

1. Einleitung

Mit dem Begriff Osteoporose wird die unter anderem durch eine verminderte Knochendichte erhöhte Fragilität knöcherner Strukturen und folglich ein erhöhtes Frakturrisiko umschrieben. Die mit der DXA (Dual X-ray Absorptiometry) gemessene Knochendichte liegt bei einer präklinischen Osteoporose definitionsgemäß¹ um mehr als 2,5 Standardabweichungen unterhalb eines bei jungen, kaukasischen Frauen gemessenen Referenzwertes (T-Score \leq 2,5). Bereits bei Abnahme der Knochendichte um eine Standardabweichung steigt das relative Frakturrisiko um das Zwei- bis Dreifache². Bei zusätzlich positiver Frakturanamnese erweitert sich die Definition der präklinischen Osteoporose auf den Begriff der fortgeschrittenen oder klinisch manifesten Osteoporose.

Diese Definition der WHO stellt eine Richtlinie dar, die über die im klinischen Alltag leicht durchführbare Osteodensitometrie letztlich zur Diagnose führt, die Zerstörung der Knochenmikroarchitektur, die unterschiedliche Verteilung von Knochensubstanz in Kompakta und Spongiosa sowie deren ursächliche pathophysiologische Mechanismen jedoch nicht berücksichtigt^{3, 4}. Das ist deshalb erwähnenswert, sind neben der Knochenmasse als quantitativem Faktor doch auch die Mikroarchitektur des Knochens, insbesondere die trabekulären Architektur, und nicht zu letzt das Ausmaß an Mikrofrakturen im bislang noch nicht frakturierten Knochen für dessen Fragilität von Bedeutung⁵⁻⁷.

Osteoporose ist eine chronische Krankheit. Das Auftreten einer Fraktur weist auf ein bereits fortgeschrittenes Stadium hin. Wie auch bei anderen chronischen Erkrankungen findet sich bei osteoporotischen Frakturen eine nahezu exponentielle Zunahme im höheren Lebensalter⁸.

Prädilektionsorte von Frakturen im höheren Alter sind Schenkelhals, distaler Radius und Wirbelkörper. In Europa werden von 100 Frauen durchschnittlich 40 nach Erreichen des 50. Lebensjahres eine oder mehrere osteoporotisch bedingte Frakturen erleiden. In den meisten europäischen Ländern ist in den vergangenen Jahren eine Zunahme von Schenkelhalsfrakturen zu verzeichnen. Im Alter von 50 Jahren liegt das Risiko von Frauen sich im weiteren Leben eine

Oberschenkelhalsfraktur zuzuziehen bei 17,5%, das der distalen Radiusfrakturen vom Typ Colles sowie der Wirbelkörperfrakturen bei jeweils 16%. Vergleichsweise liegt das Lebenszeitrisko von Männern gleichen Alters bei 6% für Oberschenkelhalsfrakturen, 2,5% für Radiusfrakturen und 5% für Wirbelkörperfrakturen⁹.

Der Geschlechterunterschied erklärt sich zum Teil aus der Tatsache, dass die Lebenserwartung von Frauen durchschnittlich höher ist als die der Männer und somit auch die Wahrscheinlichkeit eine osteoporotische Fraktur zu erleben. Im Falle der Schenkelhalsfraktur bei Männer ist die altersspezifische Inzidenzrate nach dem 50. Lebensjahr um etwa 15 Jahre zu der der Frauen parallel versetzt. In den höchsten Altersgruppen gleicht sich die Inzidenzrate zunehmend an^{8, 10}.

Cöster et al¹⁰ veröffentlichten erstmals 1994 eine Untersuchung zur Inzidenz der Oberschenkelhalsfraktur in den alten Bundesländern. Er errechnete eine altersstandardisierte Inzidenzrate von 294,3 für Frauen und 110,2 für Männer pro 100 000 Einwohner der über 35 Jährigen. Demnach waren damals jährlich 70 000 Schenkelhalsfrakturen bei beiden Geschlechtern in den alten Bundesländern zu erwarten gewesen.

Die klinischen Zeichen einer Schenkelhalsfraktur sind kaum fehl zu deuten. Das verkürzte, außenrotierte Bein weist dem Arzt die Arbeitsdiagnose. Das Röntgenbild sichert sie. Der Patient kann behandelt und die Schenkelhalsfraktur statistisch erfasst werde. Mit Hilfe von Krankenhausentlassungsstatistiken konnten bereits 1993 die direkten Kosten für die Behandlung von Schenkelhalsfrakturen in den alten Bundesländern errechnet werden¹¹. Auch die Ermittlung der Mortalität innerhalb der ersten sechs Monate nach operativer Versorgung (20%), die perioperative Letalität (3%), die Krankenhausletalität (bis ca. 10%) etc. waren aufgrund ausreichend großer und sicherer Datenmengen möglich^{12, 13}.

