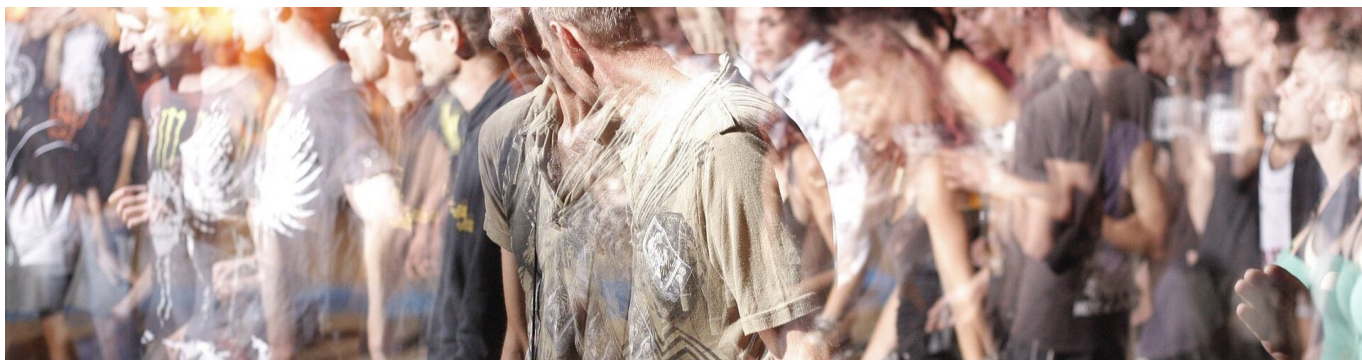
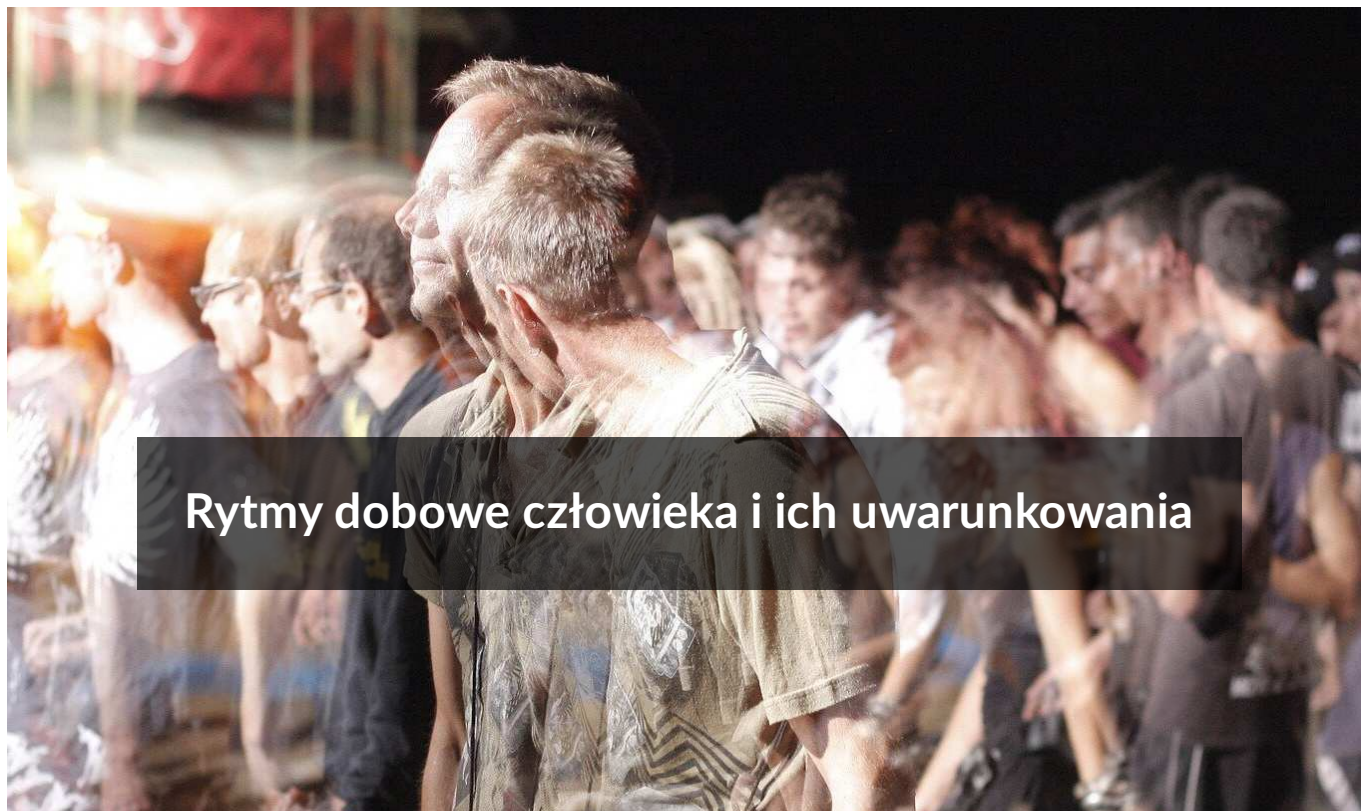




