

UNIVERZITA PALACKÉHO OLOMOUC

LÉKAŘSKÁ FAKULTA

KARDIOCHIRURGICKÁ KLINIKA

**STABILITA HRUDNÍ STĚNY U RIZIKOVÝCH
KARDIOCHIRURGICKÝCH PACIENTŮ A NOVÉ MOŽNOSTI
ŘEŠENÍ POOPERAČNÍCH DEHISCENCÍ STERNOTOMIE**

Disertační práce v oboru chirurgie

Olomouc 2017

Školitel: Prof. MUDr. Vladimír Lonský, Ph.D.

Autor: MUDr. Martin Kaláb

Abstrakt

Úvod: Poruchy hojení sternotomie představují závažnou, někdy život ohrožující, komplikaci kardiochirurgického výkonu. Stabilita hrudní stěny hraje klíčovou roli v úspěšném zhojení primární sternotomie/nebo při řešení její dehiscence.

Materiál a metody: V první části práce bylo provedeno retrospektivní srovnání uzávěru sternotomiecerkláží (n=1295) s metodou posílení sternálních pásky ZipFix (n=302) u rizikových pacientů. Sledované rizikové faktory byly obezita, diabetes mellitus, chronická plicní obstrukční nemoc, kouření, renální insuficience a jejich kombinace. Hodnocen byl výskyt poruch hojení sternotomie (povrchových, hlubokých a celkem).

Ve druhé části bylo provedeno komplexní retrospektivní srovnání technik re-cerkláže (n=69) a AO osteosyntézy (n=42) při řešení hlubokých poruch hojení sternotomie. Současně byla hodnocena efektivita nového způsobu léčby závažných post.sternotomických defektů hrudní stěny pomocí transplantace allogenního kostního štěpu a AO osteosyntézy.

Výsledky: V souboru ZipFix byl zaznamenán nižší, statisticky však nesignifikantní, výskyt poruch hojení sternotomie celkem (nZipFix=14; 4,7% vs. nCerkláž=87; 6,7%; p=0,181) a povrchových poruch hojení (nZipFix=7; 2,3% vs. nCerkláž=59; 4,6%; p=0,076). Výskyt hlubokých poruch hojení byl srovnatelný (nZipFix=7; 2,3% vs. nCerkláž=29; 2,2%; p=0,956). Pouze u kuřáků ZipFix souboru bylo signifikantně nižší výskyt povrchových poruch hojení (nZipFix=0; 0% vs. nCerkláž=26; 6,1%; p=0,014) a poruch hojení celkem (nZipFix=1; 1,1% vs. nCerkláž=38; 8,9%; p=0,015).

U pacientů s AO osteosyntézou byly obecně zjištěny: nižší nemocniční mortalita, nižší výskyt selhání prvního pokusu o osteosyntézu, nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání, nižší průměrný počet pokusů o re-osteosyntézu, nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání, nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny. Výsledky byly statisticky významné.

Závěr: Použití sternálních pásek u rizikových pacientů sice vedlo k poklesu výskytu raných komplikací sternotomie, rozdíl však nebyl statisticky významný. Použitím AO dlahové osteosyntéza, i s transplantací kostního štěpu, lze dosáhnout vysoké stability hrudní stěny, snížení mortality i počtu dalších komplikací.

Klíčová slova: sternotomie, poruchy hojení rány, AO osteosyntéza, allogenní kostní štěp

Abstract

Introduction: Wound healing failure represents a serious, often life threatening, complication of cardio-surgical operation. Stability of the chest wall plays the key role in the successful primary sternotomy healing and/or in the sternotomy dehiscence therapy.

Material and methods: In the first part of this thesis, the retrospective comparison of the sternotomy closure method of the cerclage (n=1295) and of the sternal bands ZipFix method (n=302) in the risk patients was performed. In the first part of the thesis, the cerclage method and the sternal bands ZipFix (n=302) method used in sternotomy closure were compared retrospectively in risk patients. Following risk factors were described: obesity, diabetes mellitus, chronic obstructive pulmonary disease, smoking, renal insufficiency and their combinations. The incidence of wound healing complications (superficial, deep and total) was analysed. In the second part of thesis, the comprehensive retrospective comparison of the re-cerclage (n=69) and AO-osteosynthesis (n=42) techniques in the treatment of deep wound healing complications was performed. At the same time, the efficiency of the new therapeutic modality of the treatment of serious post-sternotomy defects of the chest wall using the allogeneic bone graft transplantation and AO osteosynthesis was assessed.

Results: In the ZipFix group, a lower, but statistically non-significant, incidence of total wound healing complications (nZipFix=14; 4.7% vs. nCerclage=87; 6.7%; p=0.181) and superficial wound healing complications (nZipFix=7; 2.3% vs. nCerclage=59; 4.6%; p=0.076) were registered. The incidence of deep wound healing complications was comparable (nZipFix=7; 2.3% vs. nCerclage=29; 2.2%; p=0.956). However, in the smokers of the ZipFix group, a significantly lower incidence of superficial (nZipFix=0; 0% vs. nCerclage=26; 6.1%; p=0.014) and total (nZipFix=1; 1.1% vs. nCerclage=38; 8.9%; p=0.015) wound healing complications was registered.

In the patients with AO-osteosynthesis the general findings were as follows: lower hospital mortality, lower incidence of the first re-osteosynthesis failure, lower incidence of the first soft tissue re-closure failure, lower average index of re-osteosynthesis trials, lower average index of soft tissue re-closure trials, lower incidence of residual chest wall instability. The results were statistically significant.

Conclusion: Use of sternal bands in the risk patients caused a lower incidence of the wound healing sternotomy complications, the difference wasn't statistically significant. Using the AO-osteosynthesis technique, including the allogeneic bone graft transplantation, a high index

of the chest wall stability, a decrease in mortality and several other complications was reached.

Key words: sternotomy, wound healing failures, AO-osteosynthesis, allogeneic bone graft

Prohlašuji, že jsem tuto dizertační práci vypracoval samostatně pod vedením svého školitele Prof. MUDr. Vladimíra Lonského a s využitím zdrojů uvedených v soupisu literatury.

.....

Děkuji prof. MUDr. Vladimíru Lonskému, Ph.D. za odborné vedení mé práce a neocenitelné připomínky, zejména také za podporu při uvádění nových myšlenek do klinické praxe.

Dále děkuji Dr. et. Mgr. Janě Zapletalové za pomoc při statistickém zpracování výsledků a doc. Ing. Lukáši Čapkovi, Ph.D. za jeho nadhled a shovívavost při korekci biomechanických aspektů práce.

Své rodině pak děkuji za trpělivost a pochopení v náročnějších fázích finalizace studia.

Obsah

1	Úvod do problematiky a cíle práce	9
2	Historická poznámka.....	10
3	Stavba hrudní stěny.....	12
3.1	Anatomie hrudní stěny	12
3.2	Anatomické modely hrudníku	13
4	Podélná střední sternotomie.....	15
4.1	Provedení podélné střední sternotomie	15
4.2	Klasický postup uzávěru sternotomie	15
4.3	Biomechanické parametry vzniku dehiscence sternotomie.....	16
4.4	Alternativní postupy uzávěru sternotomie	16
5	Poruchy hojení sternotomie.....	20
5.1	Incidence poruch hojení sternotomie a rizikové faktory.....	20
5.2	Klasifikace ranných komplikací sternotomie	22
5.3	Patogeneze ranné infekce sternotomie	23
5.4	Preventivní opatření vzniku poruch hojení sternotomie	24
5.4.1	Předoperační faktory a profylaxe.....	24
5.4.2	Operační faktory.....	26
5.5	Diagnóza ranných komplikací sternotomie	28
5.6	Historický přehled metod léčby ranných komplikací sternotomie	29
5.7	Podtlaková drenáž rány (negative pressure wound therapy, NPWT)	32
5.7.1	Protokol léčby hlubokého sternálního infektu	33
5.8	Stabilizace a re-osteosyntéza sternu.....	33
5.8.1	AO osteosyntéza hrudní stěny pomocí transverzálních dlah.....	34
5.9	Stabilizace hrudní stěny u rozsáhlého post-sternotomického defektu hrudní stěny	37
5.9.1	Odběr a zpracování kostního štěpu	39
5.9.2	Operační technika.....	40
5.9.3	Komplikace	41
5.9.4	Postoperační péče	42
5.9.5	Sledování po propuštění z nemocnice	42
5.10	Rekonstrukce defektu měkkých tkání pomocí lalokové plastiky	43
5.10.1	Lalok velkého prsního svalu (m. pectoralis major).....	43
5.10.2	Lalok m.rectus abdominis.....	45
5.10.3	Kombinace laloků m.pectoralis major a m. rectus abdominis (Pec-Rec flap).....	47
5.10.4	Svalový lalok m. latissimus dorsi.....	48

5.10.5	Dermo-glandulární prsní lalok	49
5.10.6	Lalok omentum majus	49
5.10.7	Mikrochirurgicky přenášené laloky (volný lalok – free flap)	50
5.10.8	Specifika pooperační péče o pacienty s lalokovou plastikou	50
6	Srovnání uzávěru sternotomie metodami drátěné cerkláže a systému sternálních pásků	51
6.1	Materiál a metody	51
6.2	Statistická analýza	53
6.3	Výsledky	53
6.3.1	Výskyt poruch hojení	54
6.3.2	Predikce výskytu ranných komplikací	57
6.4	Diskuze	59
6.5	Závěr	62
7	Rekonstrukce hrudní stěny po dehiscenci sternotomie	63
7.1	Materiál a metody	63
7.2	Statistická analýza	68
7.3	Výsledky	68
7.3.1	Použití lalokové plastiky k překrytí defektu měkkých tkání	74
7.3.2	Přehled zastoupení infekčních agens v souborech AO osteosyntézy a Re-cerkláže	76
7.3.3	Přehled použití allogenního kostního štěpu	77
7.4	Sledování pacientů s allogenním kostním štěpem	78
7.5	Komplikace AO osteosyntézy hrudní stěny	81
7.6	Hojení rány, komplikace hojení, rozbor nemocniční mortality po transplantaci allogenního kostního štěpu	83
7.7	Finanční náklady AO osteosyntézy	86
7.8	Diskuze	87
7.9	Závěr	89
8	Literatura	90
9	Publikační a přednášková činnost autora	103
10	Seznam obrazových příloh	107
11	Seznam tabulek	108
12	Seznam grafů	109
13	Seznam použitých zkratk	110

1 Úvod do problematiky a cíle práce

Poruchy hojení sternotomie stále představují závažnou komplikaci primárního kardiochirurgického výkonu. Prevence, diagnostika i moderní léčba těchto, mnohdy život ohrožujících, stavů vyžadují interdisciplinární přístup. Stabilita sternu a přední hrudní stěny je nejen důležitou podmínkou úspěšného zhojení rány po primárním výkonu, ale také při řešení již vzniklých komplikací.

V této práci byly stanoveny následující cíle:

1. Srovnání techniky uzávěru sternotomie se stabilizací sternu pomocí drátěné cerkláže s novým systémem uzávěru pomocí sternálních pásků ZipFix (Synthes-DePuy, Johnson&Johnson, USA).
2. Porovnání úspěšnosti techniky re-cerkláže sternu pomocí drátěných kliček s metodou AO dlahové osteosyntézy hrudní stěny při řešení dehiscence sternotomie.
3. Vyhodnocení efektivity nové léčebné metody transplantace allogenního kostního štěpu a drcené spongiózy v kombinaci s AO dlahovou osteosyntézou při řešení závažných post-sternotomických defektů hrudní stěny.

2 Historická poznámka

Podélnou střední sternotomií pro operační přístup do hrudníku poprvé použil v roce 1897 Herbert Meyerick Nelson Milton (1856-1921), anglický chirurg působící v Káhiře. Tomuto činu předcházely nejprve studie na lidském kadaveru a poté série pokusů na kozách. První skutečná operace byla provedena u mladého egyptského muže k odstranění tuberkulózních uzlin komprimujících přední mediastinum. Díky značné destrukci sternu tuberkulózními hmotami se však nepodařilo aproximovat obě poloviny sternu k sobě, ránu bylo nutné zhojit sekundárně prostřednictvím četných převazů. V témže roce byla jeho práce publikována v časopise Lancet. V roce 1901 pomocí tohoto přístupu provedl u dalšího pacienta odstranění cizího tělesa z trachei [1,2].

Milton uskutečnil tuto operaci rok poté, kdy Ludvig Rehn (1849-1930) ve Frankfurtu dne 10. září 1896 úspěšně provedl z torakotomie suturu poraněné pravé komory 22-letého muže. Často bývá zmiňováno, že Rehn tak provedl vůbec první, literárně doloženou, operaci srdce v historii medicíny a současně zlomil medicínské tabu tehdejší doby o nedotknutelnosti tohoto jedinečného orgánu pro ruce chirurga.

Některé prameny však poznamenávají, že chirurgie srdce má svůj začátek datovaný dokonce ještě téměř o století dříve, když málo známý španělský chirurg Francisco Romero (datum narození ani úmrtí není dodnes bezpečně zjištěno) provedl z torakotomie fenestraci perikardu. Stejný výkon provedl rovněž francouzský chirurg baron Dominique Jean Larrey (1766-1842). Perikard je obecně považován za součást srdce a každá učebnice kardiologie vždy obsahuje popis operačních zákroků na perikardu. Kdy přesně tuto operaci uskutečnil poprvé Romero, není známo, nicméně v roce 1814 byla jeho práce prezentována v Paříži. Larrey svůj výkon provedl v roce 1810 [3].

V roce 1920 využil německý chirurg F. Sauerbruch (1875-1921) podélnou střední sternotomií jako efektivní přístup k zákrokům na thymu a v předním mediastinu. V chirurgické literatuře se postupně začal ujímat pojem „Miltonova operace“. Takto popsána a zobrazena je například v pozdějších textech Sauerbruchových, v monografii z roku 1935 *Chirurgická onemocnění hrudníku* od B. A. Grahama nebo v knize *Hrudní chirurgie* z roku 1950 od R. H. Sweeta.

Z dalších chirurgů pak E. Holman a F. Willet v roce 1950 obhajovali použití podélné střední sternotomie k provedení perikardektomie v případě chronické konstriktivní perikarditidy. H. B. Shumacker v roce 1952 použil „Miltonovo podélné protěti sternu“ k ošetření izolované stenózy pulmonální chlopně a usilovně doporučoval tento operační přístup k provádění i jiných elektivních výkonů na srdci [4-8].

I přes tato doporučení však chirurgové v „raných dobách“ srdeční chirurgie jednoznačně preferovali bilaterální přední torakotomii prováděnou z axily do axily, zejména pak z obav o bezpečnou kanylaci dutých žil. V roce 1957 Julian a kolegové publikovali použití podélné střední sternotomie u čtyř pacientů [9]. „Julianova“ technika kožního řezu připomínala písmeno T, první incize byla vedena příčně nad manubriem sternu a poté kolmo mediálně nad celou délkou zbývajícího sternu. K protěti sternu použil oscilační pilu. Autoři ve své práci demonstrovali velmi jednoduché a rychlé provedení sternotomie, široký přehled operačního pole se snadným přístupem k srdci a velkým cévám, mnohem jednodušší přístup k arteriální i žilní kanylaci při napojení na mimotělní oběh a snížení rizika poranění plic. Popsali rovněž zkrácení celkové operační doby při uzávěru operační rány, dokonce až o 40 minut, ve srovnání s uzávěrem bilaterální torakotomie. Julian zmiňuje rovněž mnohem jednodušší chirurgickou manipulaci při izolaci a kanylaci horní duté žíly. Výhodným shledali tento operační přístup i anesteziologové a to z hlediska bezpečnější insuflace plic k prevenci atelektázy a redukci traumatizace plicního parenchymu.

Julianova publikace představovala jeden ze zlomů v moderní kardiochirurgii. Bilaterální přední torakotomie byla chirurgy záhy opuštěna a podélná střední sternotomie se velmi rychle stala metodou volby. S nástupem chirurgie koronárních tepen se stala jednou z nejčastěji prováděných chirurgických operačních procedur na světě.

Julian se ve své práci, již jako jeden z posledních chirurgů své doby, odvolává k Miltonovi. Je tak trochu paradoxem, že v době razantního nástupu kardiochirurgie, zejména pak po zavedení techniky mimotělního oběhu, byl první průkopník podélné střední sternotomie již málem zapomenut.

3 Stavba hrudní stěny

V následujícím textu jsou v krátkosti připomenuty základní prvky skeletu hrudního koše.

3.1 Anatomie hrudní stěny

Hrudní skelet je tvořen kostí hrudní (*sternum*), žebry (*costae*) a jejich vzájemnými propojeními.

Sternum je typem ploché, nepárové kosti umístěné na přední straně hrudníku. Je skloubena s klíčními kostmi a sedmi páry tzv. pravých žeber. Kost se skládá ze tří základních částí:

- rukojeť kosti hrudní (*manubrium sterni*), kde se nachází kloubní plochy pro spojení s klíčními kostmi a prvním párem žeber
- tělo kosti hrudní (*corpus sterni*) spojené chrupavkou s manubriem, obsahuje jamky pro skloubení se 3. až 7. žebrem
- mečovitý výběžek (*processus xiphoideus*), variabilní část kosti, může někdy chybět.

Pohlavní rozdíly ve tvaru sterna spočívají hlavně v proporcích délky těla sterna vůči manubriu. U žen je tělo kosti hrudní většinou kratší.

Žebra se označují podle pořadí číslicemi (latinsky I-XII, v českém označení arabskými číslicemi 1 – 12). Na každém žebře popisujeme: hlavičci (*caput costae*), krček (*collum c.*), tělo (*corpus c.*) a hrbolek (*tuberculum c.*).

Na kostěné hlavní části žebra pak popisujeme: mělký žlábek na dolní straně (*sulcus c.*), dolní hrana žebra (*crista c.*) a zakřivení žebra (*angulus c.*). Kontaktní plochy na hlavičích II. - IX. žebra (*facies articularis capitis c.*) zajišťují skloubení s kloubními plochami sousedících hrudních obratlů. Ploška na hrbolek žebra (*facies articularis tuberculi c.*) se spojuje s příčným výběžkem obratle. Žeberní chrupavky se spojují s hrudní kostí nebo s předchozím žebrem.

Rozlišují se tři základní typy žeber:

- pravá (*costae verae*), prvních 7 párů, prostřednictvím chrupavky jsou přímo skloubena s hrudní kostí
- nepravá, (*costae spuriae*), 8. - 10. pár, jsou skloubena svými chrupavkami s chrupavkami předchozích žeber.
- volná (*costae fluctuantes*), obvykle 11. a 12. pár, končí volně ve svalech břišní stěny

Propojení kostí hrudního skeletu zajišťují:

- kloubní spojení mezi žebry a obratli páteře (*articulationes costo-vertebrales*), jsou dvojí:
 1. *articulationes capitum costarum* – spojují hlavice žeber s obratlovými těly,
 2. *articulationes costotransversariae* – spojují hrbolky žeber s příčnými výběžky obratlů;
- kloubní spojení pravých žeber s hrudní kostí (*articulationes sterno-costales*)
- skloubení předních konců nepravých žeber s chrupavkami předchozích pravých žeber (*articulationes costo-chondrales*)
- spojení žeberních chrupavek navzájem (*articulationes inter-chondrales*)

Jednotlivá kloubní spojení jsou posílena soustavou vazů – ligament.

Stručně budou zmíněny i svaly hrudníku. Obecně je dělíme do tří hlavních skupin:

- thorakohumerální: velký a malý prsní sval (*m. pectoralis major et minor*), přední pilový sval (*m. serratus anterior*) a podklíčkový sval (*m. subclavius*). Z hlediska mechaniky dýchání se jedná o skupinu pomocných vdechových svalů.
- autochtonní; obecně se tyto svaly významnou měrou spolupodílí na mechanice dýchání; jsou to: zevní mezižeberní svaly (*mm. intercostales externi*) - vdechové, vnitřní mezižeberní svaly (*mm. intercostales interni*) – výdechové, intimní mezižeberní svaly (*mm. intercostales intimi*), výdechové, podžeberní svaly (*mm. subcostales*) – výdechové, a konečně příčný sval hrudní (*m. transversus thoracis*) – pomocný výdechový
- bránice (*diaphragma*) – hlavní vdechový sval [10].

3.2 Anatomické modely hrudníku

Lidský hrudník představuje z pohledu biomechaniky komplexní a velmi složitou strukturu. Získání reálných dat, např. o silách a mechanismech vedoucích k dehiscenci sternotomie, je prakticky nemožné. Studie prováděné na kadaverech jsou limitovány rozdílností mechanických vlastností tkání ve srovnání se živým pacientem [11]. Svou roli hraje rovněž anatomická variabilita každého jedince [12].

Z tohoto důvodu je nejčastějším přístupem v získávání představy o fyzikálních mechanických procesech působících v hrudníku metoda konečných prvků (MKP) - numerický matematický

postup vycházející z Ritz-Galerkinovy variační metody. Základy MKP byly položeny počátkem 20. století, avšak její praktické využití se datuje až od konce šedesátých let, kdy pokrok výpočetní techniky umožnil využití dokonalejších softwarů pracujících s MKP pro rozličné úlohy z inženýrské praxe. V současnosti je tato metoda již standardním nástrojem využívaným v biomechanice napříč klinickými obory. V dané problematice představuje určité zjednodušení extrémně komplexní geometrie hrudníku. Ačkoliv je dobře použitelná spíše jen pro simulace dějů přední a laterálních partií hrudníku, je zcela dostačující k výpočtu sil působících na sternum [13].

Nejvíce propracovanou je série studií od Casha a kol, který vytvořil tři matematické modely hrudníku. První model je cylindrický (válcový), komplexnější sferoidní a nakonec elipsoidní model vytvořený ve dvou variantách – pro fyziologicky stavěný hrudník a pro simulaci chronické obstrukční plicní nemoci [14,15]. První dva modely jsou velmi zjednodušené a vychází představy připodobnění hrudníku válci nebo elipsoidu. Výpočet je v obou případech analytický a zdaleka nemůže odpovídat komplexnosti modelu hrudníku. Třetí model vychází z reálné geometrie hrudníku, kde autoři na základě CT dat provedli rekonstrukci a přiřadili reálné materiálové vlastnosti tkáním.

I přes značné zjednodušení, z modelových studií, vyplývají tři základní anatomické a fyzikální předpoklady vzniku sternální dehiscence:

1. obvodové napětí stěny hrudníku a tím i distrakční síly se zvyšují s jeho poloměrem,
2. těsné připojení 5. - 7. žebra vede ke zvýšení sil působících na distální sternum
3. přídatné síly 8. - 9. žebra připojených na žebro sedmé dále zvyšují zátěž distálního sternu

V souvislosti s nejčastějšími klinickými nálezy, lze tyto skutečnosti považovat za klíčové anatomické ko-faktory vzniku sternální dehiscence, zejména pak v distálním pólu sternotomie [16].

4 Podélná střední sternotomie

V této kapitole jsou krátce zmíněny techniky provedení a uzávěru podélné střední sternotomie. Pozornost je věnována také alternativním postupům uzávěru rány.

4.1 Provedení podélné střední sternotomie

Po přípravě operačního pole a zarouškování je kožní řez veden od jugulární jamky na krku do oblasti xiphoidního výběžku sternu. Pomocí elektrokauteru se pronikne podkožím k presternální fascii a periostu. Po izolaci horního i dolního konce kosti je pomocí elektrické nebo bateriové listové pily sternum podélně rozříznuto ve střední čáře. Záleží na zvyklostech chirurga, zda je řez veden od xiphoidního výběžku směrem proximálním nebo opačně. Krvácení z periostu je ošetřeno elektrokoagulací, na nadměrně krvácející kostní spongiózu sternu lze aplikovat kostní vosk. Po naložení hrudního rozvěrače poté následují další fáze operačního výkonu na srdci nebo velkých cévách mediastina.

4.2 Klasický postup uzávěru sternotomie

Uzávěr sternotomie se provádí dle anatomických vrstev, vždy po kontrole potenciálních zdrojů krvácení.

Na našem pracovišti je nejčastěji používaným způsobem stabilizace sternu drátěná cerkláž pomocí sedmi až osmi peri- či transsternálně založených klíček atraumatických drátěných stehů z chirurgické oceli (např. STEEL Wire[®], Ethicon, Inc. USA), v kardiouchirurgii dospělých nejčastěji v síle 5 nebo 7 dle USP.

U obézních pacientů se na našem pracovišti osvědčila Redonova drenáž podkoží, kterou pro lepší adaptaci silné vrstvy tukové tkáně ponecháváme čtyři až pět dnů od operace.

Posledním krokem je pečlivá sutura měkkých tkání (včetně presternální fascie) a kůže, dnes již standardně atraumatickými vstřebatelnými stehy, obvykle v rozmezí síly vlákna USP 0/0 až 3/0. Ke kompletnímu vstřebání stehu dochází v období 6 – 8 týdnů. Jako příklady u nás nejčastěji používaných stehů lze uvést Vicryl[®] (Ethicon, Inc. USA), Optime[®] (Peters Surgical, Francie) nebo Saphil[®] (B Braun AG, SRN). K sutuře kůže jsou k dispozici vlákna s kulatou i rovnou jehlou.

Kůži lze s výhodou adaptovat také s pomocí speciálních kožních svorek, s velmi příznivým kosmetickým efektem (např. Manipler[®], B Braun AG, SRN).

4.3 Biomechanické parametry vzniku dehiscence sternotomie

Distrakce sternu se tedy děje většinou laterálním směrem, mnohem méně pak v antero-posteriorním nebo supero-inferiorním směru. Casha a kol. v experimentu únavových zkoušek prokázal, že u uzávěrů sternotomie pomocí 6 drátěných kliček dochází k prořezání při působení cyklické laterální zátěže 10 kg na jednotlivý drát síly USP 5/0 nebo síly 589 N na všech 6 drátů. Statická laterální zátěž 20 kg na drát nebo celková síla 1176 N již může způsobit rozpletení drátěné kličky. Na elipsoidním modelu hrudníku Casha prokázal, že při normálním kašli vznikají disrupční síly působící na hrudník v hodnotě až 560 N, prudký kašel nebo kýchnutí produkuje celkové síly v hodnotě až 1680 N [17,18].

Sternální dehiscence obvykle začíná od dolního pólu sternotomie směrem kraniálně. Přidání jedné drátěné kličky do distálního pólu rány vedlo k navýšení hodnoty krouticího momentu, potřebného ke vzniku dehiscence distálního pólu sternotomie, na 107 Nm (oproti 84 Nm u uzávěru pomocí 6 kliček). Použití 8 kliček vedlo k navýšení krouticího momentu na 127 Nm. Někteří autoři doporučují použití jedné drátěné kličky na každých 10 kg tělesné váhy. Jen pro srovnání, hodnota krouticího momentu potřebného ke vzniku sternální dehiscence při použití tří osmičkových („figure of eight“) kliček byla v experimentu 71 Nm [19].

4.4 Alternativní postupy uzávěru sternotomie

V literatuře bylo doposud popsáno kolem 40 různých technik s cílem dosažení vyšší stability sternotomie a snížení výskytu ranných komplikací. Nicméně, řada experimentálních prací často vychází pouze z malých souborů. Předpokladem širšího užití metody je především rychlost a snadnost použití, cena, akceptovatelná míra selhání a efektivita u rizikových pacientů.

Nejjednodušším, zároveň i nejlevnějším, způsobem je navýšení počtu drátěných kliček. To bylo potvrzeno několika klinickými studii. Friberg a kol. uvádí incidenci DSWI 4,2 % u pacientů se 6 drátěnými kličkami proti 0,4 % u pacientů se 7 a více kličkami [20]. Kamiya a kol. prokázal pozitivní vliv navýšení počtu jednoduchých drátěných kliček, zvláště pak v dolním pólu rány. Snížení výskytu ranných komplikací bylo zaznamenáno při použití sedmi drátěných kliček u pacientů s diabetes mellitus, chronickou obstrukční plicní nemocí a při kombinaci těchto faktorů. Použití 8 kliček se ukázalo výhodné u diabetiků. Použití 9 a více kliček již další výhody neprokázalo [21]. Výhodou metody je jednoznačně rychlost provedení a nízké náklady. Je nutné mít na paměti určitý „subjektivní faktor“ v podobě chirurga – není

obecně standardizován způsob napětí drátu nebo počet otoček při dotažení drátěné kličky. Rizikem je však především možnost prořezání drátěné kličky u porotického nebo úzkého sternu, zvláště pak při nárůstu sil působících na stěnu hrudníku při kašli, a také použití u obézních a velmi obézních pacientů. Proto se objevily různé modifikace drátovacích technik. Goldmann a kol. publikoval kombinaci podložek a drátů [22]. Mariani a kol. popsal techniku jednoduše a dvojitě zkřížených drátů („single et double cross wires“) [23]. Casha a kol. představil techniku vzájemně „uzamčených“, víceotočkových drátů („interlocking multitwisted wires“) [24]. Labitzke a kol. publikoval použití kabelového systému „rukáv-lanko“ („sleeve-rope“ technique) [25]. U těchto metod sice dojde k posílení uzávěru sternotomie, navyšuje se však i množství cizího materiálu v ráně a často i samotná doba uzávěru sternotomie.

Ve výčtu lze zmínit i peristernální drátovací techniky, např. „osmičkové peristernální nebo periostální techniky“ („figure of eight peri-sternal“ nebo „figure of eight peri-costal closure technique“). U již fragmentovaného (např. účinkem hrudního rozvěrače) a křehkého sternu je možné použít techniku dle Robiczeka – kombinaci drátu aplikovaného podél hrany sternu vedeného v mezižebních prostorech a peristernálních drátěných kliček [26]. I v těchto případech se navyšuje množství cizího materiálu, za zvážení stojí také možnost devaskularizace periostu sternu a přilehlých žebér. Z našich zkušeností z minulosti docházelo rovněž ke zhoršení stavu fragmentací sternu.

V případě peristernálního umístění existuje možnost použít ocelové pásky, např. Parham Bands (Richards Manufacturing Co, USA). Aplikace je relativně snadná a rychlá. Byly publikovány studie s použitím dvou nebo tří těchto pásků u rizikových pacientů s efektem na zvýšení stability sternotomie. Nevýhodou této techniky je určitá rigidita pásků, které ne vždy kopírují tvar sternu, může rovněž dojít k narušení cévního zásobení periostu sternu. Působením nadměrné síly při aplikaci, při nepřítomnosti momentového uzamykacího mechanismu, existuje možnost prořezání pásku skrz porotické sternum. Problém může také nastat při potřebě urgentního znovuotevření hrudníku. V případě selhání systému, z našich zkušeností např. při extrémním kašli v kombinaci s osteoporózou, může dojít k vylomení celého bloku sternu. Modernější variantu představuje systém Sterna-band (Stony Brook Surgical Innovations, Inc. USA), kde jsou pásky více flexibilní, s uzamykacím mechanismem a jehlou ke snadnější aplikaci. Bylo popsáno nižší riziko prořezání skrz kost, nicméně vyšší tlak a ostré hrany pásku na povrch sternu mohou rovněž interferovat s cévním zásobením periostu [27,28].

Zcela odlišnou technikou je použití nitinolových termoaktivních klipů (např. Flexigrip™, Praesidia SRL, Bologna, Italy). Negri a kol. uvádí snížení výskytu ranných komplikací, nicméně výskyt rizikových pacientů s obezitou či diabetes mellitus byl nižší, než ve skupině drátěné cerclage [29]. Srivastava a kol. výhodu termoaktivních klipů proti drátěné cerclage u obézních pacientů s BMI nad 30 neprokázal [30]. Potíž s použitím klipu může nastat v případě větší šířky sternu, která zvyšuje vzdálenost mezižeberních prostor a přesahuje tak velikost použitelného klipu [31].

Vysoce efektivní je pro hojení sternotomie u rizikových pacientů AO osteosyntéza sternu s použitím různých typů dlah (např. Sterna-Lock system™, Biomet Microfixation Inc, Jacksonville, USA nebo Titanium Sternal Fixation system™, De-Puy-Syntes, Johnson&Johnson, USA). Opakovaně byly v literatuře prokázány výhody této metody nad klasickou drátěnou cerclage. Jak modelové testy, tak i klinické použití prokázaly vysokou stabilitu sternotomie a lepší kostní hojení. [32].

Snyder a kol. publikoval 5 let zkušeností se systémem SternaLock™ v případě primárního uzávěru sternotomie u vysoce rizikových pacientů. Popsal významné snížení výskytu časných ranných komplikací (<30 dnů) ve srovnání s použitím drátěné cerclage (0% vs. 12%, $p < 0.06$) a zkrácení doby hospitalizace (7 vs. 8 dnů, $p = 0.02$) [33].

Limitujícím faktorem širšího použití dlahové osteosyntézy je však v našich podmínkách stále vyšší cena materiálu a také větší časová náročnost metody. Z rizik lze jmenovat možnost poranění substernálních struktur při použití šroubů neadekvátní délky. Širší použití dlahové osteosyntézy hrudní stěny je dnes vymezeno spíše jako moderní a bezpečný způsob řešení pooperační nestability sternu vzniklé na podkladě DSWI nebo sterilní mechanické dehiscence [34].

Sternální systém ZipFix se v klinické praxi objevuje od roku 2011 [35,36, 37]. Pásky jsou vyrobeny z RTG nekontrastního poly-ether-ether-ketonu (PEEK), jsou opatřeny pro snadnější aplikaci ocelovou jehlou. Po odstranění jehly je volný konec protažen skrz uzamykací hlavu. Dotažení pásku kolem sternu je provedeno pomocí momentového instrumentária, které limituje sílu dotažení na maximálních 200 N a zabraňuje tak proříznutí pásku porotickým sternem. Tímto způsobem je výrazně omezen „subjektivní faktor chirurga“ – různá četnost otoček a rozdílná napětí drátěných kliček. Šířka pásku je od výrobce udávána 4.2 mm. Aplikace ZF pásků je s použitím instrumentária snadná a rychlá. Naopak, v případě nutnosti urgentního znovuootevření hrudníku, lze pomocí vhodných štípacích kleští pásky snadno odstranit.



Obrázek 1. Sternální pásy ZipFix s dotahovacím aplikátorem (archív autora)

5 Poruchy hojení sternotomie

V následující kapitole je probrána problematika poruch hojení sternotomie a to včetně incidence, rizikových faktorů, klasifikace, patogeneze a preventivních opatření vzniku. Část výkladu je věnována historickému přehledu léčby, na kterou navazuje popis moderních terapeutických postupů.

5.1 Incidence poruch hojení sternotomie a rizikové faktory

Problematické hojení sternotomie, především pak infekční postižení sternu a/nebo retrosternálního prostoru (z angl. Deep Sternal Wound Infection, DSWI), představuje vážnou a život ohrožující komplikaci primárního kardiochirurgického výkonu. Publikovaný výskyt se dlouhodobě pohybuje v rozmezí 0.3 to 3.2 % a za posledních 30 let se ve světové literatuře neobjevují zásadnější odchylky. Mortalita se však stále pohybuje v poměrně širokém rozmezí 14 - 47 % a léčebné finanční náklady jsou, ve srovnání s nekomplikovanými pacienty, až trojnásobné [38-54].

V posledním desetiletí došlo v moderní kardiochirurgii k zavedení mnoha nových technik a postupů peri a pooperační péče s důrazem na snížení výskytu ranných komplikací. Nicméně výrazně se také změnilo spektrum pacientů. Ve srovnání s obdobím před 20 lety, jsou dnes operovaní pacienti pokročilejšího věku, s četnými komorbiditami a jsou rovněž indikováni ke komplexnějším chirurgickým výkonům. Za těchto podmínek se stávající incidence poruch hojení sternotomie, včetně DSWI, za období posledních tří desetiletí může považovat za uspokojivý výsledek [55]. Matros a kol. na velkém souboru 21 000 pacientů se sternotomií, operovaných v jednom centru, poukázal na pokles incidence DSWI z 1,57 na 0,88 % za období 15 let. Toto snížení výskytu zjistil pak zejména ve skupině diabetiků (z 3,2 na 1,0 %), což dává do souvislosti s přísnějším komplexním před a perioperačním monitoringem hladin glykemií [51].

