

運動時における静脈血管応答とその調節機構

研究員 大上 安奈 (食環境科学部 助教)

走ったり、歩いたり、私たちが運動を行った場合、体内では様々な反応が生じる。例えば、心臓の拍動が速くなったり、呼吸の回数が多くなったり、汗をかいたりする。その中でも特に私は「血液の流れ」と「血液を流す血管の働き」に着目して研究を行っている。心臓から送り出された血液は、動脈血管を通過して筋肉や脳、内臓などあらゆる臓器に分配され、その後、静脈血管を経て再び心臓に戻ってくる。運動時における動脈血管・血流の応答に関しては多くの研究がなされているものの、静脈系に関しては特にヒトにおいて未解明な課題も多い。運動時には活動筋への血流を増やすために心拍出量が増大するが、心臓は血液を溜めておくことはできないため、心拍数を増大させることはもちろんのこと、静脈血管からいかに適切に血液を心臓に還すかが重要となる。つまり、運動時に全身に滞りなく血液を循環させるためには『静脈-心臓-動脈』の連関を解明する必要がある。運動に伴う静脈血管・血流応答を検討することは重要であると考えられる。

静脈血管は非常にやわらかく血液を溜めやすい性質があるため、私たちが安静にしているときは全血液量の約 60%が静脈血管に存在している。一方、静脈血管は強い収縮性も有している。例えば、運動時には活動している筋にたくさんの血液が必要となるため、運動を行っていない部位(自転車運動の場合は、腕や内臓など)の静脈血管を収縮させて、血液を心臓に還しやすくしている。このような運動に伴う非活動部位の静脈血管収縮は交感神経活動の亢進により生じることが多くの先行研究で明らかになっている。しかし、運動によって生じる交感神経活動亢進の要因は数多あり(図 1)、これらのうち、実際に静脈血管収縮に関わっている要因は特定されていなかった。そこで我々はまず、脳からの運動指令(セントラルコマンド)の影響を検討するために次のような実験を行った。筋収縮時の腱部へ振動刺激を行った場合、反射性の張力発揮が生じるため、実際の筋収縮に必要な努力感は低下する。つまり、運動のみを行った場合と比較して、運動中に腱部への振動刺激を行った場合にセントラルコマンドは低下する。この原理を用い、セントラルコマンドの関与を検討した。その結果、35%MVC 強度の静的肘屈曲運動のみを行った場合、対側肢(運動を行っていない側の腕)の静脈血管には収縮が認められた。しかしながら、腱部に振動刺激を加えながら同様の運動を行った場合、筋の張力発揮は同程度であったにも関わらず、静脈血管収縮は消失した。これらの結果から、セントラルコマンドが静脈血管調節機構に関与していることが示唆された。続いて我々は、末梢からの反射性制御(筋代謝受容器反射)の影響を検討するために次のような実験を行った。運動時にはセントラルコマンド、筋機械受容器反射と筋代謝受容器反射のすべてが働いているが、運動直後に運動を行っていた体肢を虚血し代謝産物を閉じ込めることで(post exercise muscle ischemia: PEMI)、筋内に存在する代謝受容器のみを刺激することができる。

この原理を用い、筋代謝受容器反射の関与を検討した。その結果、運動直後に PEMI を行った条件では、運動時にみられた静脈血管収縮がそのまま維持された。一方、運動直後に PEMI を行わなかった条件では、静脈血管収縮が徐々に消失し、血管の大きさが安静時レベルまで戻った。これらの結果から、筋代謝受容器反射が静脈血管調節機構に関与していることが示唆された。

現在は、上述のような運動に伴う静脈血管収縮の調節機序の解明に加え、静脈血管の柔らかさ(伸展性)が運動によってどのように変化するのか、また、それを調節している機構についても研究を進めている。

