

Rodzaje i budowa synaps

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Rodzaje i budowa synaps

Szczurze neurony obserwowane pod skaningowym mikroskopem elektronowym w powiększeniu 1500×, zdjęcie koloryzowane.

Źródło: Anne Weston, Francis Crick Institute, wellcomecollection.org, licencja: CC BY-NC 4.0.

Podstawową cechą komórek nerwowych, oprócz generowania potencjałów czynnościowych, jest zdolność komunikowania się z innymi neuronami lub komórkami innych tkanek. Komunikacja ta jest realizowana przy udziale synaps, czyli miejsc funkcjonalnego kontaktu między komórkami. Wymiana informacji w synapsach może zachodzić na drodze elektrycznej lub chemicznej.

Twoje cele

- Opiszysz budowę synapsy.
- Sklasyfikujesz synapsy ze względu na ich umiejscowienie.
- Wykażesz różnice pomiędzy synapsami elektrycznymi i chemicznymi.
- Scharakteryzujesz pobudzające i hamujące synapsy chemiczne.

Przeczytaj

Czym są synapsy?

Synapsy to wyspecjalizowane połączenia, w obrębie których zachodzi proces przekazywania impulsu nerwowego z komórki nerwowej (komórki presynaptycznej) do innego neuronu lub do komórki mięśniowej czy gruczołowej (komórki postsynaptycznej).

Budowa synapsy

Każda synapsa zbudowana jest z trzech elementów: błony presynaptycznej, szczeliny synaptycznej oraz błony postsynaptycznej. Przedstawia je poniższa grafika interaktywna.

Elementy budujące synapsę.

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

Rodzaje synaps a ich umiejscowienie

Zakończenie aksonu komórki nerwowej może wytworzyć połączenia synaptyczne na różnych częściach neuronu odbierającego impuls nerwowy. Ze względu na umiejscowienie synapsy zostały podzielone na trzy rodzaje: **synapsy akso-dendrytyczne**, **synapsy akso-somatyczne** oraz **synapsy akso-aksonalne**.

Podział synaps ze względu na ich umiejscowienie.

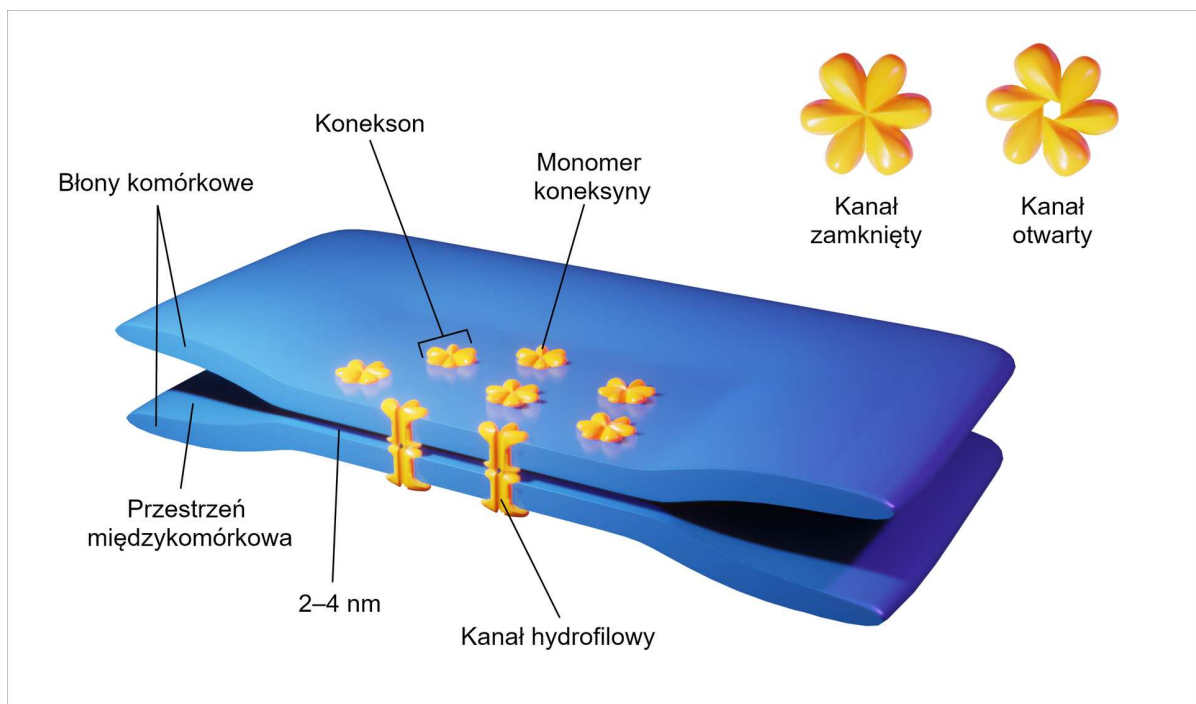
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Synapsy elektryczne a synapsy chemiczne