Identifikace rizika poruchy hojení představuje zásadní předpoklad redukce výskytu ranných komplikací. V literatuře byla popsána celá řada před, peri i pooperačních rizikových faktorů, nicméně obezita a diabetes mellitus zaujímají dlouhodobě dominantní postavení. [38-50,53,54]. Úzký vztah mezi obezitou ($BMI \geq 30$) a DSWI je dán jednak obecně častějším výskytem technických komplikací výkonu, také však horším prokrvením a tím i sníženou propustností antibiotik do silné vrstvy tukové tkáně [56].

U diabetiků přispívá k vyššímu riziku vzniku DSWI neuspokojivá předoperační kompenzace hladiny glykemie [57,58].

Z ostatních předoperačních rizikových faktorů jsou v literatuře pravidelně zmiňovány chronická obstrukční plicní nemoc a kouření. Obojí bývá často provázeno prodlouženou dobou mechanické plicní ventilace v pooperačním období, atakami záchvatovitého kašle s rizikem fragmentace sternu a následným rozvojem DSWI. Výčet předoperačních rizikových faktorů doplňuje dále chronická insuficience ledvin, imunosuprese, dlouhodobá předoperační kortikoterapie, povšechná osteoporóza a pokročilý věk [38,44,47].

Mezi nejčastěji zmiňované peri-operační rizikové faktory patří preparace tepenného štěpu levé vnitřní mamární tepny (angl. internal mammary artery, IMA, left internal mammary artery, LIMA), zejména pak ve formě pediklu s okolní tukovou tkání a doprovodnými žilami. Vyšší výskyt DSWI byl zaznamenán u pacientů po CABG ve srovnání s pacienty po izolovaném zákroku na srdeční chlopni [59,60]. Riziko se v této souvislosti zesiluje při oboustranném odběru IMA (bilateral mammary artery, BIMA), zvláště pak u diabetiků. Vliv oboustranné preparace IMA na výskyt rané mediastinální infekce je stále kontroverzní téma. Tři velké studie identifikovaly použití obou IMA jako významný rizikový faktor pro ranou mediastinální infekci [61-63]. Jelikož každá polovina sternu ztratí více než 90 % krevního zásobení po mobilizaci korespondující IMA, není překvapující, že hojení sternotomie může být po souběžném odběru obou IMA zhoršeno. Ischemie sternu po mobilizaci jedné nebo dvou IMA byla dobře zdokumentována ve studii Carrieria a kol., s provedením počítačové tomografie sternální kosti u 67 pacientů v období po 1 a po 4 týdnech od provedení sternotomie. Preparace IMA způsobila v prvním týdnu významnou ischemii sternu, ještě více zvýrazněnou u pacientů po oboustranném odběru IMA. Po 4 týdnech od operace byly ischemické změny vyjádřeny již v menším rozsahu, pravděpodobně díky rozvoji kolaterálního cévního zásobení [64-66].

Vzestup výskytu rané infekce popsany v dřívějších sestavách oboustranného použití IMA bývá zdůvodněn kumulativním efektem více faktorů, kdy každý je sám o sobě rizikovým faktorem, např., délka operačního času, nadměrné použití elektrokoagulace, zvýšený počet reoperací pro krvácení, nárůst plicních komplikací díky jednostrannému nebo oboustrannému protěti pleury. Jiná sdělení uvádějí, že rozumné použití obou IMA štěpů ve vybraných případech nemusí vést jednoznačně ke zvýšení výskytu raných komplikací sternotomie [38,67,68].

Z dalších, obvykle zmiňovaných, peri-operačních rizikových faktorů vzniku DSWI můžeme uvést emergentní indikaci výkonu, vstupní hemodynamickou nestabilitu pacienta, nízkou

vstupní ejekční frakci levé komory, chybně provedenou sternotomií nebo výkon v mimotělním oběhu přesahující dobu 100 minut [69-71].

Z pooperačních faktorů se potom na zvýšeném riziku vzniku DSWI spolupodílí vysoké krevní ztráty, revize pro krvácení, potřeba opakovaného podání alogenních krevních derivátů v časném pooperačním období, prodloužená doba mechanické plicní ventilace a prodloužená doba pobytu na JIP [38-54].

5.2 Klasifikace ranných komplikací sternotomie

Spektrum ranných komplikací sternotomie kolísá od mechanické sterilní dehiscence po zánětlivou infekční mediastinitidu. Zánět sterny, zánět mediastina, ranné komplikace, ranná infekce bývají užívány jako synonyma k označení hlubokého sternálního infektu. El Oakley uvádí pro zachování konzistence při srovnávání dat z různých sdělení následující rozdělení [72]:

- 1) Sterilní mechanická dehiscence sterny: sternotomie se rozpadne při absenci klinických a mikrobiologických známek infekce.
- 2) Hluboká sternální (DSWI/mediastinální) ranná infekce: klinický a mikrobiologický průkaz infekce měkkých presternálních tkání a osteomyelitida sterny s/bez příznaků sepse a s/bez nestability sterny. V základních podtypech jsou zahrnuty:
 - a) povrchová ranná infekce: infekce omezena pouze na podkožní tkáň
 - b) hluboký ranný infekt (DSWI, mediastinitida): osteomyelitida sterny s/bez postižení retrosternálního prostoru.

DSWI nebo mediastinitida, jsou dále klasifikovány do čtyř podtypů definovaných dle doby prvního výskytu, přítomnosti či absence rizikových faktorů a selhání předchozích pokusů o léčbu:

- I. DSWI/mediastinitida s výskytem do 2 týdnů po operaci, bez přítomnosti rizikových faktorů.
- II. DSWI/mediastinitida s výskytem mezi 2. – 6. týdnem po operaci, bez přítomnosti rizikových faktorů
- IIIA. DSWI/mediastinitida typu I s jedním nebo více rizikovými faktory.
- IIIB. DSWI/mediastinitida typu II s jedním nebo více rizikovými faktory.
- IVA. DSWI/mediastinitida typu I, II, III po selhání jednoho typu léčby.

- IVB. DSWI/mediastinitida typu I, II, III po selhání více typů léčby.
- V. DSWI/mediastinitida s prvním výskytem po více než 6 týdnech od operace [72].

5.3 Patogeneze ranné infekce sternotomie

El Oakley a kol. uvádí několik hypotéz vzniku hlubokého sternálního infektu:

1. Ranná infekce střední sternotomie začíná jako izolovaná oblast osteomyelitidy sternu s minimálními zevními příznaky a situace je podobná časné osteomyelitidě jiných kostí. Separace sternu se posléze objeví v průběhu několika dní spíše jako výsledek než příčina ranné infekce.
2. Nestabilita sternu, následovaná rozpadem kožního krytu a s průsakem bakterií do hlubších vrstev tkání, představuje klíčovou událost v rozvoji mediastinálního ranného infektu.
3. Příčinou vzniku DSWI/mediastinitidy je neadekvátní mediastinální drenáž s následkem vzniku retrosternální kolekce tekutého obsahu, který slouží jako kultivační médium pro růst bakterií [72].

V časných stádiích DSWI je mediastinum lemováno tenkou vrstvou fibrinu a struktury mediastina jsou měkké a relativně stále pohyblivé. Osteomyelitida je obvykle lokalizována na sternální okraje a odstranění okrajů rány v tomto stádiu obvykle odhalí pod ní ležící zdravou kost [73].

Chronická mediastinitida se vyvíjí několik týdnů a je charakterizována formováním dutých chobotů šířících se do středního a zadního mediastina, zejména pak v přítomnosti cizích materiálů. Struktury mediastina jsou brzy pokryty tlustou vrstvou fibrinu, který brání jejich pohybu do předního mediastina. Obliterace tohoto „mrtvého“ retrosternálního prostoru bývá některými autory považována jako nezbytná podmínka úspěšné léčby mediastinitidy [74-76].

Pacienti podstupující kardiokirurgický výkon jsou obecně ve výrazném riziku získání infekcí díky sekundárnímu zhoršení jejich imunitní odpovědi a zvýšenému počtu potenciálních vstupů bakteriálních patogenů [77].

Gram-pozitivní stafylokokové patogeny, jmenovitě *Staphylococcus aureus* (SA) nebo koaguláza negativní *Staphylococcus* (CONS), jsou nejčastějšími izolovanými organizmy u DSWI a to v rozmezí 60 – 80 % případů [78]. Původ chirurgických ranných infekcí bývá obecně a často vnímán jako exogenní se vztahem k ošetřujícímu zdravotnickému personálu. Nicméně, jako nejvýznamnější zdroj ranných patogenů byla identifikována flóra vlastní kůže a sliznice pacienta [79,80]. Osídlení nazální sliznice SA bylo zjištěno jako potenciální

rizikový faktor vzniku DSWI [81]. Geneticky identický kmen SA nazální flóry byl také potvrzen ve výsledcích stěrů ze sternotomie [82]. Ranné infekce SA mívají spíše agresivní průběh, naproti tomu infekty CONS, s četností výskytu 50 – 60 % případů, mívají průběh klidnější a manifestují se později [78, 83-85]. DSWI bývá ve 40 – 70 % případů diagnostikován po propuštění z nemocničního zařízení a z tohoto důvodu je doporučován zvýšený dohled v období cca 3 měsíců od propuštění [86].

Gram negativní bakterie jsou méně častou příčinou vzniku DSWI, často se jedná o přenos z jiného infekčního ložiska, např. pneumonie, abdominální nebo močové infekce. V mortalitě DSWI způsobeného CONS, SA nebo Gram negativními patogeny však zásadní rozdíl zjištěn nebyl [78]. Dle některých však infekce způsobené methicilin rezistentními kmeny SA (MRSA) mohou zhoršit časné i střednědobé výsledky přežití a jde tedy o rizikový faktor ovlivňující celkovou mortalitu [87].

5.4 Preventivní opatření vzniku poruch hojení sternotomie

Prevence vzniku ranných komplikací sternotomie zahrnuje celý komplex opatření, přičemž zcela zásadní roli hraje adekvátní předoperační příprava a šetrná operační technika.

5.4.1 Předoperační faktory a profylaxe

Diabetes mellitus a obezita již byly zmíněny jako závažné rizikové faktory rozvoje poruch hojení sternotomie v pooperačním období. Při koexistenci těchto faktorů se riziko vzniku zdvojnásobuje [56]. Bohužel, právě tyto dva významné rizikové faktory se obecně předoperačně obtížně ovlivňují. Bylo popsáno, že kontinuální podání inzulínu ihned po začátku chirurgického výkonu s udržením hladiny glykemie v rozmezí 8-11 mmol/l vedlo k významnému snížení výskytu DSWI u diabetiků (z 2.4 % na 1.5 %, $p < 0.02$) ve srovnání se subkutánním podáváním inzulínu [88].

Výzkum tzv. Portlandské skupiny byl založen na důsledné kontrole glykemií s udržováním hladiny glukózy pod 6 mmol/l. Pokles pod tuto hladinu však již vliv na výskyt DSWI neprokázal, naopak vzrostlo riziko vzniku mozkové příhody [89].

Stejně tak i hladina glykovaného hemoglobinu (HbA1c) ≥ 7 % koreluje s vyšším výskytem DSWI ve srovnání s pacienty s hladinou HbA1c < 7 % (5.0 % vs. 1.4 %, $p = 0.014$). O 31 % vyšší riziko vzniku DSWI (AOR = 1.31, 95% CI 1.16-1.49, $p < 0.001$) popsal Halkos a kol. [58].

Profylaktické podání antibiotik před kardiochirurgickým výkonem je dnes celosvětově akceptovaným postupem a jedná se o standardní praxi prevence vzniku DSWI [90]. S ohledem na význam stafylokokových patogenů jako nejčastější příčinu ranných infekcí sternotomie, je doporučováno použití beta laktamových antibiotik, zejména cefalosporinů první nebo druhé generace [91]. Zařazení glykopeptidů vysoce účinných proti MRSA do profylaxe neprokázalo, ve srovnání se standardním postupem, významné snížení výskytu DSWI [92].

Na našem pracovišti v současné době (2016) standardně používáme následující schéma antibiotické profylaxe: Unasyn[®] (Haupt Pharma Latina S.r.L., Borgo, San Michele, Latina, Italy) 4 × 1.5 g i. v. v případě chirurgické revaskularizace myokardu nebo Cefazolin[®] (Sandoz GmbH, Kundl, Austria) 3 × 1 g i. v. u zákroků na srdečních chlopních.

Nadějně se jevila lokální aplikace gentamicinu na kolagenovém nosiči mezi lamely sterna při uzavěru sternotomie. Friberg a kol. opakovaně prokázal významné snížení výskytu sternálních ranných infektů (3.7 vs. 9 %, $p < 0.001$) včetně DSWI (1.5 vs. 3.3 %, $p < 0.003$) [93,94]. Další randomizované studie a meta-analýzy však efekt lokálně aplikované gentamicinové pěny v prevenci vzniku DSWI nepotvrdily [95,96]. Výskyt DSWI způsobený SA může být sice na jedné straně redukován, nicméně u gentamicin-resistentních kmenů CONS může být tato incidence naopak zase zvýšena [96].

Bylo zjištěno, že důležitou roli v předoperační přípravě pacienta hraje i technika předoperačního holení kůže. Ko a kol. srovnal v prospektivní randomizované studii dvě metody předoperačního holení u 1980 pacientů před kardiochirurgickou operací. V první skupině (990 pacientů), bylo tělesné ochlupení holeno manuálně, ve druhé skupině (990 pacientů) byl použit elektrický strojek. Výskyt zánětlivé mediastinitidy byl významně vyšší ve skupině manuálně holené (13 z 990) ve srovnání se skupinou holenou elektrickým strojkem (4 z 990). Mikroskopické kožní abraze, které se vyskytují při manuálním holení, představují živnou půdu pro růst patogenů s následnou kolonizací rány v perioperačním období. Ta samá skupina srovnávala účinek 0.5 % roztoku povido-iodine s normálním fyziologickým roztokem při toaletě mediastina a podkoží před uzavřením hrudníku. Nebyl nalezen významný rozdíl ve výskytu ranné infekce mezi těmito dvěma způsoby ošetření [97].

Další cestou přípravy operačního pole je dekontaminace pacientovy kůže, které se stalo populární zejména po potvrzení endogenního původu ranných patogenů, především pak

stafylokokových, z kůže a sliznic pacienta [82,98]. Použití chlorhexidinu k ošetření kůže před provedením vlastní incize prokázalo významný pokles mikrobiální kontaminace operačního pole a to včetně SA [99]. Stejně tak byla publikována efektivita účinku mupirocinu 80 % až 90 % při eradikaci všech typů SA ze sliznice nosohltanu [100]. Cimochoowski a kol. popsal pokles výskytu DSWI z 2.7 % na 0.9 % [101]. Oproti tomu, randomizovaná studie Konvalinky a kol. snížení rizika výskytu DSWI po intranazální aplikaci mupirocinu nepotvrdila (0.8 vs. 0.8 %) [102].

5.4.2 Operační faktory

Šetrná operační technika stále zůstává nejdůležitějším faktorem prevence ranných komplikací v jakémkoliv chirurgickém oboru.

Chybné rozříznutí sternu je zřejmé riziko pro vznik ranných komplikací sternotomie. Shafir a kol., identifikovali paramediální sternotomii dokonce jako jeden z hlavních rizikových faktorů [103]. Včasné rozpoznání této technické chyby již při primární operaci je životně důležité pro odvrácení následného problematického hojení. Uzávěr sternu by měl být v těchto případech jednoznačně posílen. V minulosti byla velmi často doporučována drátovací technika dle Robiczeka, mnohde ještě stále používaná jako metoda volby [104]. Moderní trendy směřují řešení této komplikace ke stabilnějším dlahovacím technikám.

V některých případech bylo doporučováno provedení sternotomie v linii „táhlého“ písmene S. Takto vedená incize má být efektivnější k zajištění adekvátního kontaktu sternu, respektive k omezení působení střížných sil mezi oběma polovinami sternu. Potenciální riziko zeslabení lamely sternu, s následnou frakturou, fragmentací kosti nebo prořezáním drátěné kličky, však převažuje nad výhodami této techniky.

K lokální chirurgické hemostáze jsou často používány tepelná energie a kostní vosk. Masivní plošné použití tepelné energie a kostního vosku však redukuje rezistenci tkání k infekci. Nishida a kol., na experimentálním zvířecím modelu prokázali, že plošné použití tepelné energie přímo na tkáň je, ve srovnání s bodovou hemostázou, spojeno s vyšším výskytem DSWI. Množství elektrické energie z elektrokauteru by tedy mělo být, s ohledem na tato rizika, citlivě dávkováno [105].

Kostní vosk je nebiodegradabilní materiál, který v nadměrném množství, může inhibovat kostní hojení. Nelson a kol., na krysím modelu chronické osteomyelitidy demonstrovali, že použití kostního vosku významně redukuje dávku bakteriálního inokula potřebného k rozvoji chronické osteomyelitidy [106].

V současné době lze nadměrné použití plošné elektrokoagulace nebo kostního vosku nahradit moderními, biologicky odbouratelnými, lokálními hemostatickými materiály, např. přípravky na bázi celulózy, kolagenu, želatiny, bovinního nebo lidského trombinu a fibrinogenu a dalších.

Odběr tepenného štěpu levostranné IMA nebo oboustranný odběr IMA (BIMA) jako potenciální rizikový faktor hojení sternotomie byl již zmíněn, zejména pak u obézních diabetiků. Preventivním opatřením může být šetrný odběr IMA (BIMA) ve formě skeletu, tj. bez přidružené tukové tkáně a konkomitantních žil. Tato technika je šetrnější ke kolaterálnímu cévnímu zásobení hrudní stěny. Současně se dá předpokládat menší míra použití elektrokoagulace ke stavění krvácení. Dalšími výhodami tohoto způsobu odběru je zisk větší délky štěpu, snadnější konstrukce kompozitních tepenných bypassů a lepší dostupnost štěpu ke konstrukci sekvenčně našitých periferních anastomóz. Určitou nevýhodou skeletonizovaného odběru je naopak vyšší riziko poranění tepny a tím i ztráty štěpu pro konstrukci bypassu. Saso a kol., v rozsáhlé meta-analýze prokázal snížení výskytu ranných komplikací sternotomie v případech skeletonizovaného odběru LIMA či BIMA ve srovnání s odběrem LIMA (BIMA) ve formě pediklu (2.96 % vs. 11.7 % ve skupině ne-diabetiků a 2.4 % vs. 14.2 % ve skupině diabetiků) [107].

Každopádně, oboustranný odběr IMA by měl být vždy velmi pečlivě zvážen, a to i v případech odběrů ve formě skeletu, zejména pak u koexistence rizikových faktorů jako je obezita, diabetes mellitus a chronická obstrukční plicní nemoc.

Na našem pracovišti již dlouhodobě preferujeme u všech pacientů odběr LIMA i BIMA štěpů ve formě skeletu. Oboustranný odběr BIMA, vzhledem k našim negativním zkušenostem, neprovádíme u obézních diabetiků

Zcela zásadní roli v prevenci vzniku ranných komplikací sternotomie hraje samozřejmě i technika uzávěru sternotomie na konci primárního kardiochirurgického výkonu. Přehled technik uzávěru sternotomie je podán v kapitole 4.4.

Zajištění stability hrudní stěny je důležitým předpokladem pro úspěšné zhojení rány. Současně hraje roli při zkrácení doby umělé plicní ventilace, ve snížení míry pooperačních bolestí a s tím související nižší spotřeby analgetik, snížení rizika respirační insuficience na podkladě mechanické nestability hrudníku, zlepšení dechové rehabilitace, snížení míry omezení hybnosti horních končetin a v konečném důsledku i zkrácení celkové doby hospitalizace [108].

Soubor preventivních opatření zahrnuje také šetrnou chirurgickou techniku adaptace kůže a měkkých tkání, kontrolu poškození chirurgických rukavic operátora a asistentů, případně výměnu rukavic po provedení sternotomie a po uzávěru sternu, rovněž také ponechání aseptického krytí rány po dobu 48 hodin, pakliže není nezbytně nutná jeho výměna [109].

Z moderních prostředků prevence ranných komplikací u rizikových pacientů lze zmínit i některé komerční systémy, např. Prevena[®] Incision Management System (KCI, St. Antonio, USA). Chirurgická rána je chráněna systémem semipermeabilní membrány a pěny, které jsou propojeny s podtlakovou pumpou a rezervoárem. Systém je efektivní při snížení výskytu tkáňových otoků, hematomů, séromů a ranných infekcí sternotomie. Zmiňován bývá také stimulační efekt na tkáňovou mikrocirkulaci a aktivitu fibroblastů [110-113].

5.5 Diagnóza ranných komplikací sternotomie

V počáteční fázi vzniku DSWI nemusí být klasické symptomy a známky akutní infekce jednoznačně vyjádřeny a mohou být maskovány pooperační bolestí nebo jinou průvodní infekcí, která se vyskytuje až v 19 % případů. Horečka a leukocytóza, při absenci lokálních příznaků, mohou být v malém procentu případů dokonce jedinými vyjádřenými klinickými prvky [114,115]. Sekrece z rány bývá zachycena nejčastěji jako první známka ranného infektu, vyskytuje se v 70 – 90 % případů. Dále bývají přítomny bolest rány, citlivost kožního krytu a nestabilita hrudní stěny. Každodenní klinické vyšetření pacientů v časném pooperačním období a vysoký stupeň medicínské obezřetnosti jsou stále nejdůležitějšími faktory při stanovení časně diagnózy [116,117]. Možnost propukajícího hlubokého sternálního infektu by měla být vždy zvažována u pacientů s jinak nevysvětlitelným pomalým pooperačním zotavováním. Střední interval mezi primárním operačním zákrokem a stanovením diagnózy DSWI (typ I dle El Oakleyho) se pohybuje průměrně od 9 do 11 dnů. U některých pacientů se klinický obraz rozvine plně až po propuštění z nemocnice [118]. Laboratorní vyšetření jsou užitečná pro potvrzení klinického podezření na DSWI, nicméně žádný jednoduchý test nemůže definitivně vyloučit pomalu doutnající sternální infekci. U pacientů s teplotou nad 38 °C po prvních 48 hodinách od operace by měly být vždy odebrány hemokultury pro mikrobiologické vyšetření. Rentgenové snímky hrudníku jsou nápomocny při časně diagnostice DSWI jen zřídka. Změny v umístění drátěných sternálních kliček po několika dnech jsou diagnostické pro separaci sternu, která může a nemusí být

spojena s infekcí [119]. CT hrudníku s eventuální aspirací z mediastina může podat cennou informaci pro plánování budoucí strategie léčby [103,120].

Pro specifikaci ranných komplikací sternotomie je v současné době asi nejvíce respektovaným doporučením tzv. CDC (Center for Disease Control and Prevention) definice nozokomiálních nákaz [121]. Při stanovení diagnózy DSWI tedy vycházíme na našem pracovišti z následujících kritérií CDC protokolu:

- a) přítomnost sekrece z rány, klinické a mikrobiologické potvrzení časně infekce, mikrobiologický screening je proveden ze stěru z povrchu rány a vzorku tkáně.
- b) časný povrchový infekt je lokalizován na oblast kůže nebo podkoží
- c) hluboký sternální infekt postihuje sternum, pravděpodobně přítomnost nestability sternu, mediastinum není zasaženo
- d) potvrzení osteomyelitidy sternu je postaveno na klinickém nález v průběhu převazu rány v kombinaci s výsledkem mikrobiologického vyšetření kosti a chrupavky.
- e) diagnóza DSWI/mediastinitidy je potvrzena na základě nálezu kompletní dehiscence sternotomie, pozitivního výsledku mikrobiologického vyšetření sekretu z rány nebo vzorku tkáně z mediastina.
- f) ze systémových a klinických příznaků infekce jsou hodnoceny: horečka nad 38 ° C, bolesti hrudní stěny, nestabilita hrudní stěny, hnisavá sekrece z rány a mikrobiologický nález v odebraných hemokulturách.
- g) dále mohou být hodnoceny abnormální nálezy RTG, CT, MRI vyšetření hrudníku, zvažena může být také scintigrafie hrudní stěny.

5.6 Historický přehled metod léčby ranných komplikací sternotomie

Způsoby léčby DSWI se neustále vyvíjely a vyvíjí, obecně přijatelná strategie prozatím neexistuje a názory na některé léčebné postupy mohou být stále ještě kontroverzní.

V průběhu 60. let byli pacienti s diagnózou DSWI ošetřováni konzervativně celkovou antibiotickou medikací, lokální drenáží nebo převazy otevřené rány do objevení se granulací s následným uzávěrem. Mortalita tohoto postupu však dosahovala 50 % a kvalita života přeživších pacientů byla diskutabilní. Také samostatná incize a drenáž rány vykazovala mortalitu 23 % s poměrem selhání 39 %, a byla rovněž opuštěna [122].

Již Robiczek definoval tři základní principy léčby DSWI: zvládnutí a kontrolu infekce v co nejkratší době, adekvátní debridement a lokální ošetření rány, konečně pak i dosažení co nejvyššího stupně stability při rekonstrukci hrudní stěny [123].

Shumacker a Mandelbaum publikovali v roce 1964 své první zkušenosti s komplexním přístupem zahrnujícím debridement rány, předrátování sternu a kontinuální katetrovou laváž uzavřené rány antibiotickým roztokem [124]. V roce 1961 takto poprvé úspěšně léčili dva pacienty se staphylococcovou mediastinitidou. Tato originální metoda se rozšířila v několika variacích způsobů drenáže a složení antibiotických nebo antiseptických roztoků.

Použití zředěného roztoku antibiotik nebo 0.5 % jodového roztoku k proplachu vedlo sice k redukci mortality, nicméně ta se stále vyskytovala v relativně dosti širokém rozmezí od 4 do 28 %. Riziko primárního selhání metody se pohybovalo v rozmezí 12 – 48 % [125-128].

Ne zcela optimistické výsledky metody uzavřeného proplachu, a také evidence určité toxicity jodu, oživily zájem o četné výkony plastické chirurgie jako alternativy k uzavřenému mediastinálnímu proplachu.

Lee a kol. v roce 1976 zveřejnili techniku uzávěru dehiscencí sternotomie pomocí laloku velké předstěry (omenta) přesunutého z břišní dutiny po předchozím debridementu a oživení okrajů rány sternotomie. Podle základní hypotézy, velmi dobře prokrvené omentum mělo vyplnit mrtvý prostor defektu sternu, zabezpečit dostatečně vysokou a terapeuticky účinnou lokální koncentraci antibiotik, akcelarovat neo-angiogenezu a podpořit dobrou absorpční kapacitu okolních tkání [129].

Jurkiewicz a kol., v roce 1980 poprvé použil v protokolu léčby DSWI lalok pektorálního a přímého břišního svalu. V souboru 409 pacientů za 20 let používání metody publikovali hospitalizační mortalitu 8,1 % a primární selhání metody v 5,1 % případů. Lalok pektorálního svalu byl použit v 76,6 % případů, lalok přímého břišního svalu v 19,4 % případů. Lalok omenta byl v tomto souboru použit ve 2,2 % případů. 87,1 % pacientů bylo vyřešeno v jedné době [130]. Tento postup historicky prodělal opět celou řadu modifikací včetně načasování uzávěru rány nebo primární volby laloku ke krytí defektu. Publikovaná mortalita se v různých sděleních pohybovala v rozmezí 0 – 19 % [131,132].

Milano a kol., srovnal metodu použití pektorálního laloku a omenta. V případě omenta referoval nižší mortalitu (4.8 % vs. 10.5 %, $p < 0.05$), nižší výskyt časných ranných komplikací (9.5 % vs. 27.7 %, $p < 0.001$), a kratší délku hospitalizace [133].

Další retrospektivní studie srovnávaly uzavřený proplach s rekonstrukčními výkony při léčbě DSWI typu I a II. Výskyt operační mortality v obou variantách kolísal od 0 do 16 % a většinou byl v obou srovnávaných skupinách identický. Scully a kol., zjistili, že uzavřená

laváž rány (19 pacientů) a odložená operace s posunem laloku prsního svalu (22 pacientů) vykazovala podobné krátko i dlouhodobé výsledky. Ačkoliv délka pobytu na jednotce intenzivní péče byla výrazně delší u pacientů po plastickém výkonu, celková doba hospitalizace byla stejná u obou skupin [134].

Ringelman a kol. vyhodnotili dlouhodobé funkční a kosmetické výsledky 202 laloků provedených u 133 pacientů léčených pro DSWI v časném pooperačním období (pravděpodobně typu I a II). Publikovali výskyt 7.5 % primárního časného selhání. 80 pacientů bylo sledováno v průměru 48 měsíců, 81 % mělo přetrvávající bolesti nebo dyskomfort, 44 % mělo poruchu citlivosti kůže nebo parestezie, 42 % si stěžovalo na nestabilitu sternu a 33 % udávalo slabost v ramenu. Ačkoliv jizvy byly popisovány jako dobře až perfektně zhojené v 75 % případů, v 85 % byly nalezeny abnormality břišní nebo hrudní kontury, které s vysokou pravděpodobností vznikly kvůli nedostatečné fixaci sternu [135].

Debridement rány a odložený uzávěr lalokem svalovým nebo z velké předstěry byl doporučován jako ideální léčba chronické DSWI typu IV a V. Pairolero a Arnold publikovali výsledky debridementu rány s nebo bez sternektomie následovaného uzávěrem rány pomocí svalového prsního laloku u 38 pacientů s DSWI typu IV nebo V. Průměrný interval mezi propuknutím DSWI a uzávěrem rány byl 33,6 týdnů (rozmezí 2 týdny až 6 let). Pacienti prodělali v průměru 1,6 předchozích pokusů o operační léčbu (rozmezí 0-10). Nevyskytlo se žádné nemocniční úmrtí a po průměrném sledování 24,3 měsíce se jen u 5 pacientů (13.2 %) znovu objevila ranná infekce [136].

S ohledem na klasifikaci DSWI dle El Oakleye a Wrighta, lze tedy terapeutická doporučení této éry shrnout následovně:

- DSWI typu I a II: důkladný debridement rány a proplachy rány, odstranění sternálních drátů, uvolněných stehů, odumřelé tkáně a kostního vosku, zabránění otevření sterilních pleur při absenci klinicky nebo radiologicky potvrzeného empyému. Fyziologický nebo antibiotický roztok je pro výplach preferován před jodem. Ostatní antiseptické roztoky, např. peroxid vodíku, hydrogenchlorid sodný, nebo kyselina octová, mohou inhibovat tkáňové hojení a nejsou doporučeny. Plastický výkon se stabilizací sternu v jedné době je doporučen, tkáně jsou ještě poddajné, zejména při nepřítomnosti vážného zánětu.
- DSWI typ IIIA a IIIB: metoda katetrových proplachů vykazuje vyšší riziko selhání. Pacienti v riziku pokračující infekce můžou profitovat z radikálního sternálního

debridementu a z použití dobře vaskularizované tkáně k překrytí defektu v časném stádiu.

- DSWI typ IVA a IVB: metoda katetrových proplachů rány vykazuje vysoké riziko selhání. Pacienti by měli být léčeni jako u typu V.
- DSWI typu V: debridement rány, sternektomie a excize zasažené žeberní chrupavky, odložená rekonstrukce svalovým lalokem nebo lalokem z omenta. Omentoplastika by neměla být použita u pacientů po odběru gastroepiploické tepny a u pacientů po velké operaci horních partií břicha. Podobně svalový lalok přímého břišního svalu by neměl být použit u pacientů po předchozím odběru IMA [72].

5.7 Podtlaková drenáž rány (negative pressure wound therapy, NPWT)

Inovativním přístupem v léčbě DSWI se stala metoda podtlakové drenáže rány. V roce 1997 Obdeijin a kol., popsal aplikaci u prvních tří pacientů [137]. Stabilizace hrudní stěny při použití podtlaku, s možností extubace pacientů mezi jednotlivými převazy, znamenala zlepšení mechaniky dýchání i celkové mobility pacientů. Catarino a kol., provedl první retrospektivní srovnání NPWT s proplachovou drenáží uzavřeného hrudníku. Jednoznačně potvrdil výhody NPWT při porovnání délky celkové hospitalizace (15 vs. 40.5 dnů, $p = 0.02$) a rizika selhání léčby (0 vs. 5, $p = 0.03$) [138]. Nezávisle na sobě, Gustafsson a kol. a Fleck a kol., porovnali 30-ti a 90-denní mortalitu při použití NPWT u pacientů s DSWI třídy III dle Oakleyeho [139,140]. Gustafsson rovněž popsal podobné přežití pacientů po CABG s DSWI léčených NPWT protokolem se skupinou pacientů po CABG bez DSWI a to v intervalech 1, 3 a 5 let (92.9, 89 a 89 % vs. 96, 92 a 86 %). Současná literatura udává 30-ti denní mortalitu v rozmezí 1.1-5.4 %, jednoletou mortalitu v rozmezí 8-15 % a riziko selhání metody 2-6 %. Průměrná doba aplikace NPWT se pohybuje v rozmezí 8-14 dnů, průměrný počet převazů pak v rozmezí 4-6 [141-144]. Protokol NPWT ve srovnání s předcházejícími metodami léčby DSWI snížil riziko terapeutického selhání metody a pozitivně ovlivnil délku krátko- i dlouhodobého přežití [50,145-162]. Výsledky NPWT jsou nezávislé na mikrobiálním původci DSWI [163]. NPWT rovněž nezvyšuje riziko pozdní rekurence infektu, výskyt chronických píštělí při použití konvenční terapie a NPWT byl srovnatelný a pohyboval se v rozmezí 8 – 12 % [50,144,158,164,165]. Jako nezávislé faktory rizika selhání NPWT byly definovány obezita, renální selhání a sepse [152,153].

S rozšířením nového léčebného postupu se objevily také publikace o riziku závažných krvácivých komplikací v souvislosti s NPWT [166,167]. Riziko poranění srdce, zejména pak

obnažené pravé komory, našitých bypassů a velkých cév bylo velmi dobře popsáno u pacientů léčených konvenčními způsoby. Jako potenciální mechanismy vzniku poranění byly identifikovány především těsné fixace struktur srdce ke sternu, vazivové srůsty nebo eroze tkání na podkladě postupujícího ranného infektu [168]. Výskyt těchto komplikací se v literatuře pohyboval v rozmezí 2-15 % [169-171]. U pacientů léčených pomocí NPWT se výskyt závažných krvácivých příhod v různých literárních odkazech pohybuje v rozmezí 2-5 % [141,143,151,154,168,172]. Mortalita těchto komplikací zůstává stejná, kolísá v rozmezí 25 – 70 %. Jako prevence vzniku poranění srdce či našitých bypassů může být v průběhu převazu použita jedna nebo dvě vrstvy mastného tylu, silikonová mesh vrstva nebo parafinová gáza, které jsou uloženy na povrch srdce, případně mezi a pod okraje sternu [168-170,172].

5.7.1 Protokol léčby hlubokého sternálního infektu

Na našem pracovišti je protokol NPWT (např. s použitím přístroje V.A.C.[®], KCI, Inc, San Antonio, TX, USA) standardně používán již od roku 2005 [144]. Revize rány je prováděna, ve většině případů, v den stanovení diagnózy ranné komplikace, nejpozději v den následující. Převoz ran v kategorii DSWI jsou prováděny v celkové anestezii na operačním sále, dle aktuálního klinického nálezu s frekvencí 2 – 3 x týdně. Při každém převazu jsou pro mikrobiologické vyšetření odebrány stěry ze spodiny rány, vzorky měkkých tkání, kosti a žební chrupavky. V případě nezvratitelné sternální dehiscence při uvolnění či prořezání materiálu použitého k uzavěru sternotomie je tento odstraněn. Pečlivě jsou odstraněny devitalizované okraje měkkých tkání, kosti a chrupavky. Toileta rány je prováděna ředěným roztokem povidon-iodine (Betadine[®], Mundipharma A.G., Basilej, Švýcarsko).

Polyuretanová pěna systému NPWT je vymodelována dle aktuálního tvaru rány a je aplikována v jedné nebo dvou vrstvách. V případě obnažené pravé komory srdeční a našitých bypassů ukládáme profylakticky do spodiny rány Mepilex[®] (Mölnlycke Health Care, Švédsko) v jedné nebo dvou vrstvách. Celý systém je překryt sterilní fólií a je napojen na sací zařízení s podtlakem v rozmezí od -75 do -125 mmHg.

5.8 Stabilizace a re-osteosyntéza sternu

Klasickým, doposud ještě často užívaným, způsobem řešení sternální dehiscence je resutura sternu silnějšími drátěnými kličkami s využitím peri-, trans- a parasternálních drátovacích technik [104,123]. Četné srůsty pod sternem však představují riziko poranění pravé komory

srdeční a našitých bypassů. Komplikovaná může být také samotná stabilizace fragmentovaného sternu, zvláště jsou-li přidruženy i fraktury žeber [72,104].

