



**Konsultacje Anatomia i fizjologia zwierząt
23 lutego 2024**

dr Ewa Żebrowska

ZAKŁAD FIZJOLOGII

**PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA EDUKACJI I NAUKI
W RAMACH PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI II**

Biologia i Chemia po akademicku 3

DOFINANSOWANIE

40 500 zł

CAŁKOWITA WARTOŚĆ

45 000 zł



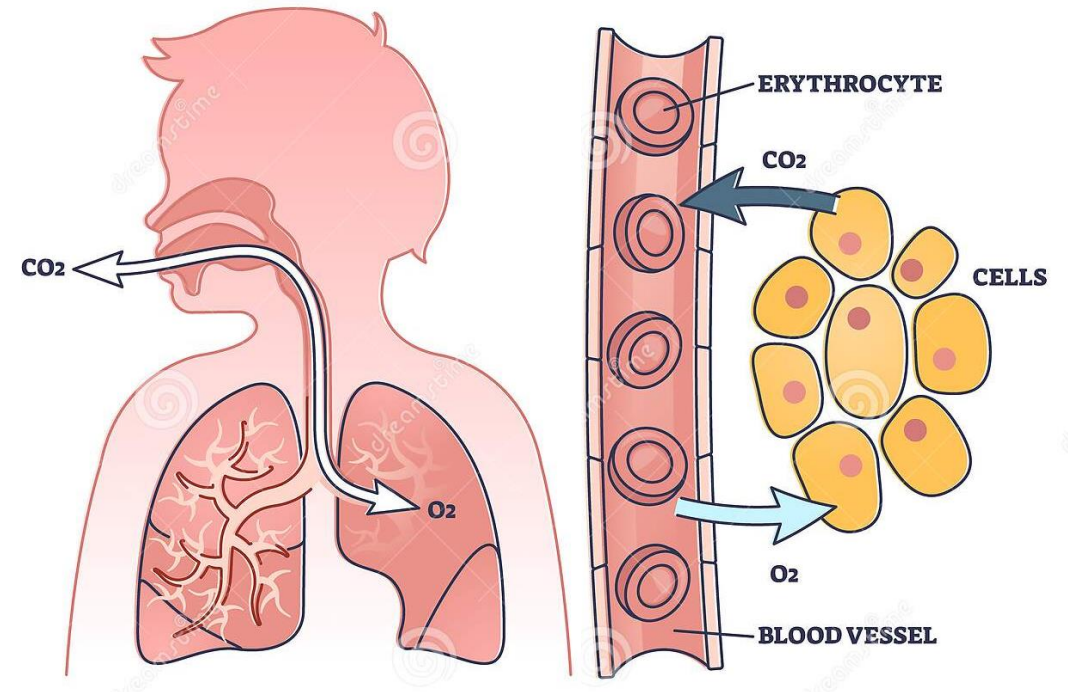
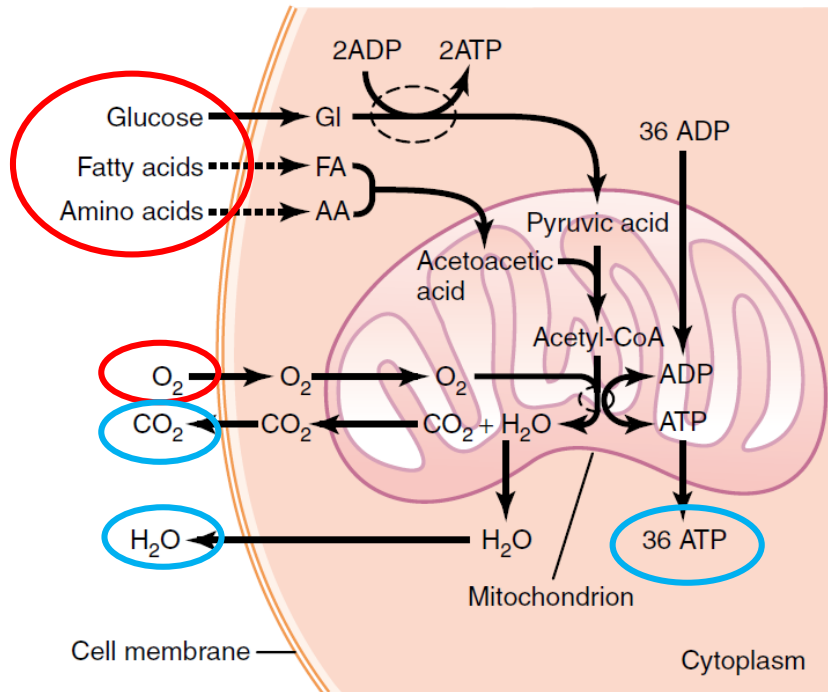
**Ministerstwo
Edukacji i Nauki**



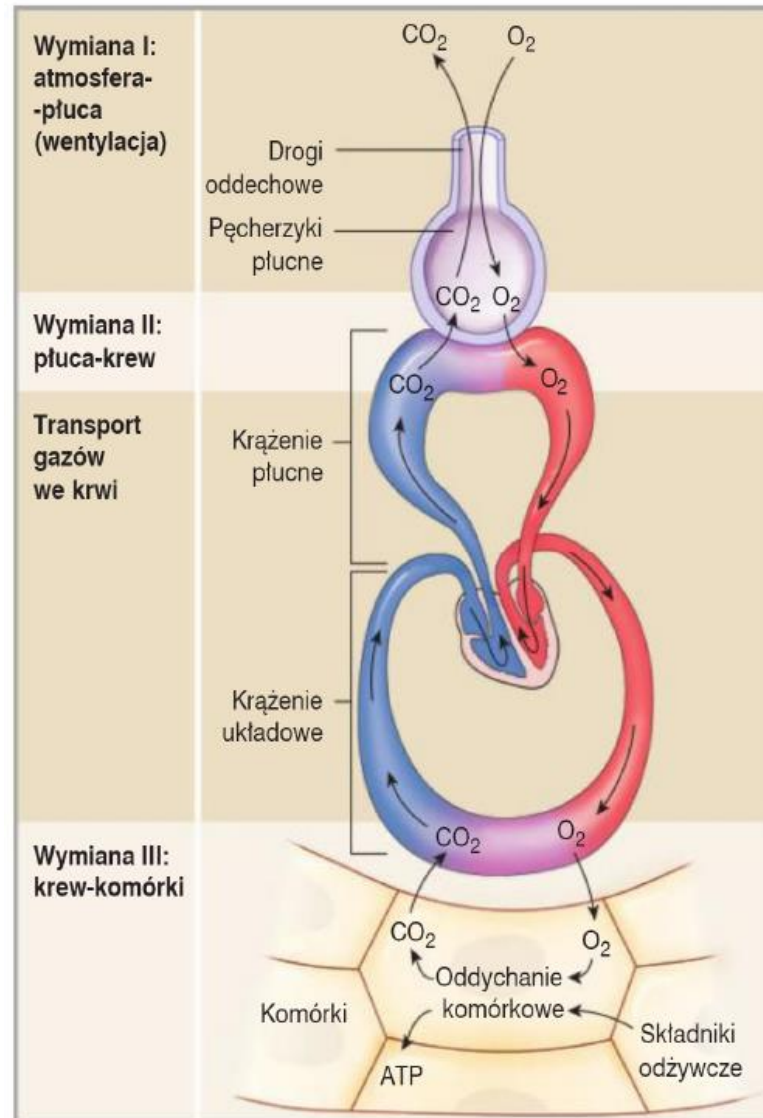


**Wymiana gazowa u zwierząt –
czy wszyscy robią to tak
samo?**

ODDYCHANIE KOMÓRKOWE VS. ODDYCHANIE ZEWNĘTRZNE



ETAPY ODDYCHANIA



układ oddechowy

układ krążenia

**Dlaczego niektóre zwierzęta
mają rozwinięty układ
oddechowy a inne nie?**

POWIERZCHNIA WYMIANY GAZOWEJ

- 🫁 cienka (nabłonek jednowarstwowy płaski)
- 🫁 wilgotna
- 🫁 dobrze ukrwiona
- 🫁 duża powierzchnia wymiany gazowej w odniesieniu do powierzchni ciała



SPOSOBY WYMIANY GAZOWEJ

☞ przez powierzchnię ciała (np. parzydełkowce, część płazińców, płazy)



Żaba wodna
Rana esculenta



Dżdżownica ziemna
Lumbricus terrestris

SKRZELA

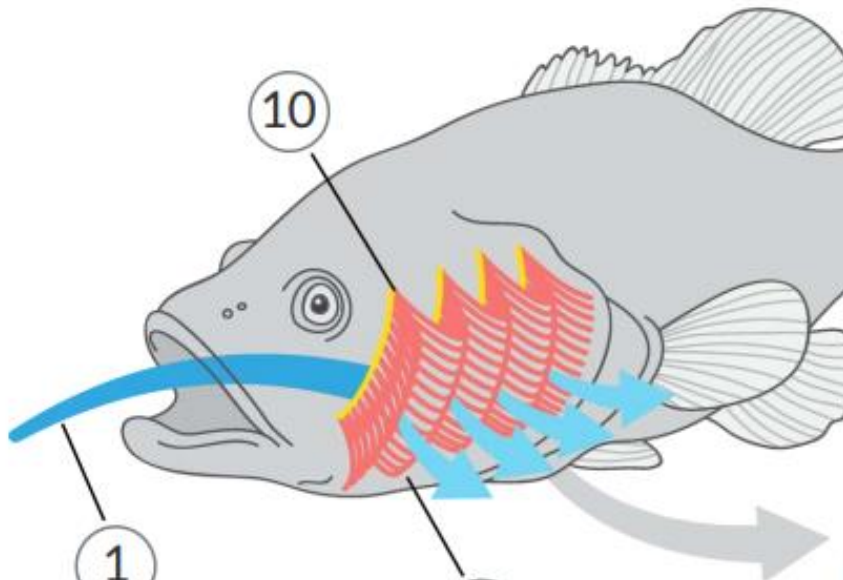
- ☞ Uwypuklenia ciała (ewaginacje)
- ☞ Skrzela zewnętrzne
- ☞ Najprostsze: parapodia u wieloszczetów



Aksolotl meksykański
Ambystoma mexicanum

SKRZELA

- ☞ Uwypuklenia ciała (ewaginacje)
- ☞ Skrzela zewnętrzne
- ☞ Skrzela wewnętrzne (osłonięte np. pokrywą skrzelową)
 - ☞ Zapewnienie odpowiedniej wentylacji przy skrzelach wewnętrznych

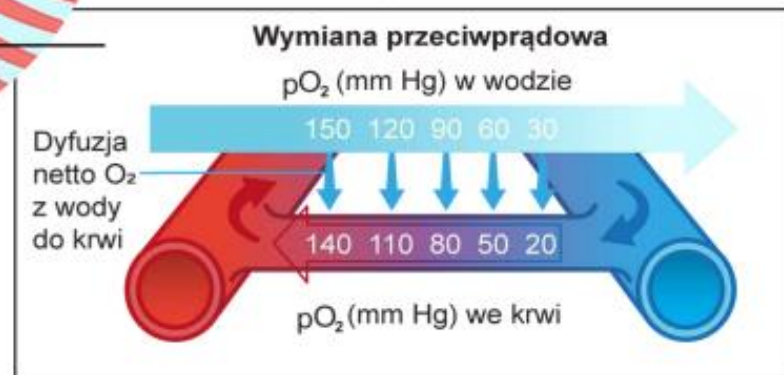
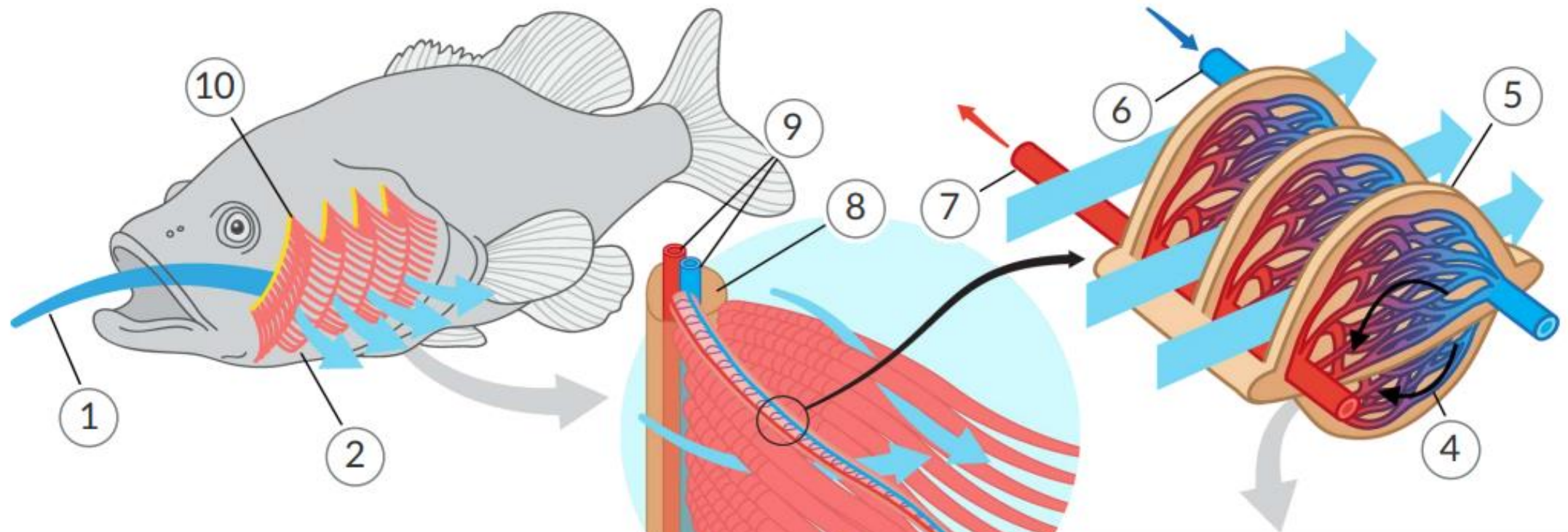


