

KẾT QUẢ BƯỚC ĐẦU SỬ DỤNG VẬT TỰ DO ĐÙI TRƯỚC NGOÀI NỐI THÔNG MẠCH MÁU ĐIỀU TRỊ TỔN THƯƠNG VÙNG CỔ TAY SAU BỎNG ĐIỆN CAO THẾ

Tổng Thanh Hải, Đỗ Trung Quyết, Vũ Quang Vinh

Bệnh viện Bỏng Quốc gia Lê Hữu Trác

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Bỏng điện cao thế hay gặp ở vùng cổ tay do đây là vị trí điểm ra của dòng điện. Khi tổn thương mạch máu đi kèm tổn thương da và mô mềm vùng cổ tay, có rất nhiều các phương pháp vừa nhằm che phủ, vừa phục hồi lại tuần hoàn vùng cổ tay. Tuy vậy, có rất ít báo cáo về sử dụng vật tự do đùi trước ngoài có nối thông mạch máu để che phủ và khôi phục lại tuần hoàn vùng cổ tay sau bỏng điện cao thế.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu tiến cứu 5 bệnh nhân bỏng điện cao thế vùng cổ tay vào Bệnh viện Bỏng Quốc gia Lê Hữu Trác điều trị từ tháng 8/2020 đến 8/2022. Các bệnh nhân bị bỏng điện cao thế gây tổn thương vùng cổ tay, có tổn thương mạch máu vùng cổ tay (xác định qua chụp mạch máu vùng cổ tay), vùng cho vạt (vùng đùi) còn lành, không bị tổn thương.

Phẫu thuật được thực hiện qua 02 giai đoạn: Giai đoạn 1: Được cắt lọc tổ chức hoại tử vùng cổ tay, lấy sạch mô hoại tử: gân, cơ, thần kinh,... Giai đoạn 2: Thiết kế vạt da đùi trước ngoài để che phủ vùng cổ tay, tiến hành rạch da và bóc tách vạt da; đưa vạt đến vị trí cần tạo hình vùng cổ tay, nối thông mạch máu. Theo dõi và đánh giá sau phẫu thuật: Bệnh nhân được đánh giá tình trạng vạt sau phẫu thuật, chụp mạch vùng cổ tay đánh giá tình trạng lưu thông mạch máu sau mổ ở các thời điểm 6 tháng và 12 tháng sau mổ.

Kết quả và bàn luận: Nghiên cứu được tiến hành trên 05 bệnh nhân nam, tuổi từ 20 tới 42 tuổi, bị tổn thương bỏng điện cao thế, vào viện từ 20 ngày tới 58 ngày sau bỏng. Tổn thương vùng cổ tay do bỏng điện: 4 trường hợp bên phải và 1 trường hợp bên trái. Có 04 bệnh nhân bị tổn thương gây tắc và hoại tử động mạch quay, 01 trường hợp tổn thương tắc bó mạch trụ, không có bệnh nhân nào bị tắc cả bó mạch quay và bó mạch trụ. Kích thước tổn thương sau cắt lọc từ 12 x 11cm tới 25 x 16cm. Các vạt có kích thước từ 14 x 14cm tới 28 x 18cm, chiều dài đoạn mạch máu cần bắc cầu từ 12 tới 24cm. Theo dõi sau xuất viện từ 6 tháng đến 1 năm sau phẫu thuật, vạt sau mổ đảm bảo che phủ tốt tổn thương, mềm mại, không bị dày mỡ, dòng máu bàn tay được đảm bảo tốt. Vùng đùi cho vạt để lại sẹo phì đại, không ảnh hưởng đến sức cơ của đùi và chức năng khớp gối.

Chịu trách nhiệm: Tổng Thanh Hải, Bệnh viện Bỏng Quốc gia Lê Hữu Trác

Email: doquyet.vmmu@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/7/2023; Ngày nhận xét: 20/8/2023; Ngày duyệt bài: 30/8/2023

<https://doi.org/10.54804/yhthvb.4.2023.246>

Kết luận: Điều trị tổn thương do bỏng điện cao thế vùng cổ tay vẫn còn là thách thức. Sử dụng vạt đùi trước ngoài có nối thông mạch máu vừa đạt mục đích che phủ tổn thương, vừa khôi phục dòng máu vùng cổ tay là lựa chọn thích hợp cho điều trị loại tổn thương này.

