



Kwasy nukleinowe

Kwasy nukleinowe

Odkrycie struktury DNA było jednym z najważniejszych wydarzeń współczesnej nauki. Dzięki niemu wiemy, w jaki sposób w cząsteczkach tego kwasu nukleinowego zakodowana jest informacja genetyczna.



Uproszczony model podwójnej helisy DNA.

Źródło: Виталий Смолыгин, PublicDomainPictures, domena publiczna.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- czym jest DNA i jaką pełni funkcję.

Twoje cele

- Przedstawisz historię odkrycia struktury DNA.
- Scharakteryzujesz budowę DNA.
- Wyjaśnisz, na czym polega [zasada komplementarności](#).

1. Historia odkrycia struktury DNA

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PYAfoj5eZ>

Motorem rozwoju nauki są hipotezy i doświadczenia. Najczęściej, by można było na ich podstawie formułować poprawne teorie, potrzeba czasu i pracy wielu osób. Tak też było w przypadku odkrycia struktury DNA. Historię poszukiwań struktury DNA możemy datować od 1869 roku, kiedy to szwajcarski badacz Johann Friedrich Miescher wyodrębnił z białych krwinek substancję nieodporną na enzymy trawiące białka. Nazwał ją nukleiną. Uprawnione byłoby też cofnięcie się o kilka lat, do 1866 roku, kiedy Grzegorz Mendel ogłosił prawa dziedziczenia na podstawie swoich badań nad grochem zwyczajnym.

Ponad dekadę później inni naukowcy zaobserwowali pod mikroskopem chromosomy. W 1902 roku, czyli ponad czterdzieści lat od odkrycia kwasów nukleinowych, Walter Sutton dostrzegł związek między chromosomami a teorią dziedziczenia cech sformułowaną przez Grzegorza Mendla. Wysnuł teorię, że znajdują się one na chromosomach. Ideę tę przechwycił i klarownie wyraził fizyk Erwin Schroedinger, twierdząc, że „życie można ujmować w kategoriach przechowywania i przekazywania informacji biologicznej. Chromosomy w tym modelu należy traktować po prostu jako nośnik informacji.” Inni badacze również przypuszczali, że nie DNA jest nośnikiem informacji genetycznej, choć byli i tacy, którzy tę rolę przypisywali białkom.

Dopiero w 1944 r. brytyjscy naukowcy: Oswald Avery, Colin McLeod i Maclyn McCarty przenieśli DNA chorobotwórczego szczepu bakterii *Pseudomonas* do niepatogennego szczepu, i zaobserwowali, że zyskał on zdolność zakażenia. Cechy te dziedziczyły kolejne pokolenia zmodyfikowanych genetycznie bakterii. W kolejnych latach inni badacze potwierdzili, że to DNA, a nie białka, są nośnikiem informacji genetycznej.

Kolejnym krokiem było więc poszukiwanie sposobu, w jaki ta informacja jest zakodowana i upakowana.

Dzięki badaniom Phoebus'a Levene'a wiadomo było, że nić DNA składa się z nukleotydów. Nukleotyd zaś tworzy cukier (deoksyryboza), grupa fosforanowa i jedna z czterech zasad azotowych: adenina (A), tymina (T), guanina (G) lub cytozyna (C). Zauważono też, że zasady C i T mają tylko jeden pierścień i nazwano je pirymidynami, natomiast zasady A i G mają dwa pierścienie. Otrzymały one nazwę puryn.

Istotna była również obserwacja, że nukleotydy DNA tworzą łańcuchy połączone wiązaniami kowalencyjnymi między deoksyrybozą (cukrem) jednego nukleotydu i grupą fosforanową kolejnego. Łańcuch deoksyryboz i grup fosforanowych nazwano szkieletem cukrowo-fosforanowym.

Jedną z ostatnich cegiełek brakujących do zbudowania modelu podwójnej helisy stanowiła reguła opracowana przez Erwina Chargaff'a. Mówiła ona, że ilość zasad purynowych jest równa ilości zasad pirymidynowych, ilość adeniny jest równa ilości tyminy, a ilość guaniny jest równa ilości cytozyny.

