

## Zusammenfassung für die Forschungsdatenbank ARAMIS

Im Spitzen- oder Gesundheitssport wie auch in der Prävention/Rehabilitation ist es wichtig zu wissen, welche muskuloskelettalen Faktoren leistungsdeterminierend sind und ob resp. wie diese in Abhängigkeit des Lebensalters und der Beanspruchungsform trainiert werden können. Der Muskel ist in diesem Zusammenhang meist der primäre Forschungsgegenstand. Diese isolierte Betrachtungsweise ist jedoch zu einfach, denn der Muskel und seine Funktion sind in ein System eingebunden, welches den Knochen und andere Strukturen beinhaltet. Beim mehrfachen Ein-Bein-Sprung auf dem Vorfuss (mit gestrecktem Knie) wirkt beispielsweise eine maximale Kraft von ca. dem 14-fachen der Gewichtskraft auf den Unterschenkelknochen (ca. 11000 N für eine 80 kg schwere Person). Dies entspricht in etwa der Gewichtskraft eines Kleinwagens.

Der Knochen muss dieser Gesamtbelastung gewachsen sein, um keinen Schaden zu erleiden und/oder muskelkraftkontrollierende Mechanismen einsetzen, um die maximal wirkende Kraft zu limitieren. In der Tat ist die biologische und damit auch mechanische Funktion des Knochens, ein Leben lang ohne Materialversagen und Fraktur die eingeleiteten Kräfte aufzunehmen. Zu diesem Zweck stellt der Knochen seine Festigkeit so ein, dass die durch mechanische Kräfte erzeugte Knochenverformung immer im Bereich von ca. 0.2% (SOLL-Wert) der Ursprungslänge liegt (Mechanostat-Theorie). Auf SOLL-Wert-Abweichungen reagiert der Knochen mit Anpassung: Ist die Deformation zu tief, wird die Knochenfestigkeit reduziert; ist die Deformation zu gross, wird die Knochenfestigkeit erhöht.

Aufgrund der anatomischen Hebelverhältnisse geht man davon aus, dass die grössten, wiederholt einwirkenden Kräfte unter physiologischen Verhältnissen nicht von der Gravitation, sondern den Muskeln generiert werden (Muskel-Knochen-Hypothese). Basierend auf dem Ansatz der Mechanostat-Theorie und der Muskel-Knochen-Hypothese, welche Muskel und Knochen als kybernetisches System verstehen, haben wir ein Projekt initiiert, welches die Veränderbarkeit der Muskel-Knochen-Einheit in Abhängigkeit von Alter (Jugend vs. Erwachsenenalter) und Training untersucht. In einer ersten, bereits publizierten Studie (Med Sci Sports Exerc) haben wir erstmals den Zusammenhang zwischen der volumetrischen Knochenmasse (*vBMC*) als Surrogat für die Knochenfestigkeit an verschiedenen Stellen am Unterschenkel und der maximalen, willkürlichen Bodenreaktionskraft ( $F_{m1LH}$ ) beim mehrfachen Ein-Bein-Sprung bei 323 gesunden weiblichen und männlichen Probanden unterschiedlichen Alters und Trainingszustands analysiert.

Unsere Studie zeigte, dass  $F_{m1LH}$  84% der Variabilität von *vBMC* erklärt. Zudem korrelierte  $F_{m1LH}$  besser mit *vBMC* als dies die Muskelquerschnittsfläche tat. Eine Schlussfolgerung der Studie war, dass zur Beurteilung der Gesundheit des Muskel-Knochen-Systems sowohl die volumetrisch bestimmte Knochenfestigkeit wie auch die maximale willkürliche Bodenreaktionskraft gehören und dass diese beiden Grössen zueinander in Relation gesetzt werden müssen. Einerseits eignet sich unsere neue, funktionelle Methode, um Zustände der primären und sekundären Osteoporose operationell zu diagnostizieren. Andererseits ist unsere innovative Methode ein Mittel, um die Effekte (z.B. im Kindesalter) oder die relative Effektivität (im Erwachsenenalter) von Training auf die Muskel-Knochen-Einheit zu untersuchen. Die Erkenntnisse aus unserem Forschungsprojekt sind für (Nachwuchs-)Spitzensportler, für die Prävention von Knochenfrakturen und für die Rehabilitation von grosser praktischer Relevanz.