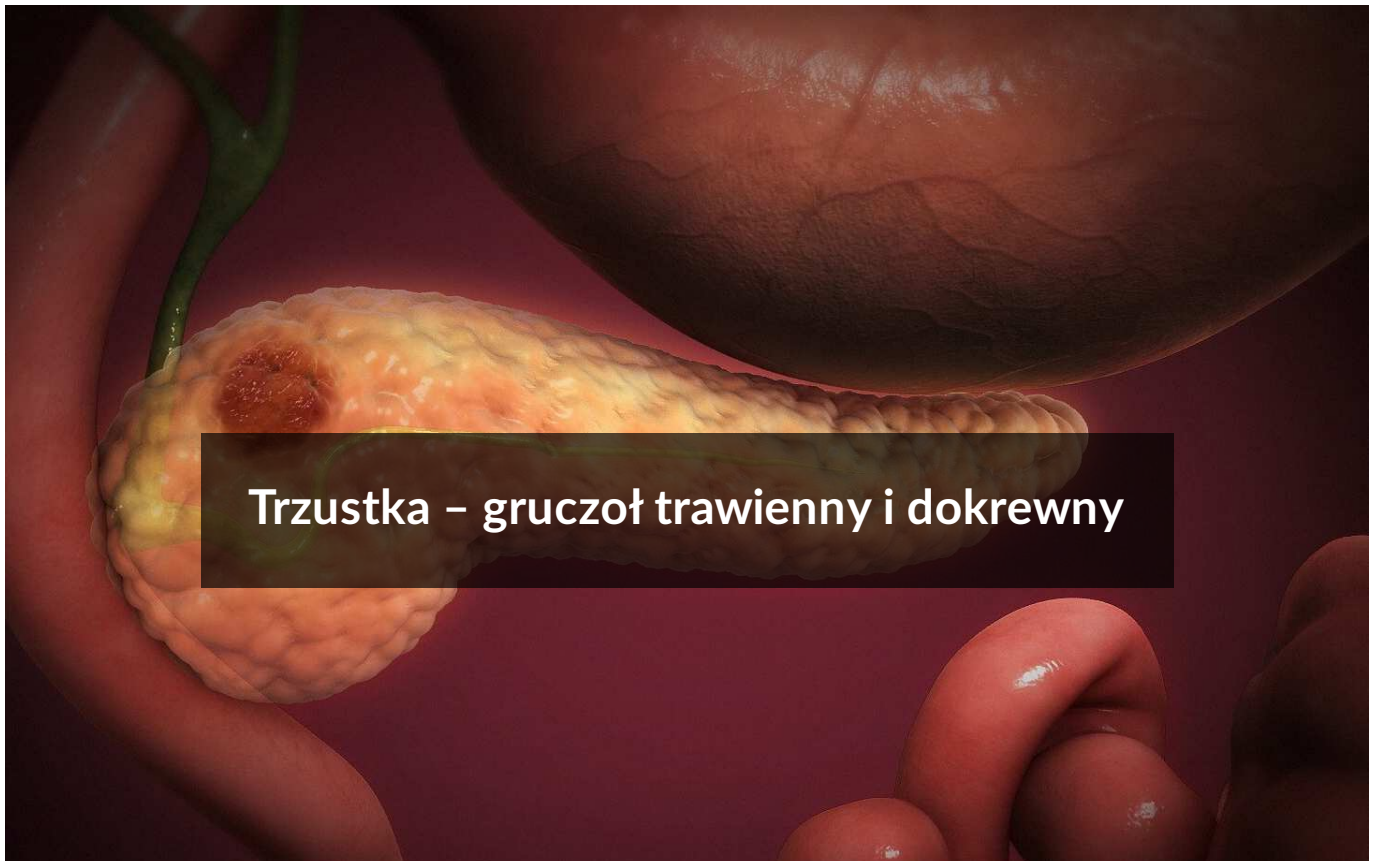


Trzustka – gruczoł trawienny i dokrewny

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-S\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Trzustka – gruczoł trawienny i dokrewny

Trzustka to podłużny narząd mierzący ok 12-20 cm. Rozróżnia się w niej głowę trzustki, trzon trzustki oraz ogon trzustki.

