

Utilidad de la volumetría hepática semiautomática por tomografía computada para la estimación preoperatoria del peso del injerto previo a trasplante con donante vivo. Experiencia cooperativa

Daniel García¹, Camila Sotomayor¹, Rodrigo San Martín¹, Patricia Rebolledo¹, Pilar Domínguez¹, Pablo Achurra¹, Eduardo Viñuela¹, Eduardo Briceño¹, Nicolás Jarufe¹, Jorge Martínez¹, Martín Dib¹

Utility of semiautomatic hepatic volumetry by computed tomography for preoperative estimation of graft weight prior to living donor liver transplantation. cooperative experience

Introduction: Living donor liver transplantation (LDLT) is a surgical technique developed with the aim of addressing the low donation rate. Living donor selection is crucial to minimize donor risks and maximize recipient outcomes. Computer tomographic right liver volumetry (CTRLV) is one of the most important steps when planning a living donor right hepatectomy. **Methods:** Retrospective study of all patients who underwent right lobectomy for living donor liver transplantation at Red de Salud UC-CHRISTUS, between January 2016 and December 2021. CTRLV and corrected CTRLV (CTRLVc) were compared with graft weight by calculating the mean difference, using Paired sample t-test, the calculation of the Pearson's correlation coefficient to evaluate its linear correlation and the performance of the Bland-Altman (BA) test and the calculation of the intraclass correlation coefficient (ICC) to evaluate The concordance. **Objectives:** The principal aim is to determine the correlation and concordance between a semiautomatic method for estimating CTRLV and the weight of the liver graft in adult-to-adult living donor hepatectomy. As a secondary objective, we aimed to assess the concordance and correlation of a semiautomatic method for estimating CTRLV between two independent observers. **Results:** 41 patients underwent right lobectomy for living donor liver transplantation, among these, 36 had preoperative CT right liver volumetry. The mean CTRLV and CTRLVc were 902.7 ± 162 cc and 739.9 ± 132.8 cc, respectively. The graft weight (GW) average was 773.8 ± 126.9 cc. The average of the CTRLV was significantly higher than the GW (16.7% overestimation). The mean CTRLVc was still different than mean graft weight (4.4% underestimation). There was a direct linear correlation between the computer tomographic volumetry (CTV) and the GW when calculating Pearson's correlation coefficient ($r = 0.796$; $p < 0.001$). When calculating average GBWR with the estimated graft weight according to CT volumetry, it was 1.27. When recalculating this value, but with the actual graft weight (measured during surgery), the average GBWR was 1.05, considered safe in LDLT. **Conclusions:** The calculation of the CTRLV with a correction factor has a good correlation and concordance with the graft weight obtained after a right lobectomy for living donor liver transplantation. **Key words:** living donor; transplantation; volumetry.

Resumen

Introducción: El trasplante hepático con donante vivo (THDV) es una técnica quirúrgica desarrollada con el objetivo de enfrentar la baja tasa de donación. La selección del donante vivo es crucial para minimizar los riesgos del donante y maximizar los resultados en el receptor. La volumetría hepática derecha mediante tomografía computada (VTCHD) es uno de los pasos más importantes al planificar una hepatectomía derecha de donante vivo (HDDV). **Métodos:** Estudio retrospectivo de todos los pacientes en los que se realizó una HDDV en el Hospital Clínico Universidad Católica (HCUC), entre enero de 2016 y diciem-

¹Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Recibido el 2024-05-01 y aceptado para publicación el 2024-05-28

Correspondencia a:
Dr. Martín Dib.
dibmartin@gmail.com

E-ISSN 2452-4549



bre de 2021. Se compararon la VTCHD y la VTCHD corregida (VTCHDc) (correspondiente al VTCHD al cual se le agregó un factor de corrección de 1,22 que corresponde a un promedio de la proporción de sangre del injerto (VTC/1,22)) con el peso del injerto (PI) mediante el cálculo de la diferencia de medias, utilizando t de student para muestras pareadas, el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para evaluar su correlación lineal y la realización del test de Bland-Altman (BA) y el cálculo de coeficiente de correlación intraclase (CCI) para evaluar la concordancia. **Objetivos:** El objetivo primario es determinar la correlación y concordancia entre un método semiautomático de estimación de VTCHD y el peso del injerto hepático en donantes vivos adulto-adulto sometidos a hepatectomía derecha de donante vivo. Como objetivo secundario quisimos evaluar la concordancia y correlación de un método semiautomático de estimación de la VTCHD entre 2 observadores. **Resultados:** 41 pacientes fueron sometidos a una HDDV, de los cuales 36 contaban con una VTCHD. El promedio de VTCHD y VTCHDc fue de $902,7 \pm 162$ cc y $739,9 \pm 132,8$ cc, respectivamente. El promedio de PI fue de $773,8 \pm 126,9$ cc. El promedio del VTCHD fue significativamente superior al del PI (16,7% de sobre-estimación. El promedio del VTCHDc persistió siendo diferente al del PI (4,4% de sub-estimación). Existió una correlación lineal directa entre el VTC y el PI al calcular el coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,796$; $p < 0,001$). Al calcular GBWR promedio con el peso estimado del injerto según volumetría por TC este fue de 1,27. Al calcular nuevamente este valor, pero con el peso real del injerto (medido en la cirugía), el GBWR promedio fue 1,05, estando este último también sobre el valor considerado seguro en trasplante hepático de donante vivo. **Discusión y Conclusión:** El cálculo de la VTCHD con factor de corrección tiene una buena correlación y concordancia con el peso del injerto obtenido posterior a la HDDV. **Palabras clave:** donante vivo; volumetría hepática; trasplante.

