

RAにおける人工肩関節の進歩

-リバーズ型人工肩関節全置換術-

福岡大学医学部 整形外科

柴田 光史

(2026年 第25回博多リウマチセミナー)

1. はじめに

関節リウマチ (rheumatoid arthritis : RA) 患者における肩関節障害の主な特徴として、腱板損傷および関節破壊が挙げられる。2014年に本邦でも導入されたリバーズ型人工肩関節全置換術 (reverse shoulder arthroplasty : RSA) は、これら双方の病態に対応可能な術式として注目されている。本稿では、RAにおける肩関節病変の特徴と、RSAを中心とした人工肩関節置換術の進歩について概説する。

2. RAにおける肩関節病変の特徴

RAの発症初期には、手指や足趾の小関節が侵されることが多く、肩関節などの大関節から発症することは稀である。しかし、RA患者の65~90%が肩関節症状、特に疼痛を訴えると報告されている¹⁾。肩関節は更衣、洗髪、食事、物の挙上など日常生活動作に直結しており、可動域制限や疼痛の存在はHAQスコアに強く影響することが知られている²⁾。RA肩の自然経過としては、腱板の菲薄化や断裂に伴う上腕骨頭の上方向化、および滑膜炎による関節破壊に伴う上腕骨頭の内方向化が特徴的である³⁾。これらの変化は機能障害や疼痛の増悪を招き、治療介入の必要性を高める要因となる。

3. RA肩に対する外科的治療方針

RA診療ガイドライン2024における非薬物療法および外科的治療アルゴリズムでは⁴⁾、まずリハビリテーション治療や関節内注射などの保存的治療を十分に行うことが推奨されている。そのうえで、高度な機能障害や変形を認める症例、あるいは薬物療法に抵抗性を示す限局性関節炎に対しては、関節機能再建術の適応を検討することが提唱されている(図1)。RA肩に対する代表的な外科的治療には下記のもの挙げられる。

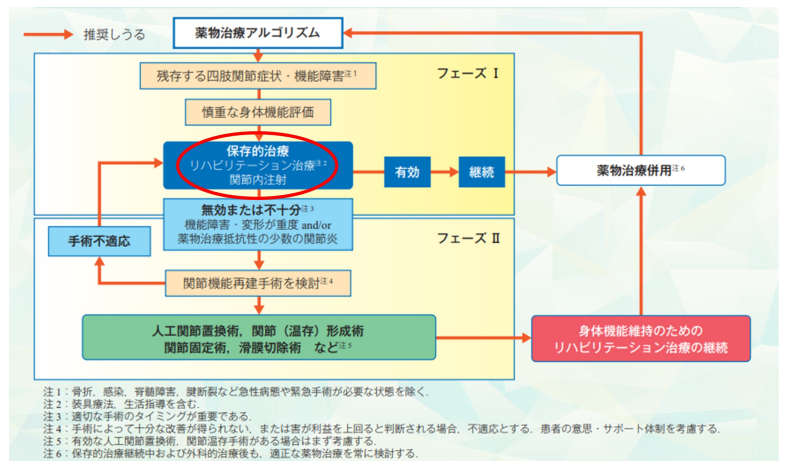


図1: 非薬物治療・外科的治療アルゴリズム

(関節リウマチ診療ガイドライン2024改訂版より⁴⁾)

1) 関節鏡視下滑膜切除術 (+腱板修復術)

滑膜炎に伴う夜間痛を有し、関節軟骨が比較的温存されている症例が適応となる。低侵襲であり、肩関節痛の軽減が期待できるが、腱板断裂を合併している場合には可動域や筋力などの肩機能改善は限定的である⁵⁾。当院では腱板断裂を認める症例に対して腱板修復術を併施しており、術後に肩機能障害の改善を得られた症例を報告している⁶⁾。しかしながら、RA罹患期間が長い症例や腱板断裂のサイズが大きい症例では再