Źródło: Manu5, Scientific Animations, licencja: CC BY-SA 4.0.

Trzustka to narząd gruczołowy położony w górnej części jamy brzusznej. Budowa trzustki może przywołać na myśl rybę, gdyż wyróżnia się w niej głowę, trzon i ogon. W istocie wygląda dość niepozornie. Pełni jednak bardzo ważne funkcje w trawieniu oraz w wydzielaniu hormonów odpowiedzialnych za utrzymanie prawidłowego poziomu glukozy we krwi.

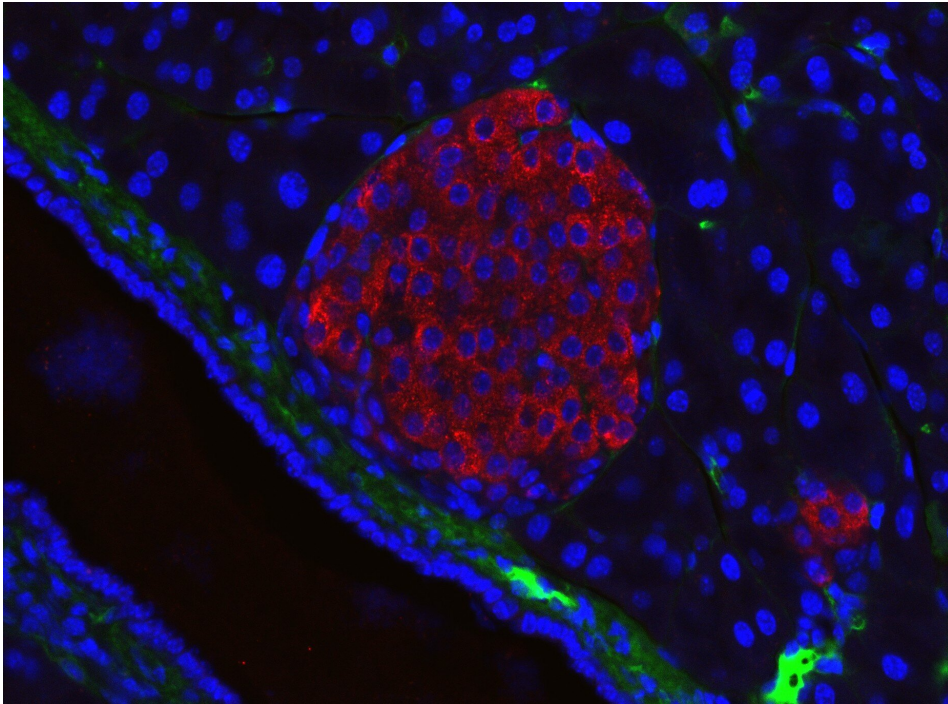
Twoje cele

- Scharakteryzujesz funkcje trzustki.
- Poznasz budowę trzustki.
- Poznasz przykłady i sposób działania niektórych enzymów trzustkowych.
- Zbadasz wpływ pH oraz temperatury na aktywność enzymatyczną lipazy trzustkowej.

Przeczytaj

Czym jest trzustka?