Rytm dobowe człowieka i ich uwarunkowania

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Mapa myśli](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Rytmy dobowe człowieka i ich uwarunkowania

„Rytmiczność zjawisk natury wpływa na wszystkie organizmy żyjące na Ziemi, w tym także człowieka. Nasze poszczególne tkanki i narządy pracują cyklicznie, nasilając lub spowalniając swe czynności z różną częstością”.

Tadeusz Dzierżykray-Rogalski, *Rytmy i antyrytmy biologiczne*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1986.

Większość procesów w organizmach żywych podlega cyklicznym zmianom, zwanym rytmemi biologicznymi. Człowiek nie jest wyjątkiem. Powtarzające się procesy biologiczne wyznaczają rytm naszego życia i zależą – jak w przypadku innych organizmów – od cykliczności zjawisk natury, takich jak obrót Ziemi dookoła własnej osi czy jej obieg wokół Słońca. Gdybyśmy jednak żyli na planecie, która nie obraca się wokół własnej osi, to czy nasza codzienność byłaby taka jak na Ziemi? Czy niektórzy z nas przystosowaliby się do życia w ciemności, inni w obszarze oświetlonym, a jeszcze inni – w strefie półmroku oddzielającej ciemność od światła?

Twoje cele

- Określisz pochodzenie rytmów biologicznych.
- Porównasz różne rodzaje biorytmów.
- Opiszysz mechanizm generowania rytmu okołodobowego.
- Wykażesz praktyczne znaczenie rytmów biologicznych w życiu człowieka.

Rytmy biologiczne

Z prowadzonych od starożytności obserwacji roślin i zwierząt wynika, że większość procesów w organizmach żywych podlega cyklicznej zmienności zwanej rytmami biologicznymi. Regularnie powtarzające się cykle związane z ruchem Ziemi wokół Słońca (pory roku), obrotem Ziemi dookoła własnej osi (dzień i noc) oraz ruchem Księżyca w relacji do Ziemi (pływy oceanów) wywarły zdecydowany wpływ na proces adaptacji, funkcjonowania i rozwoju życia na Ziemi. Rytmiczność zjawisk natury wpływa na funkcjonowanie wszystkich organizmów żywych, w tym również człowieka. Procesy biochemiczne, które zachodzą w każdym organizmie, zmieniają się w czasie. Można je scharakteryzować za pomocą takich parametrów jak okres, czyli przedział czasu, po którym następuje powtórzenie się określonego stanu danego procesu, i częstotliwość, czyli liczba cykli w czasie.

Wybrane rytmy biologiczne człowieka

Rodzaj rytmu	Nazwa rytmu	Okres rytmu	Przykład
Krótkookresowe	Oscylacje o wysokiej częstotliwości	Milisekundy Sekundy	Impulsy nerwowe (10^{-2} s) Impulsy mózgowe (10^{-2} s) Tętno (ok. 1 s) Rytm oddechowy (od 1 do 3 s) Perystaltyka jelit (od 5 do 30 s)
Średniookresowe	Ultradobowe	Poniżej 24 h	Fazy snu
	Okołodobowe	Od 20 do 28 h	Czuwanie-sen Temperatura ciała Ciśnienie krwi Wydalenie moczu Wydzielanie hormonów Spożywanie posiłków

Rodzaj rytmu	Nazwa rytmu	Okres rytmu	Przykład
	Infradobowe	Od 28 h do 7 dni	Sprawność fizyczna Sprawność umysłowa Wydzielanie hormonów związanych z cyklem menstruacyjnym Menstruacja Jajczkowanie
Długookresowe	Okółoroczne	Rok	Tempo metabolizmu (latem wzmożone, zimą spowolnione) Tempo wzrostu i rozwoju dzieci (rośnie od wiosny do jesieni, zimą maleje) Liczba leukocytów (większa zimą, mniejsza latem) Wydzielanie hormonu wzrostu (zwiększa się od wiosny, maleje zimą)
	Wieloletnie	Wiele lat	Ontogeneza człowieka

Niektóre rytmy mogą trwać tylko ułamek sekundy lub kilka, kilkanaście sekund, inne powtarzają się w cyklu okołodobowym, a jeszcze inne związane są z cyklem tygodniowym, okołomiesięcznym lub sezonowym. Rozwój osobniczy człowieka, od poczęcia do śmierci, jest wieloletnim zjawiskiem cyklicznym.

