

Krystyna Zużewicz\*

## Słownik podstawowych terminów i pojęć stosowanych w chronobiologii

AKROFAZA (acrophase) - faza odpowiadająca maksymalnej wartości funkcji opisującej rytm biologiczny (patrz analiza kosinorowa).

Wyróżnia się trzy typy akrofaz:

AKROFAZA OBLICZONA (computative -  $\emptyset$ ) - wyznaczona zgodnie z przyjętym modelem, odnoszona najczęściej do północy, tj. godziny 24.00;

AKROFAZA ZEWNĘTRZNA (external acrophase -  $\varphi$ ) - określana w odniesieniu do punktu czasowego zsynchronizowanego z cyklami środowiska (np. środek fazy oświetlenia);

AKROFAZA WEWNĘTRZNA (internal acrophase -  $\phi$ ) - odnoszona do innego rytmu o tej samej częstotliwości w tym samym organizmie.

DRYF AKROFAZY (acrophase drift) - przyspieszanie lub opóźnianie fazy rytmu w następujących po sobie cyklach (dobach, miesiącach itp.)

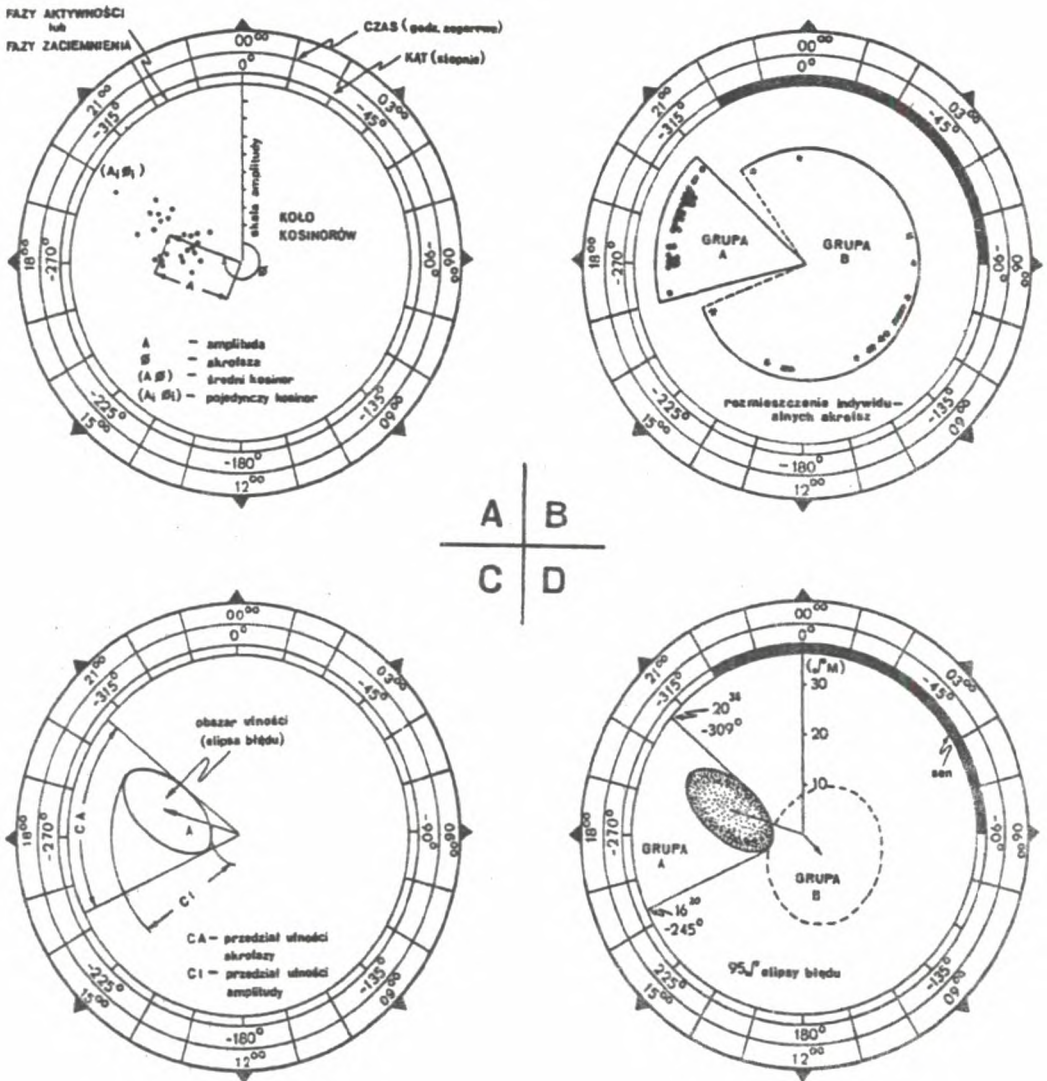
---

\* Pracownia Chronofizjologii Lotniczej i Klinicznej Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej w Warszawie



