



HỘI NGHỊ KHOA HỌC CHẨN ĐOÁN HÌNH ẢNH TP.HCM MỞ RỘNG LẦN THỨ XII-2025

Phiên Cơ xương khớp

KỸ THUẬT ZERO-TE TRÊN CỘNG HƯỞNG TỪ: NGUYÊN LÝ VÀ ỨNG DỤNG LÂM SÀNG

**BSCKI. Nguyễn Hoàng Lâm, CN. Lê Thanh Phong,
PGS. TS. Lê Văn Phước
Bệnh viện Chợ Rẫy**

NỘI DUNG



1

Đặt vấn đề

2

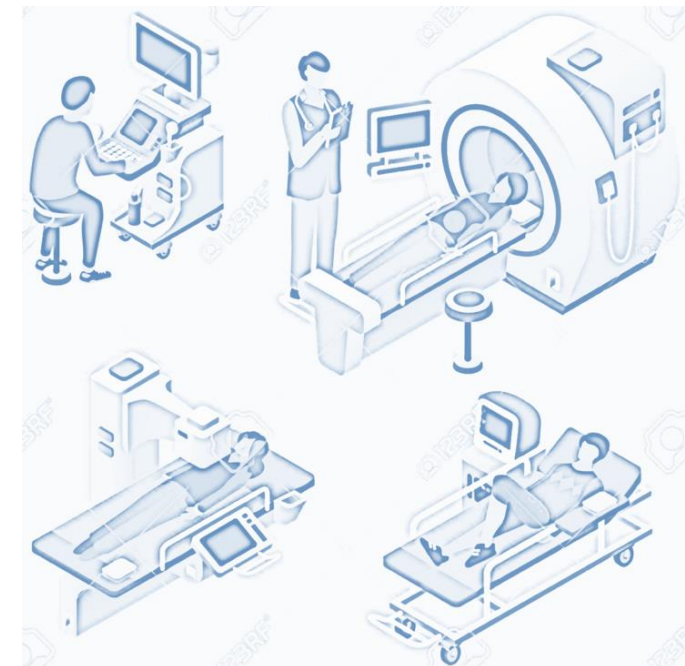
Nguyên lý chuỗi xung ZTE

3

Các ứng dụng lâm sàng ZTE

4

Hạn chế



ĐẠT VẤN ĐỀ



- ❖ ZERO-TE (zero echo-time) là kỹ thuật mới
- ❖ Giúp thu tín hiệu từ các mô có T2 ngắn
- ❖ Ưu điểm: nhanh, quét im lặng, chống nhiễu
- ❖ Ứng dụng chụp ảnh vỏ xương
- ❖ Giải pháp thay thế khả thi cho CT
- ❖ Chụp MRI “một cửa”
- ❖ ZTE ngày càng sử dụng nhiều trong CXK, đầu và cổ

NGUYÊN LÝ CHUỖI XUNG ZTE



Chuỗi xung gốc

Giới hạn góc lật

Mã hóa
và tái tạo hình ảnh

ZTE

CHUỖI XUNG GỐC



- ❖ Dựa trên chuỗi xung RUFIS
 - Thu nhận hình ảnh siêu nhanh
 - Ít ảnh hưởng bởi chuyển động
- ❖ Thu nhận tín hiệu từ sự suy giảm cảm ứng tự do (FID)
 - $TE = 0$
- ❖ Giúp thu thập tín hiệu các mô T2 ngắn như vỏ xương
- ❖ Thu tín hiệu theo quỹ đạo xuyên tâm 3D từ tâm ra ngoài
 - Giảm thay đổi gradient □ Chụp ảnh “im lặng”

GIỚI HẠN GÓC LẬT



❖ Nguyên nhân

- **Gradient đọc luôn bật** trong suốt quá trình quét để giữ $TE = 0$
- Tần số vô tuyến (RF) bị giới hạn bởi thời gian lấy mẫu
 - □ hạn chế thời gian xung RF
 - □ Thời gian xung RF ngắn $\rightarrow$ Góc lật tối đa chỉ khoảng 4°

