

F. Gerstenbrand^{1,2,4}, St. Golaszewski^{3,4}, S. Huber⁵, S. Kohl⁴, W. Struhal⁴

¹ Neurologische Klinik der Universität, Innsbruck

² Karl Landsteiner Institut für Restaurative Neurologie und Neuromodulation, Wien

³ Neurologische Abteilung Christian Doppler-Klinik, Salzburg

⁴ ASM - Austrian Society for Aerospace Medicine, Wien

⁵ Österreichische Akademie für Gesundheitswesen, Wien

Neurologie und Raumfahrt (Teil 2)

Forschungsergebnisse und deren Anwendung in der Neurodiagnostik und Neurorehabilitation*

In der Kontrolle von Haltung und Bewegung benötigt der Mensch laufend relevante Informationen aus seinen sensorischen Systemen und ein funktions-spezifisches Strategieprogramm für die Bewertung der zur Verfügung stehenden Informationen, die durch die Sinnesorgane geliefert werden. Teilbereiche des sensorischen Informationssystems sind die Propriozeption, die Nocizeption sowie die Haut- und die Oberflächen-sensibilität. Für die stereognostische Wahrnehmung (Form-, Gestalt- und Raumwahrnehmung) muss das Gehirn Signale aus visuellen und anderen sensorischen Afferenzen zu einem Raum-muster integrieren und dieses mit der Tastmotorik koordinieren [1].

Die Bewegung des Menschen und die menschliche Haltung im Schwerfeld der Erde und in der Schwerelosigkeit

Für die stereognostische Wahrnehmung steht eine Reihe von Rezeptoren zur Verfügung.

Von den Mechanorezeptoren ist bei den Ruffini-Rezeptoren die Reizantwort proportional der (Druck-)Reizintensität. Der Merkel-Zell-Axon-Komplex ist für die Geschwindigkeit der Druckänderung verantwortlich. Der Meissner-Zell-Komplex informiert über Berührung der Haut und die Vibration. Die Vater-Pacini-Körperchen reagieren auf die Änderung der Druckgeschwindigkeit und sind besonders auf Vibration spezialisiert. Eine schematische Darstellung zeigt Abbildung 11.

In der Schwerelosigkeit ist die schwerkraftabhängige Komponente der mechano-rezeptiven Reizung nicht vorhanden. Dadurch wird u.a. das Gewicht der Kleidung nicht empfunden, der Druck der Fußsohlen gegen den Untergrund und der Druck im Gesäßbereich beim Sitzen fehlen. Im normalen Schwerkraftbereich sind die durch die Mechanorezeptoren entstehenden Informationen für die Raumposition wesentlich [2].

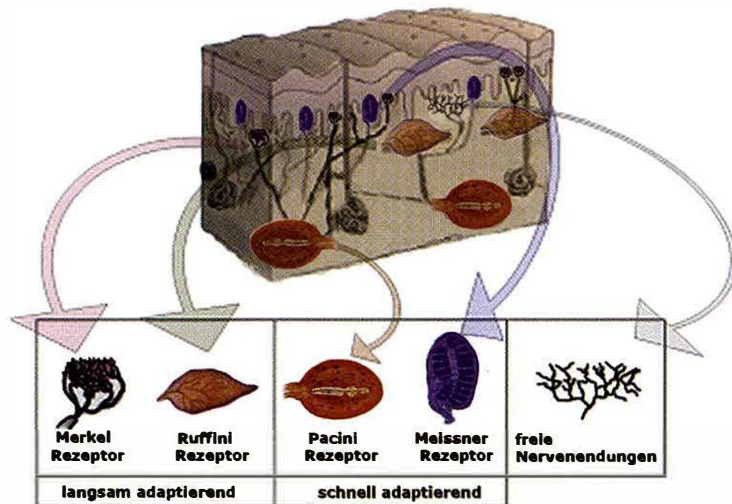


Abb. 11: Schematische Darstellung der wichtigsten Mechano-Rezeptoren

Zur Propriozeption werden außerdem der Kraftsinn, der Stellungssinn und der Bewegungssinn gezählt. Rezeptoren dafür sind neben dem Vestibularorgan die Mechano-Sensoren der Haut, die Muskelspindeln, die Sehnensensoren (Golgi-Organ an der Muskel-Sehnergrenze) und die Gelenksensoren. Die Muskelspindeln messen die Gelenksstellung und die Gelenkbewegung, wodurch die Geschwindigkeit der Stellungsänderung der Gelenke und die endgültige Gelenksstellung festgestellt werden. Die Muskelspindeln dienen außerdem der Regelung der Muskellänge. Dabei kann die Länge und die Dehnungsempfindlichkeit der Muskeln verstellt werden. Die Golgi-Sehnenorgane dienen vor allem der Regelung der Muskelspannung.

Alle Afferenzen sowie die absteigenden Impulse (Efferenzen) werden zur multimodalen Integration im Rückenmark auf die gemeinsamen Interneurone des Rückenmarks geschaltet. In der Schwerelosigkeit tritt eine Dissoziation des propriozeptiven Inputs auf, die Gelenksrezeptoren funktionieren unbeeinflusst von der Schwerkraftänderung, der

Kraftsinn der Muskulatur liefert in Folge der entstandenen Muskelhypotonie andere Eingangsmuster [3].

Neben der Propriozeption und ihren vielfältigen Funktionsdetails, verantwortlich für gerichtete Bewegungsabläufe von Extremitäten und Körper, sind das vestibuläre System und die Nackenrezeptoren für die Bewegung des Kopfes, teilweise auch des Körpers in den drei Raumachsen verantwortlich, ebenso für die Akzeleration und Dezeleration des Kopfes. Dabei erfolgt durch das Otolithensystem eine Rückmeldung zur Richtung der Schwerkraft und zur Translationsbeschleunigung des Kopfes. Die Drehung des Kopfes in den drei Raumachsen bzw. Akzeleration und Dezeleration werden durch die Bogengänge erfasst. Diese Funktionen sind in der Schwerelosigkeit nicht gestört, der Statolithenapparat liefert jedoch in der Schwerelosigkeit einen Schwerkraftvektor gegen die Translationsbeschleunigung des Kopfes, die weiterhin durch das Otolithensystem gemessen wird. Es entsteht dadurch eine Änderung des „Afferenzspektrums“, wodurch eine veränderte Bewertung und Interpretation der verschiedenen sensorischen In-

SCHACH DER ALZHEIMER DEMENZ!