Introducción

El problema de la baja tasa de donación de órganos es un factor limitante en el trasplante hepático. La creciente desproporción entre el número de candidatos alistados para trasplante hepático y la falta de donantes fallecidos, es un problema en casi todos los países y la tasa de mortalidad en las listas de espera de trasplante de hígado en el mundo oscilan entre el 5 y el 25 %^{1,2}. En este escenario, se desarrolló la técnica de trasplante hepático de donante vivo (THDV) para hacer frente a este problema, con excelentes resultados para el donante y el receptor. En este momento disponemos de datos de más de 15.000 THDV, con resultados similares a los obtenidos con injerto de donante cadáver³⁻⁵.

La técnica de THDV tiene varias ventajas para el receptor: se puede realizar el trasplante de forma electiva antes de que se produzca una descompensación grave en el receptor, se minimizan las complicaciones asociadas a la preservación del órgano, se aportan injertos de óptima calidad y se ofrece la posibilidad de trasplante hepático a pacientes seleccionados que han sido descartados como candidatos recibir un injerto hepático de donante fallecido⁶. El problema de este tipo de donación de hígado es el riesgo potencial de muerte o complicaciones graves en el donante y complicaciones técnicas en el receptor. Por esta razón, la selección de un donante ade-

cuado es crucial para minimizar las complicaciones postoperatorias del donante y mejorar los resultados tanto del injerto como del receptor⁷⁻¹⁰.

La volumetría hepática mediante tomografía computada (VTC) es uno de los pasos más importantes al planificar un THDV para obtener óptimos resultados postoperatorios tanto en el receptor como el donante¹¹. Para el donante, un volumen del remanente hepático mayor a 30-40% del volumen hepático total es necesario para disminuir el riesgo de desarrollar una falla hepática post-hepatectomía¹². Para el receptor, si el injerto hepático es muy pequeño en relación al peso del receptor se puede generar “*small-for-size syndrome*” (SFSS), el cual se refiere a la disfunción del injerto hepático dentro de la primera semana posterior al trasplante hepático, lo que se evidencia por el desarrollo de colestasia, ascitis, coagulopatía y encefalopatía en el receptor; y se diagnostica luego de excluir otras etiologías. En general, los injertos con una relación entre el peso del injerto y peso del receptor (GRWR) menor a 0,8% tienen un mayor riesgo de desarrollar este síndrome^{13,14}.

A nivel internacional existe un gran número de estudios que han demostrado una adecuada correlación entre la VTCHD y el peso del injerto¹⁵, pero a nivel nacional no hay estudios que lo hayan evaluado, es por esto que decidimos realizar este estudio con el objetivo primario de determinar la correlación

y concordancia entre un método semiautomático de estimación de VTCHD y el peso del injerto hepático en donantes vivos adulto-adulto sometidos a hepatectomía derecha de donante vivo. Como objetivo secundario quisimos evaluar la concordancia y correlación de un método semiautomático de estimación de la VTCHD entre 2 observadores.

Materiales y Métodos

Se llevó a cabo un estudio retrospectivo con datos de nuestro centro. Fueron incluidos todos aquellos pacientes en los que se realizó una hepatectomía derecha de donante vivo en el Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile, entre enero de 2016 y diciembre de 2021. Se excluyeron aquellos pacientes en los que no se realizó TC en el preoperatorio. Este estudio fue aprobado por el comité ético-científico institucional previo a la recopilación de los datos.

Análisis volumétrico

La tomografía computada (TC) se llevó a cabo con 2 tomógrafos: *TC Brilliance* con 64 canales (*Phillips Healthcare*, Cleveland, Ohio, EUA) y *TC BrightSpeed* de 16 canales (*General Electric Medical Systems*, Milwaukee, Wisconsin, EUA). Los parámetros del procedimiento para donante vivo fueron los siguientes: 120 Kv y mAs promedio 250 con corrección de dosis. Se obtuvieron las siguientes fases: sin contraste, arterial con *bolus tracking* (*threshold* 150 UH), fase porto-venosa a los 60 segundos y tardía a los 3 minutos. En todos se realizó reconstrucción de fase porto-venosa de 3mm para volumetría.

