

Ralf Axel Bouchard
Dr. med.

Studie zur Wertigkeit der klinischen Tibiatorsionsmessung

Geboren am 28. Februar 1967 in Castrop - Rauxel
Staatsexamen am 15. Mai 1997 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Chirurgie
Doktorvater: Prof. Dr. med. P.-J. Meeder

Die Verfügbarkeit der etablierten computertomographischen Methoden zur Bestimmung posttraumatischer Torsionsstellungen erzwingt die Frage nach den Meßabweichungen üblicher klinisch - goniometrischer Verfahren gegenüber diesen, als Gold - Standard beschriebenen CT - Methoden.

Dazu wurden für 40 Patienten die posttraumatischen Torsionsverhältnisse beider Unterschenkel mit zwei Goniometer- und zwei CT - Methoden ermittelt. Als Vergleichsparameter dienten die jeweils absoluten Torsionswerte der gebrochenen und ungebrochenen Extremität und die intraindividuelle Torsionswinkeldifferenz zwischen den Extremitäten, welche anhand der Übereinstimmung und Korrelation methodenspezifisch miteinander verglichen wurden. Die intraindividuelle Torsionswinkeldifferenz stellt die wichtigste Größe dar, da Torsionsfehlstellungen nur im Seitenvergleich sichtbar werden.

Die klinischen Methoden wurden zudem hinsichtlich auftretender Fehler bei Wiederholungsmessungen und einer fraglichen Untersucherabhängigkeit betrachtet. Auch für die Computertomographie wurde der auftretende Fehler bei Wiederholungsmessungen ermittelt und untersucht, ob eine zweite-, von anderen Bezugspunkten abhängige CT - Methode mit gleicher Genauigkeit eingesetzt werden kann, wie der gegenwärtige Gold Standard, die Ulmer CT - Methode. Letztlich wurden die angewendeten Osteosyntheseverfahren in Bezug auf postoperative Torsionsdifferenzen betrachtet und die Frage diskutiert, wann eine computertomographische Torsionsmessung postoperativ indiziert erscheint.

Absolute Torsionen

Bei Bestimmung der absoluten Torsionen durch die Goniometer- und CT - Methoden nehmen die Korrelationskoeffizienten hohe Werte zwischen 0,6 - 0,8 an.

Es konnte bestätigt werden, daß die absoluten Torsionswinkel interindividuell eine große physiologische Schwankungsbreite aufweisen und die goniometrisch bestimmten Torsionswerte zwischen -5° - 40° , die computertomographisch gemessene Werte zwischen 4° - 63° liegen. Diese sehr große Streuung der absoluten Torsionswinkel erschwert deren Interpretation und relativiert ihre klinische Bedeutung. Die mittleren Außentorsionen zeigen methodenabhängig signifikant unterschiedliche Werte und betragen 10° (Gon. - A), 20° (Gon. - B), 32° (CT - A) und 40° (CT - B).

Der direkte Vergleich der goniometrischen mit den computertomographischen Methoden zeigt signifikante mittlere Meßabweichungen zwischen den Methoden von $11,8^{\circ}$ bis $30,2^{\circ}$, d.h. die computertomographisch gemessenen Werte werden durch die goniometrisch gemessenen Werte systematisch verzerrt.

Demnach ist es von vorrangiger Bedeutung, eventuelle Wiederholungsmessungen mit der gleichen Methode durchzuführen, um Werteverfälschungen zu vermeiden. Darüberhinaus wird die Genauigkeit der goniometrischen Meßmethoden durch die hohen doppelten Standardabweichungen eingeschränkt, welche zusätzlich Meßabweichungen von den computertomographischen Methoden zwischen $11,00^{\circ}$ und $13,46^{\circ}$ erwarten lassen.

Die Bestimmung des goniometrischen Intratesterfehlers zeigt zwischen der ersten und der zweiten Messung eines jeden Untersuchers hohe Korrelationskoeffizienten von 0,9.

Die mittleren Abweichungen zwischen der jeweils ersten und der Wiederholungsmessung beträgt für beide Untersucher $\pm 0^\circ$. Dennoch ist die doppelte Standardabweichung für den unerfahreneren Untersucher 1 mit $\pm 1,8^\circ$ bis $\pm 2,7^\circ$ größer als die doppelte Standardabweichung des erfahrenen Untersuchers 2 mit $\pm 0,8^\circ$ bis $\pm 1,4^\circ$.

Bei Bestimmung des Intertesterfehlers korrelieren die jeweils ersten goniometrischen Messungen von Untersucher 1 und Untersucher 2 mit Korrelationskoeffizienten von 0,9 gut miteinander.