断裂率が高くなる傾向があり、適応判断には慎重を要する。

2) 解剖型人工肩関節全置換術

(anatomic total shoulder arthroplasty : aTSA)

関節破壊が進行した症例(Larsen Grade III~V)において腱板の厚みが十分で腱板機能が保持され、関節窩骨欠損が軽度の場合には適応となる場合があり、疼痛および肩関節機能の改善が期待できる⁷⁾。報告によれば、10年時点でのインプラント生存率は92.9%と良好な成績を示している⁸⁾。2000年代に入り aTSA から RSA へのコンバージョンを容易にするプラットフォームシステム(第4世代)が開発された(図2)。これは上腕骨ステムを抜去せずに RSA へ移行できる構造を有し、手術時間の短縮、出血量の減少、合併症率の低下に寄与する⁹⁾。

一方で、aTSA では関節窩コンポーネントの緩みが長期成績を左右する重要な問題となることが知られており、RA 患者において良好な術後肩機能を得るためには、腱板の厚みと機能保持が不可欠である。しかし、RA 患者では一般人口と比較して腱板疾患の発生リスクが約1.5倍高く¹⁰⁾、腱板の菲薄化が最も特徴的な変化とされる¹¹⁾(図3)。腱板が菲薄化すると上腕骨頭の求心性が保てず、いわゆる Rocking horse 現象により関節窩コンポーネントの早期緩みを生じるリスクが高まる¹²⁾(図4)。さらに、関節破壊に伴う関節窩骨欠損が存在する場合には、リーミングに伴う骨量減少によって関節窩コンポーネントの固定性が低下し、結果的に予定より小さいサイズの設置を余儀なくされることがある。このような症例では、aTSA での対応が困難となり、RSA の適応を検討すべき状況も少なくない。



図2: プラットフォームシステム (第4世代)

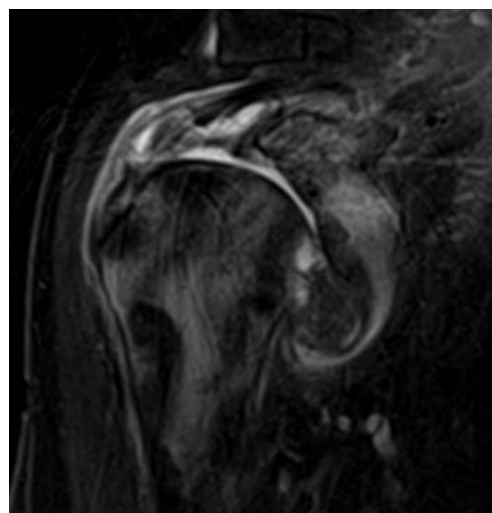


図3: 80歳女性 Seronegative RA
棘上筋腱の菲薄化あり

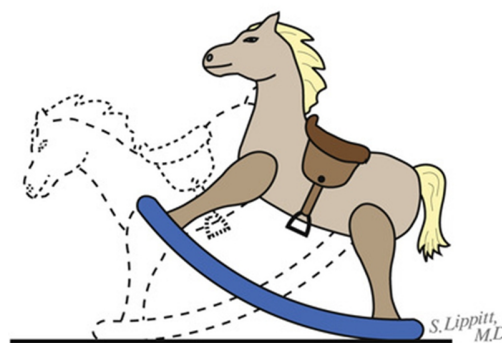
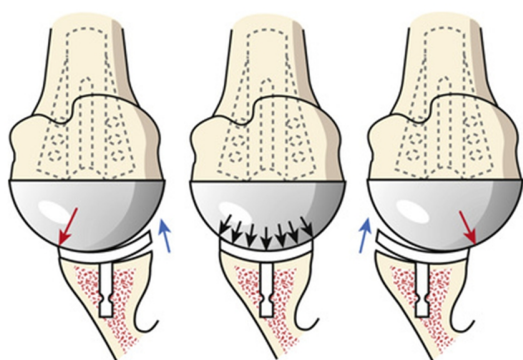


