



2021年11月17日

国立大学法人 東北大学 大学院医学系研究科
国立大学法人 東北大学 東北メディカル・メガバンク機構

宇宙旅行によって血圧や骨の厚みが増えるしくみを解明 ～”宇宙腎”のはたらき～

【研究のポイント】

- 1ヶ月間の宇宙旅行から帰還したマウスの腎臓^{注1}では、血圧と骨の厚さを調節する遺伝子のはたらきが変動していることを発見
- 1ヶ月間の宇宙旅行によって血液中の脂質が増えることを発見し、腎臓では余剰の脂質の代謝・排泄に関わる遺伝子が活性化していることを解明

【研究概要】

民間人だけの宇宙旅行が成功し、人類にとって宇宙が身近になりつつあるなか、宇宙旅行時代に備えて、宇宙放射線や微小重力などの宇宙環境が人体に及ぼす影響を理解する必要があります。東北大学大学院医学系研究科の鈴木教郎准教授（酸素医学分野）と山本雅之教授（医化学分野）らのグループは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と筑波大学との共同研究において、1ヶ月間の宇宙滞在から帰還したマウスを解析し、宇宙旅行の際に腎臓が中心となって血圧や骨の厚さなどを変化させることを発見しました。

本研究グループは2018年に世界で初めて遺伝子組換えマウスの宇宙旅行を達成し、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」に31日間滞在したマウスの解析^{注2}を実施しています。今回の研究では、これらのマウスから採取した検体を解析し、宇宙旅行後のマウスの腎臓で、骨量、血圧、脂質代謝の調節に関係する遺伝子のはたらきが変動することを発見しました。今回の成果によって、宇宙環境が生体に変化を引き起こすしくみの一部が明らかとなり、宇宙旅行における腎機能管理の重要性が提唱されました。本研究成果は、2021年11月9日に国際腎臓学会誌（Kidney International）のオンライン版で公開されました。

【研究内容】

宇宙開発が進み、近い将来、人類が宇宙旅行を気軽に楽しめる時代が到来すると期待されています。その一方で、宇宙は放射線や微小重力など、地上とは環境が大きく異なるため、宇宙進出に備えて、宇宙環境が人体に与える影響を理解する必要があります。これまでに、宇宙飛行士の身体検査などから、重力の増減に対して血圧と骨の厚さが変化することがわかっていましたが、そのしくみは解明されていませんでした。

今回、東北大学大学院医学系研究科の酸素医学分野 鈴木教郎（すずき のりお）准教授および医化学分野 山本雅之（やまもと まさゆき）教授らのグループは、腎臓が血圧と骨量の調節を担うことに着目し、宇宙旅行から帰還したマウスの腎臓を解析しました。その結果、31日間の宇宙滞在から地上に帰還したマウスの腎臓では、血圧と骨量の調節に関わる遺伝子群の発現量が増えていることを発見しました。また、血液中の脂質が増加しており、腎臓で脂質代謝に関係する遺伝子の発現が増加していることを明らかにしました。この結果から、宇宙空間では重力に抵抗して姿勢を維持する必要がないため、基礎的なエネルギー消費量が低下しており、腎臓が余剰となった脂質を代謝・排泄する役割を担っていることが示唆されました（図）。なお、本研究で得られたデータの一部は、東北メディカル・メガバンク機構と JAXA が共同で整備する公開データベース^{注3}に登録されており、世界中の研究者がアクセスし、宇宙環境が生体に及ぼす影響の研究に利用することが可能となっています。

結論：本研究の成果から、宇宙では腎臓の遺伝子発現が変動し、血圧と骨量を変化させることが明らかになりました。また、微小重力環境では基礎的なエネルギー消費が低下するため、余った脂質を腎臓が処理することがわかりました（図）。宇宙旅行の際に腎臓が重要な役割を担うことが示されたことから、宇宙への渡航前に腎臓の健康状態を確認したり、薬剤等で腎臓の機能を調節したりして、腎臓機能を管理することの重要性が示されました。

