

Susan E. Mulroney

Adam K. Myers

UWAGI
KLINICZNE
W KSIĄŻCE
PYTANIA
KONTROLNE

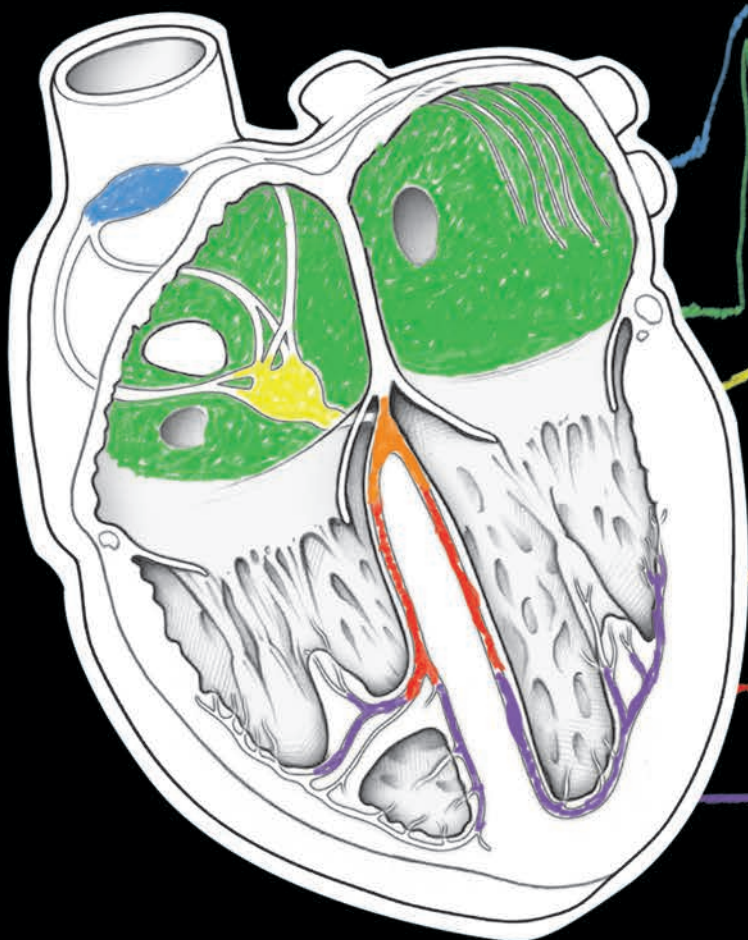
edra
URBAN & PARTNER

FIZJOLOGIA NETTERA DO KOLOROWANIA

Redakcja wydania polskiego

Halina Jędrzejowska-Szypułka

*F. Netter
M.D.*



NETTER

FIZJOLOGIA NETTERA DO KOLOROWANIA

*F. Netter
M.D.*

SUSAN E. MULRONEY, PhD

ADAM K. MYERS, PhD

Redakcja wydania polskiego

HALINA JĘDRZEJOWSKA-SZYPUŁKA

Tytuł oryginału: *Netter's Physiology Coloring Book*

Autorzy: Susan E. Mulroney, Adam K. Myers

Elsevier
1600 John F. Kennedy Blvd.
Ste 1600
Philadelphia, PA 19103-2899

Copyright © 2022 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

ISBN 978-0-323-69463-6

Art based on the works of the Frank H. Netter, MD, collection
www.netterimages.com
Modified for coloring by
Dragonfly Media Group

This edition of **Netter's Physiology Coloring Book**, by **Susan E. Mulroney and Adam K. Myers** is published by arrangement with Elsevier Inc.

Książka **Netter's Physiology Coloring Book**, autorzy: **Susan E. Mulroney and Adam K. Myers**, została opublikowana przez Elsevier Inc.

Tłumaczenia niniejszej publikacji podjęło się wydawnictwo **EDRA URBAN & PARTNER SP. Z O.O.** na własną odpowiedzialność. Lekarze kliniczni oraz prowadzący badania naukowe, oceniając oraz wykorzystując jakiegokolwiek zawarte w publikacji informacje, opisane metody, związki chemiczne czy eksperymenty, muszą zawsze opierać się na osobistym doświadczeniu i swojej wiedzy. Ze względu na szybko dokonujący się postęp w dziedzinie nauk medycznych należy przede wszystkim zwrócić uwagę na niezależną weryfikację rozpoznania oraz dawkowania leków. W najpełniejszym zakresie dozwolonym przepisami prawa Elsevier, autorzy, redaktorzy oraz inne osoby, które przyczyniły się do powstania niniejszej publikacji, nie ponoszą odpowiedzialności w odniesieniu do jej tłumaczenia ani za jakiegokolwiek obrażenia osób czy zniszczenia mienia wynikające z wykorzystania produktów, zaniedbania lub innego niedopatrzenia, a także wynikające z zastosowania lub działania jakichkolwiek metod, produktów, instrukcji czy koncepcji zawartych w przedstawionym tu materiale.

Wszelkie prawa zastrzeżone, zwłaszcza prawo do przedruku i tłumaczenia na inne języki. Żadna część tej książki nie może być w jakiegokolwiek formie publikowana bez uprzedniej pisemnej zgody Wydawnictwa. Ze względu na stały postęp w naukach medycznych, jak również możliwość wystąpienia błędu, prosimy, aby w trakcie podejmowania decyzji lekarskiej uważnie oceniać zamieszczone w książce informacje. Pomoże to zmniejszyć ryzyko wystąpienia błędu lekarskiego.

© Copyright for the Polish edition by Edra Urban & Partner, Wrocław 2023.

