

Lina Sophia Freifrau von Scholley  
Dr.med.

**Bestimmung einer „safe zone“ für die Positionierung von Patienten und Patientinnen zur reliablen und validen Messung der spinopelvinen Parameter – eine vergleichende Sawbonemodell-Studie zwischen konventioneller Röntgenbildgebung, biplanarer Röntgenbildgebung (EOS™-Imaging) und Computertomographie**

Fach/ Einrichtung: Orthopädie

Doktorvater: Prof. Dr. med. Christian Merle

Das spinopelvine Alignement beschreibt die dynamischen Zusammenhänge zwischen Wirbelsäule, Becken und Hüfte. In den vergangenen Jahren hat das spinopelvine Alignement in der Hüftendoprothetik an Bedeutung gewonnen. Bei Implantation einer Hüfttotalendoprothese (HTEP) ist die Wiederherstellung der spinopelvinen Mobilität mit dem funktionellen postoperativen Outcome assoziiert. Die Forschung an der Bildgebung zur möglichst genauen Darstellung des spinopelvinen Alignements ist daher von großem Interesse, insbesondere der direkte Vergleich von verschiedenen Bildgebungsverfahren wie CT, EOS™ Bildgebung und konventioneller Röntgenbildgebung, den es in dieser Form nicht gibt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde speziell auch der Einfluss von Beckenrotation und Beckenkippung (Obliquity) bei der Positionierung der Patienten und Patientinnen untersucht. Dabei wurde der Einfluss der Fehlpositionierung und die Fehleranfälligkeit in den verschiedenen bildgebenden Verfahren direkt miteinander verglichen.

Es wurde ein Sawbone-Modell von LWS/Becken/Femur mittels EOS™-Bildgebung, konventioneller Röntgenbildgebung und CT-Diagnostik in stehender, sitzender und vornübergebeugter Position untersucht. Um die Reliabilität und Validität der Messungen zwischen den einzelnen Bildgebungsmodalitäten zu bestimmen wurde das Sawbone- Modell jeweils mittels eines Fixateur externe transfixiert. Als Referenz wurde der Winkel zwischen der Senkrechten und der Anterior-Pelvic-Plane (aufgeschraubtes Holzbrett) mit einem digitalen Winkelmesser vor jeder Messung bestimmt. Die Untersuchungen simulierten dabei die präoperative und postoperative Situation, wobei eine zementfreie Hüftendoprothese nach Abschluss der „präoperativen“ Messungen implantiert wurde. Die Messungen mittels EOS™ und konventioneller Röntgenbildgebung wurden zusätzlich in verschiedenen Einstellungen für Beckenrotation, Kippung und Neigung angefertigt.

Im Rahmen der radiologischen Auswertung haben zwei unabhängige Beobachtende mit einer digitalen Analysesoftware (SterEOS™; EOS™ Imaging Inc.) die Messungen der spinopelvinen Parameter durchgeführt. Die Reliabilität der Messungen in der EOS™- Bildgebung wurde durch wiederholte Messungen zweier unabhängiger Beobachtender gezeigt. In der statistischen Auswertung wurde die Interraterreliabilität mit dem Intraklassen-Korrelations-Koeffizienten (ICC) bestimmt. Dabei war der ICC für alle gemessenen Parameter im sehr hohen ( $>0,8$ ) oder sogar exzellenten Bereich ( $>0,9$ ).

Um die Vergleichbarkeit der drei unterschiedlichen Bildgebungsverfahren zu untersuchen wurde die graphische Darstellung mittels Bland-Altman-Plots gewählt. Dabei wurde der im CT gemessene Wert als Goldstandard definiert und die im EOS™ und Röntgen erhobenen Werte mit diesem Goldstandard verglichen. Im Vergleich der in der EOS™-Bildgebung gemessenen Daten zum Goldstandard CT ergibt sich eine geringe, klinisch nicht relevante Abweichung. Eine Abweichung von  $>5^\circ$  in Bezug auf spinopelvine Winkel oder  $>2\text{mm}$  in Bezug auf Abstände wurde als klinisch relevant definiert. Bei der isolierten Betrachtung der einzelnen sagittalen Parameter zeigte sich auf den Bildern im Stehen eine mittlere Abweichung zwischen  $0,01^\circ$  (Pelvic Incidence) und  $-3,95^\circ$  (PFA). Die Standardabweichungen der Differenz bewegen sich zwischen  $0,98^\circ$  (Sacral Slope) und  $1,92^\circ$  (Anteinkination). Auf den Bildern mit Prothese fiel die mittlere Differenz jeweils höher aus,