Ze względu na mechanizm przekazywania impulsu nerwowego pomiędzy komórkami **synapsy** dzieli się na dwa podstawowe rodzaje: **synapsy elektryczne** oraz **synapsy chemiczne**.

Synapsy elektryczne

Podstawowa cecha **synapsy elektrycznej** polega na tym, że czynnikiem zapewniającym przekazywanie informacji pomiędzy komórkami jest bezpośredni przepływ impulsu nerwowego. Synapsy elektryczne mogą łączyć neurony (np. w korze mózgowej) lub komórki mięśniowe (np. komórki mięśnia sercowego). W obrębie synapsy elektrycznej błona presynaptyczna i postsynaptyczna leżą bardzo blisko siebie (szerokość szczeliny synaptycznej to tylko od 2 do 3 nm). Dzięki takiemu położeniu błon komórkowych możliwe jest wytworzenie w obrębie synapsy elektrycznej mostków cytoplazmatycznych między komórkami – tzw. połączeń szczelinowych. Impuls nerwowy docierający do synapsy elektrycznej przekazywany jest przez połączenia szczelinowe bezpośrednio do komórki postsynaptycznej bez żadnego opóźnienia. Ze względu na fakt, iż połączenia szczelinowe w większości synaps elektrycznych są cały czas otwarte, synapsy elektryczne mogą przekazywać impulsy dwukierunkowo, w zależności od tego, która z połączonych synaptycznie komórek przewodzi aktualnie impuls nerwowy.



Połączenie szczelinowe (inaczej neksus) to rodzaj połączenia komórkowego składający się z kanałów hydrofilowych i przestrzeni międzykomórkowej. Kanały hydrofilowe zbudowane są z podjednostek białkowych – koneksyn, które tworzą układ o nazwie konekson.

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

Synapsy chemiczne

Synapsy pobudzające i hamujące

W synapsie elektrycznej impuls nerwowy przekazywany jest natychmiast przez połączenia szczelinowe do komórki postsynaptycznej, powodując depolaryzację jej błony komórkowej. Stąd wszystkie synapsy elektryczne są **synapsami pobudzającymi**.

Z kolei w przypadku synaps chemicznych połączenie cząsteczek **neuroprzekaźnika** z receptorami w błonie postsynaptycznej może doprowadzić do depolaryzacji błony postsynaptycznej (pobudzenia) lub hiperpolaryzacji błony postsynaptycznej (hamowania). Dlatego wyróżnia się dwa rodzaje synaps chemicznych: **pobudzające** i **hamujące**.

Synapsy chemiczne pobudzające to takie, w których błona postsynaptyczna zawsze ulega depolaryzacji, a komórka zostaje pobudzona. Neuroprzekaźnikami w takich synapsach są np. acetylocholina, noradrenalina, dopamina czy serotonina.

W **synapsach chemicznych hamujących** błona postsynaptyczna ulega zawsze hiperpolaryzacji, co uniemożliwia wytworzenie potencjału czynnościowego i przekazanie impulsu nerwowego do komórki postsynaptycznej. Neuroprzekaźnikami w takich synapsach są kwas gamma-aminomasłowy (GABA) oraz glicyna.

