

Ewelina Kocur<sup>1,2</sup>, Piotr Rozentryt<sup>3,4</sup>, Anna Głogowska-Gruszka<sup>3</sup>

## RISK FACTORS FOR SURGICAL SITE INFECTION IN PATIENTS AFTER IMPLANT-RELATED ORTHOPEDIC PROCEDURES

CZYNNIKI RYZYKA ZAKAŻENIA MIEJSCA OPEROWAENGO U CHORYCH PO  
ZABIEGACH ORTOPEDYCZNYCH ZWIĄZANYCH Z WSZCZEPIENIEM IMPLANTU

<sup>1</sup>Municipal Hospital in Zabrze, Zamkowa 4

Szpital Miejski w Zabrzu Sp. z o.o. ul. Zamkowa 4

<sup>2</sup>Faculty of Medical Sciences in Zabrze, University of Technology in Katowice

Wydział Nauk Medycznych im. Prof. Zbigniewa Religi w Zabrzu, Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach

<sup>3</sup>Department of Toxicology and Addictions, Faculty of Health Sciences in Bytom,  
Silesian Medical University in Katowice

Katedra Toksykologii i Uzależnień, Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu,  
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>4</sup>III Chair and Clinical Department of Cardiology, Silesian Center for Heart Diseases in Zabrze,  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9  
III Katedra i Kliniczny Oddział Kardiologii, Śląskie Centrum Chorób Serca w Zabrzu,  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 9

### ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Surgical site infections (SSIs) in patients undergoing orthopedic surgeries limit the success of the treatment, and implant-related infections are considered one of the most difficult complications for treatment (1). Controlling the SSI risk factors opens an opportunity for proper assessment of the risk of SSI and how difficult it can be to avoid infection.

**AIM OF THE STUDY.** Determination of factors associated with the risk of surgical site infection in patients undergoing orthopedic surgery.

**MATERIAL AND METHODS.** The work is based on a retrospective analysis of medical records of 4,314 patients undergoing orthopedic surgery in the traumatology and orthopedic surgery department of the City Hospital in Zabrze in 2014-2017.

**RESULTS.** Surgical site infection has been diagnosed in 187 (4.3%) patients. A number of significant predictors of SSI have been revealed: body mass index with a 9% increase in the risk of SSI for each increase in BMI by 5kg/m<sup>2</sup>, positive history of orthopedic and non-orthopedic procedures in the past, with an increase in risk by 32% and 14%, respectively, waiting time in the ward for surgery, with an increase in the risk of SSI by 19% for each extension of hospitalization by 5 days, planned procedure and implantation endoprosthesis compared to osteosynthesis increased the risk by 15% and 9%, respectively. The only significant factor reducing the risk of SSI was the increased consumption of hand disinfectant. Here, for every 10 ml of increased consumption of this preparation, the risk of SSI was reduced by 28%.

**CONCLUSIONS.** 1. The SSI risk is related to both factors that can be modified and factors that cannot be changed. 2. Promotion of hand disinfection among hospital staff should become a priority in the prevention of nosocomial infections in every healthcare facility.

**Keywords:** *risk factors, surgical site infection, orthopedic procedures*

### STRESZCZENIE

**WSTĘP.** Zakażenia miejsca operowanego (ZMO) u pacjentów chirurgii urazowo-ortopedycznej ograniczają powodzenie ich leczenia, a infekcje związane z implantem uznawane są za jedno z najtrudniejszych do leczenia

powikłań. Kontrola czynników ryzyka wystąpienia ZMO daje szansę właściwego szacowania ryzyka wystąpienia ZMO i uświadamia, jak bardzo trudne może być uniknięcie zakażenia.

**CEL PRACY.** Celem pracy było ustalenie czynników związanych z ryzykiem zakażenia miejsca operowanego u pacjentów poddanych zabiegowi ortopedycznemu.

**MATERIAŁ I METODY.** Praca opiera się na retrospektywnej analizie dokumentacji medycznej 4314 pacjentów poddanych zabiegowi ortopedycznemu w oddziale chirurgii urazowo-ortopedycznej Szpitala Miejskiego w Zabrze w latach 2014-2017.

**WYNIKI.** U 187 (4,3%) pacjentów rozpoznano zakażenie miejsca operowanego. Ujawniono szereg istotnych predyktorów ZMO: indeks masy ciała z 9% przyrostem ryzyka ZMO na każdy wzrost BMI o 5 kg/m<sup>2</sup>, pozytywny wywiad zabiegów ortopedycznych i nieortopedycznych w przeszłości ze wzrostem ryzyka odpowiednio o 32% i 14%, czas oczekiwania w oddziale na zabieg ze wzrostem ryzyka ZMO o 19% na każde wydłużenie hospitalizacji o 5 dni, tryb planowy zabiegu jak i zabieg wszczepienia endoprotezy w porównaniu do osteosyn-tezy zwiększał ryzyko odpowiednio o 15% i 9%. Jedynym istotnym czynnikiem zmniejszającym ryzyko ZMO okazało się zwiększone zużycie środka do dezynfekcji dłoni przez personel oddziału. Na każde 10 ml zwiększonego zużycia tego preparatu, ryzyko ZMO zmniejszało się o 28%.

**WNIOSKI.** 1. Ryzyko ZMO związane jest zarówno z czynnikami poddającymi się modyfikacji, jak i czynnikami nie dającymi się zmieniać. 2. Promocja dezynfekcji dłoni wśród pracowników szpitala powinna stać się priorytetem programu zapobiegania zakażeniom szpitalnym w każdej placówce ochrony zdrowia.

**Słowa kluczowe:** *czynniki ryzyka, zakażenie miejsca operowanego, zabiegi ortopedyczne*

## INTRODUCTION

Surgical site infections (SSIs) in patients undergoing orthopedic surgeries limit the success of the treatment, and implant-related infections are considered one of the most difficult complications for treatment (1).

One of the priorities of modern medicine is the prevention of hospital (noscomial) infections. It is understood as an active and effective prophylaxis that reduces the risk of patients' developing infections. In order to efficiently implement preventive measures, the knowledge gathered based on the observance of infections developing within a given hospital is an essential thing.

Risk assessment should be conducted both in terms of hospital-induced risk factors and those on the part of the patient admitted to the hospital. Only the global estimation of risk based on many sources increases the chance of a proper assessment of the risk of infection and shows how difficult it can be to avoid it.

Estimating the risk of surgical site infection has deep medical and ethical justification according to the principle formulated by Sophocles that "Treatment should not be worse than the disease itself." In the PhD dissertation titled *Risk factors for surgical site infection in patients after selected orthopedic procedures* which was the basis for this publication, the risk of infection due to patient and hospital-induced factors was assessed.

## WSTĘP

Zakażenia miejsca operowanego (ZMO) u pacjentów chirurgii urazowo-ortopedycznej ograniczają powodzenie ich leczenia, a infekcje związane z implantem uznawane są za jedno z najtrudniejszych do leczenia powikłań (1).

Jednym z priorytetów współczesnej medycyny jest nadzór nad zakażeniami szpitalnymi. Rozumiany jest on jako aktywna i skuteczna profilaktyka skutkująca ograniczeniem ryzyka rozwoju zakażeń u pacjentów. Do sprawnego wprowadzania działań zapobiegawczych niezbędna jest wiedza zgromadzona na podstawie obserwacji zakażeń występujących w danym szpitalu.

Ocena ryzyka powinna być prowadzona zarówno w zakresie czynników ryzyka występujących po stronie szpitala, jak i obciążających pacjenta przyjmowanego do szpitala. Dopiero globalne szacowanie ryzyka oparte na wielu źródłach zwiększa szansę na właściwą ocenę ryzyka wystąpienia zakażenia i uświadamia, jak bardzo trudne może być jego uniknięcie.

Szacowanie ryzyka zakażenia miejsca operowanego ma głębokie uzasadnienie medyczne i etyczne, w imię zasady sformułowanej przez Sofoklesa, że „Leczenie nie powinno być gorsze od samej choroby.” W rozprawie doktorskiej o tytule *Czynniki ryzyka zakażenia miejsca operowanego u chorych po wybranych zabiegach ortopedycznych*, na podstawie której powstała niniejsza publikacja, oszacowano ryzyko zakażenia związanego z czynnikami ryzyka po stronie pacjenta i szpitala.

## THE AIM OF THE STUDY

The aim of the study was to determine the factors associated with the risk of surgical site infection in patients undergoing orthopedic surgery.

## MATERIALS AND METHODS

The work is based on a retrospective analysis of the medical records of patients who underwent orthopedic surgery in the Trauma and Orthopaedic Surgery Ward of the City Hospital in Zabrze in 2014-2017. The risk factors and circumstances that may be related to the infection of the operated site were have been analyzed.

The following criteria for including patients in the study group were adopted: age above 18 years, foreign body implantation (artificial joint element or anastomosis), follow-up visit at the hospital's clinic of traumatology and orthopaedics up to one year from the date of the surgery. The final study group involved 4,314 people (1,786 patients after arthroplasty and 2,528 patients after osteosynthesis).

