

wpływu globalnych zmian klimatu na obecnie żyjące populacje w odniesieniu do historii ich gatunku.

Podczas tworzenia modeli czy symulacji prawdopodobnego „scenariusza” rekolonizacji nie należy zapominać o czynniku antropogenicznym. Niektóre gatunki wymagały w trakcie zasiedlania nowych terenów „pomocy” człowieka. Badania paleontologiczne przeprowadzone na terenie wysp Orkney (Wielka Brytania) nie wykazały obecności współcześnie powszechnie występującego na tych terenach nornika zwyczajnego *Microtus arvalis*, zarówno w trakcie, jak i po ustąpieniu lodowca. Znajomość ekologii tego gatunku (związany jest z polami uprawnymi) nasunęła myśl o zawleczeniu go przez człowieka z innych terenów Europy, np. podczas transportu zboża lub zwierząt hodowlanych. Potwierdziła to analiza mitochondrialnej sekwencji cytochromu b – odnaleziony na wyspach Orkney haplotyp okazał się odpowiadać haplotypowi linii zachodniej, zamieszkującej tereny Belgii i Francji.

Odkrycie i potwierdzenie istnienia refugium północnych można uznać za przełom w analizach filogenetycznych. Droga z refugium karpaccich w rejony Morza Bałtyckiego może być nawet o połowę krótsza niż z refugium śródziemnomorskich. Dane te zgodne są z faktem, iż na terenie np. południowych Niemiec małe ssaki czy przedstawiciele rodziny łasicowatych nie tylko pojawiły się bardzo szybko po ustąpieniu

lodowca, ale i występowały na tym terenie tymczasowo w okresach krótkich ociepleń klimatu. Zaobserwowane szybsze zasiedlanie niektórych obszarów przez określoną linię filogenetyczną skutkowało dominacją właśnie tych alleli, które owa linia reprezentowała.

Interesującym przykładem, o którym również warto wspomnieć w tym artykule jest historia ewolucyjna i filogeografia wilka *Canis lupus*. Analizy molekularne przeprowadzone w 2010 roku wykazały istnienie dwóch haplogrup, geograficznie częściowo zachodzących na siebie, występujących z różną frekwencją w różnych populacjach. Obie haplogrupy występują na terenie Eurazji, ale tylko haplogrupa 1 występuje we współczesnych północnoamerykańskich populacjach wilków. Z kolei analiza kopalnych osobników europejskich (44 000–1200 lat temu) wykazała istnienie w tych populacjach jedynie haplogrupy 2, współcześnie stopniowo wypieranej przez haplogrupę 1.

Opracowanie pełnego, dokładnego i akceptowanego przez wszystkich filogeografów „scenariusza” rekolonizacji Europy nie jest jeszcze możliwe. Dotychczasowe hipotezy wciąż budzą kontrowersje i wymagają intensywnego poszukiwania nowych danych paleontologicznych i genetycznych. Być może już niedługo umożliwią one opracowanie pełniejszego modelu, wyjaśniającego w satysfakcjonujący sposób post-glacialną historię kontynentu.

■ Mgr Joanna Stojak, Instytut Biologii Ssaków Polskiej Akademii Nauk, Białowieża. E-mail: jstojak@ibs.bialowieza.pl.

## Z CZEGO WYNIKA ZRÓŻNICOWANIE CECH PIGMENTACYJNYCH LUDZI?

*Agnieszka Augustyn (Kraków)*

Łatwość podróżowania w dzisiejszych czasach czy też częste migracje z powodów ekonomicznych to tylko niektóre z czynników, które powodują, że coraz częściej na ulicach spotykamy ludzi bardzo różniących się barwą czy też odcieniem skóry, włosów, oczu. Na pewno zastanawialiśmy się nie raz, z czego to zróżnicowanie wynika. Odpowiedzi na to pytanie, przynajmniej częściowo, powinna dostarczyć czytelnikowi lektura tego artykułu.

