



Kreislaufphysiologie

Kann Schwerelosigkeit tödlich sein? Als in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts die Möglichkeit bestand, Lebewesen auf eine Erdumlaufbahn zu schicken, war man sich nicht ganz so sicher: schließlich hat sich das Leben unter der ständigen Einwirkung der Schwerkraft entwickelt. Erste Flüge mit Hunden, Affen und schließlich Menschen haben gezeigt, dass die meisten Organismen auch längere Zeit in der Schwerelosigkeit leben können. Aber wie müssen sich Körperfunktionen dabei anpassen?

Unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit (oder richtiger: der Gewichtlosigkeit) haben auch unsere Körperflüssigkeiten kein Gewicht mehr. Sie werden sich anders im Körper verteilen als auf der Erde. Wir untersuchen in diesem Experiment Reaktionen des Kreislaufsystems auf Flüssigkeitsverschiebungen bzw. Druckänderungen.

Ein erwachsener Mensch hat etwa 5 Liter Blut. Als wichtigstes Transportsystem unseres Körpers stellt der Blutkreislauf die Sauerstoffversorgung der Organe und den Abtransport von CO₂ sicher. Das Blut befördert Stoffwechselprodukte, Vitamine, Elektrolyte und Hormone. Weitere wichtige Aufgaben sind die Abwehr von Mikroorganismen und von körperfremden Stoffen sowie die Temperaturregulation. Der größte Teil des Blutes befindet sich in den Venen, denn im Gegensatz zu den Arterien können sich die Gefäßwände der Venen leicht weiten.

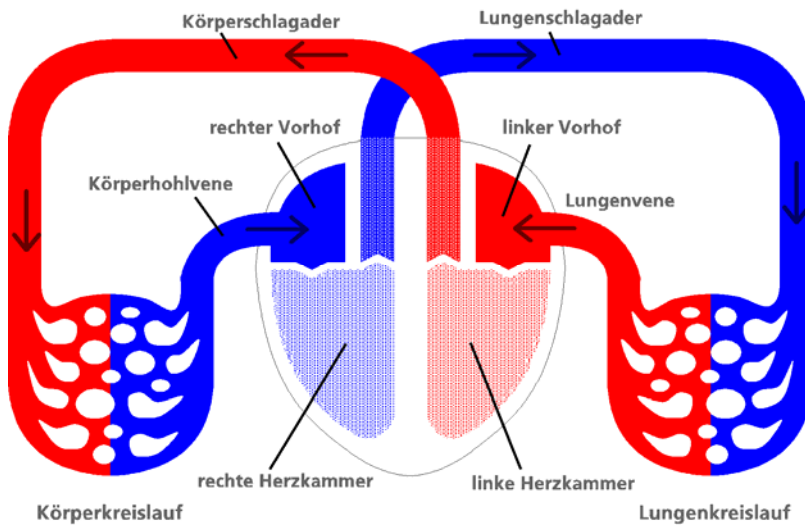


Abb. 1: Vereinfachtes Schema des Blutkreislaufs. Das venöse Blut sammelt sich in der Körperhöhle, wird über die rechte Herzkammer und die Lungenschlagader in die Lunge gepresst, durch die Lungenvene in den linken Vorhof transportiert und aus der linken Herzkammer über die Körperschlagader wieder zu den Organen geleitet.

Das Herz muss den Blutkreislauf in Gang halten. In einer Minute transportiert es 4 bis 6 Liter Blut. Das sind etwa 8000 Liter an einem Tag (der Inhalt von 44 großen Badewannen).

Kenngößen und Steuerung des Blutkreislaufs

Die Pumpleistung des Herzens wird durch ein komplexes System gesteuert. Besondere Muskelzellen in der Herzwand erzeugen einen Grundrhythmus, der durch das Nervensystem und chemische Botenstoffe reguliert werden kann. Die Arbeitsleistung des Herzens und damit auch der Blutdruck können so schnell an wechselnde Bedingungen angepasst werden (z. B. Schlaf, Ruhephasen, Muskelarbeit, aber auch psychische Anforderungen). Die Kontraktion des Herzmuskels kann man mit Hilfe des Elektrokardiogramms (EKG) untersuchen. Wir werden im Experiment das EKG ableiten. Weitere wichtige Messgrößen sind der systolische Blutdruck (bei Zusammenziehen des Herzmuskels) und diastolische Blutdruck (beim Entspannen des Herzmuskels) und die Herzfrequenz (Anzahl der Herzschläge pro Zeiteinheit).