Wentylacja wymuszona ruchem pokryw skrzelowych



Wentylacja wymuszona ruchem ciała - rekin

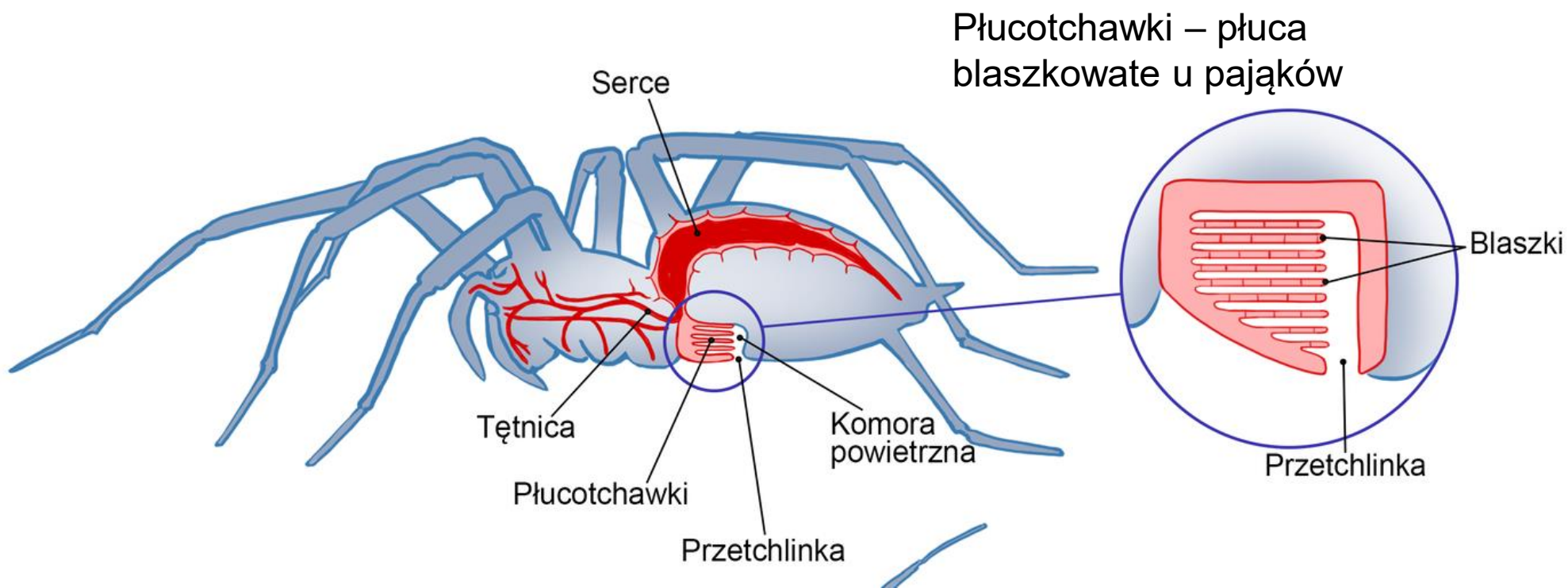
WYMIAN PRZECIWPŁĄDOWA



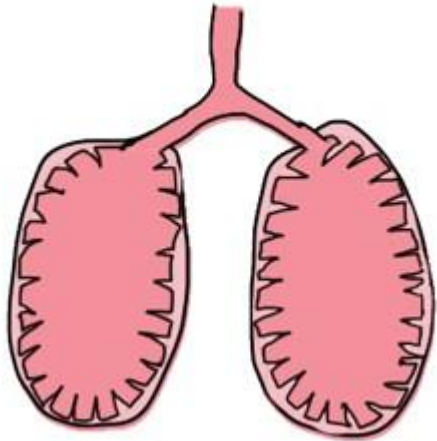
PŁUCA

🦋 Wpuklenia ciała (inwaginacje)

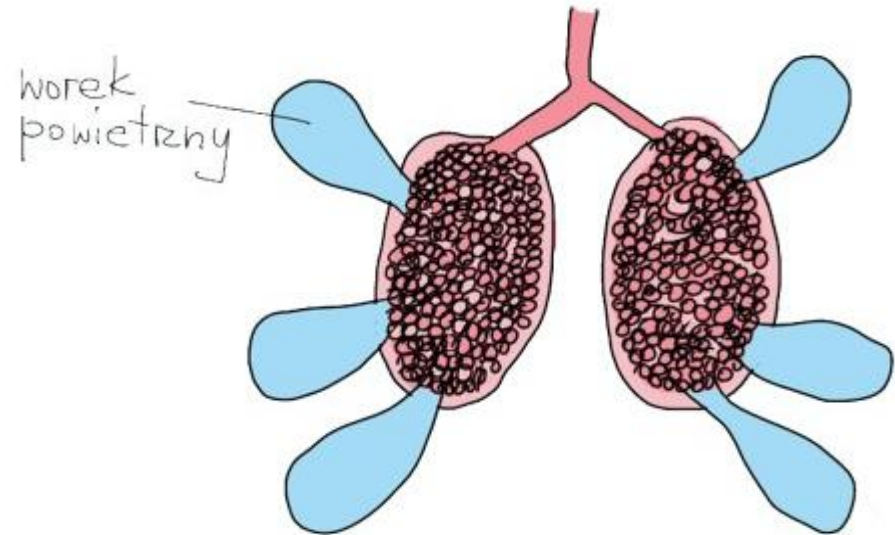
🦋 Różne formy (płuca dyfuzyjne, płuca wentylowane)



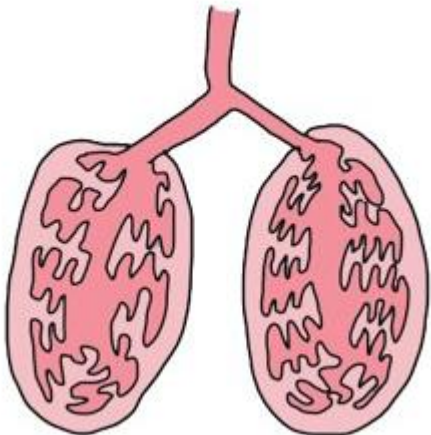
PŁUCA WENTYLOWANE KRĘGOWCÓW



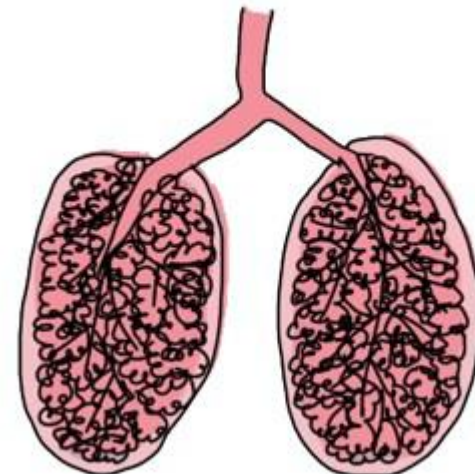
Płuca workowate płazów



Płuca rurkowe ptaków

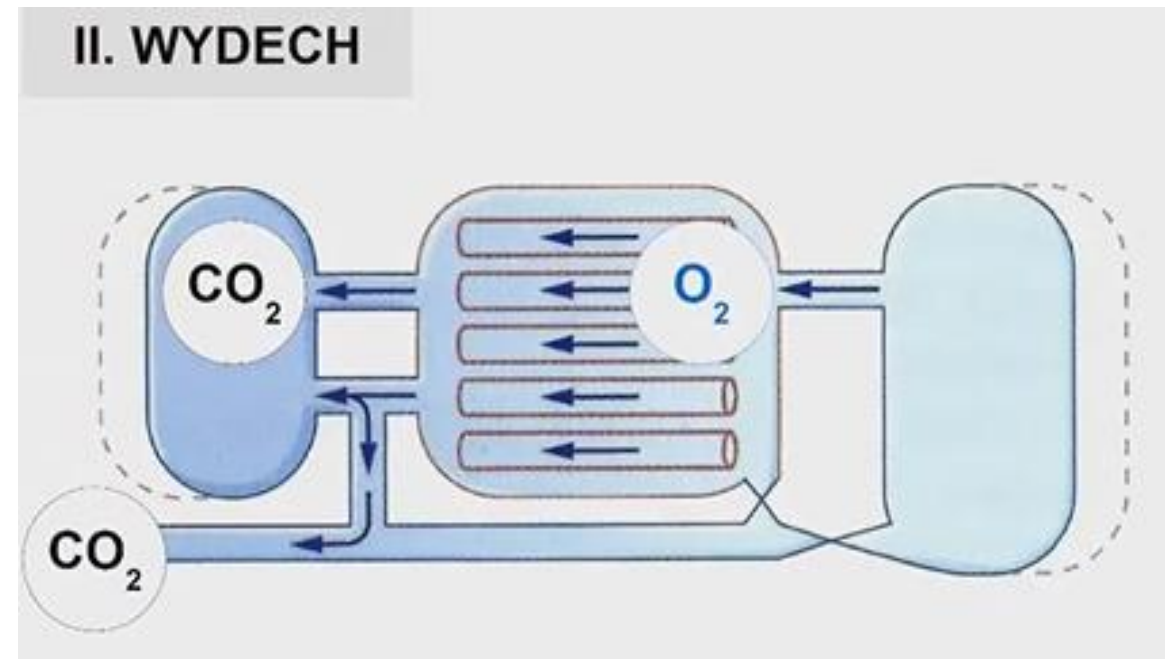
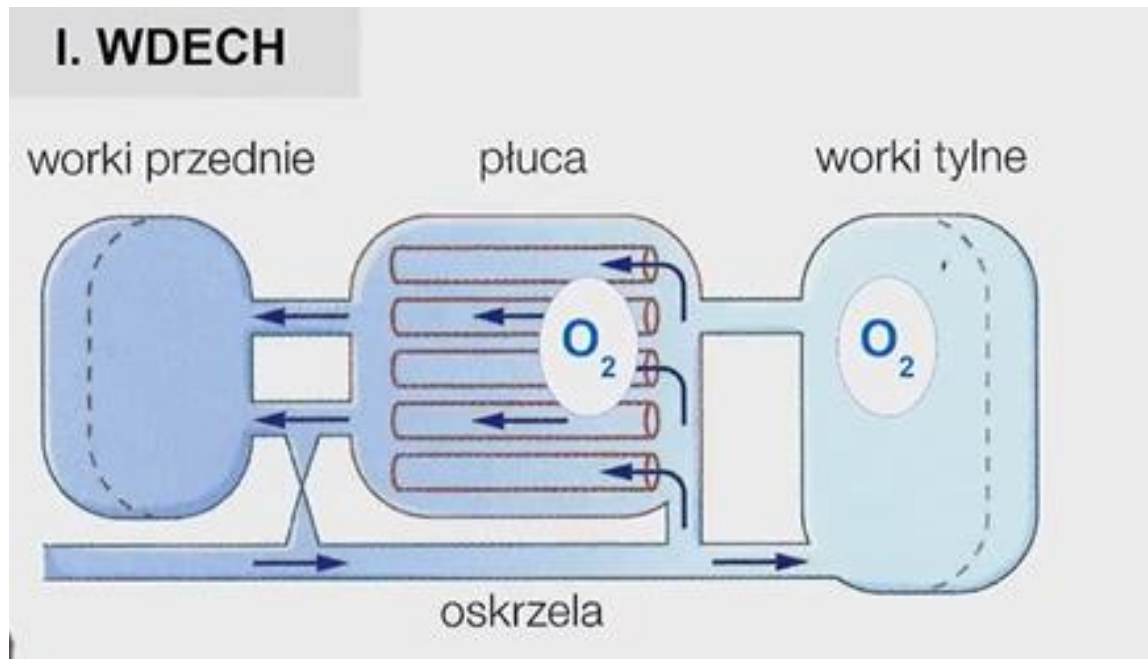


Płuca gąbczaste gadów



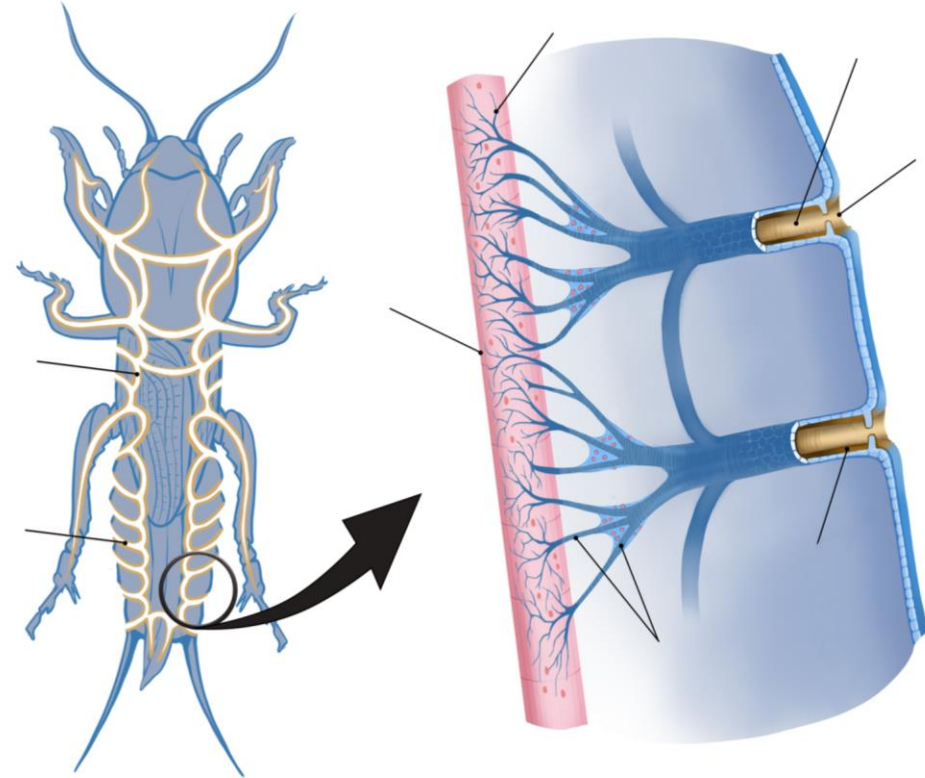
Płuca pęcherzykowe ssaków

PODWÓJNE ODDYCHANIE U PTAKÓW



TCHAWKI

- ☞ rozgałęziony system rurek (część pajęczaków i owady)
- ☞ przetchlinki, tchawki i tracheole
- ☞ tak rozgałęzione że bezpośrednio zaopatrują komórki ciała – z pominięciem układu krążenia!





