

Jakub Fiegler-Rudol¹, Karolina Lau², Janusz Kasperczyk²

PUBLIC HEALTH THREAT OF NOVEL ZOOONOTIC DISEASES: LITERATURE REVIEW

ZAGROŻENIE ZWIĄZANE Z NOWYMI CHOROBYMI ODZWIERZĘCYMI: PRZEGLĄD LITERATURY

¹Student Research Group at the Chair and Department of Medicine and Environmental Epidemiology, Faculty of Medical Sciences in Zabrze, Medical University of Silesia in Katowice, Poland
Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Zakładzie Medycyny i Epidemiologii Środowiskowej,
Wydział Nauk Medycznych w Zabrzu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

²Chair and Department of Medicine and Environmental Epidemiology
Faculty of Medical Sciences in Zabrze, Medical University of Silesia in Katowice, Poland
Katedra i Zakład Medycyny i Epidemiologii Środowiskowej,
Wydział Nauk Medycznych w Zabrzu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska

ABSTRACT

Zoonoses, diseases transmitted from animals to humans, continue to challenge public health despite advancements in controlling infectious diseases. The intricate link between human, animal, and environmental health is emphasised by the fact that zoonoses contribute to 60% of emerging human infections. Wet markets, wildlife hunting, intensive wildlife farming, and interactions between domestic animals and humans are key sources of transmission. In a changing world, new transmission patterns mean new methods of prediction must be developed. This article delves into the emergence of new zoonoses, such as the Nipah virus and the SARS-CoV-2 pandemic, emphasising the importance of understanding zoonotic aspects for outbreak prevention. Re-emerging zoonoses, like tuberculosis and vaccine-preventable diseases, present challenges, exacerbated by factors like globalised human activities and disruptions caused by the SARS-CoV-2 pandemic. A proper understanding of the interplay between humans, animals and the environment is needed for a comprehensive strategy. Public health implications are explored, including economic losses, antibiotic resistance, and the disruption of international trade.

Keywords: *One Health, Public Health, Zoonotic diseases*

STRESZCZENIE

Choroby odzwierzęce, choroby przenoszone ze zwierząt na ludzi, w dalszym ciągu stanowią wyzwanie dla zdrowia publicznego pomimo licznych postępów w zwalczaniu chorób zakaźnych. Skomplikowany związek między zdrowiem ludzi, zwierząt i środowiskiem podkreśla fakt, że choroby odzwierzęce są przyczyną 60% nowo pojawiających się infekcji u ludzi. Kluczowymi źródłami przenoszenia są mokre targi, polowania na dziką zwierzynę, intensywna hodowla dzikich zwierząt oraz interakcje między zwierzętami domowymi a ludźmi. W zmieniającym się świecie nowe wzorce transmisji oznaczają konieczność opracowania nowych metod przewidywania. W artykule omówiono pojawienie się nowych chorób odzwierzęcych, takich jak wirus Nipah i pandemia SARS-CoV-2, podkreślając znaczenie zrozumienia aspektów odzwierzęcych w zapobieganiu epidemiom. Powracające choroby odzwierzęce, takie jak gruźlica i choroby, którym można zapobiegać poprzez szczepienia, stanowią wyzwanie, które dodatkowo pogłębiają takie czynniki, jak globalna działalność człowieka i zakłócenia spowodowane pandemią SARS-CoV-2. Aby opracować kompleksową strategię, konieczne jest właściwe zrozumienie wzajemnych zależności między ludźmi, zwierzętami i środowiskiem. Omawiane są skutki dla zdrowia publicznego, w tym straty gospodarcze, oporność na antybiotyki i zakłócenia w handlu międzynarodowym.

Słowa kluczowe: *zdrowie publiczne, choroby odzwierzęce, One Health*

INTRODUCTION

The World Health Organization (WHO) defines zoonosis as any naturally transmissible disease or infection from vertebrate animals to humans, with more than 200 recognised varieties. While the industrialised world has made significant strides in controlling infectious diseases, the emergence and re-emergence of zoonoses continue to pose public health threats (1).

The complex dynamics of infectious diseases involve a triad of contributors: humans, animals, and the environment. Approximately 60% of emerging human infections stem from zoonotic origins, indicating an interconnection between human and animal health (2). The gravity of this situation is underscored by the fact that over 70% of zoonotic pathogens originate from wildlife species (3). This link between humans and animals in disease transmission poses a direct threat to human health, leading to severe consequences, including fatalities. Notably, the most affected demographic is often the impoverished livestock workers in low- and middle-income countries. Zoonoses inflict a heavy toll, causing an estimated 2.4 billion cases of illness and 2.7 million deaths annually, reducing the level of animal health and livestock production (4).

Zoonotic diseases manifest through various pathogens and are grouped based on aetiology into bacterial, viral, parasitic, fungal, rickettsial, chlamydial, protozoal, and diseases caused by acellular non-viral agents such as prions. Bacterial agents account for about 42% of zoonotic pathogens (5). Transmission of pathogens can occur through direct or indirect routes, with diseases transmitted directly known as direct zoonoses. Avian influenza and rabies exemplify such direct transmission, the former through droplets or fomites and the latter through bites from rabid animals. Indirect transmission through vectors, such as mosquitoes and ticks is additionally observed in diseases like Dengue fever (6, 7).

Understanding Zoonoses. Zoonotic transmission pathways are varied. Wet markets, wildlife hunting and consumption, intensive wildlife farming, and domestic animals have all been linked to disease spread (8).

Wet markets are often associated with the transmission of infectious diseases, exemplified by the SARS outbreak in 2002 and the suspected origin of SARS-CoV-2 in a seafood market in Wuhan. Despite concerns, the consumption of freshly slaughtered meat and wildlife remains culturally embedded, challenging efforts to reform these markets. Wildlife hunting is a practice that provides nutrition and income but may increase the risk of pathogen spread (9). The spread of diseases such as HIV and Ebola has been attributed

WSTĘP

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) definiuje chorobę odzwierzęcą jako naturalnie przenoszoną infekcję ze zwierząt na ludzi. Choć świat uprzemysłowiony poczynił znaczne postępy w zwalczaniu chorób zakaźnych, pojawianie się nowych chorób odzwierzęcych w dalszym ciągu stwarza zagrożenie dla zdrowia publicznego (1).

Złożona dynamika chorób zakaźnych obejmuje triadę czynników: ludzkiego, zwierzęcego i środowiskowego. Około 60% pojawiających się infekcji u ludzi ma podłoże odzwierzęce, co wskazuje na związek między zdrowiem ludzi i zwierząt (2). Powagę tej sytuacji podkreśla fakt, że ponad 70% patogenów odzwierzęcych pochodzi od gatunków dzikich (3). To powiązanie między ludźmi i zwierzętami w przypadku przenoszenia chorób stwarza bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, prowadząc do poważnych konsekwencji, w tym ofiar śmiertelnych. Warto zauważyć, że najbardziej dotkniętą populacją są często pracownicy zajmujący się hodowlą zwierząt w krajach o niskich i średnich dochodach. Choroby odzwierzęce zbierają corocznie ogromne żniwo, powodując szacunkowo 2,4 miliarda przypadków chorób i 2,7 miliona zgonów rocznie (4).

