

Nghiên cứu

Đánh giá cơ sinh học tái tạo bao khớp trên khớp vai sử dụng gân đầu dài cơ nhị đầu

Hồ Sỹ Nam^{1*}, Lê Nghi Thành Nhân¹, Trần Hữu Dũng¹, Tăng Hà Nam Anh²

¹Bộ môn Ngoại, Trường Đại học Y Dược, Đại học Huế

²Phòng khám Xương khớp Việt

*Tác giả liên hệ: Hồ Sỹ Nam; Email: hsnam.22ncs003@huemed-univ.edu.vn

Ngày nhận bài (Received): 08/01/2026; Ngày duyệt đăng (Accepted): 14/05/2026; Ngày xuất bản (Published): 28/06/2026

DOI:10.34071/jmp.2026.3.804

Tóm tắt

Đặt vấn đề: Rách chóp xoay lớn và rất lớn thường đi kèm với mất vững khớp ổ chảo cánh tay và di lệch chỏm xương cánh tay lên trên, dẫn đến thoái hóa khớp vai. Kỹ thuật tái tạo bao khớp trên (SCR) sử dụng mảnh ghép tự thân bằng đầu dài gân nhị đầu (LHBT) cho thấy nhiều triển vọng trong việc phục hồi độ vững khớp và giảm mức độ thoái hóa khớp vai.

Mục tiêu: Đánh giá hiệu quả cơ sinh học của SCR sử dụng mảnh ghép tự thân LHBT trong việc ngăn ngừa di lệch lên trên của chỏm xương cánh tay trong trường hợp rách chóp xoay lớn đến rất lớn.

Phương pháp: Mười mẫu khớp vai từ năm xác tươi được chuẩn bị để mô phỏng rách chóp xoay lớn và rất lớn bằng cách cắt gân trên gai và gân dưới gai. Lực cần thiết để đẩy chỏm xương cánh tay di lệch lên trên 1,5 cm được đo trước và sau khi thực hiện SCR bằng mảnh ghép tự thân LHBT.

Kết quả: Sau tái tạo bao khớp trên, lực trung bình cần thiết để gây di lệch chỏm xương cánh tay lên trên tăng 14,6 N ở nhóm rách lớn và 27,83 N ở nhóm rách rất lớn so với trước tái tạo ($p < 0,001$), cho thấy sự cải thiện cơ sinh học có ý nghĩa thống kê.

Kết luận: SCR sử dụng mảnh ghép tự thân LHBT cải thiện đáng kể khả năng giảm sự di lệch lên trên của chỏm xương cánh tay, giúp mang lại cơ sở sinh học vững chắc cho kỹ thuật này. Cần có thêm các nghiên cứu lâm sàng để xác nhận các kết quả này trên người bệnh.

Từ khóa: tổn thương chóp xoay; tái tạo bao khớp trên; cơ sinh học khớp vai.

Biomechanical evaluation of superior capsular reconstruction using the long head of the biceps tendon

Hồ Sỹ Nam^{1*}, Lê Nghi Thành Nhân¹, Trần Hữu Dũng¹, Tăng Hà Nam Anh²

¹Department of Surgery, University of Medicine and Pharmacy, Hue University

²Xuong khớp Viet Clinic

Abstract

Introduction: Large and massive rotator cuff tears are frequently accompanied by glenohumeral instability and ascent of the humeral head, which in turn promote progressive degenerative changes of the shoulder joint. Superior capsular reconstruction (SCR) using an autologous long head of the biceps tendon (LHBT) has been proposed as a means to restore superior constraint and improve joint biomechanics.

Objectives: To evaluate the biomechanical effectiveness of SCR using an autologous LHBT graft in preventing superior migration of the humeral head in large-to-massive rotator cuff tears.