❖ Hệ quả

- Giảm tín hiệu SNR
- Hạn chế độ tương phản

GIỚI HẠN GÓC LẬT



❖ Khắc phục

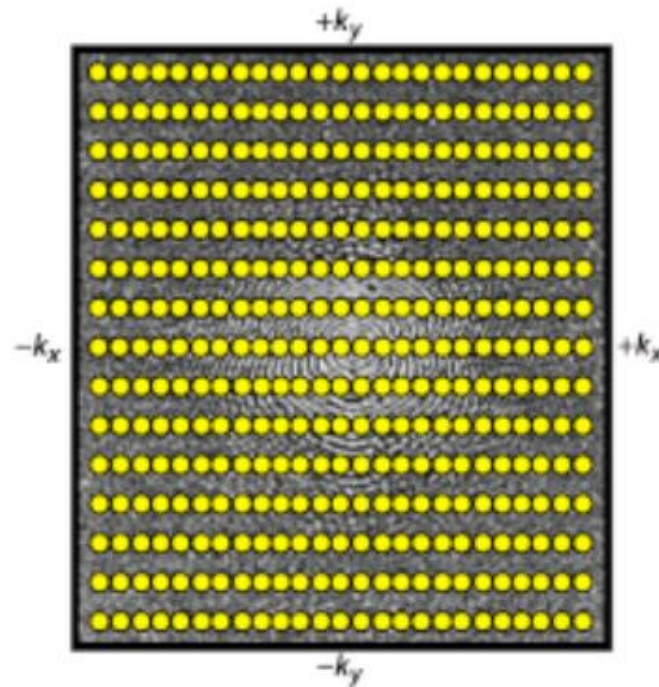
- Sử dụng mã hóa xung RF đặc biệt để mở rộng góc lật (*)
- Tăng cường tái tạo hình ảnh
- Điều chỉnh băng thông RF hợp lý để tránh méo ảnh

❖ Giới hạn góc lật ($\sim 4^\circ$) ảnh hưởng đến tín hiệu & độ tương phản trong ZTE MRI. Các giải pháp về xung RF & tái tạo hình ảnh giúp giảm thiểu vấn đề này

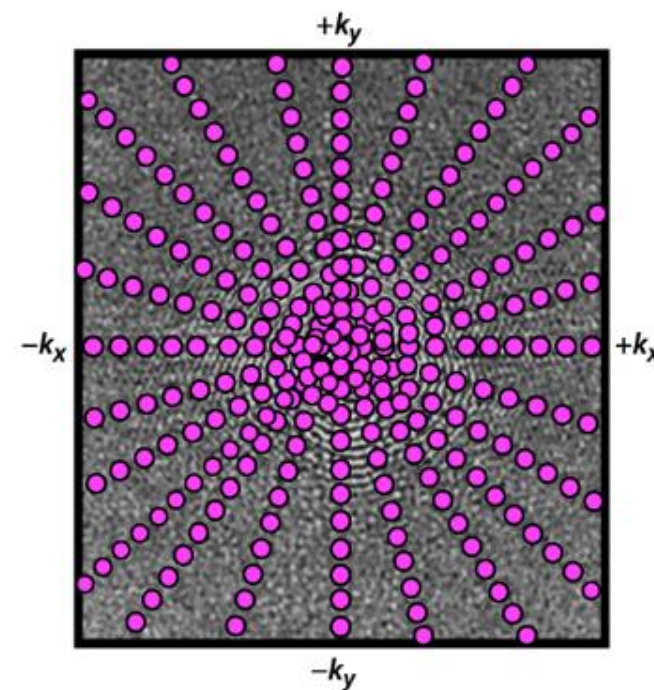
MÃ HÓA VÀ TÁI TẠO HÌNH ẢNH



- ❖ Tín hiệu thu được rất cao ở trung tâm k space
 - Giúp giảm ảnh giả do chuyển động so với mã hóa Cartesian
 - Cải thiện độ đồng nhất tín hiệu



