

Natalia Mikołajczyk-Korniak, Mariusz Niemczyk

VACCINATION COVERAGE IN POLISH SOLID ORGAN TRANSPLANT RECIPIENTS

REALIZACJA SZCZEPIEŃ OCHRONNYCH W POPULACJI POLSKICH BIORCÓW NARZĄDÓW UNACZYNIONYCH

Department of Transplantology, Immunology, Nephrology and Internal Diseases,
Medical University of Warsaw, Poland
Klinika Transplantologii, Immunologii, Nefrologii i Chorób Wewnętrznych,
Warszawski Uniwersytet Medyczny

ABSTRACT

BACKGROUND. Being a solid organ transplant recipient is associated with increased risk for infections. Vaccinations are considered potent preventive procedures against numerous infections.

OBJECTIVE. The subject of our study was to assess the vaccination coverage in solid organ transplant recipients remaining under the long-term post-transplant care at the largest Polish transplant center.

MATERIAL AND METHODS. A questionnaire on realization of vaccinations included in the operative Polish Vaccination Programme was completed by adult recipients of solid organ transplantation during routine outpatient visits.

RESULTS. One hundred ten patients were included. In 18% of patients, vaccination against SARS-CoV-2 has never been performed, and booster doses of the vaccine received 47% of patients. 15% of patients reported annual vaccination against influenza, 30% has been vaccinated against influenza less often than annually, and in 55% vaccination against influenza has never been performed. In 7% of patients, vaccination against diphtheria, tetanus and pertussis has been done within recent 10 years. 1 patient (1%) reported vaccination against *Streptococcus pneumoniae*. No patient reported vaccinations against *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, zoster, or RSV.

CONCLUSIONS. Our results show suboptimal vaccination coverage among solid organ transplant recipients. Urgent actions are needed to improve the current state.

Keywords: *vaccinations, infections, solid organ transplantation, recipients*

STRESZCZENIE

WPROWADZENIE. Biorcy narządów unaczynionych mają zwiększone ryzyko infekcji. Szczepienia są skuteczną metodą zapobiegania wielu infekcjom.

CEL. Ocena realizacji szczepień ochronnych u biorców narządów unaczynionych, pozostających pod opieką największego polskiego ośrodka transplantacyjnego.

MATERIAŁ I METODY. Ankieta na temat realizacji szczepień uwzględnionych w aktualnym kalendarzu szczepień była wypełniona przez dorosłych biorców narządów unaczynionych podczas rutynowych wizyt ambulatoryjnych.

WYNIKI. Włączono 110 pacjentów. U 18% pacjentów nigdy nie wykonano szczepienia przeciwko SARS-CoV-2, zaś dawki przypominające otrzymało 47% pacjentów. 15% pacjentów wykonuje coroczne szczepienia przeciwko grypie, 30% rzadziej, niż co rok, a 55% nie szczepiło się nigdy przeciwko grypie. W ciągu ostatnich 10 lat szczepienie przeciwko błonicy, tężcowi i krztuścowi było wykonane u 7% pacjentów. 1 pacjent (1%) był zaszczepiony przeciwko pneumokokom. Żaden z badanych pacjentów nie był szczepiony przeciwko *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, półpaścowi lub RSV.

WNIOSKI. Wykazaliśmy niską realizację szczepień ochronnych u biorców narządów unaczynionych. Potrzebne są pilne działania, aby poprawić ten stan.

Słowa kluczowe: *szczepienia ochronne, zakażenia, biorcy, transplantacje narządów unaczynionych*

INTRODUCTION

Solid organ transplantations are optimal methods of treatment in patients with end-stage organ failure. In some cases, e.g. heart or liver failure, transplantation is a life-saving procedure, while in other, like kidney or pancreas, transplantation prolongs life, improves its quality, and yields economic benefits (1-3). Consequently, transplantations became standard procedures, with thousands of people living with organ transplants worldwide, e.g. in the US, the number of living renal transplant recipients exceeds 250 thousand (4).

Solid organ transplant recipients require administration of immunosuppressive medicines to sustain their transplants. This treatment is associated with increased risk for numerous complications, including infections (5). In fact, infections belong to leading known causes of death among organ transplant recipients (6). Moreover, infections in solid organ transplant recipients are connected to substantial increase in costs of care (7,8).

Spectrum of infectious diseases in this particular group of patients is extremely wide, and includes viral, bacterial, fungal, and parasite infections. The type of infection depends on numerous factors, including time post-transplant (5). For example, renal transplant recipients are in special risk for urinary tract and pulmonary infections, while liver transplant recipients are especially prone for abdominal and pulmonary infections. Among typical pathogens, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus*, and *Pseudomonas aeruginosa* are common in the former group, while *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida* are specific for the latter one (9). During the first month post-transplant, bacterial and fungal infections connected to the surgical procedure are common. Between the first and the sixth month post-transplant, opportunistic infections associated with the immunosuppression may be seen, including viral (e.g. cytomegalovirus) and fungal (e.g. *Pneumocystis jirovecii*) infections. Later, community acquired infections, similar to that in the general population are mainly observed; however, viral and opportunistic infections should also be expected (10).

Vaccinations are considered potent preventive procedures against numerous infections. Despite immunosuppressive treatment, they have been proven to be effective in organ transplant recipients (11,12).

WSTĘP

Przeszczepienia narządów litych są optymalną metodą leczenia pacjentów z krańcową niewydolnością narządów. W niektórych przypadkach, np. w niewydolności serca lub wątroby, przeszczepienie jest procedurą ratującą życie, natomiast w innych, takich jak niewydolność nerek czy trzustki, przeszczepienie wydłuża życie, poprawia jego jakość oraz przynosi korzyści ekonomiczne (1-3). W konsekwencji, transplantacje stały się standardowymi procedurami medycznymi; na świecie żyją tysiące osób z przeszczepionymi narządami; na przykład w USA liczba żyjących biorców przeszczepu nerki przekracza 250 tysięcy (4).

Biorcy przeszczepów narządów litych wymagają stosowania leków immunosupresyjnych w celu utrzymania funkcji przeszczepionego narządu. Leczenie to wiąże się ze zwiększonym ryzykiem licznych powikłań, w tym zakażeń (5). Rzeczywiście, zakażenia należą do głównych znanych przyczyn zgonów wśród biorców przeszczepów narządów (6). Ponadto zakażenia u biorców przeszczepów narządów litych wiążą się ze znacznym wzrostem kosztów opieki medycznej (7,8).