Aricept® 1x täglich ist der entscheidende Zug für die Zukunft Ihrer Alzheimer Patienten. Denn soziale Integration und Selbständigkeit braucht rechtzeitige und anhaltende Therapie. Darum – Intelligenz gegen Alzheimer Demenz.



Wir stehen zu unserer Verantwortung.



Aricept®
Intelligenz gegen
Alzheimer Demenz

puts notwendig wird. Die Erfassung der Kopfstellung zur Rumpfhaltung bzw. das Registrieren einer Bewegung des Kopfes erfolgt durch die propriozeptiven Afferenzen der Halswirbelsäule und deren Bewegungssystem, wobei direkte Afferenzen in dieses Funktionssystem eingeschaltet sind. Es besteht dabei eine ausgeprägte Konvergenz zwischen den propriozeptiven Informationen aus dem Nackenbereich mit den vestibulären und den visuellen Informationen. In der Schwerelosigkeit ist dadurch eine enorme Adaption der sensomotorischen Steuerung notwendig. Der visuelle Input erfährt in der Schwerelosigkeit kaum eine Beeinflussung und dient zur Rekalibrierung bzw. zur Kompensation der schwerkraftabhängigen und der vestibulären Afferenzen [4-6].

Meldungen von der Haut und von den Propriozeptoren insgesamt werden über das „Hinterstrang-Lemniskus-System“ der Großhirnrinde nach Umschaltung in der caudalen Medulla oblongata auf rasch leitende Faserverbindungen und nach einer weiteren Umschaltung im posterolateralen Thalamuskern geleitet, um im somatosensorischen Cortex S1 (Gyrus postcentralis) zu enden (Abb. 12).

Das menschliche Gehirn wird somit über Hautreize (Druckberührung, Vibration) und durch die Propriozeption über Stellung und Bewegung der Gelenke in einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung informiert. In der Schwerelosigkeit besteht eine Dissoziation der spe-

zifizierten sensorischen Informationen, eine geänderte Bewertung dieser Sinnesqualitäten ist notwendig.

Zur Adaptation der spezifizierten sensorischen Systeme für Haltung und Bewegung sowie deren Interaktion ist in der Schwerelosigkeit eine selektive Aktivität von Kontroll- und Steuerungsfunktionen des zentralen Nervensystems, insbesondere der thalamo-retikulären Funktionen, und die Entwicklung einer intersensorischen Assoziation notwendig.

Die exakte Bestimmung der Körperposition im umgebenden Raum ist für die Kontrolle von Haltung und Bewegung sowie für die Manipulation mit Objekten notwendig.

Die exakte Bestimmung der Körperposition im umgebenden Raum ist für die Kontrolle von Haltung und Bewegung sowie für die Manipulation mit Objekten notwendig. Voraussetzung dazu ist das Vorhandensein eines aktuellen Körperschemas [7]. Unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit muss nach Abstimmung der veränderten sensorischen Afferenzen und deren Adaptierung eine aktuelle Körperschemabildung erfolgen, mit dem Ziel, die Qualität der motorischen Steuerung in dem neuen Umfeld der Schwerelosigkeit zu optimieren.

Im Umfeld der International Space Station (ISS) mit den speziellen Bedingungen für die Astronauten/Kosmonauten

kommt der Zielmotorik die größere Bedeutung zu. Funktionell wird die Zielmotorik prinzipiell von der Stützmotorik begleitet, was im Schwerfeld der Erde eine unbedingte Voraussetzung ist. Die Stützmotorik ist terrestrisch für die aufrechte Haltung, das Gleichgewicht des Körpers und die Stellung des Körpers im Raum verantwortlich. Beide motorischen Funktionen, die Stütz- und die Zielmotorik, laufen gleichzeitig und nur dann sinnvoll ab, wenn für beide Formen einer motorischen Aktivität

Meldungen aus der Peripherie verarbeitet werden können. Jede bewusste Bewegung läuft über die Funktionskette „Entschluss, Programmierung und Abrufen von erlernten Teilprogrammen“, „Durchführung der Bewegung mit laufender Rückkoppelung“ (Afferenz-Reafferenz aus den motorischen Teilsystemen), sowie „Meldungen aus der Peripherie über das erreichte Bewegungsziel“. Korrekturen sind dabei sowohl vom Beginn als auch während der Bewegungen möglich [1, 4].

Die Kontrolle der für die Zielmotorik in der normalen Schwerkraft eingeschalteten Stützmotorik unterliegt den Zentren des Hirnstamms für Haltung- und Stellreflexe und deren Aufgabe, die Körperhaltung und dessen Gleichgewicht zu regulieren. In der Durchführung und Kontrolle jeder Bewegung ist das Kleinhirn mit beteiligt, ebenso wie an der notwendigen Anpassung einer motorischen Aktion. Als Detailfunktion sind die Haltung- und Stellreflexe für die jeweils notwendige Tonusregulation der beteiligten Muskulatur verantwortlich, ebenso für die Augenstellung. Vom Vestibularapparat (tonischer Labyrinthreflex) und von den Propriozeptoren des Halses (tonischer Nackenreflex) werden Informationen für die Stellreflexe weitergegeben, um die Normalstellung des Menschen im Schwerfeld der Erde zu garantieren bei zusätzlichen Afferenzen aus dem Kleinhirn, dem motorischen Kortex, von Augen, Ohr und Geruchsorgan sowie von den Hautsensoren. Im Vestibularapparat werden dabei Informationen von den Rezeptoren der Halsmuskulatur sowie visuelle Informationen mit verarbeitet und für die Raumorientierung verwendet. Für den Ablauf von Zielbewegungen ist somit in der Schwerelosigkeit keine Stütze und keine Stützmotorik