Para el análisis volumétrico semiautomático del hígado y el cálculo del VTCHD, se utilizó el sistema *LiverAnalysis* incluido en el *software Intellispace* portal V9 (*Phillips Healthcare*, Cleveland, Ohio, EUA). El proceso constó de 4 etapas: (1) Segmentación automática del volumen hepático total y vasos centrales. (2) Correlación manual con corrección de bordes, extracción de estructuras no parenquimatosas y corrección de segmentación de vasos centrales. (3) Separación de segmentos posicionando puntos de referencia asistido por el *software*. (4) Certificar la adecuada segmentación y envío de los valores de volumetría hepática al sistema de almacenamiento y distribución de imágenes médicas de nuestra institución (Figura 1).

En todos los casos, se obtuvo una nueva variable denominada VTC corregido (VTCHDc) correspondiente al VTCHD al cual se le agregó un factor de

corrección de 1,22 (VTC/1,22), que corresponde a una modificación en relación al promedio de sangre estimado en el injerto, según se describe en el estudio realizado por Hwang et al en el 2002¹⁶.

Peso del injerto (PI)

Se obtuvo el peso definitivo del injerto en pabellón luego de la hepatectomía derecha del donante con o sin preservación de la vena hepática media y posterior a la exanguinación y perfusión del injerto.

Recolección de datos

Se recabaron desde la ficha clínica electrónica, en forma retrospectiva, diversas variables de interés. Dentro de los antecedentes incluidos se encuentran variables sociodemográficas (edad, sexo e IMC), la VTC del lóbulo hepático derecho y el peso del injerto.

Además, se realizó un análisis de un subgrupo de la muestra correspondiente a 12 pacientes para evaluar la concordancia inter-observador. Para esto se utilizaron dos Radiólogos con 2 y 1 años de experiencia, los cuales realizaron la VTC en forma independiente y ciega con respecto al análisis del otro experto, previa capacitación básica.

Los datos obtenidos se recopilaron en una base de datos en el software Microsoft Excel® 2011.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software computacional Stata 14®. Las variables son presentadas utilizando estadística descriptiva. Las variables categóricas se presentan utilizando su número absoluto y porcentaje. Las variables continuas se presentan utilizando su promedio y desviación estándar (DE). Se compararon la VTCHD y la VTCHDc con el PI mediante el cálculo de la diferencia de medias, utilizando t de student para muestras pareadas, el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para evaluar su correlación lineal y la realización del *test* de Bland-Altman (BA) y el cálculo de coeficiente de correlación intraclase (CCI) para evaluar la concordancia. Para el estudio de concordancia inter-observador se utilizó el *test* de BA y ICC.

Resultados

Entre enero de 2016 y diciembre de 2021, 41 pacientes fueron sometidos a una hepatectomía derecha de donante vivo, de los cuales solo 36 contaban con una VTCHD. Los 5 restantes fueron excluidos pues solo contaban con volumetría hepática mediante resonancia magnética.