支援：本研究は、文部科学省科学研究費補助金の支援を受けて行われました。また、「きぼう」での宇宙実験は、JAXA との共同研究により行われました。

【用語説明】

- 注1. 腎臓：血液をろ過して、老廃物を尿中に排泄する臓器。尿の生成のほかに、赤血球を増やしたり、血圧を上昇させる機能も有する。また、リンおよびカルシウムの体内濃度を調節する機能も備えている。カルシウム濃度は骨量と相関するため、腎臓は骨の太さの調節にも関与する。
- 注2. 「きぼう」に 31 日間滞在したマウスの解析：国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の第 3 回小動物飼育ミッション<<https://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/180511.html>>として、2018 年 4 月に 12 匹のマウスを米国ケネディ宇宙センターから打ち上げ、ISS「きぼう」で 31 日間飼育した。その後、すべてのマウスが生存した状態で帰還し、血液や臓器などの解析が進められた（2020 年 9 月 9 日プレスリリース）。
- 注3. 東北メディカル・メガバンク機構と JAXA が共同で整備する公開データベース：東北メディカル・メガバンク機構と JAXA は、「健康長寿社会実現への貢献を目指した「きぼう」利用に係る連携協定」を 2019 年 2 月 8 日に締結し、「宇宙と地上の研究をつなげるためのヒト・マウス統合データベース『ibSLS』」を整備し、一般公開しています<<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/pickout/72216.html>>（2020 年 11 月 26 日発表）。

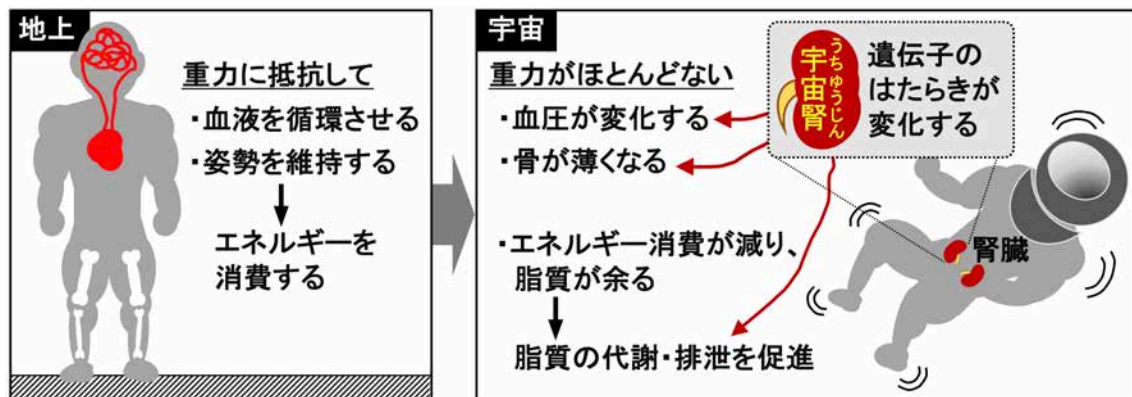


図. 宇宙旅行の際には腎臓のはたらきによって血圧・骨量・脂質代謝が変化する
地上では重力に逆らって血液を循環させたり、姿勢を維持したりする必要があります。宇宙空間では、重力がほとんどないため、血圧や骨の厚さが変化します。今回の研究では、宇宙滞在による血圧と骨の変化に腎臓の遺伝子が関与することを宇宙旅行から帰ってきたマウスを使って明らかにしました。また、重力に抵抗するためのエネルギーが不要となるため、宇宙滞在中に脂質が余ることを発見し、余った脂質を腎臓が代謝・排泄する役割を担うことを解明しました。

【論文題目】

Title: Gene expression changes related to bone mineralization, blood pressure and lipid metabolism in mouse kidneys after space travel

Authors: Norio Suzuki, Yuma Iwamura, Taku Nakai, Koichiro Kato, Akihito Otsuki, Akira Uruno, Daisuke Saigusa, Keiko Taguchi, Mikiko Suzuki, Ritsuko Shimizu, Akane Yumoto, Risa Okada, Masaki Shirakawa, Dai Shiba, Satoru Takahashi, Takafumi Suzuki, and Masayuki Yamamoto

タイトル: 宇宙旅行によって骨量、血圧、脂質代謝を制御する遺伝子の発現量が腎臓で変化する

著者名: 鈴木教郎、岩村悠真、中井琢、加藤幸一郎、大槻晃史、宇留野晃、三枝大輔、田口恵子、鈴木未来子、清水律子、湯本茜、岡田理沙、白川正輝、芝大、高橋智、鈴木隆史、山本雅之

掲載誌名: Kidney International

DOI: 10.1016/j.kint.2021.09.031

【研究者情報】

東北大学大学院医学系研究科酸素医学分野・准教授・鈴木教郎

<https://didms-comart-tohoku.jimdofree.com/>

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院医学系研究科 酸素医学分野

准教授 鈴木教郎

電話番号: 022-717-8206

Eメール: sunorio@med.tohoku.ac.jp

(取材に関すること)

東北大学大学院医学系研究科・医学部広報室

電話番号: 022-717-8032

FAX 番号: 022-717-8187

Eメール: press@pr.med.tohoku.ac.jp