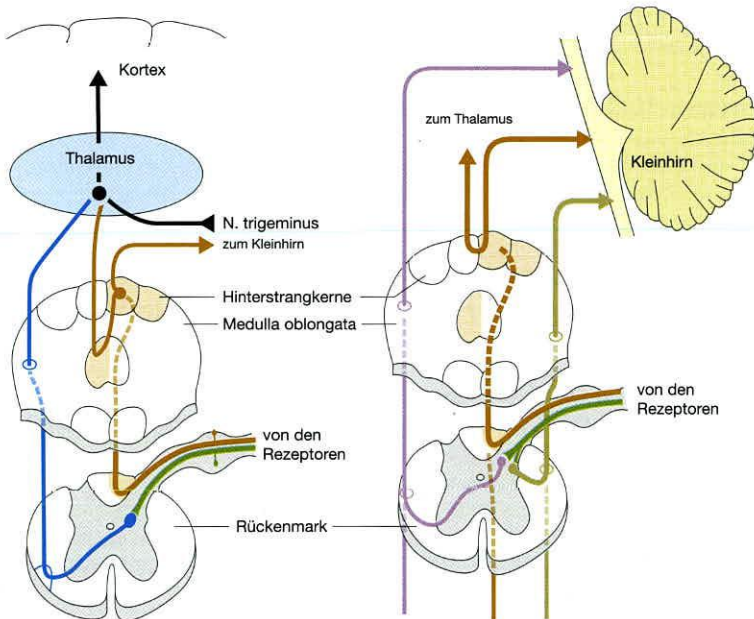


Abb. 12: Verbindungssysteme von peripheren Rezeptoren zur Großhirnrinde und zum Kleinhirn.

torik gegen die Schwerkraft notwendig, die Haltungs- und Bewegungssteuerung ist grundlegend verändert. Eine Agonisten- und Antagonistentätigkeit und deren dynamische Kontrolle durch die verschiedenen sensorischen Zentren fällt in der Schwerelosigkeit aus [8].

In der Schwerelosigkeit ist die Bewegungsmotorik, dabei speziell die Lokomotion, hochgradig verändert. Der menschliche Körper ist gewichtslos, seine Massenträgheit bleibt aber bestehen. Die Beschleunigung eines Körperteils führt dadurch zu einer Gegenbeschleunigung des übrigen Körpers, ein Vorgang, der in der schwerkraftbedingten Fixierung des Körpers am Boden entfällt. Eine Armbewegung um die Körperlängsachse löst in der Schwerelosigkeit eine Gegenrotation des Rumpfes und der unteren Extremitäten aus, eine grundsätzliche Änderung der motorischen Handlungsabläufe ist notwendig [9, 10]. Schließlich fällt in der echten Schwerelosigkeit die bipedale Lokomotion völlig weg und wird durch kurze Beschleunigungsschübe ersetzt, die ihrerseits zu Flug- oder Schwebebewegungen führen. Die oberen Extremitäten werden vermehrt zur Fortbewegung und zum ortsfesten Fixieren des Körpers eingesetzt (Abb. 13).



Abb. 13: Der österreichische Kosmonaut Franz Viehböck hantiert in der Schwerelosigkeit der Raumstation MIR an seinem abgelegten Raumanzug, der ebenfalls frei schwebt. Auffällig ist die unterschiedliche Haltung des Kopfes zum Körper und zu den Extremitäten (Drehhaltung des Kopfes).

Richtungsgebende Untersuchungen in der Weltraumneurologie und die Möglichkeit einer Übertragung in die Routineneurologie

Aus der Fülle der offenen Forschungsfragen und deren Detailbeantwortung sollen neben dem schon angeführten Projekt über die Zielbewegungen und mögliche kognitive Störungen zwei weitere Untersuchungsprojekte vorgestellt werden (Teil 1, Seite 4), beide durchgeführt vom ISN Innsbruck und als Folgeprojekte des Ludwig Boltzmann-Instituts für Restau-

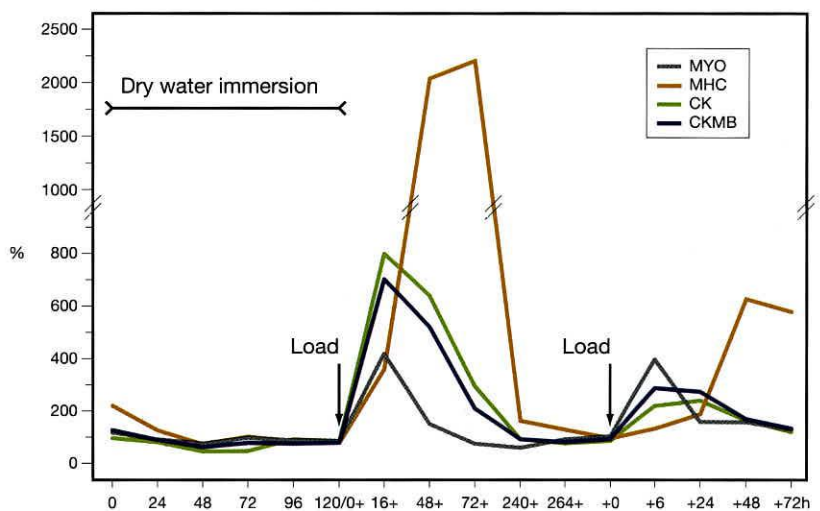


Abb. 14: Anstieg der Muskelenzyme, vor allem des MHC nach der ersten isometrischen Übung (load), weniger deutlich nach einem zweiten Übungsversuch [11, 12]

orative Neurologie und Neuromodulation, und zwar die Untersuchungen über „Veränderungen des Muskelproteins während der simulierten Schwerelosigkeit“, ein Projekt zusammen mit dem Biochemischen Institut der Medizinischen Fakultät Innsbruck, und „Cerebrales Funktionsmonitoring unter Verwendung der funktionellen MRI-Methode“ in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Funktionelles MRI des

Kreatinkinase wird als Schlüsselenzym für den Muskelstoffwechsel angenommen. Myoglobin ist das sauerstoffbindende plasmische Protein der quergestreiften Muskulatur, das stärker und zentriert in den langsamen Muskelfasern vorkommt und das kontraktile Protein des Myosins in seinen Fragmenten darstellt.