- Ryc. 1. Interpretacja graficzna parametrów okołodobowego rytmu biologicznego w układzie współrzędnych prostokątnych. (na przykładzie dobowych wahań stężenia estriolu w surowicy kobiet w trzecim trymestrze ciąży - dzięki uprzejmości dr J. Latoszewskiej-Smółko).
- 1A Krzywa opisująca dobowe wahania stężenia estriolu, dopasowana metodą najmniejszych kwadratów do serii czasowej utworzonej ze średnich wartości stężeń oznaczanych ośmiokrotnie w ciągu doby, w równych, 3-godzinnych odstępach czasowych.
- 1B Dobowe wahania stężenia estriolu (chronogramy) w dwóch grupach kobiet (A-norma, B-patologia ciąży).
- 1C Krzywe dopasowane do serii czasowych przedstawionych na ryc. 1B. Interpretacja graficzna parametrów rytmu stężenia estriolu (amplitud i akrofaz) w dwóch grupach kobiet. Zwraca uwagę przesunięcie akrofazy i obniżenie amplitudy grupy B względem grupy A.

Ryc.2



- Ryc. 2. Interpretacja graficzna parametrów rytmu w układzie współrzędnych biegunowych - koło kosinorów.
- 2A W kole kosinorów każdą pojedynczą serię czasową reprezentuje wektor opisany parą wartości  $(A, \emptyset)$ , gdzie  $A$  jest amplitudą (długość wektora), a  $\emptyset$  - akrofazą (kątem zorientowany). Na rycinie umieszczono tylko jeden wektor (średni kosinor), konce pozostałych wektorów, odpowiadających pojedynczym seriom czasowym (pojedynczy kosinor), zaznaczono kropkami.
- 2B Rozmieszczenie, w kole kosinorów, indywidualnych akrofaz dla wszystkich analizowanych serii czasowych. Grupa A - kropki, grupa B - gwiazdki.
- 2C Obszar ufności (elipsa błędu) wyznaczony dla par  $(A_i, \emptyset_i)$ , charakteryzujących dobowe wahania stężenia estriolu u poszczególnych osób grupy A.
- 2D Obszary ufności amplitudy i akrofazy dobowych wahań stężenia estriolu w dwóch grupach kobiet. Położenie elipsy błędu względem środka koła kosinorów pozwala wnioskować o występowaniu rytmu w grupie A (norma) i jego braku w grupie B (patologia).

**AMPLITUDA** (amplitude - A) - różnica pomiędzy maksymalną wartością najlepiej dopasowanej funkcji kosinus i mezorem.

**ANALIZA KOSINOROWA** (cosinor analysis) - metoda statystyczna opisująca rytm biologiczny za pomocą trzech parametrów: amplitudy (A), akrofazy ( $\theta$ ) i mezora (M), będących współczynnikami krzywej o równaniu  $f(t)+M+A \cos(\omega t+\theta)$ , dopasowanej metodą najmniejszych kwadratów do doświadczalnej serii czasowej pomiarów (ryc. 1). Analiza kosinorowa umożliwia przedstawienie rytmów biologicznych w sposób łatwy do interpretacji w układzie współrzędnych biegunowych (w tzw. kole kosinorów, gdzie kąt 360 odpowiada okresowi rytmu). Obszar ufnosci pary zmiennych: amplitudy i akrofazy umożliwia ocenę występowania rytmu z określonym prawdopodobieństwem (np. 99%, 95%) (ryc. 2). Analiza kosinorowa obejmuje wyznaczanie:

- pojedynczego kosinora (singl cosinor) - opis pojedynczej serii czasowej za pomocą trzech parametrów A, M,  $\theta$ ;
- grupowego, średniego kosinora (group mean-cosinor) - wyznaczenie amplitudy, mezora i akrofazy opisujących rytm biologiczny dla grupy zwierząt czy ludzi;
- populacyjnego, średniego kosinora (population, mean - cosinor) - na podstawie parametrów wyznaczonych dla kilku biologicznych serii czasowych, ocena rytmu populacyjnego.

