



# Układ oddechowy

Prezentacja jest objęta prawem autorskim i podlega ochronie prawnej przed kopiowaniem na mocy „Ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych” z dnia 4 lutego 1994 r. (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83).

Kopiowanie, przetwarzanie, rozpowszechnianie tych materiałów w całości lub w części bez zgody autora jest zabronione.



# BUDOWA UKŁADU ODDECHOWEGO

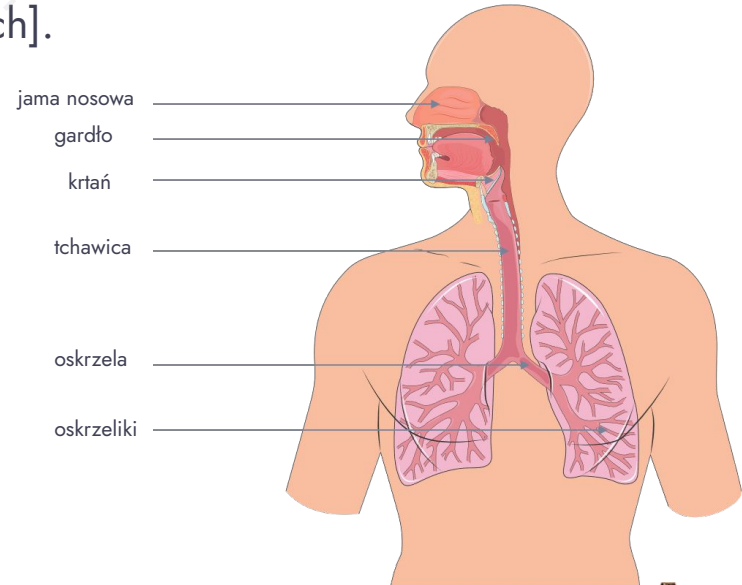
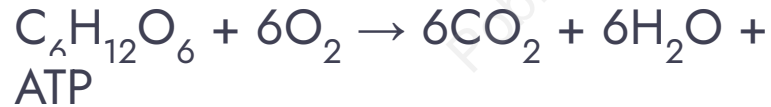
Pobrano: root@localhost 13.06.2026

# UKŁAD ODDECHOWY



Funkcja układu oddechowego to dostarczenie **tłenu** do organizmu, niezbędnego do uzyskania *energii* użytecznej biologicznie w procesie oddychania komórkowego tlenowego [rozkład związków złożonych do prostszych].

Część energii rozprasza się w postaci *ciepła*, a część zostaje związana w ATP



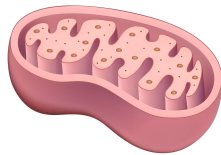
# UKŁAD ODDECHOWY

**WAŻNE  
DO MATURY!**

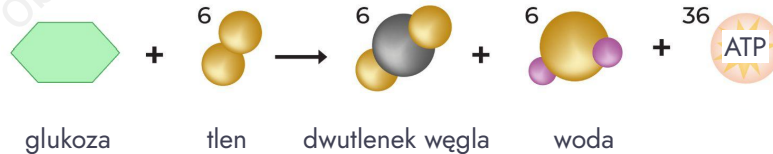


Wymiana gazowa i wentylacja to nie to samo!

- ❑ wentylacja płuc → pobieranie i usuwanie powietrza z płuc
- ❑ wymiana gazowa → wymiana gazów oddechowych:  $O_2$  i  $CO_2$  pomiędzy krwią a pęcherzykami płucnymi lub komórkami ciała



mitochondrium



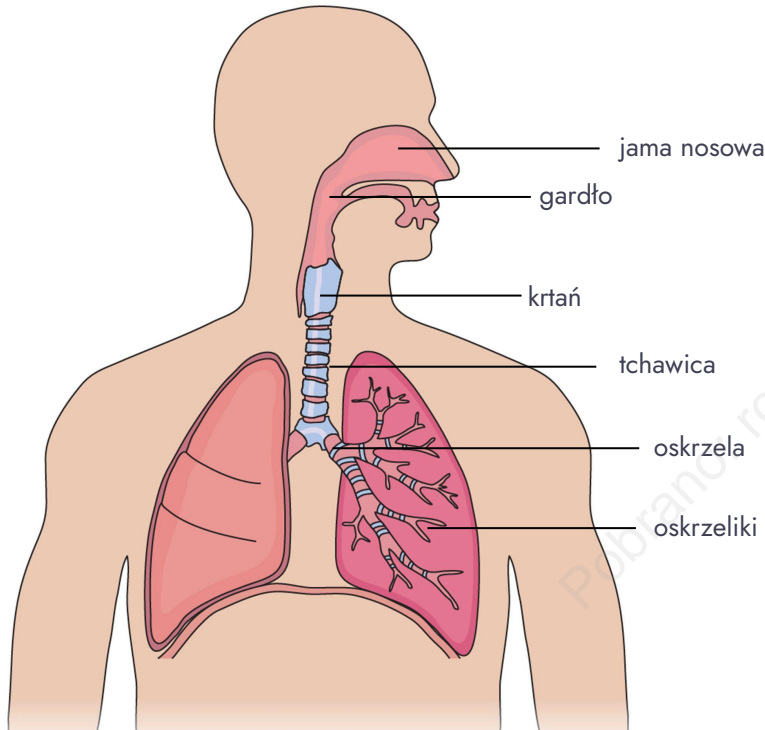
# UKŁAD ODDECHOWY



Cechy powierzchni wymiany gazowej:

- ❑ wilgotna → wilgotna powierzchnia wymiany gazowej pozwala na rozpuszczenie się gazów oddechowych, przez co dyfuzja zachodzi sprawniej
- ❑ różnica ciśnień parcyjnych → wymiana gazowa zachodzi na zasadzie dyfuzji z większego ciśnienia parcyjnego gazu do mniejszego
- ❑ duża powierzchnia → im bardziej pofałdowana struktura, przez którą zachodzi dyfuzja gazów oddechowych, tym większa powierzchnia wymiany gazowej

# BUDOWA UKŁADU ODDECHOWEGO

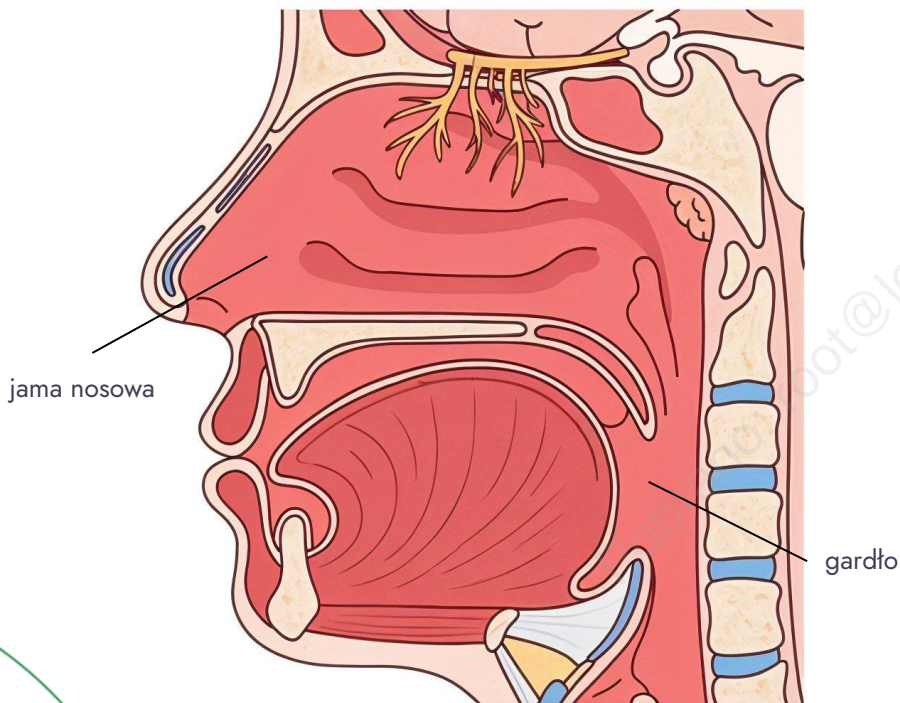


## Drogi oddechowe [transport powietrza]

- ☐ górne:
  - jama nosowa
  - gardło
- ☐ dolne:
  - krtąń
  - tchawica
  - oskrzela

## Płuca pęcherzykowe [wymiana gazowa]

# JAMA NOSOWA



Jama nosowa → podzielona na dwie części przez przegrodę nosa.

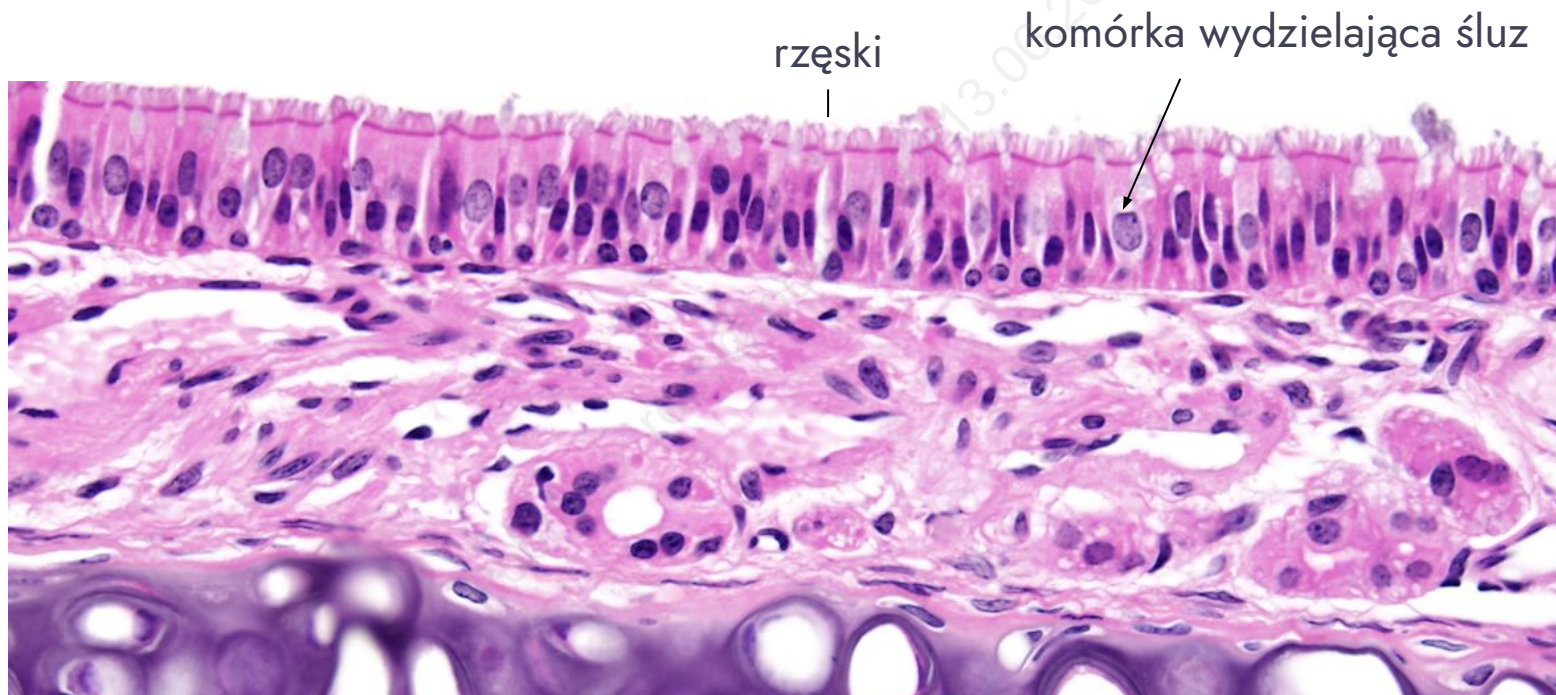
W jamie nosowej powietrze podlega:

- ❑ ogrzaniu → silne unaczynienie [krew jest nośnikiem ciepła i oddaje je powietrzu]
- ❑ nawilżeniu → śluz [komórki kubkowe błony śluzowej wydzielają śluz]
- ❑ oczyszczeniu → rzęski [ruch rzęsek przesuwają zanieczyszczenia: nabłonek migawkowy]

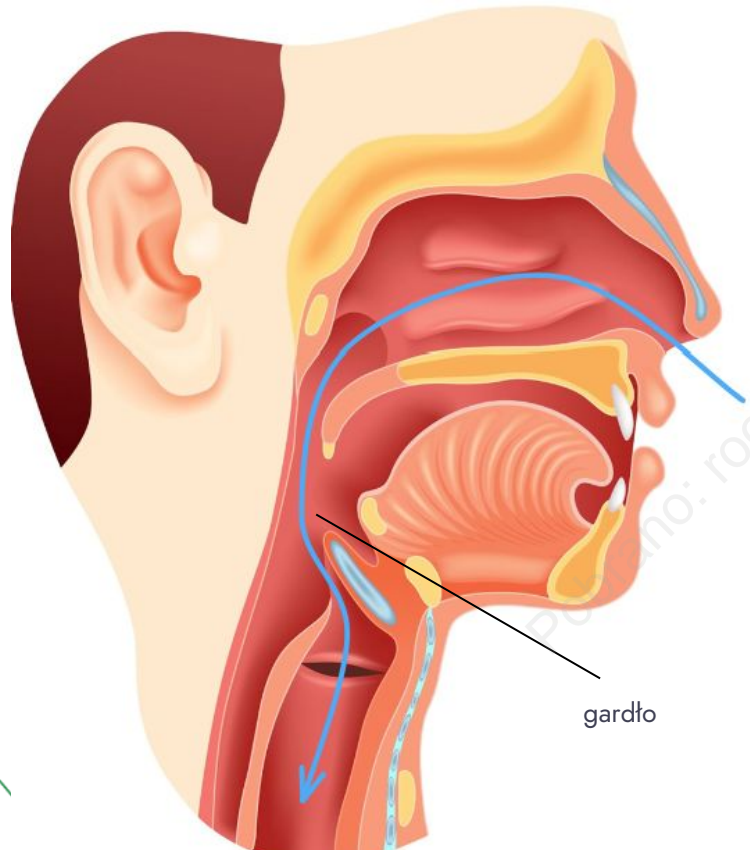
W jamie nosowej znajduje się pole węchowe odbierające wrażenia węchowe.