In dem Experiment, durchgeführt in der simulierten Schwerelosigkeit mit der

Die Methode der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRI) wurde 1990 mit der Entdeckung des BOLD-Effektes (Blood Oxygenation Level Dependent) entwickelt und gilt heute als wichtigste Methode zum Nachweis von Großhirnfunktionen.

vorgenannten Ludwig-Boltzmann-Instituts, übertragen in das Karl Landsteiner-Institut für Restaurative Neurologie und neurologische Weltraumforschung.

Das erste Programm betrifft die Veränderung der Muskulatur in der simulierten Schwerelosigkeit [11, 12]. Bei gesunden Versuchspersonen sind auch in der simulierten Schwerelosigkeit diffuse Veränderungen hauptsächlich in den langsamen Fasern der antigravitationellen Muskulatur festzustellen. Biochemisch kann der Anstieg der Muskelenzyme im Serum nachgewiesen werden, vor allem der Kreatinkinaseaktivität (CK-Aktivität) und deren Quantität, des Myoglobins sowie der schweren Myosin-Ketten (myosin heavy chain fragments - MHC). Anzuführen ist dazu, dass die Bestimmung der CK-Aktivität eine Methode darstellt, Muskelveränderungen festzustellen. Die

Dry-Water-Imersion-Methode (DWI-Methode) konnte ein enormer Anstieg verschiedener Muskelenzyme nachgewiesen werden, allerdings erst nach einer erfolgten Muskelbelastung durch isometrische Übungen. Vor allem das kontraktile Protein in MHC war zehn Stunden nach den isometrischen Übungen stark angestiegen. In Abbildung 14 können die Veränderungen eindrucksvoll erkannt werden. Das Untersuchungsergebnis weist darauf hin, dass eine völlige Immobilisation der quergestreiften Muskulatur zu einer vorübergehenden, allerdings zunächst verdeckten Schädigung vornehmlich der Antigravitationsmuskulatur führt und erst nach einer isometrischen Muskelanspannung (loading) die massiven Veränderungen der Muskelenzyme eintreten [11, 12]. In der Verteilung der gestörten Muskelenzyme ergibt sich ein ähnliches Bild wie nach einem Herzinfarkt.

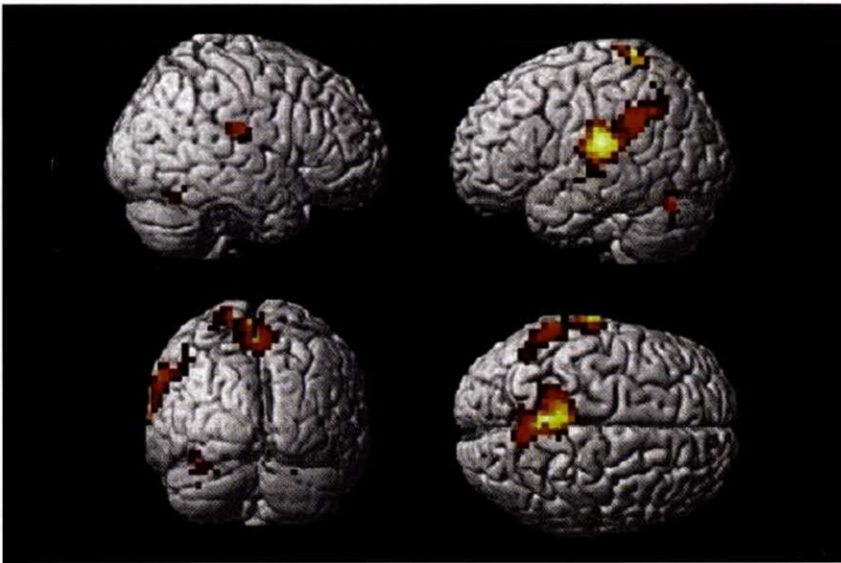


Abb. 15: Aktivierte Gehirnzentren in der funktionellen Magnetresonanztomographie bei mechanischer sinusförmiger Vibration der rechten Fußsohle mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Vibrationsamplitude von 1 mm. Die Vibration erregt bis auf die visuellen Zentren alle Zentren des posturalen Systems (motorische, propriozeptive, epikritische, cerebelläre Zentren) im Frontal-, Parietal- und Temporallappen sowie in beiden Kleinhirnhemisphären und Schlüsselzentren für den Wachheitsgrad und die Aufmerksamkeit des Menschen im Thalamus, im vorderen und hinteren Gyrus cinguli sowie im rechten inferioren Anteil des Parietalhirns. Das Schwergewicht der fMRI-Antwort ist in der sensorimotorischen Region (primär sensorimotorische Region, sekundär-sensible Netzwerkkomponenten, prämotorische Zentren) contra- und ipsilateral.

In einem Telexperiment der angeführten Untersuchung wurden zwei Gruppen von Probanden gegenübergestellt. Beide Gruppen waren im Rahmen des DWI-Modells über 72 Stunden einer simulierten Schwerelosigkeit ausgesetzt. Bei der ersten Gruppe wurde ein Schuh mit mechanischen Druckelementen und einer abwechselnden Druckapplikation rechter und linker Fuß verwendet, bei der zweiten Gruppe ist der Druckschuh nicht zur An-

wendung gekommen. Beim Loading-Ver-such durch eine isometrische Belastung war bei der ersten Gruppe ein deutlich geringerer Anstieg der Aktivität von Muskelenzymen festzustellen gewesen.

