



Dualenergie-Röntgen und Laser, DXL-Technologie

Die gegenwärtige DXA-Technologie, aber auch die quantitative Computertomographie (QCT) haben häufig Schwierigkeiten, da die Zusammensetzung von Fettgeweben (Fett und gelbes Knochenmark) sowohl an verschiedenen Körperstellen als auch innerhalb eines Knochens variiert. Die übliche DXA kann zwei verschiedene Gewebekomponenten messen. Sie benutzt Röntgenstrahlen, um das Knochenmineral und fettarmes weiches Gewebe zu messen, unter der Annahme, dass zwischen dem letzteren und dem Fettgewebe eine konstante Beziehung besteht. Dies führt zu Messfehlern, deren Größe von der Menge des Fettgewebes abhängt. •Bei der DXA-Messung am OSH kann dieser Fehler 10-16%, d.h. bis zu 1 SD betragen, bei der DXA-Messung an der LWS•bis zu 10 – 25% Fehler. Die Menge des Fettgewebes nimmt mit dem Alter und dem Auftreten von Osteoporose zu. Um die BMD ohne Einfluss des fettarmen Weichteilgewebes und Fettgewebes zu erfassen, müssen drei verschiedene Quantitäten gemessen werden. Die Dualenergie-Röntgen & Lasertechnologie (DXL) wurde im Hinblick darauf entwickelt. Der Laser ergänzt die Untersuchung durch Messung der Objektdicke. Da die Gesamtdicke des Objekts aus Knochenmineral, fettfreiem Weichteilgewebe und Fettgewebe besteht, müssen die Röntgenmessungen durch einen Laser ergänzt werden, um die BMD mit hoher Genauigkeit feststellen zu können.

Das Prinzip der DXL-Technologie

Durch Verwendung von Dualröntgen & Laser (DXL) - Technologie wird der Messfehler, der bei alleiniger Messung mittels DXA-Technologie durch Knochenmarksfett und durch Dicke des Messortes, in diesem Fall Fersendicke, entsteht reduziert. Die Ferse besteht im wesentlichen aus Knochenmineral, fettfreiem Weichteilgewebe und Fettgewebe (Fett und gelbes Knochenmark).

Fettgewebe hat einen Massendämpfungs-koeffizienten von $0,197 \text{ g/cm}^2$, während fettfreies Weichteilgewebe (Haut, Blut, Wasser und Skelettmuskeln) einen Koeffizienten von $0,203 - 0,205 \text{ g/cm}^2$ aufweist, alle bei 60 keV . Bei Verwendung eines DXA-Systems geht man davon aus, dass zwischen dem fettfreiem Weichteilgewebe und dem Fettgewebe ein konstantes Mengenverhältnis besteht. Dies ist eine Vereinfachung, die zu Messfehlern führt und sowohl die Genauigkeit als auch die Präzision beeinträchtigt. Außerdem geht man fehl in der Annahme, dass alle Fersen die gleiche Dicke oder den gleichen Fettgehalt aufweisen. Beim DXL-Verfahren wird die Ferse mit 35 keV und 68 keV geröntgt. Gleichzeitig wird die exakte Fersendicke mit einem Laser gemessen. Die korrekte Knochendichte an jedem Messpunkt errechnet sich an Hand der Gleichungen in Abb:4. Die Dichte des Weichteilgewebes und des Fettgewebes sind bekannt, ebenfalls bekannt sind die Röntgendämpfungs-koeffizienten dieser Gewebe. Der einzige unbekannte Parameter um die Gleichung mit drei Unbekannten lösen zu können, ist die Fersendicke T .

DXL-Technologie am Calcaneus

DXL Calscan liefert einen BMD-Status mit einer Präzision besser als $1,2\%$ in vivo und $0,5\%$ in vitro. Außerdem ist die Genauigkeit von DXL Calscan besser als 98% in vivo ($SEE < 2\%$). In Folge dessen erreichen BMD-Scannings des Fersenbeins mehr als 95% Übereinstimmung mit axialen Densitometer-Messungen an Hüfte, Wirbelsäule oder Ganzkörper. Weitere Vorteile der Calscan – Messung sind:

- Genauigkeit $> 98 \%$, in vitro
- Präzision 1.2% (CV), in vivo
- Messzeit – weniger als 1 Minute
- Benutzer unabhängig (AutoROI)
- Mobil [25 kg]
- Einfach zu bedienen
- Benutzer unabhängige interne Kalibrierung

$$N_1 = N_{01} * e(-v_{b1} * t_b * \sigma_b - v_{s1} * t_s * \sigma_s - v_{f1} * t_f * \sigma_f)$$

$$N_2 = N_{02} * e(-v_{b2} * t_b * \sigma_b - v_{s2} * t_s * \sigma_s - v_{f2} * t_f * \sigma_f)$$

$$T = t_b + t_s + t_f$$

Abb. 4: Formeln zur Berechnung der BMD bei Messung mittels DXL – Technologie. N_1 und N_2 sind die Menge an gemessener Röntgenstrahlung nachdem Durchtritt durch das Messobjekt. N_{01} und N_{02} sind die Menge an gemessener Röntgenstrahlung ohne das Messobjekt. T ist die Fersendicke gemessen mittels Laser. t_b , t_s und t_f sind die Dicke von Knochen (b), fettarmen weichen Geweben (s) und Fettgewebe (f). v_{b1} , v_{s1} and v_{f1} sind die Röntgendämpfungskoeffizienten jeder Komponente bei 35 keV . v_{b2} , v_{s2} and v_{f2} sind die Röntgendämpfungskoeffizienten jeder Komponente bei 68 keV . σ_b , σ_s und σ_f sind die Dichte von Knochen- bzw. fettarmen Weichteil-Geweben und Fettgewebe. $t_b * \sigma_b$ ist die unbekannte, zu berechnende Dichte, das heißt die Knochenmasse je Flächeneinheit (g/cm^2).

Das Fersenbein als Messbereich

Eine Reihe von Studien haben gezeigt, dass der *Calcaneus* ein idealer Bereich für äußerst zuverlässige Messungen der Knochenmineraldichte (BMD) darstellt, um Osteoporose sicher diagnostizieren und verfolgen zu können (Abb. 2). Außerdem erlaubt es schon frühzeitig verlässliche Vorhersagen des Frakturrisikos. Die Genauigkeit und Präzision der neuen DXL-Technologie machen das Fersenbeins als BMD-Messbereich noch geeigneter.

Das Fersenbein – ein geeigneter und patientenfreundlicher Messbereich

Das Fersenbein ist der am besten geeignete periphere Messbereich, um Prognosen zu Wirbelkörper-Frakturen zu stellen (Abb. 2). Das Fersenbein ist gleich gut geeignet wie andere Messbereiche, um Prognosen zu Radiusfrakturen zu stellen. Der Calcaneus ist voll vergleichbar mit dem Schenkelhalsbereich, um Prognosen zu Schenkelhalsfrakturen zu stellen. Das Fersenbein besteht zu 95% aus trabekulärer Knochenmasse. Diese ist dank ihrer erhöhten Knochenumbaurate ideal geeignet, um die Wirkung medikamentöser Behandlungen zu verfolgen. BMD-Messungen am Fersenbein sind ebenso aussagekräftig wie Messungen am Unterarm und an der Wirbelsäule, um das Frakturrisiko in den beiden letzteren Bereichen abzuschätzen. Die besten Prognosen zu Schenkelhalsfrakturen liefern BMD-Messungen am Schenkelhals, doch erwiesen sich Messungen am Fersenbein als zweitbeste Alternative, während BMD-Messungen an Unterarm und Wirbelsäule am wenigsten über die Gefahr von Hüftbrüchen aussagten. Für Frauen mit lumbaler Osteoarthritis, die den BMD-Wert der Wirbelsäule bei DXA fälschlich erhöht, ist das Fersenbein ein relevanterer Bereich als die Lendenwirbelsäule, um den Zustand des Skeletts zu beurteilen. BMD-Messungen am Fersenbein sind zur Vorhersage aller Arten von Frakturen bei Frauen und Männern im Alter von 75 bis 80 Jahren geeignet. BMD-Messungen am Fersenbein können daher zur Einschätzung des Frakturrisikos herangezogen werden. Ihre Aussagekraft ist ähnlich der von Messungen an der Hüfte oder der Wirbelsäule.

