

The book cover features a dark, atmospheric illustration. In the center, a person is silhouetted, sitting and looking out over a body of water at sunset. The sky is filled with numerous mosquitoes. The background is a collage of biological elements: large, glowing red blood cells, green and yellow cellular structures, and palm trees. The overall color palette is dark, with highlights from the sunset and the glowing biological elements.

Piotr Kotlarz

Człowiek wobec zarazy

Malaria – śmiertelny taniec
ludzi, pasożytów i komarów

Gdańsk 2026

© Piotr Kotlarz¹

Człowiek wobec zarazy

Malaria – śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów

Projekt okładki: ChatGTP

ISBN Nr 978-83-982064-1-9

Wydawca: Fundacja Kultury „WOBEC”

Gdańsk 2025

1 [Książka](#) Człowiek wobec zarazy. Malaria – śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów [pasożytów](#) [jest dostępna na Licencji Creative Commons, Uznanie autorstwa_Bez utworów zależnych 3,0 Polska](#)

Spis treści

Od autora – str. 4.

Wstęp – str. 7.

Rozdział I. O malarii. Choroba wielu imion i dwóch żywicieli – str. 21.

Rozdział II. Zanim człowiek zachorował. Tajemnica narodzin pasożyta malarii- str. 31.

Rozdział III. Gorączka, która szła za człowiekiem. Dzieje malarii od bagiennych demonów do śladów zapisanych w DNA – str. 48.

Rozdział IV. Trzeci uczestnik bitwy. Malaria na wojnie — od bagien Rzymu do laboratoriów broni biologicznej – str. 66.

Rozdział V. Wojna o noc. Od dymu nad bagnem do szczepionki — dzieje zapobiegania malarii – str. 85.

Rozdział VI. Gorączka pod szkłem. Jak lekarze nauczyli się rozpoznawać malarię – str. 106.

Rozdział VII. Gorzka kora, błękitny barwnik i chiński piołun. Kręta droga od zaklęć do artemizyniny – str. 124.

Rozdział VIII. Oszukać mistrza przemian. Sto lat prób i porażek – droga do dwóch szczepionek przeciw malarii – str. 147.

Rozdział IX. Świat pod moskitierą. Malaria w epoce szczepionek, satelitów i ewolucyjnego odwetu – str. 161.

Rozdział X. Malaria w sztuce i literaturze – str. 183.

Zakończenie – str. 208.

Bibliografia – str. 217.

Od autora

To druga książka z cyklu „Człowiek wobec zarazy”. Pomysł jego napisania narodził się ponad pięć lat temu, wraz z początkiem pandemii COVID-19, która pod koniec zimy 2020 roku wstrząsnęła niemal całym światem. Początkowo nie myślałem jednak o cyklu. Zamierzałem napisać jedną książkę poświęconą wszystkim chorobom zakaźnym oraz postawom, jakie ludzie przyjmowali wobec nich na przestrzeni wieków, a nawet tysiącleci.

Dziś wiem, że pomysł ten świadczył przede wszystkim o mojej ówczesnej niewiedzy. Nie zdawałem sobie sprawy ani z rozległości tematu, ani z wielkości wyzwania, którego się podjąłem. Wydawało mi się, że historię chorób zakaźnych, ich wpływu na społeczeństwa, rozwój medycyny, politykę, gospodarkę, religię i kulturę można zamknąć w jednym tomie. Im więcej jednak czytałem i im obszerniejsze gromadziłem materiały, tym wyraźniej widziałem, że jest to niemożliwe.

Na szczęście jestem uparty, a przynajmniej nie poddaję się łatwo. Nie porzuciłem więc pracy, lecz zacząłem szukać sposobu na uporządkowanie ogromu informacji. Pierwszym rozwiązaniem był podział chorób według wywołujących je patogenów: bakterii, wirusów, grzybów, pierwotniaków i pasożytów. Wkrótce dostrzegłem jednak, że także w obrębie każdej z tych grup należałoby dokonywać kolejnych rozróżnień. Każda choroba ma przecież własną historię, odmienny sposób rozprzestrzeniania się, inne znaczenie społeczne i kulturowe, a także osobną historię prób jej zrozumienia, leczenia i zapobiegania jej.

Można by poświęcić całe życie wyłącznie jednemu z tych zagadnień, a i wówczas nawet liczny zespół badaczy nie zdołałby objąć wszystkiego. Ostatecznie uznałem więc, że każdej z wybranych chorób zakaźnych poświęcę odrębny tom. Z czasem przekonałem się, że nawet pojedyncza choroba może stać się przedmiotem wielu osobnych książek: medycznych, historycznych, społecznych, ekonomicznych czy kulturowych. W pewnym momencie trzeba było jednak wyznaczyć granicę.

Moim zamiarem nie jest bowiem przedstawienie całej wiedzy na temat poszczególnych chorób. Byłoby to niemożliwe, zwłaszcza że wiedza ta nieustannie się zmienia. Chcę przede wszystkim ukazać postawy człowieka wobec jednego z najpotężniejszych zjawisk przyrody, które od najdawniejszych czasów wpływało na jego życie.

Jak ludzie zachowywali się wobec zarazy? Kiedy pojawiły się pierwsze choroby zakaźne? Kiedy człowiek zaczął dostrzegać, że choroba może przenosić się z jednej osoby na drugą? W jaki sposób tłumaczono przyczyny epidemii, zanim odkryto istnienie drobnoustrojów? Jak próbowano się chronić? Kogo obwiniano za nieszczęścia? Jak epidemie zmieniały społeczeństwa, państwa, wierzenia i obyczaje? Dlaczego, mimo zdobytej wiedzy, wciąż powtarzamy niektóre z dawnych błędów?

Pytań jest wiele. Na część z nich nauka udzieliła już odpowiedzi, inne nadal pozostają przedmiotem sporów, badań i przypuszczeń. Literatura dotycząca chorób

zakaźnych jest dziś bardzo obszerna, lecz część dawnych opracowań nieuchronnie się zestarzała. Nauka nie stoi bowiem w miejscu. Nowe odkrycia archeologiczne, paleogenetyczne, historyczne i medyczne zmieniają nasze wyobrażenia o pochodzeniu chorób, drogach ich rozprzestrzeniania się oraz wpływie, jaki wywierały na dzieje człowieka.

Przez kilka lat zbierałem materiały, sporządzałem notatki, porządkowałem źródła i stopniowo przekształcałem pierwotny projekt jednej książki w cykl „Człowiek wobec zarazy”. Gdy zgromadziłem tysiące stron wypisów, spostrzeżeń i dokumentów, zauważyłem jednak, że zaczynam się w nich gubić. Nadmiar informacji stał się kolejnym problemem.

Zarazy nie były i nie są bowiem jedynym wyzwaniem, przed którym stoi człowiek. Jednym z najważniejszych współczesnych problemów jest gwałtowny przyrost wiedzy, a wraz z nią również informacji błędnych, niepełnych, wyrwanych z kontekstu lub celowo fałszowanych. Od dawna wiemy, że każde narzędzie służące przekazywaniu wiedzy może służyć również rozpowszechnianiu pomyłek i kłamstw. Często jednak tracimy tę świadomość.

Także w tej dziedzinie ludzkość przebyła ogromną drogę: od przekazu ustnego, przez wynalezienie pisma i druku, aż po Internet oraz sztuczną inteligencję. Każdy z tych przełomów zwiększał dostęp do wiedzy, ale zarazem rodził nowe zagrożenia. Nigdy wcześniej człowiek nie miał tak łatwego dostępu do tak wielkiej liczby informacji. Nigdy też tak trudno nie było niekiedy odróżnić wiedzy rzetelnej od pozornej.

Nowe technologie pomagają mi porządkować materiały i kończyć kolejne tomy. Pozwalają również łatwiej poprawiać, uzupełniać i aktualizować tekst. Poprzednią książkę, niniejszy tom oraz kolejne prace, które zamierzam opublikować, udostępniam najpierw w formie plików PDF zamieszczanych w sieci. Dzięki temu książki te nie muszą pozostawać tekstami raz na zawsze zamkniętymi. W przyszłości będzie można je uzupełniać, poprawiać i zastępować nowymi wersjami, niemal bez kosztów związanych z tradycyjnym drukiem.

Mogłoby się wydawać, że są to jedynie techniczne didaskalia. Wspominam o nich jednak nie bez powodu. Pracując nad historią postaw człowieka wobec zarazy, coraz wyraźniej uświadamiałem sobie, że książki te mogą okazać się potrzebne. Mam nadzieję, że przyczynią się choćby w niewielkim stopniu do wzrostu naszej świadomości — tak jak praca nad nimi poszerzyła moją własną.

Potrzebujemy świadomości nie tylko zagrożeń, lecz również dokonań człowieka. Potrzebujemy pamięci o cenie, jaką płaciły wcześniejsze pokolenia, zanim poznano przyczyny chorób i opracowano skuteczne metody zapobiegania im. Potrzebujemy także pokory. Historia epidemii pokazuje bowiem, że wiedza nie zawsze prowadzi automatycznie do mądrych decyzji, a postęp naukowy nie uwalnia nas od lęku, egoizmu, uprzedzeń, pychy ani skłonności do poszukiwania prostych odpowiedzi i winnych.

Pandemia COVID-19 — najpoważniejszy globalny kryzys epidemiczny, jakiego doświadczyły współczesne pokolenia — pokazała, jak wiele już się nauczyliśmy. W

niezwykle krótkim czasie zidentyfikowano patogen, odczytano jego materiał genetyczny, opracowano testy, metody leczenia i szczepionki. Jednocześnie pandemia ujawniła, jak wiele dawnych zachowań nadal w nas pozostało: lekceważenie zagrożenia, panika, szerzenie pogłosek, poszukiwanie winnych, wykorzystywanie choroby do walki politycznej oraz nieufność wobec lekarzy, instytucji i nauki. Zmieniliśmy narzędzia, lecz nie zawsze zmieniliśmy siebie.

W poprzednim tomie pisałem o ospie prawdziwej — chorobie wirusowej, która przez stulecia siała spustoszenie, a ostatecznie stała się pierwszą chorobą zakaźną całkowicie wyeliminowaną dzięki świadomemu i wspólnemu wysiłkowi człowieka.

Tematem niniejszego tomu jest malaria, nazywana dawniej także zimnicą. Nie wywołuje jej ani wirus, ani bakteria, lecz pasożytnicze pierwotniaki z rodzaju *Plasmodium*, przenoszone na człowieka głównie przez samice komarów z rodzaju *Anopheles*. Malaria towarzyszy ludziom od tysięcy lat. Wpływała na losy armii i państw, decydowała o powodzeniu wypraw, kształtowała osadnictwo, gospodarkę oraz możliwości rozwoju całych regionów. Przez stulecia jej przyczyn szukano w bagnach, wyziewach ziemi i „złym powietrzu”, od którego pochodzi jej dzisiejsza nazwa.

Historia malarii jest historią długiego dochodzenia do prawdy. To także opowieść o ludzkim cierpieniu, błędach, odkryciach, sporach i wielkich osiągnięciach nauki. Opowieść o chininie, komarach, pasożytach, osuszaniu bagien, lekach, wojnach i programach zwalczania choroby. Przede wszystkim jednak jest to kolejna opowieść o człowieku — o jego bezradności wobec przyrody, ale też o uporze, ciekawości i zdolności stopniowego przewycięzania zagrożeń, które przez wieki wydawały się nieuchronne.

Wstęp

Nocą, kiedy człowiek zasypia, rozpoczyna się jeden z najstarszych dramatów w historii naszego gatunku. Nie towarzyszy mu huk, nie widać nacierającej armii ani nadciągającej burzy. Jest tylko niemal niesłyszalny lot owada, ukłucie, którego śpiący może nawet nie poczuć, i kropla śliny wprowadzona pod skórę. Wraz z nią do ludzkiego organizmu mogą przedostać się mikroskopijne formy pasożyta. Po kilku dniach lub tygodniach pojawiają się dreszcze, gorączka, poty, osłabienie, ból i lęk. Czasem choroba ustąpi, czasem powróci, czasem pozostawi trwałe następstwa, a niekiedy zakończy życie człowieka, zanim ktokolwiek zdoła właściwie rozpoznać zagrożenie.

Tak od tysięcy lat trwa spotkanie trzech uczestników: człowieka, pasożyta i komara.

Podtytuł tej książki mówi o ich „śmiertelnym tańcu”. To metafora, ale oddaje istotę malarii trafniej niż proste wyobrażenie walki dwóch przeciwników. W zwykłej chorobie zakaźnej skłonni jesteśmy widzieć człowieka i atakujący go patogen. W przypadku malarii układ jest bardziej skomplikowany. Pasożyt nie może zakończyć swojego cyklu życiowego w organizmie człowieka. Potrzebuje również komara. Człowiek i owad stają się dla niego dwoma odmiennymi środowiskami życia, pomiędzy którymi musi się przemieszczać, przeobrażać i rozmnażać. To, co dla chorego jest nieszczęściem, dla pasożyta stanowi kolejne stadium istnienia.

Nie ma w tym oczywiście świadomego planu. Zarodziec nie knuje, komar nie spiskuje, a przyroda nie wydaje wyroków. Działają mechanizmy ewolucji, dziedziczenia i doboru naturalnego. W ciągu milionów lat utrwały się te cechy pasożyta, które pozwalały mu skuteczniej wykorzystywać kolejnych żywicieli, omijać ich mechanizmy obronne i docierać do następnego organizmu. Podobnie zmieniały się komary, a także ludzie. Każdy z uczestników tego układu wpływał na pozostałych, chociaż tylko człowiek próbował świadomie zrozumieć jego zasady i je zmienić.

Przez większą część dziejów nie wiedział jednak, z kim naprawdę ma do czynienia.

Choroba stara i wciąż obecna

Malaria należy do najstarszych chorób towarzyszących ludzkości, a zarazem pozostaje jednym z najpoważniejszych współczesnych zagrożeń zdrowotnych. To pierwszy z wielu paradoksów, które będą powracały na kartach tej książki. Mówimy o chorobie opisywanej już w najdawniejszych tekstach, a jednocześnie takiej, która nadal nie została pokonana. Znamy wywołujące ją pasożyty, ich budowę i cykl rozwojowy. Wiemy, jakie komary je przenoszą. Potrafimy rozpoznawać zakażenie, leczyć chorych, ograniczać liczebność owadów, stosować moskitiery i środki odstraszające. Dysponujemy lekami, metodami profilaktycznymi oraz pierwszymi szczepionkami. Mimo to malaria wciąż dotyka co roku setek milionów ludzi i zabija setki tysięcy, przede wszystkim małe dzieci.

Nie jest więc jedynie pozostałością dawnego świata, chorobą z czasów bagien, kolonialnych wypraw i prymitywnej medycyny. Należy równocześnie do przeszłości i teraźniejszości. Jej historia nie prowadzi prostą drogą od niewiedzy do wiedzy, a następnie od wiedzy do zwycięstwa. Jest raczej opowieścią o kolejnych przybliżeniach do prawdy, o wielkich sukcesach i równie wielkich rozczarowaniach. O odkryciach, które otwierały nowe możliwości, lecz niemal zawsze ujawniały następne trudności.

Malaria przypomina nam, że poznanie przeciwnika nie oznacza jeszcze jego pokonania.

W Europie choroba bywa dziś kojarzona niemal wyłącznie z tropikami. W zbiorowej wyobraźni należy do świata afrykańskich sawann, azjatyckich dżungli, dalekich wypraw i kolonialnych opowieści. To wyobrażenie jest jednak mylące. Przez stulecia malaria występowała także w Europie, w tym w rejonie Morza Śródziemnego, na rozległych terenach Italii, na Bałkanach, w Europie Środkowej i Wschodniej. Pojawiała się w dolinach rzek, na mokradłach i obszarach zalewowych, w pobliżu jezior, kanałów oraz sztucznych zbiorników. Docierała również do regionów, które dziś trudno byłoby uznać za tropikalne.

Jej występowanie zależało nie tylko od temperatury, lecz od całej sieci warunków środowiskowych i społecznych: obecności odpowiednich gatunków komarów, dostępu do stojącej wody, sposobu gospodarowania ziemią, budownictwa, migracji ludności, stanu odżywienia, ubóstwa, organizacji opieki zdrowotnej oraz dostępności leczenia. Malaria nie jest bowiem wyłącznie zjawiskiem biologicznym. Jej dzieje są nierozdzielnie związane z historią ludzkich społeczeństw.

Towarzyszyła rolnikom budującym systemy irygacyjne, mieszkańcom nadrzecznych osad, żołnierzom obozującym na podmokłych terenach, robotnikom wznoszącym kanały, drogi i linie kolejowe, przesiedleńcom uciekającym przed wojną oraz podróżnikom przekraczającym granice stref klimatycznych. Rozprzestrzeniała się wraz z ludźmi, lecz niekiedy właśnie ludzie, zmieniając krajobraz, tworzyli dla niej nowe warunki rozwoju. Wycinanie lasów, budowa kanałów, zakładanie plantacji, kopanie rowów, tworzenie zbiorników wodnych i gwałtowna urbanizacja mogły ograniczać chorobę albo jej sprzyjać. Zależało to od miejsca, czasu i sposobu przeprowadzenia tych zmian.

Człowiek był więc nie tylko ofiarą śmiertelnego tańca. Niekiedy, nie zdając sobie z tego sprawy, sam wyznaczał jego rytm.

Pasożyt, który stał się mistrzem przemian

Nie istnieje jeden zarodek malarii. Chorobę ludzi wywołuje kilka gatunków pasożytniczych pierwotniaków z rodzaju *Plasmodium*, różniących się zasięgiem, przebiegiem zakażenia, zdolnością do nawrotów oraz zagrożeniem, jakie stwarzają dla chorego. Najniebezpieczniejszy z nich, *Plasmodium falciparum*, może prowadzić do malarii mózgowej, ciężkiej niedokrwistości, niewydolności narządów i śmierci. Inne gatunki częściej wywołują choroby o odmiennym rytmie napadów gorączki,

mogą tworzyć uśpione formy w wątrobie albo powracać po miesiącach, a nawet latach.

Już ta różnorodność utrudniała ludziom rozpoznanie, że pod wieloma postaciami choroby kryją się organizmy należące do tej samej grupy. Dawni lekarze obserwowali gorączki codzienne, trzeciaczkę, czwartaczkę, febrę, zimnicę i liczne choroby o miejscowych nazwach. Nie wiedzieli, że różny rytm gorączki może wynikać z cyklu namnażania się pasożytów w czerwonych krwinkach. Nie mieli też możliwości dostrzeżenia mikroskopijnego świata, który rozwijał się we krwi chorego.

Zarodziec jest jednym z najbardziej niezwykłych pasożytów człowieka. W ciągu swojego życia wielokrotnie zmienia postać. Po ukłuciu zakażonego komara trafia do ludzkiego organizmu, dociera do wątroby, namnaża się w jej komórkach, a następnie przedostaje się do krwi. Atakuje czerwone krwinki, rozwija się w nich i prowadzi do ich rozpadu. Część jego form przygotowuje się jednak nie do dalszego życia w człowieku, lecz do kolejnego etapu — musi zostać pobrana przez następną samicę komara.

W ciele owada dochodzi do dalszych przeobrażeń i rozmnażania płciowego pasożyta. Ostatecznie jego formy inwazyjne przemieszczają się do gruczołów ślinowych komara. Gdy owad ponownie ukłuje człowieka, cykl może rozpocząć się od nowa.

Z punktu widzenia chorego najważniejszy jest moment pojawienia się objawów. Z punktu widzenia pasożyta człowiek jest tylko jednym z etapów drogi.

Ta zmienność form stanowi źródło potęgi zarodźca. Układ odpornościowy musi rozpoznawać przeciwnika, który nieustannie zmienia wygląd, miejsce przebywania i sposób działania. Przez część czasu pasożyt ukrywa się w komórkach wątroby, później wnika do krwinek czerwonych, a następnie pojawia się we krwi w kolejnych stadiach. Antygen, który może stać się celem odpowiedzi immunologicznej lub szczepionki na jednym etapie, nie musi być równie użyteczny na innym.

Dlatego stworzenie szczepionki przeciw malarii okazało się znacznie trudniejsze niż przygotowanie wielu szczepionek przeciw chorobom wirusowym czy bakteryjnym. Badacze nie musieli znaleźć jednego nieruchomego celu. Musieli oszukać mistrza przemian.

Trzeci uczestnik

Komar długo pozostawał w tej opowieści niezauważony, chociaż przez tysiące lat żył w bezpośrednim sąsiedztwie człowieka. Ludzie widzieli owady, odczuwali ich ukłucia, obserwowali roje nad wodą i zapewne dostrzegali, że gorączki często pojawiają się w miejscach, gdzie komarów jest wiele. Nie potrafili jednak dowieść związku pomiędzy ukłuciem a chorobą, która ujawniała się dopiero po pewnym czasie.

Sama obserwacja następstwa zdarzeń nie wystarczała. Człowiek mógł zostać ukłuty dziesiątki razy i nie zachorować, ponieważ nie każdy komar przenosił pasożyta. Mógł także zachorować po opuszczeniu malarycznego obszaru, co

zacierало związek pomiędzy miejscem zakażenia a wystąpieniem objawów. Choroba mogła nawracać, chociaż chory nie spotkał kolejnego komara. Dodatkowo owady występowały w tych samych miejscach co stojąca woda, wilgoć, bagna i nieprzyjemne wyziewy. Łatwiej było więc uznać komara za dokuczliwego mieszkańca niezdrowej okolicy niż za niezbędnego pośrednika w przenoszeniu niewidzialnego pasożyta.

Nie każdy komar może przekazywać malarię. Zasadniczą rolę odgrywają samice określonych gatunków z rodzaju *Anopheles*. Samice potrzebują krwi do rozwoju jaj, dlatego poszukują żywicieli. Samce żywią się głównie sokami roślinnymi i nie uczestniczą w przenoszeniu choroby. Nawet właściwy gatunek komara nie staje się jednak automatycznie nosicielem zarodźca. Musi najpierw pobrać pasożyta wraz z krwią zakażonego człowieka, a następnie przeżyć wystarczająco długo, aby w jego organizmie zakończyły się kolejne stadia rozwoju.

Na powodzenie transmisji wpływają zatem temperatura, wilgotność, długość życia owada, dostęp do miejsc rozrodu, zachowania komarów i ludzi, rodzaj zabudowy oraz wiele innych czynników. Czasem niewielka zmiana może przerwać łańcuch zakażeń. Czasem jednak pozornie drobna ingerencja w środowisko stwarza warunki do gwałtownego wzrostu liczby zachorowań.

Komar nie jest więc zwykłą „strzykawką” przenoszącą pasożyta z jednego człowieka na drugiego. Jest drugim żywicielem, w którym zarodek przechodzi zasadniczą część cyklu rozwojowego. Bez owada nie byłoby naturalnego łańcucha transmisji. Bez zakażonych ludzi lub innych odpowiednich żywicieli komar również nie mógłby przekazywać choroby dalej. Cały układ opiera się na spotkaniu w odpowiednim miejscu i czasie.

Właśnie dlatego malaria nie daje się sprowadzić do pojedynku człowieka z drobnoustrojem. Jest zjawiskiem ekologicznym, ewolucyjnym i społecznym.

Gorączka o wielu imionach

Ludzie znali objawy malarii długo przedtem, zanim poznali jej przyczynę. Dreszcze, następująca po nich wysoka gorączka, obfite poty, osłabienie i okresowe nawroty tworzyły charakterystyczny obraz. Nie zawsze jednak choroba przebiegała według podręcznikowego schematu. Rytm napadów mógł być nieregularny, zwłaszcza gdy w organizmie znajdowało się kilka pokoleń pasożyta albo gdy zakażenie wywoływał najgroźniejszy gatunek zarodźca. Objawy mogły przypominać inne choroby gorączkowe. U części chorych pojawiały się ciężkie powikłania, u innych zakażenie utrzymywało się bez dramatycznych napadów.

Z tego powodu malaria przez wieki kryła się pod wieloma nazwami. Była febrą, zimnicą, gorączką bagienną, trzeciaczką, czwartaczką, gorączką rzymską, paludyzmem i „złym powietrzem”. Nazwy te nie były jedynie językowymi ciekawostkami. Każda niosła określoną teorię choroby. „Zimnica” podkreślała dreszcze. „Gorączka bagienna” wskazywała miejsce występowania. „Trzeciaczka” i „czwartaczka” odwoływały się do rytmu napadów. „Malaria”, wywodzona z włoskiego określenia złego powietrza, utrwaliła dawną teorię, według której chorobę powodowały szkodliwe wyziewy unoszące się nad mokradłami.

Teoria miazmatów była błędna, ale nie była całkowicie pozbawiona podstaw obserwacyjnych. Ludzie słusznie dostrzegali, że choroba częściej pojawia się w pobliżu bagien, stojącej wody i wilgotnych nizin. Mylili przyczynę ze współwystępującym zjawiskiem. Bagno samo nie wydzielało malarii, lecz tworzyło warunki, w których mogły rozmnażać się określone komary.

Ten błąd jest ważną lekcją w historii poznania. Prawdziwa obserwacja może prowadzić do fałszywego wyjaśnienia. Człowiek może dostrzec związek między zjawiskami, ale niewłaściwie zrozumieć mechanizm. Co więcej, błędna teoria może czasem prowadzić do skutecznego działania. Osuszanie mokradeł, unikanie podmokłych obszarów, budowanie domów z dala od stojącej wody czy zasłanianie okien mogło ograniczać ryzyko, chociaż ludzie nie wiedzieli, dlaczego te działania przynoszą rezultaty.

Historia malarii nie jest zatem prostym podziałem na epokę ciemnoty i epokę nauki. Dawne społeczeństwa gromadziły doświadczenia, tworzyły klasyfikacje gorączek, stosowały rośliny lecznicze i próbowały przekształcać środowisko. Obok trafnych obserwacji pojawiały się zaklęcia, amulety, astrologia, upuszczanie krwi i terapie, które szkodziły chorym. Wiedza praktyczna mieszała się z magią, religią, filozofią przyrody i utrwalonymi autorytetami.

Także rozwój nowoczesnej nauki nie wyeliminował błędów. Zmienił jednak sposób ich wykrywania. Hipotezy zaczęto poddawać sprawdzeniu, obserwacje powtarzać, wyniki porównywać, a twierdzenia kwestionować. Była to długa przemiana, pełna sporów, pomyłek i odrzuconych odkryć.

Ślady zapisane w słowach, kościach i genach

Odtwarzanie najdawniejszych dziejów malarii przypomina śledztwo prowadzone na podstawie niepełnych i niejednoznacznych dowodów. Dawne teksty opisują gorączki, dreszcze i powiększenie śledziony, ale autorzy nie dysponowali współczesnymi metodami diagnostycznymi. Pod podobnymi opisami mogły kryć się różne choroby. Nie każda okresowa gorączka była malarią, tak jak nie każda epidemia w pobliżu bagien musiała być wywołana przez zarodźce.

Także szczątki ludzkie nie zawsze dają jednoznaczne odpowiedzi. Malaria nie pozostawia na kościach tak charakterystycznych zmian jak niektóre inne choroby. Badacze poszukują więc materiału genetycznego pasożyta, jego białek, zmian w narządach zachowanych w mumiach lub pośrednich śladów działania długotrwałej presji ewolucyjnej.

Jednym z najważniejszych świadectw obecności malarii jest sam genom człowieka. Na obszarach, gdzie choroba przez wiele pokoleń zbierała ogromne żniwo, upowszechniały się niektóre warianty genetyczne zmieniające właściwości czerwonych krwinek albo metabolizm organizmu. Część z nich mogła zmniejszać ryzyko ciężkiego przebiegu malarii, choć równocześnie wiązała się z innymi chorobami i obciążeniami. Najbardziej znanym przykładem jest związek pomiędzy malarią a wariantem hemoglobiny prowadzącym, w określonym układzie

dziedziczenia, do niedokrwistości sierpowatokrwinkowej. Podobne zależności dotyczą niektórych talasemii, niedoboru enzymu G6PD oraz innych cech krwi.

Zarodźce wpływały więc nie tylko na losy poszczególnych ludzi i społeczeństw. Wywierały presję na ewolucję naszego gatunku. Ślady dawnego spotkania z pasożytem nosimy w komórkach własnego ciała.

Współczesna paleogenetyka i biologia ewolucyjna zmieniają także poglądy na pochodzenie poszczególnych gatunków zarodźców. Coraz wyraźniej widzimy, że ich historia obejmowała skoki pomiędzy gatunkami, przystosowanie do nowych żywicieli oraz wielokrotne migracje. Nie wszystkie pytania zostały rozstrzygnięte. Nowe próbki i metody analizy mogą zmieniać dotychczasowe datowania oraz hipotezy.

W tej książce pewność będzie więc odróżniana od prawdopodobieństwa. W historii chorób łatwo ulec pokusie rozpoznawania malarii u każdej znanej postaci, która zmarła po epizodzie gorączki. Tak powstają efektowne opowieści o władcach, wodzach i artystach, lecz wiele z nich opiera się na kruchych przesłankach. Opis sporządzony przed setkami lub tysiącami lat nie zawsze pozwala postawić wiarygodną diagnozę. Nawet obecność materiału genetycznego pasożyta nie musi dowodzić, że to właśnie malaria była bezpośrednią przyczyną śmierci.

Historia medycyny wymaga wyobraźni, ale jeszcze bardziej wymaga ostrożności.

Choroba, która współtworzyła historię

Malaria nie była jedynie tłem wielkich wydarzeń. Niejednokrotnie wpływała na ich przebieg. Osłabiała społeczeństwa, zmniejszała wydajność pracy, wyludniała osady i utrudniała zagospodarowanie całych regionów. Decydowała o porach podejmowania podróży, lokalizacji siedzib, sposobach budowania domów oraz kierunkach rozwoju rolnictwa. Obszary żyzne, lecz podmokłe, mogły przynosić obfite plony, a równocześnie zagrażać zdrowiu mieszkańców.

Choroba wpływała również na demografię. Szczególnie dotkliwe były zakażenia małych dzieci, kobiet w ciąży i osób przybywających z regionów, w których nie występowała malaria. Mieszkańcy terenów endemicznych mogli z czasem nabywać częściową odporność ograniczającą ryzyko najcięższego przebiegu choroby. Nie oznaczało to pełnej ochrony, ale sprawiało, że przybysze bywali bardziej narażeni na gwałtowne zachorowania.

Ta nierówność podatności miała znaczenie w epoce podbojów, handlu niewolnikami i kolonializmu. Malaria utrudniała ekspansję w jednych regionach, a w innych wpływała na dobór żołnierzy, robotników i osadników. Choroba stawała się elementem systemu gospodarczego i politycznego. Ochrona przed nią nie była rozdzielana równo. Leki, moskitiery, lepsze domy i dostęp do lekarzy częściej przysługiwały urzędnikom, wojsku i ludziom zamożnym niż miejscowej ludności oraz pracownikom wykonującym najcięższe zadania.

W ten sposób historia malarii staje się także historią nierówności.

Pasożyt nie rozróżnia ludzi według majątku, pochodzenia czy pozycji społecznej. Warunki, w których dochodzi do zakażenia, oraz szanse przeżycia są jednak w ogromnej mierze kształtowane przez społeczeństwo. Osoba mieszkająca w dobrze zabezpieczonym domu, mająca dostęp do profilaktyki, szybkiej diagnostyki i skutecznego leczenia znajduje się w innej sytuacji niż dziecko śpiące bez moskitiery, daleko od najbliższego ośrodka zdrowia.

Mówienie, że malaria jest chorobą tropikalną, nie wystarcza. Jest również chorobą biedy, słabej infrastruktury, wojen, przymusowych migracji i nierównego dostępu do zdobyczy nauki.

Czwarty przeciwnik armii

Wojny szczególnie wyraźnie ukazywały potęgę malarii. Armie przemieszczały tysiące ludzi, często nieodpornych na miejscowe choroby. Żołnierze spali pod gołym niebem, obozowali w pobliżu rzek i bagien, kopali rowy, tworzyli koleiny i zbiorniki stojącej wody. Byli niedożywieni, przemęczeni i narażeni na stres. Ranni i chorzy przebywali w zatłoczonych obozach, a działania wojenne niszczyły lokalną opiekę zdrowotną.

W takich warunkach komary znajdowały żywicieli, a pasożyty mogły łatwo przechodzić z jednego człowieka na drugiego. Armia, która odnosiła zwycięstwa na polu bitwy, mogła utracić zdolność bojową bez większego starcia. Gorączka opróżniała szeregi, opóźniała marsze, zmuszała do przerywania oblężeń i wypełniała szpitale.

W dziejach wielu kampanii malaria występowała obok głodu, czerwonki, tyfusu i innych chorób. Ustalenie jej dokładnej roli bywa trudne, zwłaszcza gdy dawne źródła mówią jedynie o „gorączkach”. Nie ulega jednak wątpliwości, że przez stulecia patogeny były dla armii przeciwnikiem równie groźnym, a często groźniejszym niż żołnierze wroga.

Z czasem dowódcy zaczęli rozumieć, że walka z malarią jest częścią strategii wojennej. Zaopatrzenie w chininę i późniejsze leki, stosowanie moskitier, osuszanie terenu, niszczenie miejsc rozrodu komarów oraz dyscyplina profilaktyczna decydowały o sprawności całych jednostek. W czasie wielkich konfliktów XX wieku badania nad malarią otrzymały ogromne wsparcie państw i armii. Wojna przyspieszała rozwój leków, środków owadobójczych i metod ochrony.

Jednocześnie ujawniła najciemniejszą stronę nauki. Prowadzono eksperymenty na ludziach, często bez ich zgody. Wiedzę o pasożytach i owadach rozważano również pod kątem wykorzystania ich jako broni. Próbowano nie tylko chronić własnych żołnierzy, ale także kierować siłą przyrody przeciw przeciwnikowi.

Malaria pokazuje więc podwójny charakter wiedzy. To samo odkrycie może służyć ratowaniu życia i zadawaniu cierpienia. Nauka nie określa celów, do których zostanie wykorzystana. Cele te wybierają ludzie.

Od „złego powietrza” do kropli krwi

Przełom w rozumieniu malarii nie nastąpił w jednej chwili i nie był dziełem jednego człowieka. Najpierw trzeba było nauczyć się dokładniej opisywać chorobę, rozróżniać rytmy gorączek i obserwować zmiany zachodzące w organizmie. Następnie rozwój mikroskopii umożliwił zajrzenie do krwi chorego.

Kiedy pod koniec XIX wieku dostrzeżono w czerwonych krwinkach pasożyty, rozwiązano tylko część zagadki. Trzeba było jeszcze wykazać, że obserwowane twory są żywymi organizmami powodującymi chorobę, poznać ich kolejne postacie oraz wyjaśnić sposób przechodzenia pomiędzy ludźmi.

Odkrycie roli komara wymagało połączenia wiedzy klinicznej, mikroskopii, entomologii i eksperymentu. W badaniach uczestniczyli uczeni pracujący w różnych krajach i warunkach, a pierwszeństwo odkryć stało się przedmiotem sporów. Historia zapamiętała kilka wielkich nazwisk, lecz za przełomem stały również działania wielu mniej znanych lekarzy, techników, żołnierzy, pacjentów i miejscowych pomocników.

Tak zazwyczaj rozwija się nauka. Podręcznikowa opowieść wybiera datę i bohatera. Rzeczywistość składa się z wielu obserwacji, błędnych hipotez, rywalizacji, przypadków, zapomnianych publikacji i wyników, które nabierają znaczenia dopiero wtedy, gdy ktoś połączy je w całość.

Nawet prawidłowe odkrycie nie zawsze jest od razu przyjmowane. Nowe idee konkurują ze starymi teoriami, pozycją uznanych autorytetów i zwykłą niechęcią do zmiany poglądów. Badacz może zobaczyć coś, czego inni nie są jeszcze gotowi uznać. Może również błędnie zinterpretować rzeczywiste zjawisko. Historia poznawania malarii dostarcza przykładów obu sytuacji.

Ostatecznie człowiek zobaczył pasożyta i zrozumiał rolę komara. Wówczas po raz pierwszy mógł prowadzić walkę opartą nie tylko na doświadczeniu, lecz na znajomości mechanizmu transmisji.

Nie oznaczało to jednak końca choroby.

Kora, barwnik i piołun

Na długo przed odkryciem zarodźca ludzie poszukiwali środków łagodzących gorączkę. Próbowano modlitw, zaklęć, upuszczania krwi, środków przeczyszczających, alkoholu, metali, minerałów i niezliczonych mieszanin roślinnych. Część terapii była obojętna, część szkodliwa, a niektóre przypadkiem trafiały w biologiczny mechanizm choroby.

Najważniejszym dawnym lekiem stała się kora chinowca, stosowana przez mieszkańców Ameryki Południowej, a następnie rozpowszechniona w Europie. Jej skuteczność wywoływała spory medyczne, religijne i polityczne. Leczenie przybyłe z odległego świata budziło nieufność, a handel cennym surowcem szybko stał się przedmiotem rywalizacji. Dopiero wyodrębnienie chininy umożliwiło dokładniejsze dawkowanie i szersze zastosowanie substancji czynnej.

Chinina nie zakończyła historii poszukiwania leków. Była gorzka, mogła powodować działania niepożądane, nie zawsze była dostępna i z czasem okazała

się niewystarczająca wobec skali problemu. Rozwój chemii przyniósł kolejne związki. Błękit metylenowy, barwnik używany w laboratoriach, stał się jednym z pierwszych syntetycznych środków działających przeciw pasożytowi malarii. Później pojawiły się następne leki, w tym chlorochina, przez pewien czas uznawana za niezwykle skuteczną i tanią broń przeciw chorobie.

Każdy sukces wywoływał jednak presję ewolucyjną. Pasożyty najbardziej wrażliwe ginęły, a te, które dzięki przypadkowym zmianom potrafiły przetrwać leczenie, przekazywały swoje cechy dalej. Stopniowo narastała oporność. Lek, który początkowo wydawał się niemal cudowny, tracił skuteczność w kolejnych regionach.

Następny wielki przełom przyniosła artemizynina, wywodząca się z rośliny znanej tradycyjnej medycynie chińskiej. Jej historia ponownie pokazuje, że rozwój medycyny nie jest wyłącznie dziełem laboratoriów nowoczesnego Zachodu. Wiedza ludowa i dawne teksty mogą zawierać cenne wskazówki, lecz dopiero systematyczne badania pozwalają ustalić, która substancja działa, w jakiej dawce i w jakim połączeniu należy ją stosować.

Współczesne terapie łączą leki, aby zwiększyć skuteczność i utrudnić pasożytom rozwój oporności. Także ten sposób ochrony nie jest jednak dany raz na zawsze. Zarodźce nadal się zmieniają. Każde niewłaściwe użycie leku, przerwana terapia, preparat o zbyt małej zawartości substancji czynnej albo stosowanie jednego środka tam, gdzie potrzebne jest leczenie skojarzone, może sprzyjać selekcji opornych pasożytów.

Historia leków przeciwmalarycznych jest wyścigiem, w którym człowiek tworzy nowe narzędzia, a ewolucja stopniowo odbiera im skuteczność.

Wojna o noc

Skoro malaria potrzebuje komara, przerwanie kontaktu między owadem a człowiekiem powinno zatrzymać chorobę. Zasada jest prosta, lecz jej realizacja wymaga połączenia wielu działań.

Ludzie od dawna używali dymu, zasłon, tkanin i olejów, aby odstraszać owady. Osuszali bagna, kopali kanały, zasypywali kałuże i wybierali miejsca zamieszkania oddalone od mokradł. Po odkryciu sposobu przenoszenia malarii działania te zyskały naukowe uzasadnienie. Rozpoczęła się systematyczna walka z larwami i dorosłymi komarami. Wprowadzano siatki w oknach, moskitiery, środki chemiczne, opryski wewnątrz budynków i programy przekształcania środowiska.

Największe nadzieje XX wieku wiązano z DDT. Środek ten pozwalał skutecznie ograniczać liczbę komarów i przyczynił się do eliminacji malarii w wielu krajach. Sukcesy były tak znaczące, że pojawiło się przekonanie, iż chorobę można w krótkim czasie usunąć z całego świata.

Nadzieja okazała się przedwczesna. Jednolita strategia nie wszędzie dawała takie same rezultaty. Różniły się gatunki komarów, ich zachowania, warunki klimatyczne, rodzaje zabudowy oraz sprawność instytucji państwowych. Na niektórych obszarach brakowało dróg, personelu, laboratoriów i stabilnego finansowania. Część komarów

rozwinęła oporność na środki owadobójcze. Pojawiły się również uzasadnione obawy dotyczące skutków nadmiernego używania chemikaliów dla ludzi i środowiska.

Po raz kolejny okazało się, że nie istnieje jedno uniwersalne rozwiązanie.

Współczesna profilaktyka łączy moskitiery nasączone środkami owadobójczymi, opryski wnętrz, likwidację miejsc rozrodu komarów, edukację, chemioprophylaktykę, szybkie rozpoznawanie zakażeń, leczenie chorych i szczepienia. Dobór metod musi odpowiadać miejscowym warunkom. Inaczej walczy się z malarią w gęsto zaludnionym mieście, inaczej w wiosce położonej daleko od dróg, inaczej na obszarze wojny, a jeszcze inaczej wśród podróżnych udających się na krótko do regionu endemicznego.

„Wojna o noc” rozgrywa się nie tylko pomiędzy człowiekiem a komarem. Toczy się również o dostęp do wiedzy, bezpiecznego domu, sprawnej służby zdrowia i środków ochrony.

Szczepionka przeciw mistrzowi przemian

Szczepionki należą do największych osiągnięć medycyny. W przypadku niektórych chorób pozwoliły niemal całkowicie przerwać transmisję, a ospę prawdziwą usunąć z naturalnego środowiska. Nic więc dziwnego, że badacze od dawna próbowali stworzyć podobną ochronę przeciw malarii.

Zadanie było jednak wyjątkowo trudne. Zarodziec jest znacznie bardziej złożony niż wirus. Posiada wiele genów, przechodzi przez kolejne stadia rozwojowe i zmienia zestawy cząsteczek widocznych dla układu odpornościowego. Odporność po naturalnym zakażeniu nie zawsze jest pełna ani trwała. Mieszkańcy obszarów endemicznych mogą po wielu zakażeniach uzyskać częściową ochronę przed najcięższym przebiegiem choroby, ale nadal przenosić pasożyty i ponownie chorować.

Przez dziesięciolecia kolejne pomysły budziły nadzieję, po czym rozczarowywały. Próbowano wykorzystywać zabite lub osłabione pasożyty, fragmenty ich białek, antygeny charakterystyczne dla różnych stadiów oraz nowe sposoby pobudzania odpowiedzi immunologicznej. Każda porażka przynosiła jednak wiedzę o tym, dlaczego poprzednia koncepcja nie zadziałała.

Droga do pierwszych zatwierdzonych szczepionek trwała niemal sto lat. Preparaty te nie zapewniają całkowitej i dożywotniej ochrony, nie zastępują moskitier, diagnostyki ani leczenia. Mogą jednak uratować wiele istnień, szczególnie gdy zostają włączone do szerszego programu profilaktycznego.

Ich znaczenie wykracza poza same wyniki skuteczności. Pokazują, że nawet niezwykle trudny biologicznie przeciwnik nie jest całkowicie poza zasięgiem medycyny. Są rezultatem pracy wielu pokoleń badaczy, instytucji, laboratoriów, uczestników badań klinicznych oraz pracowników ochrony zdrowia. Nie powstały dzięki jednemu olśnieniu, lecz dzięki cierpliwemu gromadzeniu wiedzy.

Nie kończą śmiertelnego tańca. Zmieniają jednak jego układ.

Malaria w epoce satelitów

Współczesny człowiek może obserwować środowisko z kosmosu, analizować genomy pasożytów, śledzić oporność na leki i przewidywać miejsca sprzyjające rozwojowi komarów. Systemy informacji geograficznej pozwalają łączyć dane o opadach, temperaturze, roślinności, migracjach i zachorowaniach. Szybkie testy diagnostyczne mogą być stosowane tam, gdzie brakuje rozbudowanych laboratoriów. Nowe leki, szczepionki i zmodyfikowane moskitiery dają możliwości, o których dawni lekarze nie mogli marzyć.

A jednak malaria nadal zabija.

Ten paradoks nie wynika wyłącznie z przebiegłości pasożyta. Jest także skutkiem ludzkich decyzji. Programy zwalczania choroby wymagają ciągłości. Nie wystarczy jednorazowa kampania, dostawa moskitier albo krótkotrwały oprysk. Jeżeli działania zostaną przerwane, liczba zakażeń może ponownie wzrosnąć. Jeżeli zabraknie leków, diagnostyki i personelu, chorzy pozostaną bez pomocy. Jeżeli wojna zniszczy przychodnie i zmusi ludzi do ucieczki, choroba odzyska przestrzeń.

Malaria wykorzystuje pęknięcia w ludzkich systemach. Pojawia się tam, gdzie załamuje się administracja, gdzie ludzie tracą domy, gdzie transport jest niemożliwy, a informacje nie docierają na czas. Zmiany klimatyczne, przekształcenia środowiska, rozwój miast i wzrost mobilności mogą wpływać na zasięg komarów oraz sezonowość transmisji, ale ich skutki nigdy nie działają w oderwaniu od warunków społecznych.

Nie należy przy tym popadać ani w łatwy katastrofizm, ani w przesadny optymizm. Malaria nie musi nieuchronnie rozszerzać się wszędzie tam, gdzie rośnie temperatura. Obecność odpowiedniego klimatu nie wystarcza, jeśli transmisję ograniczają dobre warunki mieszkaniowe, kontrola owadów, szybka diagnostyka i leczenie. Z drugiej strony samo posiadanie nowoczesnych narzędzi nie gwarantuje sukcesu, jeżeli nie docierają one do ludzi najbardziej zagrożonych.

Współczesna walka z malarią jest więc próbą połączenia biologii, medycyny, ekologii, technologii, polityki i sprawiedliwości społecznej.

Choroba obecna w kulturze

Malaria pozostawiła ślady nie tylko w genach, dokumentach medycznych i statystykach. Weszła również do literatury, malarstwa, filmu, pamiętników, pieśni, mitów i języka potocznego.

Gorączka stała się metaforą namiętności, chaosu, obłędu i gwałtownej przemiany. Bagno oznaczało zarówno rzeczywiste zagrożenie, jak i moralne zepsucie. Komar, przez długi czas traktowany jako drobna uciążliwość, po odkryciu swojej roli zmienił się w symbol niewidzialnego niebezpieczeństwa. W opowieściach podróżniczych i kolonialnych malaria podkreślała grozę „obcej” przyrody, choć często pomijano doświadczenia miejscowych społeczności, które żyły z chorobą od pokoleń.

Sztuka ukazywała chorych, osierocone rodziny, wyniszczone ciała i krajobrazy naznaczone lękiem. Dokumentowała cierpienie, ale niekiedy także je egzotyzowała. Filmy edukacyjne uczyły żołnierzy i cywilów, jak chronić się przed ukłuciami. Plakaty zdrowotne przedstawiały komara jako wroga. Współczesne kampanie wykorzystują muzykę, teatr, radio, telewizję, komiks i media cyfrowe, aby przekazywać wiedzę w sposób zrozumiały dla różnych społeczności.

Kultura nie jest dodatkiem do medycyny. Wpływa na to, czy ludzie ufają lekarzom, czy stosują moskitiery, czy kończą terapię, czy zgłaszają się na badania oraz jak rozumieją chorobę. Najskuteczniejsza metoda profilaktyczna pozostanie bezużyteczna, jeśli nie zostanie zaakceptowana albo jeśli nie da się jej zastosować w codziennym życiu.

Sztuka może utrzymywać stereotypy, ale może również je przełamywać. Może wzbudzać lęk albo budować solidarność. Może zamieniać statystyki w opowieści o konkretnych ludziach. W dalszej walce z malarią jej rola może być równie istotna jak rola laboratoriów, ponieważ wiedza musi zostać nie tylko odkryta, lecz także przekazana, zrozumiana i przyjęta.

O czym jest ta książka

Książka ta nie jest podręcznikiem parazytologii ani kompletną historią wszystkich badań nad malarią. Nie zastąpi również poradnika medycznego dla osób podróżujących do regionów endemicznych. Jej głównym tematem jest człowiek wobec zarazy: jego lęk, niewiedza, zdolność obserwacji, błędy, okrucieństwo, wytrwałość i potrzeba zrozumienia.

Pierwszy rozdział przybliża samą chorobę — jej liczne nazwy, objawy, sprawców oraz niezwykle cykl rozwojowy wymagający dwóch żywicieli. Bez poznania biologii zarodźca trudno bowiem zrozumieć, dlaczego malaria przez tak długi czas pozostawała tajemnicą i dlaczego nadal tak trudno ją zwalczać.

Następnie cofniemy się do czasów poprzedzających pojawienie się człowieka. Historia malarii nie rozpoczęła się wraz z pierwszym opisem gorączki ani nawet wraz z narodzinami naszego gatunku. Jej korzenie tkwią w ewolucji dawnych pasożytów, owadów i kręgowców. Spróbujemy odtworzyć drogę, która doprowadziła zarodźce do ludzi, pamiętając, że wiele etapów tej opowieści pozostaje przedmiotem badań.

Kolejna część prowadzi przez dzieje choroby: od najstarszych możliwych śladów, przez starożytne opisy i teorię miazmatów, po odkrycia genetyki i paleopatologii. Będzie to historia gorączki podążającej za migracjami człowieka, rozwojem rolnictwa, handlem, niewolnictwem, urbanizacją i przekształcaniem środowiska.

Osobne miejsce zajmuje wpływ malarii na wojny. Choroba uczestniczyła w kampaniach jako niewidzialny przeciwnik, a z czasem stała się przedmiotem wojskowych programów badawczych i rozważań nad bronią biologiczną. Ten rozdział pokazuje, jak łatwo granica pomiędzy ochroną życia a wykorzystywaniem nauki do niszczenia może zostać przekroczona.

Dalsze rozdziały opowiadają o kolejnych sposobach przeciwstawiania się chorobie. Najpierw o zapobieganiu — od dymu, zasłon i osuszania bagien po moskitiery, insektycydy, nowoczesny nadzór epidemiologiczny i szczepienia. Następnie o diagnostyce: o drodze od rozpoznawania rytmu gorączek do oglądania pasożyta pod mikroskopem, szybkich testów i metod molekularnych.

Historia leczenia prowadzi od zakłęb i terapii objawowych przez korę chinowca, chininę, syntetyczne barwniki i chlorochinę aż do artemizyniny oraz współczesnych terapii skojarzonych. Jest to opowieść o wiedzy przechodzącej pomiędzy kulturami, o roli przypadku, błędnych kierunkach badań, sporach, interesach gospodarczych i ewolucyjnym odwiecie pasożyta.

Później przyjrzymy się trwającej niemal stulecie drodze do pierwszych szczepionek. Jej liczne porażki nie były czasem straconym. Każda z nich ujawniała kolejną właściwość pasożyta i przybliżała badaczy do rozwiązania, które wcześniej wydawało się nieosiągalne.

Przedostatni rozdział dotyczy świata współczesnego — epoki szczepionek, satelitów, analiz genomowych i coraz dokładniejszych modeli epidemiologicznych, ale także oporności na leki, odporności komarów na środki owadobójcze, konfliktów, kryzysów finansowania oraz utrzymujących się nierówności.

Ostatni rozdział przenosi historię malarii do sztuki i literatury. Choroba nigdy nie była wyłącznie zjawiskiem biologicznym. Stawała się symbolem, tematem i narzędziem opowieści. Sztuka pomagała ludziom wyrażać lęk i żalobę, przekazywać wiedzę, oswajać cierpienie, a niekiedy mobilizować społeczeństwa do działania.

Wszystkie te historie łączy jedno pytanie: dlaczego człowiek, dysponując coraz większą wiedzą, tak często powtarza dawne błędy?

Między triumfem a pokorą

W pierwszej książce tego cyklu tematem była ospa prawdziwa — choroba, którą udało się całkowicie wyeliminować dzięki szczepieniom i międzynarodowej współpracy. Jej historia może być odczytywana jako triumf człowieka nad zarazą.

Historia malarii nie pozwala jeszcze na podobne zakończenie.

Są regiony, z których chorobę usunięto. Istnieją narzędzia pozwalające zapobiegać większości zgonów. Powstają nowe leki, szczepionki i metody kontrolowania komarów. Każde uratowane życie jest rzeczywistym zwycięstwem. Równocześnie zarodek pozostaje obecny, komary się przystosowują, a ludzkie systemy ochrony zdrowia okazują się kruche.

Nie wiadomo, czy i kiedy malaria zostanie całkowicie wyeliminowana. Być może stanie się to dopiero po stworzeniu skuteczniejszych szczepionek i leków. Być może konieczne będą nowe sposoby ograniczania liczebności komarów albo ich zdolności do przenoszenia pasożyta. Z pewnością nie wystarczy jedno odkrycie. Potrzebne będą konsekwencja, współpraca, stabilne finansowanie, odpowiedzialność polityczna i zaufanie społeczne.

Potrzebna będzie także pokora.

Malaria pokazuje bowiem, że człowiek nie stoi poza przyrodą. Jest częścią systemu, który próbuje zmieniać. Każde użycie leku, środka owadobójczego czy nowej technologii wpływa na ewolucję innych organizmów. Każde przekształcenie krajobrazu może przynieść skutki, których wcześniej nie przewidziano. Każde zwycięstwo może okazać się czasowe, jeśli zostanie uznane za ostateczne.

Śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów trwa od tysięcy lat. Zmieniali się jego uczestnicy, miejsca i rytm. Człowiek nauczył się dostrzegać to, co niewidzialne, rozpoznawać kroki przeciwnika i coraz skuteczniej przerywać cykl zakażeń. Nie zdołał jednak jeszcze zejść z tego szczególnego parkietu.

Opowieść o malarii jest więc historią zarazy, ale też historią poznania. Historią wielkich odkryć i długiego trwania błędów. Historią pychy i pokory, solidarności i nierówności, ratowania życia i wykorzystywania wiedzy do przemocy. Jest opowieścią o granicach ludzkiej władzy nad przyrodą, lecz również o niezwyklej zdolności człowieka do uczenia się.

Nie wiemy, jaki będzie ostatni krok tego tańca.

Wiemy jednak, że jego przebieg zależy już nie tylko od pasożyta i komara. Zależy także od nas.

Rozdział I

O malarii. Choroba wielu imion i dwóch żywicieli

Choroba, której nazwa zachowała dawną pomyłkę

W nazwach chorób przechowuje się historia ludzkiej wiedzy, ale także historia ludzkich błędów. „Malaria” należy do tych określeń, które są jak skamieniałość dawnego sposobu myślenia. Słowo wywodzi się z języka włoskiego: *mala aria* oznacza „złe powietrze”. Przez stulecia mieszkańcy terenów nawiedzanych przez okresowe gorączki byli przekonani, że chorobę wywołują trujące wyziewy unoszące się nad bagnami, mokradłami i stojącą wodą. Choroba pojawiała się tam, gdzie powietrze było ciężkie, wilgotne i przesycone zapachem rozkładającej się roślinności. Związek miejsca z zachorowaniami był rzeczywisty, lecz jego wyjaśnienie – błędne. Nie bagienne powietrze przenosiło chorobę, lecz rozmnażające się na podmokłych terenach komary.

Dawna teoria miazmatów, czyli chorobotwórczych oparów, długo wydawała się zgodna z codziennym doświadczeniem. Ludzie opuszczający okolice bagien chorowali rzadziej, a osuszanie mokradeł rzeczywiście ograniczało liczbę zachorowań. Nie wiedzano jednak, że wraz z wodą znikają miejsca rozrodu owadów przenoszących pasożyta. Dobre działanie wynikało z innej przyczyny, niż przypuszczano. Historia malarii przypomina więc, że trafna obserwacja nie zawsze prowadzi do trafnego wyjaśnienia.

W polszczyźnie choroba miała kilka nazw. Mówiono o **zimnicy**, wskazując na gwałtowne dreszcze i przejmujące uczucie chłodu rozpoczynające klasyczny napad gorączkowy. Używano również słowa **febra**, pochodzącego od łacińskiego *febris*, czyli gorączka. Spotykano określenia **gorączka błotna**, **gorączka bagienna**, a niekiedy także **paludyzm** – od łacińskiego *palus*, oznaczającego bagno lub mokradło. Każda z tych nazw podkreślała inny element doświadczenia: dreszcze, wysoką temperaturę, okresowość napadów albo związek choroby z wilgotnym krajobrazem.

Dzisiaj wiemy, że malaria nie jest chorobą powietrza ani wody. Nie wywołuje jej także wirus ani bakteria. Jej sprawcą jest mikroskopijny, jednokomórkowy pasożyt z rodzaju *Plasmodium*, nazywany po polsku **zarodźcem**. Potrzebuje on dwóch żywicieli: człowieka oraz samicy komara z rodzaju *Anopheles*, czyli widliszka. W każdym z nich przechodzi inną część swojego cyklu rozwojowego. Złożoność tego cyklu sprawiła, że prawdziwa natura malarii pozostawała ukryta wyjątkowo długo.

Nie jedna choroba, lecz cała rodzina zakażeń

W języku potocznym mówimy o malarii tak, jakby była pojedynczą, jednolitą chorobą. W rzeczywistości pod tą nazwą kryje się grupa zakażeń wywoływanych przez spokrewnione, lecz różniące się właściwościami gatunki zarodźców. Światowa Organizacja Zdrowia wymienia pięć gatunków powodujących malarię u ludzi: *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale* oraz *Plasmodium knowlesi*. Dwa pierwsze odpowiadają za największą część światowego ciężaru choroby.

Najgroźniejszy jest zwykle *Plasmodium falciparum*, zarodek sierpowaty, wywołujący malarię tropikalną, nazywaną dawniej również złośliwą. Gatunek ten dominuje w Afryce Subsaharyjskiej i odpowiada za zdecydowaną większość zgonów. Potrafi zakażać czerwone krwinki w różnym wieku, dzięki czemu liczba pasożytów we krwi może szybko wzrastać. Zmienione krwinki przywierają do ścian drobnych naczyń, utrudniając przepływ krwi i uszkodzając narządy. Gdy zjawisko to obejmuje naczynia mózgu, może rozwinąć się malaria mózgowa – jedno z najcięższych powikłań choroby.

Plasmodium vivax, zarodek ruchliwy, dominuje w wielu regionach położonych poza Afryką Subsaharyjską. Zakażenie nim jest często mniej gwałtowne niż malaria tropikalna, ale nie należy uważać go za nieszkodliwe. Pasożyt może pozostawić w wątrobie uśpione formy, zwane hipnozoitami. Po tygodniach, miesiącach, a niekiedy po znacznie dłuższym czasie mogą one ponownie się uaktywnić i wywołać nawrót choroby, mimo że chory nie został ponownie ukłuty przez zakażonego komara.

Podobną zdolność ma *Plasmodium ovale*. *Plasmodium malariae* może natomiast utrzymywać się we krwi na bardzo niskim poziomie przez wiele lat. *Plasmodium knowlesi* jest przede wszystkim pasożytem makaków żyjących w Azji Południowo-Wschodniej, ale zakaża również ludzi. Jest więc przykładem malarii odzwierzęcej – choroby przekraczającej granicę między światem ludzi i innych naczelnych.

Różnice między zarodźcami dotyczą obszaru występowania, czasu wylęgania, rytmu namnażania, możliwości nawrotów i prawdopodobieństwa ciężkiego przebiegu. Dlatego rozpoznanie gatunku ma znaczenie nie tylko dla naukowej klasyfikacji. Wpływa również na ocenę ryzyka, dobór leczenia i długość obserwacji chorego. Szczegółowe różnice zostaną przedstawione w kolejnych rozdziałach; na początku najważniejsze jest zrozumienie, że słowo „malaria” opisuje zespół chorób połączonych wspólnym mechanizmem przenoszenia i podobnym obrazem klinicznym.

Komar nie jest źródłem choroby, lecz jej pośrednikiem

Najczęstszą drogą zakażenia jest ukłucie przez zakażoną samicę komara z rodzaju *Anopheles*. Nie każdy widliszek przenosi zarodźce. Komar musi wcześniej pobrać krew człowieka lub – w przypadku niektórych gatunków pasożyta – zwierzęcia, w której znajdowały się odpowiednie formy rozwojowe *Plasmodium*. Dopiero po przejściu przez kolejne przemiany w organizmie owada pasożyt trafia do jego gruczołów ślinowych. Podczas następnego pobierania krwi może zostać wprowadzony do ciała kolejnego człowieka.

Komar nie jest więc zatrutą igłą, która jedynie przenosi drobnoustroj z miejsca na miejsce. W jego organizmie odbywa się zasadnicza część cyklu biologicznego zarodźca, w tym rozmnażanie płciowe. Z punktu widzenia biologii pasożyta owad jest niezbędnym środowiskiem życia, a nie przypadkowym środkiem transportu. Człowiek i komar tworzą dwa ogniwa jednego cyklu. Bez jednego z nich transmisja typowej malarii nie mogłaby być podtrzymywana.

Malaria nie jest chorobą zaraźliwą w takim znaczeniu jak grypa, odra czy COVID-19. Nie można się nią zakazić przez rozmowę, dotyk, wspólne spożywanie posiłku ani przebywanie w jednym pomieszczeniu z chorym. Człowiek nie przekazuje jej bezpośrednio drugiemu człowiekowi podczas zwykłego kontaktu. Możliwe są natomiast rzadkie zakażenia przez przetoczenie zakażonej krwi, użycie skażonych igieł lub sprzętu, przeszczep narządu, a także przeniesienie pasożyta z matki na dziecko podczas ciąży lub porodu.

W typowym cyklu to komar pobiera pasożyty z krwi jednego człowieka, umożliwia im dalszy rozwój, a następnie zakaża kolejnego. Oznacza to, że osoba mająca zarodźce we krwi może być źródłem zakażenia dla następnych komarów, nawet jeżeli sama nie ma wyraźnych objawów. Z tego powodu bezobjawowe i skąpoobjawowe zakażenia mają duże znaczenie epidemiologiczne. Człowiek może czuć się zdrowy, a mimo to pozostawać częścią łańcucha transmisji.

Cichy początek w wątrobie

Po ukłuciu człowieka przez zakażonego komara do organizmu trafiają ruchliwe formy pasożyta zwane sporozoitami. Są tak małe, że ich obecności nie można odczuć. Z miejsca ukłucia przedostają się do krwi, a następnie docierają do wątroby. Tam wnikają do komórek wątrobowych i rozpoczynają intensywne namnażanie.

Ten pierwszy etap zakażenia jest zazwyczaj bezobjawowy. Chory nie ma jeszcze charakterystycznej gorączki ani dreszczy. Nie wie, że w jego organizmie rozwijają się tysiące nowych pasożytów. Wątroba staje się ukrytą wylęgarnią, w której zarodziec przygotowuje się do zajęcia kolejnego środowiska – krwi.

Po zakończeniu fazy wątrobowej komórki uwalniają ogromną liczbę form zwanych merozoitami. Wnikają one do czerwonych krwinek, czyli erytrocytów. Dopiero wówczas rozpoczyna się etap odpowiedzialny za kliniczne objawy malarii. Pasożyty rosną i dzielą się wewnątrz krwinek, a następnie doprowadzają do ich pęknięcia. Uwolnione merozoity zakażają następne krwinki i cykl się powtarza.

W przypadku *P. vivax* i *P. ovale* część pasożytów nie opuszcza wątroby od razu. Przechodzi w stan uśpienia i może przetrwać w komórkach przez długi czas. Takie ukryte formy tłumaczą, dlaczego malaria bywa chorobą powracającą. Człowiek może opuścić strefę endemiczną, przez wiele miesięcy nie mieć żadnych objawów, a następnie ponownie zachorować bez nowej ekspozycji na komary.

Biologia zarodźca podważa zatem intuicyjne wyobrażenie o zakażeniu jako pojedynczym wydarzeniu. Ukłucie komara jest jedynie początkiem. Pasożyt zmienia postać, miejsce przebywania i sposób rozmnażania. Przez pewien czas pozostaje niemal niewidoczny, później atakuje krew, a część jego potomstwa przekształca się w

formy, które może pobrać następny komar. Choroba człowieka jest tylko jednym fragmentem znacznie większej historii życia pasożyta.

Krew jako scena choroby

Czerwona krwinka jest dla zarodźca jednocześnie schronieniem, źródłem substancji odżywczych i środkiem rozprzestrzeniania się po organizmie. Pasożyt wykorzystuje zawartą w niej hemoglobinę, rośnie, dzieli się, a w końcu rozrywa komórkę. Do krwi trafiają wówczas nowe pasożyty oraz związki pobudzające układ odpornościowy.

To właśnie reakcja organizmu na kolejne fale rozpadu zakażonych krwinek odpowiada za gorączkę, dreszcze i uczucie rozbicia. Układ odpornościowy wydziela substancje sygnałowe uruchamiające stan zapalny. Temperatura ciała rośnie, tętno przyspiesza, pojawia się ból głowy, osłabienie i ból mięśni. Jednocześnie utrata oraz przyspieszone usuwanie czerwonych krwinek mogą prowadzić do niedokrwistości. Śledziona, uczestnicząca w oczyszczaniu krwi, powiększa się wskutek zwiększonej pracy. Niekiedy powiększeniu ulega także wątroba.

Objawy malarii nie wynikają zatem tylko z mechanicznego niszczenia krwinek. Są skutkiem jednoczesnego działania pasożyta, odpowiedzi immunologicznej i zaburzeń krążenia. W ciężkiej malarii tropikalnej zakażone erytrocyty zmieniają powierzchnię i przywierają do ścian drobnych naczyń. Pozwala to pasożytom częściowo unikać usunięcia przez śledzionę, ale dla człowieka jest niezwykle niebezpieczne. Nagromadzenie zakażonych krwinek może ograniczać przepływ krwi przez mózg, płuca, nerki, jelita i inne narządy.

Malaria jest więc chorobą krwi, lecz jej następstwa obejmują cały organizm. To, co zaczyna się wewnątrz mikroskopijnej krwinki, może doprowadzić do zaburzeń świadomości, niewydolności oddechowej, uszkodzenia nerek albo wstrząsu. Skala powikłań zależy od gatunku pasożyta, liczby zakażonych krwinek, stanu odporności chorego, wieku, ciąży, chorób współistniejących i szybkości rozpoczęcia skutecznego leczenia.

Zimno, żar i pot

Najbardziej znanym obrazem malarii jest napad gorączkowy składający się z trzech faz. Najpierw pojawia się gwałtowne uczucie zimna. Chory szczęka zębami, drży, owija się kocami, chociaż temperatura jego ciała szybko rośnie. Następnie rozpoczyna się faza gorąca: temperatura może przekroczyć 39–40°C, skóra staje się gorąca i sucha, nasilają się ból głowy, pragnienie, niepokój, nudności i osłabienie. Po kilku godzinach temperatura zaczyna spadać. Nadchodzi faza obfitych potów, po której chory bywa skrajnie wyczerpany i zapada w sen.

Ten dramatyczny obraz dał początek polskiej nazwie „zimnica”. Wyjaśnia również, dlaczego malaria od wieków była przedstawiana jako choroba przychodząca falami: atak gorączki ustępował, po nim następował okres względnego spokoju, a potem wszystko zaczynało się od nowa.

Regularność napadów zależy od rytmu namnażania zarodźców w czerwonych krwinkach. W zakażeniach wywołanych przez *P. vivax* i *P. ovale* klasyczne napady mogą powtarzać się mniej więcej co 48 godzin. Dawniej nazywano je trzeciaczką, ponieważ w tradycyjnym sposobie liczenia dzień pierwszego napadu uznawano za pierwszy, dzień przerwy za drugi, a dzień kolejnego napadu za trzeci. Przy *P. malariae* cykl może trwać około 72 godzin, stąd nazwa czwartaczka. *P. knowlesi* namnaża się w cyklu około dobowym.

Nie wolno jednak traktować tej regularności jako warunku rozpoznania. Na początku zakażenia poszczególne grupy pasożytów często rozwijają się w różnym rytmie, dlatego gorączka może być nieregularna lub prawie stała. Dotyczy to szczególnie malarii tropikalnej. Klasyczny napad zimna, gorąca i potów jest ważnym symbolem choroby, ale w codziennej praktyce malaria często zaczyna się znacznie mniej charakterystycznie – jak grypa, infekcja wirusowa albo zatrucie pokarmowe.

Pierwsze objawy: niebezpieczna zwyczajność

Najczęstsze wczesne objawy malarii to gorączka, dreszcze i ból głowy. Mogą im towarzyszyć osłabienie, bóle mięśni i stawów, nudności, wymioty, biegunka, brak apetytu oraz ogólne poczucie rozbicia. U części chorych występują poty, kaszel lub ból brzucha. Są to dolegliwości bardzo nieswoiste, czyli takie, które mogą występować w wielu innych chorobach.

Właśnie ta zwyczajność pierwszych symptomów czyni malarię szczególnie podstępna. Chory może uznać, że ma grypę, przeziębienie, udar cieplny albo łagodną infekcję przewodu pokarmowego. Lekarz pracujący w kraju, w którym malaria nie występuje stale, może początkowo nie brać jej pod uwagę, jeżeli nie zna historii podróży pacjenta.

Objawy zazwyczaj rozpoczynają się po kilkunastu dniach od zakażenia. WHO podaje, że często pojawiają się po 10–15 dniach, natomiast w praktyce klinicznej okres wylęgania większości zakażeń mieści się w granicach około 7–30 dni. Nie jest to jednak reguła bez wyjątków. Niektóre zakażenia mogą ujawnić się po kilku miesiącach, a uśpione formy *P. vivax* i *P. ovale* mogą powodować późne nawroty. Przyjmowanie leków profilaktycznych może również opóźnić pojawienie się symptomów.

Z tego powodu gorączka u osoby, która przebywała w rejonie występowania malarii, wymaga pilnej oceny lekarskiej nawet wtedy, gdy od podróży minęło już wiele tygodni lub miesięcy. Informacja o pobycie w Afryce, Azji, Ameryce Łacińskiej czy Oceanii może mieć dla rozpoznania większe znaczenie niż sam opis dolegliwości.

Od zakażenia bezobjawowego do choroby śmiertelnej

Przebieg malarii jest niezwykle zróżnicowany. U jednej osoby zakażenie może pozostać bezobjawowe albo wywołać jedynie krótkotrwałą gorączkę. U innej w ciągu niewielu godzin lub dni może dojść do gwałtownego pogorszenia stanu zdrowia. Między tymi skrajnościami znajduje się szerokie spektrum postaci łagodnych, umiarkowanych i ciężkich.

Osoby mieszkające od dzieciństwa na terenach o intensywnej transmisji bywają wielokrotnie zakażane. Z czasem mogą rozwinąć częściową odporność, która ogranicza nasilenie objawów, lecz zwykle nie zapobiega całkowicie ponownym zakażeniom. Pasożyty mogą utrzymywać się w ich krwi na niskim poziomie, nie powodując wyraźnej choroby. Taka odporność jest jednak krucha. Może słabnąć po dłuższym pobycie poza obszarem endemicznym, a ciąża lub inne obciążenia organizmu zwiększają ryzyko ciężkiego przebiegu.

Odwrotna sytuacja dotyczy podróżnych przybywających z krajów wolnych od stałej transmisji. Ich układ odpornościowy nie miał wcześniejszego kontaktu z zarodźcami. Zakażenie, szczególnie *P. falciparum*, może więc rozwijać się szybko i prowadzić do poważnych powikłań.

WHO ostrzega, że nieleczona malaria wywołana przez *P. falciparum* może przejść w postać ciężką i doprowadzić do śmierci nawet w ciągu 24 godzin od pojawienia się poważnych objawów. Nie oznacza to, że każdy chory umiera tak szybko, ale pokazuje, jak niewielki może być margines bezpieczeństwa.

Do objawów ciężkiej malarii należą zaburzenia świadomości, powtarzające się drgawki, znaczna duszność, skrajne osłabienie, żółtaczka, ciemne lub krwiste zabarwienie moczu oraz nieprawidłowe krwawienia. Może rozwinąć się ciężka niedokrwistość, kwasica metaboliczna, spadek stężenia glukozy, ostra niewydolność nerek, obrzęk płuc, wstrząs i niewydolność wielu narządów. Malaria mózgowa objawia się zaburzeniami zachowania, splątaniem, drgawkami, utratą przytomności i śpiączką.

Rozróżnienie między malarią niepowikłaną a ciężką ma podstawowe znaczenie dla dalszego postępowania. Nie jest to jednak podział na chorobę „łagodną” i „naprawdę niebezpieczną”. Każde rozpoznane zakażenie wymaga leczenia, ponieważ pozornie stabilny stan może się pogorszyć, zwłaszcza w malarii tropikalnej.

Najbardziej zagrożeni

Malaria może dotknąć człowieka w każdym wieku, ale nie wszystkich naraża w równym stopniu. Największe ryzyko ciężkiego przebiegu ponoszą małe dzieci, kobiety w ciąży, osoby z osłabioną odpornością, ludzie zakażeni HIV oraz podróżni, którzy nie wykształcili częściowej odporności wskutek wcześniejszych kontaktów z pasożytem.

U dzieci, szczególnie poniżej piątego roku życia, choroba może rozwijać się bardzo szybko. Mały organizm ma mniejsze rezerwy, a ciężka niedokrwistość, hipoglikemia, drgawki i malaria mózgowa mogą doprowadzić do śmierci w krótkim czasie. Dzieci, które przeżyją ciężką postać mózgową, mogą doświadczać trwałych następstw neurologicznych, trudności w uczeniu się lub zaburzeń zachowania.

Ciąża zmienia relację między organizmem a pasożytem. Zakażone krwinki mogą gromadzić się w naczyniach łożyska, zaburzając dostarczanie tlenu i substancji odżywczych do płodu. Malaria zwiększa ryzyko niedokrwistości matki, poronienia, porodu przedwczesnego, urodzenia martwego dziecka oraz niskiej masy

urodzeniowej. Dziecko może również, choć rzadziej, zostać zakażone przed porodem lub w jego trakcie.

Szczególna ostrożność jest konieczna także u osób starszych, przewlekle chorych i pozbawionych śledziona. Znaczenie ma ponadto dostęp do opieki medycznej. Ta sama infekcja może zakończyć się zupełnie inaczej u człowieka mieszkającego w pobliżu dobrze wyposażonego szpitala i u mieszkańca odległej wsi, który musi wiele godzin podróżować do najbliższej placówki diagnostycznej.

Choroba klimatu, środowiska i nierówności

Malarię określa się często jako chorobę tropikalną, ale samo ciepło nie wystarcza do podtrzymywania transmisji. Potrzebne są jednocześnie odpowiednie gatunki komarów, warunki umożliwiające ich rozmnażanie, wystarczająco wysoka temperatura pozwalająca pasożytowi rozwinąć się w organizmie owada oraz obecność zakażonych ludzi lub zwierząt stanowiących rezerwuar pasożyta.

Największy ciężar malarii ponosi współcześnie Afryka Subsaharyjska, lecz choroba występuje również w części Azji Południowej i Południowo-Wschodniej, na Bliskim Wschodzie, w Ameryce Środkowej i Południowej, na Karaibach oraz na wyspach Oceanii. Ryzyko może znacznie różnić się nawet między sąsiednimi miejscowościami. Zależy od wysokości nad poziomem morza, pory deszczowej, rodzaju zabudowy, obecności zbiorników wodnych, skuteczności zwalczania komarów i dostępności leczenia.

Według raportu WHO opublikowanego w grudniu 2025 roku w 2024 roku na świecie doszło do około **282 milionów przypadków malarii i 610 tysięcy zgonów** w 80 państwach. Około 95 procent zachorowań oraz zgonów przypadło na Region Afrykański WHO. Dzieci poniżej piątego roku życia stanowiły około trzech czwartych wszystkich osób zmarłych na malarię w tym regionie.

Liczby te pokazują, że malaria nie jest jedynie problemem biologicznym. Jest również chorobą ubóstwa, niedostatecznej infrastruktury, konfliktów, migracji i ograniczonego dostępu do podstawowej opieki zdrowotnej. Komar nie pyta o status społeczny, lecz skutki jego ukłucia są silnie zależne od warunków, w których żyje człowiek. Moskitiera, szczelne okno, szybki test diagnostyczny, dostępny lek i możliwość dotarcia do szpitala mogą decydować o życiu. Tam, gdzie brakuje tych środków, zwykłe ukłucie owada staje się częścią znacznie większego mechanizmu społecznego zagrożenia.

Malaria oddziałuje także na gospodarkę. Chorujące dzieci opuszczają szkołę, dorośli nie mogą pracować, rodziny ponoszą koszty leczenia i transportu, a systemy ochrony zdrowia są obciążane powtarzającymi się falami zachorowań. Choroba osłabia społeczności, które z powodu ubóstwa są jednocześnie najmniej zdolne do skutecznej ochrony przed nią. W ten sposób powstaje błędne koło: bieda zwiększa ryzyko malarii, a malaria pogłębia biedę.