Dieses eindrucksvolle Resultat empfiehlt die Anwendung eines Druckschuhs (pressure shoe) bei verschiedenen neurologischen Erkrankungen, insbesondere beim Bed Rest-Syndrom, aber auch in der Neurorehabilitation von mo-

torischen Erkrankungen. Zusätzlich wird die mitunter in Zweifel gestellte Methode der Fußsohlenreflexzonenmassage als wirksame Behandlung bewiesen. Die Entwicklung von entsprechenden Geräten ist beim apallischen Syndrom, aber auch bei einer länger anhaltenden krankheitsbedingten Bettlägerigkeit sowie bei älteren Menschen mit geringer Bewegungsintention angezeigt.

Das zweite vom ISN Innsbruck in der Weiterführung der raumfahrtneurologischen Forschung in Zusammenarbeit mit dem vorgenannten Ludwig Boltzmann-Institut durchgeführte Experiment betrifft das Cerebralfunktions-Monitoring mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomographie.

Die Methode der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRI) wurde 1990 mit der Entdeckung des BOLD-Effektes (Blood Oxygenation Level Dependent) entwickelt und gilt heute als wichtigste Methode zum Nachweis von Großhirnfunktionen. Funktionelle Abläufe in zugehörigen Gehirnarealen können durch eine spezifische Stimulation in Funktion und Lokalisation sowie in unterschiedlicher räumlicher Auflösung untersucht werden.

Die fMRI-Methode zeichnet sich gegenüber der Positron-Emission-Tomographie (PET) oder der Single-Photon-Emission-Computerized Tomography (SPECT), beides ebenfalls Methoden zum Nachweis von Hirnfunktionen, durch ihre Nichtinvasivität und fehlende Strahlenbelastung sowie durch eine bessere räumliche (im mm-Bereich) und zeitliche Auflösung (im Sekundenbereich) aus.

1/3 Schmerzfrei – 2/3 rascher Response bei Standarddosis¹



Relpax[®] bei Migräne

Initialdosis 40mg²

Kopfschmerzlinderung nach 30 Minuten bei oraler Einnahme²

Ansprechraten bis 77%² und Schmerzfreiheit bis 44% (80mg; nach 2h)¹

Geringe Rückfallrate: 29% (40mg; innerhalb von 24h)¹

Elatriptan
REL PAX[®]
Relpax[®] 20/40mg

IND Relpax[®] 20mg/40mg Filmtabletten. Migräne nach Erstverordnung durch einen Neurologen

¹) TJ Steiner et al. Cephalalgia, 2003;23:942-952 – ²) Austria Codex Fachinformation

Ein geeignetes Aktivierungsparadigma muss für die selektiv zu aktivierende Gehirnregion ausgewählt werden. So kann durch Tippen mit den Fingern die motorische Hirnrinde, durch Lichtblitze die Sehrinde [13], durch akustische Reize die Hörinde oder durch Gedächtnisaufgaben die Gehirnregion für höhere kognitive Leistungen aktiviert werden. Für das angeführte Projekt wurde, beeinflusst durch die österreichische Raumfahrtforschung, die Stimulation der Fußsohle durch einen Vibrationsreiz als Paradigma gewählt.

Als technisch-physikalische Voraussetzung musste für das eigene Experiment ein MRI-taugliches Gerät zur vibrotaktilen Reizung der Fußsohle konstruiert und gebaut werden [14, 15].

Nach mehrjährigen Untersuchungen an gesunden Probanden konnte großer Erfahrungspool gewonnen werden. Wie aus Abbildung 15 hervorgeht, kommt es bei einer Stimulation der Fußsohle zu einer prompten kortikalen Antwort im Bereich der sensorimotorischen Region, contra-lateral und auch homo-lateral, welche sowohl primäre motorische und primär sensible als auch sekundär sensible und prämotorische Areale betraf. Zusätzlich konnte auch eine Aktivierung von kortikalen Arealen im Temporallappen und im Frontallhirn nachgewiesen werden.

Die Aufgabe, einen "pressure shoe" zu konstruieren, hat damit neben dem Nachweis einer Verminderung der gestörten Muskelaktivitäten als Folge einer simulierten Schwerelosigkeit bei Verwendung eines Druckschuhs einen zusätzlichen Antrieb erfahren. Im Übrigen wurde die Konstruktion eines „Gesundheitsschuhs“ basierend auf den Resultaten weltraummedizinisch induzierter Untersuchungen bereits umgesetzt.

Neben der praktischen Verwertung dieser modernsten Erkenntnisse über den Einfluss der Propriozeption auf die menschliche Motorik, initiiert aus dem Bereich der Raumfahrtneurologie und erfasst mit der speziell dafür entwickelten modernen Untersuchungsmethode der Fußsohlenstimulation, ist die Verwendung dieses neuen fMRI-Systems als diagnostische Methode für verschiedene neurologische Erkrankungen möglich, so beim Parkinson-Syndrom. Studien der eigenen Forschungsgruppe laufen bei Patienten mit einem apallischen Syndrom unter der Zielsetzung, einen Einblick in die Prognose dieses schwersten neurologischen Krankheitsbildes zu ermöglichen, aber auch um nach Feststellung von noch erhaltenen Funktionen ein individuelles und erfolg-

versprechendes Rehabilitationsprogramm erstellen zu können. Mit der vibrotaktilen Stimulation unter Verwendung der fMRI-Methode kann ein Funktions-Mapping des sensomotorischen Cortex nach Einfluss der Schwerelosigkeit und deren Einfluss auf die primären und sekundären sensiblen und motorischen Areale erstellt werden [15, 16].

Einfluss der Weltraumneurologie auf die tägliche Praxis in der Neurologie

Aus dem Vorgesagten, das nur einige Facetten der Forschung in der Weltraumneurologie berücksichtigt und lediglich auf Teilbereiche der eigenen Forschungsprogramme eingehen konnte, ist abzuleiten, dass sowohl für die neurologische Diagnostik als auch für die Therapie neurologischer Erkrankungen, vor allem für die Neurorehabilitation, neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Nicht zu vergessen ist dabei der Bereich der Grundlagenforschung in den neurologischen Wissenschaften.