Spektrum chorób zakaźnych w tej szczególnej grupie pacjentów jest niezwykle szerokie i obejmuje zakażenia wirusowe, bakteryjne, grzybicze oraz pasożytnicze. Rodzaj zakażenia zależy od wielu czynników, w tym czasu, jaki upłynął od transplantacji (5). Na przykład, biorcy przeszczepienia nerki są szczególnie narażeni na zakażenia układu moczowego i zakażenia płuc, natomiast biorcy przeszczepienia wątroby są szczególnie podatni na zakażenia jamy brzusznej oraz płuc. Wśród typowych patogenów w pierwszej grupie często występują *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus* oraz *Pseudomonas aeruginosa*, natomiast w drugiej grupie charakterystyczne są *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Candida* (9). W pierwszym miesiącu po przeszczepieniu często występują zakażenia bakteryjne i grzybicze związane z zabiegiem chirurgicznym. Między pierwszym a szóstym miesiącem po transplantacji mogą pojawić się zakażenia oportunistyczne związane z immunosupresją, w tym zakażenia wirusowe (np. cytomegalowirus) oraz grzybicze (np. *Pneumocystis jirovecii*). W późniejszym okresie obserwuje się głównie zakażenia podobne do tych występujących w populacji ogólnej; jednak należy także spodziewać się zakażeń wirusowych i oportunistycznych (10).

Consequently, vaccinations are recommended in patients after solid organ transplantation (13). In line with this, the Polish Vaccination Programme has been extended at the end of 2023, with numerous vaccinations being recommended or obligatory in transplant recipients (14). Additionally, to eliminate economic barriers, vaccinations have become refundable in this group of patients. For example, vaccines against SARS-CoV-2 or pertussis are complimentary for this group, while vaccines against influenza, *Streptococcus pneumoniae*, or zoster may be available complimentary or at a discount, depending on age, for transplant recipients (15). It is worth mentioning that, currently, they are the primary care centers who are responsible for vaccinations.

Literature data on vaccination coverage in this group of patients in Poland are lacking. In order to eliminate this gap in our knowledge, the subject of our current work was to assess the vaccination coverage in solid organ transplant recipients remaining under the long-term post-transplant care at the largest Polish transplant centre.

MATERIAL AND METHODS

Settings of the study. We conducted a survey study in one transplant centre. In Poland, there are 20 renal transplant centres in 13 cities, and 9 liver transplant centres in 6 cities (16). Our centre is the oldest one in Poland, with almost 40 physicians employed in the outpatient centre, and, compared to other transplant centres in Poland, with the largest group of transplant recipients under the long-term care.

Study population. Adult solid organ transplant recipients, remaining under the long-term post-transplant care of two co-authors at the outpatient department of the centre, were included. There were approximately 120 patients under the care of 2 co-authors in 2024, and each of them was offered participation in the study. Exclusion criteria were: refusal to participate, and insufficient knowledge of the Polish language to reliable participation.

Study instrument. A questionnaire on uptake of vaccinations included in the Polish Vaccination Programme was completed during routine outpatient visits. There were 21 questions in the questionnaire, and the filling lasted up to 5 minutes. The questionnaire contained questions on selected demographic and clinical parameters. The questionnaire was self-administered, but when doubts on clinical data occurred, clinical data were retrieved from available case records. The following demographic data were recorded: race, sex, age, place of residence, professional activity, and being under the care of a primary care physician. Clinical data recorded were as follows:

Szczepienia są uznawane za skuteczną metodę zapobiegania liczny zakażeniom. Pomimo leczenia immunosupresyjnego wykazano, że są one skuteczne u biorców przeszczepów narządów (11,12). W związku z tym szczepienia są zalecane u pacjentów po przeszczepieniu narządów litych (13). Pod koniec 2023 roku rozszerzono polski Program Szczepień Ochronnych, wprowadzając liczne szczepienia zalecane lub obowiązkowe u biorców przeszczepów (14). Dodatkowo, w celu wyeliminowania barier ekonomicznych, szczepienia w tej grupie pacjentów zostały objęte refundacją. Na przykład szczepionki przeciwko SARS-CoV-2 lub krztuścowi są dla tej grupy bezpłatne, natomiast szczepionki przeciwko grypie, *Streptococcus pneumoniae* czy półpaścowi mogą być dostępne bezpłatnie lub ze zniżką – w zależności od wieku – dla biorców przeszczepów (15). Warto również wspomnieć, że obecnie za wykonywanie szczepień odpowiadają przede wszystkim placówki podstawowej opieki zdrowotnej.

W literaturze brakuje danych dotyczących poziomu zaszczepienia w tej grupie pacjentów w Polsce. Aby wypełnić tę lukę w wiedzy, celem naszej pracy była ocena poziomu realizacji szczepień u biorców przeszczepów narządów litych pozostających pod długoterminową opieką potransplantacyjną w największym polskim ośrodku transplantacyjnym.

MATERIAŁ I METODY

Miejsce prowadzenia badania. Przeprowadziliśmy badanie ankietowe w jednym ośrodku transplantacyjnym. W Polsce funkcjonuje 20 ośrodków transplantacji nerek w 13 miastach oraz 9 ośrodków transplantacji wątroby w 6 miastach (16). Nasz ośrodek jest najstarszym w Polsce; w poradni transplantacyjnej ośrodka pracuje prawie 40 lekarzy. W porównaniu z innymi ośrodkami transplantacyjnymi w kraju pod opieką długoterminową ośrodka pozostaje największa grupa biorców przeszczepów.

Badana populacja. Do badania włączono dorosłych biorców przeszczepów narządów litych pozostających pod długoterminową opieką obojga współautorów w poradni transplantacyjnej podległej ośrodkowi. W 2024 roku pod opieką tych dwóch współautorów pozostawało około 120 pacjentów i każdemu zaproponowano udział w badaniu. Kryteria wykluczenia obejmowały odmowę udziału w badaniu oraz niewystarczającą dla rzetelnego uczestnictwa znajomość języka polskiego.

Narzędzie badawcze. Podczas rutynowych wizyt ambulatoryjnych wypełniano kwestionariusz dotyczący realizacji szczepień ujętych w polskim Programie Szczepień Ochronnych. Kwestionariusz zawierał 21 pytań, a jego wypełnienie zajmowało do 5 minut.

height, body mass, organ transplanted, year of transplantation, concomitant diseases, medicines used, and serum creatinine. Estimated glomerular filtration rate (eGFR) was calculated according to the 2021 CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) formula. Realization of following vaccinations were recorded: against SARS-CoV-2, influenza, diphtheria, tetanus, pertussis, *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria meningitidis*, herpes zoster, and – only in patients over 60 years of age – respiratory syncytial virus (RSV). Vaccination against hepatitis B virus (HBV) was omitted in our analysis due to the fact that realization of this vaccination is a condition for registration at the waiting list for transplantation. Therefore, all transplant recipients should have been immunized against HBV. Similarly, we omitted vaccination against mumps/measles/rubella in our analysis. It was because vaccinations with vaccines containing living pathogens are, in general, contraindicated in patients receiving immunosuppressive medicines (17). Vaccination status was recorded by the physicians based on patients' reports. Data were collected between April and July, 2024.

