Schlussbericht (zum 31.01.2015)

Zuwendungsempfänger:

Medizinische Hochschule Hannover
Institut für Klinische Pharmakologie
OE 5350, I3, Ebene 1
Carl Neuberg Str. 1
16348 Hannover

Förderkennzeichen:

50WB1117

Vorhabenbezeichnung:

Nicht-invasive Erfassung des Herzzeitvolumens und der Schlagvolumenvariabilität mittels Impedanzkardiographie und Ballistokardiographie während Langzeitschwerelosigkeit.

Laufzeit: 1.10.2011 – 30.09.2014, verlängert bis 31.1.2015

Berichtszeitraum: siehe Laufzeiten

I. Projektbeschreibung

I.1. Aufgabenstellung

Unsere Arbeitsgruppe hat in Kooperation mit der russischen Arbeitsgruppe zur Gesundheitskontrolle von Kosmonauten in den Vorgängerexperimenten „Puls“ und „Pneumocard“ erfolgreich insgesamt 35 Kosmonauten untersucht. Im Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Anpassung von Herz und Gefäßen an den Langzeitaufenthalt in der Schwerelosigkeit individuell sehr unterschiedlich verläuft und in einem gewissen Ausmaß den Alterungsprozess an der Erde reflektiert. Schwerwiegende pathologische Veränderungen können dabei durch das effektive Kreislauftraining während des Fluges verhindert werden. Die von uns eingesetzten indirekten Methoden der Impedanzkardiographie und der Seismokardiographie konnten den Verlauf der Veränderungen zwar sehr gut erfassen, erklären aber bisher nicht ausreichend die physiologischen Mechanismen, die zu den Unterschieden in der Anpassung von Herz, großen zentralen Gefäßen und peripheren Blutgefäßen führen. Nach Beendigung des Flugexperimentes „Pneumocard“ wurde deshalb in Kooperation mit weiteren Arbeitsgruppen ein Konzept entwickelt, wie man diese Fragestellungen in Zukunft auf der Raumstation noch besser untersuchen kann und wie man die bisherigen Limitationen dabei vermeiden

kann. In einem ersten Schritt sollte dafür eine Beschleunigungsmessung mit 6 Freiheitsgraden (Ballistokardiographie) zusätzlich zur Seismokardiographie und Impedanzkardiographie in die existierende Flughardware integriert werden. Parallel dazu ist langfristig geplant, in einem von der ESA geförderten Projekt, das Flugexperiment Cardiovektor um direkte Messungen der Hämodynamik (Echokardiographie und Rückatmung) zu ergänzen. Die Geometrie der großen Gefäße soll dabei vor dem Flug mit Magnetresonanztomographie gemessen werden. Eine Kombination dieser Methoden ist nicht nur für die Gesundheitskontrolle der Crew von Nutzen, sondern auch für die weitere Aufklärung der physiologischen Anpassungsmechanismen und somit auch für die terrestrische Medizin.

I.2. Voraussetzungen

Für die Durchführung der klinischen Untersuchungen stand das Klinische Forschungszentrum am Institut für Klinische Pharmakologie der MHH zur Verfügung. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der autonomen Kreislaufregulation. Das Klinische Forschungszentrum arbeitet in enger Kooperation mit den Kliniken der MHH zusammen. Die Ausstattung des Labors erlaubt die Durchführung standardisierter autonomer Funktionstests. Methoden der invasiven, nicht invasiven Blutdruckmessung, Impedanzkardiographie, Phonokardiographie sowie die entsprechende Datenerfassungs- und Auswertesoftware sind vorhanden.

Die Untersuchungen der Kosmonauten mit den Geräten „Pneumocard“ und „Cardiovektor“ waren nur in enger Kooperation mit dem IBMP Moskau, Russland, möglich. Das IBMP ist die führende Einrichtung zur Planung und Durchführung von Projekten in der Raumfahrtmedizin in Russland. Es bietet die räumlichen, technischen und personellen Voraussetzungen für die Durchführung entsprechender Untersuchungen. Prototypen des „Cardiovektor“ wurden entwickelt und umfangreich im Parabelflug getestet. Langjährige Erfahrungen bei der Durchführung von physiologischen Experimenten an Bord der Raumstation waren die Voraussetzung für die schnelle und erfolgreiche Implementierung der Hardware auf der ISS. Die Firmen „Ramena“, Rjasan, Russland, sowie MKS, Selenograd, Moskau, Russland sind auf die Entwicklung neuer Technologien in der Medizintechnik spezialisiert. Aufgrund der langjährigen Erfahrung auf dem Gebiet der Herstellung von Geräten zur Kreislaufdiagnostik und der Lizenz der Firma MKS zur Herstellung von in der Raumfahrt einsetzbaren Geräten, war es möglich, die Flughardware für das Experiment „Cardiovector“ im Herbst 2014 an Bord der ISS in Betrieb zu nehmen.