Choroby odzwierzęce wywołane są różnymi patogenami i pogrupowane zostały w oparciu o etiologię na choroby bakteryjne, wirusowe, pasożytnicze, grzybicze, riketsyjne, chlamydialne, pierwotniakowe i wywołane przez bezkomórkowe czynniki niewirusowe, takie jak priony. Czynniki bakteryjne stanowią około 42% patogenów odzwierzęcych (5). Przeniesienie infekcji może nastąpić drogą bezpośrednią lub pośrednią. Przykładami bezpośredniego przenoszenia są ptasia grypa i wścieklizna. Pośrednie przeniesienie odbywa się przez wektory, takie jak komary i kleszcze, np. w przypadku chorób takich jak gorączka denga czy malaria (6, 7).

Drogi przenoszenia chorób odzwierzęcych są zróżnicowane (8). Targowiska w krajach azjatyckich często kojarzą się z przeniesieniem chorób zakaźnych, czego przykładem jest epidemia SARS w 2002 r. i podejrzenie pochodzenia SARS-CoV-2 na targu owoców morza w Wuhan. Pomimo obaw spożycie świeżego mięsa i dzikich zwierząt pozostaje mocno zakorzenione kulturowo, co stanowi wyzwanie dla wysiłków na rzecz zreformowania tych rynków. Pozyskiwanie produktów pochodzących z dzikiej przyrody to praktyka zapewniająca pożywienie i dochód, ale może znacznie zwiększać ryzyko rozprzestrzeniania się patogenów (9). Rozprzestrzenianie się chorób takich jak HIV i Ebola przypisuje się kontaktowi z mięsem zwierząt łownych. Złe monitorowane hodowli dzikich zwierząt

to contact with wild game meat. Poorly monitored wildlife farming practices create health risks, as seen in cases of avian influenza in ostrich farms and SARS-CoV-2 in mink farms. This form of farming, driven by market demands, also contributes to the risk of disease emergence, as seen in the Nipah virus outbreak in Malaysia (10).

Throughout history, zoonotic diseases have significantly impacted human populations. The bubonic plague, associated with *Yersinia pestis* and responsible for the Black Death epidemic, is one such disease with a zoonotic component in its transmission chain. Major plague outbreaks occurred at various points in history, including the Justinian plague, the Black Death, and the Third Pandemic in 1894 (11). The Third Pandemic, which originated in Hong Kong, affected mainly coastal regions of China and India (12). It is now believed that the English Sweats, an illness with an unknown cause, characterized by intense sweating and fever, was a hantavirus infection. This disease vanished in the mid-16th century, possibly due to a decline in the rodent reservoir population (13). Yellow fever virus (YFV) has recently resurfaced in Brazil. Flaviviruses like West Nile virus (WNV) and Zika virus have also caused significant challenges, with WNV spreading across the United States and Zika virus causing a pandemic linked to microcephaly (14).

Over centuries, the pattern of zoonotic infections has evolved, influenced by rapid urbanization, and changing agricultural practices. In China, these changes have altered infectious disease ecology by expanding the interface between humans, wildlife, and livestock (15). This is particularly evident in southern China, where a large urban population has increased the demand for poultry production, contributing to the emergence of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) strains (16). Population growth and urbanization pressure food production, creating intense demands on livestock and food production that often exceed veterinary and ecological control measures. Southeast Asia, along with Africa and South America, faces high pressure on farming production for both internal and external markets (17).

The prevalence of small and medium-sized farms with substandard living conditions for livestock, combined with the lack of control over feeding resources, sanitary conditions for workers, and the practice of mixing animals from different farms for transportation, presents a significant epidemiological risk. This situation, common in low-income countries across Asia, along with changes in land use, has increased the risk of disease transmission to humans. Large livestock populations, especially poultry, serve as vectors for viral mutation and interspecies influenza transmission (18). China's geographical

stwarza ryzyko dla zdrowia populacyjnego, co widać w przypadkach ptasiej grypy na fermach strusi i SARS-CoV-2 w hodowlach nerek. Ta forma rolnictwa, wynikająca z zapotrzebowania rynku, również przyczynia się do ryzyka pojawienia się chorób, co widać w przypadku epidemii wirusa Nipah w Malezji (10).

Na przestrzeni dziejów choroby odzwierzęce wywierały znaczący wpływ na populacje ludzkie. Dżuma wywołana przez *Yersinia pestis* i odpowiedzialna za epidemię czarnej śmierci to jedna z chorób, której łańcuch przenoszenia ma element odzwierzęcy. Poważne epidemie dżumy miały miejsce w różnych momentach historii, włączając dżumę Justyniana, czarną śmierć i trzecią pandemię w 1894 r. (11). Trzecia pandemia, która miała swój początek w Hongkongu, dotknęła głównie przybrzeżne regiony Chin i Indii (12). Obecnie uważa się, że pot angielski, choroba o nieznanym przyczynie, charakteryzująca się intensywnym poceniem i gorączką, była infekcją hantawirusową. Choroba ta zanikła w połowie XVI wieku, prawdopodobnie w wyniku spadku populacji rezerwuaru gryzoni (13). Wirus żółtej febry (YFV) pojawił się niedawno w Brazylii. Flawiwirusy, takie jak wirus Zachodniego Nilu (WNV) i wirus Zika, który spowodował pandemię powiązaną z małogłowieciem, nadal są znacznym wyzwaniem dla epidemiologów (14).

Na przestrzeni wieków schemat infekcji odzwierzęcych ewoluował pod wpływem szybkiej urbanizacji i zmieniających się praktyk rolniczych (15). Jest to szczególnie widoczne w południowych Chinach, gdzie duża populacja miejska zwiększyła popyt na produkcję drobiu, przyczyniając się do pojawienia się szczepów wysoce zjadliwej grypy ptaków (HPAI) (16). Wzrost populacji i urbanizacja wywierają presję na produkcję żywności, powodując intensywne zapotrzebowanie na zwierzęta gospodarskie i produkcję żywności, które często wymykają się kontroli weterynaryjnej. Azja Południowo-Wschodnia, wraz z Afryką i Ameryką Południową znajdują się pod dużą presją w zakresie produkcji rolnej zarówno na rynki wewnętrzne, jak i zewnętrzne (17).

Występowanie małych i średnich gospodarstw rolnych o nieodpowiednich warunkach bytowania zwierząt gospodarskich w połączeniu z brakiem kontroli nad zasobami paszowymi, warunkami sanitarnymi pracowników oraz praktyką mieszania do transportu zwierząt z różnych gospodarstw, stwarza istotne ryzyko epidemiologiczne. Ta sytuacja zwiększyła ryzyko przeniesienia chorób na ludzi. Duże populacje zwierząt gospodarskich, zwłaszcza drobiu, służą jako wektory mutacji wirusowych i przenoszenia międzygatunkowej grypy (18). Cechy geograficzne Chin ułatwiają rozprzestrzenianie się ptasiej grypy poprzez ptaki migrujące, podczas gdy intensywnie uprawiane pola

features facilitate the spread of avian influenza through migrating birds, while intensively cultivated rice fields in East Asia become breeding grounds for HPAI-carrying waterfowl (19,20). Furthermore, rapidly expanding urban areas provide ideal conditions for pathogen transmission, increasing the local population's vulnerability to infections (21,22).