Statistical analysis. Statistical analysis was performed using Statistica 13.3 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Data normality was assessed using the Shapiro-Wilk test. Quantitative variables with normal distribution were presented as means and standard deviations (SD), while quantitative variables with non-normal distribution were presented as medians and interquartile ranges (IQR). Absolute and relative frequencies were used to describe categorical variables. A multivariable logistic regression was used to assess the predictive factors associated with vaccinations. Vaccination against SARS-CoV-2 with at least 3 doses of vaccine was used as the binary outcome; and age, sex, place of residence, professional activity, time post transplantation, and number of chronic diagnoses were used as covariates. Subsequently, annual vaccination for influenza was used as the binary outcome, with the same factors used as covariates. The results of the multivariate logistic regression were presented as adjusted odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs). Results with $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Ethical issues. The study was conducted according to the principles of the Declaration of Helsinki. The local Ethics Committee was informed about the study (confirmation no AKBE/259/2024). Due to the character of the study, patients' written informed consent was not required.

Kwestionariusz obejmował pytania dotyczące wybranych parametrów demograficznych i klinicznych. Ankieta była wypełniana samodzielnie przez pacjentów, jednak w przypadku wątpliwości dotyczących danych klinicznych korzystano z dostępnej dokumentacji medycznej. Zbierano następujące dane demograficzne: rasa, płeć, wiek, miejsce zamieszkania, aktywność zawodowa oraz pozostawanie pod opieką lekarza podstawowej opieki zdrowotnej. Zbierane dane kliniczne obejmowały: wzrost, masę ciała, przeszczepiony narząd, rok transplantacji, choroby współistniejące, stosowane leki oraz stężenie kreatyniny w surowicy. Szacunkowy współczynnik filtracji kłębuszkowej (eGFR, *estimated glomerular filtration rate*) obliczano według wzoru CKD-EPI (ang. *Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration*) z 2021 roku.

Pytano o realizację szczepień przeciwko: SARS-CoV-2, grypie, błonicy, tężcowi, krztuścowi, *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria meningitidis*, półpaścowi oraz – tylko u pacjentów powyżej 60. roku życia – wirusowi RSV (ang. *Respiratory Syncytial Virus*).

Szczepienie przeciwko wirusowi zapalenia wątroby typu B (HBV) pominięto w analizie, ponieważ jego wykonanie jest warunkiem wpisania na listę oczekujących na przeszczepienie. Z tego powodu wszyscy biorcy przeszczepów powinni być zaszczepieni przeciwko HBV. Podobnie, pominięto szczepienie przeciwko śwince, odrze i różyczce, ponieważ szczepionki zawierające żywe drobnoustroje są zasadniczo przeciwwskazane u pacjentów przyjmujących leki immunosupresyjne (17).

Status szczepień był ustalany przez lekarzy na podstawie deklaracji pacjentów. Dane zbierano między kwietniem a lipcem 2024 roku.

Analiza statystyczna. Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 13.3 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Normalność rozkładu danych oceniano testem Shapiro-Wilka. Zmienne ilościowe o rozkładzie normalnym przedstawiano jako średnie i odchylenia standardowe (SD), natomiast zmienne o rozkładzie odbiegającym od normalnego jako mediany i zakresy międzykwartylowe (IQR, ang. *interquartile range*). Do opisu zmiennych kategoriycznych użyto liczebności bezwzględnych i względnych.

W celu oceny czynników predykcyjnych związanych ze szczepieniami zastosowano wieloczynnikową regresję logistyczną. Jako zmienną wynikową przyjęto szczepienie przeciwko SARS-CoV-2 obejmujące co najmniej 3 dawki szczepionki, a jako predyktory uwzględniono: wiek, płeć, miejsce zamieszkania, aktywność zawodową, czas od transplantacji oraz liczbę chorób przewlekłych. Następnie jako zmienną wynikową analizowano coroczne szczepienie przeciwko grypie przy użyciu tych samych predyktorów.

RESULTS

One hundred ten patients were included into our analysis. All patients were Caucasians. Table 1 summarizes the characteristics of patients.

In 20 patients (18%) vaccination against SARS-CoV-2 has not been performed. In 2 (2%), 37 (34%), 38 (35%), 11 (10%), and 2 (2%) patients 1, 2, 3, 4, or 5 doses of vaccine against SARS-CoV-2 was administered, respectively (Fig.1).

17 patients (15%) reported annual vaccination against influenza. 33 patients (30%) had been vaccinated against influenza less often than annually. In 60 patients (55%) vaccination against influenza has never been performed (Fig. 2).

Wyniki regresji logistycznej przedstawiono jako skorygowane ilorazy szans (OR) z 95% przedziałami ufności (CI). Wyniki z wartością $p < 0,05$ uznano za istotne statystycznie.

Kwestie etyczne. Badanie przeprowadzono zgodnie z zasadami Deklaracji Helsińskiej. Lokalna komisja bioetyczna została poinformowana o badaniu (nr potwierdzenia AKBE/259/2024). Ze względu na charakter badania pisemna świadoma zgoda pacjentów nie była wymagana.

WYNIKI

Do analizy włączono 110 pacjentów. Wszyscy byli rasy kaukaskiej. Tabela 1 przedstawia charakterystykę pacjentów.

Table 1. Characteristics of patients
Tabela 1 Charakterystyka pacjentów

Women/men, n (%)	46 (42%)/64 (58%)
Mean age in years (range, SD)	52.22 (20-87, 13.40)
Patients 65 years-old, or older, n (%)	19 (17%)
Mean BMI in kg/m ² (range, SD)	26.16 (14.81-34.63, 4.39)
Patients with BMI below 18.5 kg/m ² , n (%)	3 (3%)
Patients with BMI between 18.5 and 24.9 kg/m ² , n (%)	44 (40%)
Patients with BMI between 25 and 29.9 kg/m ² , n (%)	35 (32%)
Patients with BMI above 30 kg/m ² , n (%)	28 (25%)
Renal transplant recipients, n (%)	97 (88%)
Liver transplant recipients, n (%)	12 (11%)
Kidney and liver transplant recipient, n (%)	1 (1%)
Median time after transplantation in years (range, IQR)	8 (0-37, 9)
Median number of chronic diseases (range, IQR)	5 (1-10, 3)
Median number of systems involved with a disease (range, IQR)	3 (1-6, 1)
Number of patients with at least 2 chronic diseases, n (%)	108 (98%)
Patients with diabetes mellitus, n (%)	29 (26%)
Mean eGFR in mL/min/1.73 m ² (range, SD)	59.82 (12-132, 23.30)
Stage of chronic kidney disease, n (%)	
G1	1 (1%)
G2	6 (5%)
G3a	28 (25%)
G3b	20 (18%)
G4	46 (42%)
G5	9 (8%)
Mean number of medicines used (range, SD)	10.44 (3-18, 3.16)
Number of patients using at least 5 medicines daily, n (%)	106 (96%)
Place of residence, n (%)	
Villages	35 (32%)
Small towns (up to 20,000 inhabitants)	22 (20%)
Medium towns (20,000-100,000 inhabitants)	22 (20%)
Large towns (over 100,000 inhabitants)	31 (28%)
Professional activity, n (%)	54 (49%)
Patients under the care of the primary physician, n (%)	101 (92%)

