

氏名	あらしろ やすはら 新城 安原		
学位の種類	博士（医学）		
報告番号	甲第 1917 号		
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 17 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当（課程博士）		
学位論文題目	Influence of scapular neck length on the extent of impingement-free adduction after reverse total shoulder arthroplasty (肩甲頚の長さがリバース型人工肩関節置換術後の内転可動域に与える影響)		
論文審査委員	(主査) 福岡大学	教授	柴田 陽三
	(副査) 福岡大学	教授	立花 克郎
	福岡大学	教授	塩田 悦仁

内容の要旨

【目的】

人工肩関節置換術において腱板機能再建が不可能な場合はインプラントの求心位が保てないため、従来型の人工関節は使用できない。リバース型人工肩関節置換術（以下 RSA）は関節窩側に球状ヘッド、上腕骨側に凹型カップを配置した半拘束型構造であり、腱板機能が破綻した状態でも三角筋の出力のみで上肢挙上が可能となる。一方で、RSA は適切に施行されないと術中あるいは術後合併症が高率に発生することが報告されている。このうち Scapular notching は最も頻度の高い合併症で、肩甲骨頸部と上腕骨ポリエチレンカップが衝突したり、摩耗粉による骨融解が生じたりすることによって生じる。さらに進行するとインプラントのゆるみが生じる可能性もあるため、可能な限り避けることが望ましい。

患者因子として肩甲頚の長さ（以下 SNL）が短いと術後内転可動域が減少し、インプラントの衝突が生じやすくなる可能性があるが、SNL が内転可動域に与える影響を評価した過去の報告はない。また、インプラントの回転中心を外方化または下方化すると衝突が生じにくくなるため Scapular notching が減少することが示されているが、外方化と下方化を同時に検討した報告はない。

本研究の目的はコンピュータシミュレーションを用いて、SNL が RSA 術後内転可動域に与える影響を調査すること、関節窩コンポーネントの外方化と下方化が術後内転可動域

に与える影響を調査することである。

【対象と方法】

福岡大学病院で撮像された患者 CT15 肩を用いた。(変形性関節症、リウマチ性関節症、肩関節手術歴、骨の奇形がある患者は除外した。) 3D テンプレティングソフトウェア (ZedShoulder software, Lexi,) に CT データをインポートし、上腕骨・肩甲骨座標軸を設定した。その後、インプラント (Comprehensive® Reverse Shoulder System, Zimmer Biomet) を Glenoid version 0°、Glenoid inclination 0° Humeral retroversion 20° となるように設置した。インプラント設置後、内転可動域を計測した。最初の設置位置を Position1 とした。その後、5mm 外方化 (Position 2)、10mm 外方化 (Position 3)、4mm 下方化 (Position 4)、5mm 外方化と 4mm 下方化 (Position 5)、10mm 外方化と 4mm 下方化 (Position 6) の 5 通りのオフセットをつけた設置を行い、それぞれの内転可動域を計測した。形態学的評価として、関節窩幅、関節窩高、Glenoid version、Glenoid inclination、SNL を計測した。SNL に関しては、インプラント設置前の Preoperative SNL とインプラント設置後の Postoperative SNL を定義しそれぞれ計測した。統計解析に関しては、2 つの SNL と Position 1 での内転可動域の関係を Pearson の相関係数を用いて解析した。Position 1 から Position 6 までの平均の差の検定に関しては反復測定による分散分析を行い、その後は多重比較を行った。SNL の検者間信頼性については級内相関係数を用いて解析を行った。

【結果】

関節窩幅は 25.8 ± 2.8 mm、関節窩高は 34.1 ± 3.4 mm、Glenoid version は $1.3 \pm 4.5^\circ$ 、Glenoid inclination は $10.4 \pm 4.2^\circ$ 、Preoperative SNL は 8.2 ± 1.9 mm、Postoperative SNL は 6.0 ± 2.0 mm であった。Preoperative SNL と Postoperative SNL の検者間信頼性はそれぞれ 0.957 と 0.912 であった。Preoperative SNL と内転可動域の間には中等度の正の相関 ($r=0.628$ 、 $p=0.012$) を認め、Postoperative SNL と内転可動域の間には強い正の相関 ($r=0.771$ 、 $p=0.001$) を認めた。Position 1 から Position 6 までの内転可動域の間にはそれぞれ有意な差を認めた。Position 6 において内転可動域は最大となった。

【結論】

Preoperative SNL と内転可動域の間には中等度の正の相関を認め、Postoperative SNL と内転可動域の間には強い正の相関を認めた。最も外方化と下方化を行ったオフセットで内転可動域は最大となった。