Từ khóa: Bỏng điện cao thế, phẫu thuật vùng cổ tay, vạt đùi trước ngoài tự do có nối mạch máu

ABSTRACT

Introduction: High-tension electrical burns frequently involve the hand and wrist as these are the most common entry and exit points of the current. For patients with wrist vascular injury with skin and soft tissue defects, a variety of bridge flap blood flow is adopted to not only cover the wound but also restore blood circulation. However, there have been few reports on the use of flow-through anterolateral thigh perforator flap to repair the wrist blood flow for high-tension electrical burns.

Patients and Methods: Five patients with high-tension electrical wrist burns were admitted to Vietnam National Burns Hospital from August 2020 to August 2022. All 5 patients underwent wrist injuries after high-tension electrical burns and hand vascular crisis. The surgical plan was performed in two stages. For the first-stage operation, the wrist wounds were thoroughly debrided, the eschar was removed, and the necrosis in the tendons, muscles, and nerves of the wrist was cleared. The necrosis and the injured ulnar and radial arteries were removed up to the normal part of the blood vessel and the end of the blood vessel was temporarily clamped with a blood vessel clamp. For the second-stage operation, we designed the anterolateral thigh flap according to the soft tissue defect of the wrist. The location of the perforating branch(es) of the lateral circumflex femoral artery descending branch was determined using an ultrasound Doppler flow detector and marked. Dissecting of pedicle and elevating of flap, anastomosis of vessels. The outcomes were assessed after 6 months to one year of follow-up.

Results and discussion: All 5 patients were male, aged from 20 to 42 years old. The injury voltage and the patients were admitted to our hospital 20 to 58 days after the injury. The injury sites for all 5 patients were the wrists, specifically 4 right and 1 left wrists. The wounds led to the exposure and necrosis of the superficial and deep flexor tendons, flexor pollicis longus tendon, several muscles, pronator quadratus, median nerve, and ulnar nerve. Four patients had radial artery embolism necrosis. One patient had ulnar arterial embolization and necrosis. The range of the wound areas after debridement was 12 cm × 11 cm to 25 cm × 16 cm. The flap areas ranged from 14 cm × 14 cm to 28 cm × 18 cm and the length of the bridged blood vessel ranged from 12 cm to 24 cm. After 6 months to one year of follow-up, the shape of the flaps and blood flow in the hands were good. The shape of the thigh donor site was better restored, the thigh muscle strength was good, and the knee joint activity was regular.

Conclusion: Treating wrist high-tension electrical burns in clinical practice is still highly challenging. The use of flow-through anterolateral thigh flaps to restore the dual blood supply for the hand is a good choice for treating severe wrist electrical burns.

Keywords: High-tension electrical burns, wrist flap surgery, free flow-through anterolateral thigh flaps

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bỏng điện cao thế thường để lại rất nhiều các tổn thương lớn trên cơ thể như hoại tử chi, suy thận, đôi khi là tử vong do tổn thương da và phá hủy nghiêm trọng mô dưới da như thần kinh, mạch máu, cơ xương [1]. Bỏng điện cao thế hay gặp ở vùng cổ tay do đây là vị trí điếm ra của dòng điện. Bỏng điện cao thế vùng cổ tay thường gây nên phá hủy và hoại tử gân, thần kinh, mạch máu, xương vùng cổ tay, nguy cơ cắt cụt chi là rất hiện hữu [2], [3]. Với bệnh nhân bị tổn thương lớn mạch máu vùng cổ tay, tĩnh mạch hiển lớn thường được sử dụng để khôi phục lại tuần hoàn của bàn tay. Khi tổn thương mạch máu đi kèm tổn thương da và mô mềm vùng cổ tay, có rất nhiều các phương pháp vừa nhằm che phủ, vừa phục hồi lại tuần hoàn vùng cổ tay như vật động mạch quay có nối thông mạch máu, vật động mạch mạc có nối thông mạch máu, vật đùi trước ngoài có nối thông mạch máu [4]. Tuy vậy, có rất ít báo cáo về sử dụng vật

