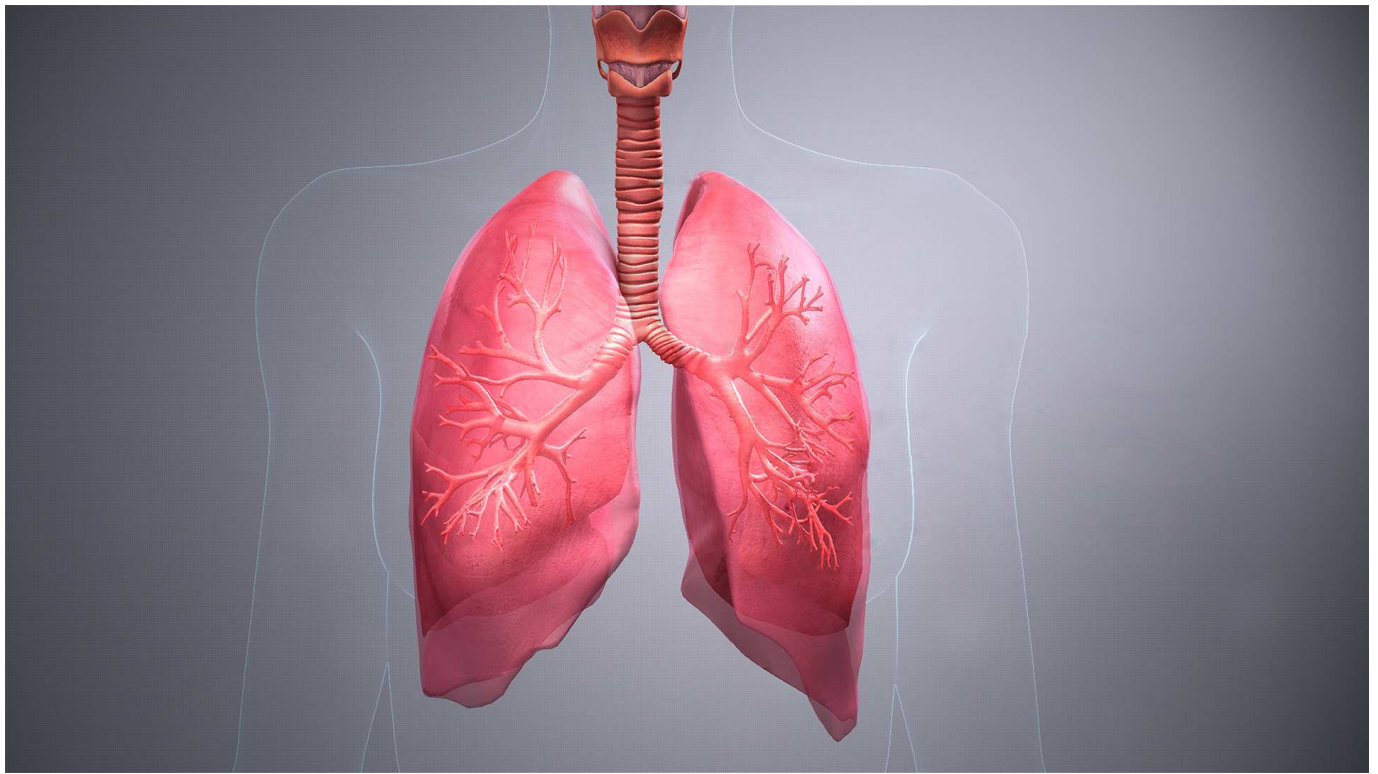




Regulacja akcji oddechowej u człowieka

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Regulacja akcji oddechowej u człowieka

Płuca są centralną częścią układu oddechowego. Lewe płuco składa się z dwóch, a prawe z trzech płatów.

Źródło: scientificanimations.com, licencja: CC BY-SA 4.0.