Die mittleren Abweichungen zwischen den jeweils ersten Messungen beider Untersucher zeigen mit $\pm 0^\circ$ keinen signifikanten Unterschied. Dennoch wird auch hier anhand der doppelten Standardabweichung von $\pm 2,6^\circ$ bis $\pm 4,5^\circ$ deutlich, daß der unerfahrene Untersucher 1 das Goniometer unsicherer anwendet als der erfahrene Untersucher 2.

Intraindividuelle Torsionswinkeldifferenzen

Die Bestimmung der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenz durch die goniometrischen und computertomographischen Methoden zeigte zwischen den Methoden hohe Korrelationskoeffizienten von 0,8.

Alle vier Methoden (Goniometer - A und B, CT - Methode A und B) bestimmen postoperativ mittlere intraindividuelle Torsionswinkeldifferenzen von $\pm 0^\circ$. Auch beim direkten Vergleich der Methoden weichen die goniometrischen Messungen im Mittel nicht signifikant um $\pm 0^\circ$ von den computertomographischen Messungen ab. Die computertomographisch gemessenen Werte werden demnach, im Gegensatz zur Bestimmung der absoluten Torsionswerte, durch die goniometrischen Messungen nicht systematisch verzerrt. Dennoch sind bei hohen doppelten Standardabweichungen Meßabweichungen der goniometrischen Methoden von $\pm 9,76^\circ$ bis $\pm 11,09^\circ$ zu erwarten.

Hinsichtlich der Wiederholbarkeit goniometrischer Messungen durch denselben Untersucher (Intratesterfehler) wurden zwischen der ersten und der zweiten Messung eines jeden Untersuchers hohe Korrelationskoeffizienten von 0,9 ermittelt.

Die mittlere Abweichung zwischen der jeweils ersten und der Wiederholungsmessung beträgt für beide Untersucher $\pm 0^\circ$. Dennoch ist die doppelte Standardabweichung für den unerfahrenen Untersucher 1 mit $\pm 3,0^\circ$ bis $\pm 3,2^\circ$ größer als die doppelte Standardabweichung des erfahrenen Untersuchers 2 mit $\pm 1,05^\circ$ bis $\pm 1,7^\circ$.

Bei Bestimmung des Intertesterfehlers korrelieren die jeweils ersten Messungen der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenz von Untersucher 1 und Untersucher 2 mit Koeffizienten von 0,9 gut miteinander.

Die mittleren Abweichungen zwischen den jeweils ersten Messungen beider Untersucher zeigen mit $\pm 0^\circ$ keinen signifikanten Unterschied. Dennoch wird auch hier anhand der doppelten Standardabweichung von $\pm 4,2^\circ$ bis $\pm 6,2^\circ$ deutlich, daß der unerfahrene Untersucher 1 das Goniometer unsicherer anwendet als der erfahrene Untersucher 2. Es empfiehlt sich daher, Messungen der absoluten Torsionen und der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenz durch den erfahreneren-, und im Verlauf desselben Untersucher vornehmen zu lassen, um eine Werteverfälschung durch den Intra- und den Intertesterfehler zu vermeiden.

Vergleich der computertomographischen Methoden A- und B

Absolute Torsion

Im Vergleich der CT - Methode A und B zeigen sich für die Bestimmung der absoluten Torsionen als auch für die wiederholte Bestimmung der absoluten Torsionen durch die CT - Methoden A und B mit 0,9 hohe Korrelationskoeffizienten.

Die CT - Methode B bestimmt im Mittel bis $7,9^\circ$ signifikant größere Werte als die CT - Methode A und verzerrt somit die Werte der CT - Methode A systematisch. Zudem sind im Rahmen der doppelten Standardabweichung Meßabweichungen der CT - Methode B von bis zu $\pm 6,3^\circ$ zu erwarten.

Die wiederholte Bestimmung der absoluten Torsionen durch beide CT Methoden zeigte eine mittlere Abweichung von $\pm 0^\circ$ zwischen beiden Messungen. Somit besteht keine systematische Verzerrung der erstgemessenen Werte durch die Wiederholungsmessung. Lediglich für die wiederholte Ausmessung der absoluten Torsion am ungebrochenen Bein durch die CT - Methode A besteht ein signifikanter Unterschied zur ersten Messung. Die mittlere Differenz zwischen diesen Messungen liegt mit $0,7^\circ$ im Bereich des CT eigenen Meßfehlers und ist für den klinischen Gebrauch vernachlässigbar.

Intraindividuelle Torsionswinkeldifferenz

Auch für die Bestimmung der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenz werden zwischen beiden computertomographischen Methoden mit 0,9 hohe Korrelationskoeffizienten ermittelt.

