

DER DIGITALE RÖNTGENASSISTENT

Manuel Laufer, Dominik Mairhöfer, Dr. Malte Sieren, Dr. Hauke Gerdes, Dr. Fabio Leal dos Reis, Dr. Arpad Bischof, Dr. Thomas Käster, Prof. Erhardt Barth, Prof. Jörg Barkhausen, Prof. Thomas Martinetz

EINLEITUNG

Röntgenbilder gehören zu den am häufigsten durchgeführten radiologischen Untersuchungen in der klinischen Routine und sind ein wesentlicher Bestandteil diagnostischer Prozessabläufe zahlloser Pathologien. Dementsprechend werden hohe Qualitätsanforderung an die Röntgendiagnostik gestellt, welche nicht immer einfach zu erfüllen sind. Ungenügende Röntgenbildqualität, führt zur Wiederholung von Aufnahmen mit erneuter Strahlenexposition, Verzögerung der Diagnosestellung und Fehldiagnosen.

Das Ziel des Projektes „Digitaler Röntgenassistent“ ist die Entwicklung eines KI-gestützten Assistenzsystems für die Anfertigung von Röntgenbildern. Dieses setzt sich aus der Echtzeit-Erfassung der untersuchten Anatomie durch 3D Time-of-Flight (ToF) Kameras und der automatisierten, KI-gestützten Qualitätsbewertung von ToF- und Röntgenbildern zusammen. Beide Komponenten werden zusammengeführt, um die aktuelle Patientenposition zu bewerten. Dieses Assistenzsystem soll die MTRA unterstützen, die Qualität von Röntgenaufnahmen und die medizinische Versorgung zu verbessern.

METHODEN

Training eines KI Algorithmus zur Bewertung von Röntgenbildern

Die Kernherausforderung in der Röntgendiagnostik ist die korrekte Positionierung des Patienten vor der Röntgenröhre. Nur so können standardisierte Projektionen, und damit eine gute diagnostische Qualität erzielt werden.



Abb. 1: a) Qualitativ hochwertige Röntgenaufnahme, b) Die Knochenkonturen des oberen Sprunggelenks sind nicht überlagert und der Gelenkspalt ist frei einsehbar (grün). c) Röntgenaufnahme in Fehlstellung mit eingeschränkter diagnostischer Aussagekraft. d) Die Knochenkonturen sind überlagert (rote Dreiecke).

Um die Qualität der Röntgenaufnahmen automatisch zu bewerten, bedarf es von Experten annotierter Daten. Wir haben unser Bewertungssystem, welches auf anatomischen Merkmalen (Abb. 1) basiert, auf fünf Qualitätsstufen erweitert. Damit sind nun mehr als 800 Röntgenbilder des Kniegelenks, 200 von Handgelenken und 2000 von oberen Sprunggelenken (OSGs) bewertet worden. Zur automatischen Bewertung von Röntgenbildern haben wir ein Framework entwickelt und mit diesen Daten trainiert.

Training eines KI Algorithmus zur Vorhersage der Röntgenbildqualität auf Time-of-Flight Kameraaufnahmen

Für die Bewertung der Patientenposition mittels der 3D ToF Kameras war es notwendig, Trainingsdatenpaare, bestehend aus dem 3D Kamerabildern und dazugehörigen annotierten Röntgenbildern, zu erstellen.

Wir fertigten mittels drei anatomischen Präparaten mehr als 260 Kamera-Röntgenbildpaare in verschiedenen Projektionen und Qualitätsstufen an (Abb. 3). Mittels dieser Bilddatenpaare wird aktuell ein Neuronales Netz zur automatischen Positionsbewertung trainiert.

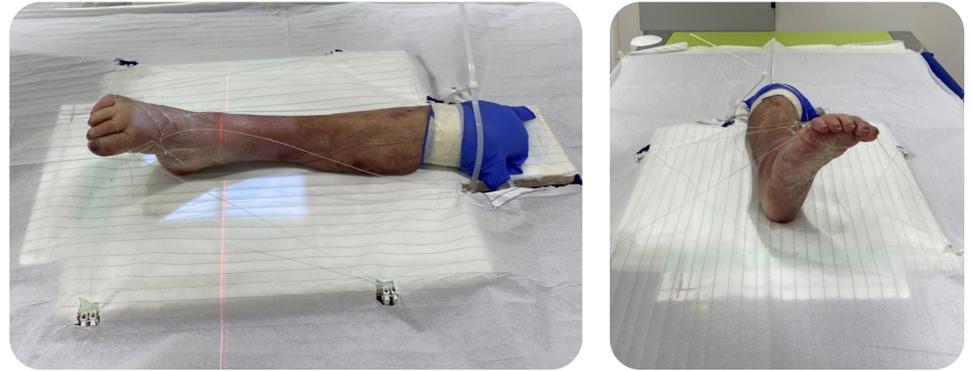


Abb. 3: Anatomisches Präparat in typischer Position auf dem Röntgentisch für eine anterior-posterior Aufnahme des OSGs.

Erstellung eines Prototypen einer ToF-Kamerahalterung für Röntgengeräte

Um die ToF-Kameras am Röntgengerät zu befestigen, haben wir eine Kamerahalterung für Röntgengeräte konstruiert und einen 3D-gedruckten Prototypen gefertigt (Abb. 4). Diese Konstruktion wurde so entwickelt, dass der digitale Röntgenassistent im klinischen Alltag verwendbar ist, ohne MTRAs oder Patienten einzuschränken.



Abb. 4: Frontal und seitliche Aufnahme des 3D-gedruckten Kamerahalterungsprototypen.

RESULTATE

Training eines KI Algorithmus zur Bewertung von Röntgenbildern

Zuvor konnten wir bereits zeigen, dass wir von Röntgenbildern des OSGs die Bildqualität mit einer Genauigkeit von ca. 93% vorhersagen können. Die gleiche Vorhersagequalität ließ sich auch für Röntgenbilder des Kniegelenks erzielen. Die Ergebnisse für die Handgelenke stehen noch aus.

Training eines KI Algorithmus zur Vorhersage der Röntgenbildqualität auf Time-of-Flight Kameraaufnahmen

Die Auswertung der Ergebnisse zur Vorhersage der Röntgenbildqualität auf ToF-Kameradaten ist noch nicht abgeschlossen. Erste Prognosen legen jedoch nahe, dass auf Grundlage von ToF-Kameradaten die Positionsbewertung durchgeführt werden kann.

VERWERTUNG

Aufgrund hoher regulatorischer Hürden, ist unser Ziel zunächst die Qualitätsbewertung von Röntgenbildern im klinischen Einsatz an zwei bis drei medizinischen Einrichtungen national und international zu testen. Dazu wird unser Gelenkportfolio noch um Ellenbogen-, Schultergelenk und Handwurzel erweitert. Nach erfolgreichen Tests ist eine Inverkehrbringung, sowie Vermarktung als Medizinprodukt geplant.

Die Ergebnisse der Experimente mit den anatomischen Präparaten unter Nutzung der Kamerahaltung soll veröffentlicht werden.

Weiterhin läuft eine Anmeldung von Schutzrechten für das Generieren von synthetischen Daten.

Mit diesen Bemühungen schaffen wir ein innovatives KI-Anwendungsbeispiel, das ein Bindeglied zwischen menschlicher Expertise und fortschrittlicher Technologie aufzeigt, um eine etablierte Schlüsseldiagnostik wesentlich zu optimieren.