Czynności oddechowe są spontaniczne i automatyczne. Dzięki temu człowiek nie musi pamiętać o wykonywaniu wdechu i wydechu. Proces oddychania nie ustaje również po utracie świadomości spowodowanej omdleniem. Automatyzacja oddychania jest możliwa dzięki obecności w pniu mózgu grup komórek nerwowych, które działają jak naturalny rozrusznik akcji oddechowej.

Twoje cele

- Poznasz lokalizację ośrodków oddechowych.
- Opiszysz funkcje poszczególnych ośrodków oddechowych w procesie spontanicznego oddychania.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób świadome pogłębienie wdechu lub wydechu wpływa na czynność ośrodków oddechowych.
- Poznasz mechanizm regulacji akcji oddechowej w warunkach ograniczonego dostępu tlenu.

Przeczytaj

Oddychanie jest procesem odruchowym, niewymagającym świadomego udziału człowieka. Akcja oddechowa, również na zasadzie odruchu, może przyspieszać lub zwalniać w warunkach większego zapotrzebowania na tlen, np. podczas wzmożonej aktywności fizycznej. Oddychanie może jednak świadomie zostać czasowo wstrzymane. Człowiek może też specjalnie wykonać pogłębiony wdech lub wydech. Po zaprzestaniu tego świadomego, zamierzonego działania oddech powróci do normalnego, spontanicznego rytmu.

Wentylacja płuc jest możliwa dzięki obecności poprzecznie prążkowanych mięśni oddechowych:

- [przepony](#);
- mięśni międzyżebrowych.

Wdech jest zawsze czynny – wymaga skurczu mięśni wdechowych, do których poza przeponą i mięśniami międzyżebrowymi należą:

- mięśnie pochyłe;
- mięśnie mostkowo-obojczykowo-sutkowe;
- mięśnie podobojczykowe;
- mięsień dźwigacz łopatki;
- mięśnie równoległoboczne;
- część górna mięśnia czworobocznego;
- mięśnie piersiowe mniejsze;
- mięsień najszerszy grzbietu;
- mięsień prostownik grzbietu;
- mięsień zębaty przedni;
- mięsień zębaty tylny górny.

Spontaniczny wydech nie wymaga skurczu mięśni – jest aktem biernym.

Bodziec wywołujący skurcz mięśni wdechowych dociera z neuronów rdzenia kręgowego – [motoneuronów](#), które doprowadzają impulsy do włókien mięśni oddechowych. Cyklicznie,



Podczas wysiłku fizycznego akcja oddechowa przyspiesza, zapewniając zwiększony dopływ tlenu do komórek.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

przy każdym wdechu, neurony te przekazują informację o skurczu z **ośrodków oddechowych** położonych w pniu mózgu.

Ośrodki nerwowe odpowiedzialne za rytmikę oddychania

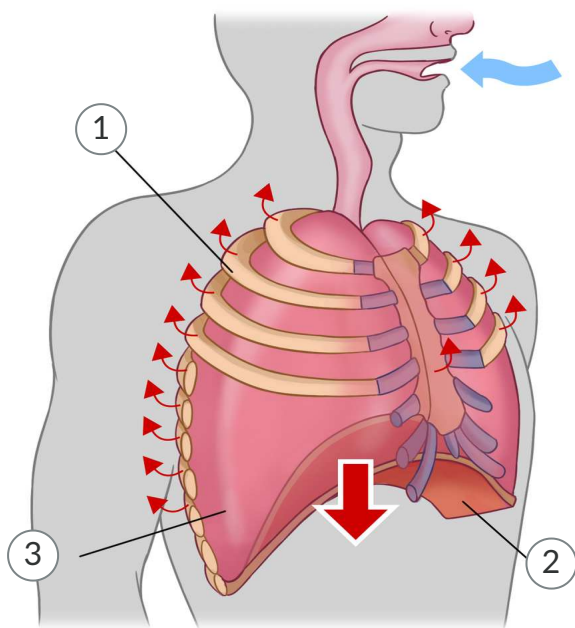
Ośrodki oddechowe położone w **pnium mózgu** (rdzeniu przedłużonym i moście) to grupy neuronów leżące blisko siebie i kontrolujące proces oddychania. Głównym ośrodkiem oddechowym jest **ośrodek wdechowy** położony w tylnej części rdzenia przedłużonego. Komórki nerwowe tworzące ten ośrodek pełnią funkcję głównego generatora spontanicznego rytmu oddechowego – działają niczym fizjologiczny rozrusznik akcji oddechowej.