Redakcja naukowa wydania polskiego:
prof. dr hab. n. med. Halina Jędrzejowska-Szypułka

Tłumaczenie z języka angielskiego:
dr n. med. Daria Gendosz de Carrillo (rozdział 6)
dr n. biol. Marcin Kłosok (rozdział 5)
dr n. med. Magdalena Larysz-Brysz (rozdział 2)
dr hab. n. med. Marita Pietrucha-Dutczak (rozdział 1)
dr hab. n. med. Tomasz Sawczyn (rozdział 4)
dr hab. n. med. Adrian Smędowski (rozdział 7)
dr n. med. Adam Właszczuk (rozdział 3)

Prezes Zarządu: Giorgio Albonetti
Redaktor wydawniczy: lek. Edyta Błażejewska
Redaktor prowadzący: lek. wet. Anna Stasiak
Redaktor tekstu: Mirosław Jarosz
Opracowanie skorowidza: lek. wet. Justyna Szamrowicz

ISBN 978-83-67447-33-1

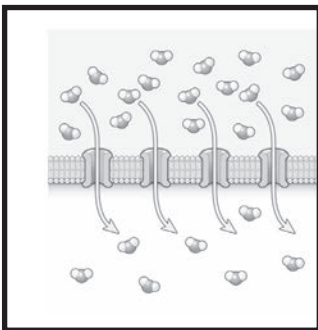
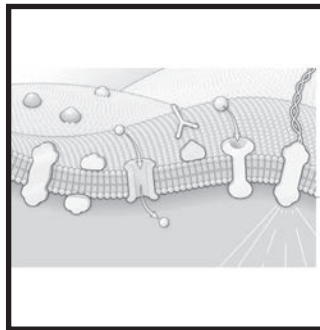
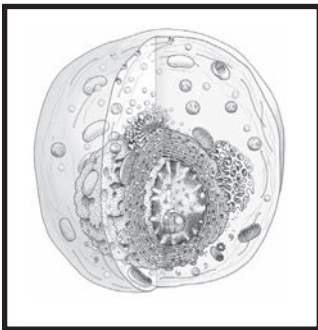
Edra Urban & Partner
ul. Kościuszki 29, 50-011 Wrocław
tel.: +48 71 726 38 35
biuro@edraurban.pl
www.edraurban.pl

Łamanie i przygotowanie do druku: Anna Jońska

Spis treści

- Rozdział 1** Fizjologia komórki i homeostaza
- Rozdział 2** Fizjologia nerwów i mięśni
- Rozdział 3** Fizjologia układu sercowo-naczyniowego
- Rozdział 4** Fizjologia oddychania
- Rozdział 5** Fizjologia nerek
- Rozdział 6** Fizjologia układu pokarmowego
- Rozdział 7** Fizjologia układu wewnątrzwydzielniczego

Rozdział 1 Fizjologia komórki i homeostaza



Komórki stanowią podstawowe strukturalne i funkcjonalne jednostki żywego organizmu. Pomimo że organelle wewnętrzne komórki mogą różnić się w zależności od typu komórki, zazwyczaj komórki mają wspólne elementy strukturalne, które umożliwiają pełnienie podstawowych funkcji, takich jak synteza białek, oddychanie komórkowe, synteza lipidów oraz wytwarzanie, dystrybucja i wydalanie różnych substancji. Wszystkie te elementy strukturalne otoczone są półpłynnym **cytozolem** i **błoną komórkową**.

Ważne elementy strukturalne

- **Jądro** przechowuje informację genetyczną w postaci DNA, genów i chromosomów oraz kontroluje funkcje komórkowe i rozmnażanie.
- **Jąderko** w jądrze rozpoczyna tworzenie **rybosomów** niezbędnych do syntezy białek.
- **Siateczka śródplazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne)** składa się ze spłaszczonych kanalików i cystern.
- **Szorstka siateczka śródplazmatyczna (RER, rough endoplasmic reticulum)** zawiera na błonach rybosomy i uczestniczy w syntezie białek. **Gładka siateczka śródplazmatyczna (SER, smooth endoplasmic reticulum)** nie posiada rybosomów i syntetyzuje lipidy, w tym hormony steroidowe.
- **Aparat Golgiego** składa się z wypełnionych płynem cystern, modyfikuje zsyntetyzowane białko do wykorzystania go przez inne organelle komórkowe oraz transportuje je z komórki w postaci pęcherzyków.
- **Pęcherzyki** pełnią funkcję w wydzielaniu, imporcie, magazynowaniu oraz obróbce (przetwarzaniu) różnych substancji. Pęcherzyki mogą łączyć się z błoną komórkową w procesie **egzocytozy** i wydzielać zawartość poza światło komórki. Natomiast **endocytoza** polega na obejmowaniu przez błonę komórkową substancji pochodzących z zewnątrz komórki i tworzeniu pęcherzyka wewnątrz komórki. Pęcherzyki lizosomalne zawierają enzymy, które mogą rozkładać niepożądany materiał wewnątrz komórki.
- **Mitochondria** są centrami energetycznymi komórki. Organelle te produkują **adenozynotrifosforan (ATP, adenosine triphosphate)** wykorzystywany przez komórkę jako źródło energii chemicznej. Liczba mitochondriów uzależniona jest od wymagań metabolicznych komórki.

PODPISZ wymienione niżej struktury komórkowe.