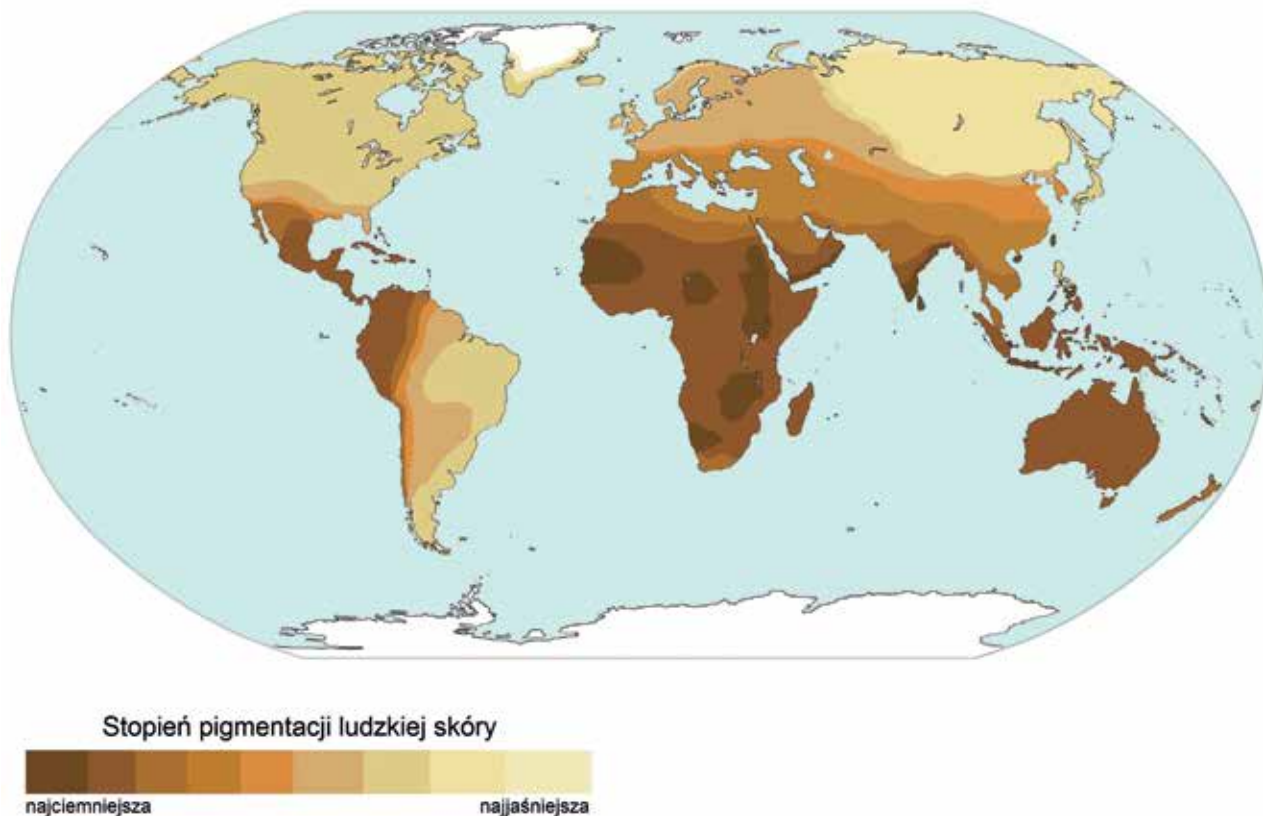
Zróżnicowanie barwy skóry jest jedną z najbardziej charakterystycznych cech człowieka współczesnego. W połowie XVIII wieku John Mitchel, a później Samuel Stanhope Smith, zauważyli, że natężenie koloru skóry człowieka ma układ

równoleżnikowy – od ciemnoskórych mieszkańców okolic równika do coraz słabiej pigmentowanych populacji zamieszkujących tereny na północ i południe od niego. Natężenie pigmentacji skóry populacji zamieszkujących różne regiony świata przedstawia poniższa mapa (ryc. 1).

Początkowo fakt występowania równoleżnikowego gradientu pigmentacji skóry wiązano z różnicami w temperaturze w różnych strefach klimatycznych. Jednak w wieku XX wskazano, że różnice w pigmentacji są powiązane z natężeniem promieniowania ultrafioletowego (UV), jakie dociera do poszczególnych okolic Ziemi, bardziej niż z jakimkolwiek innym czynnikiem środowiskowym. Rozwój metod

badawczych pozwolił na wykonanie precyzyjnych testów, które potwierdziły wysoką korelację pomiędzy gradientem pigmentacji ludzkiej skóry, a gradientem promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi.

do powstawania zmian nowotworowych skóry. Jednak niewielka ilość ultrafioletu (dokładnie UVB) jest konieczna, aby w powierzchniowych warstwach skóry mogła być zainicjowana biosynteza witaminy D. Niedobór witaminy D prowadzi do krzywicy



Ryc. 1. Dystrybucja pigmentacji skóry w populacjach ludzkich. Dane na podstawie Encyclopedia Britannica.

