

Jan-Oliver Neumann  
Dr. med.

## **Die Lebervenen und ihre Drainagegebiete – Computergestützte Analyse mit Hilfe des Operationsplanungssystems LENA**

Geboren am 12.08.1976 in Hamburg  
Staatsexamen am 20.11.2004 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Chirurgie  
Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Peter Schemmer

In der klinischen Anwendung der Leberlebenspende stellt die Sicherstellung einer ausreichenden venösen Drainage große Herausforderungen an die Operationsplanung und -technik. Insbesondere die Handhabung der mittleren Lebervene (MHV) ist bis heute ein wichtiger Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Während die Beschreibung des hepatovenösen Gefäßsystems in der Literatur bisher hauptsächlich auf anatomischen Studien an Korrosionspräparaten basiert, eröffnet die Computertechnologie hier neue Möglichkeiten der quantitativen Analyse.

In der dieser Arbeit zu Grunde liegenden retrospektiven Beobachtungsstudie wurden 56 CT-Datensätze der Leber mit Hilfe des Operationsplanungssystems LENA ausgewertet. Aus jedem Datensatz wurde der portale und hepatovenöse Gefäßbaum extrahiert und in ein virtuelles Computermodell überführt. Anschließend wurden die aus der Literatur bekannten relevanten funktionellen Endäste der portalen und hepatovenösen Gefäßbäume identifiziert und das von diesen abhängige Lebergewebe berechnet. Mit Hilfe dieser Methode entstand für jeden Datensatz ein virtuelles Modell der gefäßbasiert berechneten Couinaud-Segmente (portalvenöse Segmente, PVS) und der Drainagegebiete der Lebervenenäste (Lebervenensegmente, LVS).

Die qualitativ-anatomische Analyse der Gefäßbäume zeigte eine mit konventionellen Studien vergleichbare Häufigkeitsverteilung anatomischer Variationen der Lebergefäßarchitektur. Die qualitative Betrachtung der hepatovenösen Drainagemuster entsprach dabei in Morphologie und Häufigkeitsverteilung ebenfalls den aus der Literatur bekannten Variationen.

Nach volumetrischer Vermessung der Segmente wurde mit Hilfe einer modifizierten Kappa-Statistik die räumliche Überlappung zwischen PVS und LVS untersucht: hier zeigte sich bei Aufteilung der Leber entlang der mittleren Lebervene in eine rechte und linke Teilleber eine hochgradige räumliche Übereinstimmung zwischen den Versorgungsgebieten. Auf Segmentebene konnten hingegen keine höhergradig übereinstimmenden Bereiche identifiziert werden, so dass hier das anatomische Modell Couinauds einer Drainage der PVS durch mehrere angrenzende LVS bestätigt werden kann.

Bei der Analyse der Drainageanteile der einzelnen Lebervenen an den PVS zeigte sich ein signifikanter Einfluss anatomischer Variationen. Im Bereich der linken Hemileber führte besonders das Auftreten einer akzessorischen superomedialen Lebervene zu klinisch bedeutsamen Verschiebungen von Drainagegebieten der linken und mittleren Lebervene. Bei operativer Dissektion des linken und rechten anatomischen Leberlappens im Rahmen einer

pädiatrischen Lebendspende besteht bei Vorliegen einer in die linke Lebervene drainierenden superomedialen Vene eine erhöhte Gefahr einer Stauung des Segmentes IVa (30% Drainageanteil). Bei Vorliegen einer in die MHV mündenden superomedialen Lebervene ist bei Lebendspende der linken Hemileber ohne Rekonstruktion dieses Gefäßes der venöse Abfluss in 22% der Transplantats beeinträchtigt.

Die für die Lebendspende der rechten Hemileber besonders interessante Drainage der rechten anterioren Lebersektion (Segmente V und VIII) verteilt sich im Mittel zu gleichen Teilen auf die rechte und mittlere Lebervene. Es zeigte sich jedoch auch hier ein bedeutsamer Einfluss bekannter anatomischer Variationen: Ein weit nach lateral reichender Hauptast der mittleren Lebervene (n=13) führt zu einer dominanten Drainage dieses Segmentes durch die MHV (74.0% Drainageanteil). Da ein solcher Ast die Resektionsebene einer Lebendspende der rechten Hemileber überquert, besteht ohne venöse Rekonstruktion hier ein erhöhtes Risiko für eine postoperative venöse Kongestion. Eine durchgeführte Computersimulation dieser Eingriffe zeigte, dass ohne venöse Rekonstruktion im Durchschnitt 30% des Transplantatvolumens nur eine eingeschränkte venöse Drainage besitzen. Bei Vorliegen eines ungünstigen Aufzweigungsmusters der mittleren Lebervene kann sich dieser Anteil auf bis zu 50% erhöhen. Da die durchgeführte *in-silico*-Analyse keine Kompensationsmechanismen wie veno-venöse Shunts oder Flussumkehr in der Pfortader berücksichtigt, müssen die genannten Prozentzahlen jedoch als oberer Grenzwert einer *möglichen* postoperativen Stauung interpretiert werden. Eine Validierung dieser Ergebnisse und die Erhebung *intraoperativer* Daten sollte daher in nachfolgenden klinischen Studien erfolgen.

In dieser Arbeit konnte anhand eines Computermodells die Variabilität der venösen Drainagegebiete der Leber quantitativ demonstriert werden. Aufgrund der hier berechneten möglichen Auswirkungen anatomischer Variationen der MHV auf eine postoperative Kongestion nach Leberlebendspende der rechten Hemileber ist der Einsatz eines Operationsplanungssystems bei diesen Eingriffen dringend zu empfehlen.