Ważne!

Wśród rytmów biologicznych wyróżnia się takie, które są regulowane przez czynniki zewnętrzne (warunki oświetlenia, temperatura otoczenia, wilgotność), czyli rytmy egzogenne, oraz sterowane wewnętrznym zegarem biologicznym, czyli rytmy endogenne. Przyczyna tych drugich tkwi wewnątrz organizmu i jest niezależna od czynników środowiskowych.

Mechanizm generowania rytmu okołodobowego

W [chronobiologii](#) najczęściej badane i najlepiej poznane są te rytmy, które wykazują cykliczność dobową. Nie zawsze pokrywają się one z 24-godzinnym obrotem Ziemi wokół

własnej osi, więc zwykle nazywa się je okołodobowymi. Rytm okołodobowy powstają w wyniku działania tzw. **zegara biologicznego** – mechanizmu wewnętrznego (endogennego), który wykształcił się w toku ewolucji. Zegar biologiczny u ssaków, a więc i człowieka, znajduje się w mózgu, a dokładniej w obszarze podwzgórza mózgu zwanym **jądrem nadskrzyżowaniowym** (SCN, ang. *suprachiasmatic nucleus*). Ten parzysty narząd położony ponad skrzyżowaniem nerwów wzrokowych generuje rytmy okołodobowe sam z siebie, w sposób nie nabyty, ale uwarunkowany genetycznie.

Budowa i zasada działania zegara biologicznego

Centralną pozycję zajmuje generator rytmu. Podstawę jego działania stanowią dobowe zmiany w ekspresji genów *period* (w skrócie *per*) oraz *timeless* (*tim*). Transkrypcja tych genów jest regulowana na zasadzie sprzężenia zwrotnego przez kodowane przez nie białka – odpowiednio PER i TIM.

Zegar podlega wpływom cyklicznie zmieniających się sygnałów środowiskowych, tzw. synchronizatorów lub „dawców czasu”. Sam wysyła do narządów efektorowych informacje, które warunkują cykliczność procesów biologicznych. Dzięki temu procesy życiowe organizmów dostosowują się do zewnętrznych zmian. Dominującym „dawcą czasu” jest światło. Podobną funkcję pełnią również takie czynniki jak temperatura i wilgotność powietrza, regularność spożywania posiłków, hałas, aktywność fizyczna czy czynniki społeczne, np. ustalone godziny pracy, kontakty towarzyskie, godziny otwarcia sklepów.

Sygnały środowiskowe: - temperatura; - światło.

Generator rytmu: - dobowe zmiany w ekspresji genów *per* oraz *tim*; - regulacja transkrypcji tych genów oparta na ilości białek PER i TIM (mechanizm sprzężenia zwrotnego).

Narządy efektorowe: - rytmy ekspresji genów, procesów fizjologicznych, zachowania.

Schemat działania zegara biologicznego.

O wewnętrznym pochodzeniu rytmów okołodobowych świadczą sytuacje, w których organizm nie podlega dobowym wpływom natężenia synchronizatora. Dobrym przykładem są ludzie żyjący za kołem podbiegunowym, którzy przez wiele miesięcy przebywają w pełnym oświetleniu lub bez dostępu światła. W ich przypadku zamiast 24-godzinnego cyklu dobowego pojawia się tzw. **rytm swobodnie biegnący**, który może być dłuższy lub

krótszy niż doba. Okres rytmu snu i czuwania człowieka zamkniętego w celach badawczych w bunkrze, przebywającego w absolutnych ciemnościach, a więc pozbawionego wskaźników czasu, wyniósł 25 godzin.

U zwierząt i człowieka w skład systemu zegarowego wchodzi także zegary zlokalizowane w komórkach narządów, które wykazują endogenną rytmikę procesów fizjologicznych.

