

Strukturelle Veränderungen des Gehirns bei einem Aufenthalt im All

Erhöhter intrakranieller Druck bei Astronauten

Roberts DR, Albrecht MH, Collins HR et al. Effects of Spaceflight on Astronaut Brain Structure as Indicated on MRI. *N Engl J Med* 2017; 377: 1746–1753

Bislang ist bekannt, dass Aufenthalte in Schwerelosigkeit neben vielfältigen Effekten insbesondere eine Abnahme der Muskelmasse sowie eine Abnahme der Knochendichte begünstigen [1]. Untersuchungen über die Auswirkungen von Schwerelosigkeit auf das zentrale Nervensystem (ZNS) sind allerdings rar. Diese Untersuchungen haben insbesondere dann Relevanz, wenn man Langzeitaufenthalte im All betrachtet, wie zum Beispiel bei bemannten Flügen zum Mars. Forscher der Universität von South Carolina, der Uniklinik Frankfurt und der Shihezi Universität in China haben sich nun in einer Studie mit dem Einfluss von Schwerelosigkeit auf strukturelle Veränderung im ZNS beschäftigt, welche im November 2017 im *New England Journal of Medicine* publiziert wurde.

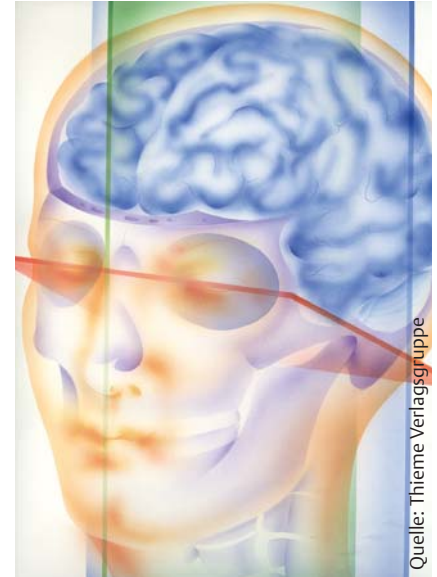
Mithilfe des MRTs untersuchten Forscher 18 Astronauten vor und nach einem Langzeitaufenthalt auf der Internationalen Raumstation (ISS) und 16 Astronauten vor und nach einem Kurzeitaufenthalt in Schwerelosigkeit (Space-Shuttle-Programm). Dabei wurden die Hauptauswirkung in Bezug auf die Veränderung des Volumens des Sulcus Centralis, die Volumenveränderung der Liquorräume am Scheitel und die vertikale Verschiebung des Gehirns von unabhängigen Radiologen beurteilt. Ebenso wurden hochauflösende 3D-Kurzclips von 12 Astronauten nach einem Langzeitaufenthalt und von 6 Astronauten nach einem Kurzeitaufenthalt angefertigt, um das Ausmaß der Verengung der Liquorräume und der Verschiebung weiterer Hirnstrukturen zu beurteilen.

Von den insgesamt 34 untersuchten Astronauten, waren 28 männlich und 6 weiblich. Die mittlere verbrachte Zeit im Weltall betrug für die mit Langzeitaufenthalt 164,8 Tage und für Kurzeitaufenthalt 13,6 Tage. Bezüglich des Alters oder bisheriger Aufenthalte in Schwerelosigkeit unterscheiden sich beide Gruppen nicht.

Veränderung von Volumina der Liquorräume einzelner MRT-Sequenzen: Es zeigte sich eine Verengung des Sulcus Centralis bei 20 von 34 Astronauten (59%). Die Basilarzisternen waren bei 7 von 34 Astronauten (21%) verengt und der Sulcus Calcarinus war bei 5 von 34 (15%) im Vergleich von Messungen vor und nach dem Aufenthalt in Schwerelosigkeit verengt. Eine Verengung der Liquorräume trat wesentlich häufiger bei der Gruppe des Langzeitaufenthalts auf (17 von 18 [94%] vs. 3 von 16 [19%]). Die mittlere Erhöhung der Dicke des dritten Ventrikels nach einem Langzeitaufenthalt betrug 0,74 mm und nach einem Kurzeitaufenthalt 0,11 mm.

Veränderung von Strukturen auf bewegten MRT-Sequenzen: Die Darstellung als Bildserie wurde für 12 Astronauten in der Langzeitgruppe und für 6 Astronauten der Kurzeitgruppe angefertigt. Hier fiel eine Verschiebung des Gehirns beziehungsweise des Hirnstamms nach kranial bei 12 Astronauten mit Langzeitaufenthalt in Schwerelosigkeit auf. In der Gruppe der Astronauten mit einem Kurzeitaufenthalt konnte dies bei keinem Probanden festgestellt werden. Eine Verengung der Liquorräume konnte bei allen 12 Astronauten mit Langzeitaufenthalt festgestellt werden, bei Astronauten mit einem Kurzeitaufenthalt ließ sich dies bei lediglich einem nachweisen. Eine Rotation des Aquaeductus mesencephali konnte bei 12 Astronauten der Langzeitgruppe im Vergleich zu keinem der Kurzeitgruppe festgestellt werden. Die Dehnung des Hypophysenstiels konnte bei 11 Astronauten im Vergleich zu keinem Astronauten der Kurzeitgruppe nachgewiesen werden und eine Erhebung des Chiasma Opticums konnte bei 6 Astronauten und bei keinem der Kurzeitgruppe festgestellt werden.

Veränderung im Ventrikelvolumen: Es bestand ein signifikanter Unterschied im Anstieg des totalen Ventrikelvolumens nach einem Langzeitaufenthalt in Schwerelosigkeit im Vergleich zu einem Kurzeit-



aufenthalt in Schwerelosigkeit ($11 \pm 5,9\%$ vs. $0,04 \pm 1,87\%$, $p < 0,001$).

