
Schlussbericht zu Nr. 3.2. (4-fach)**50 WB 1718 / Dieter Blottner****Vorhabenbezeichnung:****"Muskeltonus und –steifigkeit bei Astronauten in Schwerelosigkeit
(ESA op.nom Myotones)"****Laufzeit des Vorhabens: 1.6.2017 bis 31.5.2020****Integrative Neuroanatomie, Neuromuskuläres System****Charité Universitätsmedizin Berlin (Gliedkorperschaft FU und HU)****Berlin, den 12.3.2021****Dieter Blottner**

.....
Unterschrift Projektverantwortlicher (ZE)

I. Kurze Darstellung:**1. Aufgabenstellung**

Ziel des Vorhabens (Thema: **Muskeltonus und -steifigkeit bei Astronauten in Schwerelosigkeit** (*Op.nom.* MYOTONES, ESA ausgewähltes ISS Experiment, 14-ILSRA_Prop-0015) ist die erstmalige Bestimmung muskelspezifisch-biomechanischer Messparameter an Astronauten vor, während und nach einem Raumflug bzw. Aufenthalt auf der ISS. Mögliche Veränderungen biomechanischer Eigenschaften der Skelettmuskulatur wie der Muskeltonus und -steifigkeit des ruhenden Körpers (Ruhetonus) in Schwerelosigkeit liegen bis dato nicht vor. Derartige Untersuchungen dienen der allgemeinen individualisierten medizinischen Muskelstatuskontrolle (*personalized medicine body control*) und können neben den schon bestehenden physiologischen (Kreislauf, Atmung, Vegetativum) und psychologischen Körpermessungen (Hirnleistung) an Astronauten (*inflight body control*) wichtige zusätzliche Hinweise über den Status und die Funktionalität des Bewegungsapparates (Skelettmuskel und Myofasiales System) während eines Raumfluges beisteuern.

Zur Erreichung des Vorhabenziels verwenden wir ein kleines handliches und batteriebetriebenes Messgerät (MyotonPRO, Fa. Myoton, Estland, *commercially off-the-shelf device, space-qualified* durch OHB, Bremen) welches es ermöglicht über nicht-invasive d.h. „digitale Palpation“ präzise Messungen z.B. der Muskelspannung, Tonus [Hz]), Muskelsteifigkeit [N/m], sowie –elastizität [log decr], von oberflächlichen Skelettmuskeln und Strukturen des myofaszialen Systems (Faszien, Sehnen) an bis zu zehn ausgewählten Körpermesspunkten in einem gegenseitigen Messprotokoll (2 Astronauten) nach intensivem User-Training am Boden vor einem Raumflug (EAC, JSC, preflight) und über boden-gestützte Videokontrolle an Bord der ISS (z.B. CADMOS Bodenkontrolle, Toulouse) durchzuführen.

Für weitere Analysen dienen a) pre/in/postflight Blutproben (5-10ml Serum, Serummarker z.B. MMPs), b) pre/in/postflight hochauflösende Ultraschallmessungen an den jeweiligen Körpermesspunkten (Strukturquantifizierungen Haut-Faszie-Muskel), sowie c) pre/postflight Kraftmessungen (speziell Wadenmuskulatur) der beteiligten Astronauten. Bis zum Ende des Zuwendungszeitraumes 1718 konnten zunächst komplette Messungen vor, während und nach einem Raumflug (MyotonPRO, Ultraschall, Dynamometrie, Krafttests) von zwei Astronauten (m/w) nach Langzeit-Raumflügen (> 180 Tage ISS) zusammen mit unseren englischen Kooperationspartnern (Prof. Stokes, Univ Southampton UK) sowie mit unserer Kooperationspartnerin von der Deutschen Sporthochschule in Köln (Prof. Albracht, Neuromuskuläre Biomechanik) durchgeführt werden.

Eine bisherige Kurzpublikation zu den Methoden von MYOTONES wurde publiziert (Blottner et al., IAC-19 Washington, USA, Abstract und short article, siehe PDF in Anlage). Publizierbare Studienergebnisse (Originalpublikationen) mit erhöhter n-Zahl von bis dato drei abgeschlossenen ESA und NASA Astronautenmissionen (Stand März 2021: n=3) sind derzeit als Manuskript in Vorbereitung.

Die im Vorhabenszeitraum 2017-2020 gesammelten Blutproben sind wie die noch weiteren Blutproben im gesicherten Laborkühlschrank tiefgefroren gelagert (minus 80°C) und werden zu einem späteren Zeitpunkt als statistische Probensammlung analysiert.

Weitere Untersuchungen im Zuwendungszeitraum 2017-2020 (abgeschlossene bzw. weiter durchgeführte Untersuchungen bzw. Publikationen aus bereits abgeschlossenen Vorhaben)

Muscle Biopsy (ISS Experiment 2015-2020). Dieses ISS Experiment läuft seit 2015 und hat zum Ziel, Muskelproben aus zwei unterschiedlichen Beinmuskeln (Vastus lateralis, Soleus) von Astronauten unter dem Aspekt der schwerelosigkeits-abhängigen Stickstoffmonoxid-Synthase (NOS) Expression in der Muskulatur erstmalig zu untersuchen. NOS Proteine sind für die normale und aktive Muskelfunktion von Bedeutung und führen u.a. im inaktiven Muskel zu unbalancierter (zu viel / zu wenig) Freisetzung von freien hochreaktiven Sauerstoff-Radikalen (NO/ONOO-Derivate) im Gewebe mit entsprechenden Funktionseinbußen (z.B. Muskelsteifigkeit, Kontraktionsfähigkeit). Die Muskelproben wurden vor und während ihres Langzeit-Raumfluges von durchschnittlich 6 Monaten (180 Tagen) aus dem Bein von Astronauten im vollen Umfang (d.h. preflight / postflight, beide Muskeln) gewonnen (Biopsieorte: DLR/EAC und JSC Houston) und

konnten schwerpunktmäßig in 2019-2020 (nach vollständiger Probensammlung aus n=5 Astronautenmissionen) in unserem Labor an der Charité Berlin nunmehr vergleichend analysiert und ausgewertet werden. Ein Original-Manuskript ist derzeit in Vorbereitung, weitere Publikationen folgen nach abgeschlossener Datenanalyse demnächst zusammen mit unseren nationalen Kooperationspartnern (DLR Humanphysiologie, Prof. Rittweger & Team) sowie internationalen Kooperationspartnern (Prof. Gelfi, Univ Milano, Italien).

Cocktail (OXYMUS) Kopf-Tieflage-Studie Toulouse (2017-2018). Diese Ernährungsstudie an der MEDES Klinik in Toulouse, Frankreich, hatte zum Ziel Muskelproben (M. vastus lateralis Biopsien, Kniestrecker Oberschenkelmuskel) von freiwilligen männlichen Probanden mit und ohne orale Gabe einer speziellen Ernährungsdiät gegen oxidativen Gewebestress (d.h. Mix aus verschiedenen anti-oxidativen Substanzen, daher der Name „COCKTAIL-Studie“) mit modernen Gewebe- und Zellanalysen (quantitative PCR, Proteomics, NITRO-DIGE, Konfokale Lasermikroskopie) zu untersuchen. Ziel der Studie war es die Wirkung oral aufgenommener anti-oxidativer Substanzen auf muskelrelevante speziellen Schlüssel-Proteinen der Oxidativen / Nitrosativen Stressabwehr (Redox Homeostasis, *anti-oxidant-response element*, ARE Gene) nach längerer Muskelinaktivität in Bettruhe (ohne Muskeltraining) abschließend zu bewerten. Aus dieser Studie sind im Zuwendungszeitraum bisher 2 Original-Publikationen mit Koautorenschaften unserer französischen und italienischen Kooperationspartner entstanden (Arc-Chagnaud et al., Front Physiology 2020; Blottner et al., Antioxidants 2021, siehe PDF Anlagen).

het-Mäuse (Untersuchungen zur Homer Signal-Expression an der neuromuskulären Synapse an der Mausmutante mit angeborenen Gleichgewichtsstörungen) von Herrn Gabor Trautmann (Arzt und Medizindoktorand). Ein Abstract wurde beim IAC-18 in Bremen durch den Doktoranden Trautmann et al. als Kurzartikel bei der International Astronautical Federation (IAF) publiziert (siehe PDF in Anlage).