図4: Rocking horse 現象による関節窩コンポーネントの緩み¹²⁾

3) リバース型人工肩関節全置換術 (reverse shoulder arthroplasty : RSA)

RSA は 1980 年代にフランスで開発され、約 30 年遅れて 2014 年に日本に導入された。本邦への導入が遅れた要因の 1 つとして、独立行政法人医薬品医療機器総合機構 (PMDA) による厳格な承認制度および評価基準が挙げられる¹³⁾。PMDA は RSA の安全性・有用性を検証するための臨床試験の実施を求めたが、既存の枠組みでは試験の実施が困難であった。そのため、承認に先立ち「リバース型人工肩関節全置換術適正使用基準」が策定され¹⁴⁾、これにより臨床導入が認められた。適正使用基準では、執刀医の実施基準および適応疾患が明確に定められている。腱板断裂性関節症や広範囲腱板断裂、高齢者の上腕骨近位端骨折新鮮例 (3,4 パート) 等の適応疾患は原則 65 歳以上であるが、腱板機能が障害されたリウマチ肩では年齢制限はない。当院では、2024 年に施行した肩関節手術 196 件のうち、RSA は 20 件 (約 10%) を占め、そのうち RA 肩に対する RSA は 1 件 (全 RSA の 5%) であった (図 5)。

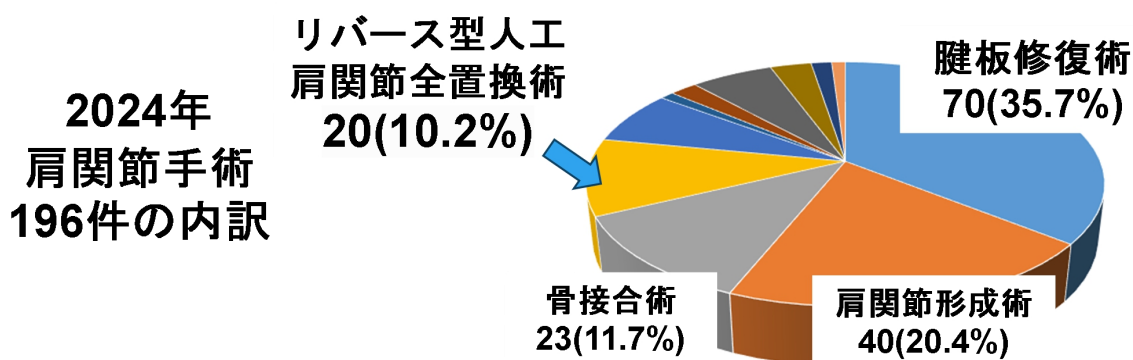


図 5: 当院における RSA の占める割合

全国的には RSA の施行件数が年々増加傾向にあり、2023 年には 5,000 件を超過している¹⁵⁾ (図 6)。そのうち、RA または RA 類似疾患に対する RSA は全体の約 2.5% と報告されており、比較的稀な適応である (図 7)。この背景には、抗リウマチ薬 (DMARDs) や生物学的製剤の進歩に伴う疾患活動性の低下が影響していると考えられる。しかしながら、腱板機能不全や骨破壊が高度な症例では、依然として RSA が有効な治療選択肢であることに変わりはない。