**ANTYFAZA** (antiphase) - różnica między akrofazami dwóch rytmów biologicznych o tej samej częstotliwości, wynosząca  $180^\circ + 15^\circ$ .

**CHRONOBIOLOGIA** - nauka badająca mechanizmy biologicznych struktur czasowych, opisująca procesy rytmiczne zachodzące na różnych poziomach organizacji życia: ekosystem, organizm, tkanka, komórka, struktura wewnątrzkomórkowa.

**CHRONOGRAM** (chronogram) - prezentacja indywidualnych lub uśrednionych danych w funkcji czasu, wyrażonego w sekundach, minutach, godzinach, dniach, miesiącach, latach itp.

**CYKL OŚWIETLENIA** (photoperiod) - czas trwania oświetlenia w cyklu światło-ciemność (light-L, darkness-D). Przyjęto oznaczenia:

**LD** - naprzemiennosc faz światło-ciemność,

**LL** - ciągle oświetlenie trwające przynajmniej przez czas odpowiadający jednemu okresowi rytmu,

**DD** - stała ciemność, brak fazy jasnej przez czas odpowiadający minimum jednemu okresowi.

**CZĘSTOTLIWOŚĆ** (frequency) - odwrotność okresu (patrz okres).

**DAWCA CZASU = SYNCHRONIZATOR** (zeitgeber, time-giver, synchronizer) - czynniki środowiska, których wahania wymuszają synchronizację endogennych rytmów biologicznych.

**DESYNCHRONIZACJA** (desynchronization) - utrata synchronizacji pomiędzy dwoma lub więcej rytmami, prowadząca do zróżnicowania ich okresów. Wyróżnia się kilka typów desynchronizacji:

**DESYNCHRONIZACJA WEWNĘTRZNA** (internal desynchronization)

- utrata zgodności fazowej między dwoma lub więcej rytmami w obrębie tego samego organizmu spowodowana zróżnicowaniem okresów ich swobodnych przebiegów;

**DESYNCHRONIZACJA WEWNĘTRZNA PRZEJŚCIOWA** (transient internal desynchronization) - wewnętrzna desynchronizacja pomiędzy rytmami, trwająca przez kilka kolejnych cykli. Występuje zazwyczaj po przesunięciu fazowym dawcy czasu, gdy różne rytmy wymagają innego czasu do uzyskania ponownej synchronizacji.

**DESYNCHRONIZACJA ZEWNĘTRZNA** (external desynchronization) - utrata zgodności fazowej pomiędzy rytmem biologicznym i jego dawcą czasu.

**DESYNCHRONIZACJA WEWNĘTRZNA WYMUSZONA** (forced internal desynchronization) - występuje w sytuacji, gdy organizm znajduje się pod wpływem jednego lub kilku dawców czasu synchronizujących tylko część jego funkcji rytmicznych.

**ELEMENT AKTYWNY** (active element) - część układu biologicznego zdolna do generowania samopodtrzymujących się oscylacji.

**ELEMENT PASYWNY** (passive element) - część układu biologicznego, której rytmiczność wymuszona jest przez inne oscylacje. Jest niezdolna do samodzielnego generowania rytmu.

**ELIPSA UFNOŚCI** (confidence ellipse) - obszar zawierający parametry rytmu: amplitudę i akrofazę badanej populacji, z zadaniem prawdopodobieństwem (najczęściej 95% lub 99%).

**FAZA** (phase) - chwilowy stan oscylacji w obrębie okresu.

**KRZYWA ODPOWIEDZI FAZOWEJ** (phase response curve - PRC) - wykres ilustrujący jak wielkość i kierunek przesunięcia fazowego indukowanego przez pojedynczy bodziec zależą od fazy w której ten bodziec zadziałał na rytm.

**PRZESUNIĘCIE FAZOWE** (phase shift) - dla pojedynczego rytmu przemieszczanie się oscylacji wzdłuż osi czasu, występujące natychmiast po zadziałaniu bodźca lub po kilku nie zaburzonych cyklach.

**MEDIATOR** (mediator) - czynnik przekazujący informację z rozrusznika rytmów do tkanek docelowych.

**MEZOR** (mesor - M) = średnia wartość rytmu - średnia arytmetyczna największej i najmniejszej wartości funkcji opisującej rytm.

