

PHẪU THUẬT HỘI CHỨNG ỚNG CỔ TAY CAN THIỆP TỐI THIỂU VỚI ĐỊNH HƯỚNG SIÊU ÂM

Th.S, BS. Nguyễn Đình Hòa

Bệnh viện đa khoa Gia Đình

DOI: 10.47122/VJDE.2023.63.7

SUMMARY

Minimally invasive ultrasound-guided carpal tunnel release surgery

The treatment options for carpal tunnel syndrome (CTS) include both non-surgical and surgical methods, depending on the severity of the symptoms. Surgical techniques for carpal tunnel release include open surgery, endoscopic surgery, and mini-open surgery. High-resolution ultrasound imaging, known for its direct and accurate visualization, has become popular in the treatment of peripheral nerve disorders, including CTS. This case report presents a minimally invasive ultrasound-guided carpal tunnel release surgery performed at Family General Hospital. It provides an overview of the literature, describes the surgical technique, discusses feasibility, and provides a preliminary evaluation of the outcomes.

Keyword: *hội chứng ống cổ tay, siêu âm, xâm lấn tối thiểu*

TÓM TẮT

Các lựa chọn điều trị hội chứng ống cổ tay (CTS) bao gồm cả phương pháp không phẫu thuật và phẫu thuật, tùy thuộc vào mức độ nghiêm trọng của các triệu chứng. Các kỹ thuật phẫu thuật giải phóng ống cổ tay bao gồm mổ hở, mổ nội soi và mổ hở mini. Hình ảnh siêu âm độ phân giải cao, được biết đến với khả năng hiển thị trực tiếp và chính xác, đã trở nên phổ biến trong điều trị các rối loạn thần kinh ngoại vi, bao gồm cả CTS. Báo cáo ca bệnh này trình bày một ca phẫu thuật

giải phóng ống cổ tay dưới hướng dẫn siêu âm xâm lấn tối thiểu được thực hiện tại Bệnh viện Đa khoa Gia Đình. Nó cung cấp một cái nhìn tổng quan về tài liệu, mô tả kỹ thuật phẫu thuật, thảo luận về tính khả thi và đưa ra đánh giá sơ bộ về kết quả.

Keyword: *hội chứng ống cổ tay, siêu âm, xâm lấn tối thiểu*

Tác giả liên hệ: Nguyễn Đình Hoà

Email: bsnguyendinhhoa@gmail.com

Ngày nhận bài: 5/6/2023

Ngày phản biện khoa học: 8/6/2023

Ngày duyệt bài: 15/6/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hội chứng ống cổ tay (carpal tunnel syndrome) là bệnh lý thần kinh ngoại biên được chẩn đoán phổ biến nhất trên thế giới (đến 90%) [1]. Hội chứng ống cổ tay phổ biến hơn ở bệnh nhân bị đái tháo đường, cơ chế bệnh sinh vẫn chưa rõ ràng nhưng dường như có liên quan đến tình trạng phù thần kinh giữa trong bệnh nhân đái tháo đường, tăng nhạy cảm với chấn thương nhẹ và tình trạng thiếu máu cục bộ của myelin thần kinh và thoái hóa sợi trục [2]. Các phân tích tổng hợp đã kiểm chứng bệnh lý đái tháo đường là một yếu tố nguy cơ độc lập của hội chứng ống cổ tay [3]. Việc điều trị hội chứng ống cổ tay bao gồm điều trị không phẫu thuật và phẫu thuật tùy thuộc vào mức độ nghiêm trọng của triệu chứng [4], [5]. Kỹ thuật giải phóng ống cổ tay được thực hiện bao gồm mổ mở, mổ nội soi, hoặc mổ mở nhỏ (mini-open). Phương pháp mổ mở và nội soi có tỷ lệ thành công và các biến chứng tương

tự nhau [6], [7].