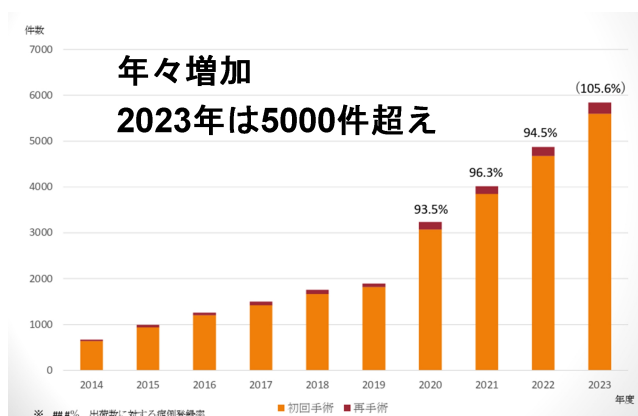


図 6: 国内における RSA の症例数の推移

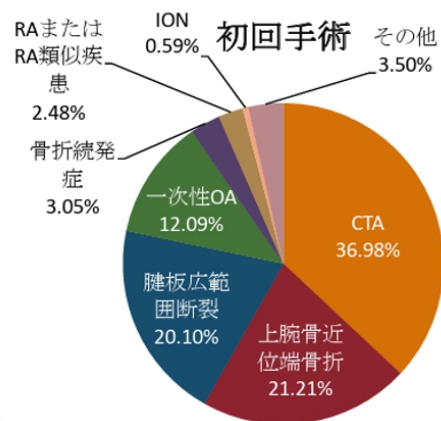


図 7: 国内における RSA 症例の内訳

(リバース型 TSA レジストリー 2023 年度症例統計より¹⁵⁾)

RSA のコンセプトは肩関節回転中心を内方化 (medialization) ($R > r$) することで、三角筋のレバーアーム (力のモーメント) を増大させ、さらに上腕骨を延長 (distalization) (L) させることにより三角筋線維を伸長し筋力を増強する点にある¹⁶⁾。これにより腱板なしでも三角筋に依存した肩関節の挙上が可能となった(図 8)。さらに RSA は半拘束型 (semi-constrained) 関節であり、従来の aTSA では対応困難であった RA 肩における腱板の菲薄化や関節窩の高度骨欠損を伴う病態にも対応可能である。これにより、疼痛軽減および肩関節機能の改善が得られ、7年でのインプラント生存率は 96.0%と報告されている¹⁷⁾。



図 8: 70 歳女性 RA

RSA 導入当初は使用可能なインプラント機種が限定的であったが、現在では多様なシステムが開発されており、それぞれに独自のデザインコンセプトと構造的特徴を有している。そのため、症例の病態や骨形態に応じたインプラント選択が重要であり、最終的な選択は術者の判断に委ねられる。また、近年ではアジア人の骨格に適した小型デバイスが開発され、骨質を温存するために短いステムを有する上腕骨コンポーネントを用いるのが主流になってきている¹⁸⁾。

4. 関節窩骨欠損に対する対応方法

RA 肩では関節窩の骨欠損を合併する頻度が高く、関節窩の上方骨欠損や関節面の内方化を伴うことが多い¹⁹⁾。このような症例には aTSA では対応はしばしば困難であり、RSA を施行する場合にも関節窩骨欠損は関節窩コンポーネントの固定性不良や肩関節の回旋可動域低下につながるため、関節窩骨欠損に対しては適切に対応する必要がある。関節窩骨欠損に対する対応方法として下記のものがあげられる。

1) Bony Increased Offset RSA (BIO-RSA)

骨切りした上腕骨頭から楔状に移植骨を採型し、ベースプレートと関節窩の間に移植骨を挟み込ませることで関節窩骨欠損部位を補填する手技である²⁰⁾。ベースプレートを打ち込む過程で移植骨がある程度圧潰することで関節窩骨欠損部位への適合が可能となる。文献によって差はあるものの移植骨の関節窩母床との癒合率は 75.0-94.0%と良好であり^{20,21)}、関節窩の後捻が 30° 以上の症例でも対応することができる²²⁾。移植骨の癒合不全やベースプレートの脱転を防ぐためにも通常より長いセンターポストを選択することが重要である。術前プランニングで移植骨の楔状の角度、厚み、設置する位置を十分に検討し、術中は 3D プリンターボーンモデルを用いて移植骨のフィッティングを確認する。骨移植専用器具を準備している機種もあり早く再現性の高い移植骨を準備することができる (図 9)。