Materials and methods: Ten shoulders from five fresh-frozen human cadavers were used. Large and massive rotator cuff tears were created by detaching the supraspinatus and infraspinatus tendons from their insertion on the greater tuberosity. The force required to translate the humeral head 1.5 cm in the superior direction was recorded before and after SCR using an in-situ LHBT autograft. A paired statistical analysis was performed to quantify the biomechanical effect of reconstruction.

Results: After superior capsular reconstruction, the mean force required to produce superior translation of the humeral head increased by 14.6 N in the large tear group and by 27.83 N in the massive tear group compared with the pre-reconstruction state ($P < 0.001$), indicating a statistically significant biomechanical improvement.

Conclusion: Superior capsular reconstruction with an autologous LHBT substantially enhances resistance to superior humeral head translation in cadaveric shoulders with large and massive rotator cuff tears. These

findings support the biomechanical rationale for this technique and underscore the need for clinical studies to corroborate its in vivo effectiveness.

Keywords: *Rotator Cuff Injuries; Superior capsular reconstruction; Biomechanical Phenomena.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rách chóp xoay là một bệnh lý thường gặp trong chấn thương chỉnh hình, đặc biệt ở người lớn tuổi, với tỷ lệ hiện mắc được báo cáo dao động từ 10% đến 40% tùy nhóm dân số [1]. Rách chóp xoay lớn thường được định nghĩa là những rách có kích thước trên 3 cm, trong khi rách rất lớn là những rách trên 5 cm hoặc rách cả 2 gân [2]. Trong các trường hợp này, tỷ lệ thất bại của khâu chóp xoay qua nội soi đơn thuần có thể lên đến 79% [2, 3]. Các rách mạn tính thường đi kèm thâm nhiễm mỡ và co rút gân, khiến việc phục hồi giải phẫu trở nên khó khăn và thường dẫn đến kết quả kém do chất lượng gân và mức độ co rút [4-6].

Bao khớp trên đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì độ vững của khớp ổ chảo - cánh tay. Trường hợp tổn thương rách chóp xoay và bao khớp trên, chỏm xương cánh tay thường di lệch lên trên, làm nặng thêm tình trạng mất vững khớp vai và góp phần vào thoái hóa khớp vai [7-9]. Kỹ thuật tái tạo bao khớp trên (SCR) là một can thiệp phẫu thuật đầy hứa hẹn nhằm phục hồi độ vững phía trên của khớp ổ chảo - cánh tay.

Việc sử dụng gân đầu dài cơ nhị đầu làm mảnh ghép tự thân trong SCR mang lại nhiều ưu điểm. LHBT là mảnh ghép tại chỗ, có mạch máu nuôi dưỡng, giúp tăng cường bao khớp trên và góp phần ổn định khớp, đồng thời có thể tránh được các biến chứng khi lấy mảnh ghép tự thân từ vị trí khác hoặc mảnh ghép đồng loại tổn kém [4, 10, 11]. Với những ưu điểm trên, kỹ thuật tái tạo bao khớp trên sử dụng gân đầu dài cơ nhị đầu đã trở thành một lựa chọn phẫu thuật khả thi. Tuy nhiên, việc xác nhận tính hiệu quả cơ sinh học vẫn là điều cần thiết để hỗ trợ cho việc ứng dụng kỹ thuật này trong lâm sàng.

Chúng tôi giả thuyết rằng SCR sử dụng LHBT sẽ làm tăng đáng kể lực cần thiết để gây di lệch chỏm

xương cánh tay lên trên so với trạng thái trước tái tạo trong mô hình thực nghiệm trên xác tươi.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

