

Aus der Klinik für Physikalische Medizin und Rehabilitation der
Universität München

Ehemaliger Vorstand: Prof. Dr. med. E. Senn

Direktor: Prof. Dr. Med. Stucki

**Messung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule: Validierung der
„Rückenmaus“ durch Vergleich mit Röntgen-Funktionsaufnahmen**

**Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

vorgelegt von
Stefani Schulz
aus
Landshut

1999

5. Zusammenfassung

Ziel: Die Rückenmaus ist ein neuartiges klinisches Hilfsmittel zur einfachen Bestimmung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule. In der vorliegenden Studie wurde die Validität der Rückenmaus durch Vergleich mit Röntgen-Funktionsaufnahmen überprüft.

Methodik: Bei 29 Probanden wurde mit der Rückenmaus die Form und Beweglichkeit des Rückens im aufrechten Stand und bei maximaler Flexion / Extension gemessen. In den gleichen standardisierten Haltungen wurden Funktionsaufnahmen der LWS im seitlichen Strahlengang angefertigt. Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte nach drei etablierten Methoden und größtenteils durch zwei unabhängige, erfahrene Befunder. Die für Rückenmaus und Röntgen unabhängig voneinander bestimmten Winkel und Beweglichkeiten der Segmente Th12/L1 bis L5/S1 wurden mittels Varianz- und Korrelationsanalyse miteinander verglichen. Die Varianzen wurden an den segmentalen Winkeln bestimmt; die Korrelationsanalyse wurde wegen methodischer Argumente an den absoluten Winkeln der Wirbelkörper relativ zum Lot durchgeführt. Letztere berechnen sich aus der sukzessiven Summe der segmentalen Winkel beginnend mit Th12/L1; sie beschreiben die Gesamtkrümmung der LWS von Th12/L1 bis zum betrachteten Segment. Zusätzlich wurden Messungen zur Reproduzierbarkeit, zur Intra- und zur Inter-rater-Reliabilität der Rückenmaus in aufrechter Haltung durchgeführt.

Ergebnisse

Die apparative Genauigkeit bei der Bestimmung eines segmentalen Winkels mit der Rückenmaus beträgt $\pm 1.24^\circ$ Streubreite bei wiederholter Messung am liegenden Probanden (konstante Rückenform). Am stehenden Probanden beträgt die Streubreite $\pm 1.62^\circ$ und bei wiederholter Haltungseinnahme $\pm 1.96^\circ$. Ein ungeübter Benutzer der Rückenmaus erhält nur unwesentlich größere Streubreiten.

Im Vergleich dazu interessiert die Streubreite bei wiederholter Auswertung desselben Röntgenbildes. Bei zwei erfahrenen Befundern fanden sich $\pm 1.34^\circ$ und $\pm 1.59^\circ$.

Die Übereinstimmung der Haltungs- und Beweglichkeitsmessung wurde mittels Varianz- und Korrelationsrechnung getestet. Davor wurden die Verfahren auf systematische Unterschiede untersucht. Diese fanden sich ausschließlich bei den Haltungsmessungen im lumbosakralen Übergang: Das Deckplattenverfahren (DP) liefert bei L4/5 systematisch um 5.7° und bei L5/S1 um 11.0° größere Winkel als die Rückenmaus; beim Hinterkantenverfahren (HK) sind es sogar 9.4° bzw. 22.8° . Somit unterscheiden sich auch die beiden Röntgenauswertungen, und zwar um 3.7° bei L4/5 und um 11.8° bei L5/S1.

Bezüglich Haltungsmessung ergab die Rückenmaus im Vergleich zu DP eine mittlere Varianz von 1.39 (SD = $\pm 1.18^\circ$); der Röntgenvergleich DP zu HK erbrachte genau denselben Wert. HK paßt mit einer Varianz von 1.52 (SD = $\pm 1.23^\circ$) nicht so gut zur Rückenmaus, der Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

Die Korrelationsrechnungen zu den Haltungsdaten ergaben Koeffizienten von 0.974 ± 0.022 für den Vergleich RM-DP, 0.969 ± 0.023 für RM-HK und 0.974 ± 0.023 für DP-HK.

Alle Korrelationssteigungen liegen nahe bei Eins und schließen diese mit ein, was für die Identität anstelle der Proportionalität verlangt werden muß.

Bezüglich der Beweglichkeitsmessung lagen die Varianzen bei Vergleich der Rückenmaus mit Röntgen zwischen 0.82 (RM vs. HK bei F/E; SD = $\pm 0.91^\circ$) und 1.55 (RM vs. Pen bei A/E; SD = $\pm 1.24^\circ$). Beim Intra-Röntgen-Vergleich sollte nur DP vs. HK mit einer mittleren Varianz von 1.06 (SD = ± 1.02) bewertet werden, da nur diese Verfahren unabhängig voneinander sind. Die Korrelationsanalyse der Vergleiche RM mit DP, HK und Penning ergab für A/F einen Korrelationskoeffizienten von 0.963 und für F/E 0.966; dem stehen Intra-Röntgen-Koeffizienten zwischen 0.993 und 0.995 gegenüber. Für die Bewegungsrichtung A/E fanden sich deutlich kleinere Koeffizienten von 0.892 (RM vs. Rö) bzw. 0.904 (DP vs. HK).

Sämtliche Korrelationsteigungen liegen auch bei der Beweglichkeit nahe bei Eins und schließen diese im Wertebereich mit ein.