Stabilita skeletu hrudního koše je však důležitým předpokladem pro úspěšné zhojení sternotomie. U nekomplikovaných sternálních dehiscencí se v dnešní době stala metodou volby AO osteosyntéza sternu. Voss a kol., jako jeden z prvních, publikoval své zkušenosti se systémem transverzálních titanových dlah (Titanium Sternal Fixation system™, De Puy-Synthes, Johnson & Johnson, USA), které použil u série 15 pacientů s dehiscencí sternotomie. Čtyři pacienti měli za sebou již minimálně dva neúspěšné pokusy o stabilizaci sternu pomocí drátěné re-cerclage, u čtyř pacientů byl před provedením AO osteosyntézy, v rámci léčby DSWI, aplikován protokol NPWT. U všech pacientů se podařilo dosáhnout plné stabilizace a zhojení hrudní stěny. Jeden pacient léčený pro předchozí DSWI vykazoval známky rekurentního infektu, jeden pacient zemřel, ovšem bez souvislosti s provedenou AO osteosyntézou [173]. Rozsáhlejší, podobně úspěšné, zkušenosti se stejným systémem pak publikoval Gaudreau a kol., se skupinou 92 pacientů léčených pro DSWI, kde se u všech podařilo dosáhnout plné stability a zahojení hrudní stěny. U 9 pacientů bylo v dalším průběhu nutné provést explantaci dlah pro rekurentní infekt, ovšem bez dalšího ovlivnění stability hrudní stěny [165]. Stabilita hrudníku je v rámci léčby DSWI velmi důležitá pro zlepšení respiračních funkcí, zlepšení hojení měkkých tkání, zkrácení doby hospitalizace a zlepšení kvality života [104,108,175].

5.8.1 AO osteosyntéza hrudní stěny pomocí transverzálních dlah

K uzávěru nekomplikované sternální dehiscence používáme na našem pracovišti, již od roku 2006, standardně systém dlahové osteosyntézy Synthes-De Puy®, (Johnson&Johnson, USA). Dlahy jsou fixovány na povrch skeletu hrudního koše, čímž se minimalizuje riziko iatrogenního poranění srdce při dosažení maximální stability fragmentů sternu a přiléhajících žeber.

Systém obsahuje sadu děrovaných, ve dvou rovinách tvarovatelných titanových dlah s 12-ti, 20-ti nebo 30-ti otvory, dále i speciálně tvarované dlahy ve tvaru hvězdice, písmene H nebo dlahy úhlové. Každá dlahy je uprostřed opatřena zámkem na principu jednoduché závlačky, která umožňuje v případě urgentní situace rychlou separaci sternu. K dispozici jsou i dlahy bez centrální závlačky. Dlouhé rovné či úhlové dlahy jsou určeny k fixaci hrudní stěny do žeber, dlahy ve tvaru hvězdice nebo písmene H slouží ke stabilizaci manubria sternu. Dlahy

se upevňují bikortikálními, samovrtnými nebo samořeznými, šrouby o průměru 3 mm a délkami závitu v rozmezí od 8 do 18 mm. K dispozici je i implantační instrumentarium.

Při samotném uzávěru rány je nejprve nutné uvolnit po obou stranách muskulokutánní pektorální laloky od skeletu hrudního koše a to zhruba do úrovně medioklavikulárních čar. Je vhodné zachovat krevní zásobení laloků z cévních perforátorů.

Poté následuje šetrný debridement okrajů kostěných fragmentů obou polovin sternu. Klešťovými aproximátory jsou velmi opatrně, s ohledem na možnost poranění pravé komory srdeční při neopatrné manipulaci, přiblíženy obě poloviny sternu na co nejtěsnější možný kontakt. Poté je provedena stabilizace stěny hrudního koše dlahami, které jsou namodelovány dle zakřivení povrchu sternu a žeber. Fixace dlah je prováděna buď bikortikálními samořeznými šrouby, u kterých je nutné předvrtat otvor do kosti, nebo bikortikálními samovrtnými šrouby, které lze zavést přímo. Délku šroubů je vhodné průběžně kontrolovat přeměřením tloušťky skeletu sternu a žeber přiloženou speciální měrkou. Dlahu je doporučeno fixovat minimálně čtyřmi šrouby na každé straně. Počet a tvary použitých dlah jsou individuální a závisí na klinickém nálezu. U nekomplikovaných sternálních dehiscencí lze dosáhnout vynikajícího výsledku již s použitím tří 12-ti otvorových rovných dlah.

Do prostoru pod uvolněnými muskulokutánními laloky jsou uloženy dva Redonovy drény, které ponecháváme 6 až 7 dnů. Uzávěr krytu měkkých tkání je prováděn, dle zvyklostí pracoviště, obvykle ve dvou vrstvách jednotlivými nebo pokračujícími vstřebatelnými stehy.

V pooperačním průběhu je třeba dbát na prevenci kašle a vyvarovat se zvýšené mechanické zátěže hrudníku a horních končetin po dobu dvou měsíců od rekonstrukce.

Z peri- a po-operačních komplikací se nejčastěji můžeme setkat s krvácením z relativně velké ranné plochy po preparaci muskulokutánních laloků.

Při použití příliš dlouhých šroubů hrozí riziko iatrogenního pneumotoraxu, případně i poranění in situ zachované IMA nebo subcostální tepny. Při záchvatech dráždivého kašle může dojít k vytržení dlah, zvláště při použití šroubů s krátkou délkou závitu.

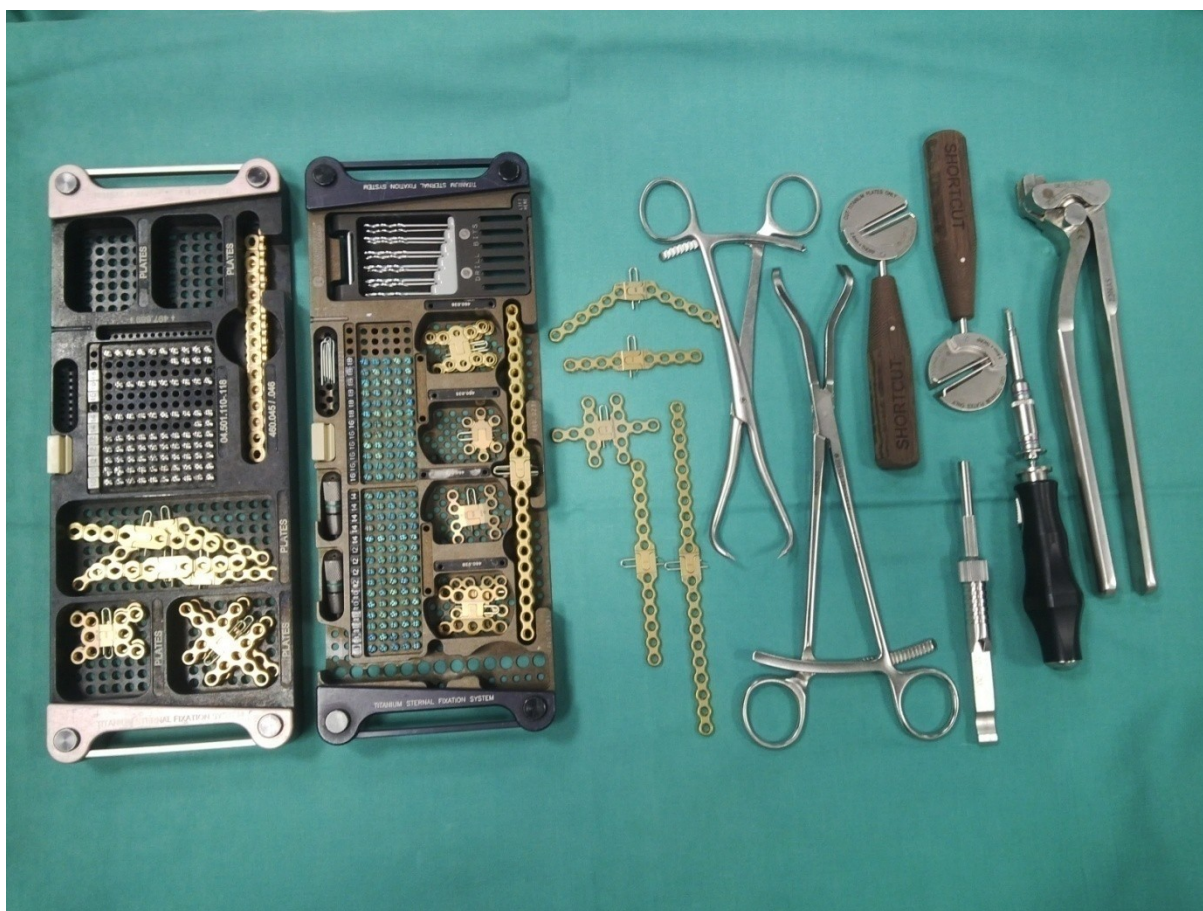
V delším časovém horizontu se lze setkat i se snížením kožní citlivosti přední stěny hrudníku, což však pacienta zatěžuje minimálně.

Existuje rovněž možnost tvorby reaktivního serózního výpotku pod tkáněmi od hrudního skeletu odpreparovaných pektorálních svalů. Klinickým projevem je nález nebolestivé palpační fluktuace měkkých tkání přední hrudní stěny, která může imitovat otok. Může se objevit také serózní průsak kožní sutury. Tato komplikace je jedním z důvodů ponechání subpektorálních Redonových drénu po dobu 6-7 dnů od rekonstrukce. Při vyšším serózním odpadu v drénech nebo v případě již rozvinutého výpotku je namístě celkové podání

nesteroidních antiflogistik a antiedematik, je možné zvážit i lokální punkci s evakuací výpotku.

Při použití příliš dlouhých dlah, které přesahují medioklavikulární čáry hrudníku, může dojít k omezení respiračních pohybů hrudní stěny. Tento stav mohou pacienti vnímat bolestivě a může být i důvodem k explantaci dlah. Při explantaci dlah lze využít lokálních kožních incizí k extrakci laterálně umístěných šroubů a vyhnout se tak nutnosti rozpuštění rány s opětovnou elevací pektorálních laloků. Výkon lze s výhodou provést pod skiaskopickou kontrolou, v naší klinické praxi jsme však tuto možnost nemuseli použít.

Dlahy je nutné explantovat také v případě nasedající bakteriální infekce kovového materiálu. Vždy však máme snahu o co nejdelší udržení stabilizace, alespoň do doby vazivového srůstu sternu. I v tomto případě lze využít lokálních kožních incizí. Reziduální infekce měkkých tkání je možné s výhodou dořešit dodatečným, krátkodobým protokolem NPWT a resuturou.



Obrázek 2. Sada pro AO osteosyntézu hrudní stěny (De-Puy Synthes, Johnson&Johnson, USA; archív autora)

5.9 Stabilizace hrudní stěny u rozsáhlého post-sternotomického defektu hrudní stěny

V případě rozsáhlých post-sternotomických defektů může prostá AO osynteosyntéza selhat. Komplexní působení střížných sil vznikajících při dechových pohybech hrudní stěny v kombinaci s nedostatečným kostěným podkladem pro fixaci hrozí vysokým rizikem destrukce a uvolnění dlah. Uvolněný osteosyntetický materiál a vznik dalších kostěných fragmentů enormně zvyšuje riziko poranění nekrytého srdce a závažného krvácení. Se vznikem nově vzniklé mechanické nestability hrudní stěny lze předpokládat zhoršení respirační insuficience, vznik další dehiscence již resuturovaných měkkých tkání a tvorbu významných reaktivních výpotků [173].

V literatuře se objevila celá řada postupů k řešení rozsáhlých defektů hrudní stěny vzniklých za různých okolností. Nicméně, s ohledem na malou četnost výskytu těchto případů a také s ohledem na individuální podmínky konkrétního pacienta, lze asi stěží prosazovat některou z níže uvedených metod jako zlatý standard léčby.

Zdánlivě nejjednodušším popsáním řešením je prosté překrytí kostního defektu některou z možností svalově kožního laloku [130-133]. Tyto způsoby však nestabilizují skelet hrudní stěny. To s sebou nese zvýšené riziko zhoršených respiračních funkcí, často s problematickým odpojováním od umělé plicní ventilace. Nestabilita hrudní stěny může být důvodem dalších dehiscencí a píštělí měkkých tkání, diskutabilní může být rovněž kosmetický efekt abnormality hrudní kontury.

V předchozím textu byla již zmíněna výplň defektu pomocí laloku velkého omenta, s využitím jeho vysokého angiogenetického a hojivého efektu [129,133]. Nevýhodou je však nutnost zásahu do peritoneální dutiny s nutností rozšíření operační rány a s fatálními následky při případných infekčních komplikacích. Do doby vytvoření dostatečně zhojené vazivové vrstvy mezi okraji sternu a žeber zůstává hrudní stěna i v tomto případě dočasně nestabilní.

Defekty sternu menšího rozsahu lze řešit s pomocí autologního štěpu. Byly publikovány práce s využitím kostního štěpu fibuly, žebra nebo Achillovy šlachy [176-178]. Výhodou metody je použití vlastního materiálu tkáně s dobrým hojivým potenciálem. Nevýhodou metody je však omezené množství dostupného materiálu. Další nevýhodou je nutnost provedení dalšího operačního přístupu k odběru autologního materiálu.

Ze syntetických materiálů byly již využity materiály jako např. methyl-metacrylát nebo polytetrafluorethylen [179]. Použití na míru vytvořeného titanového implantátu bylo publikováno po resekci sternu postiženého primárním tumorem nebo metastázou [180].

Syntetické materiály jsou však obecně poměrně značně rigidní, existuje riziko plošných erozí nebo dokonce poranění při kontaktů s okolními tkáněmi. Existuje zde také obava ze zvýšeného rizika infekčních komplikací nebo imunologické reakce v přítomnosti nadměrného množství cizího materiálu. Nelze také pominout riziko nepřijetí cizího materiálu tkáněmi v rámci hojení [179,180]. V případě „na míru“ vyráběných implantátů na bázi titanu je třeba uvážit také vysokou cenu použitého materiálu.

Elegantní možností se jeví použití allogenního kostního štěpu. V literatuře bylo popsáno ojedinělé použití allogenního kostního štěpu při rekonstrukci rozsáhlých defektů hrudní stěny vzniklých po resekci pro zhoubný tumor či metastatické postižení [181,182]. Objevily se také první publikace o použití allogenního kostního štěpu sternu při léčbě rozsáhlého post-sternotomického defektu [183,184]. Allogenní kostní štěp sternu, připravený tkáňovou bankou, je velmi dobře mechanicky zpracovatelný. Snadno se aplikuje a fixuje do rány. Poskytuje dostatečné množství materiálu k rekonstrukci defektů hrudní stěny většího rozsahu, s velmi uspokojivým kosmetickým defektem zachované hrudní kontury. Ačkoli se jedná o avitální kostní tkáň, allogenní štěp slouží jako „vodič - scaffold“ pro prorůstání fibroblastů příjemce a tkáňovou angiogenezi. Navíc není nutné řešit otázky imunokompatibility, i když se jedná o transplantaci tkáně.

Transplantaci allogenního kostního štěpu a kostní spongiózy při řešení následků DSWI jsme použili poprvé v roce 2011. Metodu považujeme za originální, na našem pracovišti vyvinutou a dále rozpracovanou. Současně jsme tuto techniku, dle dostupných literárních pramenů jako první a dále opakovaně, publikovali ve světové literatuře [184-187].

V naší sérii pacientů jsme začali využívat allogenní štěpy sternu připravené tkáňovou bankou již primárně bez přidružených původních měkkých tkání. Tento způsob urychluje aplikaci štěpu bez nutnosti jeho dodatečného čištění na operačním sále. K zesílení linie kontaktu mezi štěpem a reziduálními okraji hrudního skeletu příjemce využíváme drcenou kostní spongiózu připravenou jednak ze zbytků allogenního štěpu sternu, případně pak i z dalšího přiloženého štěpu, obvykle kondylu femuru či tibie. Na základě scintigrafického vyšetření skeletu jsme zjistili vysoký hojivý potenciál v místech její aplikace, což v konečném důsledku velmi urychluje přihojení štěpu k okolním tkáním.

Nezbytnou podmínkou implantace allogenního kostního štěpu je však absence mikrobiální kontaminace rány v době aplikace. V rámci komplexního přístupu léčby DSWI je indikováno celkové intravenózní podání jednoho nebo více antibiotik, striktně dle doporučení antibiotického centra. Cílem léčby je dosažení tří po sobě jdoucích negativních výsledků veškerých mikrobiologických vyšetření rány. Makroskopicky je hodnocena vitalita měkkých

tkání a kosti. Před dalším krokem léčby je požadována absence teplot, pokles hladiny C reaktivního proteinu a leukocytů v krvi.

I přes opakované potvrzení absence mikrobiální kontaminace rány, dále provádíme profylaktickou resekci reziduálních okrajů sternu a žeber. Snaha o čistotu rány je v některých případech naší série i důvodem prodloužení protokolu NPWT.

Přes maximální možná preventivní opatření a ošetření allogenního kostního štěpu je nutné zmínit, byť zcela minimální, v případě transplantace biologického materiálu možnost přenosu virové či bakteriální infekce z dárce na příjemce.

5.9.1 Odběr a zpracování kostního štěpu

Allogenní kostní štěp musí splňovat legislativní kritéria České republiky a Evropské asociace tkáňových bank [188,189]. Odběr vhodného kostního štěpu je realizován v rámci multi-tkáňového odběru od zemřelého dárce. Před vlastním odběrem štěpu je každý dárce prověřen v národním registru nesouhlasů s odběrem orgánů a tkání pro transplantaci. Dále jsou vyřazeni všichni potenciální dárce léčení v době úmrtí pro infekční onemocnění, sepsi, malignitu a systémové či autoimunitní onemocnění. Krevní sérum dárce je dále samostatně testováno na protilátky anti-HIV 1 a 2, HBsAg, anti-HCV, anti-HTLV I a II. Odběr allogenního kostního štěpu sternu je prováděn za přísně sterilních podmínek týmem Národního centra tkání a buněk v Brně. Po opracování, opět za sterilních podmínek, je štěp zamrazen a skladován při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Před klinickým použitím je štěp po dobu 12 hodin rozmrazen při teplotě $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a jsou odebrány kontrolní mikrobiologické stěry. Poté je ošetřen v 1 % roztoku gentamicinu, opracován do konečné podoby, znovu zamrazen a skladován při teplotě $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po potvrzení negativity mikrobiologického vyšetření povrchových stěrů je štěp určen ke klinickému použití. Před vlastním operačním výkonem je rozmrazen, opět po dobu 12 hodin, při teplotě $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Těsně před transplantací je na operačním sále znovu ošetřen koupelí v 1 % roztoku gentamicinu.



Obrázek 3. Allogenní štěp sternu připravený k transplantaci (archív autora)

5.9.2 Operační technika

Před vlastní transplantací allogenního štěpu je nutné provést bilaterální uvolnění prsních svalově-kožních laloků od spodiny skeletu hrudního koše, obvykle do úrovně medioklavikulárních čar. Pokud je to možné, snažíme se šetřit krevní zásobení svalového laloku zprostředkované mezižebními cévními perforátory. V další fázi je provedena resekce reziduálních okrajů sternu a žeber v bezpečnostní linii 1-2 cm do zdravé tkáně.

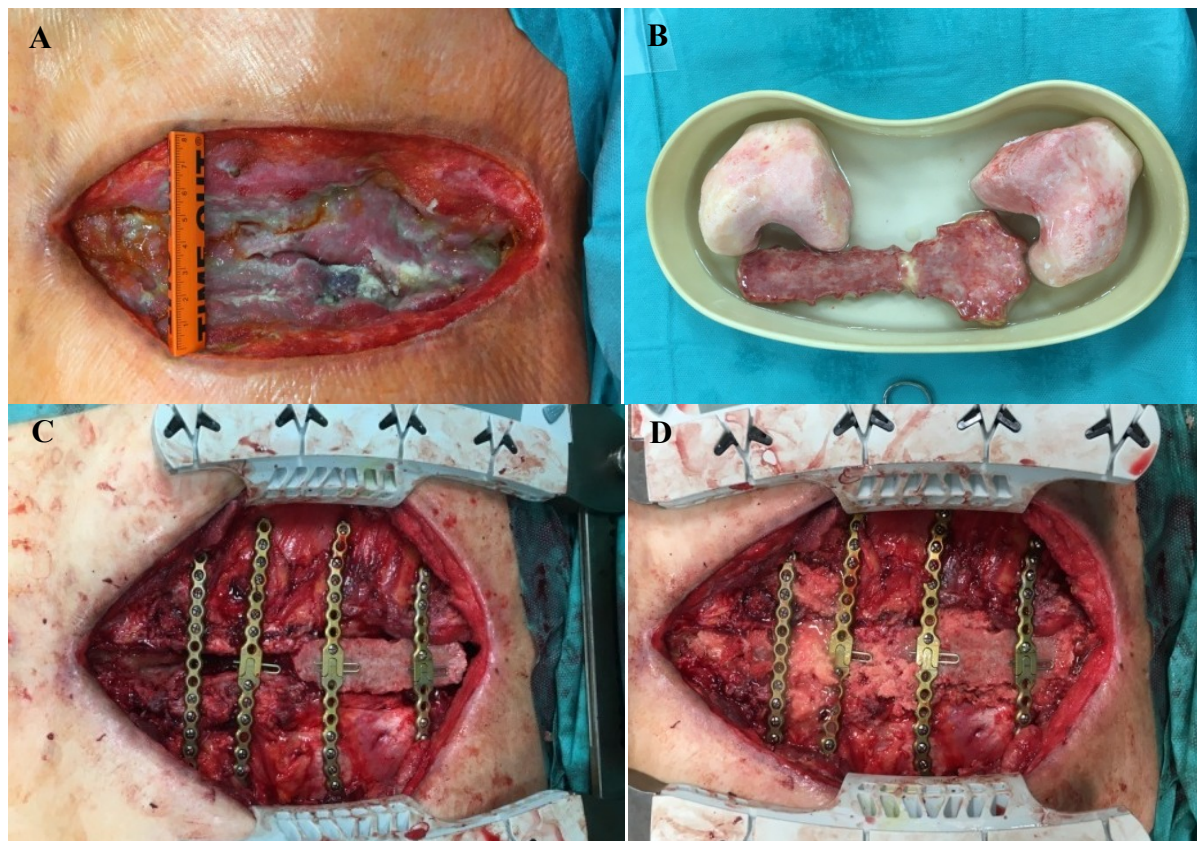
Kostní štěp je opracován přibližně dle tvaru defektu. Fixaci allogenního kostního štěpu a současně stabilizaci celé hrudní stěny provádíme pomocí transverzálních titanových dlah (Synthes-De Puy, Johnson&Johnson, USA). Uchycení dlah k povrchu reziduálního skeletu sternu a žeber provádíme bikortikálně zavedenými samovrtnými šrouby adekvátní délky. Po obou stranách každé dlahy se snažíme o fixaci pomocí alespoň čtyř šroubů. Jedním nebo dvěma šrouby nejkratší možné délky je ke každé dlaze fixován i kostní štěp.

Linii kontaktu mezi reziduálními okraji sternu či žeber a kostním štěpem vyplňujeme drcenou kostní spongiózou získanou jednak ze zbytků původního štěpu, jednak z dalšího přiloženého allogenního štěpu, obvykle hlavice či kondylu femuru nebo tibie.

Standardně zakládáme 2 silnější subpektorální Redonovy dreny pod oba pektorální svalově kožní laloky. Další, slabší, Redonův dren ukládáme na spodinu rány pod štěp.

Uzávěr měkkých tkání lze s výhodou provést přímou suturou bilaterálně uvolněných pektorálních laloků. V případě nedostatku měkkých tkání je nutné provést, ve spolupráci

s plastickým chirurgem, některý z rozsáhlejších výkonů, např. V-Y transpozici pectorálního laloku.



Obrázek 4. A. Ztrátový defekt sterna a přilehlých žebér. B. Allogenní kostní štěp sterna, štěpy kondylů femuru k přípravě drcené kostní spongiózy. C. Stabilizace hrudní stěny AO osteosyntézou a štěpem sterna. D. Aplikace drcené kostní spongiózy do linií kontaktů a reziduálních defektů (archív autora).

5.9.3 Komplikace

Peri a pooperační komplikace jsou obecně stejné, jako při stabilizaci hrudné stěny bez ztráty kostního materiálu sterna. V praxi se při řešení rozsáhlejších defektů nelze vyhnout laterální fixaci dlouhých, vzácněji až 30-ti otvorových, dlah do žebér. Může samozřejmě dojít k omezení pohyblivosti stěny hrudního koše, je to však daň za potřebu dostatečné stabilizace hrudní stěny a štěpu. Z našich zkušeností jsme však vysledovali, že v delším časovém horizontu dojde k úpravě poddajnosti hrudní stěny.

Vždy se snažíme o co nejtěsnější aproximaci reziduálních okrajů sterna a přilehlých žebér a použití nejmenší nutné plochy štěpu k překrytí defektu. Toto provádíme i za cenu dočasného zvýšení inspiračních tlaků v dýchacích cestách, což je patrné ihned po stabilizaci hrudníku ještě na operčním sále. Důvodem je limitace množstvím měkkých tkání pro resuturu, zejména

pak po delším období podtlakové drenáže rány, kdy může dojít k retrakci tkání. V případě nedostatečné aproximace bilaterálně uvolněných pektorálních laloků u již stabilizovaného hrudního koše je nutný urgentní zásah plastického chirurga. Již tak dost rozsáhlý výkon se takto dále prodlužuje, zvyšuje se riziko krvácivých a dalších ranných komplikací. V naší praxi jsme se setkali s jedním případem, kdy bylo nutné provést u morbidně obézní diabetičky akutní V-Y posun muskulo-kutánního pektorálního laloku.

Rizikem je i zde, samozřejmě, reinfekce kovového materiálu a navíc i štěpu. Proto jsou před vlastní rekonstrukcí nutné tři po sobě jdoucí, negativní mikrobiologická vyšetření stěrů z povrchu rány, fragmentů kosti a chrupavky. Pro snížení rizika reziduálního infektu navíc provádíme také profylaktický debridement okrajů skeletu před vlastním uzávěrem defektu. V případě, že k reinfekci přece jen dojde, zavádíme opětovně podtlakovou drenáž rány se snahou o co nejdelší stabilizaci hrudní stěny dlahami, alespoň po dobu 2 týdnů. Poté dlahy explantujeme, dle míry postižení také okraje nebo povrch allogenního štěpu. Z klinických zkušeností jsme zjistili, že štěp je po této době již dostatečně přihojený, zejména pak v místech aplikace drcené allogenní kostní spongiózy. Zajizvená tkáň je pevná, poskytuje dostatečnou stabilitu stěny hrudníku a nedochází tak k omezení respiračních funkcí. Reziduální defekt měkkých lze poté řešit několika cykly NPWT protokolu s následnou resuturou, případně sekundárním hojením u menších defektů.

5.9.4 Pooperační péče

Pacienti jsou po výkonu sledováni na jednotce intenzivní péče, kde jsou posléze extubováni. V rámci pooperačního sledování je kladen důraz na prevenci kašle, dočasné omezení zátěže horních končetin a dechovou rehabilitaci. V případě přímé sutury uvolněných pektorálních laloků je možné použít hrudní pás. Drény ponecháváme z důvodu prevence tvorby serózních výpotků po dobu 6-7 dnů. Antibiotickou terapii ponecháváme, s ohledem na komplexní léčbu osteomyelitidy sternu, po dobu třech týdnů od rekonstrukce hrudní stěny.

5.9.5 Sledování po propuštění z nemocnice

Další sledování probíhá formou klinických kontrol v rozmezí 2,6 a 12 měsíců, u déle sledovaných pak jednou ročně. Po dosažení 3 let od rekonstrukce hrudní stěny jsou žijící pacienti vyřazeni ze sledování.

Pro získání dalších informací o dynamice hojení allogenního kostního štěpu bylo u 7 spolupracujících pacientů provedeno s odstupem 2-3 měsíců a 18-22 měsíců od rekonstrukce

hrudní stěny její scintigrafické vyšetření. Planární celotělový kostní scan a SPECT/CT hrudníku byl proveden po podání 750 MBq Technecium 99 m-bisfosfonátu s použitím GE Infinia Hawkey gamma kamery osazené nízkoenergetickým kolimátorem s vysokým rozlišením. Planární snímky byly pořízeny v matici 1024 x 256. SPECT/CT data byla získána pomocí níže dávkovaného CT pro korekci na zeslabení a morfologickou korelaci v matici 128 x 128.

5.10 Rekonstrukce defektu měkkých tkání pomocí lalokové plastiky

V rámci plastické chirurgie existuje řada technik uzávěru defektů měkkých tkání sternotomie pomocí různých laloků. Většinou se jedná o laloky axiální, tedy laloky s definovanou cévní stopkou, jejíž zachování zajišťuje dostatečné prokrvení laloku. Podle dominantní tkáně, kterou obsahují, existují dvě základní skupiny laloků. Jsou to laloky muskulární a kutánní (respektive fascio-kutánní) a kombinované (muskulo-kutánní) laloky. Mezi předpokládané výhody muskulárních laloků patří bohatá síť cévních kolaterál ve svalu, která vytváří předpoklad dobrého prokrvení tkáně s lepší lokální dostupností antibiotik. Mnohé prameny však neshledávají jednoznačné výhody muskulárních laloků nad laloky fascio-kutánními co se týče prokrvení [190,191]. Indikace, výběr nejvhodnějšího laloku a provedení patří do rukou plastického chirurga. Rozsáhlejší popis metodiky přesahuje odborný rámec této práce.

5.10.1 Lalok velkého prsního svalu (m. pectoralis major)

Pro krytí velkých post-sternotomických defektů se jedná o asi nejčastěji používanou metodu. Výhodou je umístění laloku v blízkosti sternotomie. Výhodné je také vzájemně nezávislé, vícezdrojové krevní zásobení z a.thoraco-acromialis, perforátorů hrudní stěny z a.mammaria interna a větve a.thoracica lateralis. Při použití pektorálního laloku nejsou negativně ovlivněny respirační funkce, nebyl zaznamenán vyšší výskyt pooperačních bolestí (ty souvisí spíše s nestabilitou sternu) a současně byl popsán pozitivní vliv na stabilizaci hrudní stěny [192-194].

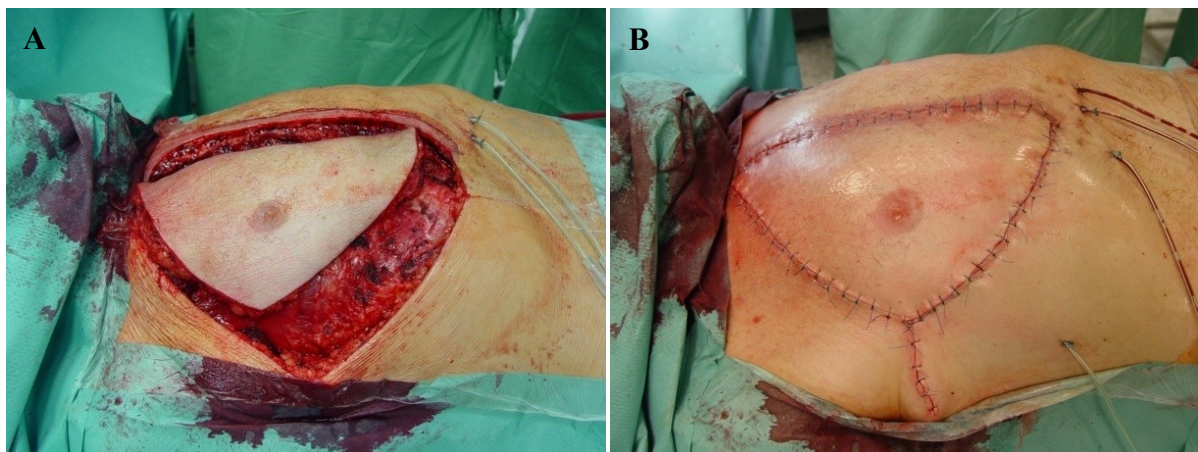
5.10.1.1 Posun laloku m.pectoralis major (Pectoral muscle advancement flap)

V této variantě je cévní zásobení zajištěno z thoraco-akromiální cévní stopky a a.thoracica lateralis. Lalok lze použít i v případě přecházejícího odběru a.mammaria interna ke konstrukci koronárního bypassu. Příprava laloku je rychlá, technicky relativně jednoduchá a s malým

rizikem vzniku kožních nekrot [195,196]. Preparace začíná podél okraje sternu směrem laterálně, obvykle do úrovně medioklavikulárních čar. Mobilizace laloku probíhá ve vrstvě pod velkým prsním svalem. Uvolnění laloků je většinou oboustranné, s cílem získat dostatečné množství materiálu k překrytí rány a sutuře měkkých tkání bez napětí. Uvolnění od skeletu hrudníku by mělo být jemné, s šetřením cévní sítě laloku a dle možností i perforátorů, což přináší výhodu pro další hojení. K prevenci napětí tkáně může být uvolněna také humerální a klavikulární inzerce svalu. V případě nedostatečného množství materiálu pro krytí distálního sternu lze preparaci rozšířit, a do výsledného laloku tak zahrnout, i proximální partie m. rectus abdominis nebo alespoň jeho fascie. Pektorální lalok je použit nejčastěji v musculo-kutánní podobě [197-200].

Technicky složitější varianty zahrnují použití pektorálního čistě svalového laloku uvolněného od kůže nebo lalok kompletně odpojený od všech svých úponů s krevním zásobením prostřednictvím skeletonizované cévní stopky [201]. Separace kožního krytu od svalového laloku však zvyšuje riziko vzniku kožních nekrot z důvodu přerušování cévních perforátorů, které pronikají z prsního svalu do kůže.

V případě příliš rozsáhlého defektu může být obtížné provedení sutury laloků bez napětí. Pak lze využít další modifikace, které umožňují větší mobilitu a posun laloků. Příkladem může být jednostranný nebo oboustranný V-Y posun musculo-kutánního pektorálního laloku. Lalok s kožním ostrovem tvaru trojúhelníku s hrotem směřujícím laterálně je zcela uvolněn od svých insercí na humeru, klavikule, sterno-kostálních skloubeních a na přímém břišním svale. Thoraco-acromiální cévní stopka je kompletně uvolněna a mobilizována, co umožňuje maximální posun laloku. Následně je lalok posunutý mediálně do defektu sternotomie. Zbývající kožní defekt na laterální straně hrudníku je poté uzavřen dle obecných zásad V-Y plastiky, kdy původní V tvar incize s hrotem laterálně se posunem kožního ostrovu mediálně mění na Y [202,203].



Obrázek 5. A. Příprava pravostranného laloku m.pectoralis major k V-Y posunu. B. Stav po uzávěru defektu měkkých tkání pektorálním lalokem (se souhlasem, archiv MUDr. Martina Molitora, Ph.D.)

5.10.1.2 Překlopený lalok m. pectoralis major (Pectoral muscle turn-over flap)

Krevní zásobení u této varianty pektorálního laloku je prováděno z cévních perforátorů hrudní stěny z a.mammaria interna, není tedy možné použití v případě předcházejícího odběru této tepny. Po elevaci kožního krytu od přední pektorální fascie až k laterální axilární čáře je pektorální sval uvolněn od svých inzercí na humerus, klavikulu a fascie přímých břišních svalů. Thoraco-acromiální cévní stopka je vypreparována a přerušena, stejně tak i cévy pronikající do svalu z a.thoracica lateralis. Prsní sval je nadzvednut z laterální strany, a jsou identifikovány cévní perforátory v mezižeberních prostorech poblíž sterno-costálního úponu svalu. Tyto perforátory jsou jemně mobilizovány a následně je laterální porce svalu překlopena mediálně do defektu sternu. Procedura je obvykle prováděna bilaterálně [130,131]. Nevýhodami této rekonstrukce je zvýšené riziko nekrózy kůže po rozsáhlé mobilizaci a také, do jisté míry, nepřírozený estetický výsledek z důvodu ztráty laterální kontury prsního svalu s nepřírozenou linií hrudníku a vyklenováním překlopeného svalu pod kůží po stranách sternu.

