

GIÁ TRỊ TÍN HIỆU T2W CHUẨN HÓA VÀ THÔNG SỐ HISTOGRAM TRÊN CỘNG HƯỞNG TỪ 3.0 TESLA TRONG CHẨN ĐOÁN UNG THƯ TUYẾN TIỀN LIỆT

*Nguyễn Hữu Chung¹, Lê Thanh Dũng^{1,2}
Hoàng Ngân Hà³, Nguyễn Đình Minh^{2*}*

Tóm tắt

Mục tiêu: Xác định giá trị của tín hiệu T2W chuẩn hóa (normalized T2-weighted - nT2W) và thông số histogram trên cộng hưởng từ (magnetic resonance imagin - MRI) 3.0T trong chẩn đoán ung thư tuyến tiền liệt (UTTTL). **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu hồi cứu, mô tả cắt ngang có so sánh trên hình ảnh MRI 3.0T của 139 bệnh nhân (BN) nghi ngờ UTTTL, đo tín hiệu T2W, các thông số T2W histogram: Giá trị trung bình (mean), trung vị (median), độ lệch chuẩn (SD), giá trị lớn nhất (max), giá trị nhỏ nhất (min), độ lệch (skewness), độ nhọn (kurtosis), độ hỗn loạn (entropy), độ phân tán (variance). Tín hiệu nT2W là tỷ lệ tín hiệu T2W trung bình (T2Wmean) với cơ bít trong, so sánh nhóm UTTTL (Gleason ≥ 6) với không UTTTL (Gleason < 6). **Kết quả:** Vùng ngoại vi: Tồn thương UTTTL thấp hơn so với không ung thư về giá trị nT2W ($3,49 \pm 0,55$ và $4,99 \pm 1,43$) và một số thông số T2W histogram (mean, median, min, entropy). Vùng chuyển tiếp: Tồn thương UTTTL thấp hơn không ung thư về giá trị nT2W ($3,47 \pm 0,50$ và $4,97 \pm 0,89$) và một số thông số histogram (mean, median, min, max, skewness, kurtosis) với $p \leq 0,001$. Đường cong ROC cho thấy nT2W đáng tin cậy nhất để chẩn đoán UTTTL ở vùng ngoại vi (AUC = 0,947; cut-off: 4,0; độ nhạy: 89,1%; độ đặc hiệu: 96,2%) và vùng chuyển tiếp (AUC = 0,945; cut-off: 4,09; độ nhạy: 94,4%; độ đặc hiệu: 82,0%). **Kết luận:** Tín hiệu nT2W trên MRI 3.0T đáng tin cậy nhất trong chẩn đoán UTTTL. Các thông số T2W histogram như min, mean, median và entropy vùng ngoại vi hay min, mean, median, skewness, kurtosis vùng chuyển tiếp có giá trị bổ sung trong chẩn đoán.

Từ khóa: Ung thư tuyến tiền liệt; MRI đa thông số; T2W chuẩn hóa; Thông số histogram; 3.0 Tesla.

¹Trường Đại học Y Dược, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức

³Trường Đại học Y Hà Nội

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Đình Minh (minhdr24@gmail.com)

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày được chấp nhận đăng: 15/8/2025

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v50i8.1423>

**VALUE OF NORMALIZED T2W SIGNAL
AND HISTOGRAM-BASED TEXTURE PARAMETERS
ON 3.0-TESLA MRI FOR DIAGNOSING PROSTATE CANCER**

Abstract

Objectives: To identify the value of normalized T2-weighted (nT2W) signal intensity and histogram-based texture parameters on 3.0T MRI in the diagnosis of prostate cancer. **Methods:** A retrospective, cross-sectional descriptive study comparing 3.0T MRI of 139 patients with suspected prostate cancer. T2W signal intensity and histogram parameters, including mean, median, standard deviation, maximum, minimum, skewness, kurtosis, entropy, and variance, were measured. The nT2W signal was calculated as the ratio of the mean T2W signal intensity to that of the internal obturator muscle. Data were compared between the prostate cancer group (Gleason ≥ 6) and the non-cancer group (Gleason < 6). **Results:** Peripheral zone: Prostate cancer lesions showed significantly lower values than non-cancer lesions for nT2W (3.49 ± 0.55 vs. 4.99 ± 1.43) and several histogram parameters (mean, median, minimum, entropy). Transition zone: Prostate cancer lesions had lower values than non-cancer for nT2W (3.47 ± 0.50 vs. 4.97 ± 0.89) and several histogram features (mean, median, minimum, maximum, skewness, kurtosis), with $p \leq 0.001$. ROC curve analysis showed that normalized T2W was the most reliable parameter for diagnosing prostate cancer in the peripheral zone (AUC: 0.947; cut-off: 4.0; sensitivity: 89.1%; specificity: 96.2%) and in the transition zone (AUC: 0.945; cut-off: 4.09; sensitivity: 94.4%; specificity: 82.0%). **Conclusion:** The nT2W signal on 3.0T MRI is the most reliable marker for diagnosing prostate cancer. Histogram parameters such as minimum, mean, median, and entropy in the peripheral zone, as well as minimum, mean, median, skewness, and kurtosis in the transition zone, provide valuable additional diagnostic information.