Diskussion

Die Reproduzierbarkeit der mit der Rückenmaus erhaltenen Meßwerte ist im Inter- und Intra-rater-Vergleich deutlich besser als die der Röntgenauswertungen. Dies ist eine gute Voraussetzung für die Validität der Rückenmaus. Nebenbei fand sich eine unerwartet gute Reproduzierbarkeit bei wiederholter standardisierter Haltungseinnahme. Offensichtlich verfügt der Mensch über ein "Haltungsbewußtsein", das es ihm erlaubt, seine individuelle aufrechte Haltung kurzfristig gut zu reproduzieren. Die allgemein bekannte Variabilität der multicausal beeinflussten individuellen Haltung wird wahrscheinlich erst über längere Zeiträume von Stunden oder Tagen manifest.

Die segmentalen Winkel der Haltungsmessung ergaben auf Höhe von L4/5 und L5/S1 große verfahrensinhärente Abweichungen. Diese erklären sich aus der Keilform von LWK5 bzw. der undefinierten Form des Sakrums einerseits, und aus der unterschiedlichen Weichteilbedeckung andererseits. Sie sind als systematische Meßfehler der Haltungsdaten problemlos korrigierbar; bei der Beweglichkeitsmessung werden sie nicht manifest, da diese sich aus der Differenz von Haltungsdaten berechnet.

Beim Vergleich der verschiedenen Auswertemethoden von Röntgenbildern (Deckplatten, Hinterkanten, Penning-Verfahren) manifestierten sich erschreckend große Unterschiede, welche die Brauchbarkeit von Röntgen-Funktionsaufnahmen der LWS zur Bestimmung von segmentalen Winkeln sehr in Frage stellen. Leider gilt dies insbesondere für die beiden klinisch besonders wichtigen Segmente des lumbosakralen Übergang. Auch die Auswertung nach Penning schneidet diesbezüglich nicht besser ab. Wahrscheinlich ist es unmöglich, eindeutige Konturen in der zweidimensionalen Projektion komplexer dreidimensionaler Gebilde zu definieren. Diese Erkenntnis mußten auch Stokes (1987), Hanley (1975), Dvorak et al. (1991) und Tallroth (1994) bei der klinischen Validierung des Röntgenverfahrens machen. Wir hatten die Röntgenauswertung als Referenzverfahren zur Validierung der Rückenmaus gewählt, da sie allgemein als der "Goldstandard" gilt. Wegen des Versagens dieses "Goldstandards" kann die Validität der Rückenmaus nur innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Referenz (Röntgen) bestimmt werden.

Nach Korrektur der systematischen Fehler ergaben die Varianz- und die Korrelationsanalyse bezüglich Haltung identisch gute Übereinstimmungen beim Inter-Verfahren- und beim Intra-Röntgen-Vergleich. Die Rückenmaus verschlechtert die durch die Röntgen-Ungenauigkeit gegebene Übereinstimmung also nicht zusätzlich.

Die Haltungsmessung mit der Rückenmaus kann also entweder der (unbekannten) Wahrheit entsprechen oder aber einen definierten linearen Zusammenhang mit dieser aufweisen.

Bezüglich der segmentalen Beweglichkeit ergab die Varianzanalyse dieselbe Aussage wie bei der Haltung. Mit der Korrelationsanalyse zeigte sich dagegen eine geringfügig bessere Übereinstimmung beim Intra-Röntgen- gegenüber dem Inter-Verfahren-Vergleich. Dies wird hinreichend dadurch erklärt, daß der Inter-Verfahren-Vergleich sich zwar auf dieselbe Haltung bezieht, wobei diese aber unabhängig eingenommen wird, während die Röntgenauswertungen einer Haltung am selben Röntgenbild vorgenommen werden. Somit ergibt auch die Korrelationsanalyse eine gleichwertige Übereinstimmung der verschiedenen Verfahren untereinander.

Die ausgezeichnete Übereinstimmung hinsichtlich Beweglichkeit gilt für die absoluten Winkel, mit denen die Korrelationsanalyse durchgeführt wurde, was im klinischen Sinne eine identische Gesamtbeweglichkeit der LWS mit der Rückenmaus und mit Röntgen bedeutet. Für die segmentalen Winkel kann dies nicht gelten, weil die Röntgenauswertung für L4/5 und L5/S1 schon allein wegen ihrer Ungenauigkeit nicht gut mit einem unabhängigen Meßverfahren übereinstimmen kann. Ob die Rückenmaus der Wahrheit näher kommt, kann wegen der schlechten Qualität des Referenzverfahrens nicht sicher erkannt werden. Die einzig zulässige Aussage lautet, daß die Rückenmaus zur Bestimmung der segmentalen Beweglichkeit der Röntgenauswertung (mindestens) ebenbürtig ist.

Möglicherweise ist klinisch gar nicht das quantitative Ausmaß einer Bewegungsstörung relevant, sondern vordergründig deren eindeutiges Vorhandensein und die Höhenlokalisierung derselben. Die Rückenmaus bietet sehr gute Voraussetzungen zur Beantwortung derartiger klinischer Fragestellungen. Ihre definitive Validität für die Befundung und Verlaufskontrolle in derartigen Fällen kann nur in weiteren klinischen Studien mit geeignetem Design (einfach-blinde Validierung an Patienten mit objektiv gesicherter Symptomatik) überprüft werden.