話 題

宇宙医学：その最近のトピックス

岩 崎 賢 一

日本大学医学部社会医学系衛生学分野

地球上の生物は、海の中で生まれ、徐々に新たな環境に移り、その環境で生きていくための生体システムを獲得してきた。このように新しい環境への進出、適応、進化を繰り返しながら、海から、陸へ、空へと生息圏を広げ、生物多様性も獲得された。そして、人類が誕生し、科学技術を発達させ、地球上の生物として初めて宇宙へ進出する術を獲得した。この流れからすると、人類が、他の地球生物を伴って、さらに遠い宇宙や星へと進出し、適応と進化を続けることは必然なのかもしれない。また、人類の好奇心という点から宇宙進出を必然と捉え「究極の目標は、生物が棲息し得るあらゆる場所に生物が棲めるようにすること」と考えている人もいる¹⁾。また別に、地球環境問題や人口問題から宇宙進出の必然性を考える専門家もいる。現在、地球人口は増加の一途をたどり、2011年に世界人口は70億を超したとされる²⁾。1970年から約40年で倍増していて、2044年には90億人を超えるとの推計もあり³⁾、その頃には地球のキャパシティーオーバーで、人類の一部は宇宙に移住せざるを得なくなるとの考えもある。まさにアニメ・ガンダムの設定のようである。

宇宙に人が進出する際、適応と進化が充分に起こるまでは、医学により宇宙での健康被害に対抗しなくてはならない部分がある。そのことに対応するのが、宇宙医学である。広辞苑から「医学」の語義を拝借し変更を加えれば、「宇宙医学」とは「宇宙環境における人体の構造・機能の変化を研究し、その変化に対する治療・予防の方法を開発する学問」と言うことができる。

ヒトの健康を脅かす宇宙の特殊環境因子として一般的によく知られているのは、微小重力（無重力）環境曝露、宇宙放射線被曝、隔離閉鎖環境での精神心理的ストレス、閉鎖環境での化学物質汚染や微生物汚染である。

特に微小重力環境曝露は、前庭系、循環系、骨、筋などへの影響が大きい。もともと健康な宇宙飛行士に急速に大きな変化や病的状態が生じるため、「短期間」で「顕著」な発症と回復の全過程を観察・検討できる。言い換えれば「もしこの世界に、もともと遺伝的に何の問題もなく、なおかつ現在とても健康に過ごしている人の集団が、数か月後に突如として特定の病気にかかって、その後治るということがわかっていたら、その集団を用いて医学研究を行えば、驚くほど貴重な情報が得られ

る」となる。その利点を活かし、宇宙医学研究者は、これまで、多くの宇宙実験を行ってきた。そして、その研究成果は、今後の有人宇宙開発に資するだけでなく、地上における疾病の発症機序の解明や、効果的な予防・治療等にも資すると考えられる。特に、加齢に伴う障害や廃用症候群の予防等の社会的波及効果は意義があると思われる。

現在、本格運用されている国際宇宙ステーションは、1999年から組立が開始され、2011年7月に完成した。宇宙飛行士の滞在期間は大半が1回3～6ヶ月である。そして、この長期間宇宙に滞在した宇宙飛行士の中に、失明のリスクも伴う「視神経乳頭浮腫」を発症した例が、複数みつかった⁴⁾。微小重力環境曝露に伴い体液が上半身へシフトし、頭蓋内圧が上昇し、その状態が長期に持続することが原因の可能性もある。しかし、まだこの疾患に関する研究は始まったばかりで、地上における関連の研究報告⁵⁾でさえ、まだ数少ない。我々は、この疾患の機序の解明や、非侵襲的スクリーニング・早期発見法を開発するために、国際宇宙ステーションに長期滞在する宇宙飛行士を対象とした研究企画を提案した。そしてその研究企画が採択され、現在実施中である。この研究では、宇宙飛行の前後に、高時間解像度で動脈圧波形と脳血流速度波形を、非観血的連続血圧計と経頭蓋ドプラを用いて非侵襲的に記録する。この手技自体は、以前スペースシャトルでの宇宙実験での応用経験がある⁶⁾。そして、両波形の数値モデル解析等⁷⁾から、頭蓋内圧値の推定を行うことを目的としている。実験仮説としては「長期宇宙滞在後に頭蓋内圧の上昇が生じている例が存在し、その場合同時に視神経乳頭浮腫が生じている」とした。

現在、打ち上げ前に同意を得られた宇宙飛行士から、順次、ヒューストンにあるNASAのジョンソン宇宙センターにおいて測定を行っている。脳室やクモ膜下穿刺を用いない非侵襲的な方法で頭蓋内圧を推定できる本方法は、将来の長期宇宙ミッションにおける頭蓋内圧変化のモニターへの応用などが期待できる。そしてさらに、この長期宇宙滞在時の視神経乳頭浮腫が、微小重力による体液シフト・頭蓋内圧亢進によって発症していた場合は、それを解消する可能性のある遠心力による重力負荷⁸⁾が、本症の予防や治療に応用できる可能性がある。

また、さらに、長期宇宙滞在中に脳血流速度波形を記録し脳循環を評価する研究の実施に向け、JAXA とともに国際宇宙ステーション内での測定機材の準備などを行っている。

今後の宇宙開発は、国際協力により月基地の建設や火星の有人探査を目指す、14 の宇宙機関で形成される国際宇宙探査協働グループ (ISECG : International Space Exploration Coordination Group) が発表している⁹⁾。この国際宇宙探査時代に向けて、長期宇宙滞在による視神経乳頭浮腫発症の問題は、早急に解決しなければならない重要課題とされている。

文 献

- 1) Bainbridge WS. *The spaceflight revolution*. Wiley-Interscience, New York, 1976.
- 2) 世界人口白書 2011 (日本語版), 国連人口基金東京事務所, 東京, 2011.
- 3) International Data Base, World Population: 1950–2050, U.S. Census Bureau, <http://www.census.gov/population/international/data/idb/worldpopgraph.php>
- 4) Mader TH, Gibson CR, Pass AF, et al. Optic disc edema, globe flattening, choroidal folds, and hyperopic shifts observed in astronauts after long-duration space flight. *Ophthalmology* 2011; **118**: 2058–2069.
- 5) Shinojima A, Iwasaki K, Aoki K, et al. Subfoveal choroidal thickness and foveal retinal thickness during head-down-tilt. *Aviat Space Environ Med* 2012; **83**: 388–393.
- 6) Iwasaki K, Levine BD, Zhang R, et al. Human cerebral autoregulation before, during and after spaceflight. *J Physiol* 2007; **579**: 799–810.
- 7) Kashif FM, Verghese GC, Novak V, et al. Model-based noninvasive estimation of intracranial pressure from cerebral blood flow velocity and arterial blood pressure. *Sci Transl Med* 2012; **4**: 129ra44.
- 8) Iwasaki K, Ogawa Y, Aoki K, Yanagida R. Cerebral circulation during mild +Gz hypergravity by short-arm human centrifuge. *J Appl Physiol* 2012; **112**: 266–271.
- 9) 国際宇宙探査ロードマップ (第2版), 国際宇宙探査協働グループ, 2013.