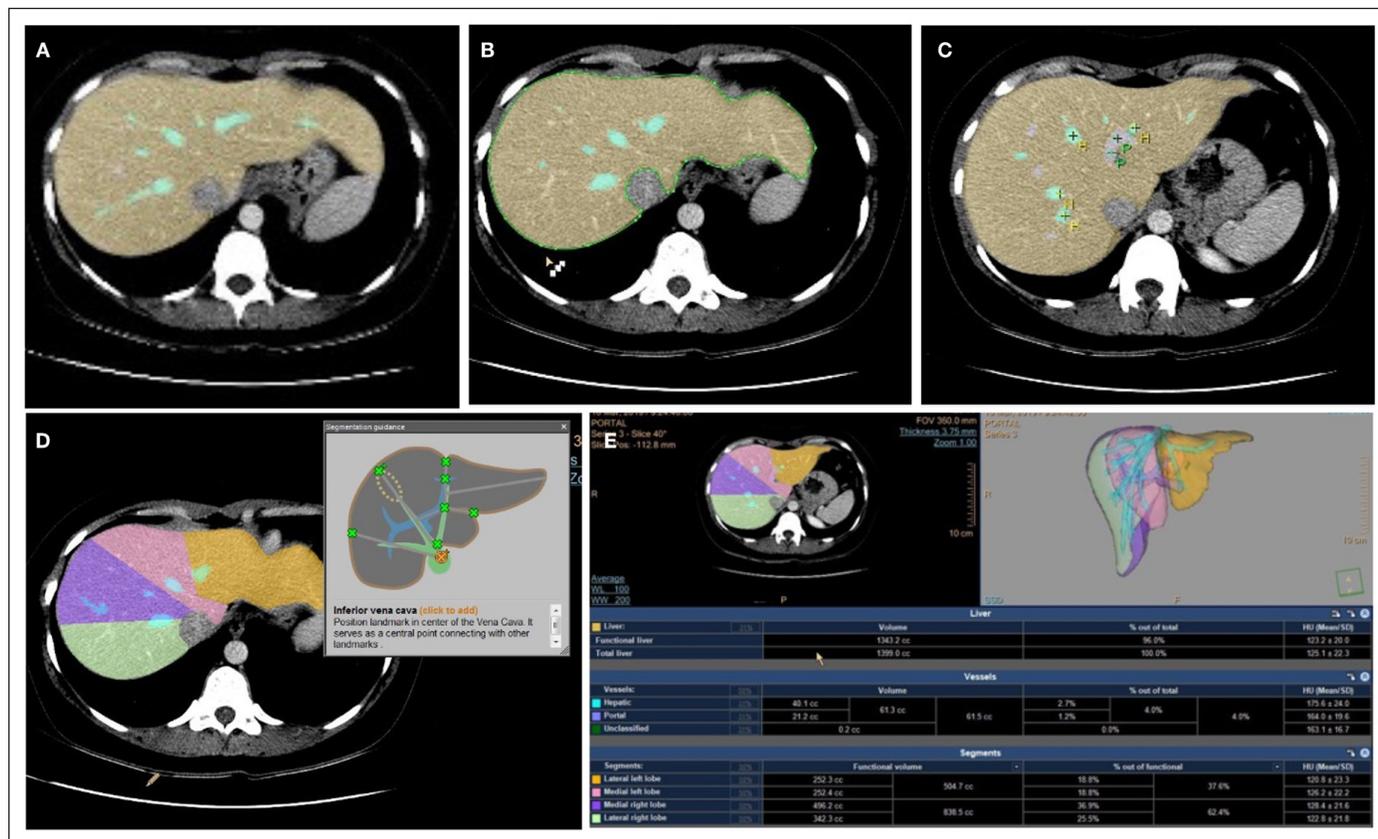


Figura 1. Análisis volumétrico semiautomático del hígado. Segmentación automática del volumen hepático total y vasos centrales (A). Corrección manual: bordes, extracción de estructuras no parenquimatosas, corrección de segmentación de vasos centrales (B y C). Separación de segmentos (Couinaud) posicionando puntos de referencia asistido por el software (D). Certificar la adecuada segmentación y envío de la tabla resumen al PACS con volumen separados por segmentos (E).

Las variables clínicas sociodemográficas se presentan en la Tabla 1. El promedio ± DE de la edad fue de 34,3 ± 8,6 años. 16 pacientes fueron hombres (50%). El promedio ± DE del IMC fue de 25,6 ± 2,5 kg/m².

En la Tabla 2 se muestra la comparación entre el VTCHD y VTCHDc con el PI. El promedio ± DE del VTCHD fue de 902,7 ± 162 cc. El promedio ± DE del VTCHDc fue de 739,9 ± 132,8 cc. El promedio ± DE del PI fue de 773,8 ± 126,9 cc. El promedio del VTCHD fue significativamente

superior al del PI (p < 0,001). Al aplicar el factor de corrección, el promedio del VTCHDc persistió siendo significativamente superior al del PI, pero con un menor valor p (p 0,019).

Tabla 1. Variables sociodemográficas

Variable	N = 36
Edad (media ± DE)	34,3 ± 8,6 años
IMC (media ± DE)	25,6 ± 2,5 kg/m ²

Tabla 2. Comparación de VTCHD y VTCHDc con el PI

	VTCHD	PI	p value
Volumen	902,7±162 cc	773,75±129,9 cc	<0,001
	VTCHDc	PI	p value
Volumen con factor de corrección (/1,22)	739,9±132,8 cc	773,8±126,9 cc	0,01982

Existió una correlación lineal directa entre el VTC y el PI al calcular el coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,796$; $p < 0,001$) (Figura 2-A y 2-B). El CCI mostró una concordancia buena del VTC (0,716) y excelente del VTCHDc (0,872) para la estimación del peso del injerto. El gráfico de BA mostró una buena concordancia con una diferencia promedio de $128,98 \text{ cc} \pm 194,14 \text{ cc}$ para la VTC y de $-33,81 \text{ cc} \pm 162,86 \text{ cc}$ para la VTCHDc, para un intervalo de confianza del 95%. Tanto para la VTCHD como para la VTCHDc se evidenció una tendencia a la sobreestimación en volúmenes mayor a 800cc (Figuras 3-A y 3-B).