The criteria for diagnosing SSIs have been consistent with the guidelines proposed by the European Center for Disease Prevention and Control (ECDC) (2).

Two groups of patients were created: group A were patients with SSI and group B were patients without SSI.

Patient-related risk factors such as age, sex, body mass index (BMI), comorbidities presented as the sum of all recognized chronic diseases, including addictions such as the use of nicotine or alcohol, have been analyzed, and the sum is further referred to as the overall burden of chronic diseases (Polish: COChP) and independently as a Charlson comorbidity index (3). Additionally, the study included the presence of inflammation on admission to hospital as represented by CRP and ESR indexes as well as the number of previous orthopedic and non-orthopedic surgeries.

The risk factors for the hospital have also been analyzed. The duration of the pre-operative hospitalization, the mode of the procedure (urgent vs planned), the type of surgery (endoprosthesis vs osteosynthesis), the type of patient's anesthesia (general endotracheal, SAB, regional and local), duration of the surgery, experience of the operator performing the procedure, day of performing the procedure (Monday-Friday vs Saturday-Sunday) and using the preparation for hand disinfection in the trauma and orthopedic surgery department.

Qualitative variables are presented in the study as a percentage. The distribution of numerical variables was analyzed using the Shapiro-Wilk test.

## CEL PRACY

Ustalenie czynników związanych z ryzykiem zakażenia miejsca operowanego u pacjentów poddanych zabiegowi ortopedycznemu.

## MATERIAŁ I METODY

Praca opiera się na retrospektywnej analizie dokumentacji chorych poddanych w latach 2014-2017 zabiegowi ortopedycznemu w oddziale chirurgii urazowo-ortopedycznej Szpitala Miejskiego w Zabrzu. Analizie poddano czynniki ryzyka i okoliczności mogące pozostawać w związku z zakażeniem miejsca operowanego.

Przyjęto następujące kryteria włączenia pacjentów do grupy badanej: wiek powyżej 18 roku życia, wszczepienie ciała obcego (sztuczny element stawu lub zespolenia), odbycie wizyty kontrolnej w przyszpitalnej poradni urazowo-ortopedycznej do roku od daty przebytego zabiegu. Ostateczną grupę badaną stanowiło 4314 osób (1786 pacjentów po zabiegu endoprotezoplastyki i 2528 pacjentów po zabiegu osteosyntezy).

Kryteria rozpoznania ZMO były zgodne z definicją przypadku ZMO przyjętą do stosowania w nadzorze przez European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (2).

Utworzono 2 grupy pacjentów: grupę A stanowili pacjenci u których wystąpiło ZMO, a grupę B utworzyli chorzy bez ZMO.

Analizie poddano czynniki ryzyka związane z pacjentem, takie jak: wiek, płeć, wskaźnik masy ciała (BMI), choroby współistniejące przedstawione jako suma wszystkich rozpoznanych chorób przewlekłych łącznie ze stosowaniem używek takich jak nikotyna czy alkohol, w dalszej części opracowania określana jako całkowite obciążenie chorobami przewlekłymi (COChP) i niezależnie od tego jako indeks współchorobowości Charlsona (3). Dodatkowo uwzględniono obecność stanu zapalnego w dniu przyjęcia do szpitala reprezentowanego wartościami CRP i OB oraz liczbę wcześniejszych zabiegów ortopedycznych i nieortopedycznych.

Poddano także analizie czynniki ryzyka dotyczące szpitala. Uwzględniono czas trwania hospitalizacji przed zabiegiem operacyjnym, tryb wykonania zabiegu (pilny vs. planowy), rodzaj zabiegu (endoproteza vs. osteosynteza), rodzaj znieczulenia pacjenta (ogólne dołchawicze, podpajęczynówkowe, regionalne i miejscowe), czas trwania zabiegu operacyjnego, staż operatora przeprowadzającego zabieg, dzień wykonania zabiegu (poniedziałek-piątek vs. sobota-niedziela) oraz zużycie preparatu do dezynfekcji dłoni w oddziale chirurgii urazowo-ortopedycznej. Dane dotyczące zużycia preparatu do dezynfekcji dłoni (w przeliczeniu na pacjenta) pochodziły z programu monitorowania „Higiena rąk to

In the case of variables meeting the criteria of normal distribution, they are presented in the description as mean  $\pm$  standard deviation. For variables with a distribution not meeting this particular criterion, the description of the variables includes the value of the median and the values of the lower and upper quartiles.

Comparisons of variables between groups A and B have been made with the use of the Whitney-Mann test for numerical variables and the  $\chi^2$  test for categorical variables.

In order to illustrate the probability of SSI occurrence in various groups of patients, the Kaplan-Meier analysis was performed at a further stage. The analysis took into account the time to the onset of SSI or the end of the annual follow-up. The analysis was performed for all dichotomous variables, for qualitative non-dichotomous variables and for quantitative variables, after their division (according to mean values) into sets with values below and greater than or equal to the means. Kaplan Meier curves were compared using the log-rank test.

The next step was a one-way analysis of the relationship between the occurrence of SSI and the examined characteristics of the patients. The analysis used the logistic regression method, in which the variable explained by this occurrence (or lack thereof) of SSI in one-year follow-up, and the explanatory variable was the patient's trait.

To reduce errors resulting from a small number of cases for a given variable, only parameters for which the number of cases exceeded 40 were included in the univariate analysis. Variables for which the p value in the univariate analysis was lower than 0.1 were subjected to multivariate analysis. This analysis was repeated three times. In the first place, the only explanatory variable involved in the multivariate analysis was COChP, the Charlson index and the presence of some diseases important in the multivariate analysis have been neglected. In the second step, the analysis was performed using only the Charlson index, disregarding the COChP, and in the third step, only for single diseases significant in multivariate analysis, excluding the Charlson index and COChP.

All statistical tests were performed at the significance level of  $\alpha = 0.05$  (two-tailed). The results where the p value of the tests was  $\leq 0.05$  were considered significant. Statistical analyzes were performed using the Statistica v13 software provided by StatSoft Polska.

bezpieczna opieka” pod patronatem Centrum Monitorowania Jakości w Krakowie, do którego szpital przystąpił w 2013 r.

Zmienne jakościowe przedstawiono w opracowaniu jako procent. Rozkład zmiennych liczbowych został poddany analizie za pomocą testu Shapiro-Wilka. W przypadku zmiennych spełniających kryteria rozkładu normalnego, w opisie przedstawiono je jako średnie  $\pm$  odchylenie standardowe. Dla zmiennych o rozkładzie nie spełniającym tego kryterium, w opisie zmiennych podano wartość mediany oraz wartości dolnego i górnego kwartyla.

Porównania zmiennych między grupą A i B dokonywano z wykorzystaniem testu Whitneya-Manna dla zmiennych liczbowych i testu  $\chi^2$  w przypadku zmiennych jakościowych.

Dla zobrazowania prawdopodobieństwa pojawiania się ZMO w różnych grupach chorych w dalszym etapie przeprowadzono analizę Kaplana-Meiera. W analizie tej brano pod uwagę czas do wystąpienia ZMO lub zakończenia rocznej obserwacji. Analizę przeprowadzono dla wszystkich zmiennych dychotomicznych, dla zmiennych jakościowych niedychotomicznych oraz dla zmiennych ilościowych, po ich podziale względem median na zbiory o wartościach poniżej oraz większe lub równe ich medianom. Krzywe Kaplana Meiera porównano z wykorzystaniem testu log-rang.

Kolejnym krokiem była jednoczynnikowa analiza związku pomiędzy wystąpieniem ZMO, a badanymi cechami chorych. W analizie wykorzystano metodę regresji logistycznej, w której zmienna wyjaśniana to wystąpienie (lub nie) ZMO w obserwacji jednorocznej, a wyjaśniającą była badana cecha chorego.

Dla ograniczenia błędów wynikających z małej liczby przypadków dla danej zmiennej, do analizy jednoczynnikowej włączono jedynie parametry, dla których liczba przypadków przekraczała 40. Zmienne, dla których w analizie jednoczynnikowej wartość p była mniejsza od 0,1, poddano analizie wieloczynnikowej. Analizę taką powtórzono trzykrotnie. W pierwszym kroku, do analizy wieloczynnikowej włączono jako zmienną wyjaśniającą jedynie COChP, pomijając indeks Charlsona i obecność niektórych chorób istotnych w analizie wieloczynnikowej. W drugim kroku, analizę przeprowadzono jedynie z wykorzystaniem indeksu Charlsona, wyłączając COChP, a w trzecim jedynie dla pojedynczych chorób istotnych w analizie wieloczynnikowej, wyłączając indeks Charlsona i COChP.

Wszystkie testy statystyczne zostały przeprowadzone na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  (dwustronnie). Za istotne uznano wyniki, w których wartość p testów była  $\leq 0,05$ . Analizy statystyczne przeprowadzono przy pomocy oprogramowania Statistica v13 dostarczonego przez firmę StatSoft Polska.