Neurony oddechowe są zgrupowane w dwóch skupiskach w rdzeniu przedłużonym. Dzieli się je na:

- neurony oddechowe grzbietowe odpowiadające za czas trwania cyklu oddechowego;
- neurony oddechowe brzuszne.

Neurony oddechowe pnia mózgu przez całe życie stale i w sposób spontaniczny generują cykliczne **potencjały czynnościowe**, które wyznaczają rytm oddechowy. Oznacza to, że przy braku wpływów nerwowych z pozostałych części ośrodkowego lub obwodowego układu nerwowego wciąż generowałyby potencjały czynnościowe w swoim rytmie. Neurony te, za pośrednictwem motoneuronów rdzenia kręgowego, pobudzają **mięśnie wdechowe** do skurczu. Podczas wdechu klatka piersiowa oraz płuca zwiększają swoje rozmiary i objętość, a w pęcherzykach płucnych powstaje podciśnienie wymuszające napływ powietrza do płuc (wdech).

W warunkach spontanicznego oddychania wydech jest aktem biernym – powstaje w wyniku rozluźnienia mięśni wdechowych, sprężystego zmniejszenia objętości klatki piersiowej i usunięcia powietrza z wnętrza płuc.



1

Żebra się unoszą, wzrasta objętość klatki piersiowej.

2

Przepona się kurczy.

3

Objętość płuc rośnie.

4

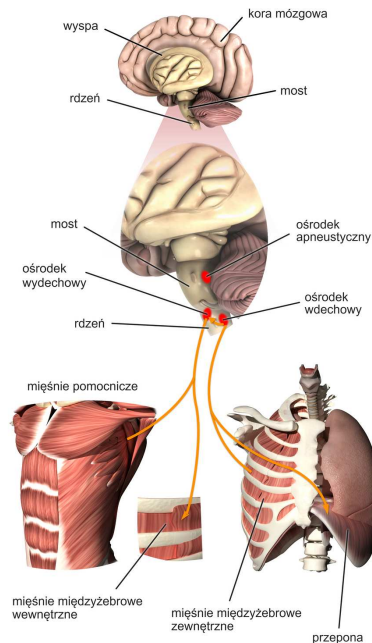
Żebra się obniżają, a przepona się rozkurcza. Maleje objętość klatki piersiowej.

Skurcz mięśni wdechowych skutkuje zwiększeniem objętości klatki piersiowej i płuc, co powoduje obniżenie ciśnienia wewnątrz płuc i wdech. Z kolei skurcz mięśni wydechowych zmniejsza rozmiar klatki piersiowej i płuc, przez co powietrze jest wyciskane z płuc na zewnątrz.

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

Proces oddychania polega na cyklicznym i naprzemiennym występowaniu wdechu i wydechu. Gdyby wdech był ciągły, nie zachodziłaby wentylacja płuc. Dlatego istnieją dwa kolejne ośrodki oddechowe położone w móście – [ośrodek apneustyczny](#) i [ośrodek pneumotaksyczny](#). Ośrodki te działają cyklicznie, naprzemiennie. Pod koniec każdego wdechu, ośrodek pneumotaksyczny przejściowo hamuje aktywność neuronów

wdechowych, aby przez jakiś czas nie generowały potencjałów czynnościowych. To umożliwia rozluźnienie mięśni wdechowych i wykonanie wydechu, po zakończeniu którego efekt hamujący tego ośrodka ustaje na skutek aktywacji antagonistycznego ośrodka apneustycznego. Dzięki temu neurony ośrodka wdechowego znów generują potencjały czynnościowe inicjujące kolejny wdech.



