

Schlussbericht zum 31.12.2017

Zuwendungsempfänger: Rheinische Friedrich Wilhelms Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften, Ernährungsphysiologie, Postfach 2220, 53012 Bonn

Förderkennzeichen: 50WB1231

Vorhabenbezeichnung: Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 09, Kapitel 0905, Titel 68332 für das Vorhaben „Untersuchungen zur Auswirkung der Nährstoffzusammensetzung / Supplementation auf den Knochen- und Kohlenhydratstoffwechsel anhand von Immobilisations-, Weltraum- und Isolationsstudien“

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2012 – 30.06.2017

Berichtszeitraum: 01.03.2012 – 30.06.2017

I. Kurze Darstellung zu

1. **Aufgabenstellung (kurze Darstellung)**

Aufgabe war die Koordination, Durchführung und Präsentation/Veröffentlichung von Experimenten und Teilprojekten, die zum einen auf der internationalen Raumstation ISS, zum anderen während eines Analogexperimentes in Bettruhe sowie auf der Antarktisstation Concordia stattfanden.

Die Experimente umfassten Untersuchungen zur

- a) Auswirkung einer diättherapeutischen Maßnahme bei gleichzeitigem Training auf die Insulinsensitivität und den Knochenstoffwechsel während Bettruhe (Toulouse-MTBR-Bettruhe-Experiment)
- b) Erfassung von Veränderungen des Gemütszustandes auf das Essverhalten unter hypoxischen Bedingungen auf der Antarktisstation Concordia (Experiment „MONU“)
- c) Erfassung von Ernährungsmustern im All und deren Einfluss auf den Knochenstoffwechsel (Flugexperiment “Pro K”: Dietary Intake can predict and protect against changes in bone metabolism during spaceflight and recovery)

Globales Ziel der Einzelprojekte war es, die Gesunderhaltung der Astronauten während ihres Aufenthaltes im All bei Langzeitmissionen zu gewährleisten. Das Vorhabenziel war es, die Ergebnisse der Untersuchungen auf wissenschaftlichen Kongressen vorzustellen und in anerkannten internationalen Fachzeitschriften zu publizieren.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben ist eingebettet in die Aktivitäten im Rahmen des nationalen Raumfahrtprogramms 'Forschung unter Weltraumbedingungen (Lebenswissenschaften)' und ist integraler Bestandteil der ISLSWG-Experimente der Internationalen Raumstation (ISS) und der gemeinsamen europäisch-deutschen Experimente während der ESA Bettruhestudien (Toulouse Bettruhe Kampagnen) und Concordia Überwinterungen.

Bodenexperimente:

Toulouse-MTBR-Bettruhe-Experiment "PROPEI"

Die MTBR Bettruhestudie wurde in der Bettruhestation des Instituts für Raumfahrtmedizin und Physiologie „MEDES“ in Toulouse durchgeführt. Die räumlichen Voraussetzungen können als optimal zur Durchführung von Bettruheexperimenten angesehen werden. 4 von 12 Probanden haben ihre Teilnahme während der Studie aus nicht studienspezifischen, privaten Gründen zurückgezogen, so dass die 3. Kampagne mit n=8 Probanden erfolgreich abgeschlossen wurde. Die Zusammenarbeit mit den französischen Kollegen sowie mit anderen beteiligten Investigatoren verlief äußerst kollegial und kooperativ.

Concordia Experiment MONU:

Eine lebensfeindliche Umgebung, die Isolation und das autarke Leben auf engstem Raum stellen die Nutzung der Antarktisstation Concordia als Simulationsmodell für Langzeitmissionen als geeignetes Tool heraus. Unser Experiment „MONU“ bestand aus Untersuchungen während 2 Überwinterungen auf der Antarktisstation. Alle geplanten Untersuchungen konnten durchgeführt werden, wenn auch die Zuverlässigkeit und Kontinuität der Aufzeichnungen nicht als optimal einzustufen war. Bei der ersten Überwinterung nahmen 13 Crewmitglieder an unserem Experiment teil, bei der 2. Überwinterung nahmen 7 Crewmitglieder an unserem Experiment teil. Die Erhebung der Quark RMR Daten erwies sich aufgrund der hypoxischen Bedingungen als schwierig.

