

学 位 論 文 題 名

Three-Dimensional Computed Tomography Scan  
Analysis of Hepatic Vasculatures in the Donor Liver for  
Living Donor Liver Transplantation

（3D-CTを用いた生体肝移植ドナーにおける肝脈管解剖の検討）

学位論文内容の要旨

**Background**

A right lobe graft is the most commonly used allograft in adult living donor liver transplantation (LDLT). To successfully perform right lobe LDLT, the drainage volume of the middle hepatic vein (MHV) tributaries and the accessory right hepatic vein (ARHV) must be considered. Liver atrophy or almost no liver regeneration has been noted in congested area. Moreover, large congested areas can also result in infarction and may lead to septic shock. Complications caused by potentially congested areas can be prevented if an adequate functional graft volume is provided by venous reconstruction even in a right lobe graft with large congested areas. Therefore, evaluation of branching patterns and regional volume of the left medial superior vein (V4b) is essential for donor safety. Due to these findings, a right lobe graft with reconstructions of the MHV is still more common.

In the right lobe graft, multiple portal vein (PV) branches, multiple hepatic arteries and multiple bile ducts can be easily exposed on the cut surface. In such complicated cases, uniplasty or multiple anastomoses are required. However, these reconstruction techniques carry the attendant risk of anastigmatic complications.

In recent years, three-dimensional CT (3D-CT) scans have assisted in preoperative surgical planning by evaluating the morphology of hepatic vessels and tumor as well as in estimating the volume that is drained from the liver by the hepatic vein. The morphology or interrelationship among each hepatic vein, especially the RHV and MHV, are important for the successful reconstruction in LDLT. However, the interrelationships between the hepatic veins (RHV, MHV, and ARHV) and other hepatic vasculatures (PV, hepatic artery, and bile duct) have not been adequately discussed.

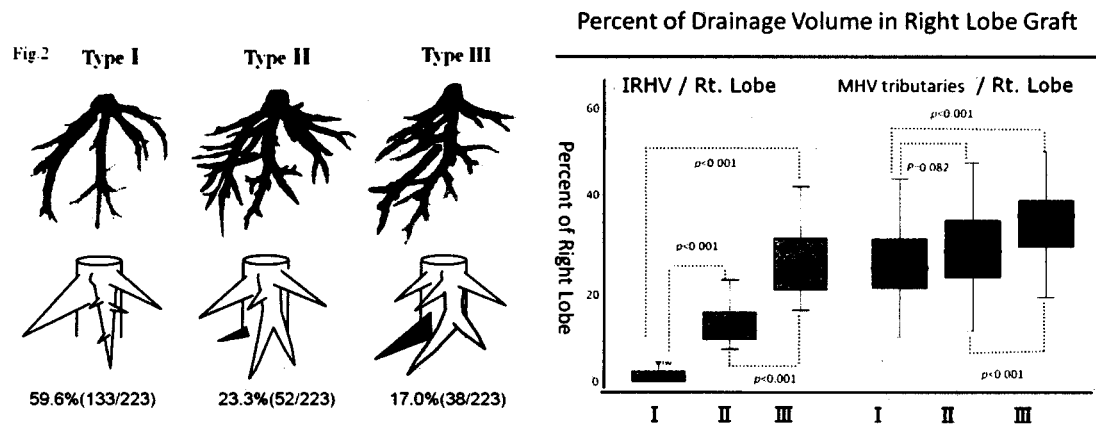
In this current study, we investigated the mutual relationships of the hepatic veins. This study sought to compare the branching patterns of the hepatic veins and their drainage volume, and to clarify the interrelationship among the intrahepatic vasculatures for surgical liver anatomy conducive to living donor liver transplantation.

**Patients and Methods**

From August 2002 to May 2009, 223 potential liver donors were analyzed using 3-D analysis software. One hundred thirteen of them were donor candidates and 110 subsequently underwent surgery for graft harvesting as donor. All data were transferred to a 3D workstation (Virtual Place, AZE, Tokyo, Japan). *Not only the volume of the whole liver and the right and left lobe, but also the drainage volume of each hepatic vein and their branches were calculated.*

**Result**

The hepatic veins can be classified into the following 3 types on the basis of the anatomical presentation of the accessory right hepatic vein (ARHV): Type I (59.6%), ARHV absent; Type II (23.3%), size of ARHV < RHV; and Type III (17.0%), size of ARHV ≥ RHV. With regard to the interrelationship among each hepatic vein, the drainage volume of the middle hepatic vein (MHV), especially its tributaries in the right lobe, increased with increasing size of the ARHV ( $p < 0.001$ ). Moreover, with respect to the volume that is drained from the right lobe by the branches of the MHV (V5 and V8), the percentage of both V5 and V8 varied significantly for all 3 types (V8:  $p < 0.05$ , V5:  $p < 0.05$ ) and increased significantly from Type I to Type III (V5: Average:  $17.3\% \pm 8.5\%$ , Type I:  $15.6\% \pm 7.9\%$ , Type II:  $18.4\% \pm 8.4\%$ , Type III:  $21.6\% \pm 9.1\%$ ; I vs. II:  $p = 0.259$ , I vs. III:  $p < 0.01$ , II vs. III:  $p = 0.050$ ; V8: Average:  $12.6\% \pm 5.9\%$ , Type I:  $12.0\% \pm 5.6\%$ , Type II:  $12.6\% \pm 5.0\%$ , Type III:  $14.9\% \pm 7.2\%$ ; I vs. II:  $p = 0.958$ , I vs. III:  $p = 0.027$ , II vs. III:  $p = 0.108$ ). With Type III hepatic veins, the RHV drained  $25.1\% \pm 8.8\%$  of the right lobe, the ARHV drained  $30.5\% \pm 9.3\%$ , and the MHV drained  $41.2\% \pm 11.8\%$ . These 3 veins drained almost one third of the right lobe, and the MHV was found to provide the greatest drainage. With regard to the relationships among other hepatic vessels, type III hepatic veins typically exhibited biliary variation in 75% of the donors, while no correlation was detected between the variations in the hepatic artery and the portal vein.