BMI, body mass index; IQR, interquartile range; SD, standard deviation; eGFR, estimated glomerular filtration rate

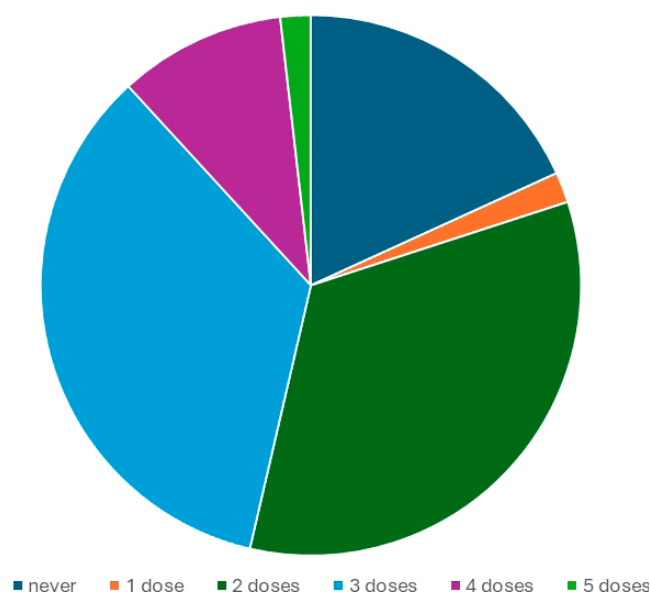


Fig. 1. Vaccinations against SARS-CoV-2 in solid organ recipients

Ryc. 1. Szczepienia przeciwko SARS-CoV-2 u biorców przeszczepów narządów unaczynionych

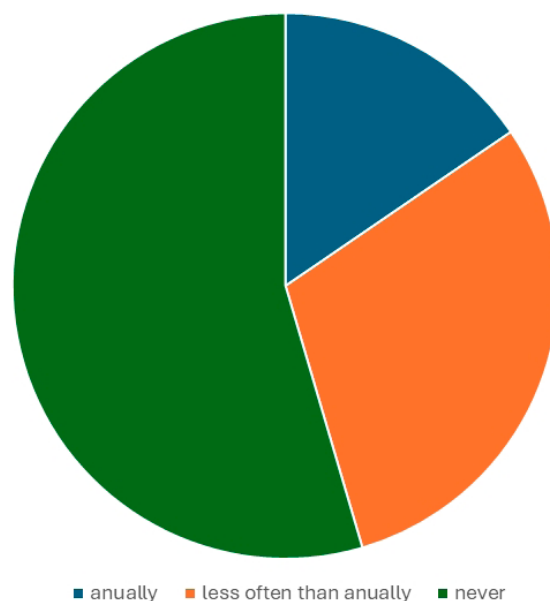


Fig. 2. Vaccinations against influenza in solid organ recipients

Ryc. 2. Szczepienia przeciwko grypie u biorców przeszczepów narządów unaczynionych

In 8 patients (7%) vaccination against diphtheria, tetanus and pertussis has been done within recent 10 years. 1 patient (1%) reported vaccination against *Streptococcus pneumoniae*. No patient reported vaccinations against *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, herpes zoster, or RSV.

In multivariable logistic regression, place of residence turned out to be associated with vaccination against SARS-CoV-2, with the adjusted OR of vaccination associated with living in a small town nearly 4 times lower than that of living in a large town (Table 2). However, realization of annual vaccination

U 20 pacjentów (18%) nigdy nie wykonano szczepienia przeciwko SARS-CoV-2. U 2 (2%), 37 (34%), 38 (35%), 11 (10%) i 2 (2%) pacjentów podano odpowiednio 1, 2, 3, 4 lub 5 dawek szczepionki przeciwko SARS-CoV-2 (Ryc. 1).

17 pacjentów (15%) zgłosiło coroczne szczepienie przeciwko grypie. 33 pacjentów (30%) było szczepionych przeciwko grypie rzadziej niż raz w roku. U 60 pacjentów (55%) szczepienie przeciwko grypie nigdy nie zostało wykonane (Ryc. 2).

U 8 pacjentów (7%) w ciągu ostatnich 10 lat wykonano szczepienie przeciwko błonicy, tężcowi i krztu-

Table 2. Multivariable logistic regression analysis of adjusted odds ratios for the realization of vaccination against SARS-CoV-2 with at least 3 doses of the vaccine

Tabela 2 Wieloczynnikowa analiza regresji logistycznej skorygowanych ilorazów szans dla realizacji szczepienia przeciw SARS-CoV-2 (co najmniej 3 dawki)

Predictor of vaccination	Adjusted odds ratio	95% confidence interval	p
Female vs. male	1.333	0.555-3.198	0.520
Professional activity vs. no professional activity	0.923	0.317-2.688	0.884
Place of residence:			
Village vs. large town	0.431	0.148-1.258	0.124
Small town vs. large town	0.232	0.067-0.805	0.021
Medium town vs. large town	0.413	0.127-1.347	0.143
Age	1.037	0.994-1.082	0.093
Years post-transplant	0.982	0.926-1.042	0.551
Number of chronic diagnoses	1.066	0.828-1.373	0.618

Table 3. Multivariable logistic regression analysis of adjusted odds ratios for the realization of annual vaccination against influenza

Tabela 3 Wieloczynnikowa analiza regresji logistycznej skorygowanych ilorazów szans dla realizacji corocznego szczepienia przeciw grypie

Predictor of vaccination	Adjusted odds ratio	95% confidence interval	p
Female vs male	1.552	0.372-6.482	0.547
Professional activity vs. no professional activity	0.922	0.208-4.082	0.914
Place of residence:			
Village vs. large town	0.665	0.153-2.889	0.586
Small town vs. large town	0.373	0.064-2.175	0.237
Medium town vs. large town	1.552	0.372-6.482	0.547
Age	0.986	0.933-1.042	0.620
Years post-transplant	0.895	0.799-1.020	0.054
Number of chronic diagnoses	1.290	0.910-1.829	0.153

against influenza was not associated with any factor tested on multivariable logistic regression (Table 3).

