



Kraków, 4 czerwca 2025

Opatrunki utkane z polimerów uwalniających leki

W Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie metodą elektroprzędzenia wytworzono włókna polimerowe zawierające znany lek antybakteryjny, metronidazol. Uformowane z nich maty potencjalnie mogą znaleźć zastosowanie jako opatrunki, dzięki odpowiednio dobranej polimerowej strukturze zdolne w kontrolowany sposób uwalniać lek do organizmu.

Dobry lek powinien leczyć nie szkodząc. Wiele zależy jednak nie tyle od samej substancji leczniczej, ile od sposobu jej podania: powinna ona docierać precyzyjnie w miejsce chorobowo zmienione, w ściśle ustalonych ilościach, przez odpowiednio długi czas. Właśnie tak działają maty zbudowane z włókien polimerowych zawierających antybakteryjny metronidazol, tkane metodą elektroprzędzenia w Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

„Metronidazol to lek stosowany między innymi przy infekcjach skórnych błon śluzowych, na przykład w leczeniu chorób przyzębia. Znane są jednak jego pewne szkodliwe właściwości, pojawiające się na przykład wtedy, gdy w niezamierzony sposób rozprzestrzeni się on w organizmie pacjenta. My postawiliśmy sobie zadanie, by opracować molekularny system dostarczania metronidazolu, który gwarantowałby jego kontrolowane i długotrwałe uwalnianie w niewielkich ilościach dokładnie tam, gdzie jest on potrzebny”, mówi dr hab. Ewa Juszyńska-Gałązka, prof. IFJ PAN, i podkreśla, że zaproponowana metoda, polegająca na umieszczaniu metronidazolu w elektroprzędzonych włóknach polimerowych, w tym o starannie dobranych powłokach, ma charakter uniwersalny i potencjalnie może zostać przystosowana do przenoszenia innych substancji leczniczych.

Elektroprzędzenie jest techniką wytwarzania włókien rozwijaną na świecie od długiego czasu. Główną rolę odgrywa tu pole elektrostatyczne między igłą a płytką kolektora, wytwarzane przez generator wysokiego napięcia. Gdy igła zaczyna laminarnie uwalniać roztwór przędzalniczy, powierzchnia wypychanej cieczy zaczyna się rozciągać i wyginać. Zgromadzone na niej jednoimienne (dodatnie) ładunki elektryczne zaczynają się przyciągać, modyfikując kształt powierzchni. Formuje się ona w stożek (nazywany stożkiem Taylora) o coraz bardziej się zawężającym wierzchołku, który wyciąga się ku ujemnie naładowanemu kolektorowi. Powstające włókno opada ruchem spiralnym, jednocześnie ulegając utwardzającym je przemianom chemicznym (w zależności od roztworu przędzalniczego może to być odparowanie rozpuszczalnika bądź depozycja polimeru). Aby wytworzyć fizycznie stabilną wielowarstwową matę, podczas całego procesu konieczne jest zachowanie niezmiennych warunków otoczenia (temperatury i wilgotności), jak i geometrii układu (ustalonej odległości igły od kolektora, rodzaju kolektora).

W trakcie badań w IFJ PAN wytwarzano włókna o strukturze jednorodnej oraz zbudowane z polimerowej otoczki i rdzenia z polimerem i lekiem. W tym ostatnim przypadku podczas elektroprzędzenia krytyczną rolę odgrywa igła współosiowa, którą można sobie wyobrazić jako igłę w igle. W jej zewnętrzną część, o przekroju pierścienia, wprowadza się roztwór polimeru wyselekcjonowanego na materiał powłoki, podczas gdy do części centralnej, odpowiedzialnej za rdzeń przyszłego włókna, kieruje się mieszankę polimeru z docelowym lekiem.

„O ile sam proces elektroprzędzenia jest dobrze poznany i w odpowiedniej, niespecjalnie skomplikowanej aparaturze przebiega w zasadzie samoistnie, o tyle dopasowanie polimeru czy powłoki do

cech konkretnego leku do łatwych zadań już nie należy. Pojawiające się tu problemy wynikają z faktu, że umieszczenie substancji molekularnej w jakimś nanoograniczeniu zazwyczaj skutkuje zmianami jej właściwości fizyko-chemicznych”, wyjaśnia mgr inż. Olga Adamczyk, która badania nad elektroprzędzonymi włóknami z lekami rozpoczęła pod kierunkiem prof. IFJ PAN dr hab. inż. Małgorzaty Jasiurkowskiej-Delaporte i zamierza je kontynuować w ramach pracy doktorskiej.

Badania podstawowe *in vitro* nad matami z metronidazolem, zrealizowane z użyciem dwóch rodzajów polimerów, pozwoliły ustalić, że aby zapewnić odpowiednią powierzchnię do absorpcji i uwalniania zamkniętego leku, średnica włókien powinna się zawierać w przedziale od 0,7 do 1,3 mikrometra. W okresie przechowywania włókna polimerowe z lekiem zapewniają szczelność opatrunku, zaś po zaaplikowaniu stają się w reakcji na płyny w otoczeniu wystarczająco porowate, by zacząć uwalniać lek.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że metronidazol zawarty w matach jest z nich stopniowo uwalniany przez kilka godzin. Istnieje jednak dodatkowe ograniczenie czasowe: maty mogą być przed aplikacją przechowywane nie dłużej niż miesiąc. Co przy tym ważne, ograniczenie to nie wynika z metody dostarczania leku, lecz z właściwości samego metronidazolu, który po tym czasie zaczyna krystalizować.

Maty z włóknami polimerowymi zawierającymi metronidazol, wytwarzane w IFJ PAN, mają rozmiary 2 x 2 cm i postać produktu potencjalnie gotowego do zastosowań leczniczych. Ich właściwości fizykochemiczne zostały już dobrze poznane, dalsze etapy badań będą więc wymagały współpracy z zainteresowanymi placówkami naukowymi i medycznymi.

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MEIN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

dr hab. **Ewa Juszyńska-Gałązka**, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628234, 6628140, 6628368
email: ewa.juszyńska-gałązka@ifj.edu.pl

mgr inż. **Olga Adamczyk**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628481
email: olga.adamczyk@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Electrospun Fiber Mats with Metronidazole: Design, Evaluation, and Release Kinetics”
O. Adamczyk, A. Deptuch, T. R. Tarnawski, P. M. Zieliński, A. Drzewicz, E. Juszyńska-Gałązka
The Journal of Physical Chemistry B 2025, 129, 18, 4535–4546
DOI: [10.1021/acs.jpcc.5c00873](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5c00873)

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:**IFJ250604b_fot01s.jpg****HR:** http://press.ifj.edu.pl/news/2025/06/04/IFJ250604b_fot01.jpg

Kontrolowane dostarczanie leków do organizmu mogą zapewnić opatrunki z elektroprzędzonych mat, zbudowanych z włókien polimerowych i odpowiedniej substancji leczniczej. Na wstawce zdjęcie mikroskopowe z włóknami polimerowymi zawierającymi antybakteryjny metronidazol. (Źródło: IFJ PAN)