Keywords: Prostate cancer; Multiparametric MRI; Normalized T2W; Histogram parameter; 3.0 Tesla.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Ung thư tuyến tiền liệt là bệnh lý phổ biến ở nam giới, với tỷ lệ mắc và tử vong theo Globocan (2022) lần lượt là 14,2% và 7,3%. MRI đa thông số (mpMRI) kèm thang điểm PIRADS đã được ứng

dụng rộng rãi trong phân loại hình ảnh mpMRI, tuy nhiên phân loại PIRADS còn mang tính định tính và phụ thuộc vào kinh nghiệm của người đọc [1]. MRI định lượng tín hiệu trên mpMRI đã được nghiên cứu và giúp cải thiện hiệu

quả chẩn đoán [2]. Hình ảnh T2W trên mpMRI có độ phân giải cao, có giá trị phân biệt các cấu trúc giải phẫu và phát hiện tổn thương. Tuy nhiên, tín hiệu T2W đơn thuần thay đổi phụ thuộc cường độ từ trường, loại coils, độ khuếch đại tín hiệu,... Vì vậy, định lượng T2W thường được chuẩn hóa với tín hiệu các mô tham chiếu, trong đó cơ bít trong, cơ nâng hậu môn thường được lựa chọn [3]. Bên cạnh đó, các thông số kết cấu trên biểu đồ histogram của ảnh T2W cũng được nghiên cứu để chẩn đoán UTTTL.

Tại Việt Nam, vẫn chưa có nhiều nghiên cứu nhấn mạnh vào vai trò của định lượng tín hiệu T2W [4, 5]. Vì vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu này nhằm: *Nghiên cứu giá trị của tín hiệu nT2W và một số thông số histogram trong chẩn đoán UTTTL.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm hình ảnh chụp MRI 3.0T của 139 BN nghi ngờ UTTTL tại Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức từ tháng 01/2023 - 6/2025 có kết quả giải phẫu bệnh được chia làm 2 nhóm: UTTTL và không UTTTL.

* *Tiêu chuẩn lựa chọn:* Tổn thương tuyến tiền liệt trên chụp MRI 3.0T đa thông số được phân loại PIRAD ≥ 3 ; được sinh thiết hoặc phẫu thuật tuyến

tiền liệt; có kết quả giải phẫu bệnh phân loại theo Gleason với khi Gleason ≥ 6 được coi là UTTTL.

* *Tiêu chuẩn loại trừ:* Can thiệp tuyến tiền liệt như sinh thiết, nút mạch, phẫu thuật trước khi chụp MRI < 3 tháng; hình ảnh MRI 3.0T không đủ chất lượng để đánh giá; không chụp đủ các chuỗi xung mpMRI; hồ sơ bệnh án không đủ thông tin cho nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

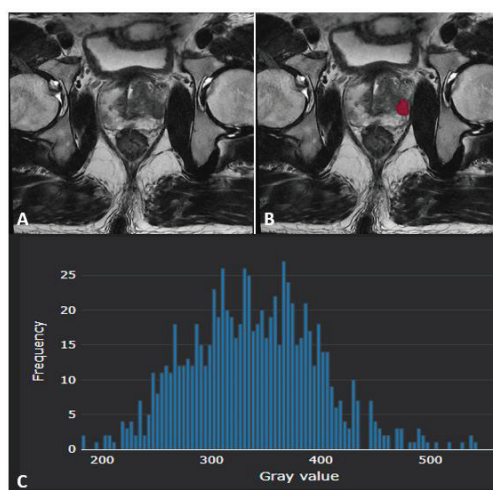
* *Thiết kế nghiên cứu:* Nghiên cứu mô tả cắt ngang, có so sánh, số liệu được hồi cứu từ hồ sơ, hệ thống lưu trữ hình ảnh Pacs.