Die mittlere Differenz zwischen den Methoden beträgt $\pm 0^\circ$. Die CT Methode B weicht nicht signifikant von der CT - Methode A ab und verzerrt die gemessenen Werte der CT - Methode A nicht. Dennoch können für die CT - Methode B im Rahmen der doppelten Standardabweichung Meßungenauigkeiten von $\pm 5,5^\circ$ erwartet werden.

Auch bei wiederholter Bestimmung der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenzen durch die CT-Methoden zeigt die mittlere Differenz zwischen den Methoden von $\pm 0^\circ$ keinen signifikanten Unterschied. Dennoch können auch hier im Rahmen der doppelten Standardabweichung von $\pm 3,7^\circ$ höhere Meßungenauigkeiten für die CT - Methode B, im Vergleich zur CT - Methode A mit $\pm 2,9^\circ$ erwartet werden. Somit empfiehlt es sich, für die Bestimmung der absoluten Torsion und der intraindividuellen Torsionswinkeldifferenz die CT - Methode A anzuwenden, da die CT - Methode B signifikante mittlere Abweichungen zeigt und weitere Fehlermöglichkeiten durch hohe doppelte Standardabweichungen bestehen.

Proximale und distale Achsen

Die wiederholte Bestimmung der proximalen- und distalen Achsen durch beide CT - Methoden zeigt zwischen den einzelnen Messungen mit 0,9 hohe Korrelationskoeffizienten.

Die mittlere Differenz zwischen der ersten und der zweiten Messung an beiden Achsen durch beide CT - Methoden beträgt $\pm 0^\circ$ und ist statistisch nicht signifikant.

Lediglich die wiederholte Ausmessung der distalen Achse am ungebrochenen Bein durch die CT - Methode A zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Messungen. Die mittlere Differenz zwischen diesen Messungen ist aber mit $0,6^\circ$ für den klinischen Gebrauch vernachlässigbar. Im Rahmen der doppelten Standardabweichung können Meßungenauigkeiten von bis $\pm 2,8^\circ$ auftreten, was im Rahmen der bekannten computertomographischen Meßungenauigkeit liegt.

Osteosyntheseverfahren und Fehlstellungen

Alle drei Osteosyntheseverfahren, Marknagel, Platte und Fixateur Externe, stellen die intraindividuelle Torsionswinkeldifferenz weitestgehend wieder her. Dennoch, eine physiologische Torsionswinkeldifferenz von 15° vorausgesetzt, erbringen alle drei Verfahren postoperative Torsionsfehlstellungen außerhalb dieses Bereichs, wobei die Marknagel- und

die Fixateur Externe Osteosynthesen die Plattenosteosynthesen an Häufigkeit und Größe bezüglich postoperativer Fehlstellungen übertreffen.

Das Goniometer ist ein einfaches und schnell verfügbares Instrument zur Abschätzung physiologischer und pathologischer Torsionsverhältnisse am Unterschenkel. Obwohl der Kliniker aufgrund der systematischen Abweichung des Goniometers die Möglichkeit hat, mit Hilfe eines computertomographisch ermittelten Torsionswert den entsprechenden goniometrischen Wert zu berechnen, erscheint es nicht sinnvoll, einen präoperativ durch die CT ermittelten Korrekturwert goniometrisch intraoperativ direkt zu übertragen, da neben der zu berücksichtigenden mittleren Abweichung aufgrund der hohen doppelten Standardabweichung von $11^\circ - 13^\circ$ erhebliche Fehlermöglichkeiten bestehen.

Zudem muß bei Bestimmung der absoluten Torsionen, wie oben gezeigt, der Torsionsbegriff immer in Verbindung mit den entsprechend benutzten Achsen genannt werden, da methodenabhängig signifikante Unterschiede zwischen den gemessenen Werten bestehen.

Als objektiver Parameter dient eher die intraindividuelle Torsionswinkeldifferenz, die methodenunabhängig bestimmbar ist. Im Vergleich zur CT können aber auch hier, trotz einer mittleren Abweichung von $\pm 0^\circ$, Abweichungen bis $\pm 11^\circ$ erwartet werden, so daß die goniometrischen Messungen zur konkreten Planung definitiver diagnostischer, therapeutischer oder operativer Vorgehensweisen ungeeignet sind. Die in der Literatur vertretene Meinung, daß klinische Methoden ihren Stellenwert lediglich im Erkennen und der groben Abschätzung der Torsionsverhältnisse im Rechts - Links Seitenvergleich haben, wird somit bestätigt.