

HANNA FABCZAK<sup>1</sup>, MARIA JOLANTA REDOWICZ<sup>2</sup>, DOROTA WŁOGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pracownia Cytoszkieletu i Biologii Rzęsek  
Zakład Biologii Komórki

<sup>2</sup>Pracownia Molekularnych Podstaw Ruchów Komórkowych  
Zakład Biochemii

Instytut Biologii Doświadczalnej PAN  
Pasteura 3, 02-093 Warszawa

E-mail: [h.fabczak@nencki.gov.pl](mailto:h.fabczak@nencki.gov.pl)  
[j.redowicz@nencki.gov.pl](mailto:j.redowicz@nencki.gov.pl)  
[d.wloga@nencki.gov.pl](mailto:d.wloga@nencki.gov.pl)

## CYTOSZKIELET I RUCH KOMÓRKI

Cytoszkielec, czyli obecna w każdej komórce eukariotycznej wewnątrzkomórkowa sieć włókien (polimerów) białkowych, odgrywa zasadniczą rolę w utrzymaniu kształtu komórek, dynamice błon, transporcie wewnątrzkomórkowym i pozycjonowaniu organelli, polaryzacji komórek, ich ruchu i podziałach.

Podstawę cytoszkieletu stanowią trzy rodzaje struktur: filamety aktynowe (zwane też mikrofilamentami), filamety pośrednie oraz mikrotubule wraz z towarzyszącymi im białkami, regulującymi nukleację polimerów, zakrywającymi (czapczującymi) końce polimerów, fragmentującymi polimery, sieciującymi filamety, pełniącymi funkcje strukturalne, oraz białkami motorycznymi. Poszczególne elementy cytoszkieletu: filamety aktynowe, filamety pośrednie i mikrotubule, są ze sobą połączone za pośrednictwem oddziałujących z nimi białek powodując, że cytoszkielec stanowi funkcjonalną całość. Wzajemne powiązania elementów cytoszkieletu i udział w przekazywaniu bodźców płynących ze środowiska sprawia, że cytoszkielec odgrywa kluczową rolę w prawidłowym rozwoju i funkcjonowaniu tkanek i narządów, a zatem w utrzymaniu prawidłowej homeostazy organizmu. Zaburzenia w prawidłowym funkcjonowaniu cytoszkieletu prowadzą do wielu poważnych chorób (np. pęcherzowego oddzielania się naskórka, miopatii, neuropatii, ciliopatii i chorób nowotworowych).

Główne białka budujące cytoszkielec, takie jak aktyna czy  $\alpha$ - i  $\beta$ -tubulina, są zadziwiająco dobrze zachowane w toku ewolucji

we wszystkich komórkach eukariotycznych, a tworzone z nich polimery mają charakter polarny, czyli posiadają różne pod względem właściwości końce: plus i minus. W odróżnieniu od aktyny i tubuliny, białka tworzące filamety pośrednie występują tylko u zwierząt i są specyficzne komórkowo i tkankowo. Tym co je łączy, to, pomimo różnic w sekwencji aminokwasowej, podobna budowa II-rzędowa poszczególnych białek oraz stworzonych przez nie filamentów. W odróżnieniu od mikrofilamentów i mikrotubul, filamety pośrednie są apolarne i nie oddziałują z białkami motorycznymi.

Choć określenie „cytoszkielec” może w naturalny sposób kojarzyć się ze słowem „szkielet”, a więc czymś stabilnym i niezmiennym (jak np. układ kostny człowieka), to w rzeczywistości sieć włókien wewnątrzkomórkowych jest układem dynamicznym, w którym zachodzi zarówno wymiana podjednostek w istniejących już polimerach, jak i lokalna lub globalna przebudowa sieci włókien (możliwa dzięki procesom polimeryzacji i depolimeryzacji poszczególnych filamentów). Taka dynamika cytoszkieletu umożliwia nie tylko wyeliminowanie uszkodzonych podjednostek lub fragmentów struktur i zastąpienie ich przez jednostki prawidłowe, ale również reorganizację cytoszkieletu w odpowiedzi na różne bodźce wewnętrzne i zewnętrzne, np. w trakcie podziału komórki lub jej różnicowania oraz migracji komórek.

Nie wszystkie struktury cytoszkieletu charakteryzują się dużą dynamiką (zależy to od funkcji, jaką pełnią one w komórce).

Obecność białek towarzyszących umożliwia oddziaływanie pomiędzy polimerami tego samego typu i w efekcie tworzenie bardziej stabilnych struktur jak wiązki (np. złożone z mikrofilamentów włókna naprężeniowe oraz filamenty cienkie w mięśniach) lub organeli takie, jak centriole i rzęski zbudowane na bazie szkieletu mikrotubularnego.

Kolejną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę podczas opisywania cytoszkieletu jest zróżnicowanie właściwości mikrotubul, filamentów aktynowych i filamentów pośrednich, nie tylko w poszczególnych przedziałach komórki, ale również na różnych etapach cyklu komórkowego i różnicowania. Takie zróżnicowanie jest możliwe np. dzięki wbudowywaniu w mikrotubule różnych izotypów  $\alpha$ - i  $\beta$ -tubuliny, modyfikacjom potranslacyjnym tubuliny, aktyny i białek budujących filamenty pośrednie, jak też dzięki licznym białkom oddziałującym z mikrotubulami i mikrofilamentami. Różnice we właściwościach poszczególnych elementów cytoszkieletu przekładają się z kolei na pełnione przez nie funkcje.

Inspiracją do powstania niniejszego numeru KOSMOSU jest przypadające w 2018 r. stulecie istnienia Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego Polskiej Akademii Nauk, oraz upamiętnienie wieloletnich badań nad cytoszkieletem i ruchem komórek oraz skurczem mięśni od lat prowadzonych w Instytucie. Dlatego na niniejszy zeszyt KOSMOSU składają się artykuły przybliżające czytelnikom tę tematykę badań.

Mamy świadomość, że zebrane tutaj artykuły nie poruszają wszystkich zagadnień związanych z tą niezmiernie szeroką tematyką, co wynika ze specyfiki prowadzonych w Instytucie badań. I tak np. zabrakło artykułów o filamentach pośrednich. Mamy jednak nadzieję, że te, które udało się nam przedstawić przybliżą Czytelnikom kierunki badań nad intrygującymi nas zagadnieniami związanymi z cytoszkieletem i ruchem. Autorzy zamieszczonych artykułów byli lub są związani z Instytutem Nenckiego i w znaczącej większości są wychowankami Instytutu.

Przygotowanie tego zeszytu KOSMOSU zbiega się również z 50-leciem odkrycia filamentów pośrednich przez Howarda Holtzera i współpracowników oraz obchodzonego w zeszłym roku 50-leciem odkrycia tubuliny przez Gary'ego Borisy i Eda Taylora, a także 75-leciem badań Alberta Szent-Györgyi i jego współpracowników, prowadzących do odkrycia aktyny. Ponadto, w przyszłym roku minie 60 lat od przedstawienia przez Hugh E. Huxleya i Jean Hanson teorii ślizgowej skurczu mięśni. Więcej kluczowych odkryć („kamieni milowych”) w badaniach nad cytoszkieletem można znaleźć pod adresem [www.nature.com/milestones/cytoskeleton](http://www.nature.com/milestones/cytoskeleton).

Wszyscy zaangażowani w przygotowanie niniejszego numeru KOSMOSU pragną serdecznie podziękować Dyrekcji Instytutu Nenckiego za pomoc finansową w wydaniu tego wyjątkowego dla nas zeszytu.