Rectilinear (Cartesian) sampling of k -space

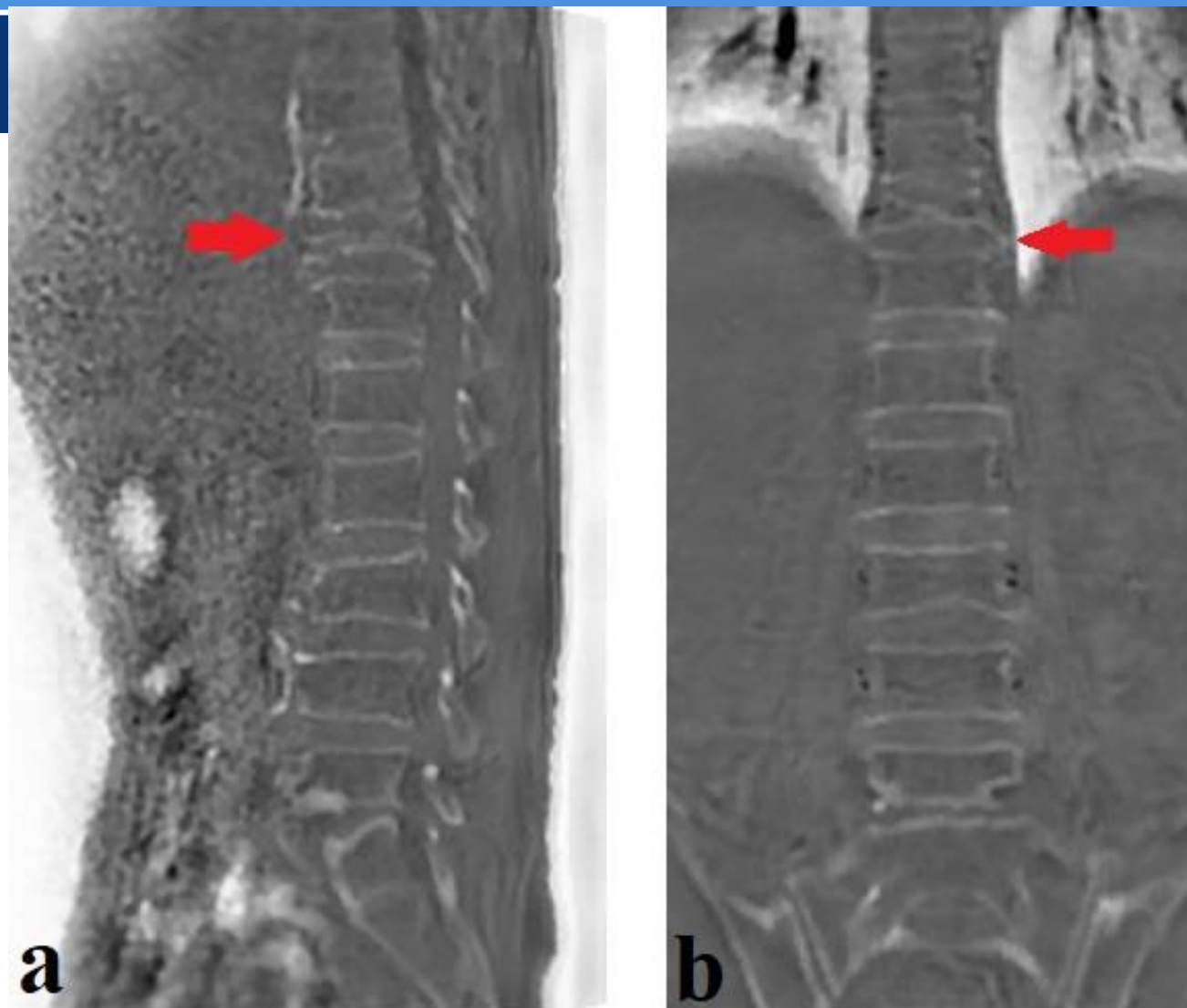


Radial sampling of k -space

MÃ HÓA VÀ TÁI TẠO HÌNH ẢNH



- ❖ Các phương pháp cải thiện chất lượng hình ảnh
 - Chụp ảnh song song
 - Điều chỉnh biến thiên tổng quát toàn phần (TGV)
 - Cảm biến nén
- ❖ Ứng dụng học sâu (DL)
 - Giảm đáng kể thời gian quét
 - Cải thiện chất lượng hình ảnh



Hình MRI bone với chuỗi xung ZTE được tái tạo trên các mặt phẳng khác nhau. *Nguồn: Bệnh viện Chợ Rẫy*

GIẢM ẢNH GIẢ



Loại Ảnh Giả	Cơ chế Giảm Ảnh Giả của ZTE	Lợi ích Ứng Dụng
Ảnh giả do chuyển động (motion artifacts)	Quét nhanh + mã hóa xuyên tâm giúp ít bị ảnh hưởng bởi chuyển động nhỏ	Chụp sọ não, đầu cổ, bệnh nhi
Ảnh giả do xoáy dòng (eddy currents)	Gradient đọc cố định giúp giảm dòng xoáy và biến dạng từ trường	Chụp mô gần xương, mô cấy ghép
Ảnh giả do kim loại (metal artifacts)	$TE = 0$ giúp giảm méo ảnh do từ tính xung quanh implant	Chụp răng, khớp nhân tạo, dụng cụ y khoa
Ảnh giả do hóa dịch béo-nước (chemical shift)	Băng thông cao + tách tín hiệu mỡ-nước giúp hạn chế dịch chuyển hóa học	Chụp sọ não, đầu cổ
Ảnh giả do thời gian chết (dead-time gap)	Thuật toán tái tạo ảnh giúp giảm khoảng trống tín hiệu	Chụp mô có T2 ngắn (xương, gân, dây chằng)