NEW ZOONOSES IN THE INDUSTRIALIZED WORLD

The concept of emerging infectious diseases (EID) was first mentioned in the early 1960s and became widespread in the late 1980s (23). This coincided with major global outbreaks that challenged the perception of infectious diseases as remnants of the past or confined to underdeveloped regions (24). The dynamic spectrum of infectious diseases is evolving, propelled by societal and environmental changes. Factors such as human population growth, expanding poverty, urban migration, international travel, and technological advancements are reshaping the landscape and influencing the risk of exposure to infectious agents (25).

Human activities such as agriculture, migration, urbanization, deforestation, and dam construction are often linked to ecological changes, which favour disease emergence (26). The risk factors for emerging zoonoses are complex, involving infectious agents, molecular mechanisms, changes in immunological status, environmental and social transformations, human demographics and behaviours, travel, trade, technological developments, and lapses in public health measures (27). Noteworthy examples include water irrigation contributing to mosquito-borne diseases, urbanization acting as a multiplier for pathogen transmission, human movements, upheavals, and farming practices influencing disease emergence.

The rise of exotic pet keeping, translocation of animal species, and international trade in live animals facilitate the transmission of disease (28). The SARS-CoV-2 pandemic highlights the complex interaction between human activities and wildlife. Initially, researchers delved into the role of raccoon dogs and palm civets, and eventually identified bats as continuous carriers of the virus. There's also evidence suggesting pangolins served as intermediary hosts. Humans then served as the amplifying carrier, and the spread from human to human was the deadliest mode of transmission (29).

RE-EMERGING ZOONOSES

Emergence and re-emergence factors, encompassing elements that contribute to the rise of diseases, have become more prevalent in recent years.

ryżowe w Azji Wschodniej stają się wylęgarnią ptactwa wodnego przenoszącego HPAI (19,20). Co więcej, szybko rozwijające się obszary miejskie zapewniają idealne warunki do przenoszenia patogenów, zwiększając podatność lokalnej ludności na infekcje (21,22).

NOWE CHOROBY ODZWIĘCZĘCE W ŚWIECIE UPRZEMYSŁOWIONYM

Koncepcja nowo pojawiających się chorób zakaźnych po raz pierwszy pojawiła się w literaturze na początku lat sześćdziesiątych XX wieku, a rozprószyła się pod koniec lat osiemdziesiątych XX wieku (23). Zbiegło się to z poważnymi ogólnosiwiatowymi epidemiami, które podważyły postrzeganie chorób zakaźnych jako sprawy historycznej lub zjawiska ograniczonego do regionów słabo rozwiniętych (24). Dynamiczne spektrum chorób zakaźnych ewoluuje pod wpływem zmian społecznych i środowiskowych. Czynniki takie jak wzrost populacji ludzkiej, rosnące ubóstwo, migracja miejska, podróże międzynarodowe i postęp technologiczny zmieniają krajobraz i wpływają na ryzyko narażenia na czynniki zakaźne (25).

Działalność człowieka, taka jak rolnictwo, migracja, urbanizacja, wylesianie i budowa tam, często wiąże się ze zmianami ekologicznymi, które sprzyjają pojawianiu się chorób (26). Czynniki ryzyka pojawiających się chorób odzwierzęcych są złożone i obejmują czynniki zakaźne, mechanizmy molekularne, zmiany w stanie odporności, przemiany środowiskowe i społeczne, dane demograficzne i zachowania ludzi, podróże, handel, rozwój technologiczny i uchybienia w środkach ochrony zdrowia publicznego (27). Godne uwagi przykłady obejmują nawadnianie przyczyniające się do chorób przenoszonych przez komary, urbanizację sprzyjającą przenoszeniu patogenów, rabunkowe praktyki rolnicze wpływające na pojawienie się chorób. Coraz popularniejsza hodowla zwierząt egzotycznych, przemieszczanie gatunków zwierząt i międzynarodowy handel żywymi zwierzętami ułatwiają przenoszenie chorób (28). Pandemia SARS-CoV-2 uwydatnia złożoną interakcję między działalnością człowieka a dziką przyrodą. Początkowo badacze zgłębiali rolę jenotów, aż w końcu zidentyfikowali nietoperze jako nosicieli wirusa. Istnieją również dowody sugerujące, że łuskowce były żywicielami pośrednimi. Ludzie służyli wówczas jako nośnik wzmacniający, a przenoszenie się z człowieka na człowieka było najbardziej śmiertelnością drogą przenoszenia (29).

POWRACAJĄCE CHOROBY ODZWIĘCZĘCE

Czynniki ponownego pojawiania się chorób obejmują zmiany demograficzne, populacyjne i środowiskowe (30). Dzieli się je na czynniki związane

They include changes in demographics, populations, and the environment (30). Emergence factors are categorized into those related to infectious agents, human and animal activities, and environmental changes. Mutations of infectious agents, particularly viruses, contribute to increased virulence of strains and the emergence of resistant pathogenic forms (31).

The ability of pathogens to cross the interspecies barrier broadens infection possibilities. Genetic dynamism in viruses, manifested through antigenic drift and shift, leads to emerging agents with different antigens. Human activities, including lifestyle and habitat sharing with animals, coupled with inadequate sanitary systems, create the perfect conditions for disease emergence, exemplified by deforestation leading to Ebola outbreaks, wet markets associated with SARS-CoV-2 origins, factory farming contributing to the H1N1 pandemic, and poor urban sanitation facilitating the spread of diseases like leptospirosis and dengue fever (32,33).

Industrial farms and centralized food production chains create conditions for disease emergence. Environmental changes, driven by anthropogenic pressure on the environment, include deforestation, demographic explosion, industrial pollution, and rapid urbanization. All these factors affect health risks (34).

According to WHO and UNICEF, the SARS-CoV-2 pandemic significantly disrupted routine immunization services globally in 2020, leading to 23 million children missing out on basic vaccines, an increase of 3.7 million from 2019 (35). These disruptions were particularly noticeable in the WHO Southeast Asian and Eastern Mediterranean Regions. Most affected were children in conflict-affected, remote, or underserved areas, with up to 17 million likely not receiving a single vaccine. This setback raises concerns about potential outbreaks of preventable diseases like measles, polio, and meningitis (35,36). The pandemic has worsened the pre-existing decline in vaccination rates, with significant impacts on middle-income countries, notably India, and contributed to a decrease in vaccination due to school closures (37). In the birth cohort scheduled for vaccination in 2020, there was an increase of 3.5 million children who did not get their first dose of the diphtheria, tetanus, and pertussis (DTP-1) vaccine compared to 2019, and another 3 million children missed their initial measles vaccine (35-37).

The incidence of measles has increased globally, causing sporadic outbreaks, including one in Mumbai with 233 confirmed cases and 13 deaths as of November 2022 (37). It has been suggested that factors contributing to the measles outbreak include vaccine hesitancy, poor living conditions, inadequate health services, poor nutrition, and missed vaccine

z czynnikami zakaźnymi, działalnością ludzi i zwierząt oraz zmianami środowiskowymi. Mutacje czynników zakaźnych, szczególnie wirusów, przyczyniają się do zwiększonej zjadliwości szczepów i pojawienia się opornych form patogennych (31).