審査の結果の要旨

腱板は上腕骨頭の関節窩に対する求心性を維持するために重要な役割を果たしている。古来から使用されている解剖学的人工肩関節は腱板機能が温存されている症例に施行される。しかし、2014年から本邦で使用されるようになったリバース型人工関節置換術は解剖学的人工肩関節置換術のそれと異なり、腱板機能の再建が不可能な肩関節施行される特殊な人工肩関節である。このため本人工肩関節の可動メカニズムにはまだ解明されていない点が存在する。

本論文は、コンピューターシミュレーションを使用して Scapular neck length とリバース型人工肩関節置換術後の内転可動域の関係性を評価した論文である。

リバース型人工肩関節置換術（以下 RSA）はインプラントの進歩により、近年手術件数が増加している。RSA 術後合併症として Scapular notching は最も多く報告されており、その発生関連因子として Scapular neck length(以下 SNL)との関連性が示唆されている。

本論文では、SNL と RSA 術後内転可動域の関連性を、コンピューターシミュレーションを用いて調査した初めての論文である。

本論文の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確さ、審査委員との質疑応答は以下の通りである。

1. 斬新さ

RSA 術後の内転可動域と SNL の関連性を評価した報告は過去になく、本研究が最初の報告である。

2. 重要性

本論文では、SNL と術後内転可動域の相関性が明らかになった。これにより術前評価にて SNL を計測することは術後内転可動域制限や scapular notching を予測するうえで有用であることが示唆された。

3. 研究方法の正確性

SNL 計測の検者間信頼性は高値であり、また RSA インプラント設置も一定の方法で行われており、正確に検討がされている。

4. 表現の明確さ

明確かつ簡潔な英文で表記されており論旨も的確である。専門的用語も適切に使用されている。本論文は Journal of Shoulder and Elbow Surgery (2020 impact factor 3.019) に受理されている。

5. 主な質疑応答

Q: CT シミュレーションでは具体的にどのようなことを行うのですか？

A: 具体的には、院内で撮像しました CT 画像を CD-ROM (DICOM データ) に保存し、それをシミュレーションソフトが搭載されたパソコンに取り込みます。取り込んだ画像から指定するポイントを設置し、上腕骨・肩甲骨座標軸を作成し仮想インプラントを設置、その後可動域を計測していきます。

Q: 可動域は実際の可動域とは違うのですか？

A: 肩甲骨座標軸から角度を計測していくので実臨床での可動域とは違う値となります。

Q: 肩甲骨は動かないのですか？

A: 肩甲骨は固定した状態で上腕骨を動かして可動域を計測しますので、肩甲骨は動いておりません。

Q: 外方化すると notching は減り剪断力が増えるのですか？

A: 外方化すると、インピンジメントしにくくなるため notching は減ると考えられますが、剪断力が増えて固定性は低下します。

Q: 正常に近い肩というのはどのように選択したのですか？

A: 本研究では当院で得られた肩関節 CT の中で、Kellgren-Lawrence 分類グレード 3 以上の変形性関節症、リウマチ性関節症、肩関節脱臼・骨折の既往、肩関節手術歴を除外し残った患者さんを選択しました。

Q: 肩関節の変性が強いとシミュレーションが行えないのですか？

A: 変性が強い患者さんでもシミュレーションを行うことは可能ですが、本研究で計測した SNL などの評価が難しくなるので、変性が強い患者さんの画像は除外しました。

Q: 今回、肩関節の変性が強いものとして KL 分類を使用していますが、もともとは膝関節に用いる分類ですが、肩関節専門の変性を評価する分類もたくさんある中で KL 分類をこの研究で用いたのはどうしてですか？

A: 肩関節の形態学評価における過去の論文で変性の強い患者の除外基準を調べたところ、同様の記載がございましたのでわかりやすさも考慮して今回は KL 分類グレード 3 以上を除外基準としました。

Q: 外側にオフセットを付けると剪断力が強くなるため固定性が低下しますが、剪断力を抑えながら外方化できる適正な距離に関してはどう考えますか？

A: 本研究内では剪断力に関しては評価ができないため、剪断力をおさえながら行える最適

な外方化の距離に関しては調べることができませんでした。申し訳ございませんが、私の知っている範囲でもお答えすることが難しい質問になります。

Q: 下方オフセットを 4mm に設定した根拠はありますか？

A: インプラントのオプションで下方にオフセットを最大 4mm までつけることが可能ですので、今回は下方オフセット 4mm と設定しました。

本論文は、内容の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確さ、及び質疑応答の結果を踏まえ、審査員で討議の結果、学位論文に値し、学位申請者についても学位授与に値すると評価された。