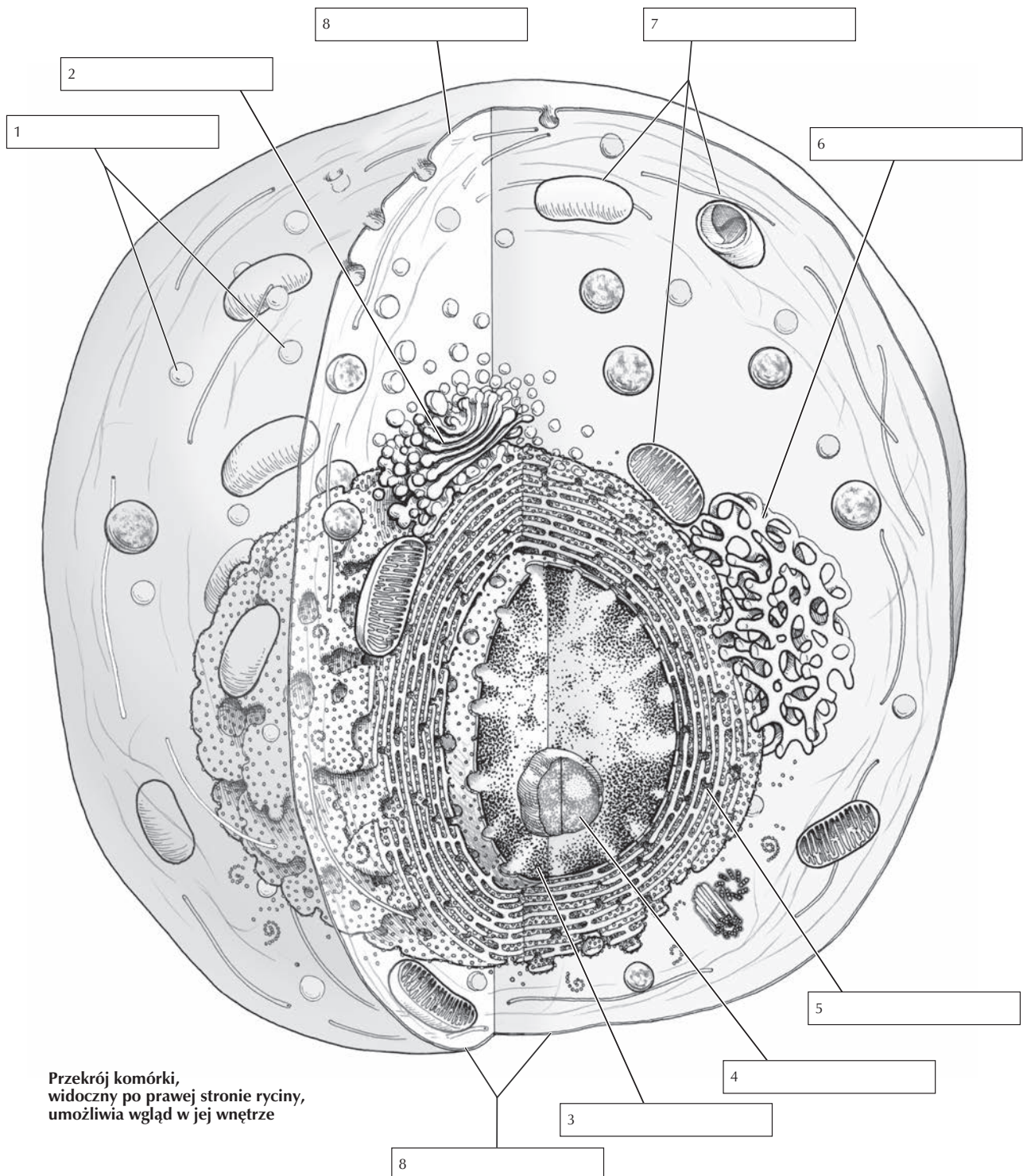
- 1. Pęcherzyk.
- 2. Aparat Golgiego.
- 3. Jądro.
- 4. Jąderko.
- 5. RER.
- 6. SER.
- 7. Mitochondria.
- 8. Błona komórkowa.

POKOLORUJ i PODPISZ te struktury, które odgrywają kluczową rolę w wymienionych działaniach.

- 1. Wytwarzanie energii: mitochondria (na zielono).
- 2, 3, 4, 5. Synteza białek: aparat Golgiego, jądro, jąderko, RER (na żółto).
- 6, 7. Synteza lipidów: SER (na czerwono).

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Mitochondrium.
- B. Jąderkach, RER.
- C. Pęcherzyki.
- D. W jądrze.



Przekrój komórki,
widoczny po prawej stronie ryciny,
umożliwia wgląd w jej wnętrze

PYTANIA KONTROLNE

- Jakie organellum wytwarza ATP w celu zaspokojenia zapotrzebowania energetycznego komórki?
- Rybosomy są wytwarzane w _____ i w połączeniu z _____ syntetyzują białka.
- _____ mogą łączyć się z błoną komórkową, wydzielając zawartość poprzez egzocytozę.
- W jakim organellum jest przechowywana informacja genetyczna?

Błona komórkowa (**błona plazmatyczna**), która oddziela komórkę od środowiska zewnętrznego, składa się z **podwójnej warstwy lipidowej** utworzonej głównie z fosfolipidów z różnym udziałem glikolipidów, cholesterolu i białek. Podwójna warstwa lipidowa ma **hydrofobowe** fosfolipidowe ogony kwasów tłuszczowych zorientowane w kierunku środka błony oraz **hydrofilne** polarne głowy zorientowane do przestrzeni zewnętrznej i wewnątrzkomórkowej. **Płynność** błony jest w dużej mierze uwarunkowana przez **krótkołańcuchowe i nienasycone kwasy tłuszczowe** wbudowane do fosfolipidów; włączenie cholesterolu do podwójnej warstwy lipidowej zmniejsza jej płynność. Hydrofobowa część wewnętrzna sprawia, że podwójna warstwa lipidowa stanowi skuteczną barierę dla płynów (z każdej strony), jednocześnie będąc przepuszczalna dla lipidów.

Z podwójną warstwą lipidową związane są liczne białka. Białka te pełnią funkcję **kanałów jonowych** (pory w błonie), **receptorów dla ligandów, cząsteczek adhezyjnych** (adhezja do macierzy zewnątrzkomórkowej i innych komórek) oraz **markerów rozpoznających komórki** (takie jak antygeny powierzchniowe). Transport przez błonę może obejmować mechanizmy bierne oraz czynne i jest uzależniony od składu błony, gradientu stężenia substancji i dostępności białek transportowych. Jeśli płynność, stężenie białka lub grubość błony się zmieni, transport może być zaburzony.

POKOLORUJ i PODPISZ wymienione niżej białka błonowe.

- 1. Kanał jonowy.
- 2. Antygen powierzchniowy (marker rozpoznający komórkę).
- 3. Receptor wiążący ligand.
- 4. Cząsteczka adhezyjna.