Choroba uleczalna, której wciąż nie pokonano

Malarii można zapobiegać i można ją skutecznie leczyć. To zdanie odróżnia ją od wielu dawnych zaraz, wobec których człowiek przez stulecia pozostawał niemal bezbronny. Dostępne są leki przeciwmalaryczne, szybkie testy diagnostyczne, badanie mikroskopowe krwi, moskitiery nasączone środkami owadobójczymi, opryskiwanie wnętrz budynków, działania ograniczające populację komarów oraz profilaktyka farmakologiczna dla osób podróżujących.

Nie oznacza to jednak, że ochrona jest prosta lub całkowita. Zarodźce rozwijają oporność na leki, a komary na środki owadobójcze. Skuteczność profilaktyki zależy od lokalnych warunków, gatunku pasożyta, zachowania owadów i możliwości systemu ochrony zdrowia. Dobór leków dla podróżnego musi uwzględniać kierunek wyjazdu, stan zdrowia, wiek, ciążę, długość pobytu i lokalną oporność pasożytów. Nie istnieje jeden uniwersalny preparat odpowiedni dla każdego człowieka i każdego obszaru.

Rozpoznanie opiera się przede wszystkim na wykazaniu obecności pasożyta we krwi – w badaniu mikroskopowym lub za pomocą szybkiego testu wykrywającego antygeny. Sam obraz kliniczny nie wystarcza, ponieważ gorączka, dreszcze i ból głowy występują także w wielu innych infekcjach. WHO zaleca, aby podejrzenie malarii potwierdzać badaniem ukierunkowanym na obecność pasożyta.

Leczenie zależy od gatunku zarodźca, ciężkości choroby, miejsca zakażenia i prawdopodobnej lekooporności. W malarii tropikalnej podstawowe znaczenie mają terapie skojarzone zawierające pochodne artemizyniny. Ciężka malaria wymaga leczenia szpitalnego i podawania leków dożylnych. Zakażenia *P. vivax* i *P. ovale* wymagają dodatkowego postępowania skierowanego przeciw formom pozostającym w wątrobie. Zagadnienia te zostaną szerzej omówione w rozdziałach poświęconych rozpoznaniu, profilaktyce i terapii.

Nowym narzędziem są szczepionki przeciw malarii wywoływanej przez *P. falciparum*. WHO rekomenduje obecnie preparaty RTS,S oraz R21 dla dzieci żyjących na terenach endemicznych, zwłaszcza tam, gdzie transmisja jest umiarkowana lub wysoka. Szczepienia nie zastępują moskitier, diagnostyki i leczenia, lecz uzupełniają je. W maju 2026 roku WHO informowała, że programy szczepień przeciw malarii funkcjonowały już w 25 afrykańskich państwach endemicznych.

Malaria jest zatem chorobą możliwą do opanowania, lecz wymagającą jednoczesnego działania na wielu poziomach: biologicznym, medycznym, środowiskowym, gospodarczym i politycznym. Nie wystarczy zabić pojedynczego komara ani wyleczyć pojedynczego pacjenta. Trzeba przerwać cały łańcuch transmisji i sprawić, by skuteczne środki ochrony były dostępne także dla najuboższych.

Od „złego powietrza” do pasożyta widocznego pod mikroskopem

Droga od teorii bagiennych wyziewów do współczesnego rozumienia malarii była długa. Opisy chorób przypominających zimnicę pojawiają się już w starożytnych tekstach chińskich, mezopotamskich, indyjskich, egipskich, greckich i rzymskich. Przez większą część historii ludzie znali charakterystyczne napady gorączki, ich sezonowość oraz związek z określonymi terenami, nie znali jednak ich przyczyny.

Przełom nastąpił w 1880 roku, kiedy francuski lekarz wojskowy Alphonse Laveran, pracujący w Algierii, dostrzegł pasożyty we krwi chorych. Odkrycie to podważało zarówno teorię miazmatów, jak i podejrzenie, że malaria jest chorobą bakteryjną. Laveran wykazał, że jej sprawcą jest organizm pasożytniczy obecny w czerwonych krwinkach. Za badania nad rolą pierwotniaków w wywoływaniu chorób otrzymał w 1907 roku Nagrodę Nobla.

Kolejne pytanie brzmiało: w jaki sposób pasożyt przechodzi od jednego człowieka do drugiego? Pod koniec XIX wieku Ronald Ross wykazał, że zasadniczą rolę w cyklu odgrywają komary. Badania włoskich uczonych, między innymi Giovanniego Battisty Grassiego, pozwoliły następnie powiązać malarię człowieka z widliszkami i odtworzyć kolejne etapy transmisji. Ross otrzymał Nagrodę Nobla w 1902 roku.

W ciągu zaledwie kilkunastu lat choroba „złego powietrza” stała się chorobą pasożyta i jego owadziego wektora. Zmiana ta otworzyła drogę do racjonalnej profilaktyki: osuszania miejsc rozrodu komarów z właściwie rozumianej przyczyny, stosowania moskitier, zabezpieczania domów, leczenia osób zakażonych i prowadzenia programów zwalczania wektorów.

Historia ta zostanie rozwinięta w dalszych rozdziałach. Już teraz pokazuje jednak zasadniczą cechę malarii: choroba znajduje się na przecięciu wielu światów. Łączy mikroskopijną biologię pasożyta z zachowaniem owada, klimat z gospodarką, medycynę z historią kolonializmu, a indywidualne cierpienie z działaniem całych systemów społecznych.

Malaria jako spotkanie trzech światów

Najprostsza definicja mówi, że malaria jest chorobą pasożytniczą przenoszoną przez komary. Definicja ta jest poprawna, lecz nie oddaje całej złożoności zjawiska. Malaria jest spotkaniem trzech światów.

Pierwszym jest świat pasożyta, który w toku ewolucji nauczył się wykorzystywać dwa różne organizmy, zmieniać postać, ukrywać się w komórkach wątroby i krwi oraz unikać mechanizmów odpornościowych.

Drugim jest świat komara – niewielkiego owada zależnego od temperatury, wilgotności, dostępności wody, rodzaju krajobrazu i ludzkich siedzib. Jego zachowanie decyduje o tym, gdzie, kiedy i z jaką intensywnością dochodzi do transmisji.

Trzecim jest świat człowieka: jego odporności, wieku i stanu zdrowia, ale także domu, pracy, podróży, poziomu zamożności, dostępu do lekarza i miejsca zajmowanego w społeczeństwie.

Dopiero połączenie tych trzech perspektyw pozwala zrozumieć, dlaczego w jednym kraju malaria została wyeliminowana, a w innym nadal zabija tysiące dzieci; dlaczego jedna osoba przechodzi zakażenie niemal bezobjawowo, a druga umiera po kilku dniach; dlaczego rozwój skutecznego leku nie kończy problemu i dlaczego samo zwalczanie komarów nie wystarcza.

Kolejne rozdziały tej książki przedstawia pochodzenie zarodźców, historię odkrywania choroby, metody jej rozpoznawania, sposoby zapobiegania i leczenia, współczesne programy eliminacji oraz obecność malarii w literaturze i sztuce. Punktem wyjścia pozostaje jednak człowiek stojący wobec organizmu, którego nie widzi, owada, którego ukłucie może zlekceważyć, i gorączki, która przez tysiąclecia przychodziła niczym tajemniczy, powracający napastnik.

Malaria nie jest pozostałością zamierzchłej przeszłości. Nie jest też wyłącznie egzotyczną chorobą odległych krain. Pozostaje jednym z największych wyzwań zdrowotnych świata – uleczalnym, możliwym do uniknięcia, a mimo to każdego roku dotykającym setek milionów ludzi.

Jej nazwa nadal mówi o „złym powietrzu”. Jej prawdziwa historia opowiada jednak o krwi, komarach, pasożytach i nierównościach, które sprawiają, że pradawna choroba wciąż pozostaje chorobą współczesności.

Rozdział II

Zanim człowiek zachorował. Tajemnica narodzin pasożyta malarii

Pasożyt starszy od ludzkości

Malaria wydaje się chorobą nierozzerwalnie związaną z człowiekiem. Towarzyszyła powstawaniu cywilizacji, wpływała na losy imperiów, zabijała królów, żołnierzy i dzieci. Jednak najnowsze badania genetyczne pokazują, że jej historia zaczęła się na długo przed pojawieniem się człowieka, a nawet przed pojawieniem się pierwszych naczelnych.

Przodkowie zarodźców malarii należą do wielkiej grupy pierwotniaków zwanych apikopleksami (*Apicomplexa*). Są to pasożyty niezwykle stare, których korzenie mogą sięgać ponad pół miliarda lat wstecz. Co zaskakujące, ich najdawniejsi krewni prawdopodobnie nie byli pasożytami, lecz organizmami żyjącymi w środowisku morskim, związanymi z rafami koralowymi. Odkrycie fotosyntetyzujących krewniaków zarodźców – mikroorganizmów *Chromera* i *Vitrella* – całkowicie zmieniło nasze spojrzenie na ewolucję tej grupy.

Według jednej z hipotez przodkowie zarodźców byli kiedyś organizmami żyjącymi w symbiozie z koralowcami. Dopiero później utracili zdolność fotosyntezy i stopniowo przekształcili się w pasożyty zdolne do atakowania komórek zwierzęcych. Był to jeden z najbardziej niezwykłych zwrotów ewolucyjnych w historii życia na Ziemi – droga od organizmu przypominającego glon do zabójcy milionów ludzi.

Komary i pasożyty w epoce dinozaurów

Jak bursztyn odsłonił pradawną historię malarii

Malaria wydaje się chorobą nierozzerwalnie związaną z człowiekiem. Kojarzymy ją z tropikalnymi bagnami, gorączką, moskitierami i komarami z rodzaju *Anopheles*. Jednak ewolucyjna historia pasożytów wywołujących malarię rozpoczęła się na długo przed pojawieniem się naszego gatunku, a prawdopodobnie także przed powstaniem pierwszych naczelnych.

Ślady tej historii zachowały się w jednym z najbardziej niezwykłych archiwów przyrody — w bursztynie. Zastygła żywica potrafiła uwięzić nie tylko całe owady, lecz także mikroskopijne struktury znajdujące się wewnątrz ich ciał. Dzięki temu paleontolodzy mogą dziś zaglądać do wnętrza organizmów żyjących dziesiątki, a nawet około stu milionów lat temu.

Nie oznacza to, że z bursztynowego komara można wydobyć krew dinozaura i odtworzyć jego DNA, jak w filmie „Park Jurajski”. Materiał genetyczny ulega degradacji znacznie szybciej. Bursztyn może jednak zachować kształty komórek i narządów, a czasami również kolejne stadia rozwojowe pasożyta. Dla badacza przypomina to oglądanie zatrzymanej klatki pradawnego cyklu życiowego.

Komar z bursztynu dominikańskiego

Jedno z najgłośniejszych odkryć zostało opisane w 2005 roku. W bursztynie pochodzącym z Dominikany znaleziono samicę wymarłego komara nazwanego *Culex malariager*. Bursztyn dominikański, z którego pochodzi okaz, datowany jest obecnie na około 15–20 milionów lat. Jest więc młodszy, niż dawniej przypuszczano, i nie pochodzi z epoki dinozaurów, lecz z miocenu — okresu, w którym rozwijały się już liczne współczesne grupy ptaków i ssaków.

W jamie ciała komara George Poinar rozpoznał struktury przypominające oocysty, sporozoitę, a także możliwą ookinetę i komórki płciowe zarodźca. Są to stadia charakterystyczne dla cyklu rozwojowego współczesnych pasożytów malarii. Skamieniałego mikroorganizmu opisano jako nowy gatunek — *Plasmodium dominicana*. Kształt oocyst oraz fakt, że pasożyta znaleziono w komarze z rodzaju *Culex*, wskazywały, że mógł on być spokrewniony z zarodźcami wywołującymi malarię ptaków, zwłaszcza ze współczesnym gatunkiem *Plasmodium juxtanucleare*.

Nie był więc prawdopodobnie bezpośrednim przodkiem zarodźca sierpowatego, *Plasmodium falciparum*, odpowiedzialnego za najgroźniejszą postać ludzkiej malarii. Stanowił raczej jedną z dawnych gałęzi ogromnego drzewa ewolucyjnego pasożytów krwi.

Odkrycie miało jednak zasadnicze znaczenie. Pokazywało, że kilkanaście milionów lat temu istniał już złożony układ obejmujący krwio pijnego owada, pasożyta przechodzącego w nim kilka stadiów rozwojowych oraz nieznanego kręgowca, prawdopodobnie ptaka, którego krwią żywił się komar.

Jak rozpoznać pasożyta sprzed milionów lat?

Identyfikacja mikroskopijnego organizmu w bursztynie jest znacznie trudniejsza niż rozpoznanie całego owada. Badacz nie dysponuje żywą komórką, jej metabolizmem ani pełnym materiałem genetycznym. Musi opierać się przede wszystkim na morfologii, czyli na kształcie, rozmiarach i położeniu zachowanych struktur.

W przypadku pasożytów malarii szczególnie ważne jest to, gdzie znajdują się poszczególne stadia. Po pobraniu krwi przez owada komórki płciowe pasożyta łączą się w jego przewodzie pokarmowym. Powstaje ruchliwa ookineta, która przechodzi przez ścianę jelita. Następnie rozwija się oocysta, produkująca ogromną liczbę wydłużonych sporozoitów. Sporozoitę wydostają się do jamy ciała owada i wędrują w kierunku jego gruczołów ślinowych. Podczas kolejnego ukłucia mogą zostać wprowadzone do organizmu kręgowca.

Jeżeli w skamieniałym owadzie występują jednocześnie struktury przypominające oocysty i liczne, cienkie sporozoitę, a ich rozmieszczenie odpowiada temu, które

obserwujemy u współczesnych zakażonych owadów, interpretacja pasożytnicza staje się prawdopodobna.

Nie jest jednak absolutnie pewna. Komórki mogły zostać zniekształcone podczas obumierania owada i przekształcania żywicy w bursztyn. Niektóre grzyby, bakterie lub fragmenty tkanek mogą także przypominać stadia pasożyta. Dlatego skamieniałe mikroorganizmy opisane jako zarodźce należy traktować jako bardzo mocne wskazówki, ale nie jako odpowiednik współczesnej diagnozy potwierdzonej badaniem DNA.

Malaria sto milionów lat temu?

Jeszcze bardziej niezwykły okaz pochodzi z bursztynu birmańskiego, powstałego około 100 milionów lat temu, w środkowej kredzie. Ziemię zamieszkiwały wówczas dinozaury, pierwsze ptaki, niewielkie ssaki oraz liczne grupy gadów.

W bursztynie znaleziono samicę niewielkiego krwio pijnego owada należącego do kuczmanów, czyli rodziny Ceratopogonidae. W jej ciele zachowały się liczne oocysty i sporozoit. Pasożyta opisano jako *Paleohaemoproteus burmacis*. Był on podobny do współczesnych przedstawicieli rodzaju *Haemoproteus* — krewniaków zarodźców, które pasożytują przede wszystkim u ptaków i gadów, a przenoszone są między innymi przez kuczmany.



Bursztyny z Birmy zawierają bezcenne skrawki wymarłego życia. / Roman Popov123RF/PICSEL

Jest to jeden z najstarszych znanych śladów organizmu należącego do grupy pasożytów malariopodobnych. Nie jest jednak dowodem, że przed stu milionami lat istniał już dokładnie taki rodzaj *Plasmodium*, jaki znamy obecnie, ani że dinozaury chorowały na malarię w jej dzisiejszym znaczeniu.

Możemy stwierdzić coś ostrożniejszego: już w kredzie istniały pasożyty krwi o złożonym cyklu rozwojowym, wykorzystujące krwio pijne owady i kręgowce. Nie wiemy, jakim zwierzęciem był drugi gospodarz *Paleohaemoproteus*. Mógł nim być gad, ptak albo inny kręgowiec. Ponieważ ptaki są ewolucyjnie jedną z linii dinozaurów, określenie „pasożyty epoki dinozaurów” jest uzasadnione. Twierdzenie, że pasożyt zakażał tyranozaury lub inne konkretne dinozaury, byłoby już jednak spekulacją.

Czy kredowe komary przenosiły malarię?

Z bursztynu birmańskiego znane są również komary żyjące około 99–100 milionów lat temu. Jeden z nich, opisany jako *Priscoculex burmanicus*, miał cechy łączące go z linią komarów widliszkowatych, do której należą współczesne komary *Anopheles* przenoszące ludzką malarię. Sam okaz nie zawierał rozpoznanego zarodźca. Dowodzi jednak, że anatomicznie podobne komary istniały już w kredzie.

Stąd bierze się hipoteza, że komary mogły przenosić przodków zarodźców ponad 100 milionów lat temu. Jest ona prawdopodobna, ale pozostaje hipotezą. Obecność odpowiedniego owada nie dowodzi jeszcze, że przenosił on konkretną chorobę.

Dodatkową trudność stanowi niepewność dotycząca wieku całej rodziny komarów. Analiza genomów opublikowana w 2023 roku sugerowała, że ich wspólny przodek mógł żyć już około 217 milionów lat temu, w triasie. Nowsze badanie filogenomiczne z 2025 roku, uwzględniające możliwe błędy wcześniejszych rekonstrukcji, przesunęło powstanie komarów na około 106 milionów lat temu, czyli do środkowej kredy. Rozbieżność pokazuje, że „zegary molekularne” nie są zwykłymi zegarkami: ich wyniki zależą od doboru genów, skamieniałości użytych do kalibracji oraz przyjętego modelu tempa ewolucji.

Skamieniałości wyznaczają przede wszystkim wiek minimalny. Jeśli znajdujemy komara sprzed 100 milionów lat, wiemy, że jego linia musiała istnieć już wtedy, lecz nie wiemy dokładnie, ile milionów lat wcześniej się pojawiła.

Czy malaria mogła wpływać na dinozaury?

Pasożyty krwi mogły osłabiać kredowe zwierzęta, powodować niedokrwistość, gorączkę, zaburzenia rozrodu lub zwiększać podatność na drapieżniki i inne infekcje. Nie potrafimy jednak określić, jak ciężkie były wywoływane przez nie choroby. Nie mamy też dowodów, że malaria odegrała istotną rolę w wymieraniu nieptasich dinozaurów.

Pasożyty rzadko pozostawiają ślady na kościach, a bursztyn zachowuje tylko niewielki i przypadkowy fragment dawnego świata. Jeden zakażony owad nie mówi nam, jak często występowała infekcja ani jakie gatunki kręgowców obejmowała.

Najbardziej interesująca jest raczej zdolność tych pasożytów do przetrwania wielkich przemian. Zmieniały się kontynenty i klimat, wymierały całe grupy zwierząt, pojawiały się nowe ptaki i ssaki, a krwio pijne owady oraz ich mikroskopijni pasażerowie znajdowali kolejnych gospodarzy.

Owad jako właściwy gospodarz pasożyta

W potocznym ujęciu komar jest jedynie „przenosicielem”, który transportuje zarodźca z jednego człowieka do drugiego. Z biologicznego punktu widzenia jego rola jest jednak znacznie ważniejsza. Właśnie w organizmie owada dochodzi do rozmnażania płciowego pasożyta. Dlatego w terminologii parazytologicznej to komar jest gospodarzem ostatecznym, natomiast człowiek, ptak, gad lub inny kręgowiec jest gospodarzem pośrednim.

W organizmie kręgowca zarodziec namnaża się bezpłciowo. U człowieka sporozycyty najpierw trafiają do wątroby, a następnie pasożyt atakuje czerwone krwinki. Część jego komórek przekształca się w gametocyty. Dopiero gdy pobierze je kolejny komar, może rozpocząć się faza płciowa i powstać nowe pokolenie pasożytów.

Z perspektywy ewolucyjnej zarodziec musi zatem stale rozwiązywać dwa zupełnie różne problemy. Powinien umieć przeżyć w zmiennocieplnym ciele owada, pokonać jego jelito i dotrzeć do gruczołów ślinowych, a następnie funkcjonować w komórkach kręgowca wyposażonego w odmienny układ odpornościowy. Ta dwudomowość jest jedną z najbardziej niezwykłych cech jego biologii.

Ewolucja przez zmianę gospodarzy

Dawniej zakładano często, że pasożyty i ich gospodarze ewoluują równolegle: gdy jeden gatunek gospodarza dzieli się na dwa, jego pasożyt również tworzy dwie linie. Badania genetyczne współczesnych pasożytów malarii pokazują jednak bardziej skomplikowany obraz.

W historii zarodźców wielokrotnie dochodziło do przeskoków między gatunkami gospodarzy. Pasożyt krążący początkowo wśród jednej grupy ptaków, gadów lub ssaków mógł dzięki owadowi znaleźć się w organizmie innego zwierzęcia. Większość takich prób kończyła się zapewne niepowodzeniem, ale od czasu do czasu pasożyt uzyskiwał zdolność wnikania do nowych komórek i unikania obcego układu odpornościowego. W ten sposób otwierała się przed nim nowa nisza ewolucyjna. Analizy drzew rodowych ptasich zarodźców wskazują, że zmiany gospodarzy były ważniejsze, niż wynikałoby z modelu ścisłej, wielomilionowej współewolucji jednego pasożyta z jednym gatunkiem.

Pasożyty zakażające ptaki i gady należą do jednych z najstarszych linii na drzewie rodowym zarodźców. Linie wyspecjalizowane w ssakach pojawiły się później. Nie oznacza to jednak prostego marszu od gada przez ptaka do człowieka. Ewolucja przypomina raczej rozgałęzioną sieć, w której niektóre gałęzie wymierają, inne zmieniają gospodarzy, a jeszcze inne dzielą się na wiele nowych gatunków.

Człowiek jako jeden z ostatnich gospodarzy

Na tle tej historii człowiek pojawia się niezwykle późno. Rodzaj *Homo* istnieje od kilku milionów lat, podczas gdy pasożyty malariopodobne krążyły między owadami i kręgowcami już dziesiątki milionów lat wcześniej.

Również poszczególne gatunki ludzkich zarodźców nie musiały towarzyszyć naszej linii od jej początku. Badania materiału genetycznego pasożytów afrykańskich małp człekokształtnych wykazały, że *Plasmodium falciparum* wywodzi się z linii występującej u goryli zachodnich. Najbardziej prawdopodobny scenariusz zakłada przeskok pasożyta z goryla na człowieka, po którym nowa linia rozprzestrzeniła się wśród ludzi.

Także historia *Plasmodium vivax* prowadzi do pasożytów afrykańskich małp. Z kolei *Plasmodium knowlesi*, występujący naturalnie u makaków w Azji Południowo-Wschodniej, nadal regularnie zakaża ludzi. Jest więc współczesnym przykładem procesu, który w ewolucji malarii musiał powtarzać się wielokrotnie: pasożyt zwierzęcy otrzymuje możliwość wejścia do populacji nowego gospodarza.

Człowiek nie był zatem celem, ku któremu od początku zmierzała ewolucja zarodźca. Stał się kolejnym dostępnym środowiskiem — źródłem krwi, komórek i możliwości transmisji.

Choroba starsza od ludzkości

Malaria nie jest więc wyłącznie „ludzką chorobą”. Jest ludzką postacią znacznie starszego zjawiska biologicznego: wielomilionowej relacji między pasożytem, krwio pijnym stawonogiem i kręgowcem.

Sam zarodziec nie „chce” wywoływać gorączki ani zabijać gospodarza. Dobór naturalny sprzyja tym jego cechom, które zwiększają szanse przeżycia i dotarcia do następnego komara. Choroba jest skutkiem ubocznym namnażania się pasożyta, niszczenia zakażonych komórek i reakcji obronnej organizmu.

Bursztynowe skamieniałości pokazują, że podstawowy schemat tej relacji istniał na długo przed pojawieniem się człowieka. Najpewniejszy opis kopalnego przedstawiciela rodzaju *Plasmodium* pochodzi z okresu sprzed około 15–20 milionów lat. Jeszcze starsze, około 100-milionowe znalezisko dokumentuje pasożyta malariopodobnego rozwijającego się w krwio pijnym owadzie. Połączenie tych skamieniałości z badaniami genomów współczesnych komarów i zarodźców pozwala przypuszczać, że korzenie całego układu mogą sięgać kredy, czyli świata dinozaurów.

Nie możemy powiedzieć, że znaleziono komara z malarią tyranozaura. Możemy jednak stwierdzić coś równie fascynującego: zanim pojawili się ludzie, zanim wyewoluowały małpy człekokształtne i zanim powstała większość współczesnych ssaków, mikroskopijne pasożyty prawdopodobnie zdążyły już uczynić z krwio pijnych owadów środek transportu między kolejnymi kręgowcami.

Człowiek jest tylko jednym z najnowszych rozdziałów tej historii.

Afrykańska kolebka zarazy

Współczesna genetyka wskazuje niemal jednoznacznie, że kolebką ludzkiej malarii była Afryka. To właśnie tam występuje największa różnorodność genetyczna zarodźców, a także ich najbliżsi krewni zakażający dzięki małpy człekokształtne.

Jeszcze pod koniec XX wieku dominował pogląd, że człowiek i pasożyt współewoluowali od milionów lat. Uważano, że najgroźniejszy zarodziec – *Plasmodium falciparum* – oddzielił się od pasożytów szympanсів równocześnie z oddzieleniem się linii człowieka od innych małp człekokształtnych. Ta teoria została jednak obalona.

Przełom nastąpił, gdy naukowcy zaczęli badać materiał genetyczny uzyskany z odchodów dzikich goryli i szympanсів. Analiza niemal trzech tysięcy próbek ujawniła istnienie wielu nieznanych wcześniej linii pasożytów. Okazało się, że wszystkie ludzkie szczepy *Plasmodium falciparum* pochodzą od pasożyta występującego u zachodnich goryli nizinnych.

Był to jeden z największych zwrotów w historii badań nad malarią.

Wielki skok międzygatunkowy

Najbardziej prawdopodobny scenariusz zakłada, że przed dziesiątkami tysięcy lat doszło do pojedynczego lub kilku bardzo rzadkich zdarzeń przeniesienia pasożyta z goryla na człowieka. Naukowcy określają takie wydarzenie mianem „skoku międzygatunkowego”.

Pasożyt, który dotychczas rozwijał się w organizmach goryli, trafił do nowego gospodarza i zdołał się do niego przystosować. W ten sposób powstał współczesny *Plasmodium falciparum* – najgroźniejszy z ludzkich zarodźców, odpowiedzialny za większość zgonów z powodu malarii.

Nie wiadomo, kiedy dokładnie doszło do przeniesienia pasożyta z goryli na człowieka. Według różnych modeli ewolucyjnych mogło to nastąpić od kilkunastu do nawet stu tysięcy lat temu. Pewniejsze jest natomiast to, że w ciągu ostatnich dziesięciu tysięcy lat populacja zarodźca gwałtownie wzrosła.

Decydujące znaczenie miał nie tyle sam wynalazek rolnictwa, ile długotrwały proces wzrostu demograficznego, powstawania stałych osiedli i coraz głębszego przekształcania środowiska przez człowieka. Liczniejsze skupiska ludzkie, gromadzenie zapasów i wody, wycinanie lasów oraz tworzenie nowych zbiorników stworzyły idealne warunki zarówno dla komarów z rodzaju *Anopheles*, jak i dla pasożyta, który do przetrwania potrzebował dużych, stale odnawiających się populacji gospodarzy.

W tym sensie malaria stała się chorobą cywilizacji jeszcze zanim powstały pierwsze cywilizacje. Pasożyt istniał od milionów lat, lecz dopiero człowiek budujący stałe osady i zagęszczający swoje populacje stworzył mu warunki do wielkiego ewolucyjnego sukcesu.

Rolnicy stworzyli idealne warunki dla malarii

Przez setki tysięcy lat ludzie żyli w niewielkich, rozproszonych grupach myśliwych i zbieraczy. Taki sposób życia nie sprzyjał trwałemu krążeniu pasożyta. Nawet jeśli dochodziło do zakażeń, niewielka liczebność ludzkich grup oraz ich duża mobilność utrudniały utrzymanie nieprzerwanego łańcucha transmisji między człowiekiem a komarem.

Sytuacja zaczęła się zmieniać wraz z przechodzeniem części społeczności do bardziej osiadłego trybu życia, a następnie z rozwojem rolnictwa. Proces ten nie był jednorazową „rewolucją”, lecz długotrwałą przemianą, trwającą tysiące lat i przebiegającą odmiennie w różnych częściach świata. Jego skutki były jednak wszędzie podobne. Coraz liczniejsze osady, wzrost gęstości zaludnienia i coraz głębsze przekształcanie środowiska stworzyły warunki idealne dla rozwoju malarii.

Rolnicy karczowali lasy, budowali systemy irygacyjne, kopali kanały, zakładali stawy i gromadzili wodę niezbędną do uprawy roślin i hodowli zwierząt. W krajobrazie pojawiły się liczne płytkie, nasłonecznione zbiorniki wodne – doskonałe miejsca do rozmnażania komarów z rodzaju *Anopheles*. Jednocześnie ludzie zaczęli mieszkać przez cały rok w tych samych miejscach, często w osadach liczących setki, a później tysiące mieszkańców. Pasożyt po raz pierwszy w swojej historii uzyskał dostęp do dużych i stale odnawiających się populacji gospodarzy.

W ten sposób człowiek, nieświadomie i w imię własnego rozwoju gospodarczego, stworzył ekologiczne warunki dla ekspansji jednego z najgroźniejszych pasożytów w dziejach. Malaria stała się chorobą cywilizacji jeszcze zanim powstały pierwsze miasta i państwa.

Od tego momentu zarodziec nie był już jedynie jednym z wielu pasożytów krążących w przyrodzie. Stał się potężnym czynnikiem ewolucyjnym, który zaczął kształtować historię biologiczną człowieka. To właśnie pod jego presją selekcyjną rozpowszechniły się mutacje genetyczne, takie jak anemia sierpowata, talasemie, niedobór dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej czy zanik receptora Duffy'ego. Niewiele chorób zakaźnych odcisnęło równie trwałe ślady w ludzkim genomie.

Można powiedzieć, że wraz z narodzinami rolnictwa rozpoczęła się nowa epoka w dziejach malarii – epoka, w której człowiek i pasożyt weszli w trwałą do dziś walkę, kształtując wzajemnie swoją ewolucję.

Wojna genów – jak malaria kształtowała ludzki genom

Historia malarii jest zapisana nie tylko w kronikach epidemii, szczątkach dawnych ludzi i genomach zarodźców. Jej ślady nosimy również we własnym DNA.

Malaria należy do najsilniejszych czynników selekcyjnych, jakie oddziaływały na człowieka w stosunkowo niedawnej historii ewolucyjnej. Przez tysiące lat zabijała przede wszystkim dzieci, a więc osoby, które często nie zdążyły jeszcze przekazać swoich genów następnym pokoleniom. W regionach, gdzie choroba występowała stale, nawet niewielka różnica w odporności mogła zdecydować o tym, które warianty genetyczne przetrwają i staną się powszechne.

Nie oznacza to, że ludzkie organizmy świadomie „wytworzyły” obronę przed pasożytem. Mutacje powstawały przypadkowo. Jeżeli jednak któraś z nich zwiększała szansę przeżycia malarii, jej nosiciele częściej dorastali, mieli dzieci i przekazywali im ochronny wariant. Z pokolenia na pokolenie jego częstość rosła.

W ten sposób rozpoczęła się wojna ewolucyjna, której głównym polem bitwy stała się czerwona krwinka.

Twierdza z czerwonych krwinek

Zarodek malarii nie spędza całego życia w ludzkiej krwi. Po ukłuciu przez zakażoną samicę komara najpierw dociera do wątroby. Tam namnaża się, a następnie uwalnia formy zdolne do atakowania erytrocytów.

To właśnie etap krwinkowy odpowiada za charakterystyczne napady gorączki, dreszcze, niedokrwistość i znaczną część najgroźniejszych powikłań. Pasożyt musi dostać się do erytrocytu, wykorzystać jego zasoby, rozmnożyć się, a następnie opuścić zniszczoną komórkę i zaatakować następne.

W przypadku *Plasmodium falciparum*, najbardziej śmiertelnościowego zarodźca malarii, zakażone krwinki są dodatkowo przebudowywane. Na ich powierzchni pojawiają się białka umożliwiające przyleganie do ścian naczyń krwionośnych. Dzięki temu komórki z pasożytem unikają wychwycenia przez śledzionę, ale mogą zatykać drobne naczynia, między innymi w mózgu. Tak rozwija się malaria mózgowa.

Każda zmiana utrudniająca zarodźcowi wejście do erytrocytu, rozwój w jego wnętrzu albo ukrycie zakażonej komórki przed układem odpornościowym mogła więc przynosić człowiekowi przewagę.

Problem polegał na tym, że zmiana budowy czerwonych krwinek rzadko była całkowicie obojętna dla ich właściciela.

Anemia sierpowata – najbardziej znany kompromis ewolucji

Klasycznym przykładem jest mutacja genu **HBB**, kodującego jeden z elementów hemoglobiny. W wyniku zmiany pojedynczego nukleotydu powstaje hemoglobina S, określana skrótem HbS.

Osoba, która odziedziczy dwie prawidłowe kopie genu, ma zwykłą hemoglobinę. Osoba z dwiema kopiami wariantu HbS choruje na niedokrwistość sierpowatokrwinkową – ciężką chorobę, w której erytrocyty deformują się, zatykają naczynia i szybciej ulegają rozpadowi.

Inaczej wygląda sytuacja osób posiadających jedną kopię prawidłową i jedną zmutowaną. Są one nosicielami cechy sierpowatokrwinkowej, lecz zazwyczaj nie mają pełnoobjawowej choroby. Jednocześnie ich ryzyko ciężkiego przebiegu malarii jest wyraźnie mniejsze. To podręcznikowy przykład tak zwanej przewagi heterozygot: wariant szkodliwy w dwóch kopiach może być korzystny w jednej.

Ochrona prawdopodobnie nie wynika z jednego mechanizmu. W zakażonych erytrocytach szybciej narasta stres oksydacyjny, zmienia się metabolizm komórki, a w warunkach obniżonego stężenia tlenu może dochodzić do jej deformacji. Takie krwinki są sprawniej rozpoznawane i usuwane przez śledzionę, zanim pasożyt zakończy cykl namnażania. Zmieniona może być także zdolność zakażonych komórek do przywierania do naczyń.

Nie jest to zatem niewidzialna osłona, która nie dopuszcza do zakażenia. Nosiciel HbS nadal może zachorować na malarię. Ma jednak większą szansę, że infekcja nie rozwinie się w postać mózgową, ciężką niedokrwistość lub inne śmiertelne powikłanie.

Co więcej, zarodek również nie pozostaje bierny. Badania genomów ludzi i pasożytów wskazują, że niektóre warianty *P. falciparum* mogą częściowo omijać ochronę zapewnianą przez HbS. Wojna ewolucyjna działa więc w obie strony: człowiek zmienia się pod wpływem pasożyta, ale pasożyt także przystosowuje się do genetycznych zabezpieczeń człowieka.

Talasemie – mniej hemoglobiny, trudniejsze warunki dla intruza

Podobnym śladem dawnej presji malarii są talasemie. To grupa zaburzeń, w których organizm produkuje zbyt mało jednego z łańcuchów budujących hemoglobinę. Eryocyty stają się mniejsze, bardziej kruche i funkcjonują inaczej niż prawidłowe krwinki.

Ciężkie postaci talasemii mogą powodować poważną niedokrwistość i wymagać regularnego leczenia. Łagodniejsze warianty, zwłaszcza występujące w jednej kopii, mogły jednak ograniczać ryzyko ciężkiej malarii.

Zmieniona krwinka nie jest dla pasożyta idealnym środowiskiem. Inaczej gospodaruje żelazem, tlenem i energią, szybciej ulega stresowi oksydacyjnemu, a zakażone komórki mogą być sprawniej eliminowane przez śledzionę. Możliwe są również zaburzenia prezentowania na powierzchni erytrocytu białek wytwarzanych przez zarodźca.

Nie wszystkie mechanizmy zostały jednak ostatecznie wyjaśnione. Ochrona zależy od rodzaju talasemii, liczby odziedziczonych wariantów, wieku człowieka oraz gatunku pasożyta. Ewolucja nie wprowadziła jednego doskonałego rozwiązania. Powstało wiele lokalnych kompromisów.

Niedobór G6PD – obrona za pomocą stresu oksydacyjnego

Jeszcze inną strategię reprezentuje niedobór dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej, czyli enzymu G6PD. Enzym ten pomaga erytrocytom bronić się przed reaktywnymi formami tlenu. Jest to szczególnie ważne, ponieważ dojrzałe czerwone krwinki nie mają jądra komórkowego ani większości mechanizmów naprawczych dostępnych dla innych komórek.

Gdy aktywność G6PD jest obniżona, krwinka staje się bardziej podatna na uszkodzenia oksydacyjne. Z punktu widzenia człowieka może to być niebezpieczne:

niektóre leki, infekcje, a nawet spożycie bobu mogą wywołać gwałtowny rozpad erytrocytów.

Jednocześnie środowisko pełne stresu oksydacyjnego jest niekorzystne dla zarodźca. Zakażone krwinki mogą szybciej ulegać uszkodzeniu i być wcześniej usuwane z krążenia. Pasożyt traci wtedy schronienie, zanim zdąży się namnożyć.

Ochrona nie jest jednak jednoznaczna. Niedobór G6PD może zmniejszać ryzyko niektórych postaci malarii, a równocześnie zwiększać podatność na ciężką niedokrwistość malaryczną. Efekt zależy między innymi od płci, ponieważ gen G6PD leży na chromosomie X, oraz od konkretnego wariantu mutacji.

To doskonały przykład zasady, którą ewolucja stosuje bardzo często: rozwiązanie nie musi być bezpieczne. Wystarczy, że w określonych warunkach daje większą szansę przeżycia niż jego brak.

Owalocytoza – usztywnienie bramy

W Azji Południowo-Wschodniej i zachodniej części Oceanii rozpowszechnił się wariant powodujący tak zwaną owalocytozę południowoazjatycką. Jej przyczyną jest delecja w genie **SLC4A1**, kodującym białko pasma 3 – jeden z najważniejszych składników błony erytrocytu.

Krwinki nosicieli stają się bardziej owalne i sztywne. Początkowo przypuszczano, że taka błona działa jak wzmocnione drzwi, przez które zarodek nie potrafi się przedostać. Późniejsze badania pokazały, że mechanizm jest bardziej złożony. Pasożyt może niekiedy wnikać do zmienionych krwinek, ale ich właściwości ograniczają rozwój infekcji i mogą zmniejszać ryzyko malarii mózgowej.

Także w tym przypadku ochrona ma swoją cenę. Zmieniona błona wpływa na elastyczność erytrocytów i sposób, w jaki przechodzą one przez najwęższe naczynia oraz śledzionę. To, co utrudnia życie pasożytni, może również zaburzać prawidłowe funkcjonowanie komórki gospodarza.

Duffy-ujemność – zniknięcie klamki

Najbardziej spektakularnym przykładem tej ewolucyjnej wojny jest jednak fenotyp Duffy-ujemny².

Na powierzchni erytrocytów większości ludzi znajduje się białko kodowane przez gen **ACKR1**, dawniej nazywane DARC. Pełni ono funkcję receptora wiążącego określone chemokiny, czyli cząsteczki uczestniczące w kierowaniu ruchem komórek odpornościowych.

² Pojęcie Duffy-ujemność odnosi się do układu grupowego krwi Duffy (antygenów Fy^a i Fy^b). Oznacza ono brak tych antygenów na powierzchni krwinek czerwonych (fenotyp $Fy(a-b-)$). Występuje to u około 68% populacji afrykańskiej, ale jest rzadkie w innych grupach etnicznych.

Dla zarodźca *Plasmodium vivax* białko Duffy stało się jednak czymś jeszcze: klamką umożliwiającą otwarcie drzwi do czerwonej krwinki.

Pasożyt wytwarza własne białko wiążące receptor Duffy. Kontakt obu cząsteczek pozwala mu przyczepić się do erytrocytu i rozpocząć proces inwazji. Jeżeli receptora nie ma, podstawowa droga wejścia zostaje zablokowana.

U osób Duffy-ujemnych występuje zmiana w części regulatorowej genu **ACKR1**. Mutacja zaburza miejsce wiązania czynnika transkrypcyjnego GATA-1, ważnego dla aktywacji genów w komórkach linii erytroidalnej. W rezultacie dojrzałe czerwone krwinki nie prezentują antygenu Duffy na swojej powierzchni, chociaż gen nie zostaje całkowicie wyłączony we wszystkich tkankach organizmu.

To subtelna zmiana. Nie przebudowuje hemoglobiny, nie deformuje całej krwinki i nie tworzy toksycznego środowiska. Po prostu usuwa z jej powierzchni cząsteczkę, której pasożyt potrzebuje do wejścia.

Tak jakby mieszkańcy oblężonego miasta zauważyli, że wróg otwiera bramy skradzionym kluczem, i zamiast wzmacniać mury, zdemontowali zamki.

Genetyczna mapa dawnej epidemii

Fenotyp Duffy-ujemny osiąga bardzo wysoką częstość w wielu populacjach Afryki Subsaharyjskiej. Przez lata jego rozmieszczenie pokrywało się z obszarami, na których malaria wywoływana przez *P. vivax* była rzadka lub niemal nieobecna. Uznano to za jeden z najbardziej czytelnych przykładów selekcji naturalnej wywołanej przez chorobę zakaźną.

W tym sensie współczesna mapa występowania wariantów ACKR1 jest także mapą dawnych epidemii. Pokazuje miejsca, w których presja pasożyta była na tyle silna i długotrwała, że zmieniła strukturę genetyczną całych populacji.

Nowsze odkrycia skomplikowały jednak ten pozornie prosty obraz. Infekcje *P. vivax* wykryto również u osób Duffy-ujemnych w wielu częściach Afryki. Oznacza to, że brak receptora stanowi bardzo silną barierę, ale nie zawsze jest barierą absolutną.

Pasożyt może wykorzystywać alternatywne cząsteczki umożliwiające inwazję. Możliwe jest również, że pewna ilość białka Duffy pojawia się na wcześniejszych etapach dojrzewania komórek krwi, zwłaszcza w szpiku kostnym. *P. vivax* preferuje młode erytrocyty, dlatego nawet niewielka i krótkotrwała ekspresja receptora mogłaby mieć znaczenie.

To kolejny rozdział wyścigu zbrojeń. Człowiek usuwa receptor. Pasożyt poszukuje wejścia zastępczego.

Ukryta cena braku receptora

Przez długi czas Duffy-ujemność przedstawiano jako niemal idealną adaptację: ochronę przed *P. vivax* pozbawioną poważnych skutków ubocznych. Dziś wiadomo, że sytuacja jest bardziej złożona.

Wariant ACKR1 jest związany z przeciętnie niższą liczbą neutrofilów we krwi. Zjawisko to nazywano dawniej łagodną neutropenią etniczną, a obecnie coraz częściej określa się jako neutropenię związaną z ACKR1 lub Duffy-null.

Niższy wynik badania krwi zazwyczaj nie oznacza u tych osób osłabienia odporności ani zwiększonej częstości zakażeń. Może jednak prowadzić do błędnych rozpoznań, niepotrzebnych badań albo modyfikowania leczenia, gdy stosuje się zakresy laboratoryjne opracowane głównie na podstawie populacji, w których wariant Duffy-ujemny jest rzadki.

Dawna adaptacja do malarii spotyka się więc ze współczesną medycyną i ujawnia problem: „norma” biologiczna nie zawsze jest identyczna dla wszystkich populacji.

Nie istnieją geny bezwzględnie dobre i złe

Historia genetycznej odporności na malarię podważa prosty podział mutacji na korzystne i szkodliwe.

Wariant HbS może chronić nosiciela przed ciężką malarią, lecz w dwóch kopiach powoduje chorobę sierpowatokrwinkową. Talasemie mogą utrudniać życie zarodźcowi, ale ciężkie ich postacie prowadzą do przewlekłej niedokrwistości. Niedobór G6PD może przyspieszać usuwanie zakażonych krwinek, a jednocześnie wywoływać niebezpieczną hemolizę. Owalocytoza wzmacnia błonę przeciwko pasożytowi, ale zmienia właściwości erytrocytu.

Znaczenie genu zależy więc od środowiska.

W świecie, w którym dzieci były stale narażone na śmiertelną malarię, częściowa ochrona mogła przeważać nad kosztami pojawiającymi się później albo tylko w określonych okolicznościach. Po ograniczeniu transmisji malarii dawny wariant ochronny może pozostać w populacji, chociaż korzyść z jego posiadania niemal zanika.

Ewolucja nie dąży do doskonałości ani zdrowia. Nie przewiduje przyszłości. Faworyzuje te cechy, które w danych warunkach zwiększają prawdopodobieństwo pozostawienia potomstwa.

Wojna, która nadal trwa

Malaria nie jest wyłącznie chorobą tropików ani zamkniętym rozdziałem historii medycyny. Od tysięcy lat pozostaje częścią historii naszego gatunku — niewidzialną siłą, która wpływała nie tylko na losy całych społeczeństw, lecz także na biologiczną budowę pojedynczego człowieka.

Długotrwała obecność pasożyta wywarła presję na ludzką hemoglobinę, metabolizm czerwonych krwinek, białka tworzące ich błony, receptory powierzchniowe oraz mechanizmy działania układu odpornościowego. Każde kolejne pokolenie było polem selekcji, na którym przeżywali częściej ci, których organizmy choćby częściowo utrudniały pasożytowi rozwój.

Człowiek nie odpowiedział na ten atak jednym doskonałym wynalazkiem. Ewolucja działała lokalnie, powoli i bez odgórnego planu, tworząc dziesiątki różnych zmian genetycznych. Jedne z nich deformowały krwinkę, przez co pasożytowi trudniej było się w niej rozwijać. Inne skracaly czas jej życia, zmieniały warunki chemiczne panujące w jej wnętrzu albo usuwały z powierzchni receptor, który pasożyt wykorzystywał niczym bramę wejściową.

Żadna z tych strategii nie była jednak rozwiązaniem idealnym. Każda miała swoją cenę. Mutacja, która chroniła przed ciężkim przebiegiem malarii, mogła jednocześnie prowadzić do niedokrwistości, uszkodzenia narządów lub innych zaburzeń. Był to więc kompromis pomiędzy dwiema formami zagrożenia: chorobą zakaźną a konsekwencjami własnej biologicznej obrony.

Najbardziej niezwykła pozostaje jednak skala tego zjawiska. Zwykle myślimy o epidemiach jako o wydarzeniach, które zmieniają historię państw, gospodarkę, migracje i kulturę. Malaria sięgnęła znacznie głębiej. Przez tysiące lat wpływała na to, które warianty genów były przekazywane następnym pokoleniom. Zmieniała częstotliwość konkretnych liter w ludzkim DNA.

Pasożyt pozostawił więc trwały ślad w naszym genomie. Jednocześnie ludzki genom nieustannie zmuszał pasożyta do dalszej ewolucji — do omijania nowych barier, przystosowywania się do zmienionych krwinek i poszukiwania kolejnych dróg zakażenia.

Ta wojna nie zakończyła się w odległej przeszłości. Nadal trwa, choć jej front przebiega zarówno w szpitalach i laboratoriach, jak i we wnętrzu ludzkich komórek.

Tajemnica zaginionego pasożyta

Przez wiele lat sądzono, że *Plasmodium vivax* – zarodek ruchliwy – pochodzi z Azji. Hipoteza ta wydawała się logiczna, ponieważ właśnie tam, a także w Ameryce Łacińskiej, pasożyt ten występuje dziś szczególnie często. Dodatkowym argumentem było jego podobieństwo do zarodźców zakażających azjatyckie makaki. Uważano więc, że *P. vivax* mógł przejść na człowieka gdzieś w Azji Południowo-Wschodniej, a dopiero później rozprzestrzenić się na inne kontynenty.

Ten obraz zaczął się jednak załamywać na początku XXI wieku, gdy badacze zaczęli analizować materiał genetyczny pasożytów występujących u dzikich małp człekokształtnych. Przełomowe znaczenie miały badania międzynarodowego zespołu kierowanego m.in. przez Weimina Liu, Beatrice Hahn, Paula Sharpa i Juliana Raynera. W 2014 roku w „Nature Communications” opublikowano wyniki analiz próbek pochodzących od dzikich szympanсів i goryli z Afryki Środkowej. Nie pobierano ich metodami inwazyjnymi – materiał genetyczny pasożytów uzyskiwano m.in. z odchodów zwierząt zbieranych w terenie.

Wyniki okazały się zaskakujące. U afrykańskich goryli i szympanсів znaleziono pasożyty bardzo blisko spokrewnione z ludzkim *P. vivax*. Co więcej, ich różnorodność genetyczna była większa niż różnorodność szczepów ludzkich. To ważna wskazówka ewolucyjna: zwykle tam, gdzie różnorodność jest największa, tam należy szukać

starszego, pierwotnego rezerwuaru pasożyta. Ludzkie szczepy *P. vivax* okazały się tylko jedną, stosunkowo wąską gałęzią większego afrykańskiego drzewa ewolucyjnego.

Oznaczało to odwrócenie wcześniejszej hipotezy. *Plasmodium vivax* najprawdopodobniej nie narodził się w Azji, lecz w Afryce. To stamtąd, wraz z migracjami ludzi, wydostał się poza kontynent i stał się jednym z najważniejszych pasożytów malarycznych Eurazji, Oceanii i Ameryki Łacińskiej. Współczesne przeglądy badań nad pochodzeniem *P. vivax* podkreślają, że jego afrykańskie pochodzenie najlepiej tłumaczy zarówno jego związki z pasożytami małp człekokształtnych, jak i zagadkowy rozkład odporności Duffy-ujemnej u ludzi.

Tu właśnie pojawia się tytułowa tajemnica „zaginionego pasożyta”. Skoro *P. vivax* powstał w Afryce, dlaczego dziś jest tam znacznie rzadszy niż w Azji czy Ameryce Południowej?

Odpowiedź kryje się w czerwonych krwinkach człowieka. Aby wniknąć do erytrocytu, *P. vivax* wykorzystuje receptor Duffy, czyli określone białko obecne na powierzchni krwinki. U znacznej większości rdzennych populacji Afryki Subsaharyjskiej receptor ten nie występuje. Mówimy wówczas o fenotypie Duffy-ujemnym. Dla człowieka była to ochrona, dla pasożyta – zamknięcie bramy prowadzącej do wnętrza komórki.

Najprawdopodobniej przez tysiące lat *P. vivax* wywierał w Afryce bardzo silną presję selekcyjną. Ludzie pozbawieni receptora Duffy byli mniej podatni na zakażenie, przeżywali częściej i przekazywali tę cechę potomstwu. Z czasem mutacja Duffy-ujemna rozpowszechniła się w Afryce Subsaharyjskiej na ogromną skalę. W efekcie pasożyt, który prawdopodobnie miał tam swoje źródło, został z własnej kolebki niemal wyparty.

Nie oznacza to jednak, że zniknął całkowicie. Przetrwał poza Afryką, w populacjach, w których receptor Duffy był nadal obecny. Tam znalazł sprzyjające warunki i rozprzestrzenił się szeroko, szczególnie w Azji, Oceanii i Ameryce Łacińskiej. Dlatego przez długi czas wydawało się, że to właśnie Azja była jego ojczyzną. W rzeczywistości mogła być raczej jednym z najważniejszych miejsc jego późniejszego sukcesu.

Historia *Plasmodium vivax* jest więc paradoksalna. Pasożyt prawdopodobnie narodził się w Afryce, lecz presja, jaką wywarł na człowieka, doprowadziła do powstania genetycznej bariery, która niemal usunęła go z tego kontynentu. To jeden z najbardziej wymownych przykładów ewolucyjnej walki między człowiekiem a zarodźcem: pasożyt zmieniał człowieka, a człowiek – poprzez dobór naturalny – ograniczał możliwości pasożyta.

Inni krewni zarodźca

Historia *Plasmodium falciparum* i *Plasmodium vivax* nie jest wyjątkiem. Coraz więcej badań wskazuje, że również inni sprawcy ludzkiej malarii mają swoje korzenie w świecie naczelnych i są rezultatem wielokrotnych spotkań pasożytów, komarów i różnych gatunków małp.

Jednym z najbardziej zagadkowych gatunków jest *Plasmodium malariae*, zarodziec pasmowy. W porównaniu z zarodźcem sierpowatym czy ruchliwym wywołuje on zwykle łagodniejszy przebieg choroby, ale potrafi utrzymywać się w organizmie człowieka przez dziesięciolecia. Opisano nawet przypadki nawrotu zakażenia po kilkudziesięciu latach od opuszczenia obszaru endemicznego.

Już w latach dwudziestych XX wieku badacze zauważyli, że u afrykańskich szympanсів występują pasożyty niemal nieodróżnialne pod mikroskopem od ludzkiego *P. malariae*. Przez dziesięciolecia brakowało jednak narzędzi pozwalających odpowiedzieć na pytanie, czy są to rzeczywiście te same organizmy.

Dopiero rozwój biologii molekularnej i sekwencjonowania DNA przyniósł przełom. W 2022 roku zespół naukowców z Uniwersytetu Edynburskiego opublikował w czasopiśmie „Nature Communications” wyniki badań genomów zarodźców występujących u ludzi, szympanсів i goryli. Okazało się, że ludzki *Plasmodium malariae* ma dwóch bardzo bliskich krewnych krążących w populacjach afrykańskich małp człekokształtnych.

Badania te sugerują, że historia tego pasożyta jest znacznie bardziej złożona, niż wcześniej przypuszczano. Nie doszło do pojedynczego „skoku” z małpy na człowieka, lecz prawdopodobnie do kilku niezależnych przeniesień międzygatunkowych. Możliwe nawet, że w pewnych okresach pasożyt przechodził również w przeciwnym kierunku – od ludzi do małp. Oznaczałoby to, że granica między chorobami ludzi i naczelnych była znacznie bardziej przepuszczalna, niż sądzono jeszcze kilkanaście lat temu.

Jeszcze bardziej wymownym przykładem jest *Plasmodium knowlesi*. Pasożyt ten został opisany po raz pierwszy w latach trzydziestych XX wieku przez włoskiego parazytologa Giuseppe Franchiniego, który badał zakażenia u długoogonowych makaków (*Macaca fascicularis*). Przez dziesięciolecia uważano, że jest to wyłącznie małpi zarodziec, niemający większego znaczenia dla zdrowia człowieka.

Pogląd ten zmienił się nagle w 2004 roku. Zespół kierowany przez Balbira Singha z Uniwersytetu Malaysia Sarawak wykazał, że liczne przypadki malarii rozpoznawanej wcześniej jako zakażenie *Plasmodium malariae* były w rzeczywistości wywołane przez *P. knowlesi*. Odkrycie to było zaskoczeniem dla świata nauki. Okazało się, że w lasach Malezji i innych krajów Azji Południowo-Wschodniej istnieje rozległy rezerwuar małpiego pasożyta zdolnego do regularnego zakażania ludzi.

Naturalnymi gospodarzami *P. knowlesi* są przede wszystkim makaki długoogonowe i makaki świńskie (*Macaca nemestrina*), a wektorami są komary z grupy *Anopheles leucosphyrus*, bytujące na skraju lasów tropikalnych. Wraz z postępującym wylesianiem, budową dróg i ekspansją osadnictwa ludzkiego coraz częściej dochodzi do kontaktu ludzi z tymi komarami i ich małpimi gospodarzami.

W niektórych regionach malezyjskiej części Borneo *Plasmodium knowlesi* stał się obecnie najczęściej rozpoznawanym sprawcą malarii u ludzi. Choroba ta potrafi mieć

ciężki przebieg, a szybki, dwudziestoczerogodzinny cykl namnażania pasożyta może prowadzić do gwałtownego wzrostu liczby pasożytów we krwi i ciężkich powikłań.

Historia *P. knowlesi* ma znaczenie wykraczające daleko poza Azję Południowo-Wschodnią. Jest ona bowiem żywym dowodem, że procesy, które tysiące lub dziesiątki tysięcy lat temu doprowadziły do powstania ludzkiej malarii, nie należą wyłącznie do odległej przeszłości. Przenoszenie pasożytów między gatunkami trwa nadal.

Lasy tropikalne Afryki i Azji pozostają ogromnym rezerwuarem nieznanych jeszcze zarodźców. Niektóre z nich mogą posiadać zdolność przekraczania bariery gatunkowej i przystosowania się do człowieka. Historia malarii nie została więc zakończona. Ewolucja pasożytów trwa nadal, a przyszłe pokolenia mogą stać się świadkami narodzin nowych ludzkich patogenów, które dziś krążą jeszcze wyłącznie w organizmach dzikich zwierząt.

Czy malaria może narodzić się ponownie?

Współczesna nauka coraz wyraźniej pokazuje, że dzikie małpy Afryki i Azji stanowią ogromny, wciąż nie w pełni poznany rezerwuuar zarodźców. W ich organizmach krążą liczne gatunki pasożytów, z których część pozostaje słabo zbadana, a niektóre mogą posiadać zdolność przekraczania bariery międzygatunkowej.

Nie byłoby to zjawisko bez precedensu. Historia malarii pokazuje, że zarodźce wielokrotnie zmieniały gospodarzy, przystosowywały się do nowych gatunków i wykorzystywały sprzyjające warunki ekologiczne. Bliski kontakt człowieka z dzikimi zwierzętami, wylesianie, migracje ludności oraz zmiany zasięgu komarów mogą tworzyć kolejne okazje do takich przejść.

Oznacza to, że malaria nie jest zamkniętym rozdziałem historii ewolucyjnej. Znane dziś gatunki atakujące człowieka nie muszą być ostatnimi, które tego dokonały.

Być może gdzieś w lasach równikowych Afryki albo Azji istnieją już pasożyty, które czekają jedynie na odpowiedni zbieg okoliczności: kontakt z człowiekiem, właściwego komara i mutację umożliwiającą skuteczne namnażanie się w nowym gospodarzu. Większość takich prób zapewne kończy się niepowodzeniem. Ewolucja potrzebuje jednak czasem tylko jednego udanego przejścia.

Historia pochodzenia i rozwoju malarii nie jest zatem wyłącznie opowieścią o odległej przeszłości. Jest również ostrzeżeniem na przyszłość. Pokazuje, że człowiek nie jest ostatecznym ani uprzywilejowanym gospodarzem pasożyta, lecz jedynie jednym z wielu uczestników trwającej od milionów lat gry między zarodźcem, komarem, środowiskiem i ewolucją.

Malaria może więc nie tyle narodzić się ponownie, ile ponownie narodzić się dla człowieka — jako nowa choroba wywołana przez pasożyta, który dotąd pozostawał ukryty w innym gospodarzu.

Rozdział III

Gorączka, która szła za człowiekiem. Dzieje malarii od bagiennych demonów do śladów zapisanych w DNA

Zamiast prologu. Choroba starsza od swojej nazwy

Najpierw przychodził chłód. Nie zwykłe uczucie zimna, lecz gwałtowne dreszcze, od których szczykały zęby, a ciało drżało mimo upału. Potem następowała fala gorąca: wysoka temperatura, pragnienie, ból głowy, czasem majaczenie i utrata przytomności. Wreszcie chory oblewał się potem, gorączka opadała i przez kilka godzin lub dni można było uwierzyć, że niebezpieczeństwo minęło. Później wszystko zaczynało się od początku.

Ten charakterystyczny rytm uczynił malarię jedną z pierwszych chorób, które ludzie próbowali nie tylko opisywać, lecz także porządkować. Zanim zobaczono pasożyta pod mikroskopem i zanim powiązano zakażenie z ukłuciem komara, gorączkę liczone: codzienną, powracającą co trzeci albo co czwarty dzień. Choroba wyznaczała własny kalendarz.

Nie miała jednak jednej nazwy ani jednego oblicza. Była zimnicą, febrą, trzeciaczką, czwartaczką, gorączką bagienną, gorączką rzymską, ague, intermittent fever, Wechselfieber, paludisme i wreszcie malarią. Różne określenia nie były jedynie bogactwem języka. Odzwierciedlały fakt, że pod wspólną nazwą kryło się kilka chorób wywoływanych przez odmienne gatunki zarodźców, przebiegających z różną regularnością i zjadliwością.

Pisanie historii malarii wymaga zatem ostrożności. Dawni kronikarze nie rozpoznawali gatunków *Plasmodium*, a określenie „gorączka” mogło oznaczać dur, grypę, zapalenie płuc, gorączkę powrotną lub wiele innych zakażeń. Nawet opis dreszczy i powiększonej śledziony nie zawsze wystarcza do postawienia diagnozy po upływie tysięcy lat. Historyk choroby musi łączyć teksty, archeologię, wiedzę o dawnym środowisku, zmiany w ludzkim genomie, a coraz częściej także fragmenty DNA pasożytów zachowane w szczątkach ludzi.

Dlatego dzieje malarii nie przypominają prostej kroniki. Są raczej śledztwem, w którym część świadków przemawia językiem mitów, część pozostawiła ślady w kościach, a część — zaledwie kilka cząsteczek materiału genetycznego.

PREHISTORIA

Ślady bez imion: kiedy gorączka wyszła z lasu

Szczegółowe dzieje ewolucji zarodźców należą do poprzedniego rozdziału tej książki. Dla historii choroby najważniejsze jest jednak to, że malaria nie narodziła się w chwili, gdy człowiek nauczył się pisać. Towarzyszyła ludziom wcześniej, prawdopodobnie przez znaczną część ich pradziejów.

Przez wiele lat powtarzano pogląd, że malaria stała się chorobą człowieka dopiero wraz z rewolucją neolityczną. Rolnicy osiadali w stałych osadach, wycinali lasy, kopali rowy, budowali studnie i kanały, a w pobliżu domostw pozostawiali naczynia oraz zagłębienia wypełnione wodą. Zwiększała się liczba ludzi żyjących blisko siebie, a wraz z nią liczba potencjalnych żywicieli pasożyta. Pola, groble, rozlewiska i kanały irygacyjne stwarzały miejsca dogodne dla rozwoju larw niektórych gatunków widliszków.

W tym ujęciu rolnictwo miało być punktem zwrotnym: człowiek, zmieniając krajobraz, nieświadomie zaprosił komary do własnego obejścia. Obraz ten jest w znacznej części prawdziwy, lecz zbyt prosty. Rolnictwo nie stworzyło malarii. Mogło natomiast zwiększyć intensywność transmisji niektórych jej postaci i nadać chorobie znaczenie demograficzne, którego wcześniej nie miała.

Interesujących dowodów dostarczyło stanowisko Con Co Ngua w północnym Wietnamie. W szczątkach łowców-zbieraczy żyjących około siedmiu tysięcy lat temu stwierdzono zmiany kostne związane z talasemią — dziedziczną chorobą krwi. Nie jest to bezpośredni ślad zarodźca. Talasemia może jednak częściowo chronić przed ciężkim przebiegiem malarii, dlatego jej częste występowanie w określonej populacji może świadczyć o długotrwałej presji selekcyjnej wywieranej przez tę chorobę. Co szczególnie istotne, mieszkańcy Con Co Ngua nie byli jeszcze rolnikami. Malaria lub podobna presja pasożytnicza mogła więc oddziaływać na człowieka w Azji Południowo-Wschodniej jeszcze przed rozpowszechnieniem uprawy roli.

Nie należy przy tym wyobrażać sobie jednego momentu, w którym malaria wyruszyła z określonego miejsca i stopniowo „zalała” świat. Różne gatunki pasożytów miały odmienne dzieje, innych przodków i inne drogi rozprzestrzeniania. Zmieniały się również komary. Tylko część gatunków z rodzaju *Anopheles* skutecznie przenosi ludzkie zarodźce, a o powodzeniu transmisji decyduje nie samo występowanie komara, lecz jego zachowanie: czy żywi się krwią człowieka, czy odpoczywa w domach, jak daleko lata i w jakich zbiornikach składa jaja.

Badania dawnych genomów pasożytów, opublikowane w 2024 roku, pozwoliły odtworzyć część tej złożonej historii. Materiał pochodzący ze szczątków ludzi żyjących na przestrzeni około 5500 lat wskazuje, że *Plasmodium vivax* występował w Eurazji co najmniej od IV tysiąclecia p.n.e. Najstarsze dotychczas uzyskane dane genomowe dotyczące *P. falciparum* pochodzą natomiast z późniejszych okresów. Nie oznacza to, że wcześniej go nie było — jedynie że nie dysponujemy jeszcze równie dawnym, bezpośrednim dowodem.

Malaria zostawiła również ślad w nas samych. W regionach, gdzie przez wiele pokoleń szerzyła się szczególnie niebezpieczna malaria wywoływana przez *P. falciparum*, częstsze stawały się warianty genetyczne mogące częściowo ograniczać ryzyko ciężkiej choroby. Należą do nich między innymi cecha sierpowata, niektóre talasemie i niedobór enzymu G6PD. Ochrona ta nigdy nie była darmowa. Wariant

korzystny dla nosiciela jednej kopii genu mógł prowadzić do poważnej choroby u człowieka, który odziedziczył dwie kopie. Historia malarii została więc zapisana nie tylko w kronikach. W pewnym stopniu znajduje się również w ludzkim genomie.

PIERWSZE CYWILIZACJE

Demony, powiększenie śledziony i gorączka bez nazwy

Wraz z powstaniem miast, państw i pisma malaria weszła do źródeł historycznych. Nadal pozostawała jednak chorobą bez jednoznacznej tożsamości. Egipcjanie, mieszkańcy Mezopotamii, Indii i Chin opisywali gorączki, dreszcze, osłabienie oraz powiększenie śledziony, ale nie rozumieli, że objawy te mogą być skutkiem rozwoju niewidzialnego pasożyta w wątrobie i czerwonych krwinkach.

Rozwój pierwszych cywilizacji sprzyjał chorobie. Doliny Nilu, Tygrysu, Eufratu, Indusu i wielkich rzek chińskich pozwalały na intensywne rolnictwo, lecz wymagały regulowania wody. Nawadnianie pól zwiększało produkcję żywności, a zarazem tworzyło liczne płytkie zbiorniki. Miasta skupiały tysiące ludzi, a handel i wojny umożliwiały przenoszenie pasożytów na nowe tereny.

Starożytne teksty medyczne zawierają wiele opisów gorączek, których późniejsi autorzy chętnie uznawali za malarię. Należy jednak unikać zbyt łatwego stawiania diagnoz po kilku tysiącach lat. Dreszcze i powiększona śledziona są sugestywne, lecz nie rozstrzygające. W papirusach egipskich nie znajdujemy równie jednoznacznego opisu regularnie powracających napadów, jaki pojawi się później w pismach greckich.

Mocniejszych dowodów dostarczyła paleogenetyka. W tkankach niektórych mumii wykryto cząsteczki związane z *Plasmodium falciparum*. Najbardziej znanym przypadkiem jest Tutanchamon, zmarły w XIV wieku p.n.e. Analizy molekularne wskazały na zakażenie zarodźcem sierpowatym, choć nie pozwalają stwierdzić z całkowitą pewnością, że malaria była jedyną lub bezpośrednią przyczyną śmierci młodego faraona. Mógł cierpieć na kilka dolegliwości jednocześnie, a zakażenie mogło jedynie pogorszyć jego stan.

Egipcjanie potrafili chronić się przed dokuczliwymi owadami. Moskitiery przypisywane faraonom mogły ograniczać ukłucia, lecz nie ma dowodu, że ich użytkownicy rozumieli związek między komarem a gorączką. Człowiek może skutecznie wykonać działanie ochronne, nie znając jego właściwego mechanizmu. To zjawisko będzie wielokrotnie powracało w historii malarii: osuszanie bagien, unikanie określonych miejsc i stosowanie roślinnych środków mogło działać, choć uzasadniano je błędnie.

W dawnych Chinach gorączkę tłumaczono między innymi działaniem istot nadprzyrodzonych. Późniejsze wyobrażenia mówiły o demonach odpowiedzialnych kolejno za uderzenie bólu, lodowate dreszcze i palące gorąco. Obraz ten, choć fantastyczny, trafnie oddawał trzy fazy napadu malarycznego.

Chińska medycyna pozostawiła również świadectwo praktyki, która po wielu stuleciach nabrała światowego znaczenia. Ge Hong, żyjący na przełomie III i IV

wieku n.e., zalecał w przypadku niektórych gorączek namoczenie świeżego ziela qinghao, wyciśnięcie soku i wypicie płynu. Roślinę utożsamia się dziś z bylicą roczną, *Artemisia annua*. Nie znaczy to, że Ge Hong znał malarię w dzisiejszym sensie ani że wszystkie opisywane przez niego gorączki były malaryczne. Jego receptura pokazuje jednak, jak wiedza empiryczna mogła poprzedzać wyjaśnienie naukowe o ponad tysiąc lat.

W Indiach klasyczne traktaty medyczne rozróżniały gorączki według rytmu ich występowania. W *Charaka Samhita* wymieniano między innymi gorączki codzienne, trzecieczkowe i czwartaczkowe. Niepewne datowanie kolejnych warstw tekstu utrudnia jednak ustalenie, kiedy dokładnie powstały poszczególne opisy. Także kojarzenie chorób gorączkowych z owadami nie oznacza jeszcze odkrycia cyklu transmisji. Między obserwacją, że owady i gorączki występują w tym samym środowisku, a udowodnieniem, że konkretny gatunek komara przenosi określonego pasożyta, rozciągała się droga licząca ponad dwa tysiące lat.

GRECJA KLASYCZNA

Choroba, która nauczyła lekarzy liczyć dni

W greckim świecie malaria po raz pierwszy otrzymała opis pozwalający rozpoznać jej charakterystyczny rytm. Nie była jeszcze osobną jednostką chorobową w dzisiejszym znaczeniu, ale stała się wzorem gorączki okresowej.

Hipokrates z Kos i autorzy związanych z jego szkołą pism obserwowali zależność chorób od miejsca zamieszkania, wody, pory roku i kierunku wiatrów. W dziełach hipokratejskich rozróżniono gorączki ciągłe oraz napadowe, w tym tertianowe i kwartanowe. Szczególną uwagę zwracano na porę pojawienia się dreszczy, czas trwania gorączki, stan śledziony i moczu oraz rokowanie pacjenta.

Starożytne nazewnictwo może wprowadzać współczesnego czytelnika w błąd. „Gorączka trzeciego dnia” nie oznaczała, że między napadami miały pełne trzy doby. Grecy i Rzymianie liczyli dzień napadu jako pierwszy. Jeżeli gorączka pojawiała się we wtorek i wracała w czwartek, mówiono o trzecieczce, choć odstęp wynosił około 48 godzin. Czwartaczka powracała po mniej więcej 72 godzinach.

Dziś wiemy, że taki rytm wynika z synchronicznego namnażania pasożytów i rozpadu zakażonych krwinek czerwonych. Hipokrates nie mógł znać tego mechanizmu, lecz starannie opisał jego widoczny skutek. W historii medycyny był to ważny krok: choroba przestawała być wyłącznie karą bogów, a stawała się zjawiskiem przyrodniczym, które można obserwować, porównywać i klasyfikować.

Nie oznacza to, że medycyna grecka uwolniła się od błędnych teorii. Zdrowie tłumaczono równowagą czterech płynów ustrojowych, czyli humorów. Gorączki wiązano ze zmianami żółci, śluzu i krwi. Chorobotwórczy wpływ przypisywano również wodzie oraz wyziewom wydobywającym się z ziemi.

W pismach Hipokratesa znajdują się jednak pierwsze niebudzące większych wątpliwości śródziemnomorskie opisy gorączek zgodnych z malarią. Naukowcy nadal dyskutują, które gatunki zarodźców występowały wówczas w poszczególnych

częściach Grecji. Złożoność opisów, w tym ciężkie gorączki z zaburzeniami świadomości, bywa uznawana za przesłankę obecności *P. falciparum*, ale przypisanie konkretnego gatunku wyłącznie na podstawie tekstu pozostaje obciążone ryzykiem. Najnowsze badania genetyczne potwierdzają, że malaria miała w Eurazji znacznie dłuższą historię, niż dawniej przypuszczano, nie rozstrzygają jednak wszystkich lokalnych sporów.

Nie można również bez zastrzeżeń powtarzać dawnej tezy, że malaria doprowadziła do „upadku ducha” Greków czy była główną przyczyną schyłku greckich polis. Takie wyjaśnienia więcej mówią o sposobie myślenia historyków sprzed stu lat niż o starożytności. Malaria mogła wpływać na śmiertelność, liczbę urodzeń, wydajność pracy i wyniki lokalnych kampanii, lecz działała obok wojen, głodu, nierówności społecznych, migracji i kryzysów politycznych.

Historia choroby wymaga tu spojrzenia z bliska. Dwa miasta oddalone o kilkadziesiąt kilometrów mogły różnić się zagrożeniem zależnie od rodzaju wód, zasolenia, ukształtowania terenu i miejscowych gatunków komarów. Malaria nie pokrywała mapy równą warstwą. Tworzyła mozaikę niebezpiecznych dolin, delt, bagien i równin, pomiędzy którymi znajdowały się obszary względnie zdrowe.

RZYM

„Złe powietrze” i przecucie niewidzialnego życia

Rzymianie odziedziczyli grecką wiedzę o gorączkach, lecz żyli w środowisku, w którym malaria była szczególnie dotkliwa. Wokół miasta rozciągały się niziny, rozlewiska i tereny okresowo zalewane. Latem część Kampanii Rzymskiej stawała się obszarem wysokiego ryzyka.

To właśnie z włoskiego określenia *mal'aria* — „złe powietrze” — wywodzi się współczesna nazwa choroby. Sam termin rozpowszechnił się stosunkowo późno, ale utrwalił znacznie starszą teorię miazmatów. Uważano, że gorączkę wywołują trujące wyziewy powstające z gnijącej materii, zwłaszcza na bagnach.

Teoria była błędna, ale opierała się na trafnej obserwacji przestrzennej. Ludzie rzeczywiście częściej chorowali w pobliżu niektórych mokradeł. Nie wiedzieli jedynie, że pomiędzy stojącą wodą a gorączką znajduje się jeszcze ogniwo: komar, w którego organizmie pasożyt przechodzi część cyklu rozwojowego.

Rzymscy autorzy dostrzegali znaczenie położenia osad. Witruwiusz przestrzegał przed budową miast w pobliżu bagien, a pisarze zajmujący się rolnictwem zalecali ostrożny wybór miejsca dla domu i gospodarstwa. Takie wskazania mogły ograniczać zachorowania, choć ich autorzy wierzyli przede wszystkim w szkodliwe opary.

Szczególnie intrygujący był pogląd Marka Terencjusza Warrona. Pisał on, że w bagnistych miejscach mogą rodzić się drobne stworzenia, niewidzialne dla oczu, które unoszą się w powietrzu i przedostają do ciała przez usta oraz nos, wywołując choroby. Nie była to nowoczesna teoria drobnoustrojów ani odkrycie roli komara. Warron nie przedstawił dowodu eksperymentalnego, a jego „małe zwierzęta” nie zostały powiązane z konkretną chorobą. Jego intuicja pokazuje jednak, że w

starożytności istniały również wyjaśnienia konkurencyjne wobec prostego przekonania o trujących wyziewach.

Korneliusz Celsus³ pozostawił dokładne opisy kilku odmian gorączek okresowych, w tym szczególnie ciężkiej gorączki nazywanej semitertianą. Jej przebieg bywa dziś porównywany z malarią wywoływaną przez *P. falciparum*. Galen obserwował sezonowość gorączek i towarzyszącą im niekiedy żółtaczkę, lecz włączył chorobę do rozbudowanej teorii humoralnej. Trzeciackę wiązał z żółtą żółcią, czwartackę — z czarną, a inne gorączki z zaburzeniami śluzu i krwi.

Autorytet Galena okazał się niezwykle trwały. Jego pisma porządkowały rozproszoną wiedzę i przez stulecia stanowiły podstawę edukacji medycznej. Zarazem przekonanie o humorach usprawiedliwiała upuszczanie krwi, wywoływanie wymiotów i przeczyszczanie. W przypadku osłabionego, odwodnionego chorego praktyki te mogły przynosić więcej szkody niż pożytku.

Badania archeogenetyczne dostarczyły bezpośrednich dowodów, że *P. falciparum* występował w starożytnej Italii. Materiał pasożyta znaleziono w szczątkach pochodzących z różnych okresów rzymskich. Nie oznacza to, że cała Italia była jednakowo malaryczna ani że jeden gatunek odpowiadał za wszystkie gorączki. Potwierdza natomiast, że najgroźniejsza forma ludzkiej malarii stanowiła realny element życia w świecie rzymskim.

Czy malaria przyczyniła się do upadku cesarstwa zachodniorzymskiego? Mogła osłabiać lokalne populacje, zwiększać śmiertelność dzieci i utrudniać zasiedlanie części terenów. Zdarzało się, że gorączki dziesiątkowały przybyszów pozbawionych częściowej odporności. Nie sposób jednak uczynić z pasożyta głównego sprawcy upadku imperium. Państwo rzymskie zmieniało się pod wpływem kryzysów politycznych, podatkowych, militarnych, demograficznych i gospodarczych. Malaria była jedną z sił działających w tym układzie — uporczywą, sezonową i często niedostrzeganą, lecz nie wszechmocną.

