

Institut für Medizinische Physik

Lehrstuhl für Medizinische Physik

Adresse

Henkestraße 91
91052 Erlangen
Tel.: +49 9131 8522310
Fax: +49 9131 8522824
www.imp.uni-erlangen.de

Direktor

Prof. Dr. rer. nat. Armin Nagel (kommissarisch)

Ansprechpartner

Prof. Dr. rer. nat. Armin Nagel (kommissarisch)
Tel.: +49 9131 8522310
Fax: +49 9131 8522824
armin.nagel@uk-erlangen.de

Forschungsschwerpunkte

- Einfluss von Ganzkörper-Elektromyostimulation (WB-EMS) auf chronische, diffuse Rückenschmerzen bei Menschen mit chronisch unspezifischen Rückenbeschwerden – eine randomisierte, kontrollierte Studie
- 3D-Bildgebung und -Bildverarbeitung für muskuloskeletale Erkrankungen
- hochauflösende Brust-Computertomographie
- funktionelle und metabolische Magnetresonanztomographie

Struktur des Instituts

- Professuren: 2
Beschäftigte: 25
- Wissenschaftler: 12
(davon drittmittelfinanziert: 9)
 - Promovierende: 6

Forschung

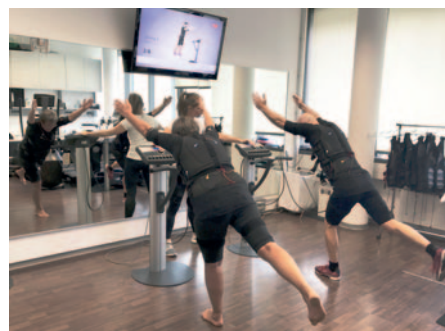
Im Mittelpunkt der am Institut für Medizinische Physik (IMP) durchgeführten Forschungsvorhaben und Kooperationen stehen die Weiterentwicklung und der Einsatz bildgebender Verfahren in der medizinischen Diagnostik und der bildgestützten Therapie. Auf dem Gebiet der Computertomographie (CT), auf dem das IMP eine internationale Spitzenstellung erreicht hat, steht aktuell die Entwicklung eines CT-Scanners zum Einsatz in der Brustkrebsfrüherkennung im Zentrum der Forschung. Auf dem Gebiet der Magnetresonanztomographie (MRT) werden neue funktionelle und metabolische Bildgebungsverfahren in enger Zusammenarbeit mit dem Radiologischen Institut entwickelt. So lassen sich mit neuen Messverfahren und der Ultrahochfeld-MRT (7 Tesla) nun erstmalig die Konzentrationen der beiden häufigsten Ionen (Natrium und Kalium) im Gewebe bestimmen. Im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung werden pri-

mär muskuloskeletale Fragestellungen auf den Gebieten der Osteoporose, der entzündlichen Krankheiten, der Osteoarthritis und der Sarkopenie untersucht. Im dem IMP angeschlossenen Osteoporose-Forschungszentrum war und ist die Prävention und Therapie von Osteoporose in Form nicht-pharmakologischer Intervention das primäre Ziel der zahlreichen durchgeführten klinischen Studien.

Einfluss von Ganzkörper-Elektromyostimulation (WB-EMS) auf chronische, diffuse Rückenschmerzen bei Menschen mit chronisch unspezifischen Rückenbeschwerden – eine randomisierte, kontrollierte Studie

PI: Prof. Dr. W. Kemmler

Im Rahmen einer klinischen Untersuchung im Parallelgruppendesign wurden insgesamt 155 Männer und Frauen mit chronisch unspezifischen Rückenschmerzen im Alter von 40-70 Jahre per computergenerierter Blockrandomisierung (1-1-1) den drei Gruppen (a) WB-EMS (WB-EMS), (b) Ganzkörpervibration (WBV) und (c) konventionelles Rückenkräftigungsprogramm zugeordnet. Die WB-EMS Applikation wurde einmal wöchentlich 20 Minuten durchgeführt (85 Hz, 350 μ s, intermittierend 4s-4s), das WBV fand zweimal wöchentlich 15 Minuten (seitenalternierend, 5-10 Hz, 5 mm Amplitude) und das Krafttraining einmal wöchentlich 45 Minuten statt. Nach 12-wöchiger Studiendauer zeigten alle Studiengruppen eine vergleichbar hohe, signifikante Verbesserung der mittleren Schmerzintensität (vierwöchiges Protokoll), Rückenkraft und ATLS (Aktivitäten des täglichen Lebens). Die in Kooperation mit der Firma miha-bodytec (Gersthofen) und der Deutschen Sporthochschule Köln durchgeführte Studie zeigt, dass alle drei Trainingsoptionen signifikant und klinisch hochrelevant auf chronisch unspezifische Rückenschmerzen einwirken, sodass Patienten gemäß ihrer Präferenz (Zeiteffektivität, hoher Betreuungsgrad etc.) eine Therapie ihrer Wahl belegen können.



