

Deep-Learning generierte synthetische Double-Inversion-Recovery (DIR) verbessert die Läsionsdetektion in Multiple Sklerose Patienten

T. Finck¹, H. Li², L. Grundl¹, J. Paetzold³, P. Eichinger¹, M. Bussas^{2,3}, M. Mühlau^{2,3}, B. Hemmer², C. Zimmer¹, B. Menze⁴, B. Wiestler^{1,4}

¹ Abteilung für diagnostische und interventionelle Neuroradiologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München
² Abteilung für Neurologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München
³ TUM-NIC NeuroImaging Center, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München
⁴ Image-Based-Biomedical Modeling at the Institute for Advanced Studies (IAS), Technische Universität München

Hintergrund

Neuronale Netzwerke können hochkontrastiges MRT-Bildmaterial aus niedrigkontrastigeren Eingangssequenzen generieren. Da Double-Inversion Recovery (DIR) Sequenzen technisch aufwendig zu implementieren sind könnte insbesondere die Bildgebung bei Patienten mit Multipler Sklerose (MS) von diesem Potenzial profitieren. Wir nutzen generativ-adversielle Netzwerke (GANs) - neuartige Instrumente aus der Domäne des maschinellen Lernens - um synthetische DIR Sequenzen (synthDIR) zu generieren und deren diagnostische Wertigkeit mit konventionellen Sequenzen aus der MS-Bildgebung zu vergleichen.

Methoden

In dieser retrospektiven Analyse wurden 100 MS Patienten [65 weiblich, 37 (22-68) Jahre alt] zufällig aus einer prospektiven Beobachtungkohorte zwischen 2014 und 2016 ausgewählt. Hiervon wurden 50 Patienten als Trainingssatz benutzt um mithilfe eines neuronalen Netzwerks (*DiamondGAN*) synthDIR aus einem multimodalem Input von T1-, T2-, und FLAIR zu generieren.

Mit dem resultierenden Netzwerk wurde synthDIR in den restlichen 50 Patienten generiert. Diese Bilder sowie konventionell akquirierte DIR Sequenzen (trueDIR) und FLAIR Datensätze wurden von zwei, für die Quelle der DIR geblindeten, unabhängigen Readern hinsichtlich Läsionszahl ausgewertet. Die Läsionszahlen in den verschiedenen Modalitäten wurden mittels t-Tests verglichen und eine Interrater-Analyse wurde durchgeführt. Signal-to-Noise Ratio (SNR) wurden berechnet um die objektive Bildqualität zu beurteilen.