PÓŻNA STAROŻYTNOŚĆ

Cmentarz dzieci i lęk przed powracającymi zmarłymi

3 W „Prooemium” lub wprowadzeniu do *De Medicina Celsusa* znajduje się wczesna dyskusja na temat znaczenia teorii dla praktyki medycznej oraz zalet i wad zarówno doświadczeń na zwierzętach, jak i na ludziach. Celsus omawia na przykład przypadek Herophilosa i Erasistratosa, który, jak twierdzi, uprawiał wiwisekcję. W leczeniu chorób główną metodą Celusa była obserwacja i czuwanie nad działaniami Natury oraz raczej regulowanie, a nie przeciwstawianie się im. Czasami jednak odważnie zalecał użycie skalpela, wprowadzał zasady upuszczania krwi i środków przeczyszczających. Wiele opisanych przez niego zasad stosowano jeszcze w początkach XIX wieku. podaje bardzo szczegółowe informacje na temat przygotowywania wielu starożytnych środków leczniczych, w tym opioidów. Ponadto opisuje wiele rzymskich zabiegów chirurgicznych z I wieku, obejmujących usunięcie ząbów, leczenie kamieni pęcherza moczowego i założenie złamań.

Jednym z najbardziej przejmujących miejsc związanych z historią malarii jest Lugnano in Teverina w Umbrii. W ruinach rzymskiej willi odkryto cmentarzysko dziecięce datowane na połowę V wieku. Większość pochowanych stanowiły noworodki, wcześniaki i bardzo małe dzieci. Układ grobów wskazywał, że pochówki nastąpiły w krótkim czasie, prawdopodobnie podczas gwałtownej epidemii.

Stanowisko znajdowało się w dolinie Tybru, w środowisku, które mogło sprzyjać rozwojowi komarów. Szczególna liczba wcześniaków i noworodków zwróciła uwagę badaczy, ponieważ zakażenie *P. falciparum* u kobiet ciężarnych zwiększa ryzyko poronień, przedwczesnych porodów, zahamowania rozwoju płodu i śmierci dziecka.

W jednej z wcześniejszych analiz ogłoszono wykrycie fragmentów DNA *P. falciparum* w szczątkach dziecka. Wynik wspierał hipotezę epidemii malarii, lecz metody badania bardzo starego DNA są podatne na zanieczyszczenia i wymagają powtarzania za pomocą nowszych technik. Dlatego Lugnano należy przedstawiać jako niezwykle mocny, ale nie całkowicie zamknięty przypadek paleopatologicznego śledztwa.

Niektóre pochówki miały nietypowy charakter. Zmarłych obciążano kamieniami, umieszczano przy nich części zwierząt lub stosowano zabiegi interpretowane jako próby uniemożliwienia powrotu zmarłego. Takie rytuały nie dowodzą malarii, pokazują natomiast społeczny wymiar epidemii. Gdy wiele dzieci umierało w krótkim czasie, a przyczyna pozostawała niewidzialna, lęk znajdował ujście w magii i obrzędach.

Malaria nie zabijała jedynie organizmów. Zmieniał się pod jej wpływem sposób myślenia o śmierci, krajobrazie i zmarłych. Bagno stawało się miejscem przeklętym, gorące lato — porą zagrożenia, a ciało zmarłego — możliwym źródłem dalszego nieszczęścia.

ŚREDNIOWIECZE

Zimnica wpisana w krajobraz Europy

Upadek zachodniego cesarstwa nie zakończył historii europejskiej malarii. Choroba pozostawała obecna w Italii, na Bałkanach, w części Półwyspu Iberyjskiego i Francji, w dolinach wielkich rzek, na wybrzeżach Morza Północnego, a nawet na terenach dzisiejszej Anglii i Skandynawii.

Nie wszędzie występowała stale. Malaria w klimacie umiarkowanym zależała od splotu temperatury, opadów, hydrologii i obecności odpowiednich komarów. Kilka ciepłych sezonów mogło zwiększyć transmisję, natomiast zmiany biegu rzeki, osuszenie gruntu lub sposób użytkowania ziemi mogły ją osłabić. Choroba pojawiała się nierównomiernie — niekiedy w jednej wsi, podczas gdy sąsiednia pozostawała niemal wolna od gorączek.

W średniowiecznych źródłach malaria kryje się pod nazwami febry, zimnicy i gorączki przerywanej. Bez laboratoryjnej diagnozy nie zawsze można odróżnić ją od innych zakażeń. Szczególnie prawdopodobne są jednak opisy regularnych dreszczy powracających latem i jesienią wśród ludzi mieszkających lub obozujących na terenach podmokłych.

W Italii lato uchodziło za niebezpieczną porę dla przybyszów z północy. Podróźni, duchowni i żołnierze starali się opuszczać okolice Rzymu przed najgorętszymi miesiącami. W korespondencji i kronikach powraca motyw „złego powietrza”, które atakuje ludzi nieprzyzwyczajonych do miejscowych warunków. Częściowa odporność nabywana po wielokrotnych zakażeniach mogła sprawiać, że miejscowi przechodzili chorobę inaczej niż przybysze, ale nie czyniła ich całkowicie bezpiecznymi.

Malaria wpływała na rytm pielgrzymek, prac polowych i podróży. Niektóre przedsięwzięcia odkładano do chłodniejszej pory roku. Letnia nieobecność ludzi zamożnych w Rzymie nie była wyłącznie modą. Stanowiła formę sezonowej ucieczki przed chorobą, której mechanizmu nadal nie rozumiano.

Rozwój rolnictwa mógł zarówno nasilać, jak i ograniczać transmisję. Pola ryżowe, kanały i zaniedbane rowy tworzyły miejsca lęgowe. Z drugiej strony sprawnie utrzymywane systemy melioracyjne, regulowanie poziomu wody i intensywne użytkowanie gruntów mogły zmniejszać liczbę dogodnych siedlisk. Nie istnieje zatem prosta zasada, według której każda działalność rolnicza zwiększała zagrożenie.

W Anglii chorobę nazywano między innymi *ague* lub *marsh fever*. Szczególnie często występowała na podmokłych terenach Fenlandów, w hrabstwach nadmorskich i wzdłuż estuariów. Jeszcze w epoce nowożytnej śmiertelność na niektórych mokradłach mogła być bardzo wysoka. Podobne ogniska istniały w Niderlandach, Francji i północnych Niemczech. Historia ta przypomina, że malaria nie jest z natury wyłącznie chorobą tropikalną. Przez stulecia była również częścią europejskiej codzienności.

Średniowieczna medycyna zachowała i rozwinęła część wiedzy grecko-rzymskiej. Uczeni świata islamu tłumaczyli, komentowali i systematyzowali pisma Hipokratesa oraz Galena, a następnie wiedza ta powracała do Europy łacińskiej. Nadal jednak dominował humoralny obraz choroby. Choremu upuszczano krew, podawano środki wymiotne, przeczyszczające i napotne. Terapia zależała od tego, który humor uznano za odpowiedzialny za gorączkę.

Długie trwanie tych praktyk nie wynikało jedynie z „ciemnoty”. Lekarze nie dysponowali mikroskopem, teorią pasożytów ani metodami kontrolowanego porównywania terapii. U niektórych pacjentów napad rzeczywiście ustępował po zastosowaniu zabiegu, ponieważ malaria ma naturalnie falujący przebieg. Chwilową poprawę łatwo było więc uznać za dowód skuteczności krwiopustu. Choroba sama wytwarzała iluzję, że lekarstwo zadziałało.

WCZESNA NOWOŻYTNOŚĆ

Gorączka wypływa na ocean

Europejska ekspansja morska połączyła odległe ekosystemy w sposób wcześniej niespotykany. Statki przewoziły ludzi, rośliny, zwierzęta i mikroorganizmy. Wraz z załogami, osadnikami i ludźmi zniewolonymi podróżowały również zarodźce.

Przez długi czas sądzono, że malaria w obu Amerykach mogła mieć bardzo dawną, miejscową historię. Niektóre wyniki badań mumii interpretowano jako ślady zakażeń sprzed przybycia Europejczyków. Najnowsze analizy genomów dawnych pasożytów wyraźnie wspierają jednak scenariusz, zgodnie z którym zasadnicze linie ludzkiej malarii dotarły do Nowego Świata po 1492 roku.

Dawne genomy *P. vivax* znalezione w Ameryce są blisko spokrewnione z liniami, które występowały dawniej w Europie. Sugeruje to, że zarodek ruchliwy przybył przede wszystkim wraz z kolonizatorami i osadnikami europejskimi. *P. falciparum* został natomiast najprawdopodobniej rozpowszechniony głównie w związku z przymusowym transportem milionów ludzi z Afryki podczas transatlantyckiego handlu niewolnikami.

Malaria nie rozprzestrzeniała się automatycznie wszędzie, dokąd docierał zakażony człowiek. Potrzebny był jeszcze miejscowy komar zdolny do podtrzymania cyklu pasożyta oraz odpowiednia temperatura. Warunki takie istniały w wielu częściach Karaibów, Ameryki Środkowej, dorzecza Amazonki i na nizinach południowo-wschodniej części Ameryki Północnej.

Plantacje trzciny cukrowej, ryżu i bawełny przekształcały krajobraz. Kanały, rowy i zbiorniki wodne sprzyjały niektórym gatunkom komarów, a duże skupiska robotników zapewniały pasożytowi stały dostęp do ludzi. Malaria stała się jednym z elementów systemu kolonialnego.

Nie oznacza to, że mieszkańcy Afryki byli na nią „odporni”. Ludzie wychowani na obszarach intensywnej transmisji mogli nabywać częściową odporność po wielokrotnych zakażeniach, a niektóre warianty genetyczne ograniczały ryzyko najcięższego przebiegu. Nadal jednak chorowali i umierali, zwłaszcza jako dzieci, kobiety ciężarne oraz osoby niedożywione i wyczerpane.

Różnica w podatności mogła wpływać na kalkulacje właścicieli plantacji. W regionach silnie malarycznych europejscy robotnicy kontraktowi często chorowali ciężiej niż ludzie pochodzący z części Afryki Zachodniej. Byłoby jednak uproszczeniem stwierdzenie, że malaria „spowodowała” niewolnictwo. Handel ludźmi miał podstawy polityczne, ekonomiczne i rasistowskie. Choroba mogła wzmacniać określone decyzje i utrzymywać system, ale go nie stworzyła.

W ten sposób malaria stała się częścią wymiany kolumbijskiej — globalnego przemieszczenia organizmów, które połączyło Stary i Nowy Świat. Jej historia od tej chwili była już nierozdzielnie związana z kolonializmem, pracą przymusową, transportem morskim i wielkimi zmianami krajobrazu.

XVII I XVIII WIEK

Kora, która rozpoznała chorobę wcześniej niż medycyna

W XVII wieku do Europy dotarła kora drzew z rodzaju *Cinchona*, rosnących w Andach. Stosowano ją przeciw gorączkom, zwłaszcza tym o przebiegu przerywanym. Preparat nazywano korą peruwiańską, proszkiem jezuitów lub korą gorączkową.

Opowieść o cudownym uzdrowieniu hiszpańskiej hrabiny Chinchón, od której miała pochodzić nazwa drzewa, jest zapewne późniejszą legendą. Rzeczywiste drogi przekazywania wiedzy były bardziej złożone. Europejscy duchowni i medycy korzystali z doświadczenia rdzennych mieszkańców Andów, lecz w późniejszych narracjach ich udział często pomniejszano lub pomijano.

Znaczenie kory wykraczało poza samą terapię. Jeżeli określona grupa gorączek reagowała na preparat, a inne nie, można było zacząć traktować ją jako odrębną chorobę. Lek pomagał więc rozpoznać malarię, zanim poznano jej przyczynę.

Włoski lekarz Francesco Torti przedstawił na początku XVIII wieku system klasyfikacji gorączek, w którym odpowiedź na korę chinową stanowiła ważną wskazówkę diagnostyczną. Jego praca nie była jeszcze nowoczesnym badaniem klinicznym, lecz wzmacniała przekonanie, że nie wszystkie gorączki są przejawem tego samego zaburzenia humorów.

Równocześnie Giovanni Maria Lancisi analizował związek między bagnami, gorączkami i owadami. W wydanym w 1717 roku dziele rozważał możliwość, że komary mogą odgrywać rolę w przenoszeniu chorobotwórczej substancji. Nie udowodnił transmisji i nadal posługiwał się pojęciami miazmatów. Jego rozważania były jednak kolejnym krokiem w kierunku uznania, że owad może być czymś więcej niż tylko uciążliwym towarzyszem bagna.

Mimo tych obserwacji teoria złego powietrza pozostawała niezwykle przekonująca. Choroba pojawiała się tam, gdzie powietrze rzeczywiście pachniało rozkładem, a osuszanie mokradeł często zmniejszało liczbę zachorowań. Miazmaty stanowiły zatem teorię błędną, ale zgodną z częścią doświadczenia. Zanim można było ją odrzucić, należało zobaczyć pasożyta, prześledzić jego rozwój i przeprowadzić eksperyment wskazujący drogę zakażenia.

XIX WIEK

Epoka kanałów, kolei i wielkich gorączek

Wiek XIX przyniósł niespotykane tempo przekształcania środowiska. Budowano linie kolejowe, kanały, porty, zapory i miasta. Prace ziemne pozostawiały doły wypełnione wodą, a wielkie inwestycje przyciągały tysiące robotników mieszkających w prowizorycznych osadach.

Malaria była obecna podczas budowy dróg i kanałów w Europie, Indiach, Afryce i obu Amerykach. Osłabiała pracowników, opóźniała inwestycje i zwiększała koszty przedsięwzięć. Szczególnie niebezpieczne były miejsca, w których przybysze bez częściowej odporności trafiali do środowiska intensywnej transmisji.

W kolonialnych Indiach rozwój sieci kanałów irygacyjnych niekiedy zwiększał liczbę miejsc lęgowych komarów. Kolej przyspieszała przemieszczanie ludzi, a wraz z nimi pasożytów. Podobny paradoks pojawiał się w innych częściach świata: inwestycja mająca przynieść postęp gospodarczy mogła jednocześnie pogorszyć sytuację zdrowotną miejscowej ludności.

W Europie malaria nadal występowała w Italii, Grecji, Hiszpanii, na Bałkanach, w delcie Dunaju, na wybrzeżach Morza Północnego i w wielu dolinach rzecznych. Chorowano także w Skandynawii i w rejonach położonych daleko na północ. Zasięg choroby pokazuje, że jej transmisja zależy nie tylko od szerokości geograficznej, lecz również od miejscowych warunków środowiskowych, temperatury wnętrza domów i zachowania komarów.

W tym samym stuleciu kora chinowa została przekształcona z niejednolitego surowca roślinnego w źródło wyizolowanej substancji. W 1820 roku Pierre-Joseph Pelletier i Joseph-Bienaimé Caventou otrzymali chininę. Pozwoliło to dokładniej dawkować lek, lecz nie rozwiązało problemu dostępności. Drzewa chinowe rosły w Ameryce Południowej, a europejskie mocarstwa rywalizowały o nasiona i sadzonki, zakładając plantacje w koloniach azjatyckich.

Historia chininy stała się częścią historii imperiów. Lek umożliwiał Europejczykom dłuższe przebywanie na terenach o intensywnej transmisji malarii, wspierając kolonialną administrację i ekspansję. Środek ratujący życie mógł więc równocześnie służyć systemowi podboju. Pełniejsze dzieje leków przeciwmalarycznych zostaną przedstawione w rozdziale poświęconym leczeniu.

Największy przełom XIX wieku nie nastąpił jednak na plantacji ani przy budowie kanału. Dokonał się przy mikroskopie.

1880. Pasożyt wychodzi z ukrycia

6 listopada 1880 roku Alphonse Laveran, francuski lekarz wojskowy pracujący w Konstantynie w Algierii, badał świeżą krew pacjenta cierpiącego na gorączkę. Wewnątrz czerwonych krwinek dostrzegł struktury, które uznał za żywe pasożyty. Zobaczył także ruchliwe nitki wydostające się z jednej z form. Było to zjawisko określane dziś jako egzflagelacja gametocytów.

Odkrycie spotkało się z oporem. Wielu badaczy spodziewało się, że malaria okaże się chorobą bakteryjną. Bakteriologia odnosiła właśnie spektakularne sukcesy, a Robert Koch i inni uczeni wykazywali drobnoustrojowe przyczyny kolejnych zakażeń. Pierwotniak pasożytujący wewnątrz krwinki nie pasował do dominujących oczekiwań.

Obserwacje Laverana zostały jednak powtórzone. Włoscy badacze opisali kolejne formy rozwojowe pasożyta, a Camillo Golgi powiązał cykliczne dojrzewanie zarodźców i rozpad krwinek z regularnością napadów gorączki. Po raz pierwszy wyjaśniono biologiczny mechanizm rytmu, który Hipokrates opisywał ponad dwa tysiące lat wcześniej.

Miazmatyczna teoria choroby nie upadła natychmiast. Samo znalezienie pasożyta we krwi nie odpowiadało na pytanie, w jaki sposób przedostaje się on do organizmu. Podejrzewano wodę, powietrze, kurz, a nawet bezpośrednie przenoszenie między ludźmi. Brakowało drugiej połowy cyklu.

PRZEŁOM XIX I XX WIEKU

Komar staje się dowodem

Hipotezę udziału komara rozwijał między innymi Patrick Manson, znany z badań nad filariami. Przypuszczał, że owad pobiera pasożyta z krwią człowieka, choć początkowo nie rozumiał jeszcze, że komar ponownie wprowadza go podczas następnego ukłucia⁴.

Ronald Ross, lekarz pracujący w Indiach Brytyjskich, podjął próbę znalezienia form pasożyta w organizmie komara. W 1897 roku zaobserwował rozwój zarodków w ścianie żołądka owada. Kluczowe doświadczenia przeprowadził następnie na malarii ptasiej, wykazując, że pasożyty docierają do gruczołów ślinowych komara i mogą być przekazywane kolejnemu żywicielowi.

Pełny cykl ludzkiej malarii w widliskach potwierdzili włoscy badacze, między innymi Giovanni Battista Grassi, Amico Bignami i Giuseppe Bastianelli. Pozwalali zakażonym komarom z rodzaju *Anopheles* żywić się krwią ochotników, a następnie obserwowali pojawienie się pasożytów i gorączki. Eksperymenty te były przełomowe, choć z dzisiejszej perspektywy budzą pytania etyczne dotyczące świadomej zgody i narażania ludzi na chorobę.

Spór o pierwszeństwo między Rossem a Grassim stał się bardzo ostry. Ross otrzymał Nagrodę Nobla w 1902 roku za badania nad malarią, Laveran — w 1907 roku za prace nad pierwotniakami chorobotwórczymi. W rzeczywistości odkrycie cyklu pasożyta było dziełem wielu osób: lekarzy, zoologów, techników, pacjentów i miejscowych pomocników, których nazwiska często nie trafiły do oficjalnej historii.

Pod koniec XIX wieku trzy elementy układanki zostały połączone. Znano pasożyta obecnego we krwi. Wiedzano, że rozwija się w komarze. Rozumiano, że zakażona samica widliska przekazuje go podczas pobierania krwi.

„Złe powietrze” zostało ostatecznie zastąpione modelem pasożyt–komar–człowiek. Nie znaczy to, że dawna wiedza o krajobrazie stała się bezużyteczna. Przeciwnie: mokradła nadal miały znaczenie, ale już nie jako źródło trucizny. Były środowiskiem rozwoju wektora.

4 Przez wieki nagromadziły się poszlaki, które sugerowały, że komary mogą być w jakiś sposób związane z malarią, a do 1883 roku amerykański lekarz, Albert King, zgromadził masę dowodów, które miały stać się znane jako doktryna komarów-malarii. W latach 1884-1897 Laveran, Manson (który w 1877 roku wykazał, że robaki filarowe odpowiedzialne za filaryzę limfatyczną były przenoszone przez komary), a włoscy malaryolodzy, coraz bardziej przekonywali się, że komary brały udział w przenoszeniu malarii. Od tego czasu opinie różniły się u niektórych obserwatorów, w tym Mansona, wierząc, że ludzie zostali zarażeni wodą pitną zanieczyszczoną zakażonymi komarami, podczas gdy inni uważali, że infekcja została nabyta przez wdychanie pyłu ze wyschniętych stawów, w których zainfekowane komary zmarły, innymi słowy, różnice w wodzie i spożyciu oraz wziewnym oraz wdychanie powietrza zaproponowane przez Tommasi-Crudeli i Klebs w 1879 roku. Manson uznawał również ideę, że transmisja może być mechaniczna, tj. pasożyty były biernie przenoszone z gospodarza na komarach. [Zob.: Francis EG Cox, *Historia odkrycia pasożytów malarii i ich wektorów*. <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-3-5>]

Była to jedna z największych zmian pojęciowych w historii medycyny. Choroba, przez tysiąclecia przypisywana demonom, humorom i wyziewom ziemi, okazała się skutkiem współdziałania dwóch żywych organizmów: mikroskopijnego pasożyta oraz owada.

POCZĄTEK XX WIEKU

Od mapy gorączek do mapy komarów

Poznanie drogi transmisji natychmiast zmieniło sposób myślenia o malarii. Zamiast walczyć z ogólnie rozumianym „niezdrowym środowiskiem”, zaczęto poszukiwać konkretnych miejsc lęgowych, gatunków komarów i skupisk zakażonych ludzi.

Badano studnie, rowy, kanały, rozlewiska i pojemniki z wodą. Zakładano stacje malaryczne, tworzone mapy zachorowań i uczono rozpoznawania larw. Zainteresowanie przesunęło się z samego pacjenta na cały układ ekologiczny.

Nie wszystkie widliszki były jednakowo niebezpieczne. Niektóre preferowały krew zwierząt, inne człowieka. Jedne odpoczywały w domach, inne na zewnątrz. Jedne rozwijały się w wodach słodkich, inne tolerowały wodę lekko zasoloną. Ta różnorodność wyjaśniała, dlaczego podobne na pierwszy rzut oka mokradła mogły różnić się pod względem zagrożenia.

Wielkie przedsięwzięcia sanitarne początku XX wieku pokazały, że transmisję można radykalnie ograniczyć. Podczas budowy Kanału Panamskiego zwalczano zarówno malarię, jak i żółtą febrę: osuszano i porządkowano zbiorniki wodne, zabezpieczano budynki siatkami, stosowano środki przeciw larwom i izolowano część chorych od komarów. Sukces nie wynikał z jednego cudownego środka, lecz z połączenia wiedzy entomologicznej, organizacji, pieniędzy i kontroli administracyjnej.

Działania te miały także ciemniejszą stronę. Kolonialne i wielkie infrastrukturalne programy zdrowotne często przede wszystkim chroniły żołnierzy, urzędników i pracowników niezbędnych do ukończenia inwestycji. Miejskowa ludność otrzymywała pomoc nierównomiernie. Zdrowie publiczne mogło służyć mieszkańcom, ale mogło też być narzędziem sprawniejszego zarządzania siłą roboczą.

Nowa wiedza nie zlikwidowała dawnych nierówności. Pokazała natomiast, że malaria nie jest nieuniknionym skutkiem klimatu. Jej występowanie zależy także od jakości mieszkań, dostępu do opieki, sposobu gospodarowania wodą i zdolności państwa do prowadzenia długotrwałych działań.

Zagadka nawrotów: pasożyt ukryty w wątrobie

Nawet po odkryciu cyklu komarowego część biologii malarii pozostawała tajemnicą. Chorzy zakażeni *P. vivax* lub *P. ovale* mogli po wielu miesiącach ponownie dostać gorączki, mimo że od dawna nie przebywali na terenie malarycznym i nie zostali ponownie ukłuci przez zakażonego komara.

Podejrzewano, że niewielka liczba pasożytów przetrwała we krwi albo ukryła się w tkankach. Chinina usuwała formy krwinkowe i przerywała napady, lecz u części pacjentów choroba wracała.

W 1948 roku Henry Shortt i Cyril Garnham opisali rozwój zarodźców w komórkach wątroby. Wykazano, że przed wtargnięciem do czerwonych krwinek pasożyt przechodzi etap tkankowy. Było to brakujące ogniwo pomiędzy ukłuciem komara a pojawieniem się pasożytów we krwi.

Nie rozwiązywało to jeszcze całkowicie zagadki późnych nawrotów. Uśpione formy wątrobowe, nazwane hipnozoitami, zostały przekonująco uwidocznione dopiero na początku lat osiemdziesiątych XX wieku. Mogą one pozostawać w komórkach wątroby przez wiele miesięcy, a następnie ponownie się uaktywnić.

Historia tego odkrycia pokazuje, że nawet po ustaleniu ogólnego cyklu życiowego pasożyta jego biologia nadal wymykała się prostym schematom. Malaria była nie tylko chorobą okresowych gorączek. Była zakażeniem zdolnym ukryć się przed lekarzem, zniknąć z krwi i powrócić po długim czasie.

XX WIEK

Znikająca malaria Europy

Na początku XX wieku malaria pozostawała endemiczna w znacznej części południowej i wschodniej Europy, ale występowała również dalej na północ. W kolejnych dziesięcioleciach zaczęła znikać z obszarów, z którymi była związana przez setki lat.

Nie było jednej przyczyny tego odwrotu. Osuszano mokradła i regulowano rzeki, lecz równie ważne były zmiany społeczne: lepsze domy, szczelniejsze okna, oddzielenie pomieszczeń mieszkalnych od obór, rozwój opieki medycznej, łatwiejszy dostęp do leków i zmniejszenie liczby ludzi pracujących nocą na terenach podmokłych.

Znaczenie miała również hodowla zwierząt. W niektórych regionach komary częściej pobierały krew bydła niż ludzi, co mogło ograniczać transmisję. Zmieniały się praktyki rolnicze, poziom wód i sposób użytkowania ziemi. Poprawa transportu pozwalała szybciej docierać do lekarza, a sprawniejsze państwa mogły rejestrować zachorowania i prowadzić akcje przeciw komarom.

Malaria ustępowała więc jeszcze przed powszechnym zastosowaniem DDT. Środek owadobójczy przyspieszył później proces eliminacji, ale nie był jego jedynym sprawcą. Badania historyczne nad północno-zachodnią Europą pokazują, że choroba zanikała w wyniku nakładających się przemian środowiskowych, gospodarczych i społecznych.

W Stanach Zjednoczonych malaria występowała dawniej na ogromnym obszarze, szczególnie na Południu. Federalny program eliminacyjny rozpoczęty w 1947 roku obejmował opryskiwanie wnętrz domów, melioracje, leczenie chorych i nadzór

epidemiologiczny. Liczba zgłaszanych przypadków szybko spadła, a rodzimą transmisję uznano za przerwana na początku lat pięćdziesiątych.

Europejski sukces był niezwykle. Choroba, która przez stulecia wpływała na życie Italii, Bałkanów, Niderlandów, Anglii i Europy Środkowej, została wyparta z kontynentu. Nie zniknęły komary z rodzaju *Anopheles*. Zniknął natomiast trwały łańcuch transmisji pomiędzy komarem a człowiekiem.

Polski epilog zimnicy

Malaria nie była dla Polski jedynie egzotyczną chorobą przywożoną z dalekich podróży. Zimnica występowała na ziemiach polskich przez stulecia, szczególnie na terenach podmokłych, w dolinach rzecznych i w regionach o słabych warunkach mieszkaniowych.

Po odzyskaniu niepodległości kraj mierzył się z epidemiami nasilanymi przez wojnę, migracje, ubóstwo i zniszczenie infrastruktury. W 1921 roku rejestrowano dziesiątki tysięcy przypadków. Największe problemy występowały na wschodzie i północnym wschodzie państwa, gdzie rozległe mokradła łączyły się z niedostatkiem opieki medycznej.

Podejmowano działania obejmujące rejestrację chorych, rozdawanie chininy, badania krwi, zwalczanie larw i prace melioracyjne. Były one utrudnione przez biedę, brak personelu i rozległość zagrożonych terenów. Mimo to w drugiej połowie lat dwudziestych liczba zachorowań wyraźnie spadła.

Druga wojna światowa ponownie stworzyła warunki sprzyjające transmisji. Przemieszczenia ludności, zniszczenia domów, niedożywienie i osłabienie służby zdrowia doprowadziły po wojnie do ostatniej dużej epidemii. W 1948 roku oficjalnie zarejestrowano blisko dziesięć tysięcy przypadków, a rzeczywista liczba mogła być wyższa.

Prowadzono badania gorączkujących pacjentów, leczono zakażonych i zwalczano komary w ogniskach choroby. Pod koniec lat pięćdziesiątych rodzimy łańcuch transmisji został w Polsce przerwany. Późniejsze zachorowania wiązały się głównie z przywożeniem pasożyta z krajów endemicznych.

Historia polskiej zimnicy przypomina, jak szybko społeczna pamięć wypiera chorobę po jej zniknięciu. W ciągu kilku pokoleń malaria przestała kojarzyć się z rodzimymi mokradłami i stała się w powszechnej świadomości chorobą tropikalną. Komary, które niegdyś uczestniczyły w transmisji, nadal jednak występują w Europie. Wyeliminowano chorobę, nie cały ekologiczny układ, w którym mogłaby ponownie zaistnieć.

ERA ERADYKACJI

Świat ogłasza wojnę pasożytowi

Sukcesy odniesione w Europie, Ameryce Północnej i na niektórych wyspach stworzyły przekonanie, że malarię można usunąć z całego świata. W 1955 roku Światowa Organizacja Zdrowia rozpoczęła Globalny Program Eradykacji Malarii.

Plan opierał się na pozornie prostym założeniu. Jeżeli wnętrza domów zostaną opryskane długo działającym środkiem owadobójczym, komary ginące po odpoczynku na ścianach nie zdążą przekazywać pasożyta kolejnym osobom. Równoczesne wykrywanie i leczenie chorych miało usunąć ludzkie rezerwuary zakażenia.

Głównym narzędziem stał się DDT. Środek był tani, skuteczny i długo utrzymywał się na powierzchniach. W połączeniu z chlorochiną stworzył wrażenie, że nauka dysponuje wreszcie kompletnym zestawem broni przeciw chorobie.

Program przyniósł spektakularne rezultaty w wielu krajach. Malarię wyeliminowano między innymi z dużej części Europy, regionów Karaibów i części Azji. W Indiach liczba przypadków spadła z dziesiątek milionów do ułamka wcześniejszego poziomu.

Nie wszędzie jednak strategia działała równie dobrze. W rozległych częściach Afryki Subsaharyjskiej transmisja była tak intensywna, infrastruktura tak słaba, a populacje komarów tak wydajne, że pełny program eradykacyjny nie został nawet wdrożony na porównywalną skalę. Światowa kampania od początku miała więc nierówną geograficznie.

Pojawiła się również odporność komarów na insektycydy i pasożytów na leki. Program wymagał nieprzerwanego finansowania, sprawnej administracji i docierania do niemal każdego domu. Przerwanie oprysków albo osłabienie nadzoru pozwalało chorobie szybko powrócić.

W 1969 roku uznano, że globalnej eradykacji nie da się osiągnąć w zakładanym czasie, i przesunięto nacisk na kontrolowanie zachorowań. Nie był to całkowity upadek. Kampania uwolniła wiele krajów od malarii, rozwinęła sieci laboratoriów i stworzyła ogromny zasób wiedzy. Pokazała jednak granice technokratycznego przekonania, że jeden środek chemiczny i jeden schemat organizacyjny można zastosować jednakowo w każdym środowisku.

Historia powtórzyła dawną lekcję: malaria nie jest jedynie pasożytem, którego można zabić lekiem, ani komarem, którego można opryskać. Jest układem biologicznym osadzonym w społeczeństwie, gospodarce i krajobrazie.

KONIEC XX I POCZĄTEK XXI WIEKU

Przeszłość wraca w próbówce

Kiedy malaria zniknęła z wielu krajów bogatych, jej historia długo wydawała się dobrze znana. Wyobrażano ją sobie jako chorobę pochodzącą z Afryki, nasilającą się wraz z rolnictwem, przeniesioną w starożytności do basenu Morza Śródziemnego, a następnie do obu Ameryk przez Europejczyków i handel niewolnikami.

Nowoczesna genetyka zachowała część tego obrazu, ale znacznie go skomplikowała. Okazało się, że każdy z głównych gatunków ludzkiej malarii ma własną historię ewolucyjną. Różne linie zarodźców mogły w różnych epokach przekraczać bariery między gatunkami i przystosowywać się do nowych żywicieli.

Paleogenomika — badanie materiału genetycznego pochodzącego z dawnych szczątków — zaczęła dostarczać dowodów, których nie można uzyskać z samych tekstów. Zęby i kości ludzi zmarłych przed tysiącami lat mogą zawierać śladowe ilości DNA pasożyta. Odczytanie go wymaga niezwykle ostrożnej pracy, ponieważ materiał jest uszkodzony i łatwo go zanieczyścić współczesnym DNA.

Badanie opublikowane w 2024 roku objęło dawne genomy pasożytów pochodzące z wielu miejsc Europy, Azji, Afryki i obu Ameryk. Wyniki potwierdziły, że przemieszczanie ludzi odgrywało zasadniczą rolę w dziejach malarii. Handel, migracje, wyprawy morskie i przymusowe deportacje tworzyły dla zarodźców szlaki podobne do tych, którymi podróżowały języki, towary i idee.

Badania te zmieniają również sposób patrzenia na zniknięcie malarii. Pasożyt nie opuszcza danego regionu dlatego, że „klimat przestał mu odpowiadać”. Może zniknąć wskutek poprawy mieszkań, leczenia, zmian rolnictwa i przzerwania kontaktu między człowiekiem a odpowiednim gatunkiem komara. Podobnie może zostać ponownie zawleczony, jeżeli człowiek zakażony dotrze do miejsca, w którym istnieje zdolny do transmisji wektor.

Paleogenomika uczy także pokory. Nieobecność DNA w badanej próbce nie dowodzi, że malaria nie występowała. Materiał pasożyta mógł się nie zachować, zakażenie mogło mieć niewielkie nasilenie, a wybrane szczątki mogły pochodzić od osób, które nie chorowały. Każde odkrycie jest fragmentem obrazu, nie całym obrazem.

Historia malarii pozostaje więc otwarta. Nowe próbki mogą przesunąć datę pojawienia się określonego gatunku, zmienić pogląd na drogę kolonizacji kontynentu albo wykazać, że przypadek uznawany wcześniej za pewny był wynikiem zanieczyszczenia.

PODSUMOWANIE

Trzy historie splecione w jedną

Dzieje malarii są historią trzech organizmów: człowieka, pasożyta i komara. Żaden z nich nie może zostać pominięty.

Pasożyt zmieniał się, przystosowywał do nowych żywicieli i wykształcał odporność na leki. Komary zajmowały nowe siedliska, zmieniały zachowanie i ulegały presji środków owadobójczych. Człowiek karczował lasy, nawadniał pola, budował miasta, podróżował, prowadził wojny, zakładał plantacje i osuszał bagna. Za każdym razem przekształcał warunki, w których mogła zachodzić transmisja.

Przez tysiąclecia ludzie potrafili trafnie rozpoznawać rytm choroby, choć nie znali jej sprawcy. Widzieli związek gorączki z mokradłami, ale tłumaczyli go złym

powietrzem. Używali skutecznych roślin, nie wiedząc, jaka substancja działa. Unikali niektórych miejsc i pór roku, nie znając zachowania komarów.

Historia ta nie jest prostym marszem od zabobonu do nauki. Dawne teorie bywały błędne, ale wyrastały z rzeczywistych obserwacji. Nowoczesna nauka przynosiła przełomy, lecz nie zawsze potrafiła uwzględnić społeczne i ekologiczne zróżnicowanie świata. Nawet wielkie sukcesy eradykacyjne okazywały się nietrwałe, gdy osłabiały się instytucje albo zmieniały pasożyty i komary.

Malaria wpływała na rozwój osadnictwa, rolnictwa, kolonializmu i zdrowia publicznego. Towarzyszyła wielkim migracjom i przedsięwzięciom budowlanym. Jej udział w konkretnych wydarzeniach bywa jednak trudny do zmierzenia. Łatwo uczynić z niej niewidzialnego bohatera każdej klęski i każdego upadku. Znacznie trudniej odtworzyć jej rzeczywiste znaczenie w określonej dolinie, mieście czy społeczności.

Najbardziej niezwykle pozostaje to, jak długo zasadniczy mechanizm choroby pozostawał ukryty. Od hipokratejskich opisów regularnych gorączek do odkrycia Laverana minęło ponad dwa tysiące lat. Od przeczucia, że bagno, owad i gorączka są ze sobą związane, do eksperymentalnego udowodnienia transmisji przez widliszka — kolejne stulecia.

A jednak wiedza nie zaczęła się dopiero pod mikroskopem. Jej początkiem były dreszcze obserwowane przy posłaniu chorego, powracające napady liczone według dni i doświadczenie społeczności, które wiedziały, że pewne miejsca po zmroku stają się niebezpieczne.

Malaria szła za człowiekiem, ponieważ człowiek nieustannie przekształcał świat. Pasożyt korzystał z naszych dróg, pól, kanałów, statków i imperiów. Komar wykorzystywał wodę pozostawioną przez nasze działania. Historia choroby nie rozgrywała się zatem obok historii cywilizacji. Rozgrywała się w jej wnętrzu.

Dopiero odkrycie, że za napadem gorączki stoją dwa inne organizmy, pozwoliło człowiekowi świadomie przerwać ten odwieczny układ. Nie zakończyło jednak wspólnej historii ludzi, pasożytów i komarów. Otworzyło jedynie jej nową epokę.

Rozdział IV

Trzeci uczestnik bitwy. Malaria na wojnie — od bagien Rzymu do laboratoriów broni biologicznej

Niewidzialna armia

Wojny opisuje się zazwyczaj za pomocą nazw wodzów, liczebności armii, ruchów wojsk, bitew i traktatów pokojowych. Na mapach zaznacza się strzałkami marsze kolumn, liniami — granice frontów, a krzyżykami — miejsca starć. Rzadziej pamięta się o innym uczestniku konfliktów: niewidzialnym, pozbawionym sztandarów i dowódców, a jednak zdolnym zatrzymywać ofensywę, rozbijać oblężenia i zmieniać losy państw.

Tym uczestnikiem była malaria.

Zarodek malarii nie odróżniał zwycięzców od pokonanych. Nie interesowało go, pod jaką flagą maszerował żołnierz ani w imię jakiej idei wysłano go na front. Potrzebował jedynie odpowiedniej temperatury, wody, komarów z rodzaju *Anopheles* oraz ludzi, pomiędzy którymi mógł krążyć. Wojna dostarczała mu niemal wszystkiego: wielkich skupisk ludności, prowizorycznych obozowisk, zniszczonych systemów melioracyjnych, rowów wypełnionych wodą, głodu, zmęczenia, migracji i załamania opieki medycznej.

Przez większą część historii choroby zakaźne zabijały lub wyłączały z walki więcej żołnierzy niż broń przeciwnika. Malaria zajmowała wśród nich miejsce szczególne. Nie zawsze powodowała masową śmierć, lecz często odbierała armiom to, czego

potrzebowały najbardziej: zdolność marszu, czujność, siłę fizyczną i dyscyplinę. Żołnierz z wysoką gorączką, dreszczami, niedokrwistością i powiększoną śledzioną nie musiał umrzeć, aby stać się stracony dla oddziału. Wystarczyło, że nie mógł nieść broni, stać na warcie ani przejść kolejnych kilometrów.

Malaria oddziaływała na wojny na dwa sposoby. Po pierwsze, była naturalnym przeciwnikiem armii wkraczających na obszary endemiczne. Po drugie, sama wojna zwiększała jej zasięg. Wojska niszczyły środowisko, tworzyły zbiorniki stojącej wody, przenosiły pasożyty pomiędzy regionami i zmuszały ludność cywilną do ucieczki. Powstawało błędne koło: konflikt napędzał epidemię, a epidemia przedłużała konflikt, pogłębiała chaos i zwiększała liczbę ofiar.

Nie oznacza to jednak, że każda dawna „gorączka”, „zaraza” czy „morowe powietrze” była malarią. Historycy medycyny pracują z opisami sporządzonymi przed odkryciem drobnoustrojów, badaniami szczątków ludzkich, informacjami o klimacie oraz rozmieszczeniu dawnych mokradeł. Często mogą wskazać malarię jako prawdopodobną przyczynę choroby, ale nie zawsze potrafią wydać jednoznaczny werdykt. W historii malarii i wojen trzeba więc odróżniać to, co udokumentowane, od tego, co jedynie możliwe.

STAROŻYTNOŚĆ

Gorączka za linią frontu. Zanim odkryto komara

Starożytni lekarze dobrze znali napady gorączki przebiegające w charakterystycznym rytmie: dreszcze, gwałtowny wzrost temperatury, poty, osłabienie, a następnie pozorna poprawa i kolejny atak po jednym, dwóch lub kilku dniach. Hipokrates opisywał gorączki okresowe i łączył je z porą roku, wodą oraz miejscem zamieszkania. Nie znał pasożyta ani roli komara, lecz trafnie dostrzegał związek choroby z krajobrazem.

Dla dowódcy wojskowego ta obserwacja miała znaczenie praktyczne. Armia maszerująca przez suche wyżyny mogła pozostawać zdrowa, a po zejściu do wilgotnej doliny w ciągu kilku tygodni traciła znaczną część zdolności bojowej. Szczególnie niebezpieczne były długotrwałe obłężenia. Tysiące ludzi i zwierząt skupiały się na niewielkiej przestrzeni, kopano rowy, zmieniano bieg strumieni, niszczone pola i tamowano odpływ wody. Powstawały nowe miejsca rozrodu komarów.

Nie rozumiano mechanizmu zakażenia, dlatego winą obarczano miazmaty — szkodliwe wyziewy wydobywające się z bagien i rozkładającej materii. Z tego przekonania wyrosła później nazwa *mal aria*, „złe powietrze”. Teoria była błędna, lecz prowadziła niekiedy do rozsądnych zaleceń: obozów nie należało rozbijać na podmokłych nizinach, w pobliżu bagien ani tam, gdzie woda długo pozostawała nieruchoma.

Sycylijska katastrofa Aten

Jednym z najczęściej przywoływanych przykładów wpływu malarii na starożytną wojnę jest wyprawa sycylijska Aten z lat 415–413 p.n.e. W czasie wojny peloponeskiej Ateńczycy wysłali potężną flotę i armię, aby zdobyć Syrakuzy. Przedsięwzięcie zakończyło się katastrofą. Flota została zniszczona, wojska rozbite, a tysiące ludzi zginęły lub dostały się do niewoli.

Ateńscy żołnierze długo przebywali na wilgotnych terenach nad rzeką Anapos, w okolicy sprzyjającej występowaniu komarów. W armii szerzyły się choroby, które przyczyniły się do jej osłabienia. Malaria jest wiarygodnym kandydatem, ale nie można przedstawiać jej jako jedynej ani pewnej przyczyny klęski. Źródła opisują objawy w sposób zbyt ogólny, aby wykluczyć czerwone, dur brzuszny i inne infekcje. Ponadto wyprawę pograżyły błędy strategiczne, spory dowódców, problemy z zaopatrzeniem i skuteczny opór Syrakuz.

Najbezpieczniej powiedzieć, że choroby — prawdopodobnie także malaria — odebrały Ateńczykom siłę w momencie, gdy armia najbardziej jej potrzebowała. Nie wygrały wojny samodzielnie, ale pomogły zamienić nieudaną kampanię w katastrofę, po której Ateny nie odzyskały już dawnej przewagi.

Śmierć Aleksandra: prawdopodobna, lecz nierozstrzygnięta diagnoza

W czerwcu 323 roku p.n.e. Aleksander Wielki zachorował w Babilonie. Miał gorączkę, jego stan pogarszał się przez kilkanaście dni, aż w wieku trzydziestu dwóch lat — niespełna miesiąc przed trzydziestymi trzecimi urodzinami — zmarł. Brak wyznaczonego następcy doprowadził do wojen diadochów i podziału stworzonego przez niego imperium.

Od stuleci próbuje się rozpoznać chorobę Aleksandra. Proponowano malarię, dur brzuszny, gorączkę Zachodniego Nilu, zapalenie trzustki, choroby neurologiczne, a nawet otrucie. Malaria pozostaje jedną z możliwych diagnoz, ponieważ Babilon leżał w regionie, w którym występowały komary i gorączki okresowe. Nie ma jednak podstaw, by uznać ją za fakt bezsporny. Opis choroby jest niepełny, powstał w różnych wersjach, a ciało władcy nie może zostać poddane nowoczesnym badaniom.

Pewny jest skutek polityczny: nagła śmierć Aleksandra zatrzymała dalsze plany podbojów i uruchomiła walkę o sukcesję. Niepewna pozostaje natura patogenu, który być może odegrał w tym wydarzeniu rolę. Współczesne analizy uznają malarię i dur brzuszny za dwóch poważnych kandydatów, nie rozstrzygając ostatecznie sporu.

Rzym otoczony gorączką

W starożytnej Italii malaria była nie tylko chorobą, lecz elementem krajobrazu. Bagna Pontyjskie, niziny Kampanii Rzymskiej, doliny rzeczne i zaniedbane kanały tworzyły rozległe siedliska komarów. Molekularne ślady zarodźców odnalezione w szczątkach z epoki rzymskiej potwierdzają, że choroba występowała na Półwyspie Apenińskim od dawna.

Rzymianie nie wiedzieli, że zakażenie przenosi samica komara, lecz rozumieli, iż wybór miejsca obozowania może decydować o zdrowiu legionu. Autorzy rzymscy

ostrzegali przed wilgotnymi nizinami i terenami, nad którymi unosiły się „ciężkie wyziewy”. Rzymska inżynieria — budowa kanałów, dróg i systemów odwadniających — mogła ograniczać miejscowe zagrożenie, ale wojny, porzucanie pól i niszczenie infrastruktury działały w przeciwnym kierunku.

Malaria osłabiała również gospodarkę i demografię Italii. Powtarzające się zachorowania zmniejszały wydajność pracy, powodowały niedokrwistość i zwiększały śmiertelność dzieci. Regiony uznawane za niezdrowe wyludniały się, a opuszczone pola ponownie zarastały i podmały. Choroba stawała się zarazem skutkiem i przyczyną gospodarczego zaniedbania.

Alaryk i Attyla — między hipotezą a legendą

Po złupieniu Rzymu w 410 roku n.e. król Wizygotów Alaryk ruszył na południe Italii, prawdopodobnie z zamiarem przeprawy na Sycylię lub do Afryki. W Kalabrii nagle zachorował i zmarł. Malaria jest jedną z najbardziej prawdopodobnych retrospektywnych diagnoz, ponieważ jego armia przechodziła przez obszary endemiczne, a ludność przybyła z północy nie posiadała częściowej odporności nabywanej przez mieszkańców terenów malarycznych. Nie można jednak wykluczyć innych infekcji.

Śmierć wodza miała znaczenie polityczne. Następca Alaryka, Ataulf, porzucił plany dalszego marszu na południe i skierował Wizygotów ku Galii oraz Hiszpanii. Nie wiadomo, czy jedna choroba „ocaliła” Afrykę przed najazdem, ale nagły zgon przywódcy niewątpliwie zmienił kierunek wędrówki jego ludu.

Równie ostrożnie należy traktować twierdzenie, że malaria zatrzymała w 452 roku Hunów Attyli. Jego odwrót z Italii mógł wynikać z połączenia epidemii, głodu, zniszczonych zasobów, trudności logistycznych, presji wojsk wschodniorzymskich i negocjacji z papieżem Leonem I. Malaria mogła należeć do chorób osłabiających armię, lecz nie dysponujemy dowodem pozwalającym uczynić z niej jedyną przyczynę decyzji Attyli.

Właśnie w takich przypadkach rodziła się legenda „gorączki rzymskiej” — niewidzialnego muru chroniącego miasto skuteczniej niż fortyfikacje. Miała ona podstawy w realnym zagrożeniu epidemiologicznym, lecz późniejsze opowieści często upraszczały złożone wydarzenia do jednego, dramatycznego czynnika.

ŚREDNIOWIECZE

„Powietrze Rzymu” i przekleństwo letnich kampanii. Bagna jako naturalny mur

Średniowieczny Rzym zachował opinię miasta niebezpiecznego dla przybyszów, zwłaszcza latem i wczesną jesienią. Otaczająca go Kampania oraz Bagna Pontyjskie były siedliskiem komarów. Mieszkańcy przez całe życie narażeni na zakażenia mogli nabywać częściową odporność kliniczną. Przybysze z chłodniejszych regionów Europy wchodzili natomiast w środowisko, z którym ich układ odpornościowy nigdy się nie zetknął.

Różnica ta nie oznaczała, że miejscowi byli bezpieczni. Malaria zabijała dzieci, kobiety ciężarne i osoby osłabione, a wielokrotne infekcje wyniszczały dorosłych. Jednak dorosły mieszkaniec obszaru endemicznego mógł przechodzić zakażenie łagodniej niż żołnierz przybyły z północy. Dla armii cesarskich różnica pomiędzy odpornością względną a jej całkowitym brakiem miała znaczenie strategiczne.

Wyprawy na Rzym wielokrotnie kończyły się epidemiami. Najbardziej znany przykład pochodzi z 1167 roku. Wojska Fryderyka I Barbarossy zdobyły miasto, lecz wkrótce w armii wybuchła gwałtowna choroba. Zmarli liczni moi, duchowni i dowódcy, a cesarz został zmuszony do odwrotu za Alpy. Źródła mówią o „zarazie”; część badaczy wskazuje malarię, inni dopuszczają czerwonkę, dur lub kombinację kilku infekcji. Sezon, teren i charakter zachorowań czynią malarię bardzo prawdopodobną, lecz nie całkowicie pewną.

W przekazanych notatkach kampanię z 1022 roku przypisano Ottonowi I. Jest to niemożliwe, ponieważ cesarz zmarł w 973 roku. Chodziło zapewne o wyprawę Henryka II do południowej Italii, podczas której choroby rzeczywiście poważnie osłabiły armię cesarską. Błąd ten pokazuje, jak łatwo w opowieściach o „rzymskiej gorączce” połączyć wydarzenia z różnych epok i przypisać malarii każdą nieudaną wyprawę.

Krucjaty: Europejczycy w nowym środowisku

Krzyżowcy przybywający do Lewantu stykali się z klimatem, pasożytami i chorobami odmiennymi od tych, które znali w Europie Północnej i Zachodniej. Długie oblężenia, niedobory wody, niedożywienie i brak odpowiednich warunków sanitarnych sprzyjały epidemiom. W źródłach pojawiają się gorączki, biegunki, osłabienie i nagłe zgony. Część z nich mogła być spowodowana malarią, częścią dudem, czerwonką lub innymi infekcjami.

Muzułmańscy obrońcy nie byli odporni na choroby, ale lepiej znali lokalne warunki. Wiedzieli, które tereny stają się niebezpieczne w określonej porze roku, gdzie rozbić obozy i jak planować ruchy wojsk. Wielu mieszkańców regionu posiadało także częściową odporność nabytą wskutek wielokrotnych zakażeń. Była to przewaga niewidoczna na mapie, a mogąca decydować o tym, która armia zachowa sprawność po kilku tygodniach kampanii.

Nie należy natomiast bezkrytycznie powtarzać dokładnych danych mówiących, że podczas trzeciej krucjaty malaria zabiła określony procent wszystkich Europejczyków. Średniowieczne rejestry nie pozwalają zwykle precyzyjnie rozdzielić zgonów spowodowanych malarią, czerwonką, dudem, głodem i ranami. Pewne jest, że choroby stanowiły jeden z najważniejszych problemów krzyżowców. Mniej pewne — jaki udział miała każda z nich.

Mongołowie i mokra równina — konieczna korekta

Malaria bywa także wymieniana jako przyczyna wycofania się Mongołów z Europy Środkowej w 1242 roku. Twierdzenie to jest słabo udokumentowane. Co więcej, nie była to armia Czyngis-chana, jak niekiedy można przeczytać. Czyngis-chan zmarł w

1227 roku, czternaście lat przed najazdem na Węgry. Wyprawą kierowali między innymi Batu-chan i Subedej.

Badania środowiskowe wskazują, że zima i wiosna 1242 roku były wilgotne, a Nizina Węgierska zamieniła się miejscami w grząski teren. Mogło to utrudnić przemieszczanie tysięcy koni, ograniczyć dostęp do pastwisk i uczynić oblężenia bardziej kłopotliwymi. Nie jest to jednak dowód na epidemię malarii. W tym przypadku wpływ środowiska był zapewne przede wszystkim logistyczny, a decyzja o odwołaniu miała również przyczyny polityczne i strategiczne.

W historii chorób równie ważne jak wskazywanie rzeczywistych przypadków jest odrzucanie tych, które powstały przez powtarzanie atrakcyjnych, lecz niepotwierdzonych opowieści.

WCZESNA NOWOŻYTNOŚĆ

Komar w cieniu imperiów. Nowe szlaki ludzi, pasożytów i komarów

Od końca XV wieku oceany połączyły odległe populacje w sposób wcześniej niespotykany. Statki przewoziły żołnierzy, osadników, niewolników, zwierzęta i towary, a wraz z nimi patogeny. Malaria rozprzestrzeniła się w obu Amerykach na wielką skalę, choć spory dotyczące jej ewentualnej obecności przed Kolumbem nie zostały całkowicie zamknięte.

Na plantacjach, w portach i garnizonach tropikalnych spotkały się populacje o różnej historii biologicznej. Europejczycy byli szczególnie podatni na ciężką malarię tropikalną i żółtą febrę. Wielu mieszkańców Afryki Zachodniej pochodziło z obszarów, gdzie malaria występowała od pokoleń. Nie byli odporni w pełnym znaczeniu tego słowa, ale część z nich posiadała odporność nabytą lub warianty genetyczne zmniejszające ryzyko ciężkiego przebiegu niektórych postaci choroby.

Różnice te zostały wykorzystane przez kolonialne systemy gospodarcze. Nie były pierwotną przyczyną niewolnictwa, którego fundamentem pozostawały przemoc, zysk i rasistowska ideologia, lecz wpłynęły na jego rozwój. Właściciele plantacji uznawali ludzi pochodzących z Afryki za bardziej zdolnych do pracy w regionach, w których Europejczycy i rdzenni mieszkańcy masowo chorowali. Biologia pasożyta została w ten sposób wprzęgnięta w ekonomię przymusowej pracy.

Malaria działała też jak bariera kolonialna. Europejskie garnizony długo utrzymywały się głównie na wybrzeżach Afryki, podczas gdy wyprawy w głąb kontynentu ponosiły ogromne straty. Dopiero szersze stosowanie chininy w XIX wieku zmniejszyło tę naturalną przewagę wnętrza kontynentu i ułatwiło europejską ekspansję imperialną.

Od kory chinowca do wojskowej profilaktyki

Kora południowoamerykańskich drzew z rodzaju *Cinchona* dotarła do Europy w XVII wieku. Zawarta w niej chinina stała się pierwszym skutecznym środkiem

przeciwmalarycznym. Jej działanie długo otaczała aura tajemnicy, sporów religijnych i handlowej rywalizacji. Z czasem okazało się jednak, że posiadanie zapasu chininy może być równie ważne jak posiadanie amunicji.

Lek nie rozwiązywał wszystkich problemów. Był gorzki, powodował działania niepożądane, wymagał regularnego stosowania, a dostawy zależały od kolonialnego handlu. Mimo to umożliwiał prowadzenie kampanii w miejscach, które wcześniej uważano za niemal niedostępne dla europejskich wojsk. Wraz z chininą malaria zaczynała przechodzić z kategorii fatum do kategorii zagrożenia, którym można częściowo zarządzać.

XVIII I XIX WIEK

Gorączka rozstrzyga rewolucje

Niepodległość Stanów Zjednoczonych i sezonowy sprzymierzeniec

W czasie amerykańskiej wojny o niepodległość malaria była powszechna na nizinach południowych kolonii. Miejscowi żołnierze, narażeni na zakażenia od dzieciństwa, mogli posiadać częściową odporność. Brytyjscy rekruci przybywający z Europy wchodzili w środowisko epidemiologiczne, którego nie znali.

Latem 1780 roku choroby poważnie ograniczyły zdolność bojową wojsk brytyjskich w Karolinie Południowej. Rok później armia generała Charlesa Cornwallisa znalazła się w Yorktown, na półwyspie otoczonym wodami zatoki Chesapeake. Jesienią wielu Brytyjczyków cierpiało na gorączki, prawdopodobnie w znacznej części malaryczne. Siły amerykańskie i francuskie miały znacznie niższy odsetek chorych. Gdy rozpoczęło się oblężenie, Cornwallis dowodził armią osłabioną nie tylko przewagą przeciwnika, lecz także epidemią.

Malaria nie zastąpiła francuskiej floty, artylerii oblężniczej ani decyzji Jerzego Waszyngtona. Pomogła jednak stworzyć warunki, w których brytyjski dowódca nie mógł skutecznie manewrować i ostatecznie skapitulował. W tym sensie komary z nizin Wirginii stały się niezamierzonym sprzymierzeńcem rewolucji amerykańskiej.

Haiti: gdy dwie choroby broniły rewolucji

Jeszcze bardziej dramatyczny związek pomiędzy chorobami a wojną pojawił się na Haiti. W 1791 roku na francuskiej kolonii Saint-Domingue wybuchło powstanie niewolników. Najbogatsza kolonia cukrowa świata pogrążyła się w wojnie, która doprowadziła do powstania pierwszego niepodległego państwa utworzonego przez byłych niewolników.

Najpierw interweniowali Brytyjczycy, a następnie Napoleon wysłał wielki korpus ekspedycyjny pod dowództwem Charles'a Leclerca. Europejscy żołnierze ginęli tysiącami. W wielu popularnych opowieściach wszystkie te zgony przypisuje się malarii. W rzeczywistości głównym zabójcą była prawdopodobnie żółta febra, choć malaria również występowała i osłabiała wojska.

Dawne raporty nie zawsze pozwalają rozdzielić obie choroby. Łączyła je wysoka gorączka i związek z komarami, lecz wywoływały je zupełnie inne patogeny. Żółta febra mogła zabić nieodpornego Europejczyka w ciągu kilku dni. Malaria częściej powodowała powtarzające się napady, niedokrwistość i długotrwałą niezdolność do służby. Razem stworzyły barierę, której armie kolonialne nie zdołały przełamać.

Kłęska wyprawy przyczyniła się do rezygnacji Napoleona z ambicji w Ameryce Północnej i sprzedaży Luizjany Stanom Zjednoczonym. Był to jeden z najbardziej spektakularnych przykładów sytuacji, w której choroby przenoszone przez komary wpłynęły nie tylko na wynik kampanii, ale także na mapę kontynentu.

Walcheren: armia zniszczona bez wielkiej bitwy

W 1809 roku Wielka Brytania wysłała około czterdziestu tysięcy żołnierzy na holenderską wyspę Walcheren. Celem było zniszczenie francuskich okrętów i arsenałów oraz otwarcie nowego frontu przeciw Napoleonowi. Kampania zakończyła się medyczną katastrofą.

Wyspa leżała w wilgotnej delcie Skaldy. Jej kanały, groble i podmokłe tereny sprzyjały komarom, a jakość wody pitnej była bardzo zła. Wkrótce tysiące żołnierzy zachorowały na tak zwaną gorączkę Walcheren. W walce zginęła niewielka liczba ludzi, podczas gdy choroba wyłączyła z działań znaczną część armii. Wielu żołnierzy cierpiało na nawroty jeszcze po powrocie do Wielkiej Brytanii.

Nie była to zapewne jedna choroba. Obraz kliniczny wskazuje na mieszaninę malarii, duru brzuszego, czerwonki i innych infekcji. Część chorych mogła doświadczać nawrotów malarii wywołanej przez *Plasmodium vivax*, której formy przetrwalnikowe pozostają w wątrobie i mogą uaktywniać się po wielu miesiącach.

Napoleon i jego dowódcy wiedzieli, że Walcheren jest miejscem „gorączkowym”. Nie znali jednak roli komarów, odkrytej dopiero pod koniec XIX wieku. Dlatego twierdzenie, że Napoleon świadomie hodował komary jako broń biologiczną, jest anachronizmem. Mógł wykorzystywać opinię o niezdrowym terenie, a działania wojenne i zalewanie pól mogły zwiększyć zagrożenie. Nie oznacza to, że rozumiał cykl rozwojowy zarodźca ani projektował atak entomologiczny w dzisiejszym znaczeniu.

Mantua i granice historycznej pewności

W zestawieniach dotyczących historii broni biologicznej często pojawia się informacja, że podczas oblężenia Mantui w latach 1796–1797 Napoleon nakazał zalanie równin, aby zwiększyć występowanie malarii wśród Austriaków. Informację tę powtarzają współczesne opracowania medyczne, lecz jej dokładna podstawa źródłowa jest mniej pewna niż sugerują popularne chronologie.

Mantua rzeczywiście leżała w krajobrazie jezior, kanałów i mokradeł, a malaria stanowiła poważne zagrożenie. Zalewanie terenu było także tradycyjną metodą obronną, utrudniającą ruch wojsk. Aby uznać takie działanie za świadome użycie

broni biologicznej, należałoby wykazać, że głównym celem było wywołanie choroby, a nie stworzenie przeszkody terenowej. Tego rodzaju intencję trudno dowieść.

Przypadek Mantui znajduje się zatem na pograniczu historii wojskowości, historii środowiska i późniejszej interpretacji. Pokazuje zarazem, jak łatwo wiedzę zdobytą w XX wieku przypisać dowódcom żyjącym przed odkryciem roli komarów.

Wojna secesyjna: milion diagnoz

Podczas wojny secesyjnej w Stanach Zjednoczonych choroby spowodowały około dwóch trzecich zgonów żołnierzy. W armii Unii zarejestrowano ponad 1,3 miliona przypadków rozpoznawanych jako malaria lub gorączki malaryczne. Oznaczało to, że wielu żołnierzy chorowało kilkakrotnie.

Dane te należy interpretować ostrożnie. Lekarze wojskowi nie dysponowali mikroskopowym potwierdzeniem zakażenia, a określenia takie jak „gorączka okresowa”, „gorączka nawracająca” czy „gorączka tyfoidalno-malaryczna” obejmowały zapewne różne choroby. Nie ulega jednak wątpliwości, że malaria była powszechna w dolinach rzek, na podmokłych terenach Południa i wokół obozów wojskowych.

Chinina była stosowana jako lek oraz środek profilaktyczny. Władze Unii posiadały lepszy dostęp do dostaw, podczas gdy blokada morska utrudniała Konfederacji pozyskiwanie chininy. Powstawały substytuty i domowe preparaty, zwykle znacznie mniej skuteczne. Wojna pokazała, że zaplecze farmaceutyczne może być elementem przewagi strategicznej równie istotnym jak transport i produkcja broni.

Madagaskar: trzydzieści ofiar walki, tysiące ofiar chorób

Podczas francuskiej wyprawy na Madagaskar w 1895 roku armia kolonialna poniosła niewielkie straty w bezpośrednich starciach, ale tysiące żołnierzy zmarły z powodu chorób, przede wszystkim malarii, czerwonki i duru. Była to jedna z najbardziej ponurych ilustracji zasady, że zdobycie stolicy przeciwnika nie musi oznaczać zwycięstwa nad środowiskiem.

Podobne doświadczenia towarzyszyły europejskim wyprawom kolonialnym w Afryce i Azji. Żołnierze mogli pokonać miejscową armię, lecz nie potrafili utrzymać garnizonów bez stałych dostaw chininy, lekarzy i rozbudowanych środków ochrony. Imperium opierało się więc nie tylko na karabinach i okrętach, ale również na farmakologii, osuszaniu terenu i kontroli owadów.

PIERWSZA WOJNA ŚWIATOWA

Okopy, bagna i „armie w szpitalach”

Pierwsza wojna światowa była konfliktem przemysłowym, lecz jej żołnierze nadal przegrywali z pasożytem znanym od starożytności. Walki toczyły się w Europie, na Bliskim Wschodzie i w Afryce — również na terenach, gdzie malaria była

endemiczna. Ruchy milionów ludzi, masowe roboty ziemne i niszczenie infrastruktury stworzyły warunki do epidemii na ogromną skalę.

Szacuje się, że podczas wojny zachorowało co najmniej półtora miliona żołnierzy. Wielkie epidemie występowały w Macedonii, Palestynie, Mezopotamii i we Włoszech. Liczby te nie obejmują całej ludności cywilnej, która doświadczała głodu, przesiedleń i załamania opieki zdrowotnej.

Front salonicki — więcej łóżek niż bagnetów

Najbardziej znanym przykładem był front macedoński, nazywany salonickim. Wojska Ententy wylądowały w Salonikach, a następnie prowadziły działania w dolinach rzek Wardar i Struma. Okolica była pełna mokradeł, pól ryżowych, kanałów i rozlewisk. Latem pojawiały się ogromne liczby komarów.

W armiach brytyjskiej i francuskiej zachorowania przybrały rozmiary katastrofy. Liczba hospitalizacji mogła przewyższać liczbę żołnierzy, ponieważ ta sama osoba trafiała do szpitala wielokrotnie wskutek nawrotów. Na niektórych odcinkach oddziały istniały formalnie, lecz w praktyce większość ich żołnierzy leżała z gorączką. Jeden z francuskich dowódców miał gorzko zauważyć, że jego armia znajduje się w szpitalu.

Francuzi stosowali profilaktykę chininową bardziej konsekwentnie niż Brytyjczycy i osiągnęli nieco lepsze wyniki. Sama dostępność leku nie wystarczała. Żołnierze niechętnie przyjmowali gorzką chininę, zwłaszcza gdy wywoływała szumy uszne, nudności i zaburzenia widzenia. Konieczne było egzekwowanie profilaktyki przez dowódców.

Na front przybył Ronald Ross, który w 1897 roku wykazał rolę komara w przenoszeniu malarii. Jego zalecenia obejmowały nie tylko chininę, ale też moskitiery, osuszanie zbiorników wodnych, zabezpieczanie kwater i ograniczanie kontaktu z komarami. Wojna ujawniła jednak przepaść między wiedzą naukową a możliwością jej zastosowania w błocie, chaosie i ciągłym zagrożeniu ostrzałem.

Włoska „armia malaryczna”

Na froncie włoskim walki toczyły się także na nizinach Wenecji Euganejskiej, gdzie występowały odpowiednie gatunki komarów. Okopy i leje po pociskach gromadziły wodę. Działania przeciągały się do zmierzchu i świtu, gdy wiele komarów *Anopheles* jest szczególnie aktywnych.

Przed wojną Włochy odnosiły sukcesy w ograniczaniu malarii. Państwo prowadziło dystrybucję chininy, poprawiało warunki mieszkaniowe i osuszało tereny podmokłe. Wojna odwróciła ten trend. Wzrosła zachorowalność wśród żołnierzy i cywilów, brakowało personelu, a ruchy ludności ponownie wprowadzały pasożyty do regionów objętych kontrolą.

Front pokazał, że program zwalczania malarii może być budowany przez dziesięciolecia, a następnie zniszczony w ciągu kilku sezonów wojennych.

DRUGA WOJNA ŚWIATOWA

Wojna o wyspy, chininę i dyscyplinę sanitarną. Pacyfik: wróg, którego nie było widać

Podczas drugiej wojny światowej malaria stała się jednym z największych zagrożeń na Pacyfiku. Filipiny, Nowa Gwinea, Wyspy Salomona i liczne archipelagi posiadały idealne warunki do transmisji. Żołnierze walczyli w dżungli, spali bez odpowiedniej ochrony, kopali rowy i godzinami przebywali w mokrej odzieży.

Na początku kampanii część dowódców traktowała profilaktykę jako sprawę drugorzędną. W rezultacie wskaźniki zachorowań rosły do poziomu, przy którym całe jednostki przestawały być zdolne do działania.

Na półwyspie Bataan w 1942 roku malaria, głód, czerwotka i brak zaopatrzenia wyniszczyły amerykańskich i filipińskich obrońców. Nie można twierdzić, że sama malaria spowodowała kapitulację, lecz była jednym z najważniejszych czynników odbierających wojskom zdolność oporu.

Na Nowej Gwinei liczba przypadków chorób tropikalnych wielokrotnie przewyższała liczbę rannych w walce. W kampaniach z 1942 roku wśród wojsk australijskich i amerykańskich odnotowano dziesiątki tysięcy zachorowań. Malaria była najczęstszą przyczyną utraty zdolności bojowej.

Guadalcanal — dwie armie przeciw jednemu pasożytowi

Na Guadalcanal malaria atakowała zarówno Amerykanów, jak i Japończyków. Amerykańskie oddziały cierpiały wskutek niedoboru leków, nieprzestrzegania profilaktyki i braku doświadczenia w wojnie tropikalnej. Japończycy znaleźli się jednak w jeszcze gorszej sytuacji. Ich system zaopatrzenia załamał się, brakowało żywności i lekarstw, a żołnierze chorowali równocześnie na malarię, czerwotkę, beri-beri i inne choroby niedoborowe.

Malaria nie była jedyną przyczyną klęski Japonii na wyspie, ale zwielokrotniła znaczenie amerykańskiej przewagi logistycznej. Armia pozbawiona żywności, leków i możliwości ewakuacji chorych traciła ludzi bez względu na to, ile karabinów pozostawało w magazynach.

W czasie całej wojny w siłach amerykańskich odnotowano setki tysięcy przypadków malarii. W samym 1943 roku w południowej i południowo-zachodniej części Pacyfiku zgłoszono ponad sto tysięcy zachorowań. Stopniowo sytuację opanowano dzięki połączeniu kilku działań: stosowaniu leków, moskitier i repelentów, osuszaniu zbiorników wodnych, opryskom, kontroli larw oraz — co okazało się kluczowe — egzekwowaniu zaleceń przez dowódców.

Utracona chinina i żółte tabletki atebryny

Przed wojną większość światowej chininy pochodziła z plantacji na Jawie. Japońskie zajęcie wyspy odcięło aliantów od głównego źródła leku. Znaczenia nabrały syntetyczne środki przeciwmalaryczne, zwłaszcza atebryna, czyli kinakryna.

Lek był skuteczny w hamowaniu choroby, ale wywoływał działania niepożądane, między innymi żółte zabarwienie skóry. Wśród żołnierzy krążyły pogłoski, że powoduje bezpłodność. Wielu potajemnie wyrzucało tabletki. Dopiero gdy dowódcy zaczęli nadzorować ich przyjmowanie, wskaźniki zachorowań spadły.

Doświadczenie Pacyfiku dowiodło, że walka z malarią jest problemem nie tylko medycznym, ale organizacyjnym i psychologicznym. Można posiadać skuteczny lek, lecz przegrać, jeżeli żołnierze go nie stosują, a dowództwo uważa profilaktykę za przeszkodę w „prawdziwej” wojnie.

Od kontroli malarii do powstania CDC

Malaria zagrażała nie tylko wojskom zamorskim. W południowych stanach USA znajdowały się bazy szkoleniowe położone w regionach, gdzie transmisja wciąż była możliwa. W 1942 roku powołano program Malaria Control in War Areas, którego zadaniem było ograniczanie komarów i ochrona terenów wokół baz oraz zakładów pracujących na potrzeby wojny.

Program prowadził osuszanie terenu, kontrolę larw, opryski i szkolenie personelu. Po wojnie jego doświadczenia oraz część kadr stały się podstawą utworzonego w 1946 roku Communicable Disease Center — późniejszych Centrów Kontroli i Prewencji Chorób, znanych jako CDC. Jedna z najważniejszych instytucji zdrowia publicznego na świecie wyrosła więc bezpośrednio z wojennej walki z malarią.

KIEDY ŚRODOWISKO STAJE SIĘ BRONIĄ

Malaria różni się od większości klasycznych czynników broni biologicznej. Zarodźca nie przenosi się łatwo bezpośrednio z człowieka na człowieka. Potrzebuje komara, odpowiedniej temperatury i czasu, aby przejść kolejne etapy rozwoju. Nie wystarczy zanieczyścić wodę ani rozpylić pasożyta w powietrzu.

Dlatego ewentualne militarne wykorzystanie malarii musiałoby przyjąć jedną z trzech form.

Pierwszą jest świadome skierowanie wojsk przeciwnika na teren endemiczny lub wykorzystanie wiedzy o sezonowych „gorączkach”. Tego rodzaju działania podejmowano jeszcze przed poznaniem komarowego mechanizmu transmisji.

Drugą jest manipulowanie środowiskiem: zalewanie pól, niszczenie systemów odwadniających lub tworzenie mokradeł. Problem polega na ustaleniu intencji. Te same działania mogą służyć celom militarnym, takim jak zatrzymanie czołgów i piechoty, a jednocześnie zwiększać liczbę komarów.

Trzecią, najbardziej dosłowną formą, byłoby użycie zakażonych komarów jako żywych nosicieli pasożyta. Taki pomysł pojawił się w XX wieku, gdy poznano cykl rozwojowy malarii i rozwinęła się możliwość masowej hodowli owadów. Pozostał jednak technicznie trudny, nieprzewidywalny i ryzykowny również dla strony atakującej.

BAGNA PONTYJSKIE

Katastrofa ekologiczna czy atak biologiczny?

Bagna Pontyjskie na południe od Rzymu przez stulecia były jednym z najbardziej malarycznych regionów Europy. W latach trzydziestych XX wieku władze faszystowskich Włoch przeprowadziły wielki program osuszania i kolonizacji terenu. Powstały kanały, pompy, nowe miasta i gospodarstwa. Propaganda Mussoliniego przedstawiała przedsięwzięcie jako triumf państwa nad naturą.

Po kapitulacji Włoch w 1943 roku teren znalazł się na drodze alianckiego marszu ku Rzymowi. Wycofujące się wojska niemieckie zniszczyły urządzenia odwadniające, zatrzymały pompy i doprowadziły do ponownego zalania znacznych obszarów, między innymi słoną wodą. Działanie miało niewątpliwy cel militarny: stworzenie przeszkody terenowej oraz utrudnienie wykorzystania dróg i pól.

Skutkiem była ekologiczna katastrofa. Zasolenie zniszczyło uprawy, ludność została wypędzona, a siedliska komara *Anopheles labranchiae* ponownie się rozrosły. W latach 1944–1945 liczba przypadków malarii wśród włoskich cywilów gwałtownie wzrosła.

Historyk Frank Snowden interpretował te działania jako świadomą próbę wykorzystania malarii — szczególny przypadek wojny biologicznej w Europie. Według tej koncepcji niemieccy specjaliści znali ekologię lokalnego komara i mogli przewidywać epidemię.

Inni badacze, przede wszystkim Erhard Geissler i Jeanne Guillemin, zakwestionowali tak daleko idący wniosek. Ich zdaniem dokumenty potwierdzają celowe zalanie i zniszczenie infrastruktury, ale nie dowodzą, że Niemcy prowadzili skoordynowany plan zakażenia ludności i wojsk malarią. Nie znaleziono wystarczających podstaw dla popularnej opowieści o celowym wprowadzeniu „milionów zakażonych larw”. Larwy komarów nie są zresztą zakażone zarodźcami w taki sposób, jak sugeruje to uproszczona narracja; komar nabywa pasożyta, pobierając krew zakażonego człowieka.

Najuczciwszy wniosek brzmi więc następująco: niemieckie wojska świadomie zniszczyły system melioracyjny i stworzyły warunki sprzyjające powrotowi malarii. Wiedziały, że region ma malaryczną przeszłość. Nie ma jednak powszechnej zgody, czy głównym celem była epidemia, czy też epidemia była przewidywalnym skutkiem taktyki „spalonej ziemi”.

Spór nie zmienia losu miejscowej ludności. Bez względu na klasyfikację prawną i wojskową to cywile ponieśli największe konsekwencje zniszczenia środowiska.

DACHAU

Ludzie jako materiał doświadczalny, komary jako możliwa broń

Historia eksperymentów malarycznych w Dachau obejmuje dwa różne, choć często łączone ze sobą programy: zbrodnicze doświadczenia na więźniach oraz badania entomologiczne prowadzone w instytucie SS. Rozróżnienie jest konieczne, ponieważ tylko drugi program bywa wiązany bezpośrednio z projektem broni biologicznej.

Eksperymenty Clausa Schillinga

Od 1942 roku lekarz i specjalista medycyny tropikalnej Claus Schilling prowadził w obozie koncentracyjnym Dachau eksperymenty nad malarią. Ponad tysiąc więźniów zakażano poprzez ukąszenia komarów lub podawanie materiału zawierającego pasożyty. Następnie testowano na nich różne leki i schematy terapii.

Więźniowie nie wyrażali dobrowolnej zgody. Byli narażani na wysoką gorączkę, niedokrwistość, uszkodzenia narządów i działania toksycznych dawek preparatów. Część zmarła bezpośrednio wskutek zakażenia lub leczenia, inni doznali trwałego uszczerbku na zdrowiu. Amerykańskie Muzeum Pamięci Holokaustu podaje, że Schilling zakażył malarią ponad tysiąc więźniów. Po wojnie został skazany za zbrodnie wojenne i stracony w 1946 roku.