Im Vergleich zu Schenkelhalsfrakturen, oder auch distalen Radiusfrakturen, stellen Diagnose und Dokumentation osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen sowohl für den Kliniker als auch für den Radiologen eine Herausforderung dar. Dies ergibt sich einerseits aus dem unspezifischen klinischen Beschwerdebild wie chronischer

Rückenschmerz und depressive Verstimmung¹⁴, andererseits gibt es aber auch keine einheitliche Definition, welche Kriterien ein deformierter Wirbelkörper im Röntgenbild erfüllen muss, um als frakturiert klassifiziert werden zu können. Hinzu kommt die Tatsache, dass jede Wirbelkörperfraktur wohl zu einer Deformation führt, nicht jeder Wirbelkörperdeformation jedoch eine Fraktur zugrunde liegt und demzufolge eine differentialdiagnostische Abgrenzung erfolgen muss¹⁵. Die qualitative Beurteilung eines Röntgenbildes durch einen erfahrenen Radiologen gilt bei der Beurteilung von Wirbelkörperdeformationen als der Goldstandard¹⁶. Bei der subjektiven Beurteilung kann es jedoch zu einer Überschätzung der Prävalenz insbesondere geringfügiger Wirbelkörperdeformationen kommen¹⁷⁻¹⁹.

Es wurden verschiedene morphometrische Methoden zur objektiven Erfassung und Quantifizierung von Wirbelkörperverformungen, insbesondere zur Verlaufskontrolle im Rahmen klinischer Studien entwickelt. Mit ihrer Hilfe kann nach vorheriger Festlegung eines Grenzwertes das Vorliegen sowie der Grad der Wirbelkörperdeformation bestimmt werden. Die morphometrische Vermessung der einzelnen Wirbelkörper findet dabei auf dem Röntgenbild oder bei digitalen Bildern an einem Monitor statt.

Beurteilungskriterium ist die Veränderung der Wirbelkörperhöhe auf der seitlichen Aufnahme der Brust- und Lendenwirbelsäule. Mittels 6-Punkte-Messung werden die anteriore, mittlere und posteriore Höhe des Wirbelkörpers manuell bestimmt. Um den Einfluss des Vergrößerungsfaktors auf Röntgenaufnahmen auszuschließen, werden für die Beurteilung von Deformationen nicht die absoluten Wirbelkörperhöhen herangezogen, sondern das Verhältnisses der anterioren (a) bzw. mittleren (m) zur posterioren (p) Wirbelkörperhöhe ermittelt. Zusätzlich wird die posteriore Höhe des jeweiligen Wirbelkörpers zur posterioren Höhe eines oder mehrerer benachbarter darüber bzw. darunter liegender Wirbelkörper in Beziehung gesetzt. Um Beziehungsgrößen zu erhalten, erfolgt eine methodenspezifische Berechnung von Referenzwerten oder die Angabe eines Schwellenwertes.

McCloskey/Kanis errechnen neben dem a/p- und m/p-Index zusätzlich aus dem Mittelwert von bis zu vier benachbarten Wirbelkörpern die zu erwartende posteriore Wirbelkörperhöhe (predicted posterior height = pp) jedes einzelnen Wirbelkörpers. Ist der a/p- bzw. m/p-Index vermindert und liegt zusätzlich der a/pp- bzw. m/pp-Index \geq drei Standardabweichungen unterhalb des vorher an einer Population ohne Wirbelkörperdeformation gemessenen Referenzwertes, liegt eine Deformation vor²⁰.

Mittelwert und Standardabweichung werden bei Melton/Eastell ebenfalls aus einer Population ohne Deformationen ermittelt. Um all zu große Abweichungen von einer Normalverteilung zu eliminieren, wird ein statistischer Trimmingalgorithmus angewandt und eine Deformation angenommen, wenn a/p, m/p, p/p_{cran} und p/p_{caud} um mehr als drei Standardabweichungen unterhalb eines Referenzwertes liegen. Die Höhen p_{cran} und p_{caud} bezeichnen dabei die posterioren Höhen der kranial bzw. der kaudal gelegenen Wirbelkörper. Auf diese Weise unterscheiden Melton/Eastell ebenfalls in Keil-, Konkavitäts- und Kompressionsdeformität²¹.