ỨNG DỤNG ZTE CHO HÌNH ẢNH XƯƠNG

MRI bone

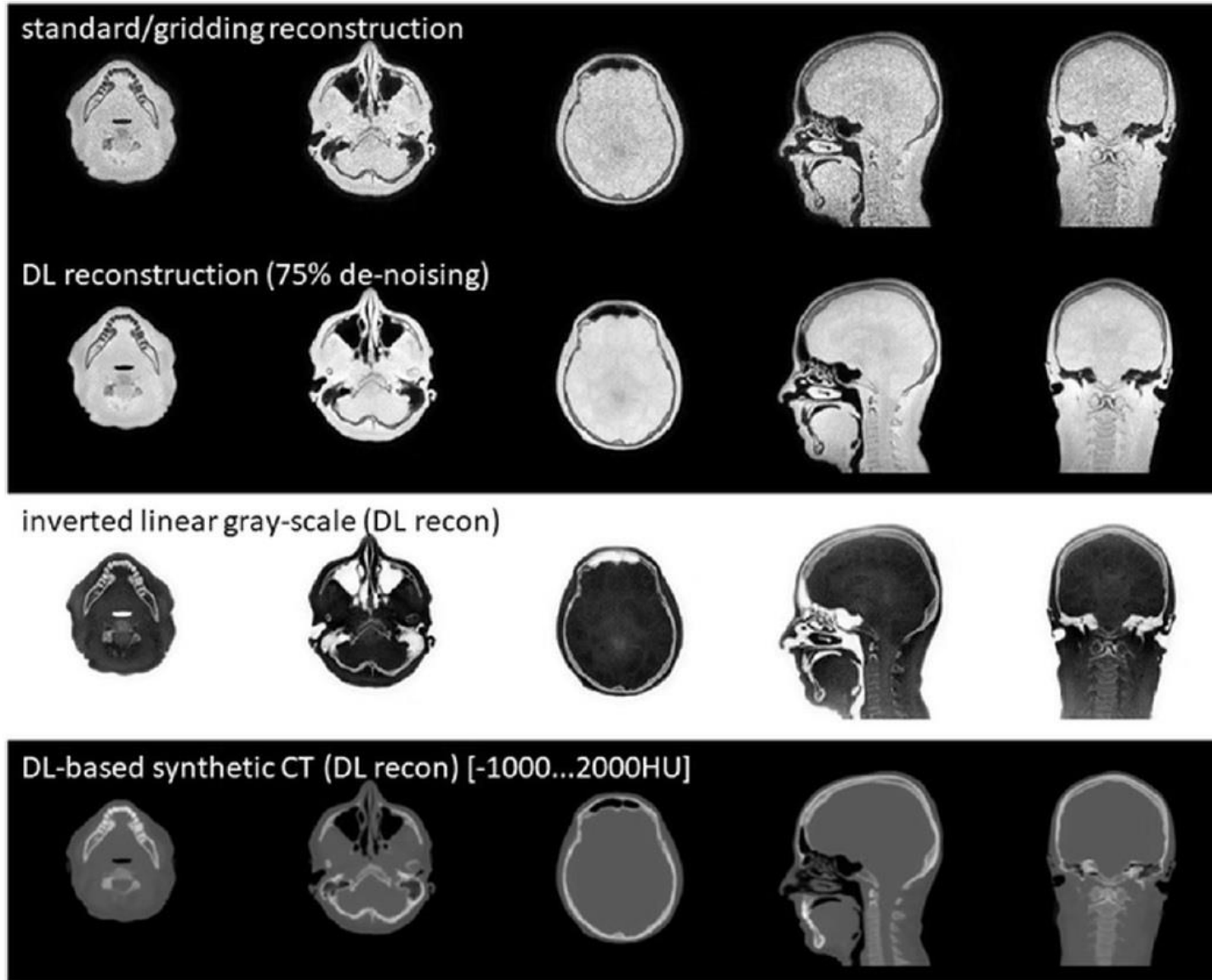


- ❖ MRI có độ tương phản mô mềm cao
- ❖ Chưa từng được sử dụng để đánh giá cấu trúc xương
 - Do vỏ xương có mật độ proton thấp (~20% nước)
 - Thời gian tồn tại tín hiệu ngắn ($T_2 \sim 390$ ms ở máy 3T)
- ❖ Chuỗi xung thường quy quá chậm để phát hiện tín hiệu xương

MRI bone



- ❖ Hình ảnh băng thông cao
- ❖ Tái tạo hình ảnh xương
 - Phân đoạn không khí, mô và xương
 - Cho hình ảnh CT tổng hợp
 - Xương vùng đầu cổ phức tạp □ phần mềm DL
- ❖ Ảnh giả và khắc phục
 - Giao diện chất béo-nước □ thay đổi thông số
 - Là kỹ thuật thay thế UTE, GRE