Celem jego doświadczeń było między innymi badanie odporności oraz skuteczności leków. Były to eksperymenty medyczne prowadzone z całkowitym pogwałceniem praw człowieka. Nie są jednak same w sobie dowodem na plan wykorzystania malarii jako broni. Zbrodniczy charakter wynikał z przymusu, cierpienia i śmierci więźniów, niezależnie od tego, czy wyniki miały służyć leczeniu żołnierzy, czy innym celom.

Instytut Entomologiczny Waffen-SS

Osobną instytucję utworzono w 1942 roku na terenie Dachau z rozkazu Heinricha Himmlera. Instytut Entomologiczny Waffen-SS miał badać owady szkodliwe dla ludzi oraz metody ich zwalczania. Kierował nim Eduard May.

W zachowanych protokołach znajdują się badania nad hodowlą komarów i ich zdolnością przetrwania bez pożywienia. Porównywano gatunki pod kątem wytrzymałości podczas transportu. Klaus Reinhardt, który opublikował analizę dokumentów w 2013 roku, uznał te eksperymenty za dowód istnienia ofensywnego programu broni biologicznej. Jego zdaniem poszukiwano komara zdolnego przetrwać transport, a następnie zrzut nad terytorium przeciwnika.

Interpretacja ta wywołała dyskusję. Badania nad długością życia owadów mogły mieć zastosowanie ofensywne, ale również obronne i sanitarne. W naukach o broni biologicznej istnieje problem „podwójnego zastosowania”: podobne eksperymenty są potrzebne zarówno do opracowania ataku, jak i do ochrony przed nim.

Krytycy zwracają uwagę, że instytut posiadał skromne zaplecze, doświadczenia pozostawały na bardzo wczesnym etapie, a nie znaleziono dowodu na skonstruowanie pojemników, przeprowadzenie skutecznego zrzutu ani zakażenie populacji przeciwnika. Nawet jeśli intencja części badaczy była ofensywna, program znajdował się daleko od uzyskania działającej broni.

Dlatego zdanie „Niemcy zrzucali zakażone komary na aliantów” jest fałszywe. Wiarygodniejsze jest stwierdzenie, że w kręgu SS badano wykonalność wykorzystania komarów jako nosicieli, lecz nie ma dowodów, aby projekt osiągnął etap operacyjny.

DRUGA POŁOWA XX WIEKU

Od Korei i Wietnamu do artemizyniny

Korea: powracająca gorączka

Podczas wojny koreańskiej dominowała malaria wywołwana przez *Plasmodium vivax*. Jej szczególną cechą jest możliwość tworzenia w wątrobie form uśpionych, które mogą powodować nawroty po wielu miesiącach. Żołnierz mógł więc zachorować już po opuszczeniu strefy działań.

Wśród wojsk amerykańskich odnotowano tysiące przypadków podczas wojny i dziesiątki tysięcy hospitalizacji, jeśli uwzględnić zachorowania oraz nawroty rozpoznawane po powrocie. Malaria rzadko zabijała tak szybko jak *P. falciparum*, ale powodowała długą niezdolność do służby i obciążała szpitale.

Doświadczenia wojny koreańskiej doprowadziły do ulepszania profilaktyki i leczenia radykalnego, którego celem było niszczenie nie tylko pasożytów obecnych we krwi, lecz także form pozostających w wątrobie.

Wietnam: wyścig pasożyta z farmakologią

W Wietnamie warunki były jeszcze trudniejsze. Dżungla, wysoka temperatura i wilgotność sprzyjały komarom, a działania małych oddziałów wymagały długotrwałego przebywania poza bazami. Ważną rolę odgrywał groźniejszy *Plasmodium falciparum*. Pojawiały się również szczepy odporne na chlorochinę.

Malaria należała do głównych przyczyn utraty zdolności bojowej. W niektórych okresach liczba hospitalizacji była porównywalna z liczbą rannych w walce. Najbardziej narażone były jednostki liniowe, ponieważ to ich żołnierze nocowali w dżungli i nie zawsze mogli stosować moskitiery.

Chorowali również żołnierze Wietnamu Północnego i partyzanci Wietkongu. Na niektórych obszarach malaria potrafiła wyłączyć z działań znaczną część oddziału. Choroba nie była sprzymierzeńcem żadnej ideologii. Korzystała z wojny prowadzonej w środowisku, które idealnie odpowiadało jej potrzebom. W wojnach koreańskiej i wietnamskiej odnotowano odpowiednio około 35 tysięcy i 65 tysięcy hospitalizacji z powodu malarii wśród żołnierzy amerykańskich.

Projekt 523 — wojna, która przyspieszyła odkrycie leku

Rosnąca oporność pasożytów stała się poważnym problemem także dla wojsk północnowietnamskich. W 1967 roku w Chińskiej Republice Ludowej uruchomiono

tajny Projekt 523, którego nazwa pochodziła od daty rozpoczęcia — 23 maja. Celem było znalezienie nowych leków przeciwmalarycznych.

W przedsięwzięciu uczestniczyły dziesiątki instytutów i setki badaczy. Zespół Tu Youyou sięgnął do dawnych chińskich tekstów medycznych opisujących zastosowanie bylicy rocznej, *Artemisia annua*. Kluczowe okazało się opracowanie metody ekstrakcji w niskiej temperaturze, która nie niszczyła aktywnej substancji.

W rezultacie wyizolowano artemizyninę, jeden z najważniejszych leków przeciwmalarycznych w historii. W 2015 roku Tu Youyou otrzymała za to odkrycie Nagrodę Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny.

Jest w tym głęboki paradoks. Wojna, która spowodowała ogromne cierpienie i tysiące zachorowań, przyspieszyła badania prowadzące do leku ratującego później miliony ludzi. Nie jest to jednak argument na rzecz wojny jako „motoru postępu”. Odkrycie zostało dokonane przez naukowców mimo politycznej przemocy i chaosu, a nie dzięki moralnej wartości konfliktu.

WSPÓŁCZESNE KONFLIKTY

Wojna bez frontu, epidemia bez granic

Współczesna armia posiada leki, szybkie testy diagnostyczne, moskitiery, repelenty i wiedzę o biologii komarów. Malaria nadal jednak powoduje zachorowania wśród żołnierzy wysyłanych do regionów endemicznych. Najczęstszym problemem nie jest brak jakiegokolwiek metody ochrony, lecz nieregularne przyjmowanie leków, niewłaściwie dobrana profilaktyka, oporność pasożytów oraz niedostosowanie środków do warunków działań.

Znacznie większy ciężar ponosi ludność cywilna.

Jak wojna produkuje epidemię

Współczesny konflikt zwiększa transmisję malarii przez kilka nakładających się procesów: niszczy szpitale, laboratoria i magazyny leków; przerywa opryski i dystrybucję moskitier; zmusza personel medyczny do ucieczki; powoduje niedożywienie i niedokrwistość; niszczy kanalizację i systemy odwadniające; pozostawia leje, rowy i zbiorniki stojącej wody; przemieszcza ludzi pomiędzy obszarami o różnym poziomie transmisji; utrudnia prowadzenie nadzoru epidemiologicznego.

Pasożyt może zostać przeniesiony przez uchodźców z obszaru endemicznego do regionu, gdzie występują odpowiednie komary, ale wcześniej nie dochodziło do lokalnej transmisji. Możliwa jest też sytuacja odwrotna: ludzie pochodzący z terenów wolnych od malarii trafiają do obozu położonego w strefie wysokiej transmisji i nie posiadają żadnej częściowej odporności.

Obozy uchodźców — krajobraz idealny dla komara

Obozy dla uchodźców są często budowane w pośpiechu, na ziemi, której nikt inny nie chciał wykorzystać. Brakuje odpływów, bezpiecznych budynków i dostępu do

leczenia. Ludzie śpią w namiotach lub prowizorycznych schronieniach. Zbiorniki z wodą stoją blisko miejsc zamieszkania.

W takich warunkach malaria może rozprzestrzeniać się szybko, zwłaszcza gdy jednocześnie występują niedożywienie, anemia i inne infekcje. Szczególnie narażone są małe dzieci oraz kobiety ciężarne.

Po wojnie grecko-tureckiej malaria szerzyła się wśród ponad miliona przesiedlonych Greków. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych wysokie wskaźniki zachorowań odnotowano w obozach afgańskich uchodźców w Pakistanie, a następnie wśród ludności uciekającej z Kambodży i Mjanmy. W latach dziewięćdziesiątych malaria należała do głównych przyczyn śmierci uchodźców z Mozambiku, Etiopii i regionu Wielkich Jezior Afrykańskich.

Światowa Organizacja Zdrowia wskazuje, że kryzysy humanitarne zwiększają ryzyko malarii poprzez przesiedlenia, zmiany środowiska i przeciążenie systemów ochrony zdrowia. W 2023 roku około 80 milionów uchodźców i osób przesiedlonych wewnątrz przebywało w państwach endemicznych dla malarii, a większość z nich została zmuszona do opuszczenia domów wskutek konfliktów lub klęsk żywiołowych.

Kongo, Afganistan, Sudan, Etiopia

W Demokratycznej Republice Konga znaczna część nadmiarowych zgonów podczas wieloletnich konfliktów nie wynikała bezpośrednio z ran, lecz z malarii, biegunek, niedożywienia i innych chorób, którym w normalnych warunkach można byłoby zapobiec.

W Afganistanie wojna i ruchy ludności przyczyniały się do ponownego pojawiania się malarii w regionach, w których wcześniej ograniczono jej występowanie. Podobne mechanizmy obserwowano w Pakistanie, Sudanie Południowym, Somalii, Jemenie i Etiopii.

Współczesne epidemie pokazują, że malaria nie potrzebuje tajnego laboratorium ani wojskowego rozkazu, aby stać się narzędziem masowego zabijania. Wystarczy zniszczyć system zdrowia, przerwać dostawy leków i zmusić miliony ludzi do życia bez ochrony.

CZY MALARIA JEST SKUTECZNĄ BRONIĄ BIOLOGICZNĄ?

Z militarnego punktu widzenia malaria ma cechy, które ograniczają jej przydatność jako celowo użytej broni.

Pasożyt wymaga żywego wektora. Komary są wrażliwe na temperaturę, wilgotność, wiatr i brak odpowiednich siedlisk. Po uwolnieniu nie można łatwo kontrolować kierunku ich przemieszczania. Mogą zakazić ludność cywilną, sojuszników, a nawet żołnierzy strony atakującej.

Efekt nie jest natychmiastowy. Pomiędzy ukąszeniem a pojawieniem się objawów upływa określony czas, a transmisja zależy od wielu elementów cyklu biologicznego.

Przygotowana armia może stosować leki profilaktyczne, moskitiery, repelenty, odzież ochronną i środki owadobójcze.

Malaria nie jest więc wygodną ani precyzyjną bronią. Znacznie łatwiej doprowadzić do jej wzrostu pośrednio: niszcząc środowisko, wysiedlając ludność i paraliżując ochronę zdrowia. Dlatego największe zagrożenie nie wynika dziś ze zrzutu zakażonych komarów z samolotu, lecz z wojny jako całości.

To ważne rozróżnienie. Broń biologiczna kojarzy się z laboratorium, pojemnikiem i tajną operacją. Tymczasem konflikt może osiągnąć podobny skutek epidemiologiczny bez wyprodukowania ani jednego specjalnego urządzenia. Zniszczona tama, nieczynna pompa, opuszczony szpital i przerwany program oprysków mogą zwiększyć liczbę zakażeń skuteczniej niż niedopracowany projekt entomologiczny.

OD „ZŁEGO POWIETRZA” DO ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Historia wojennej malarii jest również historią narastającej wiedzy.

Starożytni wiedzieli, że niektóre miejsca są niezdrowe, ale nie rozumieli dlaczego. Lekarze XVII i XVIII wieku dysponowali korą chinowca, choć nie znali pasożyta. W 1880 roku Alphonse Laveran, pracujący w szpitalu wojskowym w Algierii, dostrzegł zarodźce we krwi chorego. W latach dziewięćdziesiątych XIX wieku Ronald Ross i włoscy badacze wyjaśnili rolę komarów.

Od tego momentu armia mogła walczyć z konkretnym przeciwnikiem. Zamiast odpędzać „miazmaty”, należało przerwać cykl transmisji: leczyć zakażonych ludzi, ograniczać liczbę komarów, chronić przed ukąszeniami i zapobiegać powstawaniu siedlisk larw.

Najtrudniejsze okazało się jednak przekonanie dowódców, że zdrowie żołnierzy jest elementem strategii. Wciąż powtarzał się ten sam błąd: profilaktykę uznawano za oznakę ostrożności niegodną wojownika, lekarzy traktowano jako przeszkodę w prowadzeniu działań, a choroby za koszt, którym można zająć się po zwycięstwie. Tymczasem malaria nie czekała na zakończenie bitwy.

Podsumowanie. Komar nie podpisuje pokoju

Malaria rzadko była jedyną przyczyną zwycięstwa lub klęski. Nie zdobywała twierdz, nie zatapiała okrętów i nie podpisywała kapitulacji. Działała subtelniej. Zmniejszała liczebność oddziałów, odbierała dowódcom możliwość manewru, przeciążała transport, szpitale i system zaopatrzenia. Powodowała, że armia istniejąca na papierze przestawała istnieć w polu.

W starożytności mogła osłabiać oblegających Syrakuzy i dziesiątkować przybyszów w Italii. W średniowieczu współtworzyła ponurą sławę letnich kampanii wokół Rzymu. W epoce imperiów utrudniała podboje, wpływała na gospodarkę plantacyjną i pomagała rewolucjonistom na Haiti oraz w Ameryce Północnej. Podczas pierwszej wojny światowej zamieniała całe armie w rzesze pacjentów. Na Pacyfiku

zmusiła dowódców do uznania tabletki przeciwmalarycznej, moskitiery i rowu odwadniającego za część wyposażenia bojowego.

Próby uczynienia z niej świadomej broni biologicznej pozostały niejednoznaczne. W Dachau prowadzono zbrodnicze eksperymenty na więźniach i badano wytrzymałość komarów. Na Bagnach Pontyjskich działania wojsk niemieckich doprowadziły do katastrofalnego powrotu choroby, choć historycy nadal spierają się o stopień biologicznej intencji. Wcześniejsze opowieści o Napoleonie „hodującym komary” są najczęściej anachronicznym uproszczeniem.

Największą bronią malarii pozostaje sama wojna. Każdy zniszczony system melioracyjny, każdy przerwany program leczenia i każde przymusowe przesiedlenie zwiększają szanse pasożyta. Komar nie zna zawieszenia broni. Dla niego opuszczone pola, ruiny i obozy uchodźców nie są krajobrazem katastrofy, lecz nowym środowiskiem życia.

Historia wojen z malarią prowadzi więc do wniosku wykraczającego poza dzieje medycyny wojskowej. Bezpieczeństwo zdrowotne ludności nie jest dodatkiem do pokoju. Jest jednym z jego fundamentów. Armia może wygrać bitwę, państwo może przesunąć granicę, a przywódca może ogłosić zwycięstwo. Jeśli jednak po odejściu żołnierzy pozostają zniszczone szpitale, stojąca woda, głód i tłumy uchodźców, wojna pasożyta trwa nadal.

I nierzadko trwa dłużej niż wojna ludzi.

Rozdział V

Wojna o noc. Od dymu nad bagnem do szczepionki — dzieje zapobiegania malarii

Choroba, przed którą broniono się, zanim ją zrozumiano

Historia zapobiegania malarii zaczęła się tysiące lat przed odkryciem zarodźca i poznaniem roli komarów. Ludzie nie wiedzieli, czym jest *Plasmodium*, nie widzieli go pod mikroskopem i nie rozumieli, że choroba potrzebuje dwóch gospodarzy: człowieka oraz samicy komara z rodzaju *Anopheles*. Dostrzegali jednak powtarzające się zależności. Gorączki nasilały się po deszczach, w dolinach rzek, wokół mokradeł i tam, gdzie nocą roiło się od owadów. Mieszkańcy takich okolic przekazywali sobie praktyczne sposoby ochrony: omijali bagna, palili aromatyczne rośliny, smarowali skórę olejami, zamykali domy o zmierzchu i spali pod tkaninami lub sieciami.

Była to wiedza niepełna, pomieszana z magią, religią i teoriami, które dziś uznalibyśmy za błędne. Mimo to część dawnych praktyk rzeczywiście ograniczała kontakt człowieka z komarem. Człowiek potrafił więc niekiedy chronić się przed malarią, chociaż nie rozumiał, przed czym właściwie się chroni.

Dzieje tej walki nie są prostą opowieścią o marszu od przesądu do nauki. To raczej historia kolejnych warstw ochronnych. Najpierw pojawiły się obserwacja i unikanie zagrożenia. Później melioracje, lepsze domy i chinina. Następnie moskitiery, środki owadobójcze, profilaktyczne podawanie leków, programy sanitarne i nadzór epidemiologiczny. W XXI wieku dołączyły do nich szczepionki oraz nowe technologie oddziałujące na komary i przenoszone przez nie pasożyty.

Malarii nigdy nie powstrzymał jeden wynalazek. Największe sukcesy odnoszono tam, gdzie równocześnie zmieniano środowisko, mieszkania, zachowania ludzi, opiekę zdrowotną i sposób działania państwa.

I. Starożytność — sieci, dym i suche wzgórza.

Indie: gorączka pory deszczowej

W dawnych Indiach choroby gorączkowe zajmowały ważne miejsce w medycynie ajurwedyjskiej. Teksty przypisywane tradycjom *Āraka Samhity* i *Suśruta Samhity* rozróżniały różne rodzaje gorączek oraz opisywały znaczenie pór roku, deszczów, wilgoci, owadów i stanu otoczenia. Nie należy utożsamiać tych przekazów ze współczesną teorią przenoszenia malarii. Nie dowodzą one, że lekarze starożytni znali cykl rozwojowy zarodźca. Pokazują jednak, jak wcześniej próbowano łączyć nawracające gorączki z określonym środowiskiem i ukąszeniami owadów.

Ochrona miała przede wszystkim charakter praktyczny. Unikano miejsc podmokłych, oczyszczano otoczenie domostw, palono zioła i drewno wydzielające intensywny dym, a ciało nacierano olejami roślinnymi. Dym mógł zmniejszać aktywność komarów lub zniechęcać je do wlatywania do pomieszczeń. Tłusta warstwa na skórze nie stanowiła niezawodnej ochrony, ale niektóre aromaty roślinne mogły działać odstraszająco.

Ajurweda wykorzystywała również rośliny, takie jak miodla indyjska, tulsia czy *Tinospora cordifolia*. Większość z nich stosowano jednak jako środki lecznicze lub wzmacniające, a nie jako profilaktykę w dzisiejszym znaczeniu. To ważne rozróżnienie. Złagodzenie gorączki nie przerywało transmisji pasożyta, podobnie jak poprawa samopoczucia chorego nie oznaczała, że przestał być źródłem zakażenia dla kolejnych komarów.

Mimo tych ograniczeń indyjska tradycja medyczna zawierała istotną intuicję: stan zdrowia człowieka zależy nie tylko od jego organizmu, lecz również od pory roku, wody, krajobrazu, owadów i sposobu urządzenia osady.

Egipt: pierwsze moskitiery

W dolinie Nilu życie zależało od wody. Coroczne wylewy użyźniały pola, ale pozostawiały też rozlewiska, kanały i płytkie zbiorniki, w których mogły rozwijać się komary. Mieszkańcy Egiptu nie znali związku między komarem a zarodźcem, lecz dobrze znali uciążliwość nocnych owadów.

Herodot opisywał mieszkańców podmokłych części Egiptu, którzy w dzień łowili ryby sieciami, a nocą rozpinając te same sieci nad posłaniem, chronili się przed owadami. Była to jedna z najstarszych odnotowanych form bariery przypominającej moskitierę. Nie była impregnowana środkiem owadobójczym i zapewne nie zawsze miała oczka wystarczająco małe, by zatrzymać wszystkie komary. Jej zasada działania była jednak identyczna jak w dzisiejszych moskitierach: oddzielić śpiącego człowieka od owada szukającego krwi.

Do ochrony używano również olejów, kadzideł, żywic i aromatycznych dymów. Olejek rycynowy mógł łagodzić podrażnienia, a palenie mirry, cedru i innych roślin utrudniało owadom przebywanie w zamkniętym pomieszczeniu. Działania te wynikały głównie z potrzeby uniknięcia ukąszeń, nie z rozpoznania malarii jako choroby przenoszonej przez komary. Z perspektywy epidemiologicznej mogły jednak nieświadomie zmniejszać liczbę zakażeń.

Historia egipskiej sieci pokazuje jedną z najważniejszych cech profilaktyki: skuteczna metoda nie zawsze musi być poprzedzona pełnym wyjaśnieniem naukowym. Czasami praktyka wyprzedza teorię o całe tysiąclecia.

Grecja i Rzym: bagna jako podejrzany krajobraz

Greccy lekarze obserwowali, że niektóre gorączki powracają rytmicznie i częściej występują w określonych porach roku oraz miejscach. Autorzy związani z tradycją hipokratejską przywiązywali wielką wagę do wód, wiatrów, położenia osad i klimatu. Nie znali pasożytów, ale budowali coś, co można uznać za wczesną geografię medyczną.

Rzymianie przejęli przekonanie o chorobotwórczym znaczeniu mokradeł. Marek Terencjusz Warron ostrzegał przed budowaniem gospodarstw w pobliżu bagien, gdzie — jak pisał — rodzą się niewidoczne, małe stworzenia, które unoszą się w powietrzu i dostają do organizmu przez usta lub nos. Kolumella również łączył podmokłe okolice z niebezpiecznymi stworzeniami i chorobą. Nie była to jeszcze teoria drobnoustrojów ani opis komarowego wektora. Mimo to w tych rozważaniach pojawiło się zaskakująco trafne przeczucie, że zagrożenie może pochodzić od niewidocznych organizmów związanych z bagnami.

Rzymscy agronomowie zalecali budowanie domów na suchych, przewiewnych wzniesieniach. Wojskowe obozy starano się zakładać w miejscach, gdzie można było zapewnić odpływ wody. Kanały, rowy melioracyjne i systemy kanalizacyjne ograniczały część podmokłych siedlisk,

choć ich głównym celem było odprowadzanie ścieków, ochrona przed powodzią i pozyskiwanie ziemi. Nie każda rzymska budowla hydrotechniczna zmniejszała liczbę komarów. Źle utrzymane kanały, cysterny i zbiorniki mogły nawet tworzyć nowe miejsca lęgowe.

Szczególne znaczenie miały próby zagospodarowania Bagien Pontyjskich na południe od Rzymu. Kolejni władcy planowali ich osuszanie, ale teren okazywał się niezwykle trudny do trwałego opanowania. Kanały zarastały, odpływy się zamulały, a mokradła powracały. Była to wczesna zapowiedź problemu, z którym przyszłe programy przeciwmalaryczne zetkną się wielokrotnie: jednorazowa akcja nie wystarcza. Każdy system wodny wymaga stałej konserwacji, finansowania i nadzoru.

Rzymianie łączyli chorobę z *mal aria* — złym powietrzem. Od tego włoskiego wyrażenia wywodzi się późniejsza nazwa malarii. Teoria miazmatów była błędna, ale zawierała część praktycznej prawdy. Bagna rzeczywiście były niebezpieczne, choć nie z powodu trujących wyziewów, lecz dlatego, że stwarzały warunki do rozmnażania niektórych gatunków komarów.

Chiny: roślina, która miała czekać na swoje odkrycie

W starożytnych i średniowiecznych Chinach stosowano preparaty z bylicy rocznej, *Artemisia annua*, na choroby gorączkowe. Był to element leczenia, nie zwalczania komarów. Współczesna nauka odkryła później, że roślina zawiera artemizyninę, związek działający na zarodźce malarii.

Historia bylicy pokazuje jednak, że leczenie również może mieć znaczenie profilaktyczne dla całej społeczności. Skuteczne usunięcie pasożytów z krwi skraca okres, w którym chory człowiek może zakażać komary. W epoce przedlaboratoryjnej nie potrafiono tego wykorzystać świadomie ani w sposób systematyczny. Dopiero nowoczesne leki i diagnostyka uczyniły szybkie leczenie jednym z narzędzi przerywania transmisji.

II. Średniowiecze — zamknięte okiennice, dzwony i „zepsute powietrze”

Upadek zachodniego Cesarstwa Rzymskiego nie zakończył malarii w Europie. Choroba utrzymywała się między innymi w basenie Morza Śródziemnego, na wybrzeżach, w dolinach rzek, na terenach zalewowych, a okresowo również znacznie dalej na północ.

Średniowieczni mieszkańcy Europy, Bliskiego Wschodu i Azji odziedziczyli przekonanie, że gorączki wiążą się z mokradłami, niezdrowym klimatem i zepsutym powietrzem. Starano się więc omijać bagna, wybierać wyżej położone miejsca zamieszkania i nie przebywać nocą na zewnątrz. W domach

palono jałowiec, sosnę, piołun, rozmaryn, żywice i kadzidła. Dym miał oczyszczać powietrze, odpędzać złe moce i usuwać chorobotwórcze wyziewy. Przy okazji mógł rzeczywiście odstraszać część owadów.

Zamykanie okiennic po zmroku, zawieszanie tkanin wokół łóżek i palenie ognia w izbach zmniejszało prawdopodobieństwo ukąszenia. Nie były to jednak metody dostępne w jednakowym stopniu dla wszystkich. Kamienny dom z dopasowanymi okiennicami chronił lepiej niż chata z nieszczelnym dachem. Łóżko otoczone tkaniną było przywilejem. Biedni rolnicy, pasterze, robotnicy rolni i żołnierze często spali na otwartej przestrzeni lub w pomieszczeniach, do których komary miały swobodny dostęp.

Zapobieganie pozostawało splecione z religią. Modlitwy, procesje, pielgrzymki, relikwie i amulety miały chronić przed gorączką albo przywracać zdrowie. W niektórych regionach odprawiano nabożeństwa przeciw „złemu powietrzu”, a dźwiękiem dzwonów próbowano rozpraszać miazmaty. Praktyki te nie wpływały na cykl rozwojowy zarodźca, ale organizowały wspólnotową reakcję na chorobę, która pozostawała niewidzialna i niezrozumiała.

Medycyna klasztorna oraz ludowa zalecały piołun, korę wierzby, czosnek i liczne mieszanki ziołowe. Upuszczano krew, wywoływano wymioty, stosowano środki przeczyszczające i diety mające przywracać równowagę płynów ustrojowych. Część roślin mogła obniżać gorączkę lub łagodzić ból, lecz upuszczanie krwi choremu, który często cierpiał już na niedokrwistość, mogło pogarszać jego stan.

Średniowieczne metody profilaktyczne były zatem mieszaniną trafnych obserwacji, nieskutecznych rytuałów oraz praktyk wręcz szkodliwych. Najważniejsza intuicja przetrwała jednak bez zmian: mokradła, noc i gorączka pozostawały ze sobą związane.

III. Wczesna nowożytność — porządkowanie krajobrazu i pojawienie się chininy

Państwo wkracza na bagna

Od XVI do XVIII wieku władcy i właściciele ziemscy coraz częściej podejmowali wielkie prace melioracyjne. Osuszanie mokradeł miało przede wszystkim powiększać obszary uprawne, umożliwiać budowę dróg, chronić miasta przed powodzią i zwiększać dochody. Tam, gdzie prace prowadziły do trwałego obniżenia poziomu wody, mogły jednocześnie ograniczać miejsca rozrodu komarów.

Nie zawsze jednak przynosiły taki skutek. Kanały irygacyjne, stawy młyńskie, rowy i źle utrzymywane zbiorniki tworzyły nowe płytkie rozlewiska.

Człowiek usuwał jedno siedlisko, a nieświadomie budował inne. Malaria zaczęła w ten sposób ujawniać swój ekologiczny charakter: jej występowanie zależało nie od samej obecności wody, lecz od rodzaju zbiornika, temperatury, roślinności, gatunku komara i bliskości ludzi.

Miasta próbowały walczyć ze złym powietrzem przez wywóz nieczystości, brukowanie ulic, oczyszczanie kanałów i zakaz składowania odpadów w pobliżu domów. Chociaż działania te opierały się na teorii miazmatów, poprawa stanu otoczenia mogła ograniczyć część lokalnych łęgówisk.

Kora, która zmieniła losy gorączki

W XVII wieku do Europy dotarła kora drzew chinowych z Ameryki Południowej. Zawarta w niej chinina stała się pierwszym skutecznym lekiem przeciw malarii. Początkowo stosowano sproszkowaną korę lub sporządzane z niej napary, później wyizolowano czynną substancję i zaczęto ustalać dawkowanie.

Chinina była przede wszystkim lekarstwem, ale szybko zaczęto przyjmować ją również profilaktycznie. Podróżnicy, administratorzy kolonialni i żołnierze zażywali regularne dawki podczas pobytu na obszarach malarycznych. Tak narodziła się chemioprofilaktyka — ochrona człowieka za pomocą leku obecnego w organizmie w chwili zakażenia lub w pierwszych etapach rozwoju pasożyta.

Metoda miała poważne ograniczenia. Chinina była gorzka, powodowała działania niepożądane, bywała fałszowana, a jej dostawy zależały od plantacji i międzynarodowego handlu. Ponadto przyjmowanie leku wymagało systematyczności. Pominięcie kolejnych dawek mogło pozbawić ochrony właśnie wtedy, gdy była najbardziej potrzebna.

Jednocześnie chinina wpłynęła na historię polityczną świata. Umożliwiła Europejczykom dłuższe przebywanie w tropikach, wspierając ekspansję kolonialną. Profilaktyka malarii nie była więc wyłącznie neutralnym osiągnięciem medycznym. Stawała się również narzędziem armii, administracji i gospodarki.

Dlaczego malaria znikła, zanim odkryto komara?

W XIX wieku malaria zaczęła ustępować z części północnej i zachodniej Europy, mimo że jej mechanizm przenoszenia pozostawał jeszcze nieznany. Przyczyniły się do tego melioracje, likwidacja niektórych stawów i rozlewisk, zmiany w rolnictwie, poprawa budownictwa, oddzielenie pomieszczeń mieszkalnych od zwierząt, lepsza dostępność chininy oraz rozwój opieki medycznej.

Nie był to skutek jednego programu. Zmieniało się całe środowisko społeczne. Szczelniejsze domy utrudniały komarom dostęp do ludzi. Okna z szybami i zamykane drzwi chroniły lepiej niż otwarte paleniska i nieszczelne ściany. Osoby gorączkujące częściej pozostawały w łóżkach wewnątrz domów, gdzie kontakt z komarami mógł być mniejszy. Poprawa odżywienia i leczenia zmniejszała ryzyko śmierci.

W niektórych okolicach wzrost liczby zwierząt gospodarskich mógł dodatkowo odciągać część komarów od ludzi. Zjawisko to, nazywane dziś zooprofilaktyką, nie jest jednak uniwersalne. Zależy od preferencji konkretnego gatunku komara. Zwierzęta mogą odciągać owady od człowieka, ale mogą też zwiększać ogólną liczebność komarów, dostarczając im obfitego źródła krwi.

Malaria znikła więc nie tylko dzięki medycynie. Ustępowała wraz z przebudową wsi, mieszkań, gospodarki wodnej i sposobu życia.

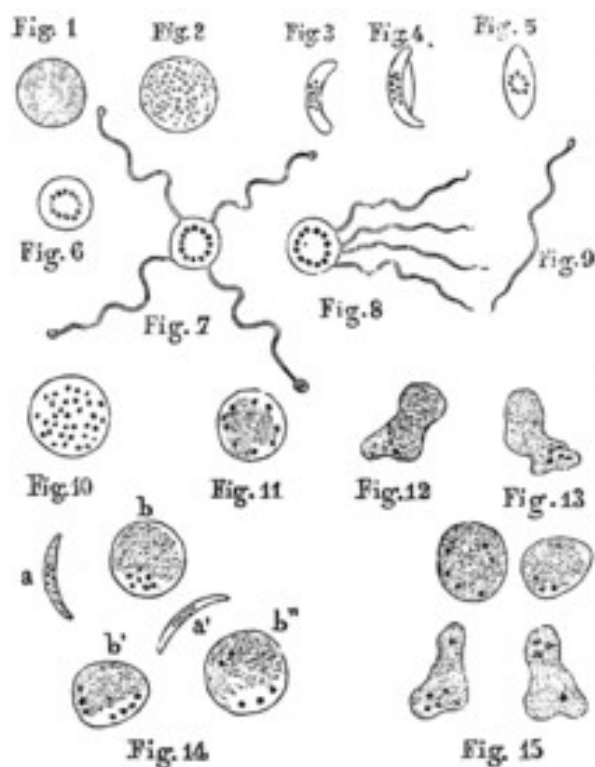
IV. Wiek XIX — od podejrzenia do dowodu

Komar staje się podejrzanym

Przez większą część XIX wieku teoria miazmatów nadal dominowała. Samo słowo „malaria” wskazywało winowajcę: złe powietrze. Jednocześnie coraz więcej lekarzy zauważało, że teoria ta nie wyjaśnia wszystkich faktów. Dlaczego osoby śpiące pod siatkami chorowały rzadziej? Dlaczego ryzyko rosło wieczorem? Dlaczego gorączki występowały tam, gdzie licznie pojawiały się określone owady?

W 1882 roku amerykański lekarz Albert Freeman Africanus King przedstawił rozbudowaną argumentację na rzecz związku komarów z malarią. Jego pomysły wydawały się wielu współczesnym fantastyczne. Proponował między innymi zabezpieczanie domów siatkami, osuszanie zbiorników i ograniczanie dostępu owadów do ludzi. Brakowało mu jednak najważniejszego: bezpośredniego dowodu biologicznego.

Tymczasem w 1880 roku Alphonse Laveran zauważył pasożyty w krwi osób chorych na malarię. Choroba przestała być jedynie skutkiem klimatu czy miazmatu. Otrzymała materialnego sprawcę. Pozostało wyjaśnić, jak pasożyt przechodzi z człowieka na człowieka.



W 1880 roku Charles Louis Alphonse Laveran zaobserwował pasożyty barwnikowe i wyłuszczenie się męskich gametocytów.

Ronald Ross i wnętrze komara

Przełom nastąpił w 1897 roku. Ronald Ross, brytyjski lekarz pracujący w Indiach, pozwalał komarom pić krew pacjentów, a następnie badał owady pod mikroskopem. W żołądku jednego z gatunków znalazł rozwijające się formy pasożyta. W kolejnych doświadczeniach, prowadzonych również na malarii ptasiej, odtworzył znaczną część cyklu rozwojowego zarodźca w komarze. Za badania nad malarią otrzymał w 1902 roku Nagrodę Nobla.

Ross udowodnił, że komar nie jest jedynie mechaniczną „strzykawką”. Pasożyt przechodzi w jego organizmie złożony rozwój. Oznaczało to, że bez odpowiedniego komara transmisja zostaje przerwana. Po raz pierwszy zapobieganie malarii mogło zostać oparte na poznanym mechanizmie biologicznym.

Włoscy badacze, wśród nich Giovanni Battista Grassi, Amico Bignami i Giuseppe Bastianelli, wykazali następnie, które komary przenoszą malarię człowieka, i doświadczalnie potwierdzili zakażenie ludzi przez widliszki. Nauka otrzymała pełny łańcuch: chory człowiek, komar *Anopheles*, rozwój pasożyta w owadzie i zakażenie następnego człowieka.

wzgórzu przestały być jedynie obyczajem. Można je było wyjaśnić biologicznie.

V. Początek XX wieku — sanitarna ofensywa

„Brygady komarowe” Ronalda Rossa

Ross uważał, że malarię można usunąć z określonych miejsc, niszcząc lęgowiska komarów. Organizował zespoły, które opróżniały naczynia, zasypywały kałuże, udrażniały odpływy, usuwały śmieci i pokrywały powierzchnię wody olejem. Warstwa oleju utrudniała larwom oddychanie.

Pierwsze kampanie pokazały jednak, że słuszna teoria nie gwarantuje sukcesu. We Freetown w Sierra Leone Ross próbował ograniczyć liczbę komarów, oczyszczając ulice i likwidując zbiorniki wody. Efekt był niewielki. Miasto otaczało zbyt wiele miejsc lęgowych, zespoły miały zbyt mało pieniędzy, a po zakończeniu prac komary szybko powracały.

Porażka była pouczająca. Kontrola wektora wymaga znajomości lokalnej biologii. Niektóre gatunki rozmnażają się w dużych mokradłach, inne w koleinach, studniach, beczkach, śladach kopyt lub niewielkich pojemnikach. Metoda skuteczna w jednym mieście może zawieść w innym. Program musi być dostosowany do konkretnego komara, krajobrazu i zachowań ludności.

Lepsze rezultaty Ross osiągnął w Ismailii przy Kanale Sueskim, gdzie można było dokładniej nadzorować wodę, zabudowę i prace sanitarne. Sukces tej kampanii umocnił przekonanie, że konsekwentne działania środowiskowe mogą radykalnie ograniczyć malarię.

Kuba: komar pod kontrolą administracji

Na początku XX wieku William Crawford Gorgas kierował działaniami sanitarnymi na Kubie. W Hawanie zwalczano zarówno komary przenoszące żółtą febrę, jak i wektory malarii. Usuwano stojącą wodę, zabezpieczano zbiorniki, stosowano olejowanie, fumigację oraz siatki w oknach i drzwiach.

Walka z komarem przestała być prywatną sprawą mieszkańca. Stała się zadaniem administracji publicznej. Inspektorzy wchodzili na posesje, sprawdzali beczki i cysterny, nakazywali usuwanie zbiorników, a niekiedy wymierzali kary. Narodziła się nowoczesna kontrola wektorów: połączenie entomologii, inżynierii, prawa, statystyki i dyscypliny organizacyjnej.

System ten był skuteczny, ale miał również autorytarny charakter. Mieszkańcy nie zawsze rozumieli cel działań, a władze często traktowały ich bardziej jako przedmiot kontroli niż partnerów. Problem udziału społeczności powróci później podczas globalnych kampanii eradykacyjnych.

Kanał Panamski: zdrowie publiczne umożliwia budowę

Francuska próba budowy Kanału Panamskiego zakończyła się katastrofą. Żółta febra, malaria, wypadki, fatalne warunki pracy i problemy finansowe dziesiątkowały robotników. Kiedy Stany Zjednoczone przejęły przedsięwzięcie w 1904 roku, Gorgas został odpowiedzialny za sanitarną ochronę strefy kanału.

Jego zespoły osuszały kałuże, budowały rowy odpływowe, kosiły roślinność, zabezpieczały beczki i cysterny, pokrywały wodę olejem, stosowały larwicydy oraz montowały siatki w budynkach. Robotnikom udostępniano chininę. W domach wyszukiwano dorosłe komary, a przypadki choroby rejestrowano i analizowano.

Rezultaty były spektakularne. Wskaźnik zgonów z powodu malarii wśród pracowników spadł z 11,59 na tysiąc w listopadzie 1906 roku do 1,23 na tysiąc w grudniu 1909 roku. Malaria nie zniknęła całkowicie, lecz przestała paraliżować przedsięwzięcie. Kanał Panamski stał się symbolem tego, że inżynieria sanitarna może być równie ważna jak koparki, kolej i dynamit.

Nie był to pierwszy przypadek ograniczenia malarii na określonym terenie, ale należał do najlepiej udokumentowanych i najbardziej widowiskowych. Pokazywał, że skoordynowany program może ochronić dziesiątki tysięcy ludzi nawet w środowisku wyjątkowo sprzyjającym komarom.

Zielony pył, olej i ryby zjadające larwy

Przed epoką nowoczesnych insektycydów próbowano niszczyć larwy na wiele sposobów. Powierzchnię wody pokrywano olejem, stosowano wyciągi ze złocienia, a od lat dwudziestych XX wieku także zieleń paryską — toksyczny związek arsenu rozsypywany w miejscach lęgowych.

Do zbiorników wprowadzano ryby żywiące się larwami, między innymi *Gambusia affinis*. Metoda działała w niektórych zamkniętych akwenach, ale jej późniejsze rozpowszechnianie przyniosło również szkody ekologiczne. Gambuzja stała się w wielu regionach gatunkiem inwazyjnym, konkurującym z miejscowymi rybami i płazami.

Historia ta zapowiada dylemat, który będzie towarzyszył zwalczaniu malarii przez całe XX stulecie: narzędzie skuteczne przeciw komarom może jednocześnie oddziaływać na inne organizmy i całe ekosystemy.

Malaria jako choroba społeczna

Nie wszyscy badacze wierzyli, że wystarczy zabijać komary. Zwracano uwagę, że malaria zanikała tam, gdzie poprawiały się warunki mieszkaniowe, żywienie, edukacja, opieka medyczna i gospodarka wodna. Szczelny dom, dostęp do lekarza i możliwość przerwania pracy podczas choroby miały znaczenie równie realne jak oprysk.

W brytyjskich posiadłościach na Malajach Malcolm Watson łączył melioracje ze szczegółową wiedzą o lokalnych gatunkach *Anopheles*. Włosi rozwijali pojęcie *bonifica integrale* — kompleksowego uzdrawiania terenu przez regulację wody, przebudowę rolnictwa, poprawę mieszkań i organizację opieki zdrowotnej.

Pojawiało się pytanie, które nie straciło aktualności: czy malarię należy zwalczać jako problem biologiczny, czy jako skutek ubóstwa? Odpowiedź brzmiała — i nadal brzmi — że jest jednym i drugim. Pasożyt potrzebuje komara, lecz epidemia potrzebuje także ludzi pozbawionych bezpiecznych domów, leczenia i skutecznej administracji.

VI. Lata 1939–1969 — era DDT i marzenie o wykorzenieniu choroby

Środek, który miał zmienić świat

DDT zsyntetyzował już w 1874 roku Othmar Zeidler, lecz jego właściwości owadobójcze rozpoznano dopiero pod koniec lat trzydziestych XX wieku dzięki badaniom Paula Hermanna Müllera. Związek był trwały, stosunkowo tani i zabijał owady po kontakcie z opryskaną powierzchnią. Müller otrzymał w 1948 roku Nagrodę Nobla za odkrycie wysokiej skuteczności DDT jako truciźny kontaktowej przeciw stawonogom.

W zwalczaniu malarii szczególne znaczenie miało opryskiwanie wewnętrznych ścian domów. Samice wielu gatunków *Anopheles* po pobraniu krwi odpoczywają na ścianach. Jeżeli powierzchnię pokryto środkiem o działaniu resztkowym, komar otrzymywał śmiertelną dawkę. Nie trzeba było opryskiwać całego krajobrazu. Wystarczyło wykorzystać zachowanie owada.

Pierwsze duże próby terenowe przeprowadzono podczas II wojny światowej we Włoszech. DDT zastosowano między innymi w Castel Volturno i w rejonie delty Tybru. Wyniki wydawały się potwierdzać, że transmisję można przerwać szybko i na wielką skalę.

Sardynia: zwycięstwo nad malarią, nie nad komarem

W latach 1946–1950 Fundacja Rockefellera przeprowadziła na Sardynii gigantyczny eksperyment. Zamierzano nie tylko przerwać transmisję, lecz

całkowicie wytępić miejscowego komara *Anopheles labranchiae*. Rozpylono setki ton DDT, kontrolowano zbiorniki wodne i przeszukiwano wyspę w poszukiwaniu larw.

Malaria została wyeliminowana, ale komar przetrwał. Była to ważna lekcja. Do uwolnienia ludzi od choroby nie zawsze trzeba usunąć cały gatunek wektora. Wystarczy obniżyć jego liczebność, skrócić długość życia owadów, zmniejszyć kontakt z człowiekiem i wyleczyć źródła pasożyta tak dalece, aby łańcuch transmisji się załamał.

Sukces Sardynii wzmocnił jednak przekonanie, że przy odpowiedniej determinacji można powtórzyć podobny wynik wszędzie.

Stany Zjednoczone: malaria znika z Południa

W dolinie Tennessee program zwalczania malarii połączono z regulacją rzeki, elektryfikacją, modernizacją rolnictwa i rozwojem regionu. Kontrolowano poziom wody w zbiornikach, likwidowano płytkie rozlewiska, stosowano insektycydy i poprawiano warunki mieszkaniowe. W 1933 roku malaria dotykała znaczną część mieszkańców doliny; w 1947 roku uznano ją tam za zasadniczo wyeliminowaną.

W 1942 roku powstała instytucja Malaria Control in War Areas, chroniąca okolice baz wojskowych i zapobiegająca ponownemu wprowadzeniu pasożyta przez powracających żołnierzy. W 1946 roku z jej struktur utworzono Communicable Disease Center — przyszłe Centers for Disease Control and Prevention.

Narodowy program eradykacji, rozpoczęty w 1947 roku, obejmował opryski DDT wewnątrz milionów domów, usuwanie lęgówisk, melioracje i nadzór nad zachorowaniami. W 1951 roku malarię uznano za wyeliminowaną w Stanach Zjednoczonych, choć formalne międzynarodowe potwierdzenie nastąpiło później. Komary *Anopheles* nie zniknęły. Zniknął natomiast stały obieg pasożyta między ludźmi a komarami.

Rok 1955: świat wypowiada malarii wojnę

W 1955 roku Światowe Zgromadzenie Zdrowia przyjęło program globalnej eradykacji malarii. Plan opierał się głównie na opryskiwaniu domów DDT, stosowaniu chlorochiny oraz aktywnym wykrywaniu przypadków. Kampanię podzielono na etapy: przygotowanie, atak, konsolidację i utrzymanie osiągniętego stanu.

Optymizm był ogromny. Wydawało się, że ludzkość posiada wszystko, czego potrzebuje: skuteczny insektycyd, tani lek, wiedzę o cyklu pasożyta i administrację zdolną dotrzeć do każdego domu.

Program odniósł znaczące sukcesy w krajach o umiarkowanym klimacie i sezonowej transmisji. Malarię eliminowano w kolejnych częściach Europy, obu Ameryk, Azji i wysp Pacyfiku. W Indiach oraz na Sri Lance liczba przypadków spadła z milionów do poziomów, które wcześniej wydawały się niewyobrażalne.

Większość Afryki Subsaharyjskiej nie została jednak objęta pełnym programem. Intensywność transmisji była tam znacznie większa, infrastruktura słabsza, a liczba zakażonych ludzi i komarów tak wysoka, że ówczesne narzędzia uznano za niewystarczające. Już ten wyjątek podważał prawdziwie globalny charakter kampanii.

Dlaczego wielki program się załamał?

Pierwszym przeciwnikiem okazała się ewolucja. Komary poddawane presji insektycydów zaczęły rozwijać odporność. Zarodźce stawały się odporne na chlorochinę. Środki, które początkowo działały niemal niezawodnie, stopniowo traciły skuteczność.

Drugim problemem była logistyka. Opryski należało powtarzać, docierać do wszystkich domów i utrzymywać wysoką jakość pracy. Wystarczyły wojna, migracja, kryzys finansowy, brak personelu albo przerwanie dostaw, by transmisja powróciła.

Trzecim błędem była nadmierna sztywność programu. Jednolita strategia nie uwzględniała dostatecznie różnic między gatunkami komarów, typami zabudowy, klimatem, kulturą i strukturą lokalnych systemów zdrowia. Część owadów odpoczywała poza domami i nie stykała się z opryskanymi ścianami. Niektóre gryzły ludzi wcześniej, zanim ci kładli się pod moskitierami. W pewnych społecznościach mieszkańcy odmawiali wpuszczania ekip opryskowych albo odnawiali ściany, usuwając warstwę insektycydu.

W 1969 roku zatrzymano globalną ofensywę w jej dotychczasowej formie. Nie oznaczało to rezygnacji z idei świata wolnego od malarii, lecz przyznanie, że dostępne narzędzia i sposób ich stosowania nie wystarczają do szybkiej eradykacji.

DDT: między ocaleniem a skażeniem

DDT uratował ogromną liczbę ludzi przed chorobami przenoszonymi przez owady. Jednocześnie jego masowe stosowanie, zwłaszcza w rolnictwie i opryskach prowadzonych na otwartej przestrzeni, doprowadziło do trwałego zanieczyszczenia środowiska. Związek gromadził się w organizmach i kolejnych ogniwach łańcuchów pokarmowych, szkodząc między innymi ptakom drapieżnym.

Publikacja *Silent Spring* Rachel Carson w 1962 roku przyczyniła się do wzrostu świadomości ekologicznych kosztów pestycydów. W Stanach Zjednoczonych zastosowania rolnicze DDT zakończono w 1972 roku. Nie należy jednak upraszczać historii do twierdzenia, że „zakaz DDT spowodował powrót malarii”. Kryzys programów rozpoczął się wcześniej i wynikał także z odporności komarów, oporności pasożytów, niedofinansowania, wojen, słabej infrastruktury i wycofywania ekip terenowych.

DDT nie jest całkowicie zakazane na świecie. Konwencja sztokholmska ogranicza jego produkcję i użycie, ale dopuszcza kontrolowane stosowanie przeciw wektorom chorób tam, gdzie brakuje równie skutecznych i dostępnych alternatyw. Jest to jednak rozwiązanie ściśle regulowane, a długoterminowym celem pozostaje zastępowanie DDT bezpieczniejszymi metodami.

VII. Lata 1970–1999 — od odwrotu do strategii zintegrowanej

Gdy malaria wróciła

Po osłabieniu programów eradykacyjnych liczba zachorowań gwałtownie wzrosła w wielu państwach. Malaria powróciła między innymi w Indiach, na Sri Lance i w części Ameryki Łacińskiej. Rozbudowywano tamy, systemy irygacyjne, kopalnie i nowe osiedla, nie zawsze uwzględniając ich wpływ na komary. Wojny i migracje przerywały leczenie oraz nadzór epidemiologiczny.

Zarazem zmieniał się sposób myślenia. Zamiast obiecywać natychmiastowe wykorzenienie choroby, zaczęto mówić o jej kontroli: zmniejszaniu liczby zachorowań, ciężkich przypadków i zgonów. Programy miały zostać włączone do podstawowej opieki zdrowotnej.

Nie zawsze się to udało. Stare, scentralizowane służby przeciwmalaryczne likwidowano lub ograniczano, zanim lokalne przychodnie otrzymały personel, laboratoria, leki i transport potrzebne do przejęcia ich zadań. W wielu miejscach powstała luka: system pionowy przestał działać, a system powszechny nie był gotowy.

Badanie w Garki: granice oprysku i leków

W latach 1969–1976 WHO prowadziła rozległe badania w rejonie Garki w północnej Nigerii. Łączono tam opryski ścian z podawaniem leków, próbując doprowadzić do przerwania transmisji.

Zachorowalność można było znacznie zmniejszyć, lecz po osłabieniu działań malaria powracała. Komary gryzły ludzi bardzo często, część z nich

odpoczywała na zewnątrz, a rezerwuuar pasożytów w populacji pozostawał ogromny. Garki pokazało, że narzędzie skuteczne w Europie czy na wyspie śródziemnomorskiej może nie wystarczyć na obszarze całorocznej, bardzo intensywnej transmisji.

Amsterdam i cztery filary kontroli

W 1992 roku podczas konferencji ministerialnej w Amsterdamie przyjęto strategię opartą na czterech elementach: szybkim rozpoznawaniu i leczeniu, selektywnych działaniach zapobiegawczych, wczesnym wykrywaniu epidemii oraz wzmacnianiu lokalnych możliwości badawczych i organizacyjnych.

Było to odejście od idei jednej, uniwersalnej recepty. Każdy kraj i region miał dobierać metody do lokalnego ryzyka. W jednym miejscu najważniejsze były opryski domów, w innym moskitiery, melioracje, profilaktyczne podawanie leków ciężarnym albo szybkie reagowanie na sezonowe epidemie.

Roll Back Malaria: powrót politycznej mobilizacji

W 1998 roku WHO, UNICEF, Program Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju i Bank Światowy uruchomiły inicjatywę Roll Back Malaria. Jej początkowym celem nie była natychmiastowa eradykacja, lecz radykalne ograniczenie liczby zachorowań i zgonów, zwłaszcza wśród dzieci i kobiet ciężarnych.

Program podkreślał znaczenie partnerstwa państw, organizacji międzynarodowych, naukowców, darczyńców, firm i lokalnych społeczności. Było to ważne przesunięcie: malaria nie miała być już problemem rozwiązywanym wyłącznie przez zagraniczne ekipy techniczne. Trwały sukces wymagał udziału mieszkańców oraz sprawnego krajowego systemu zdrowia.

W tym okresie rosło znaczenie moskitier impregnowanych pyretroidami. Moskitiera stała się jednocześnie barierą mechaniczną i pułapką chemiczną. Chroniła osobę śpiącą, a zabijając komary, mogła również zmniejszać transmisję w całej społeczności.

VIII. Pierwsze dekady XXI wieku — ochrona warstwowa

Na początku XXI wieku świat nie otrzymał jednego cudownego środka. Otrzymał natomiast zestaw narzędzi, które można było stosować równocześnie.

Podstawą stały się długotrwale impregnowane moskitiery, opryski rezydualne wewnątrz domów, szybkie testy diagnostyczne, leczenie terapiami

skojarzonymi opartymi na artemizyninie, chemioprowalacja grup szczególnie narażonych oraz coraz dokładniejszy nadzór epidemiologiczny. Od 2004 roku do krajów endemicznych dostarczono ponad trzy miliardy moskitier nasączonych środkami owadobójczymi.

Współczesna profilaktyka populacyjna działa na kilku poziomach. Moskitiera i repelent zapobiegają ukąszeniu. Oprysk skraca życie komara. Usunięcie zbiornika wodnego uniemożliwia rozwój larw. Lek profilaktyczny powstrzymuje pasożyta w organizmie człowieka. Szybkie rozpoznanie i leczenie zmniejsza liczbę ludzi, od których mogą zakażać się kolejne komary. Nadzór wykrywa ognisko, zanim przekształci się w epidemię.

Szczególne znaczenie zyskała chemioprewencja sezonowa. W regionach, gdzie większość zakażeń występuje w kilku miesiącach pory deszczowej, dzieci otrzymują leki w regularnych odstępach podczas okresu największego ryzyka. Osobne programy obejmują kobiety ciężarne oraz małe dzieci żyjące na obszarach całorocznej transmisji. WHO podkreśla, że leki profilaktyczne podaje się w określonych terminach osobom z grup ryzyka niezależnie od tego, czy w chwili podania wykryto u nich zakażenie.

Największym wrogiem stał się ponownie sukces samych interwencji. Powszechne stosowanie pyretroidów w moskitierach i rolnictwie wywierało presję selekcyjną na komary. Populacje posiadające geny odporności przeżywały i rozmnażały się. WHO uznaje dziś narastającą oporność na insektycydy za jedno z głównych zagrożeń dla dotychczasowych osiągnięć.

W odpowiedzi wprowadzono moskitiery zawierające dwa składniki aktywne. Jedna substancja atakuje układ nerwowy owada, druga uruchamia odmienny mechanizm albo blokuje enzymy pozwalające komarowi unieszkodliwić pyretroid. Badania terenowe wykazały, że moskitiery z pyretroidem i chlorfenapyrem mogą zapewniać wyraźnie lepszą ochronę niż tradycyjne siatki zawierające wyłącznie pyretroid, zwłaszcza tam, gdzie odporność jest już rozpowszechniona.

Powróciło także zainteresowanie konstrukcją domów. Siatki w oknach, zamknięte okapy, sufity oddzielające część mieszkalną od dachu i odpowiednia wentylacja ograniczają liczbę komarów wewnątrz pomieszczeń. Jest to swoisty powrót do doświadczeń Grassiego — tyle że wsparty nowoczesnymi badaniami i dostosowany do tropikalnego budownictwa.

Współczesność potwierdziła zatem dawną prawdę: ściana, okno i dach mogą być elementami systemu zdrowia publicznego

IX. Od 2021 roku — szczepionka dołącza do moskitiery

Pierwsza szczepionka przeciw pasożytowi człowieka

W październiku 2021 roku WHO zaleciła stosowanie szczepionki RTS,S/AS01 u dzieci żyjących na obszarach transmisji *Plasmodium falciparum*. Była to pierwsza szeroko rekomendowana szczepionka przeciw malarii, a zarazem pierwsza szczepionka przeznaczona do ochrony człowieka przed chorobą wywołaną przez pasożyta.

Dwa lata później WHO zarekomendowała drugi preparat — R21/Matrix-M. Obie szczepionki działają przeciw *P. falciparum*, najbardziej śmiertelnyemu gatunkowi zarodźca i głównej przyczynie malarii w Afryce. Nie zapewniają całkowitej ani dożywotniej odporności. Ich znaczenie polega na tym, że zmniejszają prawdopodobieństwo zachorowania i ciężkiego przebiegu w okresie, gdy małe dzieci są najbardziej narażone.

Do 2026 roku szczepienia przeciw malarii włączono do programów dziecięcych w 25 państwach afrykańskich, a rocznie planowano nimi obejmować ponad dziesięć milionów dzieci. Ocena programu pilotażowego RTS,S w Ghanie, Kenii i Malawi wykazała zmniejszenie śmiertelności wśród dzieci kwalifikujących się do szczepienia o około jedną ósmą oraz wyraźny spadek liczby hospitalizacji z powodu ciężkiej malarii.

Szczepionka nie zastępuje moskitiery, oprysku, chemioprewencji, diagnostyki ani leczenia. WHO zaleca ją jako część strategii zintegrowanej. Największy efekt uzyskuje się wtedy, gdy dziecko jest jednocześnie szczepione, śpi pod odpowiednią moskitierą, otrzymuje leki zapobiegawcze tam, gdzie są one wskazane, i ma szybki dostęp do testu oraz leczenia.

To fundamentalna zmiana w myśleniu. Dawne kampanie poszukiwały jednego rozstrzygającego uderzenia. Dzisiejsza strategia przypomina system wielu zamków. Każdy może zawieść, ale wszystkie razem znacznie utrudniają pasożytowi przejście od jednego człowieka do następnego.

Przestrzeń chroniona bez dymu

W 2025 roku WHO warunkowo zaleciła nową klasę narzędzi — emitery przestrzenne, nazywane również repelentami przestrzennymi. Urządzenia te stopniowo uwalniają do powietrza substancję, która odstrasza, dezorientuje lub zabija komary. Mogą uzupełniać moskitiery, zwłaszcza wtedy, gdy ludzie przebywają w domu, ale jeszcze nie śpią.

W pewnym sensie jest to nowoczesna wersja starożytnego dymu z ziół. Różnica polega na kontrolowanym dawkowaniu, sprawdzonym składzie, badaniach bezpieczeństwa oraz ocenie wpływu na zachorowalność. Jednocześnie WHO podkreśla, że nie wszystkie pytania zostały

rozstrzygnięte. Nadal bada się skuteczność emiterów stosowanych samodzielnie, ich rolę na otwartej przestrzeni i przydatność podczas kryzysów humanitarnych.

Komar, który nie potrafi przenieść pasożyta

Jednym z najbardziej niezwykłych kierunków badań jest modyfikowanie biologii samego komara. Naukowcy próbują tworzyć populacje, które nie są zdolne do przenoszenia zarodźców, albo ograniczać liczebność najgroźniejszych gatunków.

Badane są tak zwane napędy genowe, umożliwiające szybkie rozprzestrzenianie wybranej cechy w populacji. Potencjalnie można byłoby przekazywać komarom cechę bezpłodności albo oporności na *Plasmodium*. Technologia ta pozostaje jednak przedmiotem badań. Jej użycie wymaga oceny ryzyka ekologicznego, zgody społeczności, regulacji międzynarodowych i możliwości zatrzymania niepożądanych skutków. WHO opracowała zasady prowadzenia takich badań, ale nie traktuje genetycznie modyfikowanych komarów jako rutynowego narzędzia gotowego do powszechnego wdrożenia.

Inną możliwość podsunęła sama natura. U części afrykańskich komarów odkryto mikroorganizm nazwany *Microsporidia MB*. Zakażone nim owady znacznie gorzej przenoszą *Plasmodium falciparum*. Mikroorganizm może być przekazywany następnym pokoleniom komarów, co czyni go potencjalnym narzędziem blokowania transmisji. Nie znamy jednak jeszcze wszystkich mechanizmów jego działania ani konsekwencji wprowadzenia go na wielką skalę. Jest to obiecujący kierunek badawczy, nie gotowa metoda profilaktyczna.

Choroba nadal czeka na błędy człowieka

Mimo wszystkich osiągnięć malaria pozostaje jednym z największych problemów zdrowotnych świata. Według raportu WHO w 2024 roku odnotowano około 282 milionów zachorowań i 610 tysięcy zgonów. Około 95 procent przypadków i zgonów przypadało na Region Afrykański WHO, a większość ofiar stanowiły małe dzieci.

Liczby te przypominają, że wynalezienie narzędzia nie oznacza jego powszechnej dostępności. Moskitiera nie chroni, jeśli jest podarta, źle zawieszona albo zbyt droga. Szczepionka nie ratuje dziecka, jeśli nie dociera do odległej przychodni. Oprysk nie działa, jeśli zabraknie personelu lub środków został niewłaściwie rozcieńczony. Lek nie przerywa transmisji, gdy diagnoza przychodzi za późno albo pasożyt jest na niego oporny.

Konflikty zbrojne, migracje, powodzie, przerwanie dostaw, źle zaprojektowane systemy irygacyjne, niekontrolowana urbanizacja i osłabienie

podstawowej opieki zdrowotnej mogą w krótkim czasie odwrócić rezultaty wielu lat pracy.

Malaria jest cierpliwa. Nie musi pokonać wszystkich zabezpieczeń naraz. Wystarczy, że człowiek przestanie podtrzymywać kilka z nich.

X. Czego uczy historia zapobiegania malarii?

Pierwsza lekcja brzmi: trafna obserwacja może poprzedzać naukowe wyjaśnienie. Starożytni Egipcjanie chronili się sieciami, mieszkańcy wielu regionów palili odstraszający owady dym, a Rzymianie omijali bagna na długo przed poznaniem zarodźca. Nie rozumieli mechanizmu, ale część ich działań ograniczała ryzyko.

Druga lekcja mówi, że wiedza naukowa zmienia skalę możliwych działań. Po odkryciach Laverana, Rossa, Grassiego i ich współpracowników można było już wskazać konkretnego pasożyta, komara i miejsce przerwania cyklu. Profilaktyka przestała być zbiorem lokalnych zwyczajów, a stała się programem opartym na biologii.

Trzecia lekcja dotyczy środowiska. Nie istnieje jeden „komar malaryczny”. Poszczególne gatunki różnią się miejscami rozrodu, porą żerowania, skłonnością do wlatywania do domów, wyborem człowieka lub zwierzęcia jako źródła krwi oraz podatnością na insektycydy. Skuteczny program musi znać miejscowego wektora równie dobrze jak miejscową ludność.

Czwarta lekcja dotyczy ewolucji. Każdy masowo stosowany lek i insektycyd wywiera presję selekcyjną. Przeżywają pasożyty oraz komary najlepiej przystosowane do nowego zagrożenia. Dlatego środki trzeba łączyć, rotować, monitorować ich skuteczność i zastępować, zanim odporność zniszczy osiągnięte rezultaty.

Piąta lekcja jest społeczna. Malaria zanikała tam, gdzie pojawiały się lepsze domy, bezpieczniejsze zarządzanie wodą, edukacja, dostępne leczenie i sprawna administracja. Utrzymywała się tam, gdzie ludzie byli zmuszeni spać bez ochrony, pracować nocą, mieszkać przy łęgówiskach komarów i czekać wiele dni na diagnozę.

Szósta lekcja brzmi: wielkie kampanie przegrywają, gdy pomijają mieszkańców. Dom nie jest abstrakcyjnym punktem na mapie oprysków. Należy do rodziny, która musi rozumieć cel działań, ufać ekipom medycznym i mieć możliwość współdecydowania. Bez społecznej akceptacji nawet najlepszy technicznie program staje się nietrwały.

Najważniejsza lekcja jest jednak jeszcze prostsza: malarii nie zatrzymuje pojedynczy mur. Powstrzymuje ją system murów.

Jednym jest moskitiera. Drugim — ściana pokryta właściwym insektycydem. Trzecim — lek podany kobiecie ciężarnej lub dziecku w porze największego ryzyka. Czwartym — szczepionka. Piątym — szybki test i skuteczne leczenie. Szóstym — rowy, kanalizacja, bezpieczne zbiorniki i dobrze zaprojektowany dom. Siódmym — laboratorium śledzące odporność pasożytów i komarów. Ósmym — państwo zdolne dostarczyć te narzędzia do ostatniej wsi.

Od Inianej sieci rozpinanej nad posłaniem w starożytnym Egipcie do szczepionki podawanej afrykańskiemu dziecku prowadzi długa droga. Zmieniła się technologia, lecz podstawowy cel pozostał ten sam: nie dopuścić, aby pasożyt przekroczył granicę między komarem a człowiekiem.

Wojna o noc nadal trwa. Dziś jednak ludzkość po raz pierwszy dysponuje środkami pozwalającymi atakować niemal każde ogniwo cyklu malarii. Nie oznacza to, że zwycięstwo jest bliskie ani pewne. Oznacza, że zależy już nie tylko od odkrycia kolejnego cudownego preparatu, lecz od konsekwencji, współpracy i gotowości do wyciągania wniosków z własnej historii.

Rozdział VI

Gorączka pod szkłem. Jak lekarze nauczyli się rozpoznawać malarię

Prolog. Diagnoza postawiona po pięciu stuleciach

W czerwcu 2026 roku zespół genetyków i paleopatologów ogłosił wyniki badań szczątków dwóch przedstawicieli rodu Medyceuszy: kardynała Giovanniego de' Medici, zmarłego w 1562 roku, oraz wielkiego księcia Toskanii Franciszka I, który umarł ćwierć wieku później. Obaj cierpieli przed śmiercią na nawracające gorączki. W przypadku Franciszka przez stulecia podejrzewano otrucie — wersję doskonale pasującą do atmosfery dworskich intryg, rodzinnych konfliktów i walki o władzę.

Badacze pobrali materiał genetyczny z kości obu mężczyzn. W szczątkach odnaleźli DNA zarodźca sierpowatego, czyli *Plasmodium falciparum*, najgroźniejszego spośród pasożytów wywołujących malarię u człowieka. U Franciszka natrafiono ponadto na ślady *Plasmodium malariae*. Choroba, którą renesansowi lekarze mogli rozpoznać jedynie na podstawie powtarzających się napadów gorączki, po niemal pięciuset latach pozostawiła molekularny podpis.

To wydarzenie dobrze pokazuje drogę, jaką przeszła diagnostyka malarii. Dawny lekarz miał do dyspozycji własne zmysły: obserwował dreszcze, mierzył czas między kolejnymi napadami, dotykał powiększonej śledziony, pytał, czy chory przebywał w pobliżu bagien. Współczesny badacz może zobaczyć pasożyta pod mikroskopem, wykryć jego białka w kropli krwi, policzyć jego komórki, odczytać fragmenty DNA, a nawet rozpoznać zakażenie u człowieka zmarłego przed kilkuset laty.

Historia rozpoznawania malarii jest zatem czymś więcej niż kroniką kolejnych wynalazków. To opowieść o przechodzeniu od objawu do przyczyny, od domysłu do dowodu i od „gorączki bagiennej” do choroby wywoływanej przez określony gatunek pasożyta. Jest również przestrożą. Pokazuje, że lekarz może zobaczyć prawidłowo objawy, a mimo to błędnie wyjaśnić ich pochodzenie. Może dysponować dobrą teorią, ale nie mieć narzędzia, które pozwoli ją udowodnić. Może też posiadać znakomity mikroskop, a jednak nie dostrzec tego, czego nie spodziewa się zobaczyć.

STAROŻYTNOŚĆ

Choroba odmierzająca czas

Malaria wyróżniała się spośród innych chorób gorączkowych rytmem. Dla dawnych lekarzy, którzy nie znali bakterii, wirusów ani pasożytów, właśnie czas był jednym z najważniejszych narzędzi diagnostycznych.

W starożytnych tekstach chińskich opisywano napady dreszczy, wysokiej temperatury i potów, którym towarzyszyło powiększenie śledziony. W indyjskiej tradycji medycznej ciężkie gorączki, które dziś można wiązać z malarią, należały do najbardziej

niebezpiecznych chorób. Najbardziej uporządkowane opisy pozostawili jednak lekarze związani ze szkołą Hipokratesa.

Rozróżniali oni gorączki codzienne, trzeciaczkowe i czwartaczkowe. Nazwy te mogą być dla współczesnego czytelnika mylące. „Trzeciaczka” nie oznaczała gorączki występującej raz na trzy pełne doby. Starożytni liczyli również dzień pierwszego napadu. Jeżeli gorączka pojawiała się w poniedziałek, znikwała we wtorek i wracała w środę, nazywano ją trzeciaczką. Odstęp między napadami wynosił więc około czterdziestu ośmiu godzin. W czwartaczce kolejny napad następował mniej więcej po siedemdziesięciu dwóch godzinach.

Lekarze zauważyli także charakterystyczną kolejność objawów. Napad rozpoczynał się zwykle gwałtownym uczuciem zimna. Chory drżał, szczekał zębami i próbował ogrzać się mimo rosnącej temperatury ciała. Po dreszczach następowała faza gorąca: twarz czerwieniała, skóra stawała się sucha, pojawiał się ból głowy, pragnienie, czasem majaczenie. W końcu przychodziły obfite poty, temperatura opadała, a wyczerpany pacjent zasypiał.

Taki trzyczęściowy napad — zimno, gorąco i pot — przez stulecia uchodził za niemal podręcznikowy obraz malarii. Nie występował jednak u wszystkich chorych, a zwłaszcza na początku zakażenia rytm napadów mógł być nieregularny. Jeszcze bardziej myląca była malaria wywoływana przez *Plasmodium falciparum*. Przy dużej liczbie pasożytów, których cykle rozwojowe nie były zsynchronizowane, gorączka mogła utrzymywać się stale albo wracać w pozornie chaotyczny sposób.

Już starożytni dostrzegali również związek między chorobą a środowiskiem. Gorączki częściej występowały późnym latem i jesienią, w dolinach rzecznych, na terenach podmokłych oraz w pobliżu stojących wód. Obserwacja była trafna. Wyjaśnienie — nie. Chorobę wiązano z wyziewami ziemi, rozkładem materii organicznej i zatrutym powietrzem. Z tej właśnie tradycji wyrosła późniejsza teoria miazmatów.

Rozpoznanie malarii opierało się więc na czterech przesłankach: rytmie gorączki, kolejności objawów, powiększeniu śledziony oraz miejscu i porze zachorowania. Żadna nie była całkowicie swoista. Razem tworzyły jednak obraz na tyle charakterystyczny, że dawni lekarze potrafili odróżniać część przypadków malarii od gorączek ciągłych, zapalenia płuc, chorób jelitowych czy epidemii obejmujących całe miasta.

Była to diagnoza bez znajomości przyczyny, ale nie bez wartości.

ŚREDNIOWIECZE I RENESANS

Kiedy każda kraina miała własną gorączkę

W średniowiecznej Europie wiedza o gorączkach okresowych nie zaginęła, lecz niewiele się rozwinęła. Lekarze nadal posługiwali się klasyfikacją odziedziczoną po starożytności, interpretując chorobę zgodnie z teorią czterech humorów. Zdrowie miało zależeć od równowagi krwi, żółci, czarnej żółci i flegmy, gorączka zaś świadczyła o zaburzeniu tej równowagi.

W praktyce medycznej dominowały nazwy opisujące miejsce lub przebieg choroby. Mówiono o gorączce bagiennej, błotnej, jesiennej, rzymskiej, kampanijskiej, nadmorskiej albo polnej. W krajach anglojęzycznych używano słowa *ague*, kojarzonego szczególnie z

napadami dreszczy. W Polsce utrwaliły się takie określenia jak zimnica, febra, trzeciaczka i czwartaczka.

Nazwy te nie wskazywały jednego czynnika chorobotwórczego. Obejmowały zapewne zarówno malarię, jak i inne choroby przebiegające z gorączką. Historyk czy lekarz próbujący dziś rozpoznać chorobę na podstawie średniowiecznej kroniki znajduje się w sytuacji podobnej do diagnosty sprzed stuleci. Samo słowo „gorączka” mówi niewiele. Większe znaczenie mają opisane odstępy między napadami, dreszczami, potami, niedokrwistością, żółtaczką, powiększenie śledziony, pora roku oraz miejsce pobytu chorego.

Również określenie „trzeciaczka” nie stanowi niepodważalnego dowodu. Mogło być stosowane do każdej gorączki, która sprawiała wrażenie okresowej. Co więcej, malaria często współistniała z niedożywieniem, zakażeniami jelitowymi, gruźlicą i chorobami pasożytniczymi. Człowiek mógł cierpieć jednocześnie na kilka schorzeń, a kronikarz opisywał zwykle tylko najbardziej widowiskowy objaw.

Dzisiaj rozpoznanie można czasem potwierdzić po stuleciach. Z miazgi zębowej, kości albo wyschniętych tkanek udaje się wydobyć fragmenty materiału genetycznego zarodźca. Paleogenetyka nie tylko pozwala rozstrzygać spory dotyczące przyczyn śmierci konkretnych ludzi. Odsłania również dawne rozmieszczenie gatunków pasożyta i drogi ich rozprzestrzeniania.

Nie oznacza to jednak, że każdą dawną „febrę” można dziś nazwać malarią. Popularnonaukowa pokusa jest silna: wystarczy znaleźć opis dreszczy i bagien, aby ogłosić diagnozę. Nauka wymaga większej ostrożności. Opis historyczny może wskazywać na malarię, lecz dopiero wykrycie pasożytniczego DNA, charakterystycznych białek albo innych swoistych śladów pozwala mówić o potwierdzeniu.

XVII i XVIII WIEK

Kora, bagna i narodziny diagnozy klinicznej

Przełom XVII i XVIII stulecia przyniósł coraz dokładniejsze opisy choroby. Lekarze zaczęli odchodzić od samego komentowania autorytetów starożytnych. Obserwowali pacjentów, zapisywali przebieg gorączki i porównywali skuteczność różnych sposobów leczenia.

W 1696 roku angielski lekarz Richard Morton przedstawił szczegółowy opis okresowych gorączek, które dziś rozpoznalibyśmy jako malarię. Uważał, że chorobę wywołuje trucizna dostająca się do organizmu z zewnątrz. Nie wiedział, czym jest ta trucizna, ale prawidłowo zwracał uwagę, że nie wszystkie gorączki mają ten sam charakter.

Morton należał do lekarzy propagujących korę chinowca. Przywieziony z Ameryki Południowej surowiec okazał się szczególnie skuteczny w leczeniu niektórych gorączek okresowych. Z czasem reakcja na korę zaczęła pełnić funkcję zbliżoną do próby diagnostycznej. Jeżeli napady ustępowały po podaniu chinowca, uznawano, że choroba należała do grupy gorączek, na które środek ten działa.

Nie był to test doskonały. Dawki różniły się, kora miała nierówną zawartość substancji czynnych, a poprawa mogła być przejściowa. Mimo to po raz pierwszy lekarze

dysponowali sposobem pozwalającym połączyć charakterystyczny przebieg choroby z charakterystyczną odpowiedzią na lek.

Włoski lekarz Francesco Torti, profesor uniwersytetu w Modenie, uczynił z obserwacji gorączek okresowych niemal osobną dziedzinę medycyny. W 1712 roku opisał różne odmiany choroby, zwracając szczególną uwagę na gorączki „złośliwe” lub „zgubne”, które nie zawsze zachowywały regularny rytm i mogły szybko prowadzić do zaburzeń świadomości, drgawek, niewydolności narządów oraz śmierci. Było to ważne spostrzeżenie. Nadmierne przywiązanie do regularności napadów mogło sprawić, że lekarz przeoczył najgroźniejszą postać malarii.

Torti podkreślał wartość kory chinowca i próbował uporządkować chaos dawnych nazw. Jego prace przyczyniły się do ugruntowania klinicznej różnicy między gorączkami okresowymi, które odpowiadały na leczenie chinowcem, a chorobami gorączkowymi o innym pochodzeniu.

W tym samym okresie Giovanni Maria Lancisi, lekarz papieski, anatom i epidemiolog, badał choroby występujące w Rzymie i otaczającej go Kampanii. Podczas sekcji zwłok ludzi zmarłych na ciężkie gorączki zauważył charakterystyczne ciemne zabarwienie mózgu i śledziony. Nie znał natury czarnego barwnika, ale prawidłowo powiązał go z chorobą.

Lancisi pozostawał zwolennikiem poglądu, że niebezpieczne są wyziewy bagien. Jednocześnie dostrzegał obecność niezliczonych owadów rozmnażających się na mokradłach. Przypuszczał, że mogą przenosić do organizmu szkodliwe substancje lub mikroskopijne istoty. Rozważał nawet możliwość, że podczas ukłucia komar wprowadza do rany niebezpieczny płyn wraz ze śliną.

Była to intuicja niezwykle bliska prawdzie. Lancisi nie potrafił jej jednak udowodnić. Nie znał pasożyta, nie mógł prześledzić jego rozwoju i nie dysponował odpowiednio sprawnym mikroskopem. Jego myślenie pozostało więc zawieszone między dwiema epokami: światem miazmatów i rodzącym się podejrzeniem, że chorobę mogą przenosić owady.