đùi trước ngoài có nối thông mạch máu để che phủ và khôi phục lại tuần hoàn vùng cổ tay sau bỏng điện cao thế. Nghiên cứu này chứng minh vai trò của vật đùi trước ngoài trong khôi phục tuần hoàn vùng cổ tay sau bỏng điện cao thế.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu tiến cứu 5 bệnh nhân bỏng điện cao thế vùng cổ tay vào Bệnh viện Bỏng Quốc gia Lê Hữu Trác điều trị từ tháng 8/2020 đến tháng 8/2022 được sử dụng vật đùi trước ngoài có nối thông mạch máu che phủ và phục hồi tuần hoàn.

Tiêu chuẩn lựa chọn bệnh nhân: Các bệnh nhân bị bỏng điện cao thế gây tổn thương vùng cổ tay, có tổn thương mạch máu vùng cổ tay (xác định qua chụp mạch máu vùng cổ tay), vùng cho vật (vùng đùi) còn lành, không bị tổn thương. Bệnh nhân đủ sức khỏe để chịu được phẫu thuật kéo dài, không có các chống chỉ định khác về gây mê.



Hình 2.1. Tổn thương cổ tay sau bỏng điện

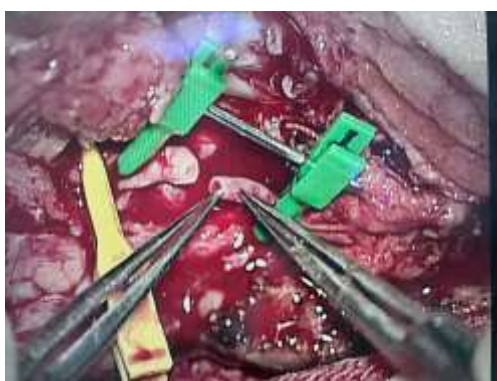


Hình 2.2. Tắc động mạch quay sau bỏng điện (Hình ảnh chụp cắt lớp vi tính dạng hình mạch máu)

Bệnh nhân được khám, sàng lọc, đánh giá tổn thương, chụp mạch máu xác định tổn thương mạch máu (xác định mạch máu bị tắc, vị trí tắc), siêu âm Doppler đánh giá mạch máu vùng đùi, đặc biệt là các nhánh xuyên nuôi da của động mạch mũ đùi ngoài. Sử dụng kháng sinh toàn thân nếu đang có tình trạng nhiễm khuẩn.

Phẫu thuật được thực hiện qua 02 giai đoạn. Giai đoạn 1 bệnh nhân được

cắt lọc tổ chức hoại tử vùng cổ tay, lấy sạch mô hoại tử: gân, cơ, thần kinh... việc ghép gân và ghép thần kinh không được khuyến cáo trong giai đoạn này. Các đoạn mạch máu (cả động mạch và tĩnh mạch) của bó mạch quay và bó mạch trụ nếu bị hoại tử được cắt lọc tới phần lành, kẹp mỏm cụt mạch máu bằng kẹp mạch máu chuyên dụng.



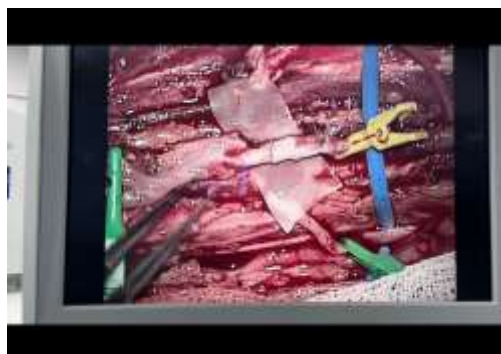
Hình 2.3. Tổn thương mạch máu dưới kính hiển vi: Nội mạc mạch máu phù nề, bong tróc, hẹp lòng mạch



Hình 2.4. Sau khâu nối hai đầu mạch máu đảm bảo nối thông dòng máu của động mạch và tĩnh mạch quay