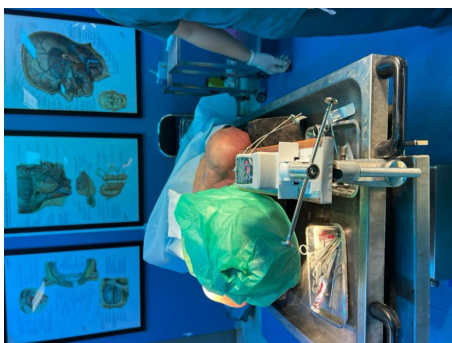
Nghiên cứu cơ sinh học này được thực hiện trên mười khớp vai từ năm xác tươi, sau khi được sự chấp thuận của Bộ môn Giải phẫu, Trường Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh. Tiêu chuẩn chọn gồm các khớp vai nguyên vẹn được bảo quản đông và rã đông trước khi tiến hành nghiên cứu. Loại khỏi nghiên cứu các mẫu có biến dạng khớp, tổn thương ung thư ảnh hưởng đến hình thái khớp vai, tổn thương trên 30% hoặc không có đầu dài gân nhị đầu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế nghiên cứu mô tả trong phòng thực nghiệm. Hệ thống đo đặc bao gồm thiết bị đo lực kéo chuẩn hóa theo đơn vị Newton (Hình 2), các kẹp và giá đỡ, thanh trượt, dụng cụ phẫu thuật tiêu chuẩn và các neo cố định (PushLock và Footprint) như minh họa ở Hình 1. Dữ liệu thu thập cho mỗi mẫu gồm bên tổn thương (phải hoặc trái), tuổi và giới của xác tươi.

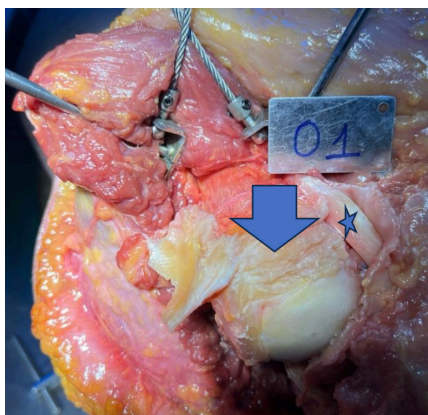


Hình 1. Các dụng cụ và thước đo sử dụng trong nghiên cứu



Hình 2. Hệ thống đo đặc và tư thế xác tươi sử dụng trong nghiên cứu, ngâm giữ thước được cố định vững chắc vào bàn phẫu tích

Rạch da vùng vai 20 cm, tất cả mô mềm được bóc tách, chỉ giữ lại các gân chóp xoay và đầu dài gân nhị đầu nguyên vẹn. Để mô phồng lại trường hợp rách lớn chóp xoay, gân trên gai được cắt khỏi diện bám trên mấu động lớn xương cánh tay 3 cm, sau đó cắt thêm toàn bộ diện bám gân dưới gai tương tự trường hợp rách rất lớn chóp xoay (Hình 3). Thực hiện các phép đo nền bằng cách kéo chỏm xương cánh tay di lệch lên trên 1,5 cm, lặp lại 50 lần trong mỗi trường hợp mô phồng để đảm bảo tính nhất quán. Sau đó SCR được tiến hành sử dụng LHBT nguyên vẹn, không có tổn thương SLAP (superior labral anterior-posterior). LHBT được giải phóng, cắt lọc mô mềm còn lại và cố định vào phần giữa của footprint gân trên gai tại mấu động lớn bằng một neo khâu chóp xoay 5,5 mm. Việc cố định được thực hiện khi khớp ở chảo – cánh tay được giữ ở tư thế dạng 45°. Sau tái tạo, lực cần thiết để di lệch chỏm xương cánh tay 1,5 cm được đo lại trong cùng điều kiện.



Hình 3. Khớp vai sau khi đo đặc các chi tiết giải phẫu, tiến hành cắt diện bám lần lượt gân trên gai và dưới gai, (*LHBT, ® diện bám gân trên gai và dưới gai)

2.3. Xử lý số liệu

Các phép đo lực để gây di lệch chỏm xương cánh tay lên trên được so sánh trước và sau SCR bằng kiểm định t cặp. Giả định phân bố chuẩn được đánh giá bằng kiểm định Shapiro–Wilk và cho kết quả dữ liệu có phân bố chuẩn ($p > 0,05$ cho tất cả các so sánh). Mức ý nghĩa thống kê được ấn định là $p < 0,05$. Các phân tích được thực hiện bằng SPSS phiên bản 22,0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

2.4. Đạo đức nghiên cứu

Đề tài nghiên cứu được hội đồng đạo đức trong nghiên cứu Y sinh học Trường Đại học Y - Dược, Đại học Huế thông qua, mã số giấy chấp thuận H2022/501, ngày 20/10/2022.