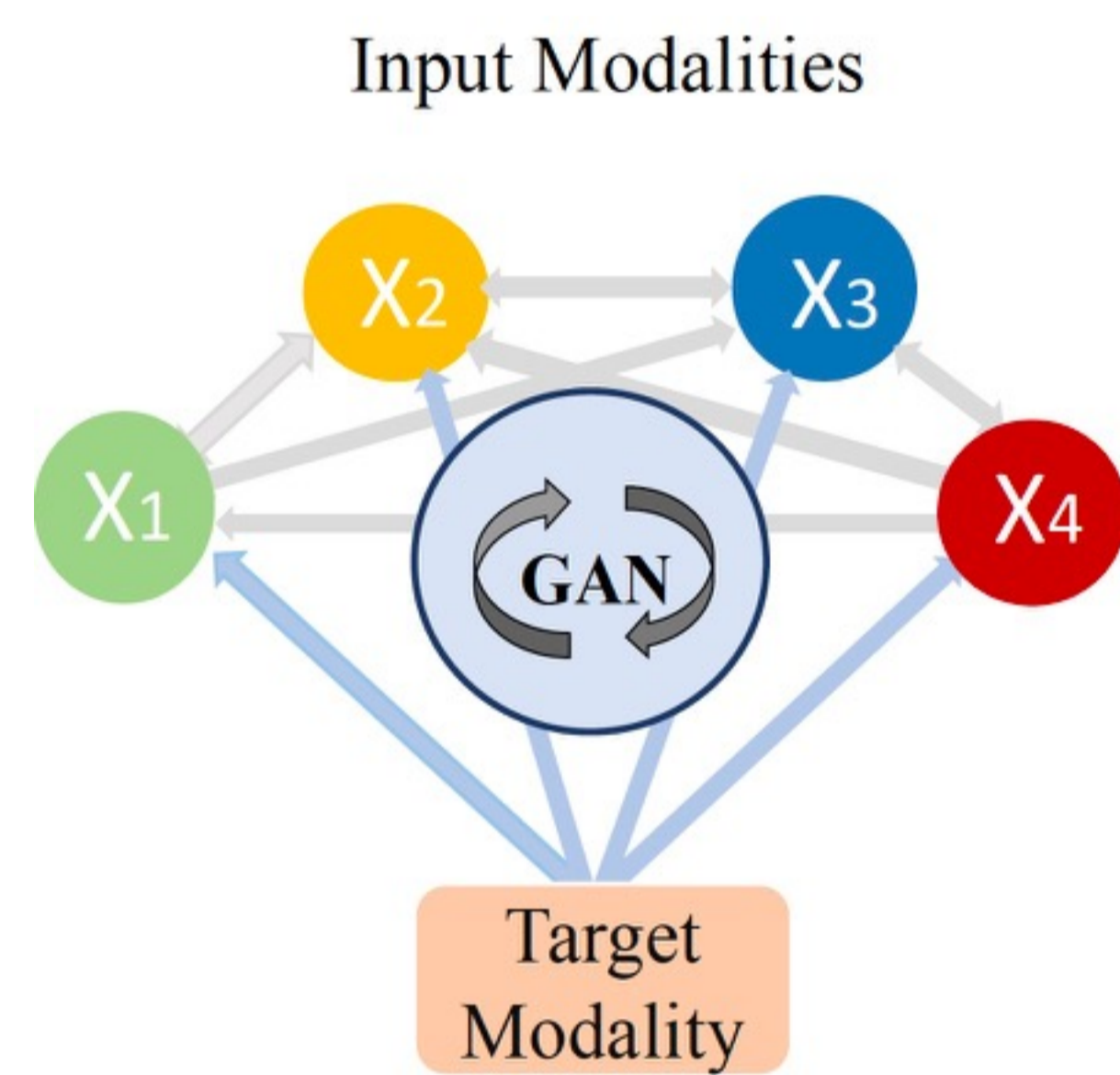


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Architektur von *DiamondGAN*. Variable Kombinationen verschiedener Inputmodalitäten (T1-, T2-, FLAIR) können genutzt werden um eine Zielmodalität (synthDIR) zu generieren.¹