Promieniowanie UV możemy ogólnie podzielić na UVA, UVB i UVC. Promieniowanie UVC, o długości fali 100–280 nm, jest całkowicie absorbowane w powierzchniowych warstwach atmosfery i na powierzchnię Ziemi nie dociera. Dociera natomiast niewielka część promieniowania UVB, to znaczy promieniowania o długości fali 280–315 nm, która nie zostaje wcześniej zaabsorbowana przez tlen, ozon i cząsteczki wody w atmosferze. 97% promieniowania ultrafioletowego docierającego na powierzchnię Ziemi stanowi natomiast promieniowanie UVA, którego długość fali mieści się w zakresie 315–400 nm. Różnice w ilości promieniowania UVA docierającego do różnych części świata przedstawia rycina 2.

Porównanie obydwu rycin pozwala stwierdzić, że natężenie promieniowania UV i natężenie barwy skóry charakteryzują się podobnym układem równoleżnikowym. Im dalej od równika tym mniejsze natężenie promieniowania ultrafioletowego i tym jaśniejsza pigmentacja.

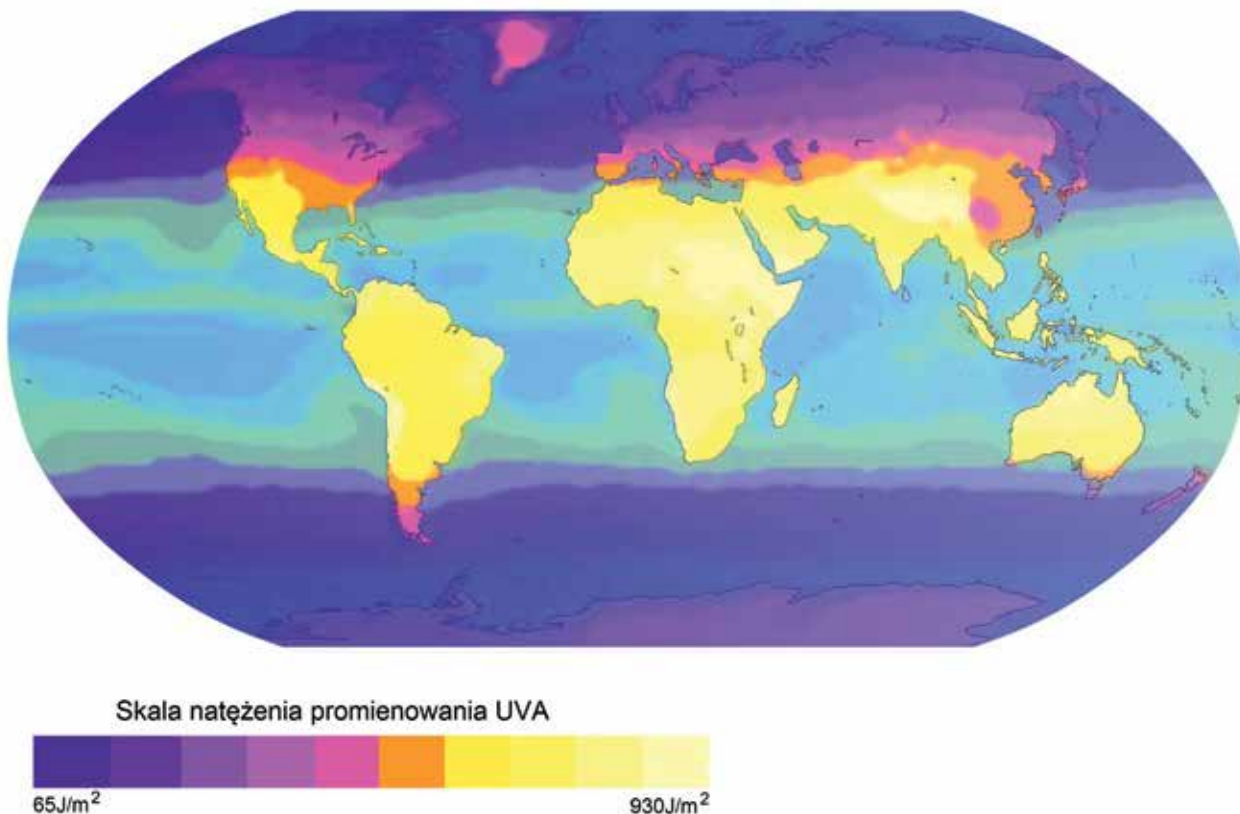
Nadmierna ekspozycja na promieniowanie UV powoduje oparzenia słoneczne oraz przyczynia się