3. KẾT QUẢ

Tổng cộng 10 khớp vai từ năm xác tươi được tiến hành nghiên cứu, với tuổi người hiến xác dao động từ 73 đến 88 (trung bình 80,4 tuổi). Mẫu nghiên cứu gồm 80% mẫu nam và 20% mẫu nữ.

Bảng 1. Diện bám trung bình tại mấu động lớn của gân chóp xoay

Diện bám	Kích thước (mm)
Gân dưới vai	20,534
Gân trên gai	20,495
Gân dưới gai	21,658
Cơ tròn bé	17,386

Bảng 2. Đặc điểm giải phẫu của LHBT và bao khớp trên

Đặc điểm giải phẫu	Kích thước (mm)
Chiều dày trung bình của LHBT	3,356
Chiều rộng trung bình của LHBT	6,203
Độ dày trung bình của bao khớp trên phía trước	2,744
Độ dày trung bình của bao khớp trên phía sau	1,578

Thử nghiệm cơ sinh học cho thấy tái tạo bao khớp trên (SCR) sử dụng gân LHB làm tăng đáng kể lực cần thiết để đạt được di lệch chỏm xương cánh tay 1,5 cm lên trên móm cùng vai. Lực trung bình cần thiết để di chuyển chỏm xương cánh tay lên trên 1,5cm ở trạng thái cơ bản (chóp xoay nguyên vẹn) là $50,79 \pm 14,74$ N. Sau khi rách gân trên gai, lực này giảm xuống còn $42,53 \pm 15,72$ N. Khi rách cả gân trên gai và dưới gai, lực giảm mạnh xuống còn $29,30 \pm 13,28$ N. Sau khi thực hiện tái tạo bao khớp trên bằng đầu dài gân nhị đầu, lực tăng lên $57,13 \pm 21,30$ N (Bảng 3, 4). Đáng chú ý, không ghi nhận trường hợp đứt mảnh ghép hoặc thất bại cố định nào trong quá trình thử nghiệm cơ học.

Bảng 3. Thống kê mô tả lực di chuyển chỏm xương cánh tay lên trên 1,5 cm (N)

Chỉ số	Lực cơ bản	Sau rách gân trên gai	Sau rách gân trên + dưới gai	Sau SCR
Trung bình $\pm$ SD	50,79 $\pm$ 14,74	42,53 $\pm$ 15,72	29,30 $\pm$ 13,28	57,13 $\pm$ 21,30
Min - Max	37,52 - 78,46	31,06 - 71,70	14,74 - 55,10	35,86 - 96,36
Median (IQR)	44,98 (41,20 - 53,34)	35,27 (31,82 - 43,92)	26,10 (19,70 - 34,33)	50,34 (45,89 - 59,39)

Bảng 4. So sánh lực di chuyển chỏm xương cánh tay giữa các trạng thái

So sánh	Trung bình 1 (N)	Trung bình 2 (N)	p-value
Cơ bản so với rách gân trên gai	50,79	42,53	< 0,001
Cơ bản so với rách gân trên+dưới gai	50,79	29,30	< 0,001
Cơ bản so với sau SCR	50,79	57,13	< 0,001
Rách gân trên gai so với sau SCR	42,53	57,13	< 0,001
Rách gân trên+dưới gai so với sau SCR	29,30	57,13	< 0,001

Kết quả này cho thấy hiệu quả cơ sinh học của SCR sử dụng mảnh ghép tự thân LHBT trong việc tăng cường khả năng chống lại di lệch chỏm xương cánh tay lên trên ở trường hợp rách chóp xoay lớn và rất lớn.