Podobne hipotezy pojawiały się później. W 1796 roku amerykański lekarz John Crawford twierdził, że komary podczas ukłucia wprowadzają do ciała niewidoczne „jajeczka”, z których rozwija się czynnik choroby. Nie miał dowodów, a jego poglądy wyśmiewano. W 1816 roku włoski lekarz Giovanni Rasori sugerował, że okresowość napadów może odpowiadać kolejnym cyklom rozmnażania pasożytów.

Obaj mylili się w szczegółach, lecz zbliżali się do dwóch najważniejszych odpowiedzi: malarię wywołuje żywy organizm, a rytm gorączki ma związek z jego rozmnażaniem.

PIERWSZA POŁOWA XIX WIEKU

Lekarz zaczyna czytać krajobraz

Zanim nauczono się rozpoznawać pasożyta, próbowano rozpoznawać miejsca sprzyjające chorobie. Jednym z pionierów takiego podejścia był szkocki lekarz i geolog John MacCulloch. Badał rozmieszczenie gorączek w zależności od ukształtowania terenu, rodzaju gleby, obecności mokradeł, wysokości nad poziomem morza i warunków

klimatycznych. Przyczynił się również do rozpowszechnienia słowa „malaria” w języku angielskim.

Badanie map zachorowań było krokiem w stronę epidemiologii. Nawet jeżeli MacCulloch nadal myślał kategoriami zatrutego powietrza, dostrzegał, że choroba nie pojawia się przypadkowo. Tworzy skupiska. Powraca w określonych porach roku. Jest częstsza w jednych wsiach, a rzadsza w innych. Nie wszyscy mieszkańcy danego regionu chorują w tym samym stopniu.

Mapa mogła więc pełnić funkcję narzędzia diagnostycznego. Lekarz, który wiedział, że pacjent mieszkał na obszarze występowania gorączek okresowych, łatwiej brał malarię pod uwagę. Tak dzieje się również dzisiaj. Zmieniło się wyjaśnienie, ale pytanie o miejsce pobytu pozostało jednym z najważniejszych pytań w rozpoznawaniu choroby.

Równocześnie rozwijała się anatomia patologiczna. Sekcje zwłok ujawniały powiększenie śledziony i wątroby, niedokrwistość oraz ciemny barwnik gromadzący się w narządach i krwi. W 1847 roku niemiecki lekarz Heinrich Meckel opisał struktury zawierające czarne ziarenka w krwi i śledzionie. Najprawdopodobniej widział pasożyty malarii, nie potrafił jednak rozpoznać ich prawdziwej natury.

Kolejni badacze, wśród nich Rudolf Virchow, obserwowali pigmentowane ciała w komórkach krwi oraz narządach ludzi zmarłych na przewlekłą malarię. Barwnik stawał się coraz bardziej charakterystycznym znakiem choroby. Dziś nazywamy go hemozoiną. Powstaje, gdy pasożyt trawi hemoglobinę znajdującą się w czerwonych krwinkach. Uwalniany barwnik może być pochłaniany przez komórki odpornościowe i odkładać się w śledzionie, wątrobie, szpiku oraz innych tkankach.

W połowie XIX wieku lekarze widzieli więc ślad działalności pasożyta, ale jeszcze nie samego sprawcę. To tak, jakby na miejscu przestępstwa znajdowano dym, popiół i odciski stóp, nie wiedząc, kto je pozostawił.

LATA SIEDEMDZIESIĄTE XIX WIEKU

Pałeczka, której nie było

Rzeczony rozwój teorii drobnoustrojów wywołał w drugiej połowie XIX wieku prawdziwą rewolucję. Badania Louisa Pasteura, Roberta Kocha i innych uczonych wykazywały, że choroby mogą być powodowane przez konkretne mikroorganizmy. Odkrywano bakterie odpowiedzialne za wąglik, gruźlicę, cholerę, dur brzuszny i błonicę.

Sukces bakteriologii stworzył jednak nową pułapkę. Skoro wiele chorób wywoływały bakterie, zaczęto oczekiwać, że bakteria będzie również przyczyną malarii.

W 1879 roku Edwin Klebs i Corrado Tommasi-Crudeli ogłosili, że wyizolowali z gleby rzymskiej Kampanii drobnoustrój nazwany *Bacillus malariae*. Twierdzili, że występuje w wilgotnej ziemi i powietrzu rejonów malarycznych, może być hodowany oraz wywołuje u zwierząt gorączkę i powiększenie śledziony.

Hipoteza odpowiadała oczekiwaniom epoki. Łączyła starą teorię bagiennej pochodzenia choroby z nowoczesnym językiem bakteriologii. Zamiast miazmatu pojawiała się bakteria żyjąca w wilgotnej glebie. Wielu uczonych uznało, że zagadka została rozwiązana.

Nie została.

Doświadczeń nie udało się wiarygodnie powtórzyć. Bakterie znajdowane w glebie i błocie nie powodowały u ludzi charakterystycznej malarii. Amerykański bakteriolog George Sternberg, badający gorączki w Nowym Orleanie, wykazał, że rzekomy *Bacillus malariae* nie jest czynnikiem choroby.

Epizod ten pokazuje, że nowoczesna aparatura nie chroni przed błędem. Badacz może znaleźć drobnoustroj w miejscu występowania choroby i uznać go za przyczynę, choć oba zjawiska łączy jedynie wspólne środowisko. Może też interpretować niejednoznaczne wyniki tak, aby pasowały do teorii, którą już wcześniej przyjął.

Prawdziwy sprawca nie był bakterią. Nie żył w ziemi. Znajdował się w krwi chorego, dosłownie przed oczami badaczy.

Rok 1880

Chwila, w której krew ożyła

Charles Louis Alphonse Laveran był lekarzem wojskowym pracującym w Algierii, gdzie malaria należała do najczęstszych chorób żołnierzy. Badając tkanki zmarłych, podobnie jak jego poprzednicy widział ciemny pigment. Podejrzał jednak, że barwnik nie jest tylko skutkiem rozpadu krwi. Mógł być częścią nieznanego organizmu.

Laveran postanowił oglądać świeżą, nieutraloną i niezabarwioną krew pacjentów. Pobierał ją z opuszki palca, umieszczał kroplę na szkiełku i długo obserwował pod mikroskopem.

6 listopada 1880 roku w szpitalu wojskowym w Konstantynie zobaczył coś, czego nie dało się wyjaśnić jako martwy osad. Na obrzeżu kulistego, zawierającego pigment ciała pojawiły się cienkie, szybko poruszające się włókna. Ich ruch był tak energiczny, że przesunął sąsiednie krwinki.

Laveran obserwował proces nazywany dziś eksflagelacją męskiego gametocytu. Pasożyt znalazł się poza organizmem człowieka, a zmiana temperatury i warunków otoczenia zapoczątkowała etap, który w naturze zachodzi w jelicie komara. Dla Laverana najważniejsze było jednak coś prostszego: martwa pozostałość nie mogła poruszać się w taki sposób. Miał przed sobą żywy organizm.

W kolejnych próbkach dostrzegał różne formy: drobne jasne ciała wewnątrz czerwonych krwinek, większe struktury zawierające pigment oraz charakterystyczne półksiężyce. Nie wiedział jeszcze, że ogląda różne stadia i prawdopodobnie więcej niż jeden gatunek pasożyta. Nazwał go *Oscillaria malariae*.

Przebadał niemal dwustu chorych. Charakterystyczne ciała odnajdywał u większości pacjentów z malarią, a po skutecznym leczeniu zniknęły one z krwi. Był to silny argument, że nie są przypadkową domieszką, lecz czynnikiem związanym z chorobą.

Odkrycie spotkało się ze sceptycyzmem. Część lekarzy uznawała poruszające się włókna za produkt rozpadu krwi, „drgawki śmierci” komórki lub zwykły artefakt. Inni pozostawali przekonani, że każda ważna choroba zakaźna musi być wywoływana przez

bakterię. Pierwotniak jako przyczyna ludzkiej choroby wydawał się koncepcją zbyt śmiałą.

Laveran nie ustępował. Publikował kolejne obserwacje, demonstrował preparaty innym lekarzom i gromadził materiał. Stopniowo jego wyniki potwierdzali niezależni badacze. W 1907 roku otrzymał Nagrodę Nobla za prace nad rolą pierwotniaków w wywoływaniu chorób.

Wraz z odkryciem Laverana malaria przestała być wyłącznie zespołem objawów. Stała się zakażeniem, które można było potwierdzić przez wykazanie obecności sprawcy.

LATA OSIEMDZIESIĄTE I DZIEWIĘDZIESIĄTE XIX WIEKU

Pasożyt zaczyna zdradzać swój kalendarz

Samo zobaczenie pasożyta nie rozwiązało wszystkich problemów. W krwi chorych występowały formy pierścieniowate, pełzakowate, kuliste, segmentowane i półksiężycowate. Jedne zawierały niewiele pigmentu, inne były nim wypełnione. Nie było jasne, czy wszystkie należą do jednego organizmu, czy też malaria jest wywoływana przez kilka gatunków.

Włoscy badacze Ettore Marchiafava i Angelo Celli obserwowali pasożyty wewnątrz czerwonych krwinek. To właśnie oni rozpowszechnili nazwę *Plasmodium*, czyli zarodziec. Nazwa nie była z zoologicznego punktu widzenia idealna, ale przyjęła się i pozostała w użyciu.

Decydującego powiązania między obrazem mikroskopowym a przebiegiem choroby dokonał Camillo Golgi. Badał jednocześnie pacjenta i jego krew. Zestawiał godziny napadów gorączki z wyglądem pasożytów widocznych pod mikroskopem.

Zauważył, że pasożyty dojrzewają w czerwonych krwinkach, dzielą się, a następnie niemal jednocześnie powodują ich pęknięcie. Do krwi uwalnia się wówczas kolejne pokolenie form potomnych, zdolnych do atakowania nowych krwinek. Chwila masowego rozpadu zakażonych erytrocytów zbiegała się z dreszczami i wzrostem temperatury.

Starożytny kalendarz gorączek otrzymał biologiczne wyjaśnienie.

Golgi wykazał również, że pasożyty odpowiedzialne za trzeciaczkę i czwartaczkę różnią się wyglądem, tempem dojrzewania oraz liczbą wytwarzanych form potomnych. Oznaczało to, że malaria nie jest jedną chorobą wywoływaną przez jeden niezmienny organizm. Pod wspólną nazwą kryło się kilka zakażeń.

Stopniowo wyodrębniono zarodźca ruchliwego, *Plasmodium vivax*, wywołującego klasyczną trzeciaczkę, oraz zarodźca pasmowego, *Plasmodium malariae*, związanego z czwartaczką. Rozpoznano również odrębność pasożyta powodującego malarię złośliwą — *Plasmodium falciparum*. Jego dojrzałe gametocyty przybierają charakterystyczny kształt półksiężyca lub sierpa.

Rozróżnienie gatunków miało znaczenie większe niż porządkowanie nazw. Poszczególne pasożyty wywoływały choroby o innym rytmie, ciężkości i skłonności do

nawrotów. Najgroźniejszy okazał się *P. falciparum*, zdolny do zakażenia krwinek w różnym wieku i osiągnięcia bardzo wysokiej liczebności.

Pasożyt ten dodatkowo utrudniał diagnostykę. Zakażone krwinki przyczepiają się do ścian drobnych naczyń w mózgu, płucach, nerkach i innych narządach. Dojrzałe formy znikają przez to z krwi obwodowej. Preparat pobrany z palca pokazuje jedynie część zakażenia, podczas gdy znaczna liczba pasożytów może pozostawać ukryta w naczyniach narządów wewnętrznych.

Pod koniec XIX wieku lekarz mógł już nie tylko stwierdzić, że pacjent ma malarię. Mógł próbować ustalić jej postać, przewidzieć rytm kolejnego napadu, ocenić zagrożenie i obserwować wpływ leczenia na liczbę pasożytów.

PRZEŁOMY, KTÓRE UCZYNIŁY NIEWIDZIALNE WIDZIALNYM

Laveran oglądał świeżą krew bez barwienia. Pozwalało mu to dostrzec ruch, ale utrudniało rozpoznawanie drobnych szczegółów budowy. Pasożyt był niemal przezroczysty, a jego granice zlewały się z krwinką.

Przełom przyniosły nowe metody barwienia krwi. Paul Ehrlich wykorzystywał barwniki o różnym powinowactwie do elementów komórki. Dmitrij Romanowski zastosował mieszaninę eozyny i odpowiednio przygotowanego błękitu metylenowego. Uzyskał charakterystyczny efekt: cytoplazma pasożyta przybierała niebieskawy odcień, materiał jądrowy stawał się czerwony lub purpurowy, a krwinki i leukocyty otrzymywały własne, łatwe do odróżnienia barwy.

W 1904 roku Gustav Giemsa opublikował udoskonaloną, stabilną mieszaninę barwników. Barwienie metodą Giemsy stało się jednym z najważniejszych narzędzi diagnostycznych medycyny tropikalnej i do dziś pozostaje podstawą mikroskopowego rozpoznawania malarii.

Równie istotne było udoskonalenie mikroskopów. Obiektyw immersyjny, używany z kroplą olejku między preparatem a soczewką, zwiększał zdolność rozdzielczą obrazu. Kondensator kierował światło na preparat. Lepsze szkło optyczne ograniczało zniekształcenia. Dopiero połączenie sprawnego mikroskopu, prawidłowo przygotowanej próbki i odpowiedniego barwienia pozwoliło dokładnie odróżniać gatunki oraz stadia rozwojowe pasożyta.

Wykształciły się dwie uzupełniające techniki: gruba kropla i cienki rozmaz.

Gruba kropla jest w pewnym sensie siecią zarzuconą na pasożyta. Na niewielkiej powierzchni szkiełka gromadzi się większa objętość krwi. Podczas przygotowania krwinki czerwone zostają zniszczone, natomiast pasożyty pozostają i koncentrują się w preparacie. Dzięki temu łatwiej wykryć zakażenie o małej intensywności.

Cienki rozmaz jest natomiast portretem. Krwinki zachowują kształt i układają się pojedynczą warstwą. Można ocenić, które z nich są zakażone, jak wyglądają pasożyty i do jakiego gatunku najprawdopodobniej należą. Można też określić parazytemię, czyli odsetek zajętych krwinek.

Gruba kropla odpowiada więc przede wszystkim na pytanie: „Czy pasożyty są obecne?”. Cienki rozmaz pomaga odpowiedzieć: „Jakie to pasożyty i jak liczne jest zakażenie?”.

William Osler, początkowo sceptyczny wobec odkrycia Laverana, po własnych badaniach uznał jego słuszność. W szpitalu Johns Hopkins wprowadzał mikroskopowe badanie krwi u pacjentów z podejrzeniem malarii. Był to ważny moment: metoda używana dotąd przez nielicznych badaczy zaczęła stawać się częścią codziennej praktyki klinicznej.

Rozpoznanie malarii przeniosło się od łóżka chorego do laboratorium, ale nie oznaczało to końca obserwacji klinicznej. Przeciwnie — najlepsze rezultaty przynosiło połączenie obu perspektyw. Mikroskop bez informacji o pacjencie mógł prowadzić do pomyłki. Objawy bez mikroskopu pozostawiały zbyt wiele niepewności.

OSTATNIA DEKADA XIX WIEKU

Komar jako brakujące ogniwo diagnozy

Odkrycie pasożyta odpowiadało na pytanie, co wywołuje malarię, ale nie wyjaśniało, jak zarodek dostaje się do krwi człowieka. Lekarze nadal nie wiedzieli, dlaczego choroba jest związana z bagnami i porą deszczową ani dlaczego nocleg w jednym miejscu był bezpieczny, a w innym kończył się gorączką.

Patrick Manson, badający wcześniej pasożyty przenoszone przez komary, przypuszczał, że owad odgrywa rolę również w cyklu malarii. Zachęcał Ronalda Rossa, lekarza wojskowego pracującego w Indiach, do prowadzenia doświadczeń.

W 1897 roku Ross znalazł rozwijające się formy pasożyta w ścianie żołądka komara, który wcześniej pił krew chorego człowieka. W następnych doświadczeniach z ptasią malarią prześledził kolejne etapy cyklu, wykazując, że pasożyty docierają do gruczołów ślinowych owada i mogą być przekazywane podczas następnego ukłucia.

Włoscy badacze Giovanni Battista Grassi, Amico Bignami i Giuseppe Bastianelli wykazali następnie rolę komarów z rodzaju *Anopheles* w przenoszeniu ludzkiej malarii i opisali rozwój ludzkich zarodków w organizmie owada.

Dla rozpoznawania choroby miało to ogromne znaczenie. Dawne pytania o bagna, porę roku i nocleg na otwartym terenie zyskały nowe wyjaśnienie. Niebezpieczne nie było powietrze unoszące się nad mokradłem, lecz obecność odpowiedniego gatunku komara, który wcześniej pobrał krew człowieka zawierającą gametocyty.

Wywiad epidemiologiczny przestał być zbiorem luźnych skojarzeń. Stał się próbą odtworzenia możliwego kontaktu z wektorem.

PIERWSZA POŁOWA XX WIEKU

Od „zimnicy” do wyniku laboratoryjnego

W pierwszych dziesięcioleciach XX wieku mikroskopia stopniowo się standaryzowała. Opracowywano sposoby pobierania krwi, wykonywania rozmazów, barwienia

preparatów, liczenia pasożytów i opisywania wyników. Szkolono laborantów i lekarzy w rozpoznawaniu form pierścieniowatych, trofozoitów, schizontów i gametocytów.

Nie oznaczało to, że diagnoza stała się łatwa.

Dobry preparat wymagał wprawy. Zbyt gruba warstwa krwi, niewłaściwe suszenie, zanieczyszczona woda, nieprawidłowe pH barwnika albo zbyt krótki czas barwienia mogły zniszczyć obraz. Płytki krwi leżące na powierzchni krwinki bywały brane za pasożyty. Osad barwnika, drobiny szkła, bakterie i uszkodzenia komórek naśladowały formy pierścieniowate.

Jeszcze większym problemem była mała liczba pasożytów. Człowiek pozbawiony odporności, na przykład podróżny po raz pierwszy zakażony w tropikach, może ciężko chorować przy parazytemii, która dla mniej doświadczonego mikroskopisty pozostaje trudna do wykrycia. Z kolei mieszkaniowiec obszaru intensywnej transmisji może mieć pasożyty we krwi i nie odczuwać żadnych objawów dzięki częściowej odporności nabytej po licznych zakażeniach.

W 1922 roku John William Watson Stephens opisał *Plasmodium ovale*. Pasożyt ten przypominał pod pewnymi względami *P. vivax*, lecz zakażone krwinki często przybierały owalny kształt i miały postrzępione brzegi.

Inny pasożyt, *Plasmodium knowlesi*, został opisany w latach trzydziestych XX wieku jako zarodek małp. W 1965 roku udokumentowano naturalne zakażenie człowieka. Przez długi czas uznawano takie przypadki za wyjątkowe. Dopiero badania molekularne przeprowadzone na początku XXI wieku wykazały, że w części Azji Południowo-Wschodniej zakażenia *P. knowlesi* są częste, lecz wcześniej wielokrotnie rozpoznawano je błędnie jako *P. malariae*.

Pod mikroskopem młode formy *P. knowlesi* mogą przypominać *P. falciparum*, a starsze — pasmowe trofozoity *P. malariae*. Różnica kliniczna jest istotna. *P. malariae* zwykle rozmnaża się co siedemdziesiąt dwie godziny i zazwyczaj powoduje łagodniejszą chorobę. *P. knowlesi* kończy cykl krwinkowy mniej więcej w ciągu doby, dlatego liczba pasożytów może rosnąć szybko, prowadząc do ciężkiego zakażenia.

Historia ta dowodzi, że nawet doskonały mikroskop nie zawsze wystarcza. Niektóre gatunki są do siebie tak podobne, że pewne rozpoznanie wymaga badania materiału genetycznego.

LATA 1948–1982

Pasożyty ukryte poza krwią

Przez dziesięciolecia uważano, że sporozycyty wstrzyknięte przez komara wnikają bezpośrednio do czerwonych krwinek. Teoria ta nie wyjaśniała jednak okresu wylegania ani nawrotów występujących wiele miesięcy po pierwszym zachorowaniu.

W 1948 roku Henry Shortt, Cyril Garnham i ich współpracownicy wykazali, że przed pojawieniem się pasożytów we krwi zachodzi faza rozwojowa w wątrobie. Sporozycyty docierają do hepatocytów, gdzie dojrzewają i wytwarzają tysiące merozoitów. Dopiero one opuszczają wątrobę, wnikają do krwi i rozpoczynają cykl odpowiedzialny za gorączkę.

Odkrycie miało ważny skutek diagnostyczny. W pierwszych dniach po zakażeniu człowiek może nie mieć zarodźców w krwi obwodowej. Badanie mikroskopowe będzie ujemne, choć infekcja już się rozwija.

Pozostawała zagadka nawrotów malarii wywoływanej przez *P. vivax* i *P. ovale*. U niektórych pacjentów choroba wracała po tygodniach, miesiącach, a nawet dłuższym czasie, mimo że po leczeniu pasożyty zniknęły z krwi. W 1982 roku wykazano obecność drobnych, uśpionych form wątrobowych *P. vivax*, nazwanych hipnozoitami.

Nawrót nie musiał więc oznaczać ponownego ukłucia przez zakażonego komara. Mógł wynikać z przebudzenia pasożytów, które od czasu pierwotnego zakażenia pozostawały w wątrobie.

Dla lekarza oznaczało to konieczność sięgania w wywiadzie znacznie dalej niż do ostatnich kilku tygodni. Pacjent z gorączką mógł zarazić się podczas podróży odbytej wiele miesięcy wcześniej. W pewnych przypadkach okres między wyjazdem z rejonu malarycznego a zachorowaniem bywa jeszcze dłuższy.

DRUGA POŁOWA XX WIEKU

Diagnoza staje się liczbą

Mikroskopia pozwoliła nie tylko wykrywać pasożyty, lecz także je liczyć. Parazytemia zaczęła pełnić rolę wskaźnika intensywności zakażenia i jednego z elementów oceny zagrożenia.

W cienkim rozmazie można określić, jaki odsetek czerwonych krwinek zawiera pasożyty. Ma to szczególne znaczenie w malarii wywoływanej przez *P. falciparum*. W grubej kropli pasożyty liczy się zwykle w odniesieniu do określonej liczby leukocytów, a następnie szacuje ich liczbę w mikrolitrze krwi.

Wynik nie jest jednak prostym termometrem ciężkości choroby. Znaczenie tej samej parazytemii zależy od gatunku, odporności pacjenta, wieku, ciąży, chorób współistniejących i wcześniejszego stosowania leków. U osoby nieodpornej nawet stosunkowo mała liczba pasożytów może towarzyszyć ciężkim objawom. U mieszkańca obszaru endemicznego wyższa parazytemia może przez pewien czas nie powodować wyraźnych dolegliwości.

W malarii sierpowatej część zakażonych krwinek zostaje ponadto uwięziona w naczyniach narządów. Liczba pasożytów widocznych w próbce z palca może nie odzwierciedlać całkowitej masy zakażenia.

W drugiej połowie XX wieku rozwijano również metody serologiczne, wykrywające przeciwciała przeciwko zarodźcom. Były użyteczne w badaniach populacyjnych i epidemiologicznych, lecz znacznie mniej przydatne do rozpoznawania ostrej choroby. Przeciwciała mogą utrzymywać się długo po ustąpieniu zakażenia, a ich brak na początku choroby nie wyklucza malarii.

Pojawiły się techniki fluorescencyjne, w których materiał genetyczny pasożyta stawał się widoczny dzięki specjalnym barwnikom. Jedną z nich była metoda ilościowej warstwy leukocytarno-płytkowej, znana jako QBC. Krew umieszczano w kapilarze, wirowano, a

następnie oglądano w świetle fluorescencyjnym. Metoda mogła szybko wykryć pasożyty, lecz wymagała specjalnego sprzętu i gorzej nadawała się do precyzyjnego rozróżniania gatunków.

Pomimo nowych technik gruba kropla i cienki rozmaz zachowały centralne miejsce. Były stosunkowo tanie, umożliwiały wykrycie pasożyta, określenie gatunku i oszacowanie parazytemii — pod warunkiem, że preparat wykonał i odczytał doświadczony człowiek.

LATA DZIEWIĘDZIESIĄTE XX WIEKU

Laboratorium zamknięte w pasku testowym

W wielu miejscach świata mikroskop był dostępny jedynie w większym ośrodku zdrowia. Brakowało prądu, odczynników, sprawnych urządzeń i wyszkolonych diagnostów. Nawet najlepsza metoda pozostaje bezużyteczna, jeżeli wynik przychodzi po kilku dniach, gdy stan chorego zdążył się gwałtownie pogorszyć.

W latach dziewięćdziesiątych upowszechniły się szybkie testy diagnostyczne, nazywane RDT. Ich zasada przypomina test ciążowy. Kroplę krwi miesza się z buforem, a płyn przesuwają po membranie. Jeżeli w próbce znajdują się określone białka pasożyta, wiążą się z przeciwciałami i tworzą widoczną linię.

Najczęściej wykrywanym antygenem *P. falciparum* stało się białko HRP2. Inne testy rozpoznają enzym dehydrogenazę mleczanową pasożyta, określaną jako pLDH, albo aldolazę występującą u kilku gatunków zarodźca.

Szybki test nie wymaga mikroskopu. Wynik można otrzymać po kilkunastu lub kilkudziesięciu minutach. Dzięki temu diagnostyka pasożytnicza dotarła do małych przychodni, mobilnych punktów medycznych i odległych wsi.

Była to zmiana społeczna równie ważna jak techniczna. Potwierdzenie malarii przestało być przywilejem szpitala dysponującego laboratorium.

RDT ma jednak ograniczenia. Nie pokazuje pasożyta. Nie określa dokładnej parazytemii. Nie zawsze pozwala rozpoznać gatunek. Przy małej liczbie pasożytów wynik może być ujemny, mimo trwającego zakażenia. Antygen HRP2 może natomiast pozostawać we krwi jeszcze przez pewien czas po skutecznym usunięciu pasożytów, dając wynik dodatni u osoby już wyleczonej.

Test jest również wrażliwy na warunki przechowywania. Wysoka temperatura i wilgotność mogą uszkodzić odczynniki. Zbyt duża liczba pasożytów paradoksalnie bywa przyczyną słabej reakcji, nazywanej efektem prozony. Ledwie widoczną linię można uznać za brak linii, szczególnie przy słabym oświetleniu lub pośpiechu.

Szybki test nie usunął więc mikroskopu. Stał się jego partnerem, zwłaszcza tam, gdzie szybka decyzja jest ważniejsza niż pełna charakterystyka zakażenia.

KONIEC XX I POCZĄTEK XXI WIEKU

Pasożyt zapisany w DNA

Rozwój reakcji łańcuchowej polimerazy, czyli PCR, otworzył kolejny etap diagnostyki. Zamiast szukać całego pasożyta albo jego białek, można było wykrywać charakterystyczne fragmenty materiału genetycznego.

Metody molekularne są na ogół bardziej czułe niż rutynowa mikroskopia i szybkie testy. Potrafią wykazać bardzo małą liczbę pasożytów, rozpoznać zakażenia mieszane i odróżnić gatunki niemal identyczne pod mikroskopem.

To właśnie PCR ujawniła rzeczywistą skalę zakażeń *Plasmodium knowlesi*. W 2004 roku badania mieszkańców malezyjskiego Borneo wykazały, że liczne przypadki rozpoznawane wcześniej jako *P. malariae* były w rzeczywistości zakażeniami małego zarodźca *P. knowlesi*.

Diagnostyka molekularna umożliwiła również dokładniejsze badanie *P. ovale*. Okazało się, że pod tą nazwą kryją się dwie blisko spokrewnione linie pasożyta, określane obecnie jako *P. ovale curtisi* i *P. ovale wallikeri*.

Sekwencjonowanie genomów *Plasmodium falciparum* i komara *Anopheles gambiae* w 2002 roku, a następnie genomów kolejnych gatunków zarodźca, dostarczyło badaczom ogromnej liczby potencjalnych celów diagnostycznych. Można było projektować startery PCR rozpoznające określone sekwencje, badać mutacje związane z opornością na leki i śledzić pokrewieństwo pasożytów pochodzących z różnych regionów.

PCR ma jednak wadę szczególnie ważną w ostrej malarii: wymaga czasu, aparatury i odpowiednio przygotowanego laboratorium. Pacjent z malarią sierpowatą nie może czekać, aż próbka zostanie przewieziona do odległego ośrodka i poddana wielogodzinnej analizie. Dlatego badania molekularne służą przede wszystkim do potwierdzania gatunku, wykrywania zakażeń mieszanych, rozstrzygania niejasnych wyników oraz prowadzenia badań epidemiologicznych.

Opracowano też techniki izotermicznego namnażania kwasów nukleinowych, takie jak LAMP. Reakcja zachodzi w jednej temperaturze, dzięki czemu nie wymaga klasycznego termocyklera. Upraszcza to wyposażenie laboratorium, choć nadal pozostają problemy związane z przygotowaniem próbki, kontrolą jakości i ryzykiem zanieczyszczenia materiałem genetycznym.

Współczesna diagnostyka nie zastąpiła jednej starej metody jedną nową. Stworzyła drabinę narzędzi: od objawów i wywiadu, przez szybki test i mikroskop, aż po PCR i sekwencjonowanie genomu.

WSPÓŁCZESNOŚĆ

Pierwsze pytanie: gdzie byłeś?

Nie istnieje pojedynczy objaw, który pozwalałby pewnie rozpoznać malarię. Gorączka, dreszcze, ból głowy, osłabienie, bóle mięśni, nudności, wymioty i biegunka występują również w wielu innych zakażeniach. Klasyczny napad z fazą zimną, gorącą i potów może się nie pojawić. Regularna trzeciaczka lub czwartaczka rozwija się zwykle dopiero po pewnym czasie, a u części chorych rytm pozostaje nieregularny.

Najważniejszym początkiem rozpoznania jest podejrzenie.

W krajach, w których malaria nie występuje stale, kluczowe pytanie brzmi: czy chory przebywał na obszarze, gdzie możliwe jest zakażenie? Trzeba pytać nie tylko o turystyczne wyjazdy do Afryki. Znaczenie mogą mieć pobyty w Azji Południowej i Południowo-Wschodniej, Ameryce Łacińskiej, Oceanii, na Bliskim Wschodzie oraz w innych regionach występowania choroby.

Należy ustalić trasę podróży, jej termin, długość, warunki noclegu i stosowanie profilaktyki. Przyjmowanie leków zapobiegawczych zmniejsza ryzyko, ale go nie usuwa. Nieregularne zażywanie preparatu, wymioty, niewłaściwa dawka albo oporność pasożyta mogą sprawić, że choroba rozwinie się mimo profilaktyki. Leki mogą też opóźnić pojawienie się objawów lub zmniejszyć liczbę pasożytów, utrudniając ich wykrycie.

Trzeba pytać o transfuzje krwi, przeszczepy, używanie wspólnych igieł i możliwość zakażenia wrodzonego. Większość przypadków jest skutkiem ukłucia komara, ale zarodek może dostać się bezpośrednio do krwi także inną drogą.

W rejonach endemicznych sytuacja bywa odwrotna. Malaria jest tam tak częsta, że łatwo przypisać jej każdą gorączkę. Przez lata wielu pacjentów otrzymywało leki przeciwmalaryczne wyłącznie na podstawie objawów. Część rzeczywiście miała malarię, inni cierpieli na zapalenie płuc, zakażenie układu moczowego, dur brzuszny, dengę, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, sepsę lub inną chorobę.

Rozpoznanie malarii nie powinno więc kończyć myślenia o pozostałych przyczynach gorączki. Dodatni wynik testu u mieszkańca obszaru o intensywnej transmisji również wymaga interpretacji. Człowiek może mieć bezobjawowe pasożyty we krwi, a aktualną gorączkę wywołuje inne zakażenie.

WSPÓŁCZESNOŚĆ

Gruba kropla i cienki rozmaz — duet, który nie odchodzi

Światowa Organizacja Zdrowia zaleca, aby podejrzenie malarii potwierdzać badaniem wykrywającym pasożyta — mikroskopią albo szybkim testem diagnostycznym — zanim rozpocznie się leczenie, o ile stan pacjenta i dostępność badań na to pozwalają.

W dobrze wyposażonym szpitalu podstawą nadal pozostają wykonane jednocześnie gruba kropla i cienki rozmaz. Materiał powinien zostać pobrany oraz oceniony natychmiast, a nie wysyłany jako zwykłe badanie do laboratorium pracującego dopiero następnego dnia.

Gruba kropla zwiększa szansę wykrycia małej liczby pasożytów. Cienki rozmaz pozwala rozpoznać gatunek i ocenić parazytemię. Informacje te wpływają na ocenę ryzyka, dobór postępowania oraz konieczność leczenia form wątrobowych w zakażeniach *P. vivax* i *P. ovale*.

Pojedynczy ujemny wynik nie zawsze wyklucza malarię. Liczba pasożytów może być początkowo bardzo mała. Ich obecność w krwi może się zmieniać, zwłaszcza po przyjęciu leków. Jeżeli podejrzenie pozostaje silne, badania mikroskopowe powtarza się zwykle co dwanaście do dwudziestu czterech godzin, aż do wykrycia pasożytów albo uzyskania trzech ujemnych zestawów preparatów.

Nie trzeba czekać na napad gorączki, aby pobrać krew. Przekonanie, że pasożyty można znaleźć wyłącznie w chwili dreszczy, jest pozostałością dawnego myślenia o rytmie choroby. Zarodźce krążą we krwi również między napadami, choć ich liczba i widoczne stadia mogą się zmieniać.

Wynik powinien zawierać więcej niż słowo „dodatni”. Należy określić, o ile to możliwe, gatunek, stadia pasożyta oraz parazytemię. W przypadku podejrzenia *P. falciparum* lub braku możliwości pewnego oznaczenia gatunku pacjenta ocenia się tak, jakby mógł być zakażony najgroźniejszym zarodźcem.

Współczesność. Kiedy wynik przeczy pacjentowi

Diagnostyka malarii jest sztuką rozwiązywania pozornych sprzeczności. Pacjent może ciężko chorować, a pierwszy rozmaz pozostaje ujemny. Może mieć dodatni szybki test, choć po leczeniu w krwi nie ma już żywych pasożytów. Mikroskop może sugerować *P. malariae*, podczas gdy PCR wykazuje *P. knowlesi*. Człowiek może mieć charakterystyczne objawy, ale jednocześnie zupełnie inną chorobę.

Szczególnie niebezpieczna jest sytuacja, w której wynik ujemny usypia czujność. W malarii sierpowatej stan pacjenta może pogorszyć się w ciągu godzin. Dlatego przy silnym podejrzeniu klinicznym pojedynczy negatywny test nie kończy diagnostyki.

Równie ostrożnie należy traktować wynik dodatni. Szybki test wykrywający HRP2 może pozostawać dodatni przez wiele dni po ustąpieniu parazytemii. Nie nadaje się więc do oceny skuteczności leczenia. Do tego celu służy przede wszystkim powtarzana mikroskopia.

Trudne bywają zakażenia mieszane. W krwi pacjenta mogą znajdować się dwa lub więcej gatunków zarodźca. Gatunek występujący liczniej dominuje w obrazie, a drugi pozostaje niezauważony. Ma to znaczenie zwłaszcza wtedy, gdy współistnieje *P. falciparum* albo gatunek tworzący hipnozoity.

Osobnym problemem jest malaria w ciąży. Zakażone krwinki mogą gromadzić się w naczyniach łożyska. Liczba pasożytów widocznych w krwi obwodowej matki może być niewielka, choć zakażenie szkodzi łożysku i płodowi. Badanie krwi nie zawsze oddaje więc pełny obraz choroby.

U małych dzieci ciężka malaria może objawiać się niedokrwistością, zaburzeniami świadomości, drgawkami, kwasicą, trudnościami w oddychaniu lub spadkiem stężenia glukozy. U dorosłych częściej obserwuje się uszkodzenie nerek, żółtaczkę i niewydolność wielonarządową. Rozpoznanie ciężkiej postaci nie polega jedynie na znalezieniu pasożyta. Wymaga jednoczesnej oceny funkcjonowania całego organizmu.

LATA DWUDZIESTE XXI WIEKU

Pasożyt, który nauczył się znikać z testu

Szybkie testy wykrywające HRP2 należą do najczęściej stosowanych narzędzi diagnostycznych w malarii sierpowatej. Ich popularność stworzyła jednak presję selekcyjną, której wcześniej nie przewidywano.

W wielu regionach wykryto szczepy *Plasmodium falciparum* pozbawione genów *pfhrp2* lub *pfhrp3*. Pasożyty takie nie wytwarzają białka rozpoznawanego przez najczęściej używane testy. Człowiek jest zakażony, we krwi znajdują się zarodźce, lecz na pasku diagnostycznym nie pojawia się oczekiwana linia.

Pasożyt staje się niewidzialny nie dla układu odpornościowego czy mikroskopu, lecz dla konkretnej technologii.

Problem jest szczególnie poważny w Rogu Afryki i innych miejscach, gdzie udział szczepów z delecjami genów HRP2 i HRP3 wzrasta. Światowa Organizacja Zdrowia zaleca zmianę rodzaju testów, gdy odsetek fałszywie ujemnych wyników spowodowanych tym zjawiskiem osiąga ustalony próg.

W kwietniu 2026 roku WHO zakwalifikowała trzy nowe szybkie testy wykorzystujące inny cel diagnostyczny — dehydrogenazę mleczanową *P. falciparum*, czyli pf-LDH. Pasożyt nie może tak łatwo zrezygnować z tego enzymu, ponieważ jest on potrzebny w jego metabolizmie. Testy te mają stanowić alternatywę tam, gdzie metody oparte wyłącznie na HRP2 zawodzą.

Historia zatoczyła koło. Pod koniec XIX wieku badacze błędnie uznali, że malarię wywołuje bakteria, ponieważ właśnie bakterii spodziewali się znaleźć. W XXI wieku diagnosta może przeoczyć pasożyta, jeżeli używa testu zaprojektowanego do wykrywania białka, którego miejscowa populacja zarodźców już nie wytwarza.

Każda metoda diagnostyczna jest pytaniem zadany przyrodzie. Wynik będzie użyteczny tylko wtedy, gdy pytanie nadal pasuje do badanego organizmu.

PRZYSZŁOŚĆ

Mikroskop, algorytm i jedna kropla krwi

Przyszłość diagnostyki malarii rozwija się w kilku kierunkach jednocześnie. Pierwszy to zwiększanie czułości. Klasyczna mikroskopia i standardowe testy szybkie mogą nie wykrywać zakażeń o bardzo małej liczbie pasożytów. Takie infekcje często nie powodują objawów, ale zakażony człowiek może pozostawać źródłem zarodźców dla komarów. W regionach dążących do eliminacji choroby właśnie te ciche, niewidoczne rezerwuary stają się jednym z największych problemów.

Testy oparte na namnażaniu kwasów nukleinowych potrafią wykrywać zakażenia zawierające mniej niż jednego pasożyta w mikrolitrze badanej próbki. Są szczególnie wartościowe w badaniach populacyjnych, śledzeniu transmisji, ocenie skuteczności programów eliminacyjnych oraz rozpoznawaniu zakażeń bezobjawowych.

Drugi kierunek to miniaturyzacja. Powstają przenośne urządzenia umożliwiające prowadzenie reakcji molekularnych poza dużym laboratorium. Trwają prace nad testami wykorzystującymi mikroprzepływy, małe czytniki fluorescencji i materiały zachowujące stabilność w wysokiej temperaturze.

Trzeci kierunek to automatyzacja mikroskopii. Cyfrowe aparaty mogą wykonywać fotografie kolejnych pól preparatu, a algorytmy uczenia maszynowego wyszukiwać struktury przypominające pasożyty. Potencjalną korzyścią jest możliwość szybkiego

przejrzenia dużej powierzchni rozmazu i wsparcia personelu w miejscach, gdzie brakuje doświadczonych mikroskopistów.

Algorytm nie usuwa jednak problemów związanych z jakością próbki. Źle przygotowany rozmaz pozostanie zły także po jego sfotografowaniu. Osad barwnika, nakładające się komórki, nierówne oświetlenie i różnice między mikroskopami mogą wprowadzać system w błąd. Program wyszkolony na idealnych preparatach laboratoryjnych może działać znacznie gorzej w wiejskiej przychodni.

Czwarty kierunek to łączenie wielu rodzajów danych. Przyszły system diagnostyczny może jednocześnie uwzględniać obraz mikroskopowy, wynik testu antygenowego, materiał genetyczny pasożyta, liczbę krwinek, parametry zapalne, miejsce podróży i aktualną sytuację epidemiologiczną. Nie będzie to jedno magiczne badanie, lecz zintegrowana analiza prawdopodobieństwa.

Najbardziej zaawansowana technologia nie unieważni jednak podstawowego pytania lekarza: czy w ogóle pomyślano o malarii?

Podsumowanie

Sztuka widzenia tego, czego prawie nie widać

Przez większą część historii człowiek rozpoznawał malarię po jej rytmie. Liczył dni między napadami, obserwował dreszcze i poty, dotykał powiększonej śledziony, patrzył na bagna i porę roku. Była to choroba widoczna poprzez skutki, lecz niewidzialna jako przyczyna.

W XIX wieku ciemny pigment w narządach wskazał, że w krwi zachodzi nieznany proces. Laveran zobaczył żywego pasożyta. Golgi połączył jego cykl z nawrotami gorączki. Romanowski i Giemsa nadali zarodźcom barwy. Ross, Grassi i ich współpracownicy umieścili brakujące stadia rozwoju w organizmie komara. Odkrycie fazy wątrobowej wyjaśniło okres wylęgania, a hipnozoity — nawroty po wielu miesiącach.

Szybkie testy zamknęły część laboratorium w małym pasku membrany. PCR pozwoliła odczytywać pasożyta z jego DNA. Sekwencjonowanie genomów ujawniło gatunki, zakażenia mieszane i mutacje czyniące zarodźca niewidzialnym dla niektórych testów. Paleogenetyka nauczyła się stawiać diagnozę ludziom zmarłym przed setkami, a nawet tysiącami lat.

Mimo tych osiągnięć rozpoznawanie malarii nadal wymaga czujności. Pasożyta może być za mało, aby pojawił się w pierwszym preparacie. Może ukrywać się w naczyniach narządów, w łożysku albo w wątrobie. Dwa gatunki mogą występować jednocześnie. Jeden może naśladować drugi. Białko wykrywane przez test może pozostać po ustąpieniu zakażenia albo zniknąć wskutek mutacji pasożyta.

Dlatego diagnoza nie jest pojedynczym wynikiem. Jest procesem składania dowodów: objawów, historii podróży, miejsca zakażenia, obrazu krwi, gatunku pasożyta i jego liczebności. Najlepszy diagnosta nie wybiera między obserwacją pacjenta a technologią. Łączy jedno z drugim.

Historia malarii pokazuje, że największe odkrycia zaczynały się często od drobnej niezgodności. Gorączka wracała zbyt regularnie, aby była przypadkowa. Czarny pigment

pojawiał się zbyt często, aby nic nie znaczył. Ciało w krwi poruszało się zbyt energicznie, aby było martwym osadem. Chorzy zapadali na malarię w miejscach, w których łączyło ich nie „złe powietrze”, lecz nocne ukłucia komarów.

Rozpoznać chorobę znaczy więc nie tylko zobaczyć to, co znajduje się przed oczami. Trzeba jeszcze zrozumieć, na co właściwie się patrzy.

Rozdział VII

Gorzka kora, błękitny barwnik i chiński piołun. Kręta droga od zakłęb do artemizyny

Historia leczenia malarii nie przypomina marszu po prostej drodze, na której każde kolejne odkrycie prowadziło ludzkość bliżej zwycięstwa. Jest raczej wędrówką przez labirynt. Ślepe zaułki sąsiadują w nim z genialnymi intuicjami, trafne obserwacje bywają odrzucane w imię błędnych teorii, a skuteczny lek może zostać uznany za niebezpieczny tylko dlatego, że nie pasuje do obowiązującej wiedzy. Czasem postęp przychodzi z miejsca, z którego nikt się go nie spodziewał: z kory południowoamerykańskiego drzewa, z nieudanego eksperymentu młodego chemika, z barwnika przeznaczonego dla przemysłu włókienniczego albo ze zdania zapisanego przed wiekami w chińskim traktacie medycznym.

Przez tysiąclecia człowiek nie wiedział, z kim walczy. Nie znał zarodźca, nie rozumiał roli komara, nie podejrzewał, że pasożyt ukrywa się najpierw w wątrobie, a następnie wnika do krwinek czerwonych. Widział jedynie skutki: dreszcze, gorączkę, poty, osłabienie, błądność, splątanie, czasem żółtaczkę, drgawki i śmierć. Leczył więc to, co potrafił zobaczyć. Próbował ogrzewać chorego, kiedy ten drżał z zimna, ochładzać go, gdy pónał w gorączce, uspokajać opium, oczyszczać za pomocą środków przeczyszczających, a nawet wypuszczać krew z organizmu już wyniszczonego niszczeniem krwinek.

Dopiero z biegiem stuleci leczenie objawów zaczęło ustępować próbom zabicia przyczyny choroby. Nie oznaczało to jednak końca pomyłek. Każde nowe lekarstwo rodziło nadzieję, a niemal każde z czasem ujawniało ograniczenia. Pasożyt, poddawany presji leków, zmieniał się. Ludzie natomiast wielokrotnie ulegali tej samej pokusie: wierzyli, że znaleźli środek ostateczny.

Historia leczenia malarii jest więc nie tylko historią farmacji. Jest opowieścią o człowieku wobec zarazy — o jego strachu, pysze, wytrwałości, zdolności do współpracy i niebezpiecznej skłonności do uznawania chwilowego sukcesu za ostateczne zwycięstwo.

Epoka pierwsza. Kiedy leczono gorączkę, a nie chorobę

Dla lekarza starożytnego czy średniowiecznego malaria nie była chorobą wywoływaną przez żywy organizm. Była gorączką bagienną, niezdrowym wyziewem, zaburzeniem równowagi płynów ustrojowych albo skutkiem wpływu sił, których człowiek nie potrafił dostrzec. Sama okresowość napadów wydawała się tajemnicza. Chory mógł przez kilka godzin drzeć, potem gorączkować, obficie się pocić i poczuć przejściową ulgę, aby po jednym, dwóch lub trzech dniach ponownie doświadczyć tego samego. Regularność skłaniała do szukania związków z ruchem Księżyca, układem planet, porami dnia, wiatrami i zmianami pogody.

Tam, gdzie nie istniała możliwość poznania pasożyta, wyjaśnienie łatwo przechodziło w magię. Z okresowością gorączki próbowano walczyć za pomocą liczb, formuł, amuletów i rytuałów wykonywanych o określonej porze. W dawnych receptariuszach znajdujemy zalecenia, które dzisiaj brzmią jak groteska: nacieranie chorego wiórami ze świeżo użytej szubienicy, domieszki krwi zwierząt, przedmioty należące do zmarłych albo szczególne placki przygotowywane z wydzielin pacjenta. Niektóre podobne przepisy przypisywano nawet wykształconym autorom średniowiecza. Ich obecność nie oznacza, że wszyscy lekarze bezkrytycznie wierzyli w czary. Pokazuje raczej, jak cienka była granica między ówczesną medycyną, religią, astrologią i magią naturalną.

Bardziej uczone terapie nie musiały być bezpieczniejsze. Przez stulecia europejską medycynę kształtowała teoria humoralna, wywodząca się z dzieł Hipokratesa i Galena. Zdrowie miało zależeć od równowagi czterech płynów ustrojowych: krwi, żółtej żółci, czarnej żółci i flegmy. Gorączka wskazywała, że równowaga została zaburzona, dlatego należało usunąć z organizmu nadmiar szkodliwego humoru. Stosowano upuszczanie krwi, środki wymiotne i przeczyszczające, bańki, lewatywy oraz diety osłabiające chorego.

W przypadku malarii była to terapia szczególnie niebezpieczna. Zarodek niszczy krwinki czerwone i może prowadzić do ciężkiej niedokrwistości. Upuszczając krew choremu, lekarz pozbawiał go właśnie tego, czego jego organizm najbardziej potrzebował. Środki przeczyszczające zwiększały odwodnienie, a wymioty utrudniały przyjmowanie płynów i pokarmów. Chory mógł umrzeć nie tylko wskutek działania pasożyta, lecz również wskutek leczenia prowadzonego zgodnie z najbardziej szanowaną teorią epoki.

Nie wszystkie dawne zabiegi były jednak całkowicie bezwartościowe. Odpoczynek, podawanie płynów, ochładzanie ciała podczas bardzo wysokiej gorączki i zapewnienie pożywienia mogły zwiększać szansę przeżycia. Opium łagodziło ból i niepokój, ułatwiało sen, a niekiedy tłumiło gwałtowne objawy. W Anglii podawano je między innymi z piwem. Pacjent mógł rzeczywiście poczuć się lepiej, chociaż liczba pasożytów w jego krwi nie ulegała przez to zmniejszeniu. Poprawa samopoczucia była łatwo mylona z leczeniem przyczyny.

To rozróżnienie — między złagodzeniem objawów a usunięciem źródła choroby — miało powracać w historii malarii wielokrotnie. Człowiek przez długi czas oceniał terapię na podstawie tego, co widział natychmiast. Jeśli gorączka opadała, lek wydawał się skuteczny. Jeśli wracała po kilku tygodniach, oskarżano lekarstwo, nie wiedząc, że w organizmie mogą pozostawać pasożyty krwi albo uśpione formy wątrobowe.

W dawnym świecie brakowało nie tylko skutecznego leku. Brakowało również pojęć, dzięki którym można byłoby zrozumieć, dlaczego jeden chory zdrowieje, drugi umiera, a trzeci doznaje nawrotu po miesiącach pozornego zdrowia.

Epoka druga. Kora, która nie pasowała do teorii

Pierwszy wielki przełom nie dokonał się w europejskiej sali wykładowej. Nadszedł z andyjskich lasów dzisiejszego Peru, Ekwadoru i Boliwii. Źródłem lekarstwa była kora drzew zaliczanych później do rodzaju *Cinchona* — chinowców⁵.



Drzewo Cinchona autorstwa Theodora Zwingera, 1696

Dokładne początki jej stosowania pozostają niejasne. Przez długi czas powtarzano opowieść, według której rdzenni mieszkańcy Andów od niepamiętnych czasów leczyli nią malarię, a Europejczycy jedynie przejęli ich wiedzę. Współcześni historycy są ostrożniejsi. Nie zachowały się jednoznaczne świadectwa potwierdzające, że kora była przed przybyciem Hiszpanów powszechnie używana właśnie przeciwko malarii. Możliwe, że wykorzystywano ją przeciw dreszczom albo innym dolegliwościom i dopiero kontakty między mieszkańcami Andów, misjonarzami, lekarzami oraz

5 "Drzewo gorączkowe" zostało ostatecznie dokładnie opisane przez astronoma Charlesa Marie de la Condamine, który odwiedził Quito w 1735 r. w celu zmierzenia łuku południka. Gatunek, który opisał, *Cinchona officinalis*, okazał się jednak mało wartościowy terapeutycznie. Pierwszymi żywymi roślinami zaobserwowanymi w Europie były rośliny *C. calisaya* wyhodowane w *Jardin des Plantes* z nasion zebranych przez Hugh Algernona Weddella z Boliwii w 1846 r. José Celestino Mutis, lekarz wicekróla Nueva Granada, Pedro Messii de la Cerdy, zbierał informacje o chinowcu w Kolumbii od 1760 r. i napisał rękopis *El Arcano de la Quina* (1793) z ilustracjami. Zaproponował hiszpańską wyprawę w celu poszukiwania roślin o wartości handlowej, która została zatwierdzona w 1783 r. i była kontynuowana po jego śmierci w 1808 r. przez jego bratanka Sinforoso Mutisa. Wraz ze wzrostem popytu na korę, drzewa w lasach zaczęły być niszczone. Aby utrzymać monopol na korę chinowca, Peru i kraje ościennie zaczęły zakazywać eksportu nasion i sadzonek chinowca od początku XIX wieku. [Hasło: cinchona, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cinchona>]

kolonialnymi urzędnikami doprowadziły do rozpoznania jej szczególnej wartości w gorączkach okresowych.

Nie zmienia to faktu, że bez lokalnej znajomości roślin Europejczycy prawdopodobnie nie odnaleźliby właściwych drzew. Historia chinowca była od początku historią spotkania różnych tradycji, ale także nierówności. Wiedza miejscowych zbieraczy stawała się towarem, który wędrował do europejskich aptek, podczas gdy nazwiska ludzi wskazujących drzewa najczęściej znikają z dokumentów.

Okolo lat trzydziestych XVII wieku wiadomości o skutecznym zastosowaniu kory zaczęły docierać z Ameryki Południowej do Europy. Wielką rolę w jej rozpowszechnieniu odegrała sieć jezuitów. Z tego powodu lekarstwo nazywano proszkiem jezuitów, korą jezuicką albo korą peruwiańską. Transportowano je przez Limę do Hiszpanii i Rzymu, a stamtąd do kolejnych krajów. W połowie XVII wieku opracowano nawet rzymskie instrukcje dotyczące sposobu podawania preparatu.

Było to lekarstwo zdumiewające, ponieważ potrafiło przerwać napad gorączki bez upuszczania krwi i bez gwałtownego „oczyszczania” organizmu. Jednocześnie właśnie ta skuteczność budziła podejrzenia. Kora nie pasowała do medycyny galenowej. Jeżeli gorączkę wywoływał nadmiar zepsutych humorów, należało je przecież usunąć. Tymczasem gorzki proszek niczego widocznie z organizmu nie wydalał. Działał, ale nie w sposób, który uznana teoria potrafiła wyjaśnić.

Kiedy obserwacja przeczy teorii, człowiek może zmienić teorię albo odrzucić obserwację. Wielu lekarzy wybrało drugą możliwość.

Do nieufności naukowej dołączała religijna. W protestanckiej Anglii „jezuicki proszek” podejrzewano o związek z katolicką propagandą. Lek wspierany przez duchownych i dwór papieski mógł być postrzegany jako narzędzie wpływu politycznego. Późniejsza tradycja przypisała Oliverowi Cromwellowi odrzucenie kory jako papistowskiego lekarstwa podczas choroby, która zakończyła się jego śmiercią w 1658 roku. Nie wszystkie szczegóły tej historii dają się potwierdzić, ale sama popularność opowieści pokazuje, jak silnie medycyna splatała się z konfliktem wyznaniowym.

Sceptycy mieli zresztą argumenty bardziej rozsądne niż uprzedzenia religijne. Kora nie zawsze działała. Pod nazwą „gorączki” kryły się liczne choroby, z których wiele nie miało nic wspólnego z malarią. Chinowiec nie mógł leczyć zapalenia płuc, duru, gruźlicy czy zakażeń bakteryjnych tylko dlatego, że towarzyszyła im podwyższona temperatura. Preparat bywał zafałszowany, źle przechowywany albo sporządzony z niewłaściwego gatunku drzewa. Zawartość substancji czynnych różniła się między okazami, siedliskami, a nawet poszczególnymi fragmentami kory. Nie znano odpowiedniej dawki ani czasu leczenia.

Dodatkowym problemem były nawroty. Pacjent otrzymywał korę, gorączka ustępowała, a po kilku tygodniach wracała. Dla lekarza nieznanego cyklu życiowego zarodźca był to dowód, że lekarstwo jedynie ukryło chorobę albo wręcz zatrzymało w ciele szkodliwe humory. W rzeczywistości dawka mogła być zbyt mała, kuracja zbyt krótka, zakażenie mogło utrzymywać się we krwi lub — w przypadku niektórych gatunków zarodźca — pasożyty mogły pozostawać w wątrobie.

Paradoks polegał na tym, że prawdziwy lek został częściowo odrzucony z powodu zjawisk, których ówczesna nauka nie umiała jeszcze zobaczyć.

Tajemnica Roberta Talbora. Kiedy znachor wiedział więcej od uczonych

Jedną z najbardziej niezwykłych postaci w dziejach kory chinowca był Robert Talbor, angielski praktyk działający w drugiej połowie XVII wieku. Nie należał do elity akademickiej. Miał pewne doświadczenie aptekarskie, lecz nie był wybitnym lekarzem uniwersyteckim. Zbudował reputację specjalisty od gorączek na podmokłych terenach Essex, gdzie malaria występowała wówczas często.

Talbor publicznie przestrzegał przed niewłaściwym używaniem proszku jezuitów. Jednocześnie jego własny „tajemny lek” opierał się właśnie na korze chinowca. Gorzki smak maskował winem, sokiem z cytryny, dodatkami roślinnymi, a prawdopodobnie również opium. Dobierał dawki ostrożniej niż wielu współczesnych lekarzy i podawał preparat w określonych momentach cyklu gorączki.

To wystarczyło, by osiągać wyniki uznawane za cudowne. Talbor leczył ludzi z angielskich mokradeł, później dworzan, Karola II oraz członków europejskich rodzin królewskich. We Francji zdobył uznanie Ludwika XIV po wyleczeniu jego syna. Otrzymał pieniądze, tytuły i obietnicę zachowania receptury w tajemnicy do końca życia.

Historia Talbora odsłania mniej szlachetne oblicze postępu medycznego. Skuteczne leczenie było sekretem handlowym. Wiedza oznaczała pozycję, dostęp do dworu i kontrolę nad rynkiem. Talbor starał się wykupywać zapasy kory, zwiększając własne zyski. Dopiero po jego śmierci w 1681 roku ujawniono, że cudowna mieszanina zawierała mocny wyciąg z kory peruwiańskiej.

Można widzieć w Talborze szarlatana, który ukrywał skład preparatu. Można jednak również dostrzec praktyka umiającego obserwować pacjentów lepiej niż wielu uczonych lekarzy. Jego sukces nie wynikał z trafnej teorii choroby. Wynikał z doświadczenia, doboru dawek i użycia naprawdę skutecznego składnika.

Był to jeden z licznych momentów, gdy medycyna praktyczna wyprzedziła naukowe wyjaśnienie. Zarazem tajemnica Talbora opóźniła możliwość swobodnego sprawdzania, porównywania i doskonalenia metody. Skuteczny lek pozostawał magicznym eliksirem tak długo, jak długo jego skład znała tylko jedna osoba.

Dopiero stopniowo kora chinowca zyskała miejsce w oficjalnej farmakopei. W 1712 roku włoski lekarz Francesco Torti opublikował obszerne dzieło dotyczące jej stosowania w gorączkach. Trafnie zauważał, że chinowiec pomaga tylko w określonych rodzajach gorączki. Odpowiedź na lek zaczęła służyć nie tylko terapii, lecz także rozpoznaniu choroby. Był to ważny krok: środek leczniczy stawał się zarazem narzędziem pozwalającym odróżnić malarię od innych zakażeń.

Epoka trzecia. Od gorzkiego proszku do czystego kryształu

Rozdrobniona kora miała zasadniczą wadę: nie pozwalała dokładnie ustalić dawki. Jedna porcja mogła zawierać dużo aktywnej substancji, inna niemal wcale. Lekarz nie wiedział, czy brak skuteczności wynikał ze złego rozpoznania, niewłaściwego gatunku drzewa, zbyt małej ilości proszku czy oporności organizmu chorego.

Na początku XIX wieku chemicy zaczęli rozdzielać roślinne mieszaniny na poszczególne składniki. W 1811 roku portugalski lekarz i chemik wojskowy Bernardino António Gomes uzyskał z kory krystaliczną substancję, którą nazwał cynchoniną. Nie była to jeszcze chinina, ale wskazała drogę.

Decydujący krok wykonali w 1820 roku dwaj Francuzi: Pierre-Joseph Pelletier i Joseph-Bienaimé Caventou. Wyodrębnili chininę oraz cynchoninę i wykazali, że można przygotować ich sole nadające się do stosowania leczniczego. Tym samym lekarstwo przestało być nieprzewidywalną garścią proszku. Można było ważyć je, porównywać dawki i produkować według powtarzalnego procesu.



Oryginalny preparat octanu chininy firmy Pelletier. około 1820 roku.

Była to zmiana większa, niż może się wydawać. Wyizolowanie chininy oznaczało przejście od dawnej zielarskiej mieszaniny do nowoczesnego leku chemicznego. Lekarz nie podawał już „kory”, lecz określoną substancję. Można było pytać o jej stężenie, czystość, działanie i toksyczność. Rodziła się farmakologia.

Pelletier i Caventou opublikowali sposób otrzymywania chininy, zamiast zachować go jako tajemnicę podobną do receptury Talbora. Dzięki temu produkcja mogła się rozpowszechnić. Nie oznaczało to jednak, że lek stał się od razu dostępny dla wszystkich. Kora nadal pochodziła głównie z Ameryki Południowej, a jej cena zależała od zbiorów, transportu, handlu i polityki kolonialnej.

Chinina nie była też środkiem łagodnym. Jej gorzki smak był najmniejszym problemem. Większe dawki powodowały zespół objawów nazywany cynchonizmem: szum w uszach, pogorszenie słuchu, bóle i zawroty głowy, nudności, zaburzenia widzenia oraz osłabienie. Przedawkowanie mogło prowadzić do poważnych zaburzeń rytmu serca. Lek miał wąski margines między dawką skuteczną a

szkodliwą. Mimo to przez ponad sto lat pozostawał najważniejszym środkiem przeciwmalarycznym.

Chinina ratowała życie, lecz jej produkcja ujawniła również mroczną stronę medycyny imperialnej.

Nasiona, których nie nazwano imieniem znalazcy

Europejskie mocarstwa zdawały sobie sprawę, że zależność od południowoamerykańskich dostaw kory stanowi zagrożenie strategiczne. Malaria paraliżowała wojska, kolonialną administrację, budowę dróg, kolei, portów i plantacji. Kto kontrolował chininę, ten zyskiwał możliwość działania w tropikach.

W XIX wieku Brytyjczycy i Holendrzy zaczęli przenosić chinowce do Azji. Podejmowano wyprawy po nasiona i sadzonki, często wbrew zakazom władz państw południowoamerykańskich. Wiele pierwszych plantacji przynosiło rozczarowanie, ponieważ wywiezione odmiany zawierały niewiele chininy.

Przełom nastąpił dzięki wiedzy Manuela Incry Mamaniego, andyjskiego zbieracza i znawcy chinowców współpracującego z angielskim kupcem Charlesem Ledgerem. Mamani przez lata poszukiwał drzew o szczególnie wysokiej zawartości alkaloidów. W 1865 roku zdobył nasiona cennej odmiany. Ledger próbował sprzedać je Brytyjczykom, lecz większe zainteresowanie wykazali Holendrzy. Z nasion powstały plantacje na Jawie, które z czasem zapewniły Holandii niemal monopolistyczną pozycję na światowym rynku chininy.

Roślinę nazwano *Cinchona ledgeriana* — od nazwiska europejskiego handlarza. Nazwisko człowieka, którego znajomość gór i roślin była warunkiem sukcesu, nie znalazło się w nazwie gatunkowej. Mamani został później aresztowany podczas kolejnej wyprawy, ciężko pobity i zmarł wskutek doznanych obrażeń.

Ta historia przypomina, że rozwój medycyny nie odbywał się poza polityką. Życie milionów ludzi ratowano dzięki roślinie znalezionej przy udziale lokalnych znawców, następnie przemycanej i uprawianej na kolonialnych plantacjach. Zyski, zaszczyty i naukowe nazwy rozdzielano jednak nierówno.

Chinina pomagała Europejczykom przetrwać w regionach, w których wcześniej choroby tropikalne ograniczały ekspansję. Stała się jednym z farmakologicznych narzędzi imperium. Nie była przyczyną kolonializmu, ale ułatwiała jego funkcjonowanie. Lek, który ratował chorych, pomagał jednocześnie armiom i administracjom podporządkowywać kolejne terytoria.

W historii człowieka wobec zarazy postęp nigdy nie jest moralnie jednoznaczny.

Fioletowy przypadek. Jak nieudana synteza chininy zmieniła przemysł

W połowie XIX wieku chinina pozostawała substancją drogą i zależną od dostaw roślinnych. Chemicy marzyli o jej wytworzeniu z prostszych składników. Jednym z

nich był osiemnastoletni William Henry Perkin, uczeń Augusta Wilhelma von Hofmanna w londyńskim Royal College of Chemistry.

W 1856 roku Perkin próbował uzyskać chininę z substancji pochodzących ze smoły węglowej. Założenie opierało się na zbyt uproszczonym rozumieniu budowy chemicznej. Eksperyment nie mógł doprowadzić do oczekiwanego produktu. Zamiast chininy powstała ciemna, niepozorna masa.

Większość badaczy uznałaby ją za odpad i wyrzuciła. Perkin zauważył jednak, że po potraktowaniu alkoholem substancja daje intensywną purpurową barwę. Wkrótce opracował pierwszy produkowany na wielką skalę syntetyczny barwnik, nazwany później mauveiną.

Lek na malarię nie powstał. Narodził się za to nowoczesny przemysł barwników syntetycznych, z którego rozwinęła się część europejskiego przemysłu chemicznego i farmaceutycznego. Te same laboratoria, które uczyły się modyfikować cząsteczki barwników, miały później tworzyć leki przeciw bakteriom i pasożytom.

Przypadek odegrał tu ważną rolę, ale nie był ślepym losem. Czarna masa musiała trafić na badacza dostatecznie uważnego, aby zauważyć jej właściwości, i dostatecznie przedsiębiorczego, by rozwinąć produkcję. Nauka często korzysta z przypadku dopiero wtedy, gdy spotyka on przygotowany umysł.

Nieudana droga do chininy stała się drogą do przemysłu, który kilkadziesiąt lat później rozpoczął systematyczne poszukiwanie syntetycznych środków przeciwmalarycznych.

Epoka czwarta. Pasożyt wychodzi z cienia

Przez ponad dwieście lat lekarze dysponowali skuteczną korą, nie wiedząc, na co właściwie działa. Chinowiec i chinina pojawiły się przed poznaniem przyczyny malarii. Odwracało to zwykłą kolejność, jakiej oczekujemy od nowoczesnej medycyny: najpierw znaleziono lekarstwo, dopiero później zidentyfikowano cel.

W 1880 roku francuski lekarz wojskowy Alphonse Laveran, pracujący w Algierii, zobaczył w krwi chorego ruchliwe, zabarwione pigmentem organizmy. Uznał je za pasożyty odpowiedzialne za malarię. Początkowo spotkał się z niedowierzaniem. Wielu badaczy poszukiwało bakteryjnej przyczyny choroby, ponieważ właśnie bakterie znajdowano w kolejnych zakażeniach. Pierwotniak widoczny wewnątrz krwinek nie pasował do dominującego kierunku badań.

Laveran miał rację. Włoscy uczeni, między innymi Camillo Golgi, Ettore Marchiafava i Angelo Celli, opisali później rozwój pasożytów we krwi. Golgi powiązał napad gorączki z niemal równoczesnym pękaniem zakażonych krwinek i uwalnianiem nowego pokolenia zarodków. Tajemnicza okresowość, przez stulecia kierująca myśli ku astrologii, okazała się skutkiem rytmu rozmnażania pasożyta.

Odkrycie miało zasadnicze znaczenie dla terapii. Można było obserwować pod mikroskopem, czy po podaniu chininy pasożyty znikają z krwi. Leczenie przestawało

być oceniane wyłącznie na podstawie gorączki i samopoczucia. Pojawiał się mierzalny cel.

Jednak nawet po odkryciu zarodźca naukowcy długo nie rozumieli pełnego cyklu jego życia. Mikroskop pokazywał pasożyty w krwinkach, więc właśnie na nich skupiono uwagę. Jeżeli po leczeniu krew wydawała się czysta, uznawano zakażenie za zakończone. Powrót choroby pozostawał zagadką.

Malaria jeszcze długo miała zachować jedną ze swoich najważniejszych kryjówek.

Błękit, który miał stać się „magicznym pociskiem”

Odkrycie pasożyta zbiegło się z rozwojem barwienia preparatów mikroskopowych. Barwniki pozwalały odróżniać komórki krwi, ich jądra oraz znajdujące się w nich zarodźce. Paul Ehrlich zauważył, że niektóre substancje chemiczne wybiórczo gromadzą się w określonych komórkach i drobnoustrojach. Zrodziła się śmiała myśl: skoro barwnik potrafi odnaleźć pasożyta, być może może go również uszkodzić.

W 1891 roku Ehrlich i Paul Guttman zastosowali błękit metylenowy u chorych na malarię. Był to jeden z pierwszych syntetycznych środków użytych przeciw chorobie zakaźnej. Wyniki nie okazały się na tyle dobre, by wypreć chininę. Barwnik powodował działania niepożądane, a ponadto nadawał moczowi niebieskie lub zielonkawe zabarwienie, co nie zwiększało zaufania pacjentów.

Znaczenie eksperymentu nie polegało jednak wyłącznie na skuteczności błękitu. Otwierał on nową epokę: chemik mógł stworzyć cząsteczkę, która wybiórczo uderzy w pasożyta. Ehrlich rozwijał później ideę „magicznego pocisku” — substancji trafiającej w przyczynę choroby, a oszczędzającej organizm pacjenta.

W rzeczywistości żaden lek przeciwmalaryczny nie okazał się pociskiem doskonale magicznym. Pasożyt jest komórką eukariotyczną, podobną pod wieloma względami do komórek gospodarza. To, co go zabija, może szkodzić również człowiekowi. Historia farmakologii malarii miała się stać sztuką poszukiwania różnicy: takiego procesu lub etapu życia zarodźca, który można zablokować bez nadmiernego uszkodzenia chorego.

Błękit metylenowy nie zakończył kariery chininy. Zmienił jednak sposób zadawania pytań. Zamiast pytać wyłącznie, jaka roślina łagodzi gorączkę, zaczęto pytać, jaka budowa chemiczna pozwoli zniszczyć pasożyta.

Ślepa plamka wiedzy. Dlaczego nie rozumiano działania chininy

Chinina i późniejsza chlorochina szczególnie skutecznie działają na okres, gdy pasożyt żyje w krwinkach czerwonych i trawi hemoglobinę. Zawarte w niej białko dostarcza zarodźcowi aminokwasów, ale uwalniany przy tym hem jest dla niego toksyczny. Pasożyt unieszkodliwia go, tworząc nierozpuszczalne kryształy hemozoiny — ciemnego pigmentu malarycznego.

Leki chinolinowe zakłócają ten proces. Toksyczne związki hemu gromadzą się w komórce pasożyta i przyczyniają do jego śmierci. Pełne zrozumienie struktury

hemozoiny i znaczenia jej powstawania przyszło jednak dopiero pod koniec XX wieku.

Przez większość historii chininy lekarze stosowali więc lek bez znajomości mechanizmu. Nie przeszkadzało mu to działać. Przypominało natomiast, że praktyczna skuteczność i teoretyczne wyjaśnienie nie zawsze pojawiają się jednocześnie.

Wcześniej brak teorii prowadził do odrzucania chinowca. Później niedostateczna wiedza o cyklu pasożyta prowadziła do przeceniania leków usuwających jedynie jego krwinkowe postacie. Nauka posuwała się naprzód, ale każde nowe pole widzenia ujawniało kolejne obszary ciemności.

Epoka piąta. Malaria jako lekarstwo

Jednym z najbardziej paradoksalnych rozdziałów medycyny było wykorzystanie malarii nie jako choroby wymagającej leczenia, lecz jako środka terapeutycznego.

Na początku XX wieku kiła układu nerwowego należała do najbardziej przerażających chorób. Prowadziła do zaburzeń psychicznych, porażeń, otępienia i śmierci. Nie istniał jeszcze skuteczny antybiotyk. Lekarze zauważali jednak, że stan niektórych pacjentów poprawiał się po chorobach przebiegających z wysoką gorączką.

Austriacki psychiatra Julius Wagner-Jauregg zaczął w 1917 roku celowo zakażać chorych zarodźcem *Plasmodium vivax*. Napady malarii podnosiły temperaturę ciała, co miało niszczyć wrażliwe na gorąco krętki kiły. Po kilku atakach zakażenie malaryczne przerywano chininą.

Metoda, nazwana malarioterapią, przynosiła poprawę części chorych i była stosowana w wielu szpitalach psychiatrycznych. Wagner-Jauregg otrzymał za nią w 1927 roku Nagrodę Nobla. Jednocześnie terapia pozostawała niebezpieczna. Część pacjentów umierała z powodu wywołanej infekcji, powikłań gorączki albo innych zakażeń przenoszonych z krwią.

Z dzisiejszej perspektywy celowe zakażenie człowieka malarią wydaje się szokujące. Trzeba jednak pamiętać, że alternatywą była wówczas często postępująca, nieuleczalna choroba kończąca się śmiercią. Malarioterapia nie była jedynie szaleństwem. Była ryzykowną próbą wykorzystania jednego znanego i dającego się przerwać zakażenia przeciw drugiemu, znacznie trudniejszemu do opanowania.

Gdy w latach czterdziestych XX wieku pojawiła się penicylina, metoda szybko straciła znaczenie. Historia malarioterapii pozostała jednak ostrzeżeniem: medycyna może uznać terapię za racjonalną nie dlatego, że jest bezpieczna, lecz dlatego, że wszystko inne jest jeszcze gorsze.

Eksperymenty te przyczyniły się również do powstania ośrodków utrzymujących szczepy zarodźców, zakażone komary i grupy obserwowanych pacjentów. Paradoksalnie próba leczenia kiły pomogła więc stworzyć warunki do badań nad samą malarią i nowymi lekami przeciwmalarycznymi.

Epoka szósta. Wojna chemików

Pierwsza połowa XX wieku przyniosła zasadniczą zmianę w sposobie odkrywania leków. Miejsce pojedynczego zielarza, misjonarza czy aptekarza zaczęły zajmować laboratoria przemysłowe, instytuty wojskowe i wielkie programy państwowe. Kandydatów na lekarstwa nie wybierano już wyłącznie na podstawie tradycji. Chemicy syntetyzowali setki, a później tysiące związków, oznaczali je numerami i poddawali badaniom na pasożytach, ptakach, gryzoniach, małpach oraz ludziach.

Głównym motorem tych prac nie zawsze była troska o cywilną ludność terenów endemicznych. Często była nim wojna.

Malaria od dawna powodowała w armiach więcej strat niż niejedna bitwa. Żołnierz z wysoką gorączką nie mógł maszerować, walczyć ani obsługiwać sprzętu. Dostęp do leków przeciwmalarycznych stawał się więc częścią strategii wojskowej.

W niemieckich laboratoriach związanych z firmą Bayer i późniejszym koncernem IG Farben poszukiwano syntetycznych następców chininy. W latach dwudziestych opracowano plazmochinę, nazywaną również pamachiną — pierwszy szerzej stosowany lek z grupy 8-aminochinolin. Działała na postacię pasożyta, których chinina nie usuwała skutecznie, ale powodowała poważne działania niepożądane, w tym rozpad krwinek u części pacjentów.

Wówczas nie rozumiano jeszcze, dlaczego ten sam lek bywał dla jednych względnie bezpieczny, a dla innych niebezpieczny. Dopiero później wykazano, że szczególnie zagrożone są osoby z niedoborem enzymu G6PD, ważnego dla ochrony krwinek czerwonych przed stresem oksydacyjnym. Genetyczna cecha pacjenta decydowała więc o toksyczności terapii — na długo przed narodzinami pojęcia medycyny spersonalizowanej.

Kolejnym lekiem była mepakryna, znana pod nazwami atebryna lub chinakryna. Opracowana na początku lat trzydziestych, stała się jednym z głównych środków używanych przez wojska alianckie podczas II wojny światowej. Była skuteczna, ale powodowała nudności, zaburzenia żołądkowe i charakterystyczne żółte zabarwienie skóry. Rzadziej występowały poważniejsze zaburzenia psychiczne.

Nieufność żołnierzy wobec atebryny była ogromna. Krążyły pogłoski, że lek powoduje bezpłodność albo jest formą eksperymentu. Dowódcy próbowali nadzorować przyjmowanie tabletek, ponieważ nieregularne stosowanie prowadziło do kolejnych zachorowań. Historia powtarzała się: nawet skuteczny środek nie pomagał, jeśli pacjenci mu nie ufali, źle go tolerowali albo nie otrzymywali wiarygodnej informacji o jego działaniu.

Lek odkryty, odrzucony i odkryty ponownie

Najbardziej znanym przykładem krętej drogi nauki była chlorochina. W 1934 roku zespół Hansa Andersaga w laboratoriach Bayera zsyntetyzował związek nazwany Resochinem. W badaniach uznano go jednak za zbyt toksyczny. Większe

nadzieje wiązano z pokrewnym Sontochinem. Resochin odłożono na bok — nie dlatego, że był nieskuteczny, lecz dlatego, że jego niebezpieczeństwo przeceniono.

Podczas II wojny światowej sytuacja zmieniła się dramatycznie. Po zajęciu przez Japonię Holenderskich Indii Wschodnich, w tym Jawy, alianci zostali odcięci od najważniejszych plantacji chinowca. Zapasy chininy stały się przedmiotem strategicznej walki. Organizowano wyprawy po korę do Ameryki Południowej, przenoszono nasiona do nowych plantacji i przyspieszano badania nad lekami syntetycznymi.