Dựa trên ưu điểm sử dụng hình ảnh trực tiếp cho phép tiếp cận chính xác, hiệu quả và an toàn, đồng thời hạn chế khả năng chấn thương thần kinh, siêu âm độ phân giải cao hiện nay được sử dụng nhiều hơn trong điều trị bệnh lý thần kinh ngoại biên bao gồm cả điều trị hội chứng ống cổ tay [8], [9]. Bài viết báo cáo trường hợp lâm sàng thực hiện phẫu thuật hội chứng ống cổ tay can thiệp qua da sử dụng định hướng siêu âm được thực hiện tại bệnh viện đa khoa Gia Đình, trình bày kỹ thuật thực hiện và đánh giá kết quả bước đầu.

2. BÁO CÁO CA LÂM SÀNG

Bệnh nhân nữ, 38 tuổi; đã được chẩn đoán hội chứng ống cổ tay 2 bên và phẫu thuật tay trái tháng 8/2022 với đường mổ mini-open, kết hợp điều trị nội khoa đối với tay phải. Tháng 3/2023 tới khám lại vì triệu chứng tê ở bàn tay phải tăng nặng vào ban đêm, nghiệm pháp Phalen (+), dấu hiệu Tinel (+). Trên siêu âm ghi nhận thần kinh giữa bên trái phù nề, diện tích thần kinh giữa 17mm², điện cơ ghi nhận mất dẫn truyền cảm giác và thần kinh giữa đoạn ống cổ tay. Bệnh nhân được chỉ định phẫu thuật giải phóng ống cổ tay bên phải qua da dưới hướng dẫn của siêu âm.

Kỹ thuật phẫu thuật: Phẫu thuật được thực hiện tại phòng thủ thuật, tư thế nằm ngửa, không có garo, với sự hỗ trợ của máy siêu âm;

1. Kiểm tra thần kinh giữa và các cấu trúc giải phẫu tại cổ tay bằng siêu âm, đánh dấu các mốc giải phẫu quan trọng, sử dụng nước muối vô trùng thay thế gel siêu âm

2. Gây tê tại chỗ vùng sẽ rạch da tại nếp gấp cổ tay và vùng da mặt trước cổ tay bằng 3-5ml lidocatin 0,5%

3. Bóc tách thủy thân thần kinh giữa và dây chằng ngang cổ tay dưới hướng dẫn siêu âm (hydro-dissection) bằng 2ml lidocain

0,5%, sử dụng kim 21G vào khoang quanh thần kinh giữa.

4. Rạch da một đường nhỏ khoảng 5mm tại nếp gấp xa cổ tay, trên trục của ngón áp út bằng dao mổ vô trùng 15 tiêu chuẩn, bóc tách dưới da.

5. Đẩy thông lòng máng qua vết mổ theo chiều dọc hướng xướng dưới vào trong ống cổ tay tại vị trí khoang đã được bóc tách thủy phân. Xác định điểm tận cuối của thông lòng máng

6. Sử dụng dao số 15, đặt trên thông lòng máng, đưa vào qua vết mổ và cắt dây chằng ngang cổ tay, sử dụng móc da tại cổng vào ở cổ tay, có thể cảm nhận được dao cắt được dây chằng ngang cổ tay

7. Xác nhận giải phóng toàn bộ bằng dụng cụ thăm rễ thần kinh (nerve probe) kết hợp xác nhận dưới siêu âm. Lặp lại bước 6 nếu cần thiết. Xác nhận hình thái của thần kinh sau phẫu thuật.

