

Philipp Josef Wendy  
Dr. med.

### **3D Bewegungsanalyse der oberen Extremität: Eine Möglichkeit zur Untersuchung des Bewegungsausmaßes und der Propriozeption in der Schulterendoprothetik**

Geboren am 06.03.1980 in Karlsruhe  
Staatsexamen am 13.09.2007 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Orthopädie  
Doktorvater: Prof. Dr. med. habil. Markus Loew

Die endoprothetische Versorgung mittels Schulterendoprothese hat sich als das Standardverfahren bei fortgeschrittener primärer oder sekundärer Omarthrose, Humeruskopfnekrosen, rheumatoider Arthritis im Schultergelenk und bei irreparablen Rotatorenmanschettendefekten etabliert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden fünfzehn Patienten mindestens zwölf Monate nach endoprothetischer Versorgung untersucht. Neun Patienten erhielten eine Totalendoprothese und sechs Patienten eine Hemiendoprothese. In beiden Patientengruppen kommt es zu einer signifikanten Verbesserung des Gesamt-Constant-Scores, der Schmerzsymptomatik und der Schulterbeweglichkeit. Das Bewegungsausmaß für die maximale Anteversion, maximale Abduktion, Außenrotation bei 0° Abduktion und Außenrotation bei 90° Abduktion konnte in beiden Patientengruppen signifikant verbessert werden. Das postoperativ erreichte Bewegungsausmaß ist ausreichend, um die meisten alltäglichen Tätigkeiten durchzuführen, was unter anderem zu einem sehr hohen Maß an Patientenzufriedenheit führt.

Für die Erfassung und zur Beurteilung des Bewegungsmaßes, sowie von Therapie- und Rehabilitationsergebnissen in der Endoprothetik sind objektivierbare und reproduzierbare Kriterien vom besonderen Interesse. Als Standardverfahren hat sich die portable und kostengünstige Goniometrie etabliert. Es gibt jedoch Faktoren wie unterschiedliche Untersucher, Tageszeitpunkt sowie untersuchtes Gelenk, die das Ergebnis der Messung mittels Goniometrie beeinflussen und zu Ungenauigkeiten in den Messungen zwischen 5-10° führen können. Insbesondere das Schultergelenk mit seinen drei Freiheitsgraden ist mittels Goniometer schwer zu untersuchen. Für diese Arbeit wurden vier Bewegungen: die maximale Außenrotation bei 0° Abduktion, die maximale Außenrotation bei 90° Abduktion, die maximale Anteversion und die maximale Abduktion, mittels klinischer Messung und optischer Messung untersucht. Für alle vier untersuchten Bewegungen fanden sich signifikante Unterschiede zwischen klinischer und optischer Messung. Für die maximale Außenrotation bei 0° Abduktion, die maximale Außenrotation bei 90° Abduktion und die maximale Anteversion fanden sich Differenzen von 4,7°- 6,3° zwischen klinischer und optischer Messung. Bei der maximalen Abduktion fand sich eine Differenz von 19,6° zwischen klinischer und optischer Messung. Eine Erklärung hierfür wäre, dass das von der Arbeitsgruppe entwickelte biomechanische Modell auf Grundlage der optischen 3D-Bewegungsanalyse in der Lage ist, Verdrehungen beziehungsweise Verkippungen aus dem Oberkörper/Wirbelsäule in der Berechnung des humerorhorakalen Öffnungswinkel zu berücksichtigen, was bei der klassischen Goniometrie schwer möglich ist. Des Weiteren bietet die 3D-Bewegungsanalyse der oberen Extremität die Möglichkeit auch dynamische Bewegungen mitzuerfassen. Kernpunkt des entwickelten Modells ist folgende Idee: Gelenkzentren sollen nicht deterministisch auf der Grundlage von Markern, die auf knöchernen Prominenz fixiert werden, über anthropometrische Mittelwerte definiert

werden, sondern über die Bewegung dieser Marker sollen dynamische funktionelle Gelenksachsen beziehungsweise Gelenkszentren gefunden werden.

