

Marko Ostovic  
Dr. med.

## **Vergleich computergestützter Bildnachverarbeitungsverfahren für die Quantifizierung vaskulärer Geometrien am Beispiel der Aorta von Patienten**

Geboren am 26.04.1981 in Zagreb  
Staatsexamen am 23.04.2009 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Radiologie  
Doktorvater: Prof. Dr. med. Hans-Ulrich Kauczor

Ziel dieser Arbeit war der Vergleich klinisch relevanter geometrischer Messparameter drei kommerzieller Softwarepakete zur präoperativen Planung endovaskulärer Aortenrekonstruktionen mit Blick auf Genauigkeit, Stabilität, Schnelligkeit, Reproduzierbarkeit, Benutzerfreundlichkeit und Morphometrie der Gefäße. Die Messungen der wichtigsten Eigenschaften dieser Softwareprogramme wurden sowohl an „Aorten-Phantomen“, die zur Eichung eingesetzt wurden, als auch an einer Kohorte von 48 Patienten durchgeführt. Die Schnelligkeit und Effizienz der Softwareumgebung wurde anhand der Ladezeit für die CT- Bilder, der Berechnungszeit der Centerline und der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse untersucht.

Alle drei Softwarepakete lieferten Ergebnisse, die sehr nahe an die tatsächlichen Werte der Aortenphantome herankamen (max. Abweichung 3,38%, min. 0,35%). Die Analyse der Patientenkohorte ergab nur in wenigen Fällen größere Unterschiede (in einem Fall 21%) zwischen den Centerline-Messungen. Die Untersuchung der Reproduzierbarkeit anhand von wiederholten Messungen an den Phantomern und an der Hälfte der zufällig ausgewählten Patienten ergab eine maximale Abweichung von 3,1% im Vergleich zu den ersten Messungen.

Mit Hilfe der statistischen Parameter Intraklassenkorrelationskoeffizienten ICC2 und ICC3 konnte eine sehr gute Übereinstimmung zwischen allen drei Softwarepaketen festgestellt werden (ICC2 und ICC3 zwischen 0.82 und 0.98). Allerdings haben alle drei Softwarepakete eindeutig bei der Messung des Außendurchmessers der A. carotis communis sinistra auf einen durch einen Intraklassenkoeffizienten von ca. 0.62 möglicherweise systematischen Fehler hingewiesen, und zwar dass die Messung von einem Gefäß, das sich in der Nähe von einem ähnlichen Gefäß befindet, weniger zuverlässig ist als die Messung von einem Gefäß, welches einen größeren Abstand zu einem vergleichbaren Gefäß hat. Zum einen könnte dieser Unterschied dadurch bedingt sein, dass bei allen Softwarepaketen die Messgenauigkeit darunter leidet, in welchem Abstand sich zwei Gefäße voneinander befinden. Ist der

Abstand zu klein, kann es möglicherweise zur Interferenz kommen, die im Nachhinein in unterschiedlichen Ergebnissen resultiert. Zum anderen ist es denkbar, dass in den numerischen Ausgangsdaten (sprich CT-Bildern) bei zu kleinem Abstand zweier Gefäße die Informationen über diese nicht klar voneinander getrennt sind bzw. die Software nicht unterscheiden kann, zu welchem Gefäß welcher Ausschnitt aus dem CT-Bild zugeordnet wird. Eine weitere Fehlerquelle könnte ebenfalls die Krümmung des Aortenbogens sein: Aus den Benutzerhandbüchern der drei Softwarepakete kann man nicht schließen, ob die Krümmung überall mit konstantem Radius angenommen bzw. berechnet wird oder mit einem variablen (Der Aortenbogen ist nicht ideal kreisförmig sondern seine Geometrie ändert sich im Verlauf der Krümmung).

Alle drei Programme zeichneten sich durch eine hohe Systemstabilität und vergleichbare Bedienerfreundlichkeit aus. Bei der subjektiven Beurteilung der Bedienerfreundlichkeit erwies sich das Arbeiten mit dem Programm 3Viseon am angenehmsten.

Die Schnelligkeit der drei Programme bei der Berechnungszeit der Centerline zeigte deutliche Unterschiede, die allerdings durch geschickte Manipulationen von Seiten der Benutzer verändert werden können. Die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse sind jedoch allesamt ohne „Trimming“ zur Verkürzung der Berechnungszeiten zustande gekommen.

Anhand der Untersuchungen in dieser Arbeit lässt sich feststellen, dass die Centerline-Bestimmung und die mit ihr durchgeführten Messungen eines kritischen Auges bedürfen, um insbesondere auch komplexe Anatomien untersuchen zu können. Sie sind keine „Push-Button-Technik“, bei der mit einem Knopfdruck alle Messergebnisse korrekt auf dem Bildschirm erscheinen.