## RESULTS

## WYNIKI

In the study group of 4,314 patients, 187 (4.3%) SSIs have been diagnosed. The comparison of the groups of studied patients allowed for documenting the existence of certain differences between these groups. Patients with SSIs had a higher body mass index ( $p < 0.0001$ ). Higher ESR ( $p < 0.0001$ ) and CRP ( $p < 0.0001$ ), more often suffered from diabetes ( $p < 0.0001$ ), kidney disease ( $p < 0.0001$ ) and cardiovascular disease ( $p < 0.0001$ ), more frequent hypercholesterolaemia ( $p < 0.0001$ ),

W badanej grupie 4314 pacjentów rozpoznano 187 (4,3%) ZMO. Porównanie grup badanych pacjentów pozwoliło udokumentować istnienie różnic między tymi grupami. Pacjenci z ZMO mieli wyższy indeks masy ciała ( $p < 0,0001$ ), wyższe OB ( $p < 0,0001$ ) i CRP ( $p < 0,0001$ ), częściej chorowali na cukrzycę ( $p < 0,0001$ ), choroby nerek ( $p < 0,0001$ ) i choroby układu krążenia ( $p < 0,0001$ ), częściej występowała hipercholesterolemia ( $p < 0,0001$ ), nadciśnienie tętnicze ( $p < 0,0001$ ) oraz

Table I. Comparison of patient-related risk factors in the group with and without SSI

Tabela. I Porównanie czynników ryzyka zależnych od pacjenta w grupie z ZMO i bez ZMO

Tested feature		Group A SSI (N=187)	Group B Without SSI (N = 4127)	Significance A vs B
Age [years]		62.3 ± 15.2	60.8 ± 17.6	0.50
Gender [n /% of the women]		98 / 52.4	2406 / 58.3	0.11
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]		29.1 ± 5.1	27.7 ± 5.1	<0.0001
BMI Categories # [%]		1.6/22.0/34.2/42.2	0.8/31.0/40.1/28.1	0.0005
ESR result [mm / h]		22.0 [12.0;46.0]	18.6 [7.0;24.0]	<0.0001
CRP result [mg / L]		14.9 [1.5;15.2]	6.4 [0.9;5.6]	< 0.0001
CRP result ≥5 mg/L [n/ %]		44 / 23.5	732 / 17.7	0.76
Previous surgical procedures [N /%]	Orthopedic procedures	70 / 37.4	408 / 9.9	<0.0001
	Surgical procedures	56 / 29.9	546 / 13.2	<0.0001
	Gynecological procedures	14 / 7.5	176 / 4.3	0.04
	Cardiological procedures	11 / 5.9	155 / 3.7	0.12
	Ophthalmic procedures	3 / 1.6	49 / 1.2	0.63
	laryngological procedures	3 / 1.6	33 / 0.8	0.24
	Urological procedures	3 / 1.6	26 / 0.6	0.09
	Thoracic procedures	1 / 0.5	3 / 0.1	0.12
Groups of comorbidities and metabolic diseases [N /%]	Hypertension	99 / 52.9	1251 / 30.3	<0.0001
	Cardiovascular diseases	45 / 24.1	513 / 12.4	< 0.0001
	Diabetes	49 / 26.2	396 / 9.6	< 0.0001
	Tobacco abuse	47 / 25.1	382 / 9.2	< 0.0001
	Hypercholesterolemia	48 / 25.7	365 / 8.8	< 0.0001
	Thyroid diseases	12 / 6.4	283 / 6.8	0.81
	Diseases of the locomotor system	31 / 16.6	263 / 6.4	< 0.0001
	Diseases of the central nervous system	22 / 11.8	256 / 6.2	0.002
	Renal diseases	32 / 17.1	198 / 4.8	< 0.0001
	Diseases of the digestive tract	19 / 10.2	170 / 4.1	< 0.0001
	Pulmonary diseases	16 / 8.5	143 / 3.5	0.0003
	Infectious diseases	18 / 9.6	140 / 3.4	< 0.0001
	Diseases of the venous system	16 / 8.5	122 / 2.9	< 0.0001
	Alcoholism	15 / 8.0	123 / 3.0	0.0001
	Cancers	15 / 8.0	93 / 2.2	< 0.0001
	Eye diseases	10 / 5.3	77 / 1.9	0.0009
Skin diseases	9 / 4.8	57 / 1.4	0.0002	

n - number

# - BMI classes / < 18.5 kg/m<sup>2</sup> / ≥18.5 kg/m<sup>2</sup> < 25 kg/m<sup>2</sup> / ≥ 25 kg/m<sup>2</sup> < 30 kg/m<sup>2</sup> / ≥ 30 kg/m<sup>2</sup> /

hypertension ( $p < 0.0001$ ) and nicotine use ( $p < 0.0001$ ). Also venous diseases ( $p < 0.0001$ ), neoplasms ( $p < 0.0001$ ) and infectious diseases ( $p < 0.0001$ ) (Table I).

One or more chronic diseases was reported in 169 (90.4%) patients with SSIs vs 2,208 (53.5%) patients without SSIs. The mean burden of additional disease was greater in the SSI group ( $p < 0.0001$ ). Charlson's comorbidity index was also higher in the SSI group

nikotynizm ( $p < 0,0001$ ). Także choroby układu żylnego ( $p < 0,0001$ ), nowotwory ( $p < 0,0001$ ) oraz choroby zakaźne ( $p < 0,0001$ ) (Tab. I). Chorobami zakaźnymi stwierdzonymi przy przyjęciu do szpitala były: borelioza, zakażenie wirusem HIV, HBV, HCV, posocznica, gruźlica, próchnica zębów.

Jedna lub więcej chorób przewlekłych obciążały 169 (90,4%) pacjentów z ZMO vs. 2208 (53,5%) pa-

Table II. Average burden of chronic comorbidities and past surgical procedures within each group

Tabela II. Średnie obciążenie przewlekłymi chorobami towarzyszącymi i zabiegami operacyjnymi w przeszłości w poszczególnych grupach

Chronic comorbidities and surgery in the interview		Group A SSI (N=187)	Group B Without SSI (N = 4127)	Significance A vs B
COChP in a single patient [n / %]	0	18 / 9.6	1919 / 46.5	0.002
	1	34 / 18.2	831 / 20.1	0.79
	2	43 / 23.0	642 / 15.5	0.20
	3 or more	92 / 49.2	735 / 17.8	< 0.0001
COChP [number per person]		2.0 [1.0;4.0]	1.0 [0.0;2.0]	< 0.0001
Charlson index [points]		5.0 [2.0;7.0]	3.0 [1.0;5.0]	< 0.0001
Number of surgeries performed in a single patient [n / %]	0	90 / 48.1	3181 / 77.1	< 0.0001
	1	58 / 31.0	631 / 15.3	< 0.0001
	2	22 / 11.8	222 / 5.3	0.0002
	3 and more	17 / 9.1	93 / 2.2	0.0002
Average past surgery burden [number per person]		0.9 ± 1.1	0.3 ± 0.7	< 0.0001
Average past surgery burden [number per person]		0.310 ± 0.46	0.087 ± 0.28	< 0.0001
Average burden of past non-orthopedic procedures [number per person]		0.321 ± 0.47	0.172 ± 0.38	< 0.0001

Table III. Comparison of risk factors dependent on the hospital in patients from the distinguished groups

Tabela III. Porównanie czynników ryzyka zależnych od szpitala u chorych z wyróżnionych grup

Tested feature	Group A SSI (N=187)	Group B Without SSI (N = 4127)	Significance A vs B
Time in the ward before surgery [days]	4.7 ± 5.0	3.2 ± 3.0	0.0002
Alcohol-based handrub consumption [ml/patient]	61.8 ± 8.5	59.4 ± 8.9	0.0005
Operator's experience [years]	22.7 ± 12.4	21.7 ± 13.1	0.07
Operator's experience <5 years [n / %]	5 / 2.7	159 / 3.9	0.91
Operator's experience <5 years [n / %]	36 / 19.2	770 / 18.6	0.84
Treatment mode [n / % of emergencies]	93 / 49.7	2516 / 61.0	0.002
Procedure type [n / % arthroplasty]	104 / 55.6	1682 / 40.8	< 0.0001
Emergency arthroplasty [n / %]	10 / 5.3	76 / 1.8	0.007
Period of the procedure – S-n [n / %]	13 / 7.0	235 / 5.7	0.49
Type of anesthesia # [%]	35.8 / 62.1 / 1.6 / 0.5	17.8 / 65.6 / 15.3 / 1.3	< 0.0001
Treatment time [minutes]	100.0 [75.0;120.0]	85.0 [60.0;110.0]	< 0.0001

n – number

S-n – a treatment performed on Saturday or Sunday,

# – type of anesthesia / general endotracheal / subarachnoid / segmental, intravenous / local /

( $p < 0.0001$ ). This index allows for an estimate of the ten-year survival rate. The chances of surviving this period were lower in the SSI group. The patients with SSI, more often than in case of patients without SSI, had previous orthopedic ( $p < 0.0001$ ) and surgical ( $p < 0.0001$ ) operations (Table II).

