



Prof. Dr. Günter Ruyters

Osteoporose und Weltraumforschung
Medizinische Erkenntnisse aus dem Weltraum für die Erde
Prof. Dr. Günter Ruyters, DLR Raumfahrtmanagement, Bonn

Einleitung:

Fast sechs Millionen Menschen in Deutschland leiden an Osteoporose. Gefährdet sind vor allem ältere Menschen, insbesondere Frauen. Nach der Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO 1994) handelt es sich bei der Osteoporose um eine Erkrankung des Skeletts, bei der es über eine kritische Verminderung der Knochenmasse und Störung der knöchernen Mikroarchitektur zu einer verminderten Bruchfestigkeit des Knochens kommt. Wirbelkörperfrakturen oder durch Sturz ausgelöste Frakturen anderer Knochen, oft des Handgelenks oder des Oberschenkelhalses sind die Folgen.

Auch Astronauten erfahren während längerer Weltraummissionen Knochen- und Muskelabbau. Wenn sie zur Erde zurückkehren, kehrt sich der Vorgang wieder um. Die ersten Anzeichen für einen veränderten Knochenstoffwechsel an Astronauten im Weltraum wurden bereits 1962 beobachtet, als man bei Flügen der russischen Missionen Vostok-III und -IV eine erhöhte Calciumausscheidung im Urin feststellte. In den 1970ern wurde im Fersenbein, nicht aber im Arm der Skylab-Astronauten Knochenabbau gemessen. Seit damals sind an einer Reihe von Astronauten und Kosmonauten, die sich für verschieden lange Zeiten im Weltraum vor allem auf der russischen Raumstation MIR aufhielten, Veränderungen des Knochenstoffwechsels gefunden worden. Die Ergebnisse haben zu dem derzeit gültigen Bild geführt: die Knochen, und zwar nur die Gewichtstragenden Knochen nehmen pro Monat im Mittel etwa um 1-2% an Knochenmasse ab. Dieser Knochenverlust wird auf die in der Schwerelosigkeit fehlende Belastung der Knochen zurückgeführt und ähnelt damit dem Knochenverlust des älteren Menschen, nur dass er bei den Astronauten wesentlich schneller und bei ansonsten gesunden Menschen auftritt. Weltraummissionen bieten damit die einzigartige Chance, die Rolle der Schwerkraft und damit der mechanischen Belastung von Knochen auf ihren Abbau kontrolliert zu untersuchen. Dies war auch das Fazit eines Workshops, den das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in seiner Eigenschaft als Raumfahrtagentur für Deutschland unter dem Titel „Osteoporose und Weltraumforschung – Möglichkeiten, Grenzen und Empfehlungen“ am 3. und 4. Februar 2004 in Bonn veranstaltete.

Osteoporose und das Deutsche Raumfahrtprogramm

Das DLR definiert und gestaltet im Auftrag der Bundesregierung das Deutsche Raumfahrtprogramm und setzt es durch Forschungsförderung und Vergabe von Aufträgen in internationaler Abstimmung um. Im Fachprogramm „Forschung unter Weltraumbedingungen, Biowissenschaften“ (2003) wurde die Integrative Physiologie des Menschen, d.h. die Erforschung des Zusammenspiels der verschiedenen Systeme des menschlichen Körpers bei veränderten Gravitationsbedingungen als einer der drei Schwerpunktbereiche der biowissenschaftlichen Raumfahrtaktivitäten definiert. Die Aufklärung der Mechanismen des Abbaus von Muskeln und Knochen und die Entwicklung von geeigneten Gegenmaßnahmen sind hier von prioritärer Bedeutung gerade im Hinblick auf die mit der ISS möglichen Langzeitaufenthalte des Menschen unter Mikrogravitationsbedingungen. Bettliegestudien unter streng kontrollierten Bedingungen, wie die jetzige hier in Berlin, aber auch regelmäßig durchgeführt z.B. am DLR Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln-Porz, bieten die Möglichkeit, Hypothesen und Konzepte für Gegenmaßnahmen zu testen, bevor sie im Weltraumexperiment überprüft werden können.