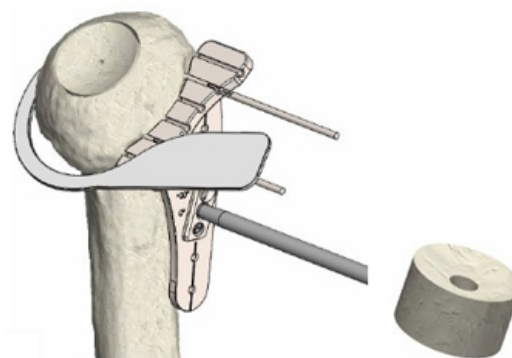


図 9 GRAB Instruments (Medacta)

【症例供覧】

74歳、女性。20年以上の関節リウマチ治療歴を有する。1年前より誘因なく右肩痛と挙上困難が出現した。単純X線では関節裂隙の消失と関節面の内方化を認め、Larsen Grade IVであった(図10)。MRIでは棘上筋腱の菲薄化を認めた(図11)。上腕骨頭を用いたBIO-RSAを施行し、25mmのlong postを選択した(図12)。術後2年のX線では移植骨の癒合を確認し、ステムの緩みは認めなかった(図13)。

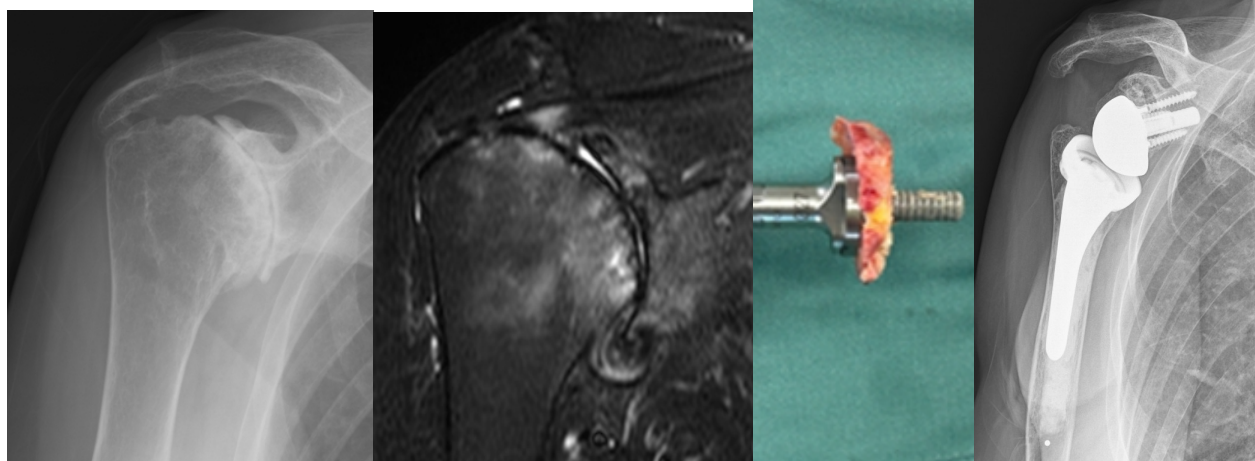


図 10

図 11

図 12

図 13

2) Metal Increased Offset RSA (MIO-RSA) (図 14)

既製品である金属製のオーギュメント型インプラントを用いて関節窩側を外側化する手法であり、関節窩の骨欠損の程度が軽度～中等度の症例では特に有用である。10～20°程度の楔型形状のベースプレートを選択することで、関節窩形状の矯正と安定したインプラント支持を同時に得ることができる^{23, 24)}。BIO-RSA と異なり移植骨の採取を必要としないため、RA 肩などで上腕骨頭から良質な自家骨の採取が困難な症例では大きな利点となり、手術操作も比較的容易で再現性が高い。MIO-RSA は BIO-RSA と同等以上の機能改善をもたらしつつ、合併症リスクを抑える選択肢として有用であるといえる²⁵⁾。