Po opanowaniu Afryki Północnej alianci uzyskali dostęp do danych i zapasów Sontochinu testowanego przez Francuzów w Tunezji. Amerykańscy badacze ponownie przeanalizowali całą grupę związków. Okazało się, że substancja, którą rozwijali jako chlorochinę, była w istocie tym samym związkiem, który niemieccy chemicy wcześniej nazwali Resochinem i odrzucili jako nadmiernie toksyczny.

Lek czekał niemal dekadę na ponowną ocenę.

Historia chlorochiny pokazuje, że nauka może ponieść porażkę nie tylko wtedy, gdy czegoś nie odkryje. Może również nie rozpoznać wartości tego, co już posiada. Wynik doświadczenia nie mówi sam za siebie. Trzeba go prawidłowo zinterpretować, porównać z odpowiednimi dawkami i oddzielić rzeczywistą toksyczność od błędów badania.

Po wojnie chlorochina stała się jednym z największych sukcesów medycyny tropikalnej.

Epoka siódma. Złoty wiek chlorochiny

Chlorochina wydawała się niemal idealnym lekiem. Była skuteczna, tania, łatwa do produkcji, stosunkowo dobrze tolerowana i prostsza w użyciu niż chinina. Szybko usuwała krwinkowe postacie *Plasmodium falciparum* oraz innych zarodźców. W połączeniu z działaniami przeciw komarom stała się jednym z filarów powojennych programów zwalczania malarii.

Jej sukces był tak wielki, że zrodził niebezpieczne przekonanie, iż problem malarii został właściwie rozwiązany. Pozostało jedynie wyprodukować wystarczającą liczbę tabletek i dostarczyć je do miejsc, gdzie choroba występuje.

W tym samym okresie rozwijano inne grupy leków. Brytyjskie laboratoria Imperial Chemical Industries opracowały proguanil, wprowadzony w połowie lat czterdziestych. Później pojawiła się pirymetamina, działająca na przemiany kwasu foliowego u pasożyta, a następnie połączenie pirymetaminy z sulfadoksyną. Powstały amodiachina, prymachina i kolejne związki o nieco innych właściwościach.

Różnorodność ta była konieczna, ponieważ malaria nie jest jednym prostym zakażeniem. Leki skuteczne przeciw pasożytom znajdującym się we krwi nie muszą działać na formy wątrobowe. Niektóre usuwają objawy ostrego ataku, ale nie zapobiegają nawrotowi. Inne działają na formy płciowe i ograniczają możliwość zakażenia komarów, lecz nie wystarczają do ratowania ciężko chorego pacjenta.

Aby skutecznie leczyć malarię, trzeba było wreszcie poznać miejsca, w których pasożyt ukrywał się poza krwią.

Wątroba — odnaleziona kryjówka

Już w latach dwudziestych XX wieku doświadczenia sugerowały, że zakażenie wywołane ukąszeniem komara zachowuje się inaczej niż zakażenie wywołane przetoczeniem krwi zawierającej pasożyty. Chinina mogła całkowicie wyleczyć niektórych pacjentów zakażonych przez krew, podczas gdy u ludzi zakażonych przez komary choroba powracała.

Wskazywało to, że sporozycyty wprowadzone przez komara nie trafiają od razu do krwinek czerwonych. Musiały wcześniej przechodzić przez niewidoczny etap rozwoju w innym narządzie.

W 1948 roku Henry Shortt i Percy Garnham wraz ze współpracownikami wykazali rozwój pasożyta malarii w wątrobie małpy. Wkrótce potwierdzono etap wątrobowy *Plasmodium vivax* u człowieka. Badania wymagały doświadczeń na zwierzętach, zakażonych komarów oraz biopsji wątroby pobranej od pacjenta. Były prowadzone w warunkach, które dzisiaj podlegałyby znacznie surowszej ocenie etycznej.

Odkrycie zmieniło obraz choroby. Po ukąszeniu człowieka sporozycyty przedostają się z krwią do wątroby, wnikają do hepatocytów i dopiero tam wytwarzają tysiące potomnych form. Następnie merozoity opuszczają wątrobę i atakują krwinki czerwone. To właśnie etap krwinkowy wywołuje typowe objawy i jest głównym celem chininy oraz chlorochiny.

Nadal jednak nie wyjaśniało to, dlaczego w malarii wywoływanej przez *P. vivax* i *P. ovale* ataki mogą powracać po wielu miesiącach.

Uczeni wysuwali liczne hipotezy. Podejrzewano, że niewielka liczba pasożytów pozostaje we krwi, że reaktywują się formy płciowe albo że w tkankach istnieją nieznane „ciała przetrwalne”. Dopiero na początku lat osiemdziesiątych Wojciech Krotoski i jego współpracownicy przekonująco wykazali obecność drobnych, uśpionych form wątrobowych. Nazwano je hipnozoitami — „śpiącymi zwierzątkami”.

Hipnozoit może przez długi czas pozostawać niemal nieaktywny, a następnie rozpocząć rozwój i wywołać nowy atak choroby. Nie jest to ponowne zakażenie ani zwykłe odrodzenie pasożytów, które przetrwały we krwi. Jest to prawdziwy nawrót pochodzący z wątroby.

Odnalezienie hipnozoitu wyjaśniło, dlaczego samo oczyszczenie krwi nie zawsze oznacza wyleczenie.

Prymachina i cena „radikalnego wyleczenia”

Prymachina, opracowana w ramach wielkiego amerykańskiego programu poszukiwania leków podczas i po II wojnie światowej, należy do 8-aminochinolin. Jej szczególna wartość polega na zdolności niszczenia wątrobowych form *P. vivax* i *P. ovale*. Połączenie leku działającego na pasożyty krwi z prymachiną pozwala uzyskać

tak zwane radykalne wyleczenie — usunięcie zarówno bieżącego ataku, jak i źródła przyszłych nawrotów.

Nie jest to jednak lek bezpieczny dla każdego. U osób z niedoborem G6PD może doprowadzić do gwałtownego rozpadu krwinek czerwonych. Niedobór ten występuje szczególnie często w regionach historycznie dotkniętych malarią. Prawdopodobnie niektóre jego warianty utrzymywały się w populacjach dlatego, że częściowo chroniły przed ciężkim przebiegiem zakażenia. Ta sama cecha, która mogła pomagać przodkom przetrwać malarię, zwiększa ryzyko powikłań nowoczesnej terapii.

Przed zastosowaniem prymachiny konieczna jest więc ocena aktywności G6PD i dostosowanie leczenia do pacjenta. Pokazuje to, jak bardzo medycyna oddaliła się od epoki uniwersalnych mikstur. Skuteczność leku zależy nie tylko od gatunku pasożyta i etapu jego życia, ale również od biologii chorego.

Odkrycie ukrytych form wątrobowych zmieniło znaczenie słowa „wyleczenie”. Brak gorączki nie wystarczał. Czysty rozmaz krwi także nie zawsze wystarczał. Trzeba było wiedzieć, czy pasożyt nie pozostawił w organizmie uśpionej rezerwy.

Epoka ósma. Pasożyt odpowiada

W złotym wieku chlorochiny łatwo było uwierzyć, że chemia zyskała trwałą przewagę. Tymczasem każdy podany lek stawał się dla pasożytów próbą selekcyjną. Osobniki najbardziej wrażliwe ginęły, ale te, które dzięki przypadkowym mutacjom znosiły działanie preparatu nieco lepiej, miały większą szansę przeżyć i zostać przeniesione przez komara.

Pod koniec lat pięćdziesiątych wykryto niezależne ogniska oporności *P. falciparum* na chlorochinę na pograniczu tajsko-kambodżańskim oraz w północnej części Ameryki Południowej. Początkowo mogły wydawać się lokalną osobliwością. Z czasem odporne pasożyty rozprzestrzeniły się przez Azję, następnie dotarły do Afryki.

Konsekwencje były katastrofalne. Lek nadal wyglądał tak samo, kosztował niewiele i przez lata był symbolem skuteczności. Pacjenci otrzymywali więc tabletki, które w coraz większej liczbie przypadków nie usuwały zakażenia. Tam, gdzie systemy nadzoru działały słabo, zmiana zaleceń następowała z opóźnieniem. Wzrost śmiertelności nie wynikał tylko z biologii pasożyta, lecz również z bezwładu instytucji, braków finansowych i przywiązania do dawnego sukcesu.

Oporność pojawiała się także wobec kolejnych leków. Proguanil i pirymetamina traciły skuteczność stosunkowo szybko. Połączenie sulfadoksyny z pirymetaminą miało utrudnić pasożytowi przetrwanie, ponieważ blokowało dwa kolejne etapy tego samego szlaku metabolicznego, lecz i tę przeszkodę zarodek nauczył się omijać.

W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych amerykański Walter Reed Army Institute of Research prowadził olbrzymi program badań nad nowymi związkami. Jednym z jego rezultatów była meflochina. W jej rozwoju uczestniczyły następnie Światowa Organizacja Zdrowia i firma Hoffmann-La Roche. Lek pomagał w zakażeniach opornych na chlorochinę, lecz zanim został szeroko wprowadzony, w Azji Południowo-Wschodniej zaczęto obserwować zmniejszanie jego skuteczności.

Dodatkowym problemem były działania neuropsychiatryczne występujące u części pacjentów.

Powtarzał się ten sam schemat. Nowy lek wygrywał kilka bitew, po czym pasożyt odnajdywał sposób przetrwania. Coraz wyraźniej było widać, że poszukiwanie pojedynczego cudownego środka prowadzi do biegu bez mety.

Jak człowiek hoduje oporność

Nie można powiedzieć, że człowiek świadomie stworzył odporne zarodźce. Można jednak wskazać działania, które ułatwiały ich selekcję. Jednym z nich było stosowanie pojedynczego leku przez ogromne populacje. Innym — podawanie zbyt małych dawek lub przerywanie kuracji po ustąpieniu gorączki. Znaczenie miały leki podrobione, źle przechowywane i zawierające zbyt mało substancji czynnej. W regionach ubogich pacjent kupował czasem tylko część zalecanej liczby tabletek, ponieważ na pełną kurację nie było go stać. Pasożyty otrzymywały wówczas dawkę dostatecznie silną, by zabić najbardziej wrażliwe osobniki, ale zbyt słabą, aby usunąć wszystkie.

Łatwo obarczać winą chorego, który nie ukończył leczenia. Często jednak jego zachowanie było skutkiem systemu: braku dostępu do lekarza, wysokiej ceny, niejasnych instrukcji, działań niepożądanych albo rynku zalanego produktami niewiadomego pochodzenia.

Oporność nie jest zatem tylko problemem biologicznym. Jest skutkiem spotkania ewolucji pasożyta z ekonomią, polityką, organizacją ochrony zdrowia i ludzkim zachowaniem.

Pod koniec lat sześćdziesiątych potrzeba nowej klasy leków stała się pilna. Szczególnie trudna sytuacja panowała w Azji Południowo-Wschodniej, gdzie malaria oporna na chlorochinę uderzała zarówno w ludność cywilną, jak i walczące armie. Właśnie tam rozpoczął się kolejny wielki rozdział.

Epoka dziewiąta. Projekt 523 — wojna, tajemnica i setki badaczy

Wojna w Wietnamie była konfliktem prowadzonym w warunkach sprzyjających transmisji malarii. Żołnierze przebywali w lasach, na terenach podmokłych i w miejscach oddalonych od dobrze wyposażonych szpitali. Oporne na chlorochinę zarodźce powodowały masowe zachorowania. Malaria wyłączała z walki całe oddziały.

Władze Wietnamu Północnego zwróciły się do Chin o pomoc. 23 maja 1967 roku chiński rząd uruchomił tajny program badawczy, którego kryptonim — Projekt 523 — pochodził od daty rozpoczęcia. Nie był to niewielki zespół kierowany przez jednego odkrywcę. W przedsięwzięciu uczestniczyło ponad pięciuset badaczy z około sześćdziesięciu instytucji: laboratoriów wojskowych i cywilnych, ośrodków medycyny tradycyjnej, instytutów chemicznych, farmakologicznych i klinicznych.

Program rozpoczął się w czasie rewolucji kulturalnej, gdy chińska nauka przeżywała dramatyczny kryzys. Uniwersytety zamykano, uczonych publicznie

poniżano, wysyłano do pracy fizycznej albo oskarżano o polityczną niełojalność. Paradoksalnie udział w tajnym projekcie wojskowym chronił część specjalistów przed represjami, choć nie zapewniał swobodnej wymiany informacji.

Badania prowadzono równolegle kilkoma drogami. Jedne zespoły syntetyzowały nowe związki chemiczne. Inne oceniały znane leki i ich kombinacje. Kolejne zwróciły się ku dawnej chińskiej medycynie.

Wśród badaczy znalazła się Tu Youyou, farmakolożka i znawczyni leków roślinnych związana z Instytutem Chińskiej Materii Medycznej w Pekinie. Tu nie kierowała całym Projektem 523, lecz stanęła na czele jednej z kluczowych grup poszukujących leku w tradycyjnych źródłach. Jej rola okazała się decydująca, ale odkrycie nie byłoby możliwe bez pracy setek chemików, botaników, parazytologów, lekarzy i techników.

To ważna różnica. W XVII wieku historię lekarstwa można było opowiedzieć za pomocą nazwiska Talbora. W XX wieku przełom stawał się wynikiem działania sieci instytucji.

Dwa tysiące receptur i jedna wskazówka

Zespół Tu Youyou przeglądał stare teksty medyczne, rozmawiał z praktykami tradycyjnej medycyny i zbierał informacje o roślinach stosowanych przeciw gorączkom. Przeanalizowano ponad dwa tysiące dawnych receptur. Z tej ogromnej liczby wybrano kilkaset obiecujących wskazówek, a następnie przygotowano ponad 380 ekstraktów z około dwustu surowców roślinnych.

Większość nie działała. Niektóre były zbyt toksyczne. Inne przynosiły wyniki tak nieregularne, że nie można było uznać ich za wiarygodne.

Wśród badanych roślin znajdowała się bylica roczna, *Artemisia annua*, po chińsku qinghao. W tradycyjnych źródłach wspominało ją jako środek przeciw gorączkom. Początkowe ekstrakty wykazywały pewną aktywność, ale wyniki raz były dobre, a innym razem znikły. Roślina wyglądała obiecująco i zarazem zawodnie. Najłatwiej byłoby ją odrzucić.

Tu powróciła jednak do dawnych tekstów. W dziele przypisywanym Ge Hongowi, uczonemu żyjącemu w IV wieku naszej ery, znalazła wskazówkę odmienną od zwykłego sposobu sporządzania ziołowych wywarów. Qinghao należało namoczyć w wodzie, wycisnąć sok i wypić. Tekst nie zalecał długiego gotowania.

Tu wysunęła hipotezę, że wysoka temperatura niszczy aktywną substancję. Zmieniła sposób ekstrakcji, używając rozpuszczalnika o niskiej temperaturze wrzenia i prowadząc proces w warunkach neutralnych. Otrzymany ekstrakt działał w modelach malarii u gryzoni i małą znacznie lepiej niż poprzednie preparaty.

Nie był to prosty triumf starożytnej wiedzy nad nauką nowoczesną. Dawny tekst nie zawierał opisu artemizyniny, jej dawki, budowy ani mechanizmu działania. Nie podawał sposobu oczyszczania i kontroli jakości. Dostarczył jednej ważnej

obserwacji technologicznej. Dopiero nowoczesna farmakologia pozwoliła zamienić ją w powtarzalny lek.

Tu Youyou nie przyjęła więc tradycji bezkrytycznie. Przeczytała ją jak badaczka, sformułowała hipotezę, zmieniła metodę i sprawdziła wynik doświadczalnie. Przełom dokonał się na styku pamięci dawnych pokoleń i nowoczesnego eksperymentu.

Odwaga, ryzyko i standardy innej epoki

Zanim nowy ekstrakt podano chorym, należało ocenić jego bezpieczeństwo. Tu Youyou oraz część współpracowników przyjęli preparat na sobie. Chcieli wykazać, że można rozpocząć próby kliniczne.

Gest ten bywa przedstawiany jako dowód niezwyklej odwagi. I rzeczywiście wymagał osobistego ryzyka. Nie powinien jednak przesłaniać faktu, że badania prowadzono w realiach odmiennych od dzisiejszych standardów. Współczesne testowanie nowego środka wymaga szczegółowych badań toksykologicznych, niezależnej oceny etycznej, świadomej zgody uczestników i ścisłego monitorowania działań niepożądanych. Bohaterskie samodoświadczenie nie może zastąpić tych procedur.

W 1972 roku ekstrakt zastosowano u pacjentów z malarią na wyspie Hajnan. Wyniki były bardzo dobre: gorączka ustępowała, a pasożyty szybko znikły z krwi. Równolegle inne zespoły Projektu 523 pracowały nad oczyszczaniem i krystalizacją substancji czynnej.

W 1972 roku zidentyfikowano ją jako qinghaosu, znaną na świecie pod nazwą artemizyniny. W następnych latach chemicy ustalili jej nietypową strukturę. Była laktonem seskwiterpenowym zawierającym mostek nadtlenkowy — element rzadko spotykany w naturalnych lekach i konieczny do działania przeciwmalarycznego.

Tu Youyou uzyskała również dihydroartemizyninę, związek bardziej aktywny od substancji wyjściowej. Na jej podstawie rozwinięto kolejne pochodne, między innymi rozpuszczalny w wodzie artesunat i rozpuszczalny w tłuszczach artemeter.

Na każdym etapie uczestniczyły inne grupy. Botanicy identyfikowali właściwy surowiec. Rolnicy badali warunki uprawy. Chemicy oczyszczali związek i ustalali jego strukturę. Farmakolodzy oceniali działanie. Lekarze prowadzili próby kliniczne. Zakłady produkcyjne musiały opracować metodę wytwarzania na większą skalę.

Artemizynina nie była dziełem samotnego geniusza pochylonego nad probówką. Była produktem zbiorowego wysiłku, w którym Tu Youyou odegrała rolę wyjątkową, ale nie jedyną.

Odkrycie bez nazwisk

Tajny charakter Projektu 523 i obowiązujący w Chinach model pracy kolektywnej utrudniły przypisanie zasług. Pierwsze publikacje ukazywały się pod nazwą grupy koordynującej, bez indywidualnych autorów. Zachodni świat medyczny dowiadywał się o wynikach powoli. Bariera językowa, izolacja polityczna i ograniczona wymiana

naukowa sprawiły, że przez lata znaczenie artemizyniny nie było poza Chinami w pełni rozumiane.

W 1981 roku w Pekinie odbyło się spotkanie zorganizowane przy udziale Światowej Organizacji Zdrowia, podczas którego chińscy badacze przedstawili wyniki międzynarodowym ekspertom. Nadal jednak potrzebne były dalsze badania, standaryzacja produkcji, porównania z istniejącymi lekami i ustalenie właściwych schematów terapii.

Gdy po latach świat zaczął pytać, kto właściwie odkrył artemizyninę, odpowiedź okazała się skomplikowana. W archiwach znajdowały się raporty wielu zespołów. Badacze z prowincji Junnan i Szantung także uczestniczyli w izolowaniu związku. Zespoły z Szanghaju ustalały strukturę cząsteczki. Inni opracowywali pochodne i kombinacje.

Przyznanie Tu Youyou Nagrody Nobla w 2015 roku było uznaniem jej szczególnego wkładu: skierowania badań ku qinghao, odnalezienia wskazówki dotyczącej niskiej temperatury ekstrakcji, uzyskania aktywnego preparatu i rozwinięcia dihydroartemizyniny. Nagroda nie mogła jednak objąć setek osób, bez których lek nie dotarłby do pacjentów.

Był to symbol przejścia od epoki odkrywców indywidualnych do epoki nauki instytucjonalnej. Współczesny przełom ma często wiele matek i wielu ojców, lecz kultura nadal pragnie jednego nazwiska i jednej dramatycznej chwili.

Jak artemizynina zabija pasożyta

Artemizynina działa niezwykle szybko. W ciągu pierwszych dni leczenia potrafi gwałtownie zmniejszyć liczbę pasożytów we krwi. Jej szczególna aktywność wiąże się z mostkiem nadtlenkowym obecnym w cząsteczce.

Wewnątrz zakażonej krwinki lek styka się ze związkami żelaza i hemem uwalnianym podczas trawienia hemoglobiny. Dochodzi do rozerwania mostka nadtlenkowego i powstania bardzo reaktywnych produktów. Uszkadzają one liczne białka, błony i procesy metaboliczne zarodźca. Artemizynina nie przypomina więc pocisku trafiającego w jeden pojedynczy cel. Bardziej przypomina ładunek aktywowany wewnątrz pasożyta, wywołujący wiele uszkodzeń naraz.

Szybkość działania jest jej ogromną zaletą, ale ma także ograniczenie. Pochodne artemizyniny są stosunkowo szybko usuwane z organizmu. Potrafią zniszczyć olbrzymią większość pasożytów, lecz pozostawione samodzielnie nie zawsze eliminują wszystkie. Po krótkiej kuracji pojedynczym lekiem choroba może powrócić.

Właśnie dlatego artemizynina nie powinna być stosowana jako samotny środek.

Epoka dziesiąta. Zamiast cudownego leku — terapia skojarzona

Lekarze od dawna łączyli różne preparaty, lecz historia oporności nadała terapiom skojarzonym nowe znaczenie. Jeśli pasożyt ma przetrwać działanie dwóch leków o

odmiennych mechanizmach, musi jednocześnie posiadać kilka korzystnych cech. Jest to mniej prawdopodobne niż oporność na jeden środek.

W terapii skojarzonej opartej na artemizyninie, określanej skrótem ACT, pochodna artemizyniny działa jak szybkie uderzenie. W ciągu trzech dni gwałtownie zmniejsza liczbę pasożytów. Drugi lek pozostaje w organizmie dłużej i usuwa te, które przetrwały pierwszy atak.

Chińskie zespoły rozwijały między innymi połączenie artemeteru z lumefantryną. W pracach tych szczególnie ważną rolę odegrała grupa kierowana przez Zhou Yiqinga. Lek zarejestrowano w Chinach na początku lat dziewięćdziesiątych, a później upowszechnił się pod nazwą Coartem.

Powstały również inne kombinacje: artesunat z amodiachiną, meflochiną, pironarydyną lub sulfadoksyną i pirymetaminą oraz dihydroartemizynina z piperachiną. Wybór zależy od regionu, występujących tam gatunków pasożyta i lokalnego poziomu oporności.

W 2001 roku WHO zaczęła zalecać ACT w krajach, w których *P. falciparum* był oporny na starsze leki. Z czasem terapie te stały się podstawą leczenia niepowikłanej malarii falciparum.

Przejsie od jednego „cudownego” środka do kombinacji było czymś więcej niż zmianą recepty. Oznaczało zmianę filozofii. Celem nie było już tylko wyleczenie pojedynczego pacjenta. Trzeba było również chronić skuteczność leku dla całych populacji i przyszłych pokoleń.

Artesunat przeciw chininie. Gdy o zwycięstwie decydują tysiące pacjentów

Przez stulecia chinina pozostawała ostatnią deską ratunku w ciężkiej malarii. Podawana dożylnie mogła uratować chorego, ale była trudna w stosowaniu, powodowała hipoglikemię, zaburzenia rytmu serca i inne powikłania. Pojawienie się artesunatu stworzyło możliwość jej zastąpienia, lecz sama szybkość usuwania pasożytów nie wystarczała jako dowód. Trzeba było wykazać, że nowy lek rzeczywiście zmniejsza liczbę zgonów.

Odpowiedź przyniosły wielkie badania prowadzone przez międzynarodowe zespoły.

W badaniu SEAQUAMAT, opublikowanym w 2005 roku i przeprowadzonym głównie w Azji, porównano artesunat z chininą u chorych na ciężką malarię. W grupie otrzymującej artesunat zmarło około 15 procent pacjentów, a w grupie leczonej chininą około 22 procent. Oznaczało to zmniejszenie względnego ryzyka śmierci o mniej więcej jedną trzecią.

Pojawiło się jednak pytanie, czy podobną korzyść odniosą afrykańskie dzieci, stanowiące najliczniejszą grupę ofiar ciężkiej malarii. Odpowiedzi dostarczyło badanie AQUAMAT, obejmujące ponad pięć tysięcy dzieci leczonych w wielu szpitalach w dziewięciu krajach Afryki. Artesunat ponownie okazał się lepszy.

Śmiertelność wynosiła około 8,5 procent w grupie artesunatu i 10,9 procent w grupie chininy.

Różnica kilku punktów procentowych może wydawać się niewielka, dopóki nie pomnoży się jej przez setki tysięcy ciężkich zachorowań. Wówczas oznacza dziesiątki tysięcy uratowanych istnień.

Te badania symbolizują nowoczesny sposób zdobywania wiedzy. Nie wystarczył przypadek jednego wyleczonego księcia ani seria pacjentów słynnego lekarza. Potrzebne były wspólne protokoły, losowy przydział terapii, tysiące uczestników, szpitale w wielu państwach, niezależna analiza danych i międzynarodowe finansowanie.

Współczesne zwycięstwo nad malarią nie miało twarzy jednego bohatera. Miało twarze lekarzy, pielęgniarek, diagnostów, statystyków, kierowników dostarczających leki, pracowników laboratoriów i rodzin, które zgodziły się na udział dzieci w badaniu.

Na podstawie tych wyników artesunat podawany pozajelitowo stał się preferowanym leczeniem ciężkiej malarii. Po ustabilizowaniu stanu pacjenta terapię należy uzupełnić pełnym kursem odpowiedniego ACT.

Chinina, wielka bohaterka poprzednich stuleci, nie zniknęła całkowicie. Ustąpiła jednak miejsca leкови skuteczniejszemu i bezpieczniejszemu. Historia zatoczyła łuk od kory andyjskiego drzewa do pochodnej chińskiej bylicy.

Powrót starego błędu. Dlaczego napar z bylicy nie jest artemizyniną

Odkrycie artemizyniny wzbudziło zainteresowanie tradycyjnymi preparatami z *Artemisia annua*. Pojawiły się głosy, że skoro lek pochodzi z rośliny, chorzy mogliby pić herbatę lub stosować sproszkowane liście zamiast kupować standaryzowane preparaty. Byłby to powrót do problemów znanych z czasów kory chinowca.

Zawartość artemizyniny w roślinach bardzo się różni w zależności od odmiany, gleby, pogody, pory zbioru i sposobu suszenia. Napar może zawierać dawkę zbyt małą, aby wyleczyć zakażenie. Nie zapewnia odpowiedniego leku partnerskiego, nie gwarantuje usunięcia wszystkich pasożytów i może sprzyjać selekcji oporności. Nie wiadomo też, jaką ilość innych substancji przyjmuje chory.

WHO nie zaleca stosowania surowej bylicy, herbat ani kapsułek roślinnych do leczenia czy zapobiegania malarii. Odkrycie leku pochodzenia naturalnego nie jest równoznaczne z potwierdzeniem skuteczności dowolnego preparatu z rośliny.

To jedna z najważniejszych lekcji tej historii. Medycyna nowoczesna nie odniosła sukcesu dlatego, że porzuciła naturę. Odniosła go dlatego, że nauczyła się identyfikować substancje naturalne, oczyszczać je, ustalać dawki, badać toksyczność i sprawdzać działanie w kontrolowanych warunkach.

Romantyczna wiara, że „naturalne” oznacza zawsze bezpieczne i skuteczne, jest współczesną odmianą dawnego myślenia magicznego.

Artemizynina nie kończy historii

Przez pewien czas artemizyniny wydawały się wyjątkowo odporne na mechanizmy, które zniszczyły skuteczność chlorochiny i innych leków. Dzisiaj wiadomo, że również one nie są nietykalne.

W regionie Wielkiego Mekongu zaobserwowano pasożyty wolniej usuwane z krwi po podaniu artemizyniny. Zjawisko wiąże się z określonymi mutacjami genu *kelch13* i dotyczy szczególnie młodych form pierścieniowych zarodźca. Nie jest to całkowita niewrażliwość na lek, dlatego WHO mówi o częściowej oporności. Artemizynina nadal działa, lecz oczyszczanie krwi trwa dłużej.

Jeszcze bardziej niebezpieczna sytuacja powstaje wtedy, gdy pasożyt staje się jednocześnie oporny na lek partnerski. Szybko działająca artemizynina nie usuwa wszystkich zarodźców, a drugi składnik nie jest w stanie dokończyć leczenia. Wówczas cała kombinacja może zawieść.

Częściową oporność potwierdzono nie tylko w Azji Południowo-Wschodniej, ale również niezależnie w kilku krajach Afryki Wschodniej, między innymi w Rwandzie, Ugandzie, Erytrei i Tanzanii. Nie oznacza to, że ACT przestały działać. W większości przypadków nadal prowadzą do pełnego wyleczenia, jeśli lek partnerski zachowuje skuteczność. Jest to jednak sygnał ostrzegawczy.

Historia chlorochiny pokazuje, co może się wydarzyć, gdy sygnał zostanie zlekceważony.

Dlatego współczesna walka z malarią wymaga stałych badań skuteczności terapii, analiz genetycznych pasożytów, kontroli jakości leków, usuwania z rynku doustnych monoterapii artemizyninowych oraz szybkiej zmiany zaleceń, gdy dana kombinacja zaczyna zawodzić. Potrzebne są nowe leki, ale równie ważna jest ochrona tych, które już istnieją.

Nauka nie może sobie pozwolić na samozadowolenie. Każdy lek jest częścią wyścigu ewolucyjnego, w którym przeciwnik rozmnaża się szybko, tworzy olbrzymie populacje i nieustannie dostarcza nowych mutacji.

Leczenie objawowe nie zniknęło

Droga od zakłęb do artemizyniny nie oznacza, że leczenie objawowe stało się zbędne. Przeciwnie — w ciężkiej malarii nadal ma ogromne znaczenie. Artesunat zabija pasożyty, ale nie cofa natychmiast szkód, jakie zdążyły wyrządzić.

Pacjent może wymagać leczenia hipoglikemii, drgawek, ciężkiej niedokrwistości, niewydolności nerek, zaburzeń oddychania albo wstrząsu. Niekiedy konieczne jest przetoczenie krwi, tlenoterapia, dializa lub intensywny nadzór. Płyny trzeba podawać ostrożnie, ponieważ zarówno odwodnienie, jak i przeciążenie krążenia mogą pogorszyć stan chorego.

Różnica między dawnym a współczesnym leczeniem objawowym jest zasadnicza. Dawniej zastępowało ono terapię przyczynową, ponieważ innej nie było. Dzisiaj ją wspiera. Lekarz jednocześnie zabija pasożyta i pomaga organizmowi przetrwać czas potrzebny do naprawienia uszkodzeń.

Nowoczesna medycyna nie porzuciła zatem troski o gorączkę, ból, nawodnienie i siły chorego. Umieściła ją we właściwym miejscu.

Podsumowanie. Najbardziej gorzka lekcja

Historia leczenia malarii zaczęła się od człowieka bezradnego wobec powracającej gorączki. Nie widział pasożyta, dlatego walczył z tym, co znał: zimnem, gorącem, bólem i wyobrażonym nadmiarem humorów. Stosował rytuały, zaklęcia, upuszczanie krwi i środki przeczyszczające. Nie wszystkie działania były nieracjonalne w ramach ówczesnego obrazu świata. To właśnie stanowiło ich największe niebezpieczeństwo. Błędna teoria potrafi być spójna, elegancka i zgodna z autorytetem.

Kora chinowca pojawiła się jako fakt, który nie pasował do teorii. Działała, zanim rozumiano dlaczego. Zamiast natychmiast zmienić medycynę, wywołała opór religijny, zawodowy i intelektualny. Jej skuteczność osłabiały podróbki, złe dawki i błędne rozpoznania. Znachor Talbor osiągał wyniki lepsze od uczonych, ale ukrywał recepturę dla zysku.

Chemicy wyizolowali chininę i zamienili korę w standaryzowany lek. Jednocześnie europejskie mocarstwa przejęły roślinę, lokalną wiedzę i kontrolę nad produkcją. Odkrycie ratujące życie stało się narzędziem kolonialnej ekspansji. Nieudana próba syntezy chininy przyniosła przypadkiem fioletowy barwnik i przyczyniła się do narodzin przemysłu, który później wytwarzał leki.

Gdy Laveran zobaczył zarodźca, część środowiska naukowego nie chciała mu uwierzyć. Gdy Ehrlich zastosował błękit metylenowy, powstała idea chemicznego uderzenia w pasożyta. Gdy niemieccy badacze otrzymali chlorochinę, odrzucili ją jako zbyt toksyczną. Wojna zmusiła innych do ponownego zbadania zapomnianego związku.

Chlorochina wydawała się spełnieniem marzenia o leku ostatecznym. Pasożyt odpowiedział opornością. Kolejne środki powtarzały tę samą drogę: sukces, powszechne użycie, selekcję odpornych odmian i spadek skuteczności.

Artemizynina narodziła się ze spotkania wojny, państwowego programu badawczego, tradycyjnej wiedzy, nowoczesnej chemii i pracy setek ludzi. Kluczowa wskazówka przetrwała w tekście liczącym ponad półtora tysiąca lat, lecz dopiero uważność Tu Youyou pozwoliła zrozumieć znaczenie niskiej temperatury ekstrakcji. Później potrzebne były dziesiątki zespołów, aby wyizolować substancję, poznać jej budowę, stworzyć pochodne, opracować produkcję i udowodnić skuteczność kliniczną.

Nie był to triumf tradycji nad nauką ani nauki nad tradycją. Był to triumf krytycznego sprawdzania — umiejętności wydobywania z dawnej obserwacji tego, co można poddać doświadczeniu.

Najważniejszą lekcją nie jest jednak to, że ludzkość zawsze w końcu znajdzie właściwy lek. Historia nie daje takiej gwarancji. Uczy czegoś skromniejszego i bardziej wymagającego: każde odkrycie należy sprawdzać, każdą teorię podważać, każdy sukces obserwować, a każdy lek chronić przed nierozważnym użyciem.

Pasożyt nie zna dumy, dogmatów ani granic państwowych. Nie przywiązuje się do dawnych zwycięstw. Dostosowuje się do warunków, jakie stwarza mu człowiek.

Od krwi kota, wiórów z szubienicy i upuszczania krwi do artesunatu oraz wielośrodkowych badań klinicznych prowadziła długa droga. Nie była drogą od całkowitej niewiedzy do pełnej prawdy. Była ciągiem przybliżeń, korekt, pomyłek i ponownych odkryć.

Najbardziej gorzka lekcja chinowca i chińskiego piołunu brzmi więc następująco: wobec zarazy człowiek wygrywa nie wtedy, gdy ogłasza zwycięstwo, lecz wtedy, gdy zachowuje czujność. Weryfikacja historyczna i medyczna objęła między innymi dzieje chinowca i izolacji chininy, rozwój chlorochiny i oporności, odkrycie etapów wątrobowych, zbiorowy charakter Projektu 523 oraz aktualne stanowisko WHO wobec ACT, częściowej oporności artemizyninowej i niestandardizowanych preparatów z bylicy.

Rozdział VIII

Oszukać mistrza przemian. Sto lat prób i porażek – droga do dwóch szczepionek przeciw malarii.

Szczepionka, która miała być niemożliwa

6 października 2021 roku dyrektor generalny Światowej Organizacji Zdrowia ogłosił decyzję. Na którą badacze chorób tropikalnych czekali od pokoleń. WHO Zaleciła szerokie stosowanie u dzieci szczepionki RTS,A/AS01 przeciwko malarii wywoływanej przez „Plasmodium falciparum”. Po raz pierwszy organizacja ta rekomendowała szczepionkę nie tylko przeciwko malarii, lecz w ogóle przeciwko chorobie człowieka wywoływanej przez Pasożyta.

Nie była to szczepionka doskonała. Nie zapewniała całkowitej odporności, wymagała kilku dawek, jej działanie słabło z czasem, a pierwsze badania wykazały skuteczność znacznie niższą niż w przypadku wielu szczepionek przeciwwirusowych. Mimo to wiadomość z Genewy uznano za historyczną. Oto bowiem udało się zrobić coś, co przez większą część XX wieku wydawało się niewykonalne: nauczyć ludzki układ odpornościowy rozpoznawania choć jednego z oblicz zarodźca malarii na tyle szybko, aby u części zaszczepionych dzieci przerwać zakażenie, zanim pasożyt rozpocznie niszczycielską fazę rozwoju we krwi.

Droga do tego momentu trwała niemal dziewięćdziesiąt lat. Prowadziła od prymitywnych preparatów zawierających zabite pasożyty, przez napromieniowane zarodźce podawane za pośrednictwem ukąszeń komarów, pierwsze syntetyczne peptydy i inżynierię genetyczną, aż po wielkie badania kliniczne prowadzone w siedmiu państwach Afryki. Była to historia kolejnych rozczarowań, ale także historia zmieniającego się pojmowania szczepionki. Sukcesem przestało być wyłącznie całkowite niedopuszczenie do zakażenia. W przypadku malarii równie ważne okazało się zmniejszenie liczby zachorowań, hospitalizacji, przypadków ciężkiej niedokrwistości, malarii mózgowej i zgonów.

Historia szczepionki przeciw malarii pokazuje również, że w medycynie „niedoskonałe” narzędzie może przynieść ogromny pożytek. Gdy choroba występuje setki milionów razy, nawet częściowa ochrona może oznaczać dziesiątki tysięcy uratowanych istnień.

Przeciwko czemu należy szczepić

Wirus odry lub polio jest trudnym, lecz stosunkowo jasno określonym przeciwnikiem. Zarodziec malarii przypomina natomiast aktora, który w każdym akcie

przedstawienia pojawia się w innym kostiumie, w innym miejscu i z innym zestawem właściwości.

Do organizmu człowieka dostaje się jako wydłużony ruchliwy sporozoit, wprowadzony wraz ze śliną samicy komara widliszka. Następnie przemieszcza się do wątroby i wnika do hepatocytów. Tam, niewidoczny dla wielu mechanizmów odpornościowych namnaża się i wytwarza tysiące merozoitów. Dopiero one opuszczają wątrobę, przedostają się do krwi i atakują krwinki czerwone. W ich wnętrzu ponownie się rozmnażają, doprowadzając do pęknięcia komórek i wywołując napady gorączki, niedokrwistość oraz inne objawy choroby. Część pasożytów przekształca się w gametocyty, które po pobraniu przez następnego komara rozpoczynają płciową część cyklu rozwojowego.

Każde z tych stadiów wygląda inaczej i posługuje się innymi białkami powierzchniowymi. Odpowiedź odpornościowa skuteczna przeciwko sporozoitowi nie musi działać przeciwko merozoitowi, a przeciwciała rozpoznające formę obecną we krwi mogą okazać się bezużyteczne wobec pasożyta ukrytego w komórce wątroby. Dodatkową przeszkodą jest wielka różnorodność genetyczna zarodźców oraz ich zdolność do zmieniania antygenów prezentowanych układowi odpornościowemu. Twórcy szczepionki musieli więc nie tylko odpowiedzieć na pytanie: „Jak pobudzić odporność?”, lecz także: „Które stadium pasożyta należy zaatakować i w którym momencie?”.

Malaria nie pozostawia też tak pewnej i trwałej odporności jak odra. Mieszkańcy terenów endemicznych, wielokrotnie zakażeni od dzieciństwa, mogą stopniowo nabierać odporność przed ciężkim przebiegiem choroby. Nadal jednak bywają zakażeni i mogą przenosić pasożyty. Odporność ta wymaga powtarzającego się kontaktu z zarodźcem, zależy od wieku, intensywności transmisji i cech pasożyta, a po opuszczeniu obszaru malarycznego może słabnąć.

Z punktu widzenia wakcynologii była to sytuacja mało zachęcająca. Przy wielu chorobach naukowcy próbują naśladować skuteczną odporność powstającą po naturalnym zakażeniu. W malarii natura nie dostarczyła równie dobrego wzorca. Trzeba było stworzyć odporność, która pod pewnymi względami przewyższałaby reakcję rozwijającą się po zwykłym przechorowaniu.

Zanim rozpoczęto poszukiwania: „szczepienie malarii”, które nie było szczepionką

W dawnym piśmiennictwie medycznym można spotkać określenie :szczepienie malarii” w znaczeniu zupełnie innym niż współczesne szczepienie ochronne. Chodziło o celowe zakażenie pacjentów zarodźcami aby wywołać wysoką gorączkę.

Austriacki psychiatra Julius Wagner-Jauregg, zauważył, że napady gorączki mogą czasowo poprawiać stan niektórych chorych na porażenie postępujące, będące późnym następstwem kiły układu nerwowego. Od 1917 roku zakażał takich pacjentów malarią, a po kilku napadach chorobę leczono chininą. W 1927 roku otrzymał Nagrodę Nobla za odkrycie terapeutycznej wartości tego postępowania. Metoda zwana malarioterapią, została wyparta po wynalezieniu penicyliny.

Nie była to próba uodpornienia przeciw malarii. Przeciwnie – pasożyt miał celowo wywoływać chorobę, której gorączka działała na krętki kiły. Historia ta jest jednak wymowna. W okresie gdy lekarze potrafili już wykorzystywać malarię jako narzędzie terapeutyczne, nie umieli jeszcze bezpiecznie nauczyć organizmu, jak się przed nią bronić.

EPOKA I

Lata trzydzieste – Pięćdziesiąte XX wieku. Martwy pasożyt, żywa nadzieja.

Pierwsze systematyczne próby opracowania szczepionki przeciwko malarii podjęto w latach trzydziestych XX wieku. Naukowcy sięgnęli po metodę, która sprawdziła się w przypadku niektórych chorób bakteryjnych: zabijano pasożyty, a następnie podawano je zwierzętom doświadczalnym z nadzieją, że ich układ odpornościowy zapamięta charakterystyczne antygeny.

Koncepcja wydawała się rozsądna. Zabity mikroorganizm nie może wywołać choroby, zachowuje jednak część struktur rozpoznawanych przez układ odpornościowy. W przypadku zarodźców rezultaty były rozczarowujące. Preparaty zawierające inaktywowane pasożyty nie wywoływały dostatecznie silnej trwałej ochrony. Badacze nie potrafili jeszcze właściwie oczyszczać poszczególnych antygenów, określać ich budowy, ani sprawdzać, które elementy odpowiedzi immunologicznej są naprawdę potrzebne. Nie znano również pełnego przebiegu zakażenia w organizmie człowieka. Historyczne przeglądy badań nad szczepionką przeciw malarii uznają właśnie eksperymenty z lat trzydziestych za początek długiej serii prób, w których zabite pasożyty nie zapewniały należytej odporności.

Z dzisiejszej perspektywy wiadomo, dlaczego pomysł był zbyt prosty. Preparat mógł zawierać mieszaninę antygenów pochodzących z niewłaściwego stadium pasożyta. Zabicie zarodźców niszczyło część ich struktur przestrzennych. Niektóre białka, choć liczne, wcale nie musiały być dobrym celem ochronnej odpowiedzi. Co więcej, organizm mógł wytwarzać przeciwciała, które dobrze wiązały fragmenty zabitego pasożyta w próbówce, lecz nie potrafiły zatrzymać żywego sporozoitu przemieszczającego się w skórze i w krwi.

Ważniejszy od samych niepowodzeń okazał się postęp w poznawaniu biologii malarii. W 1948 roku Henry Shortt i Cyril Garnham wykazali, że przed pojawieniem się pasożytów we krwi istnieje ich etap rozwoju w wątrobie. Odkrycie to zmieniło sposób myślenia o profilaktyce. Skoro pasożyt najpierw zajmuje komórki wątrobowe, być może można zatrzymać go właśnie tam przed masowym wtargnięciem do krwinek czerwonych i wystąpieniem objawów. Tak narodziła się koncepcja szczepionki preerytrocytarnej, czyli działającej przed rozpoczęciem krwinkowej fazy zakażenia. W przyszłości właśnie taka strategia doprowadziła do powstania RTS, S i R21.

Na razie brakowało jednak odpowiedniego modelu doświadczalnego. Badania przyspieszyły dopiero wtedy, gdy pasożyty malarii gryzoni można było utrzymywać w laboratorium i analizować kolejne etapy ich rozwoju. Mysz zakażona „Plasmodium

berghei” stała się jednym z najważniejszych, choć niedoskonałych modeli ludzkiej malarii.

EPOKA II

Lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte. Komar jako strzykawka, promieniowanie jako hamulec

Przełom nastąpił w 1967 roku. Ruth Nussenzweig, Victor Nussenzweig, Jerome Vanderberg i ich współpracownicy przeprowadzili eksperyment, który na pierwszy rzut oka mógł wydawać się jedynie pomysłową modyfikacją wcześniejszych prób. Zamiast zabijać pasożyty, osłabili sporozycy *Plasmodium berghei* za pomocą promieniowania rentgenowskiego.

Napromieniowane sporozycy pozostawały żywe. Potrafiły przemieszczać się w organizmie i wnikać do komórek wątroby, lecz uszkodzenia materiału genetycznego uniemożliwiały im zakończenie rozwoju i wywołanie pełnego zakażenia. Układ odpornościowy otrzymywał więc coś znacznie bardziej podobnego do prawdziwego przeciwnika niż zawiesina zabitych pasożytów. Jednocześnie zarodek został pozbawiony możliwości dalszego namnażania. Myszy uodpornione w ten sposób uzyskały silną ochronę przed późniejszym zakażeniem. Po raz pierwszy przekonująco wykazano, że odporność zdolna całkowicie zatrzymać malarię na etapie przedkrwinkowym jest biologicznie możliwa.

Eksperyment ten zmienił zasadnicze pytanie. Naukowcy nie musieli już zastanawiać się, czy stworzenie szczepionki jest w ogóle możliwe. Musieli ustalić, jak odtworzyć uzyskaną ochronę w sposób bezpieczny, powtarzalny i nadający się do zastosowania u milionów ludzi.

W 1973 roku David Clyde, Harry Most, Vincent McCarthy i Jerome Vanderberg opisali uodpornienie ochotników przeciwko *P. falciparum*. Ludzie byli wielokrotnie kąsani przez komary zakażone zarodźcami, które wcześniej osłabiono promieniowaniem. Późniejsze doświadczenia obejmowały także *P. vivax*. Część ochotników została ochroniona przed kontrolowanym zakażeniem, choć odporność była ograniczona w czasie i zależna od gatunku oraz szczepu pasożyta.

Był to niezwykle dowód możliwości ludzkiego układu immunologicznego, ale fatalny pomysł na masową profilaktykę. Trudno wyobrazić sobie program szczepień, w którym każde dziecko miałoby być kąsane przez dziesiątki lub setki specjalnie hodowanych, zakażonych, a następnie napromieniowanych komarów. Należało zachować ochronną właściwość osłabionego sporozycu, a zarazem pozbyć się całej niewygodnej biologicznej otoczki. Mimo ograniczeń eksperymenty z napromieniowanymi zarodźcami przyniosły jeszcze jeden ważny rezultat. Wykazały, że kluczowym celem mogą być antygeny znajdujące się na powierzchni sporozycu. Należało odnaleźć białko, które układ odpornościowy „widzi” na tym wczesnym etapie zakażenia, a następnie nauczyć organizm jego szybkiego rozpoznawania. Takim białkiem okazało się CSP – circumsporozoite protein, po polsku nazywane białkiem circumsporozoitowym lub okołosporozoitowym. Pokrywa ono znaczną część powierzchni sporozycu i uczestniczy w jego przemieszczaniu się oraz w zakażeniu

komórek wątroby. Przeciwciała rozpoznające CSP mogą wiązać sporozycy, ograniczać ich ruch i utrudniać wnikanie do hepatocytów. Ruth Nussenzweig nie tylko współtworzyła eksperymenty z napromieniowanymi sporozycami, lecz także uczestniczyła w badaniach, które uczyniły CSP centralnym celem kolejnych generacji szczepionek. Pół wieku później właśnie fragmenty tego białka znalazły się w obu preparatach rekomendowanych przez WHO. #

EPOKA III

Lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte. Rozebrać pasożyta na części

Lata osiemdziesiąte przyniosły rewolucję biologii molekularnej. Naukowcy nie musieli już pracować wyłącznie z całymi pasożytami. Mogli identyfikować geny, odczytywać sekwencje białek, wytwarzać ich fragmenty w bakteriach lub drożdżach i sprawdzać, które z nich pobudzają limfocyty oraz produkcję przeciwciał. Gen kodujący CSP *Plasmodium falciparum* sklonowano i zsekwencjonowano przy udziale badaczy z amerykańskich instytutów naukowych i wojskowych. Szczególne zainteresowanie wzbudził centralny region białka, zbudowany z wielokrotnie powtórzonej sekwencji czterech aminokwasów, oznaczanej skrótem NANP. Powtarzalność czyniła go łatwo dostępnym celem dla przeciwciał. Początkowo próbowano wykorzystać krótkie fragmenty CSP wytwarzane między innymi w bakteriach *Escherichia coli*. Preparaty te bywały rozpoznawane przez układ odpornościowy, lecz odpowiedź często okazywała się zbyt słaba albo krótkotrwała. Sam fragment pasożytniczego białka nie przypominał wystarczająco całego sporozycu. Potrzebował nośnika i silnego sygnału alarmowego. W tym samym okresie pojawiła się inna, niezwykle głośna koncepcja.

SPf66 – wielka nadzieja z Kolumbii

Kolumbijski badacz Manuel Elkin Patarroyo postanowił zbudować szczepionkę z syntetycznych peptydów, czyli krótkich, wytwarzanych chemicznie fragmentów białek zarodźca. Preparat nazwano SPf66 – liczba miała przypominać o licznych próbach prowadzących do wybrania ostatecznej formuły. Projekt wzbudził ogromne zainteresowanie. Syntetyczna szczepionka mogła być stosunkowo tania, stabilna i łatwiejsza do produkcji niż preparat zawierający żywe pasożyty. Wczesne doświadczenia oraz badania prowadzone w Ameryce Południowej sugerowały częściową ochronę. W jednym z badań w Tanzanii oszacowano skuteczność na około 31 procent, choć przedział niepewności był szeroki. Wyniki kolejnych prób okazały się jednak bardzo nierówne. W części badań prowadzonych w Afryce i Azji nie stwierdzano znaczącej ochrony. Przeglądy obejmujące kilka tysięcy uczestników wykazały, że w czterech afrykańskich badaniach SPf66 nie zmniejszała istotnie liczby zachorowań wywołanych przez *P. falciparum*. Preparat nie został wprowadzony do powszechnego stosowania. SPf66 nie była jednak porażką pozbawioną znaczenia. Udowodniła, że kandydat na szczepionkę przeciw malarii może przejść od laboratorium do dużych badań terenowych. Pomogła wypracować standardy prowadzenia takich prób w regionach endemicznych i pokazała, jak ostrożnie należy interpretować skuteczność zależną od miejsca, wieku uczestników, intensywności transmisji oraz składu lokalnych populacji pasożyta. Ujawniła też niebezpieczeństwo

towarzyszące badaniom nad chorobą, która zabija setki tysięcy ludzi. Społeczne oczekiwanie na przełom może wyprzedzić dowody. Obiecujące wyniki pierwszego doświadczenia nie są tym samym co skuteczność potwierdzona w wielu niezależnych populacjach.

Narodziny RTS,S

Równolegle rozwijał się projekt, który po ponad trzydziestu latach miał doprowadzić do pierwszej rekomendowanej szczepionki. Prace prowadzili badacze z Walter Reed Army Institute of Research oraz przedsiębiorstwa SmithKline, które po kolejnych przekształceniach weszło w skład GlaxoSmithKline.

Naukowcy postanowili połączyć fragment CSP z antygenem powierzchniowym wirusa zapalenia wątroby typu B – HBsAg. Antygen ten ma naturalną zdolność tworzenia drobnych cząstek przypominających pustą osłonkę wirusa. Nie zawierają one materiału genetycznego HBV i nie mogą wywołać wirusowego zapalenia wątroby, ale są dobrze widoczne dla układu odpornościowego. Do HBsAg dołączono centralny region powtórzeń CSP oraz fragment zawierający epitopy rozpoznawane przez limfocyty T. Powstałe białko fuzyjne wytwarzano w komórkach drożdży wraz z niezmodyfikowanym HBsAg.

Cząsteczki samoczynnie układały się w struktury wirusopodobne, na których powierzchni eksponowano fragmenty pasożytniczego białka.

Nazwa RTS,S jest zapisem konstrukcji preparatu:

****R**** oznacza region powtórzeń CSP,

****T**** – epitopy rozpoznawane przez limfocyty T, pierwsze

****S**** – antygen powierzchniowy wirusa zapalenia wątroby typu B połączony z fragmentem CSP,

drugie ****S**** – dodatkowe, niepołączone cząsteczki HBsAg współtworzące całą strukturę

Nie chodziło zatem o zaszczepienie wirusem zapalenia wątroby, lecz o wykorzystanie jego antygeny powierzchniowego jako rusztowania pokazującego układowi odpornościowemu wybrany fragment zarodźca. Pierwsze konstrukcje nie dawały dostatecznej ochrony. Potrzebny był jeszcze adiuwant – składnik, który nie jest celem odporności, lecz pobudza komórki immunologiczne i wzmacnia reakcję na właściwy antygen.

Po przetestowaniu kolejnych systemów wybrano AS01, zawierający między innymi monofosforylolid A oraz saponinę QS-21 umieszczone w liposomach. Adiuwant nie był jedynie dodatkiem technicznym. W przypadku słabo immunogennego antygeny pasożytniczego decydował o tym, czy organizm potraktuje szczepionkę jak nieistotny fragment białka, czy jak sygnał wymagający mobilizacji limfocytów i produkcji przeciwciał. W 1996 roku badanie z kontrolowanym zakażeniem ochotników wykazało, że odpowiednio sformułowana szczepionka oparta na RTS,S może chronić część ludzi przed malarią. Nie był to jeszcze preparat gotowy dla dzieci w Afryce, ale po raz pierwszy konstrukcja białkowa, a nie całe napromieniowane sporozycy, zapewniła wyraźną ochronę u człowieka. Rozpoczęła się długa droga optymalizowania dawek, adiuwantu i schematu szczepienia.

EPOKA IV

Lata 2000–2015. Z laboratorium do wiosek i miast Afryki

Na początku XXI wieku rozwój RTS,S nabrał rozmachu dzięki partnerstwu GSK z organizacją PATH i jej Malaria Vaccine Initiative. Projekt połączył możliwości przemysłu farmaceutycznego, instytutów wojskowych, uczelni, fundacji oraz ośrodków badawczych w Afryce. Było to konieczne, ponieważ próba szczepionki przeciw malarii nie mogła ograniczać się do kilkudziesięciu ochotników w Europie lub Stanach Zjednoczonych. Preparat należało zbadać tam, gdzie dzieci są regularnie narażone na zakażenie, czasem wiele razy w ciągu jednego roku. Trzeba było uwzględnić różne poziomy transmisji, odmienne populacje zarodźców, niedożywienie, współistniejące choroby, stosowanie moskitier oraz dostępność leczenia.

Badania fazy II przeprowadzone między innymi w Mozambiku wykazały, że RTS,S może zmniejszać ryzyko klinicznej malarii u małych dzieci. Skuteczność nie była spektakularna i słabła z upływem czasu, ale po raz pierwszy kandydat na szczepionkę dawał powtarzalny sygnał ochronny w populacji szczególnie narażonej na ciężki przebieg choroby.

W 2009 roku rozpoczęto badanie fazy III – jedno z największych przedsięwzięć w historii badań nad szczepionkami przeciw chorobom pasożytniczym. Uczestniczyło w nim 15 459 niemowląt i dzieci z jedenastu ośrodków w Burkina Faso, Gabonie, Ghanie, Kenii, Malawi, Mozambiku i Tanzanii. Młodszą grupę stanowiły niemowlęta w wieku 6–12 tygodni, starszą – dzieci mające 5–17 miesięcy w chwili podania pierwszej dawki.

Podstawowy cykl obejmował trzy dawki. Część dzieci otrzymała po kilkunastu miesiącach czwartą dawkę przypominającą, co pozwoliło ocenić znaczenie przedłużania odporności. W pierwszym roku po szczepieniu ochrona dzieci z grupy 5–17 miesięcy przed pierwszym lub jedynym epizodem klinicznej malarii wynosiła około 56 procent. Z czasem skuteczność spadała. W pełnym okresie obserwacji, trwającym średnio około czterech lat, cztery dawki zmniejszały liczbę epizodów klinicznej malarii w starszej grupie o około 36 procent, a ciężkiej malarii o około 32 procent. U młodszych niemowląt ochrona była słabsza.

Na pierwszy rzut oka 36 procent może wydawać się wynikiem mało imponującym. Nie oznaczało to jednak, że tylko 36 na 100 dzieci odnosiło korzyść, a u pozostałych szczepionka „nie działała”. Skuteczność wyliczano na podstawie różnicy liczby zachorowań między grupą szczepioną i kontrolną. Jedno dziecko mogło przejść malarię kilkakrotnie, dlatego w regionach o intensywnej transmisji zapobiegano wielu epizodom przypadającym na tę samą grupę zaszczepionych dzieci. Im większe było ryzyko zachorowania, tym większa mogła być bezwzględna liczba unikniętych przypadków.

Częściowa ochrona w regionie, gdzie dziecko może chorować kilka razy w roku, bywa ważniejsza dla zdrowia publicznego niż wysoka procentowo skuteczność przeciw chorobie występującej rzadko. Badanie ujawniło również problemy. Po

szczepieniu częściej obserwowano krótkotrwałą gorączkę oraz drgawki gorączkowe, zwłaszcza w ciągu kilku dni po niektórych dawkach. W badaniu fazy III pojawił się ponadto nierównomierny rozkład przypadków zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych i malarii mózgowej. Nie udało się ustalić przekonującego mechanizmu przyczynowego, ale sygnałów tych nie można było zignorować. Potrzebne stało się monitorowanie bezpieczeństwa w znacznie większej populacji. Kolejną obawą było przesunięcie zachorowań w czasie. Jeżeli ochrona szybko słabnie, dziecko może przejść malarię później, gdy poziom odporności poszczepiennej jest już niski. Analizy wykazały, że czwarta dawka ma duże znaczenie dla przedłużenia korzyści i ograniczenia takiego zjawiska.

Wyniki nie dawały prostego werdyktu. RTS,S była pierwszym kandydatem, który w dużym badaniu zapobiegł znacznej liczbie zachorowań, lecz wymagała skomplikowanego schematu, a jej skuteczność malała. Pytanie nie brzmiało już: „Czy szczepionka działa?”, ale: „Czy działa wystarczająco dobrze, aby w rzeczywistych warunkach uratować życie większej liczby dzieci, niż wynikałoby to z samych danych laboratoryjnych?”.

EPOKA V

Lata 2015–2021. Próba rzeczywistości

W lipcu 2015 roku Europejska Agencja Leków wydała pozytywną opinię naukową dotyczącą preparatu Mosquirix, czyli RTS,S/AS01. Zastosowano specjalną procedurę oceny produktu przeznaczonego przede wszystkim do użycia poza Unią Europejską. EMA analizowała jakość, skuteczność, bezpieczeństwo i bilans korzyści oraz ryzyka według standardów zbliżonych do stosowanych wobec produktów przeznaczonych na rynek europejski. Nie oznaczało to wprowadzenia szczepionki do rutynowych szczepień w Europie ani zastąpienia decyzji regulatorów państw afrykańskich.

WHO zachowała ostrożność. Zamiast natychmiast zalecić powszechne stosowanie, zaproponowała program pilotażowy. Chodziło o odpowiedzi na pytania, których nie dało się uzyskać w klasycznym badaniu klinicznym: Czy rodziny będą zgłaszać się z dziećmi na cztery dawki? Czy szczepionkę można sprawnie włączyć do istniejących programów szczepień? Czy nie spowoduje ona rezygnacji z moskitier i szybkiego leczenia? Czy w populacji obejmującej setki tysięcy dzieci pojawią się wcześniej niezauważone działania niepożądane? Czy liczba hospitalizacji i zgonów rzeczywiście się zmniejszy? W 2019 roku rozpoczęto pilotaż w wybranych regionach Malawi, Ghany i Kenii. Malawi podało pierwsze dawki 23 kwietnia, następnie program rozpoczęły Ghana i Kenia. Szczepienie włączono do rutynowej opieki nad dziećmi, zamiast organizować oddzielną, krótkotrwałą kampanię.

Była to próba nie tylko preparatu, ale całego systemu ochrony zdrowia. Trzy pierwsze dawki podawano w niewielkich odstępach, natomiast kolejna przypadała w drugim roku życia, gdy dzieci rzadziej trafiały do punktów szczepień. Trzeba było szkolić personel, informować rodziców, przypominać o wizytach i przeciwdziałać przekonaniu, że zaszczepione dziecko nie potrzebuje już moskitier. Pilotaż wykazał, że szczepionkę można dostarczać za pośrednictwem istniejących programów

szczepień, że jest akceptowana przez rodziny oraz że nie zmniejsza stosowania innych metod ochrony.

Dotarła również do wielu dzieci, które nie spały pod moskitierami nasączonymi środkiem owadobójczym, zwiększając odsetek dzieci objętych przynajmniej jedną formą profilaktyki. 6 października 2021 roku, po przeanalizowaniu danych z badań klinicznych i pierwszych lat programu pilotażowego, WHO zaleciła RTS,S do zapobiegania malarii wywoływanej przez *P. falciparum* u dzieci żyjących na obszarach o umiarkowanej i wysokiej transmisji.

Była to rekomendacja zdrowia publicznego, a nie ogłoszenie całkowitego zwycięstwa nad malarią. Znaczenie tej decyzji wykraczało jednak daleko poza jeden preparat. Po raz pierwszy szczepionka przeciwko eukariotycznemu pasożytowi człowieka pokonała drogę od koncepcji i badań na zwierzętach do szerokiej rekomendacji. Bariera, która przez dziesięciolecia wydawała się biologicznie nieprzekraczalna, została przełamana.

Jak RTS,S próbuje zamknąć bramę do wątroby

RTS,S nie czeka, aż pasożyty zaczną niszczyć krwinki. Jej celem jest sporozoit – forma obecna w organizmie krótko po ukłuciu komara. Po szczepieniu powstają między innymi przeciwciała przeciw fragmentom CSP. Gdy zakażony komar wprowadza sporozoitów do skóry, przeciwciała mogą przyłączać się do ich powierzchni, ograniczać ruchliwość i utrudniać dotarcie do wątroby. Szczepienie pobudza także limfocyty T, które mogą uczestniczyć w rozpoznawaniu zakażonych komórek. Jest to wyścig z czasem. Jeśli choć część sporozoitów przedostanie się do hepatocytów i dokończy rozwój, z jednego zakażonego miejsca mogą uwolnić się tysiące merozoitów.

Szczepionka próbuje więc zatrzymać inwazję, gdy armia pasożytów jest jeszcze nieliczna. Nie zawsze się to udaje. Poziom przeciwciał stopniowo spada, poszczególne sporozoitów różnią się antygenowo, a nie każdy organizm reaguje na szczepienie równie silnie. Z tego powodu potrzebne są kolejne dawki. Nawet niepełne zahamowanie rozwoju może jednak opóźnić zakażenie krwi albo ograniczyć liczbę epizodów choroby w najniebezpieczniejszym okresie życia dziecka.

EPOKA VI

Lata 2021–2026. Druga szczepionka wchodzi na scenę

Pierwsza szczepionka często nie jest najlepszą. Wyznacza natomiast drogę, wskazuje właściwy antygen, ujawnia słabe punkty konstrukcji i tworzy system regulacyjny, który mogą wykorzystać następcy. R21/Matrix-M wyrasta bezpośrednio z doświadczeń RTS,S. Również wykorzystuje fragment CSP połączony z antygenem powierzchniowym wirusa zapalenia wątroby typu B i również tworzy cząstki wirusopodobne. Jej konstrukcja eksponuje jednak na powierzchni cząstek większą gęstość antygeny malarycznego. Preparat połączono z adiuwantem Matrix-M zawierającym składniki saponinowe.

Szczepionkę opracowali naukowcy z Uniwersytetu Oksfordzkiego, a jej produkcję na wielką skalę podjął Serum Institute of India. W badaniu fazy IIb przeprowadzonym w Burkina Faso ogłoszono skuteczność przekraczającą 75 procent w warunkach wyraźnie sezonowej transmisji. Wynik wywołał entuzjazm, ale jego porównywanie z wieloletnią skutecznością RTS,S wymagało ostrożności. Inne były miejsca badań, intensywność i sezonowość transmisji, długość obserwacji oraz sposób liczenia przypadków. W wieloośrodkowym badaniu fazy III uczestniczyło ponad 4800 dzieci z Burkina Faso, Kenii, Mali i Tanzanii. W pierwszym roku obserwacji ochrona była wyższa w regionach o sezonowej transmisji i niższa tam, gdzie zakażenia występowały przez większą część roku.

Dawka przypominająca podtrzymywała ochronę w kolejnym sezonie. W październiku 2023 roku WHO zaleciła R21/Matrix-M jako drugą szczepionkę przeciw malarii. Organizacja podkreśliła jednocześnie, że RTS,S i R21 nie zostały porównane bezpośrednio w jednym badaniu i nie ma podstaw, aby ogłosić jedną z nich bezwzględnie lepszą. Obie zmniejszały liczbę zachorowań w pierwszym roku po szczepieniu o ponad połowę, a w regionach o wybitnie sezonowej transmisji, przy odpowiednio zaplanowanym podawaniu i równoczesnej chemioprewencji sezonowej, redukcja epizodów sięgała około 75 procent.

Pojawienie się R21 miało także znaczenie produkcyjne. Świat nie potrzebował kilku tysięcy, lecz dziesiątek milionów dawek rocznie. Drugi preparat i dodatkowy producent zmniejszyli ryzyko, że programy szczepień zostaną ograniczone wyłącznie przez brak dostaw.

Dwie szczepionki, nie pojedynek

W medialnych nagłówkach RTS,S bywa przedstawiana jako szczepionka „czterdziestoprocentowa”, a R21 jako „siedemdziesięcioprocentowa”.

Takie zestawienie jest kuszące, lecz może wprowadzać w błąd. Skuteczność szczepionki nie jest jedną, niezmienną cechą podobną do masy tabletki. Zależy od tego: - czy liczy się pierwsze zachorowanie, czy wszystkie kolejne epizody; - jak długo trwa obserwacja; - w jakim wieku zaszczepiono dzieci; - czy transmisja trwa przez cały rok, czy skupia się w porze deszczowej; - jak często dzieci mają kontakt z zakażonymi komarami; - czy stosowana jest chemioprewencja sezonowa; - jaki wariant pasożyta krąży na danym obszarze; - ile dawek otrzymało dziecko. Wynik po roku nie może być bezpośrednio porównywany z wynikiem po czterech latach. Badanie w miejscu o krótkim, przewidywalnym sezonie malarycznym nie odpowiada sytuacji, w której dziecko jest narażone niemal przez cały rok. WHO nie zaleca więc państwom wyboru szczepionki wyłącznie na podstawie największej liczby podanej w publikacji.

Znaczenie mają dostępność, cena, stabilność dostaw, lokalny kalendarz szczepień oraz możliwość osiągnięcia wysokiego odsetka podanych dawek. RTS,S ma przewagę kilkuletnich doświadczeń z wielkimi programami pilotażowymi. R21 zwiększa podaż i może być szczególnie użyteczna w programach dopasowanych do sezonu transmisji. W praktyce oba preparaty są raczej sprzymierzeńcami niż rywalami.

Od procentów skuteczności do uratowanych dzieci

Najważniejsze informacje pojawiły się dopiero po kilku latach programu w Ghanie, Kenii i Malawi. W latach 2019–2023 szczepieniami objęto tam ponad dwa miliony dzieci. Niezależna ocena wykazała spadek liczby hospitalizacji z powodu ciężkiej malarii oraz około trzynastoprocentowe zmniejszenie umieralności wśród dzieci w wieku kwalifikującym je do szczepienia. Innymi słowy, w populacji objętej programem uniknięto mniej więcej jednego na osiem zgonów małych dzieci.

Rezultat ten może wydawać się zaskakujący, skoro skuteczność szczepionki przeciw poszczególnym epizodom choroby była tylko częściowa. Wyjaśnienie kryje się w skali oraz w wieku zaszczepionych. Zapobieganie nawet części zakażeń w pierwszych latach życia zmniejsza ryzyko ciężkiej niedokrwistości, malarii mózgowej, hospitalizacji i zgonu. Szczepionka nie musi powstrzymać każdego zakażenia, aby przerwać niektóre łańcuchy zdarzeń prowadzące od ukłucia komara do śmierci dziecka.

Program pokazał również, że szczepienia nie wyparły moskitier ani innych szczepień dziecięcych. Dodatkowe wizyty związane z czterodawkowym schematem można wykorzystać do uzupełnienia innych świadczeń: podania witaminy A, szczepionki przeciw odrze czy przekazania rodzinie moskitiery. Narzędzie pozornie wymagające organizacyjnie może więc wzmacniać kontakt dziecka z systemem opieki zdrowotnej.

Na początku 2026 roku szczepionki przeciw malarii były oferowane w ramach programów dziecięcych już w 25 państwach afrykańskich, a planowane szczepienia obejmowały ponad dziesięć milionów dzieci rocznie. WHO oceniała, że dostępna podaż obu preparatów może sprostać zapotrzebowaniu, natomiast główną przeszkodą w rozszerzaniu programów stawało się finansowanie.

Cztery dawki – i czasem piąta

WHO zaleca obecnie schemat czterodawkowy rozpoczynany mniej więcej w piątym miesiącu życia, przy czym dokładny kalendarz może być dostosowany do organizacji krajowego programu szczepień i lokalnego rozkładu zakażeń. Czwarta dawka przedłuża ochronę w okresie, gdy dziecko nadal pozostaje szczególnie zagrożone. W regionach o bardzo sezonowej transmisji lub tam, gdzie znaczne ryzyko utrzymuje się w trzecim roku życia i później, można rozważyć piątą dawkę podaną rok po czwartej. Państwa mogą stosować schemat oparty na wieku dziecka, schemat sezonowy albo rozwiązanie hybrydowe.

Wymóg kilku dawek nie wynika z kaprysu producentów. Jest konsekwencją biologii odpowiedzi przeciwko CSP. Poziom przeciwciał osiąga szczyt po szczepieniu, a następnie stopniowo maleje. Dawkę przypominającą można porównać do ponownego pokazania układowi odpornościowemu portretu poszukiwanego przeciwnika, zanim pamięć jego rysów stanie się zbyt słaba. Jednocześnie każda kolejna dawka jest wyzwaniem organizacyjnym. Dziecko może mieszkać wiele kilometrów od punktu medycznego, rodzina może przemieszczać się sezonowo, a placówce może brakować personelu, lodówek albo paliwa. Ostateczna skuteczność

programu zależy więc nie tylko od immunologii, lecz również od dróg, transportu, rejestrów, zaufania społecznego i pracy lokalnych pielęgniarek.

Czego dzisiejsze szczepionki nie potrafią

RTS,S i R21 działają przeciwko *Plasmodium falciparum**. Nie zapewniają ochrony przed wszystkimi zarodźcami wywołującymi malarię u człowieka. Szczególnie ważnym nieobjętym celem pozostaje *Plasmodium vivax**, dominujący w wielu częściach Azji, obu Ameryk i zachodniego Pacyfiku. *P. vivax** stawia dodatkową przeszkodę. Część jego form może pozostawać w wątrobie jako uśpione hipnozoity i po wielu miesiącach powodować nawroty choroby bez ponownego ukłucia przez zakażonego komara. Szczepionka przeciw sporozoitom musiałaby zatrzymać niemal wszystkie pasożyty, aby nie dopuścić do powstania takiego rezerwuaru. Obecne preparaty nie są również szczepionkami przeznaczonymi rutynowo dla europejskich turystów. Zostały opracowane i przebadane przede wszystkim z myślą o ochronie dzieci żyjących na terenach endemicznych.

Podróźni nadal muszą stosować leki profilaktyczne dobrane do miejsca wyjazdu, repelenty, odpowiednią odzież, moskitiery i inne metody zapobiegania ukłuciom. Nawet w krajach prowadzących programy szczepień preparaty nie zastępują moskitier, zwalczania komarów, szybkiej diagnostyki ani leczenia. Informacja o konieczności dalszego stosowania innych metod ochrony znajduje się także w dokumentacji Mosquirix. Szczepionka nie jest niewidzialną tarczą otaczającą człowieka. Jest jedną z warstw ochronnych. Moskitiery zmniejszają liczbę ukłuć. Środki owadobójcze ograniczają populację wektorów. Chemioprewencja zabija pasożyty, które zdołały przedostać się do organizmu. Szybkie testy pozwalają wcześniej rozpocząć leczenie. Szczepienie zwiększa szansę, że sporozoity zostaną zatrzymane przed wątrobą. Każda warstwa ma luki, lecz nałożone na siebie mogą powstrzymać znacznie więcej zakażeń niż którakolwiek stosowana osobno.

NASTĘPNA EPOKA

Szczepionka przeciw całemu cyklowi pasożyta?

RTS,S i R21 atakują przede wszystkim jedno stadium i jeden główny antygen. Następane generacje szczepionek mogą działać szerzej. Jednym z kierunków pozostają preparaty zawierające całe, osłabione sporozoity. Współczesna technologia pozwala hodować zakażone komary, izolować z ich gruczołów ślinowych sporozoity, oczyszczać je, osłabiać promieniowaniem lub metodami genetycznymi, zamrażać i podawać w kontrolowanej dawce. Jest to rozwinięcie pomysłu Nussenzweig z 1967 roku, lecz bez wykorzystywania komara jako urządzenia do podawania szczepionki.

Przykładem jest rodzina kandydatów PfSPZ. Cały pasożyt pokazuje układowi odpornościowemu znacznie więcej antygenów niż RTS,S czy R21. Może wywoływać zarówno odpowiedź przeciwciał, jak i silną reakcję limfocytów działających w wątrobie. Produkcja, przechowywanie w bardzo niskiej temperaturze i sposób podawania pozostają jednak trudniejsze niż w przypadku klasycznej szczepionki białkowej.

Drugi kierunek to szczepionki przeciwko fazie krwinkowej. Ich celem nie musi być zapobieżenie samemu zakażeniu. Mogą ograniczać wnikanie merozoitów do krwinek, tempo namnażania pasożyta i ryzyko ciężkiego przebiegu. Kandydatami są między innymi białka uczestniczące w rozpoznawaniu i zakażaniu erytrocytów. Problemem pozostaje wielka zmienność antygenowa oraz zdolność zarodźca do korzystania z alternatywnych dróg wnikania. Trzecia grupa ma blokować transmisję. Szczepionka mogłaby pobudzać przeciwciała skierowane przeciw gametocytom albo formom rozwijającym się już w jelicie komara.

Zaszczepiony człowiek niekoniecznie byłby całkowicie chroniony przed chorobą, ale komar pobierający jego krew miałby mniejszą szansę zakażenia się i przekazania pasożyta dalej. Byłaby to szczepionka działająca nie tylko dla dobra zaszczepionej osoby, lecz także całej społeczności. Najbardziej ambitna koncepcja zakłada połączenie kilku celów: sporozoitu, stadium wątrobowego, merozoitu oraz form płciowych. Taka wielostadiowa szczepionka próbowałaby zastawić pasożytowi kolejne zapory. Jeżeli przedostałby się przez pierwszą, natrafiłby na następną. W badaniach pojawiają się też wektory wirusowe, nowe cząstki białkowe, adiuwanty, szczepionki genetyczne oraz platformy oparte na RNA.

Doświadczenia zdobyte w czasie pandemii COVID-19 przyspieszyły rozwój technologii, lecz samo przeniesienie platformy mRNA nie rozwiązuje zasadniczego problemu: nadal trzeba wybrać właściwy antygen malaryczny i wywołać odpowiedź działającą we właściwym miejscu oraz czasie. Największym wyzwaniem nie jest bowiem samo dostarczenie instrukcji do komórki. Jest nim wskazanie układowi odpornościowemu takiego fragmentu pasożyta, którego zarodek nie zdoła łatwo zmienić, ukryć ani zastąpić innym.

Rozwój szczepionek będzie też musiał uwzględnić różnorodność „*P. falciparum*” i „*P. vivax*”, trwałość ochrony, możliwość podawania jednej dawki zamiast kilku oraz warunki transportu w regionach pozbawionych stabilnego zasilania. Idealny preparat powinien być nie tylko skuteczny immunologicznie, lecz również tani, odporny na wahania temperatury, łatwy do podania i możliwy do produkowania w setkach milionów dawek.

Zwycięstwo niedoskonałości

Historia szczepionki przeciw malarii nie przypomina opowieści o jednym genialnym odkryciu. Nie ma w niej chwili, w której pojedynczy uczony spogląda przez mikroskop i natychmiast znajduje rozwiązanie. Jest raczej sztafetą rozciągniętą na pokolenia. Badacze z lat trzydziestych pokazali ograniczenia zabitych pasożytów. Odkrycie fazy wątrobowej wskazało miejsce pierwszego uderzenia.