Se realizó el análisis de un subgrupo de la muestra correspondiente a 12 pacientes para evaluar la concordancia inter-observador y se evidenció que

no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de VTCHD de ambos observadores (Promedio \pm DE = 770 ± 131 vs 783 ± 142 , $p > 0,05$) (Figura 4-A). El gráfico de BA mostró que la concordancia entre ambos fue excelente con una diferencia promedio de $-15 \text{ cc} \pm 45 \text{ cc}$ para un intervalo de confianza del 95% (Figura 4-B). El CCI mostró una concordancia casi perfecta entre ambos observadores (0,992).

Al calcular GBWR promedio con el peso estimado del injerto según volumetría por TC este fue de 1,27. Al calcular nuevamente este valor, pero con el peso real del injerto (medido en la cirugía), el GBWR promedio fue 1,05, estando este último también sobre el valor considerado seguro en trasplante hepático de donante vivo.

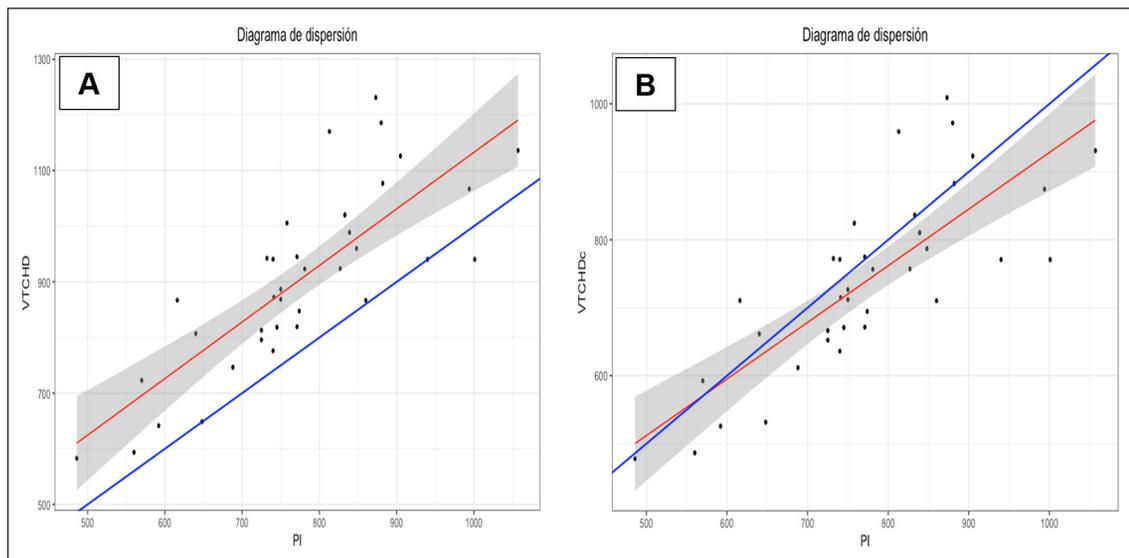


Figura 2. Diagramas de dispersión. Correlación entre VTCHD y el PI (A). Correlación entre VTCHDc y el PI (B). Coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,796$; $p < 0,001$).