Zdolność patogenów do przekraczania bariery międzygatunkowej zwiększa możliwości infekcji. Dynamika genetyczna wirusów, objawiająca się dryfowaniem i przesunięciem antygenów, prowadzi do pojawiania się czynników o różnych antygenach. Działalność człowieka, w tym styl życia i dzielenie siedlisk ze zwierzętami, w połączeniu z nieodpowiednimi systemami sanitarnymi, tworzą idealne warunki do pojawienia się chorób, czego przykładem jest wylesianie prowadzące do epidemii wirusa Ebola, mokre targi powiązane z pochodzeniem SARS-CoV-2, hodowla przemysłowa przyczyniająca się do wirusa H1N1 pandemia oraz złe warunki sanitarne w miastach ułatwiające rozprzestrzenianie się chorób takich jak leptospiroza i gorączka denga (32,33).

Gospodarstwa przemysłowe i scentralizowane łańcuchy produkcji żywności stwarzają warunki do pojawienia się chorób. Zmiany środowiskowe, wywołane presją antropogeniczną na środowisko, obejmują wylesianie, eksplozję demograficzną, zanieczyszczenia przemysłowe i szybką urbanizację. Wszystkie te czynniki wpływają na ryzyko dla zdrowia (34).

Według WHO i UNICEF pandemia wirusa SARS-CoV-2 w 2020 r. znacząco zakłóciła świadczenie rutynowych szczepień na całym świecie, w wyniku czego 23 mln dzieci nie otrzymało podstawowych szczepionek, co stanowi wzrost o 3,7 mln w porównaniu z 2019 r. (35). Zakłócenia te były szczególnie zauważalne w regionach Azji Południowo-Wschodniej i wschodniego Morza Śródziemnego WHO. Najbardziej dotknięte były dzieci z obszarów dotkniętych konfliktem, odległych lub o niedostatecznej liczbie mieszkańców – prawdopodobnie aż 17 milionów nie otrzymało ani jednej szczepionki. Budzi to obawy dotyczące potencjalnych wybuchów chorób, którym można zapobiegać, takich jak odra, polio i zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (35,36). Pandemia pogorszyła istniejący wcześniej spadek wskaźników szczepień, co ma znaczący wpływ na kraje o średnich dochodach, zwłaszcza Indie, i przyczyniła się do spadku liczby szczepień z powodu zamknięcia szkół (37). W populacji dzieci zaplanowanej do szczepienia w 2020 r. odnotowano wzrost o 3,5 mln dzieci, które nie otrzymały pierwszej dawki szczepionki przeciw błonicy, tężcowi i krztuścowi (DTP-1) w porównaniu z 2019 r., a kolejne 3 mln dzieci opuściło szczepienie początkowa szczepionka przeciwko odrze (35-37).

Częstość występowania odry wzrosła na całym świecie, powodując sporadyczne ogniska, w tym jedno w Bombaju, w którym do listopada 2022 r. odnoto-

doses due to the pandemic (37). A three-step program is used to control the measles outbreak, emphasizing the identification of suspected cases, immunization of children, who have not been vaccinated yet, and awareness campaigns (38).

Tuberculosis (TB) has re-emerged globally (39). An increase in industrialized countries has been driven by immigration, while in Africa, TB has been linked to the widespread immunodeficiency caused by the HIV epidemic (40). Molecular epidemiological studies in the past two decades have provided valuable insights. These studies addressed questions about the proportion of recent transmission, risk factors, occurrence of multiple infections, and lineage-associated geographical origins (41). The Beijing genotype, linked to multidrug resistance, raises concerns about BCG vaccine-induced immunity. DNA fingerprinting and genome sequencing are expected to enhance understanding of transmission chains, mixed infections, and lineage-specific patterns (42,43).

NEGLECTED ZOONOTIC DISEASES

Neglected zoonotic diseases (NZDs) form a category within the broader spectrum of neglected tropical diseases (44). Zoonoses include illnesses naturally transmitted between vertebrate animals and humans, emphasising their bidirectional transmission. The term “neglected” emphasizes that these diseases predominantly impact impoverished and marginalized communities situated in settings with limited resources (45). In the developing world, where people heavily rely on livestock and poultry for various necessities, the close interaction between humans and animals poses risks of zoonotic diseases. NZDs associated with poverty affect millions of poor livestock keepers and those in slums. Poor populations are more susceptible to zoonoses like anthrax and brucellosis, with occupational risks for small livestock producers. NZDs affect both human and animal health, contributing to a dual burden in impoverished households (46).

As the world becomes more globalised, the emergence and re-emergence of zoonotic infections in less economically developed regions, including leptospirosis and Q fever, raise concerns. Understanding these diseases from an animal health perspective can inform intervention strategies, as 20 of the 27 infectious diseases tracked by the World Health Organization are classified as zoonotic (47). NZDs create substantial burdens, often underestimated due to under-reporting and diagnostic challenges. For example, sleeping sickness (HAT) experiences significant under-reporting. Cystic echinococcosis (CE) is a parasitic disease, which causes substantial livestock losses. These contribute to

wano 233 potwierdzone przypadki i 13 zgonów (37). Sugeruje się, że czynniki przyczyniające się do epidemii odry obejmują uchylanie się od szczepień, złe warunki życia, nieodpowiednią opiekę zdrowotną, złe odżywianie i pominięcie dawek szczepionek z powodu pandemii (37). W celu opanowania epidemii odry stosuje się trzyetapowy program, kładący nacisk na identyfikację podejrzanych przypadków, szczepienie dzieci, które nie zostały jeszcze zaszczepione, oraz kampanie uświadamiające (38).

Gruźlica (TB) ponownie pojawiła się na całym świecie (39). Wzrost zachorowań w krajach uprzemysłowionych wynika z imigracji, natomiast w Afryce gruźlicę powiązano z powszechnym niedoborem odporności spowodowanym epidemią HIV (40). Molekularne badania epidemiologiczne przeprowadzone w ciągu ostatnich dwudziestu lat dostarczyły cennych spostrzeżeń. W badaniach tych odpowiedziano na pytania dotyczące odsetka niedawnych transmisji, czynników ryzyka, występowania wielu infekcji i pochodzenia geograficznego związanego z linią genetyczną (41). Genotyp pekiński powiązany z opornością wielolekową budzi obawy dotyczące odporności wywołanej szczepionką BCG. Oczekuje się, że pobieranie odcisków palców DNA i sekwencjonowanie genomu poprawią zrozumienie łańcuchów przenoszenia, infekcji mieszanych i wzorców specyficznych dla linii (42,43).

ZANIEDBANE CHOROBY ODZWIERZĘCE

Zaniedbane choroby odzwierzęce (NZD) stanowią kategorię w szerszym spektrum zaniedbanych chorób tropikalnych (44). Do chorób odzwierzęcych zalicza się choroby przenoszone w sposób naturalny między kręgowcami a ludźmi, co podkreśla ich dwukierunkowe przenoszenie. Termin „zaniedbane” podkreśla, że choroby te dotyczą głównie społeczności zubożałe i marginalizowane, żyjące w środowiskach o ograniczonych zasobach (45). W krajach rozwijających się, gdzie ludzie w dużym stopniu korzystają z bydła i drobiu w celu zaspokojenia potrzeb, bliskie interakcje między ludźmi i zwierzętami stwarzają ryzyko chorób odzwierzęcych. NZD związane z ubóstwem dotyczą miliony biednych hodowców zwierząt i mieszkańców slumsów. Biedne populacje są bardziej podatne na choroby odzwierzęce, takie jak wąglik i brucelozę, co stwarza ryzyko zawodowe dla drobnych hodowców bydła. NZD wpływają zarówno na zdrowie ludzi, jak i zwierząt, przyczyniając się do podwójnego obciążenia zubożałych gospodarstw domowych (46).

