

Heterogeneous Regulation of Brain Blood Flow during Low-Intensity Resistance Exercise

平 澤 愛

杏林大学保健学部健康福祉学科

ヒトの頭蓋内への血液供給は、左右の総頸動脈から分岐した内頸動脈経路と鎖骨下動脈から分岐した椎骨動脈経路の2つがある。また、同じく左右の総頸動脈から分岐した外頸動脈は、顔面や皮膚へ血液を供給し、体温調節の役割を担っている。そして、これらの各血管の血流調節は、血圧、脳自動調節機能、二酸化炭素分圧 (CO₂ reactivity)、交感神経活動および心拍出量などの生理的要因が関与し、非常に複雑なメカニズムにより調節が行われていると考えられる。したがって、様々な生理条件における脳循環調節を明らかにすることは、複雑な脳循環調節メカニズムを解明する上で重要となる。

我々は、暑熱環境下における心拍出量の増加は、内頸動脈血流量の増加よりも外頸動脈血流量の増加に影響し、外頸動脈における血管拡張は、心拍出量の増加による頭蓋内の血流増加を抑制している可能性を示した¹⁾。また、急性低血圧に対する、内頸動脈と外頸動脈血流量の変化を検討したところ、内頸動脈血流量は、急性低血圧に対して素早く安静時まで回復するのに対し、外頸動脈血流量は、安静時までの回復が緩やかであった。このことから、外頸動脈の血流量変化には、急性低血圧による頭蓋内血流量低下を防ぐ働きがある可能性が示された²⁾。これまでの研究から、外頸動脈経路には、体温調節以外にも、頭蓋内に適切に血流を供給するための緩衝作用の役割も担っている可能性が考えられる。

一方、高強度のレジスタンス運動により動脈血圧は、300mmHg以上に上昇することが報告されている³⁾。この運動時の昇圧応答が、脳血管に直接影響すると脳血管は、破綻すると考えられる。実際に、高強度レジスタンス運動中の頭蓋内出血については、いくつか報告されているが^{4, 5, 6)}、通常、急激な昇圧応答に対しても脳循環の恒常性は保たれている。このような条件下では、明らかに脳自動調節機能の上限値を超えているため他の脳血流調節メカニ

ズムが重要役割を果たしていると考えられる。そこで我々は、レジスタンス運動時の昇圧応答に対して、外頸動脈経路は頭蓋内に過剰な血液が流入することを防ぐための緩衝作用の役割があると仮説を立て、レジスタンス運動時の内頸動脈および外頸動脈血流量を直接測定することから検討を行った。

本研究では、随意最大筋力の30%における静的膝伸展運動を2分間行い、その際に超音波法を用いて内頸動脈および外頸動脈血流量を左右の頸部から同時に測定した。動脈血圧および心拍出量は、運動開始直後から運動終了時まで増加し続けた。内頸動脈血流量は、運動開始直後は増加したが、運動開始60秒目には頭打ちとなり、その後は定常状態を維持した。また、内頸動脈の血管コンダクタンスは、運動終了時に有意に低下していた。一方、外頸動脈の血流量および血管コンダクタンスは、運動中に有意な増加がみられた。このことから、動脈血圧および心拍出量の増加を伴う静的レジスタンス運動中には、内頸動脈の血管収縮と共に外頸動脈の血管拡張が生じることが明らかとなった。これは、内頸動脈と外頸動脈における異なる血流調節が、頭蓋内に過剰な血液が流入することを防ぐための保護メカニズムであることを示唆する。

謝辞

本受賞論文の研究を行うに当たり、ご指導およびご協力いただきました東洋大学の小河繁彦教授ならびに共同研究者の先生方に感謝申し上げます。また、ご選考頂きました選考委員の先生方ならびに杏林医学会の先生方に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Ogoh S, Sato K, Okazaki K, Miyamoto T, Hirasawa A, Morimoto K, Shibasaki M. Blood flow distribution during

- heat stress: cerebral and systemic blood flow. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2013; 33(12): 1915-20.
- 2) Ogoh S, Lericollais R, Hirasawa A, Sakai S, Normand H, Bailey DM. Regional redistribution of blood flow in the external and internal carotid arteries during acute hypotension. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2014; 306(10): R747-51.
 - 3) MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1985; 58(3): 785-90.
 - 4) Goetting MG, Swanson SE. Massive hemorrhage into intracranial neurinomas. *Surg Neurol.* 1987; (2): 168-72.
 - 5) Haykowsky MJ, Findlay JM, Ignaszewski AP. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage associated with weight training: three case reports. *Clin J Sport Med.* 1996; 6(1): 52-5.
 - 6) Schievink WI, Karemaker JM, Hageman LM, van der Werf DJ. Circumstances surrounding aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Surg Neurol.* 1989; 32(4): 266-72.