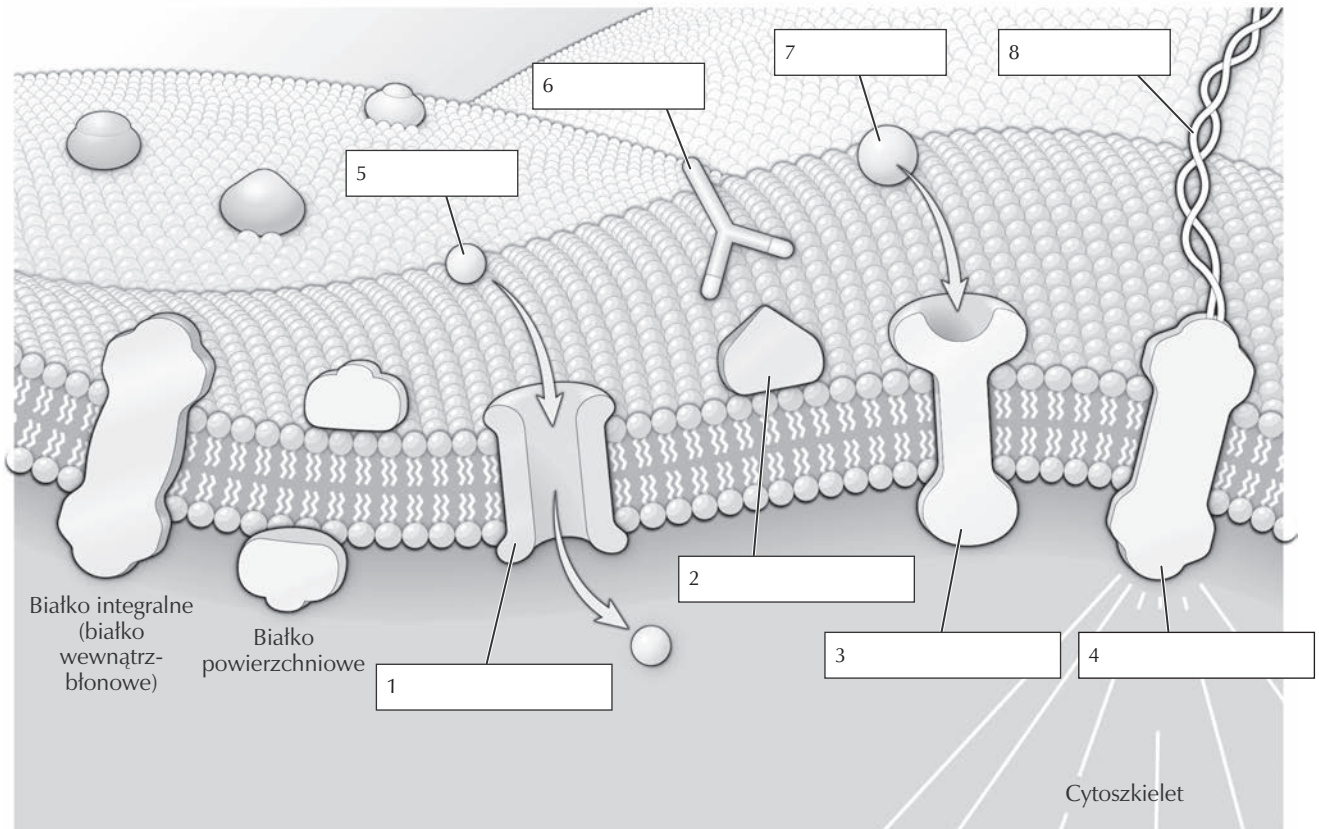
Należy zwrócić uwagę, które struktury są głęboko zakotwiczone w błonie komórkowej (białka integralne), a które są tylko białkami powierzchniowymi.

POKOLORUJ i PODPISZ każdą z wymienionych niżej cząsteczek, używając koloru powiązanego z nią białka błonowego (kolory z 1–4).

- 5. Jon.
- 6. Przeciwciało.
- 7. Ligand.
- 8. Białko macierzy zewnątrzkomórkowej (np. kolagen).

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Podwójnej warstwy lipidowej, hydrofilowymi.
- B. Białka.
- C. Płynne.



PYTANIA KONTROLNE

- A. Błona komórkowa składa się z _____, z _____ głowami każdej warstwy fosfolipidowej zlokalizowanymi na zewnętrznej powierzchni błony.
- B. Za transport jonów przez błonę, wiązanie specyficznych ligandów i adhezję komórkową odpowiedzialne są _____ związane z błoną.
- C. Nienasycone i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe nadają błonie _____ właściwości.

Homeostaza jest to równowaga dynamiczna środowiska wewnętrznego, stanowi podstawowe pojęcie w fizjologii. Na poziomie organizmu, w obliczu zmian środowiskowych i czynników stresowych, środowisko wewnętrzne naszego ciała jest utrzymywane w równowadze dynamicznej, tzn. że każdy parametr posiada zakres, w którym prawidłowo przebiegają wszystkie funkcje fizjologiczne.

Chociaż błona komórkowa chroni środowisko wewnętrzne komórki i ogranicza ruch substancji, cząstek i wody między przestrzeniami zewnątrz- i wewnątrzkomórkowymi, to konieczne jest również zapewnienie komunikacji między wnętrzem komórki a otoczeniem w celu wymiany składników odżywczych, usunięcia zbędnych produktów oraz innych istotnych procesów. Błona komórkowa jest to **błona półprzepuszczalna**, przez którą tylko nieliczne substancje mogą swobodnie migrować. Istnieje wiele mechanizmów transportowych umożliwiających taki ruch.

Transport bierny jest **niezależny od energii** i odbywa się poprzez **dyfuzję prostą** lub **ułatwioną**. Dyfuzja to ruch substancji rozpuszczonej z obszaru o wyższym stężeniu substancji do obszaru o niższym stężeniu.