5.10.2 Lalok m.rectus abdominis

Cévní zásobení laloku přímého břišního svalu je z a. epigastrica superior. Jelikož se jedná o konečnou větev a. mammaria interna, ani tento lalok není zcela bezpečné použít po odběru stejnostranné a.mammaria interna. Není to ale zcela vyloučeno, pokud je zachována distální porce a.mammaria interna. V tomto případě zůstávají zachovány kolaterální spojky mezi interkostálními tepnami a horní epigastrickou tepnou, které jsou nejvýznamnější v pátém a šestém mezižebří. Odběr laloku obvykle neovlivňuje významně funkčnost břišní stěny. Byl,

nicméně, popsán výskyt pooperačních hernií v jizvě z důvodu oslabení abdominální fascie [135,196]. Ke krytí defektu lze použít muskulární i musculo-kutánní variantu laloku [130,195, 204,205].

5.10.2.1 Muskulo-kutánní lalok přímého břišního svalu

Lalok může být orientovaný vertikálně (VRAM flap - vertical rectus abdominis muscle flap) nebo horizontálně (TRAM flap - transverse rectus abdominis muscle flap). TRAM varianta umožňuje přípravu laloku s větší plochou kožního krytu ale s větším rizikem nekrózy koncové části kožního ostrovu laloku.

Příprava VRAM laloku začíná označením tvaru a velikosti laloku na kůži břicha. Kožní ostrov je orientovaný vertikálně, tedy podélně nad přímým břišním svalem. Pro kožní ostrov je důležité zachování cévních perforátorů – cév pronikajících z přímého břišního svalu do kůže, které jsou nejvýznamnější v periumbilikální oblasti. Kožní ostrov je oříznutý, poté je kůže po okrajích laloku podminována a jsou identifikovány a mobilizovány okraje m. rectus abdominis. Následně je přerušen přední list abdominální fascie nad svalem a sval je mobilizovaný od zadního listu fascie. Sval je mobilizovaný v celém rozsahu od kosto-sternálního spojení až distálně k pubickému úponu. Distální úpon svalu je uvolněn a dolní cévní stopka - a. epigastrica inferior je identifikována a přerušena. Následně je lalok přetočen do sternálního defektu, většinou se protahuje do defektu široce mobilizovaným podkožním tunelem.

TRAM lalok je podobný, kožní ostrov laloku je však umístěn transverzálně mezi pupkem a symfýzou. U tohoto laloku je vyšší riziko nedostatečného prokrvení periferní části kožního ostrovu, který je na kontralaterální straně než je preparovaný sval. Příprava, preparace a uvolnění svalu je stejné jako u VRAM varianty. Při transferu laloku delším podkožním tunelem je třeba předejít riziku komprese svalu s cévní stopkou.

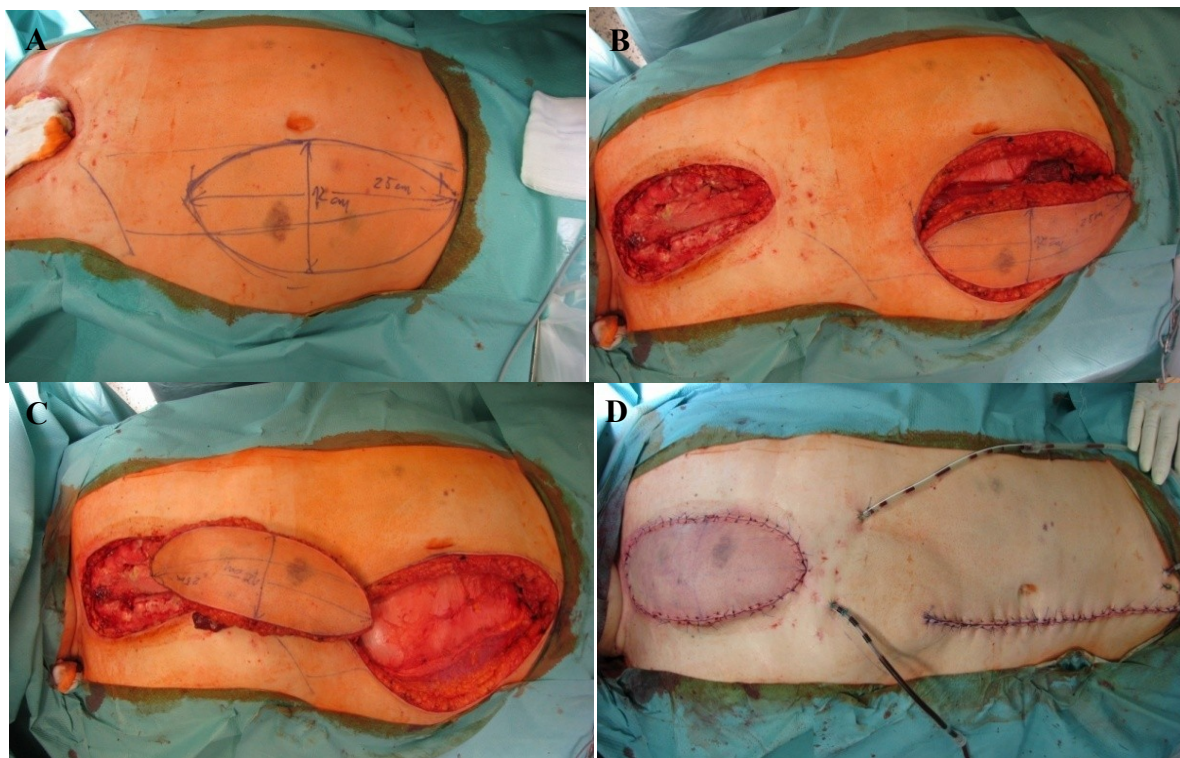
5.10.2.2 Svalový lalok m. rectus abdominis

Jedná se o stejný lalok, avšak s odebráním bez kožního ostrovu. Kožní incize při přípravě této varianty laloku je v požadované délce vedena distálně od post-sternotomického defektu nad přímým břišním svalem. Kožní okraje jsou nadzvednuty, sval je obnažen a kompletně uvolněn jak je popsáno výše. Po podvazu a přerušení a. epigastrica inferior je lalok přetočen do defektu. Svalový lalok v defektu je poté krytý suturou mobilizované kůže hrudníku, nebo

kožním štěpem [131]. Čistě svalový lalok je vhodný ke krytí pouze defektů v distální polovině sternu, protože sval samotný není možno bezpečně transferovat více proximálně.

5.10.3 Kombinace laloků *m.pectoralis major* a *m. rectus abdominis* (Pec-Rec flap)

Tato metoda je vhodná pro rozsáhlé defekty v celé délce sternotomie od jugula až po processus xyphoideus. Jedná se o muskulární lalok – spojení velkého prsního a přímého břišního svalu. Přípravovány bývají obvykle levostranné laloky, možná je však i bilaterální preparace. Kůže nad prsním pektorálním svalem je uvolněna laterálně až do úrovně střední axilární čáry, od klavikuly až po dolní linii žeber. Pektorální sval je odpojen od svých inzercí na humeru a klavikule a je kompletně mobilizován od hrudního koše, je zachováno spojení s fascií přímých břišních svalů. Je zachována také thorako-acromiální cévní stopka, která zajišťuje proximální prokrvení laloku. Distálně pokračuje mobilizace laloku na břichu s uvolněním proximální porce přímého břišního svalu od zadní fascie a spodních žeber. Cévní stopka a. epigastrica superior může být zachována, co je výhodné pro prokrvení laloku, nebo, pro získání lepší mobility laloku, je podvázána a přerušena [206]. Cévní síť v přímém břišním svalu pocházející z dolních nebo i horních epigastrických cév zajišťuje distální prokrvení laloku. Kompletně mobilizovaný lalok je posunutý mediálně do defektu a kůže nad ním je většinou přímo suturována.



Obrázek 6. Rekonstrukce defektu měkkých tkání pomocí VRAM laloku. A., B. Příprava laloku, C. Přesun laloku do místa uzávěru. D. Stav po uzávěru všech defektů měkkých tkání (se souhlasem, archiv MUDr. Martina Molitora, Ph.D.)

5.10.4 Svalový lalok m. latissimus dorsi

Široký zádový sval je spolehlivým a dobře prokrveným muskulárním nebo muskulokutánním lalokem. Cévní zásobení zajišťuje a. thoracodorsalis v axile, která není zatížená předchozím kardiochirurgickým výkonem. Jedná se o velký lalok, použitelný ke krytí rozsáhlých defektů (u žen do plochy 105 cm² a u mužů dokonce až do plochy 192 cm² [207]. Nevýhodou metody je nutnost laterální dekubitální pozice při jeho přípravě, což může být potenciálně komplikujícím faktorem pro pacienty s rozsáhlým sternálním defektem a nestabilitou hrudní stěny. Použití laloku nemá zásadní vliv na základní funkci horní končetiny, nicméně limity má metoda u pacientů s nutností zachování silové neomezené funkce ramen a paží (lidé odkázání na invalidní vozík). Až 50 % pacientů také udává pocit snížené citlivosti kůže v oblasti preparace laloku [196].

Lalok bývá obvykle připraven ze strany nedominantní horní končetiny, s uvolněním prakticky celého svalu až ke skeletonizované cévní stopce. Po odpojení všech inzercí laloku včetně humerální porce je lalok skrze podkožní tunel, povrchově nad m. pectoralis major, transponován do sternálního defektu [208,209].

5.10.5 Dermo-glandulární prsní lalok

Rizikovým faktorem hojení sternotomie jsou také velké prsy obézních žen, díky vlivu nadměrných infero-laterálních tažných sil na distální třetinu sternotomie. Jednou z možností řešení defektu měkkých tkání u těchto pacientek je bilaterální posun pektorálních svalových laloků se simultánním zmenšením objemu prsou redukční mammaplastikou [210-212]. Prsní tkáň je velmi dobře vaskularizovaná (zejména prostřednictvím tzv. Würingerové septa). Technicky se jedná o obdobu laloku m.pectoralis major a představuje tak možnou alternativu ke krytí rozsáhlých defektů sternotomie. Byly publikovány práce s využitím bilaterálního V-Y posunu laloků, připravených z prsní tkáně [193]. Další variantou je redukce masy prsní tkáně se zmenšením prsou a využití distálních a mediálních porcí kůže prsou se zachováním cévního zásobení z interkostálních perforátorů k přípravě různě velkých fasciokutánních laloků ke krytí defektu [196]. Prsní žláza se z laloků většinou odstraňuje. Jiným postupem je tzv. Kyklopský lalok, kdy je parenchym jedné prsní žlázy odstraněn a kůže prsu je rozprostřena a transponována do defektu, se současnou centralizací pozice bradavky [213,214].

5.10.6 Lalok omentum majus

Velké omentum je dobře vaskularizovaná tkáň s bohatou lymfatickou drenáží a vysokou angiogenetickou aktivitou [129,133,215]. Rozměry omenta mohou dosáhnout až 35x45 cm a je tak vhodným materiálem ke krytí sternálních defektů. Na druhou stranu je ale nutné počítat s tím, že konečné rozměry omenta ne vždy korelují s habitem pacienta [200]. Cévní zásobení transponovaného omenta může být zajištěno se zachováním obou gastroepiploických tepen, lalok je pak vhodný ke krytí defektů v oblasti distálního sternu. Další možností je ponechání cévního zásobení pouze jednou gastroepiploickou tepnou, dostatečně mobilizovaný lalok lze použít ke krytí celé délky sternálního defektu. Protážení omenta podkožním kanálem cestou horní laparotomie je spojeno s rizikem výskytu pooperačních hernií břišní stěny. Lepší variantou se jeví použití transdiafragmatického tunelu vpravo od ligamentum falciforme [201-204]. Riziko přesunu infekce z defektu sternotomie do břišní dutiny je relativně nízké, nelze jej však zcela vyloučit. V důsledku trakce gastroepiploické tepny byly zaznamenány poruchy motility žaludku a duodena, raritně i volvulus céka [216,217]. Laparoskopický způsob přípravy laloku představuje minimálně invazivní přístup s redukcí komplikací operačního přístupu a bolestí [218,219].

5.10.7 Mikrochirurgicky přenášené laloky (volný lalok – free flap)

Vzhledem k časovým a technickým nárokům na provedení je tato varianta zvažována spíše jako jedna z posledních terapeutických možností. Podstatou této techniky je odběr laloku kdekoliv na těle s vypreparováním a zachováním cévní stopky laloku. Lalok je pak odpojen od cévního zásobení na svém původním místě, volně přenesen do defektu, kde jsou cévy laloku našité na donorské cévy v okolí defektu. Byly publikovány práce s použitím např. musculo-kutánního laloku m. tensor fascia lata nebo m. rectus abdominis. Jako donorské cévy, tedy cévy v místě defektu, na které jsou anastomozovány cévy laloku byly využity např. a. thoracoacromialis, a. mammaria interna, případně cévy na krku pacienta. Poměrně často je potřeba k prodloužení cévní stopky použít cévní štěpy, nebo transpozici v. cephalica k zajištění venozní drenáže apod. [220,221].

5.10.8 Specifika pooperační péče o pacienty s lalokovou plastikou

Jedním z nejdůležitějších pooperačních opatření je zachování adekvátní cirkulace tkání laloku. Přenesený lalok obvykle ztrácí podstatnou část své fyziologické krevní a lymfatické mikrocirkulace. Obvyklým pooperačním nálezem je různý stupeň tkáňového otoku, který komprimuje kapiláry a snižuje krevní průtok lalokem. Otok vede ke zvýšení napětí na suturách. Je tedy důležité dbát na prevenci komprese či nadměrného natažení stopky laloku a vasospasmů. Nutná jsou hemodynamická opatření na celkové i lokální úrovni. Nejsou-li kontraindikace, jsou několik dnů po výkonu celkově podávány kortikosteroidy. Cirkulace lalokem může být podpořena i celkově podávanými spasmolytiky (magnesium sulphuricum, mesocain apod.), heparinizací nebo miniheparizací, případně reologiky – pentoxifylinem apod. Je nutné se vyvarovat nadměrného tlaku na lalok samotný, zejména pak na místa průchodu cévních stopek. Lalok i cévní stopky mohou být komprimovány bandáží rány i nevhodným polohováním pacienta - nadměrná abdukce paží může zvýšit napětí sutur. V případě laloku m. latissimus dorsi nebo m. pectoralis major není vhodné použití hrudního pásu. Při využití laloku m. rectus abdominis je třeba udržovat břišní stěnu relaxovanou, vhodné je naložení břišního pásu po dobu několika týdnů k prevenci vzniku hernie břišní stěny. Je ale nutné pečlivě hlídat, aby břišní pás netlačil na stopku laloku, v epigastriu. Pro úspěšné hojení hraje důležitou roli také dostatečná a adekvátní nutriční podpora a enterální výživa.

6 Srovnání uzávěru sternotomie metodami drátěné cerkláže a systému sternálních pásků

Stabilita sternu a přední hrudní stěny je pokládána za jeden ze základních předpokladů úspěšného zhojení sternotomie po kardiochirurgické operaci.

Na našem pracovišti používáme od roku 2012 u rizikových pacientů k uzávěru sternotomie systém rentgen-nekontrastních flexibilních pásků ZipFix. V následujícím srovnání je vyhodnocena efektivita tohoto systému ve srovnání s tradičním uzávěrem sternotomie pomocí drátěné cerkláže.

6.1 Materiál a metody

V retrospektivní analýze souboru pacientů Kardiochirurgické kliniky LF UP a FN Olomouc byl vyhodnocen výskyt ranných komplikací ve skupině 302 pacientů, u kterých byl v průběhu let 2012-2015 k uzávěru sternotomie použit systém sternálních pásků ZipFix. Hlavním kritériem použití systému byla, po zvážení operujícího chirurga, evidence jednoho či více přítomných předoperačních rizikových faktorů hojení sternotomie: obezita s BMI>30, diabetes mellitus, chronická obstrukční plicní nemoc, kouření, chronická renální insuficience. Kontrolní soubor pacientů s uzávěrem sternotomie drátěnou cerkláží (Cerkláž) obsahoval 1295 případů z let 2009-2011 (sternální pásky nebyly před rokem 2012 k dispozici a technika provedení cerkláže je v našem centru za dobu posledních 7 let u všech pacientů identická) se stejně definovanými předoperačními rizikovými faktory.

Údaje o pacientech byly získány z databáze Národního kardiochirurgického registru České republiky a z dokumentace Kardiochirurgické kliniky LF UP a FN Olomouc.

Hlavním sledovaným kritériem byly: povrchová porucha hojení měkkých tkání (PPH) bez postižení sternu, hluboká porucha hojení zahrnující dehiscenci sternu včetně hlubokého sternálního infektu (HPH), a ranné komplikace sternotomie celkem (PPH+HPH).

Předoperační příprava pacientů byla v obou skupinách stejná. Holení kůže bylo prováděno elektrickým strojkem mimo operační sál. Antibiotická profylaxe byla standardně prováděna dle protokolu: Unasyn[®] (Haupt Pharma Latina S.r.L., Borgo San Michele, Latina, Italy) 4 x 1.5 g i.v. v případě koronární revaskularizace nebo Cefazolin[®] (Sandoz GmbH, Kundl, Austria) 3 x 1g i.v. u zákroků na srdečních chlopních.

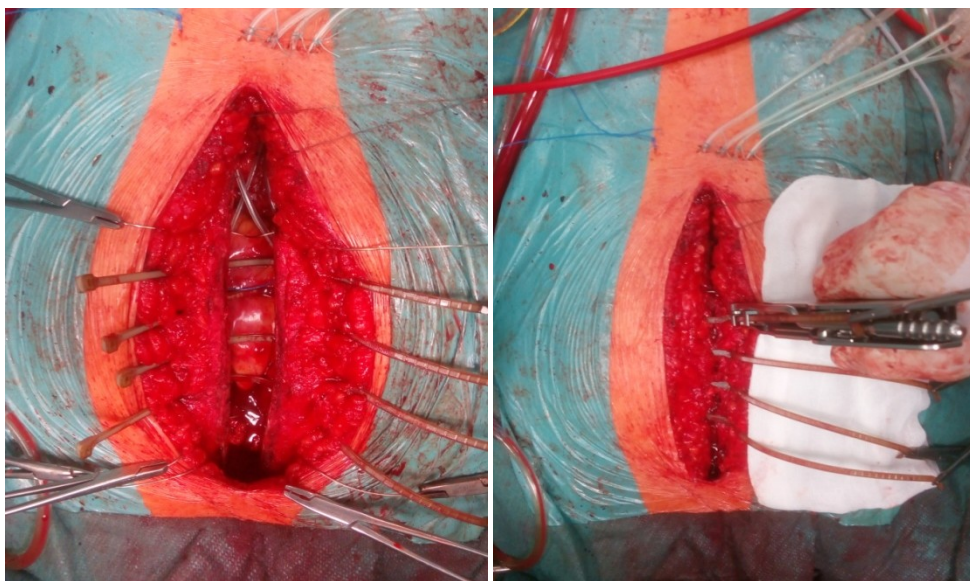
Podélná střední sternotomie byla prováděna dle obecných zvyklostí. Odběr LIMA pro koronární revaskularizaci provádíme již dlouhodobě standardně ve skeletozované formě. Oboustranný odběr IMA provádíme elektivně pouze u mladších pacientů, bez přítomnosti předoperačních rizikových faktorů hojení, zejména diabetes mellitus a obezity.

Uzávěr rány byl v obou skupinách prováděn 6 zkušenými chirurgy. Ve skupině ZipFix byla proximální část sternu v oblasti manubria standardně fixována pomocí 2 drátěných kliček, důvodem byla obecně obtížná aplikace pásky v této lokalizaci. Pro fixaci zbytku sternu byly, dle anatomických podmínek počtu a přístupnosti mezižeberních prostor, použity 3 nebo 4 pásky. Dotážení pásek bylo prováděno k tomu určeným aplikátorem s momentovým mechanismem.

Uzávěr sternotomie drátěnou cerkláží byl standardně prováděn pomocí 7-8 jednoduchých drátěných kliček, USP 7/0 (Steel Wire, Ethicon, Inc., USA), s dotážením kliček pomocí 4-6 otoček.

Uzávěr měkkých tkání byl v obou skupinách proveden ve dvou vrstvách, včetně pre-sternální fascie, pomocí vstřebatelného pokračujícího stehu USP2/0 (Vicryl, Ethicon, Inc., USA nebo Optime, Peters Surgical, France). Kůže je adaptována pokračujícím vstřebatelným stehem (Saphil, B Braun AG, Germany) nebo pomocí kožních svorek (Manipler, B Braun AG, Germany).

V obou souborech byla také porovnána data peri-operační (odběr BIMA, doba trvání mimotělního oběhu nad 100 minut, doba aortální svorky) a po-operační (krevní ztráty, spotřeba krevních derivátů, doba umělé plicní ventilace a doba pobytu na JIP).



Obrázek 7. Umístění sternálních pásek a aproximace sternu (archiv autora)

6.2 Statistické zpracování

K analýze dat byl použit statistický software IBM SPSS Statistics v. 22. Soubory byly porovnány v kvalitativních parametrech pomocí chí-kvadrát testu, resp. Fisherova přesného testu. Pro porovnání kvantitativních parametrů byl použit Mann-Whitney U test. Logistická regresní analýza byla použita k vyhledání významných prediktorů pro predikci výskytu komplikací. Hladiny signifikance byly korigovány na mnohonásobné porovnávání pomocí Bonferroniho korekce. Normalita dat byla testována pomocí Shapiro-Wilk testu. Všechny testy byly prováděny na hladině signifikance 0,05.

6.3 Výsledky

Při srovnání předoperačních údajů byl v souboru ZipFix zjištěn signifikantně vyšší počet žen, vyšší věk, vyšší hodnoty BMI, vyšší výskyt CHOPN, DM a CHRI a celkově vyšší počet předoperačních rizikových faktorů. V souboru ZipFix byl dále zaznamenán signifikantně vyšší počet pacientů s délkou trvání mimotělního oběhu nad 100 min a vyšší počet pacientů operovaných v mimotělním oběhu s použitím aortální svorky. V rámci pooperačního průběhu byl u ZipFix souboru signifikantně vyšší počet pacientů s nutností podání krevních derivátů. V ostatních sledovaných parametrech nebyly zjištěny významné rozdíly. Doba hospitalizace pacientů v ZipFix souboru však byla signifikantně kratší. (Tabulka 1 a 2)

Tabulka 1 Srovnání předoperačních parametrů souborů Cerkláž a ZipFix

	Cerkláž	Zipfix	p
Pohlaví	933/362	154/148	< 0,0001
M/Ž	(72,0%/28%)	(51%/49%)	
Věk (roky)	67 (27-87)	69 (35-90)	0,001
BMI	30,0 (18-48)	31,2 (20-47)	0,0002
BMI do 25,0	210 (16%)	35 (12%)	
BMI 25,1-30,0	515 (40%)	93 (31%)	< 0,0001
BMI 30,1-35,0	437 (34%)	104 (34%)	
BMI nad 35	133 (10%)	70 (23%)	
CHOPN	319 (25%)	108 (36%)	< 0,0001
Fumator	427 (33%)	93 (31%)	0,467
DM	641 (49%)	177 (59%)	0,004
CHRI	47 (3,6%)	43 (14,2%)	< 0,0001
Reoperace n RF/pac.	81 (6,3%)	12 (4,0%)	0,127
1	718 (46%)	94 (31%)	
2	371 (29%)	129 (43%)	< 0,0001
3	160 (12%)	61 (20%)	
4	46 (4%)	16 (5%)	
5	0	2 (1%)	

Tabulka 2 Srovnání peri a pooperačních parametrů souborů Cerkláž a ZipFix

	Cerkláž	Zipfix	p
Jen CABG	824 (63,6%)	183 (61%)	0,325
BIMA	80 (6,2%)	11 (4%)	0,087
CABG off pump	427 (33,0%)	76 (25%)	0,009
Jen chlopeň	188 (14,5%)	56 (19%)	0,080
Kombinovaný výkon	256 (19,8%)	57 (19%)	0,724
Jiné	28 (2,2%)	6 (2%)	0,582
ECC (min)	61 (0-1889)	70 (0-324)	0,153
ECC nad 100 (min)	866 (67%)	227 (75%)	0,005
Svorka (min)	36 (0-245)	42 (0-218)	0,020
Svorka (n)	842 (65%)	221 (73%)	0,007
JIP (hod)	48 (0-1407)	48 (17-1309)	0,610
UPV (hod)	10 (0-1440)	10 (1-1234)	0,468
Počet kr. derivátů (n)	0 (0-55)	0 (0-23)	0,326
Pacienti s kr. deriváty (n)	455 (35%)	135 (45%)	0,002
Krevní ztráty (ml)	915 (0-7750)	890 (320-9430)	0,665
Revize pro krvácení (n)	72 (5,6%)	20 (6,6%)	0,475
Délka hospitalizace (dny)	11 (1-157)	8 (1-62)	< 0,0001

6.3.1 Výskyt poruch hojení

Celkový výskyt poruch hojení sternotomie byl zjištěn nižší v ZipFix souboru, rozdíl však nebyl statisticky signifikantní (nZipFix=14; 4,7% vs. nCerkláž=87; 6,7%; p=0,181). Výskyt

povrchových poruch hojení měkkých tkání byl nižší, statisticky však nevýznamný, v ZipFix souboru (nZipFix=7; 2,3% vs. nCerkláž=59; 4,6%; p=0,076). Výskyt hluboké poruchy hojení byl v obou souborech srovnatelný (nZipFix=7; 2,3% vs. nCerkláž=29; 2,2%; p=0,956).

Ve skupině ZipFix nebyl zaznamenán případ primárního selhání stability uzávěru, ve skupině Cerkláž byly zaznamenány 3 prokazatelné případy primárního selhání stability uzávěru na podkladě prožezání kliček a s opakovaně negativním kultivačním nálezem po 48 hodinách.

Při srovnání podsouborů jen mužů a jen žen byl v podsouborech ZipFix zjištěn nižší výskyt povrchové poruchy hojení a poruch hojení celkem. Tyto rozdíly však nebyly statisticky významné. Výskyt hluboké poruchy hojení byl v obou podsouborech rovněž srovnatelný. Stejná tendence nižšího výskytu povrchové poruchy hojení a poruch hojení sternotomie celkem, při současně ekvivalentní frekvenci hluboké poruchy hojení, byla patrná také s ohledem na jednotlivé předoperační rizikové faktory DM, CHOPN, obezita s BMI nad 30 a CHRI. Ani zde nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Pouze ve skupině kuřáků ZipFix souboru byl zjištěn signifikantně nižší výskyt povrchové poruchy hojení (nZipFix=0; 0% vs. nCerkláž=26; 6,1%; p=0,014) a signifikantně nižší výskyt poruch hojení celkem (nZipFix=1; 1,1% vs. nCerkláž=38; 8,9%; p=0,015) než u skupiny kuřáků Cerkláž souboru. Výskyt hluboké poruchy hojení byl sice rovněž nižší, statisticky však nevýznamný (nZipFix=1; 1,1% vs. nCerkláž=13; 3,3 %; p=0,283). (Tabulky 3-9)

Dále bylo provedeno srovnání výskytu poruch hojení sternotomie v nejčastěji se vyskytujících kombinacích předoperačních rizikových faktorů, které chirurg, na základě praktických zkušeností, vnímá jako potenciální zdroj pooperačních ranných komplikací. Ani v tomto případě nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl poruch hojení rány, dokonce ani v případě kombinace čtyř rizikových faktorů. (Tabulky 10-13)

Tabulka 3 Výskyt ranných komplikací sternotomie komplikací celkem

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	59 (4,6%)	7 (2,3%)	0,076
HPH	29 (2,2%)	7 (2,3%)	0,956
PPH+HPH	87 (6,7%)	14 (4,6%)	0,181

Tabulka 4 Výskyt ranných komplikací sternotomie u mužů a u žen

	Cerkláž	Zipfix	p
Muži			
PPH	4,0%	1,3%	0,096
HPH	1,9%	1,3%	0,577
PPH+HPH	5,9%	2,6%	0,094
Ženy			
PPH	6,1%	3,4%	0,214
HPH	3,0%	3,4%	0,858
PPH+HPH	8,8%	6,8%	0,437

Tabulka 5 Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s DM

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	31 (4,8%)	4 (2,3%)	0,130
HPH	21 (3,3%)	6 (3,4%)	0,968
PPH+HPH	52 (8,1%)	10 (5,6%)	0,273

Tabulka 6 Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s BMI ≥ 30

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	31 (5,4%)	5 (2,9%)	0,165
HPH	17 (3,0%)	6 (3,4%)	0,770
PPH+HPH	47 (8,2%)	11 (6,3%)	0,407

Tabulka 7 Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s CHOPN

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	14 (4,4%)	4 (3,7%)	0,742
HPH	5 (1,6%)	1 (0,9%)	0,607
PPH+HPH	19 (6,0%)	5 (4,6%)	0,605

Tabulka 8 Výskyt ranných komplikací sternotomie u kuřáků

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	26 (6,1%)	0	0,014
HPH	13 (3,0%)	1 (1,1%)	0,283
PPH+HPH	38 (8,9%)	1 (1,1%)	0,015

Tabulka 9 Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s CHRI

	Cerkláž	Zipfix	p
PPH	4 (8,5%)	2 (4,7%)	0,463
HPH	2 (4,3%)	1 (2,3%)	0,597
PPH+HPH	6 (12,8%)	3 (7,0%)	0,489

Tabulka 10 Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci BMI ≥ 30 + DM

	Cerkláž	Zipfix 4-5 p.	p
PPH	5,9%	3,6%	0,373
HPH	4,9%	4,5%	0,889
PPH+HPH	10,7%	8,2%	0,461

Tabulka 111 Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci CHOPN + kouření

	Cerkláž	Zipfix 4-5 p.	p
PPH	5,0%	0,0%	0,185
HPH	0,8%	2,1%	0,489
PPH+HPH	5,9%	2,1%	0,440

Tabulka 12 Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci BMI ≥ 30 + DM + CHOPN

	Cerkláž	Zipfix 4-5 p.	p
PPH	6,8%	6,7%	1
HPH	2,9%	3,3%	1
PPH+HPH	10,1%	10,0%	1,000

Tabulka 13 Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci BMI ≥ 30 + DM + CHOPN + kouření

	Cerkláž	Zipfix 4-5 p.	p
PPH	10,0%	0,0%	0,565
HPH	0,0%	9,1%	0,220
PPH+HPH	10,5%	9,1%	1

6.3.2 Predikce výskytu ranných komplikací

Z hlediska predikce výskytu ranných komplikací byla provedena logistická regresní analýza. V ZipFix souboru byly významnými prediktory vzniku komplikací reoperace pro krvácení, použití krevních derivátů v časném pooperačním období a vyšší hodnoty BMI.

U pacientů s revizí byla 13 krát vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů bez revize (OR = 13,14, 95%CI: 3,53 - 48,92, p = 0,0001).

U pacientů, kterým byly podány krevní deriváty, byla čtyřnásobně vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů bez podání krevních derivátů (OR = 4,036, 95%CI: 1,015 - 16,05, p = 0,048).

Vyšší hodnoty BMI (tj. zvýšení BMI o 1 kg.m⁻²) korelovaly se zvýšením šance výskytu komplikací 1,2krát (OR = 1,170, 95%CI: 1,038 - 1,318, p = 0,010). (Tabulka 14)

Tabulka 12 Predikce výskytu ranných komplikací v souboru ZipFix

Zipfix	p	OR	95% C.I.for OR	
			Lower	Upper
BMI	0,010	1,170	1,038	1,318
Reoperace pro krvácení	0,0001	13,14	3,530	48,92
Počet krevních derivátů	0,048	4,036	1,015	16,05

Významným prediktorem vzniku komplikací u pacientů v souboru Cerkláž byla revize pro krvácení, výskyt vyššího počtu předoperačních rizikových faktorů na 1 pacienta a ženské pohlaví.

U pacientů s revizí pro krvácení byla 7,3krát vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů bez revize (OR = 7,256, 95%CI: 4,066 - 12,949, p < 0,0001).

Vyšší počet preop. rizikových faktorů koreloval se zvýšením šance výskytu komplikací (OR = 1,425, 95% CI: 1,139 - 1,783, p = 0,002).

U žen v souboru Cerkláž byla zjištěna 1,8krát vyšší šance výskytu komplikací než u mužů (OR = 1,795, 95%CI: 1,101 - 2,829, p = 0,018). (Tabulka 15)

Tabulka 13 Predikce výskytu ranných komplikací v souboru Cerkláž

Cerkláž	p	OR	95% C.I.for OR	
			Lower	Upper
Žena	0,018	1,795	1,101	2,829
Počet preop. RF	0,002	1,425	1,139	1,783
Reoperace pro krvácení	< 0,0001	7,256	4,066	12,949

Do seznamu nezávislých prediktorů zahrnuta i zvolená operační technika uzávěru sternotomie v souborech Cerkláž a ZipFix společně. Významným prediktorem vzniku komplikací byla v tomto případě revize pro krvácení, výskyt vyššího počtu předoperačních rizikových faktorů,

pohlaví pacienta, použití krevních derivátů v pooperačním období a samotná operační technika cerclage.

U pacientů s revizí byla 6,9krát vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů bez revize (OR = 6,949, 95%CI: 4,032 - 11,978, $p < 0,0001$).

Vyšší počet preop. rizikových faktorů koreloval se zvýšením šance výskytu komplikací 1,4krát (OR = 1,439, 95%CI: 1,165 - 1,779, $p = 0,001$).

U žen byla zjištěna 1,8krát vyšší šance výskytu komplikací než u mužů (OR = 1,795, 95%CI: 1,155 - 2,791, $p = 0,009$).

U pacientů, kterým byly podány krevní deriváty, byla 1,6krát vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů bez krevních derivátů (OR = 1,565, 95%CI: 1,004 - 2,440, $p = 0,048$).

U pacientů s uzávěrem sternotomie pomocí drátěné cerkláže byla 2,2krát vyšší šance výskytu komplikací než u pacientů v ZipFix souboru (OR = 2,243, 95%CI: 1,209 - 4,163, $p = 0,010$). (Tabulka 16)

Tabulka 14 Predikce výskytu komplikací v souborech Cerkláž a ZipFix

Cerkláž + ZipFix	p	OR	95% C.I. for OR	
			Lower	Upper
Žena	0,009	1,795	1,155	2,791
Počet krevních derivátů	0,048	1,565	1,004	2,440
Počet preop. RF	0,001	1,439	1,165	1,779
Reoperace pro krvácení	< 0,0001	6,949	4,032	11,98
Cerkláž	0,010	2,243	1,209	4,163

6.4 Diskuze

Úspěšnost klinického použití sternálního pásku je postavena především na materiálové struktuře, která rozhoduje o pevnosti a současně také o pružnosti uzavíracího systému. Použitý materiál musí také samozřejmě vykazovat vysoký stupeň biokompatibility. Biokompatibilita poly-eter-eter-ketonu (PEEK) byla poprvé popsána v roce 1987 Williamsem a kol. [222]. Mechanickými testy byla prokázána jeho vysoká odolnost v tahu a termoplastičita, což umožnilo jeho použití v medicíně jako náhrady za některé metalické implantáty [223].

Maximální hodnota síly, která vede k destrukci pásku, byla mechanickými testy stanovena na 425 ± 18 N (oproti 299 ± 11 N u drátěné kličky USP 5). K prořezání pásku skrze protické

sternum došlo při aplikaci síly 184 ± 7 N (oproti $52 \pm 5,3$ N u drátěné kličky USP 5). Výhodou pro sternum, a zejména jeho periost, je flexibilita pásku a nepřítomnost ostrých hran. Šířka pásku (4,2 mm) zajišťuje, ve srovnání s drátěnou kličkou (0,7 mm USP 5 nebo 1 mm USP 7), větší rozložení sil do plochy a tím výrazně nižší tendenci k prořezání skrze sternum. Výše uvedené vlastnosti tak zajišťují šetrnější kontakt s periostem sterna zabezpečujícím krevní výživu kosti.