Probandenstudien (6° Kopf-Tieflage): Im Rahmen einer am DLR:envihab in Köln durchgeführten 60 Tage Kopf-Tieflagestudie (RSL-Studie, 2016) haben wir Muskelproben (VL, SOL) aus den Beinmuskulatur von freiwilligen männlichen Probanden (n=24) daraufhin untersucht, ob und in welcher Form ein hoch-intensitäts Muskeltraining (HIT) mit reaktiven Sprüngen (reactive jumps) die Muskelatrophie und damit verbundene Zell- und Gewebeänderungen (speziell Mikrostruktur vom Muskelfasern, Blutkapillardichte und oxidative Kapazität von Muskelfasern) im Skelettmuskel nach längerer Bettruhe (long-term bedrest) signifikant verbessern kann. Eine Originalpublikation liegt vor, Blottner et al., Front Physiol 2020 (PDF im Anhang).

Im Rahmen einer 21 Tage Kopf-Tieflagestudie (*mid-term bedrest*, MEDES, Toulouse, Frankreich) haben wir in Kooperation mit unseren deutschen (Univ. Bonn), französischen (Univ. Straßburg, Frankreich) und englischen Kooperationspartnern (Dublin City University, Ireland) Muskelbiopsien (M. vastus lateralis) von freiwilligen Probanden auf die Wirkung eines resistiven Muskelvibrationstrainings (RVE) gegenüber Kontrollen auf strukturelle Änderungen in der Muskelstruktur, sowie metabolische Veränderungen wie Insulinresistenz und Mitochondriale Funktionen nach 3-wöchiger Kopf-Tieflage hin untersucht. Eine gemeinsame Publikation liegt vor (Kenny HC et al., Diabetologia 2017, siehe PDF in Anlage).

Tierexperimentelle Studien: Im Rahmen eines 2015-2016 durchgeführten Satellitenflugexperiments (**BION-M1**) mit Mäusen (Kooperation DLR, Charité und IMBP, Moskau) haben wir im Förderzeitraum 2017-2020 weitere Untersuchungen zur Expression von HOMER Synapsenproteinen an gewonnenen Muskelproben abgeschlossen und zusammen mit unseren italienischen (Univ. Milano, Univ. Padua) und internationalen Kooperationspartnern (Johns Hopkins Univ, USA; Beihang Univ Beijing, China) abgeschlossen. Eine Originalmanuskript zur Publikation ist eingereicht (Ms. in Revision).

Gastwissenschaftler (China): Im Rahmen einer weiteren Kooperation mit 1-jährigem Aufenthalt eines Wissenschaftlers (Doktorand) aus China in der AG Neuromuskuläres System an der Charité Berlin (YF Huang 2015-2016) haben wir Untersuchungen zur Struktur und Funktion von Fasziensstrukturen sowie anhand von Knochenproben (Gefrierproben) aus einem im Labor in China etablierten Rattenmodell (tail suspended rat) in unserem Labor näher untersucht und im Vorhabenszeitraum 2017-2020 zur Publikation vorbereitet. Es liegen 2 Originalpublikationen sowie 1 Übersichtsarbeit (Review) vor (Blottner et al., REACH 2019; Huang et al., Front Physiol 2019; Wang S et al., Acta Astronautica 2019, siehe PDF im Anhang).

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Folgende positive wie einschränkende Bedingungen haben die geplanten Arbeiten von MYOTONES (sowie anderer im Vorhabenszeitraum laufende Arbeiten) beeinflusst:

1. Nach erfolgreicher Rekrutierung mehrerer NASA Astronauten in 2019 und 2020 für MYOTONES konnten wir die Anzahl der Probanden mit aktiven Flugmöglichkeiten erheblich aufstocken. Dieser glückliche Umstand von weiteren Flugmöglichkeiten mit Langzeit-Astronauten und Astronautinnen konnte aufgrund der kompletten Covid-19 Reisebeschränkungen im In- und Ausland für unser Team nur durch eine praktische Arbeitsteilung der vor-Ort Untersuchungen für MYOTONES mit Videokonferenzen am EAC und JSC Houston, sowie in CADMOS in Toulouse durch intensive Unterstützung der Esa, CNES, Nasa und DLR in hervorzuhebender Art und Weise ermöglicht werden.
2. Wesentliche Gewebeuntersuchungen (Biopsien, Maus- und Rattengewebebeobachten) konnten durch Beschaffung eines modernen Konfokalen Lasermikroskopes der Fa. Leica, TCS SP-8, aus BMWi/DLR Mitteln in unserem Labor an der Charité Berlin durchgeführt werden.
3. Weitere Kontrollexperimente mit Zellkulturen (Muskelzellen, Nervenzellen) konnten durch Beschaffung von Zellkulturlaborgeräten (Sicherheitswerkbank, CO2-Inkubator, Megafuge, Wasserbad) im Zuwendungszeitraum und darüber hinaus ermöglicht werden.
4. Die Geräteanschaffung eines zweiten mobilen MyotonPRO Gerätes ermöglichte die zeitgleiche Verwendung an verschiedenen Studienorten (EAC / JSC) mit ESA und NASA Astronauten.
5. Nach räumlicher und personaler Umstrukturierung der drei Anatomischen Institute an der Charité (wg. Neuberufung eines Professors) in 2018-2019 fand ein Institutswechsel der AG Neuromuskuläres System mit allen Geräten jedoch unter Abtretung von ca. 35% der ursprünglichen Projekt-Forschungsflächen unserer AG von der Vegetativen Anatomie / Funktionelle Anatomie (neue Leitung: Prof. Ochs) zur Integrative Neuroanatomie (Leitung Prof. Vida) statt.

6. Muskelproben aus Tierexperimenten (het-Mäusemutanten, BION-M1 Mäuse, China Ratten) wurden bei minus 80° tiefgefroren in unserem Labortiefkühlschrank von den jeweiligen Kooperationspartnern zur Verwendung im Labor gelagert und verwendet.
7. Die Covid-19 Pandemie bedingte Laborschließung für Forschungslabore („SARS-CoV2 risikoadaptierten Präsenzforschung“ der Fakultätsleitung der Charité Berlin) ab März 2019 führte naturgemäß zu Verzögerung der geplanten praktischen Laborarbeiten in Präsenz im Zuwendungszeitraum (bis dato).
8. Die Planung und Ausführung des Forschungsvorhaben war und ist Pandemie-bedingt durch eine geschätzte doppelte Lehrbelastung (Zeitaufwand, Erstellung anatomischen Unterrichtsmaterial, Videovorlesungen, *home office*) zusätzlich herausgefordert, jedoch konnte dieser Umstand durch die flexible und kurzfristige Studienplanung seitens aller beteiligten Stellen (NASA, ESA, DLR, siehe 1.) und Teammitglieder in hervorragender Weise in großen Teilen kompensiert werden.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens (MYOTONES)

Untersuchungsorte Inland / EU / Übersee (Reisen):