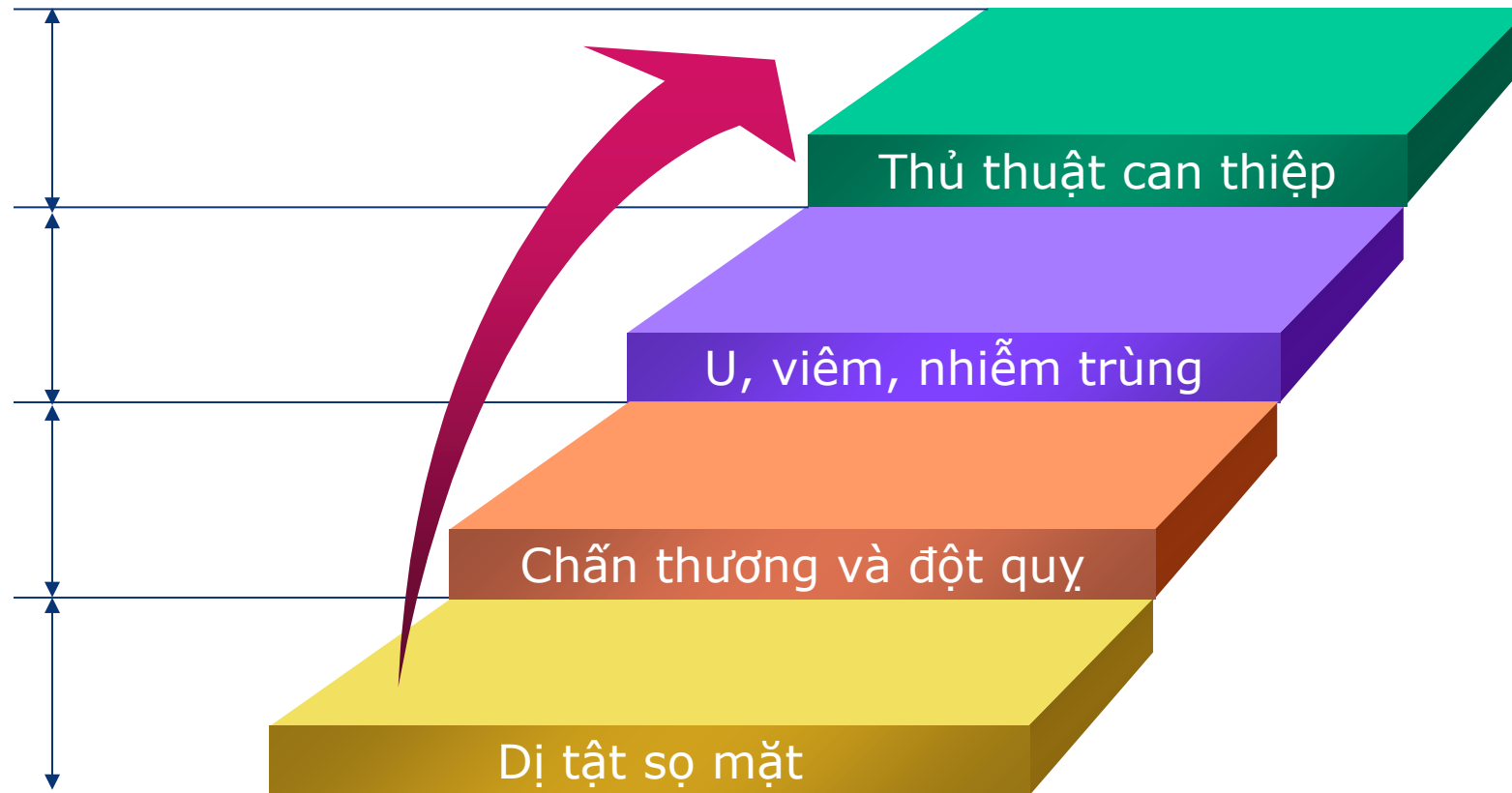
Hình ảnh CT tổng hợp và 3D có sử dụng DL
 Nguồn: Wiesinger, F., & Ho, M. L. (2022).

ƯU ĐIỂM



- ❖ Chụp nhanh □ sàng lọc ban đầu
- ❖ MRI “một cửa”
 - Chấn thương, khối u, thủ thuật can thiệp
- ❖ Giảm liều xạ khi cần chụp theo dõi
 - Trẻ em, phụ nữ mang thai, BN ung thư,...

