

# Czynniki ryzyka zakażenia miejsca operowanego po zabiegach kardiologicznych

## Risk factors for Surgical Site Infection after cardiac surgery

Marina Milona <sup>1/</sup>, Hubert Rola <sup>1/</sup>, Marta Milona <sup>2/</sup>

<sup>1/</sup> Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Higieny i Epidemiologii Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>2/</sup> Zakład Higieny i Epidemiologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny

**Streszczenie.** Pacjenci poddawani zabiegom kardiologicznym są szczególnie narażeni na zakażenia szpitalne, w tym zakażenia miejsca operowanego z powodu bardzo inwazyjnej natury tych zabiegów. Najczęściej obserwowanym powikłaniem po tych zabiegach jest zakażenie rany mostka (SWI). Może występować zarówno jako zakażenie powierzchowne, jak i głębokie pod postacią zapalenia śródpiersia. Głębokie zakażenia ran mostka mimo, że występują rzadko mają poważne konsekwencje i są związane ze znaczącym wzrostem śmiertelności szpitalnej i krótszą przeżywalnością pacjentów. Z zabiegiem pomostowania aortalno-wieńcowego (CABG) wiąże się dodatkowo zakażenie rany w miejscu pobrania żyły odpiszczelowej (HSSI). Czynniki ryzyka zakażenia miejsca operowanego w kardiologii można podzielić na przedoperacyjne: wiek, rasa, płeć, cukrzyca, otyłość i choroby współistniejące (przewlekła obturacyjna choroba płuc, choroby naczyń obwodowych, przewlekła niewydolność nerek, przewlekła niewydolność serca {NYHA  $\geq 3$ }), okołoperacyjne: tryb oraz czas operacji, CABG z wykorzystaniem dwóch tętnic piersiowych wewnętrznych, stosowanie okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej, czas krążenia pozaustrojowego oraz pooperacyjne: przedłużone użycie mechanicznej wentylacji  $>48h$ , reoperacje z powodu krwawienia. W ocenie ryzyka wystąpienia zakażenia miejsca operowanego w kardiologii wykorzystuje się Indeks Ryzyka Zakażenia Miejsca Operowanego (NNIS Risk Indeks) oraz *Infection Risk Indeks in Cardiac Surgery* (IRIC), a po zabiegach CABG alternatywną skalę ryzyka *Australian Clinical Risk Indeks* (ACRI) i Skalę Ryzyka Infekcji. Redukcja modyfikowalnych czynników zakażeń obniża częstość ich występowania i daje korzyści zarówno pacjentom, jak również budżetom podmiotów opieki zdrowotnej.

**Słowa kluczowe:** zakażenie miejsca operowanego, zakażenie rany mostka, czynniki ryzyka, skala ryzyka.

**Abstrakt.** Patients undergoing cardiac surgery are particularly exposed to nosocomial infections, including surgical site infections, due to the very invasive nature of these procedures. Sternal wound infection SWI is the most frequently observed complication following these procedures. It can occur superficial and deep infections in the form of mediastinitis. Deep sternal wound infections (DSWI) have serious consequences and are associated with a significant increase in hospital mortality and shorter long-term survival of these patients. Coronary artery bypass grafting (CABG) is also associated with wound infection at the site of saphenous vein collection (HSSI). SSI risk factors in cardiac surgery divided into preoperative: age, race, sex, diabetes, obesity, and comorbidities (chronic obstructive pulmonary disease, peripheral vascular diseases, chronic renal failure, chronic heart failure {NYHA  $\geq 3$ }), perioperative: mode and time of surgery, CABG with the use of two internal thoracic arteries, time of extracorporeal circulation and postoperative: prolonged use of mechanical ventilation  $>48h$ , reoperation due to bleeding. Surgery site infection risk assessment in cardiac surgery uses the Surgical Site Infection Risk Index (NNIS Risk Index) and the Infection Risk Index in Cardiac Surgery (IRIC). Australian Clinical Risk Index (ACRI) and the Infection Risk Scale related with CABG procedures. Modifiable risk factors decrease their incidence and benefits patients and health care budgets.

**Key words:** surgical site infection, sternal wound infection, risk factors, scoring system.

© Hygeia Public Health 2025, 57(1): 19-27  
www.h-ph.pth.pl

Nadesłano: 10.10.2021  
Zakwalifikowano do druku: 02.02.2022

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Marina Milona  
Studenckie Koło Naukowe przy Zakładzie Higieny i Epidemiologii  
Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego  
ul. Powstańców Wielkopolskich 72, 70-111 Szczecin  
tel. 538311574, e-mail: marina.milona97@gmail.com

### Zakażenia miejsca operowanego w kardiologii – definicja, podział i epidemiologia

Zakażenie związane z opieką zdrowotną (*healthcare associated infections*; HAI) definiowane jest jako infekcja wy-

stępująca u pacjenta w czasie pobytu w zakładzie opieki zdrowotnej w ciągu 48 do 72 godzin od rozpoczęcia hospitalizacji. Wskaźniki zakażeń są wyższe w krajach o niskich dochodach i w oddziałach intensywnej terapii [1-3].

Zakażenie miejsca operowanego, to infekcja związana z procedurą chirurgiczną, występująca w miejscu nacięcia w ciągu 30 dni od operacji nie będącej implantacją sztucznego wszczepu lub w ciągu 90 dni od zabiegu implantacyjnego. Według kryteriów z 2017 r. Europejskiego Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (*European Centre for Disease Prevention and Control; ECDC*) wyróżniamy: 1) zakażenia powierzchowne (obejmują wyłącznie skórę i tkankę podskórną), 2) zakażenia głębokie (dotyczą tkanek miękkich rany chirurgicznej, są zlokalizowane w obrębie mięśni i powięzi) i 3) zakażenia narządów i(lub) jam ciała (dotyczą każdego anatomicznego umiejscowienia w ustroju, innego niż miejsca otwierane czy operowane w trakcie pierwotnego zabiegu; zakażenie ma związek z zabiegiem operacyjnym, chociaż dotyczy narządu, który nie podlegał nacięciu, otwarciu lub manipulacjom w czasie zabiegu) [4].

Zakażenia miejsca operowanego (*surgical site infection; SSI; ZMO*) należą do jednych z najczęściej występujących postaci zakażeń w instytucjach ochrony zdrowia i stanowią 18,3% wszystkich zakażeń występujących w szpitalach w Europie [5]. w USA szacuje się, że ZMO występuje u ok. 157,5 tys. pacjentów rocznie, co stanowi 1% wszystkich pacjentów operowanych. Ryzyko zgonu z powodu ZMO wzrasta od 2- do 11-krotnie i wynosi od 33 do 77% [1, 6-9]. Dodatkowe koszty ponoszone w USA przez system opieki zdrowotnej związane z ZMO wynoszą ok. 10 mld dolarów rocznie [10-12].

Pacjenci poddawani zabiegom kardiochirurgicznym są szczególnie narażeni na zakażenia szpitalne, w tym ZMO z powodu bardzo inwazyjnej natury tych zabiegów. Częstość występowania ZMO dotyczy od 3,5 do 21% zabiegów kardiochirurgicznych, a wskaźnik umieralności w tych przypadkach osiąga od 10 do 29% i jest wyższy niż u pacjentów bez zakażeń [1, 2, 13, 14].