Ganzkörper-Elektromyostimulation (WB-EMS)



Ganzkörpervibration (WBV)

3D-Bildgebung und -Bildverarbeitung für muskuloskeletale Erkrankungen

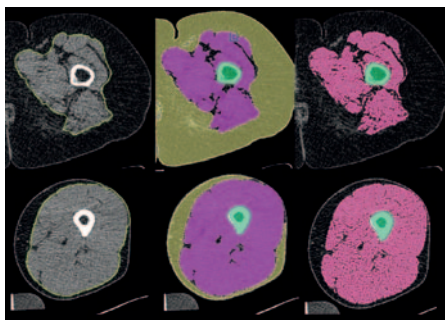
PI: Prof. Dr. K. Engelke

Schwerpunkte sind die Entwicklung innovativer 3D-Bildgebungs- und Analyseverfahren zur Verbesserung der Diagnose und Verlaufskontrolle von Osteoporose, Osteoarthritis, rheumatoider Arthritis und Sarkopenie. Die Verbindung von Knochen- und Muskelbildung hat interessanterweise gezeigt, dass die Fettverteilung des Oberschenkels neben der Knochendichte ein wichtiger Risikofaktor für Hüftfrakturen ist. Diese Forschungen wurden inzwischen auf die Wirbelsäule ausgedehnt.

Am IMP stehen inzwischen validierte MRI als auch CT basierte Auswertungsmethoden zur Bestimmung der Muskelfettverteilung für das Femur, die paraspinale Muskulatur und die Hand zur Verfügung und werden teilweise bereits in den Exercise-Studien des OFZ (Osteoporose Forschungszentrum) eingesetzt.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Bildgebung des subchondralen Knochens zur Diagnose und Progression der Osteoarthritis des Knies im Rahmen des europäischen Verbundprojektes Approach (Applied Public-Private Research enabling Osteoarthritis Clinical Headway) und in enger Kollaboration mit der Radiologie Ostéo-Articulaire, Paris. Grundlage ist eine multimodale Bildverarbeitung sowohl von hochauflösenden CT- und MRT-Scans von Patienten als auch von Mikro-CT Aufnahmen einzelner Knochen. Die orts aufgelöste Analyse der subchondralen Knochendichte *in vivo* hat den protektiven Charakter des Meniskus gezeigt. Weitere Ergebnisse zeigen, dass die subchondrale Knochenstruktur durch eine Texturanalyse charakterisiert werden kann. Dem kommt eine hohe Relevanz zu, da *in vivo* die einzelnen Trabekel auf Grund der limitierten räumlichen Auflösung nicht exakt segmentiert werden können. Die am IMP entwickelte modulare Analysesoftware MIAF (Medical Image Analysis Framework) wurde um ein entsprechendes Analy-

semomodul erweitert und wird jetzt erstmals zur Auswertung einer internationalen multizentrischen klinischen Studie, in der die subchondrale Knochenstruktur und -dichte des Tibiaplateaus und der Femurkondylen von Patienten mit Osteoarthritis bestimmt werden soll, eingesetzt.



Computertomogramm des Oberschenkels
 obere Reihe: älterer Patient, 62-jährig; untere Reihe: zum Vergleich jüngere, gesunde Frau, 44-jährig
 links: segmentierte Fascia (gelber Umriss); Mitte: subkutanes Fettgewebe (gelb), Muskel (violett), Oberschenkelknochen (grün), perimuskuläres Fettgewebe (ungefärbt); rechts: Muskelgewebe

Hochauflösende Brust-Computertomographie

PI: Prof. W.A. Kalender, PhD

Seit 2008 wird am Einsatz der CT zur Brustkrebsfrüherkennung durch radiologische Bildgebung gearbeitet. In einigen Teilbereichen wurden bereits sehr gute Ergebnisse erzielt. Insbesondere konnten die Machbarkeit des vorgeschlagenen Gesamtkonzeptes und die angestrebten Leistungsparameter „hohe 3D Ortsauflösung“ und „niedrige Patientendosis“ belegt werden. Im Herbst 2018 erhielt der Scanner das CE-Label und wird aktuell am Universitätsspital Zürich (USZ) klinisch erprobt.