Nerwowa kontrola oddychania.

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

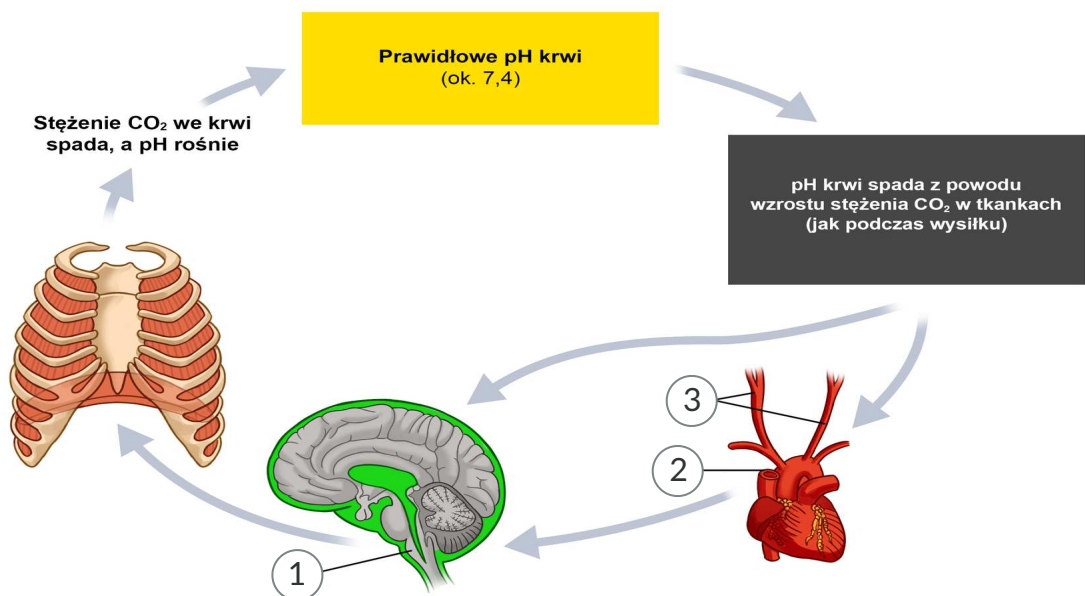
Oprócz wymienionych już ośrodków oddechowych istnieje również **ośrodek wydechowy** położony w przedniej części rdzenia przedłużonego, który uczestniczy w aktywnym oddychaniu. Ośrodek ten zawiera komórki nerwowe, które wysyłają aksony do motoneuronów unerwiających **mięśnie wydechowe**. Neurony wydechowe, podobnie jak mięśnie wydechowe, nie są aktywne przy spokojnym, spontanicznym oddechu.

Jednak w warunkach odruchowo pogłębionej akcji oddechowej, np. przy wykonywaniu wzmożonej aktywności fizycznej, stają się aktywne. Dzięki temu wydechy następują szybciej lub są pogłębione. Ośrodek wydechowy może być również aktywowany pod wpływem świadomego, zamierzonego działania człowieka, jeśli zdecyduje się on na wykonanie pogłębionego wydechu. Wówczas na dłużej zahamowany zostanie ośrodek wdechowy, a pobudzony zostanie ośrodek wydechowy.

Ośrodki wdechowy i wydechowy wykazują działanie antagonistyczne i nigdy nie są aktywne w tym samym czasie. Podobnie jak mięśnie wdechowe i wydechowe, one również nie mogą podlegać aktywności w tym samym momencie. Po ustaniu świadomego zamiaru pogłębienia wydechu grupa neuronów wydechowych staje się nieaktywna i automatycznie przywracany jest spontaniczny oddech.