Ciekawostka



Michael Morris Rosbash (ur. 7 marca 1944 w Kansas City).

Źródło: Bengt Nyman, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.0.

Zjawisko rytmów dobowych jest znane od dawna, jednak poznanie jego mechanizmów molekularnych stało się możliwe dzięki wieloletniej pracy trzech naukowców: Jeffreya C. Halla, Michaela Rosbasha i Michaela W. Younga. Ich odkrycia wyjaśniające, w jaki sposób rośliny, zwierzęta i ludzie dostosowują swój rytm biologiczny do obrotów Ziemi, zostały uhonorowane w 2017 roku Nagrodą Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny.

Rytmy okołodobowe człowieka

Rytmiczne okołodobowe zmiany w funkcjonowaniu organizmu człowieka istnieją na wszystkich poziomach złożoności organizmu: od cyklicznych zmian ekspresji genów w jego

komórkach i aktywności tkanek oraz gruczołów, przez procesy psychiczne wyrażające się zachowaniem, aż po kontakty społeczne.

Jednym z podstawowych przejawów cykliczności naszego życia jest naprzemiennność czuwania i snu. Człowiek jest z natury istotą „dzienną” – pracuje, gdy jest jasno, a kładzie się do snu, gdy zapada ciemność.



Potrzeba snu dorosłego człowieka jest taka sama niezależnie od położenia geograficznego i klimatu. Śpimy około 8 godzin w ciągu doby. Stan snu ma swoją określoną rytmikę: występują w nim fazy snu głębokiego przeplatane fazami snu płytkiego. W czasie snu następuje regeneracja organizmu. Mózg porządkuje informacje zapamiętane w ciągu dnia i przenosi je do pamięci długotrwałej. Zachodzi proces utrwalania pamięci i przygotowanie do rejestracji nowych informacji.

Źródło: *Śpiący Młotek* Stanisław Wyspiański, 1904.

Czuwanie

Faza czuwania też ma swój rytm. Okresy zwiększonej i zmniejszonej aktywności w ciągu dnia na ogół trwają około 90 minut. Jej wyraźny wzrost notuje się w godzinach między 8 a 12 oraz między 16 a 21. W strefach okołobiegunowych i okołozwrotnikowych rytm aktywności jest nieco inny i zależy od fluktuacji temperatur i oświetlenia.

Temperatura ciała

Cykliczna zmiana temperatury ciała w ciągu doby jest odzwierciedleniem rytmu procesów metabolicznych zachodzących w komórkach organizmu człowieka. Temperatura ciała spada w nocy, kiedy procesy metaboliczne spowalniają, a wzrasta w dzień, gdy organizm wytwarza więcej energii. Jej szczyt przypada około godziny 15 i utrzymuje się do wieczora – między godziną 21 a 23. Najniższą wartość osiąga około godziny 5–6 rano. Różnica fizjologicznych wahań wynosi około 1,5°C.

Poziom kortyzolu i melatoniny

Poziom adrenaliny

Ciśnienie tętnicze krwi

Wydalenie moczu

Cykliczność dobową procesów fizjologicznych człowieka

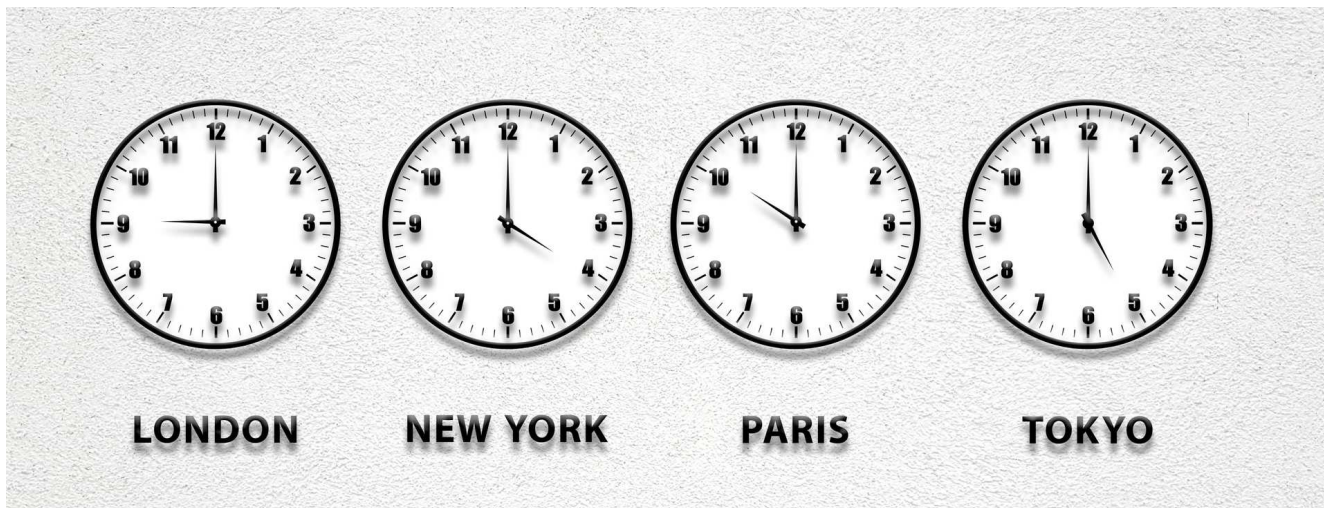
Funkcje organizmu w znormalizowanych warunkach środowiskowych i fizjologicznych mają wyraźny rytm okołodobowy, który reguluje procesy zachodzące w organizmie w dzień i w nocy. W nocy spada sprawność psychofizyczna, spostrzegawczość, zdolność koncentracji. W godzinach o mniejszej sprawności organizmu zwiększa się liczba popełnianych błędów i wypadków drogowych.