Mimo, że obserwujemy stały rozwój chirurgii wewnątrznacyniowej, jedną z najczęstszych metod leczenia chorób naczyń wieńcowych jest zabieg pomostowania aortalno-wieńcowego (*coronary artery bypass grafting; CABG*) z dojścia otwartego, które wymaga wykonania sternotomii. Najczęściej obserwowanym powikłaniem po tych zabiegach jest zakażenie rany mostka (*sternal wound infection; SWI*). Może występować zarówno jako zakażenie powierzchowne, jak i głębokie, pod postacią zapalenia śródpiersia (tab. I). To ostatnie uznawane jest za ciężkie powikłanie i wiąże się z istotnym wzrostem chorobowości i śmiertelności wśród pacjentów [2, 3, 15]. Szacuje się, że rozwija się ono u 0,2 do 8% pacjentów, a wskaźnik śmiertelności w tych przypadkach wynosi 8-45% [16]. Według badania *French National SSI-RAISIN* – 48% ZMO u pacjentów po CABG dotyczyło narządu lub jamy ciała, czyli przybierało postać zakażenia głębokiego i wydłużyło pobyt pacjenta w szpitalu o 24 dni, a ryzyko operacji rewizyjnej u tych pacjentów wzrastało o 68% [17]. Dodatkowe koszty ponoszone w związku z zakażeniem śródpiersia u pacjenta kardiochirurgicznego w Wielkiej Brytanii, to w przybliżeniu 17,5 tys. £, a w USA 62 tys. \$ [18, 19]. Ostatnie badania z obszaru Europy obejmujące 26 krajów szacują częstość występowania zakażeń mostka po CABG na 3,9%, a łączny koszt związany z tymi zakażeniami wynosił 170,8 mln €. Na koszt ten składało się 25 751 dodatkowych osobodni na Oddziałach Intensywnej Opieki Medycznej (OIOM), 137 588 dodatkowych osobodni w pozostałych oddziałach i 7 704 ponownych przyjęć. Średni koszt ponoszony z powodu pojedynczego wystąpienia zakażenia rany mostka wahał się od 8 924 € w Polsce do 21 321 € w Danii. Relatywnie w stosunku do opieki nad pacjentem po CABG niepowikłanej zakażeniem, koszty związane z jednym zakażeniem mostka najbardziej wzrastały w Grecji (o 24,5%), a średni wzrost dla wszystkich 26 krajów wynosił 12% [20].

Tabela I. Zakażenia miejsca operowanego w kardiochirurgii [za 4, 15]

Table I. Surgical site infections in cardiac surgery based [on 4, 15]

Zakażenie rany mostka (SWI)	powierzchnowe ( <i>Superficial sternal wound infection; SSWI</i> )	Zakażenie, które wystąpiło w ciągu 30 dni od zabiegu, dotyczyło skóry i tkanki podskórnej (powierzchnowe ZMO) lub głębokich tkanek miękkich nacięcia (głębokie ZMO) i towarzyszyło mu jeden z poniższych objawów: ropna wydzielina, rozejście się rany lub otwarcie rany z powodu wystąpienia gorączki lub bólu/tkliwości z dodatnim posiewem lub bez posiewu przy wystąpieniu gorączki, ropień, lub inne oznaki infekcji stwierdzone podczas badania
	głębokie – zapalenie śródpiersia ( <i>mediastinitis</i> ) (DSWI)	
Zakażenie rany w miejscu pobrania żyły odpiszczelowej (HSSI)		

Głębokie zakażenia ran mostka, mimo że występują rzadko, mają poważne konsekwencje i są związane ze znaczącym wzrostem śmiertelności szpitalnej, a długoterminowa przeżywalność tych pacjentów jest istotnie niższa niż pacjentów, u których nie wystąpiło ZMO [21, 22]. Klasyfikację głębokich zakażeń ran mostka (*Deep sternal wound infection; DSWI*) opartą na obecności czynników ryzyka, czasie wystąpienia oraz wcześniejszych próbach chirurgicznych zakończonych niepowodzeniem przedstawił Oakley i wsp. (tab. II) [23]. Inny podział, to klasyfikacja oparta na lokalizacji anatomicznej rany wprowadzona

przez Greig i wsp. [24].

Z zabiegiem CABG dodatkowo wiąże się inny rodzaj zakażenia miejsca operowanego – zakażenie rany w miejscu pobrania żyły odpiszczelowej (*harvest surgical site infection; HSSI*). Jego częstość szacowana jest od 1 do 24% [25]. Te komplikacje rzadko wymagają interwencji chirurgicznej i w większości nie są one niepokojące. Jednak poważne powikłania związane z pobraniem żyły odpiszczelowej mogą przedłużyć pobyt pacjenta w szpitalu i wymagać oczyszczenia rany lub powodować utratę kończyny [26].

Tabela II. Klasyfikacja zakażeń rany mostka po sternotomii [23]  
Table II. Classification of post-sternotomy sternal wound infections [23]

Typ I	Opis
Typ II	Zapalenie śródpiersia występujące po 2 tygodniach od zabiegu bez wystąpienia czynnika ryzyka
Typ IIIA	Zapalenie śródpiersia występujące po 2-3 tygodniach od zabiegu bez wystąpienia czynnika ryzyka
Typ IIIB	Zapalenie śródpiersia typu I przy wystąpieniu 1 czynnika ryzyka
Typ IVA	Zapalenie śródpiersia typu I przy wystąpieniu 1 lub więcej czynników ryzyka
Typ IVB	Zapalenie śródpiersia typu I, II lub III przy wystąpieniu 1 niepowodzenia terapeutycznego
Typ V	Zapalenie śródpiersia typu I, II lub III przy wystąpieniu 1 lub więcej niepowodzeń terapeutycznych
Typ I	Zapalenie śródpiersia występujące powyżej 6 tyg. od operacji

### Czynniki ryzyka zakażenia rany mostka

Ze względu na poważne kliniczne i ekonomiczne następstwa SWI rekomenduje się podjęcie działań zapobiegawczych w okresie przed-, około- i pooperacyjnym, aby zmniejszyć wskaźniki chorobowości i umieralności związane z tym powikłaniem (tab. III).

Czynniki ryzyka ZMO w kardiologii można podzielić na: 1) przedoperacyjne: wiek, rasa, płeć, cukrzyca, otyłość i choroby współistniejące (przewlekła obturacyjna

choroba płuc (POChP), choroby naczyń obwodowych, przewlekła niewydolność nerek, przewlekła niewydolność serca {NYHA  $\geq 3$ }); 2) okołoperacyjne: tryb oraz czas operacji, CABG z wykorzystaniem dwóch tętnic piersiowych wewnętrznych, stosowanie okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej, czas krążenia pozaustrojowego oraz 3) pooperacyjne: przedłużone użycie mechanicznej wentylacji >48h, reoperacje z powodu krwawienia [1, 27-30].

