

KỸ THUẬT HÒA HÌNH ẢNH SIÊU ÂM VỚI HÌNH ẢNH CẮT LỚP VI TÍNH HOẶC CỘNG HƯỞNG TỪ

Nguyễn Phước Bảo Quân¹

TÓM TẮT

Kỹ thuật ghi hình siêu âm từ lâu được biết đến như phương tiện ghi hình chẩn đoán và can thiệp đầu tay do bởi ưu điểm như: không nhiễm xạ, tính năng động và giá thành thấp, đặc biệt là khả năng ghi hình thời gian thực đã khiến cho siêu âm trở thành phương tiện được lựa chọn hàng đầu trong dẫn đường can thiệp các thủ thuật. Tuy nhiên, trong thực hành lâm sàng hàng ngày, không ít trường hợp ghi hình siêu âm lại không nhìn thấy thương tổn do nhiều lý do khác nhau nên không thể dẫn đường can thiệp. Trong lúc đó, các phương tiện như Cắt lớp vi tính (CLVT) và Cộng hưởng từ (CHT) ngày càng được sử dụng trong việc chẩn đoán xác định các khối u ở giai đoạn sớm nhờ vào khả năng cung cấp hình ảnh có độ phân giải tương phản lẫn độ phân giải không gian cao. Gần đây, các nhà nghiên cứu đã đưa ra áp dụng kỹ thuật mới, gọi là kỹ thuật hoà hình ảnh giữa siêu âm với hình CLVT hoặc CHT. Đây là kỹ thuật kết hợp ưu điểm của siêu âm là hình ảnh thực linh động với ưu điểm của hình CLVT hay CHT, nhờ thế khắc phục được hạn chế của siêu âm và đã mở ra chân trời mới trong nhiều ứng dụng chẩn đoán cũng như dẫn đường can thiệp của siêu âm.

Từ khóa: Hoà hình ảnh, siêu âm, cắt lớp vi tính, cộng hưởng từ.

ABSTRACT

FUSION IMAGING OF ULTRASONOGRAPHY WITH CT SCAN OR MRI

Nguyen Phuoc Bao Quan¹

Echography imaging has long been a first line diagnostic and interventional imaging technic with the following advantages: no irradiation, dynamic, low cost, and especially real-time imaging, which made echography becomes the first chosen tool for guiding in interventional procedures. However, in daily practice, because of many reasons, echography can not detect lesion, hence, fail to guide for intervention. Meanwhile, CT scan and MRI are increasingly becoming more popular in early diagnosis of tumors due to their high contrast and spatial resolution. Recently, researchers have introduced new technic called echography and CT scan or MRI fusion imaging. This technic combines echography advantages of real-time and dynamic imaging with those of CT Scan or MRI which is high contrast and spatial resolution, therefore, overcome echography's disadvantages and reveal new application of ultrasound in both diagnosis and intervention imaging.

Key words: Fusion imaging, ultrasonography, CT scan, MRI.

1. Khoa Thăm dò chức năng, Bệnh viện Trung ương Huế

- Ngày nhận bài (Received): 07/12/2016; Ngày phản biện (Revised):
- Ngày đăng bài (Accepted): 02/01/2017
- Người phản biện:
- Người phản hồi (Corresponding author): Nguyễn Phước Bảo Quân
- Email: baoquanj@gmail.com; ĐT: 091 349 5551

I. Giới thiệu

Kỹ thuật ghi hình siêu âm từ lâu được biết đến như phương tiện ghi hình chẩn đoán và can thiệp đầu tay do bởi ưu điểm như: không nhiễm xạ, tính năng động khi thực hiện mọi lúc mọi nơi và giá thành thấp, đặc biệt là khả năng ghi hình thời gian thực đã khiến cho siêu âm trở thành phương tiện được lựa chọn hàng đầu trong dẫn đường can thiệp các thủ thuật.