- a) Bodenuntersuchungen (2x pre/ 4x postflight baseline data collection), Analysen 1. – 5.
Esa EAC / DLR:envihab, Köln
JSC, Houston, TX
- b) Flugexperiment (2 x inflight / Flug), nur Analysen 1.-2.:
Internationale Raumstation (ISS), Columbus Modul der ESA (Crew operator & subject)
CNES-CADMOS, Toulouse, Frankreich
(Science Team wg. Live Videolink zu Myotones-Sessions)

Folgende Analysen kamen zur Anwendung (vgl. S. 7 ff):

1. Myotonometrie (MyotonPRO): Nicht-invasive Datensammlung an 10 ausgesuchten Hautmesspunkten MP 1-10 (Muskeln, Sehnen, Faszien, Liste vgl. II.1.) von Astronauten (m/w)
2. Ultraschalluntersuchungen (B-Modus) an 10 ausgesuchten Hautmesspunkten MP1-10
3. Hauttemperaturmessungen an MP1-10 mittels Thermokamera (FLIR System)
4. Cybex-2000 Dynamometrie (Muskelkrafttest) mit Oberflächen-Elektromyografie (sEMG)
5. Magnet-Resonanz-Tomographie Siemens (MRT) des kompletten Unterschenkels (Wadenmuskulatur mit Achillessehne)

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Für MYOTONES wurde ein für die Weltraummedizin qualifiziertes MyotonPRO Gerät (Prototyp myoton.com, Estland; *space qualified by* OHB, Bremen) zur Anwendung bei Astronauten auf der ISS verwendet. Im Wesentlichen wurde ein Ein/Ausschalter, ein nicht brennbares Plastikgehäuse, sowie eine von der NASA zugelassene Batterie eingebaut. Mit diesem *space-qualified* Gerät wurden an 10 unterschiedlichen Körperregionen die biomechanischen Parameter Muskeltonus, -elastizität und -steifigkeit (biologische Materialeigenschaften) von oberflächlichen Muskeln, Sehnen und Faszien des gesamten Körpers erstmals unter Schwerelosigkeitsbedingungen anhand eines

neu entwickelten Messprotokolles von und mit Astronauten gegenseitig auf der ISS getestet. Eine abschließende Bewertung ist im vorliegenden Schlussbericht wegen der noch zu geringen statistischen Probandenanzahl (n=2) noch nicht möglich.

Die mobile Myoton -Technologie wurde bisher im Parabelflug der ESA (Schneider et al., 2015), in einer ESA Langzeit-Kopf-Tieflagestudie (RSL Studie, Köln, Schoenrock et al., 2018), sowie in einer Kurzzeitstudie mit Trockenimmersion (Dry Immersion, MEDES Toulouse, Demangel et al., 2017) an einigen wenigen ausgewählten Einzelmuskeln erfolgreich eingesetzt.

Die weiteren derzeitigen Anwendungsgebiete sowie Messprotokolle mit dem kommerziell erhältlichen Prototypus sind anhand der in den letzten Jahren ansteigenden Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen dokumentiert (vgl. 5.).

Die für das Projekt verwendete weiterführende Fachliteratur ist in den Referenzen der im Bericht aufgeführten eigenen Originalpublikationen zu entnehmen (vgl. 6.).

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen:

J. Rittweger, Ulrich Limper (Muscle Biopsy, Gewebeentnahme)
Humanphysiologie
DLR Köln-Porz

K. Albracht
Biomechanik (MYOTONES Dynamometrie & EMG, MRT)
Deutsche Sporthochschule Köln

A. Kramer (60 Tage RSL-Studie, Trainingsmethodik)
Sportwissenschaften
Universität Konstanz

M. Stokes, P. Muckelt, M. Warner (MYOTONES Ultraschall)
Southampton University
U.K.

A. Chopard (Cocktail-Studie)
Universität Montpellier
Frankreich

D. O'Gorman (21 Tage MTBR Studie Toulouse)
Dublin City University
Irland

P. Volpe (HOMER qPCR)
CNR Neuroscience Institute
Universität Padua
Italien

C. Gelfi (-omics Technologien)

CNR Istituto di Bioimagini e Fisiologia Molecolare
Universität Mailand
Italien

P. Worley (Homer k.o.-Mäusemutanten)
Johns Hopkins University
Chapel Hill, North Carolina
USA

L-W. Sun, Y. Huang (Gastwissenschaftler Charité)
Beihang University
Beijing
China

II. Eingehende Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse (MYOTONES)

Hinweis: Text (vertraulicher Teil) des originalen DLR Schlussberichtes an dieser Stelle entfernt (in Abstimmung mit dem DLR Projektträger Email vom 7.3.2022).

Vorläufige Resultate (MYOTONES):

Hinweis: Text (vertraulicher Teil) des originalen DLR Schlussberichtes an dieser Stelle entfernt (in Abstimmung mit dem DLR Projektträger Email vom 7.3.2022).

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweis

2.1 Personalkosten:

- 1 Wiss Mitarbeiterin, TVÄ, Vollzeit (Ärztin)
Summe EUR 205.528,00

2.2. Gerätekosten:

Sterile Werkbank, CO2 Inkubator, Megafuge
Wasserbad
MyotonPRO (zweitgerät)
Summe: EUR 33.129,50

2.3. Sachkosten

Für die geplanten Analysen sind Sachkosten in angemessener Höhe angefallen, die sich aus der Beschaffung spezieller primärer und sekundärer Antikörper, Alexa-Detektionskits, Tool-Kits,

Zellkulturmedien und Substanzen, sowie weiterer Laborverbrauchsmaterialien für den Projektzeitraum ergeben.

Summe: 49.474,87

3. Notwendigkeit der geleisteten Arbeit

Die für das Projekt geleistete Arbeit der ausfinanzierten Mitarbeiterinnen sowie des Projektleiters des ZE war zu jedem Zeitpunkt und im vollen Ausmaß für das Gelingen des Projektes mit Durchführung an der Charité Berlin notwendig. Der ZE selbst hat als außerplanmäßiger Professor und Hochschullehrer neben den Forschungsaufgaben auch einen beträchtlichen Teil in der universitären Lehre (Unterrichtsstunden und organisatorischer Modulvorsitz), Doktorandenbetreuung und Prüfungen eigenständig abzudecken und alle Verwaltungsaufgaben diesbezüglich auch selbst zu erbringen. Eine personelle Unterstützung seitens der Charité und des Instituts für Anatomie (z.B. Sekretariatsarbeiten, beantragte Zuweisung von Mitarbeitern aus dem Personalpool des Instituts für Integrative Neuroanatomie), an dem der ZE organisatorisch zugeordnet ist, sind bis auf Ausnahmen im Sinne der Mittelbewirtschaftung des Projektes durch die Finanzabteilung der Charité (Drittmittelverwaltung), nicht bereit gestellt. Die durch die Pandemiebedingte zusätzlichen Lehrleistungen des ZE konnte aufgrund der Durchführung eines online-Unterrichtes an der Charité in bisher zwei aufeinanderfolgenden Studiensemestern nur mit einem geschätzten doppelten Mehraufwand an Zeit und Erstellung von anatomischen Unterrichtsmaterialien und Video-Vorlesungen pro Semesterwoche (d.h., 16 Wochen im Winter- und Sommersemester) durchgeführt werden.