Tabela III. Czynniki ryzyka dla powierzchownych oraz głębokich zakażeń ran mostka  
Table III. Risk factors for superficial and deep sternal wound infections

Przedoperacyjne	Śródoperacyjne	Pooperacyjne
<ul style="list-style-type: none"> <li>BMI/otyłość</li> <li>Cukrzyca</li> <li>POChP</li> <li>Choroby naczyń obwodowych</li> <li>Przewlekła niewydolność nerek</li> <li>NYHA <math>\geq 3</math></li> <li>Nosicielstwo <i>S. aureus</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liczba wykonanych pomostów</li> <li>Użycie jednej/obu tętnicy piersiowych wewnętrznych</li> <li>Czas trwania zabiegu</li> <li>Typ wykonywanej procedury</li> <li>Stosowanie okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reoperacja/krwawienie</li> <li>Wentylacja mechaniczna</li> <li>Przedłużony pobyt w szpitalu</li> <li>IABP</li> </ul>

### Czynniki przedoperacyjne

Zabiegi kardiologiczne wykonywane są u pacjentów najczęściej po 50 r.ż. w badaniu Robich i wsp. wykazano, że istotnym czynnikiem ryzyka jest wiek powyżej 50 lat [30]. Dodatkowo wykazano, że wiek powyżej 65 r.ż. 5-krotnie zwiększał ryzyko ponownego przyjęcia do OIOM po operacjach zastawki. Czynnikiem istotnie zmniejszającym ryzyko zakażenia jest rasa biała [29]. Mimo, że ZMO znacznie częściej występują u mężczyzn, to badania wykazują, że w zabiegach kardiologicznych płeć żeńska istotnie zwiększa ryzyko ZMO [25, 31-33]. Również ryzyko zgonu z powodu ZMO jest o połowę mniejsze u mężczyzn niż u kobiet [29].

W wielu badaniach wskazano, że istotnym czynnikiem ryzyka ZMO jest otyłość – otyli pacjenci mają znacznie wyższe ryzyko występowania zakażeń w szczególności, gdy są poddawani zabiegom operacyjnym lub przebywają na OIOM. Serrano i wsp. wykazali blisko 5-krotny wzrost ryzyka ZMO u osób z otyłością, a 6-krotny u osób z otyłością III stopnia [34]. Ryzyko zakażenia mostka u osób z otyłością jest 2-krotnie wyższe niż u pacjentów z prawidłową masą ciała [1, 35].

Brakuje natomiast jednoznacznych dowodów, że palenia tytoniu jest czynnikiem ryzyka ZMO w zabiegach kardiologicznych [3, 32, 36].

Wśród chorób współistniejących związanych ze wzrostem ryzyka zakażenia po zabiegach kardiologicznych wymienia się: cukrzycę, POChP oraz choroby naczyń obwodowych [21, 29, 34, 35].

Wyniki badań wykazują, iż współwystępowanie u pacjentów cukrzyca zwiększa istotnie częstość wystąpienia ZMO [1, 30, 37]. Podwyższony poziom glukozy >180 mg/dl w przynajmniej jednym pomiarze w ciągu pierwszych 48h po zabiegu zwiększa o 30% ryzyko wystąpienia infekcji [29, 38]. Docelowym poziomem glukozy u tych pacjentów powinna być wartość pomiędzy 150 a 180 mg/dl [1]. Wyniki randomizowanych badań klinicznych (*Randomised control trial*; RCT) obejmujących 5 510 pacjentów kardiologicznych z cukrzycą, u których zastosowano dożylną podanie insuliny, aby utrzymać poziom glukozy  $\leq 150$  mg/dl wykazały redukcję ZMO o 77% [39]. Jednocześnie u chorych przyjmujących doustne leki hipoglikemizujące ZMO występują znacznie rzadziej niż u pacjentów leczonych insuliną [30]. Również poziom hemoglobiny glikowanej (HbA1c) powyżej wartości 6-7% wiąże się z istotnym wzrostem ryzyka wystąpienia ZMO [37].

Istotnym niezależnym czynnikiem ryzyka jest również przewlekła niewydolność nerek. U pacjentów poddawanych dializoterapii ryzyko to rośnie ponad 2-krotnie w stosunku do niewymagających dializy OR 2,17 (95%CI: 1,95-2,40) [22].

Badania wskazują również, że ZMO 3-4-krotnie częściej występuje u pacjentów z ciężkim POChP [2, 21, 22, 29, 32], a prawie 2-krotnie u pacjentów z niewydolnością serca w klasie NYHA  $\geq 3$  [35, 40].

*Staphylococcus aureus* jest główną przyczyną ZMO u pacjentów kardiologicznych. Najczęstszym źródłem drobnoustrojów jest flora endogenna pacjenta. Około 20%

populacji generalnej jest trwale skolonizowana, a 30% jest jego nosicielem czasowym [33, 41]. Wrażliwy na metycylinę *S. aureus* (*Methicillin-sensitive Staphylococcus aureus*; MSSA) żyje na skórze ludzi jako komensal. Kolonizację jamy nosowej szczepami *S. aureus* metycylinoopornymi (*Methicillin-sensitive Staphylococcus aureus*; MRSA) szacuje się na ok 1% populacji, ale częściej występuje w niektórych podgrupach: osoby starsze, diabetycy czy osoby często hospitalizowane [33, 42]. Nosicielstwo *S. aureus* jest też wyższe u osób przyjmujących kokainę donosowo

oraz stosujących leki sterydowe w aerozolu [43]. *S. aureus* jest najczęstszym drobnoustrojem wywołującym zakażenia ran w ogóle i w 80% odpowiada za pooperacyjne zapalenia śródpiersia [33, 38, 43-45]. Szczepy MRSA odpowiedzialne za to zakażenie powodują 11-krotny wzrost śmiertelności [33, 38, 46, 47]. Zatem wiele badań koncentruje się na strategiach redukcji ryzyka infekcji u pacjentów operowanych. Obecnie w kardiochirurgii można zastosować jedno z podejść w celu kontroli zakażeń ran powodowanych przez *S. aureus* (tab. IV) [38].

Tabela IV. Strategie postępowania w przypadku nosicielstwa gronkowca złocistego (*S. aureus*) i terapii dekolonizacyjnej Mupirocyną w CABG [38]

Table IV. Strategies for management of *S. aureus* carriage and mupirocin decolonization therapy in CABG [38]

Podejście	Uzasadnienie
Bez przeprowadzenia badania przesiewowego / nieleczone nosicielstwo <i>S. aureus</i>	Niektóre badania nie wykazały korzyści z przedoperacyjnych badań przesiewowych i wykazały słabą korelację między przedoperacyjnymi szczepami <i>S. aureus</i> (zwłaszcza MRSA), a szczepami powodującymi zakażenie pooperacyjne. Takie podejście byłoby nieodpowiednie w szpitalach, w których po CABG występuje znaczna częstość występowania głębokich zakażeń <i>S. aureus</i>
Wykonane badanie przesiewowe – i leczone, jeśli potwierdzono nosicielstwo – jedynie u pacjentów wysokiego ryzyka infekcji/wysokim czynnikiem ryzyka kolonizacji MRSA lub obu	Można zidentyfikować pacjentów z wysokim ryzykiem głębokiej infekcji (np. pacjenci z cukrzycą i otyłością) i istnieją wyraźne czynniki ryzyka kolonizacji MRSA (np. niedawna hospitalizacja, niedawna terapia przeciwdrobnoustrojowa lub hemodializa). Jednak wybór kogo przesiewać i leczyć rodzi pytanie, gdzie wyznaczać granice
Wykonanie badania przesiewowego u wszystkich pacjentów i leczenie, jeśli wyniki badania jest pozytywny	Logistyczny problem oczekiwania na wyniki hodowli został częściowo rozwiązany dzięki dostępności szybkiej metody przesiewowej opartej na PCR (polymerase chain reaction; reakcja łańcuchowa polimerazy). Koszt staje się jednak kwestią do rozważenia, a logistyka zapewniająca pacjentom otrzymanie pełnego cyklu maści Mupirocyny przed zabiegiem chirurgicznym może być trudna
Leczenie empiryczne wszystkich pacjentów maścią z Mupirocyną do nosa bez wykonywania badań przesiewowych	Takie podejście zapewnia populacji maksymalne potencjalne korzyści i pozwala uniknąć konieczności koordynowania wyników hodowli przesiewowych lub testów opartych na PCR. Wady obejmują koszt maści do nosa z Mupirocyną i pojawienie się szczepów <i>S. aureus</i> opornych na Mupirocynę, do których identyfikacji jest wyposażonych niewiele laboratoriów

