3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Βελτιστοποίηση και Κλινική Σύγκριση των Ακολουθιών HASTE και MESE στην Ποσοτική Μαγνητική Τομογραφία T2 υπό Διαφορετικές Εντάσεις Στατικού Μαγνητικού Πεδίου 1.5T και 3T

Κωνσταντίνα Στέφα[1,2*], Δημήτριος Ζούρας[3], Αγγελική Ντούλη [4], Γιώργος Καλαιτζάκης [4], Θωμάς Μαρής [4]

[1]Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, Κρήτη, Ελλάδα

[2] Medical Physics in Radiology, German Cancer Research Center (DKFZ) Heidelberg, Heidelberg, Germany

[3] Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα

[4] Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, Ελλάδα

*konstantina.stefa@dkfz-heidelberg.de

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

- Η ακολουθία Multi-Echo Spin Echo (MESE) χρησιμοποιείται ευρέως στην ποσοτική διαγνωστική απεικόνιση, χάρη στην αξιοπιστία και την ακρίβειά της.

- Ωστόσο, ο μεγάλος χρόνος λήψης (~1 ώρα) περιορίζει την εφαρμογή της στην κλινική ρουτίνα.

- Για τον λόγο αυτό, αναπτύξαμε μια ακολουθία Half-Fourier Acquisition Single-shot Turbo Spin Echo (HASTE), με σημαντικά μειωμένο χρόνο λήψης (~10 λεπτά) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην κλασσική όσο και στην ποσοτική διαγνωστική απεικόνιση.

- Στόχος της μελέτης μας ήταν η αξιολόγηση της αξιοπιστίας της νέας HASTE μεθόδου για την ποσοτικοποίηση της ηπατικής συγκέντρωσης σιδήρου σε ασθενείς με θαλασσαιμία.

- Η θαλασσαιμία είναι μια ασθένεια η οποία προκαλεί βλάβη στα όργανα και αύξηση των αποθεμάτων σιδήρου που απαιτεί συστηματική παρακολούθηση. Για αυτό και η ανάγκη ανάπτυξης μιας εξίσου αξιόπιστης αλλά σημαντικά πιο γρήγορης ακολουθίας.

Μέθοδοι & Υλικά

- MR phantoms: 33 φιαλίδια που περιείχαν σκόνη αγαρόζης, απιονισμένο νερό, παραμαγνητικές προσμείξεις, φιαλίδια με λίπος σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0–50%), παρασκευασμένα από αραχιδέλαιο και αραβοσιτέλαιο, γαδολίνιο συνδεδεμένο με διαιθυλενοτριαμινοπενταοξικό οξύ σε διαφορετικές μιλιμοριακές συγκεντρώσεις.
- Δύο ασθενείς με θαλασσαιμία (patient 1: female 61 y.o. and patient 2: male 34 y.o.).
- Δύο συστήματα MRI: Siemens MAGNETOM Sonata Maestro Class 1.5T and Siemens MAGNETOM Prisma 3T (Siemens Healthineers, Erlangen, Germany).
- HASTE: 4 echoes, TEs = 36, 440, 836 και 1300 msec, TR = 2000 msec.
- MESE: 96 echoes grouped into 3 sets of 32 echoes (αρχικό TE = 7 msec, 20 msec, 50 msec).