Thiết kế vạt da đùi trước ngoài để che phủ vùng cổ tay, đánh dấu vị trí nhánh xuyên của nhánh xuyên động mạch mũ đùi ngoài vào da. Tiến hành rạch da và bóc tách vạt da đùi trước ngoài xác định nhánh xuống của động mạch mũ đùi ngoài ở khe giữa cơ thẳng đùi và cơ rộng ngoài. Bóc tách tới gốc động mạch mũ đùi ngoài, tùy theo chiều dài của mạch máu cần phục hồi, tiến hành xác định vị trí thắt mạch nhánh

xuống của động mạch mũ đùi ngoài. Đưa vạt đến vị trí cần tạo hình vùng cổ tay, nối động mạch mũ đùi ngoài với mỏm cụt phía trung tâm của bó mạch quay (hoặc trụ), nối mỏm cụt của nhánh xuống động mạch mũ đùi ngoài với mỏm cụt phía ngoại vi của các bó mạch này. Tiến hành khâu vạt, vùng đùi lấy vạt có thể đóng kín hoặc ghép da mảnh tự thân.



A: Khâu nối mạch máu kiểu (tận - tận)



B: Sau khâu nối mạch máu



C: Khâu vạt che phủ tổn thương, đặt dẫn lưu

Hình 2.5. Hình ảnh quá trình khâu nối mạch máu

Điều trị sau phẫu thuật bao gồm sử dụng Heparin trong lượng phân tử trung bình với liều 100UI/Kg/24h trong 72 giờ đầu sau phẫu thuật, Dextran 70, kiểm tra tình trạng lưu thông mạch máu bằng Doppler cầm tay, kết hợp kháng sinh toàn thân chống nhiễm khuẩn và hút áp lực âm dưới vạt tránh tiết dịch gây viêm nhiễm.

Theo dõi và đánh giá sau phẫu thuật: Theo dõi từ 6 tháng tới 1 năm sau phẫu thuật, bệnh nhân được đánh giá tình trạng vạt sau phẫu thuật, chụp mạch vùng cổ tay đánh giá tình trạng lưu thông mạch máu sau mổ ở các thời điểm 6 tháng và 12 tháng sau mổ.

3. KẾT QUẢ

Nghiên cứu được tiến hành trên 05 bệnh nhân nam, tuổi từ 20 tới 42 tuổi, bị tổn thương bỏng điện cao thế, vào viện từ 20 ngày tới 58 ngày sau bỏng.

Tổn thương vùng cổ tay do bỏng điện: 4 bên phải và 1 bên trái, tổn thương da và mô mềm rộng ra xung quanh. Vết thương dẫn tới lộ và hoại tử các gân gấp nông và sâu,

cơ sấp vuông, thần kinh giữa, thần kinh quay. Có 04 bệnh nhân bị tổn thương gây tắc và hoại tử động mạch quay, 01 trường hợp tổn thương tắc bó mạch trụ, không có bệnh nhân nào bị tắc cả bó mạch quay và bó mạch trụ. Kích thước tổn thương sau cắt lọc từ 12 x 11cm tới 25 x 16cm.

Các vạt có kích thước từ 14 x 14cm tới 28 x 18cm, chiều dài đoạn mạch máu cần bắc cầu từ 12 tới 24cm. Vạt đùi trước ngoài có nối thông mạch máu được sử dụng để tái tạo dòng máu vùng cổ tay, nuôi dưỡng bàn tay và che phủ tổn thương. Vùng cho vạt được khâu kín 1 phần và ghép da mỏng tự thân nếu không thể đóng kín 1 thì.

Các bệnh nhân có thời gian nằm viện từ 12 đến 35 ngày. Theo dõi sau xuất viện từ 6 tháng đến 1 năm sau phẫu thuật, vạt sau mổ đảm bảo che phủ tốt tổn thương, mềm mại, không bị dày mỡ, dòng máu bàn tay được đảm bảo tốt. Tuy vậy, các gân gấp của ngón tay bị tổn thương chưa được phục hồi bằng phẫu thuật và cảm giác ở đầu xa của ngón còn kém. Vùng đùi cho vạt để lại sẹo phì đại, không ảnh hưởng đến sức cơ của đùi và chức năng khớp gối.