U podstaw obecnego uzasadnienia przedoperacyjnych badań przesiewowych i leczenia z zastosowaniem Mupirocyny w maści do nosa leżą trzy powody: 1) 40-80% zakażeń po CABG jest wywołanych przez *S. aureus*, coraz częściej dotyczy to szczepów MRSA [38, 48, 49]; 2) więcej ZMO wywoływanych jest florą własną pacjenta, a zebrane dane wskazują, że kolonizacja jamy nosowej przez *S. aureus* jest związana z wystąpieniem głębokich zakażeń rany [38, 50]; 3) niektóre badania wykazują, że identyfikacja nosicieli *S. aureus* i zastosowanie u nich maści donosowej z 2% Mupirocyną zmniejsza wskaźniki zakażeń. Obecnie *Society of Thoracic Surgeon* (STS) rekomenduje rutynowe zastosowanie Mupirocyny u wszystkich pacjentów poddawanych procedurom kardiochirurgicznym, nawet u pacjentów z brakiem udokumentowanych negatywnych testów na nosicielstwo *S. aureus* [33, 38, 51]. Rekomendowane jest, aby wszyscy pacjenci byli poddawani badaniom screeningowym w kierunku nosicielstwa *S. aureus* lub alternatywnie, leczeni empirycznie z zastosowaniem maści donosowej z Mupirocyną. Jest to szczególnie zalecane w przypadkach występowania ognisk zakażeń MRSA lub MSSA [38, 52]. Podejście związane z wykonywaniem badań przesiewowych lub leczeniem empirycznym wszystkich pacjentów ma również sens w szpitalach, w których po CABG występują wysoka częstość zakażeń spowodowanych *S. aureus*. W szpita-

lach, w których MRSA jest przyczyną ponad 50% infekcji występujących w oddziale podaje się donosowo Mupirocynę w maści wszystkim pacjentom przez 5 dni, niezależnie od występowania kolonizacji. Natomiast u pacjentów skolonizowanych przez MRSA stosuje się Mupirocynę i Wankmoycynę lub samą Mupirocynę w miejscach po usunięciu drenów [38, 53].

### Czynniki okołoperacyjne

Wśród okołoperacyjnych czynników ryzyka wyróżnia się te związane z procedurą, rodzajem zabiegu oraz czasem trwania operacji i stosowanie okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej.

Jednym z istotnych okołoperacyjnych czynników zwiększających ryzyko zakażenia miejsca operowanego jest procedura CABG [2, 3, 18, 33, 40]. Użycie w tej procedurze obu tętnic piersiowych wewnętrznych (*Bilateral internal mammary artery*; BMIA) długo uznawane było za dodatkowy czynnik zwiększający ryzyko głębokiego zakażenia rany mostka (*deep sternal wound infection*; DSWI). Obecnie autorzy prezentują różne wyniki dotyczące wpływu użycia pojedynczej lub obu tętnic piersiowych wewnętrznych w trakcie CABG na ryzyko zakażenia miejsca operowanego, mimo że użycie BIMA może wydłużyć życie pacjentów. Uważa się, że zakażenie jest

powiązane ze zmniejszonym unaczynieniem mostka po pobraniu BIMA [33, 54]. w badaniu Lepelletier'a i wsp. [2] oraz w badaniu Filsoufi'ego i wsp. [21] nie wykazano zwiększonego ryzyka ZMO u pacjentów nieobciążonych chorobami przewlekłymi, u których użyto obu tętnic piersiowych wewnętrznych. Jednak u osób z cukrzycą oraz otyłością zastosowanie graftów z użyciem dwóch tętnic piersiowych może powodować znaczny wzrost ryzyka [2]. Przeciwnie wyniki uzyskał Lemaigen i wsp. [3], którzy wykazali, że szansa wystąpienia zakażenia była 2-krotnie wyższa u pacjentów, u których wszczepiono obie tętnice piersiowe wewnętrzne. Do podobnych wniosków doszedł Dai i wsp. po przeprowadzeniu metaanalizy wykazując, że ryzyko SWI związane z użyciem obu tętnic piersiowych wewnętrznych (BIMA) było wyższe o ok. 60% niż w przypadku użycia tylko jednej tętnicy piersiowej wewnętrznej (*Single Internal Mammary Artery*; SIMA). Ponadto wszczepienie BIMA wiązało się również ze wzrostem ryzyka SWI u pacjentów z cukrzycą oraz osób starszych [55]. Postrzeganie ryzyka infekcji jest głównym powodem ograniczającym wykorzystanie BIMA, mimo korzyści związanych z dłuższym przeżyciem. Związek pomiędzy stosowaniem BIMA i głębokimi zakażeniami rany mostka był również ostatnio badany w USA z wykorzystaniem danych zebranych w *Nationwide Inpatient Sample*. W ponad 1,5 mln procedur CABG użycie BIMA nie było niezależnym czynnikiem ryzyka dla głębokich zakażeń rany mostka [56], z wyjątkiem pacjentów z cukrzycą [57].

Wiele badań dowodzi, że połączenie procedury CABG z wymianą zastawki również zwiększa ryzyko wystąpienia zakażenia rany pooperacyjnej mostka [2, 18, 29, 58]. Wśród innych procedur zwiększających ryzyko SWI autorzy wskazują operacje aorty piersiowej (OR=2,4; 95%CI: 1,1-4,9) [21] i przeszczep serca (RR=4,5; 95% CI: 1,7-12,1) [2].

Wpływ na częstość występowania SWI ma tryb operacji: 1) ratunkowe – operacje ratujące życie (pacjenci wymagający resuscytacji krążeniowo-oddechowej (zewewnętrzny masaż serca) w drodze na salę operacyjną lub przed wprowadzeniem do znieczulenia) lub 2) wykonywane w trybie nagłym (definiowane jako nieplanowane wymagające przeprowadzenia w ciągu 24h), związane są z wyższą szansą zakażenia niż 3) operacje wykonywane w trybie planowym (OR=1,2; 95%CI: 1,1-1,33). Związane jest to z brakiem czasu na niezbędne przygotowanie pacjenta [3, 6, 10, 22, 30].

Innym okołoperacyjnym czynnikiem ryzyka jest czas trwania zabiegu operacyjnego. Analiza częstości zakażeń dokonana w ramach programu JANIS (*Japan Nosocomial Infection Surveillance*) przez Morikane i wsp. wskazała prawie 2-krotny wzrost szansy zakażenia (OR=1,9; 95%CI: 1,34-2,60), jeśli zabieg CARD (na otwartym sercu) trwał >381 min. Dla procedury CBGB (*coronary artery bypass graft with both chest and donor site incisions*) istotne było przekroczenie czasu powyżej 300 min (OR=1,3; 95%CI: 1,02-1,04), a każde kolejne 10 min wiązało się z dodatkowym wzrostem szansy wystąpienia SWI [10]. Podobny wynik uzyskali Fridman i wsp., gdy tymczasem badanie Shaikhreza'i'ego i wsp. wykazało, że przekroczenie czasu 270 min w procedurze CABG zwiększyło szansę infekcji

rany mostka ponad 2-krotnie (OR= 2,41; 95%CI: 1,10-5,29) [59, 60].

