

Jennifer Engelke

Dr. med.

## **Computational Fluid Dynamics-Analyse der Hämodynamik herzinsuffizienter Patienten mit partieller mechanischer Kreislaufunterstützung**

Fach/Einrichtung: Chirurgie

Doktorvater: Prof. Dr. med. Arjang Ruhparwar

Mechanische Kreislaufunterstützung spielt eine zunehmende Rolle in der Behandlung herzinsuffizienter Patienten. Partielle mechanische Kreislaufunterstützung ist ein bisher wenig genutztes, aber vielversprechendes Konzept in dem Bereich der mechanischen Kreislaufunterstützungssysteme. Die Auswirkungen eines verbliebenen relevanten Auswurfs aus dem Herzen auf die Hämodynamik sind bisher kaum untersucht. Ein Verständnis der veränderten Hämodynamik ist für eine Weiterentwicklung des Konzeptes und der Systeme unabdingbar. Computational Fluid Dynamics ist eine alternative, zunehmend genutzte Methode um hämodynamische Veränderungen räumlich und zeitlich darzustellen. In dieser Studie habe ich anhand der anatomischen und physiologischen Daten von zehn Patienten mit einer implantierte Circulite Synergy Micro-Pump Computational Fluid Dynamics Simulationen über einen gesamten Herzzyklus erstellt und analysiert. Die Patienten wurden anhand ihrer verbliebenen nativen Auswurfleistung in zwei Gruppe eingeteilt (Gruppe 1 Herzminutenvolumen  $5,5 \pm 1,1$  l/min; Gruppe 2 Herzminutenvolumen  $1,7 \pm 0,7$  l/min). Durch den Blutfluss aus der Circulite Pumpe in die rechte Arteria subclavia kam es zu einer Flussumkehr im Truncus brachiocephalicus während der Diastole. Die Circulite Pumpe bot in den Simulationsergebnissen einen Unterstützungsfluss in die systemische Zirkulation von  $1,5 \pm 0,8$  l/min. Die Unterstützung war während der Diastole am höchsten und fiel während der Systole aufgrund einer Flusskollision zwischen dem Fluss aus der Pumpe und dem Auswurf aus dem Herzen ab. Während der Systole kam es schlussendlich zu einem antegraden, physiologischen Fluss im Truncus brachiocephalicus. Dieses Phänomen ist in der Gruppe 1 signifikant ausgeprägter ( $-2,18 \pm 1,08$  l/min vs.  $0,23 \pm 0,59$  l/min;  $p = 0,002$ ). Durch diese Veränderungen des Flussprofils kommt es zum einen zu Regionen erniedrigter Wandschubspannung und erhöhten Druck im Kollisionsbereich sowie zum anderen zu erhöhten Drücken in der Circulite Ausflusskanüle während der Systole ( $1785,1 \pm 1059,1$  Pa systolisch vs.  $676,9 \pm 573,8$  Pa diastolisch,  $p = 0,012$ ). Auch das Flussprofil in der rechten

Arteria subclavia, wo die Ausflusskanüle anastomosiert wird, ist deutlich verändert mit erhöhten Flusswerten insbesondere während der Diastole und damit verbundenen erhöhten Werten der Wandschubspannung ( $11,20 \pm 10,07 \text{ N/m}^2$  distal,  $13,98 \pm 13,38 \text{ N/m}^2$  proximal vs.  $0,45 - 2,05 \text{ N/m}^2$  in den übrigen Gefäßen,  $p < 0,020$ ).

Diese Studie zeigt, dass Computational Fluid Dynamics Simulationen uns einen Einblick in die Veränderungen der Hämodynamik über einen gesamten Herzzyklus erlauben. Die dargestellten Veränderungen, insbesondere die Flusskollision während der Systole, zeigen, dass Ansatzpunkte für Verbesserungen in der partiellen mechanischen

Kreislaufunterstützungen bestehen. Eine periphere Anastomosierung der Ausflusskanüle rückt mit dem Ziel mechanische Unterstützungssysteme minimal invasiv zu implantieren zunehmend in den Fokus. Diese Studie beschreibt auch diesem Bereich signifikante Veränderungen der Hämodynamik, welche in der weiteren Entwicklung dieser Systeme miteinbezogen werden sollten.