# NABŁONEK JAMY NOSOWEJ



# GARDŁO



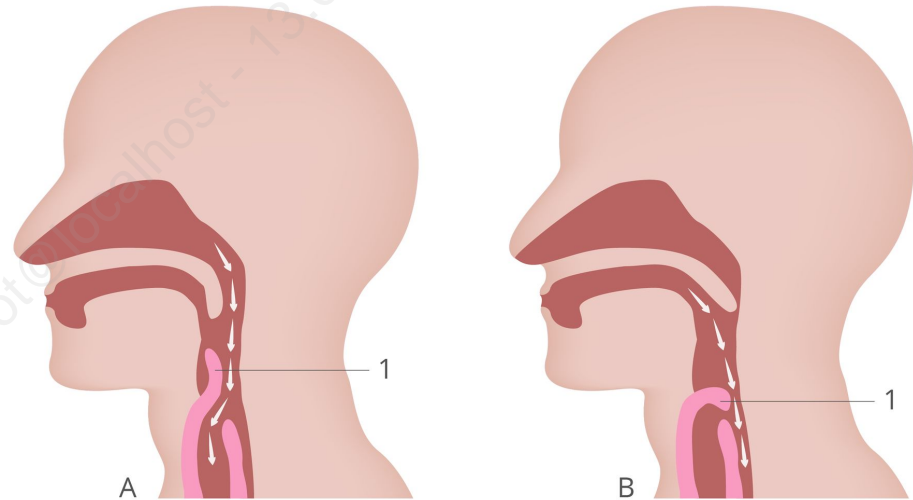
Wspólny element układu pokarmowego i oddechowego. [układ oddechowy powstaje z prajelita].

Powietrze z jamy nosowej przedostaje się do gardła a następnie krtani.

# NAGŁOŚNIA

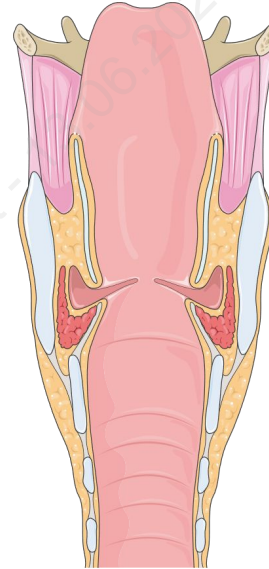
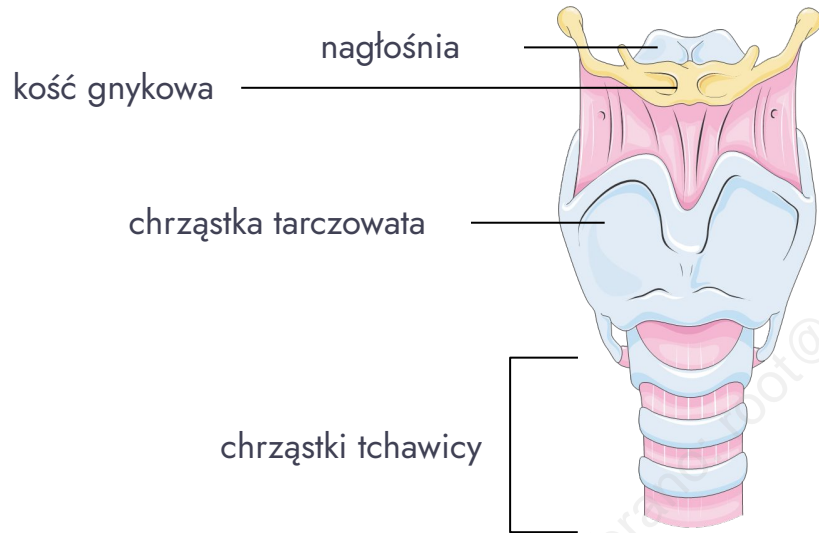


Jedną z chrząstek krtani - **nagłośnia** - obniża się podczas połykania, zamykając drogę do układu oddechowego chroniąc w ten sposób przed przedostaniem się do niego cząstek pokarmu.



Położenie nagłośni (1) przy wdechu (A) i podczas jedzenia (B)

# KRTAŃ



Krtań → 9 chrząstek połączonych mięśniami i więzadłami [dużo kolagenu]

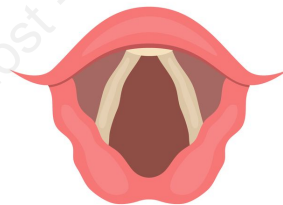
# KRTAŃ



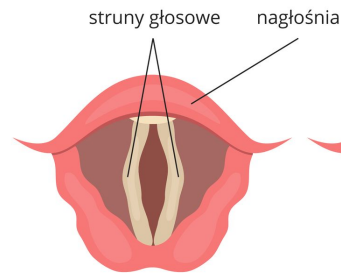
Elementem krtani jest **głośnia**, która jest narządem głosu.

Tworzą ją *fałdy głosowe*, drgające pod wpływem przepływającego powietrza, i szpara głośni.

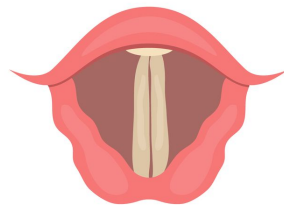
milczenie



szeptanie



mówienie



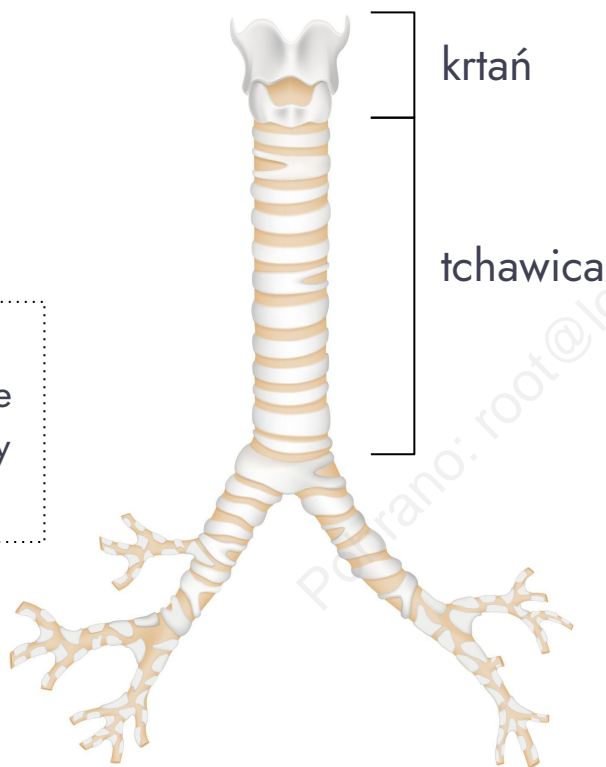
Milczenie: fałdy głosowe są rozluźnione, powietrze swobodnie przepływa

Mówienie: fałdy głosowe są napięte, podczas wydechu powietrza szpara głośni jest zamknięta powietrze wprawia w drgania fałdy głosowe, powodując powstanie dźwięku

→ na wysokość głosu wpływa długość i grubość oraz napięcie fałdów głosowych

→ na barwę głosu wpływają puste przestrzenie w kościach czaszki np. zatoki

# TCHAWICA



Tchawica → kilkunastocentymetrowy przewód zbudowany z chrząstek połączonych więzadłami, transportujący i oczyszczający powietrze - rzęski przesuwają zanieczyszczenia do gardła - tam są połykane / odkrztuszane.

Między chrząstkami znajduje się tkanka łączna właściwa i tkanka mięśniowa gładka, co zapobiega zapadaniu się → drożność

W dolnej części tchawica rozgałęzia się na 2 oskrzela: prawe i lewe

# TCHAWICA



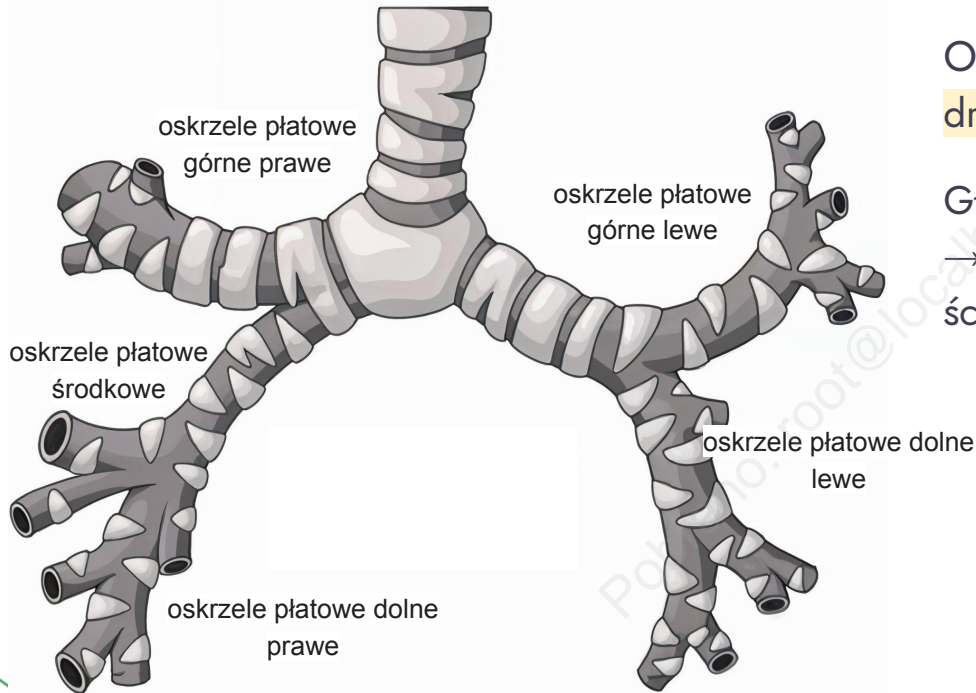
komórka kubkowa    światło tchawicy    rzęski



nabłonek wielorzędowy walcowaty

gruczoł w błonie podśluzowej

# OSKRZELA

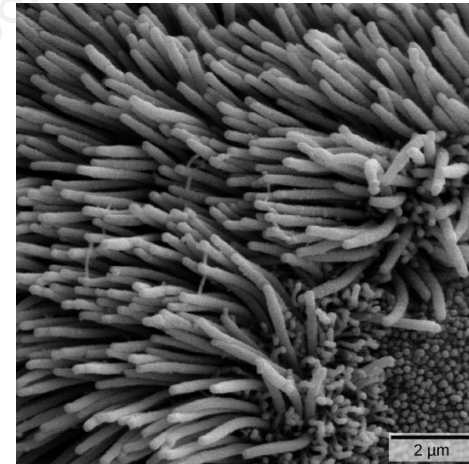
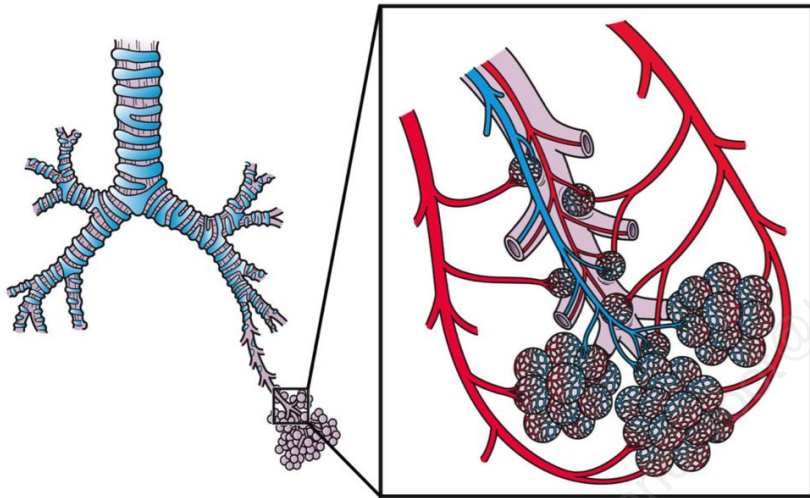


Oskrzela → przewody wnikające do płuc tworząc drzewo oskrzelowe.