Der Baroreflex

Besonders wichtig ist die Durchblutung des Gehirns: Wenn der Blutdruck plötzlich stark abfällt kann es zu Schwindel, Ohnmacht und kritischen Funktionsstörungen kommen.

An den Schlagadern im Halsbereich (*Arterioes carotes*) und im Herzen befinden sich Sensoren, die empfindlich auf Änderungen des Blutdrucks reagieren. Wenn der Blutdruck abfällt wird durch Freisetzung von Botenstoffen sofort die Herzfrequenz erhöht (*positive Chronotropie*): Das Herz pumpt schneller, der Blutdruck steigt wieder an.

Als weitere Reaktion auf den Abfall des Blutdrucks ziehen sich die Blutgefäße, die die Außenbereiche des Körpers versorgen, zusammen. Auch hierdurch wird der Blutdruck erhöht. Die Herzfrequenz kann wieder etwas sinken, allerdings können auf die Dauer Hände und Füße kalt werden.

Die Reaktionen des Körpers auf Schwankungen des Blutdrucks bezeichnet man als Baroreflex. Er funktioniert in beide Richtungen. Der Baroreflex ist nicht nur ein „Notfallprogramm“, er reguliert den Blutkreislauf ständig und setzt z. B. schon beim Husten oder körperlichen Anstrengungen ein.

Wer Jetpilot oder Astronaut werden will, muss den Baroreflex überprüfen lassen. Warum ist das wichtig?

Beschleunigung und Flüssigkeitsverschiebungen im Körper

Unser Körper ist eine Fallbeschleunigung von 1g (9,81 m/s²) gewohnt: Das Herz pumpt das Blut durch den Körper, es wird dabei von „Venepumpen“, besonders im Bereich der Beine, aber auch von der Atmung unterstützt.

Wenn ein Jetpilot eine scharfe Kurve fliegt oder ein Astronaut bei Start oder Landung starken Beschleunigungsänderungen ausgesetzt wird, kann es ohne weiteres sein, dass sein Blut nicht mehr 5 kg, sondern 30 kg wiegt und in Richtung Beine gepresst wird. Ob der Kreislauf auch dann noch stabil ist kann man in Zentrifugen testen. (Du kannst eine solche Humanzentrifuge im DLR_School_Lab Köln sehen.)

In der Schwerelosigkeit wiegt das Blut dagegen überhaupt nichts mehr. Es wird darum verstärkt in Richtung Kopf transportiert. Dies führt bei den Astronauten in den ersten Tagen zu starken Kopfschmerzen, die Schleimhäute schwellen wie bei einer Erkältung an, manche Astronauten haben auch Sehprobleme (Abb. 2, B).

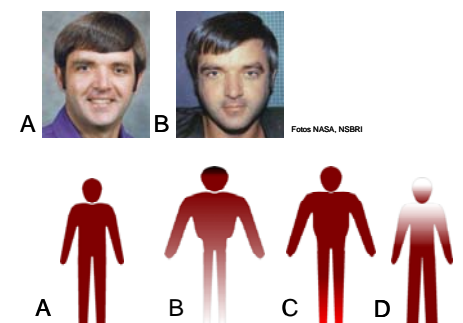


Abb. 2: Tendenz zur Flüssigkeitsverteilung im Körper (A) auf der Erde, (B) unter Schwerelosigkeit, (C) Anpassung an Schwerelosigkeit, (D) Rückkehr auf die Erde.

Der Körper gewöhnt sich nach einiger Zeit an diese Bedingungen: Das Blutvolumen wird angepasst und die Venenpumpen erschlaffen (C).

Wenn der Astronaut aber wieder auf die Erde zurückkommt, verlagert sich ein großer Anteil des Blutes in die Beine, es kann zu Schwindel und Ohnmachtsanfällen kommen (D).

Das Valsalva-Manöver

Das Valsalva-Manöver ist eine einfache Möglichkeit, die Funktion des Baroreflexes zu überprüfen. Wir erzeugen einen erhöhten Druck im Brustraum, indem die Testperson in ein Mundstück mit einer kleinen Öffnung bläst.