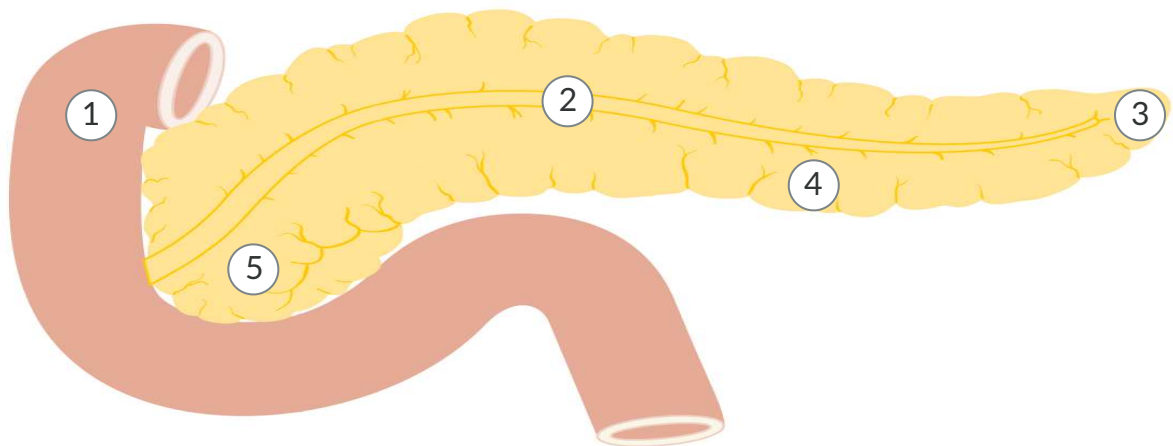
Trzustka to gruczoł trawienny układu pokarmowego kręgowców, produkujący i wydzielający **enzymy proteolityczne**, wytwarzane w formie **proenzymów** (**trypsynogenu** i **chymotrypsynogenu**), oraz amylazę. Zawiera ona także komórki endokrynowe α , β , δ i PP, zgrupowane w **wyspach Langerhansa**. Komórki te produkują hormony (α – glukagon, β – insulinę, δ – somatostatynę, a PP – polipeptyd trzustkowy) oraz biorą udział w regulacji metabolizmu, w szczególności gospodarki węglowodanowej.



Wyspy Langerhansa to zgrupowania komórek tworzące okrągłe, owalne lub nieregularne skupienia (wyspy) w mięszu trzustki.

Źródło: Solimena lab, Paul Langerhans Institute Dresden, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Budowa trzustki



1

Dwunastnica

To początkowy odcinek jelita cienkiego. Pokarm trafia do dwunastnicy z żołądka i miesza się w niej z sokiem trzustkowym oraz żółcią pochodzącą z wątroby. W dwunastnicy zachodzi również absorpcja składników pokarmowych pochodzących z pożywienia.

2

Przewód trzustkowy

Przewód ten odprowadza sok trzustkowy z trzustki.

3

Ogon trzustki

Lewy koniec trzustki, najczęściej spłaszczony lub guzkowato zgrubiały. Skierowany na lewo i ku górze, opiera się o śledzionę.

4

Trzon trzustki

Ma kształt trójściennego graniastosłupa.

5

Głowa trzustki

Wysunięta na prawo najszersza część trzustki. Jest spłaszczona i haczykowato wygięta. Otacza ją dwunastnica, która zrasta się z jej częścią zstępującą.

Budowa anatomiczna trzustki.

Źródło: Cancer Research UK, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Funkcje trzustki

Funkcje zewnątrzwydzielnicze

- Produkcja **soku trzustkowego** zawierającego enzymy trawienne, takie jak: **amylaza**, **lipaza**, **enzymy proteolityczne** i **nukleaza**, oraz jony wodorowęglanowe, których zadaniem jest zobojętnianie kwaśnej treści pokarmowej dostającej się z żołądka do jelit.
- Produkcja enzymów proteolitycznych w formie nieaktywnej, tzw. **proenzymów**: trypsynogen przekształcany jest w **trypsynę** pod wpływem enzymu enterokinazy, natomiast trypsyna aktywuje **elastazę** oraz przekształca chymotrypsynogen w formę aktywną – **chymotrypsynę**. Funkcją elastazy i chymotrypsyny jest trawienie białek.