I.3. Planung und Ablauf

Schwerpunkt des Projektes bildeten die Untersuchungen der Kosmonauten im Flugexperiment „Pneumocard“ und der Beginn der Flugexperimente mit „Cardiovector“. Die Meilensteine des Projektes wurden fristgemäß umgesetzt und die Prototypen für die Erfassung der 3D-Ballistokardiographie gebaut und im Parabelflug getestet. Der vorgesehene erste Einsatz an Bord der ISS, ab Ende 2013, musste wegen des Wechsels der Festplatte für den Laptop im

Russischen Modul (Juni 2014) auf den Herbst 2014 verschoben werden, da dieser nur alle 2 Jahre stattfindet. Für den Bau der Prototypen wurde ein zusätzlicher Vertrag mit dem IBMP geschlossen. Die geplanten Untersuchungen an Patienten und Probanden wurden mit vergleichbaren Methoden zu „Pneumocard“ und „Cardiovector“ (identische Biosignale, EKG, Atmung, Bioimpedanz) an der MHH fortgesetzt. Die an der MHH erfolgten Untersuchungen zur Pulswellengeschwindigkeit (Sphygmocor) sowie zur Rückatmung (Innocor) wurden ausgewertet und veröffentlicht.

I.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen des Projektes „Cardiovector“ waren die in den Projekten „Puls“ und „Pneumocard“ gesammelten Erfahrungen der Kooperationspartner. Die Testung der Prototypen in Parabelflügen war eine Herausforderung und verlangte mehrere Umbauten. Nach Veränderungen an der Hardware und an den Sensoren zur 3D-Ballistokardiographie sowie nach Anpassung der Untersuchungsprotokolle im Parabelflug (Vereinfachung, mehr Platz für das Experiment im Flugzeug) waren die Tests im Parabelflug sehr erfolgreich. Bei dieser Entwicklung haben wir von der Kooperation mit Herrn Dr. Pierre-Francois Migeotte und seinem Team sehr profitiert. Ein Teil der Experimente diente auch der Vorbereitung des von der ESA geförderten 3D-Ballisto Projektes.

Die Flugversion von „Cardiovector“ ist seit Herbst 2014 an Bord der ISS im Russischen Modul im Einsatz und die ersten zwei Russischen Kosmonauten konnten erfolgreich untersucht werden. Zum Zeitpunkt des Berichtes sind im Folgeprojekt bereits Daten von drei weiteren Kosmonauten erhoben worden.

I.5. Kooperationen

Die Geräteentwicklung erfolgte in Kooperation mit dem IBMP. Eine weitere Kooperation wurde im Rahmen des Projektes mit Prof. Dr. Andre Diedrich, Vanderbilt University, Nashville, TN, U.S.A. vereinbart. Prof. Diedrich entwickelte ein spezielles Programm zur Auswertung der 3D-Ballistokardiographie und implementierte die Methode des ensemble averaging auf der Basis einer R-Zackentriggerung im EKG. Zur Auswertung der 3D-Ballistokardiographie und insbesondere der 3D-Winkelgeschwindigkeiten wurde die enge Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Dr. Pierre-Francoise Migeotte, Freie Universität, Brüssel, Belgien, fortgesetzt.

