

Optyka w onkologii

Choroby nowotworowe to jedno z najpoważniejszych zagrożeń współczesnego człowieka. Minie jeszcze wiele lat, zanim w pełni nauczymy się rozpoznawać ich uwarunkowanie genetyczne, a jeszcze więcej czasu potrzebne będzie na opracowanie skutecznych i bezpiecznych terapii genowych. Tym bardziej że wcale nie jest pewne, czy skuteczne leczenie lub zapobieganie nowotworom w ogóle jest możliwe.

Jednak nawet wtedy olbrzymie znaczenie będzie miało diagnozowanie tego rodzaju chorób. Zwłaszcza za pomocą metod pozwalających na nieinwazyjne lub prawie nieinwazyjne rozpoznawanie wczesnych zmian nowotworowych.

Od ponad 100 lat fizycy dostarczają w tej dziedzinie nowych pomysłów diagnostycznych i terapeutycznych. Coraz więcej metod opartych jest po prostu na użyciu światła. Jednym z najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie jest wykorzystanie tzw. spektroskopii światła rozproszonego do nieinwazyjnego wykrywania wczesnych zmian nowotworowych nabłonka.

Nabłonek wyściela narządy wewnętrzne i jamy ciała. Często stanowi pierwszą obronę przed czynnikami zewnętrznymi. Nowotwory o pochodzeniu nabłonkowym, stanowiące ponad 85% wszystkich nowotworów, rozwijają się zazwyczaj z wczesnego stadium, zwanego dysplazją, czyli nieprawidłową strukturą warstwy nabłonka. Zmiany te są niedostrzegalne gołym okiem. Standardowa metoda diagnostyczna polega na pobraniu wycinka i zbadaniu go pod mikroskopem, gdzie patologia uwidacznia się w postaci zwiększonej liczby komórek o powiększonych jądrach zawierających więcej chromatyny (materiału genetycznego). Ponieważ przy nieinwazyjnym badaniu wczesnego stadium nowotworu (np. za pomocą zwykłego endoskopu) nie widać żadnych zmian, to diagnoza musi opierać się na pobraniu losowej serii wycinków podejrzanego obszaru nabłonka. Po pierwsze nie jest to już całkowicie dla pacjenta obojętne, a po drugie jest zmusne i drogie.

Naukowcy z MIT Laser Biomedical Research Center opracowali metodę pozwalającą na niemal automatyczne wykrywanie tych zmian za pomocą spektroskopii światła rozproszonego. Metoda opiera się na pomiarze średnich rozmiarów jąder i współczynnika załamania, który rośnie wraz z koncentracją chromatyny.

Spektroskopii światła rozproszonego od dawna używano do badania różnorodnych materiałów od układów pojedynczych atomów do złożonych próbek ciała stałego. Tkanka biologiczna jest jeszcze jednym przykładem takiej złożonej próbki. Rozważmy wiązkę światła padającą na warstwę komórek nabłonka. Część światła odbija się od jąder komórkowych, a reszta wnika w tkankę. Światło, które nie zostaje pochłonięte, wydostaje się z powrotem, po raz wtóry rozpraszając się na jądrach komórek nabłonka. Spektrum światła odbitego zawiera więc informację o jądrach komórkowych (będących głównymi centrami rozpraszania) zagłuszaną przez dyfuzyjne tło. Zespół badawczy Michaela Felda opracował dwie metody

usuwania tego tła. Jedna opiera się na modelowaniu matematycznym, a druga na wykorzystaniu światła spolaryzowanego (w procesie dyfuzji światło traci pierwotną polaryzację). Analiza sygnału otrzymanego po odfiltrowaniu tła pozwala na wyznaczenie średniego rozmiaru jąder i ich współczynnika załamania. Okazuje się, że podczas gdy średnica jąder komórkowych zdrowego nabłonka wynosi $4,8 \pm 0,4 \mu\text{m}$, to w tkance patologicznej rośnie do $9,75 \pm 1,5 \mu\text{m}$. Podobnie współczynnik załamania światła wzrasta z $n = 1,035$ do $n = 1,045$. Wizualizacja badanego obszaru nabłonka np. w postaci mapy, na której stopień odchylenia od normalności badanych cech jąder komórkowych przedstawiany jest za pomocą kolorów, pozwala na szybką i pewną diagnozę.

Dzięki zastosowaniu techniki endoskopowej metoda ta jest również nieinwazyjna lub minimalnie inwazyjna. Końcówka zbudowanego przez naukowców prototypu endoskopu ma średnicę zaledwie jednego milimetra. Światło odbierane jest sześcioma światłowodami ułożonymi dookoła jednego światłowodu doprowadzającego wiązkę pierwotną. Technika ta powinna znaleźć praktyczne zastosowanie w najbliższej przyszłości.

Niestety, sama diagnoza nie wystarcza do rozwiązania problemu. W wielu przypadkach jeszcze długo nie będzie można obejść się bez skalpela. A wtedy bardzo istotne jest maksymalne ograniczenie interwencji chirurgicznej. Ma to szczególne znaczenie np. w przypadku usuwania nowotworów mózgu. Marzeniem chirurga byłby skalpel automatycznie pokazujący, czy jeszcze wycinany jest guz nowotworowy, czy już kroci się zdrową tkankę. Science-fiction? Już nie.

Marzenie staje się rzeczywistością dzięki wykorzystaniu mikrowętkowych (ang. microcavity) laserów półprzewodnikowych. Paul Gourley, kierujący zespołem z Sandia National Laboratories, zwierza się: „Ludzie nie wierzyli, że będziemy mogli pompować komórki przez mikrolaser, włączyć je w proces laserowy i otrzymać znaczące wyniki. A jednak możemy wszystkie te rzeczy zrobić. Możemy szybko identyfikować populację komórek o odbiegającej od normy zawartości protein, czyli takich jak komórki nowotworowe, przepuszczając zaledwie kilkaset komórek – miliardową część litra – przez nasze urządzenie” [2]. Prototyp ma rozmiary małej monety i mógłby być umieszczony w rękojeści skalpela. Pochłaniacz zasysałby płyn z nacięcia, pozwalając na monitorowanie charakteru operowanej tkanki, precyzyjnie podpowiadając chirurgowi, gdzie powinien zakończyć interwencję.

Pozostaje jedynie życzyć sobie, abyśmy jednak nigdy nie musieli korzystać z takich niewątpliwie użytecznych zastosowań.

Piotr ZALEWSKI

[1] R. Gurjan, V. Backman, J. VanDam, L.T. Perelman i M.S. Feld *Early Detection of Cancer Using Light Scattering Spectroscopy* referat na konferencji informacyjnej APS, Minneapolis, 23 marca 2000 r. <http://web.mit.edu/newsoffice/nr/2000/cancer.html>
<http://web.mit.edu/spectroscopy/www/APS.pdf>

[2] SNL News Releases
<http://www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2000/candetec.htm>