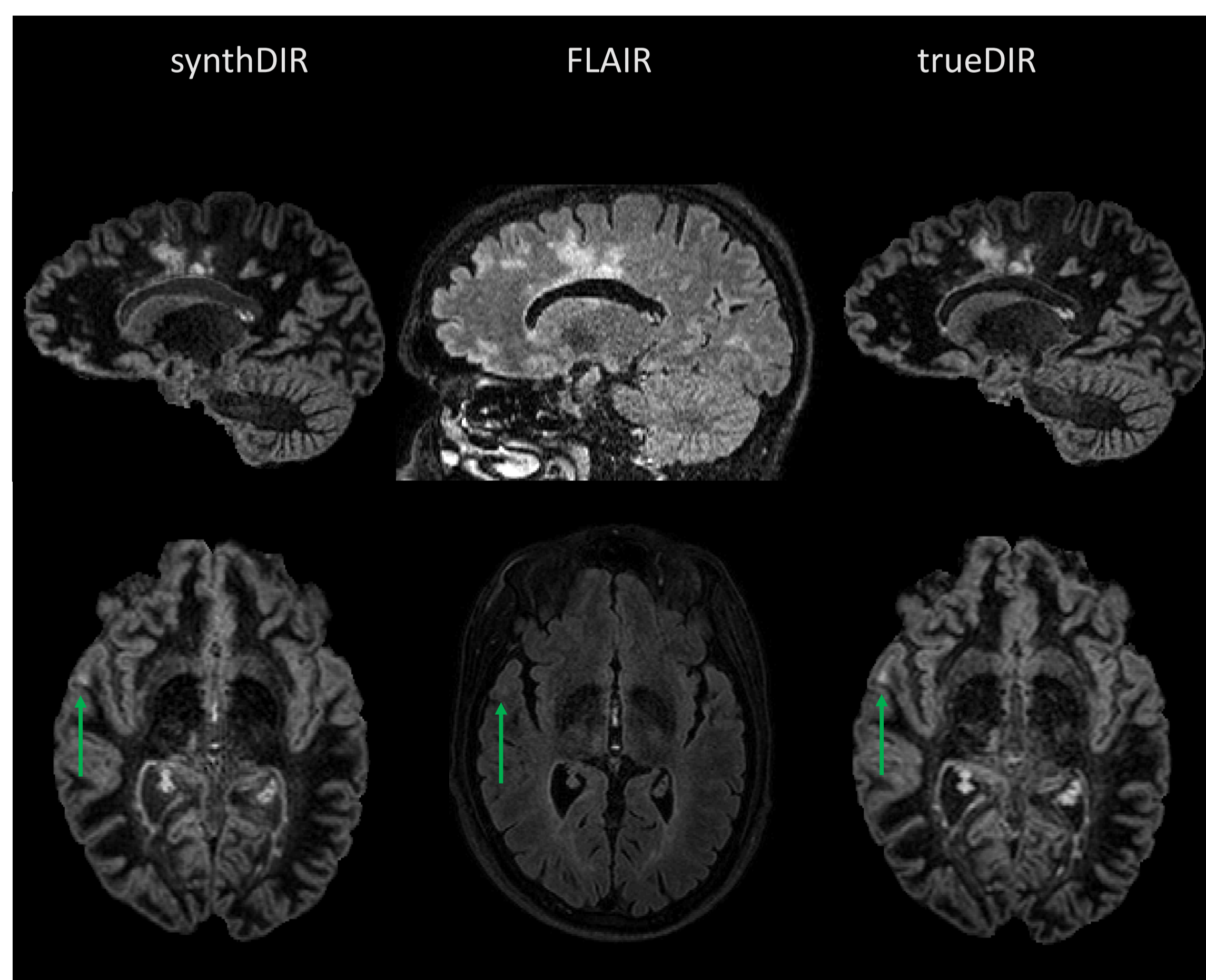


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung der synthetisch generierten DIR (synthDIR), FLAIR und reell akquirierten DIR (trueDIR) des gleichen Patienten. Die verbesserte Läsionsdetektion der synthDIR beruht dabei insbesondere auf der besseren Darstellung juxtakortikaler Läsionen.

Ergebnisse

Marklagerläsionen wurden signifikant häufiger mittels synthDIR im Vergleich zu der FLAIR Sequenz erkannt (31.4 ± 20.7 vs. 22.8 ± 12.7 , $p=0.014$). Dies war insbesondere durch die verbesserte Detektion juxtakortikaler Läsionen bedingt (12.3 ± 10.8 vs. 7.2 ± 5.6 , $p=0.004$). Die Anzahl der erkannten Läsionen in synthDIR und trueDIR hat sich dabei nicht signifikant unterschieden (31.4 ± 20.7 vs. 36.1 ± 24.3 , $p=0.31$). Die Interrater-Reliabilität war exzellent für FLAIR mit 0.92 (95% CI 0.86; 0.95), synthDIR mit 0.94 (95% CI 0.89; 0.96) und trueDIR mit 0.94 (95% CI 0.90; 0.97).