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

Chronobiologia w praktyce

Znajomość rytmów dobowych człowieka przynosi wiele korzyści i ma ważne, choć ciągle niedoceniane, znaczenie praktyczne. Na co dzień nie odczuwamy, jak ważną rolę w życiu człowieka pełni zegar biologiczny i jak silny wpływ wywiera na funkcjonowanie organizmu. Dopiero w sytuacjach, gdy następuje jego „rozregulowanie”, czyli sygnały wewnętrzne przestają się zgadzać z bodźcami płynącymi z zewnątrz, pojawiają się nieprzyjemne skutki. Nawet niewielki, ale przewlekły stan braku synchronizacji, np. u osób pracujących w nocy czy często podróżujących z przekroczeniem wielu stref czasowych, może zwiększać ryzyko poważnych schorzeń.

Ciekawostka



Jet lag, czyli tzw. choroba transatlantycka, to zaburzenie rytmów okołodobowych spowodowane zmianą stref czasowych podczas podróży samolotem. Wynika ono z braku synchronizacji wewnętrznego zegara okołodobowego z czasem zewnętrznym. Objawami *jet lag* są senność w ciągu dnia i bezsenność w nocy oraz obniżenie koncentracji. Jest to wynik zaburzenia wydzielania kortyzolu – hormonu stresu wytwarzanego w korze nadnerczy. Zbyt długie utrzymywanie się wysokiego poziomu kortyzolu we krwi może prowadzić do uszkodzeń mózgu. Zsynchronizowanie rytmów po podróży trwa kilka dni, gdyż tempo synchronizacji jest zwykle równe jednemu dniu dla każdej przekrojonej strefy czasowej.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Dostosowanie warunków, czasu i form aktywności do możliwości organizmu ułatwia wykonywanie zadań, obniża ryzyko popełniania błędów, pozwala uniknąć nieszczęśliwych wypadków oraz wpływa na lepsze samopoczucie.

Badania dotyczące rytmów biologicznych mają również zastosowanie w [farmakoterapii](#). Znajomość rytmu wydzielania poszczególnych hormonów i innych substancji w zależności od pory dnia czy fazy cyklu menstruacyjnego u kobiet pozwala na bardziej efektywne podawanie leków, zwiększające ich przyswajalność i ograniczające skutki uboczne. Takie podejście optymalizuje skuteczność terapii wielu chorób, np. sercowo-naczyniowych.

Słownik

chronobiologia

(gr. *χρόνος* – czas) nauka zajmująca się badaniem rytmów biologicznych, czyli cyklicznej zmienności procesów zachodzących w organizmach żywych

farmakoterapia

leczenie chorób przy użyciu substancji leczniczych

kortyzol

naturalny hormon wytwarzany przez korę nadnerczy; wpływa na tempo metabolizmu, a jego poziom zmienia się w cyklu dobowym; nazywany jest hormonem stresu

melatonina

hormon wytwarzany przez szyszynkę; utrzymuje rytmiczność wielu procesów fizjologicznych i reguluje rytm dobowy snu oraz czuwania

sekrecja

wytwarzanie przez komórki wydzielnicze i wyprowadzanie poza ich obręb wydzielin regulujących czynność komórek i narządów własnego organizmu

Mapa myśli

Rytm biologiczne człowieka

Klasyfikacja rytmów dobowych człowieka.

