

## 4. DISKUSSION

### 4.1 Durchgeführte Untersuchungen

In dieser Studie wendeten wir die Magnetresonanztomographie an, um den Querschnitt bzw. das Volumen von Muskulatur sowie den Querschnitt von Knochen zu bestimmen. Das verwendete Verfahren war die T<sub>1</sub>-Gewichtung.

### 4.2 Probanden

Wir untersuchten ein Probandenkollektiv bestehend aus 40 Menschen, davon waren 21 Frauen und 19 Männer. Der Altersdurchschnitt bei den Frauen lag bei 34 Jahren, und damit prämenopausal, bei den Männern bei 38 Jahren. Die von uns gefundenen Ergebnisse müßten, um weitergehende Aussagen erlauben zu können, in weiteren Studien bei anderen Alterskollektiven sowie einer größeren Gesamtzahl überprüft werden.

Dabei wäre insbesondere von großem Interesse, ob sich die von uns gefundenen Korrelationen auch auf ein Kollektiv von Kindern oder postmenopausalen Frauen übertragen läßt.

### 4.3 Kritik der Untersuchungsmethode

In dieser Studie wurden die Untersuchungen mittels MRT durchgeführt, da diese Technik nicht-invasiv ist und durch gute Kontrastgebung besonders des Weichteilgewebes eine hervorragende Darstellung der Muskulatur erlaubt. Engstrom et al. fanden 1991 eine enge Korrelation zwischen den anatomischen Muskelquerschnitten und den entsprechenden MR-Messungen des gleichen Areal.

Allerdings ist keine Technik frei von Artefakten. Beim MRT können Magnetfeldinhomogenitäten, magnetische Eigenschaften des untersuchten Objekts, uneinheitliche Anregungen oder Signalempfänge Ursachen für geometrische Verzerrungen sein (Köchli et al. 1994).

Gegenüber Untersuchungen mit der Computertomographie sind einige im folgenden diskutierte Aspekte bedenkenswert. Lönn et al. konnten 1999 bei vergleichenden

Untersuchungen von CT- und MR- Messungen an Unterschenkelquerschnitten zeigen, daß die MR-Messungen die Areale für Fett, Muskel und Haut im Vergleich zu den CT-Messungen überschätzt und die Knochenareale unterschätzt. Dies könnte durch den Partialvolumeneffekt erklärt werden. Er begründet sich darin, daß auch Voxel, die nicht vollständig ausgefüllt sind, wie z. B. am Rand von Strukturen, vom Computer als komplett gefülltes Voxel gezählt werden. Eine zusätzliche Fehlerquelle ergibt sich daraus, daß ein Voxel oft mehr als eine Gewebeart beinhaltet, so daß der erhaltene Pixelwert einen Kompromiß darstellt. Beinhaltet ein CT-Voxel z.B. vor allem Knochengewebe, dann wird es durch den Knochenkoeffizienten dominiert. Beim MRT ist es genau andersherum, denn dort gibt der Knochen wenig Signal ab, weil Knochen keine Protonen enthält. Deshalb dominiert dort das Weichteilgewebe über den Knochen. Aus diesem Grund wird vom MRT der Knochen unterbewertet und vom CT überbewertet, was sich bei dem Weichteilgewebe genau umgekehrt verhält. Elliot et al. empfahlen deshalb 1997, den Schwellenwert für die Segmentation der einzelnen Gewebe so klein wie möglich zu wählen, ohne dabei jedoch 'Kontaminationen' oder z.B. Nicht-Muskelgewebe mit einzuschließen.

Die Computertomographie hat gegenüber der MRT den Vorteil, daß sie bessere Aussagen über die Knochengeometrie ermöglicht. In sofern würde sich eine Wiederholung der Untersuchungen mittels der CT anbieten.

#### 4.4 Einzelergebnisse

Die Hintergrundidee der Untersuchung zwischen Muskelgeometrie und Knochengeometrie und deren Korrelationen war, daß die Muskelkraft einen Effekt auf den Knochenquerschnitt hat (Frontera et al. 1991, Nordström et al. 1998, Wu et al. 1998). Wir sind davon ausgegangen, daß das Muskelvolumen diese Muskelkraft repräsentiert. Größeres Muskelvolumen hieße deshalb auch größere Kraft.

Es stellt sich deshalb die Frage, ob man von einem bestimmten Muskelvolumen Aussagen über den Knochenquerschnitt machen kann.

Als weitere Fragestellung ergab sich, ob man von einem bestimmten Muskelquerschnitt auf das Muskelvolumen rückschließen kann.

Und in Anbetracht der Ergebnisse von Ferretti et al. 1998 und Schiessl et al. 1998 stellte sich die Frage, ob wir geschlechtsspezifische Unterschiede aufzeigen können.