Funkcja wewnątrzwydzielnicza

Słownik

amylaza trzustkowa

jeden z enzymów trawiennych wytwarzanych przez trzustkę, hydrolizujący wiązania glikozydowe; uczestniczy w trawieniu węglowodanów

chymotrypsyna

proteolityczny enzym trzustkowy aktywowany przez trypsynę; uczestniczy w trawieniu białek

chymotrypsynogen

nieaktywny prekursor chymotrypsyny; uaktywniany w soku trzustkowym przez trypsynę
elastaza

proteolityczny enzym trzustkowy; w przeciwieństwie do innych enzymów proteolitycznych trzustki nie jest wydzielana w postaci proenzymu; uczestniczy w trawieniu białek

enzymy proteolityczne

enzymy rozkładające białka na składniki prostsze

glukagon

peptydowy hormon trzustki wydzielany przez komórki α wysp Langerhansa; wzmacnia rozpad glikogenu wątroby, przez co podnosi poziom glukozy we krwi; działa przeciwnie do insuliny, jest jej fizjologicznym antagonistą

hormony

różnorodne związki organiczne wytwarzane przez żywe organizmy, regulujące i koordynujące procesy chemiczne w komórkach i tkankach, a pośrednio – wszelkie procesy fizjologiczne, przez dostosowywanie ich do zmieniających się warunków otoczenia

insulina

hormon wytwarzany przez komórki β wysp Langerhansa w trzustce z syntetyzowanej tam proinsuliny po odłączeniu tzw. łańcucha C; reguluje w organizmie szybkość zużycia glukozy przez tkanki (umożliwia magazynowanie glikogenu w wątrobie i mięśniach), bierze udział w przetwarzaniu węglowodanów w tłuszcze, wzmacnia syntezę białka przez przyspieszanie dostarczania aminokwasów, umożliwia transport glukozy do wnętrza komórek; jedyny hormon obniżający poziom glukozy we krwi

lipaza trzustkowa

jeden z enzymów trawiennych wytwarzanych przez trzustkę; odpowiedzialny za hydrolizę trójglicerydów

nukleaza

jeden z enzymów trawiennych wytwarzanych przez trzustkę; odpowiedzialny za hydrolizę kwasów nukleinowych

onkogeny

zmutowane wersje genów stymulujących normalny wzrost komórki (protoonkogeny), powodujące transformację nowotworową

proenzymy

nieaktywne prekursory enzymów; aktywują się pod wpływem działania odpowiednich aktywatorów enzymatycznych

sok trzustkowy

wydzielina gruczołów zrazików trzustki o silnie alkalicznym odczynie spowodowanym obecnością jonów wodorowęglanowych

trypsina

proteolityczny enzym trzustkowy aktywowany przez enterokinazę, wydzielany w postaci prekursora – trypsynogenu; uczestniczy w trawieniu białek

trypsynogen

nieaktywny prekursor (proenzym) trypsyny; wytwarzany w trzustce

wydzielanie egzokrynowe

wydzielanie produktów gruczołów egzokrynowych na powierzchnię ciała lub nabłonka wyściełającego światło narządów wewnętrznych

wydzielanie endokrynowe

wydzielanie hormonu do płynów układu krążenia (krwi, limfy, hemolimfy)

wyspy Langerhansa

gruczoły wydzielania wewnętrznego zgromadzone w postaci skupisk komórek zatopionych w mięszu trzustki; odgrywają ważną rolę w wydzielaniu dokrewnym, a ich uszkodzenie może prowadzić do rozwoju chorób o podłożu autoimmunologicznym lub cukrzycy

Wirtualne laboratorium (WL-S)

Laboratorium 1

Przeprowadź doświadczenie w laboratorium. Rozwiąż problem badawczy: postaw hipotezę i zaplanuj przebieg doświadczenia. W formularzu zapisz swoje obserwacje, a następnie sformułuj wnioski.