Ruth Nussenzweig i jej współpracownicy dowiedli, że napromieniowane sporozoitów mogą zapewnić ochronę. Eksperymenty na ochotnikach potwierdziły, że zasada działa także u ludzi. Biologia molekularna pozwoliła wyizolować CSP. SPf66 przetrwała drogę dużym badaniom terenowym, nawet jeśli sama nie spełniła oczekiwań. Walter Reed, GSK i ich partnerzy skonstruowali RTS,S. Afrykańskie ośrodki badawcze przeprowadziły wieloletnie próby z udziałem tysięcy dzieci. Pracownicy ochrony zdrowia w Ghanie, Kenii i Malawi wykazali, że czterodawkowy program jest możliwy

poza warunkami eksperymentu. R21 poszerzyła arsenał i zwiększyła możliwości produkcji.

Sukces nie polegał na tym, że zarodek został raz na zawsze pokonany. Polegał na zmianie granicy możliwości. Przez dziesięciolecia pytano, czy szczepionka przeciw malarii może w ogóle istnieć. Obecnie wiadomo, że może. Dwie szczepionki są zalecane przez WHO, kolejne przechodzą badania, a programy dziecięce obejmują miliony osób. Pozostają pytania o trwalszą odporność, ochronę przed „P. vivax”, zmniejszenie liczby dawek i stworzenie szczepionki zdolnej przerwać transmisję. Są to jednak pytania zadawane już po przekroczeniu pierwszego, najtrudniejszego progu. RTS,S i R21 nie kończą historii malarii. Otwierają jej nowy rozdział.

Pokazują, że nawet mistrza przemian można zmusić do odsłonięcia słabego punktu – jeśli nauka ma wystarczająco dużo czasu, cierpliwości i pamięci o wcześniejszych porażkach. Walka przenosi się teraz z laboratoriów i badań klinicznych do krajowych programów szczepień, wiejskich ośrodków zdrowia i społeczności najbardziej zagrożonych chorobą. O tym, jak malaria wygląda w świecie dysponującym już szczepionkami, lecz nadal dalekim od jej wyeliminowania, będzie mowa w następnym rozdziale.

Rozdział IX

Świat pod moskitierą. Malaria w epoce szczepionek, satelitów i ewolucyjnego odwetu

O świecie kolejka przed wiejskim ośrodkiem zdrowia jest już długa. Matki trzymają na rękach senne dzieci, starsze kobiety wachlują wnuki kawałkami tektury, a pielęgniarka układa na stole plastikowe kasetki szybkich testów diagnostycznych. Wystarczy kropla krwi, aby po kilkunastu minutach na białym pasku pojawiła się kreska oznaczająca obecność pasożyta. W chłodziarce czekają leki złożone zawierające pochodne artemizyniny, a w niektórych krajach również fiołki ze szczepionką przeciw malarii. Na ścianie wisi plakat przypominający o spaniu pod moskitierą.

Scena mogłaby rozgrywać się w Ghanie, Nigerii, Ugandzie, Mozambiku albo Demokratycznej Republice Konga. Jest współczesna: są telefony komórkowe, elektroniczne rejestry pacjentów, mapy satelitarne i testy powstałe dzięki biologii molekularnej. A jednak sam powód wizyty należy do najstarszej historii ludzkości.

Współczesna malaria jest chorobą paradoksów. Nigdy wcześniej człowiek nie wiedział o niej tak wiele. Nigdy nie dysponował tak licznym zestawem narzędzi: lekami, testami, impregnowanymi moskitierami, opryskami, chemioprophilaktyką, szczepionkami i systemami cyfrowego nadzoru. Jednocześnie w 2024 roku Światowa Organizacja Zdrowia szacowała liczbę zachorowań na około **282 miliony**, a liczbę zgonów na około **610 tysięcy**. W porównaniu z rokiem poprzednim oznaczało to wzrost o blisko dziewięć milionów przypadków i dwanaście tysięcy śmierci. Około 95 procent zachorowań i zgonów przypadło na Afrykę, a mniej więcej trzy czwarte ofiar śmiertelnych stanowiły dzieci poniżej piątego roku życia.

Nie są to po prostu dwie sprzeczne opowieści — o postępie i porażce. To raczej jedna opowieść o nierównym zwycięstwie. W jednych częściach świata malaria została zepchnięta na margines, a następnie usunięta. W innych pozostała codziennością tak zwyczajną, że gorączkujące dziecko nie zawsze trafia do statystyki, a jego matka może uznać kolejną noc czuwania za nieunikniony element życia.

Dlatego współczesnej malarii nie można opisać jedną datą ani jednym przełomem. Jej najnowsze dzieje układają się w kolejne epoki — epoki wielkich nadziei, odwrotu, globalnej mobilizacji, zastoju i niepewnego wyścigu z ewolucją.

Epoka pierwsza: 1945–1969

Czas wielkiej ofensywy. Człowiek uwierzył, że może wymazać malarię z mapy

Druga wojna światowa pozostawiła po sobie nie tylko zniszczone miasta i miliony ofiar. Przyspieszyła również rozwój medycyny tropikalnej, produkcji leków oraz metod zwalczania owadów. Armie nauczyły się, że komar może unieruchomić więcej żołnierzy niż przeciwnik. Po wojnie wiedzę zdobytą na frontach próbowano wykorzystać w czasie pokoju.

W centrum tej ofensywy znalazły się dwa narzędzia: chlorochina i DDT. Pierwsze miało uderzać w pasożyta znajdującego się we krwi człowieka, drugie — w komara siedzącego na ścianach domów. Logika była prosta. Jeżeli chorego szybko się wyleczy, a mieszkania opryska środkiem zabijającym widliszki, łańcuch transmisji zostanie przerwany.

W 1955 roku Światowe Zgromadzenie Zdrowia przyjęło program globalnej eradykacji malarii. Był to projekt na miarę epoki, w której wierzono, że technologia może rozwiązać niemal każdy problem społeczny. Ekipy sanitarne ruszały od domu do domu. Opryskiwano ściany, badano krew, leczono zakażonych i nanoszono kolejne wsie na mapy. Strategia była w znacznym stopniu ujednolicona: to samo narzędzie miało działać w Ameryce Łacińskiej, Europie, Azji i na wyspach Pacyfiku.

Rezultaty rzeczywiście bywały spektakularne. Malaria zniknęła z wielu krajów Europy, z części Karaibów i znacznych obszarów Azji. W innych została ograniczona do niewielkich ognisk. Osuszanie terenów, poprawa warunków mieszkaniowych, rozwój opieki medycznej i rosnący poziom życia wspierały działania prowadzone przez służby zdrowia.

Nie wszędzie jednak wojna wyglądała tak samo. Tropikalna Afryka, gdzie transmisja była wyjątkowo intensywna, systemy opieki zdrowotnej słabe, a populacje komarów niezwykle skuteczne w przenoszeniu *Plasmodium falciparum*, nie została objęta ofensywą o podobnej skali. Koszty i trudności logistyczne uznawano za zbyt wielkie. Tam, gdzie liczba zakażeń była ogromna, nie wystarczało opryskać kilka razy ścian i rozdać tabletki. Pasożyt krążył niemal bez przerwy między ludźmi i komarami.

Z czasem ujawniła się też słabość wiary w jedno cudowne rozwiązanie. Komary zaczęły przeżywać kontakt ze środkami owadobójczymi. Pasożyty przestawały reagować na chlorochinę. Program wymagał stałego finansowania, skrupulatnego nadzoru i sprawnej administracji, których w wielu państwach brakowało. Gdy działania przerywano, malaria często wracała.

W 1969 roku globalny program eradykacji został faktycznie zatrzymany i zastąpiony mniej ambitnym celem kontroli choroby. Człowiek odniósł wielkie zwycięstwa lokalne, ale nie wygrał wojny światowej. Pierwsza współczesna epoka malarii pozostawiła po sobie naukę, która do dziś powraca w kolejnych strategiach: **sukces nie jest stanem trwałym**. Jeżeli po wyparciu choroby ustaje nadzór, niepozorny komar i pojedynczy zakażony człowiek mogą rozpocząć jej odbudowę.

Epoka druga: 1970–1997

Zemsta ewolucji. Kiedy pasożyt i komar nauczyły się przeżywać

Lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte były okresem utraty złudzeń. Malaria nie zniknęła, lecz przystosowała się do nowego świata.

Każde masowo stosowane narzędzie wywiera presję selekcyjną. Jeżeli miliony komarów stykają się z insektycydem, większość może zginąć, ale osobniki posiadające korzystną mutację przeżywają. To one wydają potomstwo. Z pokolenia na pokolenie populacja staje się trudniejsza do zwalczania. Podobnie dzieje się z pasożytami. Lek usuwa organizmy wrażliwe, pozostawiając te, które przypadkiem potrafią go ominąć, wypompować, rozłożyć albo zmienić własny metabolizm.

Nie jest to zemsta w ludzkim znaczeniu. Pasożyt niczego nie planuje, a komar nie „uczy się” świadomie. Działa bezosobowy mechanizm ewolucji. Jednak dla chorego różnica jest niewielka: lek, który jeszcze kilka lat wcześniej obniżał gorączkę i ratował życie, nagle przestaje działać.

Oporność *Plasmodium falciparum* na chlorochinę rozprzestrzeniła się z Azji Południowo-Wschodniej i Ameryki Południowej na kolejne kontynenty. W Afryce jej skutki okazały się szczególnie tragiczne. W wielu krajach chlorochina pozostawała tania, znana i łatwo dostępna, dlatego stosowano ją długo po tym, gdy jej skuteczność zaczęła spadać. Chore dzieci otrzymywały lek, lecz pasożyty nadal mnożyły się w ich krwi.

Do problemów biologicznych dochodziły gospodarcze i polityczne. Kryzysy zadłużeniowe, wojny domowe, przemieszczanie się ludności i osłabienie publicznych systemów zdrowia utrudniały prowadzenie regularnych oprysków, diagnostyki i leczenia. W niektórych regionach malaria powróciła na tereny, z których wcześniej ją wyparto.

Była też chorobą coraz bardziej nierówno rozłożoną. Dla mieszkańców Europy i Ameryki Północnej stawała się przede wszystkim zagrożeniem związanym z podróżą. Dla wielu społeczności Afryki pozostawała jedną z głównych przyczyn śmierci dzieci. Choroba zniknęła z pola widzenia społeczeństw posiadających największe zasoby finansowe, ale nie z życia tych, którzy byli najbardziej narażeni.

W tym okresie ukształtował się jeden z najbardziej trwałych problemów globalnego zdrowia: choroba może być biologicznie uleczalna, a mimo to społecznie pozostawać śmiertelna. Tabletki istnieją, ale nie docierają do wsi. Test może wykryć pasożyta, ale ośrodek zdrowia jest oddalony o wiele godzin drogi. Wiedza o moskitierach jest powszechna, lecz rodziny nie stać na ich zakup. Nawet najlepsze odkrycie naukowe nie staje się automatycznie powszechnym dobrem.

Pod koniec XX wieku malaria była więc nie tylko problemem parazytologii i entomologii. Stała się testem zdolności świata do wspólnego działania.

Epoka trzecia: 1998–2015

Wielka koalicja. Lata, w których śmierć zaczęła się cofać

W 1998 roku Światowa Organizacja Zdrowia, UNICEF, Program Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju i Bank Światowy ogłosiły inicjatywę Roll Back Malaria — „Odepchnąć malarię”. Nazwa dobrze oddawała zmianę sposobu myślenia. Nie obiecywano natychmiastowego usunięcia choroby z całej planety. Najpierw należało ograniczyć liczbę zachorowań i zgonów, wzmocnić systemy zdrowia oraz połączyć działania rządów, naukowców, organizacji społecznych i donatorów.

Nowa ofensywa nie opierała się na jednym cudownym środku. Jej siłą była kombinacja narzędzi.

Do domów trafiały moskitiery impregnowane długo działającymi insektycydami. W wielu regionach prowadzono opryski wewnętrznych ścian budynków. Szybkie testy diagnostyczne pozwalały wykrywać zakażenie także tam, gdzie nie było laboratoriów i mikroskopów. W leczeniu zaczęły dominować terapie skojarzone oparte na artemizyninie, czyli ACT. Krótkotrwale działająca pochodna artemizyny szybko zmniejszała liczbę pasożytów, a drugi lek miał usuwać te, które pozostały.

Istotą terapii skojarzonej było nie tylko zwiększenie skuteczności leczenia. Chodziło również o utrudnienie pasożytowi ewolucyjnej ucieczki. Aby przeżyć, musiałyby jednocześnie posiadać cechy chroniące go przed dwoma różnymi substancjami.

Równocześnie powstawały nowe mechanizmy finansowania. Założony w 2002 roku Globalny Fundusz do Walki z AIDS, Gruźlicą i Malarią zaczął finansować zakup leków, testów, moskitier i rozwój programów krajowych. Stany Zjednoczone uruchomiły Prezydencką Inicjatywę na rzecz Malarii. Organizacje pozarządowe docierały do odległych społeczności, a kampanie społeczne uczyły, że gorączka u dziecka wymaga szybkiej diagnozy.

Efekty stały się widoczne. Według WHO działania podejmowane od początku XXI wieku zapobiegły około **2,3 miliarda przypadków malarii i czternastu milionom zgonów**. Za liczbami kryją się dzieci, które przeżyły piąte urodziny, rodziny, które nie musiały sprzedawać pól na leczenie, i pracownicy, którzy nie tracili tygodni z powodu kolejnych napadów gorączki.

Ten okres można nazwać złotą epoką kontroli malarii. W wielu krajach liczba zgonów szybko spadała. Kolejne państwa zbliżały się do eliminacji, czyli przerwania lokalnej transmisji na swoim terytorium. Malaria znów stała się chorobą, wobec której wolno było formułować ambitne plany.

Jednak już w samym sukcesie kryło się nowe zagrożenie. Gdy liczba zachorowań spada, choroba przestaje być widoczna. Politycy kierują środki ku innym problemom, mieszkańcy rzadziej używają moskitier, a system nadzoru traci czujność. Każdy program zwalczania malarii musi więc zwyciężać dwukrotnie: najpierw nad pasożytem, a następnie nad ludzką skłonnością do uznawania, że problem został rozwiązany.

Epoka czwarta: 2016–2019

Zwycięstwo, które utknęło w pół drogi

W połowie drugiej dekady XXI wieku tempo poprawy zaczęło słabnąć. Liczba zachorowań przestała spadać tak szybko jak wcześniej, a w części krajów ponownie zaczęła rosnąć.

Był to sygnał, że dotychczasowa formuła osiąga granice możliwości. Najłatwiejsze sukcesy zostały już odniesione. W następnej fazie należało docierać do ludzi mieszkających w najuboższych, najbardziej odległych albo ogarniętych konfliktem regionach. Tam dostarczenie jednej moskitiery, testu czy dawki leku wymagało znacznie większego wysiłku niż w dużym mieście połączonym z resztą kraju asfaltową drogą.

Jednocześnie rosła oporność komarów na pyretroidy — grupę środków owadobójczych, którymi impregnowano ogromną większość moskitier. Moskitiera nadal stanowiła barierę mechaniczną, ale komar, który nie ginął po zetknięciu z jej włóknami, mógł długo szukać szczeliny albo ugryźć człowieka wcześniej, zanim ten położył się spać.

Zmieniało się również zachowanie owadów. Programy oprysków i moskitier najlepiej działają przeciw komarom żerującym nocą wewnątrz domów i odpoczywającym na ścianach. Jeżeli presja selekcyjna sprzyja osobnikom gryzącym wcześniej, na zewnątrz albo odpoczywającym poza budynkami, skuteczność dotychczasowych metod maleje.

Świat zbliżał się więc do punktu, w którym samo zwiększanie liczby tych samych interwencji przestawało wystarczać. Potrzebne były nowe rodzaje moskitier, nowe insektycydy, dokładniejsze mapy transmisji, lepszy nadzór i działania dostosowane do lokalnej ekologii.

Malaria raz jeszcze przypominała, że nie jest jedną chorobą występującą w wielu krajach. Jest raczej zbiorem lokalnych układów: innych na sawannie Sahelu, innych w lasach Amazonii, innych na wyspach Oceanii, innych na obrzeżach afrykańskich miast. W każdym z nich występuje człowiek, pasożyt i komar, lecz gatunki, pory transmisji, warunki mieszkaniowe i dostęp do leczenia mogą się zasadniczo różnić.

Epoka piąta: 2020–2021

Pandemia w cieniu pandemii

Gdy na początku 2020 roku świat skupił uwagę na nowym koronawirusie, pasożyty malarii nie przerwały swojego cyklu.

Zamknięte granice i ograniczenia transportowe utrudniały dostarczanie moskitier, leków i testów. Personel medyczny kierowano do walki z COVID-19. Pacjenci obawiali się wizyt w ośrodkach zdrowia. Gorączka, która w rejonie endemicznym mogła oznaczać malarię, zaczęła kojarzyć się również z zakażeniem koronawirusem.

Istniało realne ryzyko powtórzenia katastrofy obserwowanej podczas epidemii eboli w Afryce Zachodniej, kiedy osłabienie systemu opieki zdrowotnej doprowadziło do wzrostu liczby zgonów z powodu innych chorób. Tym razem wiele państw starało się nie przerywać kampanii rozdawania moskitier. Organizowano ich dystrybucję od drzwi do drzwi, ograniczano zgromadzenia i wydłużano okresy, na które pacjenci otrzymywali leki.

Mimo tych działań bilans był poważny. WHO szacowała, że w 2020 roku wystąpiło około 241 milionów przypadków malarii i 627 tysięcy zgonów. W porównaniu z 2019 rokiem oznaczało to około czternastu milionów dodatkowych zachorowań i 69 tysięcy dodatkowych śmierci. Około 47 tysięcy z tych nadmiarowych zgonów wiązano z zakłóceniami usług zdrowotnych wywołanymi pandemią.

Była to lekcja o zależności między chorobami. Epidemie nie ustawiają się w kolejce. Nowy patogen nie zastępuje starych. Wchodzi między nie, konkuruje o personel, pieniądze, uwagę polityczną i miejsce w laboratoriach.

Pandemia pokazała także, że infrastruktura zbudowana do walki z malarią może służyć innym zagrożeniom. Sieci pracowników terenowych, laboratoria, łańcuchy dostaw i systemy raportowania pomagały w odpowiedzi na COVID-19. Publiczne zdrowie nie składa się z osobnych szuflad oznaczonych nazwami chorób. Jest jednym systemem, którego odporność decyduje o losie pacjentów cierpiących na wiele różnych zakażeń.

Epoka szósta: od 2022 roku

Nowe narzędzia, stare nierówności

W latach następujących po najostrzejszej fazie pandemii malaria weszła w okres niezwykłego napięcia. Po raz pierwszy dostępne stały się dwie rekomendowane przez WHO szczepionki dla dzieci. Coraz powszechniej stosowano moskitiery zawierające dwa różne środki czynne. Rozwijały się cyfrowe systemy przewidywania ognisk choroby. Badano komary modyfikowane genetycznie.

Jednocześnie rosła liczba zachorowań, rozszerzała się oporność na leki i insektycydy, a finansowanie pozostawało daleko poniżej potrzeb.

To epoka, w której przyszłość malarii nie została jeszcze rozstrzygnięta.

Trzy światy na jednej mapie

Mapa współczesnej malarii nie jest jednolicie czerwona. Można na niej dostrzec co najmniej trzy światy.

Pierwszy tworzą państwa, które wyeliminowały lokalną transmisję i starają się nie dopuścić do jej powrotu. Do 2026 roku WHO certyfikowała jako wolne od malarii 47 państw. Liczba krajów, w których choroba pozostawała endemiczna, zmniejszyła się ze 108 w 2000 roku do 80 w 2024 roku. Kolejne państwa, między innymi Chiny,

Salwador, Azerbejdżan, Tadżykistan, Belize, Cabo Verde oraz Egipt, dołączyły w ostatnich latach do grupy wolnej od choroby.

Drugi świat to kraje znajdujące się blisko eliminacji. W 2024 roku w 37 państwach endemicznych zarejestrowano mniej niż tysiąc rodzimych przypadków. Tutaj malaria przypomina dogasający pożar. Najważniejsze jest odnalezienie każdego ogniska, przebadanie osób z otoczenia chorego, ustalenie miejsca zakażenia i szybkie przerwanie transmisji.

Trzeci świat obejmuje państwa, w których malaria pozostaje chorobą masową. Jedenaście krajów afrykańskich odpowiada za około dwie trzecie światowych zachorowań i zgonów. W tej grupie znajdują się między innymi Nigeria, Demokratyczna Republika Konga, Niger, Tanzania, Uganda, Mozambik, Burkina Faso, Mali, Ghana, Kamerun i Sudan.

Różnic tych nie można wyjaśnić wyłącznie obecnością komarów. Widliszki żyją także w wielu regionach wolnych od malarii. O skali choroby decyduje splot biologii i warunków społecznych: jakość mieszkań, dostęp do leczenia, stan dróg, stabilność państwa, poziom ubóstwa, edukacja, odżywienie, konflikty zbrojne, migracje oraz zdolność administracji do regularnego prowadzenia programów profilaktycznych.

Komar jest koniecznym pośrednikiem, lecz sam nie tworzy katastrofy. Katastrofa pojawia się wtedy, gdy skuteczny wektor spotyka liczny rezerwuar pasożyta oraz ludzi pozbawionych szybkiej diagnostyki i leczenia.

Zegar odmierzający dzieciństwo

Najbardziej dramatyczna twarz współczesnej malarii należy do małego dziecka.

U osoby dorosłej wielokrotnie zakażanej w dzieciństwie może rozwinąć się częściowa odporność. Nie zapobiega ona kolejnym infekcjom, lecz często ogranicza ich ciężkość. Małe dziecko nie posiada jeszcze takiego doświadczenia immunologicznego. Pasożyty mogą szybko osiągnąć wysoką liczebność, niszczyć krwinki czerwone, zaburzać przepływ krwi przez drobne naczynia mózgu, powodować ciężką niedokrwistość, drgawki i niewydolność wielu narządów.

W przypadku malarii wywołanej przez *Plasmodium falciparum* stan chorego może pogorszyć się w ciągu kilkunastu lub kilkudziesięciu godzin. Nie ma więc czasu na kilkudniowe oczekiwanie, aż „gorączka sama minie”. WHO ostrzega, że nieleczona malaria tropikalna może rozwinąć się w ciężką chorobę i doprowadzić do śmierci już w ciągu doby od pojawienia się poważnych objawów.

Decydujące znaczenie ma odległość między domem a miejscem, w którym można wykonać test i rozpocząć leczenie. Dla rodziny mieszkającej w mieście może to być kilka ulic. Dla mieszkańców odległej wsi — wiele kilometrów pieszo, łodzią albo motocyklem. W porze deszczowej droga może przestać istnieć.

Czas biologiczny pasożyta jest taki sam dla wszystkich. Czas społeczny jest nierówny.

Niewidzialny oddział szpitalny. Kobiety i gospodarka opieki

Statystyka zgonów nie obejmuje całego ciężaru choroby. Nie pokazuje godzin spędzanych przy łóżku gorączkującego dziecka, nieobecności w pracy, opuszczonych lekcji, niesprzedanych towarów ani pól, których nie obsiano w odpowiednim terminie.

W wielu społecznościach to kobiety i dziewczęta opiekują się chorymi. Prowadzą dziecko do ośrodka zdrowia, czekają na wynik testu, podają kolejne dawki leku i czuwają w nocy. Gdy choruje więcej osób, niewidzialna gospodarka opieki zaczyna pochłaniać czas całych rodzin.

Według Międzynarodowej Organizacji Pracy kobiety wykonują ponad trzy czwarte nieodpłatnej pracy opiekuńczej na świecie. Stanowią także około dwóch trzecich pracowników płatnego sektora opieki, a według części szacunków około 65 procent globalnej siły roboczej związanej ze zdrowiem i opieką.

Malaria zwiększa istniejące nierówności. Dziewczynka opuszcza szkołę, ponieważ musi pilnować młodszego rodzeństwa. Sprzedawczyni traci dochód, gdy przez kilka dni nie pojawia się na targu. Rolniczka nie uczestniczy w siewie lub zbiorach. Starsza kobieta po raz kolejny przyjmuje rolę pielęgniarki, ponieważ rodzina nie ma nikogo innego.

Ciężar ten rzadko pojawia się w obliczeniach kosztu choroby. Łatwo policzyć cenę testów i tabletek. Trudniej przeliczyć na pieniądze zmęczenie, utracone szanse edukacyjne i lata nieodpłatnej pracy.

Ciąża: kiedy pasożyt wykorzystuje łożysko

Malaria stanowi szczególne zagrożenie dla kobiet w ciąży. Pasożyty *Plasmodium falciparum* potrafią przyczepiać się do komórek w obrębie łożyska. Powstaje tam swoista nisza, w której zakażone krwinki gromadzą się, utrudniając wymianę tlenu i substancji odżywczych między organizmem matki a płodem.

Skutkiem może być niedokrwistość ciężarnej, poronienie, poród przedwczesny, zahamowanie wzrostu płodu i niska masa urodzeniowa. Dziecko może przeżyć samą infekcję, ale rozpocząć życie z poważnym obciążeniem zdrowotnym.

W 2024 roku w 33 afrykańskich krajach o umiarkowanej lub wysokiej transmisji żyło około 36 milionów kobiet w ciąży. WHO szacowała, że blisko trzysta milionów, czyli około 36 procent, zostało w tym czasie zakażonych malarią. Jedynie około 45 procent otrzymało co najmniej trzy zalecane dawki profilaktycznego leczenia okresowego w ciąży, podczas gdy globalny cel wynosił 80 procent. Mimo niepełnego zasięgu programy te zapobiegły prawdopodobnie ponad pół milionowi przypadków niskiej masy urodzeniowej.

Przeszkodą nie zawsze jest brak leku. Kobieta może nie mieć pieniędzy na przejazd, nie móc opuścić pracy, potrzebować zgody partnera albo obawiać się złego traktowania w placówce. Dlatego program malaryczny nieuwzględniający praw kobiet i ich pozycji ekonomicznej pozostaje niepełny.

Biologia wyjaśnia, dlaczego ciąża zwiększa podatność na ciężką malarię. Struktura społeczeństwa decyduje, czy kobieta otrzyma pomoc.

Obrona warstwowa. Dlaczego nie istnieje jedno najlepsze narzędzie

Współczesna walka z malarią przypomina ochronę miasta otoczonego kilkoma pierścieniami murów. Żaden z nich nie jest doskonały, ale razem mogą znacząco ograniczyć ryzyko.

Pierwszą warstwą jest ochrona przed ukąszeniem. Obejmuje moskitiery, środki odstraszające, odzież zakrywającą skórę, siatki w oknach i opryski wewnątrz budynków. Nie każde rozwiązanie jest równie praktyczne w każdym miejscu. Repelent skuteczny podczas krótkiej podróży może być zbyt drogi do codziennego stosowania przez miliony mieszkańców regionu endemicznego.

Drugą warstwą są leki zapobiegawcze. Podróżni przyjmują chemioprowokację dobraną do regionu, długości pobytu, wieku, stanu zdrowia oraz lokalnej oporności pasożytów. W krajach endemicznych leki podaje się okresowo najbardziej narażonym grupom, między innymi kobietom w ciąży i dzieciom podczas sezonu transmisji. W 2024 roku sezonowa chemioprowokacja malarii objęła około 54 milionów dzieci w dwudziestu krajach.

Trzecią warstwą jest szybkie wykrywanie zakażenia. Mikroskopia pozostaje ważna, ponieważ pozwala zobaczyć pasożyty, określić ich gatunek i ocenić liczbę. Szybkie testy diagnostyczne są prostsze. Nie wymagają skomplikowanego laboratorium ani stałego zasilania. Dzięki nim pracownik niewielkiej placówki może w ciągu kilkunastu minut zdecydować, czy pacjent powinien otrzymać lek przeciwmalaryczny.

Czwarta warstwa to skuteczne leczenie. W przypadku malarii wywołanej przez *P. falciparum* podstawą pozostają terapie skojarzone zawierające pochodne artemizyniny. Ciężka malaria wymaga dożylnego artesunatu i leczenia szpitalnego. W przypadku *P. vivax* oraz *P. ovale* konieczne może być także usunięcie uśpionych form wątrobowych, aby zapobiec nawrotom.

Piątą warstwą stały się szczepionki. Nie zastępują moskitier ani leczenia. Zmniejszają prawdopodobieństwo zachorowania i ciężkiego przebiegu, dodając kolejną przeszkodę na drodze pasożyta.

W praktyce najskuteczniejszy program nie pyta: „szczepionka czy moskitiera?”. Pyta: „jak połączyć szczepienie, ochronę przed komarami, chemioprowokację, diagnostykę i leczenie, aby żadna pojedyncza awaria nie doprowadziła do śmierci dziecka?”.

Szczepionka schodzi z kart historii do wiejskiej przychodni

Historia badań nad szczepionkami została opisana w poprzednim rozdziale. Współczesność przyniosła jednak zasadniczą zmianę: szczepionka przestała być wyłącznie projektem badawczym, a stała się narzędziem publicznego zdrowia.

WHO rekomenduje dwie szczepionki przeciw malarii wywoływanej przez *Plasmodium falciparum*: RTS,S/AS01 oraz R21/Matrix-M. Nie zapewniają one całkowitej i trwałej odporności. Ich znaczenie polega na zmniejszeniu liczby zachorowań, hospitalizacji i zgonów, szczególnie gdy są stosowane razem z innymi metodami ochrony.

Programy pilotażowe szczepionki RTS,S prowadzone w Ghanie, Kenii i Malawi dostarczyły danych pochodzących z rzeczywistych systemów opieki zdrowotnej. W populacji dzieci kwalifikujących się do szczepienia odnotowano około 13-procentowy spadek śmiertelności ze wszystkich przyczyn oraz około 22-procentowe zmniejszenie liczby hospitalizacji z powodu ciężkiej malarii. WHO obrazowo podsumowała te wyniki jako zapobieganie mniej więcej jednemu z ośmiu zgonów dzieci objętych programem.

Do maja 2026 roku 25 afrykańskich krajów włączyło szczepienia przeciw malarii do swoich programów, a liczba dzieci, które miały być szczepione każdego roku, przekraczała dziesięć milionów. Do początku 2026 roku dostarczono państwom afrykańskim ponad 39 milionów dawek.

Szczepionka nie rozwiązuje jednak problemów logistycznych. Wymaga zakupu dawek, chłodniczego łańcucha dostaw, przeszkolonego personelu, rejestracji i kilkakrotnego kontaktu dziecka z systemem zdrowia. Tam, gdzie rodzina ma trudności z dotarciem nawet na jedną wizytę, ukończenie schematu szczepienia może być wyzwaniem.

Największym sukcesem szczepionek przeciw malarii nie będzie więc samo udowodnienie, że działają. Będzie nim regularne dostarczanie ich do dzieci żyjących tam, gdzie kończy się asfaltowa droga.

Moskitiera 2.0. Odpowiedź na komara odpornego na truciznę

Klasyczna moskitiera impregnowana pyretroidem była jednym z najważniejszych narzędzi złotej epoki zwalczania malarii. Jej skuteczność zaczęła jednak słabnąć wraz z rozprzestrzenianiem się oporności owadów.

Do połowy obecnej dekady oporność na pyretroidy zgłaszała ogromna większość krajów afrykańskich prowadzących odpowiedni monitoring. W danych WHO obejmujących państwa przekazujące wyniki badań dotyczyła ona 48 z 53 krajów.

Odpowiedzią są moskitiery nowej generacji. Niektóre łączą pyretroid z butanolanem piperonylu, czyli substancją blokującą część enzymów wykorzystywanych przez komara do neutralizowania insektycydu. Inne zawierają dwa środki czynne działające odmiennymi mechanizmami.

Zmiana nastąpiła szybko. W 2019 roku moskitiery zawierające synergistę albo dwa składniki aktywne stanowiły około dziesięć procent produktów dostarczanych do krajów endemicznych. W 2024 roku ich udział wśród około 168 milionów wysłanych moskitier wzrósł do 84 procent.

Sam zakup nie oznacza jednak automatycznej ochrony. W 2024 roku tylko około 47 procent mieszkańców obszarów zagrożonych w Afryce spało poprzedniej nocy pod impregnowaną moskitierą. Wśród dzieci i kobiet w ciąży wskaźnik wynosił około 53 procent.

Przyczyn może być wiele. Moskitiera została uszkodzona, rodzina otrzymała zbyt mało sztuk, pora roku jest gorąca, materiał ogranicza przewiew, środek owadobójczy ma nieprzyjemny zapach albo domownicy nie uznają ryzyka za wysokie. Skuteczność programu zależy więc również od projektowania mieszkań, komfortu użytkowników i zaufania społecznego.

Technologia, z której ludzie nie mogą lub nie chcą korzystać, pozostaje rozwiązaniem tylko na papierze.

Pasożyt zdejmuje maskę. Oporność na artemizyninę i testy, które przestają widzieć

Przez wiele lat pochodne artemizyniny były najpotężniejszą bronią przeciw *Plasmodium falciparum*. Oporność pojawiła się najpierw w Azji Południowo-Wschodniej. Obecnie jej niezależne ogniska rozwijają się również w Afryce.

Do końca 2025 roku częściową oporność potwierdzono między innymi w Erytrei, Rwandzie, Ugandzie i Tanzanii, a podejrzenia dotyczyły także Etiopii, Namibii, Sudanu oraz Zambii. Nowsze komunikaty WHO wskazywały, że dowody oporności lub opóźnionego usuwania pasożytów zgłoszono już w co najmniej ośmiu państwach Afryki.

„Częściowa oporność” nie oznacza jeszcze, że wszystkie terapie oparte na artemizyninie przestały leczyć. U większości chorych odpowiednio dobrane połączenia nadal są skuteczne. Pasożyty są jednak usuwane z krwi wolniej. Jeżeli równocześnie rozwinie się oporność na drugi składnik terapii, skuteczność całej kombinacji może gwałtownie spaść.

To szczególnie niebezpieczne w Afryce, gdzie liczba zakażeń jest nieporównanie większa niż w regionach, w których wcześniej rozwijała się oporność. Każde niepełne leczenie, niewłaściwa dawka albo lek złej jakości zwiększają liczbę pasożytów wystawionych na działanie substancji w warunkach sprzyjających selekcji.

Pasożyt atakuje również diagnostykę. Wiele szybkich testów wykrywa białko HRP2 wytwarzane przez *P. falciparum*. W niektórych populacjach pasożytów zanikły fragmenty genów odpowiedzialnych za produkcję HRP2 lub podobnego białka HRP3. Zakażony człowiek może wtedy otrzymać wynik ujemny, mimo że pasożyty znajdują się w jego krwi.

Do połowy 2026 roku delecje tych genów zgłaszano w 46 krajach endemicznych.

To niezwykle przykład ewolucyjnej ucieczki. Człowiek stworzył test rozpoznający określoną cechę pasożyta. W miejscach, gdzie testy stały się powszechne i wynik decydował o leczeniu, organizmy pozbawione tej cechy uzyskały pośrednią

przewagę. Nie zostały „zobaczone”, a więc mogły pozostać nieleczone i dalej się przenosić.

Współczesny nadzór musi zatem obserwować nie tylko liczbę przypadków. Musi sprawdzać, **jak zmienia się sam przeciwnik**.

Komar miejski. *Anopheles stephensi* przekracza granice

Tradycyjny obraz afrykańskiej malarii wiąże ją z terenami wiejskimi. Gęsta zabudowa miejska, zanieczyszczenie wody i mniejsza liczba naturalnych zbiorników często ograniczały niektóre gatunki widliszków.

Tę względną ochronę może osłabić *Anopheles stephensi* — komar pochodzący z Azji Południowej i Bliskiego Wschodu. Dobrze radzi sobie w miastach. Rozmnaża się w zbiornikach na wodę, cysternach, beczkach, na budowach i w innych sztucznych pojemnikach. Znosi wysokie temperatury i wykazuje oporność na liczne insektycydy.

Do 2025 roku jego obecność potwierdzono w dziewięciu krajach Afryki, a w 2024 roku wykryto go także w Nigrze.

Nie oznacza to, że każde afrykańskie miasto czeka nieuchronna epidemia. Obecność gatunku nie jest równoznaczna z masową transmisją. Konieczne są odpowiednie warunki, wystarczająca liczba zakażonych ludzi i kontakt między nimi a komarami. Jednak pojawienie się wektora zdolnego do życia w zatłoczonych miastach zmienia rachunek ryzyka.

Walka z nim wymaga innych metod niż program skoncentrowany na wiejskich domach. Trzeba zabezpieczać zbiorniki na wodę, poprawiać kanalizację, kontrolować place budowy i prowadzić nadzór entomologiczny w środowisku miejskim.

Malaria podążała kiedyś za osadnikami wzdłuż rzek, pól irygacyjnych i dróg. W XXI wieku może podążać również za niekontrolowaną urbanizacją.

Klimat: wzmacniacz, a nie prosty włącznik

Zależność między klimatem a malarią jest rzeczywista, ale bardziej złożona niż popularne hasło: „cieplej znaczy więcej komarów”. W istocie cieplejszy świat nie musi oznaczać po prostu większej liczby przypadków. Może oznaczać przede wszystkim przesuwanie się mapy ryzyka: osłabienie transmisji w jednych miejscach i jej narastanie w innych.

Temperatura wpływa na szybkość rozwoju larw, aktywność dorosłych owadów i tempo dojrzewania pasożyta w ciele komara. Jeżeli jest zbyt chłodno, zarodek malarii może nie zdążyć osiągnąć stadium zakaźnego przed śmiercią owada. Wraz z ociepleniem okres ten się skraca, a komar wcześniej staje się zdolny do zakażenia kolejnych osób.

Zależność ta nie przebiega jednak po linii prostej. Z danych wykorzystanych w najnowszych analizach wynika, że transmisja malarii może zachodzić w szerokim przedziale temperatur, mniej więcej od 16 do 34°C, natomiast największą sprawność

osiąga w pobliżu 26°C. Nie jest to uniwersalna wartość graniczna dla wszystkich gatunków komarów i zarodźców, lecz dobrze obrazuje istnienie optimum termicznego. Poniżej niego ocieplenie może ułatwiać transmisję. Powyżej — zaczyna ją ograniczać.

Ekstremalne upały skracają życie komarów, zwiększają ich śmiertelność i mogą wysuszać miejsca rozrodu. Owad musi żyć dostatecznie długo, aby pasożyt przeszedł w jego organizmie pełny rozwój. Jeśli komar ginie wcześniej, nawet wysoka temperatura nie prowadzi do zakażenia człowieka. Klimatyczny „termostat” malarii ma więc zarówno dolny, jak i górny próg.

Podobnie niejednoznaczny jest wpływ opadów. Umiarkowane deszcze tworzą kałuże, rozlewiska i niewielkie zbiorniki, w których rozwijają się larwy. Gwałtowna powódź może jednak wypłukać miejsca lęgowe. Susza ogranicza naturalne zbiorniki, ale jednocześnie skłania ludzi do magazynowania wody w beczkach, cysternach i otwartych pojemnikach, które stają się siedliskiem owadów. Znaczenie ma zatem nie tylko suma opadów, lecz także ich rozkład, intensywność, długość okresów bezdeszczowych oraz sposób gospodarowania wodą.

Nowe światło na tę zależność rzuciło badanie opublikowane 29 lipca 2026 roku w „Nature”. Zespół kierowany przez badaczy związanych między innymi z University of California w Berkeley wykorzystał ponad sto lat obserwacji klinicznych z Afryki Subsaharyjskiej. Dane o występowaniu malarii wśród dzieci połączono z rekonstrukcjami klimatu oraz modelami pozwalającymi porównać rzeczywisty świat ze scenariuszem, w którym nie doszło do ocieplenia wywołanego działalnością człowieka. Nie była to więc jedynie obserwacja, że w cieplejszych latach pojawiało się więcej albo mniej zachorowań, lecz próba ilościowego przypisania części obciążenia chorobą antropogenicznej zmianie klimatu.

Wynik okazał się zarazem prosty i przewrotny. Zmiana klimatu nie powodowała wszędzie tego samego. W latach 2010–2014 wzrost temperatur prawdopodobnie zwiększał występowanie malarii we wschodniej i południowej Afryce, czyli w regionach chłodniejszych lub wyżej położonych. W części Afryki Zachodniej działał już w odwrotnym kierunku: przesunął warunki ponad termiczne optimum pasożyta i komara, zapobiegając liczbie przypadków porównywalnej ze wzrostem obserwowanym na wschodzie i południu kontynentu.

Po zsumowaniu tych przeciwstawnych zmian autorzy oszacowali, że ocieplenie odpowiadało przeciętnie za jeden dodatkowy przypadek malarii na tysiąc dzieci. Liczby tej nie należy jednak traktować jak dokładnego rachunku. Jej 95-procentowy przedział ufności wynosił od czterech przypadków mniej do sześciu przypadków więcej na tysiąc dzieci, obejmował więc także możliwość braku wyraźnego kontynentalnego efektu netto. Znacznie ważniejszy od średniej dla całej Afryki był regionalny kierunek zmian: ryzyko zaczynało przemieszczać się z najgorętszych obszarów ku regionom dotychczas chłodniejszym.

Malaria nie znika — zmienia adres

Modele przyszłego klimatu pokazują jeszcze wyraźniej, jak mylące może być zdanie „ocieplenie zwiększa malarię”. W wielu należących dziś do największych

ognisk choroby częściach Afryki Zachodniej i Środkowej dalszy wzrost temperatur może stopniowo pogarszać warunki rozwoju komarów i zarodźców. Dotyczy to między innymi części Nigerii, Burkina Faso i Mali. W najbardziej gorących regionach Sahelu transmisja może zostać silnie ograniczona, a lokalnie nawet zaniknąć.

Na poziomie całego kontynentu autorzy przewidują, że do końca stulecia zmiana klimatu mogłaby — zależnie od poziomu emisji — zapobiec od około jednego do dwudziestu przypadków na tysiąc dzieci. Taki bilans nie oznacza jednak, że ocieplenie staje się sprzymierzeńcem zdrowia publicznego. Kontynentalna średnia ukrywa geograficzną redystrybucję cierpienia. Spadek zachorowań w bardzo gorącej Afryce Zachodniej może występować równocześnie ze wzrostem ryzyka w chłodniejszych częściach Afryki Wschodniej i Południowej.

Warunki dogodniejsze dla transmisji mogą pojawiać się w wyżej położonych rejonach Kenii, Burundi i Etiopii, a także w części Angoli, Zambii oraz północno-wschodniej Republice Południowej Afryki. Są to niekiedy obszary, na których malaria występowała dotychczas rzadziej, sezonowo albo niestabilnie. Mieszkańcy mogą mieć mniejszą nabytą odporność, a lokalne systemy zdrowia — mniej doświadczenia w szybkim rozpoznawaniu i zwalczaniu ognisk choroby.

Szczególne znaczenie ma wysokość nad poziomem morza. Autorzy badania szacują, że ograniczenie globalnego ocieplenia z około 3°C do wartości poniżej 2°C mogłoby do 2100 roku zapobiec przeciętnie pięciu dodatkowym przypadkom na tysiąc dzieci w położonych powyżej kilometra regionach Afryki Wschodniej i Południowej. Liczba ta również pozostaje niepewna, ale wskazuje, że polityka klimatyczna może mieć wymierne znaczenie właśnie tam, gdzie wzrost temperatur otwiera pasożytowi drogę do nowych środowisk.

Nie należy też wyciągać wniosku, że wysokie temperatury same wyeliminują malarię w Afryce Zachodniej i Środkowej. Mogą one jedynie zmniejszyć biologiczną przydatność niektórych obszarów do transmisji. O tym, czy choroba rzeczywiście ustąpi, zdecydują szczepienia, moskitiery impregnowane środkami owadobójczymi, opryski wewnątrz budynków, dostęp do szybkiej diagnostyki i skutecznych leków, nadzór epidemiologiczny oraz stabilne finansowanie ochrony zdrowia. Według autorów działania służące kontroli i eliminacji malarii przeciwdziałały dotychczas wpływom zmiany klimatu niemal dwięście razy silniej niż sam klimat zmieniał obciążenie chorobą.

To ważna proporcja. Klimat przesuwając warunki brzegowe, lecz nie pisze sam całej historii epidemii. Znaczenie mają warunki mieszkaniowe, sprawność systemu zdrowia, metody nawadniania, gęstość zaludnienia, poziom ubóstwa, odporność pasożytów na leki, odporność komarów na insektycydy, przemieszczanie się ludności i ciągłość programów kontroli wektorów. Między pojawieniem się komara a epidemią znajduje się wiele ogniw.

Szczególnym zagrożeniem pozostają zjawiska ekstremalne. Cyklony, powodzie i długotrwałe susze niszczą drogi, placówki zdrowotne i domy. Zmuszają ludzi do życia w tymczasowych schronieniach, gdzie moskitiery są niedostępne lub trudne do zawieszenia. Przerywają dostawy leków, utrudniają dotarcie do chorych i mogą zwiększać liczbę miejsc ze stojącą wodą. Nawet tam, gdzie średnia temperatura

staje się mniej korzystna dla pasożyta, katastrofa pogodowa może osłabić ochronę ludności na tyle, że liczba zachorowań wzrośnie.

Skala problemu pozostaje ogromna. Według WHO w 2024 roku na świecie wystąpiło około 282 milionów przypadków malarii, a choroba spowodowała około 610 tysięcy zgonów w 80 krajach. Zdecydowana większość przypadków i śmierci nadal przypada na region afrykański.

Czy klimat przesunął malarię także w głębokiej przeszłości?

Pytanie o wpływ dawnych zmian klimatu na malarię — również na tysiące lat przed naszą erą — jest zasadne, lecz wymaga szczególnej ostrożności. Im dalej cofamy się w czasie, tym rzadziej dysponujemy bezpośrednimi śladami pasożyta, a częściej musimy łączyć dane paleoklimatyczne, rozmieszczenie potencjalnych wektorów, ślady genetyczne oraz rozmieszczenie stanowisk archeologicznych.

Opublikowana w 2026 roku w „Science Advances” analiza objęła okres od około 74 tysięcy do 5 tysięcy lat temu. Badacze wykorzystali rekonstrukcje paleoklimatu, modele rozmieszczenia afrykańskich komarów z rodzaju *Anopheles* i współczesną wiedzę epidemiologiczną, aby oszacować, gdzie w kolejnych okresach mogły istnieć warunki sprzyjające transmisji *Plasmodium falciparum*. Następnie porównali mapy ryzyka z niezależną rekonstrukcją obszarów zajmowanych przez ludzi.

Wyniki sugerują, że ludzkie populacje unikały potencjalnych ognisk malarii albo miały trudności z trwałym osiedlaniem się na obszarach o wysokim ryzyku. Oznaczałoby to, że zależne od klimatu rozmieszczenie komarów i pasożyta mogło wpływać na strukturę osadnictwa, kontakty między grupami i kierunki migracji na długo przed pojawieniem się rolnictwa. Nie jest to jednak bezpośredni zapis zachorowań. Badanie odtwarza prawdopodobieństwo transmisji, a nie liczbę osób, które rzeczywiście chorowały lub umierały.

Bardziej bezpośrednich informacji dostarcza paleogenetyka. W 2024 roku naukowcy przedstawili w „Nature” starożytne genomy kilku gatunków *Plasmodium*, pochodzące z 16 krajów i obejmujące około 5500 lat historii. DNA *P. vivax* znaleziono w szczątkach z Eurazji datowanych już na czwarte tysiąclecie przed naszą erą, natomiast *P. falciparum* potwierdzono w materiale z pierwszego tysiąclecia przed naszą erą. Odkrycia te dowodzą obecności konkretnych gatunków pasożyta w określonym miejscu i czasie, lecz same w sobie nie mówią, czy ich pojawienie się albo zanik spowodowała zmiana klimatu.

Najuczciwiej można więc powiedzieć, że dawne wahania temperatury, wilgotności i zasięgu mokradeł niemal na pewno zmieniały ekologiczną przestrzeń dostępną komarom i zarodźcom. Nie działały jednak w izolacji. Równie istotne mogły być przechodzenie do osiadłego trybu życia, wzrost gęstości zaludnienia, karczowanie lasów, rozwój rolnictwa i nawadniania, migracje, handel oraz ewolucja genetycznej odporności człowieka. Dane z okresu przed naszą erą pozwalają odtworzyć kolejne elementy tej układanki, ale rzadko umożliwiają przypisanie konkretnej epidemii pojedynczej zmianie klimatu.

Kryzys klimatyczny nie „przywiezie” zatem automatycznie malarii do każdego cieplejszego kraju. Może jednak przesuwac granice ryzyka, otwierać pasożytowi drogę do chłodniejszych wyżyn, osłabiać transmisję na niektórych najgorętszych terenach oraz zwiększać niestabilność choroby. To właśnie niestabilność może okazać się najtrudniejsza: systemy ochrony zdrowia będą musiały zwalczać malarię nie tylko tam, gdzie od dawna jest endemiczna, lecz także tam, gdzie wcześniej pojawiała się rzadko i gdzie łatwo może zostać rozpoznana zbyt późno.

Klimat jest więc wzmacniaczem, hamulcem i siłą przesuwającą — ale nigdy prostym włącznikiem.

Nie każdy komar przynosi malarię

Doniesienia o pojawieniu się komarów w regionie, w którym wcześniej ich nie obserwowano, łatwo wywołują sensacyjne nagłówki. Należy jednak rozróżnić trzy rzeczy: obecność jakiegokolwiek komara, obecność gatunku zdolnego do przenoszenia zarodźców oraz rzeczywistą transmisję malarii.

Na świecie istnieją tysiące gatunków komarów, ale tylko część należy do rodzaju *Anopheles*, a spośród nich jedynie niektóre są wydajnymi wektorami ludzkich zarodźców. Nawet kompetentny wektor nie wywoła malarii, jeżeli nie pobierze krwi od człowieka posiadającego odpowiednie stadia pasożyta.

Do powstania lokalnego ogniska potrzebny jest więc cały łańcuch: zakażony człowiek, właściwy komar, temperatura pozwalająca pasożytowi dojrzeć oraz kolejny człowiek, którego owad ukąsi.

Rozróżnienie to ma znaczenie dla Europy. Ocieplenie, handel i transport mogą sprzyjać pojawianiu się nowych gatunków komarów, lecz nie oznacza to automatycznego powrotu epidemii na skalę znaną z dawnych stuleci. Europa posiada obecnie sprawniejsze systemy sanitarne, łatwiejszy dostęp do diagnostyki, lepsze warunki mieszkaniowe oraz możliwość szybkiego reagowania na pojedyncze ogniska.

Ryzyko nie jest zerowe. Nie jest też tym samym co nieuchronność.

Malaria zwierząt, która przekracza granicę gatunkową

Programy eliminacyjne komplikują również zarodźce, których głównymi gospodarzami nie są ludzie.

Najważniejszym przykładem jest *Plasmodium knowlesi*, pasożyt występujący naturalnie u makaków w Azji Południowo-Wschodniej. Może być przenoszony na ludzi przez leśne gatunki komarów. Zakażenie bywa ciężkie, ponieważ pasożyt namnaża się w krwinkach w cyklu trwającym około 24 godzin.

W 2024 roku zgłoszono ponad dwa tysiące przypadków malarii wywołanej przez *P. knowlesi*, z czego około 89 procent w Malezji.

W klasycznej eliminacji można znaleźć i wyleczyć zakażonych ludzi, zmniejszając rezerwuariusz pasożyta. W malarii odzwierzęcej rezerwuariusz pozostaje w populacji małp. Nie da się objąć ich masowym leczeniem ani nakazać im spania pod moskitierami.

Zmiany sposobu użytkowania ziemi, wycinka lasów i praca na plantacjach zwiększają częstotliwość kontaktów ludzi z makakami i leśnymi komarami. W ten sposób malaria staje się także chorobą pogranicza między środowiskiem naturalnym a gospodarką człowieka.

Nie wystarczy obserwować pacjenta. Trzeba obserwować cały ekosystem.

Europa i Polska. Choroba przywożona samolotem

W Europie malaria jest dzisiaj przede wszystkim chorobą importowaną. Chorują najczęściej osoby wracające z rejonów endemicznych: turyści, pracownicy, marynarze, żołnierze, migranci oraz ludzie odwiedzający krewnych i znajomych.

Ta ostatnia grupa bywa szczególnie narażona. Osoba urodzona w kraju endemicznym może uważać, że zachowała odporność nabytą w dzieciństwie. Tymczasem częściowa ochrona słabnie po kilku latach nieobecności. Podczas wizyty u rodziny podróżny mieszka często poza hotelami, spędza wieczory na zewnątrz i rzadziej korzysta z chemioprophylaktyki.

Europejskie Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób podaje, że niemal wszystkie przypadki rejestrowane w Unii Europejskiej i Europejskim Obszarze Gospodarczym są związane z podróżą. W 2022 roku spośród przypadków o znanym miejscu zakażenia 99,8 procent miało charakter importowany, natomiast trzynastie potwierdzonych zakażeń nabyto na terytorium UE lub EOG.

W Polsce malaria jest rzadka, ale regularnie rozpoznawana. Oficjalne meldunki epidemiologiczne wykazały **43 przypadki w 2024 roku i 55 przypadków w 2025 roku**. Były to niemal wyłącznie zakażenia przywiezione z zagranicy.

Niewielka liczba przypadków może być zwodnicza. Lekarz, który przez wiele lat nie widział malarii, może nie uwzględnić jej w pierwszym rozpoznaniu. Tymczasem u pacjenta wracającego z Afryki Subsaharyjskiej gorączka powinna zawsze prowadzić do pytania o możliwość zakażenia, niezależnie od tego, czy podróżny stosował profilaktykę. Żaden lek zapobiegawczy nie daje stuprocentowej ochrony.

Malaria może ujawnić się krótko po powrocie, ale w przypadku niektórych gatunków także wiele miesięcy później. Dlatego informacja o podróży jest częścią badania lekarskiego równie ważną jak pomiar temperatury.

Samolot skrócił drogę z regionu tropikalnego do europejskiego szpitala do kilku godzin. Biologia pasożyta pozostała taka sama.

Wpływ zmian klimatycznych na rozprzestrzenianie się malarii

Wojna bez jednego dowództwa

Walka z malarią jest przedsięwzięciem globalnym, lecz nie posiada jednego centrum dowodzenia.

WHO ustala zalecenia, ocenia skuteczność narzędzi, wspiera systemy nadzoru i certyfikuje kraje, które przerwały rodzimą transmisję. Krajowe ministerstwa zdrowia odpowiadają za programy dostosowane do lokalnych warunków.

Globalny Fundusz finansuje znaczną część zakupu moskitier, testów i leków. Według danych organizacji zapewnia on około 59 procent międzynarodowego finansowania programów malarycznych, a do połowy 2025 roku przeznaczył na nie ponad dwadzieścia miliardów dolarów. Tylko w 2024 roku wspierane programy przebadaly setki milionów osób podejrzewanych o zakażenie i leczyły około 173 milionów przypadków.

Gavi i UNICEF wspierają zakup oraz wprowadzanie szczepionek. Partnerstwo RBM to End Malaria łączy państwa, organizacje społeczne, naukowców i sektor prywatny. Malaria Consortium, PATH, Against Malaria Foundation oraz wiele organizacji lokalnych prowadzi dystrybucję środków ochrony, badania wdrożeniowe, edukację i programy opieki.

Najważniejsza praca odbywa się jednak często daleko od międzynarodowych konferencji. Wykonuje ją pracownik społeczny, który dociera do wsi z plecakiem testów. Pielęgniarka pilnująca, aby dziecko otrzymało pełną dawkę leku. Laborant rozpoznający spadek skuteczności terapii. Entomolog zbierający nocą komary i sprawdzający ich podatność na insektycydy.

Globalna strategia jest konieczna, ale malaria znika zawsze lokalnie — dom po domu, ognisko po ognisku.

Luka liczona w miliardach

W 2024 roku na światową walkę z malarią przeznaczono około 3,9 miliarda dolarów. WHO oceniała, że potrzeba było około 9,3 miliarda. Dostępne środki stanowiły więc zaledwie około 42 procent zapotrzebowania.

Luka finansowa nie jest abstrakcyjną różnicą między dwiema kolumnami w arkuszu. Przekłada się na konkretną liczbę niewymienionych moskitier, niedostarczonych testów, nieobsadzonych stanowisk i dzieci, które nie otrzymały szczepionki albo leczenia zapobiegawczego.

Malaria wymaga regularności. Moskitiera zużywa się, środek owadobójczy traci działanie, zapasy leków się kończą, pracownicy potrzebują wynagrodzenia, a systemy informatyczne — konserwacji. Jednorazowa darowizna może zatrzymać epidemię na chwilę, lecz nie zastąpi stabilnego programu.

Cięcia finansowania są szczególnie niebezpieczne po okresie poprawy. Gdy transmisja spada, populacja ma mniej kontaktów z pasożytem i może z czasem tracić

część nabytej odporności. Jeżeli program kontroli nagle się załamie, powrót malarii może przynieść gwałtowny wzrost ciężkich zachorowań.

Historia uczy, że malaria chętnie wraca do miejsc, które przedwcześnie uznały się za zwycięzców.

Edycja DNA komara. Święty Graal czy otwarcie drzwi, których nie umiemy zamknąć?

Najbardziej futurystyczna idea współczesnej walki z malarią dotyczy modyfikowania genomu komarów.

Można próbować zmniejszyć liczebność populacji wektora, na przykład powodując bezpłodność samic albo zaburzając rozwój potomstwa. Można też zmienić komary tak, aby nie były zdolne do przenoszenia zarodźców.

Zwykła modyfikacja genetyczna podlega prawom dziedziczenia. Jeżeli zmieniony osobnik krzyżuje się z dzikim, tylko część potomstwa otrzymuje nową cechę. Po kilku pokoleniach może ona zaniknąć.

Napęd genowy ma przełamywać tę zasadę. Wykorzystując mechanizmy edycji DNA, zwiększa prawdopodobieństwo przekazania określonej zmiany niemal całemu potomstwu. Teoretycznie niewielka liczba zmodyfikowanych owadów mogłaby zapoczątkować przemianę znacznej części populacji.

Dla zwalczania malarii byłoby to narzędzie bez precedensu. Nie wymagałoby odnawiania moskitier co kilka lat ani regularnego opryskiwania milionów domów. Zmieniona populacja komarów sama przekazywałaby cechę kolejnym pokoleniom.

Właśnie ta samodzielność stanowi jednak źródło obaw. Napęd genowy nie respektuje granic administracyjnych. Komary mogą przemieszczać się między państwami, a skutki ekologiczne trwałego ograniczenia populacji albo zmiany jej genomu trudno przewidzieć. Mogą też pojawić się mutacje blokujące działanie napędu.

Pytanie nie dotyczy wyłącznie bezpieczeństwa biologicznego. Kto ma prawo zdecydować o wypuszczeniu organizmu zdolnego do rozprzestrzeniania zmiany poza miejscem eksperymentu? Czy zgodę powinni wyrazić mieszkańcy jednej wsi, całego kraju, wszystkich państw występowania gatunku, czy społeczność międzynarodowa? Jak zapewnić, że społeczności najbardziej narażone na malarię nie staną się jedynie biernym miejscem eksperymentu zaprojektowanego gdzie indziej?

WHO podkreśla, że badania nad genetycznie modyfikowanymi komarami wymagają rygorystycznej oceny ryzyka, nadzoru etycznego i rzeczywistego udziału społeczności. Raport Unitaids z 2025 roku oceniał napędy genowe jako bardzo obiecujące, lecz wskazywał, że pierwsze próby terenowe mające wykazać wpływ takich komarów na transmisję malarii były nadal przygotowywane.

Wbrew niektórym uproszczonym doniesieniom medialnym komary z samopodtrzymującym się napędem genowym nie zostały dotąd wypuszczone na szeroką skalę w celu eliminacji malarii. Wcześniejsze doświadczenia terenowe obejmowały między innymi organizmy zmodyfikowane w sposób, który nie pozwalał zmianie trwale rozprzestrzeniać się w populacji.

Napęd genowy może pewnego dnia zmienić reguły gry. Na razie pozostaje raczej pytaniem postawionym przyszłości niż gotową odpowiedzią.

Satelity, telefony i algorytmy. Nowe oczy epidemiologii

Współczesna walka z malarią coraz częściej korzysta z danych, których nie posiadali twórcy dawnych kampanii.

Zdjęcia satelitarne pozwalają obserwować opady, roślinność, wilgotność gleby i powstawanie zbiorników wodnych. Dane meteorologiczne pomagają przewidywać początek sezonu transmisji. Elektroniczne rejestry umożliwiają wykrywanie wzrostu liczby gorączek w pojedynczej miejscowości.

Telefon komórkowy pracownika terenowego może przesłać wynik testu do centralnej bazy, zaznaczyć lokalizację chorego i zgłosić brak leków. Algorytmy mogą wskazać miejsca, do których należy skierować dodatkowe moskitiery albo zespoły diagnostyczne.

Technologia nie rozwiązuje jednak problemu złej jakości danych. Jeżeli chory nie trafi do placówki, jego przypadek nie zostanie zgłoszony. Jeżeli pracownik ma zbyt wielu pacjentów albo nie ma dostępu do sieci, elektroniczny system pozostaje niepełny. Model może przewidzieć ryzyko, lecz nie dostarczy leku przez zalaną drogę.

Dane stają się skuteczną bronią dopiero wtedy, gdy prowadzą do działania.

Najbardziej obiecujące systemy nie próbują zastępować lokalnej wiedzy algorytmem. Łączą mapy i prognozy z doświadczeniem osób, które wiedzą, gdzie po deszczu pozostaje woda, które rodziny przemieszczają się sezonowo i w której części wsi dzieci najczęściej chorują.

Eliminacja, eradykacja i łatwość wielkich słów

W debacie o malarii często używa się zamiennie trzech pojęć, które znaczą coś innego.

Kontrola oznacza ograniczenie liczby zachorowań i zgonów do poziomu uznawanego za możliwy do zaakceptowania. Program musi być stale kontynuowany, ponieważ pasożyt nadal krąży.

Eliminacja oznacza przerwanie lokalnej transmisji określonych gatunków zarodźców na danym obszarze. Przypadki importowane mogą się nadal pojawiać,

dlatego kraj musi utrzymywać nadzór i zapobiegać ponownemu zadomowieniu choroby.

Eradykacja oznacza trwałe usunięcie transmisji na całym świecie. Dopiero wtedy część działań mogłaby zostać zakończona. Ludzkości udało się dotąd osiągnąć taki rezultat w odniesieniu do jednej choroby człowieka — ospy prawdziwej.

Malaria jest trudniejszym przeciwnikiem. Jej pasożyt przechodzi złożony cykl w dwóch żywicielach. Występuje kilka gatunków zakażających ludzi. Komary są liczne, ruchliwe i zdolne do przystosowania. W niektórych regionach istnieją zwierzęce rezerwuary. Do tego dochodzą bezobjawowe zakażenia, których nosiciele mogą przez długi czas przekazywać pasożyta komarom.

Światowa strategia zakładała do 2030 roku zmniejszenie zapadalności i śmiertelności o co najmniej 90 procent w porównaniu z 2015 rokiem, eliminację malarii w co najmniej 35 krajach oraz niedopuszczenie do jej powrotu tam, gdzie została usunięta.

Aktualna trajektoria nie prowadzi do realizacji najważniejszych celów. W 2024 roku globalna śmiertelność wynosiła około 13,8 zgonu na sto tysięcy osób narażonych, podczas gdy zakładany poziom odpowiadający celowi na 2025 rok wynosił około 4,5. Zapadalność także pozostawała wielokrotnie wyższa od planowanej.

Nie znaczy to, że cele były bezużyteczne. Pokazują skalę różnicy między tym, co biologicznie możliwe, a tym, co politycznie i finansowo rzeczywiście wykonano.

Czy malaria może zostać pokonana?

Odpowiedź zależy od znaczenia słowa „pokonana”.

Możliwe jest uratowanie ogromnej liczby ludzi przy użyciu narzędzi, które już istnieją. Można zwiększyć dostęp do moskitier nowej generacji, szczepionek, sezonowej chemioprewencji, szybkich testów i skutecznego leczenia. Można szybciej wykrywać oporność i zmieniać terapie, zanim przestaną działać. Można budować domy lepiej chroniące przed komarami i wzmacniać podstawową opiekę zdrowotną.

Możliwe jest także eliminowanie malarii z kolejnych krajów. Dowodzą tego państwa, które jeszcze niedawno notowały lokalną transmisję, a dziś utrzymują status wolnych od choroby.

Globalna eradykacja wymaga jednak czegoś więcej. Potrzebne będą narzędzia działające przeciw uśpionym formom wątrobowym, bezobjawowym zakażeniom i pasożytom odzwierzęcym. Niezbędne mogą się okazać skuteczniejsze i trwalsze szczepionki, nowe klasy leków, nowe sposoby kontroli komarów i systemy zdolne do wykrycia niemal każdego zakażenia.

Największą przeszkodą nie musi być brak odkrycia naukowego. Może nią być niezdolność do zapewnienia wszystkim ludziom dostępu do odkryć już dokonanych.

W 2024 roku świat dysponował szczepionkami, które mogły chronić dzieci, ale nie miał pieniędzy i infrastruktury, aby natychmiast zaszczepić wszystkie potrzebujące. Produkował moskitiery nowej generacji, lecz miliony ludzi nadal spały bez żadnej ochrony. Posiadał skuteczne leki, ale chorzy umierali, zanim dotarli do placówki.

Malaria współczesna jest więc zwierciadłem globalnego porządku. Pokazuje nie tylko granice medycyny, lecz także granice solidarności.

Przed ostatnim rozdziałem

Przez tysiące lat człowiek nie wiedział, co wywołuje malarię. Obwinił bagna, nocne powietrze, duchy, gwiazdy i gniew bogów. Później zobaczył pasożyta pod mikroskopem, odkrył rolę komara, wyizolował leki, zbudował testy, odczytał genomy i skonstruował szczepionki.

A jednak w epoce satelitów i edycji DNA malaria nadal zabija głównie tych, których życie jest najmniej widoczne: małe dzieci z ubogich rodzin, kobiety w ciąży, mieszkańców wsi oddalonych od ośrodków zdrowia, uchodźców i ludzi uwięzionych w strefach konfliktu.

Nie jest już tajemnicą biologiczną. Pozostaje nierozwiązanym problemem moralnym, politycznym i społecznym.

Być może przyszłe pokolenia będą znały malarię wyłącznie z laboratoriów, muzeów, powieści i obrazów. Zanim jednak choroba stanie się tylko częścią kultury i pamięci, pozostaje częścią codzienności milionów ludzi.

W następnym, ostatnim rozdziale opuścimy kliniki, mokradła i laboratoria. Przyjrzymy się temu, jak gorączka przenikała do literatury, malarstwa, filmu i zbiorowej wyobraźni — jak choroba realnych ciał stawała się metaforą namiętności, obcości, rozkładu, kolonializmu i śmierci.

Malaria żyje bowiem nie tylko w krwi człowieka i śliniankach komara. Od stuleci żyje również w opowieściach.

Rozdział X

Gorączka wyobraźni. Malaria w kulturze i sztuce — od bogini Febris do cyfrowych kampanii

Sztuka wobec choroby, której nie udało się zamknąć w muzeum

Są choroby, które po zakończeniu epidemii przechodzą do historii. Zostają po nich pomniki, obrazy, fotografie, powieści i rodzinne opowieści, ale samo zagrożenie przestaje być częścią codzienności. Malaria do nich nie należy. Jest jednocześnie chorobą historyczną i współczesną: towarzyszy człowiekowi od tysięcy lat, wpływała na losy imperiów, wojen i migracji, a mimo rozwoju diagnostyki, leków, szczepionek i metod zwalczania komarów nadal zabija.

Według najnowszego dostępnego raportu Światowej Organizacji Zdrowia w 2024 roku odnotowano około 282 milionów zachorowań na malarię i około 610 tysięcy zgonów. Zdecydowana większość przypadków oraz ofiar przypadała na Afrykę, a szczególnie narażone pozostawały małe dzieci. Liczby te przypominają, że malaria nie jest jedynie tematem dawnych kronik, kolonialnych pamiątek czy muzealnych obrazów. Wciąż stanowi jedno z największych wyzwań zdrowia publicznego.

W poprzednich rozdziałach tej książki malaria pojawiała się jako choroba ludzi, pasożytów i komarów; jako przeciwnik lekarzy, żołnierzy, biologów, epidemiologów i twórców szczepionek. W ostatnim rozdziale do tej grupy dołącza jeszcze jeden uczestnik walki — wyobraźnia.

Starożytna zasada przypisywała sztuce trzy zadania: *docere, movere, delectare* — nauczać, poruszać i sprawiać przyjemność. W przypadku sztuki opowiadającej o chorobie należałoby dodać kolejne funkcje: ostrzegać, pomagać w przeżywaniu lęku, utrzymywać pamięć, budzić współczucie oraz pobudzać do działania. Dzieło sztuki nie zabija zarodźca. Powieść nie zastąpi leku. Film nie zapewni odporności, a fotografia nie osuszy rozlewiska, w którym rozwijają się larwy komarów. Obraz, opowieść lub piosenka mogą jednak wpłynąć na to, czy człowiek rozpozna zagrożenie, zaufa profilaktyce, przyjmie leczenie, wesprze program zdrowotny albo uzna śmierć tysięcy dzieci za problem wymagający wspólnej odpowiedzialności.

Historia przedstawiania malarii jest zatem nie tylko historią sztuki. Jest także historią ludzkiej wiedzy. Wraz ze zmianą poglądów na przyczynę choroby zmieniał się jej obraz: demon gorączki ustępował trującym wyziewom bagien, „złe powietrze” — komarowi, komar — pasożytowi oglądanemu pod mikroskopem. Współczesna

sztuka dołącza do tej ikonografii szczepionkę, moskitierę, pracownika lokalnej ochrony zdrowia i dane epidemiologiczne.

Zanim komar otrzymał twarz. Gorączka w micie, rytuale i wyobraźni religijnej

Choroba jako istota niewidzialna

Przez większą część dziejów człowiek znał malarię przede wszystkim jako powracającą gorączkę. Widział dreszcze, poty, wyczerpanie i regularność napadów, ale nie znał ich biologicznej przyczyny. Choroba wydawała się przychodzić z zewnątrz: z bagna, mgły, nieprzychylnego wiatru, skażonego miejsca albo działania nadprzyrodzonej siły.

Nie każdą opisaną w dawnych tekstach febrę można oczywiście uznać za malarię. Gorączka jest objawem wielu chorób, a retrospektywna diagnoza na podstawie pojedynczej wzmianki literackiej bywa zawodna. Szczególną uwagę badaczy zwracają jednak opisy gorączek powracających co trzeci lub czwarty dzień, łączonych z terenami podmokłymi i określonymi porami roku. Taka regularność była niezwykle i łatwo poddawała się symbolicznym interpretacjom.

W starożytnym Rzymie gorączkę personifikowano jako boginię Febris. Miała chronić przed febrą albo łagodzić jej przebieg. Źródła wspominają o kilku miejscach jej kultu w Rzymie, a sama obecność bogini w religijnym krajobrazie miasta świadczy o tym, jak powszechne i groźne musiały być nawracające gorączki. Obok Febris występowały wyobrażenia gorączki trzeciaczki i czwartaczki — Tertiany oraz Quartany — odpowiadające rytmowi napadów znanemu z obserwacji chorych.

Modlitwa, ofiara, amulet i zaklęcie nie były wówczas „dodatkiem” do leczenia, lecz częścią systemu wyjaśniania świata. Rytuał nadawał cierpieniu sens i przywracał choremu poczucie, że nie pozostaje całkowicie bezbronny. W niektórych tradycjach stosowano zapisane formuły magiczne, które należało nosić przy ciele, stopniowo skracać lub wypowiadać w określony sposób. Ze zwalczaniem nawracających gorączek łącono między innymi słowo „abrakadabra”, zanim stało się ono niewinnym rekwizytem iluzjonistów.

Wraz z chrystianizacją Europy dawne bóstwa traciły znaczenie, ale potrzeba nadania chorobie osobowej postaci nie zniknęła. Modlono się do świętych chroniących przed gorączką, zarazą i nagłą śmiercią. Obrazy wotywne, figurki, medaliki i kapliczki nie przedstawiały zazwyczaj malarii z medyczną precyzją. Pokazywały natomiast uniwersalny dramat: człowieka błagającego o ocalenie przed siłą, której nie rozumiał.

„Złe powietrze” jako wielka metafora

Nazwa „malaria”, utworzona z włoskich słów *mala aria* — „złe powietrze” — zawiera w sobie gotowy obraz. Choroba miała unosić się nad ziemią, wydobywać z bagien, przenikać wraz z nocną mgłą i wiatrem. Była niewidzialna, lecz odczuwalna.

Można było zobaczyć krajobraz uznawany za niebezpieczny, nie dało się natomiast dostrzec samego czynnika chorobotwórczego.

Teoria miazmatów była błędna, ale nie całkowicie pozbawiona związku z doświadczeniem. Tereny podmokłe rzeczywiście sprzyjały rozmnażaniu komarów. Unikanie nocnych wyziewów, osuszanie mokradeł czy odsuwanie domostw od stojącej wody mogło zmniejszać ryzyko zachorowania, choć uzasadniano to w niewłaściwy sposób. Błąd naukowy prowadził czasem do częściowo skutecznego działania.

Miazmatyczne rozumienie choroby wywarło ogromny wpływ na kulturę wizualną. Bagno przestało być jedynie elementem topografii. Stało się krajobrazem moralnym: miejscem rozkładu, bezruchu, biedy i śmierci. Mgła zasłaniała granicę między światem widzialnym a niewidzialnym. Zachód słońca nad podmokłą równiną mógł zachwycać kolorami, a jednocześnie zapowiadać niebezpieczeństwo nadchodzącej nocy.

Pejzaż, który zabijał. Malaria w malarstwie, grafice i obrazie naukowym

Od piękna bagna do malarycznego pejzażu

Przez stulecia europejscy malarze przedstawiali mokradła, rozlewiska i rzeczne doliny bez bezpośredniego nazywania malarii. Nie każdy mglisty pejzaż był obrazem choroby. Trzeba zatem zachować ostrożność wobec pokusy przypisywania malarycznej treści wszystkim widokom bagien.

Istniały jednak miejsca, w których związek krajobrazu z chorobą był dla współczesnych oczywisty. Należały do nich między innymi Błota Pontyjskie na południe od Rzymu. Podmokła równina przez długi czas pozostawała symbolem nieudanych prób podporządkowania natury, sezonowej pracy w niebezpiecznych warunkach oraz febry dziesiątkującej miejscową ludność. Podróżujący po Italii artyści nie musieli widzieć komara ani pasożyta, aby wiedzieć, że powietrze tej okolicy uchodziło za śmiertelne.

W XIX wieku malaryczny krajobraz stał się częścią społecznego malarstwa realistycznego. Artyści odchodzili od przedstawiania choroby jako abstrakcyjnej alegorii. Zamiast kościotrupa, demona czy personifikacji febry pokazywali ludzi: rodziny, robotników sezonowych, matki opiekujące się dziećmi, osoby osłabione kolejnymi napadami gorączki. Malaria stawała się nie tylko tragedią biologiczną, lecz także problemem biedy i nierówności.

Ernest Hébert: łódź płynąca przez „złe powietrze”

Jednym z najważniejszych obrazów związanych z malarią jest *La Mal'aria* Ernesta Héberta⁶, namalowana w latach 1848–1849. Dzieło, pokazane na Salonie paryskim

6 Antoine Auguste Ernest Hébert (1817-1908) urodził się w Grenoble, jako syn notariusza w Grenoble. W 1835 roku przeprowadził się do Paryża, aby studiować

w 1850 roku, przyniosło artyście rozgłos. Przedstawia grupę mieszkańców włoskich mokradł przemierzających się łodzią przez posępny krajobraz. Nie ma tu gwałtownej akcji ani spektakularnego ataku choroby. Dominuje cisza, bezruch i poczucie wyczerpania.

Hébert nie namalował komara. W połowie XIX wieku jego rola w przenoszeniu malarii nie była jeszcze znana. Chorobę oznacza więc cały pejzaż: nieruchoma woda, przygaszone światło, ciężkie powietrze i ciała ludzi, którzy wydają się należeć do tej samej melancholijnej przestrzeni.



Hébert Malaria. jpg800 × 566; 137KB

Obraz działa na dwóch poziomach. Dla widza zainteresowanego malowniczą Italią mógł być sceną egzotycznego, surowego życia mieszkańców południa. Dla odbiorcy świadomego realiów Błot Pontyjskich był również świadectwem wykluczenia. Malaria nie atakowała wszystkich w jednakowych warunkach. Najdłużej przebywali w niebezpiecznym środowisku ci, których ubóstwo zmuszało do pracy i zamieszkania na terenach endemicznych.