4. BÀN LUẬN

Rách chóp xoay lớn đến rất lớn thường dẫn đến di lệch chỏm xương cánh tay lên trên, làm tăng tốc độ thoái hóa sụn ổ chảo và góp phần vào sự hình thành thoái hoá khớp vai. Ở những bệnh nhân trẻ, không phải là đối tượng cho thay khớp vai đảo nghịch, việc bảo tồn độ vững khớp và ngăn ngừa thoái hóa khớp vai tiến triển là yếu tố hết sức quan trọng nhằm làm chậm tiến triển bệnh.

Tái tạo bao khớp trên cho thấy cơ sở cơ sinh học thuận lợi và hỗ trợ tính khả thi của kỹ thuật trong điều trị rách chóp xoay lớn đến rất lớn. Các nghiên cứu trước đây đã chứng minh rằng SCR có thể cải thiện độ vững khớp và kết quả lâm sàng khi sử dụng các loại mảnh ghép như cân căng mạc đùi (tensor fascia lata – TFL) hoặc mảnh ghép bì đồng loại [12]. Trong một nghiên cứu tiến cứu trên 24 bệnh nhân được điều trị bằng SCR sử dụng mảnh ghép tự thân TFL, Mihata và cộng sự ghi nhận cải thiện rõ rệt về mức độ đau, tầm vận động (ROM) và sức mạnh cơ trong thời gian theo dõi ba năm [13].

Hiện nay, hiệu quả cơ sinh học của SCR sử dụng mảnh ghép tự thân tại chỗ từ đầu dài gân nhị đầu đã được đánh giá tốt. Kết quả của chúng tôi cho thấy tái tạo bằng mảnh ghép tự thân LHBT làm tăng đáng kể lực cần thiết để gây di lệch chỏm xương cánh tay lên trên, củng cố vai trò của nó như một cấu trúc giúp ổn định khớp vai. Bên cạnh lợi ích về cơ sinh học, mảnh ghép LHBT còn mang lại các ưu điểm khác: là mô tự thân, sẵn có tại chỗ và chi phí hợp lý, đòi hỏi ít neo và chỉ khâu hơn so với các kỹ thuật sử dụng TFL hoặc mảnh ghép đồng loại.

Barth và cộng sự đã nghiên cứu SCR sử dụng LHBT trên 24 trường hợp và báo cáo cải thiện đáng kể kết quả lâm sàng sau 24 tháng hậu phẫu. Điểm Constant tăng từ 50 lên 77, điểm ASES cải thiện từ 45 lên 80, và điểm đau thang VAS giảm từ 5,2 xuống 1,4 ($p < 0,001$). Hơn nữa, sức mạnh vai tăng từ 2,3 kg lên 6,4 kg ($p < 0,001$), và 91,7% bệnh nhân được xác nhận liền mảnh ghép trên siêu âm [14].

Han và cộng sự đã khảo sát bảy khớp vai trên xác, trong đó SCR sử dụng LHBT được kết hợp với khâu một phần chóp xoay kiểu side-to-side. Kết quả cho thấy mảnh ghép LHBT hạn chế di lệch chỏm xương cánh tay lên trên và duy trì vị trí trung tâm của chỏm trong quá trình dạng vai ở 30° và 60° [15].

Rami El-Shaar và cộng sự đã thực hiện một nghiên cứu trên xác so sánh SCR sử dụng mảnh ghép LHBT và TFL. Kết quả cho thấy mảnh ghép LHBT làm tăng lực cần thiết để di lệch chỏm xương cánh tay 393,2% $\pm$ 87,9% so với đường cơ sở ($p = 0,029$), trong khi mảnh ghép TFL làm tăng 194,0% $\pm$ 21,8% ($p = 0,0125$) [16]. Lực cần thiết để làm di lệch chỏm xương cánh tay cũng cao hơn có ý nghĩa ở nhóm LHBT (66,9 $\pm$ 5,6 N) so với trạng thái rách chóp xoay (22,5 $\pm$ 7,2 N; $p = 0,0006$). Nhóm TFL cho thấy lực tăng đến 160,9 $\pm$ 50,6 N so với 76,1 $\pm$ 17,2 N ở trạng thái rách ($p = 0,0656$).