Zawartość gazów oddechowych w ustroju a szybkość akcji oddechowej

Zawartość gazów oddechowych we krwi wpływa na rytmikę oddychania. W warunkach niedotlenienia organizmu akcja oddechowa przyspiesza, aby umożliwić pobieranie większej ilości tlenu oraz efektywniejsze usuwanie dwutlenku węgla. Proces ten następuje w sposób odruchowy, za sprawą **autonomicznego układu nerwowego**. Obwodowe **chemoreceptory** zlokalizowane w ścianie aorty – **kłębki aortalne** oraz tętnic szyjnych – **kłębki szyjne**, stale monitorują stężenia gazów oddechowych w krążącej krwi.



1

Rdzeń przedłużony

to część mózgowia, w której znajdują się m.in. ośrodki oddechowe.

2

Kłębki aortalne

to receptory zlokalizowane w ścianie aorty.

3

Kłębki szyjne

są receptorami zlokalizowanymi w tętnicach szyjnych.

Mechanizm regulacji oddychania.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., na podstawie: *Biologia Campbella*, praca zbiorowa, Rebis, Poznań 2016, licencja: CC BY-SA 3.0.

W przypadku niedotlenienia we krwi jest mniej O_2 , a więcej CO_2 i jonów H^+ . Obecność jonów H^+ wynika z tego, że CO_2 reagując z cząsteczkami wody, tworzy nietrwały kwas węglowy H_2CO_3 , który szybko dysocjuje na anion HCO_3^- oraz kation H^+ . Obecność jonów H^+ powoduje obniżenie wartości pH krwi, co jest bodźcem dla chemoreceptorów. Im więcej CO_2 we krwi, tym więcej jonów H^+ .

Chemoreceptory rejestrują zmiany stężeń gazów oddechowych oraz jonów H^+ i za pośrednictwem autonomicznego układu nerwowego wysyłają informację do ośrodków oddechowych, aby komórki, które się tam znajdują, zwiększyły swoją aktywność. W wyniku tego akcja oddechowa przyspiesza, a wdechy stają się głębsze, umożliwiając pobranie większej ilości tlenu oraz usunięcie nadmiaru dwutlenku węgla.

Jeśli we krwi znajduje się wystarczająco dużo tlenu, aby zaspokoić bieżące potrzeby, a jednocześnie stężenie CO_2 nie jest zbyt wysokie, akcja oddechowa staje się wolniejsza i płytsza.

Słownik

autonomiczny układ nerwowy

część układu nerwowego, która unerwia narządy wewnętrzne i wpływa na ich pracę bez udziału świadomości; autonomiczny układ nerwowy zbudowany jest z dwóch przeciwstawnie działających części: układu współczulnego i przywspółczulnego; funkcją autonomicznego układu nerwowego jest utrzymywanie równowagi ustroju

chemoreceptory

grupa receptorów (wyspecjalizowanych komórek receptorowych lub wolnych zakończeń komórek nerwowych) aktywowanych przez specyficzne substancje chemiczne; ich pobudzenie przekazywane jest do ośrodkowego układu nerwowego

mięśnie wdechowe

mięśnie poprzecznie prążkowane (szkieletowe), których skurcz umożliwia wykonywanie wdechu; należą do nich przepona i mięśnie międzyżebrowe zewnętrzne

mięśnie wydechowe

mięśnie poprzecznie prążkowane (szkieletowe), których skurcz umożliwia wykonanie świadomego, pogłębionego wydechu. Mięśnie te nie są aktywne podczas

spontanicznego oddychania; do mięśni wdechowych należą mięśnie międzyżebrowe wewnętrzne i mięśnie brzucha

motoneuron

komórka nerwowa, która z rdzenia kręgowego lub pnia mózgu (gdzie mieści się jej perykarion) wysyła akson do unerwianego mięśnia poprzecznie prążkowanego

ośrodek apneustyczny

skupisko neuronów oddechowych znajdujące się w dolnej części mostu; neurony te nasilają aktywność wdechową

ośrodek pneumotaksyczny

skupisko neuronów oddechowych znajdujące się w górnym moście; neurony te hamują aktywność wdechową

potencjał czynnościowy

krótkotrwała zmiana potencjału błonowego komórki z ujemnego na dodatni, związana z przekazywaniem informacji

przepona

główny mięsień oddechowy; płaski mięsień prążkowany; przepona jest rozpięta między mostkiem, kręgosłupem, ostatnimi żebrami i kopulasto wpuklona do jamy piersiowej; ma kilka otworów, przez które przechodzą: aorta, przełyk i inne narządy

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Wybierz tempo oddychania, aby zobaczyć, które mięśnie biorą udział przy wdechu i wydechu.