II. Ergebnisse und voraussichtlicher Nutzen

II.1. Ergebnisse

Im Verlauf des Projektes wurden Prototypen für das Gerät „Pneumocard-Ballisto“ entwickelt und an gesunden Probanden in Parabelflügen getestet. Im Ergebnis entstand die Flugversion des Gerätes „Cardiovektor“, mit dem EKG, Atmung, ein transthorakales Impedanzkardiogramm, ein Seismokardiogramm und das 6D-Ballistokardiogramm erfasst werden können. Seit dem Herbst 2014 wird „Cardiovektor“ an Bord der ISS erfolgreich eingesetzt. Die Anwendung der neuen Flughardware für das Experiment „Cardiovektor“ seit Herbst 2014 hat sehr gute neue Daten zur 3D-Ballistokardiographie über den Verlauf von 6 Monaten in der Schwerelosigkeit geliefert. Die Daten von den ersten zwei Kosmonauten sind von hoher Qualität und der erste Langzeitflug über 12 Monate ab März 2015 eröffnet erstmalig die Möglichkeit, individuelle Veränderungen der Herzkreislauffunktion in der Schwerelosigkeit über einen noch längeren Zeitraum zu untersuchen. Die Parabelflugexperimente haben wir trotz der nur 20 Sekunden Schwerelosigkeit mit sehr dynamischen Kreislaufveränderungen in den vorhergehenden und nachfolgenden Hyper-G Phasen gut nutzen können, um durch diese Experimente erste Erfahrungen mit dem Einsatz des Gerätes Mobil-O-Graph zu sammeln und mit der Messung des zentralen Blutdruckes und der zentralen Pulswellengeschwindigkeit in der Schwerelosigkeit. Im Folgeprojekt versprechen wir uns vom Einsatz dieser neuen Technologie zur Blutdruckmessung am Oberarm neue Erkenntnisse zur Interaktion von Herz und großen Gefäßen in der Schwerelosigkeit.

Insgesamt wurden im Projektzeitraum drei gemeinsame Publikationen veröffentlicht und 14 Abstracts auf internationalen Kongressen präsentiert (siehe Literatur).

II.2. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Kombination der Erfahrungen aus den Ergebnissen der Flugexperimente „Puls“ und „Pneumocard“ mit neuen ergänzenden Verfahren zur Messung der Herzfunktion verspricht neben einer möglichen besseren Einschätzung des Funktionszustandes des Kosmonauten an Bord der ISS die Klärung kreislaufphysiologischer Fragen die so nur in der Schwerelosigkeit untersucht werden können. Diese Experimente sind sowohl für die klinische Forschung als auch für die Altersforschung auf der Erde von großem Interesse. Darüber hinaus ermöglichen neue Technologien eine praktische Anwendung der im Experiment „Cardiovektor“ entwickelten Hardware und Auswertprogramme in der terrestrischen Medizin z.B. für das Telemonitoring von Patienten mit Herzkreislaufferkrankungen in einem häuslichen Umfeld. Die enge Kooperation mit den Arbeitsgruppen aus Belgien, den USA und Italien hat dazu

geführt, dass neue potenzielle Anwendungen in der terrestrischen Medizin diskutiert wurden und in einem Übersichtsartikel von allen Projektpartnern dargestellt wurde.

II.3. Aktuelle Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Die Entwicklung von neuen Technologien in der Sensortechnik und in der Elektronik haben die Erfolgsaussichten von kleinen, tragbaren Geräte zur Erfassung und Auswertung von Vitalparametern deutlich vergrößert. Die Signale der neuesten Geräte können dabei mit einem smart phone oder iPad aufgezeichnet und ausgewertet werden. Die Ergebnisse können auch telemedizinisch verwertet werden. In Kombination mit klinisch relevanten Funktionstests (Valsalva-Manöver, tiefe Atmung, Stehtest) und deren Auswertung im Vergleich mit Normwerten als Gesundheitstests bei Erwachsenen oder auch Kindern oder bei Patienten im Krankheitsverlauf ergeben sich hier neue, realistische Perspektiven. Seit wenigen Jahren wächst auch das Interesse an der alten Methode der Ballistokardiographie wieder. Durch neue Sensoren, sowie neue Algorithmen der Signalanalysen eröffnen sich auch hier vielleicht Möglichkeiten für ein einfaches Screening der Herzfunktion bei Patienten im häuslichen Umfeld.

