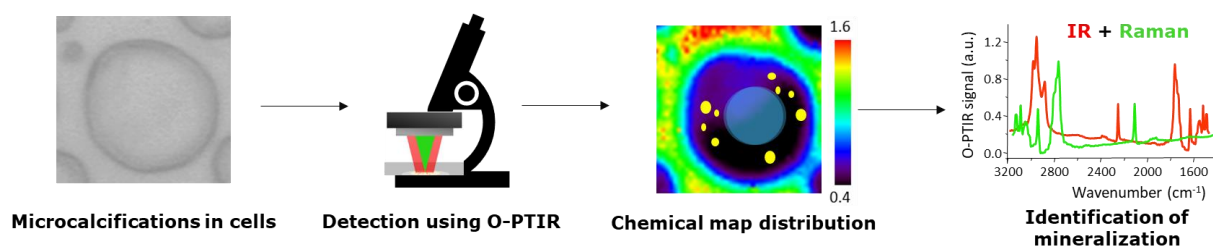


W zdrowym organizmie proces mineralizacji i odkładania się soli wapnia zachodzi tam, gdzie jest to naturalne, np. w kościach czy zębach. Jednak w niektórych przypadkach dochodzi do nieprawidłowego gromadzenia się tych związków w tkankach, które normalnie nie ulegają mineralizacji, co nazywamy mikrozwapnieniami patologicznymi. Problem ten ma ogromne znaczenie medyczne, ponieważ mikrozwapnienia odgrywają kluczową rolę w wielu chorobach, takich jak miażdżyca czy stany zapalne. Mimo ich klinicznej wagi, mechanizmy powstawania tych złogów na poziomie subkomórkowym pozostają słabo poznane, a wczesne ich wykrywanie pozostaje wyzwaniem.

Dotychczasowa analiza mikrozwapnień opiera się głównie na technikach spektroskopii FT-IR, które choć skuteczne, mają ograniczoną rozdzielczość przestrzenną, uniemożliwiającą obserwację procesów mineralizacji na poziomie pojedynczych komórek i ich struktur wewnętrznych. Tymczasem to właśnie w tej mikroskali zachodzą kluczowe etapy nukleacji i wzrostu patologicznych złogów, które decydują o dalszym rozwoju chorób. Dotychczas nie dysponowaliśmy technologią, która umożliwiłaby obserwację tych zmian w czasie rzeczywistym z tak dużą dokładnością.

Projekt ten ma na celu wykorzystanie nowoczesnej techniki spektroskopii zwanej Optical Photothermal Infrared (O-PTIR), która pozwala uzyskać obrazy chemiczne i widma spektroskopowe z rozdzielczością rzędu kilkuset nanometrów.¹ Naszym celem jest zatem nie tylko zbadanie w czasie rzeczywistym procesów nukleacji i wzrostu fizjologicznych oraz patologicznych złogów mineralnych w ludzkich komórkach macierzystych hodowanych *in vitro*, ale także znaczące poszerzenie wiedzy na temat zastosowania spektroskopii oscylacyjnej w obrazowaniu biologicznym. Dzięki opracowaniu nowych markerów spektroskopowych, nasz projekt pozwoli odróżnić patologiczne procesy mineralizacji od tych fizjologicznych już na bardzo wczesnym etapie. Technika O-PTIR umożliwia jednocześnie badanie zarówno składu chemicznego złogów mineralnych i otaczających je biomolekuł (np. białek czy lipidów), dając pełniejszy obraz procesów mineralizacji w komórkach. To istotna przewaga nad spektroskopią Ramana, która ma ograniczenia w wykrywaniu niektórych biomolekuł ze względu na autofluorescencję i słabe rozpraszanie światła. Z drugiej strony, Raman świetnie wykrywa skład mineralny. Połączenie O-PTIR z Ramanem pozwala równocześnie zbierać widma IR i Ramana z tego samego miejsca, co umożliwia korelację informacji chemicznej i strukturalnej, znacząco poszerzając nasze możliwości badawcze.²

To z kolei otworzy drogę do opracowania nowoczesnych metod diagnostycznych chorób związanych z nieprawidłowym odkładaniem się wapnia w tkankach. Obszar ten jest nadal słabo zbadany, oferując szerokie pole do eksploracji. Projekt ma więc charakter pionierski, łączący nowatorską technologię z ważnym problemem medycznym. Wyniki tych badań mogą w przyszłości przyczynić się do opracowania wczesnych metod diagnostycznych chorób związanych z nieprawidłowym odkładaniem się wapnia w tkankach oraz do lepszego zrozumienia ich patogenezy dzięki zastosowaniu innowacyjnej techniki O-PTIR w naukach biomedycznych.



Rysunek 1 Połączenie spektroskopii oscylacyjnej z informacją przestrzenną pozwala na identyfikację oraz rozkład różnych związków chemicznych w badanym obszarze.

[1] Paulus, A., *et al.*, Correlative imaging to resolve molecular structures in individual cells: Substrate validation study for super-resolution infrared microspectroscopy, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine* 43 (2022) 102563

[2] Bazin, D. *et al.* Using mid infrared to perform investigations beyond the diffraction limits of microcrystalline pathologies: advantages and limitation of Optical PhotoThermal IR spectroscopy; *Comptes Rendus Chimie* (2022), Vol. 25, Special Issue S1, p. 105-131