REPRODUZIERBARE MARKIERUNGSFREIE OBERFLÄCHENVERSTÄRKTE RAMAN SPEKTROSKOPIE, SERS, FÜR DIAGNOSTIK VON MELANOMZELLEN (RA-DIA-M)

Projektträger:
Fachhochschule Wiener Neustadt

Wissenschaftliche Leitung:
Katerina Prohaska

Weitere beteiligte Einrichtungen:
IMC Hochschule für Angewandte Wissenschaften Krems
Universität Salzburg
Ludwig Boltzmann Institut für Osteologie

Handlungsfeld(er)
Gesundheit und Ernährung

Wissenschaftsdisziplin(en)
3040 - Medizinische Biotechnologie (35 %)
1020 - Informatik (25 %)
1060 - Biologie (25 %)
1030 - Physik, Astronomie (15 %)

Förderinstrument: Projekte Grundlagenforschung

Projekt-ID: GLF21-1-019

Projektbeginn: 01. November 2022

Projektende: 31. Oktober 2026

Laufzeit: 48 Monate / beendet

Fördersumme: € 299.441,00

Kurzzusammenfassung:
Krebs zählt weltweit zu den häufigsten Erkrankungen. Jährlich treten 14 Millionen neue Fälle auf und es sind über 8,8 Millionen Todesfälle zu beklagen. Die Entwicklung von effizienten Methoden für eine schnelle, schonende und genaue Diagnose steht im Fokus der aktuellen Forschung. Sie sollen die Früherkennung von Krebs erleichtern und die Chancen auf vollständige Heilung damit beträchtlich erhöhen. Das effiziente Monitoring des Zellzustandes spielt in dem Zusammenhang die Hauptrolle und soll auch im Rahmen dieses Projektes zum Einsatz kommen. Der allgemeine Zustand einer Zelle wird anhand der Verteilung und Zusammensetzung von Proteinen, Lipiden und Nukleinsäuren im gesamten Zellinneren oder in den einzelnen Organellen beurteilt. Zusätzlich zu diesen Hauptparametern ist es wichtig, die Veränderungen des Gesamtbildes anhand spezifischer Moleküle zu überwachen. Krebsspezifische epigenetische Veränderungen, wie z.B. die DNA-Methylierung und Änderungen des Zellstoffwechsels konnten beobachtet werden, die als weitere Biomarker für eine Diagnose in Frage kommen. Moleküle wie Succinat, Fumarat und 2-Hydroxyglutarat wurden als vielversprechende Marker für die Überwachung und Diagnose von Krebs als sogenannte onkogene Signale (Onkometaboliten) identifiziert. Auch bestimmte epigenetische Störungen können zur Pathogenese von Krebserkrankungen beitragen. Im Rahmen dieses Projekts planen wir, metabolische und epigenetische Veränderungen von Melanomzellen (Stadium IIV) zu untersuchen und diese mit primären Melanozyten und anderen Hautzellen (Fibroblasten, Keratinozyten) zu vergleichen. Die Verwendung der Biomarker in der Diagnostik ist aufgrund der mangelnden Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der Analysemethoden begrenzt. Die oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie (SERS) ermöglicht die Erfassung des aktuellen Zellzustands und damit eine Bewertung der Wirksamkeit einer therapeutischen Behandlung. SERS hat das Potenzial, ohne zusätzliche Markierungsverfahren, sowohl metabolische Veränderungen in einzelnen Zellen und auch auf der Ebene der Organellen zu untersuchen, als auch neue Biomarker zu identifizieren, um zwischen gesunden und degenerierten Zellen in den verschiedenen Krebs-Entwicklungsstadien zu unterscheiden. Eine systematische Analyse der Probenaufbringung auf signalverstärkende nanostrukturierte Materialien wird durchgeführt, um SERS für biologische Systeme zu optimieren. Dieses Projekt soll einen Beitrag zu zwei wichtigen Bereichen der Grundlagenforschung leisten: i) die Implementierung innovativer SERS-Materialien in der präventiven Krebsüberwachung durch die Identifizierung möglichst universeller Biomarker und ii) die Digitalisierung des Arbeitsablaufs und die Übertragung der Daten in die klinische Routine für eine zuverlässige, valide

Dateninterpretation. Der als Open Source entwickelte Datenanalyse- Workflow wird zur Digitalisierung des Prozesses der in vitro Krebsbegleitdiagnostik beitragen. Die Analyse der Biomoleküle (Proteine, Lipide, Zucker, Nukleinsäuren), der Oncometaboliten und des DNA-Methylierung-Profils mittels systematisch optimierter SERS wird ein umfassendes Bild der Krebszellen (Melanom) liefern und mit Hilfe der digitalisierten Dateninterpretation einen bedeutenden Beitrag zur effizienten Krebsbehandlung leisten.

Schlüsselbegriffe:
Surface-enhanced Raman Spectroscopy, SERS- Innovation, Cell Biology, Bioinformatics, Chemometrics, Digitalization, Cancer in-vitro Diagnostics, Prevention, Melanoma, Metabolomics

ERGEBNISSE

PEER-REVIEWED PUBLICATION

Machine Learning of Raman Spectroscopic Data: Comparison of Different Validation Strategies
Lilek, D., Zimmermann, D., Steininger, L., Musso, M., Wilts, B. D., Gamsjaeger, S., Hermann, D., Wiesner, C., Grünfelder, A., Herbinger, B., & Pronaska, K. (2025). . Journal of Raman Spectroscopy, 56(9), 867–877. https://doi.org/10.1002/jrs.6842

Potential of SERS and proteomics for biomarker detection in cancer cells
"Potential of SERS and proteomics for biomarker detection in cancer cells" by Lilek et al. (2026) in the peer-reviewed journal Analytical and Bioanalytical Chemistry. The study demonstrated the potential of combining SERS with quantitative proteomics and machine-learning-assisted data analysis to enhance the biological interpretation of cancer-associated spectroscopic fingerprints. https://doi.org/10.1007/s00216-026-06459-5

The TLR10–Vitamin D Axis Facilitates Osteogenic Differentiation of Mesenchymal Stem Cells In Vitro
"The TLR10–Vitamin D Axis Facilitates Osteogenic Differentiation of Mesenchymal Stem Cells In Vitro", represents an additional interdisciplinary outcome of RaDiaM. Within this collaborative research conducted at IMC Krems, Daniel Zimmermann contributed by developing a machine-learning algorithm for transcriptomic data analysis. Although the biological focus of the study extended beyond the primary cancer-related objectives of RaDiaM, the computational contribution directly emerged from the project's expertise in machine-learning-assisted analysis of complex biological datasets. This publication therefore demonstrates the transferability of methodological competencies established within RaDiaM to complementary biomedical research applications. https://doi.org/10.3390/cells15080697