



Wykorzystanie badań DNA w sądownictwie

Wykorzystanie badań DNA w sądownictwie

Rozwój badań DNA znacznie usprawnił pracę służb zajmujących się poszukiwaniem przestępców, gdyż do zidentyfikowania ofiary lub sprawcy czynu karalnego wystarczy najdrobniejszy ślad biologiczny. Posiadając informacje zawarte w kodzie genetycznym, nie tylko łatwiej i z większą skutecznością rozwiązuje się zagadki kryminalne, ale też ustala ojcostwo czy poddaje rozpoznaniu osoby zaginione.



Pobranie materiału do badań genetycznych.

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- budowę i rolę DNA.

Twoje cele

- Wyjaśnisz na czym polega przeprowadzenie testu na potwierdzenie ojcostwa.
- Omówisz zasady identyfikacji osób.
- Opisziesz zastosowania metod molekularnych w sądownictwie.

- Ocenisz przydatność badań DNA.

1. Ustalanie ojcostwa

Obecnie, głównie dzięki badaniom podjętym w ramach projektu poznania ludzkiego genomu, znamy kilka milionów [markerów](#) DNA. Są to krótkie, unikalne, bardzo zmienne w populacji ludzkiej sekwencje genetyczne. Gdy takie wyjątkowe sekwencje występują u 2 osób, świadczy to o ich pokrewieństwie.

Badanie ojcostwa wymaga pobrania materiału genetycznego od dziecka oraz domniemanego ojca. Próbkę pozyskiwana jest najczęściej bezboleśnie w postaci wymazu z jamy ustnej, z wewnętrznej strony policzka. Na wacik trafia wówczas ślina wraz ze złuszczonej komórkami naskórka. W niektórych pracowniach analitycznych do badań pobiera się krew.

Ustalenie ojcostwa jest możliwe jeszcze przed narodzeniem dziecka. W tym celu wykonuje się amniopunkcję – pobranie płynu owodniowego, który otacza płód. Płyn ten zawiera złuszczone komórki płodu, z których można wyizolować DNA i przeprowadzić testy na ojcostwo. Zabieg amniopunkcji to jednak zabieg inwazyjny i nie wykonuje się go rutynowo. Testy DNA cechuje wiarygodność sięgająca 99,9995%.

Wykorzystując materiał genetyczny domniemanego ojca i dziecka, tworzy się i porównuje ich [profile genetyczne](#). Jeśli powtarzają się w nich tylko 1 lub 2 markery, wówczas ojcostwo jest wykluczane. Jeśli mężczyzna i dziecko mają wszystkie markery takie same, musi zostać przeprowadzona jeszcze analiza statystyczna częstości ich występowania w populacji. Ma ona wpływ na ocenę prawdopodobieństwa ojcostwa. Biologicznym ojcem dziecka mógłby być krewny badanego mężczyzny, a nawet człowiek niespokrewniony z badanym, mający podobny zestaw genów (co jednak zdarza się niezwykle rzadko).

Aby wykonać test genetyczny, próbki pobrane od dziecka, matki i domniemanego ojca należy poddać tak zwanej **restrykcji**, czyli pociąć na krótsze fragmenty DNA.