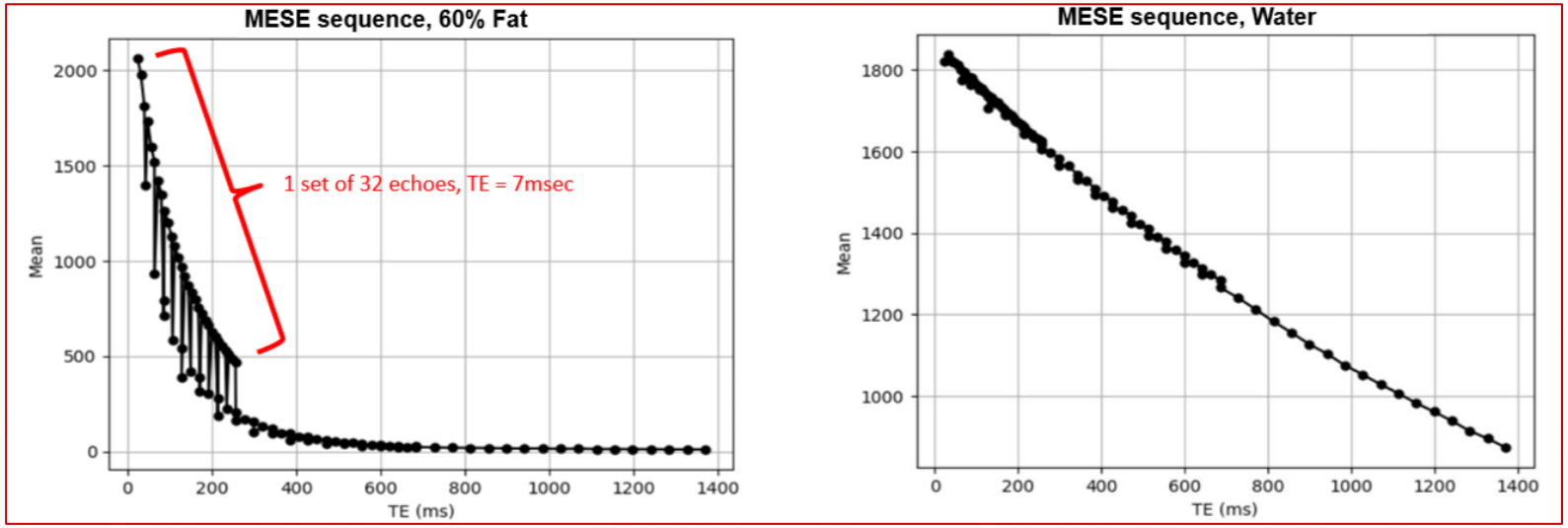


Figure 1: J-coupling effect (red bracket) in fat-based vial. The effect is negligible in the water-based phantom

Μια σημαντική πρόκληση ήταν η επίδραση του J-coupling στα spin των πυρήνων του υδρογόνου, η οποία επιδρά στην ένταση του σήματος και στις μετρούμενες τιμές T_2.

Τα σήματα στη πρώτη ακολουθία (first 32 echoes out 96) παρουσιάστηκαν τεχνητά ενισχυμένα, γεγονός που οδήγησε στην άρση της σύζευξης J (J-coupling) όταν εφαρμόζεται η ακολουθία των 180° παλμών ραδιοσυχνότητας (RF) με τον υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης (32 φορές ανά 7 ms).

Αποτελέσματα

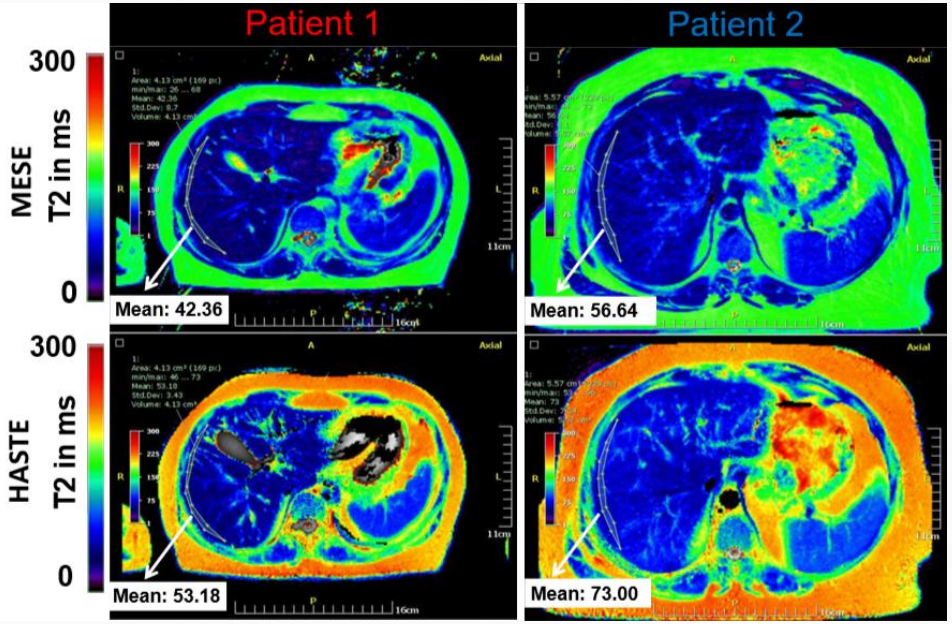


Figure 2: T_2 maps of two patients with thalassemia at 1.5 T shows negligible clinical differences between HASTE & MESE.