**OKRES** (period-T) - odstęp czasowy pomiędzy dwoma kolejnymi maksimumi (lub innymi powtarzającymi się wartościami) funkcji okresowej, dopasowanej do wartości wyznaczonych doświadczalnie.

**OSCYLATOR** (oscillator) = zegar biologiczny - wewnętrzny element organizmu zdolny do generowania rytmu biologicznego;



**OSCYLATOR DRUGORZĘDOWY** (secondary oscillator) - element zdolny do generowania w obrębie organizmu oscylacji mniej stabilnych i trwałych niż wzbudzone przez rozrusznik i nie podlegających bezpośrednio synchronizacji przez dawców czasu.

**PRZEKAŹNIK** (transducer) - część układu biologicznego zdolna do wykrywania środowiskowych dawców czasu i przetwarzania informacji czasowej w taką jej formę, która może synchronizować oscylatory.

**ROZRUSZNIK** (pacemaker) - część układu nerwowego spełniająca następujące funkcje: 1 - odbiór informacji o stanie synchronizatorów środowiskowych, 2 - generowanie rytmów biologicznych w obrębie organizmu (oscylacje pierwszorzędowe), 3 - synchronizacja rytmów endogennych z dawcami czasu.

**RYTM BIOLOGICZNY** (biologic rhythm) - zmiany cech biologicznych powtarzające się regularnie w czasie pod względem kształtu, czy wielkości opisujących pojedynczy cykl i wyznaczonych obiektywnie, zgodnie z przyjętym modelem matematycznym.

**RYTM EGZOGENNY** (exogenous rhythm) - rytm generowany przez cykliczne sygnały środowiskowe działające na organizm, ulegający wygaszeniu z chwilą zaniku bodźca zewnętrznego.

**RYTM ENDOGENNY** (endogenous rhythm) - samopodtrzymujący się rytm generowany w obrębie organizmu.

**RYTM SWOBODNIEBIEGNĄCY** (free-running-rhythm) - rytm endogenny w środowisku pozbawionym synchronizatorów.

**STRUKTURA CZASU BIOLOGICZNEGO** (Biological time structure) spektrum rytmów o różnych częstotliwościach, powiązanych ze sobą, nieprzypadkową czasową zależnością biologicznej zmienności włącznie z procesem wzrostu, rozwoju i starzenia się. Istnieje ona w ekosystemach i populacjach, pojedynczych organizmach, narzą-

dach, tkankach, komórkach i strukturach subkomórkowych (tabela 1).

**SREDNIA PRÓBY** (mean value-  $\bar{y}$ ) - średnia arytmetyczna obserwacji wykonanych w określonym przedziale czasowym. Np. średnia dobowa, średnia roczna itp.

**SYNCHRONIZACJA** (entrainment, synchronization) - utrzymywanie stałej sekwencji fazowej rytmów, zgodnej z fazą wahań środowiska zewnętrznego.

**SYNCHRONIZATOR** = dawca czasu.

**SZUM BIOLOGICZNY** (biological noise) - przypadkowe składowe ocenianego sygnału rytmu, współistniejące z nim, pochodzące z identyfikowalnych lub nieznanymi źródeł.

**ZEGAR BIOLOGICZNY** = oscylator.

Tabela. Struktura czasu biologicznego

NAZWA RYTMU (polska/ang.)		OKRES
ultadialny	ultradian	$T < 20g$ *
okołodobowy	circadian	$20g \leq T \leq 28g$
dzienny	dian	$23.8g \leq T \leq 24.2g$
infradialny	infradian	$T > 28g$
okołosiedmiodniowy	circaseptan	$T = 7 \pm 3d$
okołoczternastodniowy	circadiseptan	$T = 14 \pm 3d$
okołodwudziestojednodniowy	circavigintan	$T = 21 \pm 3d$
okołotrzydziestodniowy	circatrigintan	$T = 30 \pm 5d$
okołoroczny	circannual	$T = 1r \pm 2m$

### Literatura

- Halberg F., Carandate F., Cornelissen G., Katinas G.S., 1977. Glossary of Chronobiology, Chronobiologia, 4(1).
- Moore-Ede M.C., Sulzman F.M., Fuller Ch.A. 1982. The Clocks that Time Us. Physiology of the Circadian Timing System Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, London.