Als Folge dieser Druckerhöhung wird die Körperhöhle (*Vena cava posterior*) komprimiert, so dass weniger Blut zum Herzen strömen kann (Abb. 1). Dadurch sinkt der Blutdruck und der Baroreflex setzt ein. (Das Experiment simuliert den Zustand (D) in Abb. 2.)

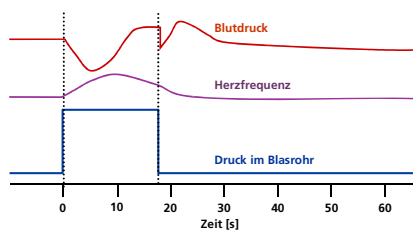


Abb. 3: Schematischer Ablauf eines Valsalva-Manövers: Sofort nach Aufbau eines Drucks im Blasrohr fällt der Blutdruck. Der Baroreflex führt zur Erhöhung der Herzfrequenz und zum Blutdruckanstieg. [Warum steigt der Blutdruck weiter, obwohl die Herzfrequenz nach einiger Zeit wieder abnimmt?]

Der Kipptisch-Versuch

Auch bei einem plötzlichen Wechsel aus einer Liegeposition in die Standposition sackt ein großer Teil des Blutes in die Beine. Wichtig ist, dass die Versuchsperson nicht selbst aufsteht, sondern schnell gekippt wird. Auch hier kann man messen, wie der Baroreflex eine gleichmäßige Verteilung des Blutes im Körper sicherstellt. Dieser Versuch simuliert den Übergang von (A) nach (D) in Abb. 2.

Versuchsdurchführung

Wir werden den Baroreflex bei Versuchspersonen aus Eurer Gruppe zeigen. Dazu werden wir die folgenden Parameter messen und die erhaltenen Daten anschließend gemeinsam diskutieren.

- > EKG (Elektrokardiogramm) nach Einthoven (Ableitung an den Unterarmen und einem Bein)
- > Kontinuierliche Blutdruck- und Herzfrequenzmessung (Porta-Press mit Fingermanschette)
- > Druckverlauf während des Valsalva-Manövers



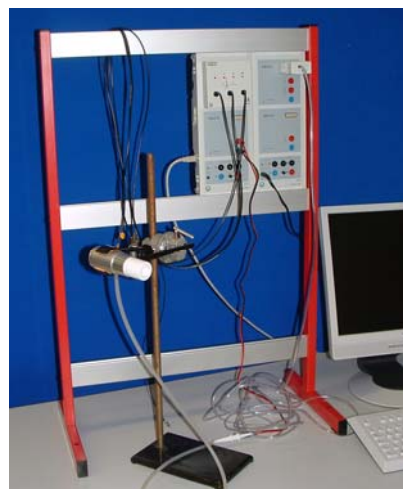
Valsalva-Experiment



Versuchsaufbau Kreislaufphysiologie



Experiment mit dem Kipptisch



Apparatur für das Valsalva-Manöver

Literatur

Ziemssen T., Süß M., Reichmann, H.: Die kardiovaskuläre Funktionsdiagnostik des autonomen Nervensystems – eine Einführung. Neurophysiol. Lab. 24/2 (2002), S. 57–77

Fox, B.C.: Statische Autoregulation der intrakraniellen venösen Hämodynamik unter Orthostase und Änderungen des Unterkörperumgebungsdrucks. Inauguraldissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen (2003)

Saborowski, R.: Über die Beeinflussung der Lagewahrnehmung und des visuellen Systems mittels Über- und Unterdruck auf den Unterkörper. Inauguraldissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen (2001)

Webseiten

<http://www.neuro.med.tu-dresden.de/anf/>

<http://www.fvk-berlin.de/nephrologie/fktttest1.htm>

<http://www.kardionet.de>



Dieses Experiment wurde durch Mittel des BMBF über „Lernort Labor“ (LeLa) gefördert.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab Köln

Linder Höhe
51147 Köln
Leitung: Dr. Richard Bräucker
Telefon 02203 601-3093
Telefax 02203 601-13093
E-Mail schoollab-koeln@dlr.de

www.schoollab.DLR.de/koeln