Και οι δύο μέθοδοι παρέχουν σήματα με αμελητέες διαφορές στις τιμές Τ2. Η κύρια διαφορά εντοπίζεται στο σήμα των ιστών με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος, (υποδόριο αποθηκευτικό λίπος) λόγω της επίδρασης της σύζευξης J (J-coupling).

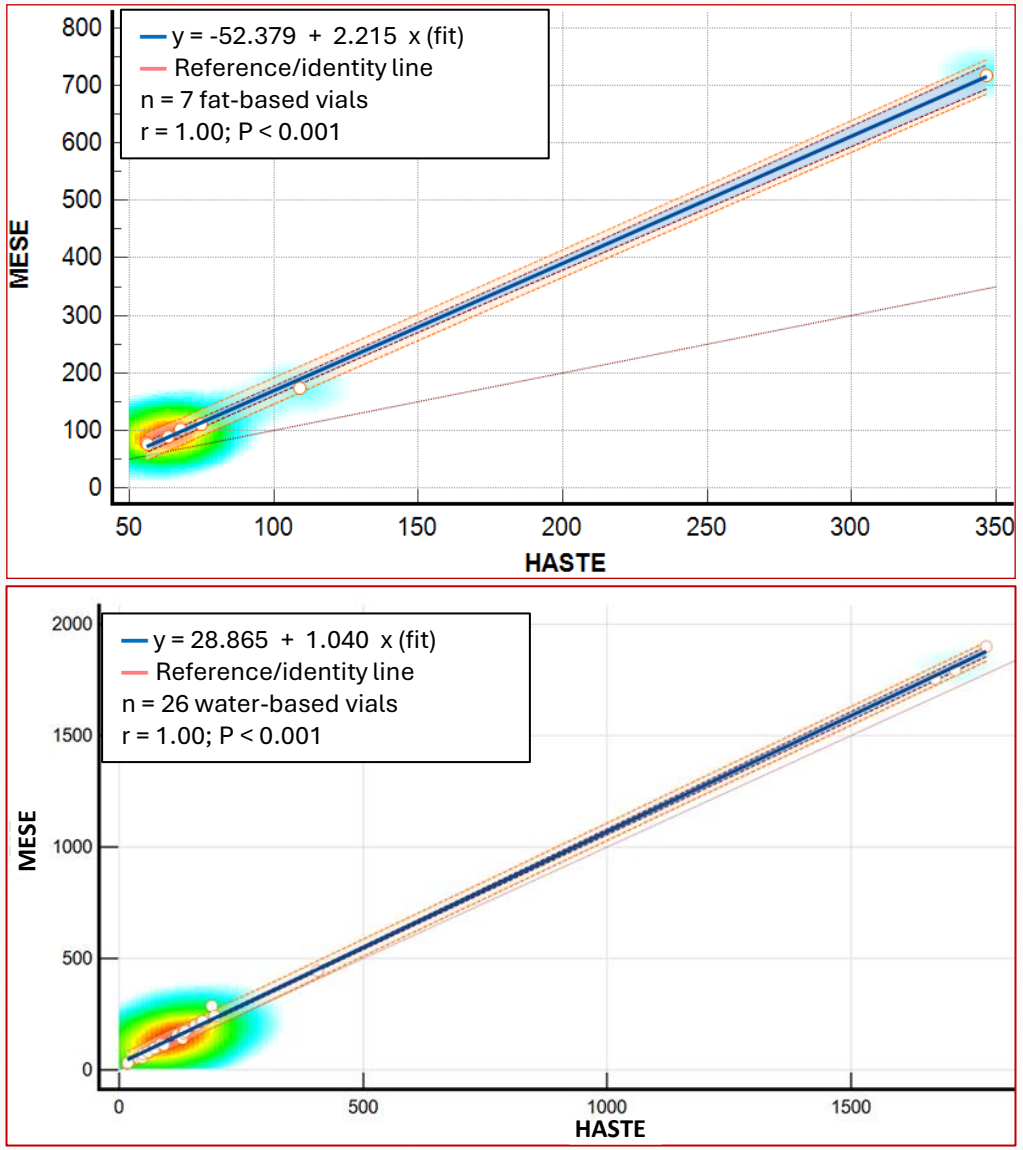


Figure 2: Regression analysis between HASTE and MESE sequence among fat-based vials (upper plot) and water-based vial at 1.5T showed strong correlation (p<0.001).

- Η ανάλυση γραμμικής προσαρμογής έδωσε τιμή p μικρότερη από 0,001, γεγονός που υποδηλώνει ισχυρή συμφωνία της MESE με τη HASTE.
- Ωστόσο, η προσαρμοσμένη καμπύλη υποδεικνύει την επίδραση της σύζευξης J (J-coupling) στο σήμα, η οποία δεν είναι σημαντική στη βελτιστοποιημένη ακολουθία HASTE.

Συμπεράσματα

- Οι μέθοδοι HASTE και MESE φαίνεται να είναι κλινικά εναλλάξιμες. Η χρήση υψηλού ρυθμού επανάληψης των παλμών RF μεγιστοποιεί την απορρόφηση ενέργειας ραδιοσυχνότητας και καταστέλλει τη σύζευξη J (J-coupling) στις ακολουθίες TSE και HASTE.

- Δεν παρατηρήθηκε σημαντική συστηματική διαφορά μεταξύ των δύο κλινικών μαγνητικών τομογράφων (ανάλυση Bland–Altman: διάμεση διαφορά −3,3895%). Ωστόσο, η τεχνική HASTE φάνηκε να παράγει υψηλότερη ένταση σήματος στους ιστούς που περιέχουν λίπος.

- Παρά ταύτα, η HASTE παραμένει μια οικονομικά αποδοτική και ταχεία τεχνική απεικόνισης, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί αξιόπιστα στην κλινική πράξη.

Βιβλιογραφία