Dyfuzja prosta stanowi najbardziej podstawowy typ transportu przez błonę i jest opisywana przez **prawo Ficka**:

$$J_i = D_i \times A \left(\frac{1}{X} \right) \times (C_1 - C_2)$$

gdzie:

- J_i to szybkość dyfuzji substancji i (przepływ netto substancji i),
- D_i to współczynnik dyfuzji,
- A to powierzchnia błony,
- X to grubość błony,
- $(C_1 - C_2)$ to różnica stężeń danej substancji po obu stronach błony.

Szybkość przepływu dyfuzji prostej jest wprost proporcjonalna do pola powierzchni błony oraz do różnicy stężeń substancji po obu stronach błony. Natomiast jest odwrotnie proporcjonalna do grubości błony.

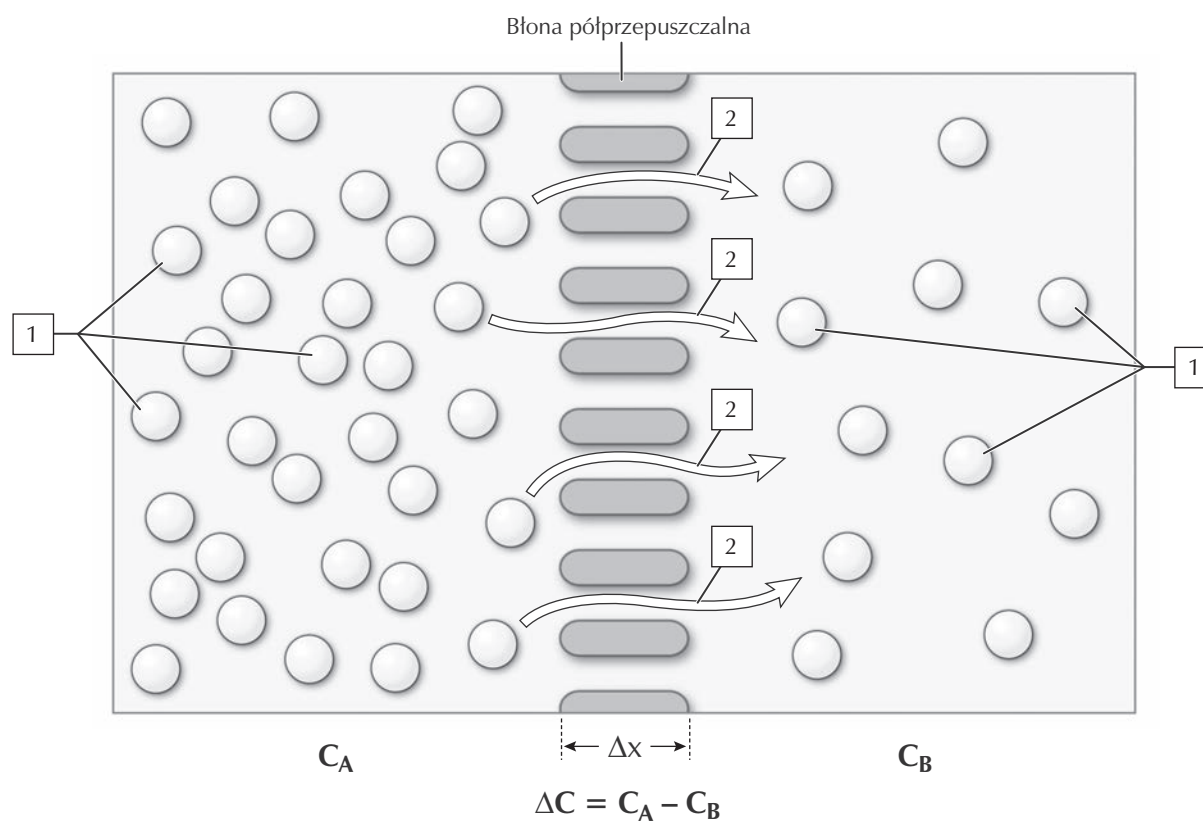
Dyfuzja ułatwiona zachodzi przy udziale określonych kanałów błonowych oraz białek nośnikowych występujących w błonie. **Kanały** składają się z białkowych „porów”, które pozwalają określonej substancji przejść przez hydrofobowy region błony komórkowej. W przypadku **białek nośnikowych** wiązanie swojego ligandu z białkiem umożliwia translokację cząsteczek, które nie mogą być transportowane bezpośrednio przez kanał. Dyfuzja ułatwiona zwiększa szybkość dyfuzji cząsteczki, ale podlega **maksymalnej szybkości transportu**. Przy wyższych stężeniach nośniki ulegają wysyceniu, a szybkość transportu pozostaje stała.

POKOLORUJ

- 1. Cząsteczki po obu stronach błony (na niebiesko).
- 2. Strzałki wskazujące kierunek dyfuzji, w którym cząsteczki będą przemieszczać się przez błonę.

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Prosta.
- B. Ułatwiona.
- C. Ułatwiona.
- D. Może zaistnieć; wydatek energetyczny nie jest konieczny, aby zaistniała dyfuzja, przy czym dyfuzja zależy od budowy błony i gradientu stężenia substancji rozpuszczonej.

**PYTANIA KONTROLNE**

- Dyfuzja _____ zachodzi w obecności wszystkich gradientów stężeń większych od zera, a jej szybkość zależy liniowo od wielkości gradientu.
- Dyfuzja _____ zachodzi przez kanały lub przy udziale nośników.
- Który rodzaj dyfuzji wiąże się z maksymalnym transportem?
- Czy dyfuzja może zaistnieć bez wydatku energetycznego?

Ilość substancji rozpuszczonej w **płynie wewnątrzkomórkowym (ICF, intracellular fluid)** i **zewnątrzkomórkowym (ECF, extracellular fluid)** jest wyrażana w miliosmomolach, a stężenie – jako **osmolarność** płynu. U ludzi osmolarność wynosi ok. 290 miliosmomola/litr (mOsm/l) całkowitej wody w organizmie (w stanie równowagi osmolarność płynu wewnątrz- i zewnątrzkomórkowego jest taka sama). Równowaga ta osiągnięta jest dzięki osmozie.