Neben der Möglichkeit zur Untersuchung des Bewegungsausmaßes bietet das entwickelte Schultermodell die Möglichkeit zur Untersuchung der Propriozeption in der Schulterendoprothetik mittels des aktiven Winkelreproduktionstests. Es wurden Propriozeptionswerte von insgesamt vier Gruppen untereinander und miteinander verglichen. Eine Gruppe bestand aus neun Patienten, die unter einer Omarthrose litten und unmittelbar vor einer endoprothetischer Versorgung standen. Eine weitere Gruppe bestand aus neun Patienten, die vor mindestens zwölf Monaten mittels einer Totatschulterendoprothese (TEP) versorgt wurde. Eine weitere Gruppe bestand aus sechs Patienten, die vor mindestens zwölf Monaten mittels einer Hemischulterendoprothese (HEMI) versorgt wurde. Die Gruppe der Normprobanden setzte sich aus zehn geschlechts- und altersadaptierte Personen zusammen ohne Schulteranamnese. Im Vergleich zwischen betroffener / operierter Schulter mit der nicht betroffenen / nicht operierten Schulter fand sich in den Gruppen Arthrose, TEP und HEMI kein signifikanter Unterschied. Beim Vergleich zwischen betroffener / operierter Schulter mit dem Normkollektiv fand sich für die Gruppen Arthrose und HEMI ebenfalls kein Unterschied. Eine Tendenz ließ sich für die Gruppe TEP feststellen, sie zeigte im Vergleich zum Normkollektiv schlechtere Werte, das Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  wurde jedoch nur bei der Anteversion von  $30^\circ$  ( $p = 0,022$ ) erreicht. Eine ähnliche Tendenz ließ sich auch in Vergleich zwischen den beiden implantierten Prothesenmodellen feststellen, auch hier zeigte die Gruppe TEP im Vergleich zur Gruppe HEMI schlechtere Werte, das Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  wurde jedoch nicht erreicht.

Die Wissenschaft ist bis heute bemüht, Propriozeption besser zu verstehen und zu definieren. Wie der Körper propriozeptive Informationen erhält, verarbeitet und weiterleitet, ist weiterhin unklar und wird an Hand vieler Hypothesen diskutiert. Die im Rahmen dieser Arbeit gefunden Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass wenn Teile der peripheren Gelenk- und Muskelpropriozeptoren durch Omarthrose beeinträchtigt beziehungsweise ausfallen, es zu einer adäquaten Kompensation durch das verbleibende periphere propriozeptive Informationssystem kommt. Insbesondere den propriozeptiven Informationen der freien Nervenendigungen, die als Schmerzrezeptoren funktionieren, scheint in der Propriozeption bei bestehender Omarthrose eine gewisse Bedeutung zu zukommen. Nach endoprothetischer Versorgung der Schulter kommt es zu einem Wegfall dieser propriozeptiven Informationen. Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten lassen die Vermutung zu, dass die verbliebenen beziehungsweise sich postoperativ langsam erholenden peripheren Gelenk- und Muskelrezeptoren sich regenerieren und ihre ursprüngliche Funktion langsam wieder übernehmen. Es sind weitere mittel- und langfristige Studien notwendig, die die Propriozeption nach endoprothetischer Versorgung untersuchen.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte die 3D-Bewegungsanalyse der oberen Extremität zusammen mit dem von der Arbeitsgruppe entwickeltem Schultermodell als reproduzierbare und untersucherunabhängige Methode zur Untersuchung der oberen Extremität etabliert werden. Gerade die Möglichkeit, in Zukunft die komplexe Schulterbewegung in einzelne Bewegungsabschnitte, wie glenohumerale und scapulothorakale Bewegungen, zu unterscheiden, macht die 3D-Bewegungsanalyse zusammen mit dem entwickelten Schultermodell zu einer neuen Untersuchungsmöglichkeit der oberen Extremität.