Systém ZipFix je určen především pro peristernální aplikaci skrz mezižeburní prostory. Výrobce doporučuje ke standardnímu uzávěru celé sternotomie 5 pásků. Nezbytným minimem, které výrobce ještě akceptuje k zaručení dostatečné stability sterna, jsou 3 pásky. Každý sternální pásek ZipFix je vybaven velkou tupou jehlou, která usnadňuje peristernální aplikaci pásku. Po umístění pásku je jehla jednoduše pomocí štípacích kleští odstraněna. Je možná i transoseální aplikace, ta však může být obtížná, u silného sternálního manubria nebo těsného spojení distálních žeberek pak téměř nemožná. Z tohoto důvodu na našem pracovišti standardně do oblasti manubria umísťujeme 2 klasické jednoduché drátěné kličky USP 7. Do oblasti sternálního těla, dle anatomických podmínek, aplikujeme 3-4 sternální pásky. V případě potřeby je distální partie sterna posílena 1 drátěnou kličkou USP 7. Podobný způsob aplikace použil ve své práci také Grapow a kol., Stelly a kol., Melly a kol. [35,36, 37]. Dotažení pásků s aproximací sterna je prováděno momentovým instrumentáři. Standardní dotažení omezuje subjektivní faktor chirurga, předchází tak fragmentaci sterna použitím nadměrné síly.

Pilotní studie, zkoumající efektivitu nových sternálních pásků ZipFix, se začaly objevovat již době uvedení systému na trh, v roce 2012. Úspěšné použití u prvních 6 pacientů prezentoval Lequaglie a kol. [224]. První výsledky úspěšného použití ve skupině 20 pacientů s pouze jediným případem výskytu hluboké poruchy hojení referoval také Petzina a kol. [225].

Melly a kol. srovnal 95 pacientů s uzávěrem sterna pomocí systému Zipfix a 498 pacientů s uzávěrem sterna drátěnou cerkláží. Ve skupině ZipFix se vyskytlo 5 případů hluboké poruchy hojení, ve skupině drátěné cerkláže 31 hlubokých poruch hojení. Primární nestabilita sterna nebyla ve skupině ZipFixu zaznamenána, ve skupině drátěné cerkláže se vyskytly 4 případy primární nestability sterna. V konečném statistickém vyhodnocení však rozdíly nebyly shledány jako statisticky významné. Melly popisuje zkrácení celkové doby operace o 10 minut (při shodné délce trvání svorky a celkové doby trvání mimotělního oběhu) díky urychlení uzávěru sternotomie [37].

Klotz a kol. ve své studii omezil použití sternálních pásků ZipFix pro pacienty s BMI ≥ 33 . Ve skupině 16 pacientů nezaznamenal žádný případ hluboké poruchy hojení, ve dvou případech došlo k povrchové poruše hojení [226].

Stelly a kol. provedl retrospektivní srovnání skupiny 309 pacientů s uzávěrem sternotomie drátěnou cerkláží a skupiny 300 pacientů s uzávěrem sternotomie ZipFix systémem. BMI obou skupin bylo srovnatelné (30.2 ± 6.6 vs. 30.5 ± 7.7 , $p = 0.568$). DSWI se vyskytl u 8 pacientů ze skupiny cerkláže (2,6%), ve skupině ZipFixu nebyl zaznamenán žádný výskyt DSWI (0%), což bylo prokázáno jako statisticky významný rozdíl.

V našem sledování se v souboru ZipFix projevila tendence snížení celkového výskytu poruch hojení sternotomie a povrchových poruch hojení. Rozdíly však většinou nebyly statisticky významné. Výskyt hluboké poruchy hojení byl u obou souborů ekvivalentní. V souboru Zipfix jsme však nezaznamenali žádný případ primární nestability sterna. Stejně trendy vykazovalo také srovnání souborů s ohledem na pohlaví a výskyt jednotlivých předoperačních rizikových faktorů definovaných výše. Jedinou výjimku tvoří skupina kuřáků, se signifikantně nižším rozdílem výskytu povrchových poruch hojení, poruch hojení celkem a rovněž nižším výskytem hluboké poruchy hojení, statisticky však již nevýznamným. Toto zjištění potvrzuje obecně předpokládanou vyšší odolnost systému ZipFix vůči laterálním distrakčním silám působícím na hrudník při kašli.

Limitace studie plynou z použití modelu retrospektivní analýzy. Je nutno připomenout jednoznačně vyšší „rizikovost“ ZipFix skupiny při srovnání předoperačních, ale i některých per- a pooperačních rizikových faktorů. Bylo zjištěno signifikantně vyšší zastoupení žen, vyšší věk, vyšší hodnoty BMI, výskyt CHOPN, DM a CHRI a celkově vyšší počet předoperačních rizikových faktorů na 1 pacienta. V souboru ZipFix byl dále zaznamenán signifikantně vyšší počet pacientů s délkou trvání mimotělního oběhu nad 100 min. V rámci pooperačního průběhu, byl u ZipFix souboru zjištěn signifikantně vyšší počet podaných krevních derivátů.

Z tohoto úhlu pohledu srovnání obou souborů lze výše zjištěný výsledek použití systému sternálních pásků v tak rizikové skupině hodnotit jako úspěšný. Poněkud překvapivě byla ve skupině ZipFix také zjištěna signifikantně kratší doba celkové hospitalizace.

V souladu s ostatními již uvedenými literárními zdroji, můžeme i my deklarovat jisté zkrácení doby uzávěru sternotomie při použití sternálních pásků. Z našeho malého srovnání se jedná o čas do 5 minut, je otázkou, zda je toto zkrácení celkové doby operace nějakým způsobem významné.

Výsledky naší studie se v kontextu dostupné literatury nejvíce přibližují závěrům práce Mellyho a kol., který také, v podobně modelované retrospektivní studii, prokázal trendy ke snížení výskytu ranných komplikací sternotomie při použití sternálních pásků, rozdílly však, jak již bylo řečeno, nevyšly jako statisticky významné [37]. Nicméně, logistickou regresní analýzou predikce výskytu poruch hojení sternotomie byla metoda drátěné cerkláže spojena s 2,2-násobně vyšším rizikem vzniku ranných komplikací ve srovnání s metodou uzávěru pomocí sternálních pásků ZipFix.

6.5 Závěr

Prevence vzniku poruch hojení sternotomie zahrnuje celé spektrum opatření ke snížení výskytu této obávané pooperační komplikace. Důležitou roli pro další hojení hraje snaha o dosažení maximální stability hrudní stěny. Použití sternálních pásků ZipFix není zcela jistě „vše-zachraňující“. S ohledem na jednoduchost aplikace, odolnost vůči působení mechanických sil, nutné množství použitého cizího materiálu a akceptovatelnou cenu, by tato metoda měla být zvažována v rámci moderních kardiochirurgických postupů prevence ranných komplikací sternotomie, zejména u rizikových pacientů.

7 Rekonstrukce hrudní stěny po dehiscenci sternotomie

Stabilita hrudní stěny hraje důležitou roli také při řešení již vzniklých komplikací a poruch hojení sternotomie. Nestabilita hrudní stěny u dehiscenčního sternu zhoršuje respirační insuficienci pacienta, často pak obtížně odpojitelného od umělé plicní ventilace, zhoršuje stav hojení měkkých tkání, zvyšuje mortalitu a v neposlední řadě také výrazně snižuje kvalitu života.

Další část práce je věnována analýze efektivity AO dlahové osteosyntézy hrudní stěny při řešení dehiscence sternotomie. Důležitou součástí je vyhodnocení zcela nového postupu transplantace alogenního kostního štěpu a drcené spongiózy při léčbě závažných post-sternotomických defektů hrudní stěny.

7.1 Materiál a metody

V retrospektivní analýze dat Kardiochirurgické kliniky LF UP a FN Olomouc za období 2/2002 – 6/2016 bylo provedeno srovnání účinnosti postupů rekonstrukce hrudní stěny po dehiscenci sternotomie na podkladě hlubokých poruch hojení. Srovnání bylo provedeno z několika hledisek.

Nejprve bylo provedeno celkové srovnání dvou základních postupů rekonstrukce hrudní stěny, AO dlahové osteosyntézy (AO celkem; n=42) a re-cerkláž technikou dle Robiczeka (Re-cerkláž celkem; n=69).

Oba soubory se statisticky významně lišily pouze ve vstupní hodnotě EFLK, délce trvání primární operace, délce intubace po primární operaci a v počtu podaných krevních derivátů. (Tabulka 17)

Tabulka 15 Srovnání vstupních parametrů souborů AO celkem a Re-cerkláž celkem

	AO celkem	Re-cerkláž celkem	p
n	42	69	
Muži	26 (61,9%)	46 (66,67%)	0,683
Ženy	16 (38,1%)	23 (33,33%)	
Věk	66,4 ± 10,4 (68,5)	69,2 ± 9,3 (71,0)	0,207
BMI	30,8 ± 5,0 (30,8)	30,3 ± 4,2 (30,0)	0,590
DM	19 (45,23%)	43 (62,32%)	0,114
CHOPN	11 (26,19%)	23 (33,33%)	0,526
CHRI	8 (19,05%)	10 (14,49%)	0,599
Fumator	6 (14,29%)	14 (20,29%)	0,460
EFLK	52% ± 10% (50,0%)	45% ± 11,5% (45,0%)	0,008
ECC (min)	58,5 (0-291)	65,0 (0-253)	0,635
Svorka (min)	37,5 (0-198)	37,0 (0-190)	0,615
Operace (min)	186,5 (120-660)	227,5 (110-360)	0,016
CABG	28 (66,67%)	48 (69,57%)	0,834
off pump (% CABG)	6 (21,43 %)	18 (37,50%)	0,306
BIMA (% CABG)	5 (17,86%)	6 (12,50%)	0,202
Valve	9 (21,42%)	10 (14,49%)	0,437
Kombi	4 (9,52%)	13 (20,29%)	0,186
Intubace (hod)	19 (4-1440)	10 (0-1792)	0,031
JIP (hod)	50 (20-1375)	51 (16-1583)	0,279
Krevní ztráty (ml)	1160 (310-4760)	885 (0-3360)	0,101
Počet kr. derivátů (n TU)	8 (1-57)	2 (0-69)	< 0,0001

Z předcházejícího celkového srovnání byli následně ze souboru AO celkem vyřazeni 3 pacienti s diagnózou sterilní mechanické dehiscence (tj. bez primárního průkazu ranného infektu opakovaně v průběhu prvních 48 hodin). U těchto pacientů nebyl aplikován protokol NPWT, záhy po stanovení diagnózy byla provedena AO osteosyntéza. U všech zbývajících pacientů s AO osteosyntézou (včetně pacientů s transplantací kostního štěpu) byl standardně před provedením rekonstrukce hrudní stěny zaveden protokol NPWT při současném potvrzení ranného infektu (AO/NPWT; n=39). V souboru Re-cerkláž celkem nebyly jednoznačně potvrzeny případy primárně sterilní mechanické dehiscence jako primární ranné komplikace. Pacienti ze souboru Re-cerkláž byli k dalšímu porovnání s metodou AO osteosyntézy rozdělení dle metody léčby DSWI do dvou podsouborů:

- pacienti léčení kombinací re-cerkláže a NPWT (Re-cerkláž/NPWT; n=43)
- pacienti léčení kombinací re-cerkláže a následné proplachové drenáže hrudní stěny (Re-cerkláž/drenáž; n=26)

Statisticky významné rozdíly byly při srovnání souborů AO/NPWT a Re-cerkláž/NPWT zjištěny v hodnotě vstupní EFLK a průměrném počtu NPWT procedur před uzávěrem rány.

(Tabulka 18) Mezi soubory AO/NPWT a Re-cerclage/drenáž byly statisticky významné rozdíly v délce trvání operace, trvání intubace po primárním výkonu a počtu krevních derivátů. (Tabulka 18)

Tabulka 16 Srovnání souborů AO/NPWT, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž

	AO/NPWT	Re-cerkláž/NPWT	p	Re-cerkláž/drenáž	p
n celkem	39	43		26	
muži	23 (58,97%)	27 (62,79%)		19 (73,08%)	
ženy	16 (41,03%)	16 (37,21%)	0,723	7 (26,92%)	0,244
Věk	67,2 ± 9,4 (69,0)	69,2 ± 9,0 (69,0)	0,398	69,0 ± 10,0 (74,5)	0,362
BMI	30,7 ± 5,2 (30,1)	30,2 ± 4,7 (29,7)	0,549	30,5 ± 3,4 (30,8)	0,768
DM	18 (46,15%)	27 (60,47%)	0,194	17 (65,38%)	0,128
CHOPN	9 (23,08%)	17 (39,53%)	0,110	6 (23,08%)	1
CHRI	7 (17,95%)	5 (11,63)	0,419	5 (19,23%)	1
Fumator	6 (15,38%)	8 (18,60%)	0,699	6 (23,08%)	0,520
EFLK	51,5% ± 10,1% (50,0%)	44,6% ± 12,9% (45,0%)	0,021	46,5% ± 8,7% (50,0%)	0,055
ECC (min)	70,0 (42 - 291)	76,0 (39 - 253)	0,320	68,0 (38 - 200)	0,951
Svorka (min)	40,5 (23 - 198)	46,0 (19 - 190)	0,289	37,0 (23 - 130)	0,761
Operace (min)	190,0 (120 - 660)	227,5 (110 - 360)	0,134	225,0 (160 - 340)	0,024
CABG	27 (69,23%)	29 (67,44%)	0,862	19 (73,08%)	0,738
off pump (% CABG)	5 (18,51 %)	8 (27,60%)	0,422	8 (42,11%)	0,080
BIMA (% CABG)	5 (18,51%)	4 (13,79%)	0,725	2 (10,53%)	0,682
Chlopeň	8 (20,51%)	9 (20,93%)	0,963	1 (3,85%)	0,074
Kombi	4 (10,26%)	10 (23,26%)	0,118	4 (15,38%)	0,705
Intubace (hod)	19,0 (4 - 1440)	11,0 (4 - 1380)	0,059	9,5 (0 - 1792)	0,018
JIP (hod)	60,0 (20 - 1375)	46,5 (16 - 1583)	0,151	67,0 (17 - 890)	0,611
Krevní ztráty (ml)	1190 (310 - 4760)	965 (320 - 3360)	0,377	800 (0 - 2290)	0,010
Počet kr. derivátů (n)	6,0 (0 - 57)	2,0 (0 - 69)	0,057	2,0 (0 - 40)	0,118
Den prezentace	11,0 (0 - 48)	14,0 (0 - 48)	0,198	10,5 (3 - 21)	0,256
Procedury NPWT (n)	6,0 (0 - 16)	5,0 (0 - 13)	0,044	0	-

Dále byli porovnání pacienti se závažnou nestabilitou hrudní stěny, vzniklou na podkladě defektu nebo rozsáhlých fragmentací sternu a přilehlých žeber. První skupina obsahovala pacienty řešené kombinací AO osteosyntézy a transplantace allogenního kostního štěpu (AO/allograft; n=17), ranný infekt byl u všech řešen aplikací protokolu NPWT. Kontrolní skupina obsahovala pacienty, u kterých byl sternální defekt s reziduální nestabilitou hrudní stěny, ve své době technicky dále neřešitelný, ponechán, respektive překryt pouze přímou suturou měkkých tkání nebo technikou laloku (Re-cerkláž/defekt; n=22). V tomto srovnání nebyl brán zřetel na metodu řešení ranného infektu u pacientů v kontrolním souboru, důraz byl kladen na stabilitu hrudní stěny.

Statisticky významné rozdíly vstupních parametrů byly zachyceny pouze v hodnotě EFLK a počtu podaných krevních derivátů. (Tabulka 19)

Tabulka 17 Srovnání vstupních parametrů souborů AO/allograft a Re-cerkláž/defekt

	AO/allograft	Re-cerkláž/defekt	p
n	17	22	
muži	7 (41,18 %)	15 (68,18 %)	0,115
ženy	10 (58,82 %)	7 (31,82 %)	
Věk	70,2 ± 9,3 (73,0)	71,1 ± 6,9 (71,5)	1
BMI	31,4 ± 5,7 (30,1)	29,9 ± 4,1 (29,9)	0,488
DM	9 (52,94 %)	15 (68,18 %)	0,508
CHOPN	4 (23,53 %)	7 (31,82 %)	0,725
CHRI	3 (17,65 %)	4 (18,18 %)	1
Fumator	3 (17,65 %)	4 (18,18 %)	1
EFLK	53% ± 8% (50%)	44% ± 10% (43%)	0,013
ECC (min)	58 (42-291)	64 (51-205)	0,909
Svorka (min)	37 (23-198)	35 (27-153)	0,475
Operace (min)	194 (134-660)	205 (145-340)	0,322
CABG	13 (76,47 %)	20 (90,9 %)	0,374
off pump (% CABG)	2 (15,38 %)	5 (25,00%)	0,676
BIMA (% CABG)	2 (15,38 %)	3 (15,00%)	1
Chlopeň	2 (11,75 %)	3 (13,6%)	1
Kombi	3 (17,65 %)	1 (4,55%)	0,300
Intubace (hod)	34 (4,5-1234)	12 (6-1792)	0,370
JIP (hod)	50 (23-1375)	69 (23-1583)	0,953
Krevní ztráty (ml)	1320 (470-4760)	930 (410-3360)	0,130
Počet krevních derivátů (n)	9 (2-57)	3 (0-40)	0,005
Den prezentace	11,24 ± 3,25 (11,00)	17,55 ± 12,10 (13,50)	0,155

Se zřetelem na metodu řešení ranného infektu byli posléze pacienti ze souboru Re-cerkláž/defekt rozděleni na dva podsoubory: Re-cerkláž/defekt/NPWT (n=10) a Re-cerkláž/defekt/drenáž (n=12). Oba tyto podsoubory byly opět srovnány již se stávajícím souborem AO/allograft (n=17). Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán pouze u hodnoty vstupní EFLK mezi soubory AO/allograft a Re-cerkláž/defekt/drenáž. (Tabulka 20)

Tabulka 18 Srovnání vstupních parametrů souborů AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž

	AO/allograft	Re-cerkláž/defekt/ NPWT	p	Re-cerkláž/defekt/ drenáž	p
n	17	10		12	
muži	7 (41,18 %)	6 (60,0 %)		9 (75,0 %)	
ženy	10 (58,82 %)	4 (40,0 %)	0,880	3 (25,0 %)	0,260
Věk	70,2 ± 9,3 (73,0)	4 (40,0 %)	1	72,2 ± 5,7 (73,0)	1
BMI	31,4 ± 5,7 (30,1)	29,6 ± 3,8 (29,0)	0,964	30,1 ± 4,5 (31,2)	1
DM	9 (52,94 %)	8 (80,0 %)	0,460	7 (58,33 %)	1
CHOPN	4 (23,53 %)	3 (30,0 %)	1	4 (33,33 %)	1
RI	3 (17,65 %)	1 (10,0 %)	1	3 (25,0 %)	1
Fumator	3 (17,65 %)	0 (0 %)	0,548	4 (33,33 %)	0,806
EFLK	53% ± 8% (50%)	47% ± 12% (50%)	0,720	42% ± 7% (40%)	0,004
ECC (min)	58 (42-291)	85 (51 - 163)	1	91 (63 - 205)	0,212
Svorka (min)	37 (23-198)	40 (27 - 107)	1	45 (35 - 153)	0,360
Operace (min)	194 (134-660)	210 (150 - 238)	1	200 (145 - 340)	0,600
CABG	13 (76,47 %)	10 (100 %)	0,528	9 (75,0 %)	1
off pump (% CABG)	2 (15,38 %)	3 (30,0 %)	1	2 (22,22 %)	1
BIMA (% CABG)	2 (15,38 %)	1 (10,0 %)	1	2 (22,22 %)	1
Chlopeň	2 (11,75 %)	0 (0 %)	1	2 (16,67 %)	1
Kombi	3 (17,65 %)	0 (0 %)	0,548	1 (8,33 %)	1
Intubace (hod)	34 (4,5-1234)	29 (6 - 909)	1	11,5 (6 - 1792)	0,616
JIP (hod)	50 (23-1375)	46 (23 - 1583)	0,538	78,5 (23 - 890)	0,824
Krevní ztráty (ml)	1320 (470-4760)	1190 (410 - 3360)	0,900	800 (465 - 3260)	0,194
Počet kr.derivátů (n)	8,0 (0 - 57)	3,0 (0 - 15)	0,052	3 (0 - 40)	0,099
Den prezentace	11,0 (6 - 18)	17,0 (5 - 35)	0,370	11,0 (6 - 27)	0,712
Procedury NPWT (n)	8,0 (5 - 15)	6,5 (3 - 13)	0,260	-	-

Ve všech skupinách byly zhodnoceny a porovnány následující parametry:

- nemocniční mortalita
- délka hospitalizace
- doba přípravy rány k definitivnímu uzávěru
- mechanické selhání první osteosyntézy (avulze dlah, parciální uvolnění šroubů, selhání cerkláže)
- selhání první resutury měkkých tkání
- průměrný počet pokusů o re-osteosyntézu na 1 pacienta
- průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání na 1 pacienta
- reziduální nestabilita hrudní stěny
- nutnost ambulantního dohojení měkkých tkání

7.2 Statistická analýza

K analýze dat byl použit statistický software IBM SPSS Statistics verze 22. Pro popis měřených kvantitativních parametrů byl použit průměr \pm směrodatná odchylka (medián), v případě nenormálně rozdělených dat nebo v případě malých souborů byl k popisu použit medián a range (tj. minimální – maximální hodnota). Soubory byly porovnány v kvalitativních parametrech pomocí chí-kvadrát testu, resp. Fisherova přesného testu v případě malých četností. Pro porovnání kvantitativních parametrů byl použit Studentův t-test dvouvýběrový za předpokladu normální distribuce naměřených hodnot. V případě nenormální distribuce byly soubory porovnány v kvantitativních parametrech pomocí Mann-Whitney U testu. Normalita dat byla ověřena pomocí testu Shapiro-Wilk. Testy byly dělány na hladině signifikance 0,05.

7.3 Výsledky

Při srovnání souborů AO/celkem a Re-cerkláž/celkem byly zjištěny následující, statisticky významné, rozdíly ve prospěch metody AO osteosyntézy:

- nižší výskyt mechanického selhání první re-osteosyntézy
- nižší procento selhání první resutury měkkých tkání
- nižší průměrný počet pokusů o osteosyntézu hrudní stěny na 1 pacienta
- nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny v případě AO osteosyntézy

V souboru AO celkem byla rovněž zaznamenána nižší nemocniční mortalita, nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání na 1 pacienta, kratší délka celkové hospitalizace a nižší procento nutnosti ambulantního dohojení rány. Rozdíly však nebyly statisticky významné.

Doby přípravy rány k prvnímu uzávěru byla v souboru Re-cerkláž celkem kratší, výsledek však rovněž není statisticky významný.

V rámci celkového srovnání bylo vyhodnoceno také použití lalokové plastiky k uzávěru rány v rámci první a druhé či dalších resatur. Tyto parametry vyšly v obou souborech identicky. (Tabulka 21)

Tabulka 19 Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/celkem a Re-cerkláž/celkem

	AO celkem	Re-cerkláž celkem	p
n	42	69	
Mortalita (n, %)	4 (9,52%)	16 (23,2%)	0,080
Hospitalizace (dny)	38,0 (9-146)	43,0 (11-157)	0,505
Příprava k 1. uzávěru (dny)	17,0 (0-68)	14,5 (1-40)	0,148
Selhání 1. osteosyntézy (n,%)	5 (11,9%)	33 (47,83%)	< 0,0001
Selhání 1. resutury měkkých tkání (n,%)	18 (42,86%)	45 (65,21%)	0,030
Počet osteosyntéz/pacient (Ø)	1,02 ± 0,15 (1,0)	1,55 ± 0,71 (1,0)	< 0,0001
Počet resatur měkkých tk./pacient (Ø)	1,57 ± 0,74 (1,0)	2,03 ± 1,17 (2,0)	0,064
Reziduální nestabilita hrudní stěny (n,%)	0 (0%)	28 (40,56%)	< 0,0001
Amb. dohojení měkkých tkání (n,%)	5(11,9%)	14(20,29%)	0,303
Použití laloku v rámci 1. uzávěru (n,%)	2 (4,76%)	6 (8,69 %)	1
Použití laloku u 2/dalšího uzávěru (n,%)	5 (11,9%)	11 (15,94%)	1

Při srovnání souboru AO/NPWT se souborem Re-cerkláž/NPWT byly zjištěny následující, statisticky významné, rozdíly ve prospěch AO osteosyntézy:

- nižší výskyt selhání první re-osteosyntézy
- nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání
- nižší průměrný počet pokusů o osteosyntézu u jednoho pacienta
- nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny (v případě AO osteosyntézy nulový výskyt!)

Dále byly zjištěny další rozdíly ve prospěch AO osteosyntézy, statisticky však nevýznamné:

- nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání na jednoho pacienta
- kratší doba hospitalizace
- nižší nemocniční mortalita (výsledek se však velmi přiblížil statistické významnosti)
- nižší procento nutnosti ambulantního dohojení rány

Doba přípravy rány k uzávěru byla ve skupině AO osteosyntézy delší, rozdíl však není statisticky významný.

Jako statisticky významný byl zjištěn rozdíl v počtu NPWT procedur, vyšší počet byl zaznamenán v souboru AO/NPWT. (Tabulka 22, Graf 1)

Při srovnání souboru AO/NPWT s podsouborem Re-cerkláž/drenáž byly zjištěny následující, statisticky významné, rozdíly ve prospěch AO osteosyntézy:

- nižší nemocniční mortalita
- nižší procento selhání první osteosyntézy
- nižší průměrný počet pokusů o osteosyntézu
- nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání u jednoho pacienta,
- nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny

V souboru AO/NPWT byl zaznamenán také nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání a nižší procento potřeby ambulantního dohojení rány, rozdíly však nejsou statisticky významné.

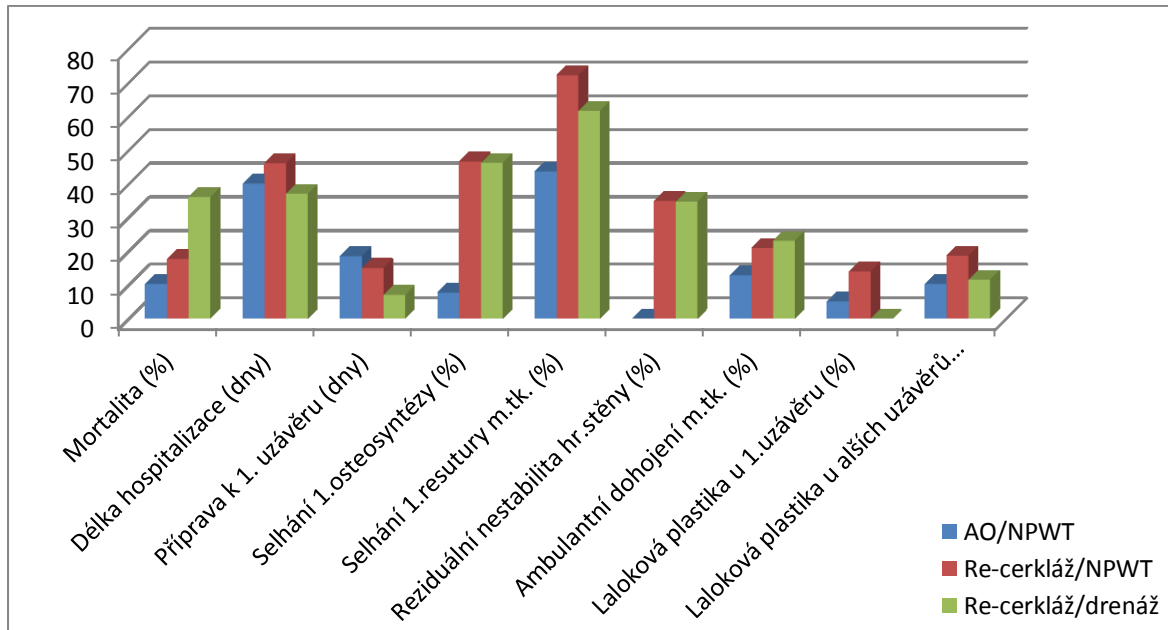
Doba přípravy k prvnímu uzávěru rány byla statisticky významně kratší v souboru Re-cerkláž/drenáž.

Průměrná délka hospitalizace byla v obou souborech prakticky stejná. (Tabulka 22, Graf 1)

Tabulka 20 Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/NPWT, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž

	AO/NPWT	Re-cerkláž/ NPWT	p	Re-cerkláž/ drenáž	p
N	39	43		26	
Mortalita (n, %)	4 (10,26%)	7 (17,07%)	0,376	9 (36,0%)	0,013
Hospitalizace (dny)	40,0 (9 - 146)	46,0 (11 - 157)	0,639	37,0 (12 - 132)	0,979
Příprava k 1. uzávěru (dny)	18,5 (0 - 68)	15,0 (1 - 40)	0,064	7,0 (0 - 16)	0,0001
Selhání 1. osteosyntézy (n,%)	3 (7,69%)	20 (46,51%)	0,0001	12 (46,15%)	0,0003
Selhání 1. resutury měkkých tkání (n,%)	17 (43,6%)	31 (72,09%)	0,009	16 (61,54%)	0,156
Počet osteosyntéz/pacient (Ø)	1,02 ± 0,15 (1,0)	1,48 ± 0,63 (1,00)	< 0,0001	1,64 ± 0,81 (1,00)	0,0001
Počet resutur měkkých tk./pacient (Ø)	1,57 ± 0,74 (1,0)	1,91 ± 1,09 (2,0)	0,186	2,23 ± 1,24 (2,00)	0,032
Rezid. nestabilita hrudní stěny (n,%)	0 (0%)	15 (34,88%)	< 0,0001	22 (34,62%)	0,0001
Amb. dohojení měkkých tkání (n,%)	5 (12,82)	9 (20,93%)	0,330	6 (23,08%)	0,325
Použití laloku v rámci 1. uzávěru (n,%)	2 (5,13%)	6 (13,95%)	0,269	0 (0%)	0,512
Použití laloku u 2./dalšího uzávěru (n,%)	4 (10,26%)	8 (18,60%)	0,285	3 (11,54%)	1
Počet NPWT procedur	6,0 (0 - 16)	5,0 (0 - 13)	0,044	0	0

Graf 1. Srovnání vybraných parametrů AO osteosyntéza, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž



Při zhodnocení zvláště komplikovaných případů s defektem hrudní stěny v souborech AO/allograft s podsouborem Re-cerkláž/defekt byly zjištěny následující, statisticky významné, rozdíly ve prospěch kombinovaného postupu AO osteosyntézy a transplantace kostního štěpu:

- nižší nemocniční mortalita
- nižší výskyt selhání první osteosyntézy
- nižší průměrný počet pokusů o re-osteosyntézu
- nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání
- nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny

V souboru AO/allograft byl dále byl zjištěn nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání, rozdíl však nevyšel jako statisticky významný.

Doba přípravy rány k uzávěru byla statisticky významně kratší v souboru Re-cerkláž/defekt.

Délka hospitalizace a nutnost ambulantního dohojení měkkých tkání byla v obou podsouborech téměř identická. (Tabulka 23)

Tabulka 21 Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/allograft a Re-cerkláž/defekt/celkem

	AO/defekt	Re-cerkláž/defekt/ celkem	p
n	17	22	
Mortalita (n, %)	2 (11,76%)	13 (59,09%)	0,003
Hospitalizace (dny)	50 (25-146)	59 (11-157)	0,932
Příprava k 1. uzávěru (dny)	25,5 (13-54)	15 (2-40)	0,007
Selhání 1. osteosyntézy (n,%)	3 (17,65 %)	22 (100 %)	< 0,0001
Selhání 1. resutury měkkých tkání (n,%)	6 (35,29%)	21 (95,45%)	0,431
Počet osteosyntéz/pacient (Ø)	1	2,15	0,0001
Počet resutur měkkých tk./pacient (Ø)	1,59 ± 0,94 (1,0)	2,5 ± 1,10 (2,0)	0,007
Reziduální nestabilita hrudní stěny (n,%)	0	22 (100%)	< 0,0001
Amb. dohojení měkkých tkání (n,%)	3 (17,65 %)	5 (22,73%)	1
Použití laloku v rámci 1. uzávěru (n,%)	2 (11,76 %)	3 (13,63 %)	1
Použití laloku u 2/dalšího uzávěru (n,%)	3 (17,65 %)	8 (36,36 %)	0,288

V posledním srovnání souboru AO/allograft s podsouborem Re-cerkláž/defekt/NPWT byly zjištěny následující statisticky významné rozdíly ve prospěch techniky AO osteosyntézy s transplantací allogenního kostního štěpu:

- nižší výskyt selhání prvního pokusu o osteosyntézu
- nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání
- významně nižší průměrný počet pokusů o osteosyntézu
- významně nižší výskyt (prakticky nulový) reziduální nestability hrudní stěny

V souboru AO/allograft byla rovněž zjištěna nižší nemocniční mortalita, výsledek však nebyl statisticky významný. Průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání byl nižší v souboru AO/allograft, rozdíl však nebyl statisticky významný. Parametry délky hospitalizace, potřeby ambulantního dohojení měkkých tkání a zastoupení lalokových plastik byly v obou souborech takřka identické. (Tabulka 24, Graf 2)

Ve srovnání souborů AO/allograft s podsouborem Re-cerkláž/defekt/drenáž byly zjištěny následující, statisticky významné, rozdíly ve prospěch AO osteosyntézy s transplantací kostního štěpu:

- nižší nemocniční mortalita
- nižší výskyt selhání prvního pokusu o osteosyntézu
- nižší výskyt selhání první resutury měkkých tkání
- nižší průměrný počet pokusů o re-osteosyntézu

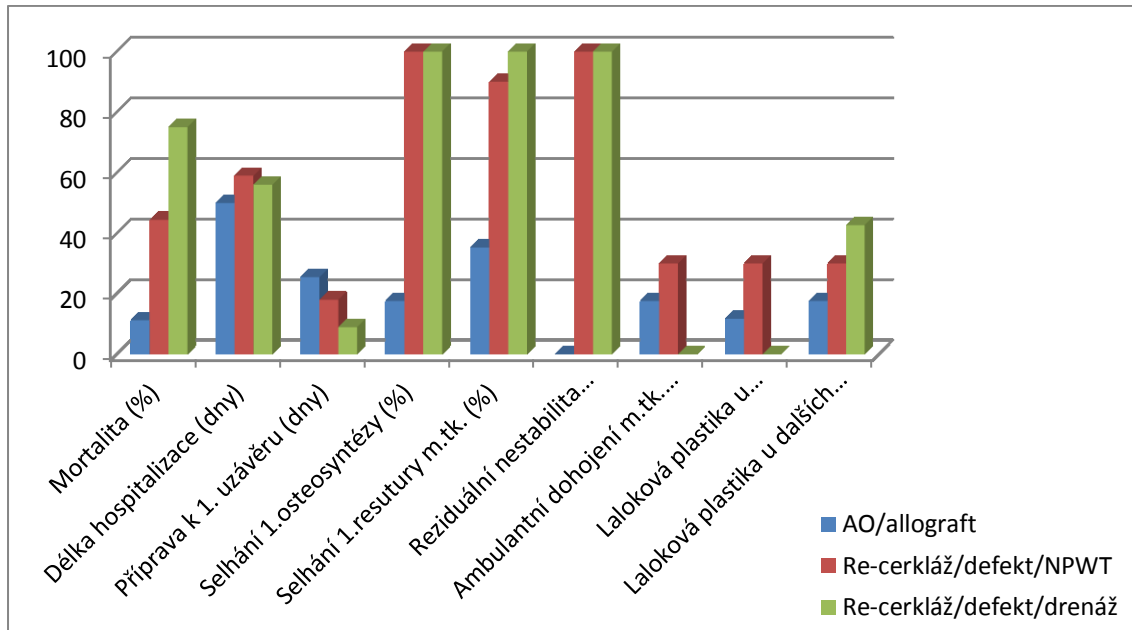
- nižší průměrný počet pokusů o resuturu měkkých tkání
- nižší výskyt reziduální nestability hrudní stěny

Potřeba ambulantního dohojení měkkých tkání byla nižší v souboru AO/allograft, rozdíl však nebyl statisticky významný. Doba přípravy rány k prvnímu uzávěru byla statisticky významně kratší v souboru Re-cerkláž/defekt/drenáž. Potřeba použití lalokové plastiky vyšla v obou souborech víceméně srovnatelně. (Tabulka 24, Graf 2)