Korzyści ze stosowania okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej u pacjentów poddawanych zabiegiem kardiochirurgicznym zostały szeroko opisane; rekomendowane jest podanie antybiotyku przed operacją wszystkim pacjentom, aby zmniejszyć ryzyko infekcji pooperacyjnej [33, 61-63]. Pozostaje jednak wybór odpowiedniego antybiotyku, optymalnej dawki i czasu trwania oraz harmonogramu jego podawania. w populacjach, których nie występuje duża częstość zakażeń MRSA wytyczne zarówno STS, jak i ACC/AHS (*American College of Cardiology/American Heart Association*), zalecają w standardzie antybiotyków  $\beta$ -laktamowy ze wskazaniem na cefalosporyny I lub II generacji. Pacjentom uczulonym na penicylinę i  $\beta$ -laktamy oraz z potwierdzoną lub podejrzaną kolonizacją MRSA rekomenduje się podanie Wankomycyny [51, 64]. Bardzo ważnym aspektem stosowania profilaktyki antybiotykowej jest czas podania. Cefazolinę należy podać w ciągu 60 min przed nacięciem skóry. Jeżeli antybiotykiem z wyboru jest Wankocyna, dawka 1-1,5 g lub 15 mg/kg m.c., powinna być podawana dożylnie powoli przez ponad godzinę w ciągu 1 godziny przed nacięciem skóry. w przypadku pacjentów, którzy przed operacją kardiochirurgiczną oprócz Wankomycyny otrzymują aminoglikozyd (zwykle Gentamycynę w dawce 4 mg/kg m.c.) dawkę początkową należy również podać w ciągu 1 godziny przed nacięciem [51].

Kolejnym ważnym czynnikiem jest długość stosowania profilaktyki antybiotykowej. Krótsze jej stosowanie jest preferowane ze względu na ograniczanie działania toksycznego i zakażenia *Clostridium difficile*. Uzasadnieniem do wydłużenia czasu trwania profilaktyki są farmakodynamiczne i farmakokinetyczne zmiany, wywołane zastosowaniem krążenia pozaustrojowego, hipotermii i utraty krwi. Wytyczne STS zalecają, aby czas trwania profilaktycznego schematu antybiotykowego ograniczał się do najkrótszego czasu wymaganego dla skutecznego zminimalizowania prawdopodobieństwa zakażenia pooperacyjnego, jednak nie dłużej niż 48h. Metaanaliza Mertz i wsp. porównująca efektywność krótkiej (<24h) i przedłużonej ( $\geq$ 24h) profilaktyki antybiotykowej wykazała, że dłuższy czas stosowania profilaktyki zmniejszał ryzyko ZMO o 38% [65].

Innym aspektem miejscowego stosowania antybiotyków w profilaktyce zakażeń w kardiochirurgii jest śródoperacyjne wykorzystanie gąbek gentamycynowo-kolagenowych. Po wprowadzeniu pomiędzy powłoki mostka, bezpośrednio przed zamknięciem śródpiersia, utrzymują wysokie stężenie Gentamycyny miejscowo w ranie, zapobiegając skutkom ogólnoustrojowym i jednocześnie obniżają ryzyko nabytej oporności bakterii na antybiotyki. Według metaanalizy Kowalewskiego i wsp. ich implantacja zmniejsza ryzyko wystąpienia zakażenia rany mostka o 40% (OR=0,61; 95%CI: 0,42-0,89), a ryzyko zapalenia śródpiersia o 36% (RR 0,64; 95%CI: 0,45-0,91) [66].

Reasumując, profilaktyka antybiotykowa, w zabiegach kardiochirurgicznych zmniejsza ryzyko wystąpienia ZMO. Pierwsza dawka powinna być podana przed nacięciem skóry, aby antybiotyk występujący w tkankach zapewnił im ochronę przed kontaminacją.

### Czynniki pooperacyjne

Wśród czynników pooperacyjnych związanych z ryzykiem wystąpienia zakażenia miejsca operowanego autorzy przede wszystkim zwracają uwagę na reoperacje z powodu krwawienia. Lu i wsp. wskazali, że szansa wystąpienia zakażeń powierzchniowych u pacjentów poddawanych rewizji rany z powodu krwawienia jest prawie 4-krotnie większa (OR=3,7; 95%CI: 1,4-97), ale inni autorzy wskazują nawet 6-krotny wzrost ryzyka [21, 35]. Według Lepelletier'a i wsp. reoperacja z powodu tamponady serca lub wysięku osierdziowego zwiększa szanse zakażenia aż 55-krotnie (OR= 55,2; 95%CI: 6,3-482) [2]. Stosowanie wspomaganiej wentylacji i utrzymywanie intubacji 24-48h zwiększa ryzyko o 50% (HR=1,49; 95% CI: 1,04-2,14), ale już powyżej 48h ryzyko zwiększa się ponad 2-krotnie (HR=2,45; 95% CI: 1,66-3,63) [3, 29, 30, 60].

### Metody oceny ryzyka wystąpienia SWI

W ocenie ryzyka występowania zakażenia miejsca operowanego wykorzystuje się wprowadzony w 1991 r. Indeks Ryzyka Zakażenia Miejsca Operowanego (*Risk Indeks - National Nosocomial Infections Surveillance Risk Indeks; NNIS Risk Indeks*). Jest to prosty i wygodny sposób stratyfikacji ryzyka ZMO u pacjenta operowanego. Opiera się on na trzech niezależnych zmiennych: ocena stanu pacjenta w skali ASA (*Skala American Society of Anesthesiologists*), stopień kontaminacji pola operacyjnego oraz czas trwania zabiegu. Pacjenci otrzymują 0 lub 1 punkt w każdej kategorii, a ich indeks ryzyka wynosi od 0 (najniższe ryzyko wystąpienia ZMO) do 3 (najwyższe ryzyko wystąpienia ZMO). Uznawany jest on jako bardzo dobry predyktor w ocenie ryzyka ZMO. Ryzyko ZMO wzrasta znacząco od 0,5% dla pacjentów z indeksem równym 0 do 13%, jeśli jego wartość równa się 3. Wielu autorów jednak kwestionuje jego przydatność u pacjentów kardiochirurgicznych ze względu na to, że zabiegi (94%) wykonywane są na ogół w polu czystym (klasa 1), a pacjenci z chorobami układu krążenia kwalifikowani do zabiegów uzyskują w skali ASA  $\geq 3$  (96% w USA i 75% w Japonii) [6, 10, 67, 68]. Jedynym kryterium różnicującym pozostaje zatem czas trwania operacji [2, 6, 10, 67]. W 2014 r. Friedman i wsp. [59] w oparciu o wieloczynnikową analizę wyodrębnili czynniki istotnie związane z zakażeniami po CABG i zaproponowali alternatywną skalę ryzyka *Australian Clinical Risk Indeks* (ACRI) dla wszystkich zakażeń mostka. Skala była opracowana na podstawie wyników pacjentów australijskich, a następnie walidowana w USA [69] oraz w Europie [27] z podobnym rezultatem. Uwzględnia on 1 pkt dla występowania cukrzycy, 1 pkt dla BMI  $\geq 30$ , ale  $< 35$  i 2 pkt dla BMI  $\geq 35$ . Każdy przypisany punkt w skali ACRI podwaja szanse na wystąpienie infekcji miejsca operowanego (ACRI=1 OR 2,46; ACRI=2 OR 5,17; ACRI=3 OR 16,70 [27, 59, 69].