Taki był stan wiedzy w czasach, gdy do odkrycia struktury DNA dynamicznie zmierzały dwa brytyjskie zespoły: James Watson i Francis Crick zatrudnieni w laboratorium Cavendisha w Cambridge i Rosalind Franklin wraz z Maurice'm Wilkinsem z King's College w Londynie.

Naukowcy, którym zawdzięczamy odkrycie podwójnej helisy, pracowali w dwóch konkurujących ze sobą laboratoriach. Jak zatem doszło do tego, że wspólnie przyczynili się do rozwiązania zagadki struktury DNA?

Podstawy do tego odkrycia stworzyła Rosalind Franklin, która do perfekcji doprowadziła technikę wykonywania rentgenogramów DNA w formie krystalicznej. Promieniowanie Roentgena, inaczej promieniowanie X, to fale o mniejszej długości niż światło widzialne, które pozwalają zobrazować tak małe struktury jak DNA, w przeciwieństwie do mikroskopu optycznego.

Rosalind pracowała na swoją pozycję w czasach trudnych dla kobiet, kiedy środowisko naukowe było zdominowane przez mężczyzn. Jej współpracownik z King's College, Maurice Wilkins, chciał w niej widzieć swoją asystentkę. Ostatecznie, przy współpracy z doktorantem Raymondem Goslingiem, w 1952 roku

Franklin wykonała m.in. rentgenogram oznaczony numerem 51. W starannie kontrolowanym środowisku zawiesiła włókno DNA i bombardowała je wiązką promieni rentgenowskich przez 62 godziny. Promienie uległy dyfrakcji (ugięciu) przez elektrony w atomach DNA, co dało czytelny wzór na kliszy fotograficznej.

Na podstawie wyjątkowo precyzyjnie wykonanych i wyraźnych rentgenogramów Franklin była w stanie przeprowadzić wiele obliczeń, m.in. wywnioskować, jakie są poszczególne wymiary nici DNA. Przede wszystkim wysunęła przypuszczenie, że DNA składa się z dwóch spiralnie ułożonych nici. Stwierdziła też, że na zewnątrz nici znajdują się grupy fosforanowe. Swoje obserwacje przedstawiła na wykładzie w King's College, ale Watson i Crick nie zwrócili na nie uwagi. I wtedy, bez zgody Franklin, Maurice Wilkins przekazał dwóm badaczom z Cambridge zdjęcia Rosalind i część jej raportów z badań. Kiedy Watson zobaczył zdjęcie Rosalind, powiedział: „Usta mi się otworzyły i serce zaczęło bić coraz szybciej”.

Watson i Crick szybko przeanalizowali słynne dziś zdjęcie numer 51 oraz opracowania Rosalind. Na tej podstawie stworzyli kilka potencjalnych modeli DNA. Ostatecznie wyłonili ten właściwy. Opierając się na regule Chargraffa, doszli do wniosku, że nici podwójnej helisy DNA obecnego w komórkach są komplementarne, przy czym adenina leży naprzeciw tyminy, a guanina naprzeciw cytozyny. Crick przyznał później, że Franklin była o dwa kroki od przedstawienia kompletnego modelu wiosną 1953 roku.

25 kwietnia 1953 roku w tym samym numerze czasopisma „Nature” ukazały się trzy artykuły dotyczące struktury DNA. Jako pierwsza figurowała praca Watsona i Cricka, jako druga – Wilkinsa, a dopiero jako trzeci został zamieszczony artykuł Franklin i Goslinga. Stwarzało to mylne wrażenie, jakoby Franklin jedynie potwierdzała odkrycie dwójki naukowców, a nie stanowiła dla nich inspirację. Dwaj panowie nie wspomnieli bowiem ani słowem o zdjęciu numer 51, uczynili jedynie ogólną uwagę na temat znaczenia nieopublikowanych prac Wilkinsa i Franklin.