Von den derzeit insgesamt mehr als 200 nach internationaler Begutachtung ausgewählten biowissenschaftlichen Weltraumprojekten in Europa, darunter gut die Hälfte für die Nutzung der Internationalen Raumstation, befassen sich etwa 25 direkt mit Fragen des Muskel- und Knochensystems, weitere mit zell- und molekularbiologischen Fragestellungen kommen hinzu. Unter diesen vom DLR geförderten Forschungsprojekten kommt den Aktivitäten des Zentrums für Weltraummedizin Berlin (ZWMB), zu denen neben der Arbeitsgruppe von Prof. Felsenberg eine Reihe weiterer Wissenschaftler aus den verschiedensten Forschungsbereichen gehören, eine besondere Bedeutung zu. Von der molekularen Ebene bis zum System Mensch wird hier das gesamte Spektrum moderner humanphysiologischer Forschung abgedeckt.

Ausblick: Die Berliner Bettliegestudie und Perspektiven

Für das Deutsche und europäische Weltraumprogramm sind die Ergebnisse der BBR von besonderer Bedeutung, zeigen sie doch neue Wege bei der Entwicklung von Gegenmaßnahmen für Erkrankungen des Knochen-/Muskelsystems auf, die sowohl dem Menschen auf der Erde als auch dem Astronauten zugute kommen können. Die Studie und ihre Ergebnisse passen damit genau in die Strategie, die von den Teilnehmern des o.a. Workshops im Frühjahr erarbeitet wurde. Es bestand nämlich Konsens unter den hochrangigen Wissenschaftlern, dass

- Forschung in Mikrogravitation ein ideales Modell darstellt, um die **Rolle der mechanischen Belastung** als **zentraler Mechanismus** der muskuloskeletalen Regulation zu erforschen (vor allem in Bezug auf

die Immobilisations-Osteoporose des älteren und bettlägerigen Menschen).

- Forschung in Mikrogravitation ein ideales Modell darstellt, um auf der Erde u.a. in Liegestudien erarbeitete **Konzepte und Gegenmaßnahmen** auf ihre Richtigkeit bzw. Wirksamkeit an einem gesunden Menschen, dem Astronauten, **zu überprüfen**.
- humanphysiologische Forschung im Hinblick auf molekulare und zelluläre Mechanismen durch geeignete Experimente an **Zellen und Tiermodellen ergänzt** werden muss.
- ein Schwerpunkt der zukünftigen Forschung die **Aufklärung der Wahrnehmung und Verarbeitung des Schwerkraftreizes** bzw. der mechanischen Belastung auf zellulärer und molekularer Ebene sein soll (Charakterisierung des Mechanorezeptors sowie der an der Signaltransduktion beteiligten Strukturen und Moleküle)

Basierend nicht zuletzt auf den Ergebnissen der Berliner Bedrest-Studie werden zur Zeit Anstrengungen unternommen, eine **Forschungsinitiative** mit dem Thema „**Von der Identifikation der molekularen Regelmechanismen zur Gewährleistung der Mobilität der Gesellschaft**“ zu gründen. Diese soll – eingebettet in die Aktivitäten der von der WHO ausgerufenen und von der Bundesregierung unterstützten sog. „Bone and Joint Decade“ (Jahrzehnt des Knochens und der Gelenke) – die Fördermöglichkeiten verschiedener Organisationen für terrestrische und Forschung im Weltraum (BMBF, DFG, DLR) bündeln. Im Rahmen des deutschen Raumfahrtprogramms bleibt es das übergeordnete Ziel, die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse nicht nur zum Erhalt der Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Astronauten einzusetzen, sondern sie direkt in präventive, diagnostische und therapeutische Maßnahmen für den Menschen auf der Erde zu überführen. Wegen der demographischen Entwicklung der Bevölkerung wird dies gerade in Bezug auf die Osteoporose zukünftig umso wichtiger werden.