8. Khâu vết rạch tại cổ tay bằng chỉ 5.0 hoặc đóng da bằng keo dán da DEMARBOND

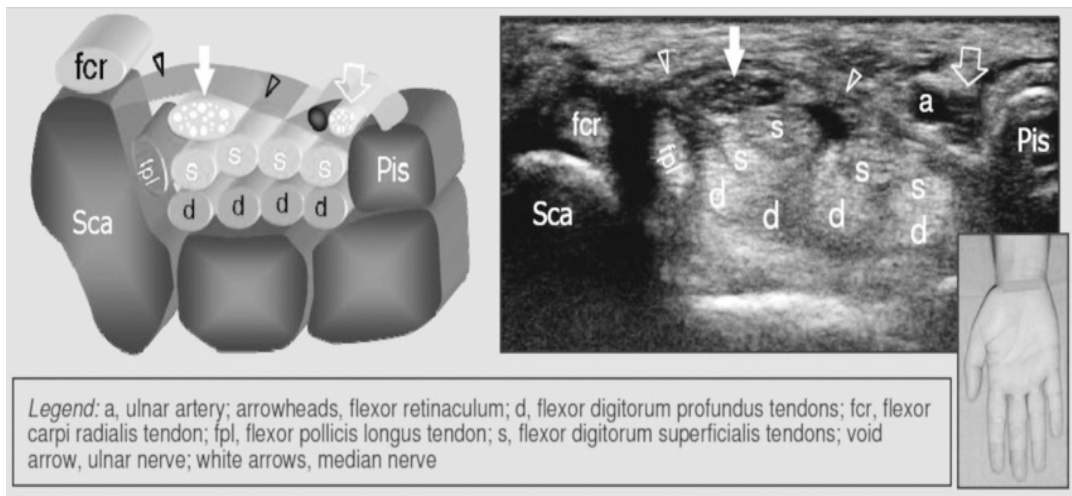
Kết quả: Thời gian phẫu thuật là 15 phút. Bệnh nhân tê tay trong 2 tiếng sau phẫu thuật và hết tê sau đó. Không đau tay và có thể quay trở lại công việc hàng ngày sau 5 ngày. Bệnh nhân rất hài lòng với phẫu thuật lần này.

3. BÀN LUẬN

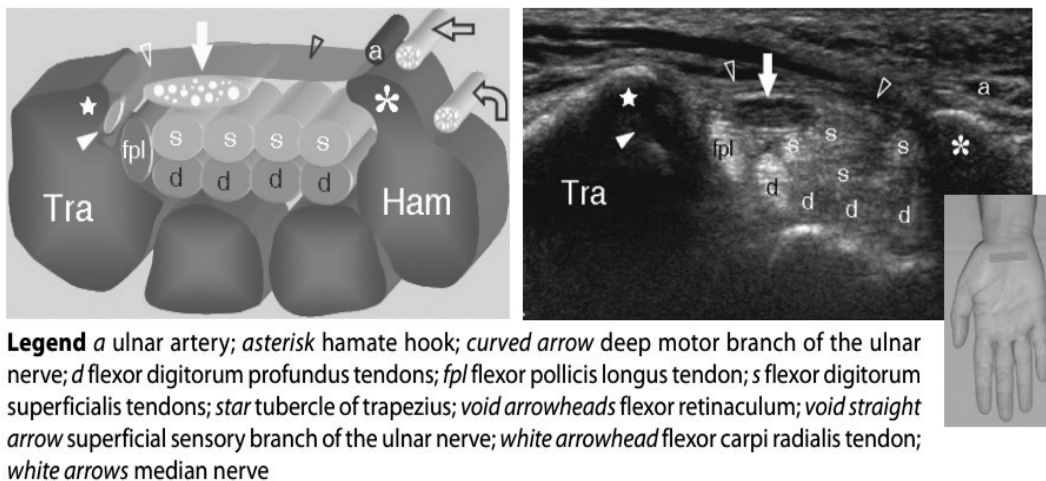
Giải phẫu siêu âm ống cổ tay

Siêu âm độ phân giải cao hiện nay đã được ứng dụng rộng rãi và đã được chứng minh là một công cụ hữu ích trong chẩn đoán hội chứng ống cổ tay [10].

Siêu âm cổ tay cho phép xác định vị trí tương đối của dây chằng ngang, cùng với các cấu trúc thần kinh và mạch máu liên quan đến các mốc xương, tương quan tốt với giải phẫu thực tế. Vùng an toàn có thể được xác định bởi siêu âm và giúp cắt bỏ dây chằng ngang cổ tay an toàn [11].