Tuy nhiên, trong thực hành lâm sàng hàng ngày, không ít trường hợp ghi hình siêu âm cho chẩn đoán cũng như cho mục đích can thiệp bị thất bại, không những ngoài lý do cửa sổ xuyên âm bị hạn chế - không thể thực hiện các mặt cắt vành hay dọc thậm chí mặt cắt ngang - để bộc lộ thương tổn, mà còn bị hạn chế bởi khuyết điểm cố hữu của kỹ thuật siêu âm là độ phân giải tương phản thấp, nhất là với các thương tổn có kích thước quanh 1 cm và định vị sâu. Trong lúc đó, các phương tiện như cắt lớp vi tính (CLVT) và CHT (Cộng hưởng từ) ngày càng được sử dụng trong việc chẩn đoán xác định các khối u ở giai đoạn sớm nhờ vào khả năng cung cấp hình ảnh có độ phân giải tương phản lẫn độ phân giải không gian cao nhất là khi các kỹ thuật này sử dụng các chất tương phản, điều này được chứng thực bằng các nghiên cứu đa trung tâm rằng các phương tiện này được xem như tiêu chuẩn vàng thay cho sinh thiết trong chẩn đoán các ung thư gan, đặc biệt là khi các minh chứng này nhận được sự đồng thuận của nhiều tổ chức nghề nghiệp có uy tín.

Một nỗ lực vượt qua hạn chế của siêu âm trong ghi hình lẫn trong dẫn đường can thiệp là bác sĩ làm siêu âm sẽ xem trước và nhớ hình ảnh thương tổn trên CLVT hay CHT rồi từ đó “án chừng” thương tổn trên hình ảnh Siêu âm từ hình tham khảo CLVT hay CHT, sau đó tiến hành ghi hình siêu âm và dẫn đường can thiệp. Dẫu vậy, không ít trường hợp vẫn không xác định được thương tổn đích trên hình siêu âm, thậm chí chẩn đoán nhầm hay can thiệp nhầm lại xảy ra do thương tổn giả định vị tình cờ kề cận thương tổn đích.

Đây là tình huống khá thường gặp trong trường hợp các nốt ung thư gan nguyên phát thường hiện diện đồng thời với nhiều nốt tân tạo trên nền gan bệnh lý mạn tính.

Để khắc phục những hạn chế vừa nêu, các nhà nghiên cứu đã đưa ra áp dụng kỹ thuật mới, gọi là kỹ thuật hoà hình ảnh giữa siêu âm với hình CLVT hoặc CHT. Đây là kỹ thuật kết hợp ưu điểm của siêu âm là hình ảnh thực linh động với ưu điểm của hình CLVT hay CHT có độ phân giải không gian và tương phản cao. Kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm với hình ảnh của phương tiện khác mới được phát triển trong vòng thập niên gần đây và hứa hẹn mở ra ứng dụng mới và hữu ích. Bài viết này tập trung vào Kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm động (thời gian thực) với hình ảnh của CLVT hay CHT, mặc dù rằng bên cạnh đó cũng có kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm tĩnh từ dữ liệu khối 3D của siêu âm với dữ liệu khối 3D của CLVT hay CHT.

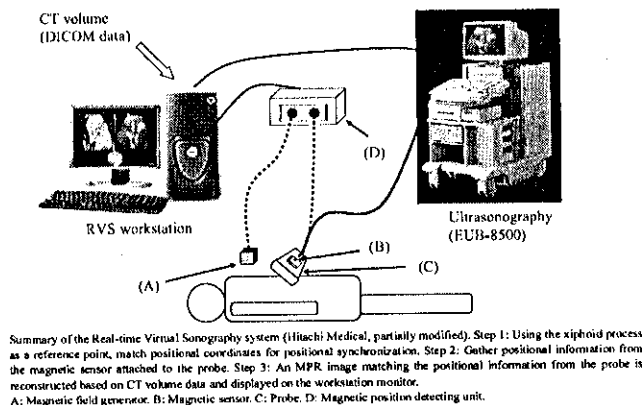
II. Nguyên lý và Kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm động với hình ảnh của CLVT hay CHT (kthhaSA-CLVT/CHT)

- Nguyên lý của kỹ thuật là sử dụng phần mềm lẫn phần cứng để dựng hình tái tạo từ dữ liệu khối CLVT hay CHT sao cho tương hợp với hình ảnh siêu âm động đang quét bằng đầu dò. Để thực hiện được điều này thì chính phần mềm và phần cứng của thiết bị phải đồng bộ hóa hệ qui chiếu của hình siêu âm đang diễn ra trong thời gian thực với hệ qui chiếu của dữ liệu khối CLVT hay CHT đã được chụp trước đó [1],[2].