CÁC ỨNG DỤNG LÂM SÀNG ZTE



DỊ TẬT SỌ MẬT

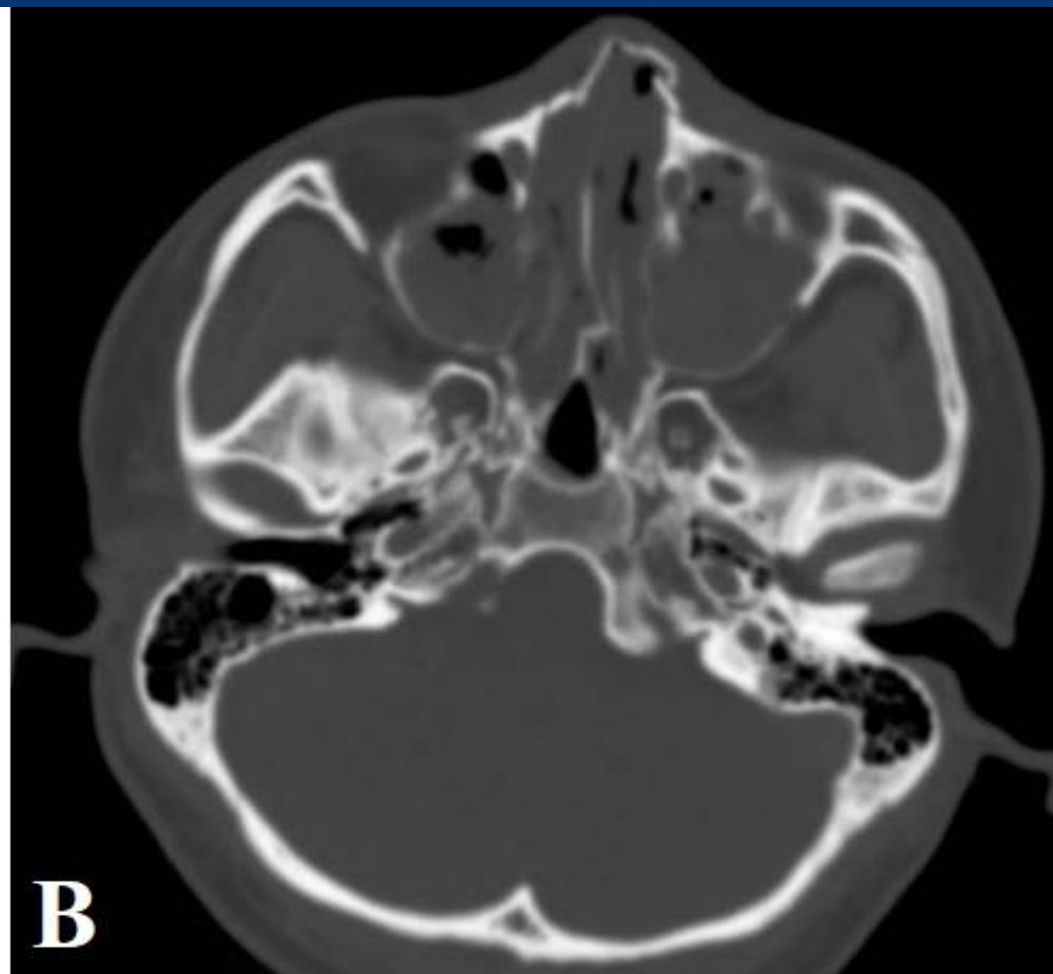
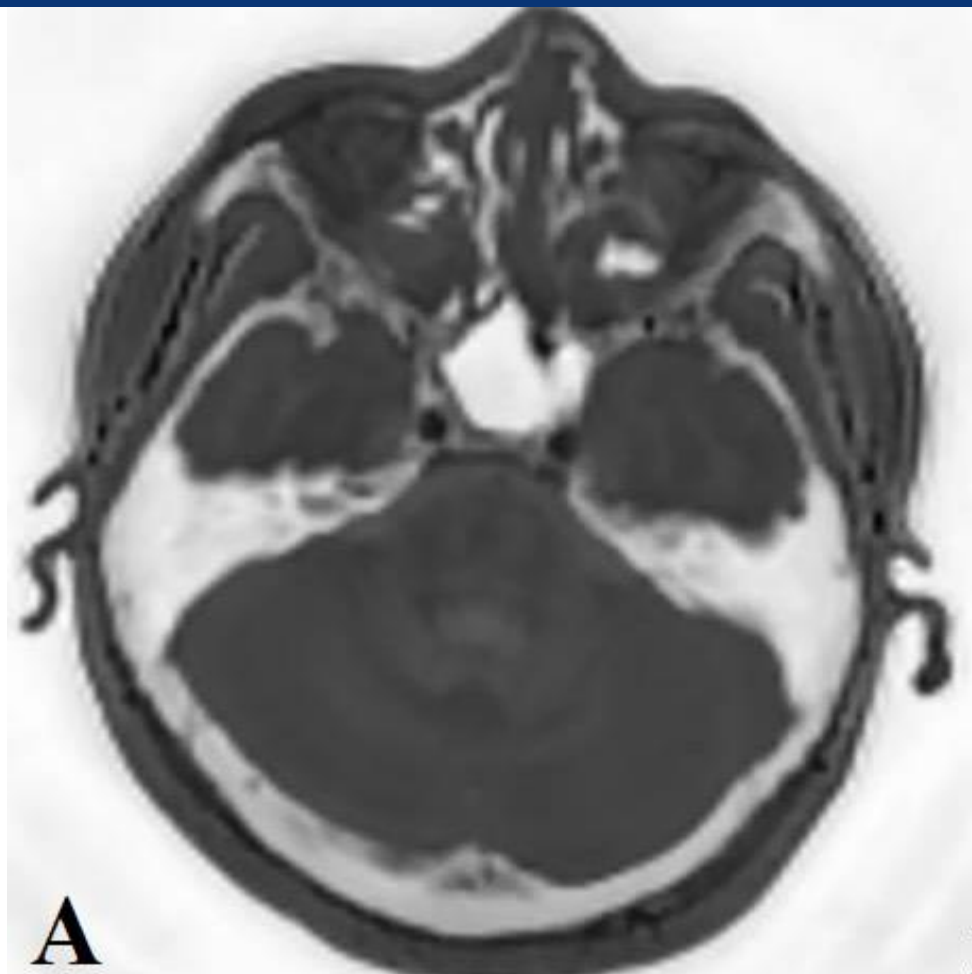