Mặt cắt ngang cổ tay tại vị trí đầu gần của ống cổ tay: a. động mạch và thần kinh trụ. Sca. Xương thuyền. Pis. Xương đậu. s&d. gân gấp. Dấu mũi tên. Thần kinh giữa. Dấu tam giác: Dây chằng ngang cổ tay. Fpl. Gân gấp ngón cái [12]



Mặt cắt ngang cổ tay tại vị trí đầu xa của ống cổ tay: a. động mạch và thần kinh trụ. s&d. gân gấp. Tra. Xương thang. Dấu mũi tên. Thần kinh giữa. Dấu tam giác: Dây chằng ngang cổ tay [12]

Quy trình kỹ thuật phẫu thuật

Bóc tách thủy phân thần kinh giữa (hydrodissection) dưới siêu âm: Kỹ thuật này được cho là an toàn trong điều trị hội chứng ống cổ tay [13], [14]. Có nhiều nghiên cứu cho các thông số khác nhau về hướng tiếp cận, loại thuốc, liều lượng và nồng độ thuốc được sử dụng [15]–[18]. Trong quy trình phẫu thuật này, bóc tách thủy phân thần kinh giữa được

sử dụng như một biện pháp hỗ trợ bóc tách thần kinh giữa ra khỏi dây chằng ngang và các cấu trúc xung quanh, tạo khoang để dụng cụ can thiệp có thể đi vào an toàn trong ống cổ tay.

Vị trí đường mổ và hướng tiếp cận ống cổ tay: Các nghiên cứu giải phẫu và siêu âm ứng dụng xác nhận một “vùng an toàn” cho phẫu thuật hội chứng ống cổ tay bao gồm cả mổ mở, mổ nội soi, đường mổ mini-open và can thiệp tối thiểu qua da [19]–[21]. Đường mổ này được mô tả là đường thẳng nối từ kẽ ngón 3-4 giống thẳng về cổ tay - thường là bờ phía trụ của gân gan tay dài (palmaris longus

tendon); có giới hạn trên bởi nếp gấp xa cổ tay và giới hạn dưới bởi đường ngang đi qua kẽ ngón 1-2 [19]–[22]. Sau khi vẽ các đường mốc giải phẫu trên cổ tay, chúng tôi sử dụng dụng cụ mổ ngang, nằm trên nếp gấp xa cổ tay nằm về phía trụ của gân gan tay dài. Hướng tiếp cận của dụng cụ sẽ hướng về kẽ ngón 3,4 và theo dõi dưới siêu âm để tránh các cấu trúc bất thường ví dụ như các nhánh của động mạch trụ. Dụng cụ thông lòng máng sẽ được xác nhận đã nằm trong ống cổ tay (dưới dây chằng ngang cổ tay), điểm tận của dụng cụ sẽ được đưa xuống dưới khoảng 3cm.

Cắt dây chằng ngang cổ tay: Sau khi vị trí của thông lòng máng được xác nhận, sử dụng dao để giải phóng dây chằng ngang cổ tay. Nhiều loại dao khác nhau đã được sử dụng bao gồm dao móc (hook knife) [23]; dao-kim siêu nhỏ (miniscalpel-needle) [24]; lưỡi dao Dovetail 5mm [25]; vòng chỉ [26]; lưỡi dao ngược có cơ chế dẫu vào trong thân như MICROi™-Blade [27] và các lưỡi dao được thiết kế chuyên dụng kiểu lưỡi dao được bảo vệ hai đầu[28]. Chúng tôi sử dụng dao mổ số 15 thông thường cho kỹ thuật này, điều này là có tính khả thi nhưng đặt ra lo ngại sẽ không giải phóng hoàn toàn dây chằng ngang trong một lần cắt khiến phải lặp lại thao tác cắt. Các nghiên cứu sử dụng các dụng cụ khác nhau cũng cho thấy có thể lặp lại thao tác cắt này nhiều lần để đảm bảo giải phóng toàn toàn dây chằng ngang [28].

