

# Czy półokresy tkanek to prawda?

Często na spotkaniach nurków omawiających zagadnienia dekompresji słyszy się stwierdzenie, że nie ma w fizjologii czegoś takiego jak półokres tkanki, że to tylko matematyczna teoria. Ale to nie jest tak.

Półokresy wykorzystuje się w procesach tak realnych jak ocena wieku kości dinozaurów czy wydalania leków z organizmu. Jedną z wielu substancji, która, jak potwierdzają eksperymenty, uwalnia się z organizmu po nurkowaniu zgodnie z zasadą półokresów jest azot.

## Wybrane przykłady półokresów

Radioaktywność. W stałym okresie czasu substancja radioaktywna straci połowę swojej masy lub radioaktywności.

W następnym takim samym okresie połowa z pozostałych 50% również zniknie. Użytecznym sposobem wyrażania długości okresu czasu związanego z rozpadem takiej substancji jest "okres połowicznego rozpadu". To to samo, co półokres, tylko pod inną nazwą. Moment, w którym konkretny atom ulegnie rozpadowi jest niemożliwy do przewidzenia, ale szybkość rozpadu, półokres, dużej ilości cząsteczek jest ściśle określony i bardzo realny.

Szybkość rozpadu różnych izotopów promieniotwórczych jest znacząco inna. Sztucznie wytworzone izotopy mają czas połowicznego rozpadu mierzony w mikrosekundach, Naturalne izotopy promieniotwórcze mają półokres mierzony w milionach lat. Półokresy naturalnych izotopów promieniotwórczych wykorzystuje się do określania wieku znalezisk archeologicznych i geologicznych ziemi, skał czy skamielin. Ten proces nosi miano datowania metodą radiologiczną.

Leki. Metabolizm leków również zachowuje się zgodnie z teorią półokresów. Twoje ciało potrzebuje przewidywalnego czasu na pozbycie się połowy standardowej dawki leku. Półokresy różnią się trochę między poszczególnymi ludźmi, ale przedział tego czasu jest możliwy do określenia.

Na przykład valium ma półokres wynoszący około 44 godzin u młodych ludzi (więcej u osób starszych, mniej w innych wypadkach). Po 44 godzinach od wzięcia 5mg dawki leku w twoim organizmie wciąż będzie około 2,5 mg. Ktoś, kto bierze valium codziennie będzie zwiększał poziom leku w organizmie do momentu, gdy dzienna dawka leku zrówna się z ilością leku, którą organizm będzie w stanie wydalić. To jest stan równowagi. Poziom leku będzie spadał, jeśli chory przestanie go brać, a wtedy pojawią się symptomy odstawienia. Różne części organizmu mają różny stopień powinowactwa z lekiem i mają różne czasy dojścia do stanu równowagi (pobierają lek do momentu, gdy nie mogą już więcej go utrzymać) i różne czasy wydalania połowy dawki. Generalnie, krew i plazma szybciej wchłaniają i wydalają lek niż tłuszcz.

Podobnie nurkowie często mówią, że tłuszcz w organizmie to problem z dekompresją, bo utrzymuje więcej azotu w sobie. Ale również wolniej nasycy się azotem niż inne rejony organizmu. Po określonym czasie nurkowania tłuszcz nasyci się w mniejszym stopniu. Ma dłuższy półokres. Słyszysz się również, że tkanka bliźni również może powodować problemy, bo trudno jest jej odgazować. Jest ją również trudno nasycić, bo ma długi półokres. Czy to powoduje problemy czy im zapobiega nie jest w pełni określone.

## A co z półokresem azotu?

Jeśli chcesz zwizualizować rozpad radioaktywny lub wydalanie valium z organizmu, możesz narysować kropkę na wykresie po każdym okresie czasu, w którym ilość substancji radioaktywnej lub valium będzie o połowę mniejsza niż poprzednio. Ten okres czasu jest właśnie półokresem. Jeśli połączysz te kropki

otrzymasz krzywą, która jest charakterystyczna dla półokresów. Równanie opisujące tę krzywą nazywa się równaniem wykładniczym.

A co się stanie, gdy spróbujemy ten sam test wykonać w celu zmierzenia ilości azotu wydalanego z organizmu nurka?

Rzeczywiste półokresy azotu. Możesz zamknąć powietrze wydychane przez nurka w worku lub bezpośrednio

skierować je rurami do analizatora i zmierzyć, jakie ilości azotu wydychane są w określonych odstępach czasu. Tak mniej więcej odbywa się pomiar zwany całkowitym wypłukiwaniem azotu z organizmu. Jeśli przedstawimy wartości wydychanego azotu na wykresie, będzie to wyglądało jak krzywa. Ta krzywa jest opisywana przez sumę równań wykładniczych.

Półokresy poszczególnych tkanek. Krzywa całkowitego wypłukiwania azotu, jak większość złożonych zjawisk, pomija wpływ poszczególnych składników. Badanie takie nie mówi nic o tym, jak wiele azotu trafia do poszczególnych części organizmu. Różne organy i tkanki ciała nasycają się azotem i wydają go z różną szybkością. Różnice w ciśnieniu azotu występujące w tych tkankach wydają się mieć znaczenie. Niektóre tkanki mogą mieć relatywnie mało azotu. Zbyt duże ciśnienie azotu w twoich tkankach z powodu nurkowania zbyt głęboko, zbyt długo lub ze zbyt szybkiego wynurzenia, mogą zapoczątkować kłopoty z dekompresją.