W 2019 r. po wieloczynnikowej analizie możliwych predyktorów przed-, intra- i pooperacyjnych Bustamante Manguira i wsp. zredukowali czynniki ryzyka występujące w ACRI i przedstawili propozycje nowej, 2-stopniowej

skali w ocenie ryzyka infekcji miejsca operowanego, zarówno po CABG oraz po zabiegach wymiany zastawki: *Infection Risk Indeks in Cardiac Surgery* (IRIC). Uwzględnia ona wyłącznie występowanie cukrzycy i BMI  $> 30$ . IRIC powstaje z sumy punktów dla każdej zmiennej (tak=1, nie=0) [70].

Spośród przedstawionych wyżej skal – największą dokładnością w przewidywaniu ryzyka wystąpienia SWI wykazała się skala IRIC. Test aROC (*Area under the Receiver-Operating Characteristic curve*) dla poszczególnych indeksów wynosił IRIC 0,7; ACRI 0,67; NNIS Risk Indeks 0,59 (idealna wartość aROC=1, a użyteczność dla metody uznaje się przy wartości aROC  $> 0,5$ ) [70].

Bardziej złożoną Skalę Ryzyka Infekcji po CABG opartą o czynniki przedoperacyjne uwzględniające wiek  $> 55$  lat, BMI i choroby współistniejące oraz zmienne okołoperacyjne: czas perfuzji i zastosowanie IABP (*Intra Aortic Ballon Pump*) zaproponował Fowler i wsp. Wskaźnik ryzyka odpowiada sumie punktów uzyskanych dla wszystkich zmiennych (tab. V). Na podstawie sumy uzyskanych punktów szacuje się ryzyko wystąpienia poważnej infekcji w okresie pooperacyjnym u pacjenta (tab. VI). Autorzy sami wskazują na ograniczenia tego systemu, jak chociażby brak uwzględnienia patogenów związanych z zakażeniem i możliwych komplikacji, których mogą być predyktorem (np. sepsa). Skala nie uwzględnia również typu zabiegu, czasu jego trwania oraz stosowania okołoperacyjnej profilaktyki antybiotykowej i pooperacyjnej kontroli glikemii i podaży insuliny. Zastosowanie tej skali z jednoczesną estymacją ryzyka w praktyce klinicznej, pozwala jednak wyłonić pacjentów wysokiego ryzyka, którzy mogą odnieść znaczące korzyści poprzez ograniczenie modyfikowalnych czynników związanych z zakażeniem [22, 27]. Całkowity wynik ryzyka pacjenta obliczony na podstawie sumy punktów uzyskanej w skali ryzyka infekcji może być wykorzystany do oszacowania prawdopodobieństwa poważnego zakażenia.

Przydatna w ocenie ryzyka głębokich zakażeń mostka okazała się również skala EuroSCORE (*European System for Cardiac Operative Risk Evaluation*), opracowana dla oszacowania ryzyka pooperacyjnej śmiertelności u pacjentów poddawanych procedurom kardiochirurgicznym. Skala obejmuje 17 czynników ryzyka związanych z pacjentem i procedurą. Dla każdej zmiennej wycenia się punktowo wagę, max 39 pkt. Wynik otrzymuje się przez zsumowanie wartości dla poszczególnych zmiennych i na tej podstawie kwalifikuje się pacjenta do odpowiedniej grupy: małego (0-2 pkt), średniego (3-5 pkt) i wysokiego ryzyka ( $\geq 6$  pkt) [71]. Bustamante-Maugira i wsp. wykazali, że istnieje istotna różnica w częstości ZMO u pacjentów, którzy uzyskali 10 pkt w stosunku do tych, którzy uzyskali 7 pkt [70]. Podobną zależność wskazali Filsoufi i wsp. Częstość występowania DSWI istotnie rosła ze wzrostem ryzyka wg stratyfikacji EuroSCORE: wśród pacjentów z niskim ryzykiem częstość występowania zakażeń śródpiersia wynosiła 1,2%, ze średnim ryzykiem 1,7%, z wysokim ryzykiem 2,3%, a bardzo wysokim 2,6% ( $p < 0,0001$ ) [21].

Tabela V. Skala ryzyka infekcji (*Infection Risk Scores*) dla zakażeń po CABG [22]

Table V. Infection Risk Scores after CABG [22]

Parametr	Wyłącznie przedoperacyjne	Łącznie
Wiek (na każde 5 lat > 55 r.ż.)	1 punkt	1 punkt
BMI (30-40 kg/m <sup>2</sup> )	4 punkty	3 punkty
BMI (>40 kg/m <sup>2</sup> )	9 punktów	8 punktów
Cukrzyca	3 punkty	3 punkty
Niewydolność nerek	4 punkty	4 punkty
Zastoinowa niewydolność serca	3 punkty	3 punkty
Choroba naczyń odwodowych	2 punkty	2 punkty
Płeć żeńska	2 punkty	2 punkty
Przewlekłe choroby płuc	2 punkty	3 punkty
Wstrząs kardiogeny	6 punktów	
Zapalenie mięśnia sercowego	2 punkty	
Równoczesny zabieg operacyjny	4 punkty	
Zmienne śródoperacyjne: czas perfuzji czas perfuzji IABP ( <i>Intra-aortic balloon pump</i> )		3 punkty 7 punktów 5 punktów

Tabela VI. Prawdopodobieństwo infekcji na podstawie skali ryzyka infekcji (*Infection Risk Scores*) [22]

Table VI. Likelihood of infection based on Infection Risk Scores [22]

Skala ryzyka	Prawdopodobieństwo infekcji (%)		Skala ryzyka	Prawdopodobieństwo infekcji (%)		Skala ryzyka	Prawdopodobieństwo infekcji (%)	
	wyłącznie przedoperacyjne	łącznie		wyłącznie przedoperacyjne	łącznie		wyłącznie przedoperacyjne	łącznie
0	0,9	0,8	9	2,7	2,7	18	8,2	8,5
1	1,0	0,9	10	3,1	3,0	19	9,1	9,4
2	1,1	1,0	11	3,5	3,5	20	9,9	10,2
3	1,3	1,2	12	4,0	4,0	21	10,7	11,1
4	1,5	1,3	13	4,5	4,5	22	11,4	11,8
5	1,6	1,5	14	5,1	5,2	23	12,1	12,5
6	1,9	1,8	15	5,8	6,0	24	12,9	13,4
7	2,1	2,0	16	6,6	6,7	25	13,6	14,0
8	2,4	2,3	17	7,4	7,6	26	16,0	16,2

## Podsumowanie

Współczesne badania wykazały i zwalidowały czynniki ryzyka związane z wystąpieniem ZMO po zabiegach kardiochirurgicznych. Wiedza na ten temat jest szeroko dostępna klinicytom i może być zastosowana w identyfikacji pacjentów z wysokim ryzykiem wystąpienia powikłań w postaci SWI, którzy mogą odnieść realne korzyści przez stosowanie celowanych interwencji obniżających to ryzyko. Leczenie, dodatkowy czas pobytu pacjenta

w szpitalu i ponowna hospitalizacja związana z SWI zwiększają koszty opieki o 10-16% [20]. Redukcja częstości zakażeń poprzez eliminację zidentyfikowanych czynników jest korzystna nie tylko dla pacjentów, ale również budżetu systemu opieki zdrowotnej.

