

Space Medicine

起立性低血圧の原因—重力との関係を探る
前庭—血圧反射系の可塑性とその対策

V-C Reflex

背景

前庭は耳の奥にある器官で頭の傾きや重力を感知し、立ち上がる時の血圧の調節に重要な役割を果たしています。

あおむけの姿勢から立ちあがると、重力の方向が変わって血液が下半身の方に移動します。そして、心臓に戻ってくる血液量と心臓から送り出される血液量(心拍出量)が減少し、心拍出量と血管抵抗の積である血圧が低下します。一方、姿勢が変わることによる重力方向の変化は、内耳にある重力を感知する器官である前庭を刺激して、血圧が上昇します。この反応を「前庭—血圧反射」といいます。これら2つの血圧変化の総和として、起立直後の血圧は維持されています。

森田啓之先生は、これまで前庭が正常なラットと前庭を破壊したラットの応答を比較することにより、これらのしくみを解明してきました(図1)。そこで人間での現象を確認するために、前庭系を外から電気刺激する方法—Galvanic Vestibular Stimulation(GVS)—によって、前庭—血圧反射をブロックして、重力情報が前庭に入力されないような実験を考案しました(図2)。

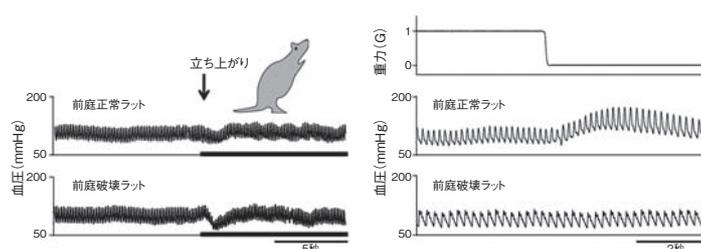


図1 立ち上がり(左図)、および自由落下による微小重力(右図)に対する血圧応答

前庭が正常なラットと前庭を破壊したラットの応答を比較しています。

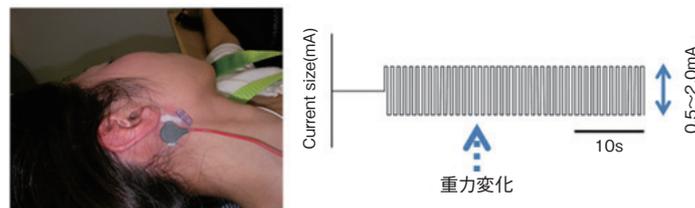


図2 耳の後ろに置いた1対の刺激電極を用いて、体表上から前庭を電気刺激

前庭電気刺激により、重力変化に基づいた前庭への入力が遮断されます。

目的

前庭系は、外部の環境により、その働きが変わりやすい器官であることが知られています。宇宙の微小重力環境のような地上とは異なる重力状況にいる宇宙飛行士は、前庭—血圧反射の調節力が低下して、宇宙から帰還直後は、立った時に血圧が低下(起立性低血圧)して、たちくらみやめまいなどで、立ち続けていられなくなる(起立耐性低下)可能性があります。

そこで、宇宙滞在により前庭—血圧反射の調節力がどの様に変化するかを調べます。そのために、前庭—血圧反射が働く状態での起立時の血圧応答と前庭—血圧反射をGVSでブロックした状態での血圧応答とを比較します(図3)。両者の血圧応答の差が、前庭—血圧反射による血圧上昇です。またどのように、地上の重力に再び適応していくのかも調べます。

これらは、宇宙から帰還後の宇宙飛行士で問題となっている起立耐性低下の原因追究と、その予防を考える上で重要です。

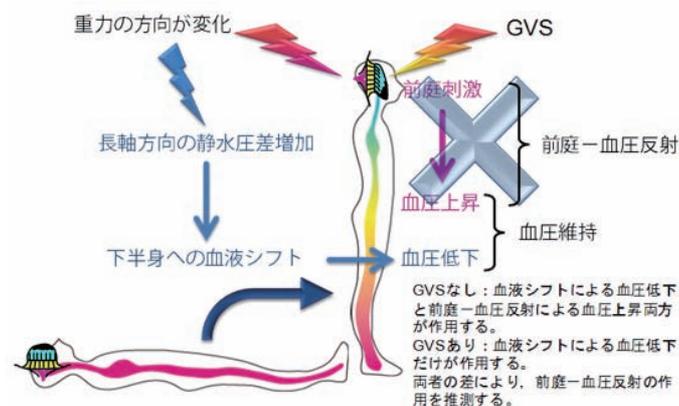


図3 GVSにより姿勢変化による前庭系入力をマスクして、前庭—血圧反射による血圧調節をブロックし、前庭—血圧反射の作用を推測する仕組み

実験内容

今回の実験はすべて地上で行います。宇宙飛行士の打上げ前と、帰還直後、2週間後、2ヶ月後に前庭の血圧調節力を測定して、その変化の違いを調べます。

実際には、血圧、心電図、下腿容積（起立による体液移動の指標）を測定しながら60°の起立試験を行います（図4）。

条件は、GVSの有無およびその刺激の強さによって、①GVSなし、②強いGVSあり、③弱いGVSあり、の3つになります。地上では、前庭-血圧反射は起立時の血圧調節に関係しているので、強いGVSあり（前庭-血圧反射をブロック）の場合、起立時の血圧は低下し、GVSなしの場合、起立時の血圧は維持されることになります。

ところが、宇宙滞在中に前庭-血圧反射が働かなくなると、地上に帰還後、GVSの有無にかかわらず同じ程度の起立時の血圧低下が見られるはずで

す。測定は打ち上げの3ヶ月前から1ヶ月前に1回、帰還後3日以内、2週間（±4日）、2ヶ月（±0.5ヶ月）の合計4回の実験を行います。これにより、前庭-血圧反射の調節力が宇宙滞在によりどの様に変化するか、また、帰還後どの様な経過をたどり回復してくるのかを調べます。



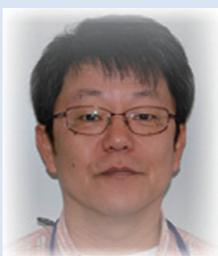
図4 実験（測定）のようす

ココがポイント!

起立性低血圧、起立時のふらつきや転倒は、帰還直後の宇宙飛行士と高齢者に共通の症状であり、前庭系の機能低下が共通の原因である可能性があります。

今回の実験ではこの仮説を証明して、宇宙から帰還後の起立耐性低下のしくみとその対策を考えていきます。その成果は、宇宙飛行士だけでなく、地上の高齢者の健康維持にも役立つと期待されます。

プロフィール



森田 啓之

岐阜大学大学院医学系研究科
教授

専門：循環生理学、環境生理学