W miarę jak świat staje się coraz bardziej zglobalizowany, obawy budzą pojawianie się i ponowne pojawianie się infekcji odzwierzęcych w regionach mniej rozwiniętych gospodarczo, w tym leptospirozy i gorączki Q. Zrozumienie tych chorób z punktu wi-

the malnourishment of populations that rely on them, making them vulnerable to infection. Rabies, despite control measures, remains neglected in the developing world. It is estimated, that over 55,000 people die from rabies per year in Africa and Asia, resulting in a total Disability-Adjusted Life Years (DALY) score of 1.7 million. Additionally, the worldwide economic burden of rabies was calculated to be approximately US \$583 million (48). Some NZDs, such as bovine tuberculosis, leishmaniasis, anthrax, and cysticercosis, present challenges in estimating their true burdens due to several factors. These include asymptomatic phases, significant clinical variation, and unreliable data. Enhanced attention and integrated strategies are needed to address these diseases worldwide (49). NZDs, as a subgroup of neglected tropical diseases, disproportionately affect vulnerable populations in low- and middle-income countries. The WHO identifies NZDs in its roadmap to eliminate neglected tropical diseases, emphasizing their importance (50).

PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS

Zoonoses affect both individuals and economies. Antibiotic resistance poses a global challenge, hindering the treatment of bacterial zoonoses and burdening health sectors, particularly in developing nations. Animal deaths from zoonotic diseases result in substantial economic losses for the local economy, affecting human health and productivity. Diseases like brucellosis and toxoplasmosis contribute to infertility, miscarriage, and teratogenic conditions. Zoonotic outbreaks, such as Bovine spongiform encephalopathy (BSE), avian influenza, and anthrax, disrupt international trade, create economic burdens for control measures, and lead to losses exceeding billions of dollars globally. The recent COVID-19 pandemic has worsened economic challenges across diverse sectors worldwide. Notably, emerging zoonoses are more prevalent in developed countries, while endemic zoonoses are concentrated in developing countries (51).

Zoonotic diseases have significant economic and health impact. While industrialized nations employ effective control measures, such as test and slaughter and mass vaccinations, developing countries face challenges due to poor surveillance, limited capability, and financial constraints. Economic repercussions extend beyond control costs, affecting household income, food security, and broader sectors. Epidemics decrease the population's productivity, contributing to a decline in living standards (52). Despite expectations in the late 20th century that antibiotics and vaccines would diminish infectious diseases, the emergence and recurrence of infectious agents, especially

dzenia zdrowia zwierząt może pomóc w opracowaniu strategii interwencyjnych, ponieważ 20 z 27 chorób zakaźnych monitorowanych przez Światową Organizację Zdrowia sklasyfikowano jako choroby odzwierzęce (47). NZD stwarzają znaczne obciążenia, często niedoceniane ze względu na niedostateczne raportowanie i wyzwania diagnostyczne. Wścieklizna, pomimo środków kontroli, jest w dalszym ciągu zaniedbywana w krajach rozwijających się. Szacuje się, że w Afryce i Azji umiera rocznie ponad 55 000 ludzi, co daje całkowity wynik lat życia skorygowanych niepełnosprawnościami (DALY) wynoszący 1,7 miliona. Dodatkowo obliczono, że ogólnoswiatowe obciążenie ekonomiczne wścieklizną wynosi około 583 milionów dolarów amerykańskich (48). Niektóre NZD, takie jak gruźlica bydła, leiszmanioza, wąglik i wągrzyca, stwarzają problemy w oszacowaniu ich prawdziwego obciążenia ze względu na kilka czynników. Należą do nich fazy bezobjawowe, znaczna zmienność kliniczna i niewiarygodne dane. Aby zaradzić tym chorobom na całym świecie, konieczna jest większa uwaga i zintegrowane strategie (49). NZD, jako podgrupa zaniedbanych chorób tropikalnych, w nieproporcjonalny sposób dotyczą populacji w krajach o niskich i średnich dochodach. WHO wskazuje NZD w swoim planie działania mającym na celu wyeliminowanie zaniedbanych chorób tropikalnych, podkreślając ich znaczenie (50).

KONSEKWENCJE DLA ZDROWIA PUBLICZNEGO

Oporność na antybiotyki stanowi globalne wyzwanie, utrudniając leczenie bakteryjnych chorób odzwierzęcych i obciążając sektory zdrowia, szczególnie w krajach rozwijających się. Śmierć zwierząt z powodu chorób odzwierzęcych powoduje znaczne straty ekonomiczne dla lokalnej gospodarki, wpływając na zdrowie ludzi. Choroby takie jak bruceloza i toksoplazmoza przyczyniają się do niepłodności, poronień i wad płodu. Epidemie chorób odzwierzęcych, takie jak gąbczasta encefalopatia bydła (BSE), ptasia grypa i wąglik, zakłócają handel międzynarodowy, tworząc obciążenia ekonomiczne dla środków kontroli i prowadzą do strat przekraczających miliardy dolarów na całym świecie. Niedawna pandemia COVID-19 pogorszyła wyzwania gospodarcze w różnych sektorach na całym świecie. Warto zauważyć, że nowo powstające choroby odzwierzęce są bardziej rozpowszechnione w krajach rozwiniętych, podczas gdy endemiczne choroby odzwierzęce koncentrują się w krajach rozwijających się (51).

Choroby odzwierzęce mają znaczący wpływ na gospodarkę i zdrowie. Podczas gdy kraje uprzemysłowione stosują skuteczne środki kontroli, takie jak

zoonoses, have shifted perspectives. Various animal species, including domesticated, peri-domesticated, and wild, serve as reservoirs for pathogens, presenting challenges for effective surveillance and control. The unpredictable and devastating impact of novel agents, facilitated by international trade and travel, underscores the global nature of zoonotic issues. The economic costs of zoonoses can be substantial, as exemplified by the H1N1 pandemic causing major losses to the pork industry and trade restrictions. Additionally, zoonoses pose a potential threat for deliberate release by disaffected groups, with concerns about zoonotic emergence from xenotransplantation, the infusion into a human recipient of live cells from a nonhuman animal source (53,54).