Xác nhận giải phóng hoàn toàn dây chằng ngang: Việc xác nhận đã giải phóng hoàn toàn là cần thiết, chúng tôi sử dụng phương pháp tương tự... đã mô tả trong nghiên cứu của mình, trong đó một dụng cụ nhỏ đầu tù (nerve probe) đưa vào trên thông lòng máng, vượt qua điểm tận của thông lòng máng và kéo lui trở lại, bất kỳ cản trở với lực căng sẽ giúp cho biết còn một phần của dây chằng ngang chưa được giải phóng hoàn toàn và cần tiếp tục. Đồng thời có thể sử dụng siêu âm xác nhận

bằng cách sử dụng dụng cụ thăm dò được đưa vào trên thông lòng máng và cố gắng đẩy ra trước đi vào mô dưới da của gan tay, siêu âm có thể quan sát đầu tận của dụng cụ đi vào mô dưới da dễ dàng nếu dây chằng ngang đã được giải phóng hoàn toàn. Việc kiểm tra hình thái của thần kinh giữa sau thủ thuật cũng giúp xác nhận đã giải phóng đủ không gian trong ống cổ tay khi thần kinh giữa trở nên tròn hoặc bầu dục.

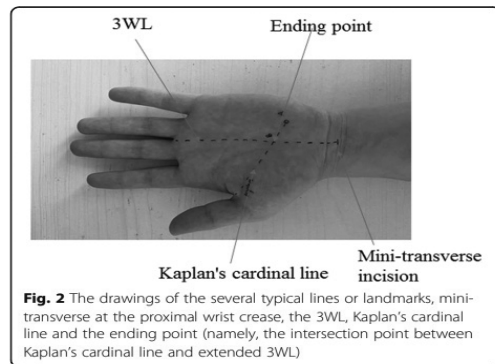


Fig. 2 The drawings of the several typical lines or landmarks, mini-transverse at the proximal wrist crease, the 3WL, Kaplan's cardinal line and the ending point (namely, the intersection point between Kaplan's cardinal line and extended 3WL)

Hình ảnh đường đánh dấu trên da

Ưu điểm và hạn chế

Khác với phẫu thuật thông thường, khái niệm phẫu thuật siêu âm hay phẫu thuật xâm lấn tối thiểu với sự hướng dẫn của siêu âm mới được phát triển gần đây. Rowe và cộng sự đã mô tả kỹ thuật giải phóng mạc ngang ống cổ tay dưới hướng dẫn siêu âm công bố nghiên cứu trên xác đầu tiên vào năm 2005 [29] và sau đó Nakamichi và cộng sự đã so sánh kết quả của quy trình kỹ thuật đường mổ tối thiểu có định hướng siêu âm với quy trình mổ mở thông thường [30].

Ưu điểm trọng nhất cho các kỹ thuật can thiệp dưới siêu âm đó là tính chất xâm lấn tối thiểu, phẫu thuật siêu âm cho phép vết mổ nhỏ hơn rất nhiều dao động từ 0,1 đến 0,5cm (tùy vào loại dụng cụ được sử dụng). Một số nghiên cứu tổng quan gợi ý rằng vết thương càng nhỏ thì thời gian quay lại làm việc càng ngắn, sự hài lòng về thẩm mỹ và chức năng của sẹo cũng tốt hơn [28]. Thời gian quay lại công việc được mô tả trung bình ngắn, 4-12

ngày [27], [31], [32] so với 26 ngày của nhóm mini-open [23], [33].

Một trong những lợi ích khác của phẫu thuật giải phóng dây chằng ngang cổ tay với hỗ trợ của siêu âm là thời gian quy trình được rút ngắn, do thời gian trong phẫu thuật ngắn hơn từ đó tiết kiệm chi phí. Thời gian trung bình của phẫu thuật được mô tả là 5,8 đến 16,8 phút [27], [34]–[37]. Phẫu thuật có thể được thực hiện tại phòng phẫu thuật [38], phòng thủ thuật cấp cứu [34], phòng xquang can thiệp [35].