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

Klasyfikacja rytmów dobowych człowieka.

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

Polecenie 1

Porównaj endogenne i egzogenne czynniki rytmów biologicznych. Wyjaśnij, jak działa zegar biologiczny oraz wymień czynniki, które mogą pełnić rolę „dawców czasu”.

Polecenie 2

Omów praktyczne znaczenie rytmów dobowych w życiu człowieka. Uwzględnij korzyści wynikające z poznania ich mechanizmów oraz zagrożenia związane z ich cyklicznością.

Polecenie 3

Sformułuj kilka rad dla osób, które wybierają się w długą podróż lotniczą i mogą cierpieć z powodu „długu czasowego”, popularnie określanego terminem *jet lag*.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wymienione przykłady procesów, czynności fizjologicznych i zachowań człowieka przyporządkuj do odpowiedniej grupy rytmów biologicznych.

Rytmy krótkookresowe

dobowe wydzielanie hormonów

impulsy nerwowe

Rytmy średniookresowe

sezonowe wydzielanie hormonu wzrostu

sezonowe tempo metabolizmu

temperatura ciała

tętno

Rytmy długookresowe

tempo wzrostu i rozwoju dzieci

menstruacja

jajczkowanie

rytm oddechowy

czuwanie-sen

ciśnienie krwi

ontogeneza człowieka

spożywanie posiłków

perystaltyka jelit

Ćwiczenie 2



Przeciągnij brakujące wyrazy w odpowiednie miejsca w tekście.

Głównym miejscem lokalizacji „zegara biologicznego” organizmu jest część mózgowia zwana , a dokładniej obszar . Narząd ten generuje rytmy w sposób uwarunkowany .

całodobowe

biologicznie

genetycznie

jąder nadskrzyżowaniowych

szyszynką

półkuli mózgowej

podwzgórzem

okołodobowe

przysadką mózgową

Ćwiczenie 3



Spośród podanych czynników wskaż te, które są synchronizatorami rytmów biologicznych, czyli tzw. dawcami czasu.

☐ wydalanie moczu

☐ światło

☐ czystość powietrza

☐ temperatura otoczenia

☐ wilgotność powietrza

☐ aktywność fizyczna

Ćwiczenie 4



Podaj trzy przykłady zachowania człowieka, które mają związek z rytmem dobowym.

Ćwiczenie 5



Znormalizowane ciśnienie tętnicze krwi uzależnione jest od dobowego rytmu biologicznego. Uważa się, że ciśnienie krwi zmienia się w ciągu doby o 20 do 30 mmHg. Poniższy wykres ilustruje zmienność ciśnienia krwi w ciągu doby u zdrowego człowieka.

godzina : 4	ciśnienie_skurczowe : 100	ciśnienie_rozkurczowe : 70
godzina : 6	ciśnienie_skurczowe : 100	ciśnienie_rozkurczowe : 70
godzina : 8	ciśnienie_skurczowe : 122	ciśnienie_rozkurczowe : 81
godzina : 10	ciśnienie_skurczowe : 118	ciśnienie_rozkurczowe : 85
godzina : 12	ciśnienie_skurczowe : 130	ciśnienie_rozkurczowe : 100
godzina : 14	ciśnienie_skurczowe : 152	ciśnienie_rozkurczowe : 102
godzina : 16	ciśnienie_skurczowe : 130	ciśnienie_rozkurczowe : 80
godzina : 18	ciśnienie_skurczowe : 110	ciśnienie_rozkurczowe : 70
godzina : 20	ciśnienie_skurczowe : 120	ciśnienie_rozkurczowe : 75
godzina : 22	ciśnienie_skurczowe : 110	ciśnienie_rozkurczowe : 73
godzina : 24	ciśnienie_skurczowe : 100	ciśnienie_rozkurczowe : 70

Odczytaj z wykresu maksymalne i minimalne wartości ciśnienia skurczowego oraz rozkurczowego krwi w ciągu doby i określ tendencję jego zmiany.

Ćwiczenie 6



Korzystając z dostępnych materiałów, opracuj podstawowe zasady higieny pracy umysłowej. Uwzględnij rytm pracy umysłowej, całkowity dobowy czas pracy oraz długość i częstotliwość stosowanych przerw, a także godziny optymalnej aktywności umysłowej.