* *Phương tiện nghiên cứu:* Máy MRI 3.0 Tesla (SIGNATM 3.0T MRI, GE Healthcare) tại Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức; hệ thống lưu trữ hình ảnh Pacs; phần mềm đo đạc The Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK Workbench v2022.10, Division of Medical Image Computing, German Cancer Research Center); kết quả giải phẫu bệnh; hồ sơ bệnh án của BN.

* *Quy trình nghiên cứu:* (1) Tra cứu các BN được chụp MRI 3.0T tuyến tiền liệt; (2) Chọn lọc BN có hình ảnh MRI thỏa mãn tiêu chuẩn lựa chọn; (3) Tra cứu hồ sơ bệnh án để thu thập các thông tin về lâm sàng, xét nghiệm, kết quả giải phẫu bệnh; (4) Đo đạc bán tự động tín hiệu trên MRI bằng phần mềm MITK; (5) Thu thập và xử lý số liệu.

* *Xử lý và phân tích hình ảnh*: Giá trị VOI (volum of interest) được đo đặc trên phần mềm MITK: Đặt ROI (region of interest) bao phủ toàn bộ tổn thương trên các lát cắt chứa tổn thương của T2W và ghi nhận giá trị của biểu đồ histogram bao gồm mean, median, SD, max - min,

kurtosis, skewness, entropy, variance. Cơ bít trong là mô tham chiếu được đo với 3 ROI mỗi bên, mỗi ROI diện tích khoảng $0,1\text{cm}^2$, chọn phần trung tâm và đồng nhất của cơ và lấy giá trị trung bình. nT2W được tính: $n\text{SI}_{\text{mean}} = \text{SI}_{\text{mean}} (\text{tổn thương}) / \text{SI}_{\text{mean}} (\text{cơ bít})$.



Hình 1. Minh họa cách đo tổn thương và biểu đồ histogram trên T2W.

A, B: Hình T2W cắt ngang, ROI được đo vào toàn bộ tổn thương (màu đỏ);
C: Biểu đồ histogram T2W của toàn bộ tổn thương trên phần mềm MITK.

* *Biến số nghiên cứu*: Tuổi, vị trí tổn thương, nT2W và các thông số định lượng trên biểu đồ histogram được so sánh theo hai nhóm UTTTL và không UTTTL

* *Xử lý số liệu*: Bằng phần mềm SPSS 20.0. Tính tỷ lệ phần trăm đối với các biến định tính, giá trị trung vị, trung bình và độ lệch chuẩn với các biến định lượng; so sánh giá trị trung bình bằng T-test, Man-Withney U test. Phân tích ROC, tính toán AUC và chọn giá trị ngưỡng dựa trên chỉ số Youden.

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo đúng quy định của Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức, nhằm nâng cao khả năng chẩn đoán và điều trị cho người bệnh. Số liệu khách quan, quy trình nghiên cứu không gây ảnh hưởng đến quá trình chẩn đoán và điều trị cho người bệnh. Số liệu nghiên cứu được Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức cho phép sử dụng và công bố. Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện trên 139 BN, trong đó có 66 BN UT TTL và 73 BN không UT TTL.

1. Tuổi

Tuổi trung bình của nghiên cứu là $69,4 \pm 8,6$. Nhóm UT TTL và không UT TTL lần lượt là $70,8 \pm 7,3$ và $68,2 \pm 9,6$ tuổi, sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

2. Đặc điểm tín hiệu nT2W và thông số histogram trên MRI 3.0T

Bảng 1. Tín hiệu nT2W và thông số histogram của tổn thương theo hai nhóm UT TTL và không UT TTL.