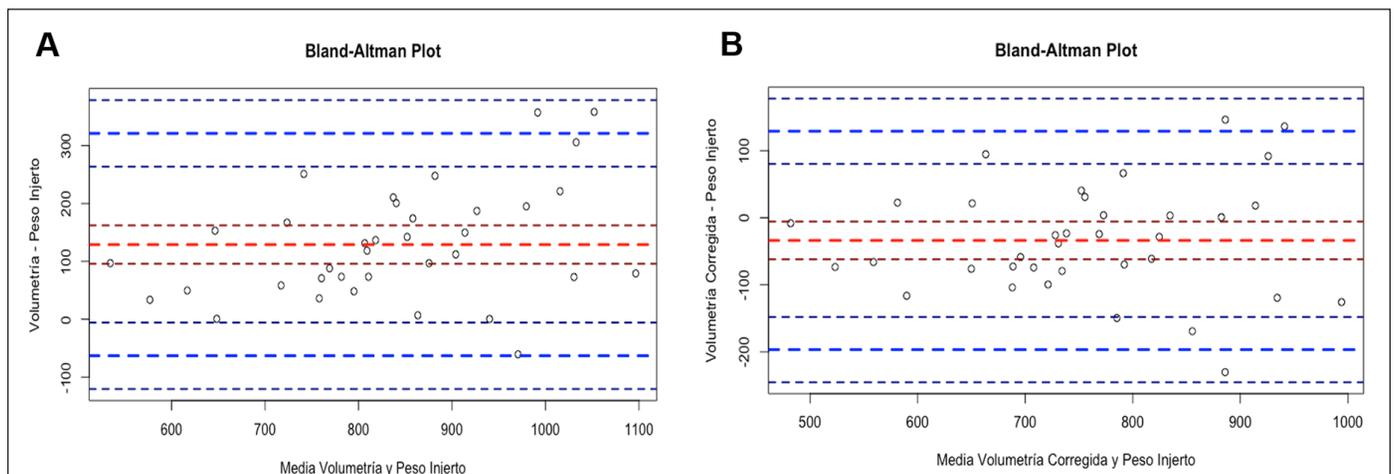


Figura 3. Gráfico de Bland-Altman. Concordancia entre VTCHD y el PI; CCI: 0,716 (A). Concordancia entre VTCHDc y el PI; CCI: 0,872 (B).

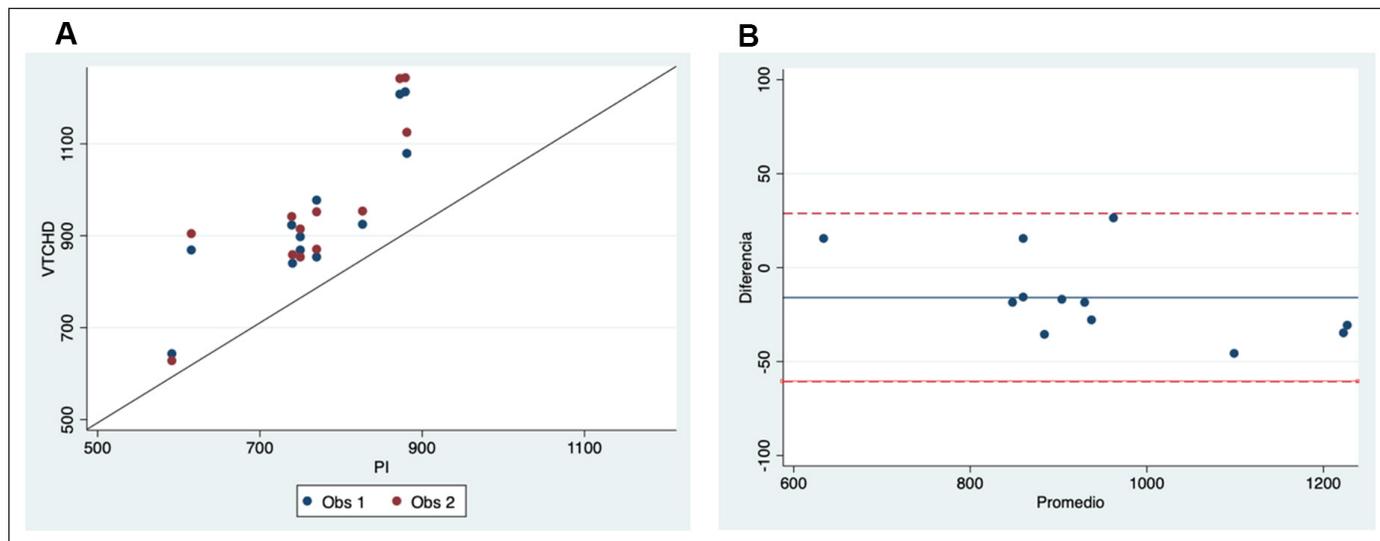


Figura 4. Diagrama de dispersión y gráfico de Bland-Altman para análisis inter-observador. Correlación entre VTCHD y el PI en ambos observadores. $P > 0,05$ (A). Concordancia entre VTCHD y el PI; CCI: 0,716 (A). Concordancia entre VTCHDc y el PI entre ambos observadores; CCI: 0,993 (B).

Discusión

La estimación adecuada del peso del injerto es un paso esencial en la planificación de un trasplante hepático con donante vivo. Un injerto hepático con un peso adecuado es necesario para prevenir complicaciones como el SFSS. Actualmente el *gold standard* es la estimación volumétrica manual mediante tomografía computada^{17,18}. Los métodos automáticos y semiautomáticos de VTCHD permiten una estimación adecuada del peso del injerto con una reducción importante del tiempo requerido para este proceso, pero con una tendencia a la sobreestimación al compararlo con métodos manuales^{19,21}.

Existen muchos factores que pueden explicar la diferencia entre el VTCHD y el PI. Se ha identificado la inclusión de la sangre intrahepática circulante al momento de la estimación volumétrica mediante estudios de imagen como un elemento asociado a la sobreestimación del peso del injerto al compararse con su peso real exanguinado luego del procuramiento^{9,22,24}. Esto se debe a que la condición del injerto hepático en la cirugía de banco durante el trasplante no es fisiológica, ya que se encuentra colapsado luego de que los fluidos internos se han disipado a través de las estructuras vasculares no ligadas¹⁶.