Wkład w poznanie „tajemnicy życia” został nierówno oceniony. James Watson, Francis Crick i Maurice Wilkins za odkrycie podwójnej helisy otrzymali w 1962 roku Nagrodę Nobla. Rosalind Franklin wówczas już nie żyła, zmarła bowiem cztery lata wcześniej z powodu raka jajnika. Podczas przemówień na uroczystości wręczenia nagród w ogóle nie padło nazwisko zmarłej uczzonej. O roli Rosalind w odkryciu struktury DNA zaczęto mówić dopiero kilka lat po uroczystości. Na

szczęście obecnie świat nauki przyznaje badaczce należne jej miejsce, a sama postać Rosalind Franklin coraz bardziej zyskuje na popularności.

Źródło: Elżbieta Nowacka-Kuźma. Lektor: Adrianna Kosowska, GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Opisz rolę Rosalind Franklin w poznaniu struktury DNA.

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

Polecenie 2

Wyjaśnij, kto i w jaki sposób dowiódł, że substancją niosącą informację genetyczną jest DNA.

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

Polecenie 3

Wyjaśnij, dlaczego pierwsza obserwacja chromosomów nie umożliwiła opisanie struktury DNA.

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

2. Budowa DNA

Model struktury przestrzennej dwuniciowej cząsteczki DNA. Kolorem szarym zaznaczono atomy węgla, kolorem niebieskim atomy azotu, kolorem białym atomy wodoru, kolorem pomarańczowym atomy fosforu, a kolorem czerwonym atomy tlenu.

Źródło: Przedmiotowy model 3D został opracowany przez GroMar Sp. z o.o. na podstawie materiału źródłowego zakupionego w ramach serwisu www.turbosquid.com. Jakiegokolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 4

Na podstawie modelu budowy DNA wyjaśnij, co to znaczy, że cząsteczka DNA jest dwuniciowa.

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

Polecenie 5

Na podstawie modelu budowy DNA wyjaśnij, na czym polega zasada komplementarności.

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

Polecenie 6

Na podstawie modelu budowy DNA wyjaśnij, w jaki sposób nukleotydy w cząsteczce DNA są ze sobą połączone.

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

Słownik

chromosomy

podziałowa postać DNA; wydłużone, pałeczkowate struktury powstające z nici DNA w jądrze tuż przed podziałem komórki i widoczne w czasie podziału jądra

nukleotyd

podstawowy element strukturalny kwasu deoksyrybonukleinowego (DNA), zbudowany z cukru deoksyrybozy, reszty kwasu fosforowego oraz zasady azotowej

rentgenogram

obraz uzyskiwany w wyniku naświetlania obiektu promieniowaniem rentgenowskim

zasada komplementarności

zasada wzajemnego uzupełniania się par zasad azotowych budujących kwasy nukleinowe; w przypadku DNA komplementarne są adenina i tymina oraz cytozyna i guanina

Zadania

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Połącz w pary komplementarne zasady azotowe.

cytozyna	tymina
guanina	adenina
tymina	cytozyna
adenina	guanina

Źródło: Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

Szwajcarski badacz Johann Friedrich Miescher wyodrębnił z białych krwinek substancję nieodporną na enzymy trawiące białka. Nazwał ją...

☐ cytozyną.

☐ adeniną.

☐ proteiną.

☐ nukleiną.

Źródło: Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj podanym datom odpowiednie wydarzenia, które doprowadziły do poznania struktury DNA.

1866

Rosalind Franklin wykonała m.in. rentgenogram oznaczony numerem 51, co dało czytelny obraz DNA na kliszy fotograficznej.

1952

Grzegorz Mendel ogłosił prawa dziedziczenia na podstawie swoich badań nad grochem zwyczajnym.

1869

Potwierdzono, że to DNA, a nie białka, są nośnikami informacji.

1944

Szwajcarski badacz Johann Friedrich Miescher wyodrębnił z białych krwinek substancję nieodporną na enzymy trawiące białka.

Źródło: Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst niżej podanymi wyrażeniami.