Veränderung des Tractus Opticus: Ein Papillenödem wurde bei 3 Astronauten nach Aufenthalt in Schwerelosigkeit festgestellt, die alle einen Langzeitaufenthalt hatten und einer Lumbalpunktion unterzogen wurden. Diese 3 Astronauten hatten außerdem eine Verengung des Sulcus Centralis im Vergleich von MRTs vor und nach ihrem Aufenthalt in Schwerelosigkeit.

Kommentar

Eine definitive Begründung für diese Ergebnisse und entsprechende Veränderungen konnte durch die Studie leider nicht gegeben werden. Man kann allerdings postulieren, dass die Ursache eine durch die Vergrößerung der Ventrikel bedingte Verschiebung der Hemisphären sein könnte. Eine bisher beschriebene Erhöhung des Volumens des sensomotorischen Kortex durch Neuroplastizität, kann ein Grund für die Verengung des Sulcus Centralis sein [2]. Durch einen erhöhten Widerstand des Liquorabflusses aus dem dritten Ventrikel kann die Rotation des Aquäduktus mesencephali erklärt werden. Aufgrund

FAZIT

Gründe für das Auftreten des VIIP-Syndroms nach Langzeitaufenthalt in Schwerelosigkeit werden in Zukunft wichtiger Bestandteil der Raumfahrtforschung sein, um mögliche Konsequenzen für Langzeitmissionen (wie z. B. bemannter Marsflug) abzusehen. Herausforderungen für die Zukunft sind die Etablierung von Guidelines für die Diagnostik sowie Handlungsempfehlungen und die Möglichkeit, verlässlich während des Raumflugs den ICP zu messen, was wiederum auch nützlich auf der Erde ist. Außerdem wird die Weiterentwicklung neurokognitiver Tests im All einen immer höheren Stellenwert einnehmen.

des erschwerten venösen Blutabflusses in Schwerelosigkeit entsteht eine venöse Hypertension, die eine Liquorresorptionsstörung der Arachnoidalzotten bewirkt und damit zu einer intrakraniellen Hypertension mit einem Papillenödem führt [3].

Ein weiterer Grund für die vorliegenden Ergebnisse der Studie kann der Zeitpunkt der angefertigten MRTs nach dem Aufenthalt in Schwerelosigkeit sein, welche bei Probanden der Langzeitgruppe deutlich früher angefertigt wurden, als bei Probanden mit Kurzaufenthalt (4,2 vs. 9,6 Tage) [4]. Weitere Studien belegen, dass strukturelle Veränderungen des Gehirns nach einem Monat reversibel sein können [5].

Andere Studien erbrachten Hinweise dafür, dass Schwerelosigkeit keinen Einfluss auf intrakranielle Strukturen beziehungsweise den ICP, jedoch einen großen Einfluss auf das gesamte venöse System hat [6], denn auch bei übergewichtigen Menschen, bei denen man eine Erhöhung des intra-abdominellen und thorakalen Drucks des venösen Systems beobachtet, kann eine idiopathische intrakranielle Hypertension aufgrund eines erschwerten zerebralen Blutabflusses entstehen, dessen Symptome dem „visual impairment intracranial pressure syndrome (VIIP-Syndrom)“ gleichen [7]. Ähnliche Effekte werden bei Menschen mit Höhenkrankheit beobachtet, da der erhöhte zerebrale Zufluss nicht

durch einen erhöhten Abfluss kompensiert werden kann [8].

Alle bisherigen Beschreibungen von optischen Einschränkungen aufgrund von erhöhtem intrakraniellen Druck (VIIP-Syndrom) wurden nach Langzeitaufenthalt in Schwerelosigkeit beobachtet [9].

Jan Schmitz

Korrespondenzadresse

Jan Schmitz

Köln

E-Mail: janschmitz92@googlemail.com

Literatur

- [1] Demontis GC, Germani MM, Caiani EG et al. Human Pathophysiological Adaptations to the Space Environment. *Front Physiol* 2017; 8: 547
- [2] Koppelmans V, Bloomberg JJ, Mulavara AP et al. Brain structural plasticity with spaceflight. *NPJ Microgravity* 2016; 2: 2
- [3] Marmarou A. Pathophysiology of intracranial pressure. In: Narayan RK, Wilberger JE Jr, Povlishock JT, eds. *Neurotrauma*. New York: McGraw-Hill; 1996: 413–428
- [4] Hinkelbein J, Komorowski M, Grau S. Effects of Spaceflight on Astronaut Brain Structure. *N Engl J Med* 2018; 378: 581–583
- [5] Alperin N, Bagci AM, Lee SH. Spaceflight-induced changes in white matter hyperintensity burden in astronauts. *Neurology* 2017; 89: 2187–2191
- [6] Wilson MH. Monro-Kellie 2.0: The dynamic vascular and venous pathophysiological components of intracranial pressure. *J Cereb Blood Flow Metab* 2016; 36: 1338–1350
- [7] Wilson MH, Imray CHE, Hargens AR. The headache of high altitude and microgravity – similarities with clinical syndromes of cerebral venous hypertension. *High Alt Med Biol* 2011; 12: 379–386
- [8] Sagoo RS, Hutchinson CE, Wright A et al. Magnetic resonance investigation into the mechanisms involved in the development of high-altitude cerebral edema. *J Cereb Blood Flow Metab* 2017; 37: 319–331
- [9] Lee AG, Tarver WJ, Mader TH et al. Neuro-Ophthalmology of Space Flight. *J Neuroophthalmol* 2016; 36: 85–91