Việc sử dụng hình ảnh siêu âm trong thời gian thực đồng thời cũng giúp nâng cao tính trực quan và độ an toàn của kỹ thuật [10]. Tuy vậy, các biến chứng tiềm tàng có thể có của phẫu thuật là: tổn thương dây thần kinh, tổn thương gân hoặc mạch máu cần điều trị phẫu thuật và tuy nhiên không có biến chứng lớn nào được báo [28]. Các biến chứng khác bao gồm tái phát, triệu chứng dai dẳng, đau hoặc sưng tự giới hạn, đau cổ tay kéo dài, dị cảm thoáng qua, nhiễm trùng. Chìa khóa của việc phẫu thuật hội chứng ống cổ tay qua da dưới hướng dẫn của siêu âm an toàn có thể là việc siêu âm chẩn đoán trước phẫu thuật tốt để xác định các cấu trúc có nguy cơ. Các cấu trúc có thể bị tổn thương bao gồm: dây thần kinh giữa, thần kinh gan bàn tay (palmar cutaneous nerve), nhánh vận động thần kinh giữa (thenar motor branch), thần kinh ngón 3, thần kinh trụ và động mạch trụ [39].

Việc sử dụng dao mổ số 15 thông thường khiến đường mổ sẽ dài hơn một chút ít và nguy cơ tổn thương da khi cố gắng đưa lưỡi dao qua vết mổ, tuy nhiên với đường mổ 5mm (đã lớn hơn chiều rộng của lưỡi dao) và cẩn thận sử dụng vén da (skin hook) có thể tránh nguy cơ này.

Kết quả ngắn hạn cho thấy kỹ thuật có hiệu quả khi giải quyết được triệu chứng của bệnh nhân, không gây đau, bệnh nhân hài lòng về thẩm mỹ và nhanh chóng quay trở lại với công việc. Về trung và dài hạn, các báo cáo so

sánh cho thấy kết quả không hề thua kém với các kỹ thuật mổ mở và nội soi tiêu chuẩn [28]

4. KẾT LUẬN

Giải phóng mạc ngang dưới hướng dẫn của siêu âm là một kỹ thuật xâm lấn tối thiểu khả thi, có yêu cầu tối thiểu về trang thiết bị; có thể là một lựa chọn có hiệu quả, an toàn, thời gian phục hồi ngắn và tính thẩm mỹ cao trong điều trị hội chứng ống cổ tay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. L. Burton, L. S. Chesterton, Y. Chen, and D. A. van der Windt, “Clinical Course and Prognostic Factors in Conservatively Managed Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review,” *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 97, no. 5, pp. 836-852.e1, 2016, doi: 10.1016/j.apmr.2015.09.013.
- [2] N. Papanas, I. Stamatou, and S. Papachristou, “Carpal Tunnel Syndrome in Diabetes Mellitus,” *Curr Diabetes Rev*, vol. 18, no. 4, Sep. 2022, doi: 10.2174/1573399817666210901114610.
- [3] M. H. Pourmemari and R. Shiri, “Diabetes as a risk factor for carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis,” *Diabetic Medicine*, vol. 33, no. 1, pp. 10–16, Jan. 2016, doi: 10.1111/DME.12855.
- [4] L. Padua *et al.*, “Carpal tunnel syndrome: clinical features, diagnosis, and management,” *Lancet Neurol*, vol. 15, no. 12, pp. 1273–1284, 2016, doi: 10.1016/s1474-4422(16)30231-9.
- [5] Y.-T. Wu *et al.*, “Effect of radial shock wave therapy for carpal tunnel syndrome: A prospective randomized, double-blind, placebo-controlled trial,” *Journal of Orthopaedic Research*, vol. 34, no. 6, pp. 977–984, 2015, doi: 10.1002/jor.23113.
- [6] R. A. Brown *et al.*, “Carpal tunnel release. A prospective, randomized assessment of open and endoscopic methods.,” *The*