[1] Constantin-Cristian Topriceanu, Iain Pierce, James C. Moon, Gabriella Captur (2022). “T2 and T2* mapping and weighted imaging in cardiac MRI”. In: Magnetic Resonance Imaging, 93, pp. 15-32, https://doi.org/10.1016/j.mri.2022.07.012

[2] Ke Zhang, Simon M.F. Triphan, Mark O. Wielpütz, Christian H. Ziener, Mark E. Ladd, Heinz Peter Schlemmer, Hans-Ulrich Kauczor, Felix T. Kurz, Oliver Sedlaczek (2024). “Simultaneous T1, T2 and T2* mapping of the liver with multi-shot MI-SAGE”. In: Magnetic Resonance Imaging, 105, pp 75-81, https://doi.org/10.1016/j.mri.2023.11.004.

[3] Peter A. Hardy PhD, R. Mark Henkelman PhD, Jonathan E. Bishop BSc, E. Colin S. Poon MSc, Donald B. Plewes PhD (1992). “Why fat is bright in rare and fast spin-echo imaging?”. In: Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2, pp. 533-540, https://doi.org/10.1002/jmri.1880020511

[4] Greg J. Stanisz, Ewa E. Odrobina, Joseph Pun, Michael Escaravage, Simon J. Graham, Michael J. Bronskill, R. Mark Henkelman (2005). “T1, T2 relaxation and magnetization transfer in tissue at 3T”. In: Magnetic Resonance in Medicine, 54, pp. 507 512, https://doi.org/10.1002/mrm.20605

[5] Bettina Baeßler, Frank Schaarschmidt, Christian Stehning, Bernhard Schnackenburg, David Maintz, Alexander C. Bunck (2015). “A systematic evaluation of three different cardiac T2 mapping sequences at 1.5 and 3T in healthy volunteers”. In: European Journal of Radiology 84, pp. 2161-2170, https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.08.002