Tabulka 22 Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž

	AO/allograft	Re-cerkláž/ defekt/NPWT	p	Re-cerkláž/ defekt/drenáž	p
n	17	10		12	
Mortalita (n, %)	2 (11,76%)	4 (44,4 %)	0,276	9 (75,0 %)	0,002
Hospitalizace (dny)	50 (25-146)	59 (13 - 157)	1	56 (11 - 132)	1
Příprava k 1. uzávěru (dny)	25,5 (13-54)	18,5 (8 - 40)	0,172	9 (1 - 19)	< 0,0001
Selhání 1. osteosyntézy (n,%)	3 (17,65 %)	10 (100 %)	< 0,0001	12 (100%)	< 0,0001
Selhání 1. resutury měkkých tkání (n,%)	6 (35,29%)	9 (90%)	0,028	12 (100%)	0,001
Počet osteosyntéz/pacient (Ø)	1	1,67 ± 0,64 (2,0)	0,0001	2,5 ± 0,94 (3,0)	< 0,0001
Počet resatur měkkých tk./pacient (Ø)	1,59 ± 0,94 (1,0)	1,70 ± 0,67 (2,0)	0,832	3,17 ± 0,94 (3,0)	0,001
Reziduální nestabilita hrudní stěny (n,%)	0	10 (100%)	< 0,0001	12 (100%)	< 0,0001
Amb. dohojení měkkých tkání (n,%)	3 (17,65 %)	3 (30%)	1	0	0,492
Použití laloku v rámci 1. uzávěru (n,%)	2 (11,76 %)	3 (30%)	1	0	0,996
Použití laloku u 2/dalšího uzávěru (n, %)	3 (17,65 %)	3 (30%)	1	5 (42,7%)	0,806

Graf 2. Srovnání vybraných parametrů AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž



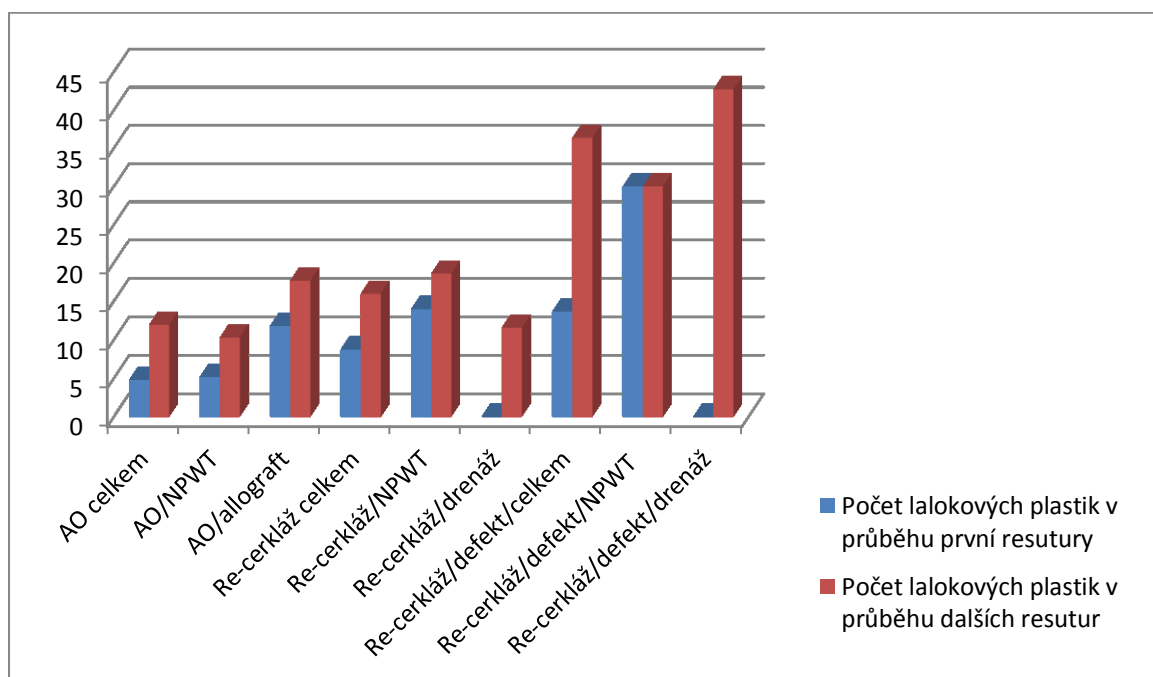
7.3.1 Použití lalokové plastiky k překrytí defektu měkkých tkání

V porovnávaných souborech jsme zhodnotili nutnost provedení různých variant lalokové plastiky při prvním nebo dalším, pokusu o uzávěr defektu měkkých tkání. Vyšší četnost použití lalokové plastiky v rámci první resutury byla zjištěna v případě techniky re-cerkláže, především pak u souboru Re-cerkláž/NPWT. Nejčastěji použitou variantou lalokové plastiky v tomto případě byla V-Y transpozice muskulo-kutánního pektorálního laloku. Nejčastěji použitou variantou laloku v rámci dalších pokusů o uzávěr měkkých tkání byla VRAM varianta transpozice muskulo-kutánního laloku přímého břišního svalu. (Tabulka 25, Graf 3)

Tabulka 23 Zastoupení variant lalokových plastik v hodnocených souborech

Sledovaný soubor	Laloková plastika v rámci první resutury	n	Laloková plastika u dalších uzávěrů	n
AO celkem	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok	2	Transpozice fascio-kutánního laloku	3
			Transpozice m. latissimus dorsi VRAM	1 1
AO/NPWT	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok	2	Transpozice fascio-kutánního laloku	2
			Transpozice m. latissimus dorsi VRAM	1 1
AO/allograft	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok	2	Transpozice fascio-kutánního laloku. Transpozice m. latissimus dorsi	2 1
Re-cerkláž celkem	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	5 1	TRAM	2
			VRAM V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok Dermo-glandulární prsní lalok	5 3 1
Re-cerkláž/NPWT	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	5 1	TRAM	2
			VRAM V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok Dermo-glandulární prsní lalok	4 1 1
Re-cerkláž/drenáž	0	0	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	2 1
Re-cerkláž/defekt/celkem	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	2 1	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	3 4
			TRAM	1
Re-cerkláž/defekt/NPWT	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	2 1	VRAM TRAM	2 1
Re-cerkláž/defekt/drenáž	0	0	V-Y muskulo-kutánní pektorální lalok VRAM	3 2

Graf 3. Četnost lalokových plastik ve sledovaných souborech – souhrn (%)

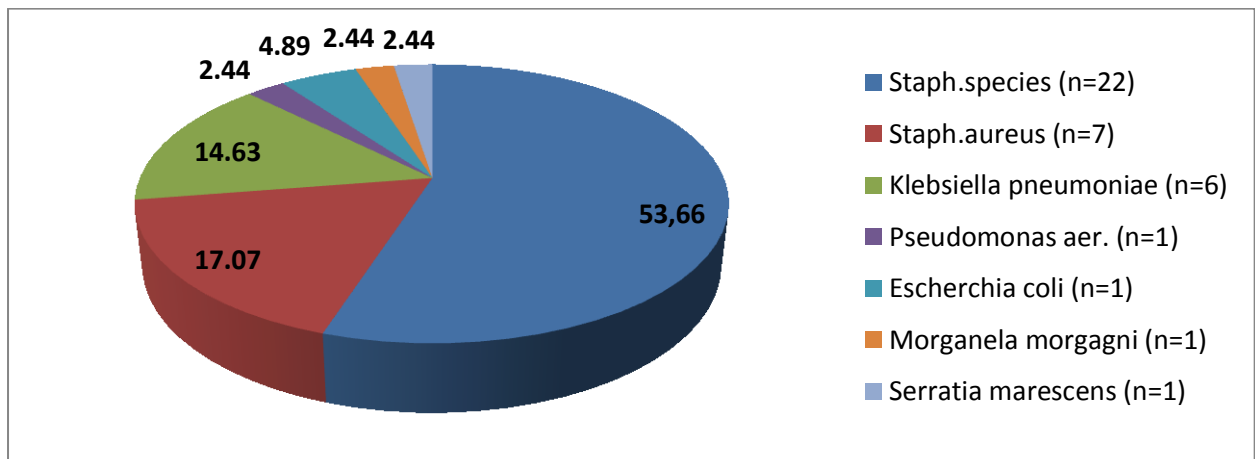


7.3.2 Přehled zastoupení infekčních agens v souborech AO osteosyntézy a Re-cerkláže

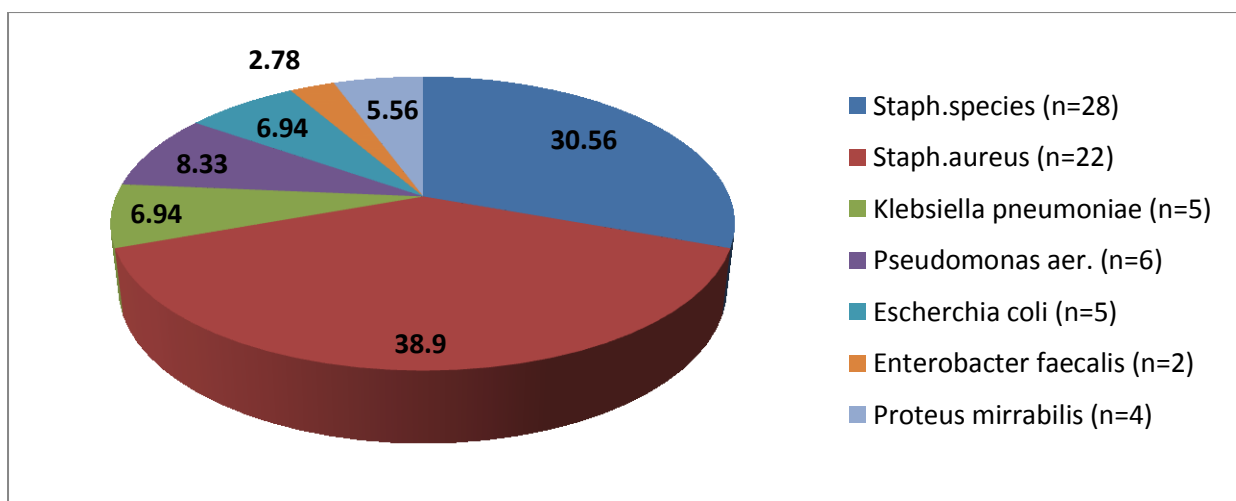
K dalšímu srovnání byla provedena základní analýza výskytu infekčních agens v souborech AO/NPWT a Re-cerkláž/celkem. V souboru AO osteosyntézy bylo celkem zachyceno 41 původců infekce (jedno nebo více agens na pacienta), v souboru Re-cerkláž to bylo celkem 72 původců (jedno nebo více agens na pacienta).

Z přehledu je patrný nárůst incidence ranných komplikací způsobených kmeny *Staphylococcus species*, kde současně sledujeme narůstající agresivitu infektu. Naopak lze vysledovat relativní pokles incidence infektů způsobených *Staphylococcus aureus*. (Graf 4 a 5)

Graf 4. Zastoupení infekčních agens ve skupině AO/NPWT (%)



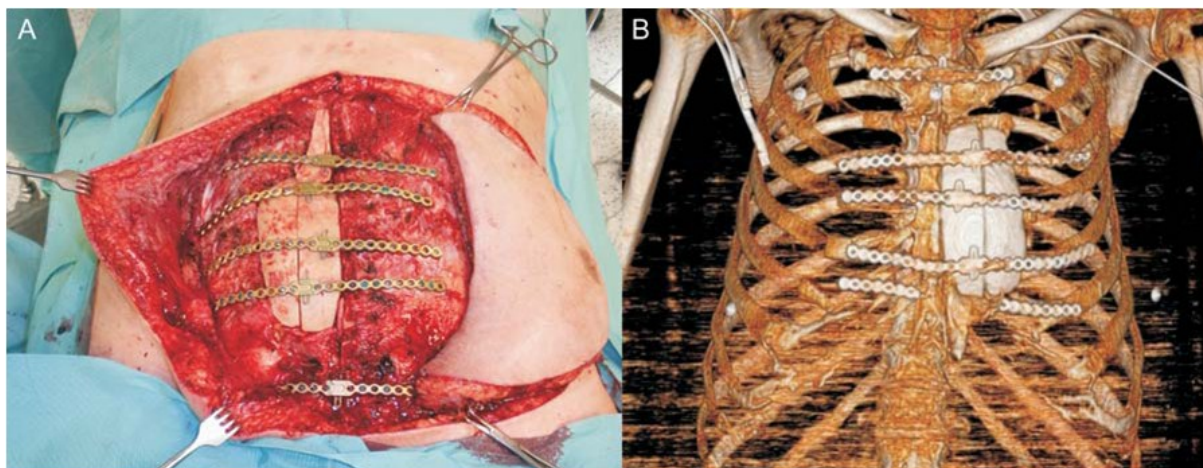
Graf 5. Zastoupení infekčních agens ve skupině Re-cerkláž celkem (%)



7.3.3 Přehled použití allogenního kostního štěpu

U pacientů s defektem sternu a přilehlých žebér byly použity následující strategie uzávěru rány pomocí allogenního kostního štěpu.

K uzávěru kostního defektu hrudní stěny byl v prvním případě použit allogenní štěp calvy, v době indikace jediný volně dostupný v depozitu tkáňové banky. Uzávěr měkkých tkání byl v tomto případě proveden pomocí V-Y posunu muskulo-kutánního pektorálního laloku.



Obrázek 8 A. Rekonstrukce hrudní stěny pomocí štěpu calvy B. CT zobrazení 2 měsíce po operaci

Ve 12 případech byl použit allogenní štěp sternu. Linie kontaktu mezi štěpem a původními kostěnými okraji byly vyplněny drcenou kostní spongiózou z přiloženého allogenního štěpu kondylu femuru nebo tibie.

U 1 pacienta byl, vynuceně z nedostatku štěpu sternu v depozitu tkáňové banky, použit štěp diafýzy femuru, podélně rozříznutý na dvě poloviny v podélném paralelním uspořádání v defektu. Okolí štěpu bylo opět doplněno drcenou allogenní kostní spongiózou.

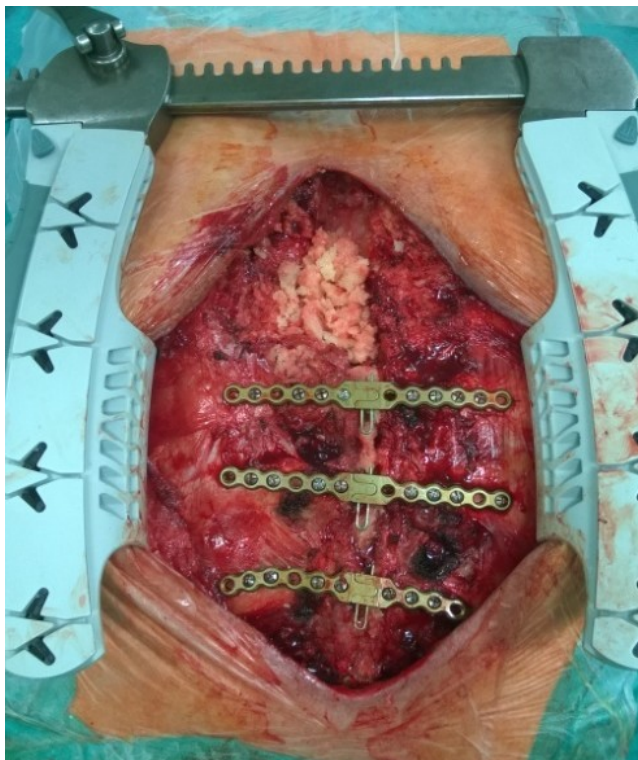
V důsledku nedostatečné aproximace zbývajících fragmentů sternu, žebér a štěpu byl zjištěn nadměrný tah měkkých tkání při pokusu o přímou resuturu bilaterálně uvolněných pektorálních laloků. V dané situaci bylo nutné provést urgentní V-Y posun muskulo-kutánního pektorálního laloku

Ve 3 případech byla k vyplnění defektu menšího rozsahu použita drcená allogenní kostní spongióza. Technika se ukázala jako velmi efektivní pro hojení. (Obrázek 9)

Kromě výše uvedených případů V-Y posunu, byl uzávěr měkkých tkání u všech dalších případů proveden přímou suturou bilaterálně mobilizovaných pektorálních svalových laloků.

Tabulka 24 Zastoupení variant allogenního kostního štěpu

Calva + V-Y posun muskulo-kutánního pektorálního laloku	1
Sternum/drcená kostní spongioza/přímá sutura měkkých tkání	12
Femur/ drcená kostní spongioza/V-Y muskulokutánní lalok	1
Drcená kostní spongioza/přímá sutura měkkých tkání	3

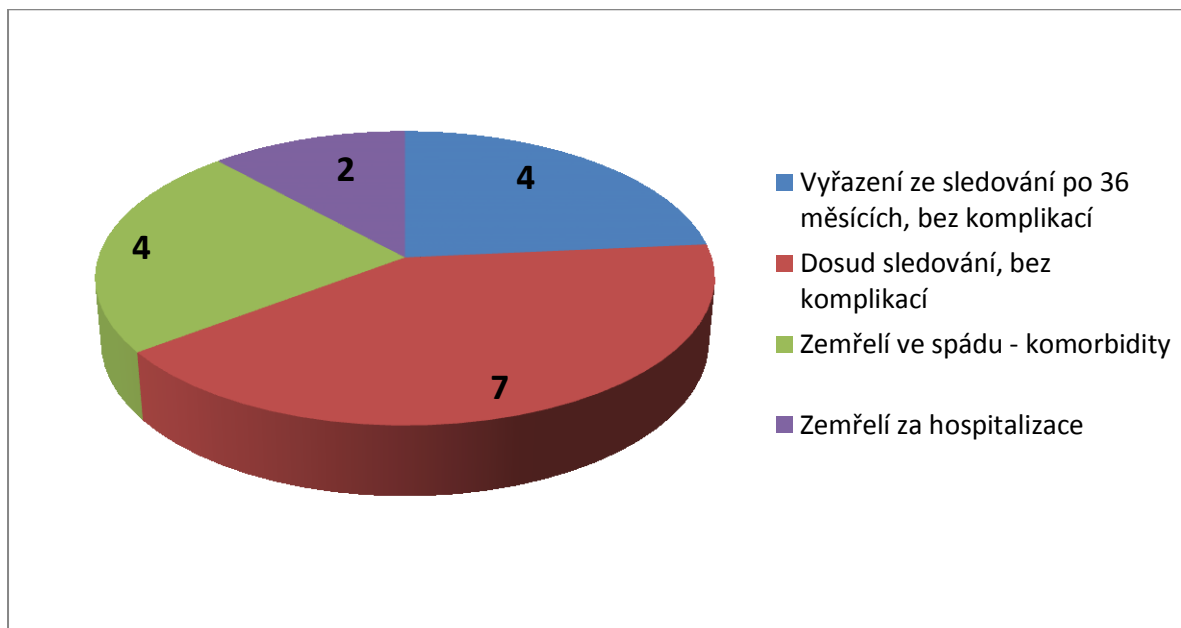


Obrázek 9 Rekonstrukce defektu hrudní stěny pomocí drcené kostní spongiózy (archív autora)

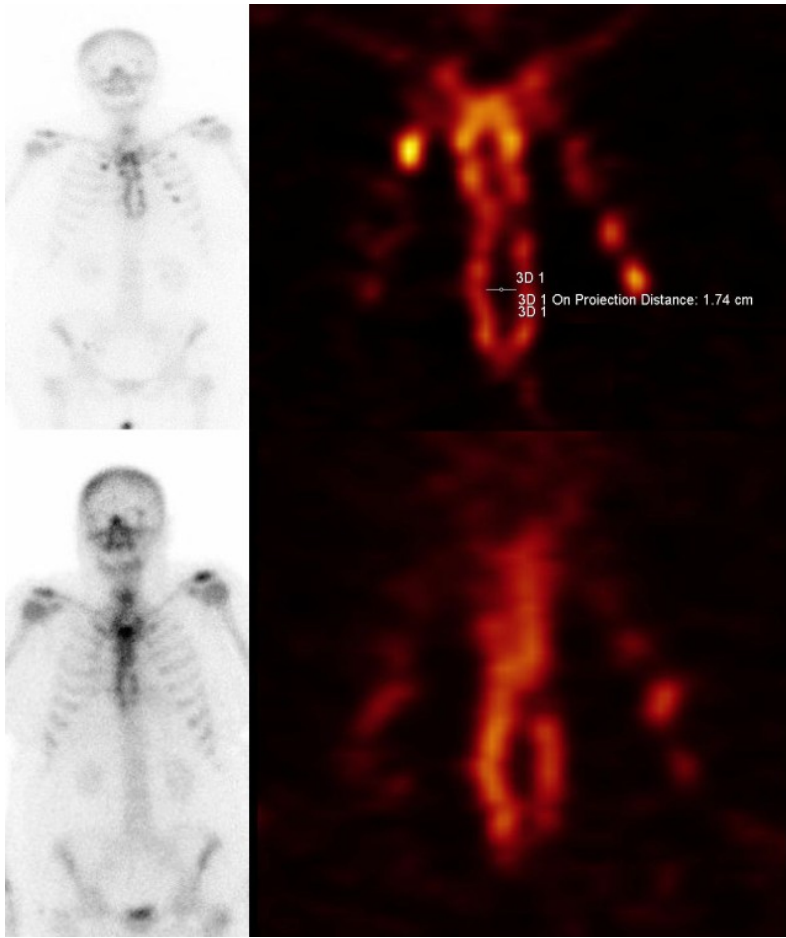
7.4 Sledování pacientů s allogenním kostním štěpem.

Průměrná doba sledování po propuštění byla 23 měsíců (1-36). Sledování bylo prováděno klinickými kontrolami za 2, 6 a 12 měsíců po propuštění, dále pak jednou ročně.

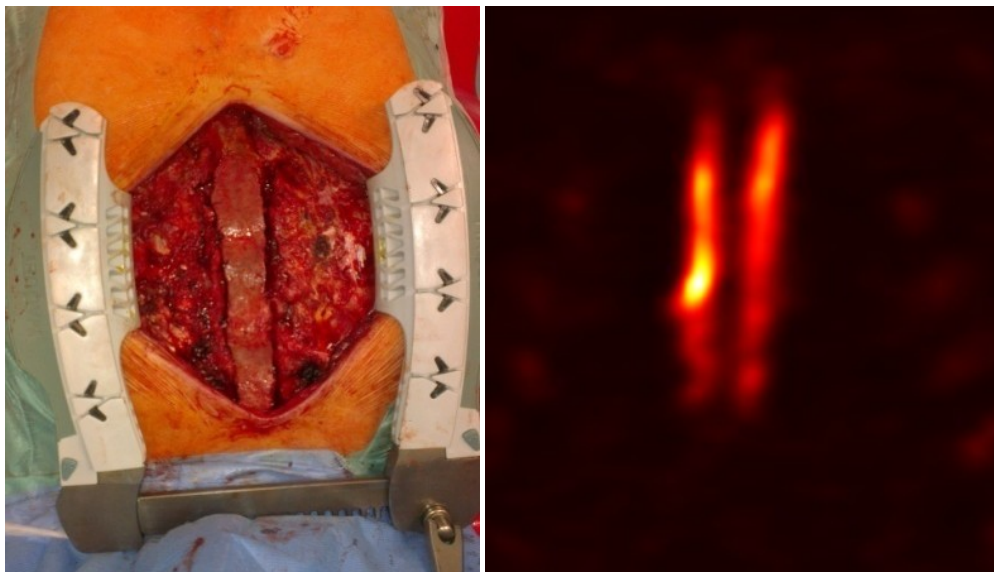
Z celkového počtu 17 pacientů jsou již 4 pacienti, kompletně zhojení a dosud žijící, po uplynutí 36 měsíců od rekonstrukce ze sledování vyřazeni. 7 dalších žijících pacientů je v různém stádiu sledování. 2 pacienti zemřeli v průběhu hospitalizace. 4 pacienti zemřeli ve spádu v důsledku jiných komorbidit, bez příčinné souvislosti s rekonstrukcí hrudníku.(Graf 6)

Graf 6. Přežívání pacientů po transplantaci allogenního kostního štěpu (n= 17)

U 7 spolupracujících pacientů bylo s odstupem 2-3 měsíců a 18-22 měsíců od rekonstrukce hrudní stěny provedeno planární celotělové a SPECT/CT scintigrafické vyšetření skeletu hrudní stěny s podáním Technecium 99m-bifosfonátu. Jak těsně po operaci, tak i při kontrolním vyšetření, byla u všech vyšetřených případů prokázána vysoká hojivá aktivita štěpu, především pak v liniích kontaktu aplikované drcené kostní spongiozy. (Obr. 10, 11)



Obrázek 10 Planární celotělová scintigrafie skeletu a SPECT/CT vyšetření hrudní stěny 2 a 18 měsíců od rekonstrukce s redukcí osteopenického defektu štěpu o 42 % (archiv Kliniky nukleární medicíny LF UP a FN Olomouc)



Obrázek 11 Rekonstrukce hrudní stěny štěpem sterna a SPECT/CT zobrazení 16 měsíců po rekonstrukci (archiv autora a Kliniky nukleární medicíny LF UP a FN Olomouc)

7.5 Komplikace AO osteosyntézy hrudní stěny

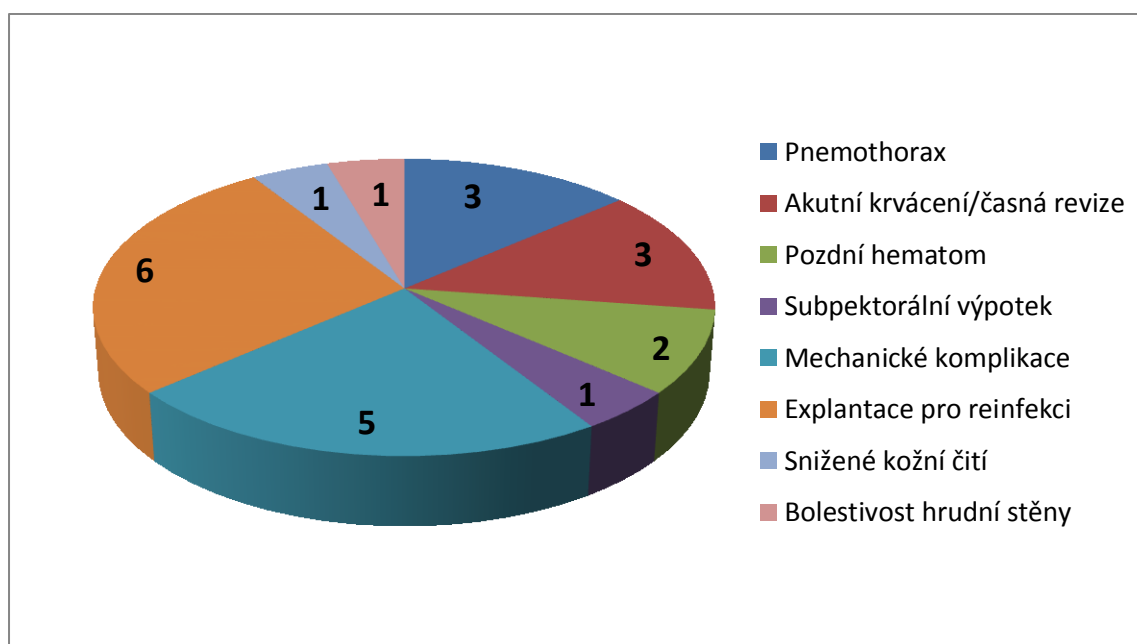
Výhody AO osteosyntézy se ve sledovaných souborech projeví i z hlediska nulového výskytu peri-operačního poranění srdce nebo našitých bypassů. Naproti tomu ve skupině pacientů řešených metodou re-cerkláže došlo v jednom případě k poranění stěny pravé komory s obtížným stavěním krvácení, v dalším případě byl přerušit tepenný bypass LIMA ad RIA s nutností urgentní reoperace s použitím mimotělního oběhu k našití nového, žilního bypassu.

AO osteosyntéza se jeví jako akceptovatelná metoda i z hlediska výskytu pooperačních komplikací. (Tabulka 27, Graf 7):

Tabulka 257 Přehled komplikací AO osteosyntézy

OSTATNÍ KOMPLIKACE	Celkem	AO	
		prostá	+ graft
Pneumothorax	3	2	1
Krvácivé komplikace celkem	5	4	1
Akutní krvácení - časná revize	3	2	1
Pozdní hematoma – revize s odstupem	2	2	0
Subpektorální serózní výpotek	1	1	0
Mechanické selhání dlah celkem		5	
Pád z lůžka – kompletní vytržení	1	0	1
Exacerbace CHOPN + krátké šrouby (nutnost kompletní re- AO)	1	1	0
Exacerbace CHOPN s částečným uvolněním šroubů	3	3	0
Parciální/kompletní explantace (reinfece) – plná stabilita hrudní stěny	6	5	1
Snížené kožní cití přední stěny hrudníku	1	0	1
Dočasná bolestivost hrudní stěny v inspiriu (dlouhé dlahy)	1	1	0

Graf 7. Jiné komplikace AO osteosyntézy přední hrudní stěny (n=23)



Tříkrát jsme zaznamenali výskyt pooperačního pneumotoraxu, dvakrát jednostranného u prosté AO osteosyntézy, jednou závažného oboustranného, který se vyskytl v kombinaci s bulózním emfyzémem plic u pacientky po implantaci allogenního štěpu sternu.

V 5 případech jsme se setkali s krvácivými komplikacemi. Ve 2 případech prosté AO osteosyntézy bylo nutné provedení časná revize ihned po výkonu, ve 2 dalších případech byla provedena revize rány do týdne od rekonstrukce pro evakuaci rozsáhlého hematoma.

Krvácení bylo v těchto případech důsledkem rozsáhlé preparace a uvolnění pektorálních laloků v kombinaci s duální antiagregací nebo antikoagulací vyššími dávkami frakcionovaného heparinu. Ani v jednom z uvedených případů nedošlo k narušení stability hrudní stěny, následná resutura měkkých tkání již byla bez komplikací.

Závažný průběh krvácení po utržení cévní stopky V-Y muskulo-kutánního pektorálního laloku s následkem časného úmrtí byl zaznamenán u pacientky po implantaci allogenního štěpu femuru (viz níže kapitola komplikace hojení u pacientů s allogenním kostním štěpem).

Obávanou komplikací AO osteosyntézy je, vzhledem k množství použitých dlah a šroubů, reziduální ranný infekt nasedající na kovový materiál. Tento problém jsme zaznamenali celkem v 6 případech. V 1 případě byla nutná kompletní explantace všech dlah (pacient po implantaci AO osteosyntézy a allogenního štěpu sternu, zmíněn níže), ve zbývajících 5 pak částečná, v rozsahu 1 – 2 dlah. Ve všech případech byl znovu nejprve zaveden protokol NPWT, kovový materiál byl explantován odloženě, stabilita hrudní stěny zůstala zachována. Ve 4 případech byla provedena dodatečná resutura měkkých tkání, ve 2 případech byl defekt měkkých tkání dořešen sekundárním hojením.

Mechanické selhání AO osteosyntézy se vyskytlo v 5 případech. V 1 případě se jednalo záhy po osteosyntéze o kompletní vytržení dlah u obézního pacienta s exacerbací CHOPN v důsledku použití krátkých šroubů. Po provedení re-AO osteosyntézy s delšími šrouby a větším počtem dlah proběhlo další hojení rány bez komplikací.

U 3 dalších případů byla provedena parciální explantace kovového materiálu s dodatečným protokolem NPWT a resuturou měkkých tkání. Stabilita hrudní stěny zůstala nenarušena. V 1 případě morbidně obézní diabetičky po AO osteosyntéze a implantaci allogenního kostního štěpu sternu došlo k vytržení dlah po pádu z lůžka (rovněž zmíněna níže).

Snížená úroveň kožního cití, subjektivně však dobře a bez omezení snášená, se vyskytla u jedné pacientky po implantaci štěpu sternu. Dočasná bolestivost hrudní stěny v rámci dechových exkurzí se vyskytla u jednoho pacienta. Stav se podařilo zvládnout konzervativně dechovou rehabilitací a analgetiky, bez nutnosti explantace dlah.

7.6 Hojení rány, komplikace hojení, rozbor nemocniční mortality po transplantaci allogenního kostního štěpu

Zvláštní pozornost zasluhuje zhodnocení výskytu komplikací hojení v podsouboru 17 pacientů po transplantaci allogenního kostního štěpu a/nebo spongiózy.

Kompletního zhojení rány, bez dalších komplikací a s plnou stabilitou hrudní stěny, se podařilo v tomto podsouboru dosáhnout v 10 případech. V jednom případě došlo k úmrtí 36 dnů po rekonstrukci hrudní stěny, těsně před plánovaným ukončením naší hospitalizace, při náhlém propuknutí závažné bronchopneumonie u obézní (BMI 40), špatně rehabilitující diabetičky. Hrudní stěna po rekonstrukci pomocí AO osteosyntézy a štěpu sternu i měkké tkáně byly klinicky dokonale zhojené. Následná pitva rovněž prokázala kompletní zhojení rekonstruované hrudní stěny. (Obr. 12)



Obrázek 12 Rekonstrukce hrudní stěny štěpem sternu - pitevní nález 36 dnů po operaci (archív autora)

U 4 dalších pacientů bylo kvůli parciální dehiscenci dolního pólu sternotomie nutno provést dodatečnou resuturu měkkých tkání a kůže. V jednom z těchto případů (vůbec prvním v podsouboru) byl k uzávěru reziduálního defektu měkkých tkání v distálním pólu rány použit dodatečný fascio-kutánní lalok. Hrudní stěna však byla i v těchto případech plně stabilní.

U 2 pacientů v podsouboru byla provedena kompletní explantace dlah. V prvním případě se jednalo o 81-letého muže, urgentně operovaného pro NSTEMI, u kterého došlo k rozvoji DSWI se ztrátou kostního materiálu. Uzávěr rány byl proveden AO osteosyntézou s implatací štěpu sternu. Pro reinfekci rány a infekci nasedající na cizí materiál bylo nutné s odstupem 4 týdnů provést explantaci dlah. Kostní štěp však již byl pevně přirostlý k okrajům hrudního skeletu, hrudní stěna byla plně stabilní, pacient nevykazoval známky respirační insuficience. Rána byla dohájena kombinací dodatečného protokolu podtlakové drenáže, sekundárního hojení a dermo-epidermálního štěpu kůže. Resutura měkkých tkání pro jejich retrakci nebyla

možná. Provedení lalokové plastiky bylo, s ohledem na pokročilý věk, polymorbiditu a rozsah výkonu, vyhodnoceno jako rizikové. (Obr. 13)



Obrázek 13 Rekonstrukce hrudní stěny kostním štěpem sternu, stav po aplikaci epidermálního štěpu (archiv autora)

Velmi závažný průběh byl zaznamenán u 82-leté, morbidně obézní (BMI 38), inzulin dependentní diabetičky, po urgentní revaskularizaci myokardu, s následným rozvojem DSWI. V době 23 dnů po rekonstrukci hrudní stěny pomocí AO osteosyntézy a allogenního štěpu sternu pacientka spadla z lůžka na přední stěnu hrudníku, se zapřením o horní končetiny. Došlo k vytržení dlah ze skeletu hrudníku, disrupci měkkých tkání s tvorbou masivního serosangvinolentního výpotku. Byla indikována urgentní revize rány s nutností explantace dlah. Štěp sternu však již byl v té době pevně přihojený a proto byl ponechán v ráně k zajištění stability hrudní stěny. Vzniklý defekt měkkých tkání řešil plastický chirurg pomocí transpozice laloku m. latissimus dorsi. Pro opakované krvácení do laloku byly provedeny další dvě revize rány. Následně došlo k rozvoji dalšího ranného infektu, s nutností dalšího protokolu NPWT. Reziduální defekt měkkých tkání distálního pólu původní sternotomie byl řešen sekundárním hojením a pacientka byla přeložena do péče ve spádu. Při celkově velmi špatném prospívání s dalšími přidruženými komplikacemi (meléna při krvácení ze žaludečního vředu, renální insuficience s nutností trvalé hemodialýzy, špatná rehabilitace) pacientka zemřela z důvodů celkové sepse 6 měsíců po rekonstrukci hrudní stěny.

Konečně v jednom případě došlo ke krvácivým komplikacím rány s následkem časného úmrtí. Jednalo se o, již dříve zmíněnou, obézní (BMI 39) diabetičku po urgentním CABG, s rozvojem DSWI se ztrátou kostního materiálu sternu, řešenou implantací paralelně seřazených, podélně říznutých, polovin diafýzy femuru a s nutností urgentního V-Y posunu muskulo-kutánního pektorálního laloku. V důsledku utržení cévní stopky laloku ještě tentýž den po rekonstrukci došlo k masivnímu krvácení do měkkých tkání s nutností urgentní revize laloku a reanastomózy cévní stopky. Celkový stav pacientky byl však komplikován rozvojem MODS s následkem úmrtí třetí den po rekonstrukci.