- Journal of Bone & Joint Surgery*, vol. 75, no. 9, pp. 1265–1275, 1993, doi: 10.2106/00004623-199309000-00002.
- [7] J. M. Agee, C. A. Peimer, J. D. Pyrek, and W. E. Walsh, “Endoscopic carpal tunnel release: A prospective study of complications and surgical experience,” *J Hand Surg Am*, vol. 20, no. 2, pp. 165–171, 1995, doi: 10.1016/s0363-5023(05)80001-2.
- [8] S. Evers, A. J. Bryan, T. L. Sanders, R. W. Selles, R. Gelfman, and P. C. Amadio, “Effectiveness of Ultrasound-Guided Compared to Blind Steroid Injections in the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome,” *Arthritis Care Res (Hoboken)*, vol. 69, no. 7, pp. 1060–1065, Jul. 2017, doi: 10.1002/acr.23108.
- [9] B. D. Sites and R. Brull, “Ultrasound guidance in peripheral regional anesthesia: philosophy, evidence-based medicine, and techniques,” *Curr Opin Anaesthesiol*, vol. 19, no. 6, pp. 630–639, 2006, doi: 10.1097/aco.0b013e3280101423.
- [10] Y. Yoshii, C. Zhao, and P. C. Amadio, “Recent Advances in Ultrasound Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome,” *Diagnostics*, vol. 10, no. 8, Aug. 2020, doi: 10.3390/DIAGNOSTICS10080596.
- [11] D. Petrover and P. Richette, “Treatment of carpal tunnel syndrome: from ultrasonography to ultrasound guided carpal tunnel release,” *Joint Bone Spine*, vol. 85, no. 5, pp. 545–552, Oct. 2018, doi: 10.1016/J.JBSPIN.2017.11.003.
- [12] C. Martinoli, “Musculoskeletal ultrasound: technical guidelines,” *Insights Imaging*, vol. 1, no. 3, pp. 99–141, Jul. 2010, doi: 10.1007/s13244-010-0032-9.
- [13] S. P. Cass, “Ultrasound-Guided Nerve Hydrodissection,” *Curr Sports Med Rep*, vol. 15, no. 1, pp. 20–22, 2016, doi: 10.1249/jsr.0000000000000226.
- [14] T. Mathieu, E. Lemmens, and G. Stassijns, “A safe and easy-to-use ultrasound-guided hydrodissection technique for the carpal tunnel syndrome: a minimally invasive approach,” *J Ultrasound*, vol. 25, no. 3, pp. 451–455, Sep. 2022, doi: 10.1007/s40477-021-00597-5.
- [15] E. Z. Kamel, “Efficacy of Hyalase Hydrodissection in the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized, Double-Blind, Controlled, Clinical Trial,” *Pain Physician*, vol. 2;23, no. 4;2, pp. E175–E183, 2020, doi: 10.36076/ppj.2020/23/e175.
- [16] M. A. Alsaeid, “Dexamethasone versus Hyaluronidase as an Adjuvant to Local Anesthetics in the Ultrasound-guided Hydrodissection of the Median Nerve for the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome Patients,” *Anesth Essays Res*, vol. 13, no. 3, pp. 417–422, 2019, doi: 10.4103/aer.AER_104_19.
- [17] K. H. S. Lam *et al.*, “Ultrasound-Guided Nerve Hydrodissection for Pain Management: Rationale, Methods, Current Literature, and Theoretical Mechanisms,” *J Pain Res*, vol. 13, p. 1957, 2020, doi: 10.2147/JPR.S247208.
- [18] E. J. R. Neo, N. T. Shan, and S. S. Tay, “Hydrodissection for Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review,” *Am J Phys Med Rehabil*, vol. 101, no. 6, pp. 530–539, Jun. 2022, doi: 10.1097/PHM.0000000000001846.
- [19] L. B. Samarakoon, M. H. Guruge, M. Jayasekara, A. P. Malalasekera, D. J. Anthony, and R. W. Jayasekara, “Anatomical landmarks for safer carpal tunnel decompression: An experimental cadaveric study,” *Patient Saf Surg*, vol. 8, no. 1, Feb. 2014, doi: 10.1186/1754-9493-8-8.
- [20] R. Burnham, L. Playfair, E. Loh, S.

