáně, včetně doprovodných žil. Každá tato metoda má svá úskalí. Výhodou pediklu je minimální traumatizace vlastní tepny (no touch technique) a tím menší sklon ke spasmu, kratší doba odběru a možnost snadnější manipulace s cévou při šití anastomózy. Výhodou skeletonizace je relativně delší dostupná délka, přehledné odstupy větví a tím jejich snadné klipování. Nevýhoda této techniky je ve vysokém riziku poranění, sklonu ke spasmu cévy a dosud chybějících jednoznačných datech o lepší dlouhodobé průchodnosti ve srovnání s odběrem neskeletizované cévy.

Další možností je odběr z levostranné anterolaterální minithorakotomie vedené 4-5 mezižebřím. Tento přístup se používá v indikaci přemostění pouze ramus interventricularis anterior (RIA) pomocí levostranné arteria thoracica interna (LIMA). Mluvíme o miniinvazivní operaci s názvem MIDCAB (minimally invasive direct coronary artery bypass).

Komplikací odběru může být krvácení z okolní tkáně nebo neošetřené větve. Vyšší sklon k infekci sternu, zvláště při bilaterálním odběru. Fraktura žeber nebo žeberních chrupavek při elevaci sternu. Poranění a. subclavia nebo interkostálního nervově cévního svazku.

### 1.8.2. Arteria radialis (RA)

Radiální tepnu k přemostění koronární tepny poprvé použil Carpentier v roce 1973 (Carpentier et al., 1973). Od té doby se několikrát změnil názor na vhodnost jejího užití, pro relativně vysoký sklon ke spasmu. Lze říci, že za posledních 20 let se tato tepna stala rutinně užívaným tepenným štěpem druhé volby po mammární artérii (Calafiore et al., 1995, Possati et al., 2003). Histologicky se jedná o čistě muskulární typ tepny. Výhodou je anatomická stálost, dostatečná délka (16-24cm) a průměr (1,8-2,5mm). Dlouhodobá (10let) průchodnost se pohybuje kolem 90% (Deb et al., 2012).

Anatomicky odstupuje z a. brachialis v kubitě pod lacertus fibrosus a stáčí se na radiální stranu předloktí mezi ventrální a laterální svalovou skupinu. Dále běží více ventrálně, mezi první a druhou vrstvou předloketních flexorů. V oblasti zápěstí je dobře hmatná pro subfasciální průběh a poté se stáčí do foveola radialis když podběhne šlachy m. abductor pollicis longus a m. extensor pollicis brevis. V prvním interosseálním metacarpovém prostoru se dělí na a. princeps pollicis a ramus palmaris profundus. Za svého průběhu vydává:

- Na předloktí: a. recurrens radialis, ramus carpalis palmaris, r. palmaris superficialis.
- Na hřbetu ruky: r. carpeus dorsalis, rete carpi dorsale, aa. metacarpales dorsales a aa. digitales dorsales.

Odběr tepny je kontraindikovaný při pozitivním Allenově testu, anamnéze trombózy nebo embolie tepen horní končetiny, traumatu nebo operaci zasahující cévní svazek. Nevhodný je odběr RA u Raynaudovy a Dupuytrenovy choroby. Před odběrem je nutno tepnu vyšetřit Allenovým testem, pulzním oxymetrem nebo sonograficky.

Odběr se provádí podobnou technikou, jako odběr mammární tepny. Velkou výhodou je využít harmonický skalpel a tedy provádět odběr i s pediklem okolní tkáně.

Odběr se začíná z kožního řezu nad hmatnou tepnou na radiální straně zápěstí a prodlouží se směrem ke kubitě, asi 5 cm od jejího středu. Je nutné vyhnout se poranění nervových větví n. cutaneus antebrachii lateralis, r. superficialis nervi radialis popř. n. interosseus antebrachii anterior. Odběr je nutno bezpečně ukončit před odstupem z brachiální tepny, výhodou je ponechat rekurentní větev.

Komplikací odběru může být poranění povrchových nervů, se vznikem hypestézie až parestézie a hematom s poruchou hojení. Nejhorší komplikací jsou ischemické projevy v prstech a periférii končetiny při insuficienci kolaterálního zásobení z ulnární tepny.

### 1.8.3. Arteria gastroepiploica dextra (rGEA)

Gastroepiploická tepna jako koronární graft, byla poprvé použita Bailym v roce 1966. Od té doby proběhlo mnoho studií o vhodnosti tohoto štěpu se střídavými výsledky úspěšnosti (Beretta et al., 1990). V poslední době se na některých pracovištích využívá u kompletních tepenných revaskularizací, jako stopkatý štěp k přemostění periferie pravé věnčité tepny (Nakagava et al., 2015). Dlouhodobá průchodnost (10 let) se podle techniky použití a podle různých autorů pohybuje mezi 60-90 %.

Anatomicky tepna odstupuje z a. gastroduodenalis a stáčí se podél velké kurvatury žaludku, kde zhruba v polovině anastomózuje s levostrannou gastroepiploickou tepnou. Vydává rr. gastrici a rr. omentales. Histologicky se jedná o muskulární větev s minimem elastických vláken v medii. Má slušnou délku (15-22 cm) a velmi variabilní průměr, který se pohybuje (1,2-2,7 mm). Dlouhodobá průchodnost se pohybuje po 5 letech přibližně mezi 60-90 % dle různých autorů a způsobu hodnocení. Při použití jako kompozitní štěp s RA nebo ITA se krátkodobá průchodnost pohybovala mezi 92,5-98,3 % (Jegaden et al., 1995, Suzuki et al., 2013).

Odběr je kontraindikovaný po operacích v oblasti žaludku nebo jater. Relativní kontraindikací jsou ostatní břišní výkony, rozsáhlé hiátové hernie a jícnové varixy.

Odběr se provádí z rozšířené sternotomie kaudálně na břišní stěnu o 5-7 cm. Po otevření peritoneální dutiny se vytáhne velká kurvatura žaludku skrz incizi a pomocí harmonického skalpelu se cévní svazek oddělí od stěny žaludku. Ten se poté přeruší směrem k levé polovině velké kurvatury a skrz vytvořený otvor v bránici se protáhne do perikardu (stopkatý štěp). V této konfiguraci je vhodná k přemostění cév v inferolaterální oblasti myokardu. Jako volný štěp se používá jako kompozitní graft v kombinaci s RA a ITA.

Při odběru je nutné ponechat větve pro zásobení pyloru a hlavy pankreatu. Mezi možné komplikace řadíme krvácení do dutiny břišní, perforaci žaludku, ischemii v oblasti pyloru nebo hlavy pankreatu nebo výjimečně infekci v ráně.

#### 1.8.4. Vena saphena magna (VSM, GSV)

Řadíme jí do systému povrchových žil dolní končetiny. Začíná na dorzu nohy, z rete venosum dorsale pedis, jako mohutný žilní kmen. Ten se nachází před předním kotníkem a pokračuje v podkoží po mediální straně bérce a stehna. Dále směřuje mírně ventrálně do oblasti trigonum femorale. Tady v místě hiatus saphenus proniká skrz fascia lata do hloubky a vlévá se do femorální žíly. Cestou přijímá v. saphena accesoria lateralis nebo medialis, v. epigastrica superficialis a zpravidla dvě vv. pudendae externae. Od mediálního kotníku až k tuberositas tibiae je doprovázena senzitivním nervem (n. saphenus).

Odběr lze provádět přímo z dlouhého řezu nad žílou nebo endoskopicky. Smyslem je důkladně ligovat nebo klipovat všechny větve odstupující z kmene. Důležité je dbát na zachování směru toku, protože žíla obsahuje na rozdíl od tepny množství chlopní.

Dlouhodobá průchodnost (10 let) žilního štěpu se pohybuje mezi 61-68 %, 15 letá mezi 50-60 % (Lytle et al., 1985) a při sekvenčním uspořádání se dlouhodobá průchodnost zvyšuje až k 80 % (Garatti et al., 2014). Nejlepší průchodnost žíly je při jejím našíť na RIA. Jedná se o snadno a rychle dostupný štěp s dostatečnou délkou a ve většině případů s adekvátním průměrem.

Kontraindikace odběru jsou výrazná varikozita, stav po hluboké i povrchové trombóze, stavy po operaci (stripping) a traumatu se zásahem do kmene žíly (vysoká pravděpodobnost obliterace). Nevhodný je odběr u trofických změn dolní končetiny při ischemickém nebo diabetickém postižení a u pacientů s těžkou formou ischemické choroby dolních končetin.

Komplikací odběru může být poranění n. saphenus, krvácení s hematomem a dehiscence nebo infekt v ráně. Z nejzávažnějších komplikací přichází v úvahu rozvoj kompartment syndromu v oblasti bérce. Tato komplikace se objeví raritně po komplikovaném endoskopickém odběru štěpu, avšak pro pacienta je podle stupně ischemie závažný a může skončit až amputací.

## 1.9. Méně používané autologní tepenné štěpy v kardiochirurgii

Mezi další, spíše raritně používané štěpy patří a. epigastrica inferior (IEA), (Barner et al., 1993, Donatelli et al., 1998), ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis (RDACFL), (Fabbrocini et al., 2003) a vena saphena parva.

Ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis je tepna svalového typu, u dospělého člověka její průsvit měří asi 2,5 mm. Její stěna je tvořena třemi vrstvami pro tepny typickými (obrázek X): tunica intima, tunica media, tunica adventitia. Tunica intima sestává z luminální vrstvy endotelových buněk nasedajících na laminu basalis, pod níž se nachází relativně silná vrstva subendotelového vaziva, které může obsahovat i buňky hladké svaloviny. Od medie ji odděluje výrazná lamina elastica interna (obrázek XD) tvořená elastickým vazivem. Tunica media je tvořena až 30 vrstvami buněk hladké svaloviny (VSMC- vascular smooth muscle cells), které tvoří až 75 % objemu. VSMC mají vřetenovitý tvar, a jsou orientovány převážně cirkulárně. VSMC jsou ve zralých, zdravých cévách minimálně metabolicky i mitoticky aktivní (Owens 1995). Jsou však nadány značnou fenotypovou plasticitou a mohou se měnit z tzv. kontraktilního na syntetický typ. VSMC syntetického fenotypu mohou migrovat, jsou schopny syntetizovat různé složky extracelulární matrix (ECM), (Wagenseil et Mecham 2009, Chan-Park et al. 2009), a významně tak ovlivňují kvalitu cévní stěny. Všechny VSMC obsahují myofilamenta (aktin a myosin). Extracelulární matrix je v tunica media normálních tepen relativně málo zastoupena, patrný jsou občasné elastické membrány (obrázek XD). Tunica adventicia je tvořena silnými vlákny kolagenu typu I, která jsou stejně jako vlákna elastická orientována spíše podélně (Burton 1954, obrázek XC). Z buněk jsou přítomny fibroblasty a makrofágy. U tepen s tloušťkou stěny nad 0,5 mm jsou v adventicii přítomna vasa vasorum (Wolinsky a Glasgow 1967).

Existuje mnoho dalších cév, které se historicky použily jako cévní graft. Nebyly však vhodné k širšímu použití pro svoji nevhodnou anatomickou polohu, obtížnou dostupnost, nevhodný průměr a často zbytečnou traumatizaci pacienta. V mnoha případech znamenaly dvou dutinovou operaci a nutnost polohování pacienta během výkonu s minimální nebo žádným benefitem pro pacienta.

V historii koronární chirurgie bylo zaznamenáno mnoho pokusů o nalezení vhodného doplňujícího autologního cévního štěpu. Jednalo se například o a. splenica s nutností splenektomie (Mueller et al, 1993), a. intercostalis, a. ulnaris, a. thoracodorsalis, a. subscapularis, a. fibularis nebo a. gastrica sinistra (Gwozdziwicz, 2007). Ve většině případů se jednalo o experimentální revaskularizace a soubory revaskularizovaných čítaly pouze jedince nebo jen malé skupiny pacientů.

## 1.10. Hledání nových cévních náhrad

V historii nejen koronární chirurgie se objevují snahy o nalezení univerzální optimální cévní náhrady. Tím se rozumí taková náhrada, kterou lidské tělo bez obtíží přijme, má dlouhodobou průchodnost a optimální hemodynamické vlastnosti. Je k dispozici v dostatečné délce pro různý typ cév, má dobrou odolnost vůči trombóze a infekci, je vhodná pro chirurgickou manipulaci, dostatečně odolná vůči mechanickým i biologickým poměrům dané lokality. Jaké jsou tedy typy cévních náhrad? Klinicky je můžeme rozdělit do dvou skupin. Existují cévní náhrady umělé a biologické, které dále dělíme na autologní a alogenní.

Umělé cévní náhrady jsou pletené, tkané a lité. V současné době se nejvíce používají protézy pletené (polyetylentereftalát, PET, dacron). V současné době jsou impregnovány kolagenem, želatinou nebo albuminem a odpadá tedy jejich předoperační příprava formou předsrážení. Někdy jsou stěny impregnovány částicemi stříbra, které náhradě propůjčují vysokou odolnost proti infekci. Jejich vrapování umožňuje imitovat podélnou elasticitu cévy, i když při nedostatečné elongaci protézy může dojít k jejímu zalomení. Další variantou jsou protézy lité (polytetrafluoroetylen, PTFE, teflon), které mají odlišné mechanické vlastnosti, u nichž odpadá fenomén vrapování. Tkané protézy jsou už dnes spíše málo používané pro svůj sklon k třepení, malou porozitu a relativně silnější stěnu (Krajíček, 2008, Weisel et al., 1981).

Umělé cévní náhrady jsou jednoznačně preferovány k cévním rekonstrukcím v oblasti thorakoabdominální aorty (McDermott et al., 2001), velkých cév odstupujících z oblouku aorty a v pánevní oblasti. V horní femoropopliteální části je lze s úspěchem použít při předpokládaném dostatečném průtoku. V místech s předpokládaným chabým průtokem je výhodnější použít žilní štěp, žilní záplatu nebo hybridní PTFE protézu s žilním interpozitem (Johnson and Lee, 2000). Výhodou umělých protéz je jejich vysoká odolnost vůči tlakovým poměrům v tepenném řečišti. Tato vlastnost je definována jako compliance, tedy v procentech vyjádřená schopnost příčné dilatace na  $\text{mm Hg} \times 10^{-2}$  (tab. 2). Ta je nejvyšší u tepny a nejnižší u PTFE protéz.

**Tabulka 2** – Compliance stěny (Sarkar et al., 2006; Greenwald and Berry, 2000).

Typ náhrady	Změna v %
Tepna	5,9-6,0
Žíla (VSM)	4,4,-4,6

Hovězí alotransplantát	2,6-2,9
polyetylentereftalát , PET, dacron	1,9-2,0
polytetrafluoroetylen, PTFE, teflon	1,5-1,6

Biologické cévní náhrady jsou výhodné pro možnost implantace do oblasti s malým průtokem, a tedy i s malým průměrem. Jsou vysoce odolné proti infekci a mají velmi dobrou biologickou toleranci. Alogenní transplantáty jsou dnes spíše výjimečně využívány především pro periferní bérkové rekonstrukce. Používá se čerstvý nebo kryogenně ošetřený tepenný nebo žilní ABO kompatibilní alogenní štěp. Indikuje se v případě chybějící autologní žíly, nevhodnosti použití umělé cévní náhrady nebo při reoperaci cévní náhrady pro infekci.

Autologní štěp je dnes prakticky jedinou možností ke konstrukci koronárního bypassu. Opakované pokusy o použití umělých protéz selhaly pro velmi časnou uzavěru v řádech dnů až měsíců (Hehrlein et al., 1983). Jednou ze slibných možností byla speciálně upravená PTFE protéza o průměru 5-6 mm vedená jako sekvenční aorto-koronární kavální bypass (Perma-Flow systém) s ventilovým mechanismem v distálním úseku (Kerber et al., 1996). Ten měl zajistit optimální tlakové poměry pro perfuzi koronárního řečiště a nevytvořit tak pouze zkratovou cirkulaci.

Dnes je autologní štěp považován za optimální, pro dlouhodobou průchodnost v řečišti s malým průměrem nebo malým průtokem. Při měření průtoku bypasssem (LIMA-RIA) byla prokázána jeho 10 -letá průchodnost přes 90 % i přes relativně nízký průtok (20 ml/min), (Bach et al., 1993).

V poslední době došlo s nástupem nanotechnologie k výzkumu na poli biodegradabilních cévních náhrad, zmíněné v úvodu. Zatím je ve fázi preklinických zkoušek se slibnými výsledky.

### **1.11. Kontraktilita, funkční a klinická klasifikace tepenných štěpů včetně RDACFL**

Histologické a fyziologické studie ukazují, že existují značné rozdíly v makroskopické anatomii a kontraktilitě mezi různými arteriálními štěpy (He et al., 1995). Toto zjištění je nepochybně významné pro průchodnost cévy, protože vazospasmus je extrémní formou vazokonstrikce. Ta může být navozena fyzikálním nebo farmakologickým

podnětem (spasmogen). Mechanické stimulaci se snažíme předejít použitím „no-touch“ techniky. Spasmogeny můžeme rozdělit do dvou skupin (He et al., 1995). Do I. skupiny spasmogenů řadíme endotelin, prostanoidy a agonisty  $\alpha 1$ -adrenoreceptorů. Způsobují silnou vazokonstrikci tepny, i když je nepoškozený endotel. Ve II. skupině je například serotonin, který v tepně s intaktním endotelem indukuje pouze chabou vazokonstrikci. Nicméně vliv spasmogenů II. typu se výrazně zvýší v případě mechanického poškození endotelu, během chirurgické manipulace se štěpem.

Podle anatomické struktury a reakci na vazokonstriktory existuje funkční klasifikace tepenných štěpů (He GW, 1999). Typ I jsou somatické tepny s menší tendencí ke spazmu, jako je ITA a arteria epigastrica inferior, i když ITA je spíše typ elastické tepny ve srovnání s ostatními štěpy (van Son et al., 1990.; He 2013). Typ II se skládá ze splanchnických tepen s velkou tendencí ke spazmu, jako je gastroepiploická nebo lienální artérie. Typ III zahrnuje muskulární končetinové tepny mající sklon ke spazmu, jako je RA, ulnární tepna nebo ACFL. Naše histologické výsledky podporují morfologický podklad této klasifikace, protože vzorky RDACFL zahrnuté ve studii obsahovaly pouze lamina elastica interna na hranici intima a media a několik vnějších elastických lamin na hranici medie a adventicie.

Mimo to existují značné rozdíly mezi tepennými štěpy ve funkci endotelu. Endotel ITA uvolňuje více NO než RA, a zároveň má zřetelně více endotel dependentní relaxace hladkého svalstva, než většina ostatních tepenných štěpů (He, 2013; He and Taggart, 2016). Výborná endoteliální funkce ITA je zřejmě zodpovědná za její excelentní dlouhodobou průchodnost.

## **1.12. Vlastnosti optimálního cévního štěpu pro CABG**

Optimální štep vhodný pro koronární rekonstrukci musí splňovat několik základních podmínek. První je optimální průměr cévy, který odpovídá průměru koronárního řečiště. Další je vhodná délka nutná pro konkrétní strategii revaskularizace. Předpokladem je možnost odebrat cévu s minimální traumatizací tkáně, bez vytvoření ischemie. V krajině odběru je tedy zajištěn dostatečný kolaterální oběh. Vhodná je chirurgicky příznivá lokalita, která nevyžaduje časově a technicky náročnou preparaci. To znamená, že nevyžaduje zvláštní polohu a přípravu pacienta a neklade velké nároky na instrumentarium. Podstatná je doba odběru a samozřejmě dlouhodobá průchodnost. Štěp by neměl mít pokud možno žádný nebo jen minimální sklon ke spazmu a tvorbě aneurysmat. Je možnost takový štep odebrat u všech pacientů, bez ohledu na přidružené nemoci, předchozí operace a tělesnou konstituci.



Všechny tyto podmínky najednou bohužel nespĺňuje žádný z nám známých autologních štěpů. Proto volíme vhodný kompromis s preferencí vlastností, které vedou k úspěšné revaskularizaci, dlouhodobému benefitu pro pacienta s co možná nejmenším traumatickým postižením tkání.

V důsledku technického rozvoje instrumentária a vysokých nároků pacienta na kosmetický efekt došlo v posledním desetiletí k rozvoji endoskopických a robotických technik odběru štěpů. To s sebou přináší benefit pro relativně menší traumatizace tkáně (kožní řez), ale zároveň vyšší nároky na chirurga. Je zde relativně vyšší riziko poranění štěpu, krvácení do odběrového kanálu, kompartment syndromu a poranění přidružených nervů. Nicméně tento trend se na některých pracovištích stává standardní operační technikou pro odběr některých štěpů (VSM, RA).

Kromě již zmíněných rizik stojí za úvahu porovnání dlouhodobé průchodnosti štěpu odebraného otevřenou chirurgickou cestou a endoskopicky. Některé novější studie zatím nepotvrdily (Sastry, 2013; Deppe, 2013), že horší dlouhodobou průchodnost vykazují endoskopicky odebírané štěpy. Na druhou stranu se ukazuje jednoznačný ekonomický benefit, způsobený lepším hojením jizvy po odběru. Vzhledem k relativně krátké době používané techniky a vývoji nových odběrových systémů zatím nelze jednoznačně tuto metodu diskreditovat. Spíše je tendence k jejímu rozšíření.

## 2. CÍLE PRÁCE, FORMULACE A ODŮVODNĚNÍ HYPOTÉZ

Cílem této práce je odpovědět na řadu otázek, které týkají chirurgické revaskularizace myokardu využívající autologní cévní štěp a přispět k řešení níže podrobně nastíněných problémů. Základní hypotézou je, zda vždy existuje dostatek rutinně používaných autologních štěpů nebo je vhodné hledat alternativní méně obvyklé štěpy. Další otázkou je, zda je ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis (RDACFL) vhodný a plnohodnotný alternativní tepenný štěp ke koronární rekonstrukci. Ascendentní aorta je důležitou součástí koronární chirurgie jako hlavní zdroj zásobení bypassu krví při konstrukci neokoronárního ústí proximální části aortokoronárního bypassu. Nejen z tohoto důvodu je informace o kvalitě stěny aorty pro kardiochirurga (cévního chirurga) velmi přínosná. Proto je v závěru práce zmíněna studie zaměřená na zastoupení a hustotu vasa vasorum ve stěně prasečí aorty. K ověření těchto hypotéz jsme definovaly následující otázky.

- 1) Jaká je použitelná délka RDACFL pro CABG? Jaká je anatomická stálost RDACFL, jaké jsou možné anatomické variety a jak velké je kvantitativní zastoupení aterosklerózy RDACFL v porovnání s aterosklerózou velkých pánevních a stehenních tepen?
- 2) Jaká je chirurgická dostupnost RDACFL, náročnost preparace a možné komplikace a důsledky odběru pro pacienta?
- 3) Jaká je kvalitativní přítomnost aterosklerózy v RDACFL?
- 4) Lze reálně použít RDACFL při konstrukci kompozitního tepenného bypassu a pokud ano, jaká je krátkodobá průchodnost bypassu (RDACFL)?
- 5) Jaká je hustota a rozložení vasa vasorum u prasečí aorty?

### 2.1. Existuje vždy dostatek rutinně používaných autologních štěpů nebo je vhodné hledat alternativní méně obvyklé štěpy?