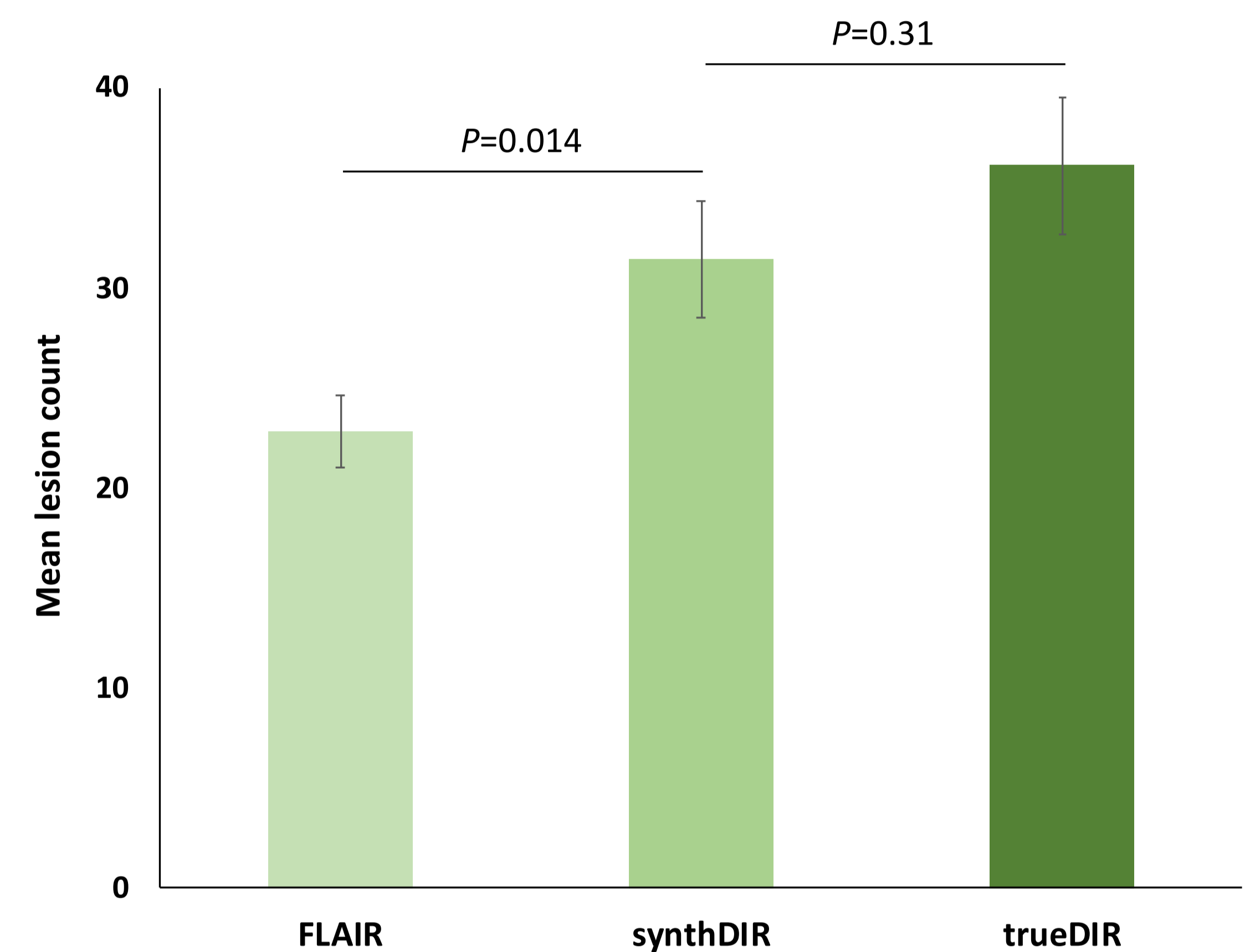


Abbildung 3: Durchschnittliche Läsionszahl (± Standardfehler) pro Patient für FLAIR, synthetisch generierte DIR (synthDIR) und reell akquirierte DIR (trueDIR).

Das SNR von synthDIR überstieg das SNR von FLAIR (22.0 ± 6.4 vs. 16.7 ± 3.6 , $p=0.009$) und hat sich nicht signifikant vom SNR der trueDIR unterschieden (22.0 ± 6.4 vs. 22.4 ± 7.9 , $p=0.87$).