Temat: Wpływ pH oraz temperatury na aktywność enzymatyczną lipazy trzustkowej.

Problem badawczy:

Czy lipaza trzustkowa trawi tłuszcze w warunkach zbliżonych do fizjologicznych?

Materiał badawczy:

- tłuste mleko.

Sprzęt laboratoryjny:

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




Odczynniki:

- czerwień metylowa;
- bufor fosforanowy;
- lipaza trzustkowa.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D17ggSnyE>

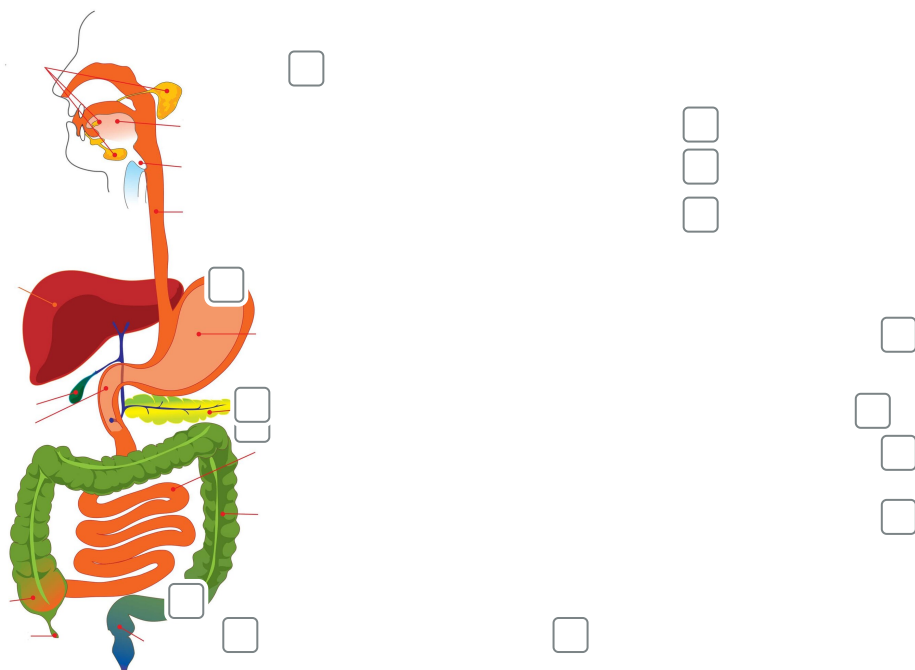
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Na poniższej rycinie przedstawiającej układ pokarmowy zaznacz narząd odpowiedzialny m.in. za wydzielenie hormonów kontrolujących poziom glukozy we krwi.



Źródło: Leysi24, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Zapalenie trzustki przyjmuje dwie postaci: ostrą i przewlekłą. Czynnikiem sprzyjającym rozwojowi zapalenia trzustki są m.in. alkohol, kamienie żółciowe, wirusy i bakterie.

Niezależnie od przyczyny rozwinięcia się choroby po pewnym czasie dochodzi do częściowego samostrawienia tkanek trzustki. Spośród poniższych wybierz dwie substancje produkowane przez trzustkę, które mogą brać udział we wspomnianym samostrawieniu.