DISCUSSION

Our study confirms vastly insufficient immunisation coverage among solid organ transplant recipients. Vaccines belong to the landmark achievements of modern medicine. They are among the most effective tools in preventing infectious diseases, and drastically reduced the global disease burden. Recently, significant progress has been made in developing novel vaccine design and delivery platforms (18). However, benefits from vaccines may be observed only in case they are used.

Our study was aimed to assess the use of vaccinations in solid organ recipients. Participants of our study were kidney and/or liver transplant recipients. They represented both sexes, different age groups, different habitations, and different professional statuses. Although our findings based on data from a single centre, which limits generalizability, we note that demographic characteristics were not associated with immunisation status, suggesting that the problem of suboptimal immunisation may be universal.

Numerous risk factors for severe course of infections were reported, including older age (19,20), obesity (21,22), immunosuppression (20,23), and chronic diseases (22,24), including cardiovascular diseases, chronic kidney disease (25), and diabetes (25-27). Moreover, post-transplant infections are associated with increased mortality (28). Due to the fact that all patients included were on immunosuppressive medications, and the frequency of chronic medical problems, as well as polypharmacy, our patients should be considered a high-risk group for severe course of infectious diseases, with multiple risk factors

ścowi. 1 pacjent (1%) zgłosił szczepienie przeciwko *Streptococcus pneumoniae*. Żaden pacjent nie zgłosił szczepienia przeciwko *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, półpaścowi ani RSV.

W analizie wieloczynnikowej regresji logistycznej miejsce zamieszkania okazało się związane z realizacją szczepienia przeciwko SARS-CoV-2 – skorygowany OR dla osób mieszkających w małych miastach był prawie czterokrotnie niższy niż dla osób mieszkających w dużych miastach (Tab. 2). Natomiast realizacja corocznego szczepienia przeciwko grypie nie była związana z żadnym z analizowanych czynników (Tab. 3).

DYSKUSJA

Nasze badanie potwierdza bardzo niski poziom wyszczepienia wśród biorców przeszczepów narządów litych. Szczepionki należą do najważniejszych osiągnięć współczesnej medycyny. Są jednym z najskuteczniejszych narzędzi zapobiegania chorobom zakaźnym i znacząco zmniejszyły globalne obciążenie chorobami. W ostatnich latach poczyniono znaczne postępy w opracowywaniu nowych technologii projektowania i podawania szczepionek (18). Jednak korzyści ze szczepień mogą być obserwowane jedynie wtedy, gdy są one stosowane.

Celem naszego badania była ocena wykorzystania szczepień u biorców przeszczepów narządów litych. Uczestnikami badania byli biorcy przeszczepu nerki i/lub wątroby. Reprezentowali obie płcie, różne grupy wiekowe, różne miejsca zamieszkania oraz różne statusy zawodowe. Chociaż nasze wyniki pochodzą z jednego ośrodka, co ogranicza możliwość ich uogólnienia, należy zauważyć, że cechy demograficzne nie były związane ze statusem szczepień, co sugeruje, że

for severe disease in the vast majority of patients. Therefore, vaccinations are of special importance in analysed group. In spite of this, we observed relatively low uptake of vaccinations in our group.

In fact, other researchers also observed that the rate of vaccinated solid organ transplant recipients is lower than recommended, e.g. only 38% of solid organ recipients were vaccinated against influenza in Sicilia, and 48% in Denmark (12,29). However, we note that in our case the dramatically low coverage was observed for vaccinations that are, according to the Polish Vaccination Programme, obligatory (diphtheria, tetanus, pertussis, *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*) not only the ones that are recommended (SARS-CoV-2, influenza, zoster, RSV, *Neisseria meningitidis*) for this group (14), highlighting systemic nature of the problem.

Obligatory vaccination means that a patient who skip it may be held accountable. However, it is a responsibility of a primary care physician, to inform the patients on the subject and to perform vaccination. According to our data, 92% of our patients were registered with a primary care physician. It is, in general, in line with data of other Polish transplant centres (30). The fact the despite high attendance in primary care vaccination coverage remains insufficient merits further investigation.

It is worth mentioning that elimination of economic barriers by reimbursement of vaccines brings no (or low) benefits, which probably indicates that other barriers are present, beyond the vaccine costs.

We were not able to identify factors associated with low vaccination uptake except for the place of residence in the case of vaccination against SARS-CoV-2. However, we did not include the education level as a possible factor due to the fact that data on it were not collected. According to the literature, reasons for low vaccination uptake in this group include fear of adverse reaction, impaired health status, and low vaccine efficacy (29).

Since 2019, COVID-19 is a serious epidemiologic problem. According to the Polish Ministry of Health, over 6.7 million cases of the disease, and over 120 thousand of deaths have been reported in Poland between March, 2020, and November, 2024 (31). In 2023, over 334 thousand of cases were reported (32). In renal transplant recipients, COVID-19 contributes significantly to mortality; for example, in 2021 in the US, 27% of renal transplant recipients' deaths are attributable to COVID-19 (6). In solid organ recipients, immune response to anti-SARS-CoV-2 vaccination may be attenuated, but it increases with booster doses of the vaccine (33-35). However, as many as 18% of our group has not been vaccinated at all, and only less

problem niewystarczającego poziomu immunizacji może mieć charakter powszechny.

W literaturze opisano liczne czynniki ryzyka ciężkiego przebiegu zakażeń, w tym starszy wiek (19,20), otyłość (21,22), immunosupresję (20,23) oraz choroby przewlekłe (22,24) – w tym choroby sercowo-naczyniowe, przewlekłą chorobę nerek (25) oraz cukrzycę (25-27). Ponadto zakażenia po transplantacji wiążą się ze zwiększoną śmiertelnością (28). Ponieważ wszyscy pacjenci włączeni do badania przyjmowali leki immunosupresyjne, a częstość wielochorobowości oraz wielolekowości była wysoka, naszych pacjentów należy uznać za grupę wysokiego ryzyka ciężkiego przebiegu chorób zakaźnych. W związku z tym szczepienia mają w analizowanej grupie szczególne znaczenie. Pomimo tego zaobserwowaliśmy stosunkowo niską realizację szczepień.

W innych badaniach również stwierdzano, że odsetek zaszczepionych biorców przeszczepów narządów litych jest niższy niż zalecany – na przykład jedynie 38% biorców na Sycylii oraz 48% w Danii było zaszczepionych przeciwko grypie (12,29). W naszym badaniu szczególnie niepokojący był jednak bardzo niski poziom realizacji szczepień, które zgodnie z polskim Programem Szczepień Ochronnych są obowiązkowe (błonica, tężec, krztusiec, *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*), lub zalecane (SARS-CoV-2, grypa, półpasiec, RSV, *Neisseria meningitidis*) dla tej grupy pacjentów (14), co wskazuje na systemowy charakter problemu.