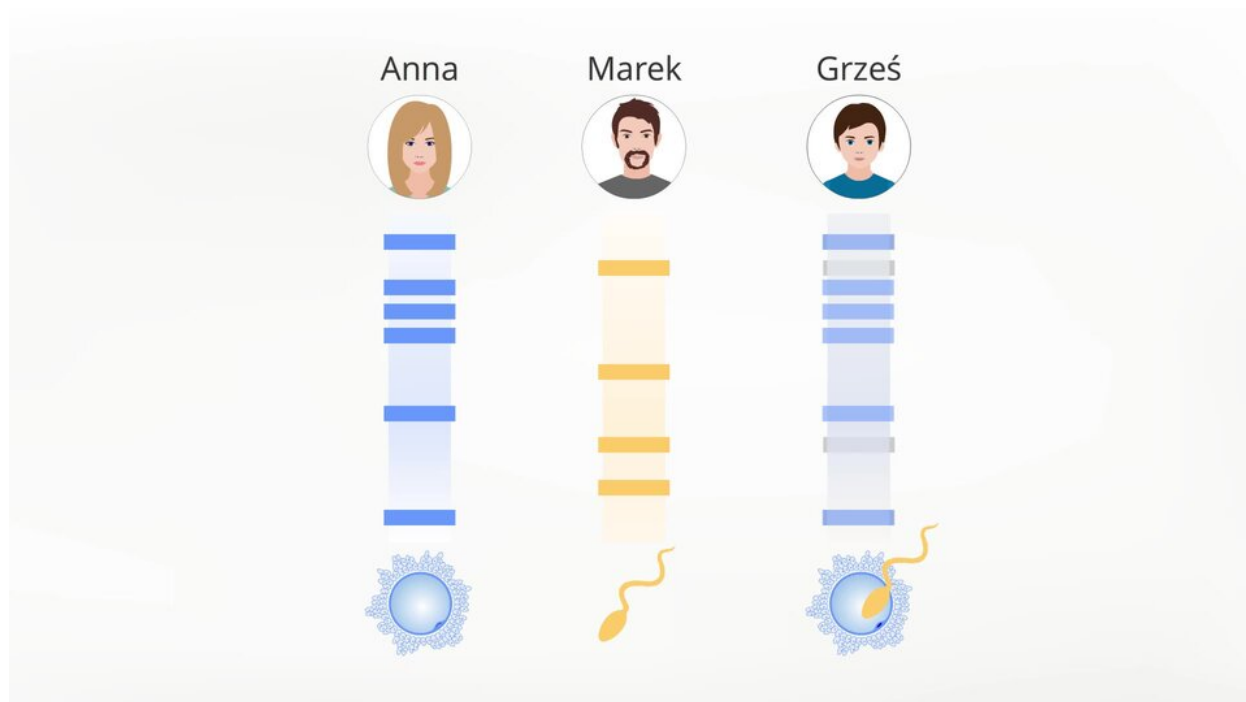
Enzymy, które są do tego wykorzystywane rozpoznają konkretne kilkunukleotydowe sekwencje DNA. Ponieważ wszyscy różnimy się sekwencją DNA, miejsca rozpoznawane przez enzymy restrykcyjne wypadają u każdego w różnych miejscach genomu. A więc po trawieniu tymi samymi enzymami DNA różnych osób powstają fragmenty DNA o różnych długościach.

Następnie należy przeprowadzić elektroforezę. Pocięte fragmenty DNA należy nałożyć na specjalny żel do ich wizualizacji, a następnie podłączyć napięcie. Pod wpływem energii elektrycznej fragmenty DNA przemieszczają się w żelu z szybkością zależną od ich masy, a więc od ich długości. W efekcie uzyskujemy prążki DNA rozmieszczone na różnych wysokościach. Zasada działania urządzenia przypomina chromatografię bibułową. Na koniec, w specjalnej komorze podłączonej do komputera, wykonuje się zapis rozmieszczenia pasków w próbkach.

Ćwiczenie 1

Animacja poniżej pokazuje wyniki badań genetycznych w rodzinie Anny i Marka. Zapoznaj się z nią, odpowiedz na pytanie postawione na końcu filmu, a odpowiedź uzasadnij.

Trwa wczytywanie danych ..



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R1dERVyS6JHFN](https://preview/resource/R1dERVyS6JHFN)

Rodzina Anny i Marka.

Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film przedstawia profile genetyczne rodziny Anny i Marka.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

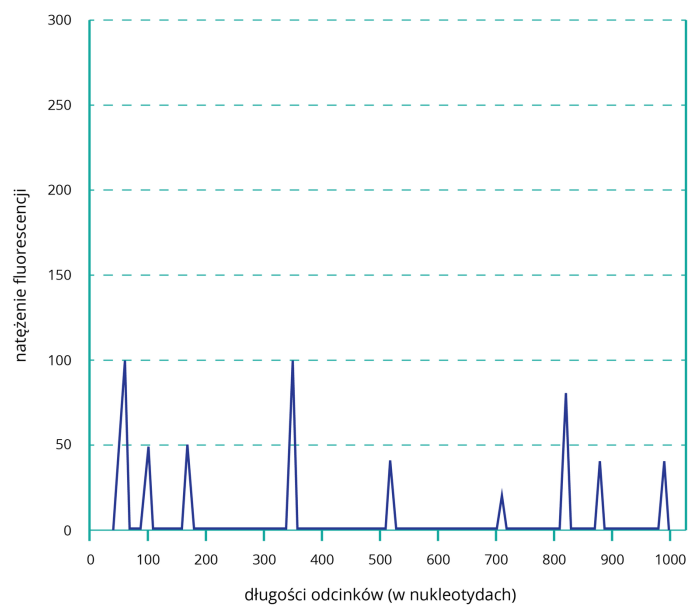
2. Mikroślady biologiczne na miejscu przestępstwa