Układ oddechowy u człowieka

FUNKCJE UKŁADU ODDECHOWEGO

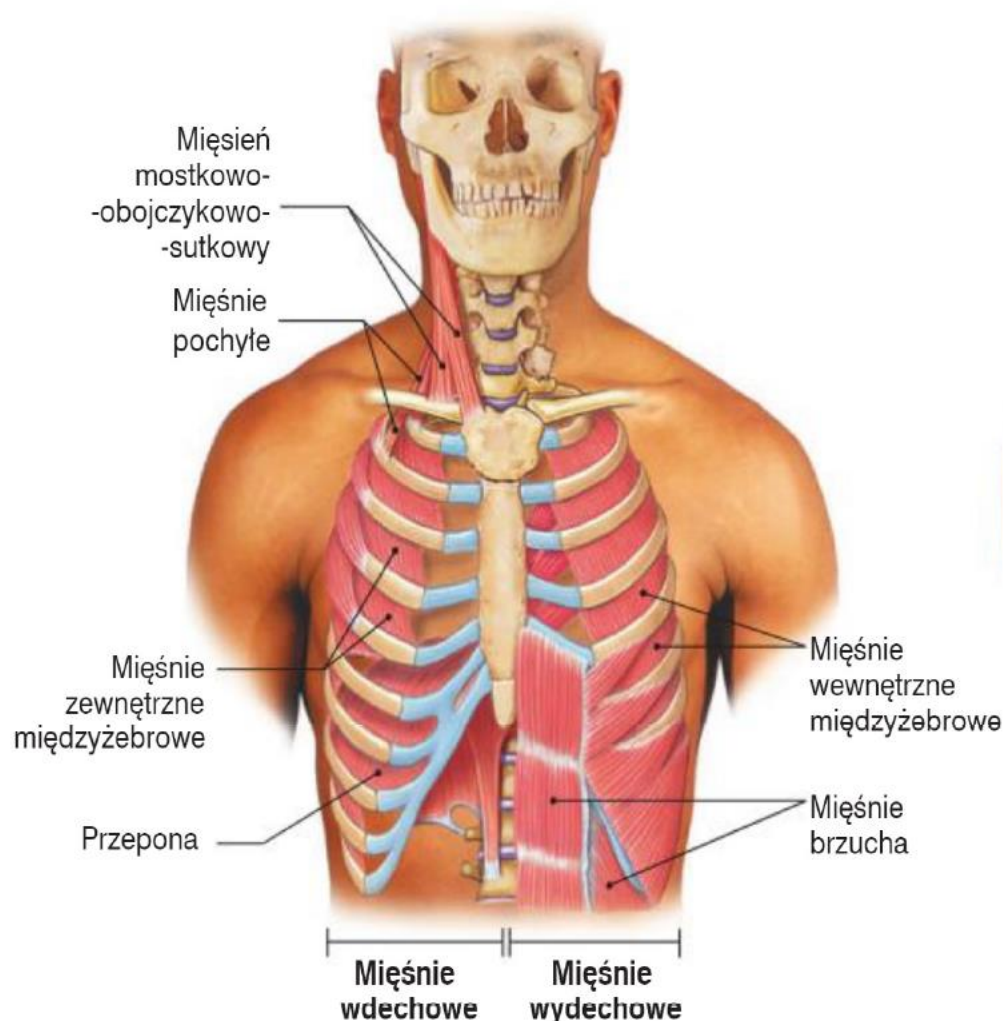
- 👃 podstawowa – dostarczanie tlenu i eliminacja dwutlenku węgla
- 👃 termoregulacja
- 👃 usprawnia powrót żylny („pompa oddechowa”)
- 👃 utrzymanie prawidłowej równowagi kwasowo-zasadowej
- 👃 wokalizacja
- 👃 funkcja ochronna
- 👃 funkcja metaboliczna
- 👃 nos służy jako narząd węchu



ANATOMIA UKŁADU ODDECHOWEGO

Układ oddechowy tworzą:

- drogi oddechowe
- płuca
- mięśnie oddechowe klatki piersiowej

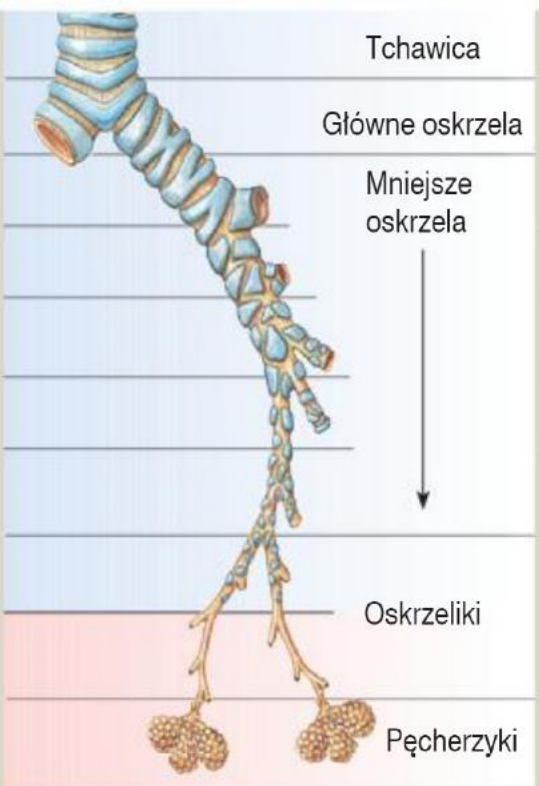


STRUKTURA DRÓG ODDECHOWYCH

Rozgałęzienia dróg oddechowych

Przewodzenie
powietrza
0-16
generacje

Wymiana
gazowa
17-23
generacje

Nazwa układu	Nazwa	Podział	Średnica (mm)	Ilość
	Tchawica	0	15-22	1
	Główne oskrzela	1	10-15	2
	Mniejsze oskrzela	2	1-10	4
		3		
		4		
		5		
6-11		1×10^4		
Oskrzeliki	12-23	0,5-1	2×10^4	
			8×10^7	
Pęcherzyki	24	0,3	$3-6 \times 10^8$	

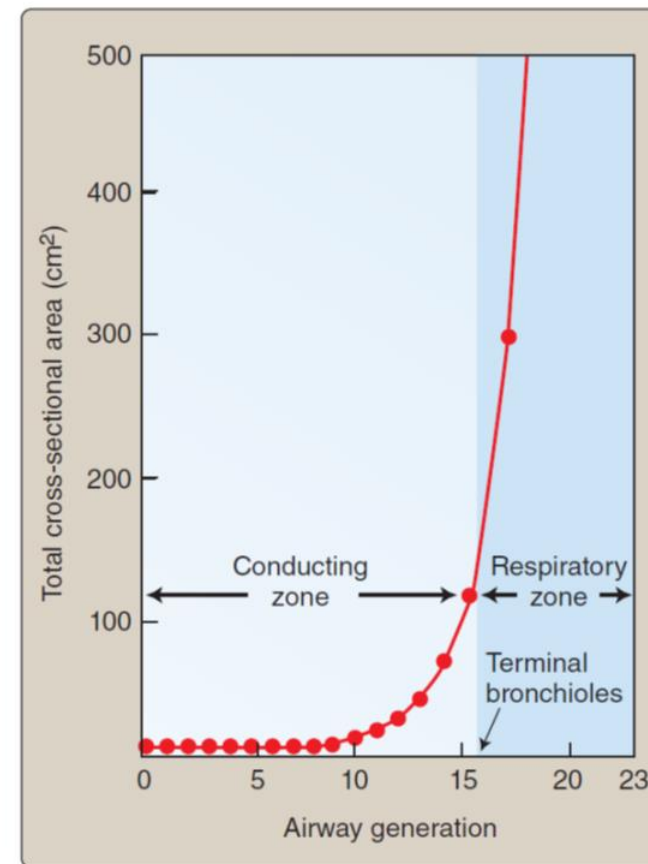


Figure 22.2
Amplification of lung surface area.

ANATOMICZNA PRZESTRZEŃ BEZUŻYTECZNA

Powietrze które znajduje się w drogach przewodzących, nie bierze udziału w wymianie gazowej (ok. 150 ml)



PĘCHERZYKI PŁUCNE

- 🦋 płuca składają się z **500 milionów** pęcherzyków
- 🦋 średnica: **200-300 μm**
- 🦋 bariera dla wymiany gazowej: **0.5 μm**
- 🦋 całkowita powierzchnia wymiany gazowej **$\sim 80 \text{ m}^2$!**
- 🦋 zbudowane z pneumocytów **typu I** i **typu II** (5%, surfaktant)

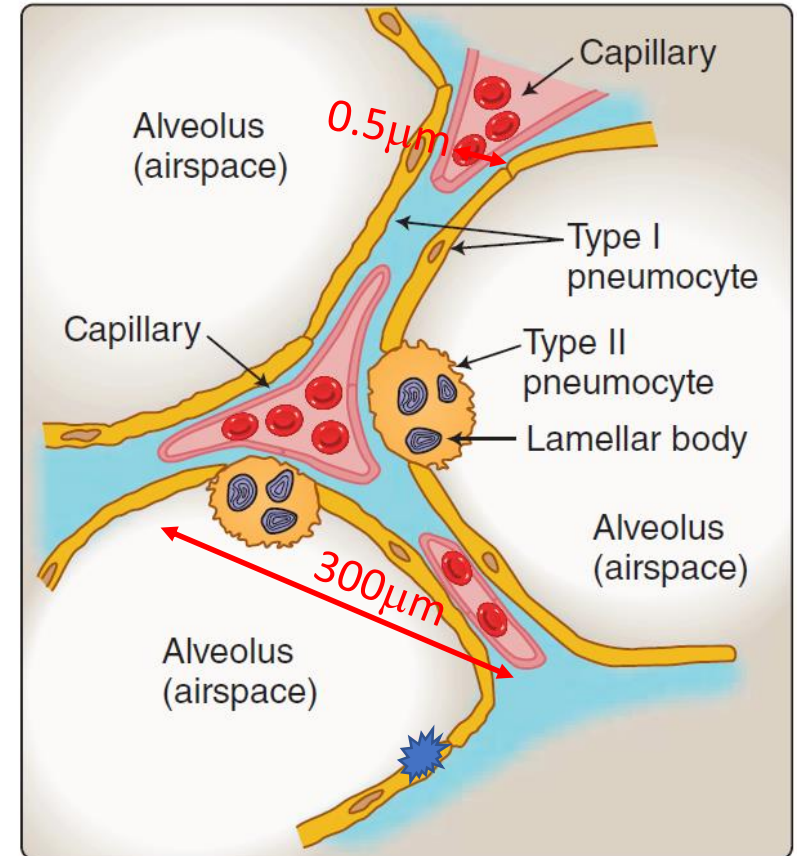


Figure 22.3
Alveolar wall structure.

JAMA OPŁUCNOWA

👁 każde płuco oddzielone jest od ściany klatki piersiowej **workiem opłucnowym** (dwuściennym)

👁 **jama opłucnowa** = wewnątrz worka opłucnowego

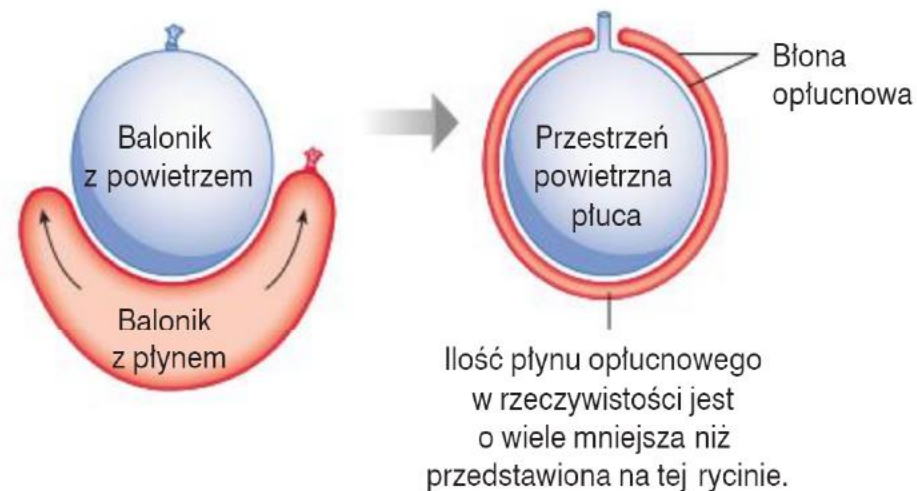
👁 opłucne wydzielają niewielką ilość **płynu śródopłucnowego** (~15 ml), który zwilża opłucne umożliwiając ich wzajemne „ślizganie się” podczas ruchów oddechowych

👁 **siły kohezji** płynu śródopłucnowego utrzymują powierzchnie opłucnych obok siebie