Vena saphena magna je nezpůsobitelná k odběru u pacientů po operaci varixů (bilaterální stripping), u reoperací (ReDo) a při těžkých trofických změnách. Ty se nezdá náhodou nacházejí u diabetického, ischemického nebo vředového (ulcus cruris) postižení především bérků. V některých případech je možno odebrat žílu v oblasti stehna, ale ne vždy má vhodný průměr (anatomické poměry, varikozita) a samozřejmě jsme omezeni její délkou. V případě závažného postižení tepen ischemickou chorobou dolních končetin vyššího stupně (dle Fontainea III a IV) je odběr nevhodný pro riziko ischemie a u endoskopického odběru rozvojem kompartment syndromu. U stádia II je na zvážení chirurga, zda a v jaké lokalitě odběr uskuteční dle lokálního nálezu na DK.

Dále je nemožné odebrat žílu při traumatu, které zasahuje kmen VSM. Takto postižená céva bude s velkou pravděpodobností buď v celém rozsahu, nebo částečně obliterovaná a nelze ji tedy použít jako štěp. V případě varikózního postižení je na posouzení chirurga, zda varixy zasahují i kmen VSM, zda jsou ojedinělé a zda existuje „zdravý“ úsek, použitelný i nadále jako štěp. Drobný nebo ojedinělý varix, na jinak kvalitní žíle, lze ošetřit stehem. Dalším úskalím je mechanické poranění žíly (vytržená větev, dlouhá trhlina), především u endoskopického odběru, která může i přes chirurgické ošetření část štěpu znehodnotit.

Při uvážení všech těchto eventualit existuje skupina pacientů, u kterých VSM nelze odebrat nebo při odběru zhodnotíme štěp jako nepoužitelný. Nutno také poznamenat, že k odběru VSM se chirurg uchyluje v případě nouze, přestože plánovanou předoperační strategií mohla být například kompletní tepenná revaskularizace. K tomuto rozhodnutí je chirurg zpravidla donucen při akutních stavech, resuscitacích, katastrofických operacích nebo u akutní ischemie způsobené komplikací výkonu. Důvodem je technicky méně náročný odběr i následná konstrukce koronárního bypassu.

A.mammaria interna sinistra (LIMA) je excelentní štěp, který se prioritně využívá jako stopkatý štěp, u téměř všech revaskularizací v povodí a. coronaria sinistra. V oblasti inferolaterální je využita VSM, RA, rGEA nebo kompozitní štěp. IMA tedy nelze odebrat u reoperací (již použita), u významných stenóz v oblasti a. subclavia nebo IMA, při poranění při odběru (disekce), obliteraci, po ozáření, hrudních operacích, Lerichův syndrom. U diabetiků, extrémně obézních a pacientů s významnou osteoporózou se snažíme vyvarovat oboustrannému odběru IMA, pro sklon k poruše hojení sternotomie. Důvody, které znemožňují odběr RA a rGEA jsou vysvětleny v kapitole 1.8. (Rutinně používané cévní štěpy v kardiovaskulární chirurgii).

U studií, které porovnávají benefit z tepenné revaskularizace nejen pro dlouhodobé přežití (Bisleri et al, 2016), ale i snížení stupně a četnosti výskytu stupně AP pooperačně, se ukazuje jednoznačná výhoda využití tepenných kompozitních štěpů především po přemostění větví ACS (Muneretto et al., 2003).

Mnoho studií ukázalo, že dlouhodobá průchodnost tepenných štěpů je vyšší ve srovnání s žilními štěpy. U mladších pacientů (+/- 50let) se proto snažíme o kompletní tepennou revaskularizaci (Buxton et al., 2014, Tatoulis et al., 1999, Tarrío et al., 2004, Zacharias et al., 2009). Kompletní tepenná revaskularizace znamená přemostění všech velkých koronárních povodí (MVD). K tomu je zapotřebí dvou až čtyř kvalitních tepenných štěpů.

**Tabulka 3** – Orientační tabulka průchodnosti autologních štěpů (Vural et al., 2001, Tranbaugh et al. 2010, Dion et al, 2000, Georghiou et al., 2005)

Štěp	Průchodnost (%)			
	krátkodobá	5 let	10 let	15 let
VSM	95		61	
LIMA	97,4-100	95,6	93,6	88-96,7
RIMA	94			
RA	95,5-100	95	91,6	87,6
rGEA	92,5-98,3	84,4	62	
IEA	93 (kompozitní.)	52,5 – 85,7		
RDACFL		93,7 (3roky)		

Tato tabulka (tab. 3), je velmi orientační (Vural et al., 2001, Tranbaugh et al. 2010, Dion et al, 2000, Georghiou et al., 2005). Zahrnuje sledování z mnoha zdrojů a mnoha autorů. Obecně lze potvrdit všeobecně přijímaný názor, že tepenné štěpy mají delší dlouhodobou průchodnost přibližně o 30-40 %, než štěpy žilní. Tento údaj se ale liší v závislosti na způsobu odběru. Štěp je možné odebrat jako stopkatý nebo volný, s okolní tkání (no-touch) nebo skeletizovaný. Dlouhodobá průchodnost je závislá na typu přemostění (kompozitní, skákavý nebo sekvenční bypass), kvalitě cílového řečiště (průměr, kalcifikace) a samozřejmě na kvalitě odebíraného štěpu. Dále záleží na typu a komplexnosti celého výkonu, operační technice, na pooperačním managementu a strategii antiagregační a antikoagulační terapie. Na tom, zda již byla céva ošetřena (PCI) nebo operačně (ReDo) a na ovlivnění rizikových faktorů, jako je kouření, hypertenze, hypercholesterolemie, diabetes mellitus, nadváha a fyzická aktivita atd. Na základě těchto údajů a zkušeností, lze říci, že pro dlouhodobou průchodnost a benefit pro pacienta je optimálním řešením zkušenost chirurga, který rozhodne o operační strategii, včetně zvolení optimálního štěpu pro daný typ koronárního postižení. Dále je zřejmé, že vyšší průtok bypassesem přináší vyšší dlouhodobou průchodnost, což potvrzují četné studie. U prakticky všech dostupných tepenných štěpů se ukazuje, že použitím kompozitního štěpu se zvyšuje procento jeho dlouhodobé průchodnosti (Emmert et al, 2012).

Již bylo zmíněno, že běžně používané tepenné štěpy jsou oboustranná a. mammaia interna, a. radialis a někdy a. gastroepiplica dextra. Ve strategii koronární chirurgie se snažíme odebrat takový štěp, který zaručí co nejdelší průchodnost a zároveň je jeho odběr pro pacienta největším benefitem. To znamená, že zbytečně neohrozí jeho kvalitu života a zároveň je vyvážený poměr mezi traumatizací tkáně se všemi riziky a kvalitou štěpu.

V tomto směru je vždy třeba přihlídnout ke skutečnému věku, věku biologickému, stylu života, jeho očekávané délce, komorbiditám, spolupráci a

v neposlední řadě i preferenci pacienta (pracovnímu zařazení, kosmetickému efektu atd.).

Další otázkou je velikost stenózy nativní koronární tepny. Riziko časného uzávěru bypassu vzrůstá s poklesem významnosti stenózy. Za významnou stenózu lze považovat zúžení průsvitu o více než 70 %. Stenózy, které se pohybují okolo 60 %, považujeme za hraniční. Obdobně chronický uzávěr cévy, s významným aterosklerotickým postižením a jen minimálním průtokem do zbytku periférie cévy, je stejně rizikový z časného nebo dřívějšího uzávěru bypassu (Meijboom et al., 2008, Uren et al., 1994).

Nález na koronárním řečišti prakticky vždy zahrnuje stenózu RIA. Ta je téměř pokaždé řešena anastomózou LIMA-RIA. Revaskularizace pravé koronární tepny má srovnatelné výsledky při použití RA, RIMA (fRIMA) a rGEA. Zbývá tedy otázka volby optimálního štěpu k revaskularizaci povodí RCx nebo diagonálních větví.

Jednou z možností je použít RA nebo RIMA jako volný štěp (fRIMA) a jejich našitím volným koncem ke straně LIMA vytvořit kompozitní graft. Ten lze využít k přemostění všech zbývajících koronárních cév v sekvenčním uspořádání. Je zde ale riziko, že plnění celé rekonstrukce přes LIMA nebude dostatečné. Zároveň průtok jednotlivými částmi bypassu nemusí být vyrovnaný a dostatečný. Hrozí tedy trombóza bypassu, především kompozitní části a tím ischemie více oblastí myokardu.

V případě indikace ke kompletní nebo částečné tepenné revaskularizaci nebo z důvodu nedostatku (nevhodnosti) odběru tradičních štěpů, je na místě uvažovat o odběru RDACFL, jako o alternativním autologním tepenném štěpu, (Loskot et al., 2016).

Zdá se, že tato neprávem opomíjená tepna, minimálně v České republice, potažmo ve střední Evropě, může být výhodným alternativním doplněním tepenných štěpů, vhodných k přemostění tepen bočné a přední stěny myokardu (mimo RIA).

## **2.2. Jaká je použitelná délka a průměr RDACFL? Jaká je anatomická stálost RDACFL a jaké jsou možné anatomické variety a kvantitativní zastoupení aterosklerózy RDACFL v porovnání s aterosklerózou velkých pánevních a stehenních tepen?**

Předpokládáme, že délka štěpu se bude pohybovat okolo 10 cm, při optimálním vnitřním průměru tepny minimálně 2 mm. Tento předpoklad vychází z našich prvotních zkušeností s odběrem RDACFL v letech 2003-2004 a samozřejmě i z literatury. Snahou je potvrdit tuto délku, která by měla zaručit použití cévy při konstrukci kompozitního štěpu. Dále chceme zhodnotit anatomickou pozici RDACFL, možnou variabilitu průběhu, atypické odstupy, přítomnost velkých svalových větví a možný podíl na kolaterálním řečišti. Tato informace bude důležitá z hlediska operačního přístupu a možného ovlivnění celkové délky štěpu. Snahou je zjistit kvantitativní zastoupení a významnost aterosklerotických plátů RDACFL a vzájemnou souvislost aterosklerotického postižení RDACFL ve vztahu k velkým cévám pánevního a stehenního řečiště. V tomto ohledu chceme porovnat stupeň významnosti aterosklerotických plátů, které budou vyhodnoceny pomocí CTA.

## **2.3. Jaká je chirurgická dostupnost RDACFL, náročnost preparace a možné komplikace a důsledky odběru pro pacienta?**

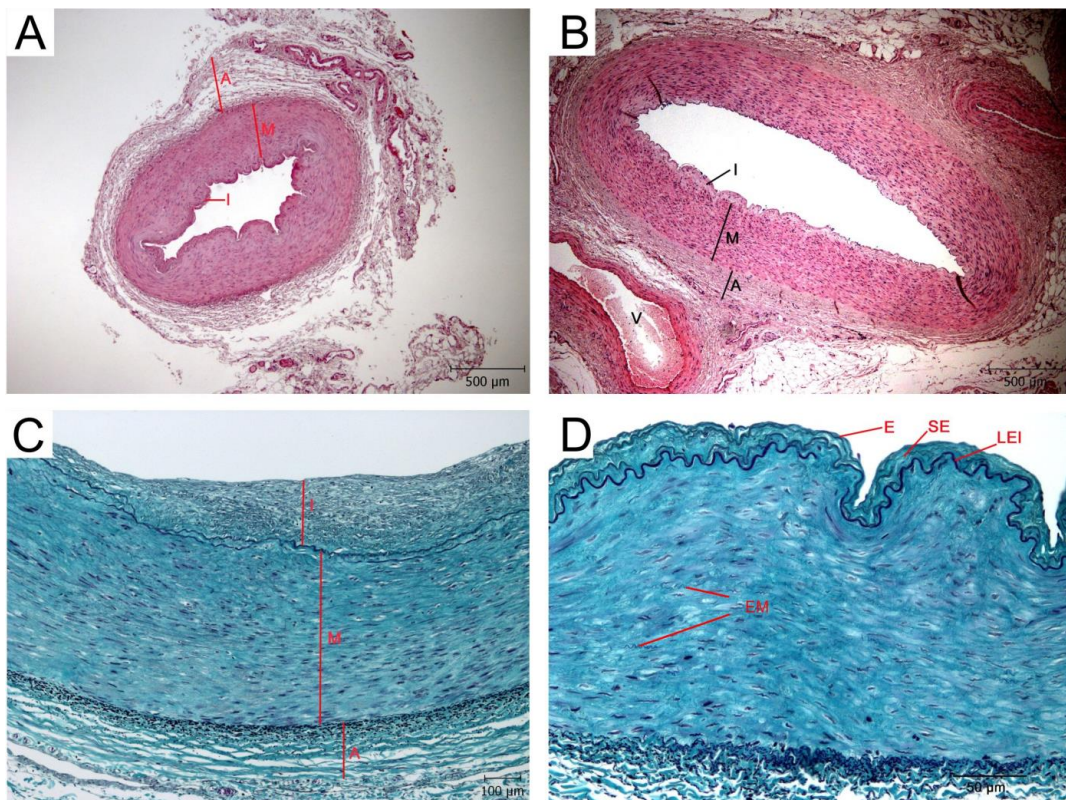
V této části studie chceme zjistit možnosti laterálního chirurgického přístupu k RDACFL, zjistit nezbytnou velikost kožního řezu a vztah tepny k okolním strukturám, především ke svalu (m. quadriceps femoris) a nervu (r. muscularis n. femoralis). Další hledanou informací by měla být přibližná časová náročnost odběru, nároky na instrumentárium a možnost event. komplikací.

## **2.4. Jak odolná je RDACFL vůči aterosklerotickému procesu?**

Naším předpokladem a zároveň cílem je pomocí histologických preparátů prokázat velmi malý sklon RDACFL k tvorbě aterosklerotických lézí. Předpokládáme podobně malý sklon k ateroskleróze, jako u ostatních končetinových tepen stejného kalibru (RA). K tomuto účelu jsme nejprve zvolili probatorní vzorek a na základě tohoto nálezu jsme teprve definovaly předpokládané schéma vyšetření ostatních vzorků.

Ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis je tepna svalového typu, u dospělého člověka její průsvit měří asi 2,5 mm. Její stěna je tvořena třemi

vrstvami pro tepny typickými (obr. 11): tunica intima, tunica media, tunica adventitia. Tunica intima sestává z luminální vrstvy endotelových buněk nasedajících na lamínu basalis, pod níž se nachází relativně silná vrstva subendotelového vaziva, které může obsahovat i buňky hladké svaloviny. Od medie ji odděluje výrazná lamina elastica interna (obr. 11D) tvořená elastickým vazivem. Tunica media je tvořena až 30 vrstvami buněk hladké svaloviny (VSMC- vascular smooth muscle cells), které tvoří až 75 % objemu. VSMC mají vřetenovitý tvar, a jsou orientovány převážně cirkulárně. VSMC jsou ve zralých, zdravých cévách minimálně metabolicky i mitoticky aktivní (Owens, 1995). Jsou však nadány značnou fenotypovou plasticitou a mohou se měnit z tzv. kontraktilního na syntetický typ. VSMC syntetického fenotypu mohou migrovat, jsou schopny syntetizovat různé složky extracelulární matrix (ECM), (Wagenseil et Mecham, 2009; Chan-Park et al., 2009), a významně tak ovlivňují kvalitu cévní stěny. Všechny VSMC obsahují myofilamenta (aktin a myosin). Extracelulární matrix je v tunica media normálních tepen relativně málo zastoupena, patrný jsou občasné elastické membrány (obr. 11D). Tunica adventicia je tvořena silnými vlákny kolagenu typu I, která jsou stejně jako vlákna elastická orientována spíše podélně (Burton 1954, obr. 11C). Z buněk jsou přítomny fibroblasty a makrofágy. U tepen s tloušťkou stěny nad 0,5 mm jsou v adventicii přítomna vasa vasorum (Wolinsky a Glasgow 1967).



**Obr. 11** – Ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis. Transverzální řez stěnou, barveno Verhoeffovým hematoxylinem, měřítko 500 µm (A, B), modrým trichromem, měřítko 100 µm (C) a 50 µm (D). I – intima, M – media, A – adventicie, E – endotel, SE – subendotel, LEI – lamina elastica interna, EM – elastické membrány

## 2.5. Lze reálně použít RDACFL při konstrukci kompozitního tepenného bypassu a jaká je krátkodobá průchodnost bypassu (RDACFL)?

Tato část práce by měla přinést konkrétní poznatky o možnostech použití RDACFL při koronární rekonstrukci a potvrdit náš předpoklad velmi dobré časné průchodnosti bypassu (RDACFL), který je založen na obdobné výborné časné průchodnosti ostatních srovnatelných tepenných štěpů.

## 2.6. Jaká je hustota a rozložení vasa vasorum u prasečí aorty.

V oblasti morfologie cévní stěny experimentálních zvířat je cílem studie popsat hustotu a rozložení vasa vasorum u prasečí aorty. Z pohledu kardiochirurga jde o krok k pochopení biologického materiálu a jeho kvality pro možné využití v kardiovaskulární chirurgii. Jedná se především o výkony v oblasti kořene aorty.



V úvahu přicházejí především disekce aorty typu A, disekující aneurysma, prosté aneurysma nebo pseudoaneurysma, stavy po perforacích s následnou komunikací mezi srdečními dutinami při infekční endokarditidě (IE) a náhrady aortální chlopně (Manji, 2015).

Z pohledu revaskularizace myokardu je znalost stavby aortální stěny a jejího zásobení (především ascendentní aorty) a sklonu ke kalcifikacím důležitým faktorem pro management koronární rekonstrukce. Velmi často se chirurg dostává do pozice významně kalcifikované ascendentní aorty s nemožností kanylace v optimálním místě, nasazení příčné svorky nebo konstrukce centrální anastomózy. Proto musí hledat alternativní přístupy, které zahrnují výkony bez mimotělního oběhu (OPCABG), „no-touch“ aorta přístupy, využití stopkatých a kompozitních štěpů.

## **3. METODY A MATERIÁL VÝZKUMU**

### **3.1. Definování vyšetřovacího procesu**

Celá studie je rozdělena do pěti hlavních větví. První větev zahrnuje vyšetření nativní RDACFL. Metodou použitou k zobrazení cév bylo CTA vyšetření, které zobrazilo anatomickou pozici, délku, průměr, anatomické variety a kvantitativní přítomnost a významnost aterosklerotických plátů. Druhá větev zahrnuje vlastní chirurgické zkušenosti s odběrem RDACFL během revaskularizace myokardu a zhodnocení chirurgické dostupnosti a možných komplikací odběru. Třetí část se zabývá zjištěním kvalitativního zastoupení aterosklerotického procesu ve vzorcích cévy, odebraných částečně při operaci srdce, částečně při anatomické pitvě a jejich histologickém vyhodnocení. Do čtvrté skupiny jsme zařadili použití odebraného štěpu (RDACFL) ke koronární rekonstrukci a ověření průchodnosti takto vytvořeného bypassu pomocí CTA s odstupem asi 6 týdnů po operaci. Poslední část zahrnuje histologické vyšetření stěny aorty u prasete s cílem popsat hustotu a rozložení vasa vasorum v jednotlivých vrstvách.

### **3.2. CT angiografie RDACFL – délka, anatomické variety, kvantitativní zastoupení aterosklerotických změn**

Pacienti byli definováni věkem a pohlavím. Celkem jsme vyšetřili 100 pacientů. Z toho bylo 80 mužů s průměrným věkem 69 let a 20 žen s průměrným věkem 66 let (tab. 4, obr. 20). Dále jsme sledovali délku RDACFL 1 cm od odstupu z kmene ACFL až po průměr 2 mm nebo do terminální bifurkace (tab. 5, obr. 19). Průměr cévy menší než 2 mm byl považován za nedostatečný (gracilní céva) a céva by tedy nebyla vhodná k odběru (tab. 6). Sledována byla přítomnost stenózy kmenového řečiště větší než 50 % v oblasti distální břišní aorty (AA), společné femorální tepny (AFC), povrchové tepny (AFS) a hluboké femorální tepny (AFP), (tab. 5). Aterosklerotické změny jsme pro snazší popis stenózy kvantifikovali do celkem 5 skupin (0-4). Skupina 0 znamenala bez sklerotických změn, skupina 1 pouze jemné změny, skupina 2 nevýznamné kalcifikace a skupina 3 sklerotické změny se stenózami na hranici významnosti (minimálně v jednom úseku). Do 4. skupiny byly zařazeny tepny s významnou stenózou minimálně v jednom úseku (obr. 12, tab. 6). Dále byl sledován anomální odstup cévy, vysoké větvení, silné svalové větve nebo jiná cévní variabilita. Hodnocena byla také role RDACFL na možném kolaterálním systému.

Dále jsme porovnávali délku RDACFL a vzdálenost spina iliaca anterior superior (SIAS) od horního okraje pately na vyšetřované končetině. Snahou bylo získat představu o (ne)závislosti délky potencionálního štěpu na délce stehna, potažmo na celkové tělesné výšce (Loskot et al, 2014).

Všechna vyšetření byla provedena v rozsahu břišní aorty, pánevních tepen a dolních končetin na přístroji se dvěma zdroji záření, Somatom Definition Flash (Siemens Healthcare, Erlangen, Německo). Při kolimaci 128x0,6 mm a periodě rotace rentgenky 500 ms byla použita hodnota pitch faktoru 0,9. Expozice byla provedena za použití principu anatomické modulace expozičních parametrů (CarekVaCareDose4D, Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) s nastavením referenční hodnoty mAs 120-140. Při vyšetření bylo aplikováno 80 ml jodové kontrastní látky o koncentraci 400 mg I/ml rychlostí 6 ml/s a záplachem 50 ml fyziologického roztoku stejnou rychlostí. Pro hodnocení byla hrubá data rekonstruována do 2 sérií (3 mm a 0,75 mm) s rekonstrukčním filtrem pro zobrazení tepen (B26f). Hodnocení a měření bylo prováděno na multifunkční stanici Leonardo (Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) pomocí softwarové aplikace Syngo Inspace. Nejprve byla provedena segmentace s vytvořením zakřivené multiplanární rekonstrukce v rovině proudnice tepny a následně změření délky RDACFL.

### **3.3. Chirurgická dostupnost RDACFL**

Cévu odebíráme v poloze na zádech. Cévu lze odebrat oboustranně, nicméně na našem pracovišti preferujeme odběr z levé dolní končetiny (LDK) z důvodu postavení operátéra, instrumentářky a mimotělního oběhu.

Začínáme incizí kůže v rozsahu asi 15 cm v ose směřující od spina iliaca anterior superior (SIAS) k zevnímu kondylu tibie. Horní okraj incize je asi 15cm pod spinou. Po protěti podkoží a fascia lata tupou preparací oddělujeme v intermuskulárním septu m. rectus femoris od m. vastus lateralis a m. vastus intermedius. Svaly retrahujeme Adsonovým rozvěračem s maximální možnou elevací m. rectus femoris, prakticky až k jeho začátku. Snažíme se být bezpečně pod m.tensor fasciae latae. Zde je dobře patrný nervově cévní svazek (RDACFL + r. muscularis n. femoralis). Tepna zřetelně pulzuje. Nejprve opatrně oddělíme nerv od cévního svazku a pro bezpečnost a snadnější manipulaci ho fixujeme hadičkou laterálním směrem. Poté pomocí harmonického skalpelu izolujeme pedikl celého cévního svazku nejprve kaudálně až do místa zanoření do svalu. Poté postupujeme kraniálně k bifurkaci (trifurkaci) s transverzální nebo ascendentní větví. Cévu nejlépe po aplikaci heparinu přerušujeme kaudálně těsně u svalu a pahýl ligujeme. Z volného konce odstříkuje nebo

při spasmu odtéká krev. Poté přerušujeme svazek kraniálně nejlépe asi 1cm pod odstupem r. ascendes nebo r. transversus (často se jedná o trifurkaci) a snažíme se o zachování průtoku do r. ascendens.