Beim Spine Deformity Index (SDI) von Minne et al. errechnet sich der Referenzwert aus einer Population osteoporotischer Patienten mit Wirbelkörperdeformationen. Ausgehend von der Beobachtung, daß bei nahezu allen Patienten der vierte Brustwirbel nicht von einer Fraktur betroffen war, wurden aus dessen anteriorer, mittlerer und posteriorer Höhe ein Referenzwert ermittelt und als Standardbezugsgröße definiert. Die vermutlich originale Wirbelkörperhöhen der anderen Wirbelkörper wurde darauf basierend errechnet und zur tatsächlich gemessenen ins Verhältnis gesetzt. Mit dieser Methode lässt sich der Grad von Kompressionsfrakturen ermitteln und daraus wiederum der SDI als Summe aller Wirbelkörperfrakturen in einem Individuum²².

Mit einem Verweis auf die uneinheitlich gehandhabten Definition der Referenzpopulation verzichteten Felsenberg/Kalender erstmals in der Europäischen Studie zur Prävalenz der Vertebraalen Osteoporose (EVOS) ganz auf eine Berechnung von Referenzwerten. Ihrer Definition zufolge liegt eine keilförmige Deformation dann vor, wenn die anteriore Wirbelkörperhöhe gegenüber der posterioren (a/p-Index) um 25% gemindert ist. Ist die zentrale Wirbelkörperhöhe zur posterioren (m/p-Index) um 25% verringert, wird eine Konkavitätsdeformation

angenommen. Zur Bestimmung von Kompressions- oder Crushwirbeln wird die posteriore Wirbelkörperhöhe mit den Höhen der Hinterkanten der zwei benachbarten oberen bzw. unteren Wirbelkörper verglichen und die jeweiligen Indices ermittelt (p/p_{1up} , p/p_{2up} , p/p_{1low} , p/p_{2low}). Ist einer dieser Indices um mehr als 25% vermindert liegt eine Kompressionsfraktur vor²³.

Diese vier kurz umrissenen Methoden stellen nur eine Auswahl von vielen Versuchen dar, sich einer einheitlichen Definition von Wirbelkörperdeformationen zu nähern. Mit ihrer Hilfe sind nicht nur Aussagen zu Prävalenz und Inzidenz osteoporotisch bedingter Wirbelkörperdeformationen möglich, sie dienen auch bei Verlaufskontrollen der Einschätzung verschiedener therapeutischer Konzepte und zur Identifizierung prognostisch relevanter Risikofaktoren. Die Europäische Studie zur Prävalenz der Vertebrealen Osteoporose (EVOS) sowie die Nachfolgerin, die Europäische Prospektive Osteoporosestudie (EPOS) veranschaulichen auf eindrucksvolle Weise den Erkenntnisgewinn, zu dem morphometrische Analysen, wie die von Melton/Eastell, McCloskey/Kanis und Felsenberg/Kalender, beitragen²⁴.

Die seit Ende der 80er Jahre zur Knochendichtemessung verwendeten DXA (Dual X-ray Absorptiometry) Geräte sind häufig auch mit der technischen Möglichkeit ausgestattet, die gesamte Wirbelsäule im pa- und im Seitbild darzustellen. Diese als MXA-Modus (Morphometry X-ray Absorptiometry) bezeichnete Variante kann ebenfalls Ausgangsmaterial einer quantitativen Erfassung von Wirbelkörperdeformationen sein und bringt zusätzliche folgende Vorteile mit sich: Zum einen können im Vergleich mit der konventionellen Röntgenuntersuchung Vergrößerungs- und Verzerrungsfaktor durch einen gleichbleibenden Abstand zwischen Wirbelsäule und Strahlenquelle sowie durch Verwendung der Fächerstrahlgeometrie vernachlässigt werden, zum anderen ergibt sich eine deutlich verringerte Strahlenexposition für den Patienten²⁵. Ähnlich der Vermessung von Wirbelkörpern am konventionellen Röntgenbild werden auch hier die vordere, mittlere und hintere Wirbelkörperhöhe mit der 6-Punkte-Meßmethode am Monitor gemessen.

1.1 Zielstellung

Im Rahmen dieser Arbeit soll die MXA im Vergleich mit der konventionellen radiologischen Methode im Hinblick auf die Diagnose und Klassifizierung von Wirbelkörperdeformationen untersucht werden. Diese beiden bildgebenden Verfahren unterscheiden sich angefangen von der Art der Strahlengeometrie über den Untersuchungsgang und die Erfassung der Daten bis zur Darstellung der Wirbelsäule deutlich voneinander. Bei der Analyse der MXA müssen sich Praktikabilität, Strahlenexposition, Artefaktbildung und Bildqualität mit dem etablierten konventionellen radiologischen Verfahren messen. Die Vorteile sowie die Grenzen dieses relativ neuen Röntgenscanners sollen aufgezeigt und die Frage beantwortet werden, inwieweit es sich um ein ergänzendes diagnostisches Hilfsmittel oder gar um eine Alternative zum konventionellen Röntgen bei der Identifizierung und differentialdiagnostischen Betrachtung von Wirbelkörperdeformationen handelt.