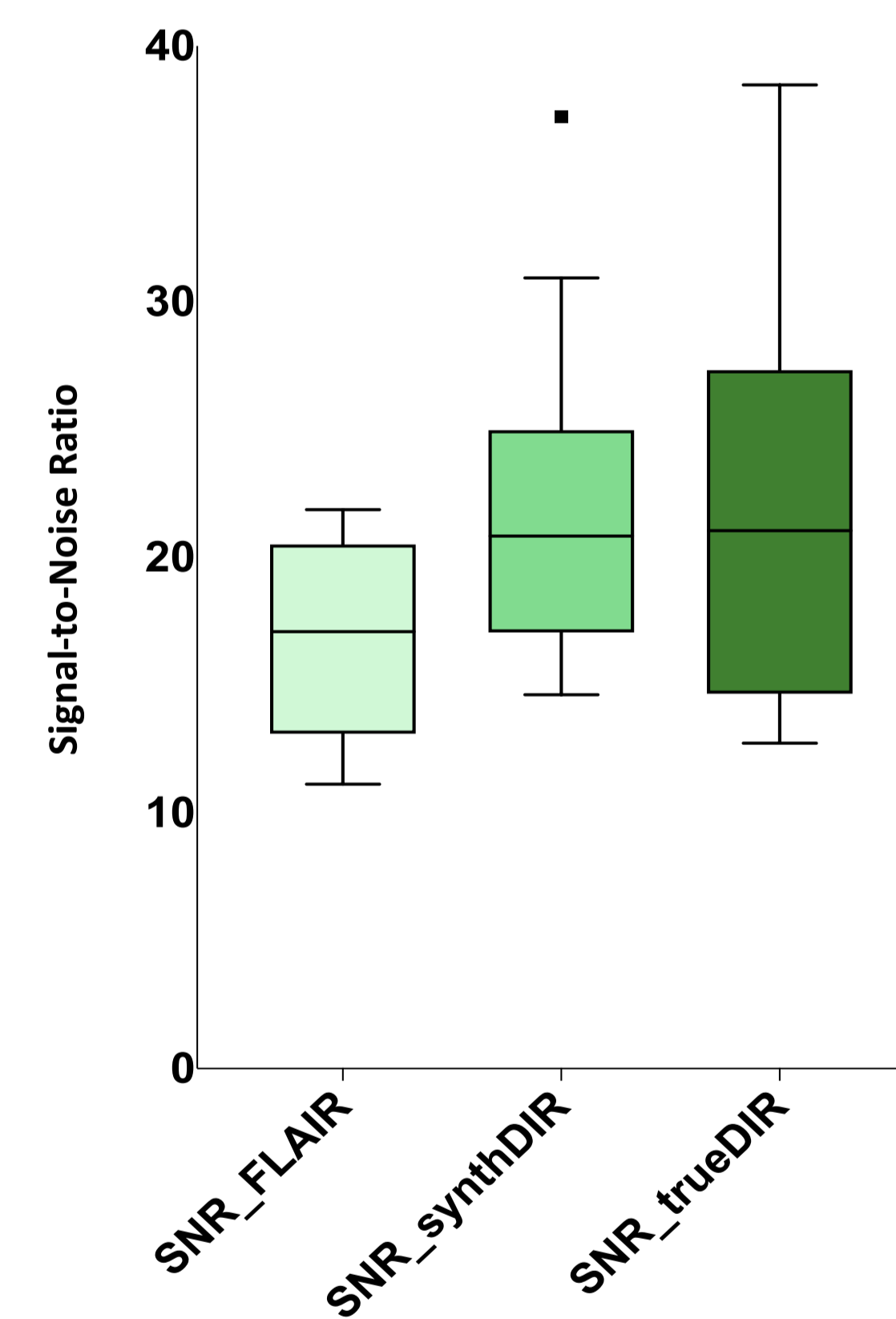


Abbildung 4: Signal-to-Noise Ratio der untersuchten Sequenzen.

Schlussfolgerung

Die künstliche Synthese einer DIR verbessert die Detektierbarkeit von Marklagerläsionen im Vergleich zu Standardsequenzen und ist einer reell akquirierten DIR nicht unterlegen. Die initialen Stärken der DIR werden dabei durch die verbesserte Detektion juxtakortikaler Läsionen bestätigt. Unsere Methode kann eine breitere DIR-Nutzung mit nur geringer technischer Aufwendung begünstigen und verbildlicht wie maschinelle Methoden synthetisches Bildmaterial für spezifische Fragestellungen generieren können.

Quellen

1. Hongwei Li JCP, Anjany Sekuboyina, Florian Kofler, Jianguo Zhang, Jan S. Kirschke, Benedikt Wiestler, Bjoern Menze (2019) DiamondGAN: Unified Multi-Modal Generative Adversarial Networks for MRI Sequences Synthesis. arXiv pre-print. arXiv:1904.12894.