Takto odebraný štěp je vhodné stranově označit (periferní část) pro zachování směru průtoku. Podobně jako u jiných volných štěpů (RA) tepnu dilatujeme fyziologickým roztokem a takto připravenou ji ponecháme ve vodní lázni.

Ránu po kontrole krvácení uzavíráme po anatomických vrstvách pokračovacím stehem. Při koagulační nepohodě (antiagregační a antikoagulační terapie) zavádíme do rány Redonův drén. Po dokončení operace je vhodné končetinu lehce bandážovat do třísla.

### **3.4. Histologie RDACFL**

Celkem bylo podrobena histologickému vyšetření 35 vzorků RDACFL. Z toho 20 vzorků bylo odebráno ze zemřelých během anatomické pitvy a 15 vzorků nativní tepny bylo odebráno na operačním sále během chirurgické revaskularizace myokardu. Všechny vzorky z anatomické pitvy byly vybrány náhodně (14 mužů a 6 žen), u vzorků nativní tepny bylo zachováno konsektivní pořadí odběrů na sále. Jednalo se o proximální segmenty délky 4-25 mm. Odběr zahrnoval celý cévní svazek (1 tepna, 2 žíly) i s těsně přiléhající tkání.

Všechny byly fixovány ve formalinu. Vzorky byly rozřezány na nejméně 12 histologických řezů o tloušťce 4  $\mu$ m. Řezy byly kolmé na podélnou osu tepny a poté zbaveny parafinu a rehydratovány. Cévní morfologie byla vyšetřována pomocí barvení hematoxylin-eozin v kombinaci s Verhoeffovým hematoxylinem a zeleným trichromem (Kočová, 1970). Všechny nalezené aterosklerotické léze byly klasifikovány podle Staryho (Stary et al., 1994).

### **3.5. RDACFL jako štěp ke koronární rekonstrukci**

Do studie bylo zařazeno celkem 15 odběrů RDACFL u 15 pacientů v rámci kardiochirurgické operace. Následně byly použity jako kompozitní graft k revaskularizaci myokardu. Pacienti byli vybráni především z důvodu nižšího věku a snaze o tepennou revaskularizaci. Vyloučení byli pacienti extrémně obézní nebo pacienti s podezřením na ICHS (anamnesticky, klinicky). U žádného z pacientů neproběhlo CTA tepen DK před operací k posouzení anatomie a kvality RDACFL. Předpokladem bylo přemostění alespoň dvou tepen v povodí ACS. Koronarograficky

šlo o kvalitní koronární tepny s významnou stenózou, bez chronického uzávěru. U každého štěpu se posuzovala chirurgická dostupnost, délka a kvalita. Každý štěp byl odebrán otevřeným způsobem z LDK pomocí harmonického skalpelu. Poté byl označen klipem na periferním konci. Tím byla zajištěna orientace tepny ve směru toku krve.

### **3.6. Měření denzity vasa vasorum u prasečí aorty**

Byly vyšetřeny vzorky aorty, již dříve použité ve studii histologické stavby a orientace hladké cévní svaloviny (Tonar et al., 2015). Celkem se jednalo o 25 vzorků z aorty domácích prasat. Z toho 12 samců, 11 samic, 1 kastrováný samec a 1 neurčené pohlaví. Věk 0-230 dnů a váha 0,7-95 kg. Vždy šlo o prasata usmrcená na konci experimentu vztahujícího se k imunologickému nebo parazitologickému výzkumu. (Worliczek et al., 2010, Gabner et al., 2012). Všechny vzorky byly bez makroskopických znaků patologických změn. Po běžné fixaci formalínem podle Lillie (romeis, 1989) byla aorta rozdělena na pět aortálních segmentů. Každý z těchto segmentů reprezentoval jednu z následujících částí. Ascendentní aortu, oblouk, descendentní hrudní aortu, břišní suparenální aortu a břišní infrarenální aortu. Po fixaci byly vzorky propláchnuty 70% alkoholem. Z každého aortálního segmentu byl vzorek zalit do parafinového bločku pro následné příčné řezy. Pro porovnání vzorků podle věku byla prasata rozdělena do tří skupin (stáří 0-28 dní – 64 segmentů ze 13 zvířat, stáří 29-75 dní – 35 segmentů ze 7 zvířat, stáří 180-230 dní -24 segmentů z 5 zvířat. Celkem bylo shromážděno 123 vzorků tkáně (2 vzorky byly poškozeny při odběru). Podrobný popis histologického vyšetření a technika měření vasa vasorum v tunica media a v adventicii, jsou popsány v příloženém článku (kapitola 10., přílohy).

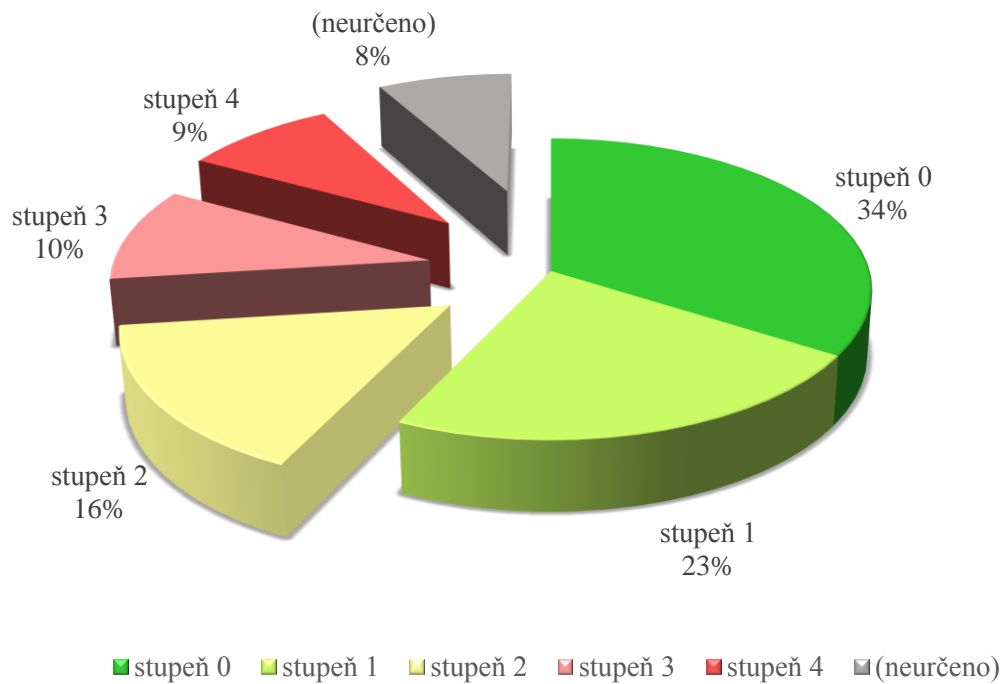
## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Délka, anatomické variety, kvantitativní zastoupení a významnost aterosklerotických plátů RDACFL, pánevních a stehenních tepen dle CTA

Soubor tvořilo celkem 80 mužů (80 %) s průměrným věkem 69 let a 20 žen (20 %) s průměrným věkem 66 let. Průměrná výška celé skupiny byla 171,8 cm (150-197 cm) a průměrný BMI 28,1 (19,1- 36,2), (tab. 4).

Průměrná délka potenciálně použitelného štěpu byla podle CTA  $9,3 \pm 2,9$  cm (tab. 5). Jednalo se o měření nativní cévy s fyziologickým průtokem krve. Pouze v šesti případech (6 %) byl prokázán kolaterální oběh, přestože se jednalo převážně o pacienty s různým stupněm ICHDK. Z toho v jednom případě (1 %) šlo o kolaterálu plnicí distální femorální a popliteální řečiště při uzávěru AFS (obr. 13). V devíti případech (9 %) se jednalo o hypoplastickou nebo gracilní cévu (tab. 6), která by nespĺňovala kritéria použití pro koronární bypass. U dvou tepen (2 %) jsme pozorovali výrazné vinutí. Všechny námi zjištěné anatomické variety (tab. 6), neznamenalý překážku pro chirurgickou dostupnost štěpu. Bylo popsáno několik atypických odstupů. Z AFS odstupovala RDACFL v sedmi případech (7 %) z AFP ve dvou případech (2 %), (obr. 14). U dvou pacientů (2 %) se jednalo o vysoké větvení nebo odstup velké svalové větve (obr. 10). Atypický odstup ascendentní větve (RAACFL) byl z AFP 1x (1 %) a z AFS také 1x (1 %), tyto odstupy neměly na průběh RDACFL vliv (obr. 17,18).

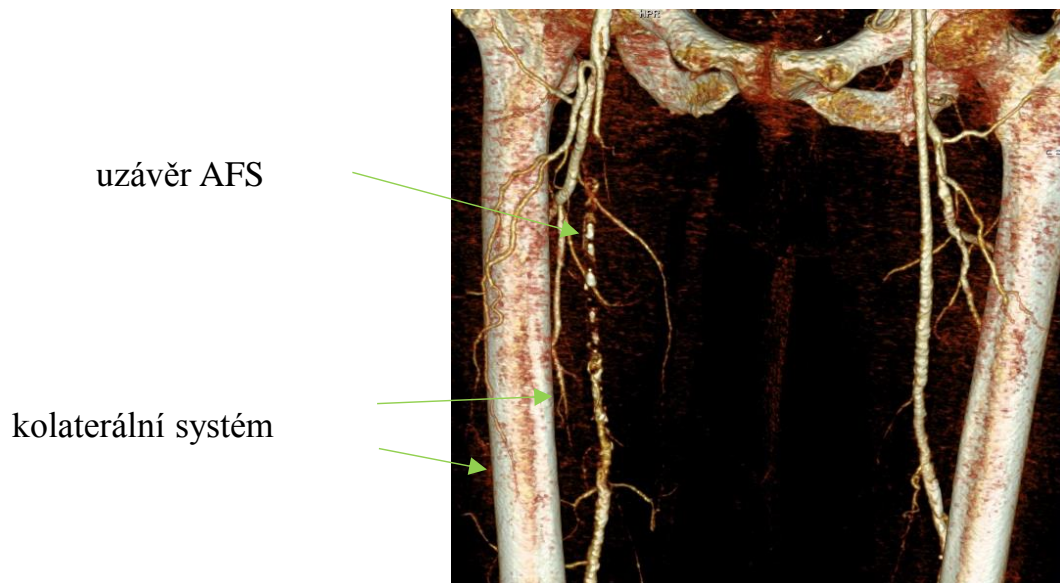
Ze 100 vyšetřených pacientů mělo 72 (72%) významně skleroticky postižené pánevní nebo stehenní řečiště (tab. 5). Za významnou jsme považovali stenózu přesahující 50 %. V 8 případech nebylo sklerotické postižení tepny hodnoceno pro významnou gracilitu. V 19 případech bylo u RDACFL zaznamenáno významné sklerotické postižení (stupeň 3 a 4, obr. 12), z toho jednou byla zároveň gracilní a jednou tvořila kolaterálu (obr. 13).



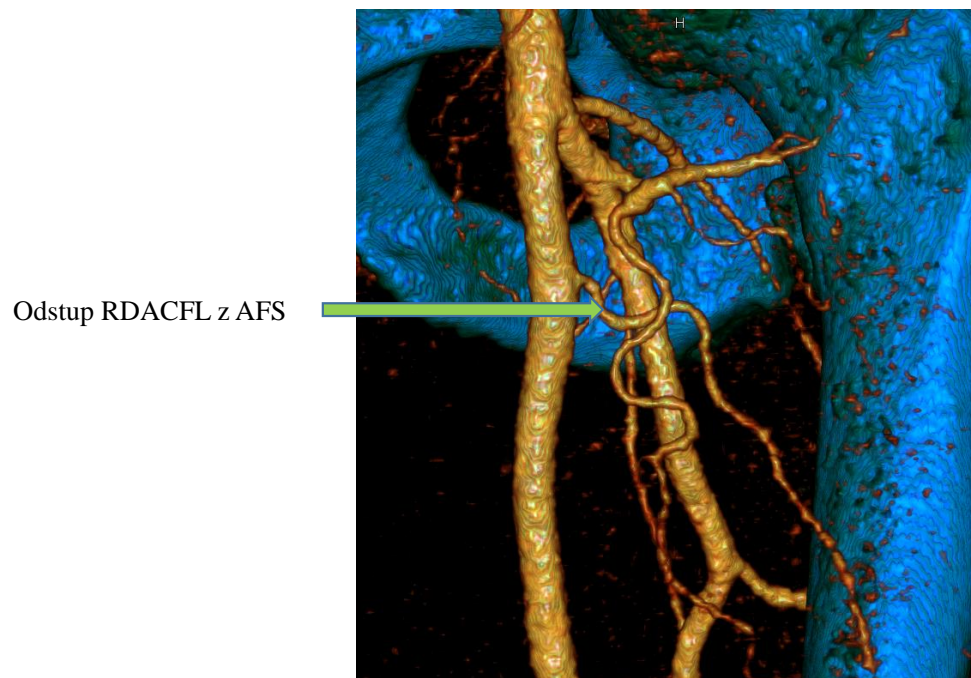
**Obr. 12** – Graf znázorňující procentuální podíl dle významnosti makroskopické přítomnosti kalcifikací dle CTA, rozdělené do skupin 0-4. Skupina 0 - bez sklerotických změn, skupina 1 pouze jemné změny, skupina 2 nevýznamné kalcifikace, skupina 3 sklerotické změny se stenózami na hranici významnosti minimálně v jednom úseku, 4. skupina významná stenóza minimálně v jednom úseku, v 8 případech tepna nebyla hodnocena pro výraznou gracilitu

Z uvedených údajů vyplývá, že RDACFL by nebyla vhodná nebo možná odebrat jako štěp přibližně u jedné třetiny pacientů (32 pacientů). K odběru tepny by naopak bylo vhodných 68 pacientů z námi sledovaného souboru (obr. 21,22). V 19 případech se jednalo o významné aterosklerotické postižení kmene RDACFL (stupeň 3 a 4). Z toho jedenkrát byla zároveň gracilní cévou a v jednom případě tvořila kolaterálu). V 15 případech by nebylo vhodné tepnu odebrat (6x byla RDACFL významnou kolaterálou a 9x se jednalo o gracilní tepnu).

Jako vedlejší nález jsme prokázali nezávislost délky RDACFL a tělesné výšky, respektive vzdálenosti SIAS od horního okraje pately. Tato délka byla průměrně 46,6 cm (38,6 – 54,5), (tab. 4, obrázek 16).



**Obr. 13** – RDACFL vpravo tvoří kolaterálu pro zásobení distálního segmentu a. femoralis (AFS), ozačeno zelenými šipkami. Vlevo normální nález. (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014)

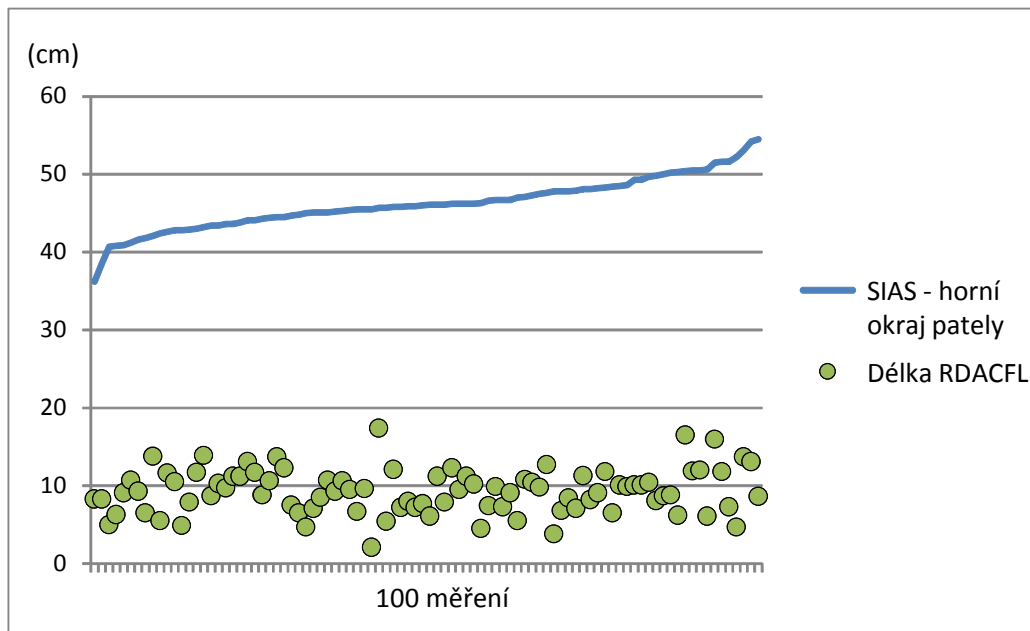


**Obr. 14** – RDACFL odstupuje přímo z a. femoralis superficialis, odstup označen zelenou šipkou (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014)





**Obr. 15** – Vysoký odstup RDACFL z ACFL – označeno zelenou šipkou, ascendentní a transverzální větev odstupující z AFP (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014)



**Obr. 16** – Nezávislost délky vzdálenosti SIAS od horního okraje pately (délka stehna) na délce RDACFL

**Tabulka 4 – Pohlaví, věk, výška a délka SIAS pacientů (primární data)**

<b>Pacient č.</b>	<b>Pohlaví (m/ž)</b>	<b>Věk (roky)</b>	<b>Výška (cm)</b>	<b>SIAS patella horní okraj (cm)</b>
1	ž	86	165	44,5
2	m	76	197	54,5
3	m	66	182	49,8
4	m	65	179	47,6
5	m	90	195	54,2
6	m	77	172	45,8
7	m	81	182	49,7
8	ž	75	150	36,2
9	m	70	174	46,2
10	m	81	188	51,6
11	m	65	177	46,9
12	m	62	165	44,5
13	m	61	179	47,8
14	m	66	186	51,5
15	m	81	176	46,7
16	ž	80	165	44,5
17	m	84	179	47,8
18	m	81	180	48,1
19	m	57	191	52,2
20	m	78	179	47,8
21	m	65	180	50,5
22	m	66	181	50,5
23	m	63	163	42,9
24	m	58	172	46
25	ž	56	153	41,2
26	m	81	178	47,3
27	m	65	176	46,7
28	m	59	181	49,3
29	ž	66	170	46,2
30	m	77	168	44,8
31	m	58	176	46,1
32	m	90	191	53,1
33	m	68	173	46,1
34	ž	56	151	40,6
35	ž	66	170	45,6
36	m	68	163	43,8
37	m	69	184	50,8
38	m	63	173	46
39	m	63	189	51,6

40	ž	79	170	45,7
41	m	52	181	48,3
42	ž	57	152	40,7
43	m	56	162	43,6
44	ž	46	158	42,8
45	m	58	161	43,2
46	m	84	184	50,4
47	m	67	178	47,5
48	ž	75	170	45,7
49	m	68	178	48,1
50	m	70	163	43,4
51	m	74	154	41,6
52	m	67	175	46,5
53	m	79	183	50,2
54	m	64	180	48,6
55	m	74	162	43,6
56	m	63	168	45,1
57	m	72	162	43,4
58	m	66	173	45,9
59	m	79	177	47
60	m	64	174	46,2
61	m	63	156	42,4
62	m	63	177	47,1
63	m	74	158	42,1
64	m	73	175	46,3
65	m	52	179	47,9
66	m	73	178	48,2
67	ž	73	169	45,5
68	m	62	182	48,4
69	ž	58	156	42,6
70	m	80	168	45,1
71	m	59	176	46,2
72	m	57	169	45,4
73	ž	44	169	45,2
74	m	70	174	46,1
75	m	72	183	50,3
76	m	79	169	45,5
77	ž	71	164	44,1
78	m	65	161	43
79	m	75	176	46,6
80	m	75	164	44,1
81	m	57	183	50,6
82	m	75	168	44,7
83	m	79	165	44,4
84	ž	81	159	42,8

85	ž	57	152	40,8
86	m	60	170	45,5
87	m	76	169	45,3
88	ž	67	160	42,9
89	ž	64	155	41,8
90	m	72	160	40,9
91	m	68	168	45
92	m	70	182	49,3
93	m	70	177	46,7
94	m	64	183	50
95	m	56	181	48,5
96	ž	68	151	38,6
97	m	77	163	44,3
98	m	65	172	45,8
99	m	61	169	45,1
100	m	65	172	45,9

**Tabulka 5** – Délka RDACFL, stenotické postižení pánevního a femorálního řečiště

<b>Pacient č.</b>	<b>RDACFL od bifurkace do průměru 2 mm, délka udávaná v (cm)</b>	<b>LDK a/n</b>	<b>AFP stenóza více než 50% (a/n)</b>	<b>AFS stenóza více než 50% (a/n)</b>	<b>Stenóza více než 50% mezi aortou a AFC (a/n)</b>
1	-	-	-	-	-
2	8,6	a	n	a	n
3	8,1	a	n	a	n
4	12,7	a	n	a	n
5	13,1	a	n	a	n
6	12,1	a	n	a	n
7	10,4	a	n	n	n
8	8,3	a	n	n	n
9	12,3	n	n	n	n
10	11,8	a	n	n	n
11	-	-	-	-	-
12	13,7	a	n	a	a
13	3,8	a	n	n	n
14	16	a	n	a	n
15	9,9	a	n	a	n
16	12,3	a	n	n	n

17	6,8	a	n	a	n
18	11,3	a	n	a	n
19	4,7	a	n	n	n
20	8,4	a	n	a	n
21	11,9	a	n	n	n
22	12	a	n	a	n
23	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-
25	10,7	n	n	n	n
26	10,4	a	n	n	n
27	7,3	a	n	a	a
28	10,1	a	n	n	a
29	9,5	a	n	a	n
30	6,5	a	n	a	n
31	6,1	a	n	n	n
32	13,7	a	n	a	n
33	11,2	a	n	a	n
34	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-
36	11,2	n	n	n	n
37	-	-	-	-	-
38	7,7	a	n	n	n
39	7,3	a	a	a	n
40	17,4	a	n	a	n
41	11,8	a	n	a	n
42	5	a	n	a	n
43	9,7	n	n	n	n
44	10,5	-	-	-	-
45	13,9	a	n	a	a
46	16,5	a	n	a	n
47	9,8	a	n	a	n
48	5,4	a	n	n	n
49	8,2	a	a	a	n
50	8,7	a	n	n	n
51	9,3	a	n	a	a
52	-	-	-	-	-
53	8,8	a	n	n	n
54	9,9	a	n	a	n
55	11,2	a	n	a	a
56	7,1	a	n	n	n
57	10,3	a	n	a	n
58	8	a	n	n	n
59	5,5	n	n	a	a
60	11,2	n	n	a	a
61	5,5	a	n	n	a

<b>62</b>	10,8	a	n	n	n
<b>63</b>	13,8	a	n	n	n
<b>64</b>	4,5	a	n	a	n
<b>65</b>	7,1	a	n	a	n
<b>66</b>	9,1	a	n	a	n
<b>67</b>	6,7	n	n	a	n
<b>68</b>	6,5	a	n	n	n
<b>69</b>	11,6	a	n	n	n
<b>70</b>	8,5	a	n	n	n
<b>71</b>	10,2	a	n	n	n
<b>72</b>	9,5	a	n	a	n
<b>73</b>	9,3	a	n	a	n
<b>74</b>	7,9	a	n	n	n
<b>75</b>	6,2	a	a	a	n
<b>76</b>	9,6	a	n	a	n
<b>77</b>	13,1	a	n	n	n
<b>78</b>	11,7	a	n	a	n
<b>79</b>	7,4	a	a	a	a
<b>80</b>	11,7	a	n	n	n
<b>81</b>	6,1	a	n	n	n
<b>82</b>	7,5	a	a	a	n
<b>83</b>	10,6	a	n	n	n
<b>84</b>	4,9	a	n	n	n
<b>85</b>	6,3	n	n	n	n
<b>86</b>	2,1	n	n	n	n
<b>87</b>	10,6	a	n	a	n
<b>88</b>	7,9	a	n	n	n
<b>89</b>	6,5	a	n	n	n
<b>90</b>	9,1	a	n	a	a
<b>91</b>	4,7	a	n	n	n
<b>92</b>	10,1	a	n	n	n
<b>93</b>	9,1	a	n	n	n
<b>94</b>	8,7	a	n	a	n
<b>95</b>	10,1	a	a	a	n
<b>96</b>	8,3	a	n	a	n
<b>97</b>	8,8	a	n	a	n
<b>98</b>	7,2	a	n	n	n
<b>99</b>	10,7	a	n	a	n
<b>100</b>	7,2	a	n	a	a