Słownik

bramkowanie kanału jonowego

otwieranie i zamykanie **kanału jonowego** regulowane przez związanie odpowiedniego **ligandu** (kanały jonowe bramkowane ligandem), zmianę potencjału elektrycznego (kanały jonowe bramkowane napięciem) lub modyfikację białek tworzących kanał

kanał jonowy

kanał w błonie komórkowej, przez który przechodzą jony między wnętrzem komórki a środowiskiem zewnątrzkomórkowym

ligand

każda cząsteczka wiążąca się specyficznie z inną, zwykle większą cząsteczką, tzw. receptorem komórkowym, np. acetylocholina, która wiąże się z receptorem acetylocholinowym

neuroprzekaźnik

związek chemiczny wydzielany z zakończenia aksonu komórki presynaptycznej i oddziałujący w specyficzny sposób na receptory w błonie postsynaptycznej

opóźnienie synaptyczne

czas potrzebny do dyfuzji neuroprzekaźnika przez szczelinę synaptyczną oraz pobudzenia receptora w błonie postsynaptycznej

synapsa

miejsce funkcjonalnego połączenia pomiędzy komórkami, w którym zachodzi przekazywanie impulsu nerwowego

synapsa chemiczna

rodzaj synapsy, w której czynnikiem warunkującym przekazywanie informacji między komórkami jest neuroprzekaźnik

synapsa elektryczna

rodzaj synapsy charakteryzujący się natychmiastowym przekazywaniem impulsu nerwowego pomiędzy komórkami

synapsa hamująca

synapsa chemiczna, w której błona postsynaptyczna ulega hiperpolaryzacji

synapsa pobudzająca

synapsa chemiczna, w której błona postsynaptyczna ulega depolaryzacji

Grafika interaktywna

Transmisja synaptyczna w synapsie chemicznej

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

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną, a następnie opisz etapy przekazywania impulsu nerwowego w synapsie.

Polecenie 2

Wyjaśnij, jaki wpływ na transmisję informacji w obrębie neuronów i pomiędzy nimi miałyby usunięcie jonów wapnia z otoczenia neuronu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dopasuj struktury synapsy do odpowiadających im opisów.

Błona presynaptyczna

Przestrzeń oddzielająca komunikujące się komórki.

Szczelina synaptyczna

Odbiera przekazywany impuls.

Błona postsynaptyczna

Miejsce, z którego uwalniane są neuroprzekaźniki.

Ćwiczenie 2



Zaznacz wszystkie rodzaje synaps, które są połączeniami między dwiema komórkami nerwowymi.

synapsy akso-aksonalne

synapsy akso-dendrytyczne

synapsy akso-somatyczne

synapsy akso-wydzielnicze

synapsy akso-zewnątrzkomórkowe

Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

	Prawda	Falsz
Wśród synaps elektrycznych i chemicznych wyróżnia się synapsy pobudzające i synapsy hamujące.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zarówno synapsy chemiczne, jak i elektryczne wymagają obecności neuroprzekaźnika do prawidłowego funkcjonowania.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Błona postsynaptyczna w synapsie hamującej ulega hiperpolaryzacji, a w synapsie pobudzającej – depolaryzacji.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 4



Przyporządkuj podane neuroprzekaźniki do właściwych grup.

Neuroprzekaźniki hamujące

Neuroprzekaźniki pobudzające

acetylocholina

dopamina

adrenalina

glicyna

serotonina

GABA (kwas gamma-aminomasłowy)

noradrenalina

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst właściwymi określeniami.