Wir fanden die höchste signifikante Korrelation zwischen Muskelquerschnitt und Muskelvolumen bei  $U_{max}$  ( $r=0,95$ ), so daß man davon ausgehen kann, daß der Muskelquerschnitt beim größten Unterschenkelumfang, der bei fast allen untersuchten Personen auch dem größten Muskelquerschnitt entsprach, Aussagen über das Muskelvolumen zuläßt. Fukunaga et al. warnen jedoch davor, daß man allein vom anatomischen Muskelquerschnitt aus keine Aussagen über die funktionellen Fähigkeiten des Muskels (Kraft usw.) machen sollte, sondern besser vom physiologischen Querschnitt, der sich aus Muskelvolumen, Faserlänge und Ansatzwinkel berechnet, ausgehen sollte. (Fukunaga et al., 1992)

Den größten Muskel- und Tibiaquerschnitt, sowie den größten gesamt kortikalen Querschnitt fanden wir bei fast allen Probanden beim  $U_{max}$ - Meßort, also beim Ort des größten Unterschenkelumfangs. Allein dies und die gefundenen Korrelationen bestätigen die Existenz einer Beziehung zwischen Muskel und Knochen. Größere Korrelationskoeffizienten für Muskel- Knochen-Verhältnisse konnten in einer anderen Studie bei Kindern unterschiedlichen Alters gefunden werden (Schonau, 1998). Man könnte dies folgenden zwei Umständen zuschreiben: 1. Untersuchungen bei Kindern ergeben eine breitere Abweichung bei den einzelnen Parametern (z.B. Muskelvolumen oder -querschnitt sind weiter gestreut) und 2. wächst die Muskulatur von Kindern noch, was bedeutet daß der Knochen sich normalerweise eher noch bei dem Modeling- als beim Remodeling- Prozeß befindet.

Wenn also ein gewisses Muskelvolumen eine gewisse Muskelkraft repräsentiert und diese die Knochengometrie beeinflusst, dann müßte man an der Stelle, wo der Muskel den größten Querschnitt hat ( $=U_{max}$ ) die engste Korrelation zwischen Muskelvolumen und dem größten Tibiaquerschnitt finden. Wir fanden zwar, daß die Korrelation zwischen Tibiaquerschnitt und Muskelvolumen bei  $U_{max}$  und dem 33%-Meßort gleich groß war

( $r=0,77$ ), wenn wir aber den Korrelationskoeffizienten zwischen dem gesamt kortikalen Querschnitt und dem Muskelvolumen betrachten, erhalten wir die größte Korrelation bei 33% ( $r=0,76$ ) und bei  $U_{max}$  nur  $r=0,69$ .

Eine Erklärung dafür könnte sein, daß man, wie andere Studien (Vandervoort & McComas, 1986; Bruce 1989, Fukunaga et al. 1992) gezeigt haben, nicht allein von der Muskelgeometrie Rückschlüsse auf die Muskelkraft ziehen kann. Die Zahl der Muskelfasern sagt nichts über die Leistungsfähigkeit des Muskels aus. Die Muskelmasse ist zwar der wichtigste Determinant der alters- und geschlechtsbedingten Muskelkraftunterschiede (Frontera et al., 1991). Jedoch ist die Muskelatrophie und damit die Abnahme des Muskelvolumens nicht die einzige Ursache der Kraftabnahme im Alter (Bruce et al., 1989), denn die Abnahme der Muskelkraft im Alter ist höher als die Abnahme des Muskelquerschnitts (Vandervoort und McComas, 1986). Es sollten sich deshalb bei weiteren Studien noch Muskelleistungsmessungen oder EMG-Untersuchungen anschließen, um bessere Aussagen über die Muskelkraft zu bekommen.

Der Knocheneigenschaften werden nur wenig durch Alter, Geschlecht und Spezies beeinflusst (Biewener 1982), die mechanische Struktur hängt jedoch deutlich von der Knochendichte ab. Nordström et al. weisen darauf hin, daß die Muskelkraft nicht so sehr den Knochenquerschnitt beeinflusst, sondern größere Wirkung auf die Knochendichte hat. Auch Calmels et al. fanden eine enge Korrelation zwischen Muskelkraft und Knochendichte. Wir konnten auch einen Effekt des Muskelvolumens auf den Knochenquerschnitt nachweisen, können jedoch mit dem MRT nur quantitative Aussagen machen und erhalten keine Informationen über die Qualität des Knochens. Vorhersagen über die Knochenfestigkeit und die Knochendichte sind mit der Computer Tomographie möglich (Ebbesen et al. 1997). Somit sollten sich vergleichbare Untersuchungen mit dem CT anschließen, um auch den Einfluß der Muskelkraft auf die Knochendichte beurteilen zu können.

Zusätzlich wird der Knochen physiologischerweise nicht nur durch Druck sondern auch durch Zug belastet (Burr et al. 1996). Deshalb sollten für beide Arten der Verformung separate Muskel- Knochen-Indices entwickelt werden.

Bei allen unseren untersuchten Korrelationen wurden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede gefunden. Dies gilt für die Epiphyse, Metaphyse und Diaphyse. Alle Probanden waren in gutem Gesundheitszustand. Die Reproduzierbarkeit für das Muskelvolumen ergab einen Variationskoeffizienten von 0,87%, für den Tibiaquerschnitt beim 33%-Meßort von 2,19% und beim  $U_{max}$ - Meßort von 1,41%. Dies ergibt auch für die Korrelationen einen Variationskoeffizienten  $<1\%$ . Dies steht in Gegensatz zu den Ergebnissen von Ferretti et al., die bei DXA-Ganzkörperuntersuchungen gefunden haben, daß postpubertäre, prämenopausale Frauen etwa 17% bis 29% mehr Knochenmasse pro Muskelmasse speichern als präpubertäre Kinder, postpubertäre Männer und postmenopausale Frauen. Wir folgern daraus, daß die Frauen diesen Überschuß an Knochenmasse nicht in den unteren Extremitäten sondern an anderer Stelle im Körper speichern, z. B. im axialen Skelett oder im distalen Arm.