- Roberts, and A. Agur, “Evaluation of the effectiveness and safety of ultrasound-guided percutaneous carpal tunnel release,” *Am J Phys Med Rehabil*, vol. 96, no. 7, pp. 457–463, Jul. 2017, doi: 10.1097/PHM.0000000000000652.
- [21] H. Ozcanli, N. K. Coskun, M. Cengiz, N. Oguz, and M. Ver Sindel, “DeWnition of a safe-zone in open carpal tunnel surgery: A cadaver study,” *Surgical and Radiologic Anatomy*, vol. 32, no. 3, pp. 203–206, Mar. 2010, doi: 10.1007/s00276-009-0498-7.
- [22] W. Liawrungrueang and S. Wongsiri, “Effectiveness of Surgical Treatment in Carpal Tunnel Syndrome Mini-Incision Using MIS-CTS Kits: A Cadaveric Study,” *Adv Orthop*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8278054.
- [23] A. Capa-Grasa, J. M. Rojo-Manaute, F. C. Rodríguez, and J. V Martín, “Ultra minimally invasive sonographically guided carpal tunnel release: An external pilot study,” *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, vol. 100, no. 3, pp. 287–292, 2014, doi: 10.1016/j.otsr.2013.11.015.
- [24] S. Zhang *et al.*, “The Effectiveness of Ultrasound-Guided Steroid Injection Combined with Miniscalpel-Needle Release in the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome vs. Steroid Injection Alone: A Randomized Controlled Study,” *Biomed Res Int*, vol. 2019, p. 9498656, Feb. 2019, doi: 10.1155/2019/9498656.
- [25] J. de la Fuente *et al.*, “Minimally invasive ultrasound-guided vs open release for carpal tunnel syndrome in working population: A randomized controlled trial,” *Journal of Clinical Ultrasound*, vol. 49, no. 7, pp. 693–703, Sep. 2021, doi: 10.1002/jcu.23019.
- [26] R. S. Burnham, E. Y. Loh, B. Rambaransingh, S. L. Roberts, A. M. Agur, and L. D. Playfair, “A Controlled Trial Evaluating the Safety and Effectiveness of Ultrasound-Guided Looped Thread Carpal Tunnel Release,” *Hand (N Y)*, vol. 16, no. 1, pp. 73–80, Jan. 2021, doi: 10.1177/1558944719842199.
- [27] P. D. Hebbard, A. I. T. Hebbard, J. Tomka, and R. Appleyard, “Ultrasound-Guided Microinvasive Carpal Tunnel Release Using a Novel Retractable Needle-Mounted Blade: A Cadaveric Study,” *Journal of Ultrasound in Medicine*, vol. 37, no. 8, pp. 2075–2081, 2018, doi: 10.1002/jum.14549.
- [28] K. H. S. Lam, Y.-T. Wu, K. D. Reeves, F. Galluccio, A. E.-S. Allam, and P. W. H. Peng, “Ultrasound-Guided Interventions for Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analyses,” *Diagnostics*, vol. 13, no. 6, p. 1138, Mar. 2023, doi: 10.3390/diagnostics13061138.
- [29] N. M. Rowe *et al.*, “Sonographically guided percutaneous carpal tunnel release: An anatomic and cadaveric study,” *Ann Plast Surg*, vol. 55, no. 1, pp. 52–56, Jul. 2005, doi: 10.1097/01.sap.0000168281.77528.02.
- [30] K. Nakamichi, S. Tachibana, S. Yamamoto, and M. Ida, “Percutaneous Carpal Tunnel Release Compared With Mini-Open Release Using Ultrasonographic Guidance for Both Techniques,” *J Hand Surg Am*, vol. 35, no. 3, pp. 437–445, 2010, doi: 10.1016/j.jhsa.2009.12.016.