7.7 Finanční náklady AO osteosyntézy

Materiál k AO osteosyntéze hrudní stěny je dodáván v podobě komplexního síta. Instrumentarium k aplikaci je zapůjčeno bezplatně. Cena jednotlivých dlah se v současné době pohybuje v rozmezí 8 – 13000 Kč, v závislosti od délky a tvaru dlahy. Cena jednoho samovrtného šroubu, nezávisle na jeho délce, je 1000 Kč. V samořezné variantě šroubu je to pak 1300 Kč, tyto však v naší praxi nepoužíváme.

Průměrný počet použitých dlah a šroubů na 1 pacienta byl v našem souboru 3,55 dlahy/pacient (2-5) a 32,6 šroubu/pacient (16-55). Průměrná cena uzávěru nekomplikované sternální dehiscence se při použití AO techniky se tak pohybuje v rozmezí 50 – 70 000 Kč.

V případě použití allogenního kostního štěpu je cena tkáně odvozená od hmotnosti a pohybuje se u jednoho pacienta v rozmezí 15 až 25000 Kč za všechny použité štěpy.

Cena materiálu k provedení re-cerkláže je 230 Kč za 1 drát USP 7. V rámci re-cerkláže technikou dle Robiczeka se spotřeba drátovacího materiálu pohybuje v rozmezí 5 – 7 ks drátěného stehu. Cena materiálu vztažená na jeden pokus o re-osteosyntézu se tedy pohybuje v rozmezí 1300 – 2000 Kč.

V rámci našeho pracoviště jsme v minulosti (období leden 2005 – leden 2010) provedli retrospektivně orientační srovnání nákladů při léčbě 10 pacientů metodou AO osteosyntézy a 11 pacientů řešených metodou re-cerkláže. Ani v jedné skupině nebyli obsaženi pacienti s komplikovaným defektem hrudní stěny. Léčba ranného infektu byla prováděna v obou skupinách metodou NPWT a celkovým i. v. podáním antibiotik. Do nákladů byla zahrnuta cena spotřebovaného osteosyntetického materiálu, spotřeba materiálu NPWT, náklady péče na JIP a standardním oddělení. Průměrné náklady na léčbu ve skupině AO osteosyntézy byly 222.550 Kč/pacient a 900.850 Kč/pacient ve skupině re-cerkláže. Současně bylo zjištěno zkrácení průměrné doby hospitalizace v případě AO osteosyntézy (22 vs. 59 dnů). Finanční

úspora, i přes vyšší vstupní cenu osteosyntetického materiálu, se ve skupině AO osteosyntézy projevila díky zkrácení celkové doby hospitalizace, kratšímu pobytu a péči na JIP, nižším počtem pokusů o provedení uzávěru rány a tím také nižší spotřebou materiálu v rámci NPWT terapie.

Náklady na léčbu komplikovaných pacientů, s defektem hrudní stěny řešeným transplantací kostního štěpu, se samozřejmě pohybují mnohem výše. V našem souboru byly průměrné náklady 1.383.048 Kč/pacient (452.736 – 2.770.929). Většinu finančních prostředků u těchto pacientů spotřebovuje nákladná, často prolongovaná intenzivní péče o pacienta na JIP, dlouhodobé podávání různých kombinací antibiotik a také nutnost četných procedur NPWT. Cena spotřebovaného osteosyntetického materiálu a kostního štěpu se v těch nejkomplicovanějších případech pohybuje v rozmezí 100 – 125 tisíc korun.

7.8 Diskuze

Z naší retrospektivně provedené analýzy vyplývá, že metoda AO dlahové osteosyntézy hrudní stěny dosahuje při srovnání s technikou re-cerkláže jednoznačně lepších výsledků. Dokonalé zajištění stability hrudní stěny se odráží ve snížení nemocniční mortality i výskytu následných ranných komplikací. Patrný je rovněž trend zkrácení doby hospitalizace, tento však není statisticky významný.

Naopak doba přípravy rány k uzávěru vyšla statisticky kratší u pacientů s kombinací léčby re-cerkláže a poplachové drenáže hrudní stěny. Toto zjištění je však v souladu s principem léčby touto technikou – k eradikaci ranného infektu dochází po uzávěru rány cestou drenáže. Naopak, filozofií léčby sternálního infektu metodou NPWT je eradikace infektu před samotným uzávěrem, zvláště pak v případě aplikace většího množství kovového materiálu v podobě dlah a šroubů, případně před použitím allogenního kostního štěpu.

Z našich praktických zkušeností se nepotvrdily počáteční obavy z aplikace avitálního kostního štěpu do post-infekčního terénu. Je třeba opětovně zdůraznit, že zásadním předpokladem použití této metody je negativní mikrobiologický nález ze stěrů rány, vzorků kostí i chrupavek, čehož v našich podmínkách dosahujeme kombinací protokolu NPWT, cílené celkové antibiotické terapie a profylaktické resekce potenciálně infikovaných okrajů sternu, obnažených žeber a chrupavek.

Pro vytvoření pevných srůstů se ukázala jako velmi efektivní aplikace drcené allogenní kostní spongiózy do linií kontaktu mezi kostním štěpem a reziduálními okraji skeletu hrudního koše. Mimořádně hojivá aktivita allogenní kostní spongiózy urychluje prorůstání fibroblastů

příjemce do okrajů štěpu, což bylo potvrzeno SPECT/CT vyšetřením hrudního skeletu. Současně byla ve vyšetřovaných případech zaznamenána mezi jednotlivými vyšetřeními také redukce defektu náplně radioizotopu v ploše nahrazeného sternu, což odpovídá redukci plochy avitálního kostního štěpu. Jinými slovy, fibroblasty příjemce mohou aktivně prorůstat i hlouběji do struktury kostního štěpu. V jednom sledovaném případě došlo v rozmezí 16 měsíců k redukci o 42 %.

Relativně rychlý vznik pevných srůstů mezi štěpem a reziduálním hrudním skeletem a současně vysoký stupeň mechanické stability hrudní stěny byl potvrzen rovněž pitevním nálezem u dříve zmíněného případu pacientky po transplantaci sternu, zemřelé 36. den po rekonstrukci v důsledku exacerbace akutní bronchopneumonie. Histologické vyšetření spojení skeletu a štěpu se bohužel, v daném případě, nepodařilo zajistit.

Při použití AO osteosyntézy byla zaznamenána nižší potřeba různých variant lalokových plastik v případě prvního pokusu o uzávěr defektu měkkých tkání. To pravděpodobně vyplývá z lepších instrumentálních možností dosažení aproximace okrajů sternu, což se samozřejmě projeví také v lepším kontaktu a možnostem přímé sutury bilaterálně uvolněných pektorálních laloků. Určité komplikace mohou nastat v případě nutnosti náhrady defektu sternu kostním štěpem. Zde se snažíme o maximální aproximaci kostěných fragmentů a použití, pokud možno, co nejmenší plochy štěpu, a to i za cenu dočasného zvýšení inspiračních tlaků v dýchacích cestách.

Za určitou nevýhodu AO osteosyntézy by se daly považovat náklady na použitý osteosyntetický materiál, v případě defektu hrudní stěny pak navýšené i o cenu allogenního kostního štěpu.

Konečně, pomineme-li zvrát ve vývoji celkové mortality pacientů s defektem či nestabilitou hrudní stěny, zvláště překvapivé jsou pak údaje o kvalitě života po transplantaci allogenního kostního štěpu. Z pravidelného sledování vyplývá, že z 11 dosud žijících, 9 pacientů nepocítuje žádné omezení běžných denních aktivit, které by vyplývalo ze způsobu rekonstrukce hrudníku. Byl zaznamenán návrat k oblíbeným činnostem, jako např. rekreace u moře, zahrádkaření, dokonce pak i jízda na skútru, řízení veteránského automobilu či plavání. Běžná denní aktivita 2 dalších pacientů ve sledování je ovlivněna průběhem přidružených komorbidit.

7.9 Závěr

AO osteosyntéza hrudní stěny představuje výrazný pokrok při řešení dehiscence sternotomie. Vysoký stupeň stability hrudní stěny vede k výraznému snížení rizika vzniku respirační insuficience na podkladě mechanické nestability hrudníku. Stabilní skelet dává lepší předpoklad pro hojení měkkých tkání, klesá rovněž procento mortality z důsledku ranných komplikací.

U rozsáhlých ztrátových post-sternotomických defektů hrudní stěny nelze prozatím žádnou, dosud publikovanou, metodu označit za zlatý standard řešení této život ohrožující komplikace. V literatuře doposud uveřejněné práce se opírají o malé série pacientů, často se jedná o kazuistická sdělení. Transplantace allogenního kostního štěpu je originálním postupem, jehož dosavadní výsledky několika let klinického použití jsou velmi efektivní. V našem sledování jsme zaznamenali statisticky významný pokles nemocniční mortality a snížení počtu opakovaných pokusů o uzavěr rány. Naopak došlo ke zvýšení kvality života původně velmi komplikovaných pacientů, kteří byli dříve, v rámci chirurgického managementu dehiscence sternotomie, obtížně nebo prakticky téměř neřešitelní.

Náš soubor pacientů a výsledky rekonstrukce post-sternotomických defektů patří, při srovnání dostupné světové literatury, pravděpodobně k nejrozsáhlejším.

V rámci úzké mezioborové spolupráce s hrudními chirurgy byl allogenní štěp sterny použit opakovaně také v rámci onkochirurgie hrudní stěny.

Metoda byla v roce 2011 oceněna v celostátní vědecké soutěži Discovery Award, jako inovativní počín v oblasti biomedicíny.

8 Literatura

- [1] Milton H. Mediastinal surgery. *Lancet* 1897;1:872-5.
- [2] Milton H. Removal of a foreign body from the bronchus by intrathoracic tracheotomy. *Lancet* 1901;1:2424.
- [3] Shumacker HB Jr. When did cardiac surgery begin? *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 1989 Mar-Apr;30(2):246-9.
- [4] Sauerbruch F. *Chirurgie der Brustorgane*. vol 11. Berlin: Springer, 1925:415.
- [5] Holman E, Willett F. The surgical correction of constrictive pericarditis. *Surg Gynecol Obstet* 1949;89:12944.
- [6] Shumacker HB Jr, Lurie PR. Pulmonary valvulotomy: description of a new approach about diagnostic characteristics of pulmonic valvular stenosis. *J Thorac Surg* 1953;25:173-86.
- [7] Graham BA, Singer JJ, Ballon HC. *Surgical diseases of the chest*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1935: 211.
- [8] Sweet RH. *Thoracic surgery*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1950.
- [9] Julian OC, Lopez-Belio M, Dye WS, Javid H, Grove WJ. The median sternal incision in intracardiac surgery with extracorporeal circulation: a general evaluation of its use in heart surgery. *Surgery* 1957;42:753-61.
- [10] Čihák R *Anatomie*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. sv. 1.
- [11] Robicsek F, Fokin AA. Search for a better mousetrap. The quest for an ideal method of sternal closure. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:767–8.
- [12] Hale JE, Anderson DD, Johnson GA, Magovern JA. An assessment of the pull through strength and fatigue properties of a new sternal closure technique. In: Presented at the 23rd Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Pittsburgh, PA, 21–23 October 1999.
- [13] Young WC, Budynas RG. *Roark's Formulas for Stress and Strain*. New York: McGraw-Hill, 2002, 592–9.
- [14] Casha AR, Manche A, Gauci M, Camilleri-Podesta MT, Schembri-Wismayer P, Sant Z et al. Placement of trans-sternal wires according to an ellipsoid pressure vessel model of sternal forces. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2012;14:283–7.
- [15] Casha AR, Yang L, Kay PH, Saleh M, Cooper GJ. A biomechanical study of median sternotomy closures. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999;15:365–9.
- [16] McGregor WE, Trumble DR, Magovern JA. Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:1144–9.
- [17] Casha AR, Gauci M, Yang L, Saleh M, Kay PH, Cooper GJ. Fatigue testing median sternotomy closures. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:249–53.
- [18] Casha, A. R., Yang, L. and Cooper, G. J., Measurement of chest wall forces on coughing with the use of human cadavers. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 1999, 118, 1157–1158.
- [19] Casha AR, Manché A, Gatt R, Duca E, Gauci Md Schembri-Wismayer P, Camilleri-Podesta MT and Grima JN. Mechanism of sternotomy dehiscence. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 19 (2014) 617–621 doi:10.1093/icvts/ivu184 Advance Access publication 25 June 2014
- [20] Friberg O, Dahlin LG, Söderquist B, Källman J, Svedjeholm R. Influence of more than six sternal fixation wires on the incidence of deep sternal wound infection. *Thorac Cardiovasc Surg* 2006;54:468–73.
- [21] Kamiyaa, H, Al-maisaryb S S A, Akhyaria P, Ruhparwarb A, Kallenbachb K, Lichtenbergb A and Karckb M. The number of wires for sternal closure has a significant

- influence on sternal complications in high-risk patients *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 15 (2012) 665–670 doi:10.1093/icvts/ivs293 Advance Access publication 6 July 2012
- [22] Goldman, G., Nestel, R., Snir, E. *et al.*, Effective technique of sternum closure in high-risk patients. *Archives of Surgery*, 1988, 123, 386–387.
- [23] Mariani, M. A., Vaccari, G., Marullo, A. *et al.*, Combined use of single and double-cross steel wires for closure of midline sternotomy. *Journal of Cardiovascular Surgery*, 1998, 39, 833–837.
- [24] Casha, A. R., Ashraf, S. S., Kay, P. H. *et al.*, Routine sternal closure using interlocking multitwisted wires. *European Journal of Cardiothoracic Surgery*, 1999, 16, 353–355.
- [25] Labitzke, R., Schramm, G., Witzel, U. *et al.*, ‘Sleeve-rope closure’ of the median sternotomy after open heart operations. *Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 1983, 31, 127–128.
- [26] Robicsek F, Fokin A, Cook J, Bhatia D. Sternal instability after midline sternotomy. *Thorac Cardiovasc Surg* 2000;48:1–8.
- [27] Badellino, M., Cavarocchi, N. C., Kolff, J. *et al.*, Sternotomy closure with Parham bands. *Journal of Cardiac Surgery*, 1988, 3,235–236.
- [28] Soroff, H. S., Hartman, A. R., Pak, E. *et al.*, Improved sternal closure using steel bands: early experience with three-year follow up. *Annals of Thoracic Surgery*, 1996, 61, 1172–1176.
- [29] Negri A, Manfredi J, Terrini A, Rodella G, Bisleri G, El Quarra S et al. Prospective evaluation of a new sternal closure method with thermoreactive clips. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22:571–5.
- [30] Srivastava V, Yap C-H, Burdett C, Smailes T, Kendall S, Akowuah E. Thermoreactive clips do not reduce sternal infection: a propensity-matched comparison with sternal wires. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2015;21:699–704.
- [31] Centofanti P, La Torre M, Barbato L, Verzini A, Patanè F, di Summa M. Sternal closure using semirigid fixation with thermoreactive clips. *Ann Thorac Surg* 2002;74:943–5.
- [32] Sargent LA, Seyfer AE, Hollinger J, Hinson RM, Graeber GM. The healing sternum: a comparison of osseous healing with wire versus rigid fixation. *Ann Thorac Surg* 1991;52: 490–4.
- [33] Snyder CW, Graham LA, Byers RE, Holman WL. Primary sternal plating to prevent sternal wound complications after cardiac surgery: early experience and patterns of failure. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2009;9:763-766.
- [34] Voss B, Bauernschmitt R, Will A, Krane M, Kröss R, Brockmann G et al. Sternal reconstruction with titanium plates in complicated sternal dehiscence. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:139–45.
- [35] Grapow MT, Melly L, Eckstein FS and Reuthebuch O. A new cable-tie based sternal closure system: description of the device, technique of implantation and first clinical evaluation. *Journal of Cardiothoracic Surgery* 2012 7:59. doi:10.1186/1749-8090-7-59
- [36] Stelly MM, Rodning CB, Stelly TC. Reduction in deep sternal wound infection with use of a peristernal cable-tie closure system: a retrospective case series. *J Cardiothorac Surg*. 2015 Nov 14;10:166. doi: 10.1186/s13019-015-0378-7.
- [37] Melly L¹, Gahl B, Meinke R, Rueter F, Matt P, Reuthebuch O, Eckstein FS, Grapow MT. A new cable-tie-based sternal closure device: infectious considerations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013 Aug;17(2):219-23; discussion 223-4. doi: 10.1093/icvts/ivt183. Epub 2013 Apr 26.
- [38] Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. Maxwell Chamberlain memorial paper. Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity, and cost of care. *Ann Thorac Surg* 1990; 49: 179-87.

- [39] Milano CA, Kesler K, Archibald N, Sexton DJ, Jones RH. Mediastinitis after coronary artery bypass graft surgery. Risk factors and long-term survival. *Circulation* 1995; 92: 2245-51.
- [40] Braxton JH, Marrin CAS, McGrath PD, et al. Mediastinitis and long-term survival after coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 2004-7.
- [41] Eklund AM, Lyytikainen O, Klemets P, et al. Mediastinitis after more than 10,000 cardiac surgical procedures. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 1784-9.
- [42] The Parisian Mediastinitis Study Group. Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: a prospective, multicenter study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1996; 111: 1200–1207.
- [43] Hollenbeak CS, Murphy DM, Koenig S, Woodward RS, Dunagan WC, Fraser VJ. The clinical and economic impact of deep chest surgical site infections following coronary artery bypass graft surgery. *Chest* 2000; 118: 397-402.
- [44] Filsoufi, F, Castillo JG, Rahmanian PB, et al. Epidemiology of deep sternal wound infection in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23: 488-94.
- [45] Tang GHL, Maganti M, Weisel RD, Borger MA. Prevention and management of deep sternal wound infection. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 16: 62-9.
- [46] Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, Derose JJ Jr, Swistel DG. The impact of deep sternal wound infection on long-term survival after coronary artery bypass grafting. *Chest* 2005; 127: 464-71.
- [47] Risnes I, Abdelnoor M, Almdahl SM, Svennevig JL. Mediastinitis after coronary artery bypass grafting risk factors and long-term survival. *Ann Thorac Surg* 2010; 89: 1502-10.
- [48] Crabtree TD, Codd JE, Fraser VJ, Bailey MS, Olsen MA, Damiano RJ Jr. Multivariate analysis of risk factors for deep and superficial sternal infection after coronary artery bypass grafting at a tertiary care medical center. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2004 16:53-61.
- [49] Fowler VG Jr, O'Brien SM, Muhlbaier LH, Corey GR, Ferguson TB, Peterson ED. Clinical predictors of major infections after cardiac surgery. *Circulation*. 200;112(9 Suppl):I358-65.
- [50] Sjögren J, Malmsjö M, Gustafsson R, Ingemansson R. Poststernotomy mediastinitis: a review of conventional surgical treatments, vacuum-assisted closure therapy and presentation of the Lund University Hospital mediastinitis algorithm. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;30:898-905.
- [51] Matros E, Aranki SF, Bayer LR, et al. Reduction in incidence of deep sternal wound infections: random or real? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139: 680-5.
- [52] De Feo M, Vicchio M, Santè P, Cerasuolo F, Nappi G. Evolution in the treatment of mediastinitis: single-center experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2011;19:39-43.
- [53] Upton A, Roberts SA, Milsom P, Morris AJ. Staphylococcal post-sternotomy mediastinitis: five year audit. *ANZ J Surg*. 2005;75:198-203.
- [54] Sachithanandan A, Nanjiah P, Nightingale P, et al. Deep sternal wound infection requiring revision surgery: impact on mid-term survival following cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; 33: 673-8.
- [55] Pritisanac A, Gulbins H, Rosendahl U, Ennker J. Outcome of heart surgery procedures in octogenarians: is age really not an issue? *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2007;5,: 243– 250.
- [56] Prabhakar G, Haan CK, Peterson ED, Coombs LP, Cruzzavala JL, Murray CF. The risks of moderate and extreme obesity for coronary artery bypass grafting outcomes: A study from the Society of Thoracic Surgeons' database. *Ann Thorac Surg* 2002; 74:1125-31.
- [57] Furnary AP, Zerr KJ, Grunkemeier GL, Starr A. Continuous intravenous insulin infusion reduces the incidence of deep sternal wound infection in diabetic patients after cardiac surgical procedures. *Ann Thorac Surg* 1999;67:352-60.

- [58] Halkos ME, Puskas JD, Lattouf OM, et al. Elevated preoperative hemoglobin A1c level is predictive of adverse events after coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;136:631–40.
- [59] Nelson RM, Dries DJ. The economic implications of infection in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1986;42:240-2.
- [60] Serry C, Bleck PC, Javid H, et al. Sternal wound complications: management and results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;80:861-7.
- [61] Hazelrigg SR, Wellons HA, Schneider JA, Kolm P. Wound complications after median sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989;98:1096-9.
- [62] Cosgrove DM, Lytle BW, Loop FD, et al. Does bilateral internal mammary artery grafting increase surgical risk? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;95:859-6.
- [63] Kouchoukos NT, Wareing TH, Murphy SF, Pelate C, Marshall WG Jr. Risks of bilateral internal mammary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1990;49:210-9.
- [64] Seyfer AE, Shriver CD, Miller GM, Graeber GM. Sternal blood flow after median sternotomy and mobilization of the internal mammary arteries. *Surgery* 1988;104:899-904.
- [65] Arnold M. The surgical anatomy of sternal blood supply. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972;64:596-610.
- [66] Graeber GM. Harvesting of the internal mammary artery and the healing median sternotomy [Editorial]. *Ann Thorac Surg* 1992;53:7-8.
- [67] Wouters R, Wellens F, Vanermen H, Geest RD, Degrieck I, Meerleer FD. Sterinitis and mediastinitis after coronary artery bypass grafting. *Texas Heart Inst J* 1994;21:183-8.
- [68] Jayakrishnan AG, Allan A, Forsyth AT, Desai JB. Sternal wound infection and internal mammary artery grafts [Letter]. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993;106:181-2.
- [69] Nagachina T, Stephens M, Reitz B, Polk BF. Risk factors for surgical-wound infection following cardiac surgery. *J Infect Dis* 1987;156:967-73.
- [70] Ottino G, Paulis RD, Pansini S, et al. Major sternal wound infection after open heart surgery: a multivariate analysis of risk factors in 2,579 consecutive operative procedures. *Ann Thorac Surg* 1987;44:173-9.
- [71] He GW, Ryan WH, Acuff TE, et al. Risk factors for mortality and sternal wound infection in bilateral internal mammary grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:196-202.
- [72] E1 Oakley, RM, Wright, JE. Postoperative Mediastinitis: Classification and Management. *Ann Thorac Surg* 1996;61:1030-6
- [73] Molina E. Primary closure for infected dehiscence of the sternum. *Ann Thorac Surg* 1993;55:459-63.
- [74] Majure JA, Albin RE, O'Donnell RS, Arganese TJ. Reconstruction of the infected median sternotomy wound. *Ann Thorac Surg* 1986;42:9-12.
- [75] Lee AB, Schimert G, Shatkin S. Total excision of the sternum and thoracic pedicle transposition of the greater omentum; useful stratagems in managing severe mediastinal infection following open heart surgery. *Surgery* 1976;80:433-6.
- [76] Pairolero PC, Arnold PC. Management of recalcitrant median sternotomy wounds. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88: 357-64.
- [77] Kluge RM, Calla FM, McLaughlin JS, Hornick RB. Sources of contamination in open heart surgery. *JAMA* 1974;230:1415-8.
- [78] Gardlund B, Bitkover C, Vaage J. Postoperative mediastinitis in cardiac surgery microbiology and pathogenesis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21: 825-30.
- [79] San Juan R, Chaves F, López Gude MJ, Díaz-Pedroche C, Otero J, Cortina Romero JM, Rupilanchas JJ, Aguado JM. *Staphylococcus aureus* poststernotomy mediastinitis:

- description of two distinct acquisition pathways with different potential preventive approaches. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134:670-6.
- [80] Jakob HG, Borneff-Lipp M, Bach A et al. The endogenous pathway is a major route for deep sternal wound infection. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2000; 17: 154–160.
- [81] Kluytmans JA, Mouton JW, Ijzerman EP et al. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* as a major risk factor for wound infections after cardiac surgery. *The Journal of Infectious Diseases* 1995; 171: 216–219.
- [82] von Eiff C, Becker K, Machka K, Stammer H, Peters G. Nasal carriage as a source of *Staphylococcus aureus* bacteremia. Study Group. *N Engl J Med* 2001;344:11–16.
- [83] San Juan R, Aguado JM, López MJ, et al. Accuracy of blood culture for early diagnosis of mediastinitis in febrile patients after cardiac surgery. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2005 24:182-9.
- [84] Tegnell A, Aren C, Ohman L. Coagulase-negative staphylococci and sternal infections after cardiac operation. *Ann Thorac Surg* 2000; 69: 1104-9.
- [85] Mekontso Dessap A, Vivier E, Girou E, Brun-Buisson C, Kirsch M. Effect of time to onset on clinical features and prognosis of post-sternotomy mediastinitis. *Clin Microbiol Infect* 2011; 17: 292-9.
- [86] Jonkers D, Elenbaas T, Terporten P et al. Prevalence of 90 days postoperative wound infections after cardiac surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2003; 23: 97–102.
- [87] Mekontso-Dessap A, Kirsch M, Brun-Buisson C, Loisançe D. Poststernotomy mediastinitis due to *Staphylococcus aureus*: comparison of methicillin-resistant and methicillin-susceptible cases. *Clin Infect Dis.* 2001;32:877-83.
- [88] Lazar HL, Chipkin SR, Fitzgerald CA, Bao Y, Cabral H, Apstein CS. Tight glycemic control in diabetic coronary artery bypass graft patients improves perioperative outcomes and decreases recurrent ischemic events. *Circulation* 2004; 109: 1497-502.
- [89] Gandhi GY, Nuttall GA, Abel MD, Mullany CJ, Schaff HV, O'Brien PC, Johnson MG, Williams AR, Cutshall SM, Mundy LM, Rizza RA, McMahon MM. Intensive intraoperative insulin therapy versus conventional glucose management during cardiac surgery: a randomized trial. *Ann Intern Med.* 200;146:233-43.
- [90] Bratzler DW, Houck PM, Richards C, Steele L, et al. Use of antimicrobial prophylaxis for major surgery: baseline results from the National Surgical Infection Prevention Project. *Arch Surg.* 2005;140:174-82.
- [91] Finkelstein R, Rabino G, Mashiah T, et al. Vancomycin versus cefazolin prophylaxis for cardiac surgery in the setting of a high prevalence of methicillin-resistant staphylococcal infections. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2002; 123: 326–332.
- [92] Bolon MK, Morlote M, Weber SG et al. Glycopeptides are no more effective than beta-lactam agents for prevention of surgical site infection after cardiac surgery: a meta-analysis. *Clinical Infectious Diseases* 2004; 38: 1357–1363.
- [93] Friberg O, Svedjeholm R, Soderquist B, Granfeldt H, Vikerfors T, Kallman J. Local gentamicin reduces sternal wound infections after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Ann Thorac Surg* 2005;79:153–61.
- [94] Friberg O, Dahlin LG, Källman J, Kihlström E, Söderquist B, Svedjeholm R. Collagen-gentamicin implant for prevention of sternal wound infection; long-term follow-up of effectiveness. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2009;9:454-8.
- [95] Bennett-Guerrero E, Ferguson TB Jr, Lin M, Garg J, Mark DB, Scavo VA Jr et al. SWIPE-1 Trial Group. Effect of an implantable gentamicin–collagen sponge on sternal

- wound infections following cardiac surgery: a randomized trial. *J Am Med Assoc* 2010;304:755–62.
- [96] Mavros MN, Mitsikostas PK, Alexiou VG, Peppas G, Falagas ME. Gentamicin collagen sponges for the prevention of sternal wound infection: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144:1235-40.
- [97] Ko W, Lazenby WD, Zelano JA, Isom OW, Krieger KH. Effects of shaving methods and intraoperative irrigation on suppurative mediastinitis after bypass operations. *Ann Thorac Surg* 1992;53:301-5.
- [98] Kluytmans JA, Mouton JW, Ijzerman EP et al. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* as a major risk factor for wound infections after cardiac surgery. *The Journal of Infectious Diseases* 1995; 171: 216–219.
- [99] Kaiser AB, Kernodle DS, Barg NL et al. Influence of preoperative showers on staphylococcal skin colonization: a comparative trial of antiseptic skin cleansers. *Annals of Thoracic Surgery* 1988; 45: 35–38.
- [100] Perl TM, Golub JE. New approaches to reduce *Staphylococcus aureus* nosocomial infection rates: treating *S. aureus* nasal carriage. *Annals of Pharmacotherapy* 1998; 32: S7–16.
- [101] Cimochowski GE, Harostock MD, Brown R et al. Intranasal mupirocin reduces sternal wound infection after open heart surgery in diabetics and nondiabetics. *Annals of Thoracic Surgery* 2001; 71: 1572–1578.
- [102] Konvalinka A, Errett L, Fong IW. Impact of treating *Staphylococcus aureus* nasal carriers on wound infections in cardiac surgery. *J Hosp Infect*. 2006;64:162-8.
- [103] Shafir R, Weiss J, Herman O, Cohen N, Stern D, Igra Y. Faulty sternotomy and complications after median sternotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:310-3.
- [104] Robicsek F, Dougherty HK, Cook JW. The prevention and treatment of sternum separation following open-heart Surgery *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;73:267-8.
- [105] Nishida H, Grooters PK, Merkley DF, Thieman KC, Soltanzadeh H. Post-operative mediastinitis: a comparison of two electrocautery techniques on presternal soft tissues. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;99:969-76.
- [106] Nelson DR, Buxton TB, Luu QN, Rissing JP. The promotional effect of bone wax on experimental *Staphylococcus aureus* osteomyelitis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;99:977-80.
- [107] Saso S, James D, Vecht JA, Kidher E, Kokotsakis J, Malinovski V, Rao C, Darzi A, Anderson JR, Athanasiou T. Effect of skeletonization of the internal thoracic artery for coronary revascularization on the incidence of sternal wound infection. *Ann Thorac Surg* 2010 ;89:661-70.
- [108] Bennett-Guerrero E, Phillips-Bute B, Waweru PM, Gaca JG, Spann JC, Milano CA. Pilot study of sternal plating for primary closure of the sternum in cardiac surgical patients. *Innovations*. 2011;6:382-8.
- [109] Graf K, Sohr D, Haverich A, Kühn C, Gastmeier P, Chaberny IF. Decrease of deep sternal surgical site infection rates after cardiac surgery by a comprehensive infection control program. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009;9:282-6.
- [110] <http://www.kci1.com/KCI1/prevena>
- [111] Stannard JP, Atkins BZ, O'Malley D, Singh H, Bernstein B, Fahey M, Masden D, Attinger CE. Use of negative pressure therapy on closed surgical incisions: a case series. *Ostomy Wound Management* 2009;55:58–66.
- [112] Wackenfors A, Sjögren J, Gustafsson R, Algotsson L, Ingemansson R, Malmsjö M. Effects of vacuum-assisted closure therapy on inguinal wound edge microvascular blood flow. *Wound Repair Regen* 2004;12:600–6.

- [113] Colli A. First experience with a new negative pressure incision management system on surgical incisions after cardiac surgery in high risk patients. *Journal of Cardiothoracic Surgery* 2011;6:160.
- [114] Bor DH, Rose RM, Modlin JF, Weintraub RW, Friedland GH. Mediastinitis after cardiac surgery. *Rev Infect Dis* 1983;5:885-97.
- [115] Grossi EA, Culliford AT, Krieger KH, et al. A survey of 77 major infectious complications of median sternotomy: a review of 7,949 consecutive operative procedures. *Ann Thorac Surg* 1985;40:214-23.
- [116] Bryant LR, Spencer FC, Trinkle JK. Treatment of median sternotomy infection by mediastinal irrigation with an antibiotic solution. *Ann Surg* 1969;169:914-20.
- [117] Engelman RM, Williams CD, Cough TH, et al. Mediastinitis following open-heart surgery; review of two years' experience. *Arch Surg* 1973;107:772-8.
- [118] Wouters R, Wellens F, Vanermen H, Geest RD, Degrieck I, Meerleer FD. Sternititis and mediastinitis after coronary artery bypass grafting. *Texas Heart Inst J* 1994;21:183-8.
- [119] Hayward RH, Knight WL, Basiden CE, Reiter CG. Sternal dehiscence: early detection by radiology. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;108:616-9.
- [120] Ochsner JL, Mills NL, Woolverton WC. Disruption and infection of the median sternotomy incision. *J Cardiovasc Surg* 1972;13:39-49.
- [121] Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control* 2008;36:309-32
- [122] Sarr MG, Gott VL, Townsend TR. Mediastinal infection after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1984; 38:415.
- [123] Robicsek F. Postoperative Sterno-mediastinitis. *Am Surg* 2000;66:184-192
- [124] Shumacker HB, Mandelbaum I. Continuous antibiotic irrigation in the treatment of infection. *Arch Surg* 1963; 86:384
- [125] Merrill WH, Akhter SA, Wolf RK, Schneeberger EW, Flege JB Jr. Simplified treatment of postoperative mediastinitis. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:608-12
- [126] Poncelet AJ, Lengele B, Delaere B, et al. Algorithm for primary closure in sternal wound infection: a single institution 10-year experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33:232-8.
- [127] Kirsch M, Mekontso-Dessap A, Houël R, Giroud E, Hillion ML, Loisançe DY. Closed drainage using redon catheters for poststernotomy mediastinitis: results and risk factors for adverse outcome. *Ann Thorac Surg.* 2001;71:1580-6.
- [128] Levi N, Olsen PS. Primary closure of deep sternal wound infection following open heart surgery: a safe operation? *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2000 Apr;41(2):241-5.
- [129] Lee AB, Schimert G, Shaktin S, et al. Total excision of the sternum and thoracic pedicle transposition of the greater omentum; useful stratagems in managing severe mediastinal infection following open heart surgery. *Surgery* 1976; 80: 433-6.
- [130] Jurkiewicz MJ, Bostwick J, Hester TR, et al. Infected median sternotomy wound: successful treatment by muscle flaps. *Ann Surg* 1980; 191:738
- [131] Jones G, Jurkiewicz MJ, Bostwick, et al. Management of the infected median sternotomy wound with muscle flaps. *Ann Surg* 1997; 225: 766-78.
- [132] Brandt C, Alvarez JM. First-line treatment of deep sternal infection by a plastic surgical approach: superior results compared with conventional cardiac surgical orthodoxy. *Plast Reconstr Surg.* 2002;109:2231-7.
- [133] Milano CA, Georgiade G, Muhlbaier LH, Smith PK, Wolfe WG. Comparison of omental and pectoralis flaps for poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 377-81.