Vị trí	Chỉ số	UT TTL	Không UT TTL	p*
Vùng ngoại vi	nT2W	$3,49 \pm 0,55$	$4,99 \pm 1,43$	$< 0,001$
	Mean	$334,9 \pm 80,1$	$428,7 \pm 150,5$	0,001
	Median	$332,5 \pm 81,2$	$423,4 \pm 150,4$	0,001
	SD	$74,0 \pm 21,1$	$69,9 \pm 22,4$	0,357
	Max	$784,6 \pm 299,2$	$710,5 \pm 221,0$	0,345
	Min	$102,4 \pm 69,5$	$230,3 \pm 143,8$	$< 0,001$
	Skewness	$0,53 \pm 0,79$	$0,29 \pm 0,43$	0,478
	Kurtosis	$5,51 \pm 5,67$	$3,66 \pm 1,24$	0,12
	Entropy	$5,49 \pm 0,36$	$5,78 \pm 0,34$	$< 0,001$
	Variance	$5888,5 \pm 3693,6$	$5396,4 \pm 3592,9$	0,439
Vùng chuyển tiếp	nT2W	$3,47 \pm 0,50$	$4,97 \pm 0,89$	$< 0,001$
	Mean	$332,3 \pm 74,6$	$425,5 \pm 73,2$	$< 0,001$
	Median	$329,8 \pm 75,3$	$417,4 \pm 72,7$	$< 0,001$
	SD	$70,8 \pm 21,8$	$78,8 \pm 17,4$	0,006
	Max	$747,9 \pm 295,1$	$891,8 \pm 244,3$	0,001
	Min	$99,9 \pm 59,9$	$215,9 \pm 295,1$	$< 0,001$
	Skewness	$0,44 \pm 0,76$	$0,95 \pm 0,67$	$< 0,001$
	Kurtosis	$5,08 \pm 5,30$	$6,45 \pm 4,32$	$< 0,001$
	Entropy	$5,51 \pm 0,38$	$5,49 \pm 0,40$	0,808
	Variance	$5527,8 \pm 3694,9$	$6533,4 \pm 2952,1$	0,06

(* Mann-Whitney U test)

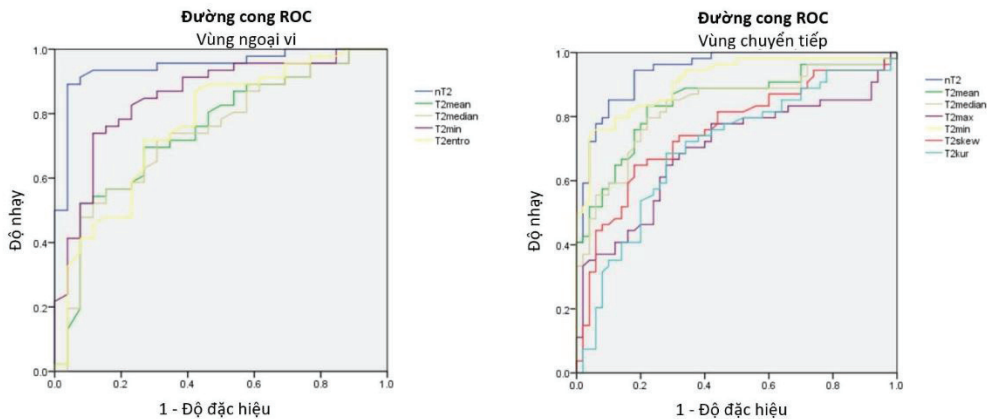
Đối với vùng ngoại vi, tín hiệu nT2W của tổn thương UTTTL thấp hơn đáng kể so với không UTTTL, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,001$). Về thông số histogram trên T2W, mean, median, min, entropy ở tổn thương UTTTL đều thấp hơn đáng kể so với không UTTTL, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p \leq 0,001$).

Tổn thương vùng chuyển tiếp cũng cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê của tín hiệu nT2W ở nhóm UTTTL và không UTTTL ($p < 0,001$). Các thông số histogram như mean, median, SD, max - min, skewness và kurtosis ở nhóm UTTTL đều thấp hơn nhóm không UTTTL ($p < 0,05$).

3. Giá trị chẩn đoán của các thông số định lượng trên MRI 3.0T

Bảng 2. Giá trị chẩn đoán UTTTL của tín hiệu nT2W và thông số histogram trên MRI 3.0T.

Vùng	Thông số	AUC	Điểm cut-off	Độ nhạy	Độ đặc hiệu	Chỉ số Youden
Ngoại vi	nT2W	0,947	4,0	89,1%	96,2%	0,853
	T2Wmean	0,748	316,9	52,2%	92,3%	0,445
	T2Wmedian	0,738	327,3	56,5%	84,6%	0,411
	T2Wmin	0,855	127,5	73,9%	88,5%	0,624
	T2Wentropy	0,765	5,71	71,7%	73,1%	0,448
Chuyển tiếp	nT2W	0,945	4,09	94,4%	82,0%	0,764
	T2Wmean	0,845	379,25	83,3%	78,0%	0,613
	T2Wmedian	0,833	370,59	79,6%	78,0%	0,576
	T2Wmax	0,697	719	64,8%	72,0%	0,368
	T2Wmin	0,910	126,5	74,1%	96,0%	0,701
	T2Wskewness	0,754	0,34	64,8%	82,0%	0,468
	T2Wkurtosis	0,702	3,765	68,5%	72,0%	0,405