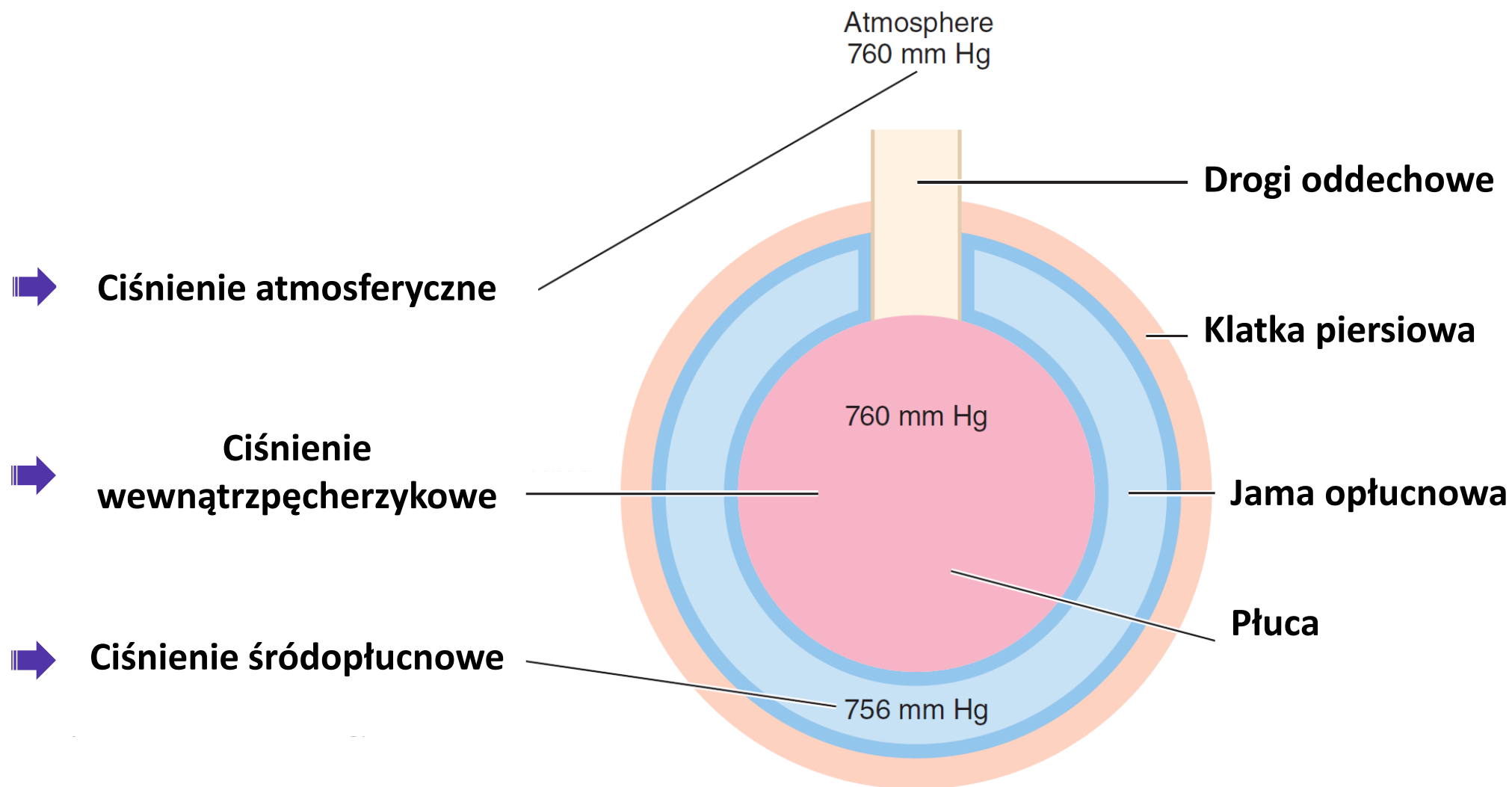
👁 dzięki temu zmianom w rozmiarze klatki piersiowej zawsze towarzyszą odpowiednie zmiany w rozmiarze płuc

RYC. 14.3 Worek opłucnej

Worek opłucnej tworzy podwójną błonę otaczającą płuco, podobną do wypełnionego płynem balonika otaczającego balonik z powietrzem.

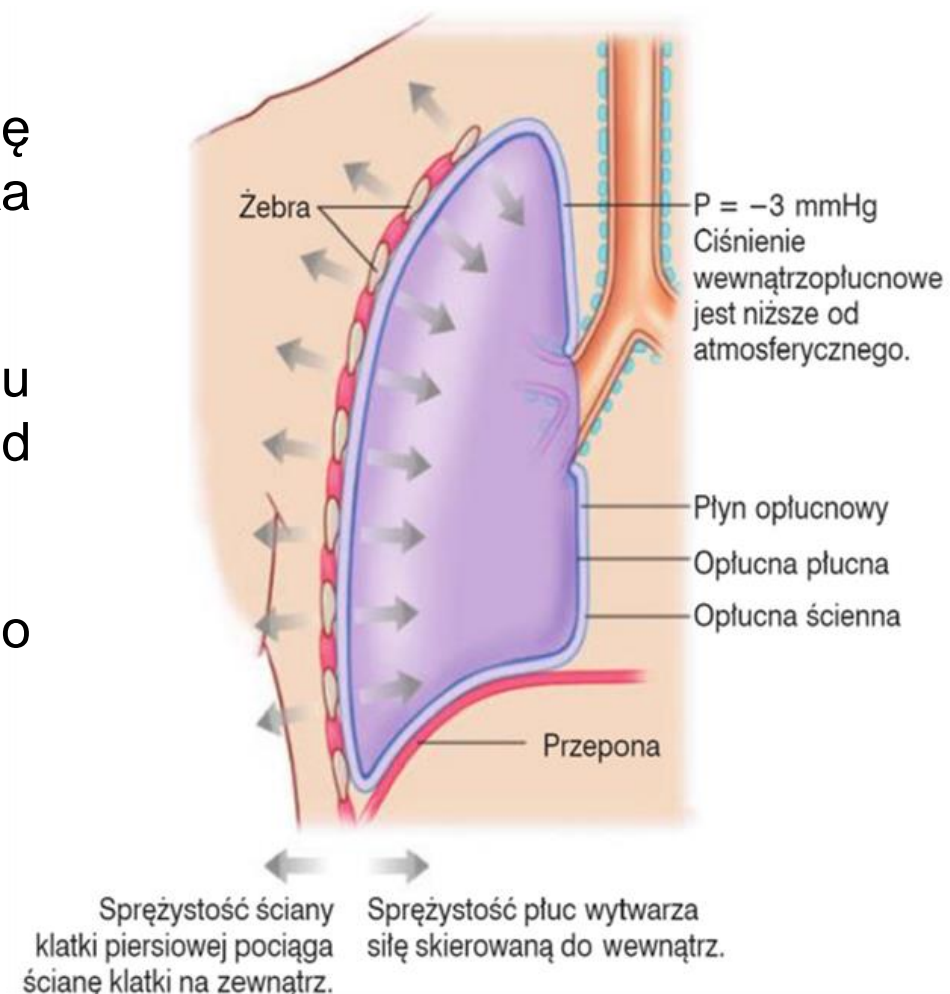


CIŚNIENIA WAŻNE ZE WZGLĘDU NA WENTYLACJĘ



DLACZEGO CIŚNIENIE ŚRÓDOPŁUCNOWE MA ZAWSZE WARTOŚĆ UJEMNĄ?

- zarówno **płuca** jak i **klatka piersiowa** nieustannie starają się przyjąć swoje naturalne rozmiary (płuca – mniejsze, klatka piersiowa – większe)
- ciśnienie transmuralne** i **siły kohezji** płynu śródopłucnowego zapobiegają oddzieleniu tych struktur od siebie
- dlatego **ciśnienie śródopłucnowe (756 mm Hg)** jest średnio o **3-4 mm Hg niższe od atmosferycznego (760 mm Hg)**





ODMA OPŁUCNOWA



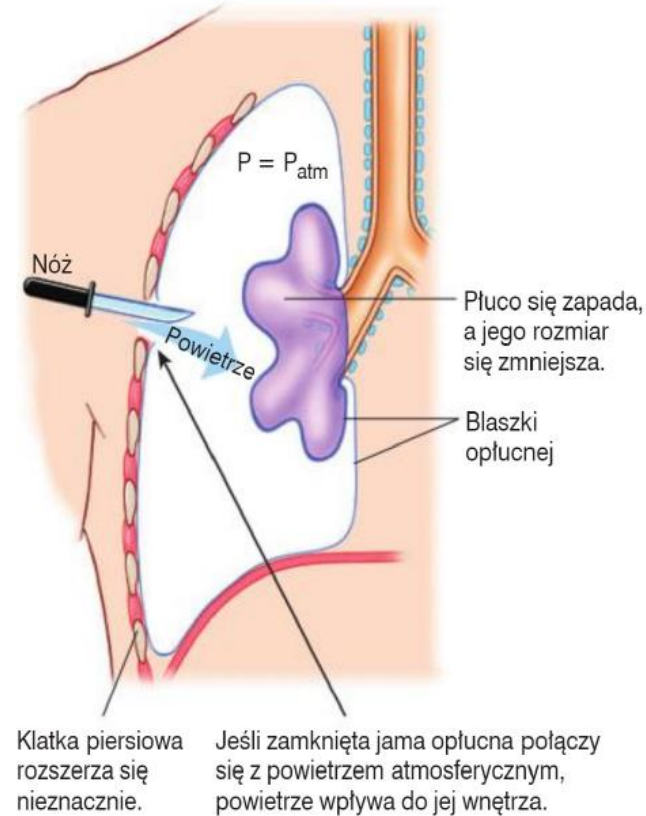
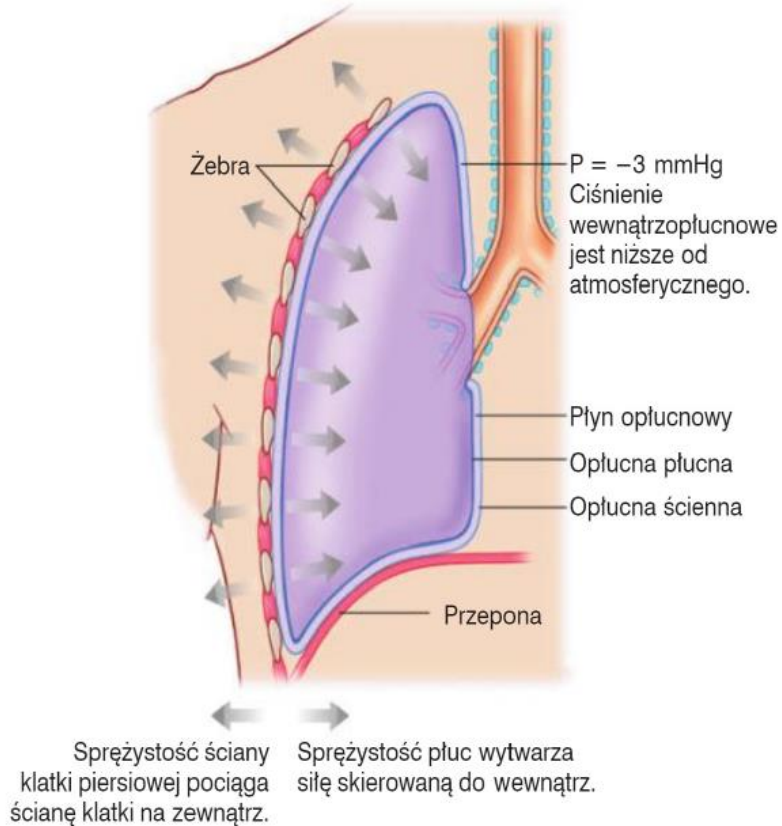


ODMA OPŁUCNOWA

RYC. 14.10 Ujemne ciśnienie w jamie opłucnej pomaga utrzymywać płuca rozprężone

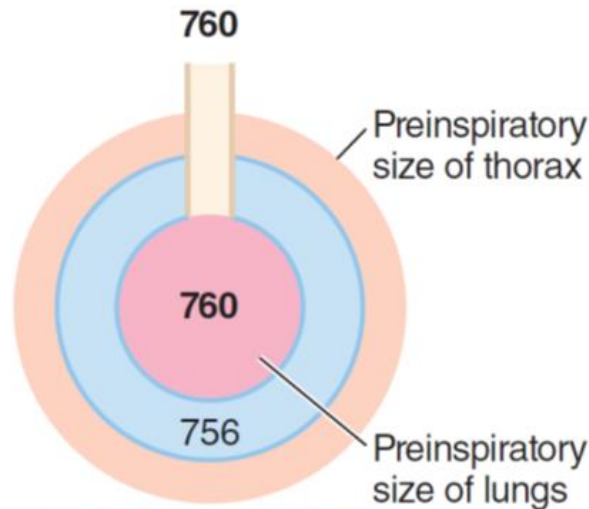
(a) Prawidłowe płuco w stanie spoczynku przylega do ściany klatki piersiowej dzięki obecności płynu opłucznego.

(b) **Odma opłucnowa.** Jeśli zamkniętą jamę opłucnej połączy się ze środowiskiem zewnętrznym, powietrze będzie przedostawać się do jamy opłucnej. Siły utrzymujące płuca przy ścianie klatki piersiowej zanikną i płuco zapadnie się, tworząc odmę opłucnową (powietrze w jamie opłucnej).



GRADIENT CIŚNIEŃ PODCZAS WDECHU I WYDECHU

- powietrze zawsze przepływa zgodnie z gradientem ciśnień
- gradient ciśnienia tworzą cykliczne zmiany ciśnienia wewnątrzpęcherzykowego (na skutek zmian objętości płuc)
- gradient ciśnienia - różnica ciśnień, przy spokojnym oddychaniu zaledwie - **1mmHg**



(a) Before inspiration

Numbers are mm Hg pressure.