Tái tạo bao khớp trên sử dụng mảnh ghép tự thân LHBT đã nổi lên như một lựa chọn đầy hứa hẹn so với các vật liệu mảnh ghép truyền thống như TFL hoặc mảnh ghép bì đồng loại trong điều trị rách chóp xoay không thể khâu phục hồi. Trong khi các nghiên cứu trước đó của El-Shaar và cộng sự [16], Han và cộng

sự [15], và Barth và cộng sự [14] đã chứng minh tính khả thi và lợi ích lâm sàng của mảnh ghép LHBT trong SCR, nghiên cứu hiện tại đóng góp thêm một số điểm mới cho phương pháp này. Thứ nhất, nghiên cứu sử dụng các phép đo lực lặp lại (50 lần trên mỗi mẫu) để mô phỏng tải cơ sinh học, góp phần nâng cao độ tin cậy và khả năng lặp lại của dữ liệu. Thứ hai, chúng tôi báo cáo các số liệu giải phẫu chi tiết, bao gồm độ dày bao khớp, kích thước gân và diện tích (Bảng 1 và 2). Những dữ liệu này có thể hữu ích trong việc xác định kích thước mảnh ghép và vị trí đặt mảnh ghép trong quá trình lập kế hoạch phẫu thuật, đặc biệt khi lựa chọn giữa LHBT và các loại mảnh ghép khác. Thứ ba, việc cố định mảnh ghép được chuẩn hóa ở tư thế dạng khớp ổ chảo cánh tay 45°, góc này có thể ảnh hưởng đến lực căng tái tạo và độ vững khớp vai.

Nghiên cứu này có một số hạn chế. Thứ nhất, nghiên cứu được thực hiện trên các mẫu xác tươi, tuổi trung bình mẫu xác cao, chất lượng mô có thể khác với bệnh nhân mục tiêu trên lâm sàng và việc bóc tách phần lớn mô mềm có thể làm thay đổi môi trường cơ học tự nhiên của khớp vai. Thứ hai, việc sử dụng cả hai vai từ cùng một mẫu xác tươi dẫn đến sự phụ thuộc dữ liệu giữa các mẫu, do đó cần thận trọng khi áp dụng các kiểm định thống kê chuẩn. Thứ ba, mặc dù kỹ thuật có hiệu quả trong điều kiện thí nghiệm, việc áp dụng vào thực hành lâm sàng có thể gặp những thách thức về mặt kỹ thuật. Thứ tư, cách tiếp cận này phụ thuộc vào sự hiện diện của gân LHB nguyên vẹn; khi gân không còn, cần cân nhắc các loại mảnh ghép thay thế như TFL hoặc mảnh ghép bì đồng loại [12].

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này củng cố tính khả thi về mặt cơ sinh học của kỹ thuật tái tạo bao khớp trên sử dụng đầu dài gân nhị đầu và đóng góp thêm các dữ liệu giải phẫu cũng như giúp nâng cao khả năng ứng dụng lâm sàng của kỹ thuật. Bằng cách kết hợp các lần đo lực lặp lại, chuẩn hóa các tham số cố định và đo lường giải phẫu chi tiết, nghiên cứu này bổ sung mức độ chi tiết và độ chặt chẽ cho ý văn hiện có về SCR sử dụng LHBT. Cần có thêm các nghiên cứu lâm sàng để liên kết những cải thiện cơ sinh học này với kết quả chức năng dài hạn.