- Về mặt thực hành kỹ thuật, để thuận tiện cho việc dễ dàng nắm bắt kỹ thuật, người viết lấy minh họa từ mô hình mẫu sơ khai của kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm động với hình CLVT hay CHT được trình bày ở hình 1 của công ty Hitachi. Thiết bị gồm có: 1/ Máy siêu âm; 2/ Bộ thu, phát và xử lý tín hiệu điện-từ; 3/ Trạm làm việc để thực hiện việc hoà hình ảnh. Có thể tóm lược các bước tiến hành của kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm động với hình CLVT hay CHT như sau:

Kỹ thuật hòa hình ảnh siêu âm với hình ảnh cắt lớp vi tính...

H. Kawase et al.



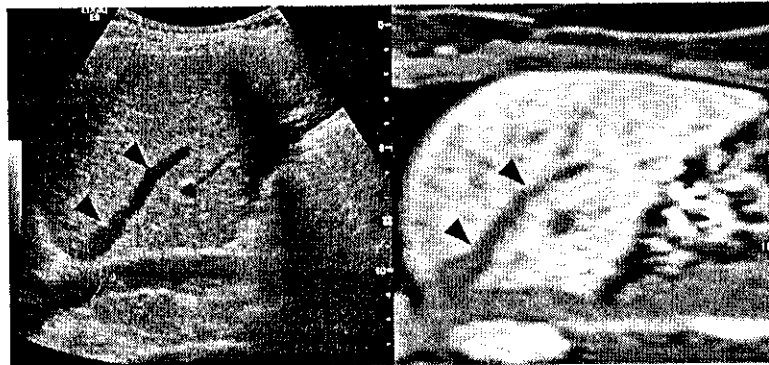
Hình 1: Sơ đồ nguyên mẫu của hệ thống hòa hình ảnh Siêu âm động với hình CLVT hay CHT. A,B,D là các cấu phần của hệ thống cảm biến vị trí; RVS workstation là trạm làm việc và máy siêu âm.

+ Bước 1: Tải dữ liệu khối 3D dưới dạng DICOM của hình CLVT hay CHT được thu hình trước đó vào trạm làm việc (được đặt tên là RVS workstation trong hình minh họa), tại đây trạm làm việc có thể xem và tái tạo bất kỳ mặt phẳng nào hình CLVT hay CHT.

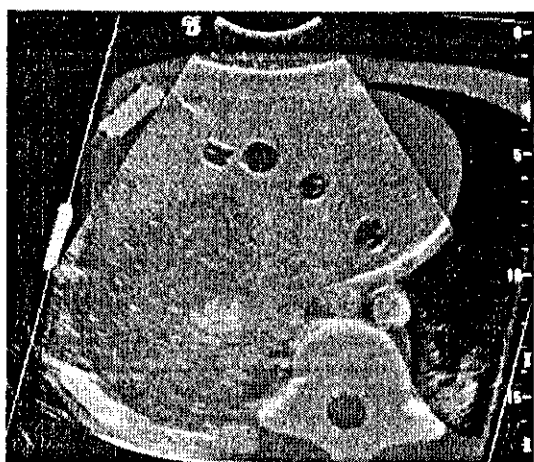
+ Bước 2: Thu nhận thông tin về vị trí và hướng cắt của đầu dò siêu âm. Công việc này được thực thi bởi bộ phát, thu và xử lý tín hiệu điện-từ (được đặt tên lần lượt là A,B,D trong hình minh họa). Bộ cảm biến vị trí - thực chất là cuộn dây từ - sau khi được gắn lên đầu dò siêu âm (được đặt tên là B trên hình minh họa) sẽ thay đổi tín hiệu điện một cách tương quan với bộ phát từ trường (được đặt tên là A trên hình minh họa) được đặt cố định kế cận bệnh nhân mỗi khi đầu dò thực hiện việc quét trên vùng thăm khám siêu âm. Bộ phận xử lý điện từ (được đặt tên là D) sẽ thu nhận thông tin từ bộ cảm biến rồi chuyển đến trạm