Przed wdechem:

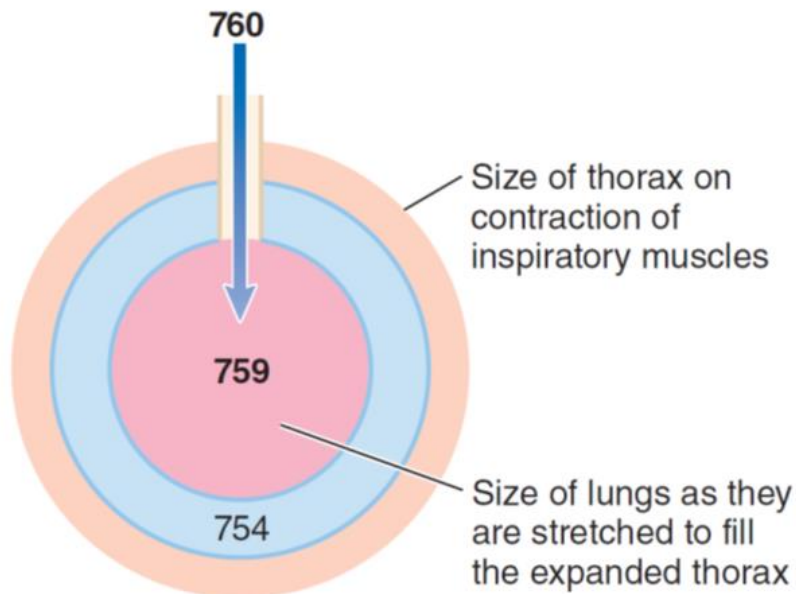
ciśnienie wewnątrzpęcherzykowe
jest takie samo jak atmosferyczne



brak przepływu powietrza

GRADIENT CIŚNIEŃ PODCZAS WDECHU I WYDECHU

- powietrze zawsze przepływa zgodnie z gradientem ciśnień
- gradient ciśnienia tworzą cykliczne zmiany ciśnienia wewnątrzpęcherzykowego (na skutek zmian objętości płuc)
- gradient ciśnienia - różnica ciśnień, przy spokojnym oddychaniu zaledwie - **1mmHg**



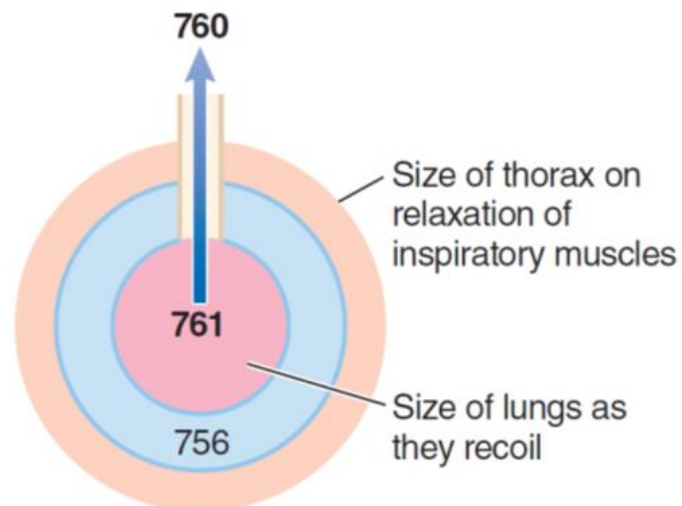
Podczas wdechu:
klatka piersiowa i płuca zwiększają swoją objętość,
ciśnienie wewnątrzpęcherzykowe **spada**



powietrze przepływa do płuc zgodnie z gradientem ciśnienia

GRADIENT CIŚNIEŃ PODCZAS WDECHU I WYDECHU

- powietrze zawsze przepływa zgodnie z gradientem ciśnień
- gradient ciśnienia tworzą cykliczne zmiany ciśnienia wewnątrzpęcherzykowego (na skutek zmian objętości płuc)
- gradient ciśnienia - różnica ciśnień, przy spokojnym oddychaniu zaledwie - **1mmHg**



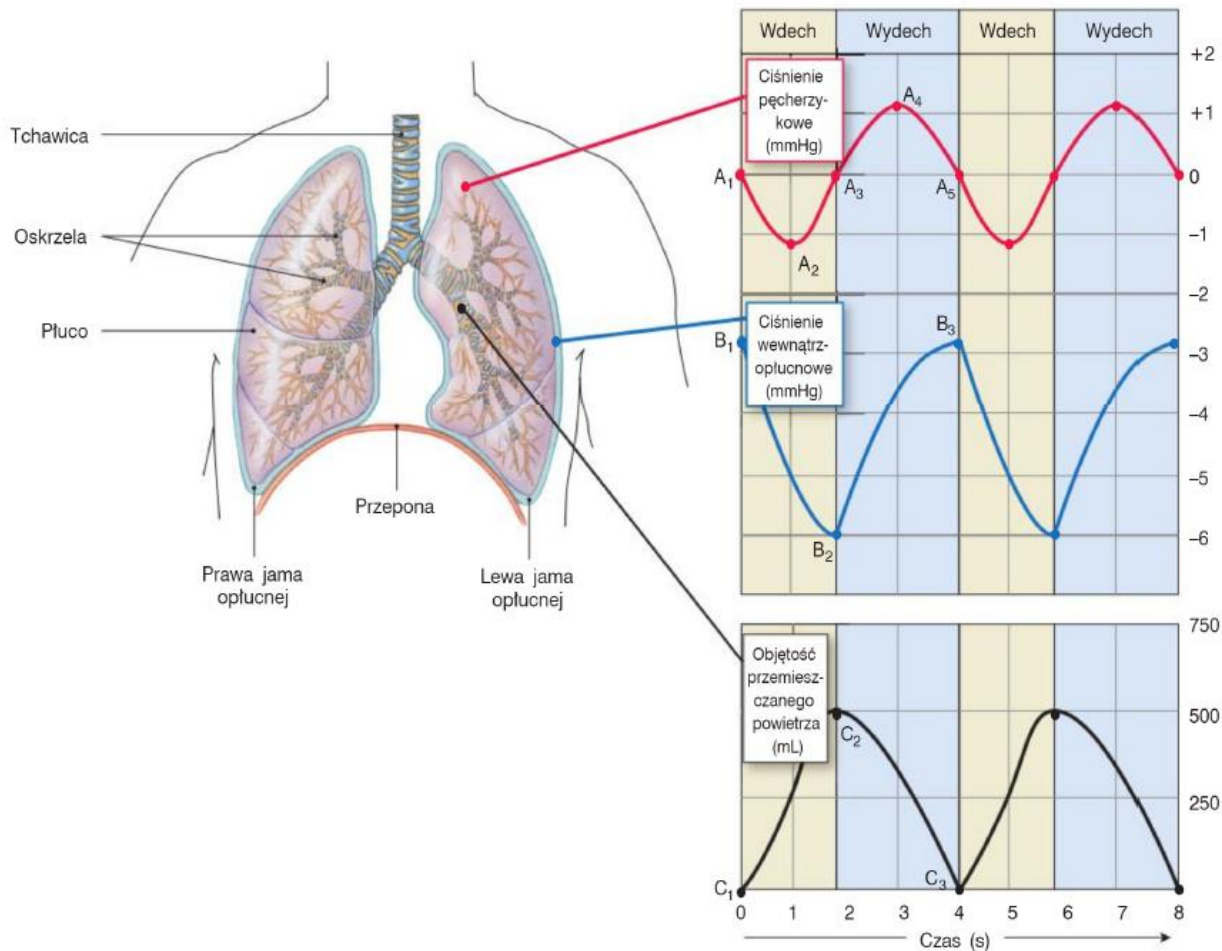
Podczas wydechu:

płuca wracają do swoich rozmiarów sprzed wdechu i zmniejszają swoją objętość, ciśnienie wewnątrzpęcherzykowe **rośnie**



powietrze opuszcza płuca zgodnie z gradientem ciśnienia (aż do zrównania się z ciśnieniem atmosferycznym)

ZMIANY CIŚNIENIA PODCZAS ODDYCHANIA

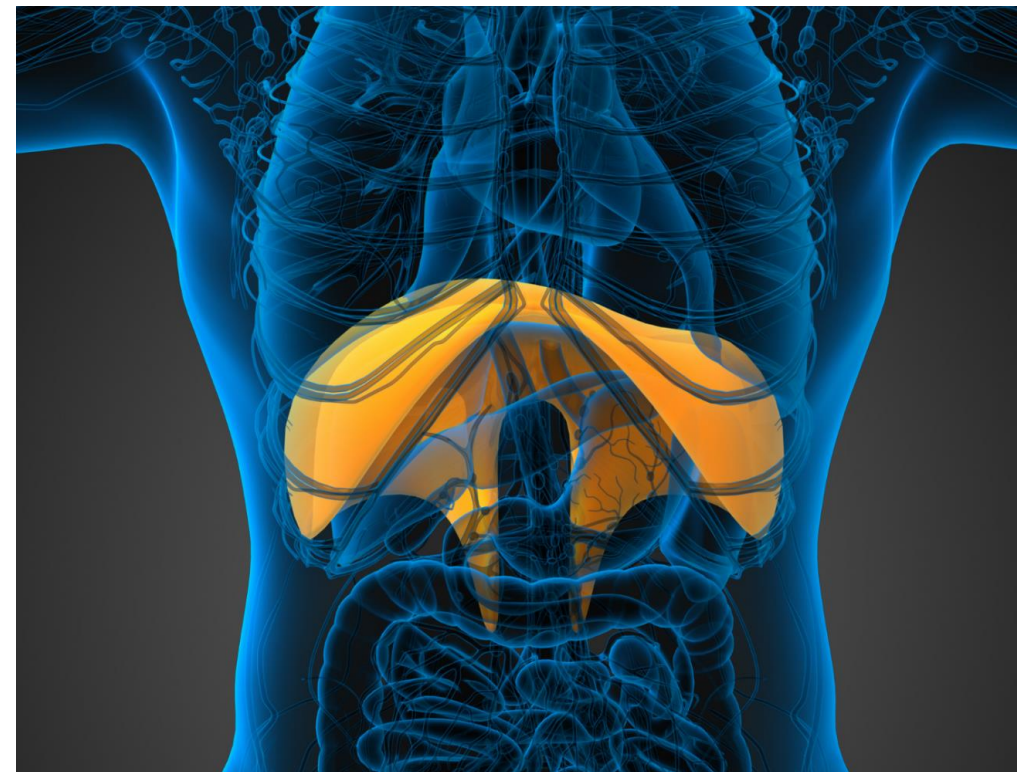


Prawidłowo wydech trwa 2-3 razy dłużej niż wdech (niepokazane dokładnie na tym uproszczonym wykresie).



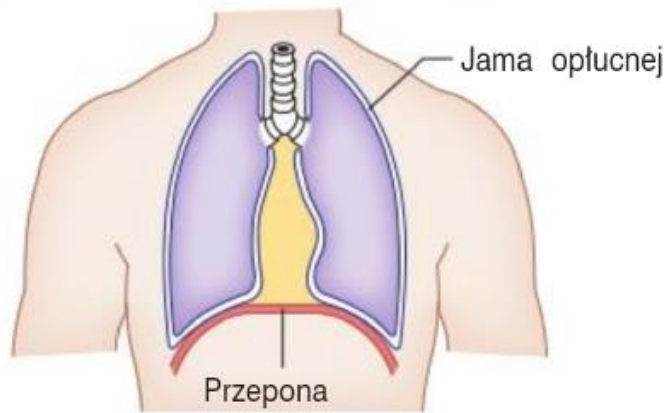
MIĘŚNIE ODDECHOWE - PRZEPONA

- 🦷 główny mięsień oddechowy – w **75%** odpowiada za zmiany objętości klatki piersiowej podczas spokojnego oddychania
- 🦷 podczas **skurczu** obniża się o **1 cm** (oddychanie spoczynkowe) do **10 cm** (podczas wysiłku)
- 🦷 **rozkurcz** jest podstawą **wydechu spoczynkowego**

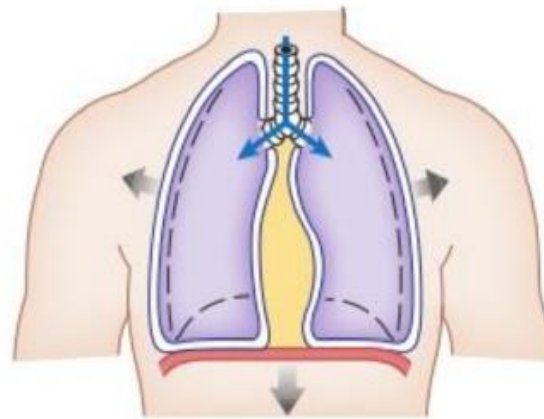


WDECH – RUCHY PRZEPONY

(a) W spoczynku: przepona rozluźniona

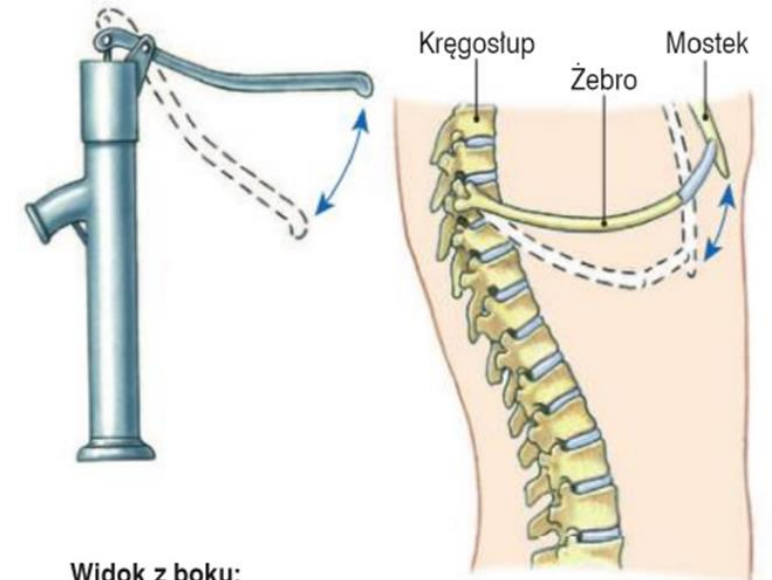


(b) Wdech: objętość klatki piersiowej zwiększa się.



Przepona kurczy się i spłaszcza

W trakcie wdechu wymiary klatki piersiowej zwiększają się.