MULTISECTORAL COLLABORATION AT THE HUMAN-ANIMAL- ENVIRONMENTAL INTERFACE

The One Health approach, as outlined by the One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP), aims

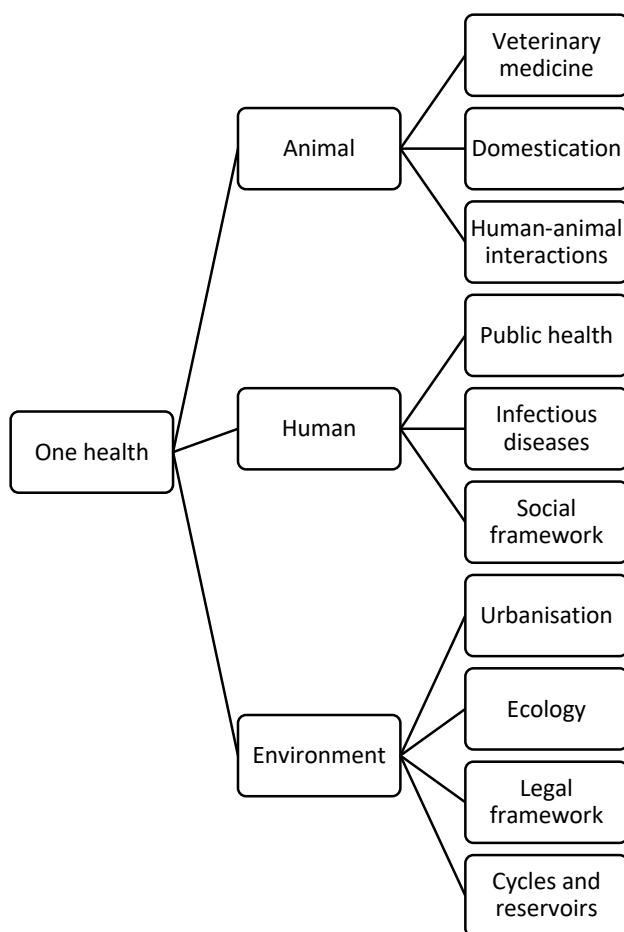


Figure 1. The One Health concept represents a comprehensive, interdisciplinary, and crosssectoral strategy for health (57,58)
Rycina 1. Konceptcja „One Health” reprezentuje kompleksową, interdyscyplinarną i międzysektorową strategię na rzecz zdrowia (57,58)

testy i uboje oraz masowe szczepienia, kraje rozwijające się stoją przed wyzwaniami wynikającymi ze słabego nadzoru, ograniczonych możliwości i ograniczeń finansowych. Konsekwencje gospodarcze wykraczają poza koszty kontroli i wpływają na dochody gospodarstw domowych i bezpieczeństwo żywnościowe. Epidemie zmniejszają produktywność populacji, przyczyniając się do spadku poziomu życia (52). Pomimo oczekiwań pod koniec XX wieku, że antybiotyki i szczepionki zmniejszą liczbę chorób zakaźnych, pojawienie się i nawrót czynników zakaźnych, zwłaszcza chorób odzwierzęcych, zmieniło perspektywę. Różne gatunki zwierząt, w tym udomowione i dzikie, służą jako rezerwuary patogenów, co stanowi wyzwanie dla skutecznego nadzoru i kontroli. Nieprzewidywalny i niszczyielski wpływ nowych środków, ułatwiony przez międzynarodowy handel i podróże, podkreśla globalny charakter problemów odzwierzęcych. Koszty gospodarcze chorób odzwierzęcych mogą być znaczne, czego przykładem jest pandemia H1N1 powodująca poważne straty w branży wieprzowej i ograniczenia w handlu. Ponadto choroby odzwierzęce stanowią potencjalne zagrożenie w przypadku ich celowego uwolnienia, w związku z obawami dotyczącymi pojawienia się chorób odzwierzęcych w wyniku ksenotransplantacji, czyli wlewu do ludzkiego biorcy żywych komórek pochodzących od zwierzęcia innego niż człowiek (53,54).

WSPÓŁPRACA WIELOSEKTOROWA NA STYKU CZŁOWIEK-ZWIERZĘ-ŚRODOWISKO

Podejście „One Health”, określone przez *One Health High-Level Expert Panel* (OHHLEP), ma na celu jednoczesną poprawę zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska. Sugeruje współpracę między różnymi sektorami w celu zapewnienia wszystkim bezpieczeństwa zdrowotnego. W tym celu zaproponowano plan ułatwiający współpracę różnych sektorów na styku interakcji ludzi, zwierząt i środowiska (55). Podział różnych aspektów tych sektorów można zobaczyć na rycinie 1. Narzędzia te koncentrują się na ważnych obszarach, takich jak wspólna ocena ryzyka, koordynacja wysiłków między sektorami, wymiana informacji, reagowanie na zagrożenia dla zdrowia, rozwój siły roboczej i śledzenie postępów (55,56).

Koncepcja One Health podkreśla znaczenie synergii, komunikacji i koordynacji w różnych sektorach w celu poprawy ogólnego stanu zdrowia ludzi, zwierząt i ekosystemów, zamiast zajmować się tymi obszarami pojedynczo. Działalność człowieka i czynniki stresogenne środowiskowe, takie jak między innymi handel zwierzętami, rolnictwo, urbanizacja i zmiany klimatyczne, stworzyły sprzyjające warunki do pojawiania się i rozprzestrzeniania chorób (56,57). One

to improve the health of people, animals, and the environment simultaneously. It suggests collaboration across different sectors to ensure health security for all. To do this, a plan was put forward to make it easier for different sectors to work together when humans, animals, and the environment meet (55). A breakdown of the different aspects of these sectors can be seen in Figure 1. These tools focus on important areas such as assessing risks together, coordinating efforts across sectors, sharing information, responding to health threats, developing the workforce, and keeping track of progress (55,56).

The concept of One Health emphasizes the importance of synergy, communication, and coordination across various sectors to enhance the overall health of humans, animals, and ecosystems, rather than handling these areas in isolation. Human activities and environmental stressors, such as the trade of animals, agriculture, urbanization, and climate change, among others, have created favourable conditions for diseases to emerge and proliferate (56,57). One Health proposes a holistic approach to address these challenges by using the interconnectedness of human, animal, and environmental health to develop surveillance and disease control strategies. This approach is critical for managing issues like antimicrobial resistance, zoonotic diseases, vector-borne diseases, food safety, and environmental health concerns. The SARS-CoV-2 pandemic underscored the necessity for a global framework for enhanced surveillance and a more integrated system, highlighting the gaps in One Health knowledge and approaches as significant contributors to the pandemic's severity (57).

Through collaborative efforts across sectors and disciplines, the One Health approach is a crucial solution to the complex health challenges facing our society today, aiming to prevent, detect, and respond to emerging health threats more effectively by integrating efforts across relevant sectors (55-57).

CONCLUSION

Zoonotic diseases persist as a significant global health concern despite advances in medical knowledge. These diseases are often overlooked and affect marginalized communities disproportionately. Various transmission pathways contribute to the spread of zoonoses. Newly emerging factors such as urbanization and globalization present challenges that have not been previously experienced, making it harder to predict models for this type of transmission. Re-emerging zoonotic infections, driven by factors such as new forms of human-animal contact and evolving pathogen virulence, pose ongoing risks. Neglected zoonotic diseases, prevalent in impoverished regions,

Health proponuje całościowe podejście do sprostania tym wyzwaniom poprzez wykorzystanie wzajemnych powiązań zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska w celu opracowania strategii nadzoru i kontroli chorób. Takie podejście ma kluczowe znaczenie w zarządzaniu takimi kwestiami, jak oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe, choroby odzwierzęce, choroby przenoszone przez wektory, bezpieczeństwo żywności i problemy związane ze zdrowiem środowiskowym. Pandemia wirusa SARS-CoV-2 uwypukliła konieczność stworzenia globalnych ram wzmocnionego nadzoru i bardziej zintegrowanego systemu, podkreślając luki w wiedzy i podejściu do sprawy „Jedno zdrowie” jako istotne czynniki przyczyniające się do pandemii (57).