Von Seiten der psychiatrischen Forschung ist bis heute nicht auf das menschliche Verhalten in den engsten Verhältnissen einer Raumstation eingegangen worden. Dabei muss die unglaubliche

Was die Neurorehabilitation betrifft, so können neben dem Druckschuh (pressure shoe) durch Anwendung von in der Raumfahrttechnik entwickelter Spezialbekleidung für Astronauten/Kosmonauten neue Behandlungssysteme entwickelt werden.

räumliche Isolation von zwar voll trainierten Spezialisten zu psychischen Reaktionen, ausgelöst durch das Zusammenleben mehrerer Menschen, führen, wobei das ungewohnte Milieu mit den hoch spezifizierten körperlichen Versorgungsnotwendigkeiten besonders belastend ist. Erwähnenswert ist in dieser Betrachtung, dass die russische Raumfahrtbehörde in der Auswahl der Kosmonauten die Altersgrenze nicht unter 40 Jahre setzt und ein Alter um das 45. Lebensjahr bevorzugt, wobei es sich bei den Kosmonauten meist um Militärpiloten handelt, ausgebildet zur Steuerung hoch spezialisierter Flugzeuge.

Für die Akutneurologie und die Neurodiagnostik bieten sich unter Verwendung der simulierten Schwerelosigkeit in den Speziallaboratorien wichtige und auch hoch interessante Aspekte. Aus den Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit der russischen Raumfahrtmedizin

konnten Ansätze für die Frühdiagnostik eines Parkinson-Syndroms, aber auch für die Wirksamkeit von Anti-Parkinson-Medikamenten gesammelt werden.

Bei Untersuchungen im Ground Based Laboratory für simulierte Schwerelosigkeit in Moskau wurden weitere interessante Aspekte für die neurologische Diagnostik aufgedeckt. Bei als gesund geführten Probanden sind unerwartet neurologische Ausfälle festzustellen gewesen, so das Auftreten von Frontalhirnzeichen. Bei einer späteren anamnestischen Korrektur ergab sich, dass bei zwei der Probanden ein Schädel-Hirn-Trauma abgelaufen war und bei einem der Untersuchten ein chronischer Alkoholismus bestanden hat. Die drei genannten Probanden haben weder vor noch nach dem Experiment neurologische Symptome gezeigt. Daraus ergibt sich, dass neurologische Minimalsymptome in der Schwerelosigkeit aktiviert und diagnostisch fassbar werden. Dieses hoch interessante Phänomen einer Aktivierung von klinisch minimalsten neurologischen Ausfällen kann in konsequenter Weise für die Frühdiagnose neurologischer Erkrankungen oder den Nachweis geringgradiger Hirnschäden Verwendung finden. Bei den Experimenten im ISN-Innsbruck konnte das Auftreten von Lumbalgie-Symp-

tomen nach 72-stündigem Aufenthalt in der Dry-Water-Immersion-Untersuchung bei zwei der völlig gesunden Probanden beobachtet werden. Lumbalgiebeschwerden in der echten Schwerelosigkeit, d.h. in der Raumstation MIR, sind in den Erfahrungsgesprächen mit den russischen Partnern zur Erwähnung gekommen, der Krankheitsverlauf wurde nicht weiter verfolgt. Die mehrfache Erwähnung über eine Längenzunahme der Wirbelsäule während des Raumflugs ist ebenfalls nicht überprüft worden.

Dem bei Langzeitbettlägerigen häufig auftretenden Bed Rest-Syndrom wird aktuell kein wesentliches neurologisches Interesse entgegen gebracht, gezielt geführte Forschungsprogramme stehen aus. Allgemein bekannt ist, dass bei Langzeitkomazuständen, vor allem beim apallischen Syndrom, aber auch bei bettlägerigen Patienten aus kardialer Ursache

oder nach Unfällen, schließlich bei älteren Menschen mit einer selbst entschiedenen Bewegungsarmut Atrophien der Extremitäten, aber auch der Körpermuskulatur festzustellen sind. Bei einer neurologischen Untersuchung können Symptome einer Polyneuropathie bestätigt werden. Hinterstrangausfälle sind bei exakten neurologischen Kontrollen nachweisbar. Bei bettlägerigen Patienten ohne cerebrale Ausfälle wird häufig eine Herabsetzung der kognitiven Funktionen, aber auch des Wachheitszustandes nachgewiesen, was häufig mit der modernen Globaldiagnose einer Depression zugeordnet wird.

Was die Neurorehabilitation betrifft, so können neben dem Druckschuh (pressure shoe) durch Anwendung von in der Raumfahrttechnik entwickelter Spezialbekleidung für Astronauten/Kosmonauten neue Behandlungssysteme entwickelt werden. Zu nennen ist die Verwendung des

russischen Raumfahrtanzugs bei spastischen Paresen der Beine. Im slowakischen Adeli Zentrum Piestany wird mit Erfolg die russische Raumfahrerhose bei Spastizität der Beine eingesetzt. Systematische klinische Untersuchungen sind derzeit noch im Laufen.

Im Zusammenhang mit der simulierten Schwerelosigkeit ist die partielle Schwerelosigkeit beim Tauchen zu erwähnen, die bereits in einer Tauchtiefe von ca. 5 m in deutlicher Form vorhanden ist. Bei Rückenmarksschäden die Beine betreffend, aber auch bei degenerativen Wirbelsäulenveränderungen mit begleitenden, oft massiven Schmerzen wird das Flaschentauchen bereits erfolgreich eingesetzt [17, 18].