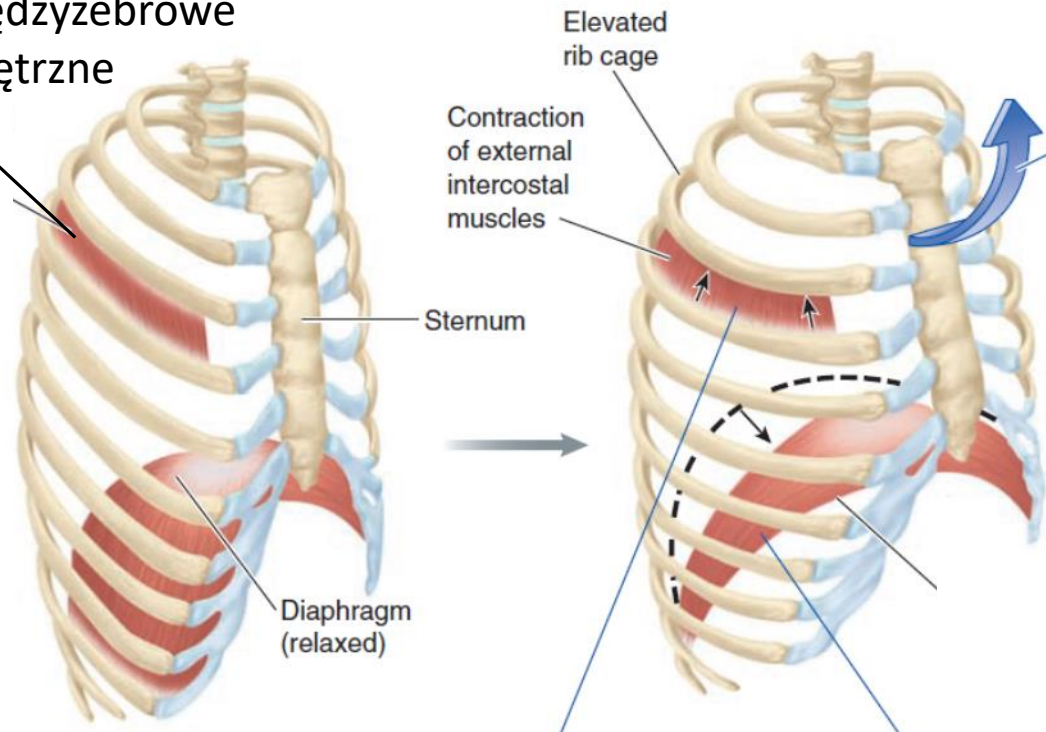


Widok z boku:

Ruch „uchwyty pompy” zwiększa przednio-tylny wymiar klatki piersiowej. Ruch ten jest analogiczny do ruchu unoszenia mostka i żeber.

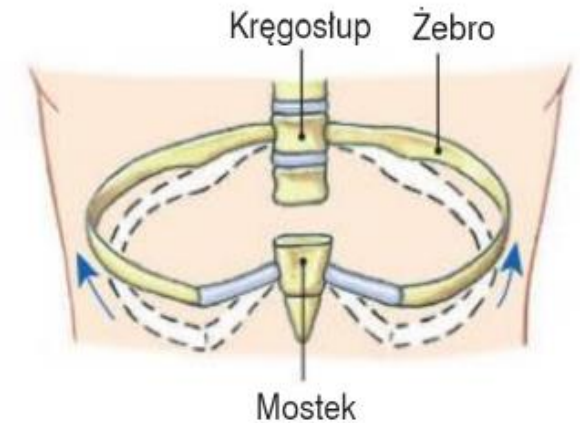
WDECH – MIĘŚNIE MIĘDZYŻEBROWE ZEWNĘTRZNE

mięśnie międzyżebrowe zewnętrzne

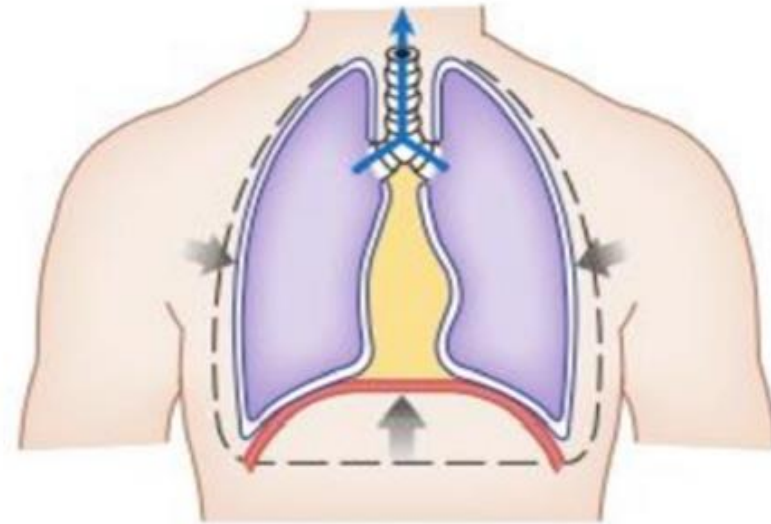
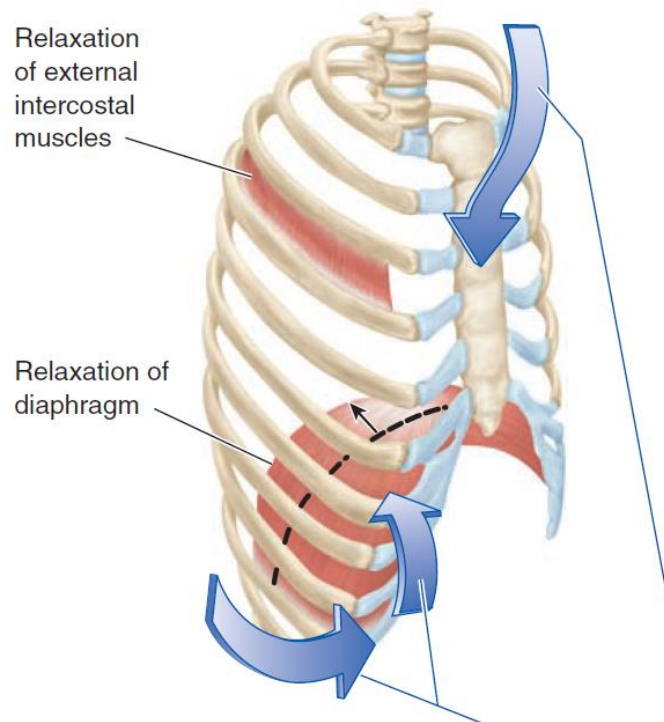


Widok z przodu:

Ruch „uchwyty wiadra” zwiększa boczny wymiar klatki piersiowej. Uchwyt wiadra, poruszający się do góry i na zewnątrz, jest dobrym modelem bocznych ruchów żeber w trakcie wdechu.



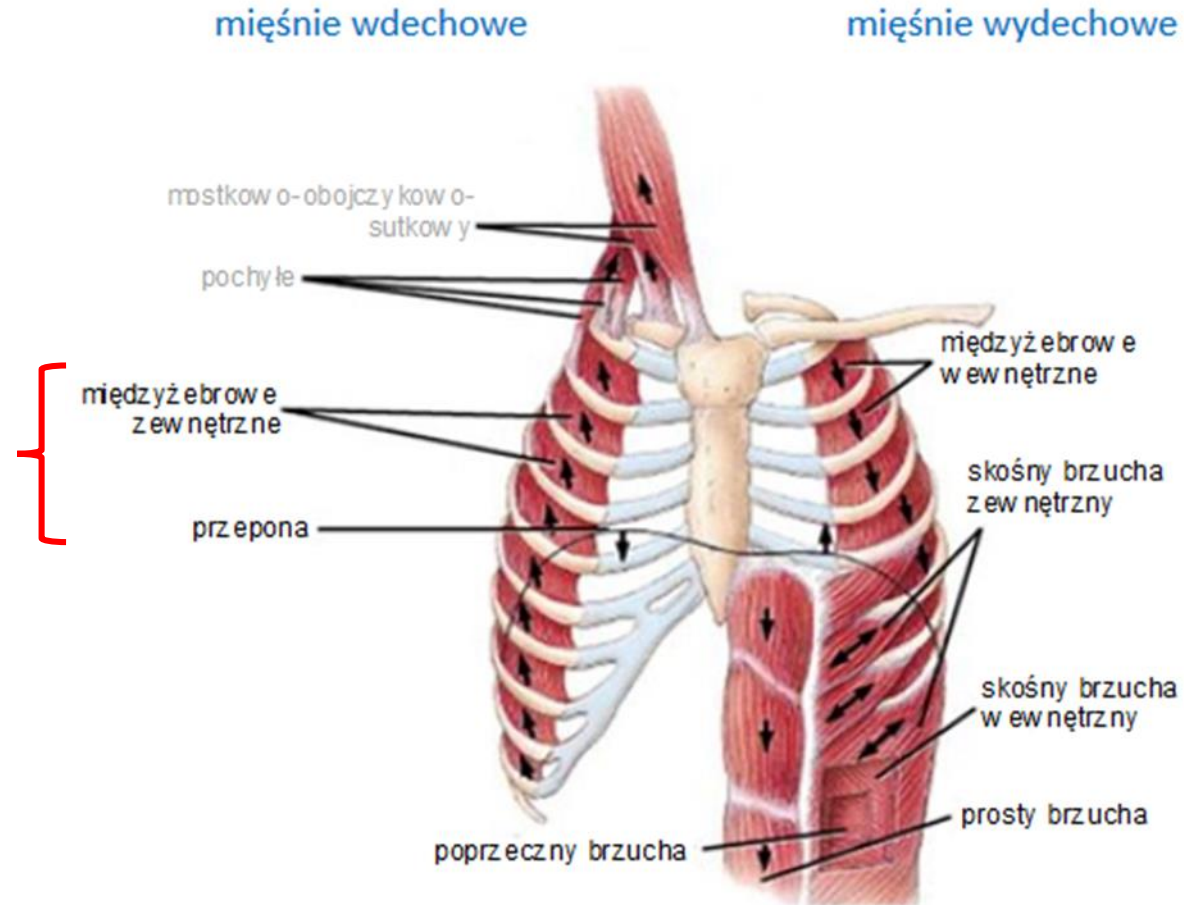
WYDECH – ROZKURCZ MIĘŚNI WDECHOWYCH



**Rozkurcz przepony
i mięśni międzyżebrowych zewnętrznych**

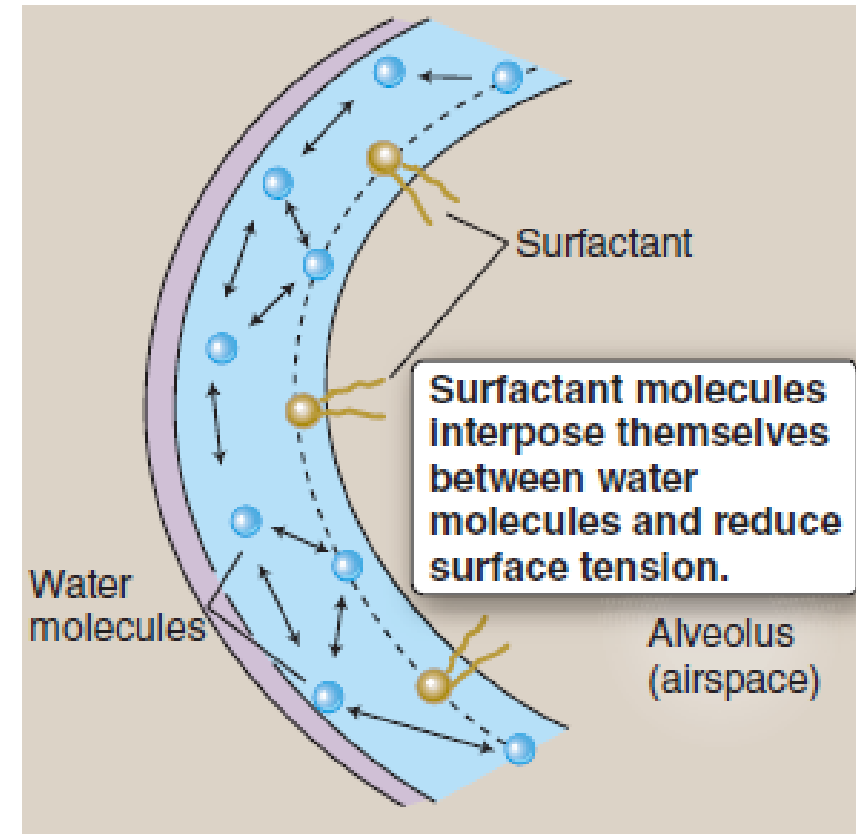
MIĘŚNIE DODATKOWE – ODDYCHANIE WYSIŁKOWE