Badania DNA stosuje się powszechnie do identyfikacji przestępców, jeśli tylko pozostawili oni na miejscu przestępstwa swój materiał genetyczny. Śledczym wystarczy nawet ślina w gumie do żucia albo ślad na szklance lub ustniku papierosa. Kryminaliści muszą go odszukać, a następnie zabezpieczyć pobraną próbkę tak, by nie zanieczyścić jej innym DNA (np. swoim własnym). Materiały biologiczne wykorzystywane do badań DNA w sądownictwie to:

- włosy,
- resztki tkanki spod paznokci ofiary (zbierające się w momencie podrapania sprawcy),
- krew,
- pot,
- wydzieliny z nosa,
- ślina,
- nasienie.

Identyfikacja osoby na podstawie materiału biologicznego jest możliwa wtedy, gdy jej dane znajdują się już w bazach danych DNA, tworzonych od lat przez organy ścigania w wielu krajach. Według danych statystycznych z 2022 roku, baza danych Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Komendy Głównej Policji w Warszawie liczy ok. 177500 profili.

Do sporządzania profili DNA służą wzorce zawierające wybrane, charakterystyczne sekwencje DNA połączone z markerami (znacznikami fluorescencyjnymi). Na wzorzec nanosi się próbkę poddawaną identyfikacji. Jeżeli wzorzec i próbka zawierają takie same fragmenty materiału genetycznego, te łączą się ze sobą na zasadzie komplementarności. Powoduje to wyemitowanie światła przez marker. Wynik odczytywany jest w mikroskopie fluorescencyjnym i zapisywany w postaci wykresu.

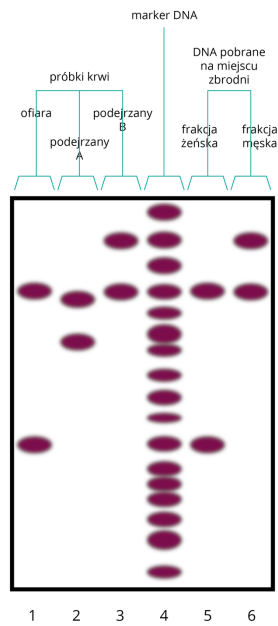


Przykładowy profil genetyczny.

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 1

Na miejscu zbrodni pobrano materiał biologiczny ze śladów krwi niezidentyfikowanych osób. Następnie pobrano krew od ofiary przestępstwa (kobiety) i 2 podejrzanych mężczyzn. W jednej z próbek krwi pochodzącej z miejsca zbrodni i próbce pobranej od poszkodowanej kobiety prążki DNA są na tej samej wysokości, zatem pierwsza z badanych próbek krwi pochodzi od ofiary. Cechy DNA podejrzanego B są zgodne z drugą próbką krwi pobraną na miejscu przestępstwa.



Wyniki wizualizacji testu pozwalającego na ustalenie sprawcy przestępstwa.

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Pierwszy na świecie proces, w którym wykorzystano metodę badań DNA do ustalenia winy podejrzanego odbył się w roku 1986 w Wielkiej Brytanii. Policyjni eksperci po zbadaniu próbek pochodzących z dwóch miejsc zbrodni – z 1983 i 1986 roku – i po masowym badaniu 5 tys. mężczyzn zidentyfikowali mordercę, którym okazał się Colin Pitchfork. Dzięki technice udało się udowodnić winę przestępcy. W efekcie, w 1988 roku mężczyzna został skazany na 30 lat pozbawienia wolności.

3. Identyfikacja osób zaginionych

Badania DNA prowadzone są rutynowo w sytuacji odnalezienia osoby o nieznanym tożsamości oraz szczątków ludzkich. Podejmuje się je zwłaszcza wtedy, gdy nie można pobrać odcisków palców lub nie ma odcisków palców tej osoby w bazach danych. Typuje się wtedy wśród zaginionych osoby tej samej płci i wieku, a następnie pozyskuje od ich rodzin materiał biologiczny znajdujący się na przykład na grzebieniu z włosami albo na chusteczce higienicznej, używanej wcześniej przez osobę o nieznanym losie.