Durch einen verspäteten Datentransfer der ESA kam es nach Ende der Überwinterung zu Verzögerungen der Auswertungen. Nach Datenübermittlung an unsere norwegischen Kooperationspartner Mitte 2016 konnten diese, ebenfalls mit Verzögerung, an den Daten arbeiten. Die Korrelation der psychologischen Fragebögen mit den erhobenen Ernährungs- und Aktivitätsparametern erweist sich als schwierig.

Raumfahrtprojekt:

Flugexperiment ProK

Die Bedingungen unter denen das Experiment Pro K durchgeführt wurde, sind als optimal anzusehen, da das Experiment unter tatsächlicher Schwerelosigkeit stattfand, von den

Astronauten selber als sehr wichtig eingestuft wurde und dementsprechend äußerst präzise durchgeführt wurde. Die Kooperation mit unseren amerikanischen Kooperationspartnern Scott M Smith und Sara R. Zwart ist, wie auch schon in vergangenen Experimenten, sehr erfolgreich.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Toulouse-MTBR-Betruhe-Experiment "PROPEI"

Die Experimente in der Toulouse Betruhestudie (MTBR-MNX) konnten wie geplant durchgeführt werden. Bei PROPEI handelt es sich um ein Betruheexperiment, das während der Betruhestudie in der französischen Betruhestation in Toulouse (MEDES (Institut für Weltraummedizin und -physiologie)) unter der Beteiligung der Europäischen Weltraumorganisation ESA, der Deutschen (DLR) und Französischen (CNES) Raumfahrtbehörde und weiteren Kooperationspartnern stattfand. Hierbei wurde der Einfluss einer alleinigen Trainingskampagne mit Kraft- und Vibrationstraining mit der Kombination von Training plus Supplementation von Molkenprotein und einem alkalischen Salz (Kaliumbicarbonat) gegenüber einer Kontrollkampagne ohne Supplementation und Training verglichen. Diese streng kontrollierte Studie im cross-over Design, mit einer streng standardisierten Ernährung, ermöglichten uns eine einzigartige Gelegenheit Parameter des Knochen- sowie des Glucosestoffwechsels zu bestimmen. Ergebnisse aus den gewonnenen Daten zeigen, dass beide Interventionen -alleiniges Training sowie die Supplementation von Molkenprotein und Kaliumbicarbonat- zu einem niedrigeren immobilisationsbedingten Knochenabbau führten als ohne Intervention. Gleichzeitig untermauern die gewonnenen Daten Ergebnisse früherer Untersuchungen unserer Forschungsgruppe und zeigen, dass ein erhöhter Knochenabbau bedingt durch die hohe Proteinzufuhr mit Hilfe der Supplementation eines alkalischen Salzes (Kaliumbicarbonat) kompensiert werden kann. Eine knochenaufbauende Wirkung konnte hingegen nur durch das alleinige Training beobachtet werden. In Hinblick auf die Insulinsensitivität konnte die Kombination von Kraft- und Vibrationstraining die immobilisationsbedingte Reduktion der Insulinsensitivität fast vollständig kompensieren. Die zusätzliche Nährstoffsupplementation mit Molkenprotein und Kaliumbicarbonat konnte diese Verbesserung der Insulinsensitivität jedoch nicht verstärken.

Die gewonnenen Daten wurden auf Kongressen vorgestellt und eine Dissertation angefertigt. Ein weiteres Paper ist in Bearbeitung.