Ćwiczenie 7

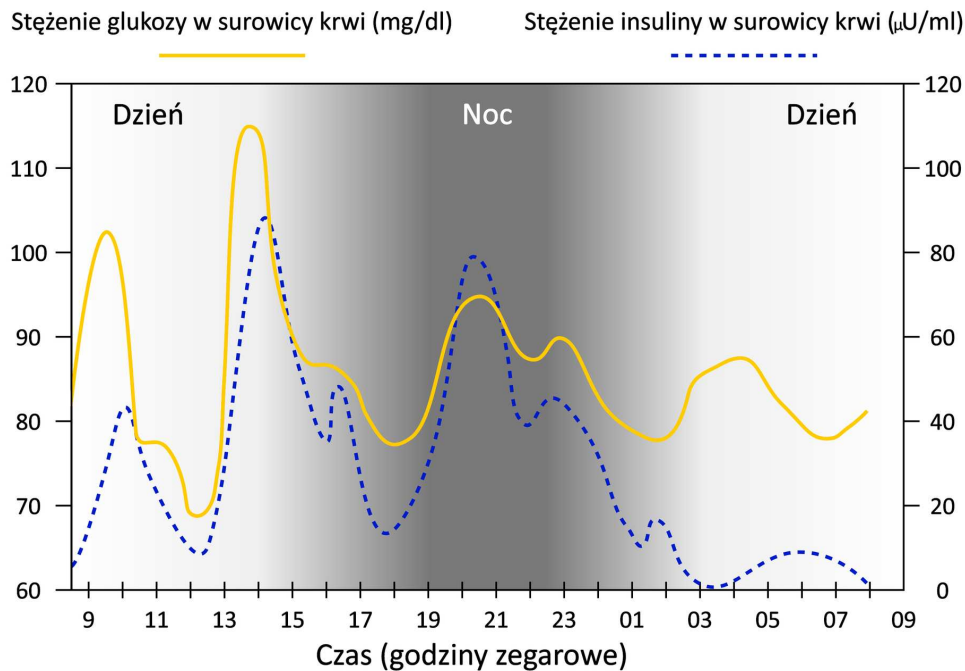


W pierwszej połowie XX wieku sądzono, że naprzemiennosc snu i czuwania zależy od czynników zewnętrznych, takich jak cykl wschodu i zachodu słońca lub zmiany temperatury.

Oceń poprawność powyższego stwierdzenia i uzasadnij swoje zdanie.

Informacja do ćwiczeń od 8 do 10

Stężenie glukozy we krwi człowieka jest wartością wypadkową między jej dostarczaniem do krwiobiegu a odpływem do wnętrza komórek. Wartość ta jest korygowana na bieżąco za pomocą insuliny, która obniża stężenie glukozy w ciągu 2–3 godzin po posiłku do stężenia charakterystycznego dla normy. Okazuje się, że nasz organizm nie tylko koryguje odchylenia zawartości glukozy, ale kontroluje również występowanie cyklicznych zmian jej stężenia w czasie doby. Dowodem na to może być dodatkowy szczyt zawartości glukozy we krwi w godzinach wczesnoporannych, a więc niezwiązanych z pobieraniem pokarmu. Nie jest on również związany z wydzielaniem insuliny.



Wykres ilustrujący dobowe zmiany stężeń insuliny i glukozy w surowicy krwi.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie: Piotr Chrościcki, Michał Usarek, Jadwiga Bryła, *Znaczenie zegara biologicznego w utrzymaniu homeostazy glukozy*, „Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej”, 2013, nr 67, s. 569–583, www.phmd.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 8



Określ rytm dobowy efektywności insuliny, z pominięciem popołudniowego wzrostu stężenia glukozy we krwi.

Ćwiczenie 9



Odczytaj z wykresu przybliżony czas, w którym zawartość glukozy nie powoduje znaczącej sekrecji insuliny. Sekrecja to wytwarzanie przez komórki wydzielnicze i wyprowadzanie poza ich obręb wydzielin, które regulują czynność komórek i narządów organizmu.

Ćwiczenie 10



Sformułuj hipotezę, która pozwoli wyjaśnić przyczynę wzrostu stężenia glukozy bez towarzyszącej sekrecji insuliny, kiedy człowiek jeszcze śpi.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Alicja Kasińska

Przedmiot: biologia

Temat: Rytm dobowy człowieka i ich uwarunkowania

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.