Pracownicy laboratorium po zbadaniu DNA pochodzącego od osoby nieznannej oraz DNA otrzymanego od rodziny zaginionego są w stanie potwierdzić lub wykluczyć tożsamość.

Badania genetyczne mające na celu identyfikację osób również polegają na analizie restrykcyjnej i elektroforezie DNA, a następnie na porównaniu uzyskanych prążków.

Badania genetyczne znajdują zastosowanie również w przypadkach identyfikacji ofiar z masowych grobów lub katastrof. Na wielką skalę zastosowano je po zamachu na wieżę World Trade Center w Nowym Jorku, w którym zginęły prawie 3 tysiące osób. Zgromadzono przeszło 20 tysięcy niezidentyfikowanych szczątków ludzkich, które następnie poddano badaniu. Stworzono specjalną bazę informacji zawierającą DNA osób zaginionych i materiały porównawcze (DNA pochodzące od osób spokrewnionych z ofiarami). Badania trwały do roku 2015. Udało się określić tożsamość 60% ofiar.



Masowy grób w Azerbejdżanie.

Źródło: Mario Modesto Mata, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Badania genetyczne znajdują także zastosowanie w identyfikacji ofiar wypadków, np. katastrof górniczych. Wykorzystuje się je także w celu poznania tożsamości szczątków pochodzących sprzed kilkudziesięciu lub nawet kilkuset lat. Materiał

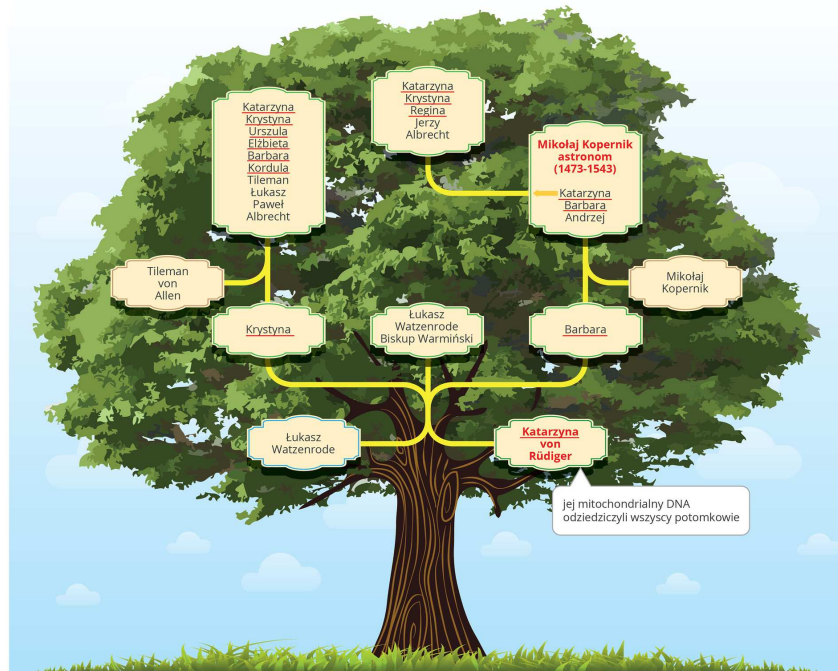
genetyczny izoluje się z kości i porównuje z DNA żyjących spokrewnionych osób. Tak bada się na przykład stopień pokrewieństwa osób pochowanych we wspólnych rodzinnych grobach.

4. Identyfikacja szczątków Mikołaja Kopernika

Głośną sprawą w Polsce była identyfikacja szczątków Mikołaja Kopernika, a następnie wykonana na ich podstawie rekonstrukcja twarzy astronoma. Przypomnijmy – w katedrze we Fromborku, w pobliżu ołtarza, którym Kopernik się opiekował, w 2005 r. odkryto szczątki starszego mężczyzny. Trzy lata później w Uppsali, w księdze należącej do Kopernika, znaleziono 3 włosy. Przyjęto zatem, że jeśli badania potwierdzą tożsamość genetyczną kości i włosów, można będzie uznać, że szkielet znaleziony w katedrze należał do astronoma.

