

Florian Tobias André

Dr. med.

## **Experimentelle Visualisierung und Evaluation von Koronarstents in der kardialen Computertomographie**

Fach: Innere Medizin

Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Henning Steen

Die Koronare Herzkrankheit ist weltweit eine der führenden Ursache für Morbidität und Mortalität. Die perkutane Koronarintervention mit Stentimplantation stellt gegenwärtig das Standardverfahren zur Therapie dar, ist jedoch mit dem Risiko der In-Stent Restenose (ISR) und der Stentthrombose verbunden, welche wiederum häufig mit einer myokardialen Ischämie bis hin zum Herzinfarkt assoziiert sind. Daher ist die Entwicklung und Verbesserung nicht-invasiver Verfahren zur schnellen und sicheren Detektion dieser Komplikationen von hohem klinischem und sozioökonomischem Interesse.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Phantom konstruiert, das hinsichtlich der Röntgenabsorption eine hinreichende Ähnlichkeit zum menschlichen Körper aufweist und eine standardisierte Messung von Stents im CT und MRT ermöglicht. Es wurden 56 Koronarstents mehrerer Hersteller mit unterschiedlicher Bauart, Größe und verschiedenem Material im 256-MSCT gescannt und mittels vier verschiedener Kernel (XCD, CD, CC XCB) rekonstruiert. Ferner wurden 16 Stents in einen Gerätevergleich zwischen dem 256-MSCT und einem DSCT der 1. Generation eingeschlossen, wozu Scanprotokolle entsprechend der klinischen Routine verwendet wurden. Die Auswertung der Rekonstruktionen hinsichtlich des Artificial Lumen Narrowing (ALN) beziehungsweise des sichtbaren Stentlumendurchmessers erfolgte sowohl mittels einer visuellen Methode als auch mit dem technischen und weitgehend untersucherunabhängigen Full Width at Half Maximum (FWHM)-Algorithmus.

Der XCD-Kernel wies bei der visuellen Auswertung sowohl insgesamt (XCD:  $36\pm 7$  %, CC:  $45\pm 11$  %, CD:  $45\pm 10$  %, XCB:  $42\pm 10$  %) als auch in allen Stentgrößengruppen die signifikant geringsten ALN-Werte auf ( $p < 0,001$ ). Zudem war die Messwertekonstanz bei Verwendung des XCD-Kernels signifikant höher ( $p < 0,05$ ). Allerdings trat insbesondere bei kleinen Stents (Diameter  $< 3$  mm) ein Halo-Effekt auf, der trotz gut abgrenzbarer Stentstrebenkanten in das Lumen einstrahlte und somit die Beurteilung erschwerte. Der XCD-Kernel wies in zwei von drei Stentgrößengruppen – einmal zusammen mit dem CD-Kernel – signifikant näher am Optimum liegende Attenuation-Werte als die

anderen Kernel auf. Ferner zeigte er die höchste Konstanz der Attenuation-Werte bei zunehmendem Stentdurchmesser, während in der Gruppe der Stents mit einem Durchmesser  $>3$  mm der CC- und der CD-Kernel negative Werte aufwiesen. Das Noise war bei Verwendung des XCB-Kernels am geringsten (XCD:  $21,1 \pm 2,9$  HU, CC:  $19,9 \pm 2,2$  HU, CD:  $34,9 \pm 4,6$  HU, XCB:  $15,8 \pm 1,9$  HU;  $p < 0,001$ ), wobei die absoluten Differenzen eher gering waren. Hinsichtlich des mittels der FWHM-Methode bestimmten relativen Stentlumendurchmessers (rSLD) zeigte sich, dass Stents mit einem Durchmesser  $\geq 3,5$  mm signifikant höhere Werte als bei geringerem Durchmesser aufwiesen ( $p < 0,05$ ). Auch der Anteil von Stents mit einer guten oder moderaten Lumenvisualisierung lag in dieser Gruppe deutlich höher. Das Attenuation to Noise-Ratio (ANR) nahm mit zunehmender Stentgröße ab. Sowohl der visuelle Ansatz als auch der FWHM-Algorithmus ergaben einen niedrigen Variationskoeffizienten (5,3 % beziehungsweise 1,8 %), wobei mit Ausnahme der mittels des CD-Kernels rekonstruierten Stents der FWHM-Algorithmus signifikant geringere Stentlumendurchmesser aufwies ( $p < 0,05$ ). Es wurde ein Katalog der 56 Koronarstents erstellt, der als Referenz zur Einschätzung eines Stents in der klinischen Routine dienen kann. Im Gerätevergleich zeigten das DSCT und das 256-MSCT eine exzellente Übereinstimmung des rSLD ( $50,7 \pm 7,2$  % gegenüber  $50,8 \pm 7,4$  %;  $p = 0,98$ ). Das DSCT wies signifikant geringere sowie im Durchschnitt negative Attenuationwerte auf ( $-19 \pm 25$  HU gegenüber  $54 \pm 29$  HU;  $p < 0,001$ ). Das Noise beider Geräte war vergleichbar (256-MSCT:  $20 \pm 2$  HU gegenüber DSCT:  $21 \pm 2$  HU;  $p = 0,1$ ). Das ANR war im DSCT signifikant geringer ( $p < 0,001$ ); das 256-MSCT hatte ein signifikant höheres Signal to Noise-Ratio ( $p < 0,001$ ). Aufgrund der unterschiedlichen Protokolle und Funktionsweisen der Geräte war die Strahlenexposition, welche als  $CTDI_{vol}$  ausgegeben wurde, im DSCT signifikant höher ( $87$  mGy gegenüber  $51$  mGy;  $p < 0,01$ ).

Der XCD-Kernel ist hinsichtlich der Stentlumendarstellung den anderen im 256-MSCT verwendeten Kernen überlegen und sollte daher bei Patienten mit Koronarstents zusätzlich zum Standardkernel zur Anwendung kommen. Weitere experimentelle und klinische Studien sind erforderlich, um die in-vitro hohe Leistungsfähigkeit des 256-MSCT bei der Darstellung von Stents mit einem Durchmesser von  $3,0$  mm zu verifizieren. Während der ISR-Ausschluss bei größeren Stents möglich ist, sollte von der klinischen Evaluation von Stents mit einem Durchmesser kleiner  $3,0$  mm derzeit noch abgesehen werden. Das 256-MSCT und das DSCT sind in Bezug auf den abgebildeten Durchmesser des Stentlumens gleichwertig. Die Attenuation-Werte des DSCT liegen näher am Optimum von 0. Es stellt das Stentlumen jedoch dunkler dar, was die Erkennung von low attenuation filling defects erschweren könnte.

Die Weiterentwicklung der CT-Geräte und Kernel, die Verwendung iterative Algorithmen und dosisparender Protokolle sowie der Einsatz bioresorbierbarer Stentmaterialien können in Zukunft zu einer weiteren Verbesserung der Stentdarstellung und somit zu einem breiteren Anwendungsspektrum der kardialen computertomographischen Angiographie führen.