

背景および目的

健康寿命の伸長は高齢化社会における課題であり、世界で最も高齢化が進んでいる日本では特に重要である。健康寿命の伸長のためには虚弱の予防が必要であるが、虚弱を予防する運動法には完全なものではなく、今なお多くの高齢者が不動により虚弱に至っている。よって虚弱を予防またはその進行を減衰させる運動法の開発は重要である。

筋収縮時には酸素が消費されるため、筋肉の酸素化を評価する事は効率的な運動法を開発するうえで重要である。我々は近赤外線分光法を用いて、最も不動により影響を受ける下肢の位置と運動時の筋酸素飽和度(SmO_2)の関係について検討した。また、 SmO_2 は筋肉への酸素の供給と筋肉の酸素の吸収を反映しているため(Hamaoka *et al.*, 1996)、酸素の供給(運動誘発性充血)と筋肉の酸素の吸収能(微小・大血管の拡張能)についても評価を行った。我々は下肢が心臓より高い状態であると運動誘発性充血・微小・大血管の拡張能がいずれも減弱され、 SmO_2 は低くなると仮定した。

方法

14人の若年健康成人(男性11人、平均年齢 27 ± 3 歳)に20分の安静の後にカフ閉塞試験(研究1)と底屈運動試験(研究2)を行った。研究1では反応性充血、血流依存性血管拡張反応、血流遮断による虚血時の SmO_2 を評価した。研究2では運動中の SmO_2 、運動誘発性充血を評価した。臥位の状態で受動的に下肢を上昇させる体位(LU)と低下させる体位(LD)を負荷した。

結果

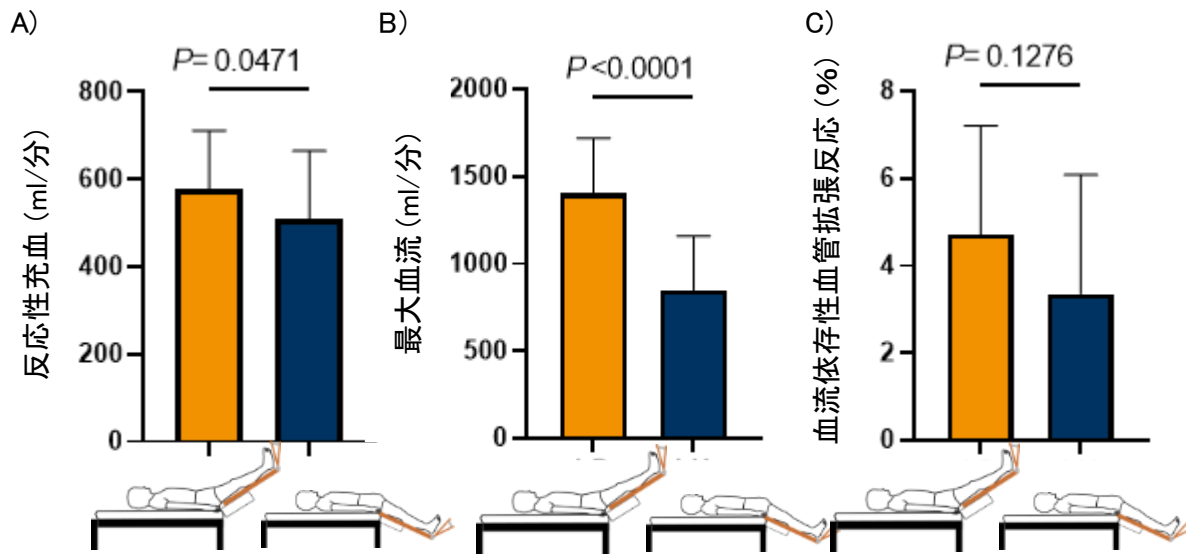
微小血管拡張能(研究1)

反応性充血はLU体位ではLD体位よりも低かった(507 ± 151 mL/min vs. 576 ± 130 mL/min; $P=0.0471$) (図1A)。最大血流も同様にLU体位で有意に低かった (849 ± 296 mL/min vs. 1404 ± 303 mL/min; $P<0.0001$)(図1B)。

大血管拡張能(研究1)

血流依存性血管拡張反応はLU体位の方がLD体位よりも低かったが統計的な有意差は認めなかった (3.4 ± 2.6 % vs. 4.7 ± 2.4 %; $P=0.1275$) (図1C)。