*Źródło finansowania:* Praca nie jest finansowana z żadnego źródła.  
*Konflikt interesów:* Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

## Piśmiennictwo / References

- Andrade LS, Siliprandi EMO, Karsburg LL et al. Surgical Site Infection Prevention Bundle in Cardiac Surgery. *Arq Bras Cardiol* 2019, 112(6): 769-774.
- Lepelletier D, Perron S, Bizouarn P et al. Surgical-site infection after cardiac surgery: incidence, microbiology, and risk factors. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2005, 26(5): 466-472.
- Lemaignen A, Birgand G, Ghodhbane w et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: incidence and risk factors according to clinical presentation. *Clin Microbiol Infect* 2015, 21(7): 674.e11-18.
- Różańska A. Nadzór i rejestracja zakażeń miejsca operowanego: rekomendacje Europejskiego Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (ECDC). *Zakażenia XXI wieku* 2019, 2(4): 181-185.
- Suetens C, Latour K, Kärki T et al. The Healthcare-Associated Infections Prevalence Study Group. Prevalence of healthcare-associated infections, estimated incidence and composite antimicrobial resistance index in acute care hospitals and long-term care facilities: results from two European point prevalence surveys, 2016 to 2017. *Euro Surveill.* 2018, 23(46): 1800516. Erratum in: *Euro Surveill* 2018, 23(47).
- Morikane K. Epidemiology and risk factors associated with surgical site infection following surgery on thoracic aorta. *Epidemiol Infect* 2018, 146(14): 1841-1844.
- Magill SS. Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections. *New England Journal of Medicine* 2014, 370: 1198-1208.
- National Hospital Discharge Survey Available at [www.cdc.gov/](http://www.cdc.gov/)

- nchs/data/nhds/4procedures/2010pro\_numberpercentag e.pdf (15.07.2022).
9. World Health Organization. (WHO) Global Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infection. Available from: [www.who.int](http://www.who.int) (15.07.2022).
  10. Morikane K, Honda H, Yamagishi T et al. Differences in risk factors associated with surgical site infections following two types of cardiac surgery in Japanese patients. *J Hosp Infect* 2015, 90(1): 15-21.
  11. Engemann JJ, Carmeli Y, Cosgrove SE et al. Adverse clinical and economic outcomes attributable to methicillin resistance among patients with *Staphylococcus aureus* surgical site infection. *Clin Infect Dis* 2003, 36: 592-598.
  12. Kirkland KB, Briggs JP, Trivette SL et al. The impact of surgical-site infections in the 1990s: attributable mortality, excess length of hospitalization, and extra costs. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999, 20: 725-730.
  13. Surveillance of surgical site infections in Europe 2010-2011. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2013. <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/SSI-in-europe-2010-2011.pdf> (15.07.2022).
  14. Le Guillou V, Tavolacci MP, Baste JM et al. Surgical site infection after central venous catheter related infection in cardiac surgery. Analysis of a cohort of 7557 patients. *J Hosp Infect* 2011, 79(3): 236-241.
  15. Lepelletier D, Bourigault C, Roussel JC et al. Epidemiology and prevention of surgical site infections after cardiac surgery. *Med Mal Infect* 2013, 43: 403-409.
  16. Pan L, Mo R, Zhou Q, Wang D. Deep sternal wound infection after cardiac surgery in the Chinese population: a single-centre 15-year retrospective study. *J Thorac Dis* 2017, 9(9): 3031-3037.
  17. Cossin S, Malavaud S, Jarno P et al. ISO-RAISIN Steering Committee. Surgical site infection after valvular or coronary artery bypass surgery: 2008-2011 French SSI national ISO-RAISIN surveillance. *J Hosp Infect* 2015, 91(3): 225-230.
  18. Sharif M, Wong CHM, Harky A. Sternal Wound Infections, Risk Factors and Management - How Far Are We? A Literature Review. *Heart Lung Circ* 2019, 28(6): 835-843.
  19. Lazar HL, Vander Salm T, Engelman R et al. Prevention and management of sternal wound infections. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016, 152(4): 962-972.
  20. Blüher M, Brandt D, Lankiewicz J et al. Economic Analysis of the European Healthcare Burden of Sternal-Wound Infections Following Coronary Artery Bypass Graft. *Front Public Health*. 2020, 8: 557555.
  21. Filsoofi F, Castillo JG, Rahmanian PB et al. Epidemiology of deep sternal wound infection in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009, 23(4): 488-494.
  22. Fowler VG Jr, O'Brien SM, Muhlbaier LH et al. Clinical predictors of major infections after cardiac surgery. *Circulation* 2005, 112(9 Suppl): I358-I365.
  23. El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *Ann Thorac Surg* 1996, 61: 1030-1036.
  24. Greig AVH, Geh JLC, Khanduja V, Shibu M. Choice of flap for the management of deep sternal wound infection e an anatomical classification. *Plast Reconstr Surg* 2007, 60(4): 372-378.
  25. Sharma M, Fakhri MG, Berriel-Cass D et al. Harvest surgical site infection following coronary artery bypass grafting: risk factors, microbiology, and outcomes. *Am J Infect Control* 2009, 37(8): 653-657.
  26. Thomas TA, Taylor SM, Crane MM et al. An analysis of limb-threatening lower extremity wound complication after 1090 consecutive coronary artery bypass procedures. *Vasc Med* 1999, 4: 83-88.
  27. Figuerola-Tejerina A, Bustamante E, Tamayo E et al. Ability to predict the development of surgical site infection in cardiac surgery using the Australian Clinical Risk Index versus the National Nosocomial Infections Surveillance-derived Risk Index. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2017, 36(6): 1041-1046.
  28. Gudbjartsson T, Jeppsson A, Sjögren J et al. Sternal wound infections following open heart surgery - a review. *Scand Cardiovasc J* 2016, 50(5-6): 341-348.
  29. Gelijns AC, Moskowitz AJ, Acker MA et al. Cardiothoracic Surgical Trials Network (CTSNet). Management practices and major infections after cardiac surgery. *J Am Coll Cardiol* 2014, 64(4): 372-381.
  30. Robich MP, Sabik JF 3rd, Houghtaling PL et al. Prolonged effect of postoperative infectious complications on survival after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2015, 99(5): 1591-1599.
  31. Aghdassi SJS, Schröder C, Gastmeier P. Gender-related risk factors for surgical site infections. Results from 10 years of surveillance in Germany. *Antimicrob Resist Infect Control* 2019, 8: 95.
  32. Hosseinrezaei H, Rafiei H, Amiri M. Incidence and risk factors of sternal wound infection at site of incision after open-heart surgery. *J Wound Care* 2012, 21(8): 408-411.
  33. Abu-Omar Y, Kocher GJ, Bosco P et al. European Association for Cardio-Thoracic Surgery expert consensus statement on the prevention and management of mediastinitis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017, 51(1): 10-29.
  34. Serrano PE, Khuder SA, Fath JJ. Obesity as a risk factor for nosocomial infections in trauma patients. *J Am Coll Surg* 2010, 211(1): 61-67.
  35. Lu JC, Grayson AD, Jha P et al. Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003, 23(6): 943-949.
  36. de Oliveira Sá MPB, Soares EF, Santos CA et al. Risk factors for mediastinitis after coronary artery bypass grafting surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2011, 26(1): 27-35.
  37. Biancari F, Giordano S. Glycated Hemoglobin and the Risk of Sternal Wound Infection After Adult Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2019, 31(3): 465-467.
  38. Bryan CS, Yarbrough WM. Preventing deep wound infection after coronary artery bypass grafting: a review. *Tex Heart Inst J* 2013, 40(2): 125-139.
  39. Furnary AP, Wu YX. Clinical effects of hyperglycemia in the cardiac surgery population: the Portland Diabetic Project. *Endocr Pract* 2006, 12(Suppl 3): 22-26.
  40. Chen LF, Arduino JM, Sheng S et al. Epidemiology and outcome of major postoperative infections following cardiac surgery: risk factors and impact of pathogen type. *Am J Infect Control* 2012, 40(10): 963-968.
  41. Wertheim HF, Melles DC, Vos MC et al. The role of nasal carriage in *Staphylococcus aureus* infections. *Lancet Infect Dis* 2005, 5: 751-762.
  42. Tenover FC, McAllister S, Fosheim G et al. Characterization of *Staphylococcus aureus* isolates from nasal cultures collected from individuals in the United States in 2001 to 2004. *J Clin Microbiol* 2008, 46: 2837-2841.
  43. Muñoz P, Hortal J, Giannella M et al. Nasal carriage of *S. aureus* increases the risk of surgical site infection after major heart surgery. *J Hosp Infect* 2008, 68(1): 25-31.
  44. Mekontso-Dessap A, Kirsch M, Brun-Buisson C, Loisanche D. Poststernotomy mediastinitis due to *Staphylococcus aureus*: comparison of methicillin-resistant and methicillin-susceptible cases. *Clin Infect Dis* 2001, 32: 877-883.