- [134] Scully HE, Leclerc Y, Martin RD, et al. Comparison between antibiotic irrigation and mobilization of pectoral muscle flaps in treatment of deep sternal infection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985;90:523-31.
- [135] Ringelman PR, Vander KC, Cameron D, Bumgartner WA, Manson PN. Long-term results of flap reconstruction in median sternotomy wound infection. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 1208-14.
- [136] Pairolero PC, Arnold PC. Management of recalcitrant median sternotomy wounds. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88:357-64.
- [137] Obdeijn MC, de Lange MY, Lichtendahl DH, de Boer WJ. Vacuum-assisted closure in the treatment of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 1999;68:2358-60.
- [138] Catarino PA, Chamberlain MH, Wright NC, Black E, Campbell K, Robson D, Pillai RG. High-pressure suction drainage via a polyurethane foam in the management of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1891-5.
- [139] Gustafsson RI, Sjögren J, Ingemansson R. Deep sternal wound infection: a sternal-sparing technique with vacuum-assisted closure therapy. *Ann Thorac Surg*. 2003;76:2048-53.
- [140] Fleck TM, Fleck M, Moidl R, et al. The vacuum-assisted closure system for the treatment of deep sternal wound infections after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002;74:1596-600.
- [141] Sjögren J, Gustafsson R, Nilsson J, Lindstedt S, Nozohoor S, Ingemansson R. Negative-pressure wound therapy following cardiac surgery: bleeding complications and 30-day mortality in 176 patients with deep sternal wound infection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011;12:117-20.
- [142] Fleck T, Moidl R, Giovanoli P, et al. A conclusion from the first 125 patients treated with the vacuum assisted closure system for postoperative sternal wound infection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2006;5:145-8.
- [143] Ennker IC, Malkoc A, Pietrowski D, Vogt PM, Ennker J, Albert A. The concept of negative pressure wound therapy (NPWT) after poststernotomy mediastinitis--a single center experience with 54 patients. *J Cardiothorac Surg*. 2009 Jan 12;4:5.
- [144] Šimek M, Kaláb M, Molitor M, et al.. Topical negative pressure in the treatment of deep sternal infection following cardiac surgery: 5-year results of first-line application protocol. *The EWMA Journal* 2011;11:38-41.
- [145] Berg HF, Brands WGB, Geldrop van TR, Kluytmans-VandenBergh MFQ, Kluytmans JAJW. Comparison between closed drainage techniques for the treatment of postoperative mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2000;70:924-929.
- [146] Doss M, Martens S, Wood JP, Wolff JD, Baier C, Moritz. Vacuum-assisted suction drainage versus conventional treatment in the management of poststernotomy osteomyelitis *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22:934-938.
- [147] Song DH, Wu LC, Lohman RF, Gottlieb LJ, Franczyk M. Vacuum-assisted closure for the treatment of sternal wounds: the bridge between debridement and definitive closure. *Plast Reconstr Surg* 2003;111:92-97.
- [148] Luckraz H, Murphy F, Bryant S, Charman S, Ritchie A. Vacuum-assisted closure as a treatment modality for infections after cardiac surgery *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:301-305.
- [149] Fuchs U, Zittermann A, Stuetten B, Groening A, Minami K, Koefler R. Clinical outcome of patients with deep sternal infection managed by vacuum-assisted closure compared to conventional therapy with open packing: A retrospective analysis. *Ann Thorac Surg* 2005;79:526-31.

- [150] Sjögren J, Gustafsson R, Nilsson J, Malmjö M, Ingemansson R. Clinical outcome after poststernotomy mediastinitis: vacuum-assisted closure versus conventional treatment. *Ann Thorac Surg.* 2005;79:2049-55.
- [151] Immer FF, Durrer M, Mühlemann ks, Erni D, Gahl B, Carrel TP. Deep sternal wound infection after cardiac surgery: modality of treatment and outcome. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:957-61.
- [152] Segers P, de Jong AP, Kloek JJ, de Mol BAJM. Poststernotomy mediastinitis: comparison of two treatment modalities. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2005;4:555-560.
- [153] Petzina R, Hoffmann J, Navasardyan A, et al. Negative pressure wound therapy for post-sternotomy mediastinitis reduces mortality rate and sternal re-infection rate compared to conventional treatment. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;38:110-3.
- [154] Simek M, Hajek R, Fluger I, et al. Superiority of topical negative pressure over closed irrigation therapy of deep sternal wound infection in cardiac surgery. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2012;53:113-20.
- [155] De Feo M, Della Corte A, Vicchio M, Pirozzi F, Nappi G, Cotrufo M. Is post-sternotomy mediastinitis still devastating after the advent of negative-pressure wound therapy? *Tex Heart Inst J* 2011; 38: 375-80.
- [156] Assmann A, Boeken U, Feindt P, Schurr P, Akhyari P, Lichtenberg A. Vacuum-assisted wound closure is superior to primary rewiring in patients with deep sternal woundinfection. *Thorac Cardiovasc Surg* 2011;59:25-9.
- [157] Vos RJ, Yilmaz A, Sonker U, Kelder JC, Kloppenburg GT. Vacuum-assisted closure of post-sternotomy mediastinitis as compared to open packing. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14:17-21.
- [158] Deniz H, Gokaslan G, Arslanoglu Y, Ozcaliskan O, Guzel G, Yasim A, Ustunsoy H. Treatment outcomes of postoperative mediastinitis in cardiac surgery; negative pressure wound therapy versus conventional treatment. *J Cardiothorac Surg* 2012;7:67.
- [159] Fleck T, Fleck M. Negative pressure wound therapy for the treatment of sternal wound infections after cardiac surgery. *Int Wound J* 2012;.doi: 10.1111/j.1742-481X.2012.01079.x. [Epub ahead of print]
- [160] Raja SG, Berg GA. Should vacuum-assisted closure therapy be routinely used for management of deep sternal wound infection after cardiac surgery? *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2007;6 523-527.
- [161] Schimmer C, Sommer SP, Bensch M, Elert O, Leyh R. Management of poststernotomy mediastinitis: experience and results of different therapy modalities. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;56:200-4.
- [162] Damiani G, Pinnarelli L, Sommella L, Tocco MP, Marvulli M, Magrini P, Ricciardi W. Vacuum-assisted closure therapy for patients with infected sternal wounds: a meta-analysis of current evidence. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64:1119-23.
- [163] De Feo M, Vicchio M, Nappi G, Cotrufo M. Role of vacuum in methicillin-resistant deep sternal wound infection. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2010;18:360-3.
- [164] Al-Ebrahim KE. Sternocutaneous fistulas after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2010;89:1705-6.
- [165] Gaudreau G, Costache V, Houde C, Cloutier D, Montalin L, Voisine P, Baillot R. Recurrent sternal infection following treatment with negative pressure wound therapy and titanium transverse plate fixation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;37:888–92.
- [166] bu-Omar Y, Naik MJ, Catarino PA, Ratnatunga C. Right ventricular rupture during use of high-pressure suction drainage in the management of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:974.

- [167] Bapat V, El-Muttardi N, Young C, Venn G, Roxburgh J. Experience with Vacuum-assisted closure of sternal wound infections following cardiac surgery and evaluation of chronic complications associated with its use. *J Card Surg*. 2008;23:227–33.
- [168] van Wingerden JJ, Segers P, Jekel L. Major bleeding during negative pressure wound/V.A.C.[®]--therapy for postsurgical deep sternal wound infection--a critical appraisal. *J Cardiothorac Surg*. 201;6:121.
- [169] Hayward RH, Korompai FL, Knight WL. The open sternotomy wound and risk of acute hemorrhage. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992;103:1228-30.
- [170] Khoynezhad A, Abbas G, Palazzo RS, Graver LM. Spontaneous right ventricular disruption following treatment of sternal infection. *J Card Surg* 2004;19:74-8.
- [171] Niclauss L, Delay D, Stumpe F. Right ventricular rupture due to recurrent mediastinal infection with a closed chest. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010;10:470-2.
- [172] Petzina R, Malmsjö M, Stamm C, Hetzer R. Major complications during negative pressure wound therapy in poststernotomy mediastinitis after cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*.2010;140:1133–6.
- [173] Voss B, Bauernschmitt R, Will A, et al. Sternal reconstruction with titanium plates in complicated sternal dehiscence. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34: 139–145.
- [174] Gaudreau G, Costache V, Houde C, Cloutier D, Montalin L, Voisine P, Baillot R. Recurrent sternal infection following treatment with negative pressure wound therapy and titanium transverse plate fixation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37:888–92.
- [175] Baillot R, Cloutier D, Montalin L, et al. Impact of deep sternal wound infection management with vacuum-assisted closure therapy followed by sternal osteosynthesis: a 15-year review of 23,499 sternotomies. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010; 37: 880-7.
- [176] Nahabedian MY, Riley LH, Greene PS, Yang SC, Van der Kolk CA. Sternal stabilization using allograft fibula following cardiac transplantation. *Plastic Reconstr Surg* 2001;108:1284–8.
- [177] Chai Y, Zhang G, Shen G. Autogenous rib grafts for reconstruction of sternal defects after partial resection: a new surgical technique. *Plast ReconstrSurg* 2008;121:353–5.
- [178] De Feo M, Carozza A, DellaCorte A, Quarto C, Torella M, De Santo LS et al. Achilles tendo for sternal synthesis in the treatment of mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2005;79:359–60.
- [179] Rocco G. Overview on current and future materials for chest wall reconstruction. *Thorac Surg Clin* 2010;20:559–62.
- [180] Demondion P, Mercier O, Kolb F, Fadel E. Sternal replacement with a custom-made titanium plate after resection of a solitary breast cancer metastasis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014 Jan;18(1):145-7. doi: 10.1093/icvts/ivt456.
- [181] Marulli G, Hamad AM, Cogliati E, Breda C, Zuin A, Rea F. Allograft sternochondral replacement after resection of large sternal chondrosarcoma. *J ThoracCardiovascSurg* 2010;139:e69–70.
- [182] Stella F, Dell'Amore A, Dolci G, Cassanelli N, Caroli G, Zamagni C et al. Allogenic sternal transplant after sternectomy for metastasis of ovarian carcinoma. *Ann Thorac Surg* 2012;93:e 71–2.
- [183] Dell'Amore A, Dolci G, Cassanelli N, Bini A, Stella F. A massive post-sternotomy sternal defect treated by allograft sternal transplantation. *J Card Surg* 2012;27:557-9.
- [184] Kalab M, Molitor M, Kubsova B, Lonsky V. Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012 Jun;41(6):e182-4.

- [185] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Šantavý P. Successful three-year outcome in a patient with allogeneic sternal bone graft in the treatment of massive post-sternotomy defects. *Int J Surg Case Rep.* 2015; 7C:6-9.doi: 10.1016/j.ijscr.2014.12.027. Epub 2014 Dec 24.
- [186] Kalab M, Karkoska J, Kaminek M, Matejkova E, Lonsky V. Cryopreserved sternum in life saving use (transplantation of an allogeneic bone graft in the treatment of severe post-sternotomy massive bone loss defects after cardiosurgery). *Cryobiology* Dec 2015 71(3):544 DOI: 10.1016/j.cryobiol.2015.10.030
- [187] Kalab M, Karkoska J, Kaminek M, Matejkova E, Slamenikova Z, Klvacek A, Santavy P. Reconstruction of massive post-sternotomy defects with allogeneic bone graft: four-year results and experience using the method. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*2015;doi:10.1093/icvts/ivv322
- [188] European Association of Tissue Banks. General Standards for Tissue Banking. ÖBIG-Transplant, Vienna, 1995.
- [189] Collection of Laws of The Czech Republic. Act No. 296/2008 Collegium on Human Tissues and Cells. Prague, 2008.
- [190] Salgado CJ, Mardini S, Mamali AA, Ortiz J, Gonzales R, Chen HC. Muscle versus nonmuscle flaps in the reconstructon of chronic osteomyelitis defects. *Plast Reconstr Surg*, 2006;118:1401-1411
- [191] Yazar S, Lin YT, Ulusal AE, Wei FC. Outcome comparison between free muscle and free fasciocutaneous flaps for reconstruction of distal third and ankle traumatic opetn tibial fractures. *Plast Reconstr Surg*, 2006;117:2468-2475
- [192] Serafin D. The Pectoralis Major Muscle Flap. In Serafin D. *Atlas of Microsurgical Composite Tissue Tranplantation*. W.B.Saunders company, London, 1996:161-174.
- [193] Netscher DT, Eladoumikdachi F, McHugh PM, Thornby J, Soltero E. Sternal wound debridement and muscle flap reconstruction: functional implications. *Annals of Plast Surg* 2003;51:115-122.
- [194] Cohen M, Yaniv Y, Weiss J, Greif J, Gur E, Wertheym E, Shafir R. Median sternotomy wound complication: the effect of reconstruction on lung function. *Annals Plast Surg* 1997;39:36-43.
- [195] Arnold PG, Pairolero PC. Chest-wall reconstruction. An account of 500 consecutive patients. *Plast Reconstr Surg* 1996;98:804-810.
- [196] Skoracki RJ, Chang DW. Reconstruction of the chestwall and thorax. *J Surg Oncol* 2006;94:455-465
- [197] Perkins DJ, Hunt JA, Pennington DG, Stern HS. Secondary sternal repair following median sternotomy using interosseous absorbable sutures and pectoralis major myocutaneous advancement flaps. *British J Plast Surg* 1996;49:214-219.
- [198] Brito JD, Assumpcao CR, Murad H, Jazbik AP, Sa MPL, Bastos ES, Giamboni Filho R, Silva RS. One-stage management of infected sternotomy wounds using bilateral pectoralis major myocutaneous advancement flap. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009;24:58-63.
- [199] Ascherman JA, Patel SM, Malhotra SM, Smith CR. Management of sternla wounds with bilateral pectoralis major myocutaneous advancement flaps in 114 consecutively treated patients: refinements in technique and outcomes analysis. *Plast Reconstr Surg* 2004;114:676-83.
- [200] Hugo NE, Sultan MR, Ascherman JA, Patsis MC, Smith CR, Rose EA. Single-stage management of 74 consecutive sternla wound complications with pectoralis major myocutaneous advancement flaps. *Plast Reconstr Surg* 1994;93: 1433-1441.
- [201] Brutus JP, Nikolis A, Perreault I, Harris PG. The unilateralpectoralis major island flap, an efficient and straightforward procedure for reconstruction of full length sternal defects after postoperative mediastinal wound infection. *Brit J Plast Surg* 2004;57: 803-805.

- [202] Majure JA, Albin RE, O'Donnell RS, Arganese TJ. Reconstruction of the infected median sternotomy wound. *Ann Thorac Surg* 1986;42:9-12.
- [203] Molitor M, Simek M, Lonský V, Kaláb M, Veselý J, Zálešák B. Pectoral muscle flap with v-y skin paddle for covering sternal defects. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:e131-3.
- [204] Acinapura AJ, Godfrey N, Romita M, Cunningham J, Adams PX, Jacobowitz IS, Rose DM, Nealon T. Surgical management of infected median sternotomy: Closed irrigation vs muscle flaps. *J Cardiovasc. Surg* 1985;26:443-446.
- [205] Ford TD. Rectus abdominis myocutaneous flap used to close a median sternotomy chest defect. *S Afr Med J* 1985;68:115-116.
- [206] Solomon MP, Granick MS. Bipedicle muscle flaps in sternal wound repair. *Plast Reconstr Surg*. 1998;101:356-6.
- [207] Laitung JKG, Peck F. Shoulder function following the loss of the latissimus dorsi muscle. *British J Plast Surg* 1985;38:375-379.
- [208] Dejesus RA, Paletta JD, Dabb RW. Reconstruction of the median sternotomy wound dehiscence using the latissimus dorsi myocutaneous flap. *J Cardiovasc Surg* 2001;42:359-564.
- [209] Fansa H, Handstein S, Schneider W. Treatment of infected median sternotomy wounds with a myocutaneous latissimus dorsi muscle flap. *Scand Cardiovasc J* 1998;32:33-39.
- [210] Roshan A, Kotwal A, Riaz M, Stanley PRW. Sternal wound dehiscence complicated by macromastia: report of two cases with discussion of literature. *J Plast Reconstr Aesth Surg* 2009;62:e362-e364.
- [211] Copeland M, Senkowski C, Ergin A et al. Macromastia as a factor in sternal wound dehiscence following cardiac surgery: management combining chest wall reconstruction and reduction mammoplasty. *J Card Surg* 1992;7:275-278.
- [212] Fontaine S, Devos S, Goldschmidt D. Reduction mammoplasty combined with pectoralis major muscle flaps for median sternotomy wound closure. *Br J Plast Surg* 1996;49:220-222.
- [213] Hughes KC, Henry MJ, Turner J, Manders EK. Design of the cyclops flap for chest-wall reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1997;100:1146-51.
- [214] Aydin A, Güven E, Keklik B, Basaran K, Özkan B. Reconstruction of the Chest Wall Defects with Mammary Dermoglandular Advancement Flaps in Female Complicated Cases. *Trakya Univ Tip Fak Derg* 2009;26:130-133.
- [215] Yasuura K, Okamoto H, Morita S, Ogawa Y, Sawazaki M, Seki A, Masumoto H, Matsuura A, Maseki T, Torii S. Results of omental flap transposition for deep sternal wound infection after cardiovascular surgery. *Annals of Surg* 1998;227:455-459.
- [216] Pearl SN, Dibbell DG. Reconstruction after median sternotomy infection. *Surg Gynecol Obstet* 1984;159:47-52.
- [217] Colen LB, Huntsman WT, Morain WD. The integrated approach to suppurative mediastinitis: rewiring the sternum over transposed omentum. *Plast Reconstr Surg* 1989;84:936-943.
- [218] Acarturk TO, Swartz WM, Luketich J et al. Laparoscopically harvested omental flap for chest wall and intrathoracic reconstruction. *Ann Plast Surg* 2004;53:210-216.
- [219] Barragan BA, Hallodorsson AO, Wachtel MS, Frezza EE. Laparoscopic greater omentum harvesting with split-thickness skin grafting for sternal wound dehiscence. *The American Surgeon* 2006;72:829-832.
- [220] Reichenberger MA, Harenberg PS, Pelzer M, Gazyakan E, Ryssel G, Hermann G, Engel H. Arteriovenous loops in microsurgical free tissue transfer in reconstruction of central sternal defects. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;140:1283-1287.

- [221] Engel H, Pelzer M, Sauerbier M, Hermann G, Heitmann C. An innovative treatment concept for free flap reconstruction of complex central chest wall defects – the cephalic – thoraco-acromial (CTA) loop. *Microsurgery* 2007;27:481-486.
- [222] Williams DF, McNamara A, Turner RM. Potential of polyetheretherketone (PEEK) and carbon-fibre-reinforced PEEK in medical applications. *J.Mater.Sci.Lett.*1987;6(2):188-190
- [223] Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic and spinal implants. *Biomaterials* 2007;28 (32):4845-4869
- [224] Lequaglie C, Giudice G, Marasco RD. Sternal Stabilization After traumaand/or Surgery: ZipFix System Versus Standard Techniques. *Chest* 2012;142 (Meeting Abstracts):68A
- [225] Petzina R, Hoffman G, Kim Y, et al. ZipFix sterna closure system – single centre experience in 20 patients and how to use it. *Thorac Cardiovas. Surg.*2012;60 (S01)
- [226] Klotz S, Putman L, Sievers H. Easy and fast sterna closure system for severe adipositas. *Thorac. Cardiovasc.Surg.* 2013;61 (S01)

9 Publikační a přednášková činnost autora

A. Publikace v zahraničním impaktovaném časopise

První autor:

- [1] Kalab M, Karkoska J, Kamínek M, Matejkova E, Slamenikova Z, Klvacek A, Santavy P. Reconstruction of massive post-sternotomy defects with allogeneic bone graft: four-year results and experience using the method. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016 Mar;22(3):305-13. doi: 10.1093/icvts/ivv322. Epub 2015 Nov 29. IF 1,5
- [2] Kalab M, Karkoska J, Kamínek M, Matejkova E, Lonsky V. Cryopreserved sternum in life saving use (transplantation of an allogeneic bone graft in the treatment of severe post-sternotomy massive bone loss defects after cardiosurgery). *CRYOBIOLOGY* 71(3):544-DECEMBER 2015 DOI: 10.1016/j.cryobiol.2015.10.030. IF: 1.59
- [3] Kalab M, Karkoska J, Kamínek M, Matejkova E, Lonsky V. Transplantation of an allogeneic bone graft in treatment of post-sternotomy massive bone loss defects *Journal of Cardiothoracic Surgery* 10(SUPPL 1):A130-DECEMBER 2015 DOI: 10.1186/1749-8090-10-S1-A130 IF 1.03
- [4] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Šantavý P. Successful three-year outcome in a patient with allogeneous sternal bone graft in the treatment of massive post-sternotomy defects. *Int J Surg Case Rep*. 2015; 7C:6-9. doi: 10.1016/j.ijscr.2014.12.027. Epub 2014 Dec 24. IF 0,577
- [5] Kalab M, Kubesova B, Lonsky V. Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects, *Journal of Cardiothoracic Surgery* 2013, 8(Suppl 1):P70, doi:10.1186/1749-8090-8-S1-P70, IF 0.9
- [6] Kalab M, Molitor M, Kubesova B, Lonsky V. Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects, *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012; doi: 10.1093/ejcts/ezs077. IF 3,508

Druhý a další autor:

- [1] Molitor M, Simek M, Lonsky M, Kaláb M, Veselý J, Zalesak B. Pectoral Muscle Flap with V-Y Skin Paddle for Covering Sternal Defects. *Ann Thorac Surg* 2012;94:e131-3., ISSN:0003-4975v1a IF 3,503
- [2] Simek M, Nemeč P, Zalesak B, Kalab M et al. Negative pressure therapy as a treatment modality for surgical site infection in cardiac surgery. *Acta Chir Belg* 2007;vol.107, p.653-657 IF 0,3

B. Článek v českém recenzovaném časopise

První autor:

- [1] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Šantavý P. Transplantace allogenního kostního štěpu v léčbě rozsáhlých post-sternotomických defektů – 6 let zkušeností s metodou Rozhl Chir 2016;95:399–406
- [2] Kaláb M. Přehled možností pooperační lokální hemostázy. *Hojení ran*, 2012, vol. 2, no. 6., p. 3-10

- [3] Kaláb M, Fedorco M, Bruk V, Táborský M, Lonský V. Kompletně kardiochirurgická implantace biventrikulárního defibrilátoru – mezioborová spolupráce kardiochirurga a arytmologa. *Cor et Vasa*, 2011;53(6–7)
- [4] Kaláb M, Molitor M, Lonský V et al. Rekonstrukce komplikované sternální dehiscence transverzálními titanovými AO dlahami se spongioplastikou. *Cor Vasa* 2010;vol.52, p.314 -317.
- [5] Kaláb M, Bruk V, Maderová K et al. AO osteosyntéza hrudní stěny jako možnost řešení mechanické dehiscence sternu, 2008, *Hojení ran*, vol.2, no.3, p.4-10

Druhý a další autor:

- [1] Šimek M, Kalab M, Grulichova J et al. Primární aplikace lokálního podtlaku v léčbě hluboké sternální infekce v kardiochirurgii. Pětileté výsledky jednotného protokolu. *Hojení ran* 2010; No. 4, p. 4-10
- [2] Šimek M, Kalab M, Hajek R et al. Vacuum-assisted closure v léčbě sternálních infekcí po kardiochirurgických výkonech. Nastal čas na změnu přístupu kardiochirurga? *Hojení ran* 2007; no.1, p.4-11
- [3] Šimek M, Nemeč P, Zalesak B, Kalab M et. al. Podtlaková terapie (vacuum-assisted closure) v léčbě ranných infekčních komplikací po kardiochirurgických výkonech. *Rozhl Chir* 2007;vol.86, p. 404-409

C. Kapitoly v monografii

- [1] Martin Šimek, Martin Molitor, Martin Kaláb, Patrick Tobbia and Vladimír Lonský, Current Challenges in the Treatment of Deep Sternal Wound Infection Following Cardiac Surgery, Chapter 27, *Artery Bypass* Edited by Wilbert S. Aronow, ISBN 978-953-51-1025-5, Publisher: InTech, Published: March 13, 2013 under CC BY 3.0 license
- [2] Kalab M, Lonský V a Steriovský A et al.: Využití přípravku Tachosil v neurochirurgii, hrudní a břišní chirurgii; kap. Zástava krvácení po kardiochirurgické reoperaci; str. 105-107. 2009 *Medical Tribune CZ*, Praha ISBN-978-80-87135-13-6
- [3] Miroslav Orel, Věra Facová a kolektiv, *Člověk, jeho mozek a svět*, 2009, Grada, Praha ISBN 978-80-247-2617-5, Kapitola 2 Jak jsme to viděli kdysi a jak to vidíme dnes (Martin Kaláb)
- [4] Miroslav Orel, Věra Facová a kolektiv, *Člověk, jeho smysly a svět*, 2010, Grada, Praha ISBN: 978-80-247-7306-3, Kapitola 3 Jak jsme to viděli kdysi a jak to vidíme dnes (Martin Kaláb)
- [5] Miroslav Orel a kolektiv, *Psychopatologie*, 2012, Grada, Praha 978-80-247-3737-9, Kapitoly 10.4.6 Smutek v běhu staletí (Martin Kaláb), 11. Terapie v psychiatrii (Miroslav Orel, Martin Kaláb, Věra Facová), 11.1 Biologicky zaměřená léčba v psychiatrii (Miroslav Orel, Martin Kaláb) a 11.1.2 Nefarmakologická biologická léčba (Miroslav Orel, Martin Kaláb)

E. Monografie

- [1] Martin Kaláb a kolektiv autorů: *Perioperační péče o pacienta v kardiochirurgii* nakl.: NCO NZO Brno, 1. vyd., 2013, 244 str., ISBN-13: 978-80-7013-557-0

- [2] Kaláb M, Orel M. Základy anatomie a fyziologie pro studenty psychologie, I. díl, 2009, Vydavatelství UP Olomouc ISBN 978-80-244-2225-1
- [3] Kaláb M, Orel M. Základy anatomie a fyziologie pro studenty psychologie, II. díl, 2009, Vydavatelství UP Olomouc ISBN 978-80-244-2226-8
- [4] Kaláb M, Orel M. Základy anatomie a fyziologie pro studenty psychologie, III. díl, 2009, Vydavatelství UP Olomouc ISBN 978-80-244-2363-0

F. Přednášky

- [1] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Lonský V, Šantavý P. Use of an allogeneic bone tissue in the treatment of severe post-sternotomy massive bone loss defects – 6 year-experience. 30th EACT Annual Meeting. Barcelona, Spain, 1-5 October 2016
- [2] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Matějková E, Šantavý P. Transplantation of an allogeneic bone graft in treatment of post-sternotomy massive bone loss defects. 25th World Congress of the World Society of Cardio-Thoracic Surgeons, Edinburgh, Great Britain, 19-22 September 2015.
- [3] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Lonský V. Transplantace alogenního štěpu sternu – nová metoda léčby rozsáhlých post-sternotomických defektů hrudní stěny. V. Česko-Slovenský transplantační kongres, Olomouc, 4. - 6. října 2014.
- [4] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Lonský V. Výsledky tříletého sledování prvních pacientů po transplantaci alogenního štěpu sternu při řešení post-sternotomického defektu hrudní stěny. VI. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie, Brno, 9. - 11. 11. 2014
- [5] Kaláb M, Karkoška J, Kamínek M, Matějková E, Lonský V. Cryopreserved Sternum in Life Saving Use (Transplantation of an allogeneic bone graft in the treatment of severe post-sternotomy massive bone loss defects after cardio surgery. Cryo 2015, 52nd Annual Meeting of the Society for Cryobiology, Ostrava, July 26. – 29., 2015
- [6] Martin Kaláb. Transplantation of allogenic sternal bone graft for closure of post-sternotomy chest wall defects – results of four years of successful interdisciplinary collaboration. International Regenerative Medicine Conference, Brno, Czech Republic, April 9-10, 2014.
- [7] Martin Kaláb; Milan Kamínek, Barbara Kubešová; Vladimír Lonský. Transplantace alogenního kostního štěpu sternu při řešení rozsáhlých post-sternotomických defektů hrudní stěny. V. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie ČLS JEP, Brno 2012
- [8] Martin Kaláb. Transplantace kostního štěpu – nová možnost řešení rozsáhlých poststernotomických defektů. Luklův kardiologický den, Olomouc, 2012
- [9] Kaláb M., Šimek M., Zelená A., Slaměnková Z., Lonský V. AO osteosyntéza hrudní stěny - nová perspektiva řešení komplikovaných dehiscencí sternotomie po kardiochirurgickém výkonu. Teplice nad Bečvou, 2011
- [10] Kaláb M, Molitor M, Kubešová B, Lonský V. Rekonstrukce rozsáhlého defektu hrudní stěny s využitím alogenního kostního transplantátu, AO osteosyntézy a posunu pektorálního laloku Bioimplantologie 2011, Brno 2011
- [11] M. Kaláb, Z. Slaměnková, V. Bruk, V. Lonský, Nové metody řešení komplikací hojení sternotomie aneb je levné skutečně vždy levné? IV. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie ČLS JEP, České Budějovice 2010
- [12] M. Kaláb. Stručný přehled možností lokální hemostázy, IV. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie ČLS JEP, České Budějovice 2010

G. Postery

- [1] Kalab M, Molitor M, Kubesova B, Lonsky V. Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects, 23rd World Congress of the World Society of Cardio-Thoracic Surgeons, Split, Croatia, 12-15 September 2013.
- [2] Kalab M, Karkoska J, Matejkova E, Lonský V. Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects. 22nd Annual Congress of the European Association of Tissue Banks, Brussels, Belgium, November 20-22, 2013.
- [3] Kalab M, Kubesova B, Lonsky V Use of allogeneous bone graft and osteosynthetic stabilization in treatment of massive post-sternotomy defects. 4th Joint Scandinavian Conference in Cardiothoracic Surgery, 16-18 August 2012, Vilnius, Lithuania, Abstract Book page 76, ISBN 978-609-95399-1-1
- [4] Kaláb M; Molitor M, Kubešová M; Lonský V. Transplantace allogenního štěpu kalvy při řešení masivního post.sternotomického defektu hrudní stěny. V. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie ČLS JEP, Brno 2012
- [5] Kaláb M, Molitor M, Lonský, Novotný J. AO ostoesyntéza hrudní stěny transverzálními titanovými dlahami s náhradou defektu sternu spongioplastikou, IV. sjezd České společnosti kardiovaskulární chirurgie ČLS JEP, České Budějovice 2010

H. Ocenění ve vědeckých soutěžích

- [1] Discovery Award 2012 – inovativní počín v oblasti biomedicíny, 2. místo.

10 Seznam obrazových příloh

Obrázek 1.	Sternální pásky ZipFix s dotahovacím aplikátorem (archív autora).....	19
Obrázek 2.	Sada pro AO osteosyntézu hrudní stěny (De-Puy Synthes, Johnson&Johnson, USA; archív autora)	36
Obrázek 3.	Allogenní štěp sterny připravený k transplantaci (archív autora).....	40
Obrázek 4.	A. Ztrátový defekt sterny a přilehlých žeber. B. Allogenní kostní štěp sterny, štěpy kondylů femuru k přípravě drcené kostní spongiózy. C. Stabilizace hrudní stěny AO osteosyntézou a štěpem sterny. D. aplikace drcené kostní spongiózy do linií kontaktů a reziduálních defektů (archív autora)	41
Obrázek 5.	A. Příprava pravostranného laloku m.pectoralis major k V-Y posunu, B. Stav po uzávěru defektu měkkých tkání pektorálním lalokem (se souhlasem, archív MUDr. Martina Molitora, Ph.D.).....	45
Obrázek 6.	Rekonstrukce defektu měkkých tkání pomocí VRAM laloku. A.B. Příprava laloku. C. Přesun laloku do místa uzávěru. D. Stav po uzávěru všech defektů měkkých tkání (se souhlasem, archív MUDr. Martina Molitora, Ph.D.).....	48
Obrázek 7.	Umístění sternálních pásek a aproximace sterny (archív autora).....	52
Obrázek 8	A. Rekonstrukce hrudní stěny pomocí štěpu calvy. B. CT zobrazení 2 měsíce po operaci	77
Obrázek 9	Rekonstrukce defektu hrudní stěny pomocí drcené kostní spongiózy (archív autora)	78
Obrázek 10	Planární celotělová scintigrafie skeletu a SPECT/CT vyšetření hrudní stěny 2 a 18 měsíců od rekonstrukce s redukcí osteopenického defektu štěpu o 42 % (archív Kliniky nukleární medicíny LF UP a FN Olomouc).....	80
Obrázek 11	Rekonstrukce hrudní stěny štěpem sterny a SPECT/CT zobrazení 16 měsíců po rekonstrukci (archív autora a Kliniky nukleární medicíny LF UP a FN Olomouc).....	81
Obrázek 12	Rekonstrukce hrudní stěny štěpem sterny - pitevní nález 36 dnů po operaci (archív autora).....	84
Obrázek 13	Rekonstrukce hrudní stěny kostním štěpem sterny, stav po aplikaci epidermálního štěpu (archív autora)	85

11 Seznam tabulek

Tabulka 1	Srovnání předoperačních parametrů souborů Cerkláž a ZipFix	54
Tabulka 2	Srovnání peri a pooperačních parametrů souborů Cerkláž a ZipFix	54
Tabulka 3	Výskyt ranných komplikací sternotomie komplikací celkem	55
Tabulka 4	Výskyt ranných komplikací sternotomie u mužů a u žen	56
Tabulka 5	Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s DM	56
Tabulka 6	Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s BMI ≥ 30	56
Tabulka 7	Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s CHOPN	56
Tabulka 8	Výskyt ranných komplikací sternotomie u kuřáků	56
Tabulka 9	Výskyt ranných komplikací sternotomie u pacientů s CHRI	57
Tabulka 10	Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci BMI ≥ 30 + DM	57
Tabulka 11	Výskyt ranných komplikací sternotomie v kombinaci CHOPN + kouření	57
Tabulka 14	Predikce výskytu ranných komplikací v souboru ZipFix	58
Tabulka 15	Predikce výskytu ranných komplikací v souboru Cerkláž	58
Tabulka 16	Predikce výskytu komplikací v souborech Cerkláž a ZipFix	59
Tabulka 17	Srovnání vstupních parametrů souborů AO celkem a Re-cerkláž celkem	64
Tabulka 18	Srovnání souborů AO/NPWT, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž	65
Tabulka 19	Srovnání vstupních parametrů souborů AO/allograft a Re-cerkláž/defekt	66
Tabulka 20	Srovnání vstupních parametrů souborů AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž	67
Tabulka 21	Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/celkem a Re-cerkláž/celkem ..	69
Tabulka 22	Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/NPWT, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž	70
Tabulka 23	Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/allograft Re-cerkláž/defekt/celkem	72
Tabulka 24	Srovnání výsledků hojení rány v souborech AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž	73
Tabulka 25	Zastoupení variant lalokových plastik v hodnocených souborech	75
Tabulka 26	Zastoupení variant allogenního kostního štěpu	78
Tabulka 27	Přehled komplikací AO osteosyntézy	82

12 Seznam grafů

Graf 1. Srovnání vybraných parametrů AO osteosyntéza, Re-cerkláž/NPWT a Re-cerkláž/drenáž.....	71
Graf 2. Srovnání vybraných parametrů AO/allograft, Re-cerkláž/defekt/NPWT a Re-cerkláž/defekt/drenáž.....	74
Graf 3. Četnost lalokových plastik ve sledovaných souborech – souhrn (%).....	75
Graf 4. Zastoupení infekčních agens ve skupině AO/NPWT (%).....	76
Graf 5. Zastoupení infekčních agens ve skupině Re-cerkláž celkem (%).....	76
Graf 6. Přežívání pacientů po transplantaci allogenního kostního štěpu (n= 17)	79
Graf 7. Jiné komplikace AO osteosyntézy přední hrudní stěny (n=23)	82

13 Seznam použitých zkratek

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (<i>něm.</i>)
BIMA	bilateral internal mammary artery (<i>angl.</i>)
BMI	body mass index (<i>angl.</i>)
CABG	coronary artery bypass grafting (<i>angl.</i>)
CDC	Center for Disease Control (and Prevention) (<i>angl.</i>)
CRP	C-reaktivní protein
CT	Computer Tomography (<i>angl.</i>)
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
CHRI	chronická renální insuficience
CONS	koaguláza negativní stafylokok
DM	diabetes mellitus
DSWI	deep sternal wound infection (<i>angl.</i>)
ECC	extra corporal circulation (<i>angl.</i>)
FN	Fakultní nemocnice
HPH	hluboká porucha hojení
IMA	internal mammary artery (<i>angl.</i>)
i.v.	intra-venózní
JIP	jednotka intenzivní péče
LIMA	left internal mammary artery (<i>angl.</i>)
LF UP	Lékařská fakulta Univerzity Palackého
MKP	metoda konečných prvků
MODS	multiple organ dysfunction syndrome (<i>angl.</i>)
MRI	Magnetic Resonance Imaging (<i>angl.</i>)
MRSA	methicilin rezistentní stafylokok
NPWT	negative pressure wound therapy (<i>angl.</i>)
NSTEMI	non-ST Elevation Myocardial Infarction (<i>angl.</i>)
PPH	povrchová porucha hojení
RIMA	right internal mammary artery (<i>angl.</i>)
RF	rizikový faktor
RTG	rentgen
SA	Staphylococcus aureus
SPECT	Single-Photon Emission Computed Tomography (<i>angl.</i>)
TRAM	transverse rectus abdominis flap (<i>angl.</i>)
UPV	umělá plicní ventilace
USP	United States Pharmacopoeia (<i>angl.</i>)
VRAM	vertical rectus abdominis flap (<i>angl.</i>)