oddychanie
spoczynkowe



ZNACZENIE SURFAKTANTU

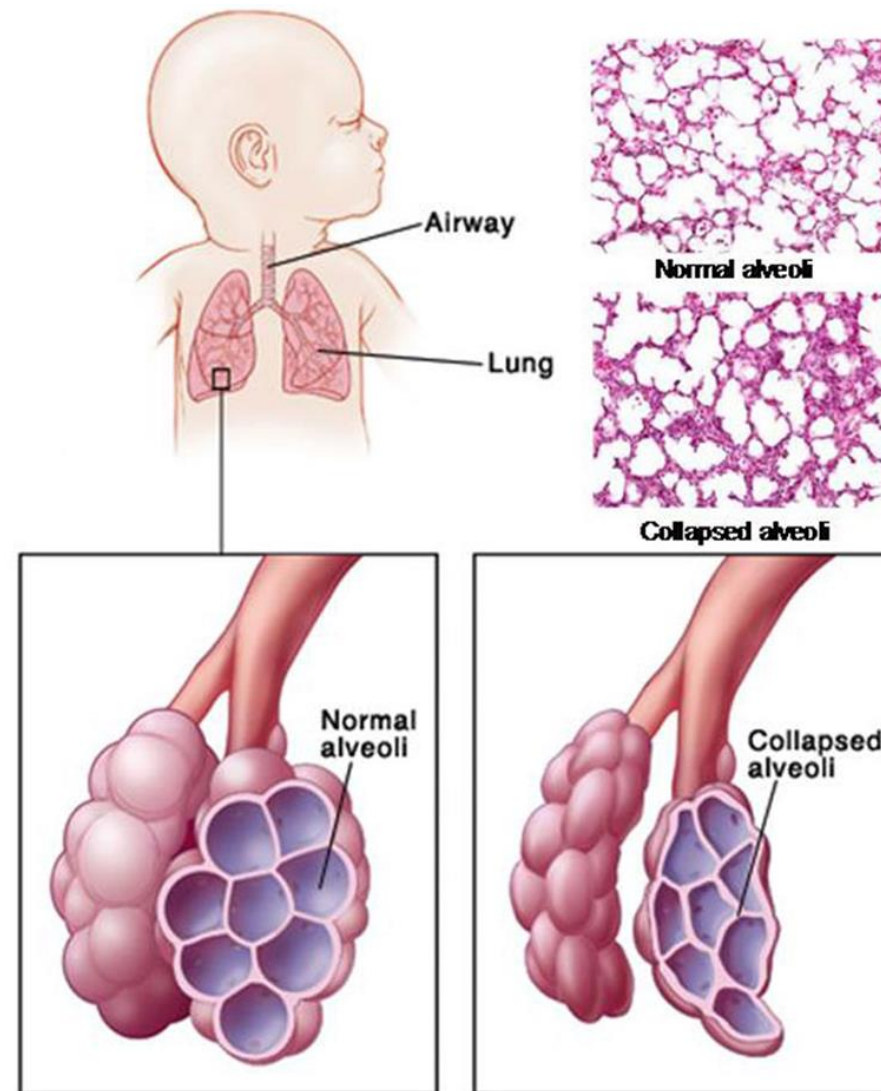
- zmniejsza napięcie powierzchniowe – działa jak detergent
- wydzielany przez **pneumocyty typu II**
- mieszanina **lipidów** (~90%) i **białek**
- zwiększa **podatność płuc** – sprawia, że płuca łatwiej się rozciągają podczas wdechu
- stabilizuje rozmiary pęcherzyków, **zapobiega ich zapadaniu** umożliwiając wymianę gazową



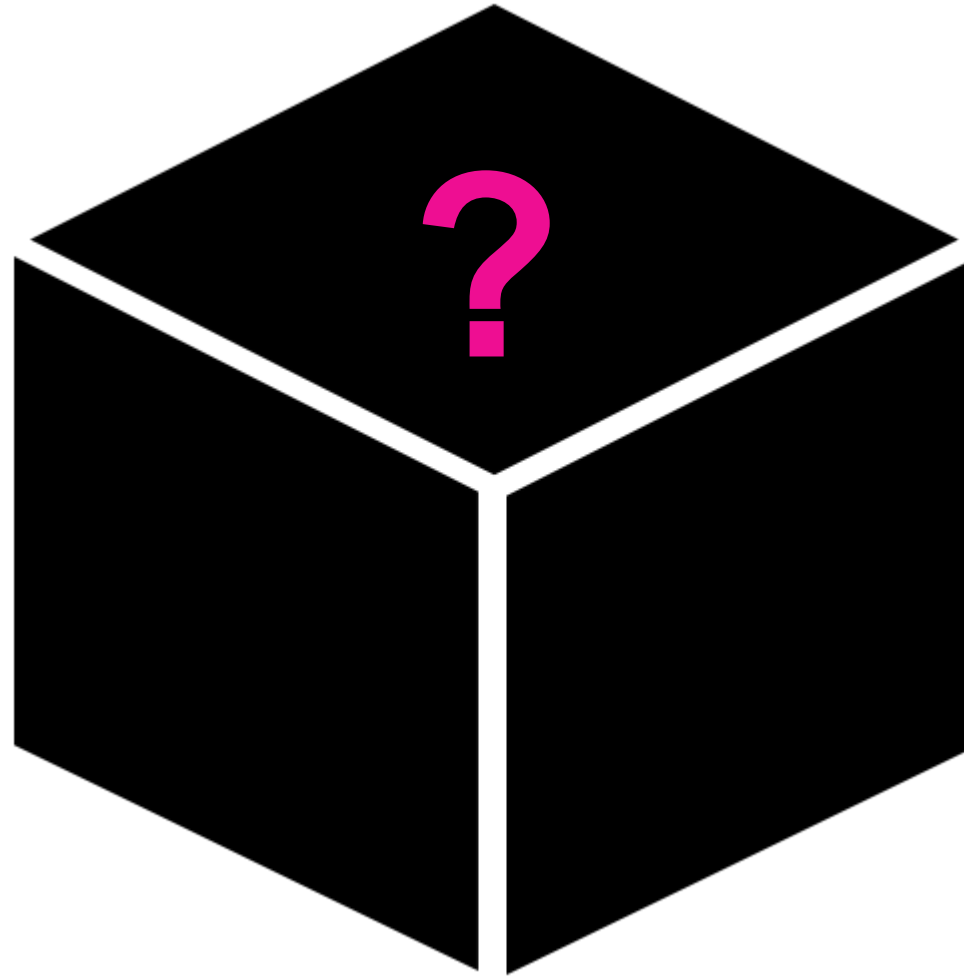


NIEDOBÓR SURFAKTANTU

- 👂 surfaktant zaczyna być syntetyzowany po **28 tygodniu życia płodowego**
- 👂 noworodki urodzone przed 36 tygodniem ciąży mogą nie produkować wystarczającej ilości surfaktantu
- 👂 skutkiem są zaburzenia oddychania:
 - 👂 utrudniony pierwszy samodzielny oddech
 - 👂 problemy z kontynuacją czynności oddechowych (zapadanie się pęcherzyków płucnych po każdym wydechu)



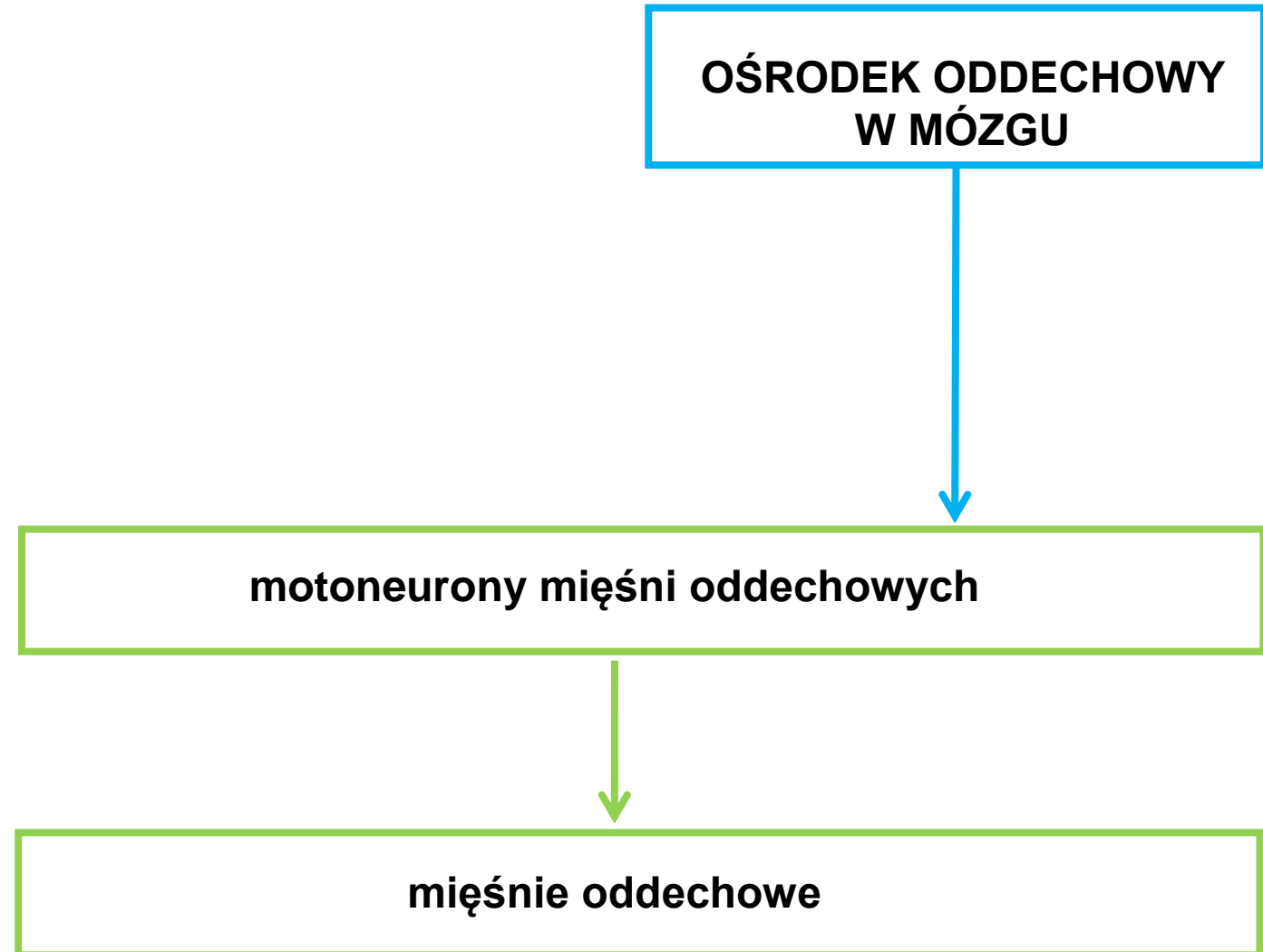
REGULACJA ODDYCHANIA



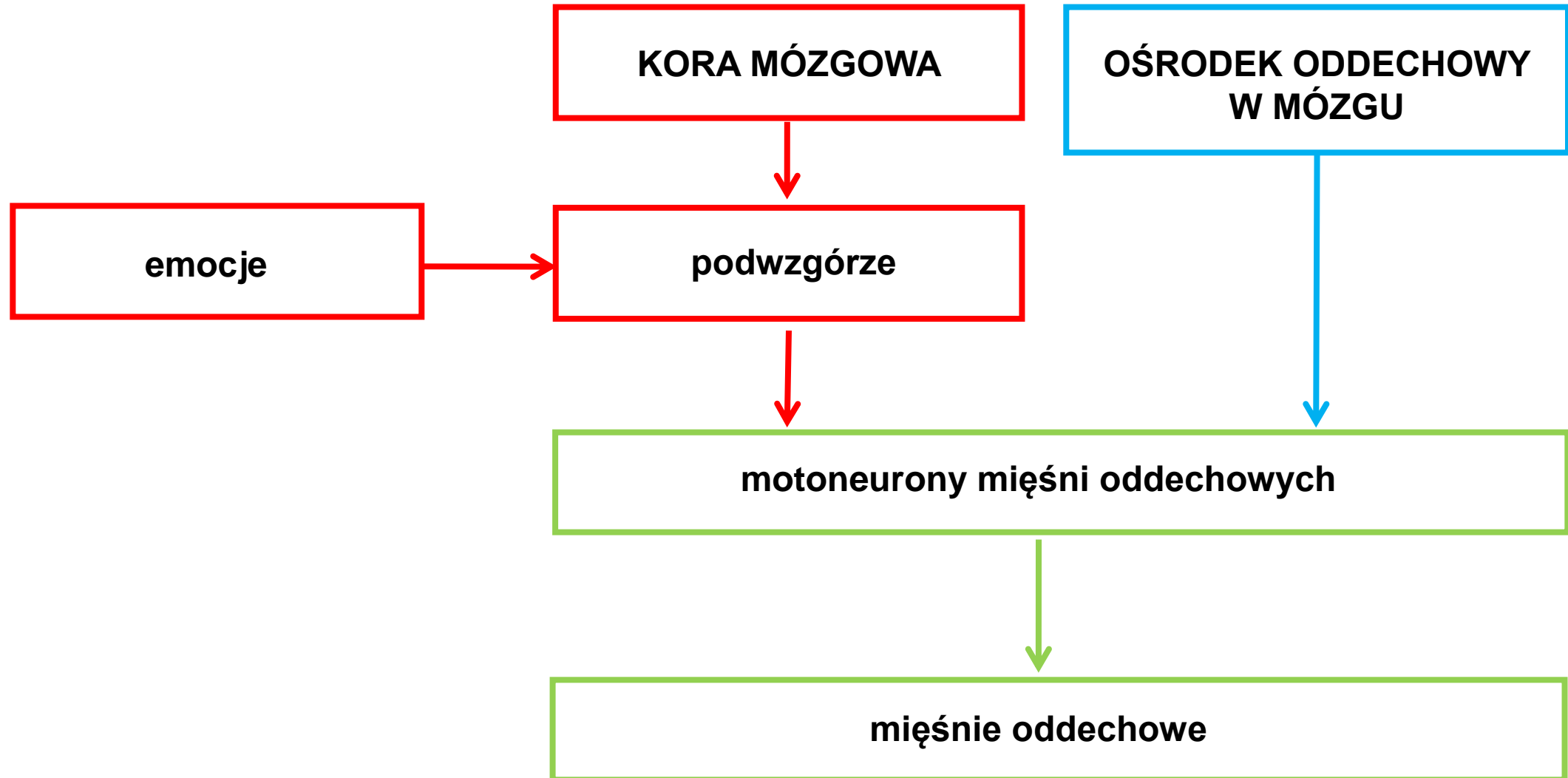
KONTROLA ODDYCHANIA VS. KONTROLA PRACY SERCA

	Oddychanie	Akcja serca
Źródło rytmu pracy	mózg	serce
Unerwienie	niezbędne	jedynie modyfikuje siłę i częstość skurczów
Kontrola dowolna	TAK	NIE