Dzięki wspólnym wysiłkom między sektorami i dyscyplinami podejście „One Health” stanowi kluczowe rozwiązanie złożonych wyzwań zdrowotnych stojących dziś przed naszym społeczeństwem, a jego celem jest skuteczniejsze zapobieganie pojawiającym się zagrożeniom dla zdrowia, wykrywanie ich i reagowanie na nie poprzez integrowanie wysiłków odpowiednich sektorów (55-57).

WNIOSEK

Pomimo postępu wiedzy medycznej, choroby odzwierzęce nadal stanowią poważny problem zdrowotny na świecie. Są często pomijane i marginalizowane. Nowo pojawiające się czynniki, takie jak urbanizacja i globalizacja, stwarzają wyzwania, których wcześniej nie doświadczone. Ponownie pojawiające się infekcje odzwierzęce, spowodowane takimi czynnikami, jak nowe formy kontaktu człowiek-zwierzę i ewoluująca zjadliwość patogenu, stwarzają ciągłe ryzyko. Zaniebane choroby odzwierzęce, powszechne w biednych regionach, powodują znaczne obciążenia gospodarcze i zdrowotne, dotykając bezpośrednio lub pośrednio człowieka. Pandemia SARS-CoV-2 wyraźnie przypomina o odzwierzęcym pochodzeniu chorób zakaźnych i uwypukla głęboki brak przygotowania na przyszłość. Kompleksowe, sugerowane przez WHO podejście „One Health” uwzględni wzajemne oddziaływanie ludzi, zwierząt i środowiska. Zrozumienie i ograniczenie zagrożeń jest niezwykle istotne. Sprostanie wieloaspektowym wyzwaniom, jakie stwarzają choroby odzwierzęce, musi być skoordynowanym wysiłkiem, uwzględniającym pojawianie się nowych wzorców chorób i zrozumieniem ich etiologii.

exert significant economic and health burdens, affecting humans directly or indirectly. The COVID-19 pandemic is a potent reminder of the zoonotic origins of infectious diseases and highlights a profound lack of preparation for the future. A comprehensive WHO-suggested One Health approach recognizes the interplay between humans, animals, and the environment. It is crucial to understand and mitigate these threats. Addressing the multifaceted challenges posed by zoonotic diseases must be a coordinated effort, recognising the emergence of new disease patterns and understanding that the nature of the disease is fundamentally emerging.

REFERENCES

- Zoonotic Disease (2022) Emerging Public Health Threats in the region. World Health Organization. URL: <https://www.emro.who.int/about-who/rc61/zoonotic-diseases.html> (Accessed: 25 December 2023).
- Rahman MT, Sobur MA, Islam MS, Levy S, Hossain MJ, El Zowalaty ME et al. Zoonotic Diseases: Etiology, Impact, and Control. *Microorganisms*. 2020; 8(9): 1405.
- World Health Organization. 2010. Asia Pacific Strategy for Emerging Diseases: 2010. Manila: WHO Regional Office for the Western Pacific. (Accessed July 20, 2020).
- Grace D, Mutua F, Ochungo P, Kruska R, Jones K, Brierley L et al. Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots. Zoonoses Project 4. Report to the UK Department for International Development 2012. Nairobi, Kenya: ILRI
- McDaniel C, Cardwell D, Moeller R, Gray G. Humans and cattle: A review of bovine zoonoses. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2014; 14: 1–19.
- Tulchinsky TH, Varavikova EA. Communicable Diseases. *The New Public Health*. 2014: 149–236.
- Zoonoses (2020) World Health Organization. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses> (Accessed: 25 December 2023).
- Chen Y, Liang W, Yang S, Wu N, Gao H, Sheng J, et al. Human infections with the emerging avian influenza A H7N9 virus from wet market poultry: clinical analysis and characterisation of viral genome. *Lancet*. 2013; 381: 1916–1925.
- Hubálek Z. Emerging human infectious diseases: anthroponoses, zoonoses, and sapronoses. *Emerg Infect Dis*. 2003; 9(3): 403–404.
- Magouras I, Brookes VJ, Jori F, Martin A, Pfeiffer DU and Dürr S. Emerging Zoonotic Diseases: Should We Rethink the Animal–Human Interface? *Front. Vet. Sci*. 2020; 7: 582743.
- Bramanti B, Stenseth NC, Walløe L, Xu L. Plague: a disease which changed the path of human civilization. *Adv Exp Med Biol*. 2016; 918: 1–26.
- Jones BA, Grace D, Kock R, Alonso S, Rushton J, Said MY et al. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2013 May 21; 110(21): 8399–8404.
- Glatter KA, Finkelman P. History of the Plague: An Ancient Pandemic for the Age of COVID-19. *Am J Med*. 2021;134(2): 176–181.
- Heyman P, Simons L, Cochez C. Were the English sweating sickness and the Picardy sweat caused by hantaviruses? *Viruses*. 2014; 6(1): 151–171.
- Wang L, Wang Y, Jin S, Wu Z, Chin DP, Kaplan JP. Emergence and control of infectious diseases in China. *The Lancet*. 2008; 372: 1598–1605.
- Wallace RG, Bergmann L, Hogerwerf L. Are influenzas I et al. Southern China byproducts of the region’s globalising historical present. In: Giles-Vernick T, Craddock S, editors. *Influenza and public health: learning from past pandemics*. New York: Eartscan; 2010. p.101–144.
- Davis M. The monster at our door: The global threat of avian flu. New York: The New Press; 2005.
- Wu T, Perrings C, Kinzig A, Collins JP, Minter BA, Daszak P. Economic growth, urbanization, globalization, and the risks of emerging infectious diseases in China: A review. *Ambio*. 2017; 46(1): 18–29.
- Chen H, Smith GJ, Zhang SY, Qin K, Wang J, Li KS et al. Avian flu: H5N1 virus outbreak in migratory waterfowl. *Nature*. 2005; 436: 191–192.
- Weiss RA, Sankaran N. Emergence of epidemic diseases: zoonoses and other origins. *Fac Rev*. 2022; 11: 2.
- Wu T, Perrings C, Kinzig A, Collins JP, Minter BA, Daszak P. Economic growth, urbanization, globalization, and the risks of emerging infectious diseases in China: A review. *Ambio*. 2017; 46(1): 18–29.
- Binbin S, Zuliyaer T, Luzhao F. Epidemiological Shifts in Infectious Diseases in China: Implications and Policy Recommendations. *China CDC Weekly* 2023; 5(42): 948–951.
- Maurer FD. Equine piroplasmiasis – Another emerging disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1962; 141: 699–702.
- Ndow G, Ambe JR, Tomori O. Emerging Infectious Diseases: A Historical and Scientific Review. *Socio-cultural Dimensions of Emerging Infectious Diseases in Africa*. 2019; 20: 31–40.
- Connolly C, Keil R, Ali S. Extended urbanisation and the spatialities of infectious disease: Demographic change, infrastructure and governance. *Urban Stud*. 2020 2021; 58(2): 245–263.