Hình 3.1. Kết quả sau phẫu thuật

4. BÀN LUẬN

4.1. Đặc điểm tổn thương phần mềm vùng cổ tay do bỏng điện cao thế

Tổn thương khuyết hồng phần mềm cổ tay là dạng tổn thương hay gặp do nhiều nguyên nhân khác nhau như chấn thương, bỏng đặc biệt bỏng điện, biến chứng của bệnh lý hoặc do rắn cắn... [1], [5]. Đặc biệt bỏng điện sản sinh ra lượng nhiệt cao gây phá hủy gân, cơ... Tổn thương mạch máu trong bỏng điện có thể tiên phát do bị hoại tử ngay khi bỏng hoặc thứ phát khi hoại tử tiến triển gây tắc mạch thứ phát hoặc vỡ mạch do cơ chế hiệu ứng đực lỗ của dòng điện. Khi tổn thương mạch máu sẽ làm giảm hoặc mất nuôi dưỡng các mô vùng mạch đó chi phối, xuất hiện bàn tay co quắp, tái lạnh...

Tổn thương bỏng do điện vùng cổ tay có thể được phân loại thành 4 loại [6]: Loại 1 là tổn thương bỏng vùng gan cổ tay và dòng máu tới bàn tay không bị ảnh hưởng, loại 4 là tổn thương đi kèm hoại tử bàn tay, cần phải cắt cụt, trong đó, loại 2 và loại 3 điều trị rất khó khăn do tổn thương mạch

máu có nguy cơ lan rộng; tỷ lệ phải cắt cụt của loại 2 và loại 3 còn rất cao [6]. Vấn đề cơ bản trong điều trị loại tổn thương này là vừa phải che phủ tổn thương và vừa phải lưu ý đến dòng máu cung cấp cho bàn tay trong một thời gian dài trước, trong và sau phẫu thuật. Do đặc điểm tổn thương của dòng điện, các vật da che phủ thông thường tại chỗ có nguy cơ cao thất bại do tổn thương mạch máu lan rộng [7], [8], [9].

Do đặc điểm tổn thương mạch máu sau bỏng điện, việc tái tạo che phủ khuyết hồng vùng cổ tay gặp nhiều khó khăn, sau điều trị để lại nhiều di chứng nặng nề. Khi bị bỏng điện các thành phần gân, cơ, mạch máu bị lộ ra không có nuôi dưỡng sẽ tự oxy hóa, hoại tử [3], [4]. Chính vì vậy, điều trị tổn thương vùng cổ tay đòi hỏi che phủ sớm sau khi làm sạch hoại tử và bằng các vật có nguồn nuôi để dinh dưỡng cho các cấu trúc dưới vật nhằm bảo tồn và tạo điều kiện phục hồi chức năng sau phẫu thuật. Hơn nữa các vật lựa chọn che phủ vùng cổ tay đòi hỏi phải có độ mỏng thích hợp đáp ứng cho phục hồi chức năng và vận động, thẩm mỹ sau này [10].

Việc lựa chọn vật và thời điểm để che phủ khuyết hồng cổ tay sau bỏng điện được các nhà phẫu thuật quan tâm. Các vật da thường sử dụng như vật da kiểu Ý sử dụng da bụng để che phủ tổn khuyết, các vật da căng tay quay, vật động mạch trụ hay vật da - vật cân mỡ nhánh xuyên động mạch quay cuống liền... [5], [8], [9]. Tuy nhiên việc sử dụng các vật da nói trên có nhiều hạn chế và chỉ định trong những trường hợp nhất định đặc biệt gặp khó khăn trong trường hợp tổn thương hoại tử một trong hai nguồn mạch động mạch quay hoặc động mạch trụ [10], [11]. Đối với những trường hợp này việc cân nhắc lựa chọn chất liệu tối ưu nhất ngoài việc che phủ khuyết hồng đồng thời phục hồi lưu thông dòng máu.