Patients in the SSI group waited longer in the hospital for surgery ( $p < 0.01$ ). The procedure in patients who developed surgical site infection was less often the emergency procedure ( $p < 0.01$ ). Endoprosthesis was the procedure performed more frequently in the SSI group ( $p < 0.0001$ ). In the group of patients who developed a surgical site infection, the duration of the surgery was longer ( $p < 0.0001$ ). General endotracheal anesthesia was used more frequently in SSI patients ( $p < 0.0001$ ) (Table III).

**The likelihood of SSI occurrence in selected subgroups of patients - Kaplan-Meier analysis.** Kaplan-Meier analysis showed significant differences between the patients involved in the study. The likelihood of a SSI-free course was decreased in patients with higher BMI, but the risk is especially pronounced in obese patients with a BMI  $> 30 \text{ kg/m}^2$  (Fig.1).

The more chronic comorbidities a patient had, the more likely SSIs were to develop, and a similar relationship also applied to increasing Charlson index numbers (Fig.2).

The surgical procedures performed in the past and their number were also associated with a higher probability of the occurrence of SSI (Fig.3). The type of previously performed treatments was also important here. The clinical course was worse in

patients without ZMO. Średnie obciążenie dodatkowymi chorobami było większe w grupie z ZMO ( $p < 0,0001$ ). Indeks współchorobowości Charlsona także był większy w grupie z ZMO ( $p < 0,0001$ ). Indeks ten pozwala na dokonanie szacunkowej oceny przeżywalności okresu dziesięcioletniego. Szanse na przeżycie tego okresu były mniejsze w grupie z ZMO. Grupa pacjentów z ZMO częściej niż grupa pacjentów bez ZMO, była obciążona wcześniejszymi operacjami ortopedycznymi ( $p < 0,0001$ ) oraz chirurgicznymi ( $p < 0,0001$ ) (Tab. II).

Pacjenci w grupie z ZMO dłużej oczekiwali w szpitalu na wykonanie zabiegu operacyjnego ( $p < 0,01$ ). Tryb zabiegu u pacjentów, u których wystąpiło zakażenie miejsca operacyjnego rzadziej był trybem nagłym ( $p < 0,01$ ). Endoprotezoplastyka była zabiegiem częściej wykonywanym w grupie z ZMO ( $p < 0,0001$ ). W grupie pacjentów u których wystąpiło zakażenie miejsca operowanego czas zabiegu operacyjnego był dłuższy ( $p < 0,0001$ ). U pacjentów z ZMO częściej stosowano znieczulenie ogólne dotchawicze ( $p < 0,0001$ ) (Tab. III).

**Prawdopodobieństwo wystąpienia ZMO w wyróżnionych podgrupach chorych – analiza Kaplana-Meiera.** Analiza Kaplana-Meiera pozwoliła wykazać istotne różnice pomiędzy badanymi chorymi. Prawdopodobieństwo przebiegu wolnego od ZMO zmniejszało się u pacjentów z wyższym BMI, ale ryzyko to uwiadcza się szczególnie wyraźnie u pacjentów z otyłością i BMI  $> 30 \text{ kg/m}^2$  (Ryc.1).

Im więcej przewlekłych chorób towarzyszących występowało u pacjenta, tym większe było prawdopodobieństwo wystąpienia ZMO, podobna zależność odnosiła się także do rosnących wartości indeksu Charlsona (Ryc.2).

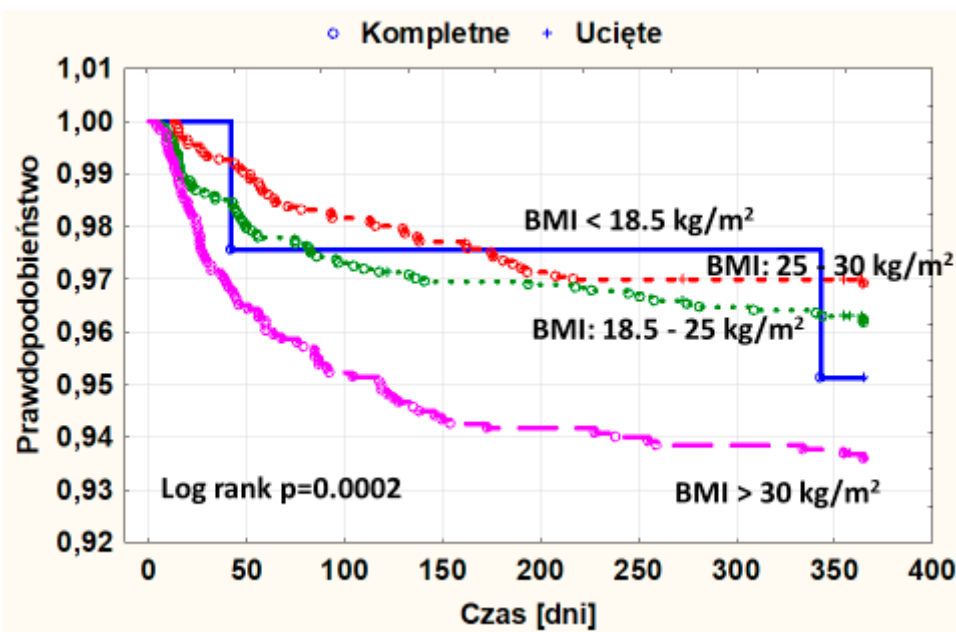


Figure 1. Cumulative probability of a clinical course without SSI in relation to the BMI classes of patients  
Rycina 1. Skumulowane prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO w relacji do klas BMI chorych

patients after orthopedic procedures than in case of non-orthopedic procedures. The highest risk was seen in patients after both types of these procedures. Arthroplasty decreased the likelihood of not developing SSI as compared to osteosynthesis.

Patients with CRP results equal to or greater than 5 mg/dl on admission to the hospital had a worse clinical course up to one year after the procedure. Similarly, in patients with elevated ESR scores (relative to the median  $\geq 14$  mm/h), the likelihood of a not developing SSI was reduced.

Wykonane w przeszłości zabiegi operacyjne oraz ich liczba również wiązały się z większym prawdopodobieństwem wystąpienia ZMO (Ryc.3). Także rodzaj wykonywanych wcześniej zabiegów miał tutaj znaczenie. Gorszy przebieg kliniczny dotyczył chorych po zabiegach ortopedycznych niż zabiegach nieortopedycznych. Największe ryzyko obserwowano u pacjentów po obu typach tych zabiegów. Zabieg endoprotezoplastyki zmniejszał prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO w porównaniu do zabiegu osteosyntezy.

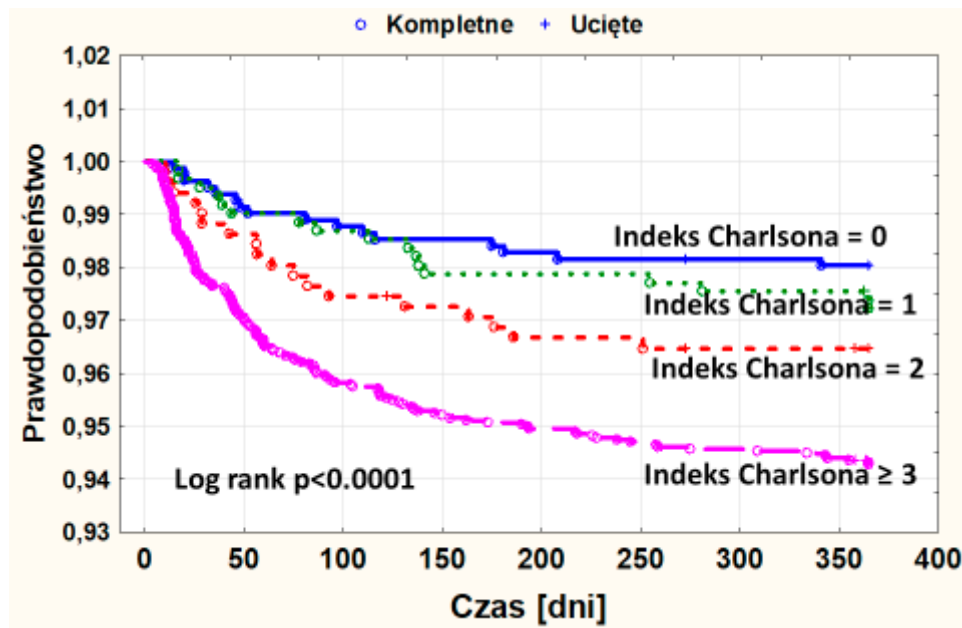


Figure 2. Cumulative probability of a clinical course without SSI in relation to the Charlson index  
Rycina 2. Skumulowane prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO w relacji do indeksu Charlsona