II.4. Veröffentlichungen

- (1) Tank J. and Jordan J. Mighty Hearts in Space. *J Physiol.* 2015 Feb 1;593(3):485.
- (2) Inan O, Migeotte PF, Park KS, Etemadi M, Tavakolian K, Casanella R, Zanetti J, Tank J, Funtova I, Prisk K, Di RM. Ballistocardiography and Seismocardiography: A Review of Recent Advances. *IEEE J Biomed Health Inform* 2014 October 7.
- (3) Brinkmann J, Jordan J, Tank J. A pilot study comparison of a new method for aortic pulse wave velocity measurements using transthoracic bioimpedance and thigh cuff oscillometry with the standard tonometric method. *J Am Soc Hypertens.* 2015 Feb 14. [Epub ahead of print]
- (4) Irina Funtova, Elena Luchitskaya, Jens Tank, Roman Baevsky. Perspectives for future studies on individual cardiovascular adaptation to microgravity conditions during long term space flight. ICMS, Berlin, 2014.
- (5) Möstl S, Heusser K, Tank J, Schlegel HW, Prisk GK, Gauger P, Weber HJ, Migeotte PF and Limper U. Cardiac Ejection Power – A new model for evaluating cardiac performance in parabolic flight. ICMS, Berlin, 2014.
- (6) P-F. Migeotte, J. Tank, L. Lejeune, S. Moestl, P. Gauger, L. Beck, M. May, P. Van de Borne, E. Luchitskaya, V. Rusanov, I. Funtova, R.M. Baevsky, G.K. Prisk, U. Limper. Three-dimensional Ballistocardiography in microgravity: comparisons in the same astronaut at

- 20 years interval (Spacelab D2 mission vs the DLR-22nd parabolic flight campaign). ESA life science symposium 2014, Waterloo, Canada.
- (7) Elena Luchitskaya, Roman Baevsky, Irina Funtova, Anna Chernikova, Jens Tank, Eugene Bersenev, Gennady Ivanov, Vasily Rusanov. New space experiments “COSMOCARD” and “CARDIOVEKTOR” as continuation of long term research of crew members cardiovascular system on board the ISS. IAC congress 2014, Toronto, Canada.
 - (8) Migeotte PF, Lejeune L, Deliere Q, Caiani E, Casellato C, Tank J, Funtova I, Baevsky R, Prisk GK, van de BP. Three dimensional Ballistocardiogram and Seismocardiogram: what do they have in common? Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2014;2014:6085-8.
 - (9) Luchitskaya E, Deliere Q, Diedrich A, Pattyn N, Almorad A, Beck L, Gauger P, Limper U, Funtova I, Baevsky RM, Migeotte PF, Tank J. Timing and source of the maximum of the transthoracic impedance cardiogram (dZ/dt) in relation to the H-I-J complex of the longitudinal ballistocardiogram under gravity and microgravity conditions. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2013;2013:7294-7.
 - (10) Luchitskaya ES, Baevsky RM, Funtova II, Drescher J, Tank J. Hemodynamic monitoring during long term space flight – comparison between lateral (4 electrodes) and longitudinal (8 electrodes) impedance cardiography techniques. Poster, 19th IAA-HIS Symposium 2013, Cologne, Germany
 - (11) Tavakolian K, Blaber AP, Rusanov VB, Baevsky RM, Tank J. The analysis of heart rate variability an estimation of LBNP influences. 19th IAA-HIS Symposium 2013, Cologne, Germany
 - (12) Luchitskaya ES, Tank J, Baevsky RM, Chernikova AG, Funtova II. The Flight experiment “Pneumocard” on board the International Space Station (ISS) – influences of long term space flight on autonomic cardiovascular regulation, respiration and cardiac performance. 19th IAA-HIS Symposium 2013, Cologne, Germany, Posterpreis
 - (13) Luchitskaya ES, Baevsky RM, Funtova II, Drescher J, Tank J. Hemodynamic monitoring during long term space flight – comparison between lateral (4 electrodes) and longitudinal (8 electrodes) impedance cardiography techniques. Oral presentation, 64th IAC 2013, Beijing, China
 - (14) Migeotte PF, Deliere Q, Tank J, Funtova I, Baevsky R, Neyt X, Pattyn N. 3D-ballistocardiography in microgravity: comparison with ground based recordings. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2013;2013:7012-6.
 - (15) Deliere Q, Migeotte PF, Neyt X, Funtova I, Baevsky RM, Tank J, Pattyn N. Cardiovascular changes in parabolic flights assessed by ballistocardiography. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2013;2013:3801-4.