**Tabulka 6** – Sklerotické postižení RDACFL, anatomické variety, přítomnost kolaterálního systému

<b>Pacient č.</b>	<b>Významné sklerotické změny RDACFL (0-4)</b>	<b>Vysoké nebo anomální větvení RDACFL (a/n)</b>	<b>Poznámky</b>
1	-	-	méně než 2 mm
2	4	n	
3	1	a	
4	1	a	
5	3	a	
6	2	a	
7	1	n	
8	2	n	
9	3	a	
10	2	n	
11	-	-	méně než 2 mm
12	1	a	samostatný odstup r. asc.
13	0	n	
14	0	n	
15	2	n	
16	0	a	odstup z AFS
17	0	n	kolaterála při uzávěru AFS
18	0	n	2 časné muskulární větve
19	0	n	
20	1	a	odstup z AFS
21	0	n	
22	0	n	
23	-	-	méně než 2 mm
24	-	-	méně než 2 mm
25	0	a	
26	0	n	vinutá
27	0	a	
28	1	n	
29	0	n	dlouhá a vinutá
30	1	a	
31	0	n	
32	3	n	kolaterála
33	3	n	
34	-	-	hypoplastická pod 2 mm
35	-	-	hypoplastická pod 2 mm
36	1	a	odstup silné muskulární větve

37	-	-	gracilní, do 2 mm
38	0	-	
39	3	n	
40	0	a	kolaterála
41	0	a	svalová větev
42	2	a	svalové větve
43	0	n	svalová větev
44	-	-	pod 2 mm
45	0	n	
46	1	a	odstup z AFP
47	3	n	
48	4	a	velmi gracilní
49	4	a	odstup z AFP
50	4	n	
51	1	n	silná kolaterála (přes 2 mm v celém průběhu)
52	4	n	pod 2 mm
53	3	n	
54	1	n	kolaterála
55	2	a	
56	0	a	
57	1	n	
58	4	a	
59	1	a	
60	2	n	
61	1	n	
62	0	n	
63	1	n	
64	2	n	
65	1	n	
66	0	n	
67	3	a	z AFS
68	2	n	
69	0	a	RA s AFP
70	2	n	
71	2	n	
72	2	n	
73	0	n	kolaterála
74	0	a	
75	4	n	
76	0	a	
77	1	a	
78	2	n	
79	3	a	
80	0	n	



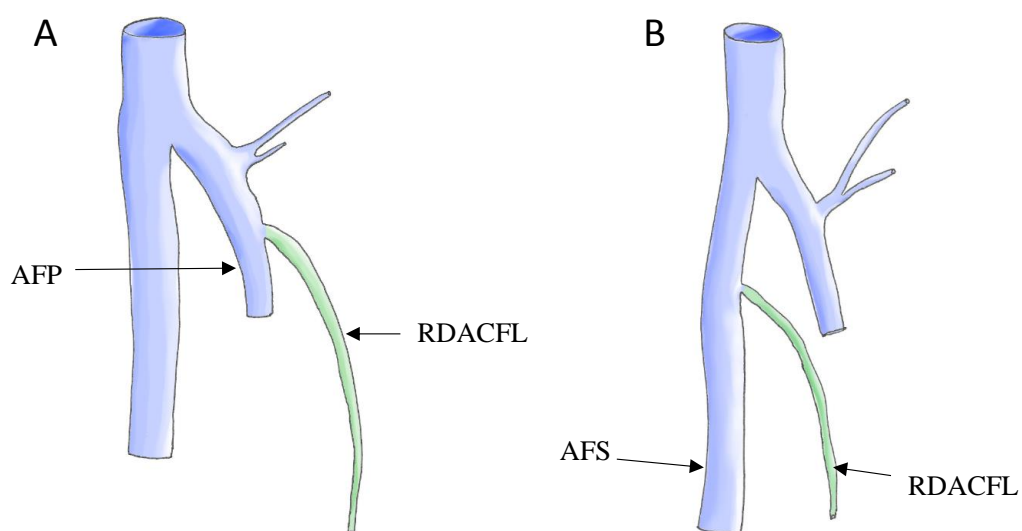
81	0	a	z AFS
82	4	n	
83	1	n	
84	0	n	
85	2	a	z AFS
86	0	a	z AFS
87	1	n	
88	2	n	
89	0	a	
90	1	a	
91	0	a	
92	0	n	
93	0	a	z AFS
94	1	n	
95	4	n	
96	1	n	
97	0	n	
98	3	a	
99	2	n	
100	1	a	

**Tabulka 7** – Definice souboru, měření délky RDACFL a vzdálenosti RDACFL od horního okraje pately - výsledky

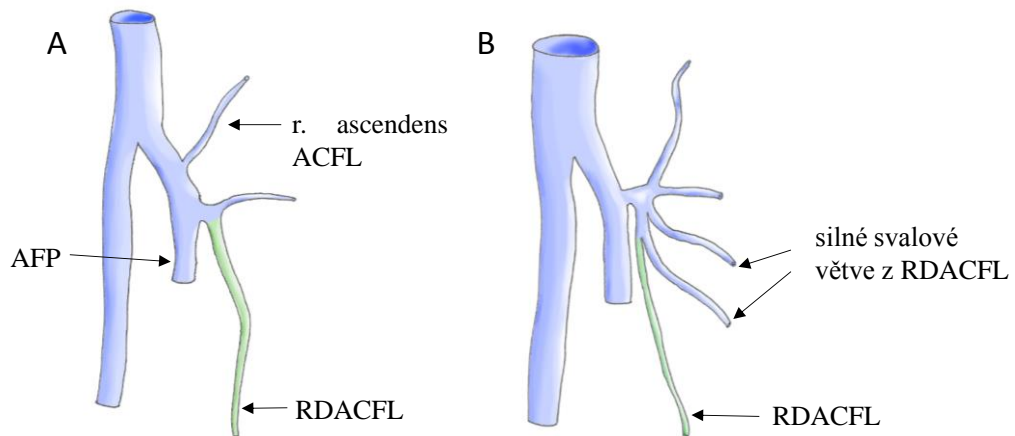
<b>Celkem</b>	<b>Mužů</b>	<b>Žen</b>	<b>ŽenSIAS horní okraj pately</b>	<b>Délka štěpu Od bifurkace do průměru 2mm</b>
100	80 (80%)	20 (20%)	Hodnoty od 38,6 do 54,5 cm	Hodnoty od 2,1 do do 17,4 cm
Průměrný věk	69	66	Průměrně 46,16 cm	Průměrně 9,30 cm
Průměrná výška (cm)	171,8 (150-197)			
Průměrný BMI	BMI 28,1 (19,1-37,2)			

**Tabulka 8** – Anatomická variabilita a podíl na kolaterálním systému u RDACFL – výsledky

Hypoplastická céva	Gracilní pod 2mm při odstupu	Odstup z AFS	Odstup z AFP	Vysoká bifurkace nebo několik silných svalových větví	Kolaterální oběh přes RDACFL
8x	1x	4x	2x	2x	6x (1x při uzávěru AFS)



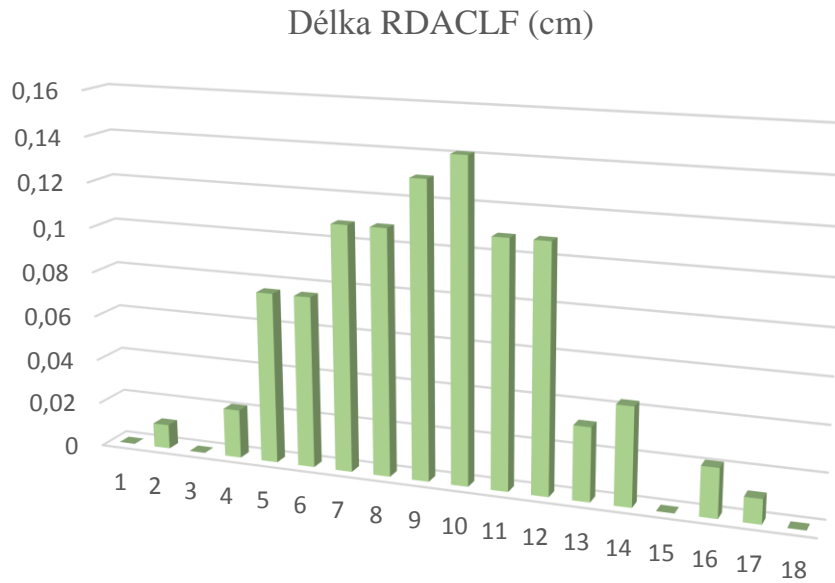
**Obr. 17** – A) samostatný odstup RDACFL z AFP. B) samostatný odstup RDACFL z AFS.



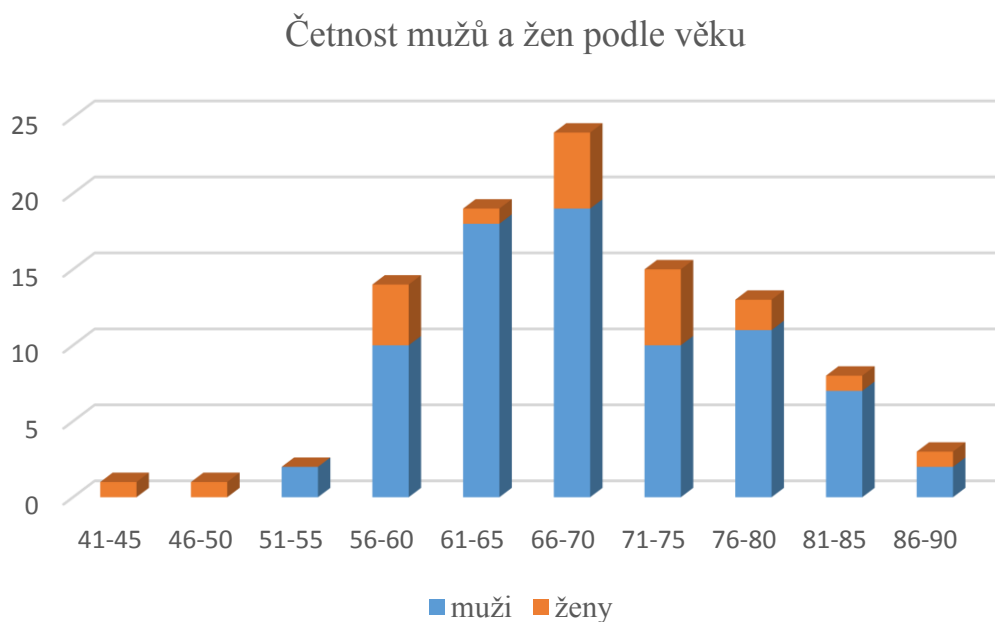
**Obr. 18** – A) samostatný odstup ascendentní větve z AFP. B) silné svalové větve v proximální části RDACFL.

**Tabulka 9** – Stenotické postižení cév - výsledky

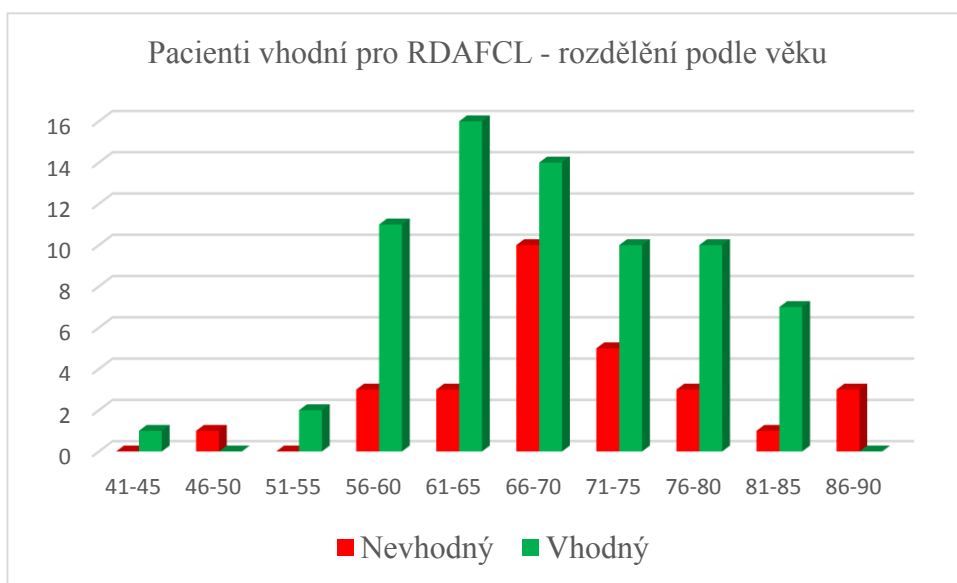
Stenóza AFP více než 50%	Stenóza AFS více než 50%	Stenóza mezi aortou a AFC více než 50%	Významná stenóza na pánevním nebo stehenním řečišti celkem	Významné sklerotické změny RDACFL (st. 3 a 4)
2x	50x	50x	72x	19x



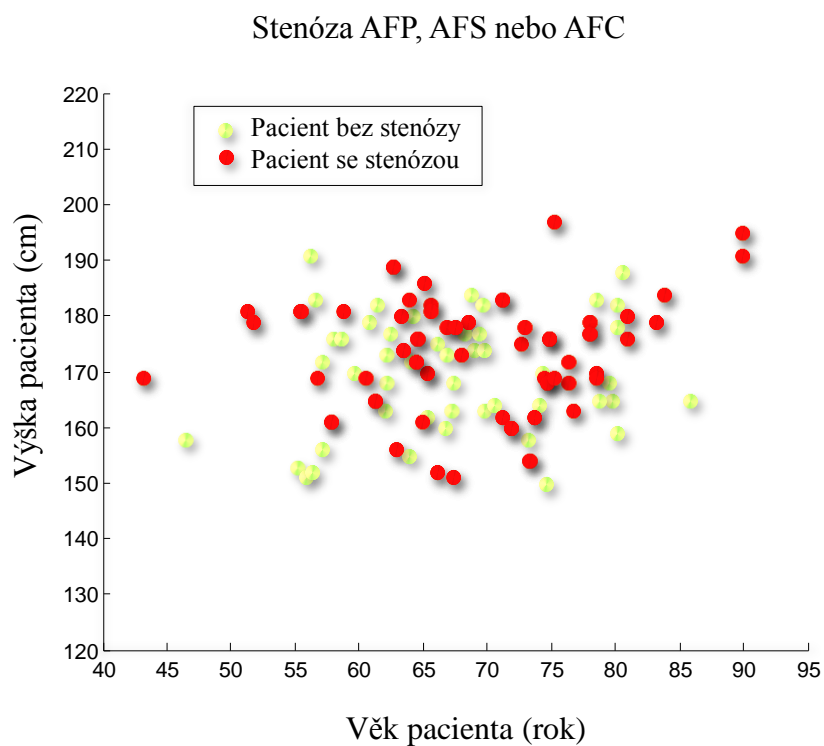
**Obr. 19** – Měření tepny pomocí CTA zobrazení, měřeno od bifurkace do minimálního průměru 2 mm



**Obr. 20** – četnost mužů a žen ve sledovaném souboru 100 pacientů, rozdělení podle věku



**Obr. 21** – Pacienti vhodní k odběru RDACFL dle CTA studie rozdělení podle věku.



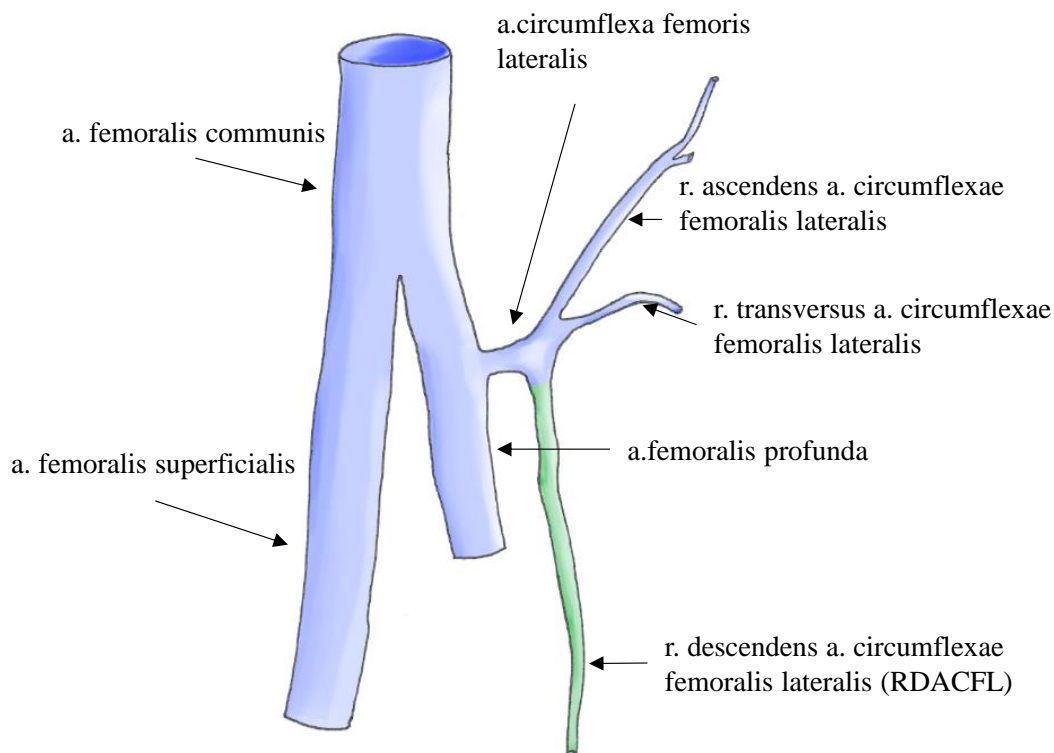
**Obr. 22** – Pacienti vhodní pro CABG (stenóza 0-2) s vyloučením morfologických abnormalit (významná gracilita, průměr méně než 2mm).

## 4.2. Chirurgická dostupnost štěpu

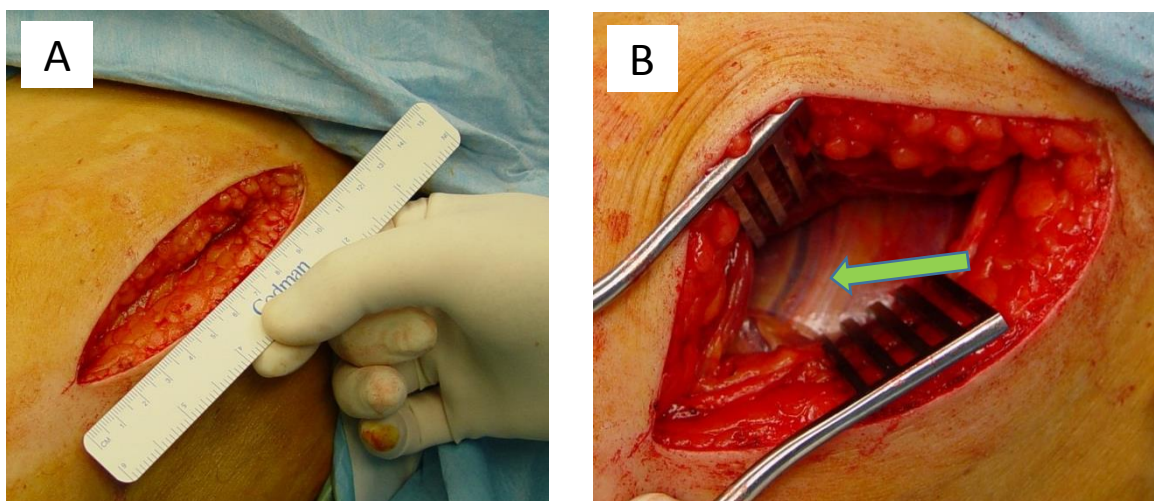
Celkem jsme na našem pracovišti odebrali při kardiochirurgickém výkonu 27 štěpů u 27 pacientů. Z toho 12 jich bylo odebráno v letech 2003-4 a 15 v roce 2013. Z celkového počtu se nepoužil odebraný štěp pro revaskularizační výkon pouze v jednom případě. Důvodem byla jeho výrazná hypoplazie s technicky nemožnou konstrukcí bypassu (nebyl zařazen do studie, rok 2003). Z chirurgického hlediska se jedná o snadno a rychle dostupný štěp. Průměrná doba odběru se nyní pohybuje okolo 20 minut (dříve 30-40 min). Nezaznamenali jsme žádné komplikace v místě odběru. Neobjevilo se výrazné krvácení, infekce, dehiscence ani senzitivní (parestézie nebo hypestézie) nebo motorický deficit. U žádného z případů jsme nezaznamenali diskomfort ze strany pacienta v místě odběru.

Jizva se v lokalitě stehna hojí velmi rychle a neznamená pro pacienta žádné omezení ve smyslu pohybu a rehabilitace. Je zde i kosmetický benefit.

Z anatomického hlediska se céva nacházela podle předpokladu na anatomicky stálém místě a nebyl tedy problém cévní svazek lokalizovat (obr. 24). Dle předpokladu a v souladu s CT angiografií se u části cév vyskytovala vysoká bifurkace nebo větší svalové větve. Tento náález ale neznemožnil odběr kmene RDACFL, použitelný pro konstrukci bypassu.



**Obr. 23** – Nejčastější anatomická pozice odstupu RDACFL z arteria circumflexa femoralis lateralis



**Obr. 24** – A) Incize vedená v ose spina iliaca anterior superior k laterálnímu kondylu tibie délky asi 12 cm. B) Mezi hlavami quadricepsu zřetelně viditelný nervově cévní svazek RDACFL, označen zelenou šipkou.

Ve srovnání s odběrem jiných tepenných štěpů přináší odběr RDACFL komfort. Není nutno manipulovat a polohovat tělo při operaci, nenaruší zvyklé poziční pořadí operátora (asistence), instrumentářky a perfuziologa u operačního stolu. Není nutné krajinu odběru dodatečně desinfikovat a vystavovat se tím zvýšenému riziku infekce.

### **4.3. Histologické hodnocení přítomnosti sklerotických změn RDACFL**

Na našich preparátech odhadujeme tloušťku stěny ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis na 1 mm, vasa vasorum však na řezech spolehlivě nezachycujeme, pouze periadventiciální cévy. Naopak, zachytili jsme opakovaně přítomnost nervi vasorum.