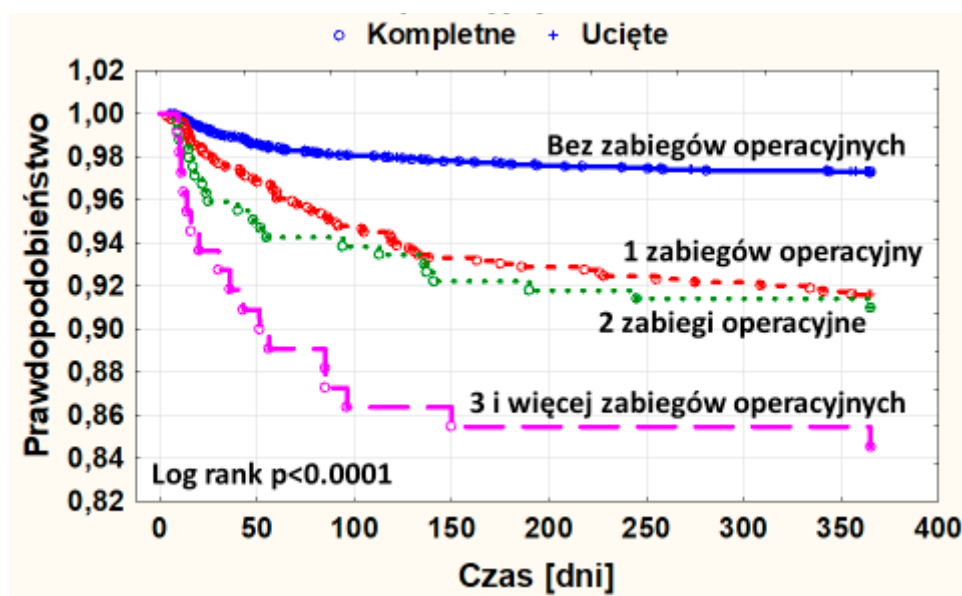


Figure 3. Cumulative probability of a clinical course without SSI in relation to the number of previous surgical procedures  
Rycina 3. Skumulowane prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO w relacji do liczby wcześniejszych zabiegów operacyjnych



Patients who stayed in hospital longer before surgery had a higher risk of SSI compared with patients who stayed shorter (compared to the mean values). The scheduled procedure of the procedure increased the risk of SSI up to a year following the procedure.

The probability of a complication-free course decreased when the ward staff used less than 64 ml of the disinfectant per patient for hand disinfection (Table IV).

The time of the surgery also influenced the clinical course and the risk of SSI, which increased when the procedure lasted 85 minutes or more. The patients who were anesthetized for surgery using the intravenous and local method were most likely not to develop SSI. The likelihood of not developing SSI

U pacjentów, u których przy przyjęciu do szpitala wyniki badania CRP były równe lub większe od 5mg/dl zauważono gorszy przebieg kliniczny do roku od zabiegu. Podobnie u pacjentów z podwyższonymi wynikami OB (względem mediany  $\geq 14$ mm/h) prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO malało.

Pacjenci dłużej przebywający w szpitalu przed zabiegiem operacyjnym mieli większe ryzyko wystąpienia ZMO, w porównaniu do pacjentów przebywających krócej (względem mediany). Planowy tryb wykonania zabiegu zwiększał ryzyko wystąpienia ZMO w czasie do roku od zabiegu.

Prawdopodobieństwo przebiegu wolnego od powikłania zmniejszało się, gdy pracownicy oddziału zużywali do dezynfekcji dłoni mniej niż 64 ml preparatu dezynfekcyjnego na jednego pacjenta (Tab. IV).

Table IV. Annual SSI trends in the orthopedic surgery department and disinfectant consumption trends in this department and in the entire hospital

Tabela IV. Roczne trendy ZMO w oddziale chirurgii urazowo-ortopedycznej oraz trendy zużycia preparatu dezynfekcyjnego w tym oddziale oraz w całym szpitalu

Year		2014	2015	2016	2017	2018
SSI in the orthopedic surgery department [Number]		50	42	31	43	21
branch traumatic- orthopedic	Volume of disinfectant used [ml / patient]	48	55	72	64	69
	Volume of disinfectant used [L / 1000 person-days]	6.59	7.74	10.15	8.82	10.93
The entire hospital	Volume of disinfectant used [ml / patient]	98	101	94	96	102
	Volume of disinfectant used [L / 1000 person-days]	13.91	15.89	15.69	15.26	16.84

decreases under SAB, and the risk is particularly evident in patients undergoing general endotracheal anesthesia.

**The risk of SSI - univariate and multivariate analysis.** The univariate analysis revealed a number of significant predictors of SSI. They turned out to be a body mass index with a 9% increase in the risk of SSI for each increase in BMI by 5 kg/m<sup>2</sup>, ESR, similarly with a 9% increase in risk for each acceleration of sedimentation rate by 10 mm, CRP, with an increase in the risk of SSI by 4% for each increase in CRP index by 5 mg/dL, a positive history of orthopedic and independently non-orthopedic procedures in the past, with a 32% and 14% increase in risk, respectively. Moreover, in the analysis in question, a significant risk predictor was the time the patient expected for a surgery in the orthopedics ward, increasing the risk of SSI by 19% for each extension of hospitalization by 5 days. In this analysis, the risk factors of SSI also turned out to be the planned procedure and the procedure of endoprosthesis implantation compared to osteosynthesis, increasing the risk by 15% and 9%, respectively. The mode of anesthesia, from the least invasive to general anesthesia, and the duration of the procedure increased the probability of infection

Czas zabiegu operacyjnego także miał wpływ na przebieg kliniczny i ryzyko wystąpienia ZMO, które zwiększało się, gdy zabieg trwał 85 i więcej minut. Największe prawdopodobieństwo przebiegu klinicznego bez ZMO mieli pacjenci znieczulani do zabiegu metodą dożylną i miejscową. Prawdopodobieństwo przebiegu bez ZMO maleje w znieczuleniu podpajęczynówkowym, a ryzyko to uwidacznia się szczególnie wyraźnie u pacjentów znieczulanych ogólnie dotchawiczo.

**Ryzyko wystąpienia ZMO – analiza jedno- i wieloczynnikowa.** W analizie jednoczynnikowej ujawniono szereg istotnych predyktorów ZMO. Okazały się nimi indeks masy ciała z 9% przyrostem ryzyka ZMO na każdy wzrost BMI o 5 kg/m<sup>2</sup>; OB, podobnie z 9% przyrostem ryzyka na każde przyspieszenie jego opadu o 10 mm; CRP, ze wzrostem ryzyka ZMO o 4% na każdy przyrost stężenia o 5 mg/dL; pozytywny wywiad zabiegów ortopedycznych i niezależnie nieortopedycznych w przeszłości, ze wzrostem ryzyka odpowiednio o 32% i 14%. Ponadto, w analizie tej istotnym predyktorem ryzyka okazał się czas oczekiwania na zabieg na oddziale ortopedii, zwiększając ryzyko ZMO o 19% na każde wydłużenie hospitalizacji o 5 dni. Czynniki ryzyka ZMO w tej analizie okazały się także tryb planowy zabiegu, jak i zabieg wszczepienia endoprotezy

complication, and the scale of this risk was more than twofold in the case of more and more invasive types of anesthesia and 2% in the case of extending the procedure time by every 10 minutes.

The only significant factor reducing the risk of SSI was increased disinfectant consumption in the multivariate analysis. Here, for every 10 ml of increased consumption of this preparation, the risk of SSI was reduced by 28%.

Very strong single-factor SSI predictors were also disease burden and indices aggregating differentiated burden. Thus, the presence of metabolic burdens such as hypercholesterolaemia, hypertension, and type 2 diabetes increases the probability of SSI by 3.6 times, 2.6 times and 3.4 times, respectively. Other illnesses also increase the likelihood of developing SSI. Cardiovascular disease, kidney disease and nicotine use increase the risk of SSI by 2.2-fold, 4.1-fold and 3.3-fold, respectively. In univariate analysis, the probability of SSI is also related to the C-OPHP and the Charlston index. In the first case, this risk increases by 20%, and in the second – by 7% for every unit of increasing the burden or index.

The multivariate analyses carried out at a later stage made it possible to identify factors related to the SSI risk, irrespective of others. Factors significantly associated with the risk of SSI in all 3 models are: ESR, which indicated, depending on the model, an increase in risk from 3 to 13% for each acceleration of the red blood cell sedimentation rate by 10 mm, orthopedic surgery performed prior to the surgery in question, which increased the risk of SSI by 26 to 76%, time spent in the orthopedic department before surgery, with an increased risk from 9% to 18%, a more invasive method of anesthesia, which increased the likelihood of SSI by about 200% compared to the least burdensome anesthesia, and increased consumption of the disinfectant, which reduced the likelihood of SSI from 14% to 28%.

In the case of using aggregated indices, their unit increase was associated with an increased probability of SSI by 40% for COChP and by 21% for the Charlston index. The use of single pathologies in place of integrated indices revealed a relationship with the emergence of SSI, hypercholesterolaemia, arterial hypertension, type 2 diabetes, kidney disease and smoking addiction, which independently increased the risk of an infectious complication by 47%, 14%, 17%, 42%, respectively and 87%.