làm việc; tại đây trạm làm việc sẽ có được thông tin về vị trí và hướng cắt của đầu dò siêu hay hướng mặt cắt siêu âm. Đồng thời trong bước này thì hình siêu âm của bệnh nhân cũng được chuyển đến trạm làm việc để thể hiện trong hình hòa hình ảnh giữa 2 phương tiện.

+ Bước 3: Đồng bộ hóa hệ qui chiếu không gian của hình siêu âm với hệ qui chiếu trong dữ liệu khối 3D của hình CLVT hay CHT. Công việc này có thể được thực hiện bằng hình thức tự động hoặc bằng thủ công trong việc chọn ra dấu mốc chung trên hình ảnh của hai phương tiện. Thông thường nhất là sử dụng phương pháp thủ công qua thao tác của bác sĩ chọn ra vài mốc giải phẫu nào đó (chẳng hạn như một mạch máu lớn như nhánh tĩnh mạch gan) trên hình siêu âm và trên hình tái tạo CLVT hay CHT trên cùng mặt phẳng cắt.



Hình 2A: Hòa hình ảnh giữa SA và CHT được đặt cạnh nhau, cả hai hình thể hiện mặt phẳng vành đi qua TM chủ dưới và nhánh TM gan phải



Hình 2B: Hòa hình ảnh giữa SA và CLVT được đặt chồng lên nhau, cả hai hình thể hiện mặt phẳng ngang qua một phantom. Hình từ tài liệu của GE

+ Bước 4: Thể hiện theo thời gian thực hình ảnh tái tạo CLVT hay CHT tương hợp với hình mặt cắt siêu âm. Kiểu thể hiện có thể hình ảnh từ 2 phương tiện đặt cạnh nhau hoặc chồng lên nhau (hình 2 a và b).

Trên đây là sơ lược kỹ thuật hòa hình ảnh siêu âm động với hình CLVT hay CHT với nguyên mẫu của công ty Hitachi. Ngày nay, nhờ những tiến bộ của công nghệ mà hệ thống nói trên được rút gọn đi nhiều, chẳng hạn trạm làm việc giờ đã được tích hợp bên trong máy siêu âm, hay như bộ cảm biến gắn bằng giá đỡ trước đây trên thân đầu dò thì nay được thiết kế hẳn bên trong khung đầu dò để khỏi vướng các dây dẫn...

III. Ý nghĩa của kỹ thuật hòa hình ảnh SA-CLVT/CHT

Kỹ thuật hoà hình ảnh siêu âm động với hình ảnh của CLVT hay CHT mở ra nhiều hứa hẹn trong thực hành hàng ngày:

- Do kết hợp thông tin từ 2 phương tiện hình ảnh nên đã bổ sung cho nhau trong chẩn đoán, gia tăng độ tin cậy trong chẩn đoán.

- Nghiên cứu quá trình tiến triển của ổ bệnh lý bằng cách theo dõi sự biến đổi về kích thước, hình dạng, vị trí.

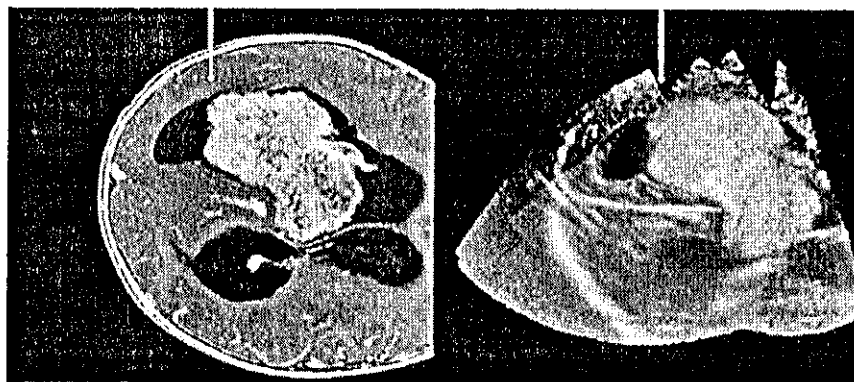
- Gia tăng khả năng hướng dẫn định vị thương tổn trong can thiệp, chẳng hạn như trong các chỉ định sinh thiết hay đốt sóng cao tần các khối u ở các tạng mà trên hình ảnh siêu âm thường qui không nhìn thấy.

