

Urte Rietdorf

Dr. sc. hum.

## **Computergestützte Operationsplanung zur chirurgischen Korrektur angeborener Herzfehler**

Geboren am 06.01.1978 in Heidelberg

Master der Fachrichtung Informatik am 15.12.2006 an der Hochschule Mannheim

Promotionsfach: Medizinische Informatik

Institut: Deutsches Krebsforschungszentrum

Doktorvater: Prof. Dr. sc. hum. H.-P. Meinzer

Rund 6000 Kinder kommen in Deutschland jedes Jahr mit einer Anomalie des Herzens oder der großen Gefäße zur Welt. Insgesamt ist jedes 250. bis 100. Neugeborenen betroffen. Damit bilden angeborene Herzfehler die größte Gruppe der kongenitalen Fehlbildungen.

Die Therapieplanung zur Korrektur angeborener Herzfehler erfordert genaueste Kenntnisse der dreidimensionalen Anatomie, um räumliche Lagebeziehungen und Größenverhältnisse erfassen zu können. Diese Kenntnisse können bei komplexen Fehlbildungen allein auf Grundlage der kardiovaskulären, schichtbasierten Standardbildgebungsmodalitäten wie MRT und CT teilweise nur unzureichend gewonnen werden. Die chirurgische Korrektur verlangt jedoch präzise Vorgehensweisen, die die individuelle Anatomie des Herzens und der großen Gefäße berücksichtigen, um auf die patientspezifischen anatomischen Begebenheiten eingehen können.

Um die Diagnose und Therapieplanung zu unterstützen wurde daher eine Applikation für verschiedene Anwendungen entwickelt, die computerbasiert die Visualisierung und Planung chirurgischer Eingriffe verbessert. Die Diagnose komplexer angeborener Herzfehler wird durch diese Softwareapplikationen erleichtert, indem patientenindividuelle dreidimensionale Oberflächenmodelle des Herzens aus MRT- und CT-Daten generiert werden können. Durch das Einbringen von Expertenwissen über die individuelle Anatomie können die relevanten Strukturen aus den Schichtdaten herausgearbeitet werden, die für eine hinreichende Diagnose anhand des Oberflächenmodells unverzichtbar sind. Die Applikation ermöglicht so den Ausgleich von Artefakten, die eine Diagnose erschweren. Die Transformation der Daten in ein Oberflächenmodell erlaubt die intuitive Analyse der räumlicher Beziehungen und Größenverhältnisse. Aufgrund der dreidimensionalen Anschauung der Herzanatomie können Lagebeziehungen und Größenverhältnisse besser beurteilt werden, als durch die derzeit rein diagnostischen Kapazitäten der kardiovaskulären Bildgebung. Präzise Kenntnisse der Anatomie sind für eine hinreichende Diagnosestellung jedoch unabdingbar. Durch die dreidimensionalen Modelle können so auch bei komplexen Anatomien, bei denen die hinreichende Diagnose auf Grundlage der Standardmethoden nicht möglich ist, eindeutige Diagnosen gestellt werden und daraus resultierend die Planung zur chirurgischen Therapie erfolgen.

Eine häufig eingesetzte Methode zur Korrektur schwerer angeborener Herzfehler liegt in der Verwendung von Patchmaterialien. Diese Technik wird bei Operationen zur Korrektur der großen Gefäße, bei Septumdefekten oder Fehlmündungen der rechts- bzw. linksventrikulären Ausflusstrakte eingesetzt, was zusammen etwa 60\% aller angeborenen Herzfehler umfasst. Im Bereich der großen Gefäße wird Patchmaterial implantiert, um verengte Gefäßabschnitte zu weiten. Die Quantifizierung eines eingengten Gefäßabschnittes erfolgt in der klinischen Routine auf Durchmessermessungen der Stenose innerhalb des Lumens. Die Planung der Form und Größe eines Patches, der zur Erweiterung des Gefäßes bei einer Patchaortoplastie implantiert wird, erfolgt derzeit intraoperativ auf Grundlage des chirurgischen Erfahrungsschatzes.

Durch die Entwicklung einer Applikation zur Aortenpatchplanung kann die Vorbereitung präoperativ erfolgen. Anhand der computerbasierten dreidimensionalen Quantifizierung der Gefäßdurchmesser entlang der Aorta kann der stenotische Bereich dreidimensional vermessen und beurteilt werden. Auf den ermittelten Werten basierend wird ein Schnittmuster in passender Form und Größe erstellt, wodurch der Patch präzise so an die Anatomie angepasst werden kann, dass die Stenose ausgeglichen wird. Die Planung auf akquirierten MRT-Daten erlaubt das präoperative Vorbereiten des Patches. Dadurch kann intraoperativ die Zeit zum Zuschneiden und Anpassen eingespart werden.

Zur Korrektur von Fehlmündungen im rechts- oder linksventrikulären Ausflusstrakt, oder zur Erschaffung eines univentrikulären Kreislaufsystems müssen künstliche Gefäßabschnitte aus Patchmaterial erschaffen werden, die das Blut in die entsprechenden Gefäße weiterleiten. Diese tunnelartigen Patches können sowohl intra- als auch extrakardial eingesetzt werden, um durch die Anomalie verbundene Kreisläufe wieder zu trennen oder das Blut bei einer univentrikulären Korrektur am Herzen vorbei zu leiten, ohne es zu passieren. Die Länge, Form und Größe des zu konstruierenden Tunnels muss präzise an die individuelle Herzanatomie angepasst werden, um die Strömungsdynamik zu optimieren und umliegende Strukturen nicht zu beeinträchtigen. Die hierzu entwickelte Applikation ermöglicht das Planen des Tunnels auf Grundlage von MRT-Datensätzen. Die Position, Form und der Durchmesser können vom Benutzer im dreidimensionalen Raum auf Grundlage der akquirierten Schichtdaten definiert werden, um eine genaue Adaption an die vorhandenen Strukturen zu ermöglichen. Die Quantifizierung und Visualisierung des geplanten Tunnels zusammen mit den akquirierten Daten erlaubt bereits im Vorfeld eine Analyse der Länge und des Durchmessers entlang des Tunnels. Dies ermöglicht die präoperative Validierung und erlaubt eine bessere Einkalkulation der Längenzugabe des Tunnels, die aufgrund des erwarteten Wachstums des Patienten notwendig ist. Die Generierung eines zweidimensionalen Schnittmusters, auf dessen Grundlage die Rekonstruktion des dreidimensionalen Tunnels ermöglicht wird, erlaubt ein präoperatives Vorbereiten und somit ebenfalls eine intraoperative Zeitersparnis.

Die entwickelten Applikationen kann die Diagnose und präoperative Therapieplanung optimieren und mit einer Verringerung der Morbidität die Operationsresultate direkt, mittel- und langfristig verbessern. Dadurch steigt die Lebensqualität der Patienten und ihrer Angehörigen.