u dzieci oraz do ubytku masy kostnej i osteoporozy u dorosłych. Historia pokazuje, że problem krzywicy był niesłychanie poważny i urósł do skali epidemii w XIX-wiecznej Północnej Europie, a szczególnie na terenie Anglii, stąd często nazywana była ona chorobą angielską. W XX wieku wyjaśniono etiologię krzywicy, co umożliwiło zapobieganie jej. Witamina D, oprócz wpływu na metabolizm kości, ma również znaczenie w prawidłowej gospodarce wapniowej, powstawaniu i funkcjonowaniu odporności wrodzonej, a także w prawidłowym działaniu trzustki, mózgu i serca. Stąd też rozwój dziecka w warunkach awitaminozy D jest zaburzony nie tylko na poziomie układu kostnego.

Na wydajność procesu fotobiosyntezy witaminy D wpływa melanina. Pełni ona funkcję naturalnego filtra w skórze człowieka, który pochłania promieniowanie UVA oraz UVB. W skórze jasno pigmentowanej proces fotobiosyntezy witaminy D jest 5–10 razy bardziej efektywny niż w przypadku skóry czarnej. Ponadto na efektywność tego procesu wpływają inne czynniki, takie jak: wiek osoby, jej wrażliwość

na słońce, powierzchnia skóry bezpośrednio poddawana działaniu promieniowania słonecznego, a także pora dnia, pora roku. Dlatego też nie ma prostej odpowiedzi na pytanie jaki czas ekspozycji na Słońce jest wystarczający dla pokrycia dziennego zapotrzebowania na witaminę D. Biały mieszkaniec Bostonu

spożywczych. Najwięcej jej występuje w rybach żyjących w naturalnym środowisku, niestety w wielu regionach świata są one trudno dostępne. Dlatego też powszechne jest wzbogacanie mleka i produktów mlecznych witaminą D. Jednak i te zabiegi nie rozwiązują w pełni problemu niedoboru witaminy D



Ryc. 2. Średnioroczne natężenie promieniowania UVA (380nm). Intensywność kolorów odpowiada gradientowi promieniowania od ciemnoniebieskiego (65 J/m<sup>2</sup>) do białozółtego (930 J/m<sup>2</sup>) w 10 etapach (skala dotyczy tylko lądów). Dane na podstawie Jablonski i Chaplin 2010.

w średnim wieku, o przeciętnej wrażliwości na słońce (zauważalne efekty opalania skóry po 30 minutach), przebywając na zewnątrz w lipcowe popołudnie z odkrytą twarzą i rękami, potrzebuje 10–15 minut aby w organizmie powstała ilość witaminy D równoważna dziennej dawce. Głównym źródłem witaminy D dla ludzi jest produkcja skórna, jednak nie we wszystkich regionach geograficznych i nie o każdej porze roku ilość promieniowania UVB jest wystarczająca do zapewnienia organizmowi syntezy tej witaminy na odpowiednim poziomie. U bardzo ciemno pigmentowanych ludzi wysokie stężenie melaniny w skórze pochłania znaczną część UVB i obniża produkcję witaminy D nawet 10 krotnie (w porównaniu z populacjami jasnoskórymi). Z kolei w populacjach jasnych powszechne jest stosowanie kremów z filtrem przeciwsłonecznym w celu ochrony przed oparzeniami słonecznymi i rakiem skóry, czego efektem jest też niestety obniżenie biosyntezy witaminy D. Często jest więc potrzebna suplementacja witaminą D, która jest obecna jedynie w niektórych produktach

i nadal jest on ważnym zagadnieniem zdrowia publicznego.