Główne → płatowe [3 prawe, 2 lewe] → segmentowe → oskrzeliki końcowe → oskrzeliki oddechowe - w ich ścianach znajdują się pęcherzyki płucne

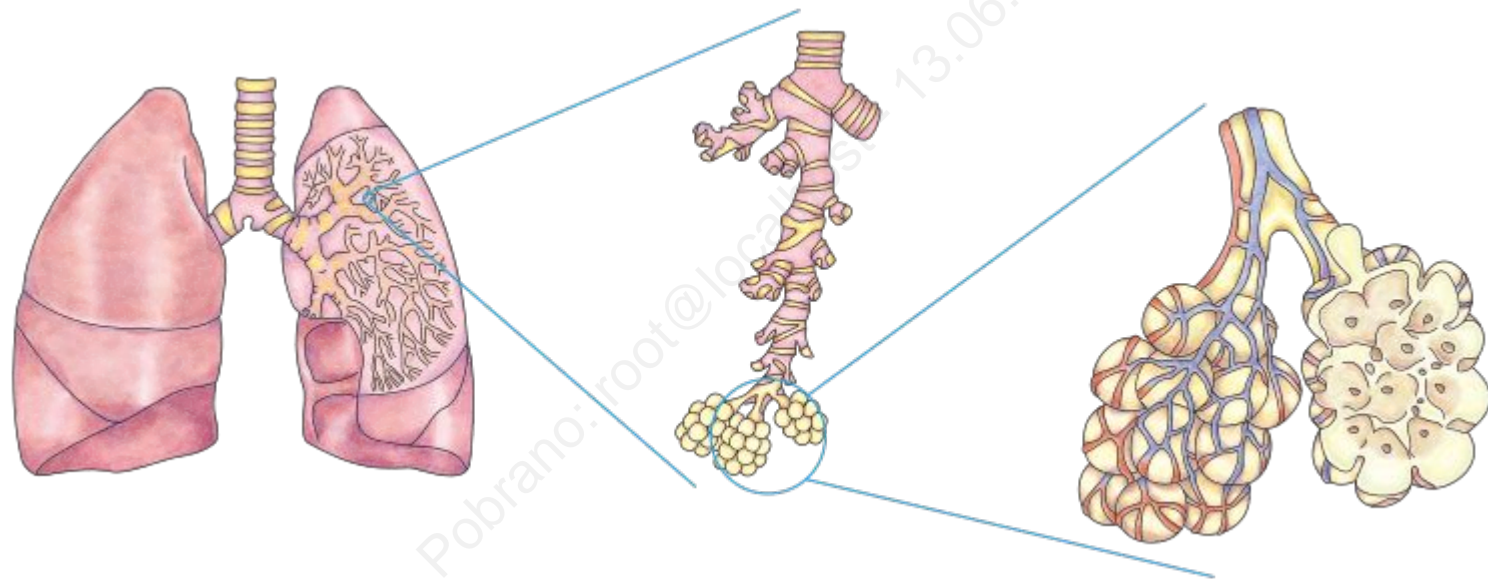
Ściany oskrzelików nie posiadają chrząstek i gruczołów, a są wzmocnione tylko tkanką mięśniową gładką.

# OSKRZELIKI

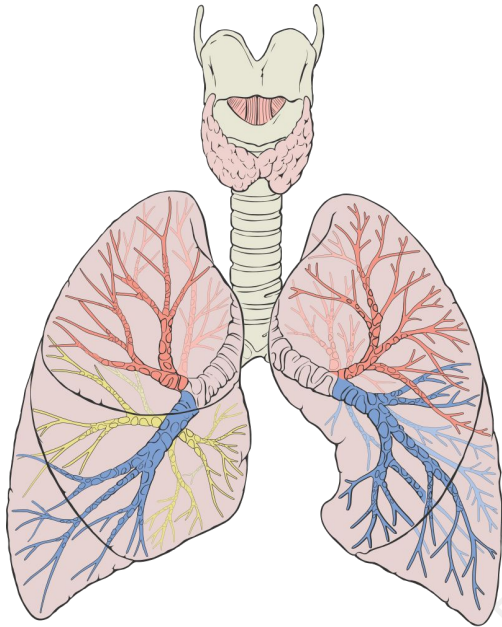


Oskrzela i oskrzeliki posiadają rzęski, które pomagają usuwać śluz i inne cząsteczki z płuc

# PŁUCA



# PŁUCA

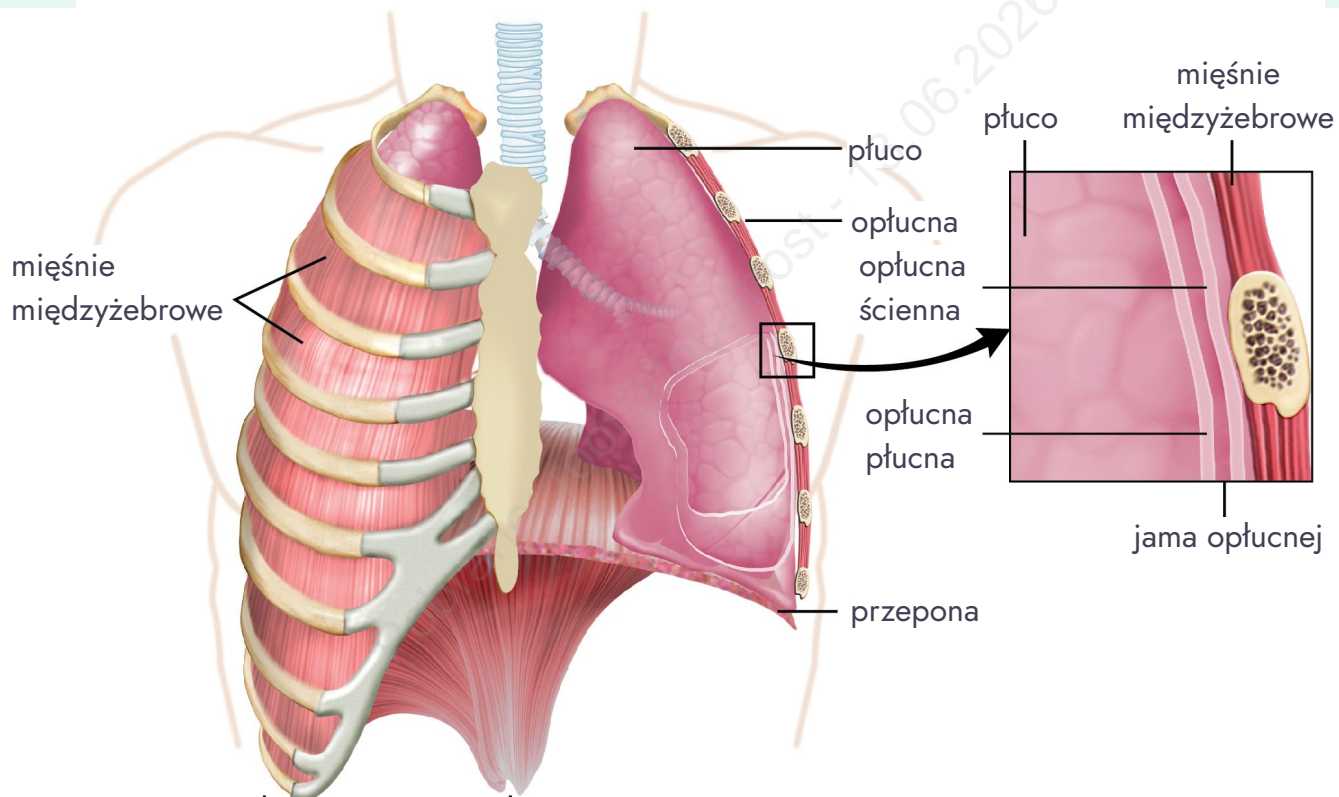


Płuca to parzyste narządy w kształcie stożka położone w klatce piersiowej, na przeponie. Mają płatową budowę - prawe ma 3 płaty, a lewe 2 ze względu na miejsce dla serca.

Płuca pęcherzykowate → narządy wymiany gazowej między powietrzem a krwią. Zbudowane z pęcherzyków płucnych znacznie zwiększających *powierzchnię* dyfuzji gazów oddechowych.

Płuca okryte są błoną łącznotkankową → **opłucną**: płucna i ścienna, między którymi znajduje się jama opłucnej [ujemne ciśnienie] z płynem surowiczym - zmniejsza tarcie i chroni przed zapadaniem pęcherzyków

# KLATKA PIERSIOWA

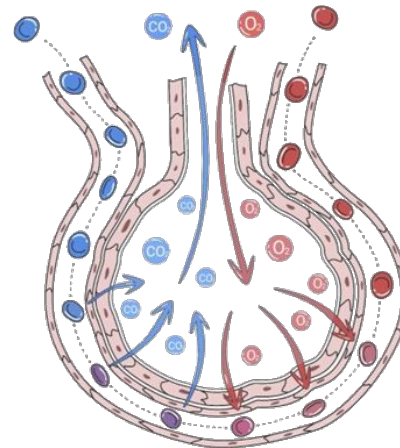
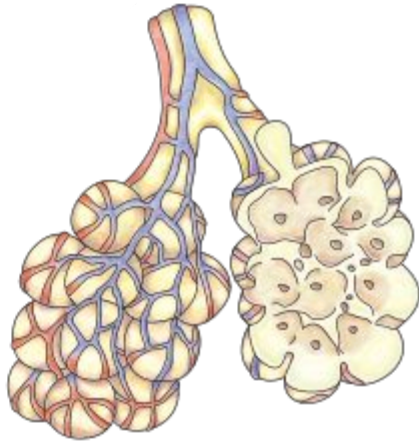


# PŁUCA

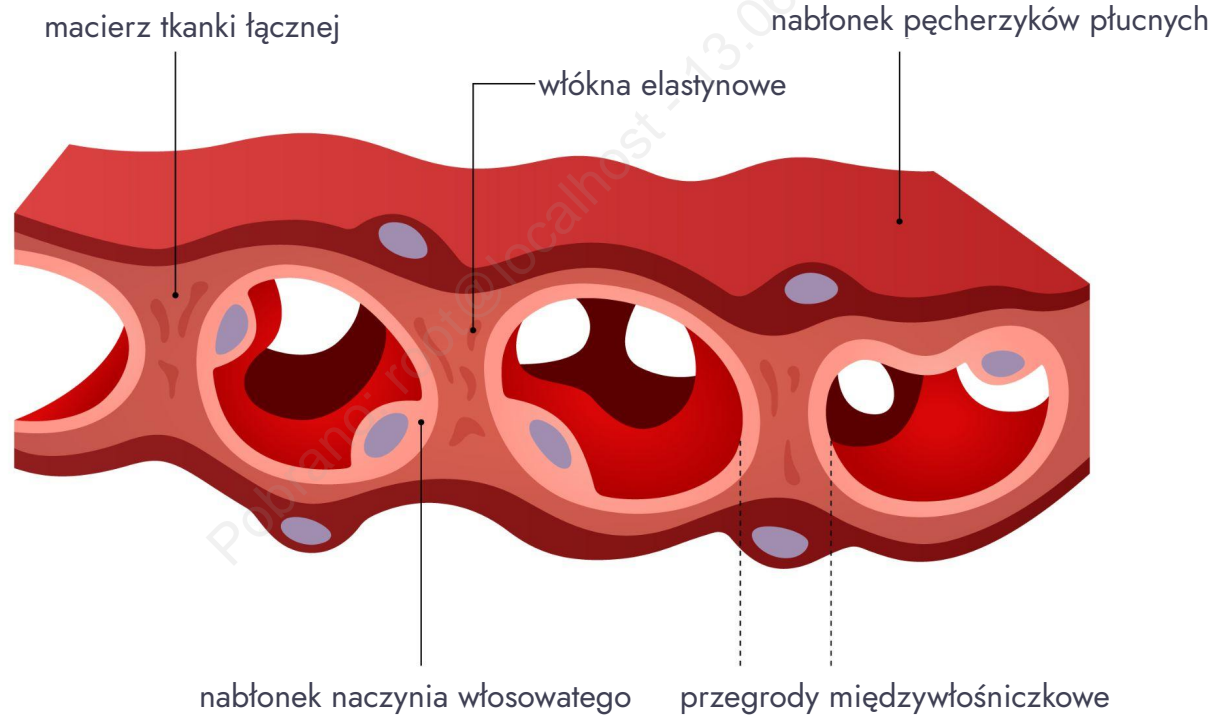


Ściany pęcherzyków płucnych zbudowane są z nabłonka **jednowarstwowego płaskiego** ułatwiającego dyfuzję gazów.