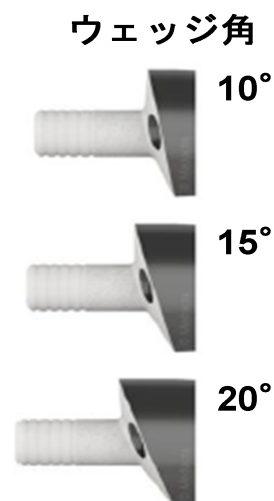


図 14: Glenoid Reconstruction System (Medacta)

3) カスタムメイドベースプレート (図 15)

CTデータを基に作製された患者適合型インプラントは、RA 肩で良質な移植骨が採取できない場合や、重度・複雑な関節窩骨欠損で BIO-RSA や MIO-RSA では対応困難な症例に適応となる²⁶⁾。利点として、骨とインプラントの接触面積が増加し、良好な骨質でのスクリー固定および関節ラインの再建が可能である点が挙げられる²⁷⁾。一方で、再置換症例では感染や不安定症などの合併症がやや多いこと²⁸⁾、高価であること、さらに作製に約2か月を要するため²⁹⁾、RA では関節破壊が急速に進行し、完成時に関節窩形状が変化して適合しない可能性がある点が課題である。



図 15: Vault Reconstruction System (Zimmer-Biomet)

文献

- 1) Thomas T, Noel E, Goupille P, Duquesnoy B, Combe B, Grep. The rheumatoid shoulder: current consensus on diagnosis and treatment. *Joint Bone Spine*. 2006;73(2):139-43.
- 2) Shidara K, Inoue E, Hoshi D, Tanaka E, Seto Y, Nakajima A, Momohara S, Taniguchi A, Yamanaka H. The influence of individual joint impairment on functional disability in rheumatoid arthritis using a large observational database of Japanese patients. *J Rheumatol*. 2012;39(3):476-80.
- 3) Lehtinen JT, Belt EA, Kauppi MJ, Kaarela K, Kuusela PP, Kautiainen HJ, Lehto MU. Bone destruction, upward migration, and medialisation of rheumatoid shoulder: a 15 year follow up study. *Ann Rheum Dis*. 2001;60(4):322-6.
- 4) 日本リウマチ学会. 非薬物治療・外科的治療アルゴリズム. 関節リウマチ診療ガイドライン 2024: 日本リウマチ学会; 2024. p. 18.
- 5) Smith AM, Sperling JW, Cofield RH. Arthroscopic rotator cuff debridement in patients with rheumatoid arthritis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007;16(1):31-6.
- 6) 小笠原 正宣 三宅 智, 伊崎 輝昌, 柴田 光史, 新城 安原, 山本 卓明. 関節リウマチを合併した肩腱板断裂に対する鏡視下腱板修復術の治療成績. *整形外科と災害外科*. 2020;69(3):546-50.
- 7) Yoon HM, Jo Y-H, Lee BG. Surgical Treatment for the Shoulder Joint in Rheumatoid Patients. *Clinics in Shoulder and Elbow*. 2016;19(3):179-85.
- 8) Barlow JD, Yuan BJ, Schleck CD, Harmsen WS, Cofield RH, Sperling JW. Shoulder arthroplasty for rheumatoid arthritis: 303 consecutive cases with minimum 5-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014;23(6):791-9.
- 9) Kirsch JM, Khan M, Thornley P, Gichuru M, Freehill MT, Neviasser A, Moravek J, Miller BS, Bedi A. Platform shoulder arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018;27(4):756-63.
- 10) Wang WT, Huang SW, Liou TH, Lin HW. Patients with Rheumatoid Arthritis Were Associated with a Risk of Rotator Cuff Diseases. *J Clin Med*. 2019;8(2).
- 11) 林田 賢治 中川 滋人, 米田 稔, 広岡 淳, 脇谷 滋之, 河村 禎人. 慢性関節リウマチ肩における腱板の変化. *肩関節*. 1997;21(2):361-4.
- 12) Rockwood CA MF. Glenohumeral Arthritis and Its Management. *The Shoulder*. Philadelphia: Elsevier; 2016. p. 940.
- 13) Sugaya H. The history of reverse total shoulder arthroplasty policy in Japan. *J Shoulder Elbow Surg*. 2025;34(1):286-93.
- 14) リバース型人工肩関節全置換術適正使用基準. 日本整形外科学会 2023年6月15日.
- 15) リバース型 TSA レジストリー 2023年度症例統計. 日本人工関節学会 2023.
- 16) Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005;14(1 Suppl S):147S-61S.
- 17) Levigne C, Chelli M, Johnston TR, Trojani MC, Mole D, Walch G, Boileau P. Reverse shoulder arthroplasty in rheumatoid arthritis: survival and outcomes. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021;30(10):2312-24.
- 18) Lehman AC, Su F, Feeley BT. Humeral Stem Design in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2024;17(12):616-24.
- 19) He Y, Xiao LB, Zhai WT, Xu YL. Reverse Shoulder Arthroplasty in Patients with Rheumatoid Arthritis: Early Outcomes, Pitfalls, and Challenges. *Orthop Surg*. 2020;12(5):1380-7.
- 20) Boileau P, Morin-Salvo N, Gauci MO, Seeto BL, Chalmers PN, Holzer N, Walch G. Angled BIO-RSA