Dzięki badaniom Phoebusa Levene'a wiadomo było, że nić DNA składa się z .
Nukleotydy zaś zbudowane są z cukru () i jednej z czterech :
adeniny (A), tyminy (T), guaniny (G) lub cytozyny (C). Zauważono też, że zasady C i T mają
tylko jeden pierścień i nazwano je , natomiast zasady A i G mają dwa pierścienie.
Otrzymały one nazwę .

purynami

glukozy

pirymidynami

deoksyrybozy

puryn

rybozy

nukleotydów

zasad azotowych

nukleozydów

grupy fosforanowej

pirymidyn

Źródło: Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



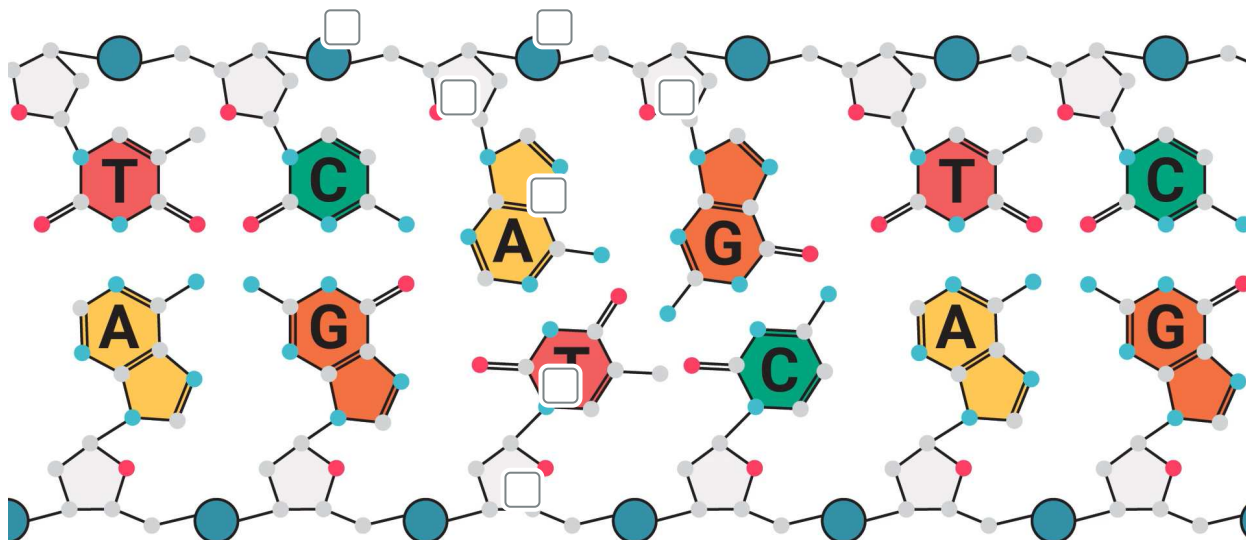
Uzupełnij sekwencję nici DNA komplementarnej do sekwencji: ATGGACTCAGGA.

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

Ćwiczenie 6



Wskaż na ilustracji wszystkie elementy budujące jeden nukleotyd.



Źródło: Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Rosalind Franklin w swoich badaniach nad poznaniem struktury DNA używała promieniowania rentgenowskiego (RTG). Promieniowanie takie może się przyczyniać do występowania nowotworów. Franklin zmarła w wieku 37 lat na raka jajnika.

Na podstawie tekstu oraz własnej wiedzy uzasadnij prawdziwość stwierdzenia, że w każdej pracy laboratoryjnej należy zachować szczególną ostrożność, gdyż czynnik rakotwórczy może być jeszcze niepoznany.

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

Ćwiczenie 8



Opisz, na czym polega reguła Chargaffa, która przyczyniła się do poznania budowy DNA.

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

Notatnik

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

Bibliografia

Barciszewski J., (1993) *Podwójna helisa DNA*, „Biotechnologia”, 3(22): 138-144.

Campbell N.A. i in. (2019), *Biologia Campbella*, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań.

Encyklopedia PWN, Wydawnictwo Naukowe PWN, www.encyklopedia.pwn.pl.

Franklin R.E, Gosling R.G., (1953), *Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate*, „Nature”, 4356(171): 740-741.

Jasiński K., (2020), *Odkrywczy DNA. Zapomniana Rosalind Franklin*, „Rzeczpospolita”, wydanie elektroniczne <https://www.rp.pl/historia/art8881611-odkrywcy-dna-zapomniana-rosalind-franklin> [dostęp: 29.07.2022].

Watson J.D., Crick F.H.C., (1953), *Molecular Structure of nucleic acids*, „Nature”, 4356(171): 737-738.