4.2. Sử dụng vật đùi trước ngoài tự do có nối thông mạch máu điều trị tổn thương mạch máu vùng cổ tay

Vật trước đùi ngoài được Song Y.G. và cộng sự mô tả lần đầu tiên vào năm 1984 như một vật dựa trên nhánh xuyên cân da xuất phát từ nhánh xuống của động mạch mũ đùi ngoài để điều trị sẹo bỏng vùng đầu mặt cổ [6]. Vật có nhiều ưu điểm như cung cấp một lượng lớn tổ chức da, cân, mỡ, cơ, với cuống mạch nuôi dài, đường kính mạch lớn phù hợp đường kính mạch máu vùng cổ tay để nối mạch vi phẫu. Vật được sử dụng linh hoạt với nhiều hình thức khác nhau như vật đảo cuống nuôi xuôi dòng, ngược dòng, vật phức hợp, kết hợp với kỹ thuật giãn da để tăng diện tích vật, vật siêu mỏng... [8].

Nhánh xuống của động mạch mũ đùi ngoài: Đi xuống trước cơ rộng ngoài, giữa cơ này và cơ thẳng đùi rồi chia nhiều nhánh nhỏ tiếp nối với mạng mạch quanh bánh chè. Trên đường đi, động mạch phân nhánh cho cơ thẳng đùi, cơ rộng ngoài, cơ

rộng giữa, cơ may và hầu như toàn bộ da mặt trước ngoài đùi [6], [11].

Chiều dài mạch xuyên và chiều dài nhánh xuống sẽ quyết định đến chiều dài cuống mạch. Chiều dài cuống mạch càng lớn, khả năng sử dụng vật đùi trước ngoài càng lớn. Thông thường nhánh xuống có đường kính trong khoảng 2mm và có chiều dài hơn 8cm. Kết hợp với chiều dài cuống mạch mũ đùi ngoài có thể đảm bảo tạo ra một đoạn mạch nối có chiều dài lớn có thể bằng cả chiều dài của cổ tay [6], [9]. Do đó, Vật trước đùi ngoài lại thể hiện thêm điểm tối ưu đối với những tổn thương khuyết hồng phần mềm cổ - cổ tay và tái tạo phục hồi lại tổn thương hoại tử mất đoạn mạch quay hoặc mạch trụ.

Vật da có nối thông mạch máu được Soutar và cộng sự giới thiệu lần đầu tiên năm 1983, sử dụng vật căng tay quay có nối thông mạch máu để che phủ tổn thương vùng khoang miệng và phục hồi dòng máu vùng đầu cổ [6]. Sau đó, vật này được sử dụng rộng rãi trong tạo hình vùng chi thể và ngón tay. Yokota và cộng sự lần đầu tiên sử dụng vật đùi trước ngoài có nối thông mạch máu trong tái tạo tổn khuyết chi dưới và phục hồi dòng máu từ năm 2011 [10]. Tuy vậy, việc sử dụng vật này trong tạo hình và phục hồi dòng máu vùng cổ tay sau bỏng điện cao thế rất ít được nhắc đến trong y văn

Lợi ích chính của vật này trong tạo hình vùng cổ tay sau bỏng điện cao thế là: Đầu tiên, nhánh xuống của động mạch mũ đùi ngoài có đường kính lớn, phù hợp với kích thước mạch máu vùng cổ bàn tay, thuận lợi cho khâu nối mạch [12]. Hơn nữa, chiều dài của nhánh này cũng đủ để khôi phục lại dòng máu mà không gây căng kéo hay thiếu linh hoạt. Thứ 2 là vùng cho vật đùi trước ngoài cho vật kích thước tương đối lớn, mạch máu hằng định, dễ phẫu tích,

đảm bảo che phủ diện tích rộng. Thứ 3 là không cần thay đổi tư thế bệnh nhân, vì vậy có thể tiến hành 2 kíp mổ song song, giảm thời gian phẫu thuật. Cuối cùng ít để lại tổn thương vùng đùi lấy vạt, không ảnh hưởng đến cấp máu của chi thể.