- So sánh đối chiếu với hình ảnh chuẩn.

IV. Một số áp dụng lâm sàng của kthhaSA-CLVT/CHT

4.1. Ứng dụng trong phẫu thuật não bộ

Jonathan Roth và cộng sự [3] đã áp dụng kthhaSA-CLVT/CHT để thực hiện 16 trường hợp bệnh nhi được mổ u não, cho thấy kỹ thuật hứa hẹn mở ra ứng dụng phổ biến khi kỹ thuật này đã giúp lựa chọn, xác định vị trí mở hộp sọ thích hợp, hướng dẫn định vị và kiểm soát quá trình mổ bóc khối u não, rút ngắn thời gian phẫu thuật, giảm thiểu các chấn thương mô lành và giảm được các chỉ định chụp kiểm tra sau mổ.

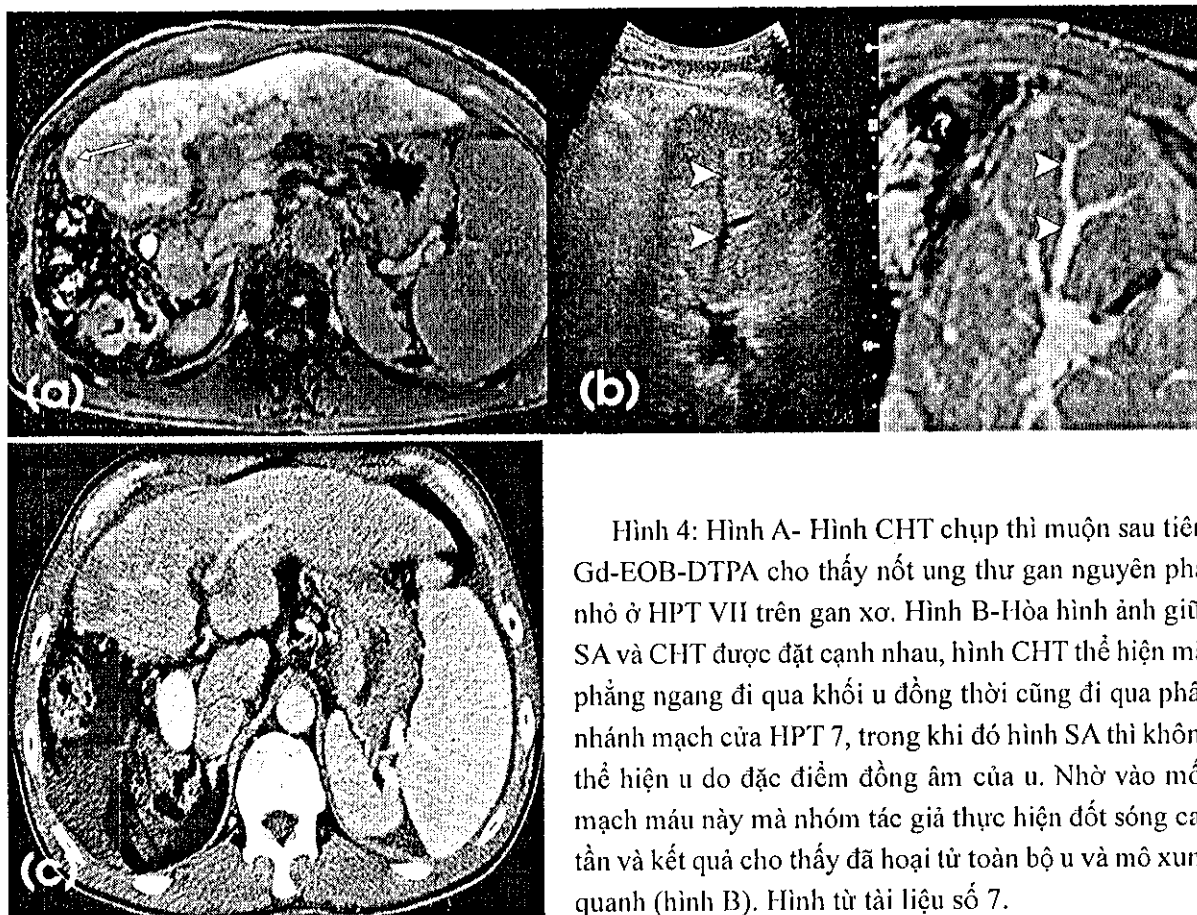


Hình 3: Hòa hình ảnh giữa SA và CHT được đặt cạnh nhau, cả hai hình thể hiện mặt phẳng ngang đi qua khối u mạch mạc. Hình từ tài liệu số 3

4.2. Ứng dụng trong chẩn đoán và hướng dẫn can thiệp trong bệnh lý gan.

Gan là tạng được đưa vào áp dụng kỹ thuật này nhiều nhất. Thật vậy, trên y văn đã có rất nhiều nghiên cứu về ứng dụng kthhaSA-CLVT/CHT trong chẩn đoán cũng như trong dẫn đường can thiệp với mục đích hoặc sinh thiết hoặc điều trị làm đông vón diệt tổ chức u. Từ các nghiên cứu sơ khai ban đầu giới thiệu kỹ thuật này được áp dụng trong thực nghiệm để xác định mức chính xác của kthhaSA-CLVT/CHT trong định vị, kết quả cho thấy kthhaSA-CLVT/CHT chỉ lệch vài mm [4],[5],[6] khi áp dụng định vị và dẫn đường ổ thương tổn ... Cho đến các ứng dụng lâm sàng về phương diện chẩn đoán và điều trị. Yosuke Kunishi và cộng sự [8] đã chứng minh kỹ thuật hòa hình ảnh SA-CLVT hay CHT đã làm gia tăng khả năng chẩn đoán lên rất nhiều, theo một nghiên cứu của tác giả khảo sát 87 nốt ung thư gan nguyên phát kích thước nhỏ bằng 3 phương tiện là siêu âm thường qui, siêu âm chất tương phản và kỹ

thuật hòa hình ảnh SA với hình cộng hưởng từ sau tiêm chất tương phản loại hướng tế bào gan (Gd-EOB-DTPA) thì tỉ lệ phát hiện thương tổn nhỏ dưới 2 cm cao nhất là với kthhaSA-CHT (97%, 59/61), trong khi đó thì 2 kỹ thuật còn lại (siêu âm và siêu âm chất tương phản) có tỷ lệ phát hiện lần lượt là 66% và 80%. Một nghiên cứu gây chú ý về sự ích lợi đúng nghĩa của kthhaSA-CLVT/CHT thuộc về nhóm tác giả Kyong Doo Song [7] khi nghiên cứu trên 120 nốt ung thư gan nguyên phát ở 96 bệnh nhân không nhìn thấy được qua siêu âm thường qui, sau khi sử dụng kỹ thuật kthhaSA-CLVT/CHT thì 38 nốt được phát hiện bằng kthhaSA-CLVT/CHT và nhờ đó tiến hành đốt bằng sóng cao tần thành công. Tiếp đó có thêm 26 nốt ung thư gan nguyên phát được đốt bằng sóng cao tần thành công chỉ dựa vào mốc mạch máu xung quanh u (hình 4); như thế có đến 53,3% nốt ung thư tế bào gan không nhìn thấy trên siêu âm thường qui đã được điều trị thành công nhờ vào kthhaSA-CLVT/CHT.