Pory łączące sąsiadujące pęcherzyki umożliwiają przepływ powietrza między nimi, otoczone gęstą siecią naczyń krwionośnych - duża powierzchnia wymiany gazowej



# NACZYNIWA WŁOSOWATE PŁUC



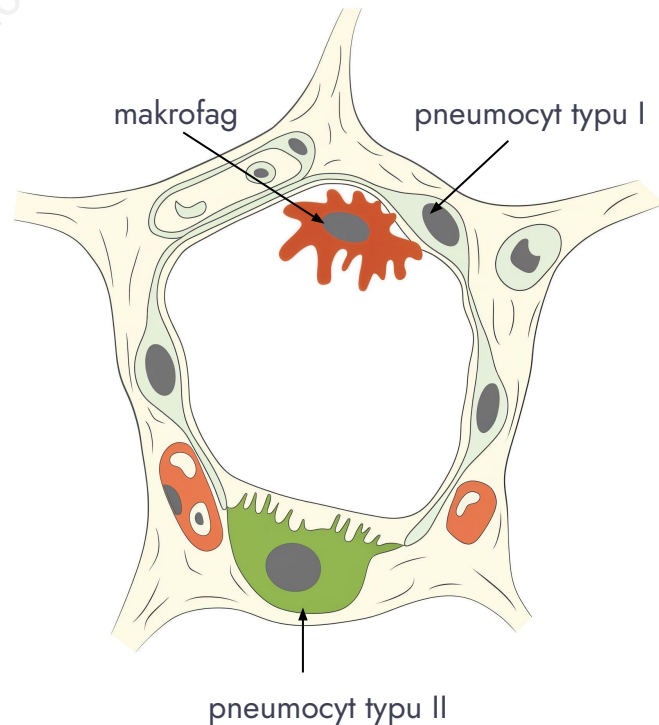
# NABŁONEK PĘCHERZYKÓW PŁUCNYCH



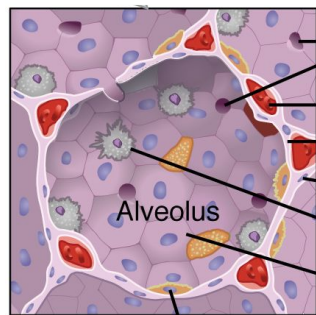
Wyściółka pęcherzyków płucnych składa się z:

- ❑ pneumocytów typu I - spłaszczone komórki - zachodzi przez nie dyfuzja gazów oddechowych między światłem pęcherzyków płucnych a krwią naczyń włosowatych
- ❑ pneumocytów typu II - produkcja surfaktantu do światła pęcherzyka płucnego

**Surfaktant** → związek powierzchniowo czynny [lipidowo-białkowy] pokrywający wewnątrz pęcherzyków płucnych - obniża napięcie powierzchniowe *chroniąc przed ich zapadaniem i sklejeniem.*



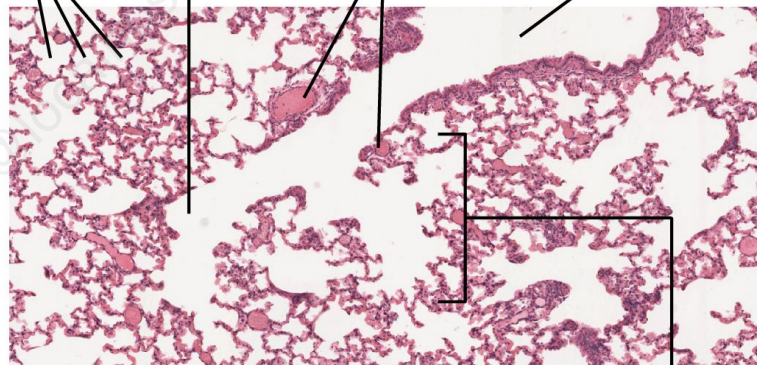
# PĘCZERZYKI PŁUCNE



pneumocyt typu II

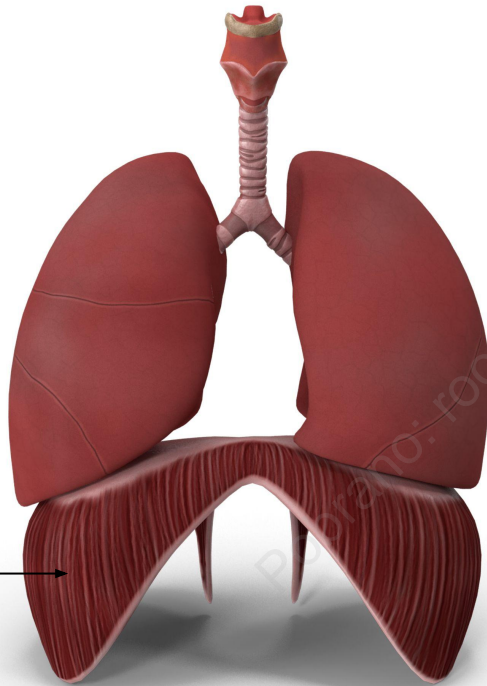
pory  
włośniczka  
błona  
pneumocyt typu I  
makrofag  
przestrzeń wypełniona powietrzem

pęcherzyki płucne  
przewód pęcherzykowy  
naczynia krwionośne  
światło oskrzelika



grono pęcherzyków płucnych

# PRZEPONA



przepona



Przepona - mięsień oddzielający klatkę piersiową od jamy brzusznej zbudowany z tkanki poprzecznie prążkowanej szkieletowej.

Podczas wdechu przepona kurczy się i obniża, zwiększając objętość klatki piersiowej umożliwiając zassanie powietrze do płuc.



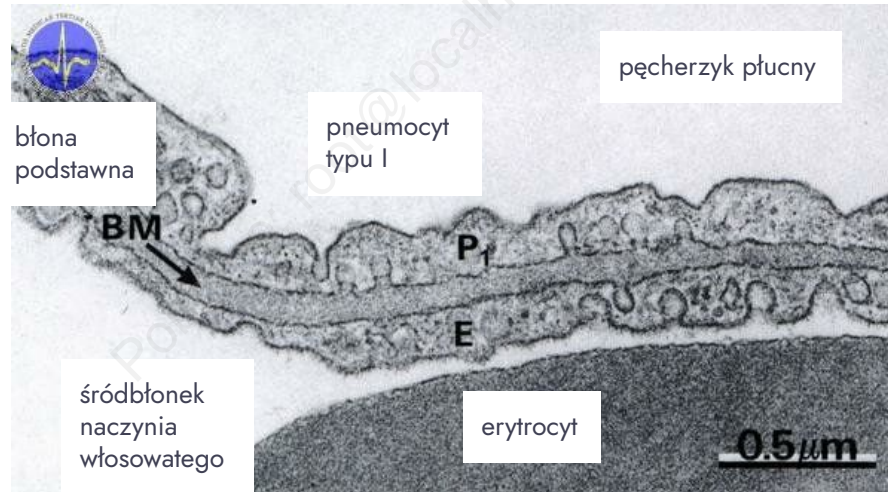
# FUNKCJONOWANIE UKŁADU ODDECHOWEGO

Pobrano: root@localhost 13.06.2026

# BARIERA POWIETRZE-KREW



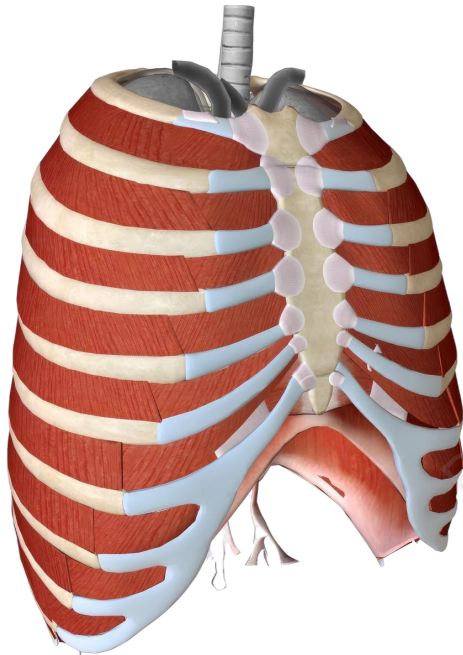
Bariera powietrze-krew składa się z pneumocytów typu I, błony podstawnej i komórek śródbłonka wyściełających naczynia włosowate - bariera ta umożliwia wymianę gazową - cząsteczki tlenu dyfundują z pęcherzyków do krwi, a dwutlenek węgla w przeciwnym kierunku.



# WENTYLACJA PŁUC



Wymiana powietrza pomiędzy płucami a środowiskiem zewnętrznym umożliwiona za pomocą naprzemiennych wdechów i wydechów.



Biorą w niej udział mięśnie oddechowe:

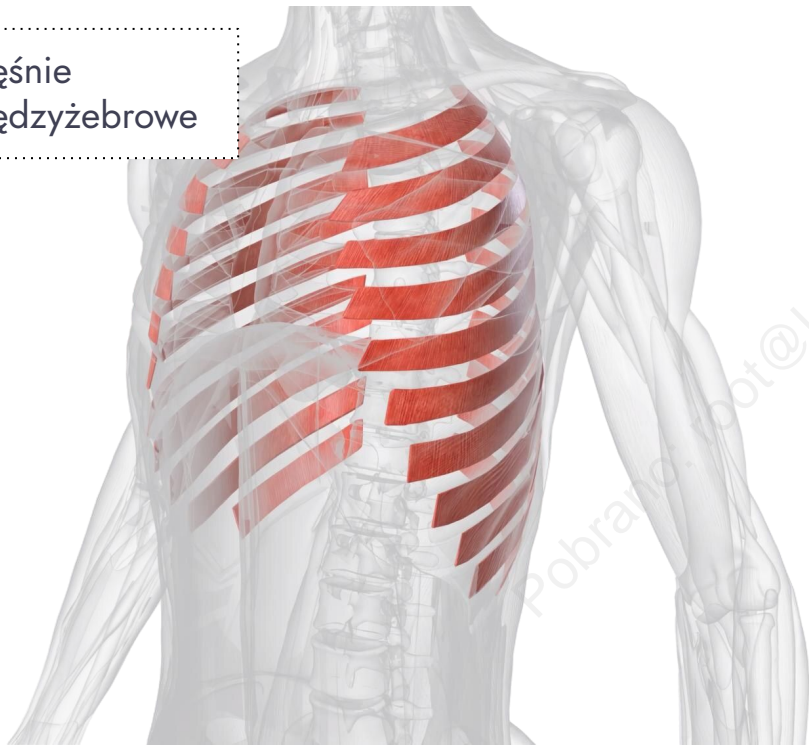
- ❑ międzyżebrowe: znajdują się pomiędzy żebrami
- ❑ przepona: odziela klatkę piersiową od jamy brzusznej

zbudowane z tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej szkieletowej