Concordia Experiment MONU:

Probanden in Langzeitisolation und unter Hypoxie verändern ihr Essverhalten. In diesem Experiment sollte die Interaktion eines veränderten Gemütszustandes und der Nährstoffzufuhr

erfasst werden. Darüber hinaus wurden potentielle Auswirkungen auf den Stoffwechsel erforscht mit dem Ziel Maßnahmen zu entwickeln um einer möglichen Fehlernährung basierend auf Änderungen des Gemütszustands, auch in Langzeitmissionen, entgegen wirken zu können.

Zur Erfassung des Gemütszustandes wurden Fragebögen zu unterschiedlichen Zeiten während der 9-monatigen Untersuchungszeit ausgefüllt. Alle 2 Wochen wurde ein PANAS- (Positive and negative affect schedule) Fragebogen, alle 2 Monate ein POMS (Portrait of mood states questionnaire) Fragebogen und 5* während des Aufenthalts ein PVQ (Portrait of personal value) Fragebogen ausgefüllt.

Zur Erfassung der Nahrungsaufnahme wurde monatlich die Diät an 2 aufeinanderfolgenden Tagen dokumentiert und mit Fotos belegt. Die Auswertung der Ernährungsfragebögen erfolgte mit einer speziellen Ernährungssoftware. Das Körpergewicht wurde monatlich an 2 aufeinanderfolgenden Tagen (während der Diäterhebung) erfasst. Mittels indirekter Kalorimetrie (Quark RMR) wurde alle 2 Monate der Ruheenergieumsatz gemessen. Die körperliche Aktivität wurde alle 2 Monate mit Hilfe eines Actigraphen (Sensewear/Bodymedia) gemessen. Blutabnahmen erfolgten alle 2 Monate zur Bestimmung von Leptin, Adiponectin, Insulin und C-reaktivem Protein.

Die Daten wurden während 2 Überwinterungen erhoben. Während der ersten Überwinterung nahmen 12 Crewmitglieder am MONU Experiment teil, während der 2. Überwinterung 7. Die Daten des Experiments „MONU“ sind erhoben und werden zurzeit gemeinsam mit unseren norwegischen Kollegen publiziert. Die Datenauswertung erweist sich hier als interpretationsschwierig, da die Zuverlässigkeit und Kontinuität der Aufzeichnungen nicht optimal war.

Flugexperiment ProK

Die Proben von 17 Astronauten wurden erhoben. Die Proben wurden an Flugtag 15 (+/- 5 d), 30, 60, 120, und 180 (alle +/- 14 d) genommen. Die Post-flight Messung erfolgte innerhalb von 2 Wochen nach Landung. Vor und während des Fluges konsumierten die Astronauten zu 5 Zeitpunkten 4 Tage lang eine vorgegebene Diät mit hohem oder niedrigem Verhältnis von tierischem Protein zu Kalium (APro:K). Jeder Astronaut hatte eine „high“ und eine „low“ diet session vor dem Flug sowie 2 „high“ und 2 „low“ diet sessions während des Fluges. Während einer 4-tägigen zusätzlichen diet session um Flugtag 30 (FD30) wurden die Astronauten gebeten ihre typische Kost während des Raumfluges zu konsumieren. Während der Diät-Tage wurden Blut und Urinproben (24h Urin) erhoben. Die pH-Werte wurden täglich erhoben. In den Urinproben wurden bestimmte Markersubstanzen des Knochenabbaus und im Blut

bestimmte Marker der Knochenbildung analysiert. Zusätzlich wurde die Knochendichte mittels Dual-EnergyX-ray Absorptiometry (DEXA) bestimmt.

Das Flugexperiment „Pro K“ wurde wie geplant durchgeführt. Veröffentlichungen sind verfasst.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Es wurden keine Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte zur Durchführung des Vorhabens benutzt.

Der Stand der Wissenschaft hat sich nach Beginn des Vorhabens nicht relevant geändert. Zur Erfassung relevanter Literatur wurden elektronische Quellen (Pubmed Datenbank, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, DIMDI) verwendet.

Die Fragestellungen, die diesen wissenschaftlichen Projekten zugrunde liegen, ergaben sich aus Veröffentlichungen und eigenen Vorarbeiten in den entsprechenden Themengebieten im Raumfahrt-, Humanmedizinischen und Ernährungswissenschaftlichen Bereich.