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

Polecenie 1

Przeprowadź symulację interaktywną. Zwróć uwagę, jakie partie mięśni (oznaczone na niebiesko) są zaangażowane podczas oddychania spokojnego i pogłębionego.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego wydech spontaniczny jest aktem biernym. Czym różni się od wydechu pogłębionego wykonywanego podczas wzmożonej aktywności fizycznej?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dopasuj pojęcia do ich definicji.

Mięśnie wdechowe

Przepona i mięśnie międzyżebrowe zewnętrzne

Chemoreceptor

Mięśnie międzyżebrowe wewnętrzne

Mięśnie wydechowe

Komórka nerwowa, która z rdzenia kręgowego lub pnia mózgu wysyła akson do unerwianego mięśnia poprzecznie prążkowanego

Motoneuron

Receptor aktywowany przez specyficzne substancje chemiczne, których pobudzenie przekazywane jest do ośrodkowego układu nerwowego

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj poniższe stwierdzenia do etapów oddychania.

Wdech

Następuje skurcz przepony i mięśni międzyżebrowych

Następuje po rozluźnieniu mięśni wdechowych

Wydech

Akt czynny lub bierny

Ośrodek położony w tylnej części rdzenia przedłużonego

Ośrodek położony w przedniej części rdzenia przedłużonego

Zawsze akt czynny

Cyklicznie i częściowo hamują go ośrodki apneustyczny i pneumotaksyczny

Ćwiczenie 3



Zaznacz prawdziwe zdania.

☐

Kłębki aortalne oraz kłębki szyjne stale monitorują stężenia gazów oddechowych w krążącej krwi.

☐

Niedotlenienie charakteryzuje się zwiększoną ilością we krwi dwutlenku węgla i jonów wodorowych, natomiast mniejszą ilością tlenu.

☐

Obecność jonów wodorowych powoduje podwyższenie pH krwi, co jest bodźcem dla chemoreceptorów.

☐

Podwyższenie pH krwi prowadzi do zwiększonej czynności oddechowej.

☐

W warunkach niedotlenienia organizmu pobierana jest większa ilość tlenu oraz usuwana większa ilość dwutlenku węgla.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst, wybierając prawidłowe sformułowania spośród podanych poniżej propozycji.

Ośrodki oddechowe położone są w . Głównym jest ośrodek położony w części rdzenia przedłużonego. Neurony wdechowe stale i w sposób spontaniczny .

Neurony te, za pośrednictwem motoneuronów rdzenia kręgowego, pobudzają mięśnie wdechowe do . Ośrodki apneustyczny i cyklicznie, pod koniec każdego , przejściowo aktywność neuronów wdechowych. Ośrodek położony jest w części rdzenia przedłużonego. Ośrodki wdechowy i wydechowy wykazują działanie i aktywne w tym samym czasie.

hamują wydechu pobudzają antagonistyczne wdechowy skurczu są

przedniej wdechu pneumatyczny pneumotaksyczny wydechowy

generują potencjały czynnościowe tylnej pniu mózgu nie są agonistyczne

Ćwiczenie 5



Uporządkuj w prawidłowej kolejności zmiany, jakie zachodzą w ustroju w sytuacji niedotlenienia.

Dwutlenek węgla reaguje z cząsteczkami wody.



Tworzy się nietrwały kwas węglowy H_2CO_3 .



Jony H^+ obniżają pH krwi.



Akcja oddechowa przyspiesza i wzrasta objętość pojedynczych oddechów.



Kwas węglowy dysocjuje na anion HCO_3^- i kation H^+ .