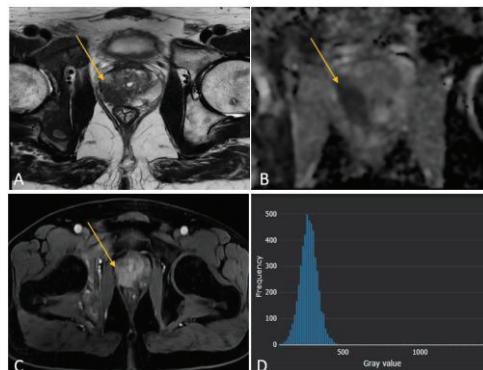


Biểu đồ 1. Đường cong ROC: Giá trị chẩn đoán UTTL của tín hiệu nT2W và thông số histogram của tổn thương vùng ngoại vi và vùng chuyển tiếp.

Đường cong ROC cho thấy tín hiệu chuẩn hóa là thông số có ý nghĩa nhất trong chẩn đoán UTTL cả ở vùng ngoại vi và chuyển tiếp với AUC lần lượt là 0,947 và 0,945. Vùng ngoại vi, điểm cut-off cho chẩn đoán là 4,0 cho độ nhạy và độ đặc hiệu lần lượt là 89,1% và 96,2%. Vùng chuyển tiếp, điểm cut-off chẩn đoán là 4,09 với độ nhạy và độ đặc hiệu lần lượt là 94,4% và 82%.

Ở vùng ngoại vi, ngoài tín hiệu chuẩn hóa, T2Wmin có giá trị chẩn đoán tương đối tốt với AUC: 0,855, điểm cut-off 127,5 với độ nhạy 73,9% và độ đặc hiệu 88,5%. Các thông số khác có AUC < 0,8 cho thấy ít hiệu quả hơn trong chẩn đoán.

Ở vùng chuyển tiếp, bên cạnh tín hiệu chuẩn hóa, T2Wmin, T2Wmean và T2Wmedian cho thấy hiệu quả chẩn đoán khá tốt (AUC > 0,8). Các thông số còn lại mang lại hiệu quả chẩn đoán không cao (AUC < 0,8).



Hình 2. Tổn thương UTTL vùng ngoại vi bên phải.
(A, B, C) Hình ảnh mpMRI phân loại PIRADS;
(D) Biểu đồ histogram trên T2W của tổn thương.

BÀN LUẬN

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy tổn thương UTTTL có nT2W thấp hơn so với không UTTTL ở vùng ngoại vi ($3,49 \pm 0,55$ so với $4,99 \pm 1,43$; $p < 0,001$) và vùng chuyển tiếp ($3,47 \pm 0,50$ so với $4,97 \pm 0,89$; $p < 0,001$), tương tự các nghiên cứu khác [2, 3]. Nguyên nhân là do cấu trúc mô học giàu tế bào của tổn thương UTTTL dẫn đến tín hiệu T2W thấp hơn đáng kể. Tuy nhiên, giá trị nT2W của nhóm UTTTL trong nghiên cứu của chúng tôi có sự khác biệt với nghiên cứu của Elif Peker và CS [2] (nT2W là 3,2), điều này có thể do phương pháp đo đạc, lựa chọn mô tham chiếu khác biệt.

Ở vùng ngoại vi, các thông số T2W histogram như mean, median, min, entropy cho thấy xu thế thấp hơn ở nhóm UTTTL so với không UTTTL. Điều này tương tự như nghiên cứu của Pengyi Xing và CS [6]. Giá trị mean, median, min thấp hơn đại diện cho vùng giàu tế bào ác tính hoặc độ mô học cao hơn, trong khi entropy thấp hơn cho thấy UTTTL có cấu trúc mô học đồng nhất hơn so với các tổn thương lành tính.

Ở vùng chuyển tiếp, entropy không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa UTTTL và không UTTTL, trong khi skewness và kurtosis ở nhóm UTTTL thấp hơn nhóm lành tính, điều này khác biệt với nghiên cứu của Halil và CS khi skewness và kurtosis cao hơn ở nhóm UTTTL;

một số nghiên cứu khác cũng chỉ ra skewness và kurtosis có ý nghĩa không rõ ràng trong nghiên cứu y học cũng như có giá trị thay đổi tùy từng nghiên cứu [7, 8].