Szczepienie obowiązkowe oznacza, że pacjent, który go nie wykona, może być pociągnięty do odpowiedzialności. Jednak to obowiązkiem lekarza podstawowej opieki zdrowotnej jest informowanie pacjentów o szczepieniach oraz ich wykonywanie. Zgodnie z naszymi danymi, 92% pacjentów pozostawało pod opieką lekarza POZ, co jest zgodne z danymi z innych polskich ośrodków transplantacyjnych (30). Fakt, że pomimo wysokiego poziomu korzystania z podstawowej opieki zdrowotnej poziom zaszczepienia pozostaje niski, wymaga dalszych analiz.

Warto również podkreślić, że eliminacja barier ekonomicznych poprzez refundację szczepionek przynosi niewielkie korzyści lub nie przynosi ich wcale, co prawdopodobnie wskazuje na istnienie innych barier poza kosztami szczepień.

Nie byliśmy w stanie zidentyfikować czynników związanych z niską realizacją szczepień, z wyjątkiem miejsca zamieszkania w przypadku szczepienia przeciwko SARS-CoV-2. Nie uwzględniliśmy jednak poziomu wykształcenia jako potencjalnego czynnika, ponieważ dane te nie były zbierane. Według literatury przyczynami niskiej realizacji szczepień w tej grupie są między innymi obawa przed działaniami niepożą-

than half of our group received booster doses of the vaccine.

Influenza is also a common infection, with 58 thousand of cases with the diagnosed influenza reported in Poland in 2023 (32). The course of influenza may be serious in transplant recipients (36). Additionally, influenza preceding SARS-CoV-2 infection may lead to severe course of COVID-19 (37). Seasonal vaccinations improve the outcome of influenza in solid organ transplant recipients (36). However, more than half of our group has never been vaccinated against influenza virus, and only 15% of our group undergoes annual vaccinations.

In 2023, there were 927 cases of pertussis, and 13 cases of tetanus reported in Poland (32). In 2024, number of cases of pertussis increased to 32.8 thousand, while number of cases of tetanus decreased to 8 (38). Additionally, 2960 cases of invasive pneumococcal disease, 280 cases of invasive disease caused by *Haemophilus influenzae*, and 154 cases of invasive disease caused by *Neisseria meningitidis* were reported in Poland in 2023. Of note, number of cases of all these diseases was higher in 2023 compared to 2022. Moreover, over 190 thousand of cases of varicella, and over 12 thousand of cases of RSV infection were reported in Poland in 2023 (32). Finally, in 2025, cases of diphtheria appeared in Poland, after many years of disease absence (39). These data represent the ongoing risk of exposure to infections. However, according to our data, the vast majority of solid organ transplant recipients are not immunized against these pathogens.

Based on our findings urgent actions are required to improve vaccination coverage in solid organs transplant recipients. First, patients, primary care physicians and transplant medicine specialists should be widely educated on the efficacy, safety, and current recommendations on vaccinations in this group. Second, both primary care physicians, and specialists should actively recommend vaccinations on each contact with patients. Third, we propose that vaccination offices should be developed at transplant centres. In that case, patients could undergo vaccinations at scheduled outpatients consultations in the transplant centres. Finally, at least some patients could be vaccinated during hospitalization at the transplant centre. Vaccinations during hospitalization are considered a way to improve the rate of immunization (40-42).

Limitations of our study should be acknowledged. First, the number of patients included into our study was relatively low. Additionally, selection of the study group (consecutive patients treated by 2 physicians) may be considered suboptimal, leading to the bias. Moreover, data were collected within only a short period of time. Second, the vaccination status was not based on medical documentation, but only on

danymi, zły stan zdrowia oraz przekonanie o niskiej skuteczności szczepionek (29).

Od 2019 roku COVID-19 stanowi poważny problem epidemiologiczny. Według danych Ministerstwa Zdrowia w Polsce od marca 2020 do listopada 2024 roku odnotowano ponad 6,7 miliona przypadków choroby i ponad 120 tysięcy zgonów (31). W 2023 roku zgłoszono ponad 334 tysiące przypadków (32). U biorców przeszczepu nerki COVID-19 znacząco przyczynia się do śmiertelności – na przykład w 2021 roku w USA 27% zgonów biorców przeszczepu nerki przypisywano COVID-19 (6). U biorców przeszczepów narządów litych odpowiedź immunologiczna na szczepienie przeciwko SARS-CoV-2 może być osłabiona, jednak zwiększa się po dawkach przypominających szczepionki (33-35). Mimo to, aż 18% pacjentów w naszej grupie nie było zaszczepionych w ogóle, a mniej niż połowa otrzymała dawki przypominające.

Grypa jest również częstą infekcją; w 2023 roku w Polsce zgłoszono 58 tysięcy przypadków potwierdzonej grypy (32). Przebieg grypy może być ciężki u biorców przeszczepów (36). Ponadto zakażenie grypą poprzedzające zakażenie SARS-CoV-2 może prowadzić do ciężkiego przebiegu COVID-19 (37). Szczepienia sezonowe poprawiają rokowanie w przebiegu grypy u biorców przeszczepów narządów litych (36). Jednak ponad połowa naszej grupy nigdy nie była szczepiona przeciwko wirusowi grypy, a jedynie 15% poddaje się szczepieniom corocznie.

W 2023 roku w Polsce odnotowano 927 przypadków krztuśca oraz 13 przypadków tężca (32). W 2024 roku liczba przypadków krztuśca wzrosła do 32,8 tysiąca, natomiast liczba przypadków tężca spadła do 8 (38). Ponadto w 2023 roku zgłoszono 2960 przypadków inwazyjnej choroby pneumokokowej, 280 przypadków inwazyjnej choroby wywołanej przez *Haemophilus influenzae* oraz 154 przypadki inwazyjnej choroby wywołanej przez *Neisseria meningitidis*. Warto zauważyć, że liczba przypadków wszystkich tych chorób była w 2023 roku wyższa niż w 2022 roku. Ponadto, w 2023 roku w Polsce odnotowano ponad 190 tysięcy przypadków ospy wietrznej oraz ponad 12 tysięcy przypadków zakażenia RSV (32). Wreszcie, w 2025 roku w Polsce pojawiły się przypadki błonicy po wielu latach nieobecności tej choroby (39). Dane te wskazują na utrzymujące się ryzyko ekspozycji na zakażenia. Jednak zgodnie z naszymi danymi zdecydowana większość biorców przeszczepów narządów litych nie jest przeciwko tym patogenom uodporniona.