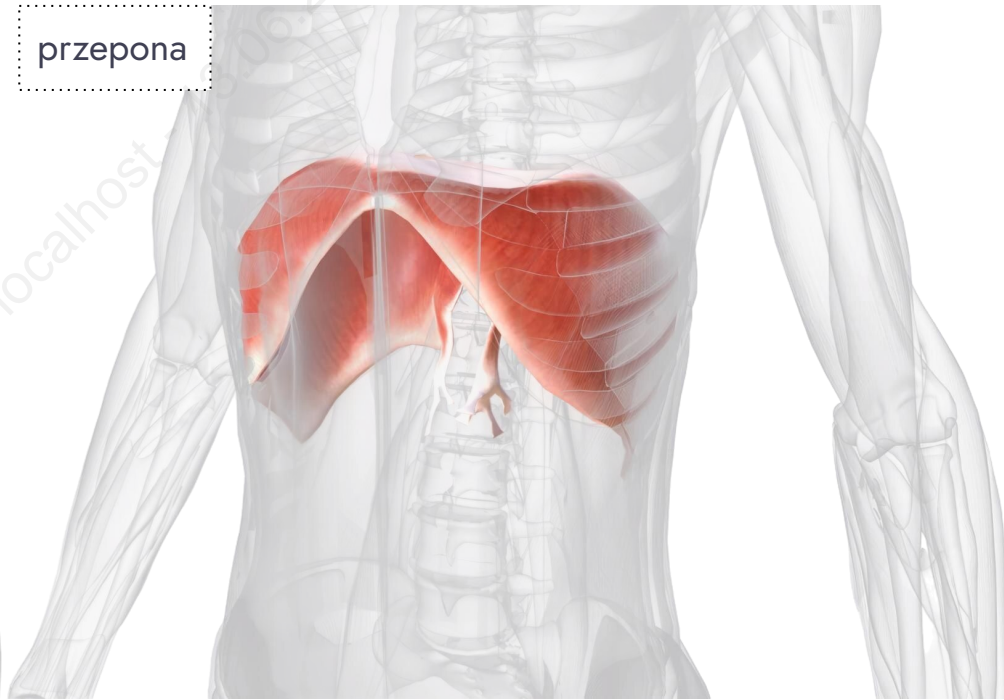
# WENTYLACJA PŁUC



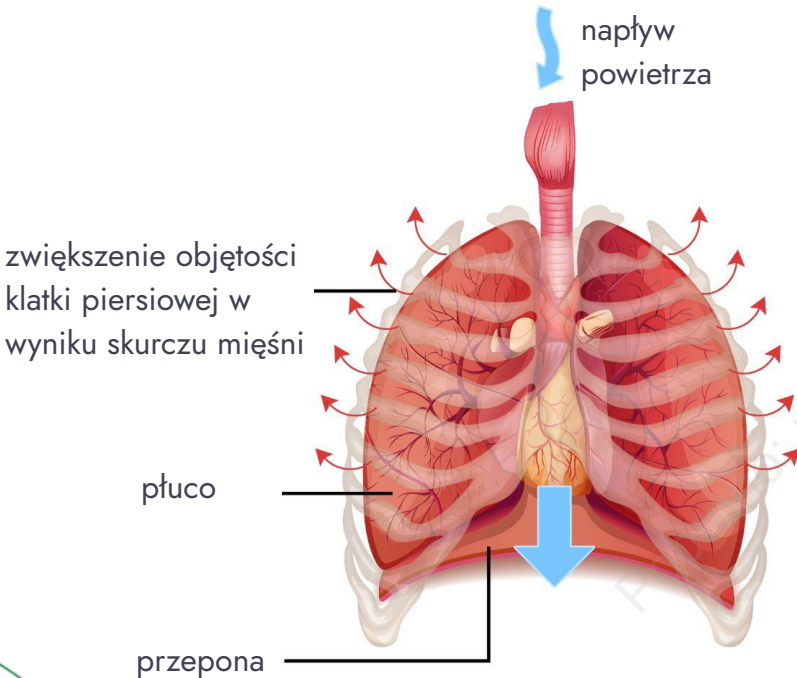
mięśnie  
międzyżebrowe



przepona



# WENTYLACJA PŁUC - WDECH



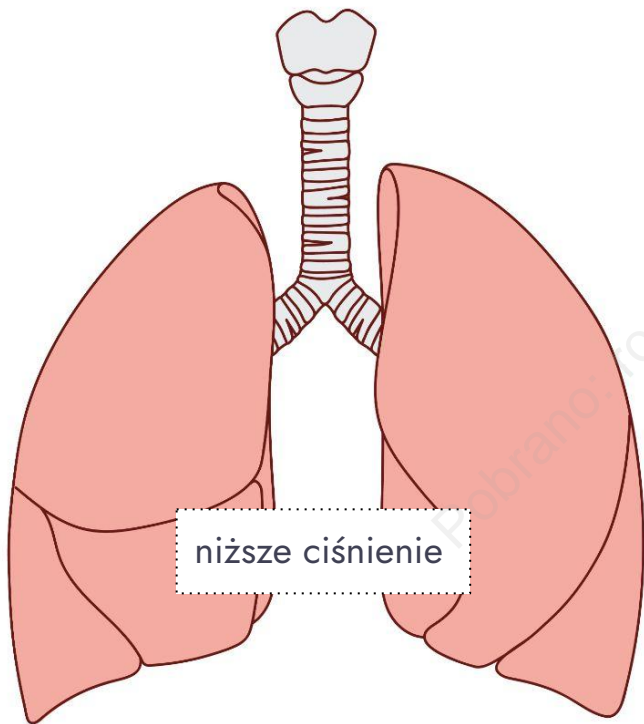
Wdech (wymaga **ATP** do skurczu mięśni - akt czynny):

Skurcz mięśni międzyżebrowych i przepony [przepona obniża się i spłaszcza, żebra unoszone są ku górze i na boki] → zwiększenie objętości klatki piersiowej → zwiększenie objętości płuc → zassanie powietrza do płuc w wyniku wytworzonego *podciśnienia*

# WENTYLACJA PŁUC - WDECH



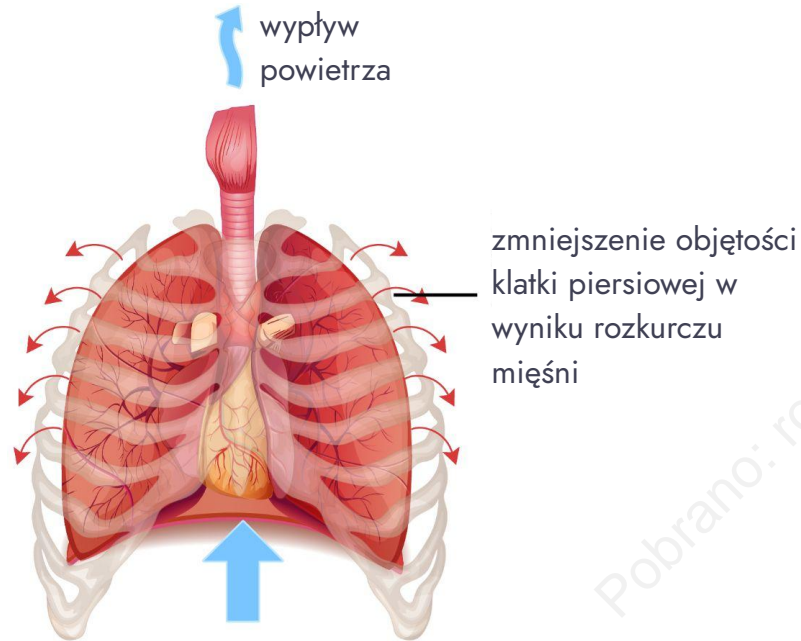
wyższe ciśnienie



niższe ciśnienie

Zwiększenie objętości klatki piersiowej prowadzi do powstania **podciśnienia** w pęcherzykach płucnych, czyli ciśnienia mniejszego o 2-3 mmHg niż powietrze atmosferyczne - jest to przyczyną napływu powietrza do płuc

# WENTYLACJA PŁUC - WYDECH



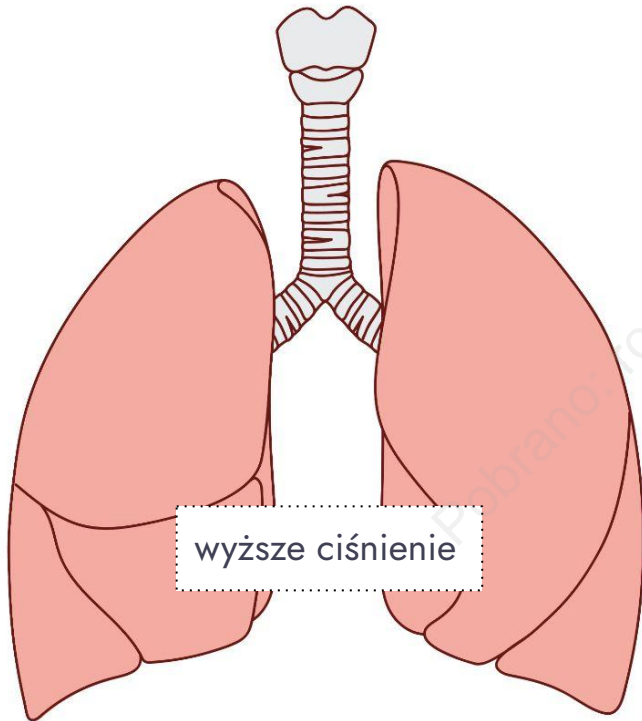
Wydech (akt bierny - mięśnie nie pracują aktywnie):

Rozkurcz mięśni międzyżebrowych i przepony [przepona podnosi się, żebra opadają] → zmniejszenie objętości klatki piersiowej → zmniejszenie objętości płuc → usunięcie powietrza z płuc w wyniku wytworzonego *nadciśnienia*

# WENTYLACJA PŁUC - WYDECH



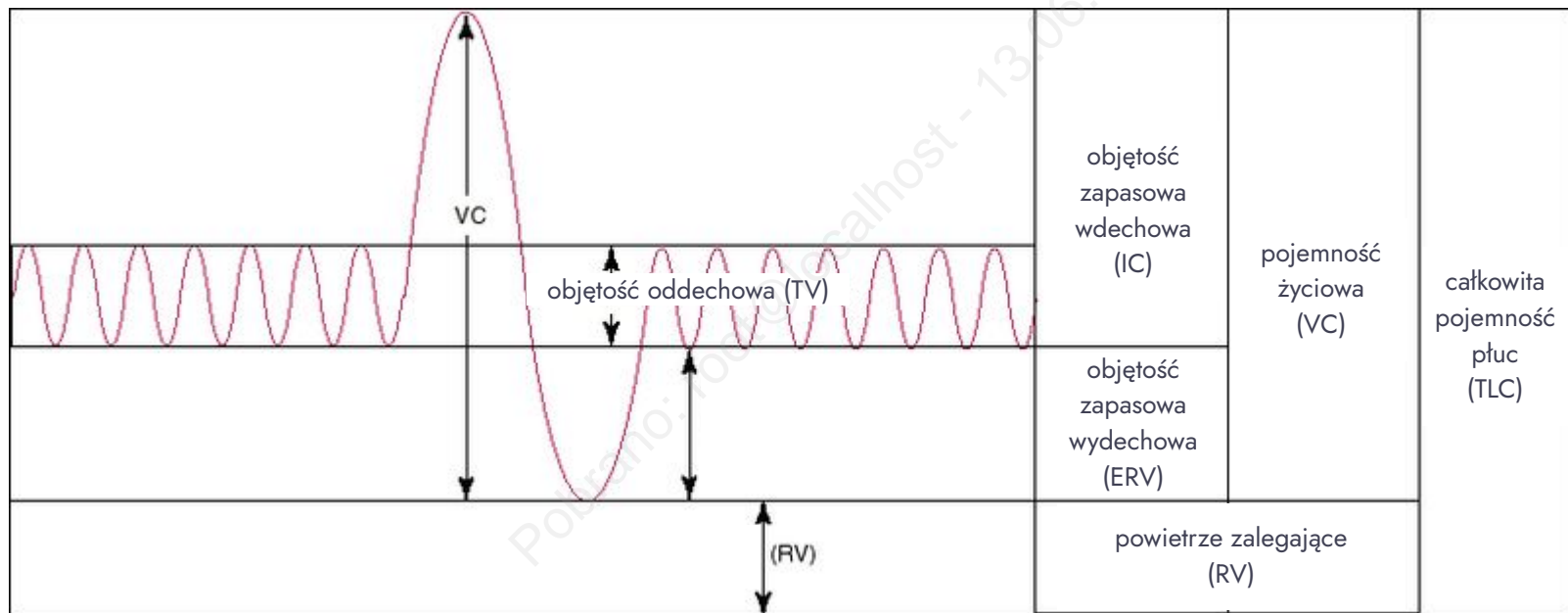
nizsze ciśnienie



wyższe ciśnienie

Zmniejszenie objętości klatki piersiowej prowadzi do powstania **nadciśnienia** w pęcherzykach płucnych, czyli ciśnienia wyższego o 2-3 mmHg niż powietrze atmosferyczne - jest to przyczyna wypływu powietrza z płuc

# POJEMNOŚĆ PŁUC



# REGULACJA CZĘSTOŚCI ODDECHÓW

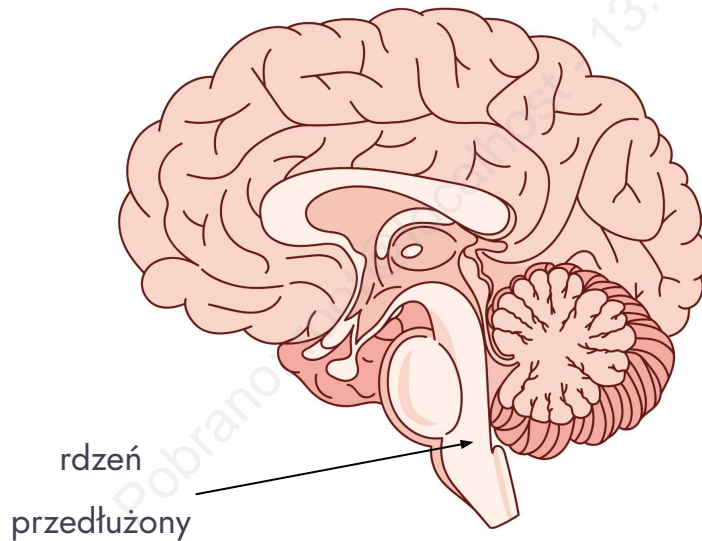


Ośrodek oddechowy znajdujący się w rdzeniu przedłużonym kontroluje wentylację płuc.