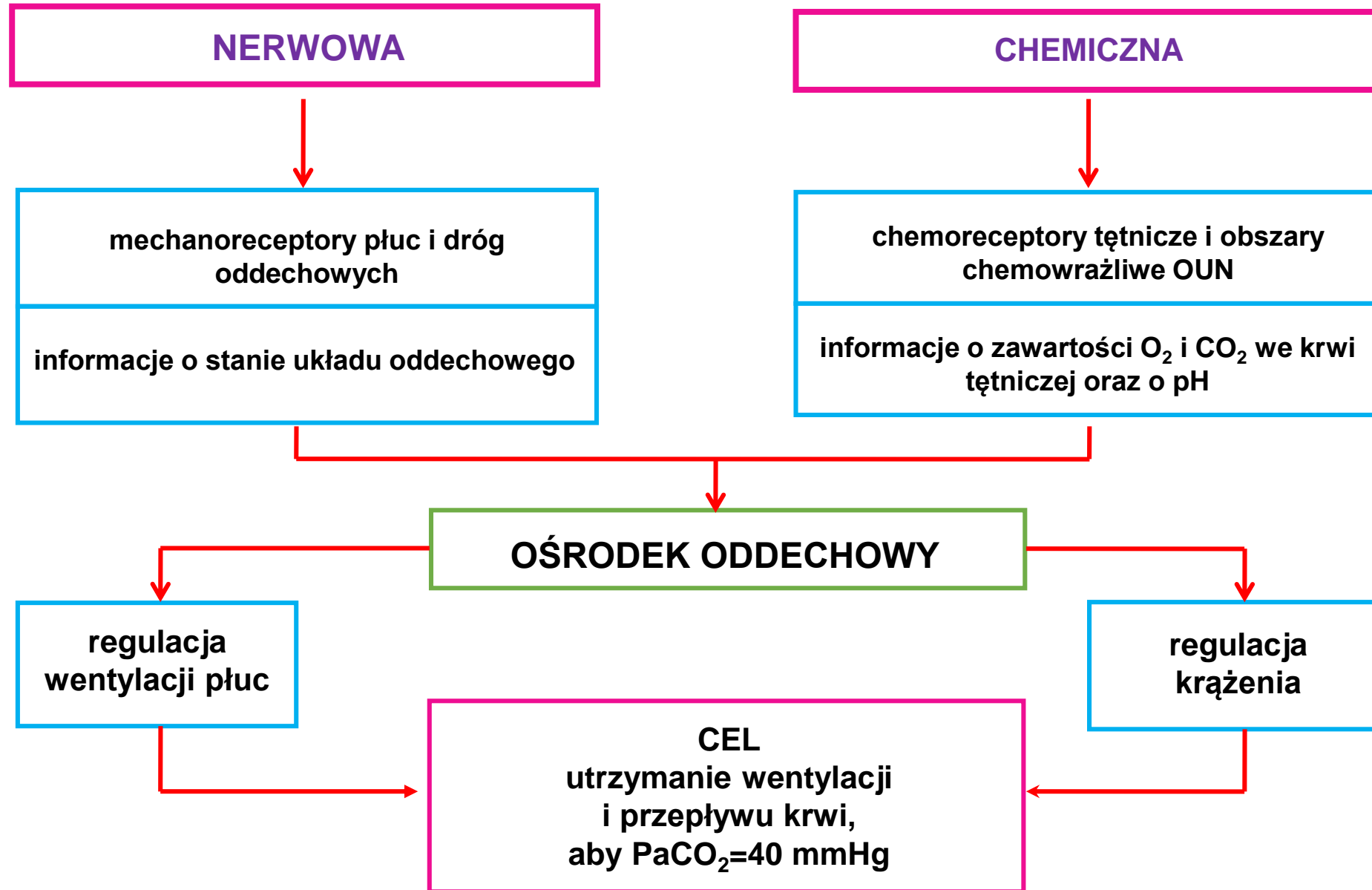
KONTROLA ODDYCHANIA

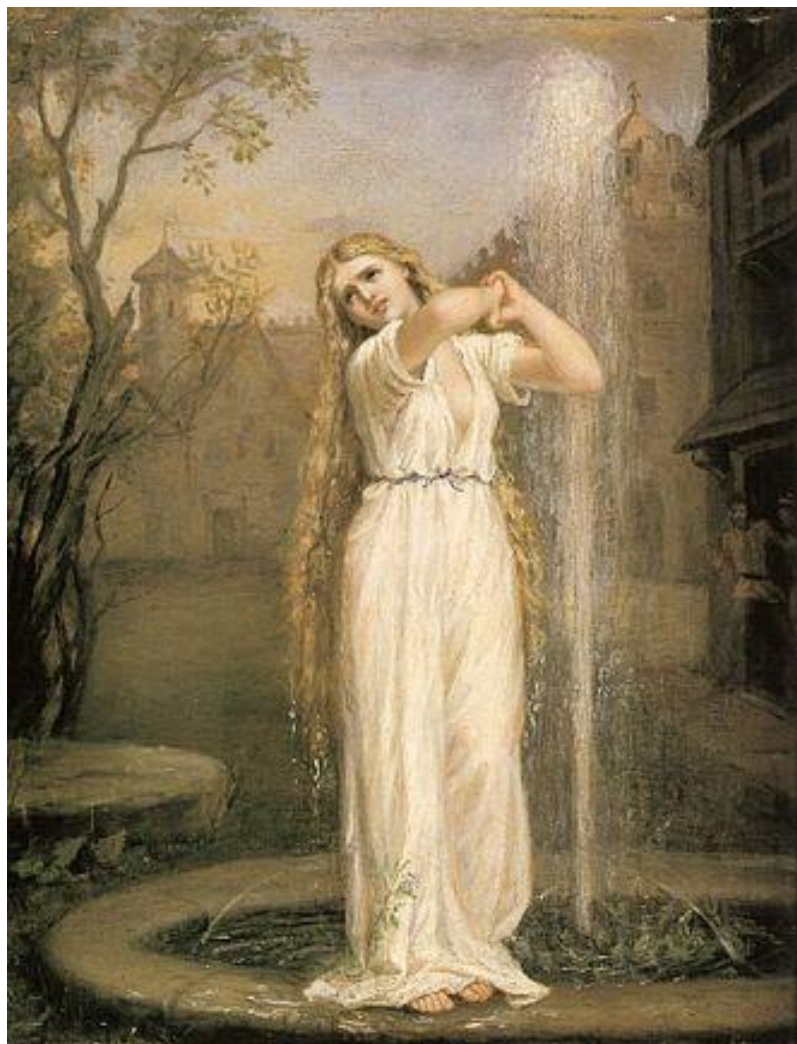


KONTROLA ODDYCHANIA



REGULACJA ODDYCHANIA





KLĄTWA ONDYNY



Konsultacje Anatomia i fizjologia zwierząt 23 lutego 2024

Przykładowe zadania maturalne z układu oddechowego (źródło: <https://biologhelp.pl/>)

Zadanie 1

Większość dorosłych płazów prowadzi wymianę gazową poprzez płuca i silnie ukrwioną niezrogowaciałą skórę, nabłonek jamy gębowej i gardzieli. Zaletą tego rozwiązania jest duża sprawność oddechowa w wodzie i innych wilgotnych siedliskach.

Względny udział płuc i skóry, a nawet określonych obszarów skóry, w wymianie gazowej różni się zależnie od gatunku, a także, u tego samego gatunku, może się zmieniać sezonowo. Nie ma płazów, które oddychają tylko dzięki płucom, natomiast salamandry bezpłucne oddychają tylko poprzez skórę i jamę gębową.

Wymiana gazowa głównie przez skórę ogranicza rozmiary ciała i poza nielicznymi wyjątkami uniemożliwia płazom przebywanie w wodach morskich.

Na podstawie: *Zoologia. Szkarłupnie – płazy*, pod red. C. Błaszak, Warszawa 2015.

11.1. (0-1)

Wyjaśnij, dlaczego płazy, u których wymiana gazowa zachodzi głównie przez skórę, nie mogą mieć dużych rozmiarów ciała.

.....
.....
.....

11.2. (0-1)

Wyjaśnij, dlaczego płazy, z wyjątkiem pojedynczych gatunków, nie przebywają w wodach słonych. W odpowiedzi odnieś się do budowy skóry płazów i warunków środowiska.

.....
.....
.....

Zadanie 2

Kręgowce lądowe, w tym także człowiek, są przystosowane do oddychania tlenem atmosferycznym. Wymiana gazowa odbywa się u nich za pomocą płuc.

12.1 (0-1)

Wymień jedną cechę budowy płuc człowieka charakterystyczną wyłącznie dla ssaków.

.....

12.2 (0-1)

Wyjaśnij, w jaki sposób oddycha płód człowieka, i podaj, kiedy płuca płodu wypełniają się powietrzem.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 3

Górne drogi oddechowe transportują powietrze do płuc w sposób zapobiegający zanieczyszczeniu, oziębianiu i wysuszeniu kolejnych odcinków dróg oddechowych.

- a) Wymień przynajmniej dwie cechy budowy jamy nosowej spełniające warunki podane w powyższym tekście.

.....

- b) Na przykładzie jednej cechy budowy jamy nosowej wykaż słuszność stwierdzenia, że powinno się wdychać powietrze przez nos, a nie przez usta.

.....

.....

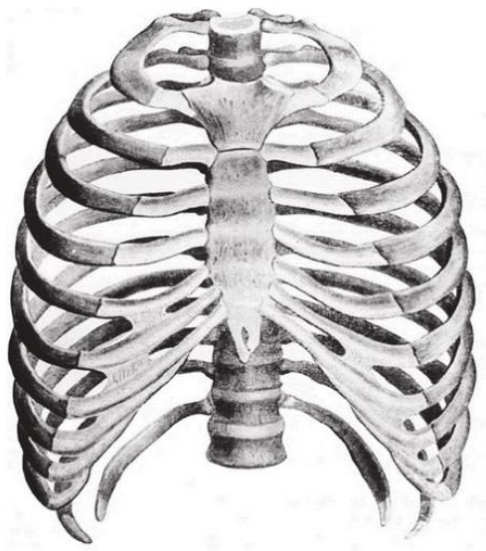
.....

Zadanie 4

W klatce piersiowej człowieka występuje 12 par żeber. Żebra łączą się z kręgami kręgosłupa za pomocą stawów, natomiast w przedniej części większość żeber jest połączona z mostkiem za pomocą tkanki chrzęstnej.

Praca klatki piersiowej, powodująca wentylację płuc, jest czynnością w zasadzie niezależną od woli, wykonywaną automatycznie. Ruchami oddechowymi kieruje układ nerwowy poprzez ośrodek oddechowy, znajdujący się w rdzeniu przedłużonym. Zostaje on pobudzony, gdy we krwi wzrasta stężenie CO_2 .

Na rysunku przedstawiono budowę klatki piersiowej człowieka.



Na podstawie: <http://morehealthy.ru/material/stroenie-osobnosti-i-tipy-grudnoi-kletki-cheloveka-3486.html>

Na podstawie przedstawionych informacji wyjaśnij, w jaki sposób zwiększony wysiłek fizyczny wzmacnia intensywność ruchów oddechowych klatki piersiowej. W odpowiedzi uwzględnij mechanizm tego procesu.

.....

.....

.....

.....

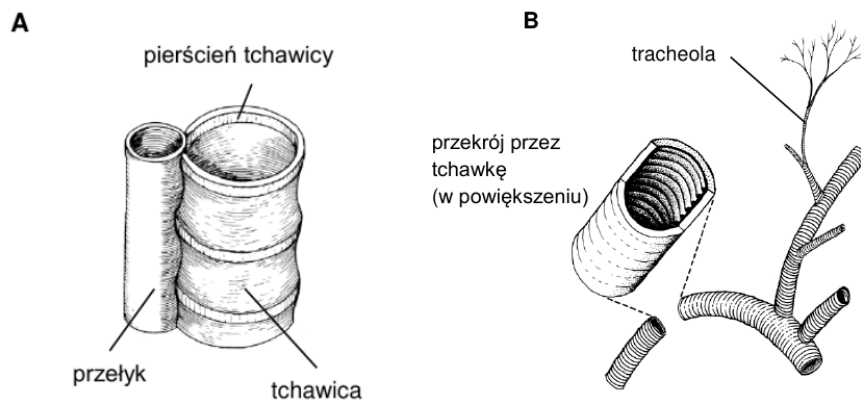
.....

.....

Zadanie 5

Układ oddechowy człowieka tworzą drogi oddechowe oraz płuca. Tchawica (rysunek A) stanowi odcinek dolnych dróg oddechowych. Pierścienie obecne w ścianie tchawicy mają kształt podkowiasty.

U owadów tlen do komórek ciała jest dostarczany przez układ tchawkowy. Tchawki (rysunek B) stanowią kanały powietrzne, których ścianę tworzy nabłonek będący przedłużeniem epidermy pokrywającej ciało owada. Ten nabłonek wytwarza pokrytą woskami kutykularną wyściółkę tchawki, w której można wyróżnić takie same warstwy jak w kutykuli tworzącej szkielet zewnętrzny owada. Na przekroju tchawki są widoczne pierścieniowe zgrubienia kutykuli.



10.1. (0-1)

Podaj nazwę białka stanowiącego główny składnik pierścieni tchawicy człowieka oraz nazwę polisacharydu stanowiącego główny składnik zgrubień kutykuli w tchawkach owadów.

Białko stanowiące główny składnik pierścieni tchawicy człowieka:

.....

Polisacharyd stanowiący główny składnik zgrubień kutykuli w tchawkach owadów:

.....

10.2. (0-1)

Uzupełnij poniższe zdania tak, aby zawierały informacje prawdziwe dotyczące budowy tchawicy człowieka. W każdym nawiasie podkreśl właściwe określenie.

Tchawica człowieka rozpoczyna się bezpośrednio za (*gardłem / krtanią*), a na dolnym końcu dzieli się na (*oskrzela główne / oskrzeliki*). Tylna ściana tchawicy jest spłaszczona i tworzą ją mięśnie (*gładkie / poprzecznie prążkowane*).