Niestety, włosy okazały się mocno zniszczone i udało się z nich wyizolować jedynie DNA zawarty w mitochondriach, dziedziczony w linii żeńskiej. Badania porównawcze wykazały, że czaszka z Fromborka i włosy z Uppsali zawierają takie same sekwencje mitochondrialnego DNA. Wynik ten nie przesądza jeszcze o identyfikacji szczątków. Jednakowe DNA mitochondrialne mieli bowiem po babce Mikołaja: jego wuj, biskup warmiński, pochowany w katedrze fromborskiej, oraz brat Mikołaja, Andrzej, a także pozostali członkowie rodziny.

Potwierdzenie tożsamości uzyskano w wyniku badania szczątków Barbary, siostry Mikołaja, przełożonej w klasztorze w Chełmnie, i innych spokrewnionych z nim kobiet. Szczęśliwie się złożyło, że krewne Kopernika często pełniły wysokie funkcje w zakonach, dzięki czemu znane są miejsca ich pochówków.



Drzewo rodowe Mikołaja Kopernika. Podkreślone imiona należą do osób mających identyczne DNA mitochondrialne jak Kopernik. Ojciec astronoma również miał na imię Mikołaj, dlatego imię to występuje na drzewie dwukrotnie.

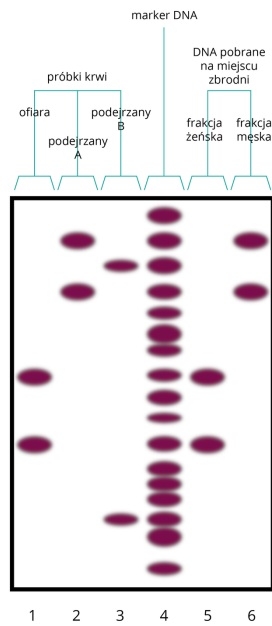
Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Testy genetyczne potwierdzające ojcostwo dają 99,9995% pewności.
- Organy ścigania tworzą zbiory profili DNA sprawców przestępstw.
- Mikroślady biologiczne zawierają DNA, na podstawie których można ustalić profil genetyczny i porównać go z profilami osób skatalogowanych w rejestrach gromadzonych przez służby ścigania.
- Badania genetyczne są pomocne w identyfikacji osób zaginionych i zwłok.

Praca domowa

Ćwiczenie 1



Wizualizacja testu ofiary i domniemanych przestępców.

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

elektroforeza

metoda rozdzielania w żelu cząsteczek o różnej masie pod wpływem napięcia elektrycznego

enzym

białko katalizujące jakąś reakcję, np. przecięcia nici DNA

marker genetyczny

fragment DNA występujący w populacji w bardzo wielu wersjach (cechujący się polimorfizmem); umożliwia identyfikację nieznanej osoby

profil DNA

zapis (często przedstawiany graficznie) wybranych fragmentów DNA (markerów) umożliwiający identyfikację osoby, osobnika, gatunku; genetyczny odpowiednik odcisku palca

Zadania

Ćwiczenie 1



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3



Zaznacz poprawną odpowiedź.

W celu wykluczenia ojcostwa do badań należy pobrać

- jedynie materiał genetyczny dziecka.
- materiał genetyczny dziecka, matki i domniemanego ojca.
- materiał genetyczny mężczyzny wskazanego przez matkę i jego męskich krewnych.
- materiał genetyczny dziecka i matki występującej o ustalenie ojcostwa.
- jedynie materiał genetyczny dziecka i domniemanego ojca.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij luki w tekście, wpisując brakujące wyrazy.

Aby wykonać badania w celach analiz sądowych, pierwszym krokiem jest pobranie wymazu z jamy ustnej lub krwi. Następnie z pobranych próbek trzeba materiał genetyczny. Potem genetycy analizują charakterystyczne sekwencje DNA, zwane

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5



Zaznacz prawidłowe odpowiedzi.

Badanie markerów zawartych w chromosomie Y może posłużyć do

- ustalenia ojcostwa domniemanego ojca na podstawie analizy DNA jego braci lub jego ojca.
- ustalania pokrewieństwa w rodzinie w linii męskiej.
- identyfikacji przestępcy na podstawie śladów zostawionych przez niego na miejscu zbrodni.
- budowania drzewa genealogicznego w linii ojca.
- identyfikacji sprawcy gwałtu.

Źródło: Zuzanna Kaźmierczak, licencja: CC BY 3.0.

Notatnik

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Bibliografia

Jane B. Reece i in., Biologia Campbella, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.

Internetowa encyklopedia PWN, Wydawnictwo Naukowe PWN, dostępna na stronie internetowej www.encyklopedia.pwn.pl.