Senkung des intrakraniellen Drucks durch Senkung des zentralvenösen Drucks: Bewertung möglicher Gegenmaßnahmen zum Raumfahrt-assoziierten neuro-okulären Syndrom

Sebastian Siebelmann

Augencentrum Erkelenz, Erkelenz, Deutschland

Abstract aus Hansen AB, Lawley JS, Rickards CA, et al.: Reducing intracranial pressure by reducing central venous pressure: assessment of potential countermeasures to spaceflight-associated neuro-ocular syndrome. *J Appl Physiol* (1985) 2021;130:283–289.

Keywords

Central venous pressure · Intracranial pressure · Microgravity · Spaceflight neuro-ocular syndrome

Abstract

Spaceflight-associated neuro-ocular syndrome (SANS) involves unilateral or bilateral optic disc edema, widening of the optic nerve sheath, and posterior globe flattening. Owing to posterior globe flattening, it is hypothesized that microgravity causes a disproportionate change in intracranial pressure (ICP) relative to intraocular pressure. Countermeasures capable of reducing ICP include thigh cuffs and breathing against inspiratory resistance. Owing to the coupling of central venous pressure (CVP) and intracranial pressure, we hypothesized that both ICP and CVP will be reduced during both countermeasures. In four male participants (32 ± 13 yr) who were previously implanted with Ommaya reservoirs for treatment of unrelated clinical conditions, ICP was mea-

sured invasively through these ports. Subjects were healthy at the time of testing. CVP was measured invasively by a peripherally inserted central catheter. Participants breathed through an impedance threshold device (ITD, -7 cmH₂O) to generate negative intrathoracic pressure for 5 min, and subsequently, wore bilateral thigh cuffs inflated to 30 mmHg for 2 min. Breathing through an ITD reduced both CVP (6 ± 2 vs. 3 ± 1 mmHg; $P = 0.02$) and ICP (16 ± 3 vs. 12 ± 1 mmHg; $P = 0.04$) compared to baseline, a result that was not observed during the free breathing condition (CVP, 6 ± 2 vs. 6 ± 2 mmHg, $P = 0.87$; ICP, 15 ± 3 vs. 15 ± 4 mmHg, $P = 0.68$). Inflation of the thigh cuffs to 30 mmHg caused no meaningful reduction in CVP in all four individuals (5 ± 4 vs. 5 ± 4 mmHg; $P = 0.1$), coincident with minimal reduction in ICP (15 ± 3 vs. 14 ± 4 mmHg; $P = 0.13$). The application of inspiratory resistance breathing resulted in reductions in both ICP and CVP, likely due to intrathoracic unloading.

© 2021 the American Physiological Society

Transfer in die Praxis

Hintergrund

Das Raumfahrt-assoziierte neuro-okuläre Syndrom (engl. space flight-associated neuro-ocular syndrome, SANS) stellt eine potenzielle Limitation für die zeitliche Dauer eines extraterrestrischen Langzeitaufenthalts dar. Es kann eine uni- oder bilaterale Abflachung des posterioren Bulbus, Erweiterungen der Optikuscheiden sowie ein Papillenödem hervorrufen und verursacht zum Teil Sehstörungen, einen hyperopen Shift, aber auch dauerhafte Schäden am Nervus opticus bei Astronauten. Es wird vermutet, dass es aufgrund der Schwerelosigkeit im Weltraum zu einem Ungleichgewicht zwischen intrakraniell und intraokulärem Druck, zuungunsten des intraokulären Druckes kommt. Daher wird vermutet, dass eine Senkung des intrakraniellen Druckes hypothetisch zu einem Rückgang des Papillenödems führen könnte. In diesem Kontext untersucht die hier vorgestellte Studie einfache, auch im Weltall durchführbare Manöver zur Senkung des intrakraniellen Drucks, um der Entstehung eines SANS in Zukunft entgegenwirken zu können. Da der intrakranielle Druck direkt mit dem zentralvenösen Blutdruck korreliert ist, wurde versucht, diesen einerseits durch das temporäre 2-minütige Anlegen von Oberschenkelmanschetten und andererseits durch das 5-minütige Atmen gegen einen Widerstand zu senken, während der zentralvenöse (CVP) und der intrakranielle Druck (ICP) invasiv gemessen wurden.

Ergebnisse der Studie

Während das temporäre Anlegen von Oberschenkelmanschetten den intrakraniellen Druck nur minimal senken konnte (CVP 5 ± 4 vs. 5 ± 4 mmHg; $P = 0.1$; ICP 15 ± 3 vs. 14 ± 4 mmHg; $P = 0.13$), zeigte sich, dass durch ein Manöver, bei dem gegen einen Atemwiderstand geatmet wurde, eine deutliche Abnahme des intrakraniellen und zentralvenösen Druckes zu erreichen war (CVP 6 ± 2 vs. 3 ± 1 mmHg; $P = 0.02$; ICP 16 ± 3 vs. 12 ± 1 mmHg; $P = 0.04$).