amylaza trzustkowa

trypsyna

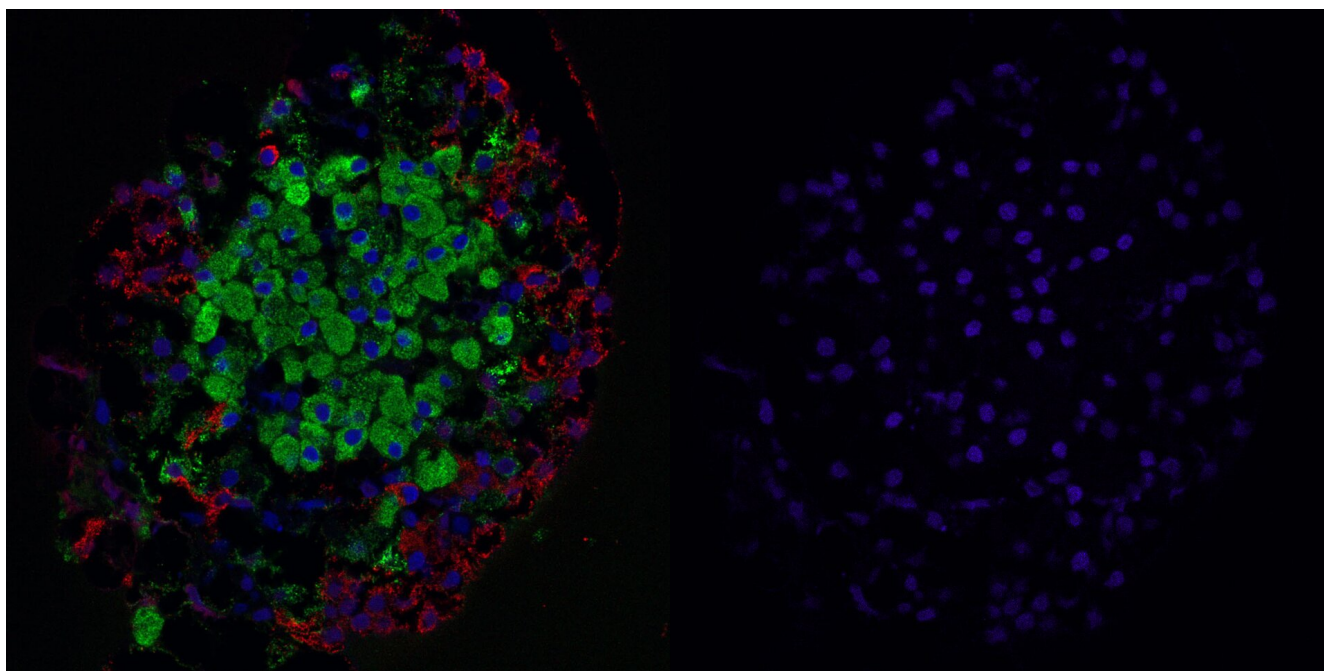
nukleaza

insulina

Ćwiczenie 3



Poniższe zdjęcie zostało wykonane za pomocą laserowego mikroskopu skaningowego i przedstawia wyspy Langerhansa (wyspy trzustkowe). Na niebiesko, za pomocą barwnika DAPI, wybarwione są jądra komórkowe. DAPI to związek o silnym powinowactwie do DNA. Kolor zielony odpowiada komórkom β , a czerwony – komórkom α . Wybarwienie uzyskano, wiążąc niespecyficzny barwnik z przeciwciałami specyficznymi względem odpowiedniego hormonu.



Źródło: Masur, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.5.

Na podstawie analizy zdjęcia, podanych informacji i własnej wiedzy wskaż w tekście właściwe określenia.

Podczas barwnego znakowania wykorzystanego do wykonania powyższego zdjęcia użyto

trzech barwników. Barwniki zielony i czerwony charakteryzowały się
 nie charakteryzowały się powinowactwem do odpowiednich hormonów. Barwnik
zielony łączył się z glukagonem insuliną , a barwnik czerwony z glukagonem
 insuliną za pomocą specyficznych przeciwciał. Struktura pierwszorzędowa przeciwciał
połączonych z barwnikami była nie była identyczna. Barwnika niebieskiego
można użyć podczas wykonywania podobnych zdjęć innych komórek, na przykład
 limfocytów erytrocytów .

Ćwiczenie 4



Oznacz substancje produkowane przez komórki trzustki:

- literą P – mające budowę peptydową;
- literą S – pochodne steroidowe;
- literami EN – uzyskiwane na drodze wydzielania endokrynowego;
- literami EG – uzyskiwane na drodze wydzielania egzokrynowego.