Bisher sind keine zusätzlichen Ergebnisse Dritter, die für die Durchführung des Vorhabens relevant wären, bekannt geworden. Die von uns gestellten wissenschaftlichen Fragestellungen bleiben weiterhin bestehen.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Dr. Scott Smith, Nutrition and Biochemistry Lab, NASA, Houston Texas USA (Pro K Experiment)

Dr. Sara Zwart, Nutrition and Biochemistry Lab, NASA, Houston Texas USA (Pro K Experiment)

Dr. Gro Sandal Universität Bergen, Norwegen (MONU)

Dr. Marie-Pierre Bareille, MEDES, Instituts für Raumfahrtmedizin und Physiologie Toulouse, Frankreich (PROPEI)

Prof Donal O Gorman, 3U Diabetes Consortium, School of Health and Human Performance, Dublin City University, Glasnevin, Dublin 9, D09 NR58, Ireland. donal.ogorman@dcu.ie. (PROPEI)

II. Eingehende Darstellung

1. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Da im Folgenden zum Teil Ergebnisse gezeigt werden, die noch nicht veröffentlicht sind, sind Teile dem Bericht entnommen.

Ziel der Fördermaßnahme war die Koordination, Durchführung und Präsentation/Veröffentlichung von Experimenten und Teilprojekten, die zum einen auf der internationalen Raumstation ISS, zum anderen während Analogexperimenten in Bettruhe oder auf der Antarktisstation Concordia stattfanden. Die Experimente umfassten Untersuchungen zur

- a) Auswirkung einer diättherapeutischen Maßnahme bei gleichzeitigem Training auf die Insulinsensitivität und den Knochenstoffwechsel während Bettruhe (Toulouse-MTBR-Bettruhe-Experiment „PROPEI“)
- b) Erfassung von Veränderungen des Gemütszustandes auf das Essverhalten unter hypoxischen Bedingungen auf der Antarktisstation Concordia „MONU“
- c) Erfassung von Ernährungsmustern im All und deren Einfluss auf den Knochenstoffwechsel (Flugexperiment “Pro K”: Dietary Intake can predict and protect against changes in bone metabolism during spaceflight and recovery)

Da es sich hier um eine Reihe von aufeinander aufbauenden Experimenten handelt würde die Darstellung aller Ergebnisse der Experimente/Teilprojekte den Rahmen dieses Schlussberichtes übersteigen. Dazu sei auf die bereits vorhandenen Publikationen/ Zusammenfassungen von Kongressen verwiesen.

Die Anzahl der Veröffentlichungen zeigt den Erfolg des geförderten Vorhabens. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse, auch aus noch unveröffentlichten Publikationen, dargestellt:

Toulouse-MTBR-Bettruhe-Experiment PROPEI

Immobilisationsbedingte Veränderungen des muskuloskeletalen Systems, wie sie in Schwerelosigkeit und Bettruhe auftreten, führen auf Grund von fehlender Belastung zu Inaktivitätsatrophie und –osteoporose. Bereits nach kurzer Zeit wird dies durch einen verstärkten Knochenabbau und somit einer gesteigerten Exkretion der Knochenresorptionsmarker sichtbar. Kraft- und Vibrationstraining senkt den immobilisationsbedingten Knochenabbau, jedoch nicht vollständig. Vielmehr zeigen aktuelle