- ❖ Chẩn đoán chứng đầu bẹt
- ❖ Khảo sát quá trình cốt hóa xương
 - T2 mô sụn xơ trong thóp > T2 xương cốt hóa

CHẤN THƯƠNG VÀ ĐỘT QUY



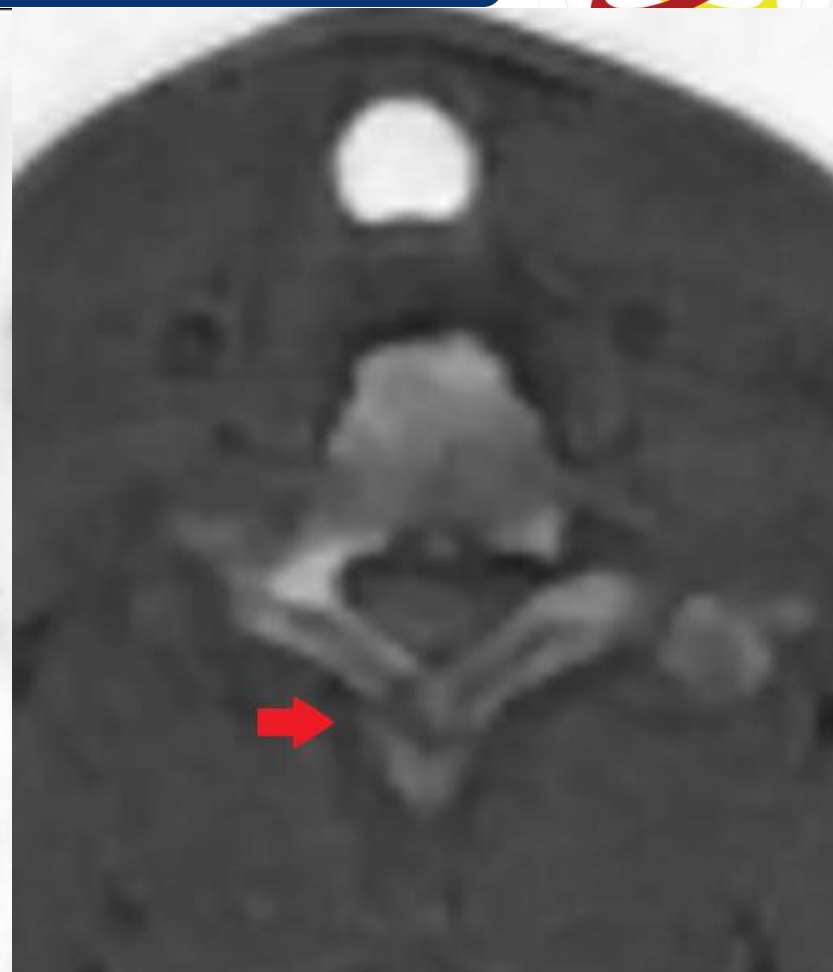
- ❖ CT là phương tiện đầu tay
- ❖ MRI có thể thay thế trong một số trường hợp
- ❖ Có thể phát hiện gãy xương > 1 mm
- ❖ Đang thử nghiệm: phân định cấu trúc vi mô xương
- ❖ Khảo sát quá trình lành xương



Hình chụp sọ mặt ở bệnh nhân chấn thương sọ não. Hình A với chuỗi xung MRI bone và hình B chụp cắt lớp vi tính. *Nguồn: bệnh viện Chợ Rẫy*



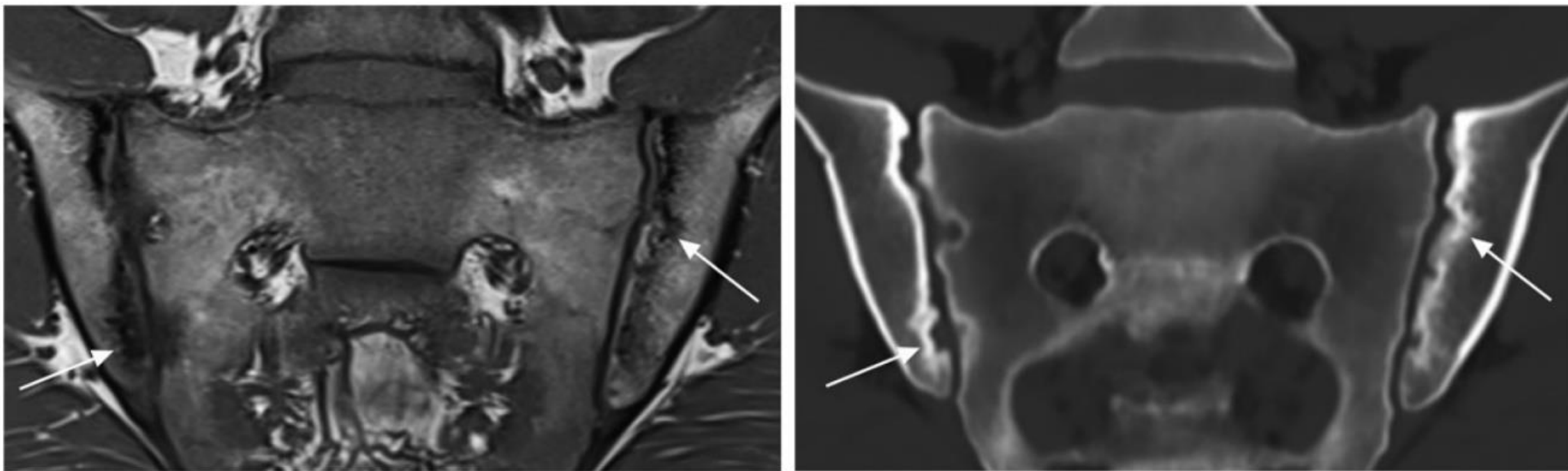
Bệnh nhân chẩn thương cột sống thất lưng Hình A với chuỗi xung MRI bone và hình B chụp cắt lớp vi tính. *Nguồn: bệnh viện Chợ Rẫy*