Was die Übertragung der Forschungsergebnisse auf die Praxis in der neurologischen Therapie, vor allem in der Neurorehabilitation, betrifft, aber auch

die Möglichkeit, neue Diagnosesysteme für neurologische Erkrankungen zu erarbeiten sowie das Monitoring über laufende Therapien einzusetzen, so steht das Spezialgebiet der Raumfahrtneurologie mit der Übertragung seiner zahlreichen Forschungsergebnisse auf die Diagnose und die Therapie in der Neurologie noch völlig am Anfang. Eine Fülle von Arbeiten von speziell in der Raumfahrtmedizin ausgebildeten und auch forschungsinteressierten Neurologen ist zu fordern. ■

Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Franz Gerstenbrand, Präsident der ASM – Austrian Society for Aerospace Medicine, Rummelhardtgasse 6/3, 1090 Wien

*Der Doyen der russischen Raumfahrtmedizin, General Academician Univ.-Prof. Dr. Oleg Georgevich Gazenko ist kürzlich verstorben. Teil 1 und Teil 2 dieser Arbeit sind seinem Andenken gewidmet

LITERATUR

- Silbernagel S, Despopoulos A (2001) Taschenatlas der Physiologie. Thieme Verlag, 2001
 - Benson AJ, Spencer MB, Stott JR (1986) Thresholds for the detection of the direction of whole-body, linear movement in the horizontal plane. *Aviat Space Environ Med* 57: 1088-1096
 - Lackner JR, DiZio P (1997) The role of reafference in recalibration of limb movement control and locomotion. *J Vestib Res* 7: 303-310
 - Berger M, Gerstenbrand F, Grill G, Hochmair E, et al (1992) Austrian Report to COSPAR, XXIX. Plenary Meeting of COSPAR, Washington D.C.
 - Berger M, Kozlovskaya IB, Lechner-Steinleitner S, Gerstenbrand F (1997) Sensory Motor Disturbances in Real Microgravity. Abstracts of the XVth World Congress of Neurology. *J Neurol Sciences* [Suppl 150]: 1-367
 - Berger M, Lechner-Steinleitner S, Gerstenbrand F, Kozlovskaya IB (1998) Aspect of spatial Perception during Inflight Adaptation to Microgravity. Abstracts of the Xth Conference of Space Biology and Aerospace Medicine: Russian Academy of Science, Dep. Physiology SLOWO, Moscow. 1998, 2, 358
 - Schilder P (1923) Das Körperschema. Berlin
 - Reschke MF, Bloembergen JJ, Harm DL, Paloski WH (1994) Spaceflight and neurovestibular adaptation. *J Clinical Pharmacology* 34: 609-617
 - Clement J, Gurfinkel VS, Lestienne F, Lipschits M, Popov K (1984) Adaptation of postural control to weightlessness. *Exp Brain Res* 57: 61-72
 - Bloembergen JJ, Peters BT, Smith SL, Huebner WP, Reschke MF (1997) Locomotor head-trunk coordination strategies following space flight. *J Vestib Res* 7: 161-177
 - Artner-Dworzak E, Secnik P, Parrak V, Puschendorf B, et al (1993) Changes in muscular proteins during simulated microgravity. *J Neurol Sci* 119: 119-120
 - Marosi M, Gerstenbrand F, Berger M, Lechner-Steinleitner S (1998) Contribution of space related research to advances in the field of medicine. *Neuroscience News* 15: 46-54
 - Le Bihan D (1993) Artikel auf <http://www.meteoreservice.com/dlb.htm> zum kostenlosen Download verfügbar
 - Gallasch E, Golaszewski S, Fend M, Siedentopf CM, et al (2006) Contact Force- and Amplitude-Controllable Vibrations Probe for Somatosensory Mapping of Plantar Afferences With fMRI. *J Magn Res Imag* 24: 1177-1182
 - Golaszewski SM, Siedentopf CM, Baldauf E, Koppelstaetter F, Eisner W, Unterrainer J, Guendisch GM, Mottaghy FM, Felber S (2002a) Functional Magnetic Resonance Imaging of the human sensorimotor cortex using a novel vibrotactile stimulator. *NeuroImage* 17: 421-430
 - Golaszewski SM, Siedentopf CM, Koppelstaetter F, Fend M, Ischebeck A, Gonzalez V, Haala IA, Struhar W, Mottaghy FM, Gallasch E, Felber SR, Gerstenbrand F (2006) Human Brain Structures Related to Plantar Vibrotactile Stimulation: a functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage* 29: 923-929
 - Baschta M (2002) Gerätetauchen in der Rehabilitation von Querschnittsgelähmten. *Caisson*, 17: 1-3, 15-19
 - Haydn T, Brenneis CH, Schmutzhard J, Gerstenbrand F, Saltuari L, Schmutzhard E (2007) Tauchen als therapeutische Option bei Patienten mit Querschnittssyndrom. *Neuropsychiat* 21: 226-229
- Erweiterte Literatur*
- Bachi N, Berger M, Gerstenbrand F, Hinghofer-Szalkay H, Münz R, Köhler G, Vana N, Wehrmann W (2007) Positionierung der österreichischen Forschung in Weltraummedizin und Space Life Sciences. Wien, Facultas
- Baumgarten R von, Benson A, Berthoz A, Bles W, et al (1986) European experiments on the vestibular system during the Spacelab-D-1 mission. In: Sahn PR, Jansen R, Keller MH (eds) Scientific results of the German Spacelab Mission D-1. Köln, Germany: WPF c/o DFVLR: 477-490
- Boocko, Howard IP, Money KE, Arnold KE (1992) Accuracy of aimed arm movements in changed gravity. *Aviat Space Environ Med* 63: 994-998
- Convertino VA, Sandler H (1995) Exercise countermeasures for spaceflight. *Acta Astronautica* 35: 253-270
- Geratewohl SJ (1956) Personal experiences during short periods of weightlessness reported by sixteen subjects. *Acta Astronautica* 11: 203-216
- Gerstenbrand F, Muigg A (1993) Space Medicine – Life Sciences in Space. *Wien Klin Wschr* 143: 582-584
- Gerstenbrand F, Marosi M (1997) Plantar Stimulation and Muscle Degradation after Dry-Water Immersion. Proceedings of Joint IAF/IAA, symposium on Life Sciences, Turin
- Gerstenbrand F, Kozlovskaya IB, Marosi M (1998) Space Medicine and Life Sciences in Space. Kongressband des XVI World Congress of Neurology, Buenos Aires, Official Satellite Symposium "Biology of dopaminergic neuron: neurotoxicity and neuroprotection in chronic treatments". Sociedad Latinoamericana de Movimientos Anormales (SOLAMA), Montevideo, 117-122
- Golaszewski S, Kremser C, Lechner-Steinleitner S, Berger M, et al (1998) Functional magnetic resonance imaging fMRI of the human sensorimotor cortex before and after 48 hours of dry water immersion. Abstracts of the World Congress of MRI Medicine, Sidney
- Jennings T (1990) Space adaptation syndrome is caused by elevated intracranial pressure. *Med Hypotheses* 32: 289-291
- Kornilova LN, Yakovleva IY, Tarasov IK, Gorgiladze GI (1993) Vestibular dysfunction in cosmonauts during adaptation to zero G and readaptation to 1 G. *The physiologist* 26 [Suppl]: 35-36
- Kozlovskaya IB, Kreidich YV, Oganov VS, Koserenko OP (1981) Pathophysiology and motor function in prolonged manned space flights. *Acta Astronautica* 8: 1059-1072
- Kozlovskaya IB, Aslanova IF, Grigorieva LS, Kreidich YV (1982) Experimental analysis of motor effects of weightlessness. *The Physiologist* 25: 49-52
- Kozlovskaya IB, Babayev BM, Barman VA, Beloozerova H, Kreidich YV, Sirota MG (1984) The effects of weightlessness on motor and vestibulo-motor reactions. *Physiologist* 27 [Suppl]: 111
- Kozlovskaya IB, Dimitrieva I (1987) Gravitational mechanisms in the motor system. Studies in real and simulated weightlessness. In: New concepts of motor control. Pergamon Press: 37-47
- Kozlovskaya IB, Babayev B, Borisov M, Burlachkova N, et al (1994) Results of Sensorimotor Studies Performed on Board of "MIR" Station. 45th Congress of the International Astronautical Federation, Jerusalem, 1-7
- LeBlanc A, Rowe MS, Schneider V et al (1995) Regional muscle loss after short duration spaceflight. *Aviation Space Environ Med* 66: 1151-1154
- Mittelstaedt M (1985) Subjective vertical in weightlessness. In: Igarashi, Black, ed. Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium. Basel
- Oman CM, Lichtenberg BK, Money KE, McCoy RK (1986) Canadian Vestibular Experiments on the Spacelab 1 Mission. *Space Motion Sickness: Symptoms stimuli and Predictability*. *Exp Brain Res* 64: 316-334
- Roll JP, Popov K, Gilhodes JC, Roll R, et al (1993) Changes in human proprioceptive functions in weightlessness. Proceeding of 5th Europ. Symp. On Life Science Research in Space, Marseille
- Thornton WE, Rummel JA (1977) Muscular deconditioning and its prevention in spaceflight. In: Johnston RS, Dietlein LF (eds.): Biomedical Results From Skylab. Washington DC, NASA, SP-377, 191-197
- Watt DGD, Money KE, Bondar RL, Thirsk RB, et al (1985) Canadian medical experiments on shuttle flight 41-G. *Canad Aeronautics Space J* 31: 215-226
- Young LR, Oman CM, Watt DG, Money KE, Lichtenberg BK (1984) Spatial orientation in weightlessness and readaptation to Earth's gravity. *Science* 225: 205-208