W odróżnieniu od przemieszczania się substancji rozpuszczonej w procesie dyfuzji **osmoza** polega na migracji (lub dyfuzji) wody z obszaru o niższym stężeniu substancji rozpuszczonej do obszaru o wyższym jej stężeniu. Ruch wody następuje dzięki **ciśnieniu osmotycznemu** wywieranemu przez stężenie substancji rozpuszczonej.

Ciśnienie osmotyczne jest równoważne **ciśnieniu hydrostatycznemu** niezbędnemu do zapobiegania przemieszczaniu się płynu przez półprzepuszczalną błonę w procesie osmozy. Zjawisko to można zilustrować za pomocą rurki w kształcie litery „U” z różnymi stężeniami substancji rozpuszczonej po obu stronach **półprzepuszczalnej błony** (tzn. błona jest przepuszczalna dla wody, ale nieprzepuszczalna dla substancji rozpuszczonej).

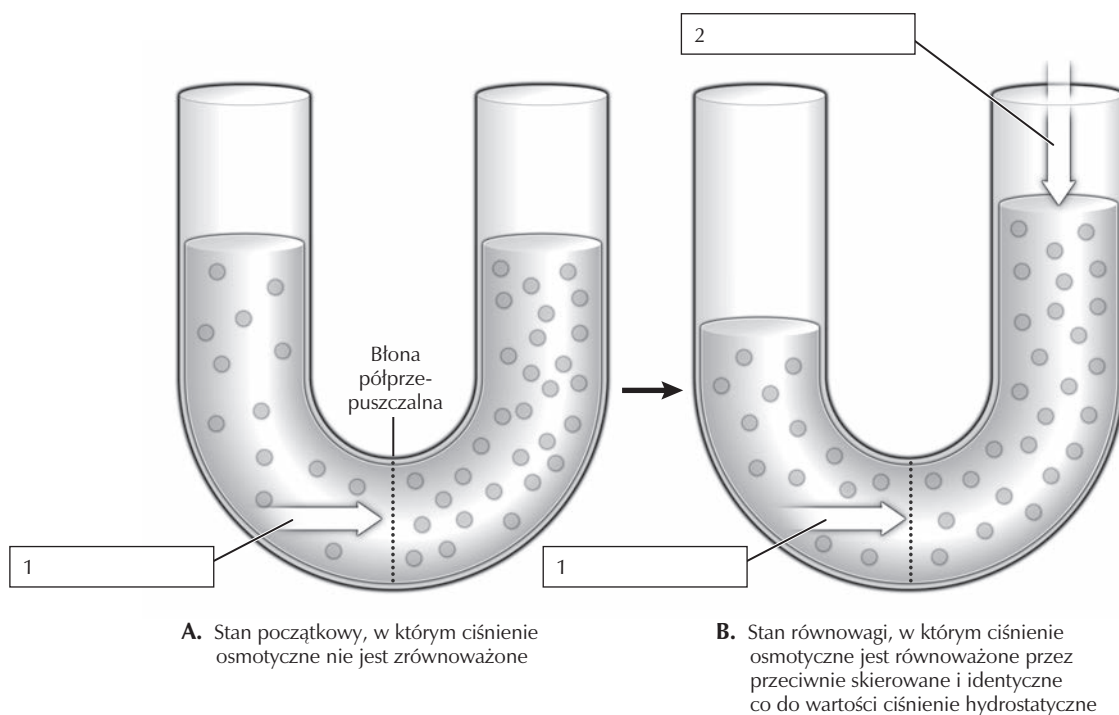
Ze względu na różne stężenie substancji rozpuszczonej, płyn będzie przemieszczał się w stronę rurki, w której panuje wyższe stężenie substancji rozpuszczonej, wbrew ciśnieniu hydrostatycznemu, aż do momentu, gdy wytworzone ciśnienie hydrostatyczne zrównoważy ciśnienie osmotyczne. (Uwaga: Nie należy mylić tego zjawiska z ciśnieniem onkotycznym, które odnosi się do ciśnienia osmotycznego wywieranego przez białka). W tym przykładzie w stanie równowagi stężenie substancji rozpuszczonej jest prawie równe po obu stronach błony, natomiast stężenie wody jest różne – przyczyną ruchu wody jest ciśnienie osmotyczne. Jeżeli ten przykład zostanie zastosowany do całego organizmu, stanie się jasne, że zmiany stężenia substancji rozpuszczonej w ECF spowodują przepływ osmotyczny i mogą być przyczyną obrzęku lub obkurczania się komórek (zjawiska niepożądane).

POKOLORUJ i PODPISZ

- 1. Ciśnienie osmotyczne (należy zwrócić uwagę na nierówny poziom wody w rurce w kształcie litery „U” po prawej stronie).
- 2. Ciśnienie hydrostatyczne.

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Woda przemieści się w kierunku wyższego stężenia substancji rozpuszczonej, z ICF do ECF (a komórki obkurczą się).
- B. Aby woda mogła przemieścić się do komórek, stężenie osmolarne w płynie ICF musi być wyższe niż w ECF.



PYTANIA KONTROLNE

- Jeśli stężenie substancji w płynie ECF jest wyższe niż w ICF, w jakim kierunku przemieści się woda?
- Jakie warunki spowodują pęcznienie komórek w płynie ECF?

1 Transport komórkowy: transport czynny pierwotny

Transport czynny pierwotny wykorzystuje bezpośrednio źródło energii pochodzące z przekształcenia ATP do **adenozynodifosforanu (ADP, adenosine diphosphate)** do transportu jonów przez błonę komórkową.

