

Daniel Krammer

Dr. med

**Dynamic Contrast-Enhanced Ultrasound and Elastography assess Deltoid
Muscle Integrity after Reverse Shoulder Arthroplasty**

Orthopädie

Doktorvater: Prof. Dr. med. Gerhard Schmidmaier

Severe cuff tear arthropathy presents an indication for reverse shoulder arthroplasty. By changing the anatomy of the shoulder, it allows the deltoid to replace parts of the rotator cuff at the cost of an increased tension and stress on the muscle. The objective of this doctoral thesis was to develop a clinical examination routine based around dynamic contrast enhanced ultrasound and acoustic radiation force impulse imaging for assessing the vitality of the deltoid muscle after reverse shoulder arthroplasty. Patients were selected who had received a reverse shoulder arthroplasty in one shoulder at the university hospital in Heidelberg between 2014 and 2013, and did not have any interventions on the other shoulder. 64 patients (42 w, 22 m; 72.8 ± 8.3 years old; 39.2 ± 21.5 months after intervention) underwent a clinical, functional and psychosocial examination. An electromyography examination of the operated deltoid muscle was also performed on 52 patients. 64 patients underwent a standardized ultrasound examination of the deltoid and teres minor muscle in the operated shoulder first and then in the contralateral shoulder. Ultrasound of the deltoid muscle was performed in the coronal plane between the posterior and lateral part of the muscle with the teres minor muscle and the humeral neck being always present on the recordings. After the conventional B-mode imaging and measurement of both the deltoid muscle thickness and the cross-section size of the teres minor muscle, elastography of both muscles were performed. Following a short exercise of the deltoid muscle (up to 1 minute of abduction with 1kg dumbbell or without dumbbell depending on the strength of the operated shoulder) the SonoVue® contrast agent was applied intravenously, and the contrast enhanced ultrasound and power Doppler of the deltoid muscle were performed. The posterior humeral circumflex artery was used as a reference for the evaluation of the videos,

which was not present on 7 recordings. The clinical examinations showed a significantly lower score on the operated shoulder. The functional and psychosocial examinations showed a worse function and psychosocial state than that of the general population of similar age. The electromyography showed no pathological mean motor unit potential values above 2.0 mV (mean amplitude=0.7±0.3 mV), ruling out axillary nerve damage as the main origin of deltoid muscle degeneration. The conventional ultrasound showed a decline of the caliber of the operated deltoid with growing postoperative intervals. The contrast enhanced ultrasound showed a significant reduction in nearly all perfusion parameters of the operated deltoid muscle compared to the contralateral side and several correlations to the range of motion. The power Doppler of the deltoid muscle showed strong connection to the contrast enhanced ultrasound parameters and a significantly worse perfusion of the operated deltoid muscle. The elastography of the deltoid muscle showed a significant increase in stiffness on the operated side. The conventional ultrasound of the teres minor muscle showed an increasing fatty infiltration over the postoperative period with reduced cross-section size on the operated side, however no effect on the clinical outcome could be shown. As a meaningful conclusion, the contrast enhanced ultrasound and the acoustic radiation force impulse imaging combined with clinical examinations have proven to be a useful asset to measure deltoid muscle integrity after reverse shoulder arthroplasty or other interventions, and can be deployed in further prospective studies.

Die Defektarthropathie des Schultergelenks stellt eine Indikation zur inversen Schulterprothese dar. Durch die Veränderung der Anatomie der Schulter übernimmt der Deltamuskel die Aufgabe der defekten Rotatorenmanschette zu Lasten einer erhöhten Spannung und Belastung des Muskels. Ziel dieser Doktorarbeit war die Entwicklung einer Routineuntersuchung basierend auf dem kontrastmittelverstärkten Ultraschall und der transienten Elastografie (ARFI), mit der sich die Vitalität des Deltamuskels nach inverser Schulterprothese prüfen lässt. Zur Studie wurden Patienten eingeladen, die zwischen 2004 und 2013 eine inverse Schulterprothese auf einer Seite in der Universitätsklinik Heidelberg erhielten und auf deren kontralateraler Seite keine vorherigen Eingriffe durchgeführt wurden. Die 64 Patienten (42 w, 22 m; 72.8 ± 8.3 Jahre alt; 39.2 ± 21.5 Monate nach dem Eingriff) wurden einmalig klinisch, funktionell und psychosozial untersucht. Eine Elektromyografie des operierten Deltamuskels wurde bei 52 Patienten durchgeführt. 64 Patienten erhielten eine standardisierte Ultraschalluntersuchung des Delta- und Teres minor Muskels, jeweils zuerst auf der operierten und dann auf der gesunden Seite. Der Ultraschall wurde am posterolateralen Übergang des Deltamuskels so eingestellt, dass der Teres minor und der proximale Schaft des Humerus immer zu sehen waren. Nach dem konventionellen B-mode Ultraschall und der Messung der Dicke des Deltamuskels bzw. der Fläche des Teres-Querschnitts wurde die transiente Elastografie durchgeführt. Nach einer kurzen Übung (bis zu 1 Min. Seitheben, mit oder ohne 1kg Hantel - je nach Belastungsfähigkeit der operierten Schulter) wurden 2,4ml des SonoVue® Kontrastmittels intravenös appliziert und mittels kontrastmittelverstärktem Ultraschall bzw. Power Doppler die Durchblutung im Deltamuskel gemessen. Die Arteria circumflexa humeri posterior wurde als Referenz bei der Auswertung der Videos benutzt, die allerdings auf 7 Aufnahmen

fehlte. Die klinischen Untersuchungen zeigten eine signifikant schlechtere Funktion der operierten Schulter. Die Patienten schnitten bei den funktionellen und psychosozialen Untersuchungen schlechter ab als die durchschnittliche Population im ähnlichen Alter. Der Mittelwert der Aktionspotentiale der Motorischen Einheiten in der Elektromyografie überschritt die 2.0 mV-Grenze bei keinem der Patienten, was einen Schaden des Nervus axillaris als Ursache der Muskeldegeneration ausschließt. Der konventionelle Ultraschall zeigte eine Ausdünnung des Deltamuskels mit der Zeit nach der Operation. Der operierte Deltamuskel hatte im kontrastmittelverstärkten Ultraschall eine signifikant schlechtere Durchblutung in fast jedem Perfusionsparameter im Vergleich zur kontralateralen Seite. Diese Parameter zeigten auch eine schwache, aber signifikante Korrelation zum Bewegungsumfang der Schulter. Der Power Doppler zeigte einen starken Zusammenhang zu den kontrastmittelverstärkten Ultraschallparametern und bestätigte die schlechtere Perfusion des operierten Deltamuskels. Die transiente Elastografie demonstrierte eine erhöhte Spannung im operierten Deltamuskel. Der Teres minor Muskel besaß im konventionellen Ultraschall eine deutliche fettige Degeneration, die mit längerem postoperativen Intervall größer wurde, allerdings ohne nachweisbare Auswirkung auf das klinische Ergebnis.

Als Schlussfolgerung kann behauptet werden, dass der kontrastmittelverstärkte Ultraschall und die transiente Elastografie (ARFI) taugliche Methoden der Nachuntersuchung der Vitalität des Deltamuskels nach inverser Schulterprothese oder vergleichbaren Eingriffen darstellen und in zukünftigen prospektiven Studien eingesetzt werden können.