4. Voraussichtlicher Nutzen (Verwertungsplan)

Das Vorhaben MYOTONES untersucht erstmals die biomechanischen Veränderungen der globalen Skelettmuskulatur einschließlich ausgesuchter Sehnen und Faszien von Astronauten während eines gesamten Mission zur Internationalen Raumstation (ISS). Durch Einsatz einer objektiven, handlichen und nicht-invasiven Messmethode (MyotonPRO) in Zusammenhang mit einem stringent durchführbaren d.h. astronautengerechten Stufen-Protokoll (Lokalisation von und Datenerfassung an 10 einzelnen Hautmesspunkten in körperlichen Entspannung am Boden und auf der ISS) für die Crewmitglieder einer Mission soll der wissenschaftliche Beweis für ein in Schwerelosigkeit angewandtes Testverfahren zur Bestimmung des akuten Muskelstatus von Astronauten vor, während, und nach einem längeren Raumflug (180 Tage und mehr) erstmals erbracht werden. Sollte eine erfolgreiche Datenerhebung und Analyse (bisher nur n=2) an einer größeren geplanten Anzahl von Astronauten (n=12, Anschlussprojekt 50WB2029, 2020-2023) an allen wichtigen Messpunkten des Körpers valide und reliabel bestätigt werden können, würde unser myometrisches Testprotokoll bei zukünftigen Weltraumflügen als zusätzliches *monitoring* der Muskelgesundheit im Allgemeinen und der objektiven Bewertung des Trainingszustandes während des Muskeltrainings auf der ISS eine sinnvolle und nutzungsrelevante Anwendung in der zukünftigen Weltraummedizin finden.

Die steigende Anzahl von wissenschaftlichen Publikationen (>60) insbesondere in den zurückliegenden Jahren 2018-2020 von nationalen und internationalen Forschergruppen aus verschiedenen klinischen und nicht-klinischen Forschungsfeldern außerhalb der Weltraummedizin (siehe Publikationsliste Schlussbericht) zeigen das große Interesse und die erfolgreiche

Anwendung der mobilen myometrischen Messmethode für viele weitere Anwendungsgebiete in der Gesundheits- und Präventionsforschung sowie als leicht durchführbares Messprotokoll zur objektivierten Bewertung eines Therapieerfolges im klinischen Alltag und Praxis.

5. Fortschritte während des Vorhabens

Hierzu zählen vor allem Publikationen der eigenen (**ZE, Namen der AG Mitglieder in Fettdruck**) wie auch Studien unter Verwendung des MyotonPRO Messgerätes (Methodik) auf unterschiedlichen Forschungsgebieten (außerhalb des eigenen Forschungsvorhabens) z.B., Klinische Studien, Rehabilitation, Sportmedizin, Sportwissenschaften, Physikalische Medizin, Geriatrie, Grundlagenforschung), sowie speziell aus der Weltraummedizin (eigenes Vorhaben).

PubMed Recherche mit Stichwort „MyotonPRO“ vom 10. März 2021 (11:46h), 54 Treffer

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=MyotonPRO&sort=pubdate>

[Diurnal variations in the expression of core-clock genes correlate with resting muscle properties and predict fluctuations in exercise performance across the day.](#)

Basti A, Yalçın M, Herms D, Hesse J, Aboumanify O, Li Y, Aretz Z, Garmshausen J, El-Athman R, **Hastermann M, Blottner D**, Relógio A.

BMJ Open Sport Exerc Med. 2021 Feb 10;7(1):e000876. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000876. eCollection 2021.

PMID: 33680499 **Free PMC article.**

[Quantification of the Masseter Muscle Hardness of Stroke Patients Using the MyotonPRO Apparatus: Intra- and Inter-Rater Reliability and Its Correlation with Masticatory Performance.](#)

Song C, Yu YF, Ding WL, Yu JY, Song L, Feng YN, Zhang ZJ.

Med Sci Monit. 2021 Jan 30;27:e928109. doi: 10.12659/MSM.928109.

PMID: 33515446 **Free PMC article.**

[Effects on Neuromuscular Function After Ischemic Compression in Latent Trigger Points in the Gastrocnemius Muscles: A Randomized Within-Participant Clinical Trial.](#)

Pérez-Bellmunt A, Simon M, López-de-Celis C, Ortiz-Miguel S, González-Rueda V, Fernandez-de-Las-Peñas C.

J Manipulative Physiol Ther. 2021 Jan 8:S0161-4754(20)30156-1. doi: 10.1016/j.jmpt.2020.07.015. Online ahead of print.

PMID: 33431281

[Stiffness of the Gastrocnemius-Achilles Tendon Complex Between Amateur Basketball Players and the Non-athletic General Population.](#)

Chang TT, Li Z, Wang XQ, Zhang ZJ.

Front Physiol. 2020 Dec 10;11:606706. doi: 10.3389/fphys.2020.606706. eCollection 2020.

PMID: 33362580 **Free PMC article.**

[Interrater and Intrarater Reliability of a Handheld Myotonometer in Measuring Mechanical Properties of the Neck and Orofacial Muscles.](#)

Taş S, Yaşar Ü, Kaynak BA.

J Manipulative Physiol Ther. 2021 Jan;44(1):42-48. doi: 10.1016/j.jmpt.2020.08.002. Epub 2020 Nov 26.

PMID: 33248749

[The Reliability of MyotonPRO in Assessing Masseter Muscle Stiffness and the Effect of Muscle Contraction.](#)

Yu JF, Chang TT, Zhang ZJ.

Med Sci Monit. 2020 Nov 2;26:e926578. doi: 10.12659/MSM.926578.

PMID: 33137025 **Free PMC article.**

[Objective Assessment of Regional Stiffness in Achilles Tendon in Different Ankle Joint Positions Using the MyotonPRO.](#)

Chang TT, Feng YN, Zhu Y, Liu CL, Wang XQ, Zhang ZJ.

Med Sci Monit. 2020 Oct 19;26:e926407. doi: 10.12659/MSM.926407.

PMID: 33071278 **Free PMC article.**

[Neuromuscular Control of Ankle-stabilizing Muscles-specific Effects of Sex and Menstrual Cycle.](#)

Howailed IA, Lee H.

Int J Sports Med. 2021 Mar;42(3):270-276. doi: 10.1055/a-1236-3654. Epub 2020 Sep 13. PMID: 32920801

[Effects of Thoracic Mobilization and Extension Exercise on Thoracic Alignment and Shoulder Function in Patients with Subacromial Impingement Syndrome: A Randomized Controlled Pilot Study.](#)

Park SJ, Kim SH, Kim SH.

Healthcare (Basel). 2020 Sep 2;8(3):316. doi: 10.3390/healthcare8030316.

PMID: 32887287 **Free PMC article.**

[Reliability of Myotonometric Measurement of Stiffness in Patients with Spinal Cord Injury.](#)

Ge JS, Chang TT, Zhang ZJ.

Med Sci Monit. 2020 Jul 28;26:e924811. doi: 10.12659/MSM.924811.

PMID: 32719308 **Free PMC article.**

[The Acute Effects of Different Intensity Whole-Body Vibration Exposure on Muscle Tone and Strength of the Lower Legs, and Hamstring Flexibility: A Pilot Study.](#)

Saldıran TÇ, Atıcı E, Rezaei DA, Öztürk Ö, Uslu B, Özcan BA, Okudan B.

J Sport Rehabil. 2020 May 29:1-7. doi: 10.1123/jsr.2019-0408. Online ahead of print.

PMID: 32473582

[The MyotonPRO: A reliable tool for quantifying the viscoelastic properties of a trigger point on the infraspinatus in non-traumatic chronic shoulder pain.](#)

Roch M, Morin M, Gaudreault N.

J Bodyw Mov Ther. 2020 Oct;24(4):379-385. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.05.002. Epub 2020 May 6.

PMID: 33218538

[Myotonometry for the evaluation of Achilles tendon mechanical properties: a reliability and construct validity study.](#)

Schneebeli A, Falla D, Clijsen R, Barbero M.