## DISCUSSION

According to Parvizi et al. (4) infections around the originally performed hip replacement constitute 2% of the procedures performed. In turn, complications

w porównaniu do osteosyntezy, zwiększając to ryzyko odpowiednio o 15% i 9%. Tryb znieczulenia od najmniej inwazyjnego, po znieczulenie ogólne oraz czas trwania zabiegu zwiększały prawdopodobieństwo powikłania zakażeniem, a skala tego ryzyka wyrażała się przyrostem ponad dwukrotnym, w przypadku coraz bardziej inwazyjnych rodzajów znieczulenia i 2% w przypadku wydłużania się czasu zabiegu o każde 10 minut.

Jedynym istotnym czynnikiem zmniejszającym ryzyko ZMO okazało się, w analizie wieloczynnikowej, zwiększone zużycie środka dezynfekcyjnego. Tutaj, na każde 10 ml zwiększonego zużycia tego preparatu, ryzyko ZMO zmniejszało się o 28%.

Bardzo silnymi jednoczynnikowymi predyktorami ZMO były także obciążenia chorobowe oraz indeksy agregujące zróżnicowane obciążenia. I tak, obecność obciążeń metabolicznych takich jak hipercholesterolemia, nadciśnienie tętnicze, cukrzyca typu 2 zwiększa prawdopodobieństwo ZMO odpowiednio 3,6-krotnie, 2,6-krotnie i 3,4-krotnie. Także inne choroby zwiększają prawdopodobieństwo ZMO. Choroby układu krążenia, nerek i nikotynizm podwyższa ryzyko ZMO odpowiednio 2,2-krotnie, 4,1 razy i 3,3-krotnie. W analizie jednoczynnikowej prawdopodobieństwo ZMO związane jest także z wielkością C-OPHP i z indeksem Charlstona. W pierwszym przypadku ryzyko to zwiększa się o 20%, a w drugim o 7% na każdą jednostkę zwiększenia obciążenia czy indeksu.

Przeprowadzone w dalszym etapie analizy wieloczynnikowe pozwoliły zidentyfikować czynniki niezależnie od innych, związane z ryzykiem ZMO. Czynniki istotnie związane z ryzykiem ZMO we wszystkich 3 modelach to: OB wskazując zależnie od modelu na wzrost ryzyka od 3 do 13% na każde przyspieszenie szybkości opadania krwinek czerwonych o 10 mm, wykonany wcześniej zabieg ortopedyczny, który podwyższał ryzyko ZMO od 26 do 76%, czas przebywania na oddziale ortopedii przed zabiegiem, z ryzykiem zwiększonym od 9% do 18%, bardziej inwazyjny sposób znieczulenia, który zwiększał prawdopodobieństwo ZMO w porównaniu do najmniej obciążającego znieczulenia o około 200% i zwiększone zużycie preparatu dezynfekcyjnego, które ograniczało prawdopodobieństwo ZMO od 14% do 28%.

W przypadku wykorzystania zagregowanych indeksów, ich jednostkowy wzrost skojarzony był ze zwiększonym prawdopodobieństwem ZMO o 40% w przypadku COChP i o 21% w przypadku indeksu Charlstona. Użycie pojedynczych patologii w miejsce zintegrowanych indeksów pozwoliło ujawnić związek z pojawieniem się ZMO hipercholesterolemii, nadciśnienia tętniczego, cukrzycy typu 2, chorób nerek i nałogu palenia tytoniu, które niezależnie od siebie zwiększały ryzyko powikłania infekcyjnego odpowiednio o 47%, 14%, 17%, 42% i 87%.

in the form of SSI after closed fractures occur at the level of 8-9%, and after open anastomosis – about 10% (5).

Bowen et al. (6) determined that the incidence of infections varies between 4-30% depending on the number of comorbidities in a patient.

In our study, the rate of infections after primary arthroplasty was 5.8%. Apart from deep infections, the given percentage also includes superficial infections at the incision site, therefore the percentage is higher than in the quoted scholarly works. The percentage of SSI after osteosyntheses performed at the City Hospital in Zabrze was at the level of 3.3%, which is lower than that reported in the cited studies.

Babiak and Górecki found that the percentage of infectious complications in trauma-orthopedic surgery after elective surgery is 0.5-2.5% lower than after emergency procedures performed on-call, especially for open fractures, in which it amounts to about 10% (7). In the City Hospital in Zabrze, the percentage of infections after elective procedures, mainly endoprosthetics, was 5.5%. The rate of infections after emergency procedures, mostly osteosyntheses, was lower than 3.6%. Our results may indicate that risk factors on the patient's side have a greater influence on the incidence of infection than the urgency of the surgery. Patients undergoing elective arthroplasty were older patients and more burdened with additional medical conditions than those undergoing emergency osteosynthesis.

The influence of hand disinfection on the reduction of the number of infections was shown in independent studies: Zerr, Rosenthal, Grayson (8-10). Similarly, Rosenthal et al. observed an increase in compliance with the recommendations for hand disinfection from 23.1% to 64.5%, which translated into a decrease in infections from 45.5 to 27.9 infections per 1000 patient-days. Grayson et al. followed for 2 years after the introduction of hand hygiene interventions. He observed an increase in adherence from 21% to 48% and a significant decrease in MRSA bacteremia. Rupp and Picheansathian found insignificant or no influence (11, 12).

In the City Hospital in Zabrze, following an intervention, an increase in compliance with the requirements for hand disinfection among all professional groups was observed from 62.2% to 87.2%. The consumption in liters of the disinfectant per 1000 person-days in the entire hospital increased by 21.1%, and in the traumatology-orthopedic surgery ward by 65.8% over the five-year observation period. In the analyzed period, there was a significant decrease in SSI among patients of the traumatology and orthopedic surgery ward. Our research showed

## DYSKUSJA

Jak podaje Parvizi et al. (4) infekcje wokół pierwotnie wykonanych endoprotez stawu biodrowego stanowią 2% wykonanych procedur. Z kolei powikłanie w postaci ZMO po złamaniach zamkniętych występuje na poziomie 8-9%, a po operacji zespolenia otwartego około 10% (5).

Bowen et al. (6) ustalił, że częstość występowania zakażeń w zależności od liczby schorzeń towarzyszących u pacjenta waha się w przedziale 4-30%.

W naszych badaniach odsetek zakażeń po pierwotnej endoprotezoplastyce wyniósł 5,8%. Oprócz zakażeń głębokich w podanym odsetku zawierają się też powierzchowne zakażenia w miejscu nacięcia, dlatego procent jest wyższy niż w cytowanej literaturze. Odsetek ZMO po osteosyntezach wykonanych w Szpitalu Miejskim w Zabrzu był na poziomie 3,3%, czyli niższy niż podawany w cytowanych badaniach.

Babiak i Górecki stwierdzili, że odsetek powikłań infekcyjnych w chirurgii urazowo-ortopedycznej po planowych operacjach jest niższy, 0,5-2,5%, niż po zabiegach z pilnych wskazań wykonywanych w ramach dyżuru, zwłaszcza z powodu złamań otwartych, w których wynosi około 10% (7). W Szpitalu Miejskim w Zabrzu odsetek zakażeń po zabiegach planowych, które stanowiła przede wszystkim endoprotezoplastyka wyniósł 5,5%. Odsetek zakażeń po zabiegach pilnych, jakie w większości stanowiły osteosyntezy był niższy 3,6%. Uzyskane przez nas wyniki mogą wskazywać na to, iż czynniki ryzyka występujące po stronie pacjenta mają większy wpływ na wystąpienie zakażenia niż tryb zabiegu operacyjnego. Pacjenci, u których przeprowadzono planowy zabieg endoprotezoplastyki byli pacjentami starszymi i bardziej obciążonymi dodatkowymi chorobami niż pacjenci przechodzący zabieg osteosyntezy ze wskazań nagłych.

Wpływ dezynfekcji rąk na zmniejszenie liczby zakażeń wykazali w niezależnych badaniach: Zerr, Rosenthal, Grayson (8-10). Rosenthal et al. zaobserwowali, po wprowadzeniu zaleceń dezynfekcji dłoni, wzrost ich przestrzegania z 23,1% do 64,5%, co przełożyło się na spadek zakażeń z 45,5 do 27,9 zakażeń na 1000 pacjentodni. Grayson et al. prowadzili obserwację przez 2 lata po wprowadzeniu interwencji w zakresie higieny rąk. Zaobserwował wzrost przestrzegania zaleceń z 21% do 48% i znaczący spadek bakteriemii MRSA. Nieznaczący lub brak wpływu stwierdzili Rupp i Picheansathian (11, 12).

W Szpitalu Miejskim w Zabrzu po wprowadzeniu interwencji zaobserwowano wzrost przestrzegania wskazań do dezynfekcji dłoni wśród wszystkich grup zawodowych z 62,2% do 87,2%. O 21,1% zwiększyło się zużycie w litrach preparatu dezynfekcyjnego na 1000 osobo-dni w całości szpitala, a w oddziale chi-

that for every 10 ml of increased use of the hand disinfectant, the risk of SSI was reduced by 28%.