Głównym ośrodkiem oddechowym jest ośrodek *wdechu*. Impulsy nerwowe wysyłane z tego ośrodka motoneuronami pobudzają mięśnie *oddechowe* do skurczu, dzięki czemu następuje wdech. Pod koniec każdego wdechu, ośrodek pneumatyczny czasowo hamuje aktywność neuronów odpowiedzialnych za inicjację wdechu, co umożliwia rozluźnienie mięśni wdechowych i wykonanie wydechu.

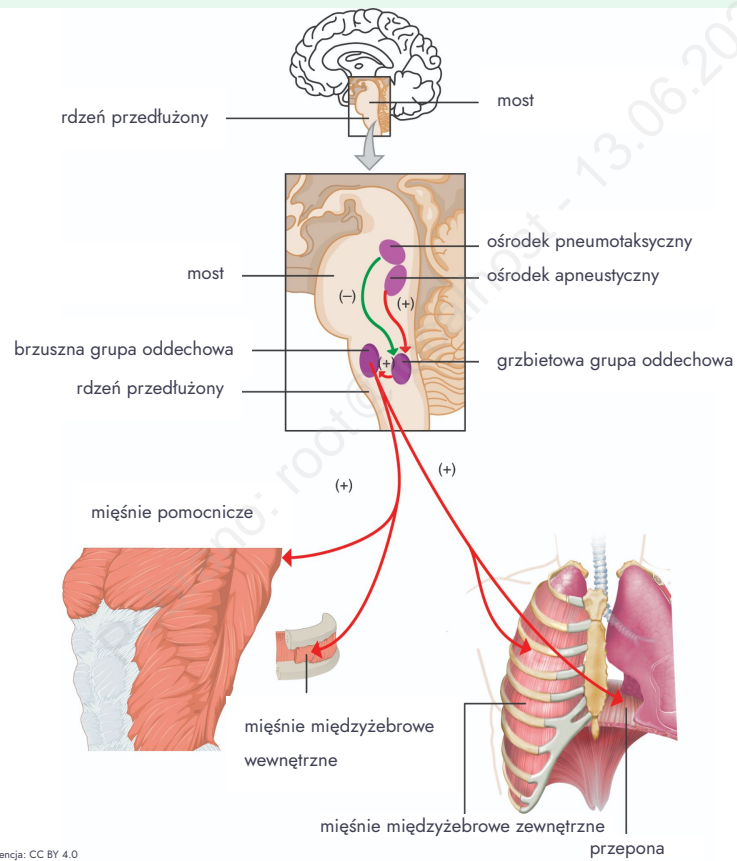
Ośrodek *wydechu* bierze udział jedynie w wydechach aktywnych, np. podczas kaszlu.

# REGULACJA CZĘSTOŚCI ODDECHÓW



Ośrodek reaguje głównie na zwiększone stężenie  $\text{CO}_2$  we krwi.

# REGULACJA CZĘSTOŚCI ODDECHÓW



# REGULACJA CZĘSTOŚCI ODDECHÓW



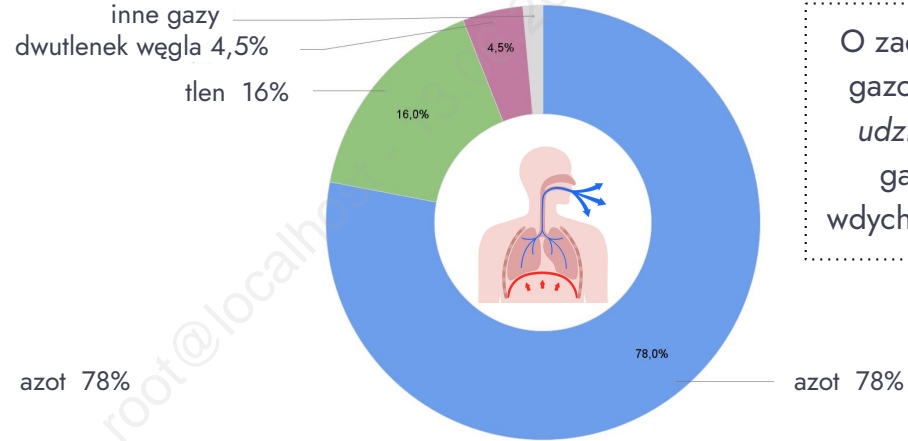
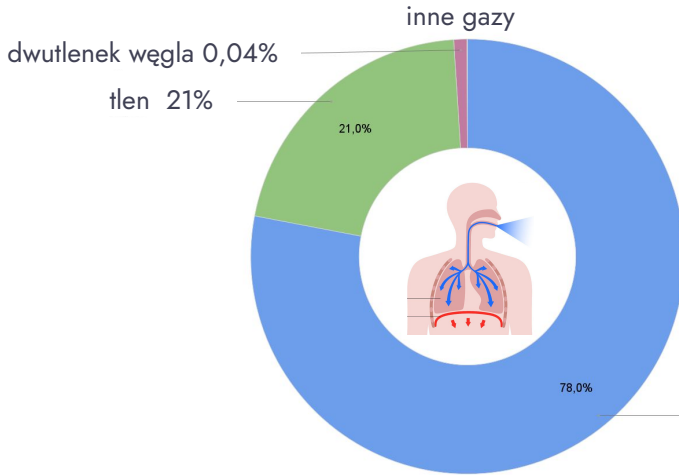
Chemoreceptory aorty, tętnicy szyjnej i pnia mózgu reagują na *obniżone pH* krwi [spowodowane wzrostem stężenia CO<sub>2</sub>] pobudzając ośrodek oddechowy [ośrodek wdechu wysyła impulsy nerwowe do mięśni międzyżebrowych i przepony, pobudzając je do skurczu] - w konsekwencji zwiększa się częstość i głębokość oddechów.

Dwutlenek węgla obecny we krwi reaguje z wodą tworząc kwas węglowy dysocjujący na protony oraz jony wodorowęglanowe.



Zwiększenie stężenia jonów H<sup>+</sup>  
obniża pH krwi.

# WYMIANA GAZOWA

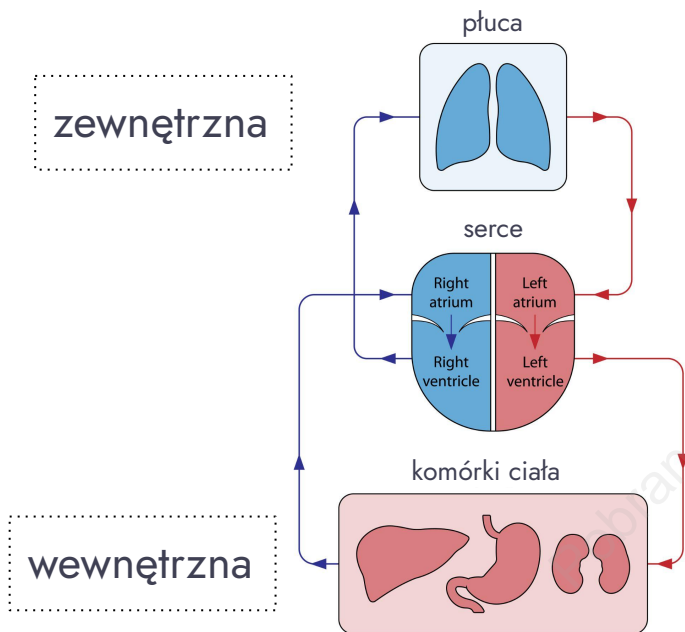


O zachodzącej wymianie gazowej świadczy różny udział poszczególnych gazów w powietrzu wdychanym i wydychanym.

Transport gazów zachodzi na zasadzie **dyfuzji** z miejsca o wyższym ciśnieniu parcjalnemu gazu do miejsca o niższym ciśnieniu parcjalnemu.

ciśnienie parcjalne - ciśnienie wywierane przez jeden z gazów w mieszaninie

# WYMIANA GAZOWA



Wymiana gazowa [dyfuzja gazów oddechowych zgodnie z różnicą ciśnień parcjalnych]

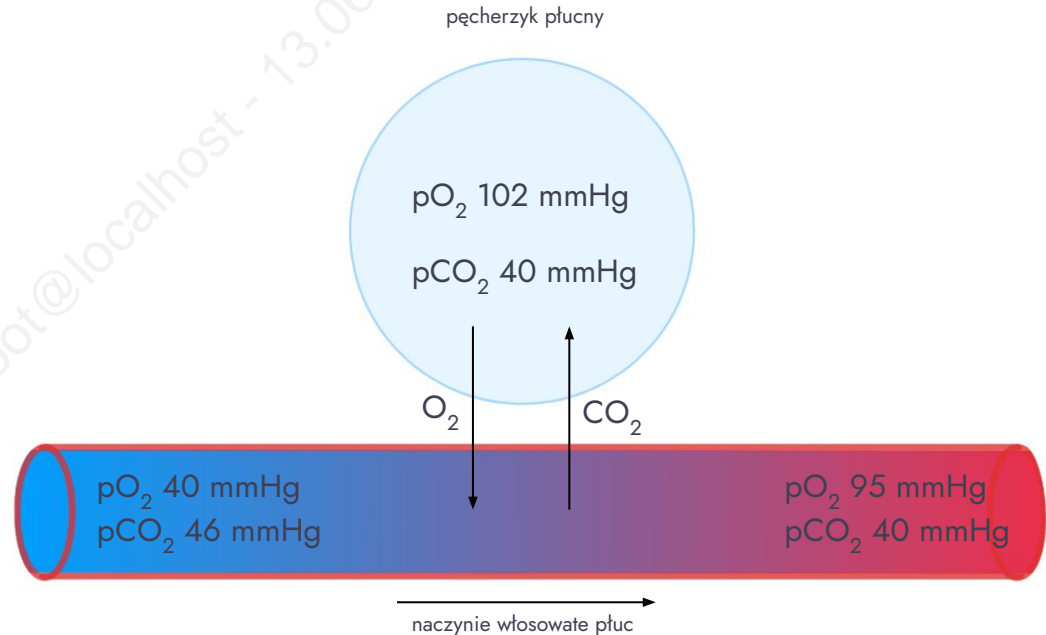
- 1) zewnętrzna:  
pęcherzyki płucne - krew [ $O_2$  z powietrza do krwi]
- 2) wewnętrzna:  
krew - komórki [ $O_2$  z krwi do komórek]

# WYMIANA GAZOWA ZEWNĘTRZNA



W pęcherzyku płucnym ciśnienie parcjalne tlenu jest wyższe niż we krwi [krew została odtlenowana w narządach ciała], dlatego tlen dyfunduje z pęcherzyka do krwi.

W pęcherzyku płucnym ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla jest niższe niż we krwi [krew odebrała  $\text{CO}_2$  z narządów ciała], dlatego dwutlenek węgla dyfunduje z krwi do pęcherzyka.