Ergebnisse aus Langzeitmissionen, dass eher eine Kombination von sowohl adäquatem Training als auch adäquater Ernährung die Knochenmasse erhalten kann. So konnten wir während einer Langzeitmission feststellen, dass die Kombination von Krafttraining mit einer ausreichenden Versorgung von Vitamin D, Protein und Energie, zum Erhalt der Knochenmasse führt. Neben körperlicher Aktivität spielt somit auch eine adäquate Ernährung für den Erhalt der Knochenstruktur eine wichtige Rolle. Hierbei rückt der Einfluss einer hohen Proteinzufuhr auf das muskuloskeletale System in den Fokus aktueller Forschung. Wir untersuchten die Wirkung einer erhöhten Zufuhr von Protein auf das muskuloskeletale System. Da eine erhöhte Zufuhr von tierischem Protein, auf Grund des hohen Gehalts an schwefelhaltigen Aminosäuren und des geringen Gehalts an Basenvorläufern die Knochenresorption zu steigern scheint, sollte dies in der MTBR Betruhestudie in Toulouse durch die Supplementation eines Alkalisalzes kompensiert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Kraft- und Vibrationstraining zu einer niedrigeren Knochenresorptionsrate in Immobilität führen und die immobilisationsbedingten Proteinverluste senken. Gleichzeitig wird die Knochenformationsrate gesteigert. Durch die Supplementation eines Alkalisalzes (KHCO_3) wird die erhöhte Säurelast der Diät bei erhöhter Proteinzufuhr kompensiert. Dies wirkt einer Steigerung der Knochenresorptionsrate und Calciumexkretion entgegen. Weitere Studien, die den Einfluss der Ernährung auf den Knochenstoffwechsel in Immobilisation und Schwerelosigkeit untersuchen, sind geplant.

Experiment auf der Antarktisstation Concordia (MONU)

Da Crewmitglieder in Langzeitisolation und unter Hypoxie ihr Essverhalten verändern sollte hier die Interaktion eines veränderten Gemütszustandes und der Nährstoffzufuhr erfasst und potentielle Auswirkungen auf den Stoffwechsel erforscht werden. Mit Hilfe der Forschungsergebnisse sollen Maßnahmen entwickelt werden um einer möglichen Fehlernährung, auch in Langzeitmissionen, basierend auf Änderungen des Gemütszustandes entgegen zu wirken.

Flugexperiment Pro K

Die Diät hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Knochenstoffwechsel während und nach Weltraummissionen. Ein hohes Verhältnis von tierischem Eiweiß zu Kalium hat einen knochenabbauenden Effekt. Dieser Effekt einer eher sauren Nahrungszusammensetzung scheint zum Ende einer sechs-monatigen Mission wesentlich stärker ausgeprägt zu sein als zu Beginn. In Pro K wurde getestet, ob eine Diät mit hohem oder niedrigem Verhältnis von tierischem Protein zu Kalium (APro:K) den Knochenstoffwechsel der Astronauten beeinflussen kann. Die Hypothese war, dass eine Diät mit einem niedrigen Verhältnis von tierischem Protein zu Kalium den Knochenmasseverlust im All reduzieren kann. Die

Ergebnisse von Pro K haben somit einen starken Einfluss auf die Nährstoffauswahl und die Entwicklung von Nahrungskomponenten während kommender Weltraumflüge. Eine Änderung der Nahrungszusammensetzung stellt zudem eine Gegenmaßnahme ohne Nebeneffekte dar.

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmässigen Nachweises

Die Zuwendung wurde v.a. für Personalmittel (Pos. 0812) und Analysen (Pos. 0831) benötigt, da vor allem Gelder zur Koordination, Durchführung und Veröffentlichung der Projekte sowie zur Analyse und Auswertung der Daten benötigt wurden um ein wissenschaftliches Vorankommen zu gewährleisten. Die Auflistung der einzelnen Positionen und deren ordnungsgemäße Verwendung laut Belegliste wurden dem Schlussbericht beigelegt. Die Angemessenheit ergibt sich aus der Anzahl der Projekte, die zu betreuen war, der daraus resultierenden wissenschaftlichen Erkenntnisse, deren Transfer und den komplexen logistischen Anforderungen, die diese Art der Forschung mit sich bringt.

