

AP 370 - Interventionsunterstützung zur Repositionierung von Knochenfragmenten bei Beckenfrakturen (PELVIS)

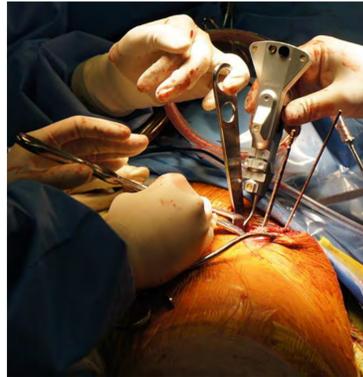
Stephanie Häger¹, Jan Hendrik Moltz¹, Andreas Petersik², Ralf Schwanbeck², Jan Modersitzki¹ (Projektleitung)

1) Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS 2) Stryker, Schönkirchen

Projektziel: Interventionsunterstützung für komplexe Beckenfrakturen

Stand der Technik:

- Operationen erfordern aufwändiges 3D-Navigationssystem
- Tracker müssen dazu invasiv am Becken angebracht werden



Typische Pelvis Operation^{*)}

Neuer Ansatz:

- **KI-gestützte 3D-Navigation** auf Basis von 2D-Röntgenbildern
- Besserer Outcome bei substanzieller Zeiteinsparung

^{*)} Bildquelle: Takao M et al., „Clinical Application of Navigation in the Surgical Treatment of a Pelvic Ring Injury and Acetabular Fracture“, Intelligent Orthopaedics 2018

Projektüberblick

Herausforderungen:

- Bestimmung der Korrespondenzen zwischen 2D-Röntgenbildern und 3D-Becken-CT
- Hohe Variabilität der Beckenfrakturen erfordert den Einsatz gestützter Verfahren
- Begrenzte Verfügbarkeit von korrespondierenden Frakturabbildern für das Training der KI-Methoden

Lösungen:

- Nutzung des KI-SIGS-Ökosystems zum Austausch klinischer Bilddaten
- **KI-gestützte Generierung** korrespondierender Trainingsdaten auf Basis der klinischen Bilddaten
- Entwicklung eines **KI-gestützten Verfahrens** zur Bestimmung der 2D-3D-Korrespondenzen

KI-gestützte Generierung korrespondierender Trainingsdaten

Aus 3D-Becken-CTs werden korrespondierende 2D-Röntgenbilder simuliert:

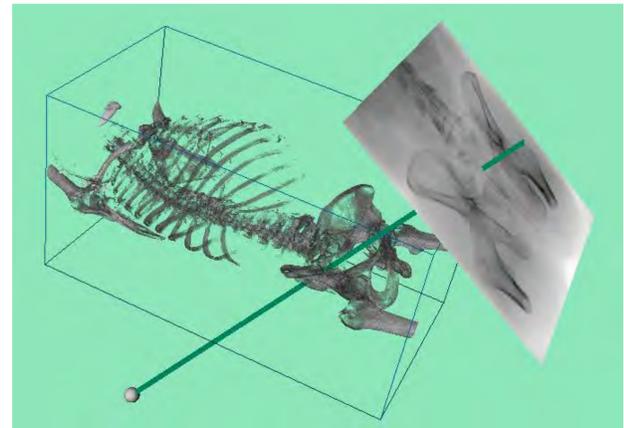
- Erzeugung von DRRs unter Modellierung der Projektionsgeometrie [2]
- Simulation von Verdeckungen durch OP-Instrumente [2]
- Simulation der Röntgenbild-Charakteristika durch Verwendung eines **Cycle GANs** [1]
- Übertragung der 3D-Expertensegmentierung auf die simulierten 2D-Röntgenbilder



Klinisches Röntgenbild (links), simuliertes 2D-Röntgenbild (Mitte) mit zugehöriger 2D-Segmentierung (rechts).

2D-3D-Korrespondenzen

Das 3D-Planungs-CT ist so zu orientieren, dass sich bezüglich der Projektionsgeometrie das während der Intervention gemessene 2D-Röntgenbild einstellt.



Visualisierung des 3D-Planungs-CT und eines 2D-Röntgenbildes mit entsprechender Projektionsgeometrie (grüne Linie von der Strahlenquelle durch das Projektionszentrum).

KI-gestütztes Verfahren zur automatisierten Bestimmung von 2D-3D-Korrespondenzen [2]

- **Entwicklung** von **KI-gestützten Verfahren zur Segmentierung** der knöchernen Beckenregion in
 - 3D-Planungs-CTs
 - 2D-Röntgenbilder
- **Ermittlung** des Projektionszentrums als Schwerpunkt der knöchernen Beckenregion im 3D-Planungs-CT
- **Fokussierung**: Konzentration auf die sichtbare knöcherne Beckenregion im 2D-Röntgenbild, Ausschluss von Artefakten
- **Optimierung**: Bestimmung der Projektionsgeometrie durch Vergleich einer Bilddistanz zwischen Röntgenbild und DRRs

Vorteile:

- Einfach: Bild-basiert, kein 3D-Navigationssystem erforderlich
- Robust: automatische Fokussierung auf relevante Strukturen
- Schnell: KI-gestützte Segmentierungen
- Valide: Erfolgsrate von 96,7% (erste Validierungsstudien für simulierte Röntgenbilder [2])

Wirtschaftliche & wissenschaftliche Verwertung

Integration in die Stryker ADAPT-Umgebung (siehe Abbildung)

- Akquise adäquater klinischer Daten
- Validierung des KI-gestützten Verfahrens



Im Projekt entstandene Publikationen:

[1] Himstedt M et al.,

„DRR to C-arm X-Ray Image Translation with Application to Trauma Surgery“, CARS 2021

[2] Häger S et al.,

„RobIn: Robust intensity-based initialization for 2D-3D pelvis registration“, eingereicht zur BVM 2022