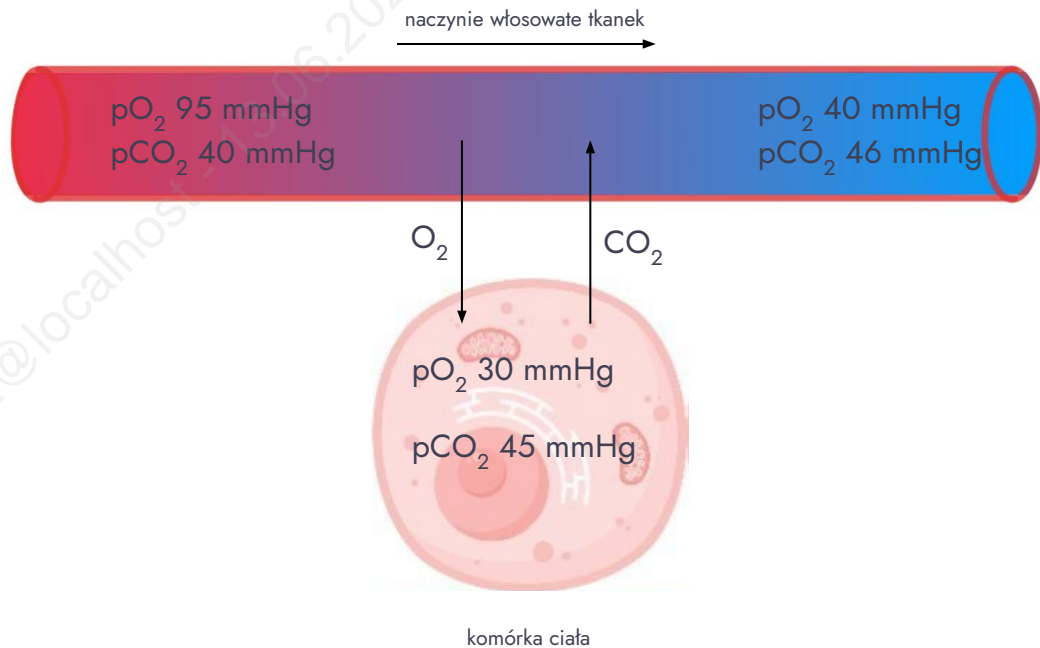


# WYMIANA GAZOWA WEWNĘTRZNA



W krwi doływającej do narządów ciała ciśnienie parcjalne tlenu jest wyższe niż w komórkach ciała [krew została natlenowana w płucach, a w komórkach tlen jest ciągle zużywany], dlatego tlen dyfunduje z krwi do komórek ciała. W komórkach tlen jest zużywany i powstaje  $\text{CO}_2$ .

Dlatego komórki mają wyższe ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla niż krew doływająca do narządów ciała, więc dwutlenek węgla dyfunduje z komórek do krwi.





# TRANSPORT GAZÓW ODDECHOWYCH

Pobrano: root@localhost 13.06.2026

# TRANSPORT TLENU

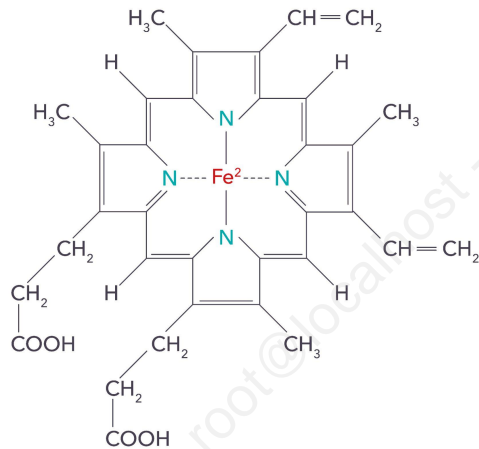
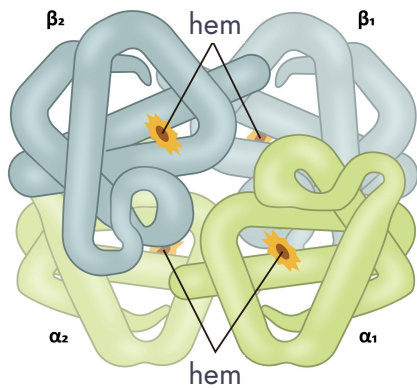


Tlen dyfunduje z pęcherzyków płucnych do osocza krwi, a następnie do wnętrza erytrocytów, gdzie łączy się nietrwale z białkiem - hemoglobina, tworząc **oksyhemoglobinę**. Bardzo niewielkie ilości tlenu transportowane są w postaci fizycznie *rozpuszczonej w osoczu*.

jedna cząsteczka hemoglobiny może przyłączyć cztery cząsteczki tlenu:  $\text{Hb} + 4 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$

Jest to proces utlenowania, nie utlenienia hemoglobiny!

# HEMOGLOBINA



Hemoglobina → białko złożone odpowiedzialne za transport tlenu.

Składa się z 4 podjednostek, każda z nich zawiera cząsteczkę *hemu* z dwuwartościowym jonem żelaza  $\text{Fe}^{2+}$ , do którego *odwracalnie* wiąże się tlen, dzięki czemu może zostać odłączony od hemoglobiny w narządach ciała.

Hemoglobina transportuje też pewne ilości  $\text{CO}_2$ .

Pochodne hemoglobiny:

- oksyhemoglobina ( $\text{HbO} / \text{HbO}_2, \text{Hb}_4\text{O}_2$ )
- karboksyhemoglobina ( $\text{HbCO}$ )
- karbaminohemoglobina ( $\text{HbCO}_2, \text{HHbCO}_2$ )

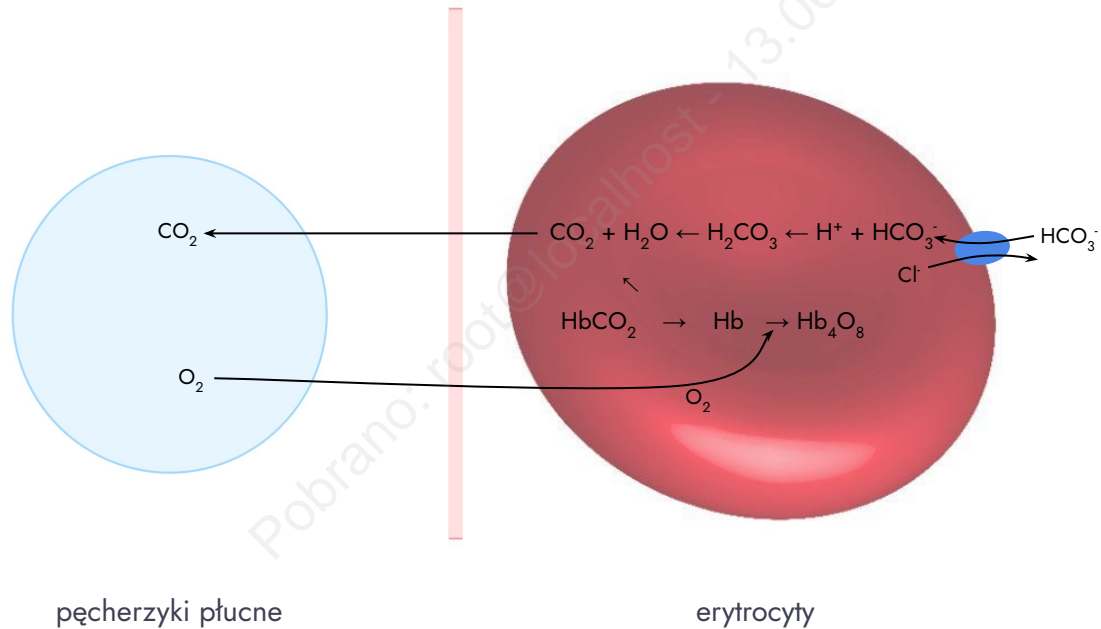
# TRANSPORT DWUTLENKU WĘGLA



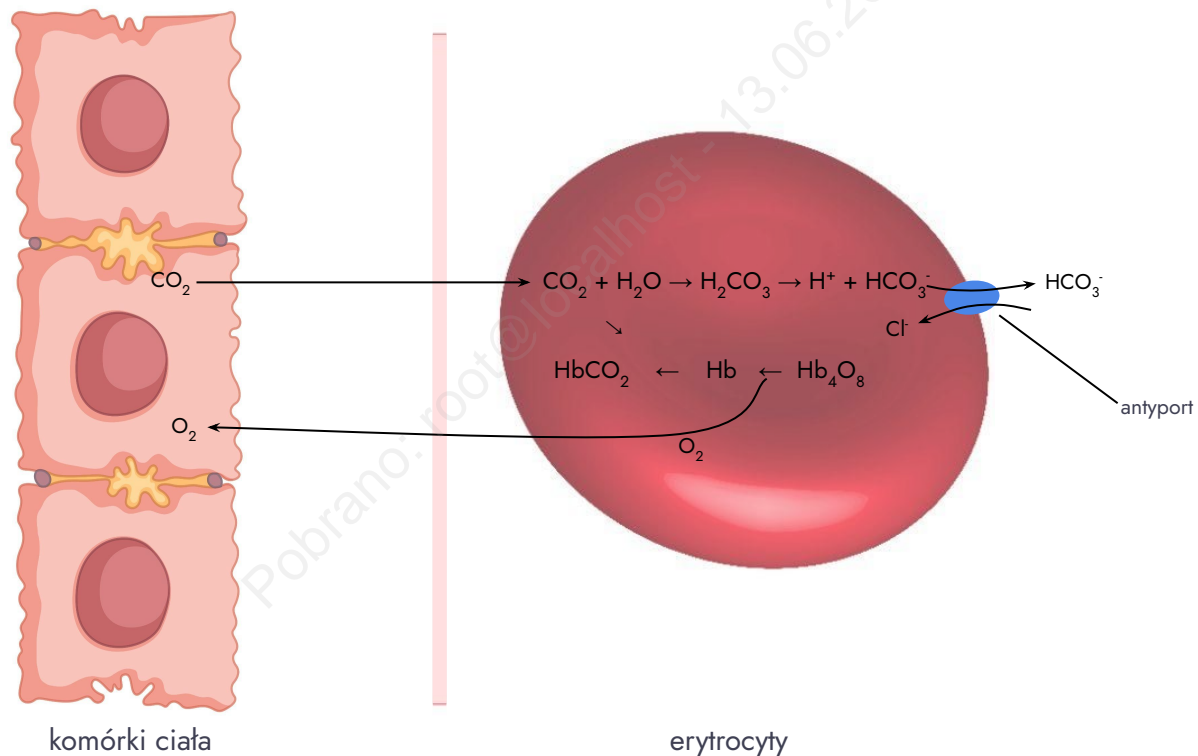
Dwutlenek węgla powstający w komórkach ciała dyfunduje do osocza krwi i wnika do erytrocytów. Reaguje tam z cząsteczką wody tworząc kwas węglowy [reakcję katalizuje enzym - anhidraza węglanowa]. Kwas węglowy dysocjuje na proton  $H^+$  i jon wodorowęglanowy  $HCO_3^-$ , który dyfunduje do osocza krwi i w tej postaci  $CO_2$  transportowany jest do płuc.

W naczyniach włosowatych płuc jon wodorowęglanowy ponownie wnika do erytrocytów, gdzie łącząc się z jonami  $H^+$  tworzy kwas węglowy, a następnie anhidraza węglanowa przeprowadza reakcję jego rozkładu do  $CO_2$  i  $H_2O$ .  $CO_2$  dyfunduje do pęcherzyków płucnych i jest usuwany z wydychanym powietrzem.

# TRANSPORT GAZÓW ODDECHOWYCH



# TRANSPORT GAZÓW ODDECHOWYCH



# TRANSPORT GAZÓW ODDECHOWYCH



## Postaci transportowe tlenu:

- 1) oksyhemoglobina [połączony z hemoglobina] - 98%
- 2) fizycznie rozpuszczony w osoczu - 2%

## Postaci transportowe dwutlenku węgla:

- 1) jony wodorowęglanowe  $\text{HCO}_3^-$  - 70%
- 2) karbaminohemoglobina [połączony z hemoglobina]  $\text{HbCO}_2$  - 20%
- 3) fizycznie rozpuszczony w osoczu - 10%

# KREW NATLENOWANA I ODTLENOWANA

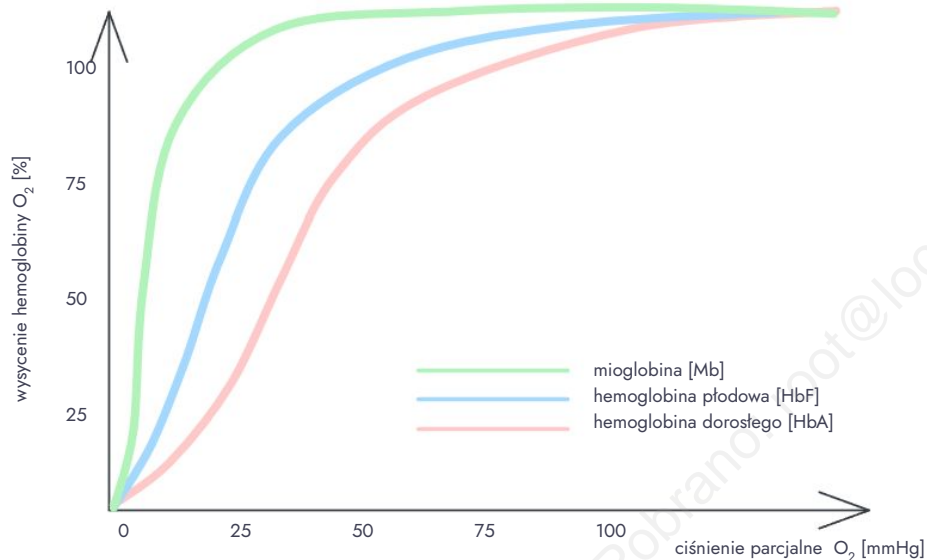


Krew żylna - odtlenowana - brunatną,  
a krew tętnicza - natlenowana - ma  
jasnoczerwoną barwę.