(bony-increased offset-reverse shoulder arthroplasty): a solution for the management of glenoid bone loss and erosion. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(12):2133-42.

21) Ho JC, Thakar O, Chan WW, Nicholson T, Williams GR, Namdari S. Early radiographic failure of reverse total shoulder arthroplasty with structural bone graft for glenoid bone loss. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(3):550-60.

22) Hussain ZB, Khawaja SR, Kopriva JM, McKissack HM, Roundy R, Karzon AL, Savani U, Cooke HL, Gottschalk MB, Wagner ER. Structural bone grafting with reverse shoulder arthroplasty for osteoarthritis with severe glenoid bone loss: outcomes using a long post. *J Shoulder Elbow Surg.* 2025;34(4):1061-70.

23) Liuzza L, Mai DH, Grey S, Wright TW, Flurin PH, Roche CP, Zuckerman JD, Virk MS. Reverse Total Shoulder Arthroplasty with a Superior Augmented Glenoid Component for Favard Type-E1, E2, and E3 Glenoids. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(21):1865-73.

24) Shah A, Werner B, Gobezie R, Denard P, Harmsen S, Brolin T, Bercik M, Thankur S, Doody S, Knopf D, Metcalfe N, Lederman E. Quantifying bone loss and lateralization with standardized baseplate versus augmented baseplates. *JSES Int.* 2024;8(5):1055-62.

25) Waseem S, Dragonas C, Kinnair A, Leivadiotou D. Bony increased offset reverse shoulder arthroplasty (BIO-RSA) vs metal augments: A systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2025;145(1):329.

26) Burton R, Adam J, Holland P, Rangan A. A review of custom implants for glenoid bone deficiency in reverse shoulder arthroplasty. *J Orthop.* 2023;36:65-71.

27) Porcellini G, Micheloni GM, Tarallo L, Paladini P, Merolla G, Catani F. Custom-made reverse shoulder arthroplasty for severe glenoid bone loss: review of the literature and our preliminary results. *J Orthop Traumatol.* 2021;22(1):2.

28) Harrell M, Dayal D, Rahaman C, Elliott P, Berta C, Van Zyl J, Skelton A, Morla V, Evely T, Smith W, Casp A, Momaya A, Brabston E. Survivorship, complications, and outcomes of custom glenoid implants in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review. *JSES Rev Rep Tech.* 2025;5(4):891-8.

29) Wesorick BR, Lo EY, Gupta A, Garofalo R, Gall K, Krishnan SG. Current concepts in patient specific implants for reverse shoulder arthroplasty. *JSES Int.* 2025;9(3):771-8.