BMJ Open Sport Exerc Med. 2020 Feb 12;6(1):e000726. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000726. eCollection 2020.

PMID: 32153987 **Free PMC article.**

[Analysis of Biomechanical Properties of the Lumbar Extensor Myofascia in Elderly Patients with Chronic Low Back Pain and That in Healthy People.](#)

Wu Z, Zhu Y, Xu W, Liang J, Guan Y, Xu X.

Biomed Res Int. 2020 Feb 18;2020:7649157. doi: 10.1155/2020/7649157. eCollection 2020.

PMID: 32149135 **Free PMC article.**

[Association between myotonometric measurement of masseter muscle stiffness and maximum bite force in healthy elders.](#)

Hara K, Namiki C, Yamaguchi K, Kobayashi K, Saito T, Nakagawa K, Ishii M, Okumura T, Tohara H.

J Oral Rehabil. 2020 Jun;47(6):750-756. doi: 10.1111/joor.12968. Epub 2020 Apr 24.

PMID: 32232877

[The Influence of Dental Occlusion on Dynamic Balance and Muscular Tone.](#)

Julià-Sánchez S, Álvarez-Herms J, Cirer-Sastre R, Corbi F, Burtscher M.

Front Physiol. 2020 Jan 31;10:1626. doi: 10.3389/fphys.2019.01626. eCollection 2019.

PMID: 32082183 **Free PMC article.**

[Quantified biomechanical properties of lower lumbar myofascia in younger adults with chronic idiopathic low back pain and matched healthy controls.](#)

Iahi S, T Masi A, White A, Devos A, Henderson J, Nair K.

Clin Biomech (Bristol, Avon). 2020 Mar;73:78-85. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2019.12.026. Epub 2020 Jan 2.

PMID: 31954272

[A Novel Rehabilitative Protocol in the Treatment of Mixed Urinary Incontinence in Women: The Effects of Focused Mechano-Acoustic Vibration.](#)

Paolucci T, Bellomo RG, Pezzi L, Frondaroli F, Frondaroli S, Santarelli A, Barbato C, Porreca A, Saggini R.

Biores Open Access. 2019 Dec 20;8(1):219-228. doi: 10.1089/biores.2019.0041. eCollection 2019.

PMID: 32042506 **Free PMC article.**

[Mechanical Properties of Muscles around the Shoulder in Breast Cancer Patients: Intra-rater](#)

[and Inter-rater Reliability of the MyotonPRO.](#)

Yeo SM, Kang H, An S, Cheong I, Kim Y, Hwang JH.
PM R. 2020 Apr;12(4):374-381. doi: 10.1002/pmrj.12227. Epub 2019 Nov 4.
PMID: 31359596

[Objective assessment of stiffness in the gastrocnemius muscle in patients with symptomatic Achilles tendons.](#)

Morgan G, Martin R, Welch H, Williams L, Morris K.
BMJ Open Sport Exerc Med. 2019 Oct 18;5(1):e000622. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000622.
eCollection 2019.
PMID: 31749983 **Free PMC article.**

[An investigation of the sex-related differences in the stiffness of the Achilles tendon and gastrocnemius muscle: Inter-observer reliability and inter-day repeatability and the effect of ankle joint motion.](#)

Taş S, Salkın Y.
Foot (Edinb). 2019 Dec;41:44-50. doi: 10.1016/j.foot.2019.09.003. Epub 2019 Sep 29.
PMID: 31704588

[Myotendinous asymmetries derived from the prolonged practice of badminton in professional players.](#)

Bravo-Sánchez A, Abián P, Jiménez F, Abián-Vicén J.
PLoS One. 2019 Sep 10;14(9):e0222190. doi: 10.1371/journal.pone.0222190. eCollection 2019.
PMID: 31504052 **Free PMC article.**

[Reliability of a portable device for quantifying tone and stiffness of quadriceps femoris and patellar tendon at different knee flexion angles.](#)

Chen G, Wu J, Chen G, Lu Y, Ren W, Xu W, Xu X, Wu Z, Guan Y, Zheng Y, Qiu B.
PLoS One. 2019 Jul 31;14(7):e0220521. doi: 10.1371/journal.pone.0220521. eCollection 2019.
PMID: 31365582 **Free PMC article.**

[Managing Paratonia in Persons With Dementia: Short-term Effects of Supporting Cushions and Harmonic Techniques.](#)

Van Deun B, Van Den Noortgate N, Van Bladel A, De Weerd K, Cambier D.
J Am Med Dir Assoc. 2019 Dec;20(12):1521-1528. doi: 10.1016/j.jamda.2019.04.031. Epub 2019 Jun 18.
PMID: 31227470 Clinical Trial.

[Asymmetric biomechanical characteristics of the paravertebral muscle in adolescent idiopathic scoliosis.](#)

Liu Y, Pan A, Hai Y, Li W, Yin L, Guo R.
Clin Biomech (Bristol, Avon). 2019 May;65:81-86. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2019.03.013. Epub 2019 Mar 19.
PMID: 31004964

[The use of adaptive neuro-stimulation for rebalancing posture and muscular tone in a soccer team.](#)

Barassi G, Bellomo RG, Porreca A, Giannuzzo G, Giannandrea N, Pezzi L, Crudeli M, Visciano C, Saggini R.
J Sports Med Phys Fitness. 2019 Oct;59(10):1676-1683. doi: 10.23736/S0022-4707.19.09311-3. Epub 2019 Feb 12.
PMID: 30758167 Clinical Trial.

[The effect of manual therapy on gastrocnemius muscle stiffness in healthy individuals.](#)

Albin SR, Koppenhaver SL, Bailey B, Blommel H, Fenter B, Lowrimore C, Smith AC, McPoil TG.
Foot (Edinb). 2019 Mar;38:70-75. doi: 10.1016/j.foot.2019.01.006. Epub 2019 Jan 11.
PMID: 30665198 **Free PMC article.** Clinical Trial.

[Integrated Rehabilitation Approach with Manual and Mechanic-Acoustic Vibration Therapies for Urinary Incontinence.](#)

Barassi G, Bellomo RG, Frondaroli F, Frondaroli S, Santarelli A, Di Felice PA, Supplizi M, Palermo T, Saggini R.
Adv Exp Med Biol. 2019;1211:41-50. doi: 10.1007/5584_2019_436.
PMID: 31468357

[Pain and Muscles Properties Modifications After Botulinum Toxin Type A \(BTX-A\) and Radial Extracorporeal Shock Wave \(rESWT\) Combined Treatment.](#)

Megna M, Marvulli R, Fari G, Gallo G, Dicuonzo F, Fiore P, Ianieri G.
Endocr Metab Immune Disord Drug Targets. 2019;19(8):1127-1133. doi: 10.2174/1871530319666190306101322.
PMID: 30843498

[The Impact of Paratonia on Fine and Gross Motor Function in Older Adults With Mild and Moderate Dementia.](#)

Van Deun B, Van Den Noortgate N, Van Bladel A, Palmans T, Cambier D.
Alzheimer Dis Assoc Disord. 2019 Jan-Mar;33(1):54-61. doi:
10.1097/WAD.0000000000000278.
PMID: 30371515

[Objective assessment of stiffness in Achilles tendinopathy: a novel approach using the MyotonPRO.](#)

Morgan GE, Martin R, Williams L, Pearce O, Morris K.
BMJ Open Sport Exerc Med. 2018 Dec 5;4(1):e000446. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000446.
eCollection 2018.
PMID: 30588326 **Free PMC article.**

[Myotonometry as a measure to detect myofascial trigger points: an inter-rater reliability study.](#)

Jiménez-Sánchez C, Ortiz-Lucas M, Bravo-Esteban E, Mayoral-Del Moral O, Herrero-Gállego P, Gómez-Soriano J.
Physiol Meas. 2018 Nov 26;39(11):115004. doi: 10.1088/1361-6579/aae9aa.
PMID: 30475742

[\[Assessment of biomechanical properties of paraspinal muscles in adolescent idiopathic scoliosis\].](#)

Pan AX, Hai Y, Liu YZ, Zhang YP, Zhang LM, Li WJ, Yin L, Guo RJ.
Zhonghua Yi Xue Za Zhi. 2018 Nov 20;98(43):3485-3489. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.43.005.
PMID: 30481896 Chinese.