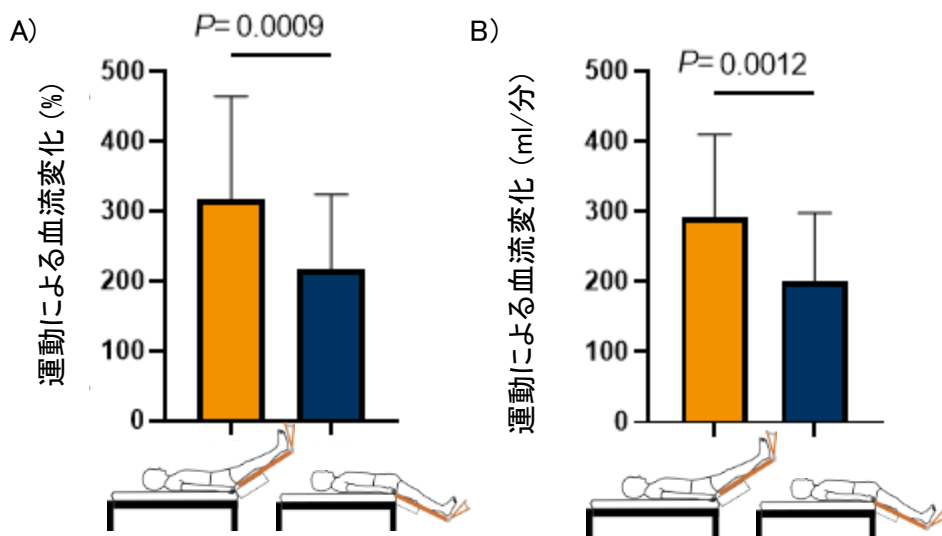
図 1



運動誘発性充血(研究2)

血流は, LU 体位では安静時の 101 ± 35 mL/min から運動後の 301 ± 107 mL/min ($P < 0.0001$) まで, LD 体位では 95 ± 24 から 387 ± 125 mL/min ($P < 0.0001$) までそれぞれ増加した。また, 運動誘発性充血(安静時から運動後までの血流増加率)は, LU 体位では LD 体位に比べて低かった ($216 \pm 104\%$ vs. $317 \pm 142\%$; $P = 0.0009$) (図 2A)。運動中の血流変化の実数値にも, 2 つの脚位で有意な差が見られた (201 ± 94 vs. 292 ± 114 mL/min; $P = 0.0012$) (図 2B)。

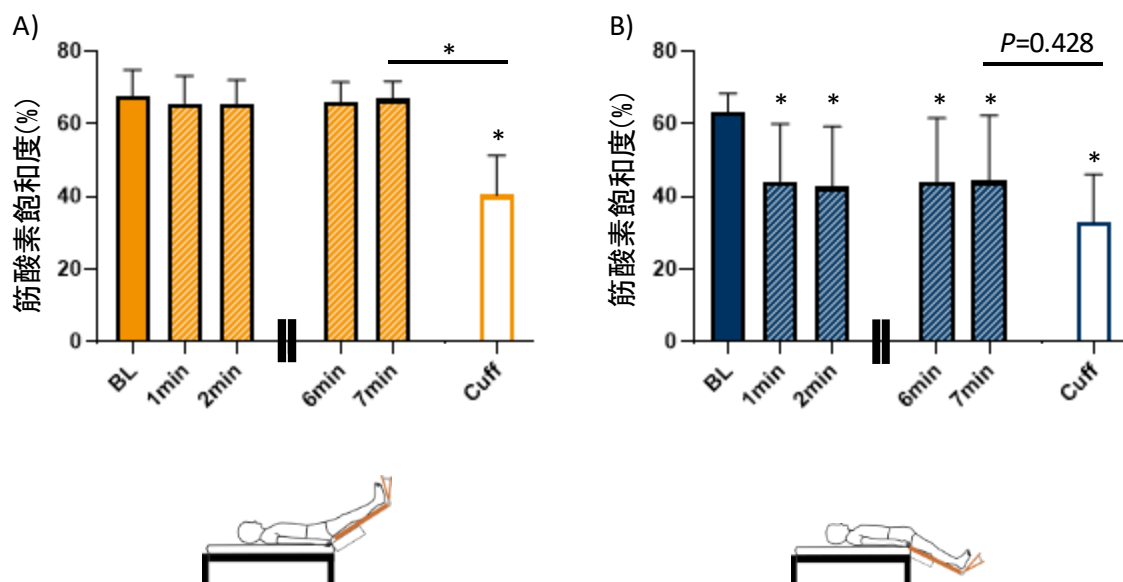
図 2



腓腹筋の SmO₂ の変化(研究 2)

安静時の SmO_2 は、どちらの姿勢でも同様であった ($63 \pm 5\%$ vs. $68 \pm 7\%$; $P=0.1107$)。しかし、運動時には、LD 体位では SmO_2 の変化はなかったのに対し、LU 体位では運動開始 1 分後に SmO_2 が $44 \pm 15\%$ と有意に低下した (図 3A, 3B)。運動後の SmO_2 は LU 体位では LD 体位に比べて低値であった ($44 \pm 17\%$ vs. $67 \pm 5\%$; $P=0.0018$)。LU 体位では運動終了時の SmO_2 とカフ閉塞時の SmO_2 には、統計的な差はなかった ($P=0.428$) (図 3B)。

図 3



結論として、下肢が心臓より高い位置にあると、運動による充血や血管拡張機能が損なわれ、運動中に下肢の筋肉の酸素化が低下しやすい。下肢の位置を変えて運動する事で下肢運動の効率を向上できる可能性がある。