3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Ergebnisse der Teilerperimente konnten die physiologischen Auswirkungen der Kombination von Immobilität und Fehlernahrung für bestimmte Nährstoffe aufzeigen. Da die Experimentbedingungen ideal waren, ist die wissenschaftliche Relevanz der Experimentergebnisse für die Ernährungsphysiologie von sehr hoher Bedeutung. Die Ergebnisse wurden bereits sowohl auf raumfahrtrelevanten als auch auf ernährungswissenschaftlich relevanten Kongressen vorgestellt und in international anerkannten Fachzeitschriften publiziert.

Zudem ermöglichen uns die gewonnenen Ergebnisse einen ersten Einblick in mögliche neue Präventions- und Therapiemaßnahmen im Bereich Osteoporose sowie der Diabetes Forschung. Laut aktueller Forschung ist mangelnde Bewegung für mehr als 5,4 Millionen der weltweit insgesamt 57 Millionen Todesfälle verantwortlich. Gleichzeitig wächst die Diabetesprävalenz, so sind laut Angaben des Diabetes Dachverbands IDF etwa 387 Millionen Menschen von der Zuckerkrankheit betroffen.

So stellt das im PROPEI Experiment angewandte Kraft- und Vibrationstraining eine mit geringem Zeitaufwand verbundene Maßnahme dar, die möglicherweise im Bereich der Osteoporose und Diabetesprävention sowie als Therapiemaßnahme angewandt werden kann. Gleichzeitig untermauern die hier aufgeführten Ergebnisse die Bedeutung der Ernährung in diesen beiden Forschungsgebieten. Die hier dargestellte Supplementation eines alkalischen Salzes stellt eine einfache und schnelle Maßnahme dar um die zunehmende nutritive Säurelast einer westlichen Ernährungsweise zu kompensieren. So lassen sich potenzielle negative – durch eine erhöhte Säurelast der Nahrung bedingte- Effekte auf den Knochen durch die Zufuhr eines alkalischen Salz maßgeblich kompensieren.

Die Ergebnisse werden als Grundlage für Folgeprojekte bereits genutzt und werden auch in künftigen ESA Ausschreibungen genutzt.

4. des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Wirtschaftlich entsteht aus den Experimenten/Teilprojekten kein Nutzen. Dies war jedoch auch nicht vorgesehen, da rein wissenschaftliche Arbeiten verfolgt wurden.

Der wissenschaftliche Nutzen der Arbeiten ergibt sich anhand der Kongressbeiträge und Publikationen, sowie der Tatsache, dass sich aus den Projekten bereits Folgeprojekte ergeben haben.

5. des während des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es sind, nach neuester Recherche, keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden, durch die die Resultate des Vorhabens vorweggenommen oder abgewertet werden. Die erforschten Ergebnisse sind neuartig, sehr relevant für die weltraummedizinische Forschung und in internationalen, begutachteten Fachzeitschriften und auf Fachkongressen anerkannt.

6. der erfolgten und geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr.6

2014

Men and women in space: Bone loss and kidney stone risk after long-duration spaceflight. Smith SM, Zwart SR, Heer M, Hudson EK, Shackelford L, Morgan JL (2014) Journal of Bone and Mineral research Jul;29(7):1639-45.

Effects of resistive vibration exercise combined with whey protein and KHCO_3 on bone turnover markers in head-down tilt bed rest (MTBR-MNX Study), Sonja Graf, Natalie Baecker, Judith Buehlmeier, Anna-Maria Liphardt, Annelie Fischer, Steven K. Boyd, Scott M. Smith, Martina Heer, 35th International Gravitational Physiology Meeting, 16.-20.Juni 2014, Waterloo, Kanada, Abstract Number: 58714.

How does resistive vibration exercise combined with whey protein and KHCO_3 affect bone turnover in 21 days of head-down-tilt bed rest (MTBR-MNX), Sonja Graf, Natalie Baecker, Judith Buehlmeier, Anna-Maria Liphardt, Annelie Fischer, Steven K. Boyd, Scott M. Smith,

Martina Heer, International Congress of Medicine in Space and Extreme Environments, 16.-19. September 2014, Berlin, Deutschland, Abstract Number: O6.4.