Giulio Aristide Sartorio: choroba jako oskarżenie

W 1883 roku Giulio Aristide Sartorio namalował obraz znany jako *Malaria* lub pod łacińskim tytułem *Dum Romae consulitur, morbus imperat* — „Gdy Rzym obraduje,

prawo. Jednocześnie pobierał lekcje sztuki w pracowniach rzeźbiarza Davida d'Angersa (1788–1856), a także malarza historycznego Paula Delaroche'a (1797–1896), ale mimo że pobierał lekcje sztuki, był głównie samoukiem. W wieku 22 lat odniósł sukces dzięki obrazowi *Le cup en prison* w paryskim Salonie. Académie des Beaux-Arts przyznała mu w 1839 roku Prix de Rome za biblijną kompozycję *Joseph's cup in Benjamin's sack*. Nagrodą było stypendium i długi pobyt studyjny w Villa Medici w Rzymie.

choroba panuje”. Już sam tytuł zmieniał przedstawienie cierpienia w zarzut skierowany przeciwko państwu i społeczeństwu. Na malarycznych terenach chorowali konkretni ludzie, podczas gdy instytucje pozostawały odległe, powolne lub bezradne.

Obraz Sartoria należy do sztuki, która nie tylko wzrusza, ale domaga się odpowiedzialności. Choroba nie jest tu wyłącznie kaprysem natury. Jej źniwo wiąże się z zaniedbaniem, warunkami mieszkaniowymi, organizacją pracy i brakiem skutecznej polityki sanitarnej.

Takie ujęcie wyprzedza współczesne rozumienie malarii jako choroby powiązanej z nierównościami społecznymi. Pasożyt może być biologicznie obojętny na status człowieka, lecz możliwość ochrony przed ukąszeniem, szybkiego rozpoznania zakażenia i otrzymania leku nigdy nie była rozdzielana równo.

Maria Martinetti Stiavelli: matka, dziecko i nić losu

Bardziej intymny charakter ma obraz *Malaria* Marii Martinetti Stiavelli z 1887 roku. Artystka przedstawiła kobietę w stroju związanym z regionem Ciociarii, czuwającą przy chorym chłopcu w ubogim wnętrzu. Kobieta zajmuje się przędzą, a kołowrotek przywołuje skojarzenie z Mojrami — mitycznymi prządkami ludzkiego losu.



Maria Martinetti, *Malaria*.

Nie jest to jednak wyłącznie alegoria. Na pierwszym planie znajduje się zwyczajna praca opiekuńcza: obecność przy chorym, oczekiwanie, obserwacja. W czasach, gdy możliwości leczenia były ograniczone, ogromna część ciężaru choroby spadała na rodzinę, najczęściej na kobiety. Sztuka Martinetti przywraca temu doświadczeniu godność.

Dzieło zdobyło srebrny medal na Wystawie Powszechnej w Paryżu w 1889 roku i było prezentowane na wystawie w Chicago w 1893 roku. Malaria, kojarzona z lokalnym problemem włoskiej wsi, wkroczyła w ten sposób do międzynarodowego obiegu artystycznego.

Kiedy pod mikroskopem pojawił się pasożyt

Odkrycie zarodźca we krwi w 1880 roku, a następnie wyjaśnienie roli komara z rodzaju *Anopheles* zmieniły nie tylko medycynę. Przekształciły także język obrazów.

Przed odkryciami parazytologii malaria nie miała jednej rozpoznawalnej postaci. Mogła być mgłą, bagnem, wychudzoną twarzą, gorączką albo śmiercią. Gdy poznano jej cykl, zyskała bohaterów wizualnych: samicę komara o charakterystycznej pozycji ciała, preparat krwi, pierścieniową postać pasożyta w krwince, wątrobę i kolejne etapy rozwoju zarodźca.

Ilustracja naukowa wykonywała pracę podobną do sztuki. Selekcjonowała szczegóły, porządkowała złożony proces i zmieniała skalę. To, co niewidoczne gołym okiem, stawało się większe od człowieka na planszy szkolnej. Komar, w rzeczywistości drobny i łatwy do zlekceważenia, na plakacie urastał do rozmiarów potwora.

Nowa ikonografia miała ogromną przewagę nad dawną wizją „złego powietrza”: wskazywała związek przyczyny i skutku. Pozwalała wyjaśnić, dlaczego należy zakrywać skórę, używać moskitier, usuwać stojącą wodę i leczyć zakażonych. Jednocześnie upraszczała rzeczywistość. Wizerunek ogromnego komara łatwo zapadał w pamięć, ale mógł przesłaniać ekonomiczne, polityczne i społeczne przyczyny utrzymywania się choroby.

Remedios Varo: nauka zamieniona w sen



Remedios Varo, *Malaria*.

W 1947 roku surrealistka Remedios Varo stworzyła gwasz *Paludismo*, znany również jako *Malaria*. Dzieło należy do świata, w którym natura, maszyna, owad i człowiek przenikają się, a naukowa obserwacja przechodzi w wizję senną.

Zainteresowanie Varo malarią nie było przypadkowe. Podczas pobytu w Wenezueli towarzyszyła bratu Rodrigowi, lekarzowi prowadzącemu badania nad chorobą. Wykonywała również ilustracje związane z komarami i pracami naukowymi. Surrealistyczna wyobraźnia artystki spotkała się zatem z praktyką laboratoryjną i terenową.

W obrazie Varo komar przestaje być zwykłym owadem. Staje się znakiem wtargnięcia niewidzialnego świata w ludzką rzeczywistość. Surrealizm wyjątkowo dobrze nadawał się do przedstawienia malarii, ponieważ sama choroba narusza intuicyjne granice. Mały organizm przechodzi z owada do człowieka, ukrywa się w wątrobie, wnika do krwinek i przekształca ciało w środowisko własnego rozwoju. To, co biologicznie rzeczywiste, brzmi niemal jak fantastyczna opowieść o opętaniu i przemianie.

Rytm dreszczy zapisany w słowach. Malaria w literaturze

Febra, ague i język przed mikrobiologią

Literatura przez długi czas nie nazywała malarii w sposób zgodny ze współczesną terminologią. Posługiwała się słowami „febra”, „zimnica”, „trzeciaczka”, „czwartaczka”, a w języku angielskim — *ague*. Terminy te mogły oznaczać malarię, ale nie zawsze ją oznaczały.

W dawnych utworach ważniejsza od biologicznej precyzji była dramaturgia napadu. Choroba przychodziła falami. Człowiek najpierw marzył i drżał, później płonął w gorączce, a następnie opadał z sił. Po okresie pozornego spokoju atak wracał. Malaria sama narzucała opowieści rytm: napięcie, kulminację, wyczerpanie i oczekiwanie na kolejny nawrót.

W literaturze angielskiej słowo *ague* pojawiało się między innymi u Williama Szekspira. Badacze historii choroby wskazują, że nawracające gorączki były w nowożytnej Anglii realnym i poważnym problemem, szczególnie na terenach bagiennych. Nie były jeszcze postrzegane jako wyłącznie „tropikalna” choroba odległych krajów.

Malaria nadawała się do metaforyzowania chwiejności. Dreszcz mógł oznaczać strach, gorączka — namiętność, a nawrót — winę lub wspomnienie, którego nie można się pozbyć. Nawet wtedy, gdy autor nie opisywał konkretnego przypadku choroby, język febrę przenikał do przedstawień emocji i konfliktów społecznych.

Charles Dickens: malaria jako choroba fałszywej obietnicy

W powieści *Martin Chuzzlewit* Charles Dickens wysłał bohatera do Ameryki i umieścił go w osadzie o ironicznej nazwie Eden. Zamiast obiecanego raju pojawiają się błoto, gorączka, rozczerowanie i rozpad złudzeń. Malaryczne środowisko staje się fizycznym dowodem oszustwa.

Choroba pełni tu funkcję kary za pychę i naiwność, ale także narzędzia satyry społecznej. Reklamowane jako ziemia przyszłości miejsce okazuje się przestrzenią, w której nieprzemyślana kolonizacja przegrywa z warunkami środowiska. Dickens przedstawia malarię jako część krajobrazu moralnie i materialnie zepsutego.

Taka narracja była jednak obciążona perspektywą europejskiego podróżnika. Niebezpieczne otoczenie zostaje opisane głównie przez doświadczenie przybysza. Lokalna ludność i jej wiedza schodzą na dalszy plan. Choroba służy przede wszystkim przemianie bohatera.

Henry James: piękno Rzymu i śmierć Daisy Miller

Inaczej wykorzystał malarię Henry James w noweli *Daisy Miller*. Młoda Amerykanka lekceważy ostrzeżenia dotyczące przebywania nocą w rzymskich okolicach uchodzących za malaryczne. Zachorowanie i śmierć bohaterki można czytać zarówno dosłownie, jak i symbolicznie.

Rzym jest u Jamesa miejscem pięknym, nasyconym historią, sztuką i społecznymi konwencjami, lecz zarazem niebezpiecznym. Malaria nie oznacza wyłącznie wrogości natury. Splata się z oceną obyczajową, konfliktem między spontanicznością a normą oraz z pytaniem, czy bohaterkę zabiła lekkomyślność, środowisko czy społeczeństwo niezdolne jej zrozumieć.

Badacze zestawiają *Daisy Miller* z *Martinem Chuzzlewitem*, pokazując, że dziewiętnastowieczna literatura anglojęzyczna stopniowo przenosiła malarię poza granice Wielkiej Brytanii — do Włoch, Ameryki i kolonii. Choroba, która wcześniej była częścią europejskiej codzienności, zaczynała być przedstawiana jako zagrożenie „obcych” krajobrazów.

Giovanni Verga: malaria bez egzotyki

W prozie Giovanniego Vergi malaria nie jest przygodą podróżnika ani próbą, po której bohater wróci odmieniony do bezpiecznego domu. Jest częścią zwykłego życia sycylijskiej biedoty.

W opowiadaniu *Malaria*, włączonym do zbioru *Novelle rusticane* z 1883 roku, choroba przenika krajobraz, pracę i relacje społeczne. Nie przychodzi jako nagła katastrofa. Jest trwałą obecnością, która zabiera siły, ogranicza możliwości i odbiera przyszłość.

To jedna z najważniejszych różnic między literaturą podróżniczą a lokalnym realizmem. Dla Europejczyka udającego się do tropików malaria bywa epizodem niezwykłym: próbą odwagi, ceną wyprawy lub znakiem egzotyki. Dla mieszkańca obszaru endemicznego jest powtarzalnym elementem życia rodzinnego i ekonomicznego. Nie potrzebuje metafory — sama stanowi rzeczywistość.

Nel i gorzka chinina. Malaria w polskiej wyobraźni

W polskiej literaturze najbardziej znany obraz malarii stworzył Henryk Sienkiewicz w *W pustyni i w puszczy*. Choroba Nel jest jednym z głównych momentów napięcia powieści. Dziewczynka cierpi na wysoką gorączkę i dreszcze, a Staś musi zdobyć chininę.

Malaria spełnia w utworze kilka zadań. Po pierwsze, pokazuje granice sprawczości bohatera. Staś potrafi posługiwać się bronią, planować ucieczkę i podejmować odważne decyzje, ale wobec choroby pozostaje zależny od leku, wiedzy i pomocy innych. Po drugie, febra uzasadnia zwolnienie akcji i wprowadza próbę opiekuńczości. Po trzecie, podkreśla wyobrażenie Afryki jako kontynentu nie tylko fascynującego, lecz także groźnego dla europejskich podróżników.

Z dzisiejszej perspektywy powieść wymaga lektury krytycznej. Jej obraz Afryki wyrasta z epoki kolonialnej i nierównomiernie rozdziela głos między bohaterów europejskich oraz afrykańskich. Nie zmienia to faktu, że dla wielu polskich czytelników właśnie historia Nel była pierwszym literackim spotkaniem z malarią, chininą i niebezpieczeństwem powracającej gorączki.

Reportaż: malaria odzyskuje ciężar ciała

W reportażu malaria przestaje być wygodnym rekwizytem fabularnym. Autor może opisać ją jako własne doświadczenie albo pozwolić mówić osobom żyjącym na terenach endemicznych.

W *Hebanie* Ryszard Kapuściński przedstawił napad malarii jako całkowite załamanie dotychczasowego porządku ciała. Choroba odbiera kontrolę nad mięśniami, temperaturą, czasem i świadomością. Człowiek nie „ma” gorączki w taki sposób, w jaki ma ranę lub ból głowy. Zostaje przez nią opanowany. W przekazanych notatkach słusznie podkreślono, że ten opis przesunął malarię z dziedziny abstrakcyjnych statystyk do jednostkowego doświadczenia wyniszczenia.

Reportaż o chorobie stoi jednak przed problemem etycznym. Cierpienie przyciąga uwagę, ale łatwo staje się widowiskiem. Obraz bezimiennego afrykańskiego dziecka w gorączce może wzbudzić współczucie, lecz również utrwalić przekonanie, że mieszkańcy kontynentu są wyłącznie biernymi ofiarami. Dobra literatura faktu powinna pokazywać nie tylko śmierć, ale także lokalną wiedzę, pracę lekarzy, decyzje rodzin, niewystarczającą infrastrukturę i polityczne źródła zaniedbania.

Literatura postkolonialna: kto ma prawo opowiedzieć historię odkrycia?

W powieści *The Calcutta Chromosome* Amitav Ghosh sięgnął do historii badań nad malarią, ale nie stworzył tradycyjnej opowieści o samotnym europejskim uczonym dokonującym wielkiego odkrycia. Połączył thriller naukowy, fantastykę, historię medycyny i elementy mitu.

Powieść podważa prosty model postępu, w którym wiedza płynie od zachodniego laboratorium ku biernej ludności kolonii. Ghosh pyta o niewidocznych uczestników badań: pomocników, preparatorów, pacjentów i osoby posiadające lokalną wiedzę, których nazwiska często nie trafiały do oficjalnej historii nauki.

Malaria staje się tu idealnym tematem. Sam pasożyt wymyka się stabilnym kategoriom, zmienia postać i gospodarza. Podobnie wiedza o nim przechodzi między kulturami, klasami społecznymi i językami. To, co w jednym systemie uchodzi za przesąd, w innym może zawierać praktyczną obserwację. To, co zostaje zapisane jako odkrycie jednego badacza, może być wynikiem pracy wielu osób.

Współczesna literatura coraz częściej pokazuje więc malarię nie jako „zemstę tropików” na podróżniku, ale jako chorobę znajdującą się na przecięciu biologii, kolonializmu, handlu, migracji, płci i nierówności.

Ekran przeciw komarowi. Malaria w filmie, animacji i telewizji

Kino jako narzędzie medycyny

Film bardzo wcześnie został uznany za wyjątkowo użyteczne narzędzie edukacji zdrowotnej. Umożliwiał pokazanie procesu niewidocznego w codziennym życiu: rozwoju larwy, cyklu pasożyta, prawidłowego zakładania moskitiery czy sposobu opryskiwania zbiorników wodnych. To, co podczas wykładu wymagało długiego opisu, można było przedstawić w kilku sekwencjach ruchomych obrazów.

Już przed II wojną światową powstawały filmy pokazujące zwalczanie komarów, osuszanie terenu oraz pokrywanie stojącej wody olejem. Produkowały je instytucje naukowe, służby zdrowia, firmy i wytwórnie filmowe. Część zaginęła, ale zachowane materiały tworzą wyjątkowe archiwum zmieniających się poglądów na profilaktykę.

Filmy te nie były neutralne. Pokazywały nie tylko wiedzę medyczną, lecz także stosunki władzy. Kamera decydowała, kto mówi, kto wydaje polecenia, a kto ma się podporządkować. W produkcjach kolonialnych ekspertem był zwykle biały lekarz, zaś miejscowa ludność pojawiała się jako nieufna, niewykształcona lub wymagająca nadzoru.

Wojna i moralność: chory żołnierz jako winowajca

Podczas II wojny światowej malaria stała się ogromnym problemem militarnym, szczególnie na Pacyfiku i w Azji Południowo-Wschodniej. Zachorowanie żołnierza przedstawiano nie tylko jako nieszczęście, ale czasem jako skutek braku dyscypliny. Żołnierz, który nie przyjmował leku, nie używał repelentu lub źle rozwieszał moskitierę, zagrażał całemu oddziałowi.

Brytyjski film *You Too Can Get Malaria* z 1944 roku opowiadał o rekrucie lekceważącym zalecenia. Bohater nie stosuje profilaktyki, choruje i zawodzi jednostkę przed ważnym działaniem. Dopiero choroba zmienia jego postawę. Fabuła

działa jak przypowieść moralna: odpowiedzialność za zdrowie jest jednocześnie obowiązkiem wobec wspólnoty.

Przekaz był skuteczny, ale upraszczał problem. Sugerował, że zachorowanie wynika przede wszystkim z winy jednostki. Nie uwzględniał sytuacji, w których ludzie nie mają dostępu do skutecznego leku, dobrej moskitiery, bezpiecznego mieszkania czy właściwie zorganizowanej ochrony zdrowia.

Disney i siedmiu krasnoludków ruszają na komary

Jednym z najbardziej niezwykłych przykładów połączenia animacji z edukacją sanitarną jest *The Winged Scourge — Skrzydlata plaga* — z 1943 roku. Film, zrealizowany przez studio Walta Disneya, przedstawiał rolę komarów w przenoszeniu malarii i sposoby ograniczania ich liczebności. Do pracy włączono siedmiu krasnoludków, znanych publiczności z wcześniejszego pełnometrażowego przeboju. Bohaterowie zakładali siatki, usuwali miejsca lęgowe i stosowali środki owadobójcze.

Był to zabieg niezwykle pomysłowy. Znane postacie obniżały próg wejścia w trudny temat, humor utrzymywał uwagę, a animacja pozwalała pokazać procesy niemożliwe do sfilmowania w prosty sposób. Komar otrzymał wyraźną rolę antagonisty, a działania sanitarne przybrały formę zbiorowej przygody.

Podobną funkcję pełnił *Private Snafu vs. Malaria Mike* z 1944 roku. Tytułowy Malaria Mike jest komarem poszukującym odsłoniętego miejsca na ciele lekkomyślnego żołnierza. Humor był dosadny i podporządkowany wojskowej dyscyplinie, ale film celnie pokazywał, że drobne zaniedbanie może mieć poważne konsekwencje.

Animacja ujawniła swoją szczególną wartość w edukacji zdrowotnej. Nie musiała wiernie naśladować rzeczywistości. Mogła powiększyć owada, pozwolić mu mówić, pokazać jego zamiary i zamienić profilaktykę w łatwą do zapamiętania sekwencję.

DDT, optymizm i język wojny totalnej

Po 1945 roku wiele filmów opowiadających o malarii przyjęło język ofensywy. Komar był „wrogiem”, insektycyd „bronią”, a program sanitarny „kampanią”. DDT wydawał się narzędziem umożliwiającym ostateczne zwycięstwo.

Filmy z lat czterdziestych i pięćdziesiątych dokumentowały opryski domów, likwidację zbiorników wodnych oraz wielkie programy prowadzone między innymi na Sardinii, w Afryce i Ameryce Łacińskiej. Pokazywały samochody, pompy, laboratoria i zespoły pracowników jako armię nowoczesności maszerującą przeciw naturze.

Dziś ogląda się je również jako świadectwo nadmiernego zaufania do jednego rozwiązania. Obiecane całkowite wytępienie malarii nie nastąpiło. Komary wykształcały odporność na insektycydy, pasożyty — na leki, a programy słabły z powodów finansowych, administracyjnych i politycznych.

Zmienił się także sposób przedstawiania ludności krajów objętych kampaniami. W filmach kolonialnych mieszkańcy wsi byli często ukazywani jako bierni odbiorcy

decyzji europejskich ekspertów. Produkcje powstające po uzyskaniu niepodległości coraz częściej oddawały rolę narratora i głównego bohatera miejscowym pracownikom ochrony zdrowia. Kamera zaczynała dostrzegać nie tylko ludzi, których należało „ucywilizować”, ale obywateli organizujących działania we własnych społecznościach.

Od triumfu do niepewności

W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych optymizm filmów o wielkiej eradykacji osłabł. Zamiast obrazów rychłego zwycięstwa pojawiały się materiały laboratoryjne, instruktażowe i biograficzne. Film nie obiecywał już świata bez malarii. Uczył poprawnego wykonywania rozmazu krwi, rozpoznawania pasożyta i łączenia różnych metod kontroli.

Od lat osiemdziesiątych ważną rolę zaczęła odgrywać telewizja. Dłuższe dokumenty pokazywały pacjentów, szpitale, naukowców i rodziny osób zmarłych. Były bardziej osobiste, ale również bardziej ponure. Historia nie kończyła się zwycięstwem techniki, lecz pytaniem, dlaczego uleczalna i możliwa do ograniczenia choroba nadal zabija.

„Mary and Martha”: żałoba przechodząca w aktywizm

Telewizyjny dramat *Mary and Martha* z 2013 roku opowiada o dwóch matkach, których synowie umierają z powodu malarii. Kobiety spotykają się dzięki wspólnemu doświadczeniu straty, a następnie angażują w działania na rzecz zwalczania choroby.

Film wykorzystuje klasyczny schemat: osobista tragedia prowadzi do moralnego przebudzenia. Jego siłą jest pokazanie, że statystyka zgonów składa się z pojedynczych rodzinnych katastrof. Ograniczeniem — skupienie uwagi przede wszystkim na przemianie zachodnich bohaterek. Mieszkańcy krajów dotkniętych malarią łatwo stają się tłem dla historii osób przybywających z zewnątrz.

Dylemat ten powraca w wielu filmach humanitarnych. Znana twarz aktora pomaga zainteresować widzów, lecz może umacniać narrację, według której rozwiązanie problemu zawsze przychodzi spoza lokalnej społeczności.

„The Fever”: odwrócenie kamery

Dokument *The Fever* z 2019 roku próbuje odwrócić tę perspektywę. Zamiast opowiadać o Afryce wyłącznie poprzez zagranicznych ekspertów, skupia się na lokalnych pacjentach, lekarzach i działaniach podejmowanych w Kenii, Tanzanii oraz Ugandzie. Film podejmuje również spory dotyczące dostępności leczenia, wykorzystania roślin zawierających artemizyninę oraz relacji między globalną polityką zdrowotną a miejscową samodzielnością.

Niezależnie od ocen przedstawionych w nim rozwiązań dokument stawia ważne pytanie: czy film o chorobie ma tylko wywoływać współczucie, czy również przekazywać głos ludziom, którzy codziennie z nią żyją i ją zwalczają?

Twarz choroby. Fotografia dokumentalna, portret i mikrofotografia

Od anonimowej ofiary do historii konkretnej osoby

Fotografia zmieniła sposób, w jaki społeczeństwa oglądają chorobę. Malarz mógł syntetyzować wiele obserwacji w jednej scenie. Fotograf rejestrował konkretną chwilę: dziecko pod moskitierą, matkę czekającą na wynik testu, laboranta przygotowującego preparat, pracownika opryskującego ściany domu.

Fotografia dokumentalna ma ogromną siłę dowodową, ale może również uprzedmiotawiać. Obraz cierpienia bywa skuteczny w zbieraniu funduszy, choć osoba fotografowana zostaje wtedy sprowadzona do roli ofiary. Powtarzane zdjęcia wychudzonych dzieci tworzą wizualny stereotyp całych państw i kontynentów. Widz otrzymuje silną emocję, lecz niewiele wiedzy o przyczynach i możliwych rozwiązaniach.

Najlepszy fotoreportaż stara się wyjść poza ten schemat. Pokazuje chorobę jako proces społeczny: drogę do kliniki, koszt transportu, pracę diagnosty, produkcję moskitier, badania nad lekami, rozmowę z rodziną i powrót ozdrowieńca do codzienności.

John Stanmeyer: malaria jako opowieść globalna

Amerykański fotograf John Stanmeyer przygotował dla „National Geographic” rozbudowany materiał o malarii, przedstawiający chorobę i działania przeciwko niej w różnych częściach świata. Reportaż otrzymał w 2008 roku National Magazine Award.

Znaczenie tej pracy wynikało nie tylko z dramatycznych obrazów. Fotograf połączył skalę osobistą z globalną. Malaria pojawiała się jako doświadczenie pacjenta, przedmiot badań naukowych, obciążenie rodzin oraz problem organizacji ochrony zdrowia.

Taki reportaż pozwala uniknąć łatwego podziału na bezradne ofiary i bohaterских zbawców. Walka z chorobą składa się z pracy wielu ludzi: rodziców, pielęgniarek, diagnostów, kierowców, biologów, producentów moskitier i lokalnych edukatorów.

Rankin: naukowiec jako gwiazda kultury

W 2023 roku brytyjski fotograf Rankin stworzył serię portretów osób pracujących nad zwalczaniem malarii w Afryce i Wielkiej Brytanii. Badaczy, lekarzy i liderów programów zdrowotnych przedstawiono w stylu kojarzonym z fotografią gwiazd muzyki i popkultury. Bohaterowie kampanii zostali nazwani nowymi „gwiazdami rocka”.

Było to świadome odwrócenie hierarchii widzialności. Media poświęcają ogromną uwagę aktorom, sportowcom i piosenkarzom, podczas gdy ludzie ratujący tysiące istnień pozostają często anonimowi. Portret fotograficzny nadał naukowcom i pracownikom ochrony zdrowia status osób godnych podziwu.

Taka strategia ma znaczenie zwłaszcza dla młodych odbiorców. Pokazuje badacza nie jako odległą postać w białym fartuchu, lecz jako możliwy wzór osobowy. Sztuka nie tylko informuje o problemie, ale pomaga wyobrazić sobie własny udział w jego rozwiązaniu.

Piękno niebezpiecznego organizmu

Osobnym gatunkiem obrazu jest mikrofotografia. Zarodek w czerwonej krwince, komórki wątroby zaatakowane przez pasożyta albo aparat gębowy komara mogą wyglądać niezwykle pięknie. Barwy preparatu, regularność komórek i skomplikowana budowa organizmu wywołują zachwyt.

Powstaje paradoks: obraz śmiertelnego zagrożenia staje się estetycznie atrakcyjny. Nie musi to oznaczać banalizowania choroby. Piękno mikrofotografii może przyciągnąć uwagę do zjawiska, którego człowiek inaczej nie byłby w stanie zobaczyć. Pokazuje też, że natura nie dzieli się na stworzenia „dobre” i „złe”. Pasożyt nie działa z nienawiści, a komar nie jest moralnym przestępcą. Oba organizmy realizują własny cykl życia, który przypadkowo i tragicznie krzyżuje się z życiem człowieka.

Komar w milionach egzemplarzy. Plakat, znaczek pocztowy i grafika użytkowa

Plakaty antymalaryczne z czasów II wojny światowej ze Stanów Zjednoczonych

Podczas II wojny światowej malaria była jednym z największych wrogów wojsk alianckich – na Pacyfiku paraliżowała więcej oddziałów niż wrogie kule. Z powodu utraty źródeł chininy na rzecz Japonii, ruszyła ogromna kampania propagandowa. Plakaty ostrzegały żołnierzy przed komarami za pomocą humoru, grafiki i wizerunku wroga.

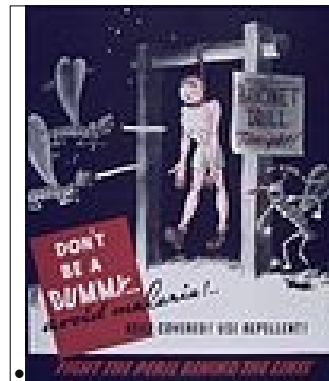
W Stanach Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii stworzono setki plakatów, które miały na celu zmianę nawyków żołnierzy. Główne nurty tej propagandy obejmowały: Personifikację zagrożenia: Najśłynniejszym przykładem była seria plakatów z "Anną" (z łac. *Anopheles* – komar widliszek), przedstawianą jako uwodzicielską lub podstępą femme fatale. Charakterystyczne plakaty z tym motywem tworzył m.in. Dr. Seuss (Theodor Geisel).

Często używano karykatur i krótkich komiksów (np. ilustracje Lynna Brudona), aby w przystępny sposób przypominać o spaniu pod moskitierą i zażywaniu leków (np. Atabryny).

Inne materiały, jak te archiwizowane w Category: World War II anti-malaria posters from the United States, dosadnie pokazywały, że zignorowanie ochrony (np. spanie bez ubrania i moskitiery) prowadzi do malarii i wyeliminowania żołnierza z walki.



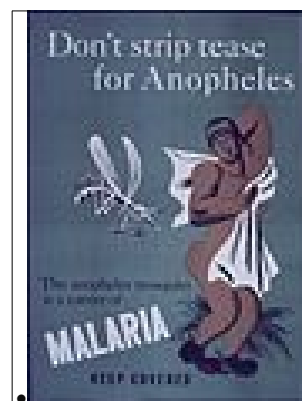
„Czy jesteś hodowcą komarów” – NARA – 513877.jpg 2469 × 3000; 1011 KB



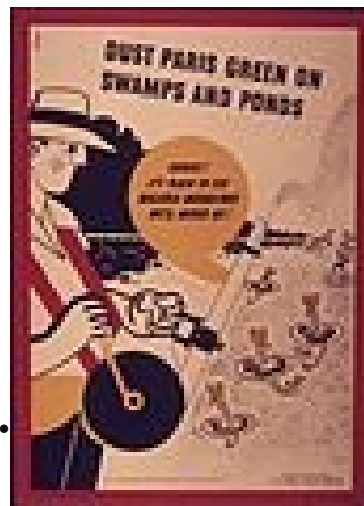
„Nie bądź głupcem^ Unikaj malarii^ - NARA - 514128.jpg 2,482 × 3,000; 800 KB



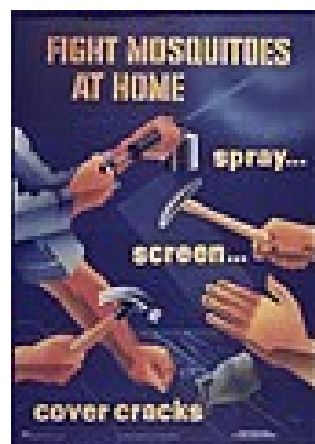
„Nie idź spać z komarem roznoszącym malarię” – NARA – 514146.tif 2466 × 3000; 21,17 MB



„Nie rozbieraj się dla Anophelesa” – NARA – 514166.jpg 2129 × 3000; 703 KB



„Pył zielony na bagnach i stawach” – NARA – 514972.jpg 2157 × 3000; 974 KB



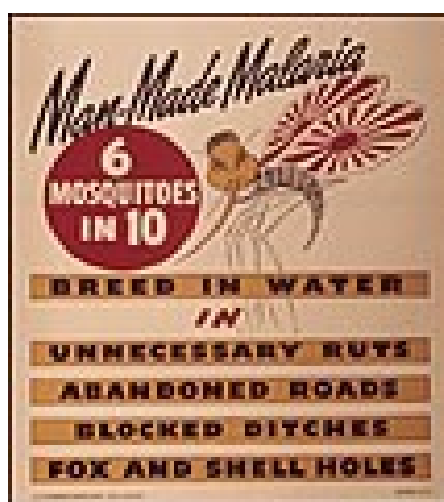
„Zwalczaj komary w domu – spray na ekrany – pokrywa pęknięcia” – NARA – 514248.jpg 2121 × 3000; 637 KB



„daj im piekło” – NARA – 514379.jpg 2479 × 3000; 791 KB



„Trzymaj się z daleka od komarów roznoszących malarię, napraw rozdarty ekran” – NARA – 514969.jpg 2158 × 3000; 1002 KB



„Sztuczna malaria” – NARA – 514974.jpg 2666 × 3000; 962 KB

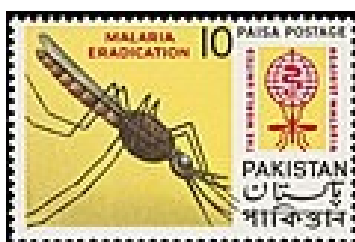


Obraz, który miał obieć cały świat

Przed epoką telewizji i Internetu znaczek pocztowy był jednym z najbardziej rozpowszechnionych obrazów. Przemieszczał się między państwami, docierał do urzędów, firm i prywatnych domów. Miał niewielki format, ale ogromny zasięg.

W 1962 roku Światowa Organizacja Zdrowia zainicjowała międzynarodową akcję filatelistyczną „World United Against Malaria”. W przedsięwzięciu uczestniczyło ponad sto państw i terytoriów, a 98 administracji pocztowych wydało znaczki związane z kampanią. Było to jedno z największych skoordynowanych wydarzeń filatelistycznych poświęconych problemowi zdrowotnemu.

Media w kategorii „Malaria na znaczkach”



L0074987 Eradykacja malarii – świat zjednoczony przeciwko malarii (20675407876).jpg798 × 523; 157 KB



Zwalczanie malarii 4c 1962 wydanie znaczka USA.jpg1,321 × 849; 513 KB



Meksyk 1 c 1939.jpg 676 × 812; 686 KB



Znaczek Afganistanu - 1962 - Colnect 354750 - Emblemat eradykacji malarii i bagna.jpeg 391 × 512; 73 KB



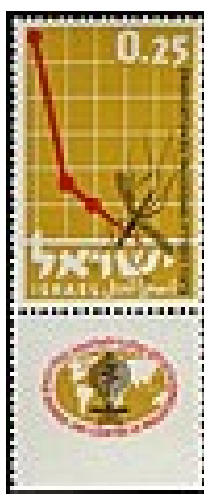
Znaczek Indii - 1955 - Colnect 239041 - 1 - Kontrola malarii.jpeg 300 × 184; 19 K



Znaczek Indonezji - 1960 - Colnect 260717 - Anopheles Mosquito Anopheles sp.jpeg 1,024 × 799; 213 KB



Znaczek Indonezji - 1962 - Colnect 236648 - Anopheles Mosquito Anopheles sp WHO Emblem.jpeg827 × 1,024; 223 KB



Znaczek Izraela - Zwalczenie malarii.jpg318 × 779; 207 KB



Znaczek Rwandy - 1970 - Colnect 375958 - Pacjent i pielęgniarka chorzy na malarię.jpeg450 × 452; 80 KB

Na znaczkach pojawiały się komary *Anopheles*, glob ziemski, symbole medycyny, laboratoria, opryski i hasła wzywające do wspólnej walki. Często wykorzystywano kompozycję łączącą owada z kulą ziemską lub laską Asklepiosa.

Znaczek pełnił jednocześnie funkcję informacyjną, propagandową i symboliczną. Pokazywał, że malaria nie jest wyłącznie sprawą krajów tropikalnych. Nawet państwa, w których choroba nie występowała, mogły deklarować udział w globalnej kampanii.

Prostota, która pomaga i zubaża

Grafika zdrowotna musi działać szybko. Odbiorca powinien w ciągu kilku sekund zrozumieć, co przedstawia plakat i czego się od niego oczekuje. Dlatego motywy malarii zostały sprowadzone do kilku znaków: komara, czerwonej kropli krwi, moskitiery, tabletki, strzykawki, tarczy i przekreślonego owada.

Ta prostota jest zaletą, gdy komunikat dotyczy jednego działania, na przykład konieczności spania pod moskitierą lub wykonania testu po wystąpieniu gorączki. Staje się wadą, kiedy sugeruje, że malaria ma równie proste rozwiązanie.

Nowoczesna grafika coraz częściej korzysta z infografik, map i animacji. Może pokazać zmiany zachorowalności, oporność pasożytów, sezonowość zakażeń albo działanie szczepionki. Jednocześnie nadmiar danych grozi utratą ludzkiego wymiaru problemu. Skuteczny przekaz powinien łączyć czytelność informacji z opowieścią o konkretnych osobach.

Głos, rytm i wspólny gest. Muzyka, performans i sztuka społeczna

Piosenka szybciej niż ulotka

W społecznościach o ograniczonym dostępie do druku lub Internetu muzyka może przenosić informacje szybciej niż oficjalne komunikaty. Refren daje się zapamiętać, powtarzać i przekazywać dalej. Piosenka może przypominać o używaniu moskitiery, potrzebie szybkiego leczenia dziecka z gorączką albo konieczności dokończenia terapii.

W 2005 roku senegalski muzyk Youssou N'Dour zorganizował w Dakarze koncert Africa Live poświęcony walce z malarią. Artyści wykorzystali swoją popularność, aby uczynić z choroby temat publiczny, łącząc muzykę, rozrywkę i edukację.

W Sierra Leone w 2020 roku grupa dwunastu piosenkarzy i raperów nagrała utwór poświęcony malarii. W lokalnym języku przypominano, że choroba nadal znajduje się „w naszych rękach” — można jej zapobiegać i trzeba wspólnie na nią reagować.

Siłą takich przedsięwzięć jest lokalny głos. Nie są to komunikaty tłumaczone z języka międzynarodowej organizacji. Wykorzystują rozpoznawalne rytmy, humor, język codzienny oraz autorytet twórców zakorzenionych w danej kulturze.

„Draw the Line Against Malaria”: linia jako wspólny znak

W 2021 roku organizacja Malaria No More UK wraz z siecią Dentsu rozpoczęła kampanię *Draw the Line Against Malaria*. Jej wizualnym rdzeniem stał się system znaków nazwany *Muundo*, opracowany przez nigeryjskiego artystę Láolú Senbanjo. Charakterystyczne linie nanoszone na twarze, ubrania i przedmioty miały symbolizować wspólną granicę postawioną chorobie.

Kampania łączyła film w reżyserii Mejiego Alabiego, muzykę, modę, choreografię, sport i aktywność cyfrową. Wystąpili w niej afrykańscy artyści, sportowcy i działacze społeczni. Odbiorcy mogli tworzyć własne znaki i dołączać do wizualnej petycji.

Ważna była zmiana tonu. Dawne kampanie często przedstawiały Afrykę poprzez obrazy śmierci i bezradności. *Draw the Line* eksponowała energię, sprawczość i twórczość młodego pokolenia. Kontynent nie był scenerią cudzej misji ratunkowej, lecz źródłem języka estetycznego i politycznego wezwania.

David Beckham przemawiający dziewięcioma głosami

W kampanii Malaria Must Die z 2019 roku wykorzystano cyfrowo przetworzony wizerunek i głos Davida Beckhama. Sportowiec w jednym filmie przemawiał w dziewięciu językach. Technologia pozwoliła symbolicznie połączyć ludzi z różnych regionów świata w jednej wypowiedzi popierającej walkę z malarią.

Było to przedsięwzięcie na pograniczu reklamy społecznej, performansu i demonstracji możliwości sztucznej inteligencji. Zwraçało uwagę nowością techniczną, ale stawiało też pytania. Czy znana twarz wzmacnia głos społeczności, czy go zastępuje? Czy technologiczny efekt prowadzi do trwałego zaangażowania, czy jedynie do chwilowego zainteresowania?

Sztuka kampanii społecznej zawsze żyje w napięciu między zasięgiem a głębią. Celebryta przyciąga miliony odbiorców, lecz prawdziwa zmiana zależy od długotrwałej pracy ludzi, których nazwiska rzadko trafiają na ekran.

Dane, światło i przestrzeń

Współczesna sztuka coraz częściej przekształca dane naukowe w doświadczenie przestrzenne. W 2024 roku zaprezentowano *Zero Malaria Experience* — instalację łączącą sztukę, technologię, interaktywność i dane dotyczące malarii. Odbiorca nie tylko oglądał wykres, ale wchodził w środowisko, w którym skala zachorowań i możliwości zapobiegania stawały się doświadczeniem zmysłowym.

Takie projekty odpowiadają na jeden z głównych problemów komunikacji zdrowotnej: wielkie liczby są trudne do wyobrażenia. Sześćset tysięcy zgonów może pozostać abstrakcją. Światło, dźwięk, ruch i przestrzeń pomagają przełożyć statystykę na przeżycie.

Od kolonialnego spojrzenia do współtworzenia

Historia sztuki związanej z malarią jest również historią nierównego prawa do przedstawiania.

W europejskim malarstwie i literaturze mieszkańcy terenów malarycznych często pojawiali się jako element niebezpiecznego pejzażu. W filmie kolonialnym lekarz z Europy objaśniał chorobę, a miejscowa ludność miała słuchać. W fotografii humanitarnej anonimowe dziecko stawało się symbolem cierpienia całego kontynentu. W kampaniach reklamowych znana osoba z Zachodu przemawiała w imieniu tych, którzy rzekomo nie mieli własnego głosu.

Nie oznacza to, że wszystkie takie dzieła były pozbawione wartości. Wiele z nich zwiększało wiedzę, zbierało fundusze i skłaniało do działania. Trzeba jednak dostrzec, że sposób przedstawiania wpływa na sposób myślenia o rozwiązaniu problemu. Jeśli społeczność jest ukazana wyłącznie jako bezradna, odbiorca będzie oczekiwał zewnętrznego wybawcy. Jeśli zobaczy lokalnych lekarzy, badaczy, artystów i organizatorów, łatwiej zrozumie, że skuteczna walka wymaga partnerstwa.

Współczesne projekty coraz częściej powstają poprzez współtworzenie. Artyści pracują z osobami, których dotyczy problem, a nie tylko wykonują o nich dzieło. Lokalny język, muzyka, symbole i doświadczenia nie są dekoracją dodaną do gotowego komunikatu, lecz jego podstawą.

Zmiana ta ma także wymiar naukowy. Zalecenie zdrowotne nie działa w próżni. Sposób używania moskitiery, decyzja o zgłoszeniu się do kliniki, zaufanie do szczepionki czy wybór domowego leczenia zależą od warunków ekonomicznych, tradycji, pamięci o wcześniejszych kampaniach i relacji z instytucjami. Artysta może pomóc zrozumieć te uwarunkowania, ponieważ potrafi słuchać opowieści i pracować z mocjami, których nie widać w tabeli epidemiologicznej.

Czego sztuka może dokonać w dalszej walce z malarią?

Uczynić niewidzialne widzialnym

Malaria jest chorobą skrytości. Pasożyta nie widać bez mikroskopu, ukąszenie może pozostać niezauważone, a pierwsze objawy przypominają inne infekcje. Sztuka wizualna potrafi powiększyć komara, pokazać cykl zarodźca, przeprowadzić widza przez wnętrze krwinki i nadać formę procesom niedostępnym bezpośredniemu doświadczeniu.

Przetłumaczyć wiedzę na doświadczenie

Informacja, że moskitiera impregnowana środkiem owadobójczym zmniejsza ryzyko zakażenia, może zostać zapomniana. Historia rodziny, która po raz pierwszy przechodzi sezon deszczowy bez ciężkiej malarii, pozostaje w pamięci. Sztuka łączy fakt z emocją i konkretną sytuacją.

Nie powinna przy tym zastępować precyzyjnej wiedzy. Jej zadaniem jest stworzenie pomostu między specjalistycznym komunikatem a codziennym doświadczeniem.

Przechowywać pamięć o błędach

Archiwalne filmy o DDT przypominają o czasach, gdy jedno narzędzie ogłoszono niemal ostatecznym rozwiązaniem. Obrazy Błot Pontyjskich pokazują, że choroba rozwija się w konkretnych warunkach społecznych. Literatura kolonialna ujawnia, w jaki sposób medycyna wiązała się z władzą.

Sztuka zachowuje nie tylko historię sukcesów, ale także historię pychy. Dzięki temu może chronić przed powtarzaniem błędów: nadmierną wiarą w jeden preparat, pomijaniem lokalnej wiedzy, przedstawianiem człowieka jako winnego własnej choroby czy ogłaszaniem zwycięstwa przedwcześnie.

Odbierać chorobie pozór nieuchronności

W społecznościach, w których malaria powraca każdego roku, może zostać uznana za zwykłą część życia. Gorączka dziecka, kilka dni nieobecności w pracy, utrata ciąży albo śmierć sąsiada zaczynają wydawać się czymś, czego nie da się zmienić.

Sztuka może zakwestionować tę normalizację. Piosenka, mural, spektakl uliczny lub film mogą powiedzieć: ta śmierć nie jest naturalnym podatkiem, który należy płacić. Istnieją środki zapobiegania, leczenia i ochrony. Wspólnota ma prawo się ich domagać.

Budować zaufanie

Walka z malarią wymaga nie tylko wynalezienia szczepionki czy leku, ale także ich przyjęcia przez ludzi. Zaufania nie da się nakazać. Buduje się je przez język, relacje i szacunek.

Artysta zakorzeniony w społeczności może stać się pośrednikiem między instytucją a odbiorcami. Potrafi wyrazić obawy wobec szczepień, pokazać działanie testu, ośmieszyć szkodliwą plotkę albo przedstawić pracownika ochrony zdrowia jako człowieka znanego i godnego zaufania.

Mobilizować tych, których choroba bezpośrednio nie dotyka

Malaria występuje przede wszystkim w regionach, które dla znacznej części światowej opinii publicznej pozostają odległe. Łatwo uznać ją za „cudzy problem”. Sztuka może skrócić ten dystans.

Nie chodzi wyłącznie o wzbudzenie litości. Trwalsze zaangażowanie rodzi się ze zrozumienia współzależności: badań prowadzonych wspólnie przez wiele państw, wpływu zmian klimatycznych i migracji, odpowiedzialności koncernów, rządów oraz instytucji finansujących ochronę zdrowia. Obraz i narracja mogą pokazać, że

globalne zdrowie nie jest dobroczynnością bogatych wobec biednych, ale wspólnym bezpieczeństwem.

Nowy sojusz: nauka, medycyna i wyobraźnia

Malaria uczy pokory. Człowiek poznał pasożyta, opisał jego cykl, odkrył rolę komara, opracował skuteczne leki i dwie szczepionki. Potrafi osuszać łąkowiska, modyfikować środowisko, chronić domy, diagnozować zakażenie z kropli krwi i śledzić oporność zarodźców. A jednak choroba trwa.

Nie wynika to wyłącznie z biologicznej przebiegłości pasożyta. Malaria korzysta również z ubóstwa, konfliktów zbrojnych, słabości systemów ochrony zdrowia, dezinformacji, zmian klimatycznych i obojętności tych części świata, które przestały jej doświadczać.

Dlatego dalsza walka nie może być prowadzona wyłącznie w laboratorium. Potrzebna jest współpraca epidemiologów, lekarzy, entomologów, władz lokalnych, nauczycieli, dziennikarzy i artystów. Nauka odpowiada na pytanie, co działa. Sztuka pomaga sprawić, aby ludzie chcieli to zrozumieć, zapamiętali przekaz i uznali działanie za własne.

Najsukuteczniejsza sztuka przeciw malarii nie musi przedstawiać chorego dziecka ani ogromnego komara. Może opowiadać o kobiecie, która prowadzi punkt diagnostyczny; o naukowcu pracującym nad opornością pasożyta; o rodzinie, która prawidłowo używa moskitiery; o lokalnym muzyku tłumaczącym objawy choroby; o mieszkańcach domagających się dostępu do szczepień; o młodych ludziach, którzy nie zgadzają się, aby malaria wyznaczała granice ich przyszłości.

Przez stulecia twórcy przedstawiali chorobę jako fatum, złe powietrze, przekleństwo i tajemniczą siłę natury. Później dali jej twarz komara i kształt pasożyta. Dzisiaj mogą pokazać coś jeszcze: możliwość działania.

Sztuka nie zastąpi nauki, ale bez kultury nawet najlepsze odkrycie może nie dotrzeć do człowieka. Nie zastąpi polityki zdrowotnej, ale może zmusić polityków do odpowiedzialności. Nie zastąpi szczepionki, lecz może pomóc zbudować do niej zaufanie. Nie zastąpi leczenia, ale może sprawić, że chory wcześniej zgłosi się po pomoc.

Malaria zacznie naprawdę przegrywać nie tylko wtedy, gdy pasożyt zniknie z krwi kolejnego pacjenta. Zacznie przegrywać również wtedy, gdy społeczeństwa przestaną uważać powodowane przez nią zgony za coś zwyczajnego, odległego i nieuniknionego. W tej przemianie wyobraźni sztuka może stać się jedną z najważniejszych broni.

Zakończenie

Historia malarii nie ma wyraźnego początku. Nie znamy chwili, w której pierwszy zarodziec przekroczył granicę między gatunkami i znalazł w organizmie przodka człowieka warunki pozwalające mu przetrwać. Nie wiemy, kiedy po raz pierwszy zakażony komar wprowadził pasożyta do ludzkiej krwi ani kto był pierwszą ofiarą choroby. Nie znamy imienia człowieka, który po raz pierwszy doświadczył gwałtownych dreszczy, gorączki i wyczerpania, nie rozumiejąc, co dzieje się z jego ciałem.

Nie wiemy też, kiedy historia malarii się zakończy.

Pomiędzy tymi dwiema niewiadomymi rozciąga się opowieść licząca tysiące lat. Opowieść o chorobie, która towarzyszyła człowiekowi podczas wędrówek, zakładania osad, przekształcania krajobrazu, budowania państw, prowadzenia wojen i tworzenia cywilizacji. O pasożycie, który nauczył się wykorzystywać dwa zupełnie odmienne organizmy. O komarze, który stał się nieświadomym pośrednikiem pomiędzy nimi. Wreszcie — o człowieku, który przez większą część swojej historii nie rozumiał ani natury choroby, ani roli owada, ani mechanizmu działania pasożyta.

Malaria była obecna, zanim ludzie nauczyli się ją nazywać. Wpływała na losy społeczeństw, zanim dostrzeżono ją pod mikroskopem. Kształtowała ludzkie geny, zanim człowiek poznał istnienie dziedziczenia. Zatrzymywała armie, wyludniała osady, zmieniała kierunki migracji i zmuszała ludzi do opuszczania żyznych, lecz niebezpiecznych terenów. Przez stulecia pozostawała siłą działającą w historii niemal bezimiennie, ukrytą pod wieloma określeniami gorączek, febr, zimnic i chorób bagiennych.

Z czasem człowiek zaczął rozpoznawać jej kroki.

Najpierw zauważył rytm napadów gorączki. Później związek choroby z określonymi miejscami, porami roku i warunkami środowiska. Próbował chronić się dymem, ogniem, zasłonami i zmianą miejsca zamieszkania. Osuszał bagna, choć nie wiedział jeszcze, że ogranicza w ten sposób liczbę komarów. Stosował rośliny lecznicze, nie znając ich składników. Tworzył teorie, które dziś uznajemy za błędne, ale które często rodziły się z rzeczywistych obserwacji.

Dopiero znacznie później nauczył się widzieć to, co wcześniej pozostawało niewidzialne. W kropli krwi dostrzegł pasożyta. W komarze rozpoznał nie tylko dokuczliwego owada, lecz drugiego żywiciela zarodźca. Zrozumiał, że choroba nie bierze się ze złego powietrza, gniewu bogów ani zaburzenia soków ciała. Poznał jej biologiczny mechanizm.

Był to jeden z najważniejszych momentów w historii medycyny. Nie zakończył jednak historii malarii.

Poznanie nie jest jeszcze zwycięstwem

Człowiek często utożsamia odkrycie przyczyny z początkiem końca choroby. Gdy przeciwnik zostaje nazwany, zobaczony i opisany, wydaje się, że jego pokonanie jest jedynie kwestią czasu. Historia malarii pokazuje, jak złudne bywa to przekonanie.

Poznaliśmy cykl życiowy zarodźca, lecz jego złożoność utrudnia leczenie i szczepienie. Odkryliśmy rolę komarów, lecz nie zdołaliśmy trwale wyeliminować ich zdolności do przenoszenia choroby. Stworzyliśmy skuteczne leki, lecz pasożyty zaczęły rozwijać oporność. Wprowadziliśmy środki owadobójcze, lecz komary również odpowiadały zmianami ewolucyjnymi. Opracowaliśmy szczepionki, ale nie zapewniają one jeszcze ochrony porównywalnej z tą, jaką uzyskano przeciw niektórym chorobom wirusowym.

Każde osiągnięcie otwierało nowe możliwości, a jednocześnie ujawniało kolejne trudności.

Chinina ratowała życie, lecz była kosztowna, gorzka i nie zawsze dostępna. Chlorochina przez pewien czas wydawała się niemal doskonałym lekiem, dopóki zarodźce nie zaczęły się jej wymykać. DDT pozwolił ograniczyć transmisję na ogromnych obszarach, lecz jego masowe stosowanie przyniosło skutki środowiskowe i przyspieszyło narastanie oporności owadów. Artemizynina stała się podstawą współczesnego leczenia, ale również wobec niej zaczęły pojawiać się oznaki zmniejszonej wrażliwości pasożytów.

Nie oznacza to, że wysiłki te były daremne. Przeciwnie — dzięki nim uratowano miliony istnień. Pokazują jednak, że w walce z organizmem żywym nie istnieją rozwiązania raz na zawsze zamknięte. Pasożyty i komary nie pozostają niezmiennie. Każde działanie człowieka staje się częścią środowiska, do którego inne organizmy zaczynają się przystosowywać.

Ewolucja nie prowadzi wojny, ale odpowiada na presję. Nie planuje odwetu, lecz sprawia, że przeżywają te osobniki, które lepiej radzą sobie w nowych warunkach. Z tego powodu każde narzędzie, nawet najskuteczniejsze, może z czasem utracić część swojej mocy.

Człowiek nie walczy więc z przeciwnikiem nieruchomym. Walczy z procesem.

Największe zwycięstwa

Historia malarii nie jest jednak wyłącznie kroniką porażek i utraconych nadziei. Byłoby niesprawiedliwością wobec pokoleń badaczy, lekarzy, pielęgniarek, techników laboratoryjnych, pracowników sanitarnych, wolontariuszy i zwykłych ludzi, gdyby opowieść tę zakończyć jedynie ostrzeżeniem.

Dokonano rzeczy niezwykłych.

Udało się wyjaśnić cykl choroby, której mechanizm przez tysiąclecia pozostawał całkowicie nieznany. Nauczono się rozpoznawać pasożyta we krwi, a później wykrywać go za pomocą szybkich testów i metod molekularnych. Opracowano leki zdolne zatrzymać zakażenie i uratować chorego znajdującego się na granicy życia i śmierci. Zbudowano systemy nadzoru, które pozwalają śledzić ogniska choroby, sezonowe zagrożenia i narastanie oporności.

Na wielu obszarach malaria została całkowicie wyeliminowana. Regiony, które przez wieki uchodziły za niebezpieczne i niezdrowe, przestały być miejscem masowych zachorowań. Zmieniły się warunki mieszkaniowe, gospodarka wodna, dostęp do leczenia i organizacja ochrony zdrowia. Ograniczono liczbę komarów oraz kontakt pomiędzy nimi a ludźmi.

Moskitiery nasączone środkami owadobójczymi, choć wydają się narzędziem prostym, ocaliły ogromną liczbę istnień. Szybkie testy umożliwiły rozpoznawanie zakażeń daleko od dużych laboratoriów. Terapie skojarzone zwiększyły szanse wyleczenia i spowolniły rozwój oporności. Programy profilaktyczne objęły kobiety w ciąży i małe dzieci, czyli osoby szczególnie narażone na ciężki przebieg choroby.

Po dziesięcioleciach badań powstały również pierwsze szczepionki. Nie są doskonałe. Nie likwidują konieczności stosowania innych metod ochrony. Nie zapewniają wszystkim zaszczepionym pełnej odporności. Stanowią jednak przekroczenie granicy, która przez bardzo długi czas wydawała się niemożliwa do przekroczenia.

Każda zmniejszona liczba zachorowań oznacza konkretnych ludzi, którzy nie doświadczyli cierpienia. Każdy uratowany pacjent to rodzina, która nie straciła dziecka, matki, ojca lub żywiciela. Za statystykami kryją się życia, których dalszy ciąg stał się możliwy dzięki wiedzy, organizacji i solidarności.

To są rzeczywiste zwycięstwa.

Choroba nierówności

Nie wszyscy jednak korzystają z nich w takim samym stopniu.

Malaria pozostaje jednym z najbardziej wyrazistych przykładów choroby, której ciężar rozkłada się nierówno. Najbardziej dotyka ludzi żyjących tam, gdzie brakuje bezpiecznych domów, sprawnej infrastruktury, dostępu do diagnostyki i skutecznego leczenia. Jej ofiarami często padają ci, którzy mają najmniejszy wpływ na decyzje polityczne i gospodarcze: małe dzieci, mieszkańcy odległych wsi, uchodźcy, ludzie przesiedleni przez wojny oraz społeczności żyjące w skrajnym ubóstwie.

Pasożyt nie zna granic społecznych, ale społeczeństwa tworzą warunki, które jednych chronią, a innych pozostawiają bezbronnymi.

Komar może ukłuć zarówno człowieka bogatego, jak i biednego. Różnica zaczyna się później. Jeden śpi pod sprawną moskitierą w domu zabezpieczonym siatkami i klimatyzacją. Drugi w budynku, do którego owady dostają się bez przeszkód. Jeden ma dostęp do profilaktyki, lekarza, testu i odpowiedniego leku. Drugi musi iść wiele kilometrów do najbliższego punktu medycznego, w którym może zabraknąć personelu lub preparatów.

Biologicznie jest to ta sama choroba. Społecznie — nie.

Z tego powodu walka z malarią nigdy nie może ograniczać się do wynalezienia kolejnego leku, środka owadobójczego czy szczepionki. Narzędzie nie ratuje życia, dopóki nie dotrze do człowieka, który go potrzebuje. Sama dostępność technologii w skali świata nie oznacza jej rzeczywistej dostępności w zagrożonej wiosce.

Największą przeszkodą nie zawsze jest brak wiedzy. Często jest nią brak środków, dróg, magazynów, personelu, stabilności politycznej i zaufania społecznego. Niekiedy problemem okazuje się krótkotrwałość programów. Gdy liczba zachorowań spada, maleje zainteresowanie chorobą, ograniczane jest finansowanie, a zbudowane wcześniej systemy zaczynają się rozpadać. Wtedy malaria powraca.

Choroby zakaźne wykorzystują ludzką niekonsekwencję.

Pamięć, która chroni

Gdy zagrożenie słabnie, ludzie szybko zapominają, dlaczego przestało być widoczne. Zanik choroby bywa uznawany za zjawisko naturalne, a nie rezultat wieloletniego wysiłku. Przestaje się dostrzegać pracę laboratoriów, służb sanitarnych, lekarzy, osób prowadzących opryski, dostarczających moskitiery i zbierających dane.

Sukces rodzi paradoks. Im skuteczniejsza profilaktyka, tym mniej widoczna choroba. Im mniej widoczna choroba, tym łatwiej zakwestionować potrzebę dalszego działania.

Historia malarii przypomina, że brak zachorowań nie zawsze świadczy o braku zagrożenia. Może być efektem tego, że system ochrony działa. Gdy zostanie osłabiony, pasożyt i komar mogą szybko odzyskać utraconą przestrzeń.

Dlatego pamięć ma znaczenie praktyczne. Nie służy wyłącznie oddaniu sprawiedliwości dawnym ofiarom i badaczom. Pomaga zrozumieć, dlaczego

konieczne jest podtrzymywanie programów, które na pierwszy rzut oka mogą wydawać się zbędne.

Pamięć powinna obejmować również błędy.

Należy pamiętać o teoriach, które zbyt długo utrzymywały się dzięki autorytetowi ich zwolenników. O leczeniu, które szkodziło pacjentom. O odkryciach ignorowanych przez środowiska naukowe. O eksperymentach przeprowadzanych bez zgody ludzi. O wykorzystywaniu choroby i badań nad nią do celów militarnych. O programach realizowanych bez poszanowania potrzeb lokalnych społeczności. O obietnicach szybkiej eliminacji, które nie uwzględniały złożoności warunków.

Pamięć o sukcesach buduje nadzieję. Pamięć o błędach chroni przed pychą.

Nauka i jej granice

W historii walki z malarią nauka odegrała rolę zasadniczą. To dzięki niej człowiek przestał jedynie obserwować objawy i zaczął rozumieć mechanizm choroby. Dzięki niej możliwe stało się odróżnienie zarodźców, śledzenie ich rozwoju, badanie odporności i projektowanie terapii.

Nauka nie jest jednak zbiorem raz na zawsze ustalonych odpowiedzi. Jest sposobem stawiania pytań, sprawdzania twierdzeń i korygowania błędów. Jej siłą nie jest nieomyślność, lecz zdolność do przyznania, że wcześniejsze wyjaśnienie było niewystarczające.

Historia malarii dobrze ukazuje tę właściwość. Dawne klasyfikacje gorączek zostały zastąpione przez rozpoznanie pasożytów. Później okazało się, że także obraz gatunków zarodźca jest bardziej złożony, niż początkowo przypuszczano. Rozwój genetyki umożliwił dostrzeżenie pokrewieństw i dróg ewolucyjnych niewidocznych dla badaczy korzystających jedynie z mikroskopu. Nowe techniki nadal zmieniają poglądy na pochodzenie pasożytów, ich migracje i przystosowanie do ludzi.

Każda odpowiedź może stać się początkiem kolejnego pytania.

Nauka ma również granice moralne, których sama nie wyznacza. Może powiedzieć, czy określony lek działa, lecz nie rozstrzygnie, komu należy go dostarczyć w pierwszej kolejności. Może stworzyć technologię zmieniającą populację komarów, ale decyzja o jej zastosowaniu wymaga debaty społecznej, prawnej i etycznej. Może przewidzieć ryzyko epidemii, ale nie zmusi władz do działania.

Wiedza daje możliwości. O sposobie ich wykorzystania decydują ludzie.

Dlatego odpowiedzialności za malarię nie można przerzucić wyłącznie na lekarzy i badaczy. Zależy ona również od polityków, instytucji międzynarodowych, gospodarki, mediów i całych społeczeństw. Zależy od tego, czy choroba ludzi żyjących daleko zostanie uznana za wspólny problem, czy też pozostanie nieszczęściem tych, którzy mieli pecha urodzić się w niewłaściwym miejscu.

Człowiek jako uczestnik, a nie obserwator

Przez wieki ludzie postrzegali zarazy jako siłę przychodzącą z zewnątrz. Choroba miała spadać na człowieka jak kara, klęska żywiołowa lub atak obcej natury. W takim obrazie człowiek pozostawał wyłącznie ofiarą.

Malaria uczy, że rzeczywistość jest bardziej skomplikowana.

Człowiek zmienia środowisko, a przez to wpływa na populacje komarów. Buduje tamy, kanały i zbiorniki wodne. Wycina lasy, tworzy pola uprawne, rozwija miasta i zmienia bieg rzek. Niektóre z tych działań ograniczają transmisję, inne stwarzają nowe miejsca rozrodu owadów.

Człowiek przemieszcza pasożyty i komary. Podróżuje, prowadzi wojny, handluje i migruje. Przenosi chorobę do regionów, w których wcześniej jej nie było, albo ponownie wprowadza ją na tereny, z których została usunięta.

Człowiek wpływa także na ewolucję. Nie tworzy opornych pasożytów świadomie, ale niewłaściwe stosowanie leków sprzyja ich selekcji. Nie nakazuje komarom przystosować się do insektycydów, lecz masowe stosowanie jednego środka tworzy warunki, w których przeżywają osobniki mniej wrażliwe.

Nie jesteśmy więc widzami śmiertelnego tańca ludzi, pasożytów i komarów. Jesteśmy jednym z jego uczestników, a zarazem jedynym uczestnikiem zdolnym świadomie zmieniać reguły.

Zdolność ta nie czyni nas jednak wszechmocnymi. Każda ingerencja może wywołać skutki uboczne. Każde rozwiązanie powinno być obserwowane, oceniane i dostosowywane. Potrzebujemy odwagi w wykorzystywaniu nowych możliwości, ale również ostrożności wobec rozwiązań przedstawianych jako proste i ostateczne.

Czy malaria zostanie pokonana?

Pytanie to powraca od chwili, gdy człowiek zrozumiał mechanizm choroby. W XX wieku wielokrotnie wydawało się, że odpowiedź może być twierdząca i bliska. Później nadzieje ustępowały rozczarowaniu. Dziś ponownie dysponujemy narzędziami, które pozwalają myśleć o eliminacji malarii w kolejnych krajach i regionach.

Nie sposób jednak uczciwie podać daty końca choroby.

Możliwe są dalsze udoskonalenia szczepionek. Powstaną zapewne nowe leki i testy. Rozwój biologii molekularnej może umożliwić bardziej precyzyjne oddziaływanie na pasożyta lub komara. Dane satelitarne, modele komputerowe i sztuczna inteligencja mogą usprawnić przewidywanie ognisk choroby oraz kierowanie działań tam, gdzie będą najbardziej potrzebne.

Żadne z tych narzędzi nie zadziała jednak w próżni. Potrzebują sprawnych instytucji, dobrze wyszkolonych ludzi, finansowania i społecznej akceptacji. Potrzebują pokoju, ponieważ wojna niszczy systemy ochrony zdrowia szybciej, niż

można je odbudować. Potrzebują współpracy ponad granicami, gdyż pasożyty i komary nie respektują podziałów politycznych.

Całkowita eliminacja malarii będzie zatem nie tylko osiągnięciem medycyny. Będzie również sprawdzianem zdolności człowieka do długotrwałej współpracy.

Najtrudniejsze może się okazać nie wynalezienie kolejnego preparatu, lecz utrzymanie wysiłku wtedy, gdy pierwsze sukcesy osłabiają poczucie zagrożenia. Historia uczy, że ludzkość potrafi mobilizować się podczas kryzysu, lecz znacznie trudniej przychodzi jej cierpliwa praca przez wiele dziesięcioleci.

Zarodziec nie zna zmęczenia politycznego. Nie traci zainteresowania problemem. Nie zmienia priorytetów budżetowych. Trwa tak długo, jak długo istnieją warunki jego przenoszenia.

Ostatni krok nie należy do jednego pokolenia

Żadna z osób, które przyczyniły się do dzisiejszej wiedzy o malarii, nie stworzyła jej sama. Jedni opisywali rytm gorączek. Inni odkrywali lecznicze właściwości roślin. Ktoś zobaczył pasożyta we krwi. Ktoś wykazał rolę komara. Kolejni badali cykl życiowy, opracowywali leki, konstruowali testy, prowadzili kampanie profilaktyczne i tworzyli szczepionki.

Każde pokolenie otrzymywało część wiedzy od poprzedniego i dodawało własny fragment.

Być może podobnie będzie z końcem malarii. Nie przyniesie go pojedyncze odkrycie ani jeden bohater. Będzie rezultatem tysięcy działań podejmowanych w laboratoriach, przychodniach, szkołach, urzędach, wsiach i domach. Złoży się z decyzji badaczy, pracowników ochrony zdrowia, rodziców zakładających dzieciom moskitiery, osób zgłaszających się na badania i społeczności wspólnie usuwających miejsca rozrodu komarów.

Nie wszystkie te działania zostaną zapisane w historii. Większość ich uczestników pozostanie anonimowa. Tak jednak wygląda rzeczywisty postęp — nie jako pochod kilku wielkich nazwisk, lecz jako suma wysiłków ludzi, którzy często nie wiedzą, czy doczekają ostatecznego rezultatu.

Praca nad chorobami zakaźnymi wymaga gotowości do działania dla przyszłych pokoleń.

Malaria jako zwierciadło

Opowieść o malarii mówi wiele o pasożytach i komarach. Jeszcze więcej mówi jednak o człowieku.

Ukazuje jego bezradność wobec zjawisk, których nie rozumie, ale również zdolność do cierpliwego poznawania świata. Pokazuje, jak łatwo prawdziwe obserwacje mogą zostać zamknięte w błędnych teoriach. Przypomina, że autorytet nie chroni przed pomyłką, a nowa wiedza może być przez długi czas odrzucana.

Historia ta odsłania ludzką pomysłowość i gotowość do współpracy. Jednocześnie przypomina o chciwości, przemocy, nierównościach i wykorzystywaniu nauki do celów wojennych. Pokazuje społeczeństwa zdolne mobilizować ogromne środki dla ratowania życia, ale także takie, które godzą się z masową śmiercią ludzi żyjących poza centrum ich zainteresowania.

Malaria jest więc zwierciadłem. W jej historii odbijają się nasze najlepsze i najgorsze cechy.

Widzimy ciekawość badaczy spoglądających przez mikroskop i pychę tych, którzy sądzili, że jedno narzędzie rozwiąże wszystkie problemy. Widzimy odwagę lekarzy pracujących w warunkach epidemii i obojętność instytucji pozwalających, by zabrakło podstawowych leków. Widzimy solidarność międzynarodowych programów i nierówny podział ich rezultatów.

Nie wystarczy zatem pytać, dlaczego pasożyt jest tak skuteczny. Trzeba również pytać, dlaczego człowiek, mimo dostępnej wiedzy, nie zawsze potrafi jej właściwie użyć.

Lekcja pokory i nadziei

Pisząc o zarazach, łatwo zakończyć opowieść jednym z dwóch sposobów. Można przedstawić człowieka jako zwycięzcę, który dzięki nauce stopniowo podporządkowuje sobie przyrodę. Można też ukazać go jako istotę bezradną wobec sił ewolucji, zawsze spóźnioną o krok za zmieniającym się patogenem.

Oba obrazy są niepełne.

Człowiek nie jest wszechmocny. Nie kontroluje wszystkich skutków swoich działań i nie potrafi przewidzieć każdego kierunku zmian. Zarodziec i komar pozostają częścią świata żywego, który nieustannie się przekształca. Nie ma gwarancji, że dzisiejsze narzędzia zachowają skuteczność w przyszłości.

Nie jesteśmy jednak również bezradni.

Potrafimy rozpoznawać mechanizmy choroby, tworzyć skuteczne środki ochrony i uczyć się na błędach. Potrafimy ograniczać cierpienie i zapobiegać śmierci. Potrafimy wyeliminować malarię z całych regionów. Możemy tworzyć nowe leki, szczepionki i systemy nadzoru. Możemy przekazywać wiedzę szybciej niż kiedykolwiek wcześniej.

Malaria wymaga od nas jednocześnie pokory i nadziei.

Pokory, ponieważ nie istnieje ostateczne rozwiązanie, którego nie trzeba będzie chronić, doskonalić i dostosowywać. Ponieważ każda interwencja może mieć konsekwencje. Ponieważ nauka nie daje nam prawa do lekceważenia natury ani ludzi, których dotyczą podejmowane decyzje.

Nadziei, ponieważ historia pokazuje, że pozornie niemożliwe cele mogą zostać osiągnięte. Przez tysiące lat ludzie nie wiedzieli, co wywołuje malarię. Przez stulecia nie znali roli komara. Przez dziesięciolecia stworzenie szczepionki wydawało się zbyt trudne. Każda z tych granic została przesunięta.

Nie wolno mylić pokory z rezygnacją. Świadomość trudności nie powinna prowadzić do bezczynności, lecz do lepszego przygotowania.

Taniec trwa

W pierwszym tomie cyklu „Człowiek wobec zarazy” opisana została oспа prawdziwa — choroba, której naturalny łańcuch zakażeń udało się przerwać na całym świecie. Jej eliminacja pozostaje jednym z największych dowodów na to, czego może dokonać ludzkość, gdy wiedza naukowa łączy się z konsekwencją i współpracą.

Malaria nie pozwala jeszcze postawić podobnej kropki.

Wciąż rodzą się dzieci, dla których ukłucie zakażonego komara stanie się początkiem śmiertelnej choroby. Wciąż istnieją miejsca, gdzie brakuje testów, leków i moskitier. Wciąż rozwijają się oporne pasożyty i odporne na środki owadobójcze komary. Wciąż wojny, kryzysy i migracje niszczą osiągnięcia budowane przez lata.

Jednocześnie nigdy wcześniej człowiek nie posiadał tak rozległej wiedzy ani tylu narzędzi. Potrafimy badać genomy, obserwować środowisko z kosmosu, przewidywać zagrożenia, szczepić, leczyć i przerywać transmisję. Wiemy, że sama technologia nie wystarczy. Wiemy też, że choroba, którą pozostawi się bez uwagi, może powrócić.

Śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów trwa nadal. Nie jest jednak już tym samym tańcem, który rozpoczął się tysiące lat temu. Człowiek nie porusza się w nim po omacku. Zna wielu jego uczestników, rozpoznaje rytm i potrafi przerwać część kroków.

Nie może jednak pozwolić sobie na przekonanie, że muzyka już ucichła.

Być może przyjdzie dzień, w którym ostatnie naturalne zakażenie malarią zostanie rozpoznane, ostatni chory otrzyma skuteczne leczenie, a ostatni łańcuch transmisji zostanie przerwany. Być może przyszłe pokolenia będą spoglądały na malarię tak, jak my spoglądamy dziś na ospę prawdziwą — jako na dawną plagę, której człowiek nie tylko się przeciwstawił, ale ostatecznie ją pokonał.

Jeżeli tak się stanie, nie będzie to zwycięstwo jednego państwa, laboratorium ani pokolenia. Będzie wspólnym rezultatem ludzi żyjących w różnych częściach świata, często oddzielonych językiem, kulturą i warunkami życia, lecz połączonych jednym celem.

Na razie zakończenie tej historii pozostaje nienapisane.

I właśnie dlatego odpowiedzialność za jego treść należy również do nas.

Bibliografia

Alberth John, *Spektakle masowej śmierci*, Warszawa 2012.

Isaacs David, *Szczepienia: odkrycia medyczne, które zmieniły świat*, Kraków 2022.

Kucharski Adam, *Prawa epidemii: skąd się epidemie biorą i czemu wygasają?*, Warszawa 2020.

Langbein Kurt, Christian Skalnik, Inge Smolek, *Bioterroryzm*, Warszawa 2003.

Malaria w Polsce i na świecie – wczoraj i dziś, pod redakcją Józefa P. Knapa, Przemysław Myjaka, Warszawa 2009.

Cohen William B., *Malaria i imperializm francuski*, Dziennik historii Afryki, Tom. 24, nr 1 (1983).

Vigarello Georges, *Historia zdrowia i choroby. Od średniowiecza do współczesności*, przełożyła: Małgorzata Szymańska, Warszawa 1997.

Historia medycyny, pod red. Tadeusza Brzezińskiego, Warszawa 1995.

Lurka Krystian, *Historyczne uwarunkowania wojen biologicznych i epidemii*, <https://www.termedia.pl/mz/Historyczne-uwarunkowania-wojen-biologicznych-i-epidemii,50391.html>

Keeeling P.J., Rayner J. C., *The origins of malaria: there are more things in heaven and earth ...* <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4413824/>

Francis EG Cox, *Historia odkrycia pasożytów malarii i ich wektorów.* <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-3-5>

Francesco M. Galassi, *Nagła śmierć Alaryka I (ok. 370–410 n.e.), pogromcy Rzymu: opowieść o malarii i braku odporności.* Marzec 2016 Europejskie czasopismo medycyny wewnętrznej 31. DOI: 10.1016/j.ejim.2016.02.020

Jonas E Mertens, *A History of Malaria and Conflict.* Parasitol Res. 2024 Mar 20;123(3):165. doi: [10.1007/s00436-024-08167-4](https://doi.org/10.1007/s00436-024-08167-4)

Dana Vergano, *Nazistowscy naukowcy mogli zaplanować wojnę z komarami wywołującymi malarię.* <https://www.nationalgeographic.com/science/article/140130-nazi-biological-weapons-biowarfare-mosquito-malaria-history>

Robert Sallares, Abigail Bouwman, Cecilia Anderung, *The Spread of Malaria to Southern Europe in Antiquity: New Approaches to Old Problems.* <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC547919/>

Akanksha Gupta, *Ocena starożytnej historii i kultury Indii w kontekście środków kontroli malarii w oparciu o tradycyjny system wiedzy.* https://www.academia.edu/8147785/Evaluating_Ancient_Indian_History_and_Culture_towards_Malaria_Control_Measures_Based_on_Traditional_Knowledge_System

Erik J. Scully, Weimin Liu, Yingying Li, Jean-Bosco N. Ndjango, Martine Peeters, Shadrack Kamenya, Anne E. Pusey, Elizabeth V. Lonsdorf, Crickette M. Sanz, David B. Morgan, Alex K. Piel, Fiona A. Stewart, Mary K. Gonder, Nicole Simmons, Caroline Asiimwe, Klaus Zuberbühler, Kathelijne Koops, Colin A. Chapman, Rebecca Chancellor, Aaron Rundus, Michael A. Huffman, Nathan D. Wolfe, Manoj T. Duraisingh, Beatrice H. Hahn i Richard W. Wrangham, *The ecology and epidemiology of malaria parasitism in wild chimpanzee reservoirs,* <https://www.nature.com/articles/s42003-022-03962-0>

Sri Riyati Sugiarto, Diana Natalia, Dayang Shuaisah Awang Mohamad, Nawal Rosli, Wendy A. Davis, J. Kevin Baird, Balbir Singh, Iqbal Elyazar, Paul C. S. Davis i Timothy M. E. Davis, *A survey of simian „Plasmodium” infections in humans in West Kalimantan, Indonesia,* <https://www.nature.com/articles/s41598-022-21570-0>

Książka *Człowiek wobec zarazy. Malaria – śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów* została opracowana przy wsparciu narzędzi sztucznej inteligencji (AI – ChatGPT). Ostateczna treść została zweryfikowana i zatwierdzona przez autora.



Książka *Człowiek wobec zarazy. Malaria – śmiertelny taniec ludzi, pasożytów i komarów* [jest dostępna na Licencji Creative Commons, Uznanie autorstwa_Bez utworów zależnych 3,0 Polska](#)

kod_kreskowy_9788398206419



kod_qr_9788398206419.pdf