Tuyên bố về xung đột lợi ích : Không có xung đột lợi ích đối với các nghiên cứu, tác giả, và xuất bản bài báo. Nghiên cứu không nhận nguồn tài trợ nào.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cofield RH. Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears. *Surgery, gynecology & obstetrics*. 1982 May 1;154(5):667-72.
2. Habermeyer P, Krieter C, Tang KL, Lichtenberg S, Magosch P. A new arthroscopic classification of articular-sided supraspinatus footprint lesions: a prospective comparison with Snyder's and Ellman's classification. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2008 Nov 1;17(6):909-13.
3. Kholinne E, Sun Y, Kwak JM, Kim H, Koh KH, Jeon IH. Failure rate after superior capsular reconstruction with Achilles tendon–bone allograft for irreparable rotator cuff tears. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2021 May 4;9(5):23259671211002280.
4. Adrian SC, Field LD. Biceps transposition for biological superior capsular reconstruction. *Arthroscopy Techniques*. 2020 Jun 1;9(6):e841-6.
5. Sambandam SN, Khanna V, Gul A, Mounasamy V. Rotator cuff tears: An evidence based approach. *World journal of orthopedics*. 2015 Dec 18;6(11):902.
6. Bogdanov J, Lan R, Chu TN, Bolia IK, Weber AE, Petrigliano FA. Fatty degeneration of the rotator cuff: pathogenesis, clinical implications, and future treatment. *JSES Reviews, Reports, and Techniques*. 2021 Nov 1;1(4):301-8.
7. Dimock RA, Malik S, Consigliere P, Imam MA, Narvani AA. Superior capsule reconstruction: What do we know?. *Archives of Bone and Joint Surgery*. 2019 Jan;7(1):3.
8. Burkhart SS, Denard PJ, Adams CR, Brady PC, Hartzler RU. Arthroscopic superior capsular reconstruction for massive irreparable rotator cuff repair. *Arthroscopy Techniques*. 2016 Dec 1;5(6):e1407-18.
9. Milano G, Marchi G, Bertoni G, Vaisitti N, Galli S, Scaini A, Saccomanno MF. Augmented repair of large to massive delaminated rotator cuff tears with autologous long head of the biceps tendon graft: The arthroscopic "cuff-plus" technique. *Arthroscopy Techniques*. 2020 Nov;9(11):e1683-8.
10. Kim D, Um J, Lee J, Kim J. Improved clinical and radiologic outcomes seen after superior capsule reconstruction using long head biceps tendon autograft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2021 Sep 1;37(9):2756-67.
11. Cheppalli NS, Purudappa PP, Metikala S, Reddy KI, Singla A, Patel HA, Kamineni S. Superior capsular reconstruction using the biceps tendon in the treatment of irreparable massive rotator cuff tears improves patient-reported outcome scores: a systematic review. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. 2022 Jun 1;4(3):e1235-43.
12. Gupta AK, Hug K, Berkoff DJ, Boggess BR, Gavigan M, Malley PC, Toth AP. Dermal tissue allograft for the repair of massive irreparable rotator cuff tears. *The American journal of sports medicine*. 2012 Jan;40(1):141-7.
13. Mihata T, Lee TQ, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, Kinoshita M. Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction for irreparable rotator cuff

tears. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013 Mar 1;29(3):459-70.

14. Barth J, Olmos MI, Swan J, Barthelemy R, Delsol P, Boutsiadis A. Superior capsular reconstruction with the long head of the biceps autograft prevents infraspinatus retear in massive posterosuperior retracted rotator cuff tears. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020 May;48(6):1430-8.

15. Han F, Kong CH, Hasan MY, Ramruttun AK, Kumar VP. Superior capsular reconstruction for irreparable supraspinatus tendon tears using the long head of biceps: A biomechanical study on cadavers. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2019 Apr 1;105(2):257-63.

16. El-Shaar R, Soin S, Nicandri G, Maloney M, Voloshin I. Superior capsular reconstruction with a long head of the biceps tendon autograft: a cadaveric study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2018 Jul 13;6(7):2325967118785365.