Another analyzed risk factor was the waiting time in the ward for surgery. Bozik et al. (13) emphasizes that a patient's longer stay in hospital pre-surgery increases the risk of SSI. The same was demonstrated by Zingg et al. and Meakins (14, 15). The authors explain the increased risk by the prolongation of the patient's exposure to hospital microorganisms. It should be noted, however, that the prolongation of the waiting time for the procedure is often related to the poor general condition of the patient and it is difficult to clearly determine whether the greater predisposition to surgical site infection is the prolongation of the patient's exposure to contact with hospital flora or his physical condition caused by chronic diseases. A study conducted in the traumatology and orthopedic surgery ward of the City Hospital in Zabrze indicated that patients who developed SSI post-surgery have been hospitalized significantly longer pre-surgery, but they were also more burdened with additional diseases compared to the group of patients who did not develop SSI. The time for expecting surgery in the orthopedic ward turned out to be a significant predictor of SSI risk, increasing it by 19% for each extension of hospitalization by 5 days.

Researchers such as Leong et al. (16) and Urquhart et al. (17) indicated a significantly higher number of SSIs for treatments lasting more than 2 hours compared to treatments lasting 60 to 89 minutes. Research conducted at the City Hospital showed an increase in the risk of SSI by 2% in the case of extending the procedure time by every 10 minutes.

Our research analyzed the relationship between the type of anesthesia and the occurrence of SSI. There was an increase in the percentage of general and endotracheal anesthesia and a decrease in intravenous segmental anesthesia in the group with SSI compared to the group without SSI. These differences were statistically relevant. We found no reference to studies of this risk factor in the literature. It is difficult to clearly determine whether general endotracheal anesthesia predisposes to the occurrence of SSI post-surgery, or whether a statistically significant increase has occurred because it is they type of anesthesia used for complex and long-lasting procedures, and they generally increase the rate of complications post-surgery.

Jafari et al. (18) showed that previous orthopedic procedures increase the risk of SSI in subsequent orthopedic procedures. Similar results were obtained by Jämsen et al (19). In the study conducted at the City Hospital in Zabrze, previous orthopedic procedures were more common in patients who developed SSI.

urgii urazowo-ortopedycznej o 65,8%, na przestrzeni pięcioletniego czasu obserwacji. W badanym okresie uwidocznił się znaczący spadek ZMO wśród pacjentów oddziału urazowo-ortopedycznego. Nasze badania wykazały, że na każde 10 ml zwiększonego zużycia preparatu do dezynfekcji dłoni, ryzyko ZMO zmniejszało się o 28%.

Kolejnym analizowanym czynnikiem ryzyka był czas oczekiwania w oddziale na zabieg operacyjny. Bozik et al. (13) podkreśla, że dłuższy czas pobytu pacjenta w szpitalu przed zabiegiem zwiększa ryzyko ZMO. To samo wykazali Zingg et al., a także Meakins (14, 15). Zwiększone ryzyko tłumaczone jest przez autorów wydłużeniem czasu ekspozycji pacjenta na mikroorganizmy szpitalne. Należy jednak zauważyć, że wydłużenie czasu oczekiwania na zabieg niejednokrotnie związane jest ze złym stanem ogólnym chorego. Trudno jednoznacznie określić czy większą predyspozycją do wystąpienia zakażenia miejsca operowanego jest wydłużenie czasu narażenia pacjenta na kontakt z florą szpitalną, czy też jego stan fizyczny, spowodowany obciążeniem chorobami przewlekłymi. Badanie prowadzone w oddziale urazowo-ortopedycznym Szpitala Miejskiego w Zabrzu wykazało, że istotnie dłużej przebywali w oddziale przed operacją pacjenci, u których po zabiegu wystąpiło ZMO, ale byli oni również bardziej obciążeni dodatkowymi chorobami w porównaniu z grupą pacjentów, w której nie wystąpiło ZMO. Czas oczekiwania na zabieg w oddziale ortopedii, okazał się istotnym predyktorem ryzyka ZMO zwiększając je o 19% na każde wydłużenie hospitalizacji o 5 dni.

Badacze tacy jak Leong et al. (16) oraz Urquhart et al. (17) wykazali znacznie wyższą liczbę ZMO dla zabiegów trwających powyżej 2 godzin, w porównaniu z zabiegami trwającymi od 60 do 89 minut. Badania prowadzone w Szpitalu Miejskim wykazały wzrost ryzyka ZMO o 2% w przypadku wydłużania się czasu zabiegu o każde 10 minut.

W naszych badaniach przeanalizowano zależność między rodzajem znieczulenia, a wystąpieniem ZMO. Zaobserwowano wzrost odsetka znieczuleń ogólnych, dotchawiczych i spadek znieczuleń odcinkowych, dożylnych w grupie z ZMO, w porównaniu z grupą bez ZMO. Różnice te były statystycznie istotne. Nie znaleźliśmy odniesienia do badań tego czynnika ryzyka w literaturze. Trudno jednoznacznie określić, czy znieczulenie ogólne dotchawicze predysponuje do wystąpienia ZMO po zabiegu, czy też statystycznie istotny wzrost nastąpił, ponieważ jest to znieczulenie stosowane do zabiegów skomplikowanych i długotrwałych, a one co do zasady zwiększają odsetek powikłań po zabiegu.

Jafari et al. (18) wykazał, że wcześniejsze zabiegi ortopedyczne zwiększają ryzyko wystąpienia ZMO przy kolejnych zabiegach ortopedycznych. Podobne wyniki uzyskał Jämsen et al (19). W przeprowadzonym w Szpi-

Lai et al. (20) demonstrated that each additional disease in a patient increases the risk of prosthetic joint infection by 0.35%. Also retrospective studies by Martazavi et al. (21) showed that a Charlson index greater than or equal to 3 significantly increases the risk of infection. In our study, univariate analysis showed a 20% increase in risk for chronic diseases and a 7% increase in risk for the Charlson Index for each unit of the increase in burden or index.

Jämsen et al. (22) conducted a study of 7,181 cases of primary hip and knee replacement surgery. It turned out that prosthetic joint infections in overweight patients occurred in 4.66% of patients, while in people with normal body weight only in 0.37%. Patients of the City Hospital in Zabrze increased BMI by 5 kg/m<sup>2</sup> was associated with a 9% increase in the risk of SSI.

Malinzak et al. (23), having conducted a retrospective analysis of the records of 6,108 patients after hip and knee arthroplasty, calculated that diabetic patients were 3 times more likely to be infected than patients without diabetes.

In our study, diabetes increased the risk of a complication in the form of surgical site infection by 3.4 times.

In a prospective study by Durand et al. (24) in a cohort of 3,908 patients, the link between smoking and SSI following an orthopedic surgery involving implants was found to be statistically significant (24). Näsell et al. (25) analyzed the incidence of SSI in 906 patients undergoing surgery for ankle fracture. It turned out that the infectious complications of the operated site were six times more frequent in smokers than in patients free from this addiction. Our research found that smoking increased the risk of SSI by 3.3 times.

Most of the published studies concern single risk factors, there are few studies where the influence of many factors, especially comorbidities, is analyzed in an integrated manner. Analyses usually focus on the impact of a single disease entity on the occurrence of SSI, and not on the patient's global risk burden. There is a need for the construction of SSI risk models specific for orthopedic surgeries, where an important role should be played by an extended assessment of the disease and surgical burden.

The limitations of the presented work include the lack of analysis of significant risk factors, i.e. detection and eradication of *Staphylococcus aureus* in patients prepared for surgery and the impact of perioperative antibiotic prophylaxis. There are further risk factors that have not been analyzed in this study, which shows how time-consuming and difficult it is to estimate the global risk of surgical site infection.

talu Miejskim w Zabrze badaniu wcześniejsze zabiegi ortopedyczne dotyczyły częściej pacjentów, u których wystąpiło ZMO.

Lai et al. (20) zademonstrowali, że każda dodatkowa choroba występująca u pacjenta zwiększa ryzyko okołoprotezowego zakażenia stawu o 0,35%. Także retrospektywne badania Martazavi et al. (21) pokazały, że Indeks Charlsona większy lub równy 3 znacząco zwiększa ryzyko zakażenia. W naszych badaniach analiza jednoczynnikowa wykazała zwiększenie ryzyka o 20% w przypadku chorób przewlekłych i o 7% dla Indeksu Charlsona, na każdą jednostkę zwiększenia obciążenia czy indeksu.

Jämsen et al. (22) przeprowadził badania dotyczące 7181 przypadków operacji pierwotnej wymiany stawu biodrowego i kolanowego. Okazało się, że zakażenia okołoprotezowe u chorych z nadwagą pojawiały się u 4,66% pacjentów, podczas gdy u osób z normalną masą ciała jedynie u 0,37%. U pacjentów Szpitala Miejskiego w Zabrze wzrost BMI o 5 kg/m<sup>2</sup> związany był z 9% przyrostem ryzyka ZMO.