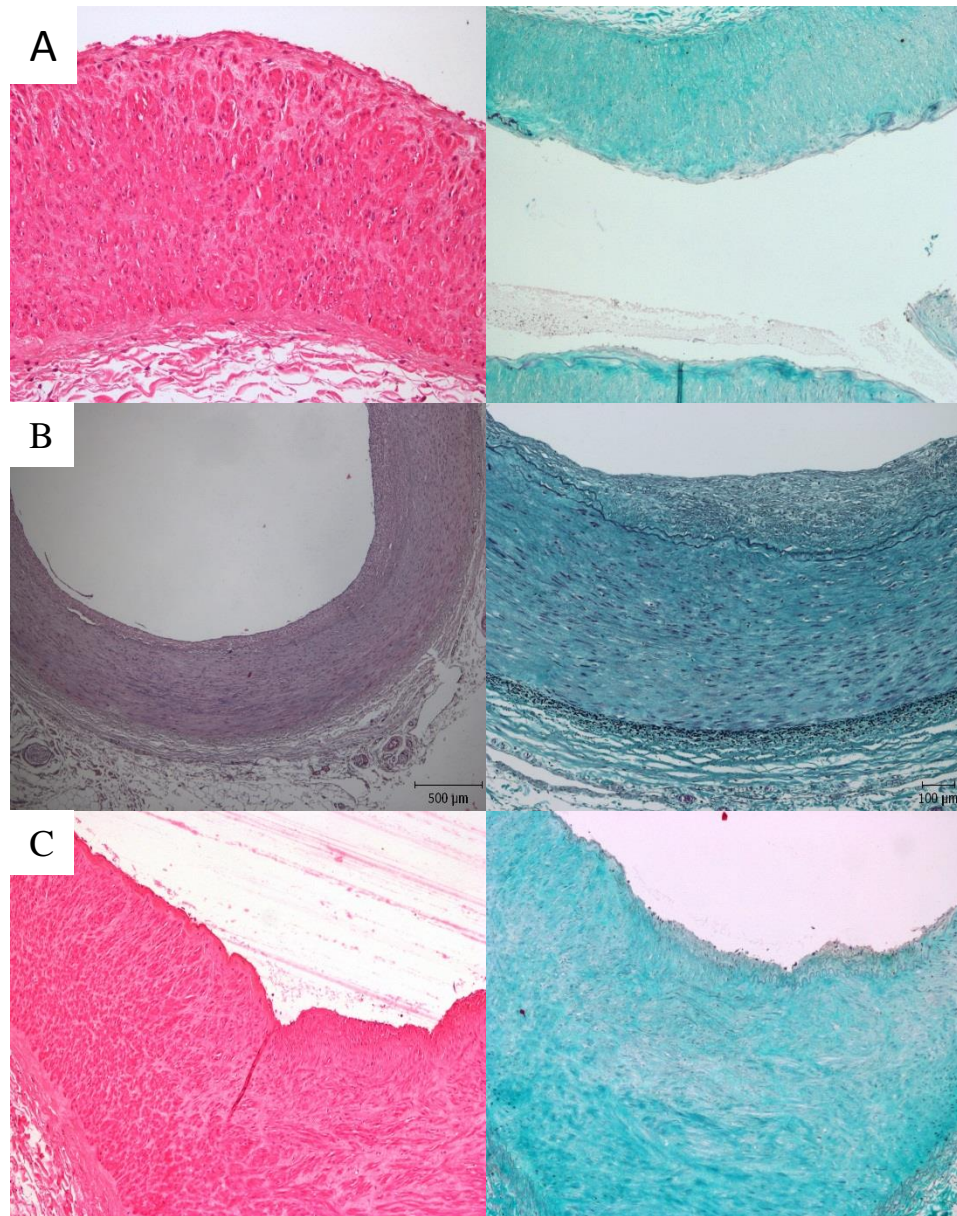
V 15 z 20 analyzovaných vzorků ze sekčního materiálu a u 13 z 15 vzorků použitých jako cévní konduit při koronární rekonstrukci, nebyly objeveny žádné aterosklerotické změny. Arterie obklopovala okolní tkáň spojená s adventicií, která zahrnovala jak vasa vasorum, tak nervi vasorum. Tloušťka stěny se pohybovala mezi 340-500  $\mu\text{m}$ . V sedmi případech bylo zjištěno fokální zesílení intimy. U tří vzorků byla pozorována excentrická hypertrofie. Většina vzorků měla normální tloušťku intimy bez známek proliferace nebo zánětlivé infiltrace. Také lamina elastica interna byla dobře zachovaná. V žádném vzorku se neobjevily pěnové buňky, kalcifikace, fibromuskulární kryt (čepička). Také nebyly zaznamenány kalcifikace,

neovaskularizace, zánětlivá infiltrace a žádné jiné známky aterosklerotických lézí ve všech vyšetřovaných vzorcích RDACFL, které byly zahrnuty do této studie. Můžeme tedy očekávat vyšší incidenci spasmů než u somatických nebo splachnických tepen.

Histologická analýza demonstruje absenci nebo velmi nízkou prevalenci aterosklerotických lézí a žádné z nich nebyly pokročilé. Tento sklon k minimálnímu nebo žádnému aterosklerotickému procesu u pacientů, kteří podstoupily CABG s RDACFL je velmi podobný, jaký byl popsán při použití arteria thoracica interna (Sisto et al., 1989; Wharton et al., 2005). Neobjevili jsme žádnou publikovanou srovnatelnou studii histologické analýzy RDACFL. Nicméně RDACFL je končetinová muskulární tepna klasifikovaná jako spastický typ III (He, 1999, 2013).

Následující tři dvojice přehledných obrázků, představují histologické nálezy vzorků RDACFL (obr. 26). Dva byly odebrány na operačním sále, kde byl zbytek cévy použit jako tepenný graft pro koronární rekonstrukci. Jeden vzorek pochází ze sekčního materiálu. Jedná se pouze o několik vybraných vzorků vzhledem k jejich obdobným histologickým výsledkům. Ve všech případech znázorňuje levý (první) snímek barvení hematoxylin-eozin a druhý (pravý) snímek barvení Verhoeff - hematoxylin a zelený trichrom. Zobrazení všech ostatních vzorků se stejným barvením přikládáme v přehledové tabulce.

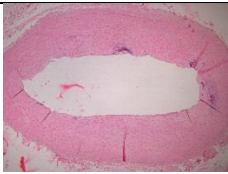
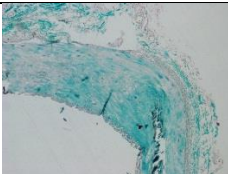
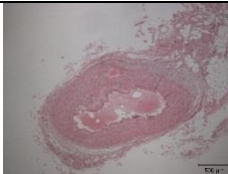
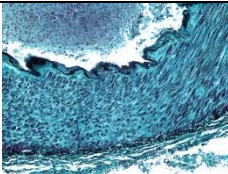
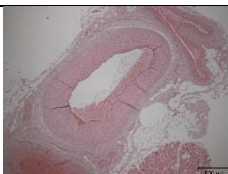
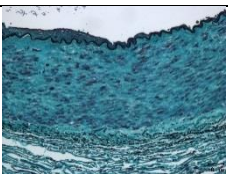

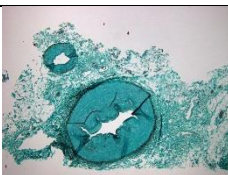
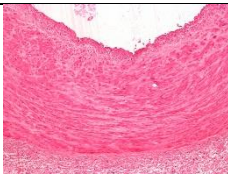
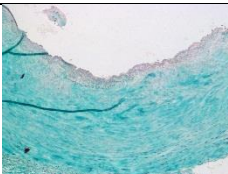
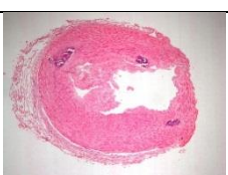
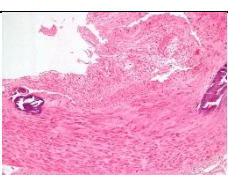
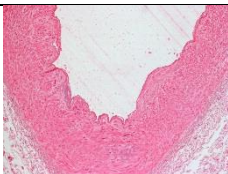
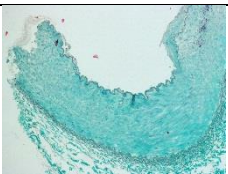
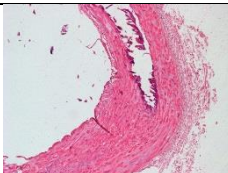
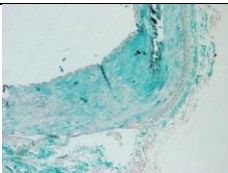


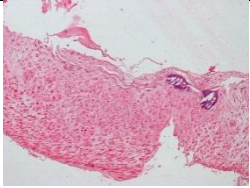
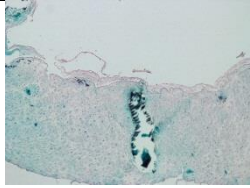
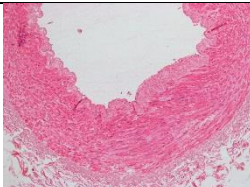
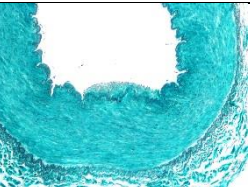
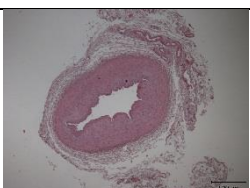
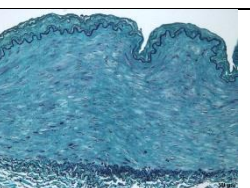
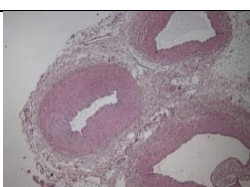
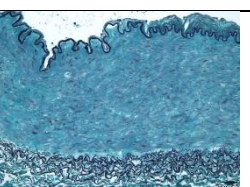
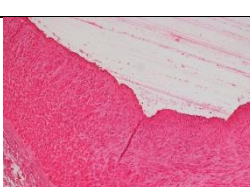
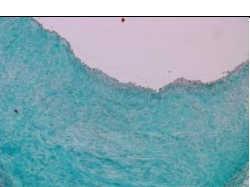


**Obr. 25** – (A) Vzorek č. 8 (část RDACFL, která byla použita jako tepenný graft), muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn. (B) Vzorek č. 10 (část RDACFL ze sekčního materiálu), muskulární arterie s adventicií, mírná excentrická hypertrofie intimy. (C) Vzorek č. 5 (část RDACFL, která byla použita jako tepenný graft), muskulární arterie s adventicií, mírně zesílená intima, která však nenaplnuje kritéria ani iniciální aterosklerotické léze typu I dle Staryho a American Heart Association (céva je bez depozit lipidů v pěnových buňkách) (Stary HC, 1994), (Stary HC, 1995), (Stary HC, 2000)

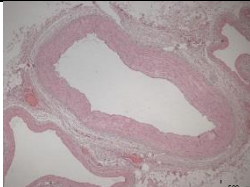

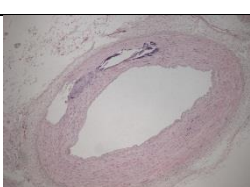

Pro celistvost uvádíme v tabulce histologické nálezy i zbývajících vzorků z cév použité jako CABG.

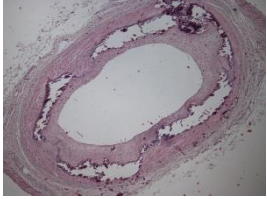
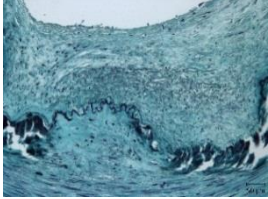
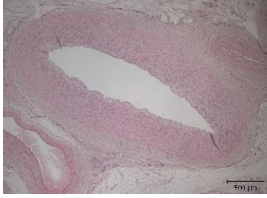
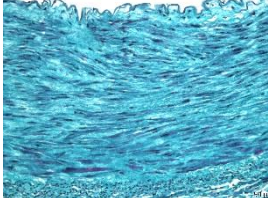
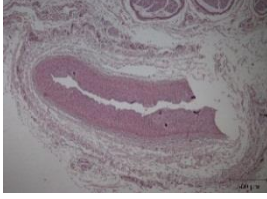
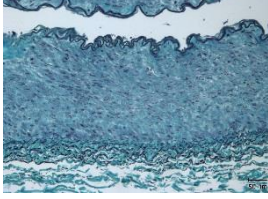
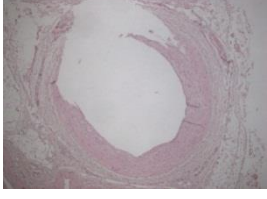
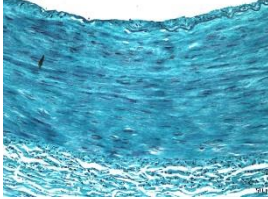
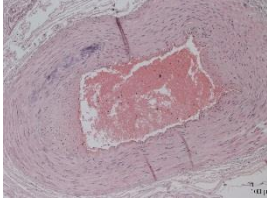
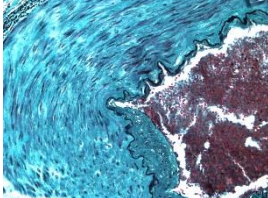
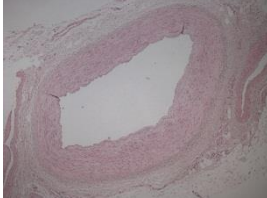
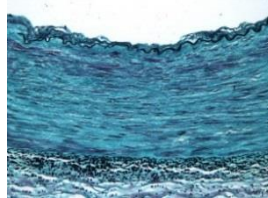
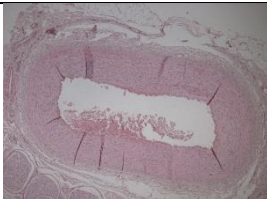
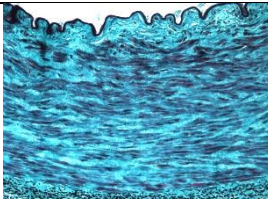
**Tabulka 10** – Histologie vzorku nativní RDACFL - odběr během revaskularizace myokardu, RDACFL použita jako graft (vzorek 1-15)

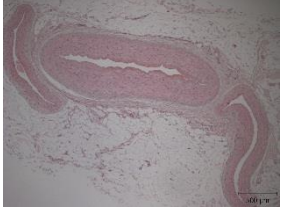

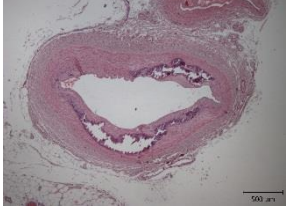
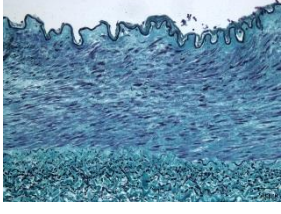
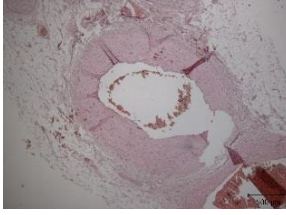
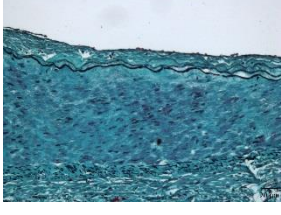
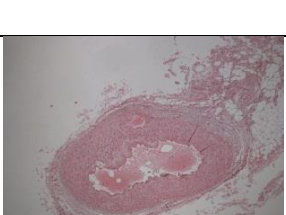
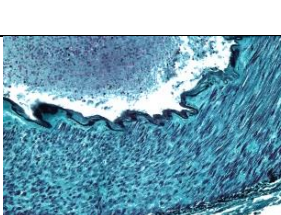
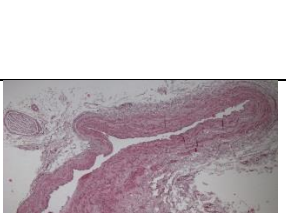
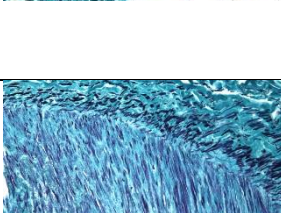
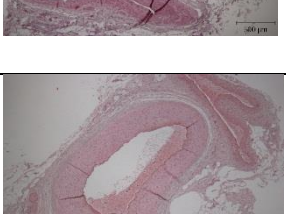
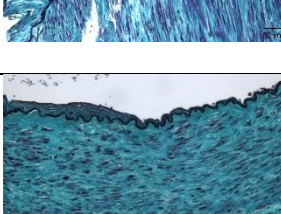
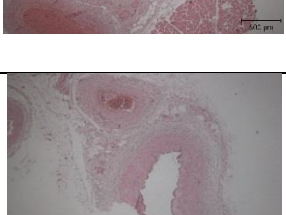
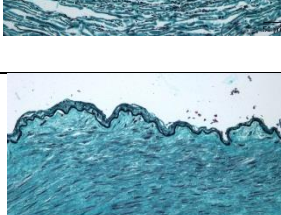
		vzorek č. 1, drobná muskulární tepna odebraná včetně adventicie, bez aterosklerotických změn
		vzorek č. 2, drobná muskulární tepna odebraná včetně adventicie, bez aterosklerotických změn
		vzorek č. 3, drobná muskulární tepna odebraná včetně adventicie, místy zesílená intima
		vzorek č. 4, muskulární arterie s adventicií, zdá se být spastická, má jen zesílenou intimu, která však nenaplnuje kritéria ani iniciální aterosklerotické léze typu I dle Staryho a AHA (céva je bez depozit lipidů v pěnových buňkách)
		vzorek č. 6, muskulární arterie s adventicií, jen málo zesílené subendoteliální vazivo, bez aterosklerotických změn
		vzorek č. 7, muskulární arterie s adventicií, shrnutá intima a v medii tři ložiska – koagulovaná tkáň (ovlivnění odběrem) či kalcifikace? Bude dále prokrájena. Bez aterosklerotických změn.
		vzorek č. 9, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn.
		vzorek č. 10, muskulární arterie s adventicií, v medii ostře ohraničené ložisko rozpadlé tkáně bez zánětlivých změn – může být ovlivněno odběrem? Bez aterosklerotických změn.

		vzorek č. 11, muskulární arterie s adventicií, v medii ostře ohraničené ložisko rozpadlé tkáně bez zánětlivých změn – může být ovlivněno preparací či odběrem? Bez aterosklerotických změn.
		vzorek č. 12, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn.
		vzorek s č. 13, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn
		vzorek s č. 14, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn
		vzorek č. 15, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn

**Tabulka 11** - Histologie vzorku RDACFL ze sekčního materiálu (1-20)

		vzorek č. 1, muskulární arterie s adventicií, tenká intima, bez jakýchkoli aterosklerotických změn
		vzorek č. 2, muskulární arterie s adventicií, v medii ostře ohraničené ložisko rozpadlé tkáně bez zánětlivých změn – patrně odběrový artefakt. Bez aterosklerotických změn.

		<p>vzorek č. 3, muskulární arterie s adventicií, v medii ostře ohraničená ložiska rozpadlé tkáně bez zánětlivých změn – patrně odběrový artefakt. Excentrická hypertrofie intimy.</p>
		<p>vzorek č. 4, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn.</p>
		<p>vzorek č. 5, část průřezu muskulární arterií s adventicií, bez aterosklerotických změn.</p>
		<p>vzorek č. 6, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn.</p>
		<p>vzorek č. 11, muskulární arterie s adventicií, mírná fokální hypertrofie intimy</p>
		<p>vzorek č. 12, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 13, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn</p>

		<p>vzorek č. 14, muskulární arterie s adventicií, mírné excentrické zesílení intimy</p>
		<p>vzorek č. 15, muskulární arterie s adventicií, ložiska koagulace v medii bez zánětlivé reakce vzniklá patrně jako odběrový artefakt, bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 16, muskulární arterie s adventicií, ložiska koagulace v medii bez zánětlivé reakce vzniklá patrně jako odběrový artefakt, bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 17, muskulární arterie s adventicií, ložiska koagulace v medii bez zánětlivé reakce vzniklá patrně jako odběrový artefakt, bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 18, muskulární arterie s adventicií, nevhodná orientace tangenciálního až šikmého řezu cévní stěnou, nicméně lze vyhodnotit, že tepna je bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 19, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn</p>
		<p>vzorek č. 20, muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn</p>

#### 4.4. Praktické použití RDACFL k revaskularizaci myokardu a jeho krátkodobá průchodnost

Studie byla zaměřená na odběry uskutečněné v roce 2013 až 1/2014. O odběru bylo rozhodnuto v předoperační strategii podle vhodného koronarografického nálezu na koronárním řečišti, věku pacienta a (ne)přítomnosti dalších vhodných štěpů v případě kompletní nebo částečné tepenné revaskularizace. Celkem se odběr uskutečnil u 15 pacientů (obr. 27). RDACFL se vždy využila jako kompozitní štěp pro přemostění větví levé koronární tepny kromě RIA (obr. 28). V osmi případech se jednalo o přemostění RMS, v šesti případech o přemostění RD a v jednom případě byla tepna použita k revaskularizaci RIM. V jednom případě došlo k časné revizi s nutností konverze na žilní štěp pro technickou chybu anastomózy (přemostění RMS). V ostatních případech bylo na kontrolní CTA bypassů po 6-7 týdnech průchodných 12 bypassů. Ve dvou případech byly uzavřeny (obr. 29), v jednom případě byl uzávěr tepny doprovázen klinickými projevy (AP).