Otros factores que contribuyen a esta diferencia entre el peso estimado por TC y el peso real de injerto son la discrepancia entre el plano de transección virtual (radiológico) versus el plano

de transección real en el parénquima hepático y la deshidratación del injerto producida por la solución de la Universidad de Wisconsin debido a su alta osmolaridad²⁵.

El error en la estimación volumétrica por TC, podría atribuirse además hasta cierto punto a la densidad fisiológica variable del injerto. En la mayoría de los trabajos revisados, los valores volumétricos de TC se convirtieron en valores de peso sobre la base de la suposición general de que la densidad del tejido hepático era de 1,00 g/cc. Sin embargo, en un pequeño estudio con 16 donantes vivos de hígado la densidad hepática media fue aproximadamente un 12% superior a 1,00 g/cc ya que se produjeron variaciones individuales sustanciales de la densidad. La posibilidad de artefactos de movimiento en las imágenes obtenidas por TC, que provoquen discrepancias en el volumen hepático es mínima²⁴.

Como una forma de sortear esta discordancia entre el volumen medido por TC y el peso real del injerto, Hwang et al, midió la cantidad de sangre en los injertos hepáticos y analizó la correlación entre la VTCHD y el PI. Ellos concluyeron que un factor de conversión de 1,22 debía ser usado para la estimación del PI exanguinado¹⁶. En nuestro estudio la utilización un factor de corrección en la estimación del PI demostró una mejoría en su concordancia con la estimación volumétrica.

Además, como objetivo secundario en este trabajo quisimos evaluar la reproducibilidad inter-observador de método semiautomático de VTCHD,

logrando demostrar una alta concordancia entre diferentes operadores, lo que demostraría que este método es altamente reproducible por diferentes observadores, con diferentes años de experiencia.

Las limitaciones en este estudio son las propias de un trabajo observacional. Además, el bajo tamaño muestral aumenta la variabilidad de los datos obtenidos.

En conclusión, VTCHD es un método reproducible con buena concordancia entre observadores independientes y existe una buena correlación entre VTCHD y PI.

Sugerimos uso de la VTCHD corregida para la estimación preoperatoria del peso del injerto en donante vivo de lóbulo hepático derecho para evitar sobreestimación

La relevancia clínica del método es que permite una mejor evaluación de remanente hepático y relación injerto-peso receptor para evitar la falla hepática postoperatoria.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que en este manuscrito no se han realizado experimentos en seres humanos ni animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación: Ninguna.

Conflictos de interés: Ninguno.

Rol

I) Concepción y diseño: Martín Dib, Daniel García, Camila Sotomayor.

(II) Apoyo administrativo: Martín Dib.

(III) Provisión de materiales de estudio o pacientes: Martín Dib, Jorge Martínez, Eduardo Briceño, Nicolás Jarufe, Patricia Rebolledo, Pablo Achurra, Eduardo Viñuela, Rodrigo San Martín.

(IV) Recolección y montaje de datos: Daniel García, Camila Sotomayor, Pilar Domínguez, Rodrigo San Martín.

(V) Análisis e interpretación de datos: Martín Dib, Daniel García, Camila Sotomayor, Rodrigo San Martín.

(VI) Redacción de manuscritos: Todos los autores.

(VII) Aprobación final del manuscrito: Todos los autores.