sie lag bis auf eine Ausnahme (Lendenlordosewinkel: -6,16°) im definierten Bereich von maximal 5° Abweichung. Bei den sagittalen Parametern auf den sitzenden Aufnahmen zeigten sich größere Abweichungen von den CT-Messungen als auf den stehenden Aufnahmen. Diese überschreiten jedoch nicht die vorher definierten 5° Unterschied und sind damit nicht klinisch relevant. Bei den Parametern in vorgebeugter Körperhaltung sind auf den Bildern ohne Prothese und mit Prothese weniger als 5° Abweichung gemessen wurden. Auf den anterior-posterioren Aufnahmen bewegen sich die mittleren Differenzen in einem niedrigen Bereich von 0,05 mm (Kopfdurchmesser) bis 1,1 mm (Femorales Offset, postop) und sind daher nicht klinisch relevant. Im Vergleich der in der konventionellen Röntgen-Bildgebung gemessenen Daten zum Goldstandard CT ergibt sich ebenfalls eine geringe, klinisch nicht relevante Abweichung. Durchschnittlich ist die Abweichung bei den meisten Parametern etwas größer als zwischen CT und biplanarer Röntgenbildgebung (EOS™). Bei der einzelnen Betrachtung der sagittalen Parameter auf den stehenden Aufnahmen bewegten sich die mittlere Abweichung zwischen 0,17° (Pelvic Incidence) und -3,16° (Sacral Slope). Die Standardabweichungen der Differenz lagen zwischen 0,96° (Pelvic Incidence) und 1,85° (Lendenlordosewinkel). Auf den Bildern mit Prothese fiel die mittlere Differenz meist etwas höher aus, jedoch lag sie immer noch im definierten Bereich von 5° Abweichung. Bei den sagittalen Parametern auf den sitzenden Aufnahmen zeigten sich für den Lendenlordosewinkel und den PFA, gemessen auf den präoperativen Aufnahmen, sowie bei der Pelvic Incidence auf den postoperativen Aufnahmen etwas größere Abweichungen von den CT-Messungen als auf den stehenden Aufnahmen. Diese überschreiten nicht die vorher definierten 5° Unterschied und sind damit nicht als klinisch relevant einzustufen. Bei den Parametern, die auf in Flexion aufgenommenen Bildern gemessen wurden, sind auf den Bildern ohne Prothese und mit Prothese alle Parameter mit weniger als 5° Abweichung gemessen worden. Auf den anterior-posterioren Aufnahmen bewegen sich die mittleren Differenzen in einem niedrigen Bereich von 0,0 mm (Femorales Offset) bis -1,05 mm (Acetabuläres Offset) und sind daher nicht klinisch relevant. Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Messungen von der Beckenkippung (Obliquity) zeigte sich, dass alle im EOS™ gemessenen Parameter bis zu einer Beckenkippung von 10° valide zu messen sind. Auf den Aufnahmen ohne Prothese sind die Abweichungen in Abhängigkeit von der Beckenkippung (Obliquity) allgemein geringer. Die Abweichungen der Messungen im konventionellen Röntgen sind größer als im EOS™, aber dennoch bis auf eine Ausnahme innerhalb der definierten Grenzen (<5°). Die einzige Ausnahme bildet die postoperative Pelvic Incidence. Hier lag die Abweichung bei 10° Beckenkippung (Obliquity) bei 6,2° Unterschied zum CT-Wert. Bei 5° Beckenkippung (Obliquity) waren alle im Röntgen gemessenen Parameter innerhalb der definierten Grenzen (<5°). Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der validen Messungen von der Rotation des Beckens zeigte sich, dass alle gemessenen Parameter bis zu einer Beckenrotation von 10° valide zu messen sind. Sowohl im EOS™ als auch im Röntgen zeigte sich für keinen der untersuchten Parameter eine klinisch relevante Abweichung, trotz Beckenrotation von bis zu 10°. Die erhobenen Daten und deren Auswertung lassen folgende Schlussfolgerungen zu. Die Messungen der spinopelvinen Parameter im EOS™ sind reliabel und valide im Vergleich zum Goldstandard CT. Die Messungen sind im EOS™ etwas genauer als im konventionellen Röntgen, jedoch sind auch im herkömmlichen Röntgen die Abweichungen der Messungen nicht klinisch relevant. Ein Parameter, der weniger genau messbar ist, ist der Lendenlordosewinkel. Hier sind sowohl im EOS™ als auch im Röntgen die Abweichungen vom CT am größten. Sehr präzise messbare Parameter sind die Pelvic Incidence und der Pelvic Tilt. Allgemein sind die spinopelvinen Parameter präoperativ präziser zu messen als postoperativ. Die Messung der spinopelvinen Parameter in Abhängigkeit von der Beckenkippung (Obliquity) und der Beckenrotation zeigt, dass bis zu einer Kippung bzw. Rotation des Beckens von bis zu 10° die Messung der Parameter im EOS™ nicht klinisch relevant beeinträchtigt ist. Die Messung im Röntgen scheint etwas stärker durch die Beckenkippung (Obliquity) beeinflusst zu sein als im EOS™. Hier ist bis zu einer Beckenkippung (Obliquity) von 5° keine klinisch relevante

Beeinträchtigung zu beobachten, bei einer Kippung von  $10^\circ$  wird die Messung allerdings weniger präzise.

Bei der Aufnahme der Bilder sollte auf eine genaue Positionierung der Patienten und Patientinnen geachtet werden muss, da ab  $10^\circ$  Beckenkippung (Obliquity) im konventionellen Röntgen verfälschte Messwerte auftreten können.