BN nam, 43 tuổi,
chấn thương cột sống cổ.
Nguồn: bệnh viện Chợ Rẫy

U, viêm, nhiễm trùng

- ❖ Khảo sát tích hợp vỏ xương, tủy xương, mô mềm
- ❖ Khảo sát viêm tủy xương, hoại tử xương, bệnh khớp
 - Ứng dụng trong nha khoa, CXK
 - Thâm nhiễm, lan rộng quanh dây thần kinh
 - Viêm khớp cùng chậu
- ❖ Hạn chế khảo sát giao diện xương – khí
 - Ổ mắt, khoang xoang mũi, nền sọ, đường thở



Hình ảnh viêm khớp cùng chậu trên hình T1W (bên phải)
và hình CT tổng hợp dựa trên MRI bone (bên trái).

Nguồn: Jans, L. B., (2021)

THỦ THUẬT CAN THIỆP



- ❖ Định vị 3D mốc xương cứng
- ❖ Thay thế CT-MRI fusion
- ❖ Ứng dụng PET/MRI: lập kế hoạch xạ trị
- ❖ Ứng dụng trong phẫu thuật
 - In 3D lập kế hoạch trước phẫu thuật
 - Tương lai: đơn vị MRI trong phẫu thuật
 - Sau phẫu thuật: giảm ảnh giả
- ❖ Có thể chụp trước và sau tiêm thuốc tương phản

HẠN CHẾ



- ❖ Độ phân giải không gian MRI bone 0,8 – 1 mm
- ❖ Loãng xương □ SNR thấp
- ❖ Vẹo cột sống thất lực nặng □ SNR thấp
- ❖ Phần mềm hậu xử lý chưa đầy đủ
- ❖ Chưa phổ biến tại khoa CĐHA và khoa lâm sàng

KẾT LUẬN



- ❖ ZTE MRI không sử dụng bức xạ ion hóa
- ❖ Có thể thay thế CT trong một số trường hợp
- ❖ Chụp nhanh, im lặng, chống nhiễu
- ❖ Ứng dụng nhiều cơ quan
- ❖ Đang cải tiến kỹ thuật



Xin chân thành cảm ơn



TÀI LIỆU THAM KHẢO



- ❖ 1. Wiesinger, F., & Ho, M. L. (2022). Zero-TE MRI: principles and applications in the head and neck. *The British Journal of Radiology*, 95(1136), 20220059.
- ❖ 2. Cho, S. B., Baek, H. J., Ryu, K. H., Choi, B. H., Moon, J. I., Kim, T. B., ... & Hwang, M. J. (2019). Clinical feasibility of zero TE skull MRI in patients with head trauma in comparison with CT: a single-center study. *American Journal of Neuroradiology*, 40(1), 109-115.
- ❖ 3. Kralik, S. F., Supakul, N., Wu, I. C., Delso, G., Radhakrishnan, R., Ho, C. Y., & Eley, K. A. (2019). Black bone MRI with 3D reconstruction for the detection of skull fractures in children with suspected abusive head trauma. *Neuroradiology*, 61, 81-87.
- ❖ 4. Lu, A., Gorny, K. R., & Ho, M. L. (2019). Zero TE MRI for craniofacial bone imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 40(9), 1562-1566.
- ❖ 5. Jans, L. B., Chen, M., Elewaut, D., Van den Bosch, F., Carron, P., Jacques, P., ... & Herregods, N. (2021). MRI-based synthetic CT in the detection of structural lesions in patients with suspected sacroiliitis: comparison with MRI. *Radiology*, 298(2), 343-349.
- ❖ 6. Aydingöz, Ü., Yıldız, A. E., & Ergen, F. B. (2022). Zero echo time musculoskeletal MRI: technique, optimization, applications, and pitfalls. *Radiographics*, 42(5), 1398-1414.