Phân tích ROC cho thấy tín hiệu nT2W là thông số có giá trị nhất trong chẩn đoán UTTTL với AUC ở vùng ngoại vi và chuyển tiếp lần lượt là 0,947 và 0,945, cao hơn đáng kể việc chỉ sử dụng trực tiếp tín hiệu mean với AUC lần lượt là 0,748 và 0,845. Điều này tương tự với nghiên cứu của Mohammed và CS, khả năng chẩn đoán UTTTL tăng lên khi sử dụng nT2W so với T2Wmean, với AUC lần lượt là 0,83 so với 0,77 ở ngoại vi và 0,743 so với 0,678 ở vùng chuyển tiếp [3]. Độ nhạy và độ đặc hiệu cho chẩn đoán của nT2W tại giá trị cut-off là 89,1% và 96,2% (ngoại vi) và 94,4% và 82% (chuyển tiếp). Các thông số histogram cũng cho thấy giá trị chẩn đoán ở mức độ từ khá đến tốt ($AUC \approx 0,7 - 0,9$). Trong đó T2Wmin cho giá trị chẩn đoán tốt với AUC lần lượt là 0,855 và 0,910 ở vùng ngoại vi và chuyển tiếp. Entropy có giá trị bổ sung cho UTTTL ngoại vi với AUC 0,765, tương tự các nghiên cứu khác [6, 7]. Trái lại, giá trị của skewness và kurtosis cần được đánh giá thêm do tính có sự khác biệt giữa các nghiên cứu [6 - 8].

Nghiên cứu còn một số hạn chế như cỡ mẫu chưa đủ lớn, kết quả giải phẫu bệnh sau sinh thiết có nguy cơ âm tính

giả, chưa phân tích sâu các đặc điểm tín hiệu nhiễu của hình ảnh tổn thương cũng như mô tham chiếu. Điều này có thể góp phần tạo ra sai số của nghiên cứu.

KẾT LUẬN

T2W là chuỗi xung thường quy và quan trọng của mpMRI. Định lượng tín hiệu trên T2W góp phần hỗ trợ chẩn đoán tốt UTTL, trong đó tín hiệu nT2W là thông số có giá trị chẩn đoán rất tốt với AUC lần lượt là 0,947 ở vùng ngoại vi và 0,945 ở vùng chuyển tiếp. Thông số T2W histogram như min, mean, median, entropy của tổn thương vùng ngoại vi và min, mean, median, skewness, kurtosis của tổn thương vùng chuyển tiếp cũng cho giá trị chẩn đoán khá tốt ($AUC \approx 0,7 - 0,9$).

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn các cán bộ, nhân viên y tế tại Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức đã hỗ trợ chúng tôi hoàn thành nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ahmed HU, et al. Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): A paired validating confirmatory study. *Lancet*. 2017; 389(10071):815-822.
2. Peker E, et al. Diagnostic performance of multiparametric MR imaging at 3.0 Tesla in discriminating prostate cancer from prostatitis: A

histopathologic correlation. *Eurasian J Med*. 2019; 51(1):31-37.

3. Sunoqrot MRS, et al. Automated reference tissue normalization of T2-weighted MR images of the prostate using object recognition. *Magma*. 2021; 34(2):309-321.

4. Nguyễn Đình Minh, Vũ Ngọc Dương. Giá trị của định lượng tín hiệu MRI 3.0T trong chẩn đoán ung thư tuyến tiền liệt. *Tạp chí Nghiên cứu Y học*. 2024; 178(5):1-8.

5. Nguyễn Văn Khôi, Lê Văn Phước, Trịnh Lê Hồng Minh. Giá trị cộng hưởng từ khuếch tán trong chẩn đoán ung thư tuyến tiền liệt. *Tạp chí Điện quang & Y học hạt nhân Việt Nam*. 2022; 23:38-42.

6. Xing P, et al. Differentiating prostate cancer from benign prostatic hyperplasia using whole-lesion histogram and texture analysis of diffusion- and T2-weighted imaging. *Cancer Imaging*. 2021; 21(1):54.

7. Özer H, et al. Texture analysis of multiparametric magnetic resonance imaging for differentiating clinically significant prostate cancer in the peripheral zone. *Turk J Med Sci*. 2023; 53(3):701-711.

8. Patel N, Henry A, and Scarsbrook A. The value of MR textural analysis in prostate cancer. *Clin Radiol*. 2019; 74(11):876-885.