[Assessing the elastic properties of skeletal muscle and tendon using shearwave ultrasound elastography and MyotonPRO.](#)

Feng YN, Li YP, Liu CL, Zhang ZJ.
Sci Rep. 2018 Nov 20;8(1):17064. doi: 10.1038/s41598-018-34719-7.
PMID: 30459432 **Free PMC article.**

[Assessment of Passive Stiffness of Medial and Lateral Heads of Gastrocnemius Muscle, Achilles Tendon, and Plantar Fascia at Different Ankle and Knee Positions Using the MyotonPRO.](#)

Huang J, Qin K, Tang C, Zhu Y, Klein CS, Zhang Z, Liu C.
Med Sci Monit. 2018 Oct 23;24:7570-7576. doi: 10.12659/MSM.909550.
PMID: 30352050 **Free PMC article.**

[Changes in Muscle Stiffness of the Trapezius Muscle After Application of Ischemic Compression into Myofascial Trigger Points in Professional Basketball Players.](#)

Kisilewicz A, Janusiak M, Szafraniec R, Smoter M, Ciszek B, Madeleine P, Fernández-de-Las-Peñas C, Kawczyński A.
J Hum Kinet. 2018 Oct 15;64:35-45. doi: 10.2478/hukin-2018-0043. eCollection 2018 Sep.
PMID: 30429897 **Free PMC article.**

[Reproducible Measurements of Muscle Characteristics Using the MyotonPRO Device: Comparison Between Individuals With and Without Paratonia.](#)

Van Deun B, Hobbelen JSM, Cagnie B, Van Eetvelde B, Van Den Noortgate N, Cambier D.
J Geriatr Phys Ther. 2018 Oct/Dec;41(4):194-203. doi: 10.1519/JPT.0000000000000119.
PMID: 28005829

[Quantifying the Stiffness of Achilles Tendon: Intra- and Inter-Operator Reliability and the Effect of Ankle Joint Motion.](#)

Liu CL, Li YP, Wang XQ, Zhang ZJ.
Med Sci Monit. 2018 Jul 14;24:4876-4881. doi: 10.12659/MSM.909531.
PMID: 30006997 **Free PMC article.**

[Reliability of tensiomyography and myotonometry in detecting mechanical and contractile characteristics of the lumbar erector spinae in healthy volunteers.](#)

Lohr C, Braumann KM, Reer R, Schroeder J, Schmidt T.
Eur J Appl Physiol. 2018 Jul;118(7):1349-1359. doi: 10.1007/s00421-018-3867-2. Epub 2018 Apr 20.
PMID: 29679246

[Bed Rest, Exercise Countermeasure and Reconditioning Effects on the Human Resting Muscle Tone System.](#)

Schoenrock B, Zander V, Dern S, Limper U, Mulder E, Veraksitš A, Viir R, Kramer A, Stokes MJ, **Salanova M**, Peipsi A, **Blottner D**.
Front Physiol. 2018 Jul 3;9:810. doi: 10.3389/fphys.2018.00810. eCollection 2018.

PMID: 30018567 **Free PMC article.**

[Between-day reliability of MyotonPRO for the non-invasive measurement of muscle material properties in the lower extremities of patients with a chronic spinal cord injury.](#)

Ko CY, Choi HJ, Ryu J, Kim G.

J Biomech. 2018 May 17;73:60-65. doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.03.026. Epub 2018 Mar 17.

PMID: 29599041

[Effects of extracorporeal shock wave therapy on upper extremity muscle tone in chronic stroke patients.](#)

Park SK, Yang DJ, Uhm YH, Yoon JH, Kim JH.

J Phys Ther Sci. 2018 Mar;30(3):361-364. doi: 10.1589/jpts.30.361. Epub 2018 Mar 2.

PMID: 29581652 **Free PMC article.**

[Glucocorticoid-Induced Changes in Rat Skeletal Muscle Biomechanical and Viscoelastic Properties: Aspects of Aging.](#)

Alev K, Vain A, Aru M, Pehme A, Purge P, Kaasik P, Seene T.

J Manipulative Physiol Ther. 2018 Jan;41(1):19-24. doi: 10.1016/j.jmpt.2017.06.009.

PMID: 29366489

[Psychometric Properties of the MyotonPRO in Dementia Patients with Paratonia.](#)

Drenth H, Zuidema SU, Krijnen WP, Bautmans I, van der Schans C, Hobbelen H.

Gerontology. 2018;64(4):401-412. doi: 10.1159/000485462. Epub 2017 Dec 22.

PMID: 29268250

[Characterization of tissue stiffness of the infraspinatus, erector spinae, and gastrocnemius muscle using ultrasound shear wave elastography and superficial mechanical deformation.](#)

Kelly JP, Koppenhaver SL, Michener LA, Proulx L, Bisagni F, Cleland JA.

J Electromyogr Kinesiol. 2018 Feb;38:73-80. doi: 10.1016/j.jelekin.2017.11.001. Epub 2017 Nov 11.

PMID: 29175615

[Between-days intra-rater reliability with a hand held myotonometer to quantify muscle tone in the acute stroke population.](#)

Lo WLA, Zhao JL, Chen L, Lei D, Huang DF, Tong KF.

Sci Rep. 2017 Oct 26;7(1):14173. doi: 10.1038/s41598-017-14107-3.

PMID: 29074974 **Free PMC article.**

[Assessing the viscoelastic properties of upper trapezius muscle: Intra- and inter-tester reliability and the effect of shoulder elevation.](#)

Liu CL, Feng YN, Zhang HQ, Li YP, Zhu Y, Zhang ZJ.

J Electromyogr Kinesiol. 2018 Dec;43:226-229. doi: 10.1016/j.jelekin.2017.09.007. Epub 2017 Oct 19.

PMID: 29103836

[Feasibility of using a hand-held device to characterize tendon tissue biomechanics.](#)

Sohirad S, Wilson D, Waugh C, Finnamore E, Scott A.

PLoS One. 2017 Sep 6;12(9):e0184463. doi: 10.1371/journal.pone.0184463. eCollection 2017.

PMID: 28877266 **Free PMC article.**

[The effect of topical thiocolchicoside in preventing and reducing the increase of muscle tone, stiffness, and soreness: A real-life study on top-level road cyclists during stage competition.](#)

Gervasi M, Sisti D, Benelli P, Fernández-Peña E, Calcabrini C, Rocchi MBL, Lanata L,

Bagnasco M, Tonti A, Vilberto S, Sestili P.

Medicine (Baltimore). 2017 Jul;96(30):e7659. doi: 10.1097/MD.0000000000007659.

PMID: 28746232 **Free PMC article.**

[Muscular viscoelastic characteristics of athletes participating in the European Master Indoor Athletics Championship.](#)

Gervasi M, Sisti D, Amatori S, Andreatza M, Benelli P, Sestili P, Rocchi MBL, Calavalle AR.

Eur J Appl Physiol. 2017 Aug;117(8):1739-1746. doi: 10.1007/s00421-017-3668-z. Epub 2017 Jun 24.