- (16) Migeotte PF, De RS, Tank J, Pattyn N, Funtova I, Baevsky R, Neyt X, Prisk GK. Three dimensional ballisto- and seismo-cardiography: HIJ wave amplitudes are poorly correlated to maximal systolic force vector. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2012;2012:5046-9.
- (17) Migeotte PF, Tank J, Pattyn N, Funtova I, Baevsky R, Neyt X, Prisk GK. Three dimensional ballistocardiography: methodology and results from microgravity and dry immersion. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2011;2011:4271-4.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN siehe Journale	2. Berichtsart Abschlussbericht
3a. Titel des Berichts Nicht-invasive Erfassung des Herzzeitvolumens und der Schlagvolumenvariabilität mittels Impedanzkardiographie und Ballistokardiographie während Langzeitschwerelosigkeit.	
3b. Titel der Publikationen siehe Schlussbericht und Anlagen, 14 Kongressbeiträge, 3 Artikel	
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) J. Tank, R.M. Baevsky	5. Abschlußdatum des Vorhabens 31.01. 2015
4b. Autoren der Publikationen (Name, Vorname(n)) siehe Schlussbericht und Anlagen	6. Veröffentlichungsdatum JPhysiol 02/2015; JBHI 10/2014
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Medizinische Hochschule Hannover Institut für Klinische Pharmakologie OE 5350, I3, Ebene 1 Carl Neuberg Str. 1 30625 Hannover	7. Form der Publikation Fachzeitschriften, Kongressbeiträge
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. PF 300 364 53183 Bonn	9. Ber.Nr. Durchführende Insitution
	10. Förderkennzeichen *) 50WB1117
	11a. Seitenzahl Bericht 7
	11b. Seitenzahl Publikation JPhysiol, 1 S. JBHI. 14 S.
	12. Literaturangaben siehe Anlagen, Artikel und Abstracts
	14. Tabellen siehe Anlagen, Artikel und Abstracts
	15. Abbildungen siehe Anlagen, Artikel und Abstracts
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) IAF Kongresse: Neapel 2012, Beijing, 2013, Toronto 2014, IAA Symposium: Köln 2013, ICMS-Kongress Berlin 2014, ESA Symposium Waterloo 2014, Artikel in J of Physiol (editorial), J.of the Am.Soc. of Hypertension, J. Biomed. Health Informatics	
18. Kurzfassung In diesem Projekt wurden die Kreislaufuntersuchungen an Kosmonauten mit „Pneumocard“ und seit Herbst 2014 mit dem neu entwickelten Gerät „Cardiovektor“ fortgesetzt. Die Prototypen („Pneumocard-Ballisto“) wurden in 2 DLR und 5 ESA Parabellflugkampagnen getestet. Die Flugexperimente an Bord der ISS erfolgten im Rahmen des Russischen Flugexperimentes „Cardiovektor“. Dabei wurde zusätzlich zur Impedanzkardiographie (8 Elektrodentechnik) die 3D-Ballistokardiographie mit 6 Freiheitsgraden in das Gerät integriert. Die Zeitreihenanalyse der Herzfrequenzvariabilität sowie der Variabilität der hämodynamischen Parameter wurde fortgesetzt und um die relativen Änderungen der mechanischen Herzkraft ergänzt. Die bisherigen Ergebnisse aus den Experimenten „Puls“ und „Pneumocard“ konnten reproduziert werden. Dabei konnte erneut gezeigt werden, dass sich die systolische Herzfunktion während der Langzeitschwerelosigkeit und im Ergebnis des derzeitigen Kreislauftrainings nicht verschlechtert. Die ersten Ergebnisse der 3D-Ballistokardiographie an 2 Kosmonauten über den Verlauf von 6 Monaten bestätigten die Annahme, dass die hämodynamischen Parameter zu Beginn des Fluges am höchsten sind und nach etwa 3 Monaten auf die Liegendwerte vor dem Flug zurückgehen. Für eine bessere Interpretation der Herzzeitvolumenmessungen mittels Bioimpedanz wurden Kreislaufuntersuchungen bei Patienten mit künstlichen Herzunterstützungssystemen (LVAD) an der Medizinischen Hochschule Hannover durchgeführt. Im Flugexperiment „Cardiovektor“ sind insgesamt Untersuchungen an 10-12 Kosmonauten jeweils 60 und 30 Tage vor dem Flug, alle 4 Wochen während des Fluges (ca. 6 Monate Flugdauer) sowie 1-4 und 5-7 Tage nach der Landung geplant. Aus diesem Grund wurde eine Fortsetzung des Projektes beantragt Die Ergebnisse sollen langfristig die bisherigen operationellen Anforderungen für die Überwachung von Gesundheit und Sicherheit der Besatzungen der ISS sinnvoll ergänzen sowie neue Erkenntnisse zur Herzkreislaufphysiologie erbringen, die unter Schwerkraftbedingungen nicht gewonnen werden können.	
19. Schlagwörter space medicine, microgravity, cardiovascular physiology, autonomic nervous system, heart rate variability, impedance cardiography, ballistocardiography	
20. Verlag Journal of the American Society of Hypertension, Journal of Physiology	21. Preis