26. Trevejo RT, Barr MC, Robinson RA. Important emerging bacterial zoonotic infections affecting the immunocompromised. *Vet Res.* 2005; 36(3): 493-506.
27. Chomel BB. Zoonoses. *Encyclopedia of Microbiology.* 2009: 820–829.
28. Kolimenakis A, Heinz S, Wilson ML, Winkler V, Yakob L, Michaelakis A et al. The role of urbanisation in the spread of *Aedes* mosquitoes and the diseases they transmit-A systematic review. *PLoS Negl Trop Dis.* 2021; 15(9): e0009631.
29. Ray AS, Bhattacharya K. An Overview on the Zoonotic Aspects of COVID-19. *Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci.* 2023: 1-5.
30. Mackey TK, Liang BA, Cuomo R, Hafen R, Brouwer KC, Lee DE. Emerging and reemerging neglected tropical diseases: a review of key characteristics, risk factors, and the policy and innovation environment. *Clin Microbiol Rev.* 2014; 27(4): 949-979.
31. El Amri H, Boukharta M, Zakhm F, Ennaji M. Emergence and Reemergence of Viral Zoonotic Diseases: Concepts and Factors of Emerging and Reemerging Globalization of Health Threats. *Emerging and Reemerging Viral Pathogens.* 2020: 619–634.
32. Ellwanger J, Chies J. Zoonotic spillover: Understanding basic aspects for better prevention. *Genet Mol Biol.* 2021; 44 (Suppl 1) :e20200355.
33. Pigott DM, Golding N, Mylne A, Huang Z, Henry AJ, Weiss DJ et al. Mapping the zoonotic niche of Ebola virus disease in Africa. *Elife.* 2014; 3: e04395.
34. Church DL. Major factors affecting the emergence and re-emergence of infectious diseases. *Clin Lab Med.* 2004; 24(3): 559-586.
35. WHO (2023) Immunization coverage by antigen (country, regional and global trends). Available at: <https://data.unicef.org/resources/dataset/immunization/> (Accessed: 31 March 2024).
36. UNICEF (no date) Covid-19 pandemic leads to major backsliding on childhood vaccinations, new WHO, UNICEF Data shows. Available at: <https://www.unicef.org/wca/press-releases/covid-19-pandemic-leads-major-backsliding-childhood-vaccinations-new-who-unicef-data> (Accessed: 31 March 2024).
37. Suvvari TK, Kandi V, Mohapatra RK, Chopra H, Islam MA, Dhama K. The re-emergence of measles is posing an imminent global threat owing to decline in its vaccination rates amid COVID-19 pandemic: a special focus on recent outbreak in India - a call for massive vaccination drive to be enhanced at global level. *Int J Surg.* 2023; 109(2): 198-200.
38. WHO (2013) Measles Elimination Field Guide. WHO Western Pacific. Available at: www.who.int/publications/i/item/9789290616054 (Accessed: 30 March 2024).
39. Borgdorff MW, van Soolingen D. The re-emergence of tuberculosis: what have we learnt from molecular epidemiology? *Clin Microbiol Infect.* 2013; 19(10): 889-901.
40. De Cock K, Chaisson R. A reappraisal of tuberculosis control in countries with high rates of HIV infection *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 1999; 3(6): 457-465.
41. Mathema B, Kurepina NE, Bifani PJ, Kreiswirth BN. Molecular epidemiology of tuberculosis: current insights. *Clin Microbiol Rev.* 2006; 19(4): 658-85.
42. Conly J, Shafran S. The scourge of tuberculosis revisited. *Can J Infect Dis.* 1995; 6(6): 296-7.
43. Garzelli C, Lari N, Cuccu B, Tortoli E, Rindi L. Impact of immigration on tuberculosis in a low-incidence area of Italy: a molecular epidemiological approach. *Clin Microbiol Infect.* 2010; 16(11): 1691-1697.
44. King L. Neglected zoonotic diseases. In: Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats, editors. *The Causes and Impacts of Neglected Tropical and Zoonotic Diseases: Opportunities for Integrated Intervention Strategies.* Washington (DC): National Academies Press 2011; 1; 13.
45. Welburn S.C., Beange I., Ducrotoy M.J., Okello A.L. The neglected zoonoses—the case for integrated control and advocacy. *Clin. Microbiol. Infect.* 2015; 21: 433–443.
46. Food and Agriculture Organization. Poverty and livestock agriculture [Internet]. [2005]. URL: <https://www.fao.org/3/bp333e/bp333e.pdf> [Accessed 25th December 2023].
47. Maudlin I, Eisler MC, Welburn SC. Neglected and endemic zoonoses. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2009; 364(1530): 2777-2787.
48. WHO 1998 World survey of Rabies No. 32 for the year 1996. Document EMC/ZDI/98.4 Geneva, Switzerland: WHO.
49. Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats. *The Causes and Impacts of Neglected Tropical and Zoonotic Diseases: Opportunities for Integrated Intervention Strategies.* Washington (DC): National Academies Press; 2011. Workshop Overview. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK62526/>
50. Di Bari C. The global burden of neglected zoonotic diseases: Current State of Evidence. *One Health* 2023; 17: 100595.
51. Asante J, Noreddin A, El Zowalaty ME. Systematic Review of Important Bacterial Zoonoses in Africa in the Last Decade in Light of the ‘One Health’ Concept. *Pathogens.* 2019; 8(2): 50.

-
52. Narrod C, Zinsstag J, Tiongco M. A one health framework for estimating the economic costs of zoonotic diseases on society. *Ecohealth*. 2012; 9(2):150-62.
53. Palmer, Stephen. "The global challenge of zoonoses control." In *Oxford Textbook of Zoonoses: Biology, Clinical Practice, and Public Health Control*, edited by S.R. Palmer et al., 2nd ed., 201. Oxford: Oxford Textbooks.
54. Boneva RS, Folks TM. Xenotransplantation and risks of zoonotic infections. *Ann Med*. 2004; 36(7): 504-517.
55. Rabinowitz PM, Kock R, Kachani M, Kunkel R, Thomas J, Gilbert J et al. One Health Proof of Concept Working Group. Toward proof of concept of a one health approach to disease prediction and control. *Emerg Infect Dis*. 2013; 19(12): e130265.
56. Mackenzie JS, Jeggo M. The One Health Approach- Why Is It So Important? *Trop Med Infect Dis*. 2019; 4(2): 88.
57. One Health (2021) World Health Organization. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/one-health> (Accessed: 31 March 2024).
58. Destoumieux-Garzón D, Mavingui P, Boetch G, Boissier J, Darriet F, Duboz, P et al. The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science* 2018; 5: 10.

Received: 08.02.2024

Accepted for publications: 21.04.2024

Otrzymano: 08.02.2024 r.

Zaakceptowano do publikacji: 21.04.2024 r.

Address for correspondence:

Adres do korespondencji:

Jakub Fiegler-Rudol

Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Zakładzie

Medycyny i Epidemiologii Środowiskowej,

Wydział Nauk Medycznych w Zabrze,

Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach,

email: jakub.fieglerrudol@gmail.com