Dane eksperymentalne i teoria. Krótkie nurkowania w basenie do ćwiczeń ewakuacji z okrętów podwodnych lub dłuższe eksperymentalne dekompresje z normalnych nurkowań na powietrzu pokazują, że z niektórych tkanek wypłukiwanie azotu następuje szybciej niż w innych, co oznacza, że różne tkanki mają krótsze lub dłuższe półokresy azotu. Dystans dyfuzyjny jest mały w większości tkanek. Gdy odległości między kapilarami są małe, tkanka jest dobrze ukrwiona i wymiana gazowa może być relatywnie dobrze opisana przez półokresy. Odkryto również, że dodając więcej półokresów, które reprezentują różne obszary organizmu poprawia się zgodność modelu z rzeczywistością. Większość modeli dekompresyjnych stosowanych współcześnie nie używa jednego półokresu dla całego organizmu.

### **Nie tylko cyferki**

Tabele US Nawy wygodnie obniżyły wysoką ilość półokresów, grupując je w wielokrotności minut, na przykład 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 i 120 minut. Inne modele stosują inne grupowanie czasu.

Tak, półokresy są liczbami. Ale te liczby opisują, co się dzieje w twoim organizmie. To nie jest tylko oderwany od rzeczywistości koncept. Liczby są ekonomicznym sposobem matematycznego opisu tego, co jest bardzo skomplikowane na poziomie biologicznym. I są bardziej wygodne niż gonienie za nurkami i stawianie kropek na papierze.

Odgazowanie równoległe. Transport azotu w tkankach może wyglądać i zachowywać się jakby stosował się do matematycznego wzoru. Ale czy tak jest naprawdę?

Nie wszystkie systemy otrzymują lub tracą swoje elementy w sposób wykładniczy. I nawet jeśli azot w warunkach kontrolowanych wnika i odgazowuje w sposób wykładniczy, w praktyce może ulec to zmianie na przykład na skutek tego co robisz. Przepływ krwi jest określany jako najważniejszy czynnik wpływający na półokres tkanek. Rozpuszczalność azotu we krwi i tkankach ma również znaczenie.

Zmiany temperatury i zmęczenie w czasie nurkowania mają znaczący wpływ na przepływ krwi. Temperatura

dotatkowo wpływa na rozpuszczalność. Koncepcja, że każda z tkanek twojego organizmu odgazowuje oddzielnie, choć wszystkie robią to jednocześnie jest nazywana odgazowaniem równoległym.

Jest wielce prawdopodobne, że nie cały gaz dyfunduje równolegle ze wszystkich tkanek do krwi by zostać wydalony w czasie wydechu. Jeśli obszar o wysokim ciśnieniu azotu sąsiaduje z obszarem o niskim ciśnieniu, azot zacznie przedostawać się z jednej tkanki do drugiej, co nazywa się odgazowaniem szeregowym. Transfer szeregowy jest obserwowany w przypadku leków. Występuje też różnica w długości okresu czasu, jaki potrzebny jest by substancja dostała się do organizmu w porównaniu do czasu jej wydalania.

Ważniejszym aspektem problemu jest to, że w praktyce nurkowie potrafią być bardzo kreatywni, jeśli chodzi o zasady i wytyczne nurkowe. Przez to tworzą się warunki, które wpływają na uporządkowany i zrozumiały transport azotu. Znaczy się, że mocno w tym mieszają. A to ma bardzo praktyczne znaczenie.

### **Praktyczne znaczenie**

Półokresy opisują obliczenia limitów czasu nurkowania oparte na, między innymi, eliminacji azotu, który uległ rozpuszczeniu w organizmie, a nie azotu, który stał się gazem zanim mogłeś go wydzielić z wydechem. Gdy bąbelki gazu tworzą się w organizmie, wymiana gazowa nie jest już kierowana przez półokresy. To jest ten moment, gdy modele dekompresyjne walą się w ruiny. Czasami bąbelki pomagają usunąć azot, ale czasami bąbelki w organizmie blokują dalsze wydalanie azotu przez kilka mechanicznych i chemicznych zjawisk.

### **Co możesz zrobić by zredukować lub zapobiec kłopotom z bąbelkami?**

wolno się wynurzaj rób przystanki bezpieczeństwa utrzymuj w zdrowiu swój system krążenia ograniczaj swoją ekspozycję na azot Razem te rzeczy mogą stanowić różnicę między spokojnym odgazowaniem azotu przed jego ewolucją w bąbelki, lub wypełnieniem się twojego ciała granatami z obojętnym gazem.

### **Półokresy to prawda**

Czy zatem naprawdę masz tkanki 60-minutowe, 5- lub 120-minutowe? Prawdopodobnie masz w sobie części ciała, które nasycają się i wysycają połowę azotu w czasie 5, 60 i 120 minut. Oczywiście te części to nie są całe organy jak żołądek czy serce, ale takie tkanki masz rozrzucone po całym organizmie.

Może nie mamy jeszcze kompletnego opisu, jak twój organizm wydala azot i przez to nie możemy zapobiec chorobie dekompresyjnej, ale półokresy to fakt.