PMID: 28647869

[Quantitative tissue parameters of Achilles tendon and plantar fascia in healthy subjects using a handheld myotonometer.](#)

Orner S, Kratzer W, Schmidberger J, Grüner B.

J Bodyw Mov Ther. 2018 Jan;22(1):105-111. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.06.015. Epub 2017 Jun 21.

PMID: 29332731

[Effects of Karate Fights on Achilles Tendon Stiffness Measured by Myotonometry.](#)

Pożarowski B, Pawlaczyk W, Smoter M, Zarzycki A, Mroczek D, Kumorek M, Witkowski K,

Adam K.

J Hum Kinet. 2017 Mar 12;56:93-97. doi: 10.1515/hukin-2017-0026. eCollection 2017 Feb. PMID: 28469747 **Free PMC article.**

[Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache.](#)

Park SK, Yang DJ, Kim JH, Heo JW, Uhm YH, Yoon JH.

J Phys Ther Sci. 2017 Feb;29(2):332-335. doi: 10.1589/jpts.29.332. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28265168 **Free PMC article.** Review.

[Relative and Absolute Interrater Reliabilities of a Hand-Held Myotonometer to Quantify Mechanical Muscle Properties in Patients with Acute Stroke in an Inpatient Ward.](#)

Lo WLA, Zhao JL, Li L, Mao YR, Huang DF.

Biomed Res Int. 2017;2017:4294028. doi: 10.1155/2017/4294028. Epub 2017 Oct 15. PMID: 29164148 **Free PMC article.**

[Myotonometry Reliably Measures Muscle Stiffness in the Thenar and Perineal Muscles.](#)

Davidson MJ, Bryant AL, Bower WF, Frawley HC.

Physiother Can. 2017;69(2):104-112. doi: 10.3138/ptc.2015-85. PMID: 28539690 **Free PMC article.**

[Effects of aging on mechanical properties of sternocleidomastoid and trapezius muscles during transition from lying to sitting position-A cross-sectional study.](#)

Kocur P, Grzeskowiak M, Wiernicka M, Goliwas M, Lewandowski J, Łochyński D.

Arch Gerontol Geriatr. 2017 May-Jun;70:14-18. doi: 10.1016/j.archger.2016.12.005. Epub 2016 Dec 15.

PMID: 28012296

[Effect of MELT method on thoracolumbar connective tissue: The full study.](#)

Sanjana F, Chaudhry H, Findley T.

J Bodyw Mov Ther. 2017 Jan;21(1):179-185. doi: 10.1016/j.jbmt.2016.05.010. Epub 2016 Jun 3. PMID: 28167175 Clinical Trial.

6. Publikationen (Projektzeitraum 2017-2020):

Literaturrecherche PubMed vom 10. März 2021, (12:07h) Stichwort „Blottner D“, 9 Treffer

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Blottner+D&sort=date>

A1) Eigene Originalpublikationen, Reviews (peer-reviewed)

1. [Diurnal variations in the expression of core-clock genes correlate with resting muscle properties and predict fluctuations in exercise performance across the day.](#)
Basti A, Yalçın M, Herms D, Hesse J, Aboumanify O, Li Y, Aretz Z, Garmshausen J, El-Athman R, **Hastermann M, Blottner D**, Relógio A.
BMJ Open Sport Exerc Med. 2021 Feb 10;7(1):e000876. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000876. eCollection 2021.
PMID: 33680499 **Free PMC article.**
2. [Evaluation of an Antioxidant and Anti-inflammatory Cocktail Against Human Hypoactivity-Induced Skeletal Muscle Deconditioning.](#)
Arc-Chagnaud C, Py G, Fovet T, Roumanille R, Demangel R, Pagano AF, Delobel P, Blanc S, Jasmin BJ, **Blottner D, Salanova M**, Gomez-Cabrera MC, Viña J, Brioché T, Chopard A.
Front Physiol. 2020 Feb 12;11:71. doi: 10.3389/fphys.2020.00071. eCollection 2020.
PMID: 32116779 **Free PMC article.**
3. [Reactive Jumps Preserve Skeletal Muscle Structure, Phenotype, and Myofiber Oxidative Capacity in Bed Rest.](#)
Blottner D, Hastermann M, Weber R, Lenz R, Gambará G, Limper U, Rittweger J, Bosutti A, Degens H, **Salanova M**.
Front Physiol. 2020 Jan 15;10:1527. doi: 10.3389/fphys.2019.01527. eCollection 2019.
PMID: 32009969 **Free PMC article.**
4. [Bed Rest, Exercise Countermeasure and Reconditioning Effects on the Human Resting Muscle Tone System.](#)
Schoenrock B, Zander V, Dern S, Limper U, Mulder E, Verakšitš A, Viir R, Kramer A, Stokes MJ, **Salanova M**, Peipsi A, **Blottner D**.

- Front Physiol. 2018 Jul 3;9:810. doi: 10.3389/fphys.2018.00810. eCollection 2018. PMID: 30018567 **Free PMC article.**
5. [Effects of Plantar Vibration on Bone and Deep Fascia in a Rat Hindlimb Unloading Model of Disuse.](#)
Huang Y, Fan Y, **Salanova M**, Yang X, Sun L, **Blottner D**.
Front Physiol. 2018 May 23;9:616. doi: 10.3389/fphys.2018.00616. eCollection 2018. PMID: 29875702 **Free PMC article.**
 6. [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. PMID: 28500394 **Clinical Trial.**
 7. [Microgravity-Induced Transcriptome Adaptation in Mouse Paraspinal *longissimus dorsi* Muscle Highlights Insulin Resistance-Linked Genes.](#)
Gambara G, **Salanova M**, Ciciliot S, Furlan S, Gutschmann M, Schiffli G, Ungethuen U, Volpe P, Gunga HC, **Blottner D**.
Front Physiol. 2017 May 5;8:279. doi: 10.3389/fphys.2017.00279. eCollection 2017. PMID: 28529490 **Free PMC article.**
 8. [Towards human exploration of space: the THESEUS review series on muscle and bone research priorities.](#)
Lang T, Van Loon JJWA, Bloomfield S, Vico L, Chopard A, Rittweger J, Kyparos A, **Blottner D**, Vuori I, Gerzer R, Cavanagh PR.
NPJ Microgravity. 2017 Feb 14;3:8. doi: 10.1038/s41526-017-0013-0. eCollection 2017. PMID: 28649630 **Free PMC article.**
 9. [Gene Expression Profiling in Slow-Type Calf Soleus Muscle of 30 Days Space-Flown Mice.](#)
Gambara G, **Salanova M**, Ciciliot S, Furlan S, **Gutschmann M**, **Schiffli G**, Ungethuen U, Volpe P, **Gunga HC**, **Blottner D**.
PLoS One. 2017 Jan 11;12(1):e0169314. doi: 10.1371/journal.pone.0169314. eCollection 2017. PMID: 28076365 **Free PMC article.**

A2) Eigene Geplante (in Vorbereitung) bzw. eingereichte Publikationen

Blottner et al., First Results from the "Muscle Biopsy" Experiment on the International Space Station. Ms. in Vorbereitung

M. Hastermann, P. Muckelt, K. Albracht, **B. Schoenrock**, **M. Salanova**, M.B. Warner, **H.C. Gunga**, M. Stokes, **D. Blottner**. Monitoring astronauts muscle health status throughout their International Space Station mission cycles. Ms. in Vorbereitung