Przez prawie cały XX wiek w świecie nauki dominowały hipotezy mówiące o tym, że ciemna skóra u ludzi jest ochroną przed oparzeniami słonecznymi, rakiem skóry oraz hiperwitaminozą witaminy D. Późniejsze badania dowiodły, że oparzenia słoneczne i podatność na raka skóry mają znikomy wpływ na sukces reprodukcyjny człowieka, więc nie mogły być czynnikiem selekcyjnym, dzięki któremu utrzymała się ciemna pigmentacja. Z kolei nadmierna produkcja witaminy D w skórze jest fizjologicznie niemożliwa, ponieważ istnieje mechanizm fotobiochemiczny umożliwiający rozkład nadmiaru tworzonej w powierzchniowych warstwach skóry prowitaminy D, a brak tej prowitaminy uniemożliwia produkcję witaminy D. W roku 2000 Jablonski i Chaplin wysunuli teorię kwasu foliowego, która mówi o tym, że kwas foliowy obecny w podskórnych naczyniach krwionośnych ulega degradacji pod wpływem nadmiernej ilości promieniowania UV. Płód rozwijający się

w warunkach niedoboru kwasu foliowego doznaje zazwyczaj poważnych uszkodzeń cewy nerwowej. Kwas foliowy jest również ważny dla szybko dzielących się komórek, dlatego wpływa na płodność nie tylko kobiet, ale i mężczyzn. Niedobór kwasu foliowego upośledza też mechanizmy naprawiające fotoszkodzenia w DNA. Jest to zatem niebywale silny czynnik selekcyjny, który spowodował, że ewolucja człowieka poszła w kierunku wytworzenia ochrony kwasu foliowego, a więc fenotyp ciemno pigmentowanej skóry jest powszechny w rejonach geograficznych, na które dociera największa ilość promieniowania UV w przeliczeniu na jednostkę powierzchni.

Występowanie u ludzi słabo pigmentowanej, jasnej skóry jest natomiast związane z omówioną wcześniej syntezą witaminy D, a dokładnie z umożliwieniem wniknięcia do skóry odpowiednich ilości promieniowania UVB. Skłonność do występowania zjawiska sezonowej zmiany karnacji skóry, czyli do opalania się, również ma związek z natężeniem nasłonecznienia. Jedną z hipotez mówi o tym, że opalanie to adaptacja związana z przemieszczaniem się na tereny o zróżnicowanym nasłonecznieniu, bowiem zmienna ilość pigmentu pozwalała na odpowiednie dostosowanie do warunków wysokiego lub niskiego natężenia promieniowania UVB. Opalanie pełni taką funkcję u osób zamieszkujących na stałe strefy o zmiennym klimacie, gdzie sezonowo występują duże wahania nasłonecznienia. W porach roku o zwiększonym natężeniu promieniowania UV wzrost stężenia melaniny chroni przed ryzykiem degradacji kwasu foliowego. Jasna skóra w okresie niskiego natężenia tego promieniowania zapewnia natomiast odpowiedni poziom fotobiosyntezy witaminy D.

Z badań nad barwą skóry wywnioskowano również, że jest to jedna z cech dymorficznych. Kobiety mają jaśniejszą skórę niż mężczyźni. Prawdopodobnie jest to związane z tym, że kobiety w okresie ciąży i laktacji mają zwiększone zapotrzebowanie na witaminę D, a jaśniejsza skóra umożliwia im przepuszczenie większej ilości promieni UV, a więc skuteczniejszą fotobiosyntezę witaminy D.

Istnieją również inne, mniej popularne hipotezy dotyczące zróżnicowania barw skóry człowieka, nie związane z promieniowaniem UV. Są one niejako uzupełnieniem hipotezy kwasu foliowego, która niewątpliwie najpełniej wyjaśnia to zagadnienie. Jedną z nich zakłada, że barwa skóry może być skorelowana z ilością patogenów występujących w środowisku, ponieważ melanina jest integralną częścią układu odpornościowego. Inna hipoteza, zwana hipotezą doboru płciowego, zakłada, że czynnikiem selekcyjnym, który spowodował geograficzne zróżnicowanie

pigmentacji skóry człowieka, były tylko i wyłącznie odmienne preferencje ludzi co do barwy skóry partnera.