*) Auf das Förderkennzeichen des BMBF soll auch in der Veröffentlichung hingewiesen werden.

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN see journals	2. Type of Report final report
3a. Report Title Non invasive assessment of cardiac output- and stroke volume variability by use of impedance cardiography and ballistocardiography during long term weightlessness.	
3b. Title of Publication see the final report, 14 abstracts at international congresses, 2 articles and one editorial in peer reviewed journals	
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) J. Tank	5. End of Project 31.01.2015
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s)) see final report and attachments	6. Publication Date JPhysiol 02/2015; JBHI 10/2014;
8. Performing Organization(s) (Name, Address) Medizinische Hochschule Hannover Institut für Klinische Pharmakologie OE 5350, I3, Ebene 1 Carl Neuberg Str. 1 30625 Hannover	7. Form of Publication Journal articles, abstracts
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. PF 300 364 53183 Bonn	9. Originator's Report No.
	10. Reference No. 50WB1117
	11a. No. of Pages Report 7
	11b. No. of Pages Publication JPhysiol, 1 pp. JBHI. 14 pp.
	12. No. of References see attachments, articles and abstracts
	14. No. of Tables see attachments, articles and abstracts
	15. No. of Figures see attachments, articles and abstracts
16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date) IAF Congresses: Neapel 2012, Beijing, 2013, Toronto 2014, IAA Symposium: Köln 2013, ICMS-Congress Berlin 2014, ESA Symposium Waterloo 2014, Articles in J of Physiol (editorial), J. of the Am. Soc. of Hypertension, J. Biomed. Health Informatics	
18. Abstract Cardiovascular experiments were continued during the project with "Pneumocard" and with the newly developed device "Cardiovector" since August 2014. The prototypes "Pneumocard-Ballisto" were tested in parabolic flight campaigns (2 DLR and 5 ESA campaigns). The flight experiments on board the ISS were performed as part of the Russian flight experiment "Cardiovector". 3D-Ballistocardiography with 6 degrees of freedom was implemented in addition to the already used impedance cardiography (8 electrodes technique). Time series analysis of heart rate variability and of the variability of hemodynamic parameters was continued and the analysis of relative changes of mechanical cardiac forces was added. The results of the previous flight experiments "Puls" and "Pneumocard" were supported by the first results of the "Cardiovector" experiment. The major finding was that systolic cardiac function was not attenuated during long term weightlessness and regular cardiovascular training. The first results of the 3D-Ballistocardiographie recordings in 2 cosmonauts over 6 months in space were in line with the hypothesis that the hemodynamic parameters are highest early in flight and returned to preflight supine values after about 3 months in space. Heart failure patients with left ventricular assist devices (LVAD) were studied at the Hanover Medical School in order to better understand cardiac output measurements made by impedance cardiography. The flight experiment "Cardiovector" will include pre- (-60, -30), in- (every months), and post-flight (+1-4 and +4-7) measurements in 10-12 cosmonauts. Therefore, we applied for a prolongation of the project. The results of the experiment "Cardiovector" will be used to add important and useful information for operational medical crew health control. Moreover, we expect new insights into cardiovascular physiology, which can only be obtained in weightlessness.	
19. Keywords space medicine, microgravity, cardiovascular physiology, autonomic nervous system, heart rate variability, impedance cardiography, ballistocardiography	
20. Publisher J of Physiol (editorial), J. of the Am. Soc. of Hypertension, J. Biomed. Health Informatics	21. Price