7. Regulacja nerwowa. Uczeń:

10) wykazuje biologiczne znaczenie snu;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

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

6) Regulacja nerwowa. Uczeń:

m) wykazuje biologiczne znaczenie snu,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się,

Cele operacyjne:

Uczeń:

- określa pochodzenie rytmów biologicznych;
- porównuje różne rodzaje biorytmów;
- opisuje mechanizm generowania rytmu okołodobowego;
- wykazuje praktyczne znaczenie rytmów biologicznych w życiu człowieka.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- praca z e-materiałem;
- pogadanka;
- runda bez przymusu;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica.

Przebieg zajęć**Faza wstępna:**

1. Nauczyciel ukierunkowuje rozmowę na temat rytmów dobowych człowieka, nawiązując do przyrodniczych zjawisk występujących okresowo.
2. Nauczyciel prosi wybranego ucznia o odczytanie wprowadzenia do e-materiału, stwarzającego sytuację problemową: „Jak wyglądałoby życie na Ziemi bez rytmiczności zjawisk przyrodniczych?”.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel prosi uczniów o ustalenie źródeł pochodzenia rytmów biologicznych i zachęca do wykorzystania w tym celu e-materiału. Chętni uczniowie przedstawiają wyniki pracy i dyskutują na ten temat na forum klasy.
2. Uczniowie podzieleni na trzy zespoły przygotowują informacje o różnych rodzajach rytmów biologicznych człowieka, wykorzystując w tym celu mapę myśli zawartą w e-materiale:
 - grupa I – rytmy krótkookresowe;
 - grupa II – rytmy średniookresowe;

- grupa III – rytmy długookresowe. Wskazani przez nauczyciela uczniowie prezentują wyniki swojej pracy.
- 3. Nauczyciel prosi uczniów o porównanie rodzajów biorytmów z uwzględnieniem kryteriów ich podziału (okres i częstotliwość). Prosi także o zredagowanie wspólnej notatki i czuwa nad jej poprawnością.
- 4. Nauczyciel wyjaśnia mechanizm molekularny zjawiska zegara biologicznego, wykorzystując schemat graficzny z artykułu: *Molekularne mechanizmy funkcjonowania zegara biologicznego* (zob. materiały pomocnicze).
- 5. Uczniowie indywidualnie przygotowują się do rozmowy na temat endogennych i egzogennych czynników rytmów biologicznych oraz mechanizmu generowania rytmu okołodobowego. Wykonują w tym celu polecenie 1 do mapy myśli oraz analizują tekst w e-materiale: *Mechanizm generowania rytmu okołodobowego*. Chętni uczniowie biorą udział w rozmowie. Nauczyciel koryguje wypowiedzi i czuwa nad ich poprawnością.
- 6. Uczniowie w formie rundy bez przymusu wymieniają czynniki, które mogą pełnić funkcję „dawców czasu”. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje wypowiedzi uczniów.
- 7. Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie w parach polecenia nr 2 do mapy myśli, dotyczącego praktycznego znaczenia rytmów dobowych w życiu człowieka. Wybrani przez nauczyciela uczniowie prezentują wyniki swojej pracy.
- 8. Uczniowie wykonują ćwiczenia od 8 do 10, dotyczące związku stężenia glukozy w organizmie z rytmem dobowym.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel prosi uczniów o krótkie odpowiedzi na pytanie problemowe postawione na początku lekcji: „Jak wyglądałoby życie na Ziemi bez rytmiczności zjawisk przyrodniczych?”. Chętni uczniowie wypowiadają się na ten temat.
2. Nauczyciel podsumowuje pracę uczniów, udzielając informacji zwrotnej dotyczącej ich aktywności i zaangażowania w lekcję.

Praca domowa

Wykonaj ćwiczenia od 1 do 5.

Dla chętnych: Sprawdź swój biorytm, wykorzystując w tym celu kalkulator biorytmów z wybranej strony internetowej. (Nauczyciel zwraca uwagę, że informacje te mogą być traktowane tylko w kategoriach zabawy, gdyż teoria biorytmów nie została potwierdzona naukowo i jest uważana za pseudonaukę).

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., *Biologia Campbella*, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- *Encyklopedia szkolna. Biologia*, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

- Dariusz Sitkiewicz, Grażyna Sygitowicz, *Molekularne mechanizmy funkcjonowania zegara biologicznego*, „Diagnostyka Laboratoryjna” 2017, nr 53(4), s. 251–254.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania mapy myśli

Mapę myśli można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.