Pompa Na^+/K^+ jest powszechnie występującym aktywnym nośnikiem, który wykorzystując energię w postaci ATP, usuwa z komórki jony Na^+ i równocześnie wprowadza do niej jony K^+ , ustanawiając niezbędne wewnątrzkomórkowe i zewnątrzkomórkowe środowisko jonowe. Ponieważ trzy dodatnie jony Na^+ są usuwane z komórki, a na ich miejsce wprowadzane tylko dwa dodatnie jony K^+ , pompa jest elektrogena. Ustalony w ten sposób gradient stężenia dla Na^+ umożliwia dyfuzję jonów sodowych zgodnie z gradientem stężenia podczas różnych procesów komórkowych, w tym w procesie wtórnego transportu czynnego (następny temat).

Innymi przykładami transportu czynnego pierwotnego są **pompa H^+/K^+ , pompa H^+ oraz pompa Ca^{2+}** . W każdym z tych przypadków ATP jest wykorzystywane do przesunięcia jonu (lub jonów) wbrew gradientowi stężenia.

Na rycinie 1.5 zilustrowano transport czynny z udziałem pompy Ca^{2+} .

POKOLORUJ wymienione niżej elementy.

1. Strzałka i jony Ca^{2+} transportowane dzięki nośnikowi w kierunku wyższego stężenia jonów, aby podkreślić, że transport czynny pierwotny umożliwia przemieszczanie się cząsteczek wbrew ich gradientowi stężenia.

POKOLORUJ i PODPISZ reakcję, która dostarcza energię niezbędną do transportu jonów Ca^{2+} wbrew ich gradientowi stężenia:

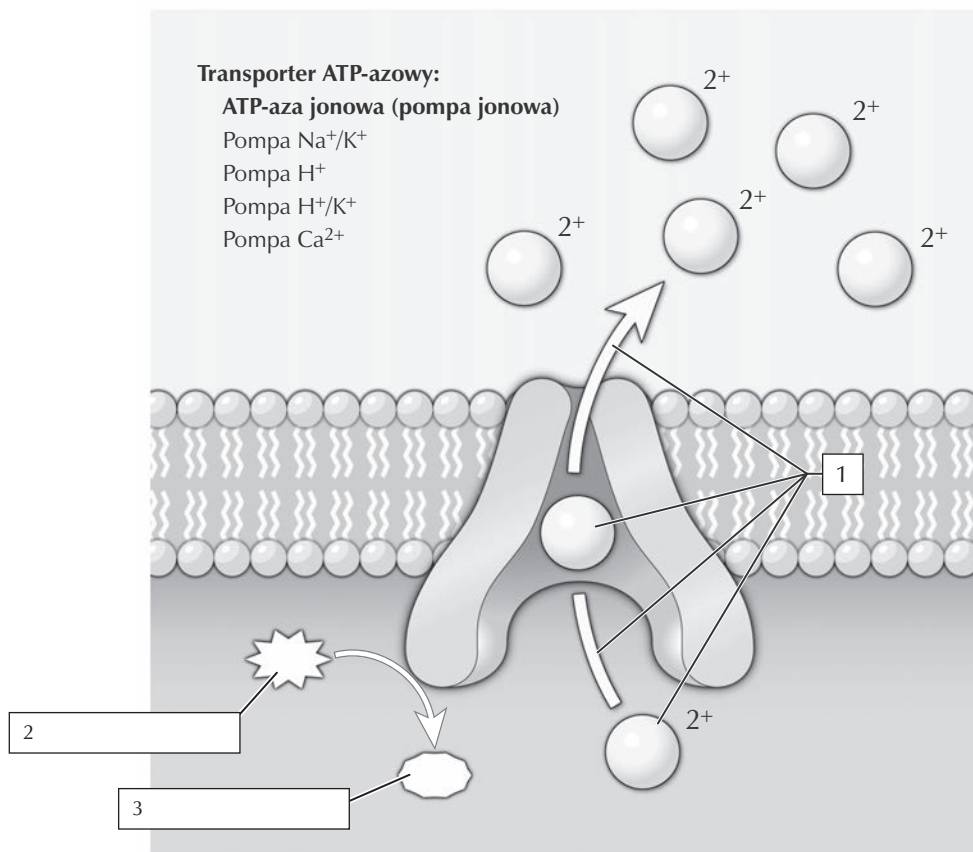
2. ATP.
 3. ADP.

Uwaga kliniczna

Transport czynny pierwotny jest niezbędny do zachowania homeostazy płynów (pompa Na^+/K^+), w procesie sygnalizacji komórkowej (pompa Ca^{2+}), przy wydzielaniu kwasów (pompa H^+/K^+) i innych funkcjach. Pomimo że hamowanie większości tych nośników może spowodować poważne, zagrażające życiu dolegliwości, transportery mogą również być celem działania leków, np. przy niewydolności serca (pompa Na^+/K^+) czy nadmiernym wydzielaniu kwasu żołądkowego (pompa H^+/K^+).

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Którekolwiek z następujących: pompa Na^+/K^+ , pompa H^+/K^+ , pompa H^+ , pompa Ca^{2+} .
B. ATP w ADP.



PYTANIA KONTROLNE

- Podaj dwa przykłady transportu czynnego pierwotnego.
- Energia potrzebna do przetransportowania jonów wbrew gradientowi ich stężenia pochodzi z przemiany _____ w _____.

1 Transport komórkowy: transport czynny wtórny

Dużo substancji jest transportowanych zarówno do wnętrza, jak i na zewnątrz komórki poprzez **transport czynny wtórny** wraz z jonami Na^+ . Może on mieć postać **symportu** (przebiega w tym samym kierunku) lub **antyportu** (antyportery nazywane są również wymiennikami, ponieważ gdy jeden jon lub cząsteczka wchodzi do komórki, inny jon lub cząsteczka w tym samym czasie opuszcza komórkę).