**Conclusion**

In an adult living donor liver transplantation, a right lobe graft of the liver with a large ARHV is associated with a large congestive area and multiple biliary reconstructions, which may lead to highly complicated surgeries. Therefore, detailed preoperative planning is essential for the success.

# 学位論文審査の要旨

主 査	教 授	白 土 博 樹
副 査	教 授	平 野 聡
副 査	教 授	武 富 紹 信
副 査	准教授	神 山 俊 哉

## 学位論文題名

### Three-Dimensional Computed Tomography Scan Analysis of Hepatic Vasculatures in the Donor Liver for Living Donor Liver Transplantation

(3D-CTを用いた生体肝移植ドナーにおける肝脈管解剖の検討)

背景: 生体肝移植において3D-CTによる肝臓解析はグラフト選択・脈管の再建方法に有用である

目的: 肝静脈を中心に肝内脈管の相互関係を明らかにし、生体肝移植に合わせた肝臓解剖を検討した

対象と方法: 生体肝移植のドナー110人及びドナー候補113人。肝静脈を3D-CTにて右下肝静脈(IRHV)の大きさの程度(1型:IRHVなし、2型:small IRHV、3型:large IRHV)で分類、右葉左葉の容積及び各肝静脈の灌流領域とその分枝の割合、ならびに各脈管との相関を検討した。

結果: 肝静脈は1型:133例(59.6%)2型52例(23.3%)3型38例(17.0%)であった。

3型は1及び2型と比較し、胆管走行変異が多く、特に後区域(左肝管から分岐)が多かった。一方門脈・肝動脈は肝静脈の型による有意な差はなかった。3型では中肝動脈が左肝動脈から分岐するものが多かった

中肝静脈灌流割合は3型で高く、また右葉におけるMHV灌流容積、V5の灌流容積、V8の灌流容積においても3型はその割合が高かった。左葉の大きさや静脈型を検討したが傾向は認めず、門脈の分岐様式により(3分岐、後区域枝の独立分岐)により左葉の大きさに有意な差を認めた。

結語: 生体肝移植において、3型を右葉グラフトとして用いる場合、MHV分枝・IRHVの再建や複数の胆管再建を必要とする可能性があり、手術が複雑となりえる。

発表後、副査の平野聡教授から1)肝静脈の外科分類を行うことによる今後の臨床応用について、2)グループを3群に分けた場合の統計方法の選択について質問があり、申請者は1)各肝静脈間の相互関係や他の肝脈管との関係を具体的な数字で表すことで、今後生体肝移植のみならず肝臓切離術式にも応用されること、2)3群間でのそれぞれの2群を比較検討するための統計方法を選択したことと回答した。副査の神山准教授から1)3D-CTにて解析したグラフト肝容積と実際に摘出した肝臓容積との比較、相関について質問があり、申請者は1)誤差は約5%ほど実際の重量よりも少なくなる傾向があること、と回答した。

副査の武富教授から1)肝静脈のタイプと胆管の走行変異の関連について2)肝静脈タイプIの定義が右肝静脈のみとされておりながら、右下肝静脈の灌流容積が検出されていたことについて質問があり、申請者は1)これまで発生学的な見地からの説明はないものの、大きな右下肝静脈を持つ肝臓では(タイプIIIにあたる)、門脈末梢の、特に後区域枝の分岐異常と相関があることは報告されており、その場合胆管の発生も門脈に即して発達することから走行変異になることが多いのではないかと推測される、2)肝静脈タイプIは確かに3D-CT上で描出される肝静脈のなかで右下肝静脈がないものと定義したものの、実際の区分では右下肝静脈の灌流が50ml以下のものはタイプIと分類したと回答した。

最後に主査の白土から1)CT撮影の条件が肝臓解析に与える影響について質問があり、申請者は造影剤の肝静脈への分布の程度により3D-CT上での描出の正確さが変動するものの、肝静脈枝のCT上での径とその灌流容積は相関しないこと、さらにはより正確な肝静脈の描出を可能にする条件を見つけていく

ことも重要であると回答した。

本研究により各肝静脈の相互関係、肝静脈と各脈管との相互関係、さらには生体部分肝移植に即した新たな外科肝臓解剖が提示された。この論文は、肝静脈の新たな分類が生体部分肝移植でのグラフト選択に有用であるだけでなく、各肝静脈灌流容積の定量化や門脈・動脈・胆管・肝静脈との相互関係がそれぞれ臨床的意義を持つ点を示唆したことで高く評価され、今後のさらなる症例の蓄積による検討とその臨床応用が期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。