2015

Zwart SR, Heer MA, Shackelford LC, Smith SM. An updated look at Pro K HRP IWS, 2015
Zwart SR, Heer MA, Smith SM. Urinary acid excretion can predict changes in bone metabolism during space flight Exp Biol 2012. FASEB J 29:738.14, 2015.

Smith SM Heer MA, Shackelford LC, Sibonga JD, Spatz JD, Pietrzyk RA, Hudson EK Zwart SR. Bone metabolism and renal stone risk during International Space Station missions, Bone 81 (2015) 712–720

Dissertation:

Effekte einer Nährstoffsupplementation (Molkenprotein und Kaliumbicarbonat) in Kombination mit Kraft- und Ganzkörpervibrationstraining auf den Knochenabbau in Bettruhe, Sonja Graf, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Universitäts- und Landesbibliothek Bonn erschienen am 03.12.2015.

2016

Effects of alkaline supplementation with or without combined resistive exercise on carbohydrate and bone metabolism. Heer M, International Society of gravitational physiology;:Annual meeting, June 2016

Genotype, B-vitamin status, and androgens affect spaceflight-induced ophthalmic changes. Sara R. Zwart, Jesse F. Gregory, Steven H. Zeisel, Charles R. Gibson, Thomas H. Mader, Jason M. Kinchen,^{||} Per M. Ueland, Robert Ploutz-Snyder, Martina A. Heer, Scott M. Smith, FASEB J. 2016 Jan; 30(1): 141–148.

2017

Bed rest and resistive vibration exercise unveil novel links between skeletal muscle mitochondrial function and insulin resistance. Kenny HC, Rudwill F, Breen L, Salanova M, Blottner D, Heise T, Heer M, Blanc S, O’Gorman DJ. Diabetologia. 2017 Aug;60(8):1491-1501. doi: 10.1007/s00125-017-4298-z. Epub 2017 May 12

2018

Zwart SR, Rice BL, Dlouhy H, Shackelford LC, Heer M, Koslovsky M, Smith SM. Dietary acid load and bone turnover during long-duration spaceflight and bed rest. NASA HRP IWS, 2018.

Berichtsblatt

| | |
|---|---|
| 1. ISBN oder ISSN | 2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlussbericht |
| 3. Titel Untersuchungen zur Auswirkung der Nährstoffzusammensetzung / Supplementation auf den Knochen- und Kohlenhydratstoffwechsel anhand von Immobilisations-, Weltraum- und Isolationsstudien | |
| 4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Stehle, Peter Prof. Dr., Heer, Martina Prof., Bäcker, Natalie Dr., Smith, Scott Dr, Zwart S, Dr., Sandal, Gro, Prof, Bareille, Marie-Pierre, Dr, O’Gorman, Donal, Prof, Graf, S, Dr., Buehlmeier, J, Dr., Liphart, Anna Maria, Dr. | 5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2017 |
| | 6. Veröffentlichungsdatum |
| | 7. Form der Publikation Bericht |
| 8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Rheinische Friedrich-Wilhelm Universität Bonn Landwirtschaftliche Fakultät Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften Ernährungsphysiologie Postfach 2220 53012 Bonn | 9. Ber. Nr. Durchführende Institution |
| | 10. Förderkennzeichen 50WB1231 |
| | 11. Seitenzahl 23 |
| 12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn | 13. Literaturangaben |
| | 14. Tabellen 0 |
| | 15. Abbildungen 29 |
| 16. Zusätzliche Angaben | |
| 17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Frau Dr. Girgenrath, Förderadministration nationale Raumfahrt Postfach 300364, 53183 Bonn | |
| 18. Kurzfassung Im Vorhaben wurde die Koordination, Durchführung und Präsentation/ Veröffentlichung von Experimenten und Teilprojekten, die zum einen auf der internationalen Raumstation ISS, zum anderen während Analogexperimenten in Bettruhe und auf der Antarktisstation Concordia stattfanden, gefördert. Die Experimente umfassten Untersuchungen zur <ul style="list-style-type: none"> a) Auswirkung einer diättherapeutischen Maßnahme bei gleichzeitigem Training auf die Insulinsensitivität und den Knochenstoffwechsel während Bettruhe (Toulouse-MTBR-Bettruhe-Experiment) b) Erfassung von Veränderungen des Gemütszustandes auf das Essverhalten unter hypoxischen Bedingungen auf der Antarktisstation Concordia (Experiment „MONU“) c) Erfassung von Ernährungsmustern im All und deren Einfluss auf den Knochenstoffwechsel (Flugexperiment “Pro K”: Dietary Intake can predict and protect against changes in bone metabolism during spaceflight and recovery) Die unterschiedlichen Experimente zur Erforschung der Fragestellungen wurden durchgeführt, die Ergebnisse auf internationalen wissenschaftlichen Kongressen vorgestellt und in anerkannten internationalen Fachzeitschriften publiziert. Die Förderziele wurden erreicht und fließen in die wissenschaftliche Fortsetzung der Forschung unter Weltraumbedingungen ein. | |
| 19. Schlagwörter Raumfahrt, Knochen, Ernährung, Säure-Basenhaushalt, Immobilität, Isolation | |
| 20. Verlag | 21. Preis |