Chymotrypsynogen P S EN EG

Lipaza trzustkowa P S EN EG

Glukagon P S EN EG

Insulina P S EN EG

Trypsynogen P S EN EG

Amylaza trzustkowa P S EN EG

Ćwiczenie 5



Komórki trzustki mają rozbudowaną siateczkę śródplazmatyczną szorstką, niezbędną do wyprodukowania i wydzielania poza komórkę odpowiednich hormonów i enzymów trawiennych. W poniższej tabeli znajdują się opisy etapów syntezy i wydzielania insuliny. Ponumeruj etapy zgodnie z ich rzeczywistą kolejnością. Do każdego z nich przyporządkuj nazwę organelli lub struktury komórkowej, w której obrębie zachodzi dany etap.

Opis etapu	Kolejność	Organela/struktura komórkowa
Transkrypcja genów kodujących insulinę oraz modyfikacje potranskrypcyjne mRNA (m.in. splicing)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Odcięcie peptydu sygnałowego (powstaje proinsulina), wytworzenie mostków disiarczkowych, glikozylacja i załadunek peptydów do pęcherzyków	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Transport proinsuliny do aparatu Golgiego	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Translacja mRNA skutkuje wytworzeniem preproinsuliny zawierającej peptyd sygnałowy	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Wydzielenie gotowej insuliny i peptydu C na zewnątrz komórki	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Proteolityczne cięcie proinsuliny na insulinę i peptyd C	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rybosomy na siateczce śródplazmatycznej szorstkiej

6

3

Aparat Golgiego

1

Pęcherzyki siateczki śródplazmatycznej szorstkiej

Światło siateczki śródplazmatycznej szorstkiej

Pęcherzyki aparatu Golgiego

2

Jądro komórkowe

5

4

Tekst źródłowy do ćwiczeń nr 6 i 7

Nowotwory trzustki należą do jednych z najbardziej złośliwych, a wczesne wykrywanie ich markerów wydaje się kluczowe w późniejszym leczeniu. W 2019 r. przeprowadzono eksperyment mający na celu określenie przydatności nicieni modelowych

Caenorhabditis elegans w wykrywaniu markerów nowotworu trzustki w moczu. Mocz pochodził od genetycznie zmodyfikowanych myszy, do których genomu wprowadzono onkogen KrasG12D.

Na środek szalki Petriego naniesiono ok. 50–100 osobników *C. elegans*. W odległości 2,5 cm na lewo od nicieni naniesiono kroplę moczu uzyskanego od myszy zmutowanych (chorujących na nowotwór trzustki), a w odległości 2,5 cm na prawo – kroplę moczu uzyskanego od myszy zdrowych. Znaczna większość osobników *C. elegans* przemieszczała się w stronę moczu myszy chorych.

Na podstawie: Yuji Ueda, *Application of C. elegans Cancer Screening Test for the Detection of Pancreatic Tumor in Genetically Engineered Mice*, „Oncotarget” 2019, nr 10(52), s. 5412–5418.

Ćwiczenie 6



Przeanalizuj tekst źródłowy, a następnie oceń, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Wyniki eksperymentu sugerują, że nicienie <i>C. elegans</i> mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wykrywania różnych typów nowotworów.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nicienie <i>C. elegans</i> wykazują chemotaksję dodatnią w stosunku do pewnej substancji znajdującej się w moczu myszy chorych.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Substancją wykrywaną w moczu przez nicienie <i>C. elegans</i> był onkogen (zmutowana wersja genu, powodująca transformację nowotworową) KrasG12D.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 7



W jednym z badań prowadzonych nad nowotworami trzustki udowodniono, że specjalnie przeszkolone psy na podstawie samego zapachu potrafią skutecznie rozróżnić mocz osób cierpiących na te nowotwory i mocz osób zdrowych.

