Frederik Luca Sandig

Dr. med.

Automatic deep learning segmentation of cortical and white matter lesions of multiple sclerosis patients in 7 Tesla magnetic resonance imaging data

Einrichtung: Deutsches Krebsforschungszentrum

Doktorvater: Herr Prof. Dr. med. Dipl.-Phys. Heinz-Peter Schlemmer

Für das Ziel der automatischen Segmentierung von Hirnläsionen, welche durch die neurodegenerative Erkrankung Multiple Sklerose verursacht wurden, konzentrierte sich diese Studie auf die Anwendung der Deep Learning Pipeline nnU-Net auf Magnetresonanzbildern von 30 Patienten*innen. Läsionen der weißen Substanz und der kortikalen Regionen dienen als Biomarker für das Erkennen des Fortschreitens und des Schweregrads der Erkrankung, sodass deren Bestimmung und Segmentierung einen elementaren Bestandteil des diagnostischen Prozesses darstellen. Da die manuelle Segmentierung von Läsionen in Bezug auf Zeiteffizienz und Validität unzureichend ist, war das Ziel dieser Studie, diesen Prozess mit hoher Genauigkeit zu automatisieren. Die Segmentierung von Läsionen der weißen Substanz auf T1- und T2 gewichteten MRT Bildern, wurde um die Nutzung von einem 7-Tesla MRT Gerät, quantitativer Suszeptibilitätskartierung, R_2^* und der Segmentierung kortikaler Läsionen erweitert.

In dieser Studie wurden Läsionsmasken von 30 Patienten*innen mit 37 Messungen manuell erstellt und zum Trainieren, Validieren und Testen des nnU-Net Algorithmus verwendet. Der nnU-Net Algorithmus wurde mit zwei unterschiedlichen Ansätzen trainiert. Zum einen wurde eine binäre Segmentierung der Läsionen durchgeführt, wobei die durch den Deep Learning Algorithmus automatisch generierten Segmentierungsmasken erst im Anschluss in Läsionen der weißen Substanz und kortikale Läsionen unterteilt wurden. Die Unterteilung wurde in einem Ansatz manuell und in einem weiteren regelbasiert durchgeführt. Es konnte bei manueller Unterteilung auch für die Segmentierungen kleinster kortikaler Läsionen eine sehr hohe Genauigkeit erreicht werden. Durch die Implementierung einer regelbasierten Unterscheidung, wurden für die Segmentierung kortikaler Läsionen ungenaue Ergebnisse erzielt. Beide Ansätze der binären Segmentierung zeigten keine signifikanten Unterschiede für die Nutzung unterschiedlicher Modalitäten.

Darüber hinaus wurde mit dem nnU-Net eine Multiklassensegmentierung durchgeführt, um den Unterteilungsprozess der Läsionstypen in den Algorithmus zu integrieren. Die Ergebnisse der Multiklassensegmentierung zeigen, dass auch der Unterscheidungsprozess durch das nnU-Net übernommen werden kann, wodurch jedoch deutlich niedrigere Werte der einzelnen Metriken zu beobachten waren. Die Implementierung einer gewichteten Kostenfunktion zur Verbesserung der Segmentierung von kortikalen Läsionen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Zudem wurde die Fragestellung untersucht, ob die mittels Masken der grauen Substanz regelbasiert - klassifizierten Läsionsmasken als Grundlage für das Training des nnU-Nets genutzt werden können. Die Ergebnisse dieses Ansatzes erzielten insbesondere für die Segmentierung kortikaler Läsionen niedrigere Werte in den Metriken, welche jedoch nicht signifikant schlechter waren als die der beiden anderen Mehrklassensegmentierungsalgorithmen.

Für beide Anwendungen der anhand regelbasierten Algorithmus klassifizierten Läsionsmasken zeigten sich Ergebnisse mit unzureichender Genauigkeit. Dies weist auf eine geringe Übereinstimmung der menschlichen Klassifizierung mit der automatischen Differenzierung der Läsionen unter Nutzung der Masken der grauen Substanz hin.

Um die Limitationen dieser Studie zu überwinden sowie die Genauigkeit der Vorhersagen zu steigern, sollten Folgestudien ähnliche Fragestellungen mit größeren Datenmengen untersuchen. Dies ist vor allem nötig, um die Ergebnisse und Trends der Daten dieser Studie mit statistischen Tests mit größerer Teststärke zu untersuchen.