Pompa Na^+/K^+ , utrzymując gradient stężeniowy dla jonów Na^+ , umożliwia przez symportery lub antyportery transport jonów Na^+ do komórki (proces opisany wyżej), pozwalając równocześnie na przemieszczanie się innej cząsteczki na zewnątrz lub do wnętrza komórki. **Aktywną** składową tego procesu jest transport Na^+ wbrew jego gradientowi zapewniony przez pompę Na^+/K^+ , a kolejne etapy zjawiska mają *drugorzędny* charakter.

Typowym przykładem transportu czynnego wtórnego przez symport jest współtransport **Na^+ i glukozy** oraz **Na^+ i galaktozy** przez nabłonek jelitowy. Przykładem antyportu jest **wymiennik Na^+/H^+** obecny w wielu komórkach, w tym w komórkach nerkowych i jelitowych, gdzie jony Na^+ wchodzi do komórki przez antyporter zgodnie z gradientem stężenia tego jonu, podczas gdy równocześnie jony H^+ opuszczają komórkę. W obu tych przykładach gradient umożliwiający przemieszczanie się jonów Na^+ do komórki jest ustalany dzięki pompie Na^+/K^+ transportującej w procesie czynnym jony Na^+ na zewnątrz komórki.

Pompa Na^+/K^+ bierze również udział w dyfuzji jonów przez kanały: Na^+ (w kierunku jego niższego stężenia), Cl^- (podążający za jonami Na^+ w celu zachowania elektroobojętności) i H_2O (przemieszczająca się zgodnie z gradientem ciśnienia osmotycznego).

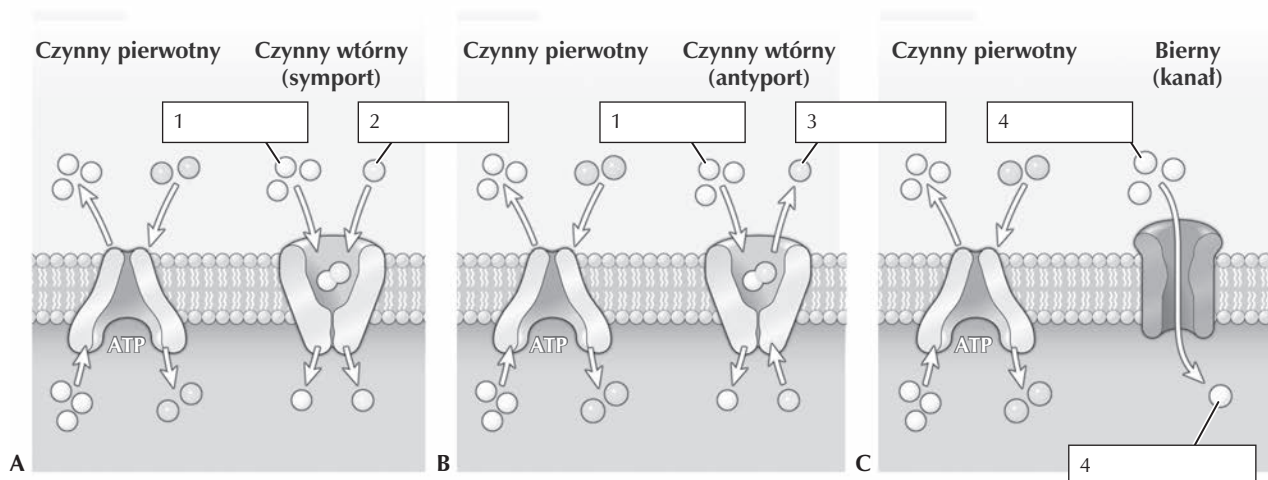
Na każdym rysunku zilustrowano transport czynny pierwotny (pompa sodowa), ustanawiając gradient dla transportu czynnego wtórnego.

POKOLORUJ i PODPISZ przykłady transportu czynnego wtórnego.

- 1. Jony sodu wchodzące do komórki dzięki symportowi lub antyportowi (na żółto), aby wskazać, że przemieszczają się zgodnie z ich gradientem stężenia.
- 2. Jony lub cząsteczki wchodzące do komórki dzięki symportowi z sodem (na niebiesko).
- 3. Jony lub cząsteczki opuszczające komórkę dzięki antyportowi z sodem (na czerwono).
- 4. Jony sodu wchodzące do komórki przez kanał (na żółto).

ODPOWIEDZI DO PYTAŃ KONTROLNYCH

- A. Na^+ .
- B. Pompa Na^+/K^+ (transport czynny pierwotny) ustanawia gradient stężeniowy dla sodu, zapewniając wysokie jego stężenie w płynie zewnątrzkomórkowym, a niskie w płynie wewnątrzkomórkowym.



PYTANIA KONTROLNE

- A. Analizując powyższe trzy przykłady, który jon przemieszcza się w procesie wtórnym zgodnie z gradientem stężeń?
- B. W jaki sposób ustanawiany jest gradient stężeniowy dla tego jonu?

FIZJOLOGIA NETTERA DO KOLOROWANIA

Susan Mulroney, PhD

Adam Myers, PhD

Abstrakcyjne koncepcje, procesy i cykle stają się zrozumiałe i łatwe do zapamiętania!

Zapoznanie się z tekstem, wykonywanie określonych ćwiczeń, a następnie odpowiadanie na pytania sprawdzające niezwykle ułatwiają zrozumienie i utrwalenie omawianych zagadnień.

W podręczniku:

- Ponad 100 kluczowych tematów z dziedziny fizjologii, omówionych z wykorzystaniem czytelnych rycin.
- Ćwiczenia do kolorowania, pomagające zrozumieć i zapamiętać skomplikowane zagadnienia.
- Uwagi kliniczne, które łączą nauki podstawowe z zagadnieniami klinicznymi.
- Pytania kontrolne, pozwalające usystematyzować, powtórzyć i sprawdzić swoją wiedzę.

Tytuł oryginału:
**Netter's Physiology
Coloring Book.**

Publikację wydano na podstawie
umowy z Elsevier.



ELSEVIER

ISBN 978-83-67447-33-1



9 788367 447331

www.edraurban.pl