Odnosząc się do przedstawionego tekstu, napisz, dlaczego zastosowanie nicieni do wykrywania wspomnianych nowotworów może się okazać wydajniejsze niż wykorzystanie psów. Użyj przynajmniej dwóch argumentów.

Ćwiczenie 8



Za regulację wydzielania soku trzustkowego do dwunastnicy odpowiadają układ hormonalny oraz układ nerwowy. Hormony tkankowe produkowane przez dwunastnicę (sekretyna i cholecystokinina) powodują zwiększanie wydzielania soku trzustkowego, ale tylko w sytuacji, gdy do dwunastnicy dostanie się treść pokarmowa o wartości pH mniejszej niż 7. W dwunastnicy enterocyty produkują enzym enterokinazę, który jest niezbędny do przekształcenia trypsynogenu w trypsynę.

Na podstawie powyższych informacji i własnej wiedzy określ wpływ żołądka na trawienie białek w dwunastnicy.

Dla nauczyciela

Autor: Zuzanna Szewczyk

Przedmiot: biologia

Temat: Trzustka – gruczoł trawienny i dokrewny

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

2. Odżywianie się. Uczeń:

3) przedstawia rolę wydzielin gruczołów i komórek gruczołowych w obróbce pokarmu;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

1) Odżywianie się. Uczeń:

e) przedstawia rolę wydzielin gruczołów i komórek gruczołowych w obróbce pokarmu,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Scharakteryzujesz funkcje trzustki.
- Poznasz budowę trzustki.
- Poznasz przykłady i sposób działania niektórych enzymów trzustkowych.
- Zbadasz wpływ pH oraz temperatury na aktywność enzymatyczną lipazy trzustkowej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- dyskusja;
- ćwiczenia interaktywne;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru, flamastry.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi wskazaną osobę o odczytanie tematu lekcji oraz wprowadzenia do e-materiału *Trzustka – gruczoł trawienny i dokrewny*. Następnie zadaje uczniom pytanie: „Co wiecie na temat funkcji pełnionych przez trzustkę?”. Ochotnik zapisuje wszystkie odpowiedzi na tablicy.
2. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają „Twoje cele” i określają kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wprowadza uczniów w temat lekcji. Następnie wyświetla grafikę interaktywną w sekcji „Przeczytaj”, przedstawiającą budowę trzustki, i wspólnie

- z uczniami analizuje ją.
2. Nauczyciel rozdaje grupom arkusze papieru A1 oraz flamastry. Omawia zasady tworzenia mapy myśli: uczniowie mają w graficzny sposób uporządkować oraz zapisać informacje dotyczące funkcji trzustki. Nauczyciel kontroluje pracę grup, w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości uczniów.
 3. Po upływie wyznaczonego czasu osoby chętne prezentują mapy myśli wykonane przez swoją grupę.
 4. Uczniowie przeprowadzają doświadczenie w wirtualnym laboratorium zawartym w e-materiale: *Wpływ pH oraz temperatury na aktywność enzymatyczną lipazy trzustkowej*. Zapisują swoje obserwacje, formułują wnioski i weryfikują hipotezę. Wybrane osoby prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel koryguje ewentualne błędy.
 5. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 6 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: wymyślają trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
 6. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie, odnosząc się do przedstawionego tekstu, wyjaśnić, dlaczego zastosowanie nicieni do wykrywania nowotworów trzustki może się okazać wydajniejsze niż wykorzystanie psów). Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi wybranego ucznia, aby przyjrzał się zapisanym na początku lekcji informacjom na temat trzustki i je uzupełnił.
2. Nauczyciel ocenia pracę uczniów na lekcji.

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 1 do 5 oraz 8.

Materiały pomocnicze:

Neil A. Campbell i in., *Biologia Campbella*, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania wirtualnego laboratorium:

Wirtualne laboratorium może zostać wykorzystane także na lekcji *Proenzymy i enzymy układu pokarmowego człowieka*.