Synapsy elektryczne, w przeciwieństwie do synaps chemicznych, potrafią przewodzić impuls . Wynika to z faktu, że zawarta w nich szczelina synaptyczna jest w synapsach chemicznych. Dzięki temu powstają mostki cytoplazmatyczne, będące połączeniami szczelinowymi, nazywane . Zbudowane są one , określanych mianem koneksyn.

jednokierunkowo

z białek

mniejsza niż

z lipidów

z węglowodanów

dwukierunkowo

większa niż

desmosomami

połączeniami neksus

taka sama jak

plazmodesmami

Ćwiczenie 6



Przeanalizuj tekst, a następnie zaznacz kolorem niebieskim struktury komórki presynaptycznej, a kolorem czerwonym – struktury komórki postsynaptycznej.

„Budowa i działanie synapsy chemicznej zostanie omówione na przykładzie synapsy nerwowo-mięśniowej. Komórką presynaptyczną jest w tym przypadku komórka nerwowa, której wypustki (aksony) na zakończeniach kontaktujących się z powierzchnią komórki postsynaptycznej (mięśniowej) uformowane są w kształt kolbek – nazywamy je kolbkami synaptycznymi. Błona kolbki synaptycznej znajduje się w odległości 30–50 nm od powierzchni błony komórki mięśniowej – przestrzeń pomiędzy tymi błonami nazywamy szczeliną synaptyczną. Istotnymi – z punktu widzenia pełnionej przez synapsę funkcji – elementami kolbki presynaptycznej są: pęcherzyki synaptyczne (1), napięciowo-zależne kanały wapniowe (2) oraz tzw. strefy aktywne. (...) W błonach pęcherzyków znajdują się białka mające za zadanie zakotwiczenie pęcherzyków przy błonie presynaptycznej w rejonie stref aktywnych i następnie umożliwienie fuzji (połączenia się) błon pęcherzyków z błoną presynaptyczną. W szczelinie synaptycznej znajduje się enzym (esteraza acetylocholinowa – 3) rozkładający acetylocholinę na cholinę i octan. W błonie postsynaptycznej znajduje się znaczna ilość kanałów jonowych zależnych od ligandu – receptorów acetylocholinę (AChR – 4) oraz napięciowo-zależnych kanałów sodowych (5)”.

Ćwiczenie 7



Depresja to grupa zaburzeń charakteryzujących się m.in. obniżeniem nastroju, niezdolnością do przeżywania przyjemności, zaburzeniami snu i apetytu, która według WHO dotyka ponad 260 milionów ludzi na całym świecie. Wśród wielu składowych przyczyny depresji wyróżnia się zaburzenia w neuroprzekazywaniu w ośrodkowym układzie nerwowym, a konkretniej nieprawidłowe działanie receptorów postsynaptycznych w układzie serotoninergecznym czy noradrenergicznym, przez co komórki są słabo pobudzane. Jedną z najczęściej stosowanych grup leków są SSRI – selektywne inhibitory zwrotnego wychwytu serotoniny, które, po uwolnieniu serotoniny do szczeliny synaptycznej, utrzymują serotoninę w szczelinie dłużej niż bez stosowania tych leków.

Wyjaśnij, jak na pobudzenie komórek postsynaptycznych i leczenie depresji wpływa stosowanie leków SSRI.

Ćwiczenie 8



“(…) synapsy elektryczne spotykane są w organizmie jedynie tam, gdzie istnieje potrzeba szybkiego przekazania potencjału czynnościowego praktycznie bez możliwości wyrafinowanego sterowania tym przekazem (np. w niektórych częściach mięśnia serca)”.

Źródło: Katedra i Zakład Biofizyki i Neurobiologii, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu,
<http://www.biofiz.umed.wroc.pl/>

Wyjaśnij, dlaczego w obrębie mięśnia sercowego obecne są synapsy elektryczne, odwołując się do budowy i funkcjonowania tego rodzaju synaps oraz rodzaju unerwienia i funkcji serca.