Dieter Blottner, **Gabor Trautmann**, Sandra Furlan, **Guido Gambara**, **Katharina Block**, **Martina Gutschmann**, Lian-Wen Sun, Paul Worley, Luisa Gorza, Paola Lorenzon, Imre Vida, Pompeo Volpe, **Michele Salanova**. Reciprocal Homer1a/2a,b isoform expression is a key mechanism for muscle soleus atrophy in space-flown mice. Ms. eingereicht

B) Kongressbeiträge (Poster und Vorträge)

1. **Blottner D**. THE FASCIA IN HUMAN SPACE LIFE SCIENCE / SPACE MEDICINE RESEARCH. Molecular, Cellular and Physiological Changes in Response to Spaceflight and Ground-based Analogues. Life Sciences as Related to Space (F) Oral presentation considered for (F5.1). 43rd COSPAR Scientific Assembly 2020 - shifted to 2021 (Corona issue)

2. **Blottner D, Hastermann M**, Muckelt P, Albracht K, **Schoenrock B, Salanova M**, Warner M, Gunga HC, Stokes M. MYOTONES | INFLIGHT MUSCLE HEALTH STATUS MONITORING DURING LONG-DURATION SPACE MISSIONS ONBOARD THE INTERNATIONAL SPACE STATION: A SINGLE CASE STUDY IAF/IAA SPACE LIFE SCIENCES SYMPOSIUM (A1), Medicine in Space and Extreme Environments (4) Paper ID: 55065 70th International Astronautical Congress 2019 (Abstract und Oral presentation)
3. **Blottner D**. Myotones Op.nom.. ESA Astronaut Science Debriefing, DLR-Oberpfaffenhofen, 07/2019 (Abstract und Vortrag)
4. **Blottner D**. MYOTONES | Muskeleigenschaften in Schwerelosigkeit. 1E Projekte Nationale Raumfahrt, DGLR 30. Sept. – 02. Okt. 2019, Darmstadtium (Abstract und Vortrag)
5. **Blottner D**. Myotonometrie: Grundlagen und Anwendung in der Weltraummedizin.8.-9. März 2019, KNIMS Symposion, DLR:envihab (Abstract und Oral Präsentation).
6. **Dieter Blottner, Britt Schoenrock**, Andreas Kramer, **Michele Salanova**. Fast track myometric analysis of muscle to complement functional neuromuscular tests in human analog studies and spaceflight. 42nd COSPAR 2018, Pasadena, CA, USA, July 14 - 22, 2018 (oral presentation F5.3)
7. **Michele Salanova, Guido Gambara**, Sandra Furlan, Lian-Wen Sun, Pompeo Volpe, **Dieter Blottner**. Differential expression of Homer specific isoforms at the neuromuscular junction suggest key mechanism responsible for skeletal muscle atrophy during exposure to microgravity. 42nd COSPAR 2018, Pasadena, CA, USA, July 14 - 22, 2018 (oral presentation F5.1)
8. **Blottner D**. Lymphbahnen des Neurocraniums | Aktuelle Forschungsergebnisse. 7. Berliner Lymphologisches Symposion, Andel's Hotel, Berlin, 14. April 2018 (Main lecture)
9. **Blottner D**. Structural and functional effects of reactive jumps in long-term bed rest (RSL Study, Cologne. IAC Bremen Oct 1.-5.2918, IAC-18-F1.2.3 (Oral presentation)
10. **Blottner D, Hastermann M**. Präsentation MYOTONES auf der ILA 2018 in Berlin-Schönefeld, April 25-29, 2018 (Aussteller & Öffentlichkeitsarbeit)
11. **Blottner D**. *State-of-the-art* Vortrag: Muskulatur : Digitale Palpation – Besser als ge-(er)fühl ? Deutsche Gesellschaft für Physikalische und Manuelle Medizin (DGPMR), Jena Lobeda Universitätsklinikum, 21 September 2018 (Oral presentation)
12. **Blottner D**. MYOTONES Experiment auf der ISS. Tag der offenen Tür des BMWi, 25-26 August 2018, Berlin (DLR / Charité Aussteller)
13. **Blottner D (2017)** Immobilisation – Folgen für die Muskulatur – erste Erfahrungen aus der Weltraummedizin. DGPMR Kongress 16. Sept 2017, Dresden (Plenarvortrag)
14. **Blottner D, Schoenrock B, Zander V, Dern S**, Verakšič A, Viir R, Stokes M, Peipsi A, Gruber M, Kramer A, **Gambar G, Salanova M**. Muscle tone and stiffness in long-term bed rest with reactive jumps as countermeasure, and reconditioning: First results from ESA's RSL Study at the DLR:envihab facility (2015-16). 68. International Astronautical Congress IAC, 25-29 September 2017, Adelaide, AUS (Vortrag)
15. Yunfei Huang, **Michele Salanova, Guido Gambara**, Lianwen Sun, **Dieter Blottner**. Effect of simulated weightlessness on the spinal fascia in rats. 21. IAA Humans in Space Symposium, November 27-30, Shenzhen, China (Vortrag)
16. **Salanova M**. Mikrogravitations-abhängige Genexpression in einem Nerven-Muskel-Co_Kultursystem (NEMUCO) ILSRA-2014-040. Gravimeeting 6-8 Dezember, Erlangen (Vortrag).

17. Trautmann G, Gutschmann M, Philoxene B, Besnard S, Blottner D, Salanova M.

Enhanced Homer cell signal in skeletal muscle soleus (SOL) of mice with a vestibular disorder, the head tilt (het-/-) mouse model. 2nd Human Physiology Workshop, 9.12.2017, DLR, Köln (Vortrag)

III. Erfolgskontrollbericht (in Anlage)

IV. Berichtsblatt Deutsch, Englisch (ohne Anlage)

Anlage **Erfolgskontrollbericht**

1. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen

Verweis auf Aufgabenstellung, Paragraph 4, S.2 Schlussbericht

2. Wiss.-techn. Ergebnis des Vorhabens

Verweis auf II. Erzielte Ergebnisse, S. 7 bis 18, Schlussbericht

3. Fortschreibung des Verwertungsplan

Die wirtschaftlichen Aussichten des Myotones Projekt liegen in der Fortentwicklung und Anwendung geeigneter Monitoringprotokolle für Astronauten bei zukünftigen Weltraummissionen zum Mond und Mars (deep space exploration).

Die wissenschaftlichen/technischen Erfolgsaussichten nach Projektende werden durch weitere Grundlagenforschungen im fortlaufenden Anschlußprojekt (50WB2029) unter Erhöhung der Probandenanzahl auf der ISS weiter untersucht.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Bisher konnten weitgehend alle MYOTONES Arbeiten sowie die parallel durchgeführten Datensammlungen und Analysen weiterer abgeschlossener bzw. laufender Studien planmäßig (oder mit leichten Corona-bedingten zeitlichen Verzögerungen) im Vorhabenszeitraum durchgeführt werden. Die gesammelten Blutproben sind tiefgefroren und werden zusammen mit weiteren Astronauten-Blutproben zu einem späteren Zeitpunkt im Anschlussprojekt analysiert.

5. Präsentationsmöglichkeiten (Anwenderkonferenzen)

Die Ergebnisse wurden im Planungszeitraum auf mehreren Internationalen und Nationalen Konferenzen in Form von Abstracts und Vorträgen vorgestellt (siehe Publikationen 2017-2020 Schlussbericht, Punkt 6.0 B Kongressbeiträge)

6. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Die Ausgabenkosten und die Zeitplanung wurden mit Ausnahme der deutlich eingesparten Reisekostenausgaben (COVID-19 Reisebeschränkungen in 2020) sowie der zeitlichen Herausforderungen in Sachen Laborarbeiten (eingeschränkte Forschungstätigkeit an der Charité) in 2020 eingehalten.