Bibliografía

- Nicolas CT, Nyberg SL, Heimbach JK, Watt K, Chen HS, Hathcock MA, et al. Liver transplantation after share 35: Impact on pretransplant and posttransplant costs and mortality. *Liver Transplantation*. 2016;23(1):11-8.
- Shah SA, Levy GA, Greig PD, Smith R, McGilvray ID, Lilly LB, et al. Reduced mortality with right-lobe living donor compared to deceased-donor liver transplantation when analyzed from the time of listing. *American Journal of Transplantation* 2007;7(4):998-1002.
- Lee SG. Living-donor liver transplantation in adults. *British Medical Bulletin*. 2010;94(1):33-48.
- Pomfret EA. Live donor adult liver transplantation using right lobe grafts. *Archives of Surgery* 2001;136(4):425.
- Fan ST. Safety of donors in live donor liver transplantation using right lobe grafts. *Archives of Surgery* 2000;135(3):336.
- Sevmis S, Moray G, Savas N, Torgay A, Bilezikci B, Haberal M. Right lobe adult living-donor liver transplantation. *Transplantation Proceedings* 2007;39(4):1145-8.
- Trotter JF. Selection of donors for living donor liver transplantation. *Liver Transplantation* 2003;9(10C):S2-7.
- Bhatti ABH, Qasim SF, Zamrood Z, Riyaz S, Khan NY, Zia HH, et al. Patient selection for living donor liver transplantation in acute-on-chronic liver failure. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology* [Internet]. 2024 [cited 2024 Apr 29];14(5):101403. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38660560/>
- Trotter JF, Wachs M, Trouillot T, Steinberg T, Bak T, Everson GT, et al. Evaluation of 100 patients for living donor liver transplantation. *Liver Transplantation* 2003;6(3):290-5.
- Dirican A, Baskiran A, Dogan M, Ates M, Soyer V, Sarıci B, et al. Evaluation of potential donors in living donor liver transplantation. *Transplantation Proceedings* 2015;47(5):1315-8.
- Makuuchi M, Sugawara Y. Technical progress in living donor liver transplantation for adults. *HPB* 2004;6(2):95-8.
- Shi ZR. Donor safety and remnant liver volume in living donor liver transplantation. *World Journal of Gastroenterology* 2012;18(48):7327.
- Ma KW, Hiu K, Chi A, Cheung TT, Dai WC, Yan J, et al. Impact of small-for-size liver grafts on medium-term and long-term graft survival in living donor liver transplantation: A meta-analysis. *World Journal of Gastroenterology* [Internet]. 2019 Sep 28 [cited 2024 Apr 29];25(36):5559-68. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6767984/>
- Dahm F, Georgiev P, Clavien PA. Small-for-size syndrome after partial liver transplantation: Definition, mechanisms of disease and clinical implications. *American Journal of Transplantation*

- [Internet]. 2005 Nov [cited 2020 Jan 11];5(11):2605-10. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-6143.2005.01081.x/full>
15. Jeong WK. Clinical implication of hepatic volumetry for living donor liver transplantation. *Clinical and Molecular Hepatology* [Internet]. 2018 Mar 25 [cited 2024 Apr 30];24(1):51-3. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5875198/>
 16. Hwang S, Lee SG, Kim KH, Park KM, Ahn CS, Moon DB, et al. Correlation of blood-free graft weight and volumetric graft volume by an analysis of blood content in living donor liver grafts. *Transplantation Proceedings* [Internet]. 2002 Dec 1 [cited 2024 Apr 30];34(8):3293-4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12493450/>
 17. Kamel IR, Kruskal JB, Warmbrand G, Goldberg SN, Pomfret EA, Raptopoulos V. Accuracy of volumetric measurements after virtual right hepatectomy in potential donors undergoing living adult liver transplantation. *American Journal of Roentgenology* 2001;176(2):483-7.
 18. Suzuki K, Epstein M, Kohlbrenner R, Garg S, Hori M, Oto A, et al. Quantitative Radiology: Automated CT liver volumetry compared with interactive volumetry and manual volumetry. *American Journal of Roentgenology* [Internet]. 2011 Oct 1 [cited 2023 Apr 21];197(4):W706-12. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4277944/>
 19. Nakayama Y, Li Q, Katsuragawa S, Ikeda R, Hiai Y, Awai K, et al. Automated hepatic volumetry for living related liver transplantation at multisection CT. *Radiology* 2006;240(3):743-8.
 20. Bégin A, Martel G, Lapointe R, Belblidia A, Lepanto L, Soler L, et al. Accuracy of preoperative automatic measurement of the liver volume by CT- scan combined to a 3D virtual surgical planning software (3DVSP). *Surgical Endoscopy* 2014 Jun 14;28(12):3408-12.
 21. Hermoye L, Laamari-Azjal I, Cao Z, Annet L, Lerut J, Dawant BM, et al. Liver segmentation in living liver transplant donors: Comparison of semiautomatic and manual methods. *Radiology* 2005;234(1):171-8.
 22. Salvalaggio PRO, Baker TB, Koffron AJ, Fryer JP, Clark L, Superina RA, et al. Liver graft volume estimation in 100 living donors: Measure twice, cut once. *Transplantation* 2005;80(9):1181-5.
 23. Hiroshige S, Shimada M, Harada N, Shiotani S, Ninomiya M, Minagawa R, et al. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography. *Transplantation* [Internet]. 2003 May 15 [cited 2024 Apr 30];75(9):1561-4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12792515/>
 24. Lemke AJ, Brinkmann M, Schott T, Niehues SM, Settmacher U, Neuhaus P, et al. Living donor right liver lobes: Preoperative CT volumetric measurement for calculation of intraoperative weight and volume. *Radiology* 2006;240(3):736-42.
 25. Goja S, Yadav SK, Yadav A, Piplani T, Rastogi A, Bhangui P, et al. Accuracy of preoperative CT liver volumetry in living donor hepatectomy and its clinical implications. *Hepatobiliary Surgery and Nutrition* [Internet]. 2018 Jun 1 [cited 2024 Apr 30];7(3):167-74. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6036072/>