

剪力波彈性超音波於腎臟的應用

許皓翔醫師、張芳綺醫師 / 臺大醫院 內科部腎臟科

超音波技術的發展

自超音波於 1970 年代開始於臨床實務上應用之後，陸陸續續發展出許多與超音波相關的技術，以提供更多臨床的資訊，讓臨床醫師在安排侵入性檢查之前，有更多工具能了解病人各種器官的變化，包含都卜勒超音波（color Doppler）、彈性超音波（elastography）等^[1]，藉此也能減少許多不必要的侵入性檢查、切片，以期降低病人暴露於侵入性檢查併發症的風險。

剪力波彈性超音波（shear wave elastography）的原理

彈性超音波可依測量的標的分為剪力波與應力波。當超音波探頭發出一個震波，組織相對於此波造成的形變可以被測量，此即為應力彈性超音波的原理。而當身體內的器官、軟組織基於本身的彈性而於垂直此刺激波的方向產生對應頻率、速度的波，此波則為剪力波^[2, 3]。由於各組織、器官彈性不同，所產生的剪力波速度也不同。此時探頭發出一個追蹤波，可以計算出剪力波的速度，從剪力波的速度來推算出組織的物理性質。

剪力波彈性超音波於各種器官的臨床應用

剪力超音波已被廣泛運用在各種器官當中，包含肝臟、肺臟、腎臟、乳房腫瘤、甲狀腺結節^[4]。其功能主要為評估器官本身的纖維化程度，或是局部病灶的物理性質（腫瘤的軟硬程度）以協助判斷病灶為惡性或良性，在臨床使用上對病人有許多好處。以肝臟為例，肝臟剪力超音波能夠作為辨別肝硬化程度的工具^[5]，而無需進行肝臟切片，減少病人暴露於侵入性檢查的風險。剪力超音波應用於乳房腫瘤

方面，也能為 BI-RADS 分類提供更準確的結果^[6, 7]。而在肺部，剪力超音波更有助於評估病灶為惡性之可能性^[8]，有助於臨床上進一步診斷。

剪力波彈性超音波於腎臟的臨床應用

由於腎臟位於後腹腔且深度較深，因此應力彈性超音波較適合用於較表淺的移植腎，而較深的原生腎則較適合以剪力超音波來評估（然而也有深度限制）^[9]。目前剪力波彈性超音波於腎臟的應用主要為連結到與腎功能的相關性與腎臟病理的

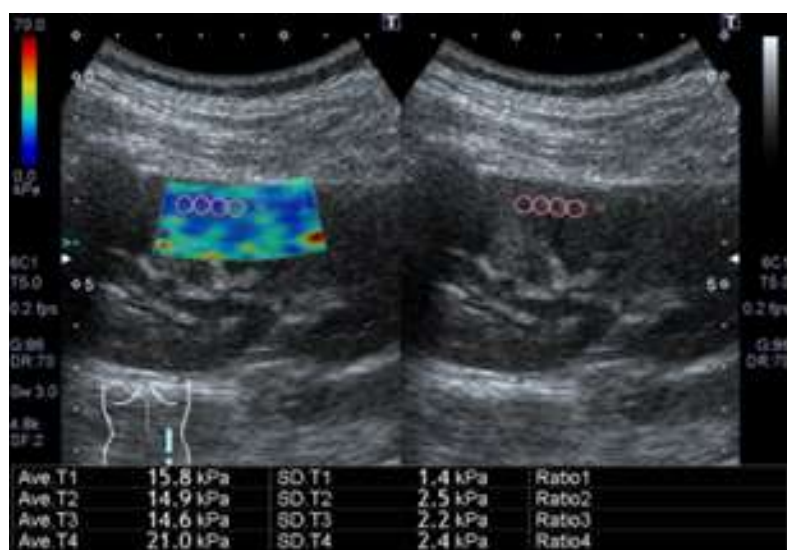


圖 1、剪力波彈力超音波的實際測量

相關性。過去研究顯示剪力波與慢性腎臟病的生化檢驗相關，包含肌酸酐及血中尿素氮^[10-12]；有觀察性研究探討間質腎炎或纖維化、組織學之腎絲球分數、腎小管分數與彈性超音波之間的關聯，發現間質纖維化與彈性超音波的結果之有統計上的關聯性^[10]；另一篇巴西的研究也發現移植腎的動脈血管阻力與剪力波彈性超音波的結果有關^[13]。此技術於腎臟的應用在近年發表的研究數也越來越多，顯示越來越多人重視此技術。