Do cech pigmentacyjnych człowieka zaliczamy również barwę oczu i włosów, ale nie są one tak bardzo związane z natężeniem nasłonecznienia jak barwa skóry. Mimo to charakteryzują się określonym geograficznie rozmieszczeniem na świecie, podobnym jak natężenie pigmentacji skóry. Wynika to w pewnym stopniu z faktu, że są one ze sobą genetycznie sprzężone i wszystkie zależą głównie od stężenia melaniny. Większość populacji ludzkich charakteryzuje się ciemnymi tęczówkami i ciemną barwą włosów. Włosy o odcieniach blond są spotykane głównie w Północnej Europie, ale również często w Australii i Melanezji. Włosy rude najczęściej występują wśród mieszkańców Irlandii i Wielkiej Brytanii. Barwa włosów najprawdopodobniej nie ma znaczenia adaptacyjnego, jednak istotny może być ich kształt. Mianowicie włosy typu fil-fil występują tylko na terenach tropikalnych, ponieważ zapewniają ocienienie skóry głowy oraz odparowywanie potu z przestrzeni pomiędzy kępkami włosów, co stanowi ochronę przed przegrzaniem mózgu. Włosy kędzierzawe powodują utworzenie warstwy powietrza pomiędzy skrajem włosów a czaszką o w miarę stałej temperaturze, co może zabezpieczać przed przegrzaniem głowy. Stąd też spotykamy je u ludzi żyjących w klimatach gorących. W klimacie umiarkowanym zwykle obserwuje się włosy proste lub falowane czy nawet kędzierzawe, bowiem kształt włosów nie ma tu istotnego znaczenia przystosowawczego.

Jasne tęczówki (szare, niebieskie, zielone) spotykane są najczęściej w Północnej Europie, ale również, choć rzadko, w Północnej Afryce, na Środkowym Wschodzie, w Zachodniej i Południowej Azji. Ciemna barwa tęczówki oka (brązowa, czarna) może mieć znaczenie adaptacyjne. Występuje w populacjach żyjących tam, gdzie światło słoneczne jest jaskrawe – w strefie podzwrotnikowej oraz na terenach pokrytych śniegiem przez znaczną część roku. Ich zadaniem jest ochrona siatkówki przed skutkami szkodliwego dla pręcików i czopków promieniowania UV.

Należy pamiętać, że powstanie określonej adaptacji jest spowodowane często nie jednym czynnikiem środowiskowym, lecz zespołem czynników. Na zróżnicowanie cech pigmentacyjnych największy wpływ miało opisane tu promieniowanie UV, z całą pewnością jednak na ten efekt nałożyły się również w pewnym stopniu inne czynniki biologiczne, jak i pozabiologiczne. W dzisiejszych czasach to właśnie czynniki pozabiologiczne w istotny sposób kształtują zróżnicowanie między populacyjne człowieka.

Rozwój kultury, nauki i techniki spowodował zmiany w sposobach adaptacji do środowiska (choćby poprzez zakładanie odzieży chroniącej przed nadmiernym promieniowaniem słonecznym, czy używanie kremów z filtrem) oraz w zachowaniach demograficznych (np. stosowanie środków antykoncepcyjnych,

leczenie wielu chorób). Dobór naturalny u człowieka odgrywa coraz mniejszą rolę. Ewolucja biologiczna przekształciła się w ewolucję biokulturową, a następnie w ewolucję kulturową, która prowadzi do zacierania się różnic międzypopulacyjnych powstałych tysiące lat temu.