Có một vài vấn đề cần lưu ý trong khi thực hiện kỹ thuật này: Đầu tiên là xác định vị trí mạch máu không bị tổn thương cả ở đầu trung tâm và ngoại vi. Vị trí thích hợp để nối mạch là tối thiểu 3cm từ vị trí tổn thương mạch máu [10], [11], [13]. Dưới kính hiển vi, lớp áo trong của đầu mạch máu phải trơn bóng và không bị bong tróc hay phù nề. Thứ 2 là nguy cơ nhiễm khuẩn sau mổ hoặc chảy máu các mạch máu lớn sau khâu nối hoặc tắc mạch [14]. Việc sử dụng kháng sinh toàn thân kết hợp dẫn lưu tốt dịch dưới vạt sau mổ nên được thực hiện để giảm nguy cơ nhiễm khuẩn. Sử dụng heparin sau mổ cũng làm giảm nguy cơ tắc mạch máu mặc dù có nguy cơ gây nên chảy máu.

5. KẾT LUẬN

Điều trị tổn thương do bỏng điện cao thế vùng cổ tay vẫn còn là thách thức. Nghiên cứu bước đầu trên 05 bệnh nhân bỏng điện cao thế gây tổn thương gân, cơ, mạch máu vùng cổ tay cho thấy: sử dụng vạt đùi trước ngoài có nối thông mạch máu vừa đạt mục đích che phủ tổn thương, vừa khôi phục dòng máu vùng cổ tay là lựa chọn thích hợp cho điều trị loại tổn thương này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Luce EA.** Electrical burns. *Clin Plas Surg*, 2000; 27, 133-43. **Shen YM, Tian P, Ning FG, et al.** Abdominal combined axial flap for repairing wrist annular high-voltage electric burn wound. *Chin J Burns*, 2012; 28, 408-10.
2. **Lee DH, Desai MJ, Gauger EM.** Electrical injuries of the hand and upper extremity. *Ame Acad Orthop Sur*, 2019; 27, e1-e8.
3. **Shen ZY, Chang ZD, Wang NZ.** Electrical injury of wrist: classification and treatment--clinical analysis of 90 cases. *Burns*, 1990; 16, 449-56.
4. **Luan A, Galvez MG, Lee GK.** Flow-through omental flap to free anterolateral thigh flap for complex chest wall reconstruction: case report and review of the literature. *Microsurgery*, 2016; 36, 70-6.
5. **Miyamoto S, Fujiki M, Nakatani F, et al.** Free flow-through anterolateral thigh flap for complex knee defect including the popliteal artery. *Microsurgery*, 2015; 35, 485-8.
6. **Qing L, Wu P, Liang J, et al.** Use of flow-through anterolateral thigh perforator flaps in reconstruction of complex extremity defects. *J Reconstr Microsur*, 2015; 31, 571-8.
7. **Zhao JC, Shi K, Hong L, et al.** Retrospective review of free anterolateral thigh flaps for limb salvage in severely injured high-voltage electrical burn patients. *Ann Plas Surg*, 2018; 80, 232-7.
8. **Thomson CJ, Miles DA, Beveridge J, et al.** Treatment of electrical burns by single debridement followed by free-flap coverage: How important is timing? *Canada J Plas Surg*, 2004; 12, 35-6.
9. **Yokota K, Sunagawa T, Suzuki O, et al.** Short interposed pedicle of flow-through anterolateral thigh flap for reliable reconstruction of damaged upper extremity. *J Reconstr Microsur*, 2011; 27, 109-14.
10. **Park KH, Park WJ, Kim MK, et al.** Alterations in arterial function after high-voltage electrical injury. *Critical Care (London, England)*, 2012; 16, R25.
11. **Pannucci CJ, Osborne NH, Jaber RM, et al.** Early fasciotomy in electrically injured patients as a marker for injury severity and deep venous thrombosis risk: an analysis of the National Burn Repository. *J Burn Care Res*, 2010; 31, 882-7.
12. **Soutar DS, Schecker LR, Tanner NS, et al.** The radial forearm flap: a versatile method for intra-oral reconstruction. *British J Plas Surg*, 1983; 36, 1-8.
13. **Wang Y.** Application of venous or arterial trunk free flaps in the treatment of severe wrist electrical burns. *J Med Theory Prac*, 2002; 15, 1289-90.
14. **Hsiao YC, Yang JY, Chang CJ, et al.** Flow-through anterolateral thigh flap for reconstruction in electrical burns of the severely damaged upper extremity. *Burns*, 2013; 39, 515-21.