45. Eagle KA, Guyton RA, Davidoff R et al. Update for coronary artery a report of the American college of cardiology/American heart association task force. *Communication* 2004, 110: 340.
46. Tom TS, Kruse MW, Reichman RT. Update: methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* screening and decolonization in cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2009, 88: 695-702.
47. Dodds Ashley ES, Carroll DN, Engemann JJ et al. Risk factors for postoperative mediastinitis due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Clin Infect Dis* 2004, 38: 1555-1560.
48. Nicholson MR, Huesman LA. Controlling the usage of intranasal mupirocin does impact the rate of *Staphylococcus aureus* deep sternal wound infections in cardiac surgery patients. *Am J Infect Control* 2006, 34(1): 44-48.
49. Combes A, Trouillet JL, Joly-Guillou ML et al. The impact of methicillin resistance on the outcome of poststernotomy mediastinitis due to *Staphylococcus aureus*. *Clin Infect Dis* 2004, 38(6): 822-829.
50. von Eiff C, Becker K, Machka K et al. Nasal carriage as a source of *Staphylococcus aureus* bacteremia. Study Group. *N Engl J Med* 2001, 344(1): 11-16.
51. Engelman R, Shahian D, Shemin R et al. The Society of Thoracic Surgeons Practice Guideline Series: Antibiotic Prophylaxis in Cardiac Surgery, Part II: Antibiotic Choice. *Ann Thorac Surg* 2007, 83: 1569-1576.
52. Carrier M, Marchand R, Auger P et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in a cardiac surgical unit. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002, 123(1): 40-44.
53. Walsh EE, Greene L, Kirshner R. Sustained reduction in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* wound infections after cardiothoracic surgery. *Arch Intern Med* 2011, 171(1): 68-73.
54. Nishi H, Mitsuno M, Tanaka H et al. Decreasing sternum microcirculation after harvesting the internal thoracic artery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011, 40(1): 240-244.
55. Dai C, Lu Z, Zhu H et al. Bilateral internal mammary artery grafting and risk of sternal wound infection: evidence from observational studies. *Ann Thorac Surg* 2013, 95(6): 1938-1945.
56. Itagaki S, Cavallaro P, Adams DH, Chikwe J. Bilateral internal mammary artery grafts, mortality and morbidity: an analysis of 1 526 360 coronary bypass operations. *Heart* 2013, 99(12): 849-853.
57. Kajimoto K, Yamamoto T, Amano A. Coronary artery bypass revascularization using bilateral internal thoracic arteries in diabetic patients: a systematic review and meta-analysis. *Ann Thorac Surg* 2015, 99(3): 1097-1104.
58. Gulack BC, Kirkwood KA, Shi w et al. Cardiothoracic Surgical Trials Network (CTSNet). Secondary surgical-site infection after coronary artery bypass grafting: A multi-institutional prospective cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018, 155(4): 1555-1562.
59. Friedman ND, Bull AL, Russo PL et al. An alternative scoring system to predict risk for surgical site infection complicating coronary artery bypass graft surgery. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007, 28(10): 1162-1168.
60. Shaikhrezai K, Robertson FL, Anderson SE et al. Does the number of wires used to close a sternotomy have an impact on deep sternal wound infection? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012, 15(2): 219-222.
61. Kreter B, Woods M. Antibiotic prophylaxis for cardiothoracic operations: Metaanalysis of thirty years of clinical trials. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992, 104: 590-599.
62. Fong IW, Baker CB, McKee DC. The value of prophylactic antibiotics in aortic-coronary bypass operations: a double-blind randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979: 908-913.
63. Kaiser AB, Petracek MR, Lea JW et al. Efficacy of cefazolin, cefamandole, and gentamicin as prophylactic agents in cardiac surgery. Results of a prospective, randomized, double-blind trial in 1030 patients. *Ann Surg* 1987, 206(6): 791-797.
64. Hillis LD, Smith PK, Anderson JL et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2011, 124(23): 2610-2642.
65. Mertz D, Johnstone J, Loeb M. Does duration of perioperative antibiotic prophylaxis matter in cardiac surgery? A systematic review and meta-analysis. *Ann Surg* 2011, 254(1): 48-54.
66. Kowalewski M, Pawlitzak W, Zaborowska K et al. Gentamicin-collagen sponge reduces the risk of sternal wound infections after heart surgery: Meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015, 149(6): 1631-1640.
67. Roy MC, Herwaldt LA, Embrey R et al. Does the Centers for Disease Control's NNIS system risk index stratify patients undergoing cardiothoracic operations by their risk of surgical-site infection? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000, 21(3): 186-190.
68. Gaynes RP Surgical-site infections and the NNIS SSI Risk Index: room for improvement. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000, 21(3): 184-185.
69. Chen LF, Anderson DJ, Kaye KS, Sexton DJ. Validating a 3-point prediction rule for surgical site infection after coronary artery bypass surgery. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2010, 31(1): 64-68.
70. Bustamante-Munguira J, Herrera-Gómez F, Ruiz-Álvarez M et al. A New Surgical Site Infection Risk Score: Infection Risk Index in Cardiac Surgery. *J Clin Med* 2019, 8(4): 480.
71. Sobczak S, Lelonek M. EuroSCORE II – nowy model oceny ryzyka operacyjnego u chorych kwalifikowanych do zabiegów kardiologicznych na tle dotychczas stosowanych. *Folia Cardiologica Excerpta* 2012, 7(3): 146-151.