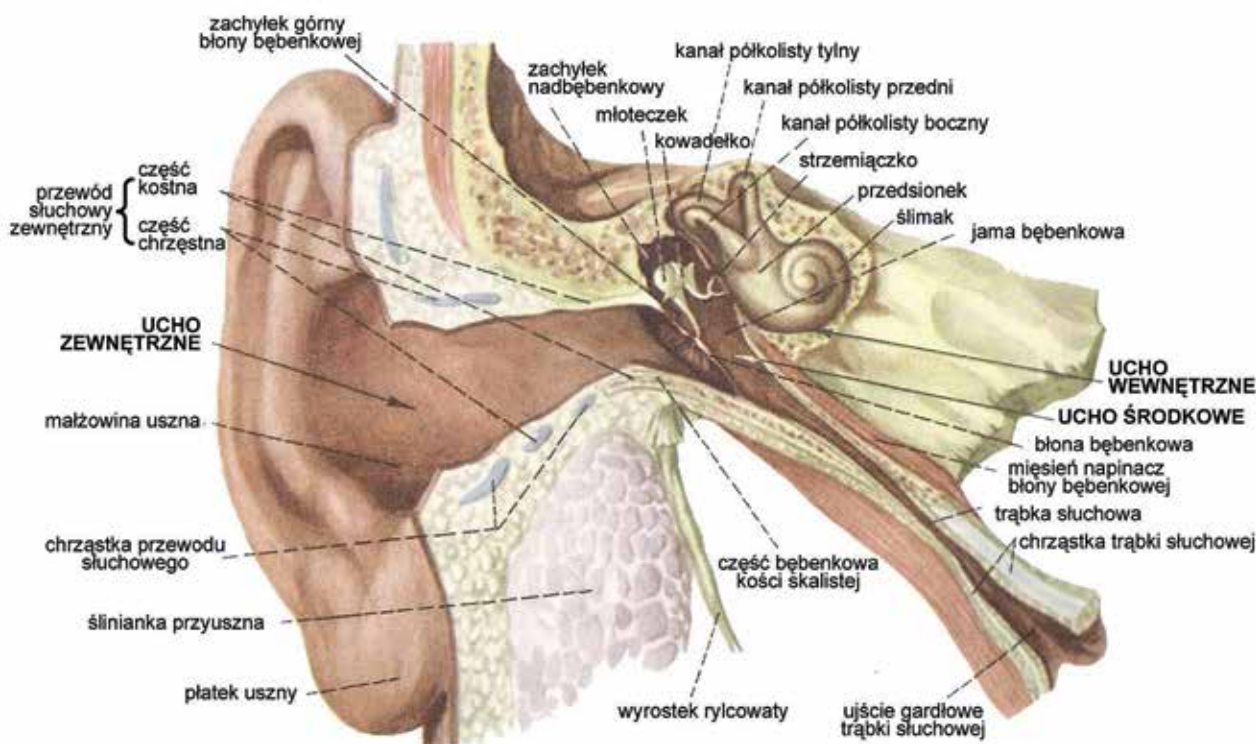
Agnieszka Augustyn, licencjat biologii, Zakład Antropologii Instytutu Zoologii, Uniwersytet Jagielloński. E-mail: agnieszka.augustyn@uj.edu.pl.  
Promotor: dr hab. Krzysztof Szostek, e-mail: krzysztof.szostek@uj.edu.pl.

## GŁUCHOTA I WPŁYW JĘZYKA MIGOWEGO NA FUNKCJONOWANIE MÓZGU

*Izabela Solarz (Kraków)*

Głuchota i Głusi są w społeczeństwie od zawsze. Informacje o nich można znaleźć nawet w tekstach starożytnej Mezopotamii. Niemniej do czasu powstania szkół dla osób Głuchych, te przekazy były two-

żym z wadą słuchu decyduje się na operację wszczepienia implantu ślimakowego lub na używanie aparatu, natomiast osoby słyszące mogą uczęszczać na kursy języka migowego.



Ryc. 1. Schemat budowy anatomicznej ucha człowieka. Źródło: e-audiologia.pl.

żone wyłącznie przez osoby słyszące. Wychodzenie z niebytu przez osoby Głuche zapoczątkował ksiądz Charles-Michael de l'Epee, założyciel szkół dla osób niesłyszących i propagator używania naturalnego języka migowego, który żył i działał w XVIII wieku.

Obecnie głuchota nie zamyka już drogi do edukacji czy uczestnictwa w życiu społeczeństwa. Część osób

### Czym jest głuchota

Utrata słuchu to niezdolność do odbierania bodźców akustycznych. Może być spowodowana zaburzeniem przekazywania dźwięków do ucha wewnętrznego lub uszkodzeniem narządu słuchu lub szlaku nerwowego. Z takim uszkodzeniem można się