Hình 4: Hình A- Hình CHT chụp thì muộn sau tiêm Gd-EOB-DTPA cho thấy nốt ung thư gan nguyên phát nhỏ ở HPT VII trên gan xơ. Hình B-Hòa hình ảnh giữa SA và CHT được đặt cạnh nhau, hình CHT thể hiện mặt phẳng ngang đi qua khối u đồng thời cũng đi qua phân nhánh mạch của HPT 7, trong khi đó hình SA thì không thể hiện u do đặc điểm đồng âm của u. Nhờ vào mốc mạch máu này mà nhóm tác giả thực hiện đốt sóng cao tần và kết quả cho thấy đã hoại tử toàn bộ u và mô xung quanh (hình B). Hình từ tài liệu số 7.

4.3. Ứng dụng trong chẩn đoán và hướng dẫn can thiệp trong bệnh lý tuyến vú.

Nakano và cộng sự [9] đã nghiên cứu ứng dụng kthhaSA-CLVT/CHT trong chẩn đoán tương tổn khu trú tuyến vú, kết quả của nhóm tác giả cho thấy độ nhạy phát hiện thương tổn với kthhaSA-CLVT/CHT cao hơn khi so sánh với từng kỹ thuật riêng lẻ hoặc siêu âm hoặc CHT. Bên cạnh đó, ứng dụng kthhaSA-CLVT/CHT trong dẫn đường can thiệp cũng giảm bớt thời gian thủ thuật và tăng độ chính xác khi lấy mẫu sinh thiết.

4.4. Ứng dụng trong chẩn đoán và hướng dẫn can thiệp trong bệnh lý tuyến tiền liệt

Từ lâu siêu âm qua ngã nội trực tràng được xem là lựa chọn đầu tay trong phát hiện sớm ung thư tiền liệt tuyến, tuy nhiên các ung thư sớm kích thước nhỏ thường có tỷ lệ đồng âm khá cao, điều này khiến cho giá trị của kỹ thuật siêu âm nội trực tràng trong chẩn đoán sớm ung thư tiền liệt tuyến không cao (độ nhạy, độ đặc hiệu lần lượt là 48-77%, 60%) và kém hơn nhiều so với kỹ thuật cộng hưởng từ đa thông số (độ nhạy, độ đặc hiệu là 81%, 84%). Hệ quả của điều này là làm gia tăng số lần sinh thiết (từ 12 đến 20 lần) trong kỹ thuật sinh thiết thường qui cho đối tượng có chỉ định khi PSA tăng vượt ngưỡng. Việc sử dụng kthhaSA/CHT trong chẩn đoán là giải pháp hữu hiệu làm tăng giá trị chẩn đoán sớm ung thư tiền liệt tuyến cũng như giúp dẫn đường sinh thiết đúng đích thương tổn nhằm giảm tối đa số lần sinh thiết. Nghiên cứu của Haffner và cộng sự nghiên cứu ở 555 sinh thiết dưới hướng dẫn của kthhaSA/CHT đã chỉ ra gia tăng số lượng mẫu hiệu quả và giảm đáng kể số lần sinh thiết cho bệnh nhân [10].

4.5. Ứng dụng trong chẩn đoán và hướng dẫn can thiệp trong bệnh lý thận và sau phúc mạc

Do đặc điểm vị trí giải phẫu của thận và các cấu trúc khác sau phúc mạc mà việc tiếp cận để thực hiện các thủ thuật can thiệp chẩn đoán hay điều trị là

thách thức đối với các nhà niệu học. Thông thường thì kỹ thuật CLVT được sử dụng để định vị, hướng dẫn can thiệp thủ thuật cho thận và các cấu trúc sau phúc mạc, đi kèm theo việc sử dụng CLVT là gây ra liều tia nhiễm xạ cho bệnh nhân lẫn người làm thủ thuật. Việc sử dụng siêu âm thường qui thì có phần hạn chế do thận và các cấu trúc sau phúc mạc lại nằm sâu, cửa sổ xuyên âm bị giới hạn. Việc áp dụng kthhaSA-CLVT/CHT vào việc chẩn đoán cũng như dẫn đường can thiệp đã giúp giải quyết thách thức nói trên thông qua việc tận dụng khả năng phát hiện thương tổn của CLVT và khả năng linh động của siêu âm.