Document Control Sheet

| | |
|---|--|
| 1. ISBN or ISSN | 2. type of document (e.g. report, publication) Final report |
| 3. title Investigations of nutrient composition and supplementation on bone and carbohydrate metabolism in microgravity, bed rest and isolation. 1. ISS-experiment: Pro K; 2. ESA Bed Rest experiments, 3. Isolation study at Concordia station | |
| 4. author(s) (family name, first name(s)) Stehle, Peter Prof. Dr., Heer, Martina Prof., Bäcker, Natalie Dr., Smith, Scott Dr, Zwart S, Dr., Sandal, Gro, Prof, Bareille, Marie-Pierre, Dr, O'Gorman, Donal, Prof, Graf, S, Dr., Buehlmeier, J, Dr., Liphart, Anna Maria, Dr. | 5. end of project 06/30/2017 |
| | 6. publication date |
| | 7. form of publication Report |
| 8. performing organization(s) (name, address) Rheinische Friedrich-Wilhelm Universität Bonn Landwirtschaftliche Fakultät Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften Ernährungsphysiologie Postfach 2220 53012 Bonn | 9. originator's report no. |
| | 10. reference no. 50WB1231 |
| | 11. no. of pages 23 |
| 12. sponsoring agency (name, address) Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn | 13. no. of references |
| | 14. no. of tables 1 |
| | 15. no. of figures 29 |
| 16. supplementary notes | |
| 17. presented at (title, place, date) Fr. Dr. Girgenrath, Förderadministration nationale Raumfahrt Postfach 300364, 53183 Bonn | |
| 18. abstract This project supported the coordination, conduction, performance and presentation (oral or in scientific journals) of experiments and parts of experiments which were conducted at the international Space Station (ISS) or durin analog models of space flight like bed rest or isolation studies at Concordia station (Antarctica). In the experiments we examined the a) Toulouse-MTBR-bedrest-experiment "PROPEI" (Effects of whey protein and alkaline salt supplementation combined with exercise on insulin sensitivity and the musculoskeletal system during bed rest) b) Antarktisstation Concordia Projekt "MONU" (Mood changes and its effects on nutrient supply under hypoxic conditions in long-term confinement) c) Flugexperiment "Pro K" (Dietary Intake Can Predict and Protect Against Changes in Bone Metabolism During Spaceflight and Recovery) The differant experiments have been were conducted, the results presented at international scientific congresses and published in international high ranking journals. The funding objectives have been achieved and will be continued in new experiments. | |
| 19. keywords Raumfahrt, Knochen, Ernährung, Säure-Basenhaushalt, Immobilität, Isolation | |
| 20. publisher | 21. price |