## UWAGA

Jest to krew natlenowana/ utlenowana  
Nie ~~utleniona~~ → nie zmienia się  
stopień utlenienia żelaza!

# BIAŁKA WIAŻĄCE TLEN



Gdy krzywa dysocjacji przesunięta jest w lewo, białko trudniej oddaje tlen

## Powinowactwo białek do tlenu:

- mioglobina [największe powinowactwo do tlenu]
- hemoglobina płodowa
- hemoglobina dorosłego człowieka

Wysokie powinowactwo mioglobiny do tlenu pozwala jej skutecznie *magazynować* tlen w mięśniach i uwalniać go tylko w warunkach dużego zapotrzebowania.

# POWINOWACTWO HEMOGLOBINY DO TLENU



Powinowactwo hemoglobiny do tlenu zależy od różnych czynników.

Rośnie w wymienionych warunkach [tlen przyłącza się do hemoglobiny]:

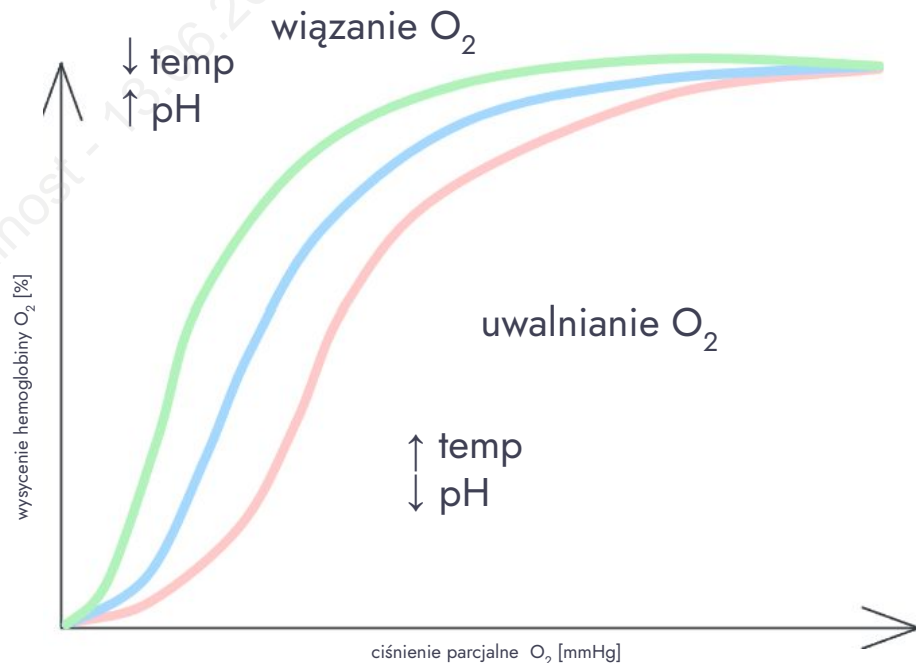
- pH: wysokie
- temperatura krwi: niska
- ciśnienie parcjalnego tlenu w środowisku zewnętrznym: wysokie
- BPG [2,3-bisfosfoglicerynian]: mniej

# POWINOWACTWO HEMOGLOBINY DO TLENU



W komórkach organizmu zachodzi oddychanie wewnątrzkomórkowe tlenowe zużywające  $O_2$  i produkujące  $CO_2$ . Powstające  $CO_2$  obniża pH krwi, co ułatwia odłączenie się tlenu od hemoglobiny [a tym samym dostarczenie go do komórek - krzywa dysocjacji oksyhemoglobiny przesuną się w prawo], a przyłączenie dwutlenku węgla.

Wzrost temperatury krwi również prowadzi do zwiększenia stopnia dysocjacji oksyhemoglobiny - dochodzi do odłączenia tlenu i dostarczenia go komórkom oddychającym tlenowo.

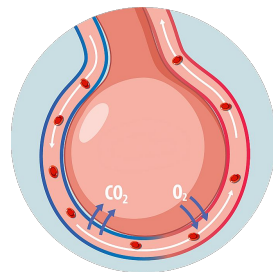


# POWINOWACTWO HEMOGLOBINY DO TLENU



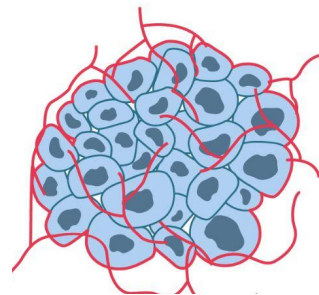
Zewnętrzna wymiana gazowa - między pęcherzykami płucnymi i krwią - hemoglobina ma **większe** powinowactwo do tlenu [przyłącza tlen] na co wpływa:

- niższa temperatura
- wzrost pH
- wysokie ciśnienie parcjalne  $O_2$
- niskie ciśnienie parcjalne  $CO_2$



Wewnętrzna wymiana gazowa - między krwią a komórkami - hemoglobina ma **mniejsze** powinowactwo do tlenu [uwalnia tlen] na co wpływa:

- wyższa temperatura
- spadek pH
- niskie ciśnienie parcjalne  $O_2$
- wysokie ciśnienie parcjalne  $CO_2$



# WPŁYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH



W warunkach wysokogórskich ciśnienie atmosferyczne jest niższe, przez co niższe jest ciśnienie parcjalne tlenu co utrudnia jego dyfuzję do naczyń włosowatych płuc.

W celu adaptacji przyspiesza oddech oraz wydzielana jest erytropoetyna pobudzając syntezę erytrocytów.

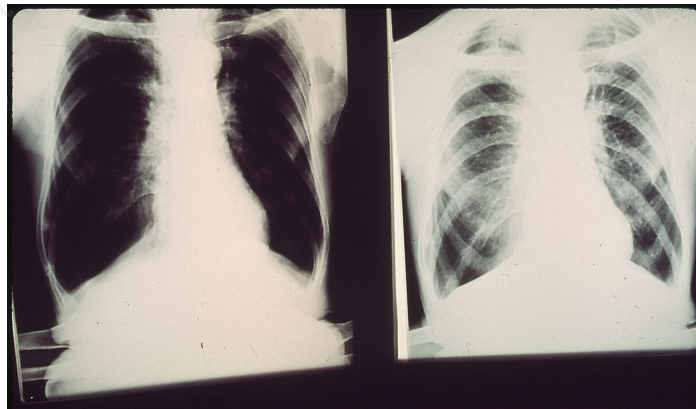


# WPLÝW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH



Tlenek węgla [czad] - wiąże się *nieodwracalnie* z hemoglobina [karboksyhemoglobina] uniemożliwiając transportowanie tlenu. Hemoglobina ma większe powinowactwo do czadu niż do tlenu, a CO łączy się z hemoglobina trwale trwale - niedotlenienie, a w konsekwencji śmierć

Pyłowe zanieczyszczenie powietrza - drobne cząstki stałe znajdujące się w powietrzu, które osadzają się na płucach oraz mogą dostać się do krwi: pylicy płuc, większości nowotworów oraz zapalenia pęcherzyków płucnych

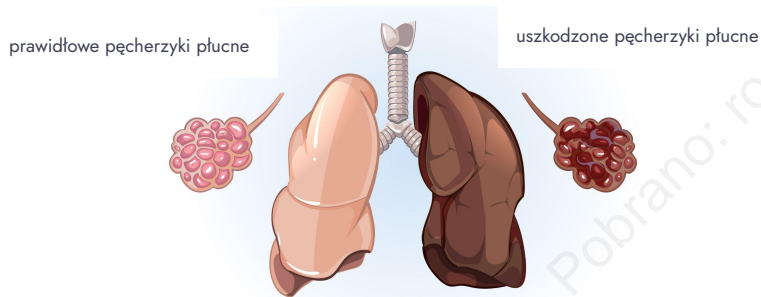


# WPŁYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH



Dym tytoniowy - zawiera wiele trujących oraz rakotwórczych substancji

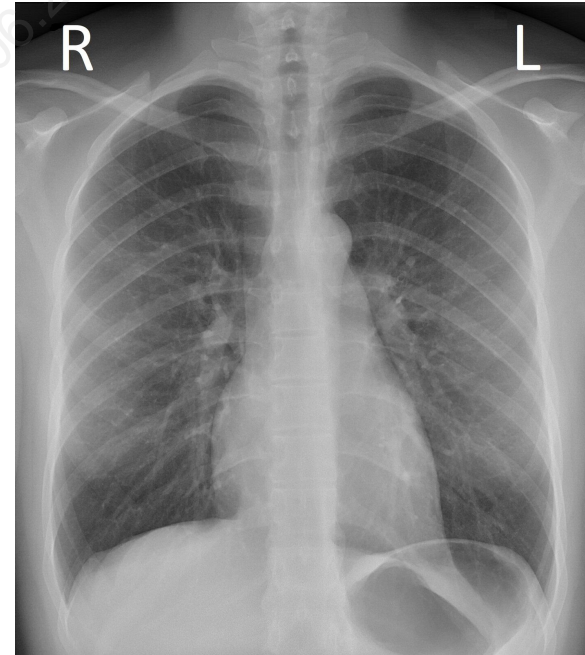
Smog - masy zanieczyszczonego powietrza utrzymujące się przy powierzchni zawierające toksyczne związki



# BADANIA DIAGNOSTYCZNE



RTG klatki piersiowej - prześwietlenie klatki piersiowej promieniowaniem rentgena; stosowane w celu diagnostyki takich chorób jak: nowotwory, zapalenie płuc, gruźlica



# BADANIA DIAGNOSTYCZNE



Spirometria - badanie pojemności płuc polegające na oddychaniu do ustnika pozwalającego zmierzyć objętość powietrza wdychanego i wydychanego; stosowana w celu diagnostyki takich chorób jak: astma, przewlekła obturacyjna choroba płuc

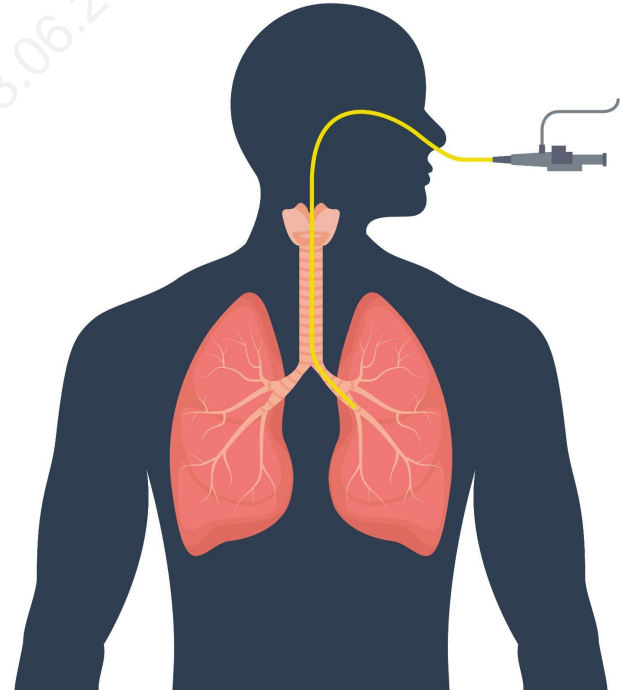


# BADANIA DIAGNOSTYCZNE



Bronchoskopia - endoskopowe badanie wnętrza układu oddechowego: nowotwory, usuwanie przedmiotów.

Podczas badania można pobrać również materiał do badań histopatologicznych.





Dziękuję



Pobrano: root@bpaalhost - 13.06.2026