**Tabulka 12** – Definice souboru pacientů u kterých byla odebrána RDACFL, délka RDACFL v centimetrech

číslo pacienta	1	2	3	4	5	6	7
<b>pohlaví</b>	muž	muž	žena	muž	muž	muž	muž
<b>věk pacienta</b>	76	71	72	60	49	58	62
<b>BMI index</b>	29,3	28,9	21	23,4	26,1	22,2	28,4
<b>délka odebrané RDACFL (cm)</b>	11	13,8	13	7,7	9,6	11,3	9,1
<b>Cílová přemostěná tepna</b>	RMS 1	RD	RMS	RD	RMS	RMS	RMS 2

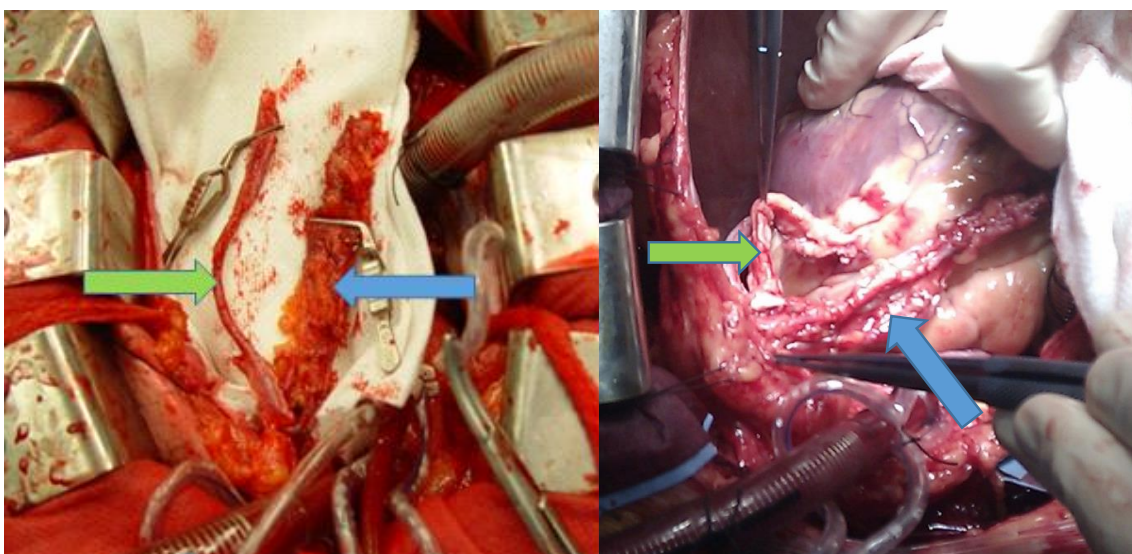
8	9	10	11	12	13	14	15	průměr
muž	muž	muž	muž	muž	muž	muž	muž	
64	67	68	71	68	62	62	63	<b>64,9</b>
29,1	24,7	22,8	29	29,1	27,4	25	20,8	<b>25,8</b>
13,7	9,2	6,7	9,2	8,5	12,6	11,5	13,4	<b>10,7</b>

RD	RMS	RIM	RMS	RMS	RD	RD2	RD	
----	-----	-----	-----	-----	----	-----	----	--

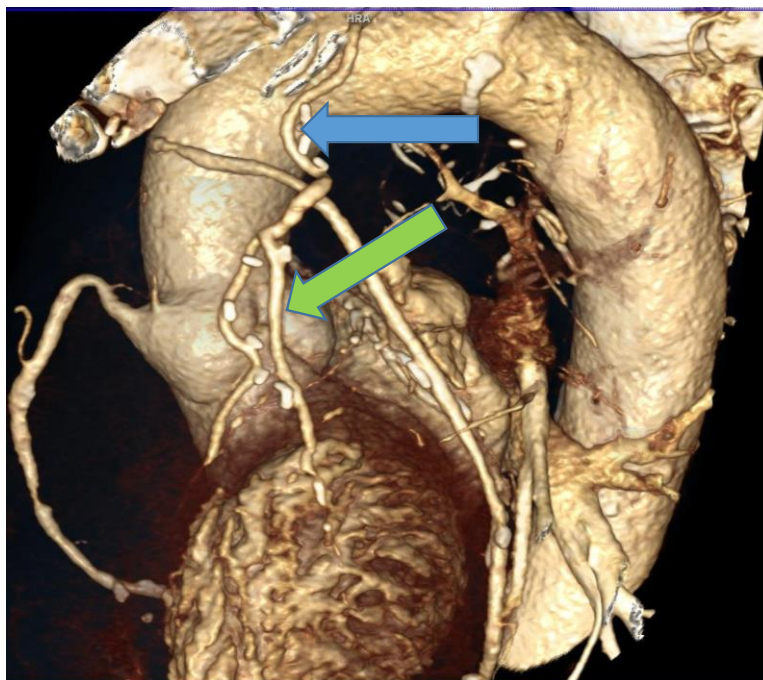


**Obr. 26** – Nativní tepna po dilataci fyziologickým roztokem – horní obrázek, nedilatovaná RDACFL po odběru – spodní obrázek

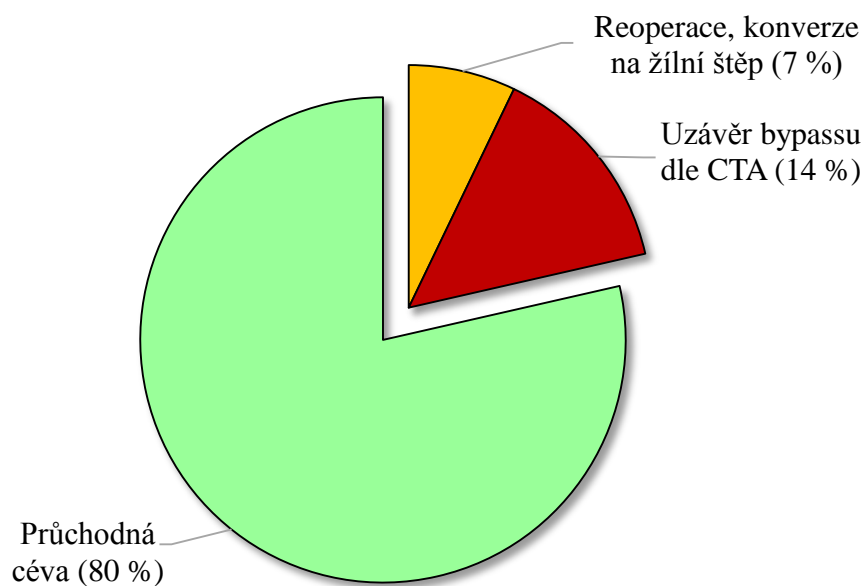
Doba odběru nebyla přesně zaznamenána, nicméně se pohybovala okolo 40 minut u prvních odběrů. Později se ustálila na přibližně 20 minutách +/- 5 minut. Nezaznamenali jsme žádné komplikace v místě odběru jako je krvácení, infekce, hematom, poruchu hojení, poruchu prokrvení DK, parestezie nebo denervaci svalu.



**Obr. 27** – Y -anastomóza RDACFL – LIMA, zelenou šipkou označena RDACFL, modrou šipkou označena LIMA (pedikl), na pravé obrázku RDACFL (zelená šipka) přemostňuje RD



**Obr. 28** – CTA zobrazení průchodného kompozitního Y bypassu LIMA-RDACFL. Modrá šipka označuje LIMA našitou na RIA, zelená šipka označuje RDACFL přemostvující RMS1.



**Obr. 29** – Průchodnost RDACFL na kontrolní CTA po šesti týdnech v procentech



Celková délka odebraného štěpu se pohybovala mezi 6 a 14 cm (obr. 24) a z každé cévy z proximálního konce byl odeslán vzorek délky asi 2-3 mm k histologickému posouzení přítomnosti a kvantifikaci aterosklerózy. Každá céva byla podobně jako radiální tepna dilatována před našitím fyziologickým roztokem. Ve všech případech byla tepna použita jako kompozitní Y graft s LIMA k přemostění ramus diagonalis (RD), ramus intermedius (RIM), nebo ramus marginalis sinister (RMS).

#### **4.5. Zastoupení vasa vasorum u prasečí aorty**

Byla určena hustota von Willebrand faktor pozitivních profilů vasa vasorum u 123 vzorků odebraných v pěti segmentech stěny aorty u pěti prasat stáří 0-230 dní (kapitola 3.7.). Tunica media hrudní aorty měla větší denzitu vasa vasorum s hloubkou penetrací mikrocév směrem do lumina aorty, než břišní část aorty. Hustota vasa vasorum v tunica media i adventicii se postupně snižovala se stářím prasete. Hloubka, do které vasa vasorum penetrovala a kde se nacházely její větve, odpovídala proporcionálně stáří a růstu medie. Aortální segmenty si zachovaly jejich relativní proporce mezi tloušťkou medie a adventicí během růstu. Tunica media starších prasat měla méně, ale rovnoměrně distribuovanou vasa vasorum. Větší hustota vasa vasorum v medii byla signifikantně propojena s větší tloušťkou medie a větším zastoupením elastické frakce (tato data byla získána z jiné studie vycházející ze stejných vzorků). Imunohistochemická kvantifikace ukázala hlubší pronikání vasa vasorum do tunica media, dosahující krajních vrstev cévní stěny, které byly dosud považovány za avaskulární. Mapování profilu hustoty a rozložení vasa vasorum, slibuje potenciál pro studie aorty na experimentálních prasečích modelech. Můžeme mezi ně zařadit model aterosklerotického procesu, zánětlivé neorevaskularizace, aneurysma aorty a distribuci léčit z aortálních stentů. Podrobný popis techniky měření, hodnocení histologických preparátů a kompletních výsledků je v příloze 10. (Článek - Vasa vasorum in the tunica media and tunica adventitia of the porcine aorta).

## 5. DISKUZE A HODNOCENÍ

Komplexní pohled na chirurgickou léčbu ischemické choroby srdeční přináší snahu o hledání nových technologií, strategií a v neposlední řadě snahu o nalezení vhodných štěpů vhodných pro revaskularizaci myokardu. Zatímco posun v nových konkrétních technologiích je více než markantní, hledání nových štěpů, které by splňovaly všechny nároky pro optimální revaskularizaci je stále spíše předmětem výzkumu. Důvodem rychlého technologického pokroku je především ekonomický benefit pro společnosti, které tyto technologie vyvíjejí, nabízejí a distribuují. Jedná se především o instrumentarium, šicí materiály, endoskopické vybavení, stabilizátory na operace bez mimotělního oběhu (OPCABG), zobrazovací techniku, optiku, minimalistické systémy krevního oběhu, dočasné oběhové podpory a mnoho dalších. Druhým důvodem je relativní vyčerpání a dlouholetá stabilizace a ověření tradičně používaných autologních cévních náhrad. Z těchto důvodů je především ekonomický zájem o nalezení nebo ověření nových zdrojů štěpů výrazně menší. Změnu by mohl přinést výzkum, zabývající se nanotechnologií. V případě existence dlouhodobě úspěšných nano-materiálů, vhodných pro konstrukci koronárního bypassu, jistě dospějeme k jejich rychlému rozšíření a zájmu o tyto technologie.

Nicméně stále existuje elementární snaha nejen kardiochirurga, mít možnost širokého výběru autologních štěpů pro zvolení optimální strategie revaskularizace.

V současné době je autologní tepna nebo žíla, která je odebraná jako nativní štěp bez dalšího ošetření v začátku operace srdce, standardním postupem k získání štěpů. Celosvětově uznávanou a na většině pracovišť používanou kombinací štěpů, je odběr stopkaté levostranné mammární tepny (LITA) a její našíť na ramus interventricularis anterior (RIA). Toto přemostění, zpravidla největší koronární cévy s největším povodím pro zásobení LKS, je na mnoha studiích prokázáno jako nejefektivnější z hlediska funkce a dlouhodobosti. Druhým dnes nejčastěji používaným štěpem je vena saphena magna (VSM), která doplňuje LIMA pro přemostění ostatních koronárních cév. Nejčastěji v pozici aortokoronárního bypassu (jednoduchý, skákavý, sekvenční). Mezi další hojně používané štěpy patří pravostranná mammární tepna (RIMA) a radiální tepna (RA). Způsob odběru štěpů je závislý na zvyklostech jednotlivých pracovišť, potažmo chirurga. Zpravidla jde o rozhodnutí mezi odběrem štěpu otevřenou chirurgickou cestou nebo endoskopicky. Je třeba zmínit i robotický přístup, který se začíná na některých pracovištích uplatňovat při mini-invazivních výkonech – TECAB (totally endoscopic coronary artery bypass). Tím se dnes rozumí především izolované přemostění RIA. Dalším způsobem je odebírání štěpu (tepenného) s valem přiléhající tkáň – pediklem (fascie, tuk,

doprovodné žíly) nebo skeletizaci cévy. Tedy zbavení štěpu všech okolních tkání. Tento způsob se prakticky vždy uplatňuje při odběru žilního štěpu, u tepenného štěpu má své výhradní odpůrce i zastánce. Výhodou odebírání pediklu je minimální riziko poranění tepny, malý sklon k jejímu spazmu, kratší doba odběru. Výhodou skeletizace je relativně větší dostupná délka, ozřejmení a důsledné ošetření (hemostatickým klipem) všech odstupující větví, snazší konstrukce sekvenčních anastomóz a podle některých studií i větší průtok cévou před našitím (bez periferní rezistence). Po našití nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly v průtoku. Velkou nevýhodou skeletizace je možná tvorba krevních efuzí v adventicii s tvorbou intraluminárních mikrotrombů a možným poraněním vasa vasorum (Noera et al., 1993, Gaudino et al., 2003). I přes to nebylo prokázáno poškození endotelu mammární tepny (Deja et al., 1999, Yoshikai, 2004).

Vzhledem k těmto znalostem se na našem pracovišti vždy přikláníme k odběru celého pediklu tradiční technikou pomocí koagulace tkáně, v kombinaci s klipováním, podvazem větví nebo pomocí harmonického skalpelu.

Podle našeho názoru je vhodné rozšířit portfolio dostupných autologních tepenných štěpů. K této domněnce nás přivádí několik důvodů. Především je to relativní diverzifikace věkové skladby pacientů. Trendem je operovat stále starší věkové skupiny, dnes se již téměř rutinně podrobují revaskularizaci myokardu osmdesátníci. Na druhou stranu, vlivem nezdravého životního stylu ve spojení se stresem a úbytkem přirozeného pohybu se začínají objevovat stále mladší pacienti, s často již značným aterosklerotickým postižením cév. U nich je snaha o plnou tepennou revaskularizaci nebo alespoň revaskularizaci v povodí ACS. V rámci našeho pracoviště se dlouhodobě počet plně tepenných revaskularizací pohybuje mezi 10 a 15 % (obr. 30). V posledních dvou letech však tento počet na našem pracovišti poklesl v souvislosti s nově fungující ambulancí chlopenních vad, který vede k nárůstu chlopňových nebo kombinovaných výkonů. Tyto výkony zatím nepovažujeme za vhodné pro použití RDACFL pro relativně vyšší technickou náročnost tepenné revaskularizace. Dále přibývá skupina pacientů, kteří byli primárně ošetřeni katetrizační technikou (PCI). Ta má i přes své značné pokroky v kvalitě implantovaných stentů (DES – drug eluting stent) své omezené možnosti. Ty jsou dány jak lokalizací stenózy, tak dlouhodobou průchodností stentů (Barsoum et al., 2016, Ranari et al., 2015). Poslední skupinou, která nabádá k hledání nových štěpů, jsou reoperace po chirurgické revaskularizaci myokardu pomocí autologních graftů. Rozmach kardiocenter v devadesátých letech, doprovázený zvýšeným počtem revaskularizačních operací, dnes přináší vyšší počet pacientů indikovaných k reoperaci při nemožnosti jiné léčby.

Všechny tyto důvody, vedou k jistě oprávněné snaze nalézt vhodný alternativní tepenný štěp, který splňuje všechny podmínky pro použití v koronární chirurgii. Je tedy snadno a rychle dostupný, odběr způsobí minimální traumatizaci tkáně, je dostatečně dlouhý a průměrem odpovídá průměru koronárního řečiště. Odběrem nezpůsobíme ischemii odběrového místa, ani jiné komplikace. Dalším argumentem je nemožnost nebo nevhodnost odběru běžně používaných štěpů (kapitola 1. 8., 1. 9. a 1. 12.).

Tato práce se zabývá méně známým štěpem, spíše raritně používaným - ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis (RDACFL). V českých podmínkách se prakticky neuplatňuje, kromě odběrů uskutečněných na kardiochirurgickém oddělení FN Plzeň v letech 2003-4 a 2013, kdy bylo odebráno celkem 27 těchto tepenných štěpů. Do obsahu této práce byl zahrnut výzkum 15 cév odebraných v roce 2013 – 1/2014. Výsledkem bylo 12 průchozích bypassů na kontrolním CTA s odstupem 6-7 týdnů, což považujeme za úspěch. Došlo ke dvěma časným uzávěrům a v jednom případě jsme museli těsně po operaci přistoupit k operační revizi s konverzí RDACFL na žilní aortokoronární bypass.

Studie se zabývala posouzením anatomické stálosti, celkové délky a průměru cévy, zhodnocením anatomických variant a možném podílu na kolaterálním oběhu pro cévy v oblasti distálního femuru pomocí CTA. Výzkum se uskutečnil u 100 konsekutivních pacientů indikovaných k CTA tepen dolních končetin, nejčastěji na základě podezření na ICHDK. Výsledkem bylo konstatování, že pouze v 19 případech ze 100 byla céva s významnými sklerotickými změnami, přestože významné stenózy na pánevním a stehenním řečišti byly popsány v 72 případech (v 8 případech céva nebyla hodnocena pro svoji gracilitu). Celkem by podle CTA vyšetření u nemocných s pravděpodobnou významnou stenózou tepen DK, byl možný odběr u 68 nemocných (68%). To je poměrně vysoké číslo. Předpokladem je, že u pacientů bez klinických příznaků ICHDK by toto procento bylo ještě výrazně vyšší. Anatomická variabilita byla velmi malá a prakticky by neovlivnila možnost odběru cévy (kromě hypoplazie nebo gracility). Celková průměrná délka definovaného průměru 2 mm nativní (nedilatované) tepny byla 9.3 cm a zároveň nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi délkou RDACFL u muže a u ženy (obr. 31). Což zařazuje tepnu mezi štěpy použitelné jak k samostatnému aortokoronárnímu bypassu, tak především k využití kompozitní rekonstrukce ve spojení s levostrannou mamární tepnou. Vedlejším zajímavým nálezem bylo prokázání nezávislosti délky štěpu na tělesné výšce pacienta, což bylo pro nás spíše překvapením.

Před odběrem RDACFL by mělo být zřejmé, zda je či není důležitou kolaterálou při významném aterosklerotickém postižení velkých tepen femorálního

řečiště. Důkladné zmapování kolaterálního řečiště u ischemické choroby dolních končetin provedl Wooten et al. (2014) a nedávno bylo toto téma opět diskutováno (Anwar and Aydin, 2015). RDACFL je známou kolaterálou při okluzi cév ve femoropopliteální oblasti, což může zabránit jejímu odběru. Byla publikována práce, zabývající se částečnou nekrózou chodidla a lýtka způsobenou přerušáním RDACFL, která představovala kritickou kolaterálu pro perfuzi popliteálního řečiště při okluzi povrchové femorální tepny (Hage and Woerdeman, 2004). Sakakibara et al. (1999), navrhuje zachovat a neodebírat RDACFL většího kalibru pro její možnou významnou roli v kolaterálním průtoku krve tepen DK. Další autoři naopak zdokumentovali vysokou průchodnost a výbornou adaptaci lumen u 32 pacientů, u kterých byla RDACFL použita jako CABG, ale vzhledem k vysoké incidenci anatomických variací navrhují zavést povinnou předoperační angiografii tepen DK k posouzení anatomických poměrů (Gaiotto et al., 2013).

Podle našeho názoru není předoperační CTA RDACFL indikována, pokud nejsou přítomné žádné anamnestické, klinické, popřípadě sonografické (Dopler) známky ICHDK. Domníváme se, že zátěž vyšetřovacího procesu a podání kontrastní látky může být pro pacienty vyšším rizikem (nefropatie spojené s aterosklerózou, DM s mikroangiopatií) než zjištění, že tepna není vhodná k odběru až během operace. Postup, který jednoznačně preferujeme pro možnost odběru RDACFL je palpační vyšetření periferních pulzací na DK, ověřené Doplerem a jednoznačná negativní anamnéza stran ICHDK. Podobný mechanismus existuje i u všech ostatním rutinně odebíraných tepenných štěpů, který se vymezuje pouze na klinické nebo někdy i na neinvazivní vyšetření, které nejsou rizikem pro pacienta.

Kardiochirurg je vždy postaven do situace vhodného výběru a optimální kombinace štěpů pro koronární rekonstrukci. Musí vzít v úvahu především rozsah postižení koronárního řečiště, urgentnost výkonu, klinický stav a věk pacienta, všechny přidružené choroby a jeho mobilitu. Někdy je kardiochirurg také omezen přáním pacienta, který preferuje nebo si naopak nepřeje odběr konkrétního štěpu z různých důvodů. Pokud má chirurg na výběr, snaží se vyjít pacientovi vstříc.

Pokud budeme hodnotit pohodlnost a rizikovost odběru tepenných štěpů, které doplňují a. mammaria interna, lze posuzovat několik kritérií. První je délka a kvalita štěpu. V tomto ohledu je optimálním štěpem radiální tepna, jejíž délka pohodlně dosahuje kolem 20 cm. Na druhém místě, co do délky, je gastroepiploická tepna, která je dostatečně dlouhá pro přemostění spodní a přilehlé boční stěny. U a. radialis ale musíme vzít v úvahu poměrně velký zásah do měkkých struktur předloktí, s rizikem poranění několika nervů a hlavně riziko možného projevu námahové ischemie. U gastroepiploické tepny musíme otevřít peritoneální dutinu, tím se zvyšuje náročnost

dvoudutinového výkonu. Je zde riziko krvácení do dutiny břišní, možný sklon k tvorbě kýl (epigastrická, hiátová) a možnost postprandiální ischemie spodní stěny z útlaku stopkatého štěpu.

Z našeho pohledu je vhodné uvažovat o použití RDACFL v případě nedostatku jiných optimálních štěpů, vhodných k revaskularizaci u konkrétního pacienta (tepenná revaskularizace). Optimální využití má RDACFL při konstrukci kompozitního štěpu v kombinaci s LIMA. Cílem je přemostění větví bočné a přední stěny mimo RIA. Optimálně RD, RIM nebo RMS.

Další otázkou zůstává skutečná délka dostupného štěpu. Naše odběry vycházely z předpokladu ukončit proximálně odběr bezpečně před odstupem ascendentní větve. Tento předpoklad vychází z anatomického popisu možného významu pro zásobení ventrální strany kyčelního kloubu (RAACFL). Je to ovšem předpoklad diskutabilní vzhledem k délce a průměru nativní cévy dle CTA (RAACFL). Pokud by se potvrdil předpoklad možného odběru celé ACFL, délka štěpu by se podle našeho názoru zvýšila asi o 5- 8 cm.

Histologická analýza demonstruje absenci nebo velmi nízkou prevalenci aterosklerotických lézí, z nichž žádné nebyly pokročilé. Tento sklon k minimálnímu nebo žádnému aterosklerotickému procesu u pacientů, kteří podstoupily CABG s RDACFL je velmi podobný nálezu, který byl popsán při použití arteria thoracica interna (Sisto et al., 1989; Wharton et al., 2005). Neobjevili jsme žádnou publikovanou srovnatelnou studii histologické analýzy RDACFL. Nicméně RDACFL je končetinová muskulární tepna klasifikovaná jako spastický typ III (He, 1999, 2013). Většina vzorků nejevila žádné známky aterosklerózy. Během vyšetření jsme neobjevili žádnou kalcifikaci, neovaskularizaci, atherom nebo zánětlivou infiltraci. Pouze u několika vzorků bylo pozorováno fokální ztlustění intimy (obr. 26). Zde se potvrdil náš předpoklad, že je tato céva, podobně jako mammární nebo radiální tepna k tomuto procesu vysoce odolná.

Poslední část práce se krátce dotkla výzkumu hustoty a rozložení vasa vasorum u prasečí aorty. Na této práci jsem se podílel jako spoluautor, který poskytl pohled na možné praktické využití prasečí aorty z pohledu kardiochirurga. Předpokládám, že část výzkumu zabývajícího se prasečí aortou, bude v budoucnu možno transformovat na poznatky související se stěnou lidské aorty a posunout tak celkový náhled na scendentní aortu (nejen), která je jedním z nečastěji intervenovaných míst v kardiochirurgii. (Kapitola 10. PŘÍLOHY – Vasa vasorum in the tunica media and tunica adventitia of the porcine aorta).

## 5.1. Doporučení

Je zřejmé, že není jednoznačně stanovený protokol pro odběr RDACFL jako tepenného štěpu, nicméně podle našeho názoru je vhodné vyvarovat se odběru při zjištění již mírného stupně ICHDK podle anamnestického a klinického vyšetření.

Pacient vhodný k odběru je z našeho hlediska mladší pacient, u kterého plánujeme kompletní vícečetnou tepennou revaskularizaci nebo je indikován k reoperaci a má tedy již spotřebovány jiné tepenné štěpy.

V případě pochybností o přítomnosti ICHDK nebo v případě již spotřebovaných jiných štěpů je jistě vhodné zvážit předoperační CTA RDACFL.

## 5.2. Limitace studie

Účelem naší studie nebylo vyprodukování dat o dlouhodobé průchodnosti RDACFL, protože taková studie již byla publikována, (Fabbrocini et al., 2003). Ačkoliv měly všechny vyšetřované skupiny podobný průměrný věk (100 pacientů CTA, 15 pacientů podstoupilo revaskularizaci myokardu, 20 kadáverů), lišila se skupina podrobená CTA vyšetření především významně častější přítomností významných aterosklerotických změn v oblasti distální aorty, pánevních a stehenních tepen, což se jasně projevilo i vyšším výskytem aterosklerotického postižení RDACFL. Tato nekonzistence v metodice byla dána indikačním kritériem CTA u relativně velkého počtu vyšetření. Z tohoto důvodu nešlo o běžnou populaci ani stran přítomnosti aterosklerózy, ani rozdělení podle pohlaví. Lze tedy konstatovat vyšší přesnost popisu anatomických variant a rozměrů cévy, než hodnocení přítomnosti výrazných aterosklerotických změn RDACFL dle CTA.