Na podstawie naszych wyników konieczne są pilne działania w celu poprawy poziomu zaszczepienia biorców przeszczepów narządów litych. Po pierwsze, pacjenci, lekarze podstawowej opieki zdrowotnej oraz specjaliści medycyny transplantacyjnej powinni być szeroko edukowani na temat skuteczności, bezpie-

patients' responses, which could lead to recall bias. Third, it is possible that our results do not reflect situation in other transplant centres. Finally, important factors contributing to low vaccination uptake were not assessed, for e.g. lack awareness, knowledge, vaccine hesitancy; they still remain to be identified and eradicated.

CONCLUSIONS

Our results show that the level of vaccination coverage in solid organ transplant recipients is low. Urgent actions are needed to improve the current state.

Conflict of interest: none.

REFERENCES

1. ERA Registry: ERA Registry Annual Report 2022. Amsterdam UMC, location AMC, Department of Medical Informatics, Amsterdam, the Netherlands, 2024. <https://www.era-online.org/wp-content/uploads/2024/09/ERA-Registry-Annual-Report2022.pdf> (accessed on 25.09.2024)
2. Hamilton AJ, Caskey FJ, Casula A, Inward CD, Ben-Shlomo Y. Associations with Wellbeing and Medication Adherence in Young Adults Receiving Kidney Replacement Therapy. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2018;13(11):1669-79.
3. United States Renal Data System. 2023 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of kidney disease in the United States. End Stage Renal Disease. Chapter 9: Healthcare expenditures for Persons with ESRD. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD, 2023. <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2023/end-stage-renal-disease/9-healthcare-expenditures-for-persons-with-esrd> (accessed on 25.09.2024)
4. United States Renal Data System. 2023 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of kidney disease in the United States. End Stage Renal Disease. Chapter 1: Incidence, Prevalence, Patient Characteristics, and Treatment Modalities. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD, 2023. <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2023/end-stage-renal-disease/1-incidence-prevalence-patient-characteristics-and-treatment-modalities> (accessed on 25.09.2024)
5. Fishman JA. Infection in solid-organ transplant recipients. *N Engl J Med.* 2007;357(25):2601-2614.
6. United States Renal Data System. 2023 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of kidney disease in the United States. End Stage Renal Disease. Chapter 6: Mortality. National Institutes

czeństwa i aktualnych zaleceń dotyczących szczepień w tej grupie. Po drugie, zarówno lekarze POZ, jak i specjaliści powinni aktywnie rekomendować szczepienia przy każdym kontakcie z pacjentem. Po trzecie, proponujemy stworzenie punktów szczepień w ośrodkach transplantacyjnych, dzięki czemu pacjenci mogliby być szczepieni podczas planowych wizyt ambulatoryjnych w tych ośrodkach. Wreszcie część pacjentów mogłaby być szczepiona w trakcie hospitalizacji w ośrodku transplantacyjnym. Szczepienia podczas hospitalizacji są uznawane za jeden ze sposobów poprawy poziomu immunizacji (40-42).

Należy uwzględnić ograniczenia naszego badania. Po pierwsze, liczba pacjentów była stosunkowo niewielka. Ponadto, sposób doboru badanej grupy (kolejni pacjenci leczeni przez dwoje lekarzy) może być uznany za suboptymalny i prowadzić do błędu selekcji. Dane zbierano również w stosunkowo krótkim czasie. Po drugie, status szczepień nie był weryfikowany na podstawie dokumentacji medycznej, lecz jedynie na podstawie deklaracji pacjentów, co mogło prowadzić do błędu przypominania. Po trzecie, możliwe jest, że nasze wyniki nie odzwierciedlają sytuacji w innych ośrodkach transplantacyjnych. Wreszcie, nie oceniano ważnych czynników wpływających na niską realizację szczepień, takich jak brak świadomości, czy brak zaufania wobec szczepień; czynniki te wymagają identyfikacji i eliminacji.

WNIOSKI

Nasze wyniki wskazują, że poziom zaszczepienia wśród biorców przeszczepów narządów litych jest niski. Konieczne są pilne działania w celu poprawy obecnej sytuacji.

Konflikt interesów: brak.

- of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD, 2023. <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2023/end-stage-renal-disease/6-mortality> (accessed on 25.09.2024)
7. Jang SC, Oh BC, Nam JH, Lee EK, Kim HL, Kwon SH. Clinical impact and economic burden of post-transplant infections following heart transplantation: A retrospective nationwide cohort study. *J Heart Lung Transplant.* 2022;41(11):1601-1610.
8. Hamandi B, Law N, Alghamdi A, Husain S, Papadimitropoulos EA. Clinical and economic burden of infections in hospitalized solid organ transplant recipients compared with the general population in Canada – a retrospective cohort study. *Transpl. Int.* 2019;32(10):1095-1105.