Dla nauczyciela

Autor: Sylwia Brawata

Przedmiot: biologia

Temat: Rodzaje i budowa synaps

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

7. Regulacja nerwowa. Uczeń:

2) przedstawia działanie synapsy chemicznej uwzględniając rolę przekaźników chemicznych; podaje przykłady tych neuroprzekaźników;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

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

6) Regulacja nerwowa. Uczeń:

d) przedstawia działanie synapsy chemicznej, uwzględniając rolę przekaźników chemicznych; podaje przykłady tych neuroprzekaźników,

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):

- Opiszysz budowę synapsy.
- Sklasyfikujesz synapsy ze względu na ich umiejscowienie.
- Wykażesz różnice pomiędzy synapsami elektrycznymi i chemicznymi.
- Scharakteryzujesz pobudzające i hamujące synapsy chemiczne.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;

- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- metoda JIGSAW (układanka);
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca w parach;
- 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.

Przed lekcją:

1. Uczniowie czytają wprowadzenie do e-materiału oraz tekst w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel zadaje pytania:
 - Co jest podstawową cechą komórek nerwowych?
 - W jaki sposób jest realizowana komunikacja neuronów z innymi komórkami?
 - Jak zbudowane są synapsy?
2. Nauczyciel omawia cele i przebieg lekcji.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyjaśnia pojęcie synapsy jako wyspecjalizowanego połączenia komórki presynaptycznej i postsynaptycznej, a następnie dzieli klasę na cztery równoliczne grupy. Zadaniem każdego zespołu jest opracowanie na podstawie informacji zamieszczonych w sekcji „Przeczytaj” wskazanego zagadnienia:
 - grupa I – rodzaje synaps wyróżniane ze względu na lokalizację oraz ich charakterystyka;

- grupa II – synapsy elektryczne (ogólna budowa i sposób przekazywania impulsu nerwowego);
 - grupa III – synapsy chemiczne (ogólna budowa i sposób przekazywania impulsu nerwowego);
 - grupa IV – synapsy pobudzające i synapsy hamujące (kryterium podziału, sposób działania synaps obu rodzajów) oraz przykłady mediatorów pobudzających i hamujących.
2. Uczniowie pracują w grupach „eksperyckich”: czytają informacje na zadany temat, zapisują najważniejsze informacje i omawiają je, poddają pod dyskusję ewentualne wątpliwości. Nauczyciel monitoruje działania uczniów.
 3. Po upływie wyznaczonego czasu uczniowie odliczają i zapamiętują swój numer. Następnie tworzą nowe grupy, w taki sposób, żeby w każdym zespole znalazł się jeden uczeń o danym numerze. Teraz uczniowie przekazują sobie kolejno wiedzę zdobytą podczas pracy w grupach „eksperyckich”.
 4. Uczniowie wracają do swoich pierwotnych grup i rozwiązują w grupach ćwiczenie nr 5 z sekcji „Sprawdź się” (polegające na uzupełnieniu tekstu dotyczącego synaps elektrycznych).
 5. Nauczyciel podsumowuje pracę w grupach i wyświetla grafikę interaktywną przedstawiającą transmisję synaptyczną w synapsie chemicznej. Wspólnie z uczniami analizuje kolejne etapy przekazywania impulsu nerwowego w synapsie. Zadaje pytania:
 - Jaki wpływ na transmisję informacji w obrębie neuronów i pomiędzy nimi miałyby usunięcie Ca^{2+} z otoczenia neuronu? (Pytanie pomocnicze: Do czego potrzebne są jony wapnia w komórce presynaptycznej?).
 - W którym momencie kończy się transmisja synaptyczna?

Ochotnicy udzielają odpowiedzi.

6. Uczniowie, pracując w parach, wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego w obrębie mięśnia sercowego obecne są synapsy elektryczne, odwołując się do budowy i funkcjonowania tego rodzaju synaps oraz rodzaju unerwienia i funkcji serca).

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 3 (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.
2. Nauczyciel omawia przebieg zajęć, wskazuje mocne i słabe strony pracy uczniów, udzielając im tym samym informacji zwrotnej.

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 1, 2, 4, 6 i 7.

Materiały pomocnicze:

- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Uczniowie mogą wykorzystać grafikę interaktywną w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.