

Biomed. Technik
38 (1993), 81-86

K. Siebertz
E. Hemeke
W. Baumann
D. Grönemeyer
K. Wentz

Kernspinresonanztomographie zur Datenerfassung in der Biomechanik

Data Acquisition in Biomechanics Using Magnetic Resonance Imaging

Schlüsselwörter: Kernspinresonanztomographie, innere Belastungen, anatomische Daten, Bewegungsapparat

Innere Belastungen sind entweder nicht oder nur unter extrem hohem Aufwand invasiv meßbar. Als nichtinvasive Methode für den klinischen Einsatz bietet sich die computergestützte Simulation eines mechanischen Ersatzmodells an. Die hierzu benötigten geometrischen Eingangsdaten können mit Hilfe der Kernspinresonanztomographie in bisher nicht erreichbarer Genauigkeit erfaßt werden.

Key words: Magnetic resonance imaging – internal loading – anatomical data – locomotory system

Invasive measurement of internal loads is either not possible at all, or is extremely difficult. A non-invasive method for use in the clinical setting might be the computer-aided simulation of a mechanical model. All the geometrical data required can be obtained, at a level of accuracy not previously attainable, with the aid of magnetic resonance imaging.

1 Einleitung

Im Bereich der Prävention und Rehabilitation ist die detaillierte Kenntnis der inneren Belastungen, wie der Gelenkkräfte oder der Muskelkräfte, wünschenswert. In vielen Fällen ist sie sogar notwendige Voraussetzung für methodische Verbesserungen. Äußere Lasten lassen sich problemarm messen, innere Belastungen verlangen nach aufwendigen, invasiven Meßverfahren.

Die Biomechanik bietet alternativ dazu die computergestützte Berechnung innerer Belastungen an. Hierbei wird die biologische Struktur auf ein mechanisches Ersatzmodell abgebildet, welches schnell und reproduzierbar die gewünschten Größen liefert. Unter einem mechanischen Ersatzmodell ist hier ein mathematisches Konstrukt in Form von Gleichungssystemen zu verstehen. Während Friedrich Pauwels [11] seine mechanischen Ersatzmodelle der unteren Extremität auf zwei Dimensionen und wenige Muskeln begrenzen mußte, weil ihm nur graphische Lösungsverfahren zur Verfügung standen, können wir heute mit Hilfe von Hochleistungsrechnern den Rahmen weiter spannen und dreidimensionale Modelle mit über 40 Muskeln in Angriff nehmen.

Die Genauigkeit der Berechnungen steigt mit der Detailtreue der Eingangsdaten. Die Erstellung eines exakten Bauplans gehört also zu den unverzichtbaren Voraussetzungen. Hierbei bietet die Kernspinresonanztomographie (MRT) erstmals die Möglichkeit, alle

benötigten geometrischen Daten nichtinvasiv und ohne bekanntes Gesundheitsrisiko direkt an der Versuchsperson zu messen.

Zur Ermittlung der Muskelansätze und der Knochengeometrie war man bislang auf die Sezierung von anatomischen Präparaten angewiesen. Alexander und Vernon [1] suchten sich eine Person aus, die für sie als *durchschnittlicher Mann im mittleren Alter* angesehen wurde. Die bestimmten anatomischen Positionsdaten wurden dann als Berechnungsgrundlage anderer Individuen benutzt. Erst Brand et al. [4, 5] entwickelten ein mathematisches Verfahren, ebenfalls basierend auf Präparatuntersuchungen, das die anatomischen Daten einer beliebigen Person über Skalierungsfaktoren berechnet. Diese Daten entsprachen somit zumindest z. T. den individuellen anatomischen Gegebenheiten verschiedener Probanden. Dabei dienten Röntgenbilder als Hilfsmittel für die spätere Koordinatenzuordnung. Die Muskeln wurden entfernt und ihre Ansätze und Ursprünge durch Marker ersetzt, denen schließlich auf den Röntgenbildern Koordinaten zugeordnet werden konnten. Die Datenermittlungen von White et al. [15, 16], Seireg und Arvikar [13], Wickiewicz et al [17] und Dostal und Andrews [6] unterschieden sich lediglich in der Anzahl der zu bestimmenden Parameter, im Geschlecht und in der Anzahl der sezierenen Personen oder aber in der Festlegung des Koordinatensystems, auf das sich die Ergebnisse beziehen. Spoor und van Leeuwen [14] verwendeten MRT-Auf-