Wirtschaftsstraftäter

Ein Thema für die Forensische Psychiatrie?



Photo: Business Today

Wirtschaftsstraftäter - „meist sozial unauffälliger, vordergründig angepasster Kadermitarbeiter“

„Wirtschaftskriminalität“ ist ein unscharfer Sammelbegriff, der weder im Schweizerischen noch im Deutschen Strafgesetzbuch vorkommt. Trotzdem hat sie eine enorme Bedeutung für Betriebe und Volkswirtschaft.

Einführung

In vielen Publikationen wird auf die klassische Definition des „white collar crime“ von Edwin Sutherland [1] aus dem Jahre 1939 zurückgegriffen:

„A white collar crime is a crime committed by a person of respectability and high social status in the course of his occupation.“

Höchstens marginal interessiert in sozialwissenschaftlich orientierten Texten die Frage nach der Persönlichkeitsstruktur des Wirtschaftsstraftäters, im englischen Sprachraum auch heute noch als „white-collar-criminal“ bezeichnet. Im deutschen Schrifttum wird die Relevanz einer spezifischen Persönlichkeitsproblematik bei dieser Täterkategorie oftmals geradezu in Abrede gestellt. So äußert sich Albrecht [2] folgendermaßen:

„Einvernehmen besteht freilich darüber, dass der Person des Wirtschaftsstraftäters jedenfalls keine zentrale Bedeutung zukommt. Insofern dürften Erkenntnislücken [...] nicht mehr als sonderlich schmerzlich empfunden werden. Denn die als verallgemeinerungsfähig verstandenen Befunde zur Person [...] des Wirtschaftsstraftäters bieten tatsächlich nicht mehr als banale Erkenntnisse, die das Verständnis [...] von Wirtschaftskriminalität nicht befördern.“

Eine weitgehende Persönlichkeitsunabhängigkeit dieser Art von Straftaten suggeriert auch die „Spektrum-Theorie“ von Smith [3], welche besagt, dass wirtschaftliche Aktivitäten die ganze Spannweite vom Verwerflichsten bis zum Erhabensten umfassen können und dass sich illegales Handeln bezüglich Struktur und Vorgehensweise nicht von legalem unterscheidet. Vielmehr seien illegale Aktionen der Wirtschaftssubjekte stets eine Handlungsalternative unter mehreren. Ob und