9. Meng F, Zhu C, Zhu C, Sun J, Chen D, Ding R, Ciu L. Epidemiology and pathogen characteristics of infections following solid organ transplantation. *J Appl Microbiol.* 2024;135(12):lxae292.
10. Singh N, Limaye AP. Infections in Solid-Organ Transplant Recipients. Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases. 2015:3440–52. doi: 10.1016/B978-1-4557-4801-3.00313-1.
11. Tucker M, Azar MM, Cohen E, Gan G, Deng Y, Foppiano Palacios C, et al. Evaluating clinical effectiveness of SARS-CoV-2 vaccine in solid organ transplant recipients: A propensity score matched analysis. *Transpl Infect Dis.* 2022;24(4):e13876.
12. Harboe ZB, Modin D, Gustafsson F, Perch M, Gislason G, Sørensen SS, et al. Effect of influenza vaccination in solid organ transplant recipients: A nationwide population-based cohort study. *Am J Transplant.* 2022;22(10):2409-2417.
13. Danzinger-Isakov L, Kumar D; AST ID Community of Practice. Vaccination of solid organ transplant candidates and recipients: Guidelines from the American society of transplantation infectious diseases community of practice. *Clin Transplant.* 2019;33(9):e13563.
14. Komunikat Głównego Inspektora Sanitarnego z dnia 27 października 2023 r. w sprawie Programu Szczepień Ochronnych na rok 2024. Dziennik Urzędowy Ministra Zdrowia. 30.10.2023, Warszawa, Poland. <https://www.gov.pl/web/gis/program-szczepien-ochronnych-na-2024-rok> (accessed on 25.09.2024)
15. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 30 sierpnia 2023 r. w sprawie wykazu refundowanych leków, środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego oraz wyrobów medycznych na 1 września 2023 r. <https://www.gov.pl/web/zdrowie/obwieszczenie-ministra-zdrowia-z-dnia-30-sierpnia-2023-r-w-sprawie-wykazu-refundowanych-lekow-srodkow-spozywczych-specjalnego-przeznaczenia-zywnieniowego-oraz-wyrobow-medycznych-na-1-wrzesnia-2023-r> (accessed on 06.02.2026)
16. Centrum Organizacyjno-Koordynacyjne ds. Transplantacji Poltransplant. <https://poltransplant.org.pl/osrodki-transplantacyjne/> (accessed on 06.02.2026)
17. Matkowska-Kocjan A. Czy można szczepić osoby z obniżoną odpornością? <https://szczepienia.pzh.gov.pl/wszystko-o-szczepieniach/czy-mozna-szczepic-osoby-z-obnizona-odpornoscia/?print-version> (accessed on 06.02.2026)
18. Tripathi T. Advances in vaccines: revolutionizing disease prevention. *Sci Rep.* 2023;13(1):11748.
19. Hu K, Lin L, Liang Y, Shao X, Hu Z, Luo Z, et al. COVID-19: risk factors for severe cases of the Delta variant. *Aging (Albany NY).* 2021;13(20):23459-23470.
20. Martínez A, Soldevila N, Romero-Tamarit A, Torner N, Godoy P, Rius C, et al. Risk factors associated with severe outcomes in adults hospitalized patients according to influenza type and subtype. *PLoS One.* 2019;14(1):e0210353.
21. de Leeuw AJ, Oude Luttikhuis MA, Wellen AC, Muller C, Calkhoven CF. Obesity and its impact on COVID-19. *J Mol Med. (Berl).* 2021;99(7):899-915.
22. Yu H, Feng Z, Uyeki TM, Liao Q, Zhou L, Feng L, et al. Risk factors for severe illness with 2009 pandemic influenza A (H1N1) virus infection in China. *Clin Infect Dis.* 2011;52(4):457-465.
23. Chen L, Han X, Li Y, Zhang C, Xing X. The severity and risk factors for mortality in immunocompromised adult patients hospitalized with influenza-related pneumonia. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2021;20(1):55.
24. Gilca R, De Serres G, Boulianne N, Ouhoumane N, Papenburg J, Douville-Fradet M, et al. Risk factors for hospitalization and severe outcomes of 2009 pandemic H1N1 influenza in Quebec, Canada. *Influenza Other Respir Viruses.* 2011;5(4):247-255.
25. Zsichla L, Muller V. Risk factors of severe COVID-19: A review of host, viral, and environmental factors. *Viruses.* 2023;15(1):175.
26. Dicembrini I, Silverii GA, Clerico A, Fornengo R, Gabutti G, Sordi V, et al. Influenza: Diabetes as a risk factor for severe related-outcomes and the effectiveness of vaccination in diabetic population. A meta-analysis of observational studies. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2023;33(6):1099-1110.
27. Kim SH, Mun SJ, Ko JH, Huh K, Cho SY, Kang CI, et al. Poor outcomes of early recurrent post-transplant bloodstream infection in living-donor liver transplant recipients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2021;40(4):771-778. doi:10.1007/s10096-020-04074-5.
28. Qian YB, Chen F, Hang HL, Shen C, Han LZ, Deng YX, et al. Risk factors and outcomes of early infection in liver transplant recipients with acute-on-chronic liver failure. *J Dig Dis.* 2022;23(11):642-650. doi:10.1111/1751-2980.13151.
29. Restivo V, Vizzini G, Mularoni A, Di Benedetto C, Gioe SM, Vitale F. Determinants of influenza vaccination among solid organ transplant recipients attending Sicilian reference center. *Hum Vaccin Immunother.* 2017;13(2):346-350.
30. Włodarczyk E, Włodarczyk Z, Paczek L, Szymanska A, Glyda M, Adamowicz A, et al. Holistic Long-Term Care Over Elderly Kidney Transplant Recipients. *Transplant Proc.* 2018;50(6):1900-1903.

31. <https://www.gov.pl/web/koronawirus/wykaz-zarazen-koronawirusem-sars-cov-2> (accessed on 12.11.2024)
32. Stan sanitarny kraju w 2023 roku. Główny Inspektorat Sanitarny. Warszawa, 2024. <https://www.gov.pl/web/gis/raport---stan-sanitarny-kraju> (accessed on 12.11.2024)
33. Montalbano M, Piccolo P, Lionetti R, Visco-Comandini U, Agrati C, Grassi G, et al. Third dose of SARS-CoV2 mRNA vaccination produces robust persistent cellular and humoral immune responses in liver transplant recipients. *Liver Int.* 2023;43(5):1120-1125.
34. Biagio P, Rosa C, Nicola SM, Fabrizio S, Amerigo P, Giulia Z, et al. Serological Response and Clinical Protection of Anti-SARS-CoV-2 Vaccination and the Role of Immunosuppressive Drugs in a Cohort of Kidney Transplant Patients. *Viruses.* 2022;14(9):1951.
35. Thomson T, Prendecki M, Gleeson S, Martin P, Spensley K, De Aguiar RC, et al. Immune responses following 3rd and 4th doses of heterologous and homologous COVID-19 vaccines in kidney transplant recipients. *EClinicalMedicine.* 2022;53:101642.
36. Mombelli M, Kampouri E, Manuel O. Influenza in solid organ transplant recipients: epidemiology, management, and outcomes. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2020;18(2):103-112.
37. Hwang JH, You YS, Yeom SW, Lee MG, Lee JH, Kim MG, et al. Influenza viral infection is a risk factor for severe illness in COVID-19 patients: a nationwide population-based cohort study. *Emerg Microbes Infect.* 2023;12(1):2164215.
38. Zdrowie i ochrona zdrowia w 2024r. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, Kraków. 2025
39. Komunikat GIS o bieżących zagrożeniach epidemiologicznych. <https://www.gov.pl/web/gis/komunikat-gis-o-biezacych-zagrozeniach-epidemicznych> (accessed on 25.03.2025)
40. Navarro RA, Lin CC, Colli B, Qian L, Liu IA, Sy LS, et al. Safety of influenza vaccination during orthopaedic surgery hospitalizations. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30(2):e155-e163.
41. Gallone MS, Martino C, Quarto M, Tafuri S. Bari Policlinico General Hospital. Active offer of vaccinations during hospitalization improves coverage among splenectomized patients: an Italian experience. *Am J Infect Control.* 2017;45(8):e87-e89.
42. Alshehri A, Ahmed M, Bagazi D, Alghamdi A. Healthcare providers' adherence to recommended pneumococcal and influenza vaccination in patients discharged with respiratory diseases from general medical wards. *Vaccines (Basel).* 2023;11(2):431.

Received: 12.12.2025

Accepted for publication: 03.04.2026

Otrzymano: 12.12.2025 r.

Zaakceptowano do druku: 03.04.2026 r.

Address for correspondence:

Adres do korespondencji:

Mariusz Niemczyk

Klinika Transplantologii, Immunologii, Nefrologii i Chorób Wewnętrznych

Warszawski Uniwersytet Medyczny

email: mariusz.niemczyk@wum.edu.pl