Zwiększa się pobudzenie ośrodków oddechowych.



W organizmie spada stężenie tlenu, a wzrasta ilość dwutlenku węgla.



Usuwany jest nadmiar dwutlenku węgla i pobierana jest większa ilość tlenu.



Spadek pH pobudza chemoreceptory.



Chemoreceptory wysyłają sygnał do ośrodków oddechowych za pośrednictwem autonomicznego układu nerwowego.



Ćwiczenie 6



Uzupełnij tabelę, przeciągając w odpowiednie miejsca sformułowania podane poniżej.

Funkcje	Ośrodek wdechowy	Ośrodek wydechowy	Ośrodek apneustyczny	Ośrodek pneumotaksyczny
Główna rola				
Położenie		Część przednia rdzenia przedłużonego	Most	
Unerwiane struktury	Motoneurony unerwiające mięśnie wdechowe	Motoneurony unerwiające mięśnie wydechowe	Neurony rdzenia przedłużonego	Neurony rdzenia przedłużonego
Ciągła aktywność			Nie	Nie
Efekt pobudzenia			Aktywacja ośrodka wdechowego i umożliwienie rozpoczęcia wdechu	

Pobudza ośrodek wdechu

Uczestniczy w aktywnym oddychaniu poprzez modyfikację fazy wydechu

Skurcz mięśni wdechowych i wykonanie wdechu

Główny generator spontanicznego rytmu oddechowego

Nie

Skurcz mięśni wydechowych, szybsze i pogłębione wydechy

Tak

Most

Zahamowanie ośrodka wdechowego i umożliwienie wydechu

Hamuje ośrodek wdechu

Część tylna rdzenia przedłużonego



„Przyspieszony oddech prowadzi do hiperwentylacji i przebiega z ograniczeniem fazy pogłębionego wydechu. Stosunek czasu wdechu do wydechu równy jest w przybliżeniu 1:1 (prawidłowy rytm wynosi 1:3). Zaburzenia rytmu oddychania prowadzą do zmniejszenia efektywności pracy układu oddechowego i ograniczają ergonomię pracy mięśni oddechowych. Hiperwentylacja natomiast prowadzi do niskiego poziomu prężności CO_2 we krwi ($\text{pCO}_2 < 35$ mm Hg). Stan ten staje się trudny do zrównoważenia w sytuacji, gdy czynnik wywołujący hiperwentylację utrzymuje się przez długi czas. (...) Pojawiająca się pod wpływem hiperwentylacji hipokapnia powoduje zmianę poziomu pH z 7,4 do ok. 7,5 (alkaloza oddechowa)”.

Źródło: Marian Majchrzycki i in., *Terapia oddechowa – wspomaganie leczenia dysfunkcji narządów ruchu*, Wydaw. Nauk. Uniw. Med. im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Poznań 2010.

Na podstawie przedstawionego tekstu oceń prawidłowość sformułowania: „W stanach zwiększonego zapotrzebowania na tlen poprawę utlenowania krwi zawsze można osiągnąć poprzez przyspieszenie czynności oddechowej”. Odpowiedź uzasadnij.



„Podstawową rolę w modyfikacji wzorca oddechowego pełnią wolno adaptujące zakończenia czuciowe w mięśniówce gładkiej dróg oddechowych (mechanoreceptory płucne), zaangażowane w odruch inflacyjny Heringa-Breuera. Bodźcem dla tego odruchu jest wzrost objętości lub ciśnienia w drogach oddechowych, a efekt ich działania polega na zakończeniu wdechu i obniżeniu objętości oddechowej”.

Źródło: Piotr Wojciechowski, *Wpływ analogów neuropeptydowych o działaniu przeciwbólowym na wzorzec oddechowy i funkcje sercowo-naczyniowe u uśpionych szczurów*, Pracownia Odruchów Oddechowych Zakładu Farmakologii Doświadczalnej IMDiK PAN, Warszawa 2014.