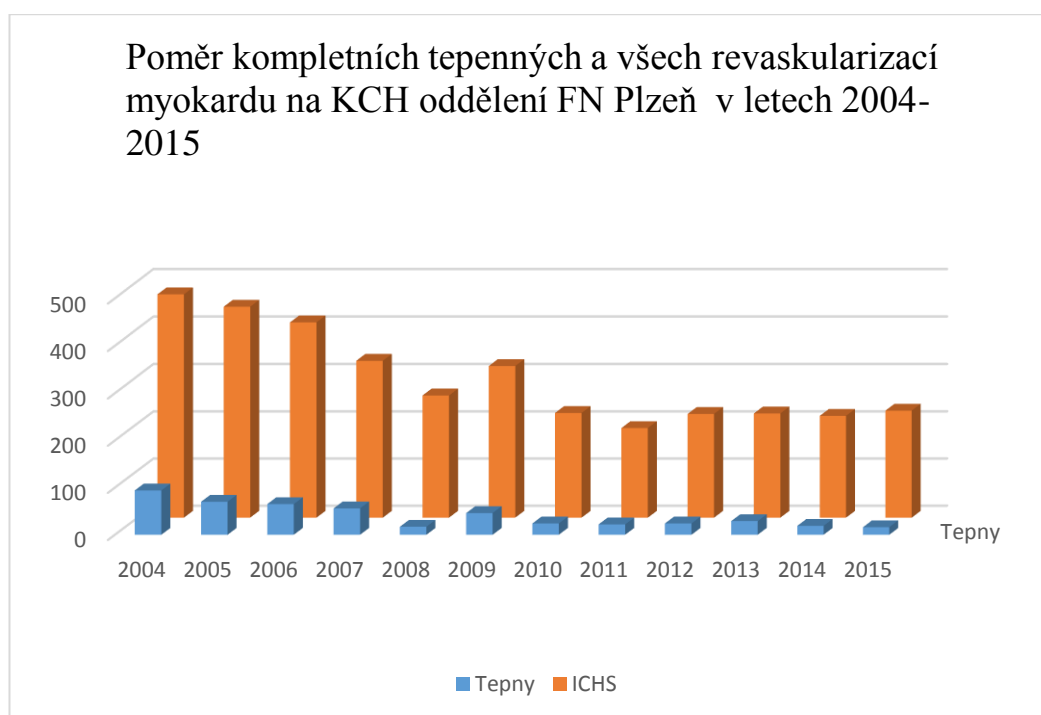
Studie se zaměřila na morfologii cévy, ale již se nezabývala endoteliální funkcí, ani reakcí cévy na různá vazoaktivní farmaka.

V histologické části byl ve skupině operovaných (15 vzorků) z důvodu zachování optimální délky štěpu hodnocen jen asi 4 mm dlouhý úsek proximální části cévy. U vzorků odebraných zemřelým, jsme měli omezené anamnestické informace o přítomnosti ICHDK, nicméně v odebraných vzorcích se nenašlo významné aterosklerotické postižení RDACFL.

Anatomická variabilita cévy je malá až průměrná. Kromě hypoplazie a gracility by nám žádná jiná námi zjištěná anatomická varieta neznemožnila odběr. Z 27 celkem odebraných tepen byla pouze jedna nepoužita pro malý průměr (12x v roce 2003, 15x v roce 2013).

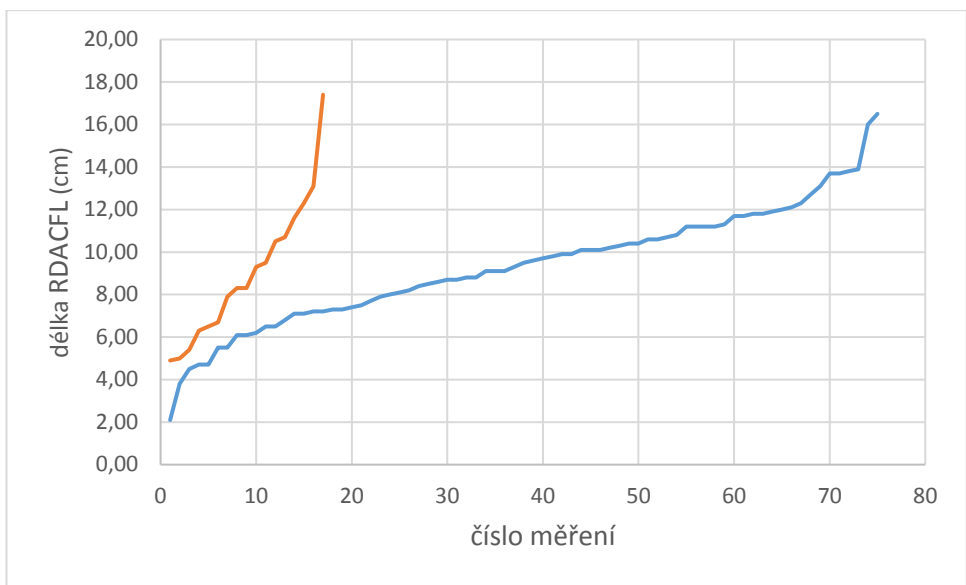
V současné době tedy můžeme tepnu doporučit jen jako alternativní tepenný štěp, který jistě nenahradí běžně užívané štěpy. Nicméně se domníváme, že jsme pootevřeli cestu pro další testování a použití RDACFL jako alternativního tepenného štěpu pro kompletní nebo částečnou koronární revaskularizaci s použitím kompozitního štěpu u pečlivě vybraných pacientů bez diabetické angiopatie, neuropatie a především bez přítomnosti ICHDK.

Celkově lze konstatovat, že studie potvrdila možnost odběru RDACFL jako alternativního tepenného štěpu. Otevírá se tedy možnost využít této tepny v řadě dalších případů, kdy chirurg potřebuje „kousek“ tepny k přemostění jedné nebo dvou větví v povodí ACS. Optimálním pokračováním této studie by jistě bylo sledování středně a dlouhodobé průchodnosti tepny.



**Obr. 30** – Poměr počtu tepenných revaskularizací (označeny modře) k počtu všech revaskularizací (označeny oranžově) na kardiochirurgickém oddělení FN Plzeň v letech 2004 - 2015





**Obr. 31** – Délka RDACFL měřená pomocí CTA zobrazení u mužů (modře) a u žen (červeně)

## 6. ZÁVĚR

Studie zodpověděla otázky formulované v kapitole 2 následujícím způsobem:

Z práce jednoznačně vyplývá, že existuje celá řada alternativních nejen tepenných štěpů, ale pouze málo z nich přináší očekávané optimální vlastnosti pro koronární chirurgii a pro pacienta.

Z toho vyplývá snaha o zařazení dalšího, v našem případě tepenného graftu do řady již prověřených a rutinně používaných štěpů. Pokusili jsme se najít takovou cévu, která doplní již stávající repertoár štěpů. Není tedy snahou, aby je plnohodnotně nahradila, ale aby se stala tepenným štěpem „druhé volby“.

Takové nároky z našeho pohledu splňuje ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis (RDACFL). Jde o již historicky použitou a používanou cévu (Japonsko, Itálie). Z našeho pohledu jde o poněkud podceněný a neprávem opomíjený štěp.

Studii jsme prokázali jeho vhodné rozměry, velkou anatomickou stálost a malou četnost anatomických variet, které však nejsou překážkou v odběru. Dále jsme ukázali minimální sklon cévy k aterosklerotickému procesu a vedlejším nálezem bylo prokázání nezávislosti délky RDACFL na tělesné výšce, potažmo na délce stehenní kosti.

Tepnu lze doporučit ke koronární rekonstrukci zatím jen u vybraných pacientů, kteří splňují některé podmínky podrobněji popsané v diskusi. Nicméně hlavním vylučujícím kritériem odběru je přítomnost ICHDK.

Lze tedy říci, že studie ověřila všechny předpoklady a RDACF lze považovat za možný alternativní autologní tepenný štěp.

## 7. LITERATURA

Alexander, R. W., Schlant, R. C., & Fuster, V. (1998). *Hurst's the heart, arteries and veins*. McGraw-Hill, Health Professions Division.

Anwar, M. O., & Aydin, A. (2015). The significance of the pelvic collateral circulation in aorto-iliac disease. *Clinical Anatomy*, 28(5), 558-559.

Apple, F. S., Collinson, P. O., & IFCC Task Force on Clinical Applications of Cardiac Biomarkers. (2012). Analytical characteristics of high-sensitivity cardiac troponin assays. *Clinical chemistry*, 58(1), 54-61.

Bach, R. G., Kern, M. J., Donohue, T. J., Aguirre, F. V., & Caracciolo, E. A. (1993). Comparison of phasic blood flow velocity characteristics of arterial and venous coronary artery bypass conduits. *Circulation*, 88(5 Pt 2), II133-40.

Bailey, C. P., Hirose, T., Aventura, A., Yamamoto, N., Brancato, R., Vera, C., & O'CONNOR, R. O. B. E. R. T. (1967). Revascularization of the ischemic posterior myocardium. *Diseases of the Chest*, 52(3), 273-285.

Barner, H. B., Naunheim, K. S., Peigh, P. S., Willman, V. L., & Fiore, A. C. (1993). Inferior epigastric artery for myocardial revascularization. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 7(9), 478-481.

Beretta, L., Lemma, M., Vanelli, P., Botta, M., Antonacci, C., Bevilacqua, M., ... & Santoli, C. (1990). Gastroepiploic artery free graft for coronary bypass. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 4(6), 323-328.

Bisleri, G., Di Bacco, L., Giroletti, L., & Muneretto, C. (2016). Total arterial grafting is associated with improved clinical outcomes compared to conventional myocardial revascularization at 10 years follow-up. *Heart and vessels*, 1-8.

Barsoum, E. A., Azab, B., Patel, N., Spagnola, J., Shariff, M. A., Kaleem, U., ... & McCord, D. A. (2016). Long-term Outcome after Percutaneous Coronary Intervention Compared with Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Surgery in the Elderly. *The open cardiovascular medicine journal*, 10, 11.

Bravata, D. M., Gienger, A. L., McDonald, K. M., Sundaram, V., Perez, M. V., Varghese, R., ... & Hlatky, M. A. (2007). Systematic review: the comparative effectiveness of percutaneous coronary interventions and coronary artery bypass graft surgery. *Annals of Internal Medicine*, 147(10), 703-716.

Berliner, J. A., Navab, M., Fogelman, A. M., Frank, J. S., Demer, L. L., Edwards, P. A., ... & Lusis, A. J. (1995). Atherosclerosis: basic mechanisms oxidation, inflammation, and genetics. *Circulation*, 91(9), 2488-2496.

Burton Ac. Relation of structure to function of the tissues of the wall of blood vessels. *Physiol Rev.* 1954 Oct;34(4):619-42.

Buxton, B. F., & Galvin, S. D. (2013). The history of arterial revascularization: from Kolesov to Tector and beyond. *Annals of cardiothoracic surgery*, 2(4), 419.

Buxton, B. F., Shi, W. Y., Tatoulis, J., Fuller, J. A., Rosalion, A., & Hayward, P. A. (2014). Total arterial revascularization with internal thoracic and radial artery grafts in triple-vessel coronary artery disease is associated with improved survival. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 148(4), 1238-1244.

Calafiore, A. M., Di Giammarco, G., Teodori, G., D'Annunzio, E., Vitolla, G., Fino, C., & Maddestra, N. (1995). Radial artery and inferior epigastric artery in composite grafts: improved midterm angiographic results. *The Annals of thoracic surgery*, 60(3), 517-524.

Calafiore, A. M., Di Giammarco, G., Teodori, G., Di Mauro, M., Iacò, A. L., Bivona, A., ... & Vitolla, G. (2004). Late results of first myocardial revascularization in multiple vessel disease: single versus bilateral internal mammary artery with or without saphenous vein grafts. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 26(3), 542-548.

Calafiore, A. M., Di Mauro, M., Di Giammarco, G., Teodori, G., Iacò, A. L., Mazzei, V., ... & Contini, M. (2005). Single versus bilateral internal mammary artery for isolated first myocardial revascularization in multivessel disease: long-term clinical results in medically treated diabetic patients. *The Annals of thoracic surgery*, 80(3), 888-895.

Camici, P. G., Prasad, S. K., & Rimoldi, O. E. (2008). Stunning, hibernation, and assessment of myocardial viability. *Circulation*, 117(1), 103-114.

Campeau, L., Lesperance, J., & Bourassa, M. G. (1984). Natural-history of saphenous-vein aortocoronary bypass grafts. *Modern concepts of cardiovascular disease*, 53(11), 59-63.

Carpentier, A., Guermonprez, J. L., Deloche, A., Frechette, C., & DuBost, C. (1973). The aorta-to-coronary radial artery bypass graft: a technique avoiding pathological changes in grafts. *The Annals of Thoracic Surgery*, 16(2), 111-121.

Cullen, L., Mueller, C., Parsonage, W. A., Wildi, K., Greenslade, J. H., Twerenbold, R., ... & Hammett, C. J. (2013). Validation of high-sensitivity troponin I in a 2-hour diagnostic strategy to assess 30-day outcomes in emergency department patients with possible acute coronary syndrome. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(14), 1242-1249.

Čihák, R. *Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.

Deb, S., Cohen, E. A., Singh, S. K., Une, D., Laupacis, A., & Fremes, S. E. (2012). Radial artery and saphenous vein patency more than 5 years after coronary artery bypass surgery: results from RAPS (Radial Artery Patency Study). *Journal of the American College of Cardiology*, 60(1), 28-35.

Deja, M. A., Woś, S., Gołba, K. S., Żurek, P., Domaradzki, W., Bachowski, R., & Spyt, T. J. (1999). Intraoperative and laboratory evaluation of skeletonized versus pedicled internal thoracic artery. *The Annals of thoracic surgery*, 68(6), 2164-2168.

Deppe AC, Liakopoulos OJ, Choi YH, Slottosch I, Kuhn EW, et al. (2013) Endoscopic vein harvesting for coronary artery bypass grafting: a systematic review with meta-analysis of 27,789 patients. *J Surg Res* 180: 114-124.

Dion, R., Glineur, D., Derouck, D., Verhelst, R., Noirhomme, P., El Khoury, G., ... & Hanet, C. (2000). Long-term clinical and angiographic follow-up of sequential internal thoracic artery grafting. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 17(4), 407-414.

Donatelli, F., Triggiani, M., Benussi, S., & D'Ancona, G. (1998). Inferior epigastric artery as a conduit for myocardial revascularization: a two-year clinical and angiographic follow-up. *Vascular*, 6(5), 520-524.

Emmert, M. Y., Salzberg, S. P., Bieffer, H. R. C., Sündermann, S. H., Seifert, B., Grünenfelder, J. & Falk, V. (2012). Total arterial off-pump surgery provides excellent outcomes and does not compromise complete revascularization. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 41(4), e25-e31.

Engel, H. J., Torres, C., & Page, H. L. (1975). Major variations in anatomical origin of the coronary arteries: angiographic observations in 4,250 patients without associated congenital heart disease. *Catheterization and cardiovascular diagnosis*, 1(2), 157-169.

Fabbrocini M, Fattouch K, Camporini G, DeMicheli G, Bertucci C, et al. The descending branch of lateral femoral circumflex artery in arterial CABG: early and midterm results. *The Annals of Thoracic Surgery* 2003;75:1836-41

FÁBRYOVÁ, L., CAGÁŇ, S., FÁBRYOVÁ, L., & CAGÁŇ, S. (1995). Voľné kyslíkové radikály vo vzťahu k ateroskleróze a diabetes mellitus. *Bratisl. lek. Listy*, 96(1), 23-29.

Fanari, Z., Weiss, S. A., Zhang, W., Sonnad, S. S., & Weintraub, W. S. (2015). Comparison of percutaneous coronary intervention with drug eluting stents versus coronary artery bypass grafting in patients with multivessel coronary artery disease: Meta-analysis of six randomized controlled trials. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 16(2), 70-77.

Federative Committee on Anatomical Terminology. (1998). *Terminologia anatomica*. Georg Thieme Verlag.

Feigl, E. O. (1983). Coronary physiology. *Physiological reviews*, 63(1), 1-205.

Fox, K., Garcia, M. A. A., Ardissino, D., Buszman, P., Camici, P. G., Crea, F., ... & Marco, J. (2006). Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary. *European heart journal*, 27(11), 1341-1381.

Gabner, S., Tonar, Z., Tichy, A., Saalmüller, A., Worliczek, H. L., Joachim, A., & Witter, K. (2012). Immunohistochemical detection and quantification of T cells in the small intestine of *Isospora suis*-infected piglets—influence of fixation technique and intestinal segment. *Microscopy research and technique*, 75(4), 408-415.

Garatti, A., Castelvechio, S., Canziani, A., Corain, L., Generali, T., Mossuto, E., ... & Menicanti, L. (2014). Long-term results of sequential vein coronary artery bypass grafting compared with totally arterial myocardial revascularization: a propensity score-matched follow-up study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 46(6), 1006-1013.

Garcia, S., Sandoval, Y., Roukoz, H., Adabag, S., Canoniero, M., Yannopoulos, D., & Brilakis, E. S. (2013). Outcomes after complete versus incomplete revascularization of patients with multivessel coronary artery disease: a meta-analysis of 89,883 patients enrolled in randomized clinical trials and observational studies. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(16), 1421-1431.

Gaudino, M., Trani, C., Glieda, F., Mazzari, M. A., Rigattieri, S., Nasso, G., ... & Possati, G. (2003). Early vasoreactive profile of skeletonized versus pedicled

internal thoracic artery grafts. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 125(3), 638-641.

Georghiou, G. P., Vidne, B. A., & Dunning, J. (2005). Does the radial artery provide better long-term patency than the saphenous vein?. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, 4(4), 304-310.

Gaiotto FA, Vianna CB, Busnardo FF, Parga JR, Dallan LA, Cesar LA, Stolf NA, Jatene FB. (2013). The descending branch of the lateral femoral circumflex artery is a good option in CABG with arterial grafts. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 28:317–324.

Glineur, D., & Hanet, C. (2012). Competitive flow in coronary bypass surgery: is it a problem?. *Current opinion in cardiology*, 27(6), 620-628.

Glineur, D., D'hoore, W., El Khoury, G., Sondji, S., Kalscheuer, G., Funken, J. C., ... & Noirhomme, P. (2008). Angiographic predictors of 6-month patency of bypass grafts implanted to the right coronary artery: a prospective randomized comparison of gastroepiploic artery and saphenous vein grafts. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(2), 120-125.

Greenwald, S. E., & Berry, C. L. (2000). Improving vascular grafts: the importance of mechanical and haemodynamic properties. *The Journal of pathology*, 190(3), 292-299

Gwozdziejcz, M. Arteriální revaskularizace myokardu. Grada Publishing as. (2007).

Hage, J. J., & Woerdeman, L. A. (2004). Lower limb necrosis after use of the anterolateral thigh free flap: is preoperative angiography indicated?. *Annals of plastic surgery*, 52(3), 315-318.

Harskamp R, Bagai A, Halkos M et al. Clinical outcomes after hybrid coronary revascularization versus coronary artery bypass surgery: a meta-analysis of 1,190 patients. *Am. Heart J.* 167, 585–592 (2014). [CrossRef] [Medline]

Hayashi S , Kawaue Y experience of coronary artery bypass grafting with inferior epigastric artery (IEA) and pathological examination of IEA [Zasshi] [Journal]. *Nihon Kyobu Geka Gakkai* [1995, 43(1):43-46]

He GW, Taggart DP. 2016. Spasm in arterial grafts in coronary artery bypass grafting surgery. *Ann Thorac Surg* 101:1222-1229.

He GW, Yang CQ, Starr A. 1995. Overview of the nature of vasoconstriction in arterial grafts for coronary operations. *Ann Thorac Surg* 59:676-83.

He GW. 1999. Arterial grafts for coronary artery bypass grafting: biological characteristics, functional classification, and clinical choice. *Ann Thorac Surg* 67:277-284.

He GW. 2013. Arterial grafts: clinical classification and pharmacological management. *Ann Cardiothorac Surg* 2:507-518.

He, G. W., & Yang, C. Q. (1995). Comparison among arterial grafts and coronary artery: an attempt at functional classification. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 109(4), 707-715.

Hehrlein, F. W., Schlepper, M., Loskot, F., Scheld, H. H., Walter, P., & Mulch, J. (1983). The use of expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) grafts for myocardial revascularization. *The Journal of cardiovascular surgery*, 25(6), 549-553.

Hillis L, Smith P, Anderson J et al. 2011 ACCF/AHA Guidelines for coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 124, e652–e735 (2011). [CrossRef] [Medline]

Chan-Park MB1, Shen JY, Cao Y, Xiong Y, Liu Y, Rayatpisheh S, Kang GC, Greisler HP. Biomimetic control of vascular smooth muscle cell morphology and phenotype for functional tissue-engineered small-diameter blood vessels. *J Biomed Mater Res A*. 2009 Mar 15;88(4):1104-21. doi: 10.1002/jbm.a.32318.

Jegaden, O., Eker, A., Montagna, P., Ossette, J., Rossi, R., Revel, D., ... & Mikaeloff, P. (1995). Technical aspects and late functional results of gastroepiploic bypass grafting (400 cases). *Age (years)*, 50(66), 16-5.

Johnson, W. C., & Lee, K. K. (2000). A comparative evaluation of polytetrafluoroethylene, umbilical vein, and saphenous vein bypass grafts for femoral-popliteal above-knee revascularization: a prospective randomized Department of Veterans Affairs cooperative study. *Journal of vascular surgery*, 32(2), 268-277.

Kerber, S., Breithardt, G., & Scheld, H. H. (1996). The use of a Perma. Flow graft for coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardio-thorac Surg*, 10, 284-286.

Kim, W. S., Lee, J., Lee, Y. T., Sung, K., Yang, J. H., Jun, T. G., & Park, P. W. (2008). Total arterial revascularization in triple-vessel disease with off-pump and aortic no-touch technique. *The Annals of thoracic surgery*, 86(6), 1861-1865.

Kirklin, J. W., Akins, C. W., Blackstone, E. H., Booth, D. C., Califf, R. M., Cohen, L. S., ... & Naftel, D. C. (1991). Guidelines and indications for coronary artery bypass graft surgery. *Journal of the American College of Cardiology*, 17(3), 543-589.



Kocova J (1970) Overall staining of connective tissue and the muscular layer of vessels. *Fol. Morphol* 18:293-295.

Krajíček M, *Filozofie a praxe cévních náhrad* Medical Tribune 9/2008, strana mtt2

Kristanto W, van Ooijen PM, Groen JM, Vliegenthart R, Oudkerk M. 2012. Small calcified coronary atherosclerotic plaque simulation model: minimal size and attenuation detectable by 64-MDCT and MicroCT. *Int J Cardiovasc Imaging*. 28:843-853.

Ladowski, J. S., Schatzlein, M. H., Underhill, D. J., & Peterson, A. C. (1991). Endarterectomy, vein patch, and mammary bypass of the anterior descending artery. *The Annals of thoracic surgery*, 52(5), 1187-1189.

Libby, P. (2012). Inflammation in atherosclerosis. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 32(9), 2045-2051.

Loskot, P., Baxa, J., Hájek, T., & Valenta, J. (2014). Původní práce Studie morfologie r. descendens a circumflexae femoris lateralis jako možné cévní náhrady pro rekonstrukci koronárního řečiště pomocí angio CT vyšetření. *Rozhl Chir*, 93, 307-310.