Fazit für die Praxis

In Zukunft könnten einfache Manöver, die auch während einer Weltraummission durchzuführen sind, dazu beitragen, den intrakraniellen Druck zu senken und gegebenenfalls durch Beeinflussung des Gradienten zwischen dem intrakraniellen und intraokulären Druck der Entstehung eines SANS entgegenzuwirken. Dennoch bleibt die Behandlung eines SANS trotz dieser vielversprechenden ersten Ergebnisse eine große Herausforderung und stellt sicherlich weiterhin eine Limitation für die zeitliche Dauer eines extraterrestrischen Aufenthalts dar.

Disclosure Statement

Der Autor hat keine finanziellen Interessen.

Raumfahrt-assoziiertes neuro-okuläres Syndrom (SANS) (... und die Bedeutung von Vitamin C)

SANS ist ein Symptomenkomplex, der bei Astronauten nach extraterrestrischen Langzeitmissionen beobachtet wird. Da bei diesen ebenfalls ein erhöhter intrakranieller Druck festgestellt wird, wird pathogenetisch vermutet, dass es aufgrund eines Ungleichgewichts zwischen Augeninnendruck und intrakraniell Druck zu einem Stau innerhalb der Sehnervenscheide, dadurch zu einer Abflachung des hinteren Bulbus und letztendlich zu einem Papillenödem kommt. Dennoch lässt diese vereinfachte Erklärung eine Vielzahl von Fragen offen, sodass momentan noch viele weitere Kofaktoren, wie eine Störung des lymphatischen Systems, Schwankungen im choroidalen und extraokulären ableitenden venösen System sowie die hyperkapnische Umgebung z.B. auf der ISS (Internationale Raumstation) diskutiert werden. In diesem Kontext zeigen Studien zufolge 45% der Astronauten, die länger als 30 Tage im Weltraum unterwegs waren, okuläre Auffälligkeiten und meistens Sehstörungen im Nahbereich. Zudem wurden bei diesen Astronauten ebenfalls biochemische Besonderheiten wie ein reduzierter Folsäure-Spiegel im Blut festgestellt. Funduskopisch fallen dabei meist ein Papillenödem, choroidale Falten sowie Cotton-Wool-Herde auf. Bisher wurden aber keine Fälle beschrieben, in denen Missionen aufgrund eines SANS abgebrochen werden mussten. Da aufgrund der zunehmenden Kommerzialisierung der Raumfahrt (z.B. SpaceX, Virgin Galactic) aber auch längere Aufenthalte im Weltraum unter Schwerelosigkeit als bisher, wie z.B. bei Reisen zum Mars von gegebenenfalls mehreren Jahren, notwendig sein könnten, könnte das SANS eine wichtige zeitliche Limitation für Langzeit-extraterrestrische Missionen darstellen. Vor diesem Hintergrund werden inzwischen auf der ISS sogar Papillen-OCT-Scans (OCT = optische Kohärenztomografie) und neuerdings sogar OCT-Angiografien durchgeführt. Darüber hinaus sind Astronauten ebenfalls mit sogenannten «Space Anticipation Glasses», also Brillen, die einen hyperopen Shift korrigieren, ausgestattet.

Das Vorhandensein des SANS bei Astronauten erinnert an die Skorbut-Problematik bei Seefahrern im 15. bis 19. Jahrhundert. Damals stellte der durch Vitamin-C-Mangel hervorgerufene Skorbut eine große Limitation der Dauer und somit Reichweite von Seereisen dar. Erst mit der durch die britische Marine initiierten Einführung von Verpflichtungen, z.B. frisches Obst und Gemüse bzw. täglich Limetten- oder Zitronensaft zu sich zu nehmen, konnte das Problem gelöst werden. Die norddeutschen Seereisenden setzten dagegen eher auf Vitamin-C-reiches Sauerkraut, was ihnen auch heute noch umgangssprachlich den Namen «Krauts» gegenüber dem britischen «Limey» einbringt. In diesem Kontext erbrachte die Lösung der Skorbut-Problematik der britischen Marine einen massiven strategischen Vorteil z.B. beim Aufbau der East India Company. Inwieweit die erfolgreiche Behandlung des SANS auch in Zukunft geopolitische Vorteile mit sich ziehen kann, bleibt abzuwarten.

Korrespondenz an:
Sebastian Siebelmann, s.siebelmann@augencentrumerkelenz.de