Na podstawie przedstawionego fragmentu tekstu określ, czy utrzymanie prawidłowego wzorca oddechowego jest zależne jedynie od receptorów znajdujących się w ośrodkach oddechowych mostu i rdzenia przedłużonego. Odpowiedź uzasadnij, podając jeden przykład z powyższego tekstu i przynajmniej jeden inny.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Regulacja akcji oddechowej u człowieka

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.

4. Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

3) wyjaśnia mechanizm wentylacji płuc;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

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

3) Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:

f) wyjaśnia mechanizm wentylacji płuc u płazów, gadów, ptaków i ssaków,

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):

- Poznasz lokalizację ośrodków oddechowych.

- Opisziesz funkcje poszczególnych ośrodków oddechowych w procesie spontanicznego oddychania.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób świadome pogłębienie wdechu lub wydechu wpływa na czynność ośrodków oddechowych.
- Poznasz mechanizm regulacji akcji oddechowej w warunkach ograniczonego dostępu tlenu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;
- gra dydaktyczna;
- mapa pojęć;
- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Regulacja akcji oddechowej u człowieka”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj”, a następnie rozwiązanie ćwiczeń nr 1 i 2 zawartych w sekcji „Sprawdź się”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wraz z uczniami formułuje cele lekcji i ustala kryteria sukcesu.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel wyświetla animację zawartą w sekcji „Symulacja interaktywna” i zapisuje na tablicy następujące pytania:
 - Jakie elementy składają się na układ oddechowy człowieka?
 - Dlaczego wydech jest aktem biernym?Uczniowie analizują animację i w parach przygotowują odpowiedzi na zadane pytania. Chętni wypowiadają się na forum klasy. Nauczyciel podsumowuje odpowiedzi uczniów.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z e-materiałem.** Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Każdy zespół wyłania swojego lidera i wspólnie układa 10 pytań związanych z tematem lekcji. Pytania powinny być tak ułożone, żeby przeciwnicy mogli na nie odpowiedzieć jednym wyrazem.
Nauczyciel inicjuje grę, zadając wszystkim grupom własne pytanie. Grupa, której lider zgłosi się pierwszy i odpowie poprawnie, rozpoczyna rywalizację. Nauczyciel nadaje kolejne numery pozostałym grupom, a następnie zapisuje je na tablicy.
Lider grupy nr 1 zadaje pytanie wybranemu członkowi drużyny nr 2. Jeśli osoba ta poprawnie odpowie na pytanie, jej zespół zdobywa punkt, a ona sama zadaje pytanie wskazanemu przez nią członkowi grupy nr 3. Jeśli jednak członek grupy nr 2 nie będzie potrafił udzielić poprawnej odpowiedzi, lider grupy nr 1 sam odpowiada na zadane przez siebie pytanie, a jego drużyna otrzymuje punkt. Następnie zadaje pytanie członkowi grupy nr 3 itd. Gra kończy się po zadaniu 10 pytań, a wygrywa grupa, która uzyska najwięcej punktów.
2. **Mapa pojęć.** Uczniowie, pracując w parach, tworzą mapy pojęć związane z tematem lekcji i na podstawie treści z sekcji „Przeczytaj”.
3. **Praca z multimediami („Symulacja interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, sformułowali wyjaśnienie, jak zmiana ciśnienia w płucach wpływa na ruch powietrza. Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie – na podstawie przedstawionego tekstu – ocenić prawidłowość sformułowania: „W stanach zwiększonego zapotrzebowania na tlen poprawę utlenowania krwi zawsze można osiągnąć poprzez przyspieszenie czynności oddechowej”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie uzupełniają tabelę w ćwiczeniu nr 6, dotyczącą cech ośrodków nerwowych odpowiedzialnych za rytmikę oddychania.

2. Nauczyciel ponownie wyświetla na tablicy temat lekcji zawarty w sekcji „Wprowadzenie” i w tym kontekście podsumowuje pracę uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 3 do 5 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Multimedia zamieszczone w sekcji „Symulacja interaktywna” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.