Loskot, P., Tonar, Z., Baxa, J., & Valenta, J. (2016). The descending branch of the lateral circumflex femoral artery as an alternative conduit for coronary artery bypass grafting: Experience from an anatomical, radiological and histological study. *Clinical Anatomy*.

Lotufo, P. A., Pereira, A. C., Vasconcellos, P. S., Santos, I. S., Mill, J. G., & Bensenor, I. M. (2015). Resistant Hypertension: Risk Factors, Subclinical Atherosclerosis, and Comorbidities Among Adults—The Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *The Journal of Clinical Hypertension*, 17(1), 74-80.

Lytle, B. W., Loop, F. D., Cosgrove, D. M., Ratliff, N. B., Easley, K., & Taylor, P. C. (1985). Long-term (5 to 12 years) serial studies of internal mammary artery and saphenous vein coronary bypass grafts. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 89(2), 248-258.

Manji, Rizwan A., Whayoung Lee, and David KC Cooper. "Xenograft bioprosthetic heart valves: Past, present and future." *International Journal of Surgery* 23 (2015): 280-284.

Matsumoto, H., Hasegawa, T., Fuse, K., Yamamoto, M., & Saigusa, M. (1973). A new vascular prosthesis for a small caliber artery. *Surgery*, 74(4), 519-523.

- McDermott, J. D., Renzi, D., Layne, R. W., & Banas, C. E. (2001). U.S. Patent No. 6,312,462. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- McGill Jr, H. C. (1978). Risk factors for atherosclerosis. In *The Thrombotic Process in Atherogenesis* (pp. 273-280). Springer US.
- Meerson, F. Z. (1969). The myocardium in hyperfunction, hypertrophy and heart failure. *Circulation Research*, 25(1), Suppl-2.
- Meijboom, W. B., Van Mieghem, C. A., van Pelt, N., Weustink, A., Pugliese, F., Mollet, N. R., ... & Serruys, P. W. (2008). Comprehensive assessment of coronary artery stenoses: computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *Journal of the American College of Cardiology*, 52(8), 636-643.
- Monaghan, M. J. (2006). Role of real time 3D echocardiography in evaluating the left ventricle. *Heart*, 92(1), 131-136.
- Montalescot, G., Sechtem, U., Achenbach, S., Andreotti, F., Arden, C., Budaj, A., ... & Ferreira, J. R. (2013). 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. *European heart journal*, 34(38), 2949-3003.
- Moore, K. J., & Tabas, I. (2011). Macrophages in the pathogenesis of atherosclerosis. *Cell*, 145(3), 341-355.
- Mueller, D. K., Blakeman, B. P., & Pickleman, J. (1993). Free splenic artery used in aortocoronary bypass. *The Annals of thoracic surgery*, 55(1), 162-163.
- Muneretto, C., Negri, A., Manfredi, J., Terrini, A., Rodella, G., ElQarra, S., & Bisleri, G. (2003). Safety and usefulness of composite grafts for total arterial myocardial revascularization: a prospective randomized evaluation. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 125(4), 826-835.
- Nakagawa, H., Nabuchi, A., Terada, H., Hiranuma, S., Miyazaki, T., Okuyama, H., & Endo, M. (2015). Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass Surgery with Right Gastroepiploic Artery for Redo Patients. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 21(4), 378-381.
- Nakajima, Hiroyuki, et al. "Competitive flow in arterial composite grafts and effect of graft arrangement in off-pump coronary revascularization." *The Annals of thoracic surgery* 78.2 (2004): 481-486.

Nakajima, Hiroyuki, et al. "Functional angiographic evaluation of individual, sequential, and composite arterial grafts." *The Annals of thoracic surgery* 81.3 (2006): 807-814.

Noera, G., Pensa, P., Lodi, R., Lamarra, M., Biagi, B., & Guelfi, P. (1993). Influence of different harvesting techniques on the arterial wall of the internal mammary artery graft: microscopic analysis. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*, 41(01), 16-20.

O'Gara, P. T., Kushner, F. G., Ascheim, D. D., Casey, D. E., Chung, M. K., De Lemos, J. A., ... & Granger, C. B. (2013). 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(4), e78-e140.

Okada, M. (1998). Transmyocardial laser revascularization (TMLR): a long way to the first successful clinical application in the world. *Annals of thoracic and cardiovascular surgery: official journal of the Association of Thoracic and Cardiovascular Surgeons of Asia*, 4(3), 119-124.

Owens GK. Regulation of differentiation of vascular smooth muscle cells. *Cell*. 1995;87:1069-78.

Parvaiz, Imran, Jens T. Lund, and Henning Kelbæk. "The arterial sling operation: One-year follow-up." *The Annals of thoracic surgery* 80.4 (2005): 1375-1380.

Pencak, P., Czerwieńska, B., Ficek, R., Wyskida, K., Kujawa-Szewieczek, A., Olszanecka-Glinianowicz, M., ... & Chudek, J. (2013). Calcification of coronary arteries and abdom

Possati, G., Gaudino, M., Prati, F., Alessandrini, F., Trani, C., Glieca, F., ... & Schiavoni, G. (2003). Long-term results of the radial artery used for myocardial revascularization. *Circulation*, 108(11), 1350-1354.

Reed, M. C., & Nallamothu, B. K. (2014). Acute ST Elevation Myocardial Infarction. *Inpatient Cardiovascular Medicine*, 101-118.

Roffi, M., Patrono, C., Collet, J. P., Mueller, C., Valgimigli, M., Andreotti, F., ... & Gencer, B. (2015). 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *European heart journal*, ehv320.

Romeis, Benno. "Färben der Schnitte." *Mikroskopische Technik* 17 (1989): 179-249.

Sakakibara, Y., Abe, M., Hiramatsu, Y., Shigeta, O., Ishikawa, S., Jikuya, T., & Mitsui, T. (1999). The descending branch of the lateral femoral circumflex artery for coronary artery bypass grafting. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 118(4), 753-754.

Sarkar, S., Salacinski, H. J., Hamilton, G., & Seifalian, A. M. (2006). The mechanical properties of infrainguinal vascular bypass grafts: their role in influencing patency. *European journal of vascular and endovascular surgery*, 31(6), 627-636.

Sastry P, Rivinius R, Harvey R, Parker RA, Rahm AK, et al. (2013) The influence of endoscopic vein harvesting on outcomes after coronary bypass grafting: a meta-analysis of 267,525 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 44: 980-989.

Staněk V., *Kardiologie v praxi*, 2014, Asclepius, ISBN 978-80-904899-7-4

Sary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the committee on vascular lesions of the council on arteriosclerosis, American Heart Association. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1995;15:1512–31.

Sary HC, Chandler AB, Glagov S, Guyton JR, Insull W Jr, Rosenfeld ME, Schaffer SA, Schwartz CJ, Wagner WD, Wissler RW (1994) A definition of initial, fatty streak, and intermediate lesions of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Arterioscler Thromb* 14:840-856.

Sary HC. Natural history and histological classification of atherosclerotic lesions. An update. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2000;20:1177–8.

Steg, P. G., James, S. K., Atar, D., Badano, L. P., Lundqvist, C. B., Borger, M. A., ... & Gershlick, A. H. (2012). ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *European heart journal*, ehs215.

Stevens, L. M., Carrier, M., Perrault, L. P., Hebert, Y., Cartier, R., Bouchard, D., ... & Pellerin, M. (2004). Single versus bilateral internal thoracic artery grafts with concomitant saphenous vein grafts for multivessel coronary artery bypass grafting:

effects on mortality and event-free survival. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 127(5), 1408-1415.

Suzuki, T., Asai, T., Nota, H., Kuroyanagi, S., Kinoshita, T., Takashima, N., & Hayakawa, M. (2013). Early and long-term patency of in situ skeletonized gastroepiploic artery after off-pump coronary artery bypass graft surgery. *The Annals of thoracic surgery*, 96(1), 90-95.

Taggart, D. P. (2013). Current status of arterial grafts for coronary artery bypass grafting. *Annals of Cardiothoracic Surgery*, 2(4), 427-430.

Tatoulis, J., Buxton, B. F., Fuller, J. A., & Royse, A. G. (1999). Total arterial coronary revascularization: techniques and results in 3,220 patients. *The Annals of thoracic surgery*, 68(6), 2093-2099.

Tarrío, R. F., Cuenca, J. J., Gomes, V., Campos, V., Herrera, J. M., Rodríguez, F., ... & Vázquez, F. (2004). Off-Pump Total Arterial Revascularization. *Journal of cardiac surgery*, 19(5), 389-395.

Tatsumi, T. O., Tanaka, Y., Kondoh, K., Minohara, S., Sawada, Y., Tsuchida, T., ... & Sasaki, S. (1996). Descending branch of lateral femoral circumflex artery as a free graft for myocardial revascularization: a case report. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 112(2), 546-547.

Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Simoons, M. L., Chaitman, B. R., & White, H. D. (2012). Third universal definition of myocardial infarction. *Circulation*, 126(16), 2020-2035.

Tranbaugh, R. F., Dimitrova, K. R., Friedmann, P., Geller, C. M., Harris, L. J., Stelzer, P., ... & Hoffman, D. M. (2010). Radial artery conduits improve long-term survival after coronary artery bypass grafting. *The Annals of Thoracic Surgery*, 90(4), 1165-1172.

Tranbaugh, R., Schwann, T., Swistel, D., Dimitrova, K., Al-Shaar, L., Hoffman, D., ... & Habib, R. (2013). OPTIMAL GRAFTING STRATEGY FOR MULTIVESSEL CORONARY ARTERY BYPASS SURGERY. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(10\_S).

Uchida, Naomichi, and Yasushi Kawaue. "Flow competition of the right gastroepiploic artery graft in coronary revascularization." *The Annals of thoracic surgery* 62.5 (1996): 1342-1346.

- Uren, N. G., Melin, J. A., De Bruyne, B., Wijns, W., Baudhuin, T., & Camici, P. G. (1994). Relation between myocardial blood flow and the severity of coronary-artery stenosis. *New England Journal of Medicine*, 330(25), 1782-1788.
- van Son JA, Smedts F, Vincent JG, van Lier HJ, Kubat K. 1990. Comparative anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 99:703-707.
- Vobořil, R. (2008). *Tepenné variety a anomálie u člověka*. Grada Publishing as.
- Vural, K. M., Senerşener, E., & Taşdemir, O. (2001). Long-term patency of sequential and individual saphenous vein coronary bypass grafts. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 19(2), 140-144.
- Wagenseil JE, Mecham RP. *ascular extracellular matrix and arterial mechanics*. *Physiol Rev*. 2009 Jul;89(3):957-89. doi: 10.1152/physrev.00041.2008.
- Weisel, R. D., Johnston, K. W., Baird, R. J., Drezner, A. D., Oates, T. K., & Lipton, I. H. (1981). Comparison of conduits for leg revascularization. *Surgery*, 89(1), 8-15.
- Wijns, W., Kolh, P., Danchin, N., Di Mario, C., Falk, V., Folliguet, T., ... & Lopez-Sendon, J. (2010). Guidelines on myocardial revascularization. *European heart journal*, 31(20), 2501-2555.
- Wijns, W., Kolh, P., Danchin, N., Di Mario, C., Falk, V., Folliguet, T., ... & Lopez-Sendon, J. (2010). Guidelines on myocardial revascularization. *European heart journal*, 31(20), 2501-2555.
- Windecker S, Kolh P, Alfonso F et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur. Heart J*. 35, 2541–2619 (2014). [CrossRef] [Medline]
- Wolinsky H, Glagov S. Nature of species differences in the medial distribution of aortic vasa vasorum in mammals. *Circ Res*. 1967;20:409-21.
- Wolk, M. J., Bailey, S. R., Doherty, J. U., Douglas, P. S., Hendel, R. C., Kramer, C. M., ... & Stainback, R. F. (2014). ACCF/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2013 multimodality appropriate use criteria for the detection and risk assessment of stable ischemic heart disease: a report of the American college of cardiology foundation appropriate use criteria task force, American heart association, American society of echocardiography, American society of nuclear cardiology, heart failure society of America, heart rhythm society, society for cardiovascular angiography and interventions, society of cardiovascular .... *Journal of the American College of Cardiology*, 63(4), 380-406.

- Woollard, K. J., & Geissmann, F. (2010). Monocytes in atherosclerosis: subsets and functions. *Nature Reviews Cardiology*, 7(2), 77-86.
- Wooten, C., Hayat, M., Plessis, M., Cesmebasi, A., Koesterer, M., Daly, K. P., ... & Loukas, M. (2014). Anatomical significance in aortoiliac occlusive disease. *Clinical Anatomy*, 27(8), 1264-1274.
- Worliczek, H. L., Buggelsheim, M., Alexandrowicz, R., Witter, K., Schmidt, P., Gerner, W., ... & Joachim, A. (2010). Changes in lymphocyte populations in suckling piglets during primary infections with *Isospora suis*. *Parasite immunology*, 32(4), 232-244.
- Yadav, J. S., Wholey, M. H., Kuntz, R. E., Fayad, P., Katzen, B. T., Mishkel, G. J., ... & Popma, J. J. (2004). Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *New England Journal of Medicine*, 351(15), 1493-1501.
- Yatesa, M. T., & Zamvarb, V. (2014). *Anatomy of Coronary Arteries*.
- Yoshikai, M., Ito, T., Kamohara, K., & Yunoki, J. (2004). Endothelial integrity of ultrasonically skeletonized internal thoracic artery: morphological analysis with scanning electron microscopy. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 25(2), 208-211.
- Zacharias, A., Schwann, T. A., Riordan, C. J., Durham, S. J., Shah, A. S., & Habib, R. H. (2009). Late results of conventional versus all-arterial revascularization based on internal thoracic and radial artery grafting. *The Annals of thoracic surgery*, 87(1), 19-26.
- Zipes, Douglas P., Peter Libby, and Robert O. Bonow. "Braunwald's heart disease." (2005).

## 8. Seznam obrázků a tabulek

### 8.1. Seznam obrázků

- Obr. 1 – Vývoj hladiny kardiospecifických márků u nekrózy myokardu v čase (upraveno podle Staněk 2014). 25
- Obr. 2 – Vývoj ischemických změn po okluzi koronární tepny (upraveno podle Zipes et al., 2005). 26
- Obr. 3 – Průtok krve bypasssem v závislosti na významnosti stenóz koronárního řečiště. U stenózy koronární tepny menší než 75 %, může dojít k redistribuci krve podle tlakového gradientu a obrácení toku v segmentu bypasssu (kompetice). Šipky ukazují směr toku (přítoku do bypassu |→) krve. Červeně znázorněn bypass, modře koronární řečiště. Upraveno podle (Nakajima, 2006) 34
- Obr. 4 – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci 35
- Obr. 5 – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci 36
- Obr. 6 – Typy anastomóz používané při koronární rekonstrukci 37
- Obr. 7 – Kompozitní štěp LIMA- RIA, Y-RDACFL ad RMS1 38
- Obr. 8 – Jednoduchý bypass, stopkatý štěp LIMA-RIA, volný aortokoronární bypass ad ACD (vena nebo arterie) 38
- Obr. 9 – Sliding bypass využívající dvou zdrojů – bilaterální stopkatou mamární tepnu, v kombinaci s radiální tepnou k přemostění ACD, RIA, RCx 39
- Obr. 10 – Reverzní T graft, jako zdrojovou tepnu využívá stopkatou rGEA, vlastní přemostění ACD, RIA, a RCx zajišťuje RA jako sekvenční štěp 40
- Obr. 11 – Ramus descendens arteriae circumflexae femoris lateralis. Transverzální řez stěnou, barveno Verhoeffovým hematoxylinem, měřítko 500  $\mu\text{m}$  (A, B), modrým trichromem, měřítko 100  $\mu\text{m}$  (C) a 50  $\mu\text{m}$  (D). I – intima, M – media, A – adventicie, E – endotel, SE – subendotel, LEI – lamina elastica interna, EM – elastické membrány 56
- Obr. 12 – Graf znázorňující procentuální podíl dle významnosti makroskopické přítomnosti kalcifikací dle CTA, rozdělené do skupin 0-4. Skupina 0 - bez sklerotických změn, skupina 1 pouze jemné změny, skupina 2 nevýznamné kalcifikace, skupina 3 sklerotické změny se stenózami na hranici významnosti minimálně v jednom úseku, 4. skupina významná stenóza minimálně v jednom úseku, v 8 případech tepna nebyla hodnocena pro výraznou gracilitu 63
- Obr. 13 – RDACFL vpravo tvoří kolaterálu pro zásobení distálního segmentu a. femoralis (AFS), ozačeno zelenými šipkami. Vlevo normální nález. (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014) 64



- Obr. 14 – RDACFL odstupuje přímo z a. femoralis superficialis, odstup označen zelenou šipkou (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014) 64
- Obr. 15 – Vysoký odstup RDACFL z ACFL – označeno zelenou šipkou, ascendentní a transverzální větve odstupující z AFP (Doc. MUDr. Jan Baxa, Ph.D., 2014) 65
- Obr. 16 – Nezávislost délky vzdálenosti SISS od horního okraje pately (délka stehna) na délce RDACFL 65
- Obr. 17 – A) samostatný odstup RDACFL z AFP. B) samostatný odstup RDACFL z AFS. 74
- Obr. 18 – A) samostatný odstup ascendentní větve z AFP. B) silné svalové větve v proximální části RDACFL. 75
- Obr. 19 – Měření tepny pomocí CTA zobrazení, měřeno od bifurkace do minimálního průměru 2 mm 76
- Obr. 20 – četnost mužů a žen ve sledovaném souboru 100 pacientů, rozdělení podle věku 76
- Obr. 21 – Pacienti vhodní k odběru RDACFL dle CTA studie rozdělení podle věku. 77
- Obr. 22 – Pacienti vhodní pro CABG (stenóza 0-2) s vyloučením morfologických abnormalit (významná gracilita, průměr méně než 2 mm). 77
- Obr. 23 – Nejčastější anatomická pozice odstupu RDACFL z arteria circumflexa femoris lateralis 78
- Obr. 24 – A) Incize vedená v ose spina iliaca anterior superior k laterálnímu kondylu tibie délky asi 12cm. B) Mezi hlavami quadricepsu zřetelně viditelný nervově cévní svazek RDACFL, označen zelenou šipkou. 79
- Obr. 25 – (A) Vzorek č. 8 (část RDACFL, která byla použita jako tepenný graft), muskulární arterie s adventicií, bez aterosklerotických změn. (B) Vzorek č. 10 (část RDACFL ze sekčního materiálu), muskulární arterie s adventicií, mírná excentrická hypertrofie intimy. (C) Vzorek č. 5 (část RDACFL, která byla použita jako tepenný graft), muskulární arterie s adventicií, mírně zesílená intima, která však nenaplnuje kritéria ani iniciální aterosklerotické léze typu I dle Saryho a American Heart Association (céva je bez deposit lipidů v pěnových buňkách) (Sary HC, 1994), (Sary HC, 1995), (Sary HC, 2000) 81
- Obr. 26 – Nativní tepna po dilataci fyziologickým roztokem – horní obrázek, nedilatovaná RDACFL po odběru – spodní obrázek 87
- Obr. 27 – Y -anastomóza RDACFL – LIMA, zelenou šipkou označena RDACFL, modrou šipkou označena LIMA (pedikl), na pravé obrázku RDACFL (zelená šipka) přemostňuje RD 88
- Obr. 28 – CTA zobrazení průchodného kompozitního Y bypassu LIMA-RDACFL. Modrá šipka označuje LIMA našitou na RIA, zelená šipka označuje RDACFL přemostující RMS1. 88

Obr. 29 – Průchodnost RDACFL na kontrolní CTA po šesti týdnech v procentech	88
Obr. 30 – Poměr počtu tepenných revaskularizací (označeny modře) k počtu všech revaskularizací (označeny oranžově) na kardiochirurgickém oddělení FN Plzeň v letech 2004 - 2015	96
Obr. 31 – Délka RDACFL měřená pomocí CTA zobrazení u mužů (modře) a u žen (červeně)	97

## 8.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Neaterosklerotické příčiny ischemické choroby srdce (volně upraveno podle Alexander et al., 1998).	27
Tabulka 2 – Compliance stěny (Sarkar et al., 2006; Greenwald and Berry, 2000).	46
Tabulka 3 – Orientační tabulka průchodnosti autologních štěpů (Vural et al., 2001, Tranbaugh et al. 2010, Dion et al, 2000, Georghiou et al., 2005)	52
Tabulka 4 – Pohlaví, věk, výška a délka SIAS pacientů (primární data)	66
Tabulka 5 – Délka RDACFL, stenotické postižení pánevního a femorálního řečiště	68
Tabulka 6 – Sklerotické postižení RDACFL, anatomické variety, přítomnost kolaterálního systému	71
Tabulka 7 – Definice souboru, měření délky RDACFL a vzdálenosti RDACFL od horního okraje pately - výsledky	73
Tabulka 8 – Anatomická variabilita a podíl na kolaterálním systému u RDACFL – výsledky	74
Tabulka 9 – Stenotické postižení cév - výsledky	75
Tabulka 10 – Histologie vzorku nativní RDACFL - odběr během revaskularizace myokardu, RDACFL použita jako graft (vzorek 1-15)	82
Tabulka 11 – Histologie vzorku RDACFL ze sekčního materiálu (1-20)	83
Tabulka 12 – Definice souboru pacientů u kterých byla odebrána RDACFL, délka RDACFL v centimetrech	86

## 9. Publikace autora vztahující se k disertační práci

### 9.1. Publikace

**Loskot, P.**, Tonar, Z., Baxa, J., & Valenta, J., The descending branch of the lateral circumflex femoral artery as an alternative conduit for coronary artery bypass grafting: Experience from an anatomical, radiological and histological study. *Clinical Anatomy* 2016, In press. doi: 10.1002/ca.22737, **IF = 1,316**.

**P. Loskot**, J. Baxa, T. Hájek, J. Valenta: Studie morfologie r. descendens a. circumflexae femoris lateralis jako možné cévní náhrady pro rekonstrukci koronárního řečiště pomocí angio CT vyšetření; *Rozhledy v chirurgii* č. 6, ročník 93, červen/2014; původní článek.

**P. Loskot**, J. Široký, T. Hájek, J. Valenta: Alternativní autologní tepenný štěp v kardiovaskulární chirurgii; *Rozhledy v chirurgii*, ročník 89/8/2010 ; původní článek;

Tonar, Z., Tomášek, P., **Loskot, P.**, Janáček, J., Králíčková, M., & Witter, K., Vasa vasorum in the tunica media and tunica adventitia of the porcine aorta. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger* 2016, 205, 22-36, **IF = 1,483**.

J. Benedík, J. Široký, **P. Loskot**, T. Hájek, J. Mokrejš, J. Frdlík, J. Havelka, P. Boček: Využití aortálních konektorů při operacích bez mimotělního oběhu; *Cor Vasa* 2003, 45(3):157-158 ; původní článek.

### 9.2. Přednášky

**P. Loskot**, J. Baxa, Z. Tonar, M. Zárybnická, T. Hájek: Ramus descendens arterie femoris lateralis jako alternativní tepenný štěp při revaskularizaci myokardu; VI. Sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie, Brno ; přednáška; 10.11.2014

**P. Loskot**, T. Hájek: Tepenné štěpy v kardiouchirurgii; XV. Sjezd pracovní skupiny Kardiovaskulární rehabilitace ČKS a XXI. Lázeňské kardiovaskulární dny, Konstantinovy Lázně; přednáška; 11.2.2012

Přednášky: **P. Loskot**: Cévní štěpy v kardiovaskulární chirurgii; Morfologický večer LF UK Plzeň ; přednáška; 20.10.2010

## **10. PŘÍLOHY – PUBLIKACE AUTORA VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU DIZERTAČNÍ PRÁCE**