Malinzak et al. (23) po retrospektywnej analizie dokumentacji 6108 pacjentów po zabiegach alloplastyki stawu biodrowego i kolanowego wyliczyli, że chorzy na cukrzycę byli 3 razy bardziej narażeni na zakażenie niż pacjenci bez cukrzycy. W naszych badaniach cukrzyca zwiększała ryzyko wystąpienia powikłania w postaci zakażenia miejsca operacyjnego 3,4-krotnie.

W prospektywnym badaniu przeprowadzonym przez Duranda et al. (24) na kohorcie obejmującej 3908 pacjentów uznano za istotny statystycznie związek między paleniem tytoniu, a ZMO po zabiegach ortopedycznych z implantami (24). Näsell et al. (25) przeanalizował występowanie ZMO wśród 906 pacjentów po zabiegu operacyjnym z powodu złamania kostki. Okazało się, że do powikłań infekcyjnych miejsca operowanego dochodziło u palących sześciokrotnie częściej, niż u pacjentów wolnych od tego nałogu. Nasze badania wykazały, że nikotynizm zwiększał ryzyko ZMO 3,3-krotnie.

Większość publikowanych badań dotyczy pojedynczych czynników ryzyka, mało jest opracowań, w których wpływ wielu czynników, w tym szczególnie chorób towarzyszących, analizowany jest w sposób zintegrowany. Analizy zwykle skupiają się na wpływie pojedynczej jednostki chorobowej na wystąpienie ZMO, nie zaś na globalnym obciążeniu ryzykiem pacjenta. Istnieje potrzeba konstrukcji specyficznych dla zabiegów ortopedycznych modeli ryzyka ZMO, w których ważną rolę odgrywać powinna poszerzona ocena obciążenia chorobowego i zabiegowego.

Do ograniczeń przedstawionej pracy należy brak analizy istotnych czynników ryzyka, tj. detekcji i eradykacji *Staphylococcus aureus* u pacjentów przygotowanych do operacji oraz wpływu okołoperacyjnej pro-

Another limitation of this work is the lack of patient stratification depending on the type of surgery. An excessively general criterium for including in the study was adopted: foreign body implantation (artificial joint element or anastomosis), and this made it impossible to determine the incidence in individual types of surgery.

### CONCLUSIONS

1. The analysis suggests that there is a link between the risk of SSI and some biological characteristics of the patient and hospital-dependent factors.
2. Interactions between various factors and circumstances associated with SSIs are likely.
3. The SSI risk is related to both factors that can be modified and factors that cannot be changed.
4. Promotion of hand disinfection among hospital staff should become a priority in the prevention of nosocomial infections in every healthcare facility.

### REFERENCES

1. Parvizi J, Gehrke T, Chen AF. Proceedings of the international consensus on periprosthetic joint infection. *Bone Joint J* 2013;1;95-B(11):1450-2.
2. European Centre for Disease Prevention and Control. Surveillance of surgical site infections in European hospitals – HAISSI protocol. Version 1.02. Stockholm: ECDC; 2012. [https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/120215\\_TED\\_SSI\\_protocol.pdf](https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/120215_TED_SSI_protocol.pdf)
3. Chow V, Yong AS, Chung T, et al. Prognostic impact of the Charlson comorbidity index on mortality following acute pulmonary embolism. *Respiration* 2013;85(5):408-16.
4. Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, et al. New definition for periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:2992-4.
5. Bongartz T, Halligan C. Incidence and risk factors of prosthetic joint infection after total hip or knee replacement in patients with rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 2008;15;59:1713-20.
6. Bowen T, Widmaier J. Host classification predicts infection after open fracture. *Clin Orthop Relat Res* 2005;433:205-11.
7. Babiak I, Górecki A. Zakażenia szpitalne na oddziałach zabiegowych 01/2008: Polskie Towarzystwo Zakażeń Szpitalnych. Kraków 2008, pp. 145-161.
8. Zerr DM, Allpress AL, Heath J, et al. Decreasing hospital associated rotavirus infections: a multidisciplinary hand hygiene campaign

filaktyki antybiotykowej. Można by wymienić kolejne czynniki ryzyka nieanalizowane w tej pracy, co wskazuje na to, jak czasochłonne i niełatwe jest szacowanie globalnego ryzyka zakażenia miejsca operowanego.

Ograniczeniem tej pracy jest także brak stratyfikacji pacjentów w zależności od typu zabiegu operacyjnego. Przyjęto ogólne kryterium włączenia do badania: wszczepienie ciała obcego (sztuczny element stawu lub zespolenia), co uniemożliwiło oznaczenie zapadalności w poszczególnych typach zabiegów operacyjnych.

### WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania sugerują istnienie związku pomiędzy ryzykiem ZMO, a niektórymi cechami biologicznymi pacjenta i czynnikami zależnymi od szpitala.
2. Prawdopodobne są interakcje pomiędzy różnymi czynnikami i okolicznościami skojarzonymi z ZMO.
3. Ryzyko ZMO związane jest zarówno z czynnikami poddającymi się modyfikacji, jak i czynnikami nie dającymi się zmieniać.
4. Promocja dezynfekcji dłoni wśród pracowników szpitala powinna stać się priorytetem programu zapobiegania zakażeniom szpitalnym w każdej placówce ochrony zdrowia.

- in children's hospital. *Pediatr Infect Control* 2005;33:392-397.
9. Rosenthal VD, Guzman S, Safdar N. Reduction in nosocomial infection with improved hand hygiene in intensive care units of tertiary care hospital in Argentina. *Am J Infect Dis J* 2005;33:392-97.
10. Grayson ML, Jarvie LJ, Martin L, et al. Significant reductions in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteraemia and clinical isolates associated with a multisite, hand hygiene culture-change program and subsequent successful statewide roll-out. *Med J Aust* 2008;188:633-40.
11. Rupp ME, Fitzgerald T, Puumala S, et al. Prospective, controlled, cross-over trial of alcohol-based hand gel in critical care units. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:8-15.
12. Picheansathian W, Pearson A, Suchaxaya P, et al. The effectiveness of promotion programme on hand hygiene compliance and nosocomial infections in neonatal intensive care unit. *Int J Nurs Pract* 2008;14:315-321.
13. Bozic KJ, Maselli J, Pekow PS, et al. The influence of procedure volumes and standardization of care on quality and efficiency in total joint replacement surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(16):2643-52.

14. Zingg W, Holmes A, Dettenkofer M, et al. Hospital organisation, management, and structure for prevention of health-care -associated infection: a systematic review and expert consensus. *Lancet Infect Dis* 2015;15:212.
15. Meakins J. Prevention of postoperative infection. Basic surgical and perioperative consideration. *ACS Surgery: Principles and Practice*, 1 (2008), pp.6-7.
16. Leong G, Wilson J, Charlett A. Duration of operation as a risk factor for surgical site infection: comparison of English and US data. *J Hosp Infect*. 2006;63(3):255–62.
17. Urquhart DM, Hanna FS, Brennan SL, et al. Incidence and risk factors for deep surgical site infection after primary total hip arthroplasty: a systematic review. *J Arthroplasty*. 2010;25(8):1216–1222.e1-3.
18. Jafari SM, Casper DS, Restrepo C, et al. Periprosthetic joint infection: are patients with multiple prosthetic joints at risk? *J Arthroplasty*. 2012; 27 (6): 877-80.
19. Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, et al. Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register- based analysis of 43,149 cases. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(1):38–47.
20. Lai K, Bohm ER, Burnell C, et al. Presence of medical comorbidities in patients with infected primary hip or knee arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2007;22(5):651-6.
21. Mortazavi SMJ, Schwartzberger J, Austin MS, et al. Revision total knee arthroplasty infection: incidence and predictors. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(8):2052-9.
22. Jämsen E, Nevalainen P, Eskelinen A, et al. Obesity, diabetes, and preoperative hyperglycemia as predictors of periprosthetic joint infection: a single-center analysis of 7181 primary hip and knee replacements for osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:1–9.
23. Malinzak RA, Ritter MA, Berend ME, et al. Morbidly obese, diabetic, younger, and unilateral joint arthroplasty patients have elevated total joint arthroplasty infection rates. *J Arthroplasty*. 2009;24(6 Suppl):84–8.
24. Durand F, Berthelot P, Cazorla C, et al. Smoking is a risk factor of organ/space surgical site infection in orthopaedic surgery with implant materials. *Int Orthop* 2013;37(4):723-727.
25. Näsell H, Ottosson C, Törnqvist H, et al. The impact of smoking on complications after operatively treated ankle fractures- a follow-up study of 906 patients. *J Orthop Trauma*. 2011;25:748–755.

**Received: 20.07.2021**

**Accepted for publication: 02.11.2021**

Otrzymano: 20.07.2021 r.

Zaakceptowano do publikacji: 02.11.2021 r.

**Address for correspondence:**

Adres do korespondencji:

Ewelina Kocur

Szpital Miejski w Zabrze Sp. Z o.o.

ul. Zamkowa 4, 41-803 Zabrze

Tel. 502 155 455

E-mail: ewelina.kocur@vp.pl