Förderung: EU, BMBF, DFG

Funktionelle und metabolische Magnetresonanztomographie

PI: Prof. Dr. A.M. Nagel

Es werden neue Bildgebungs- und Bildverarbeitungsverfahren für die MRT entwickelt. Schwerpunkt ist die Ultrahochfeld (UHF)-MRT (7 Tesla) und insbesondere die X-Kern MRT. „X“ steht dabei für einen beliebigen Atomkern mit Kernspin, außer ¹H. In diesem Bereich konnten erstmalig bei Patienten die Verteilung der Natrium- und Kalium-Konzentration im Gewebe bestimmt werden. Die X-Kern MRT profitiert sehr stark von der UHF-MRT. Das UK Erlangen ist einer der wenigen Standorte, an denen ein klinisch zugelassenes UHF 7 Tesla MRT System installiert ist. Die im Vergleich zu herkömmlichen Systemen erhöhte Magnetfeldstärke ermöglicht

ein deutlich verbessertes Signal-zu-Rausch Verhältnis (SNR), sodass Bildauflösungen von wenigen 100 Mikrometern erreicht werden können. In enger Kooperation mit der Firma Siemens Healthineers wurde eine Time-of-Flight Angiographie Sequenz entwickelt, die hochauflösende (0,3 mm isotrop) Darstellungen der Blutgefäße in klinisch akzeptablen Messzeiten (ca. 5 Minuten) ohne die Kontrastmittelgabe ermöglicht. Ebenso profitieren neue funktionelle Techniken, wie die Chemical Exchange Saturation Transfer (CEST) MRT, sehr stark von dem höheren SNR und der höheren spektralen Auflösung. Andererseits gibt es auch einige Herausforderungen bei der UHF-MRT, die die Entwicklung von neuen Anregungstechniken erforderlich machen. So konnte für die CEST-MRT eine parallele Sendetechnik entwickelt werden, die eine deutliche Verbesserung quantitativer CEST-MRT Messungen ermöglicht. Mit der CEST-MRT lassen sich Rückschlüsse auf Metabolit-Konzentrationen und pH-Werte ziehen.

Lehre

Neben den Lehrangeboten werden Bachelor- und Masterarbeiten sowie Promotionen zum Dr. rer. biol. hum. betreut.

Ausgewählte Publikationen

Engelke K. Quantitative Computed Tomography-Current Status and New Developments. J Clin Densitom. 2017 Jul – Sep;20(3):309-321

Kalender WA, Kolditz D, Steiding C, Ruth V, Luck F, Rossler AC, Wenkel E. Technical feasibility proof for high-resolution low-dose photon-counting CT of the breast. Eur Radiol 2017; 27(3): 1081-1086

Kemmler W, von Stengel S. Bone: High-intensity exercise to prevent fractures - risk or gain? Nat Rev Endocrinol 2018, 14:6-8

Kemmler W, Weissenfels A, Willert S, Shojaa M, von Stengel S, Filipovic A, Kleinöder H, Berger J, Fröhlich M. Efficacy and safety of low frequency Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) to improve health-related outcomes in non-athletic adults. A systematic review. Frontiers of Physiology. 2018, May 23;9:573

Engelke K, Museyko O, Wang L, Laredo JD. Quantitative analysis of skeletal muscle by computed tomography imaging-State of the art. J Orthop Translat. 2018 Oct 28;15:91-103

Gast LV, Gerhalter T, Hensel B, Uder M, Nagel AM. Double quantum filtered ²³Na MRI with magic angle excitation of human skeletal muscle in the presence of B0 and B1 inhomogeneities. NMR Biomed 2018; 31(12): e4010

Internationale Zusammenarbeit

Prof. V. Bousson, Radiology Ostéo-Articulaire, Université Paris VII Denis Diderot, Paris: Frankreich

Prof. P. Zysset, Institute for Surgical Technology and Biomechanics, University of Bern, Bern: Schweiz

Prof. X. Cheng, Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Peking: China

Dr. A. Ghasem Zadeh, Department of Medicine, University of Melbourne, Melbourne: Australien

Prof. Dr. L. Bragazoni, Department for Life Quality Studies, University of Bologna, Bologna: Italien

Prof. J. Mayhew, Truman State University Kirksville Missouri, Kirksville: USA