剪力波彈性超音波的技術限制

由於腎臟皮質與髓質的

結構大為不同，對應的剪力波也有差異，而髓質內部的各向異性（物理性質隨方向的變化，**anisotropy**）又比皮質內變化更大^[14]，因此大部分剪力波相關的研究都是以皮質為測量標的。雖然剪力波彈性超音波給我們比傳統超音波更多的資訊，但是這些資訊並非永遠可靠。超音波本身即為操作者依賴的檢查，而一切會讓受檢組織形變或位移的外力都會影響剪力波檢查的品質，例如：患者之間腎臟的深度的不同、受檢者能否配合閉氣、腎臟是否隨脈搏劇烈地跳動、腎臟是否有囊泡、結石、水腫、腎臟皮質的厚度

等。這些變數可能會影響適合受檢的族群，例如較肥胖的病人、有腎臟囊泡的病人、較晚期、皮質太薄的慢性腎臟病患可能無法適用於此項檢查。

結語

隨著超音波技術的發展，已開始有多種延伸應用為病人爭取更多非侵入性的資訊，其中剪力波彈性超音波於腎臟的應用目前仍持續發展中，未來也許有希望在適合的病人族群中，減少以評估纖維化程度為目的的腎臟切片檢查。

參考文獻

1. Gennisson, J.L., et al., Ultrasound elastography: principles and techniques. *Diagn Interv Imaging*, 2013. 94(5): p. 487-95. DOI: 10.1016/j.diii.2013.01.022.
2. Shiina, T., et al., WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound Med Biol*, 2015. 41(5): p. 1126-47. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009.
3. Bamber, J., et al., EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med*, 2013. 34(2): p. 169-84. DOI: 10.1055/s-0033-1335205.
4. Zhan, J., et al., Acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) for differentiation of benign and malignant thyroid nodules--A meta-analysis. *Eur J Radiol*, 2015. 84(11): p. 2181-6. DOI: 10.1016/j.ejrad.2015.07.015.
5. Friedrich-Rust, M., et al., Performance of Acoustic Radiation Force Impulse imaging for the staging of liver fibrosis: a pooled meta-analysis. *J Viral Hepat*, 2012. 19(2): p. e212-9. DOI: 10.1111/j.1365-2893.2011.01537.x.
6. Lee, S.H., et al., Practice guideline for the performance of breast ultrasound elastography. *Ultrasonography*, 2014. 33(1): p. 3-10. DOI: 10.14366/usg.13012.
7. Berg, W.A., et al., Shear-wave elastography improves the specificity of breast US: the BE1 multinational study of 939 masses. *Radiology*, 2012. 262(2): p. 435-49. DOI: 10.1148/radiol.11110640.
8. Kuo, Y.W., et al., Application of transthoracic shear-wave ultrasound elastography in lung lesions. *Eur Respir J*, 2021. 57(3). DOI: 10.1183/13993003.02347-2020.
9. Parker, K.J., M.M. Dooley, and D.J. Rubens, Imaging the elastic properties of tissue: the 20

year perspective. *Phys Med Biol*, 2011. 56(1): p. R1-R29. DOI: 10.1088/0031-9155/56/1/R01.

10. Islamoglu, M.S., S. Gulcicek, and N. Seyahi, Kidney tissue elastography and interstitial fibrosis observed in kidney biopsy. *Ren Fail*, 2022. 44(1): p. 314-319. DOI: 10.1080/0886022X.2022.2035763.

11. Hu, Q., et al., Acoustic radiation force impulse imaging for non-invasive assessment of renal histopathology in chronic kidney disease. *PLoS One*, 2014. 9(12): p. e115051. DOI: 10.1371/journal.pone.0115051.

12. Gungor, O., et al., Ultrasound Elastography Evaluations in Patient Populations With Various Kidney Diseases. *Ultrasound Q*, 2019. 35(2): p. 169-172. DOI: 10.1097/RUQ.0000000000000404.

13. Goncalves, L.M., et al., Shear wave elastography and Doppler ultrasound in kidney transplant recipients. *Radiol Bras*, 2022. 55(1): p. 19-23. DOI: 10.1590/0100-3984.2020.0148.

14. Ries, M., et al., Diffusion tensor MRI of the human kidney. *J Magn Reson Imaging*, 2001. 14(1): p. 42-9. DOI: 10.1002/jmri.1149.