Tóm lại, kỹ thuật hoà hình ảnh giữa siêu âm với hình CLVT hoặc CHT là kỹ thuật có được ưu thế so với từng kỹ thuật hình ảnh riêng rẽ nhờ vào sự tận dụng ưu điểm của siêu âm là phương tiện ghi hình động, tiến hành tại giường, không nhiễm xạ, dễ dàng hướng dẫn can thiệp kết hợp với ưu điểm của các phương tiện CLVT hay CHT có giá trị chẩn đoán cao. Kỹ thuật hoà hình ảnh giữa siêu âm với hình CLVT hoặc CHT mở ra chân trời mới trong ứng dụng lâm sàng giải quyết các thách thức mà các phương tiện ghi hình đơn phương gặp phải. Tuy nhiên, bên cạnh các ưu điểm của kỹ thuật hoà hình ảnh giữa siêu âm với hình CLVT hoặc CHT thì vẫn còn tồn tại một vài nhược điểm như: Giá thành kỹ thuật còn cao do phần cứng và phần mềm để thực hiện kỹ thuật chỉ mới được tích hợp trên các máy siêu âm cao cấp, hy vọng tương lai khi ứng dụng được mở rộng thì các máy cấp trung thậm chí cấp thấp có thể có được kỹ thuật này. Ngoài ra, các nhà thiết kế vẫn còn đang trên đường nghiên cứu các thuật toán thích hợp để cải thiện dần độ chính xác khi thực hiện đồng bộ hóa hệ qui chiếu giữa hai bộ dữ liệu, nhất là khi các thao tác lúc làm can thiệp hoặc chuyển động trong lúc thở có thể làm biến dạng mô mềm gây sai lệch vị trí giữa hai bộ dữ liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Caroline Ewertzenl et al . Real-Time Image Fusion InvolvingDiagnostic Ultrasound. *AJR* 2013; 200:W249–W255.
2. Laurence Mercier et al. 2011. New prototype neuronavigation system based on preoperative imaging and intraoperative freehand ultrasound:

- system description and validation. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*.
3. Jonathan Roth et al. Real-Time Neuronavigation with High-Quality 3D Ultrasound SonoWand in Pediatric Neurosurgery. *Pediatr Neurosurg* 2007;43:185–191.
 4. Krücker J, Xu S, Glossop N, et al. Electromagnetic tracking for thermal ablation and biopsy guidance: clinical evaluation of spatial accuracy. *J Vasc Interv Radiol* 2007; 18:1141–1150.
 5. Wein W, Brunke S, Khamene A, Callstrom MR, Navab N. Automatic CT-ultrasound registration for diagnostic imaging and image-guided intervention. *Med Image Anal* 2008; 12:577–585.
 6. Hakime A, Deschamps F, De Carvalho EG, Teriitehau C, Auperin A, De Baere T. Clinical evaluation of spatial accuracy of a fusion imaging technique combining previously acquired computed tomography and real-time ultrasound for imaging of liver metastases. *Cardiovasc Interv Radiol* 2011; 34:338–344.
 7. Kyoung Doo Song et al. Fusion Imaging–Guided Radiofrequency Ablation for Hepatocellular Carcinomas Not Visible on Conventional Ultrasound. *AJR* 2013; 201:1141–1147.
 9. Yosuke Kunishi. *AJR* 2012; 198:106–114. Efficacy of Fusion Imaging Combining Sonography and Hepatobiliary Phase MRI With Gd-EOB-DTPA to Detect Small Hepatocellular Carcinoma. *AJR* 2012; 198:106–114.
 10. Nakano S, Yoshida M, Fujii K, et al. Fusion of MRI and sonography image for breast cancer evaluation using real-time virtual sonography with magnetic navigation: first experience. *Jpn J Clin Oncol* 2009; 39:552–559.
 11. Haffner J, Lemaitre L, Puech P, et al. Role of magnetic resonance imaging before initial biopsy: comparison of magnetic resonance imaging–targeted and systematic biopsy for significant prostate cancer detection. *BJU Int* 2011; 108(8 pt 2):E171–E178.
 12. Osamu Ukimura et al. Real-time virtual ultrasonographic radiofrequency ablation of renal cell carcinoma. *2008 bju, international* | 101, 707–711.