
演題名 宇宙における生体反応

氏名 間野忠明

所属 岐阜医療科学大学

1961年4月12日に旧ソ連のユーリ・ガガーリン宇宙飛行士がヴォストーク1号で初めて有人宇宙飛行して以来、50年近く経過した。この間、人類は月にまで到達し、日本人を含む多くの宇宙飛行士が宇宙空間に進出し、宇宙での生活を体験した。最近、運用が始められた国際宇宙ステーションには、日本実験棟「きぼう」(Japanese Experimental Module; JEM)が建設され、常時、日本人宇宙飛行士が長期間滞在することになる。宇宙空間は地上とは著しく異なる環境であり、地上では経験し得ないさまざまな影響を生体に及ぼす。本講演では、人類の宇宙への進出の歴史、宇宙における以下に述べるようなさまざまな条件下での生体反応に関するこれまでの知見の概要、この領域における研究の将来展望などについて述べたい。

1. 微小重力下での生体反応

宇宙空間で地上と最も大きく異なる点は重力の欠如することである。しかしスペースシャトルなどの宇宙船内では、重力が完全に無くなるわけではなく、10-6G程度のごく僅かな重力が負荷されているため、無重力というよりも微小重力環境という用語が用いられる。ちなみに、人類がすでに到達した月面では0.16G、近い将来到達しようとしている火星では0.38Gが負荷される。いずれにしても生体が地上では経験することのない非常に低い重力環境に暴露されることが最大の問題となる。微小重力が生体の神経系、心循環系、筋骨格系などに及ぼす影響について研究が進められている。微小重力下への長期暴露は起立耐性の低下、筋萎縮、骨量減少など高齢者でみられるのと同様な生体機能と構造の変化をもたらすため、宇宙空間は老化の実験室とみなされることもある。なかでも微小重力下

での骨量減少は、高齢者の骨そしょう症との関連で重視され、この問題に関する研究が活発に進められているので、その一端について紹介したい。Microneurography^{1,2)}と呼ばれる最先端の臨床神経生理学的研究・検査法を応用して、微小重力環境がヒトの自律神経機能に及ぼす影響について検索した国際共同研究の成果についても触れたい。

2. 宇宙放射線の影響

宇宙空間では地上よりもはるかに強い線量の放射線が照射され、生体に悪影響が及ぼされる。宇宙放射線が血液、免疫系、遺伝子、発がん性などに及ぼす影響が宇宙医学・生物学上の重要な課題として研究されている。

3. 気圧と気温の問題

宇宙船や宇宙ステーション内部では環境制御生命維持装置によって地上に近い環境が維持されているため、気圧と気温の問題は殆どないが、宇宙空間での船外はほぼ真空状態である。人体が真空状態に暴露されると体液は瞬時に沸騰し、意識は数秒から10秒以内に消失し、死に至る。温度環境も船内では快適に保たれているが、船外の真空状態では空気による熱の伝導がほとんど起こらないため、直接太陽光を受け入れることになり、太陽に曝さらされた日の当たる部分は約100℃にもなり、逆に日陰では-110℃にもなる。このような過酷な環境の中で、生体機能の恒常性を保ちながら船外活動をするために、生命維持装置を備えた宇宙服が開発され、実用化されている。昨年9月には中国が4億8千万円を投じて開発した独自の宇宙服「飛天」を着用して初めての宇宙船外活動に成功したと報道された。

4. 閉鎖隔離環境など

宇宙空間での狭い宇宙船内で長期間滞在することは、一種の閉鎖隔離環境に拘束されることになる。とくに国籍、言語、宗教、文化的背景などの異なる複数の人間が宇宙船という閉鎖隔離環境内で長期間、共同生活すると、さまざまな摩擦が生じ、心理的な葛藤とこれに伴うストレス反応を生ずることもある。さらに 90 分で地球を一周する宇宙船内では覚醒・睡眠などの概日リズムの問題も発生する。

5. 将来展望

これらの問題の解明のために米国のスカイラブ、スペースシャトルやロシアのミールなどを用いた宇宙空間での限られた研究のほか、地上でごく短時間の微小重力を作りうるジェット航空機による弾道飛行や、長期間の微小重力環境を模擬する長期臥床などによる研究がなされてきた。ヒトを対象とする研究と共に、動物実験も行われてきたが、未知の問題が多く残されている。JAXA (宇宙航空研究開発機構) 有人サポート委員会宇宙医学推進分科会では、一昨年、フランス・ストラスブールの国際宇宙大学での任期を終え帰国され、宇宙医学生物学研究室を立ち上げられた向井千秋室長を中心に、哺乳類を使う研究設備が

ない国際宇宙ステーションで、水棲動物のメダカをヒトのモデルとして用いる研究について検討されている。南極を宇宙のモデルの一つとして研究を進める計画も検討されている。

将来的には月や火星への飛行に伴う、長期間の宇宙滞在時の生体反応とそれに伴うさまざまな障害の解明、およびその対策の確立が求められる。さらに将来、一般人の宇宙旅行も可能になると思われるため、その対応についての検討も必要となる。人類の一つの夢として、温暖化などに伴い環境破壊が進む地球から宇宙に進出して安全に居住するために必要な条件の的確な把握も今後の重要な課題となるであろう。

文献

- 1) Tadaaki Mano, Satoshi Iwase, Shinobu Toma: Microneurography as a tool in clinical neurophysiology to investigate peripheral neural traffic in humans (invited review). Clin. Neurophysiol., 117: 2357-2384, 2006
- 2) 間野忠明: Microneurography の基礎から臨床応用と宇宙医学への応用まで. Brain Nerve, Vol. 61, No.3 (3月号), 2009 掲載予定