

図3 長距離選手の運動開始時の換気応答特性 (文献4より引用改変)

毎分換気量 (吸気量) について, 運動時は1呼吸ごとに平均し, 安静時は運動開始直前の5呼吸を平均した。

を示しており, 化学調節 (フィードバック系) はそれを精密に調整している (fine tune) に過ぎないとされている。

3相のうち, Phase Iは運動時換気亢進のメカニズムを神経調節だけに単純化することができるという利点がある。さらに随意運動だけでなく, 検者が被検者の四肢に付けたロープを引っ張るなどの受動的な運動・動作を行うことで, セントラルコマンドの影響をなくし末梢神経反射の影響だけをみることも可能である。

II

トレーニングが呼吸の神経調節に及ぼす影響

1 末梢神経反射への影響

非鍛錬者をトレーニングしてPhase Iがどのように変化するかを検討した研究は見当たらないが, 鍛錬者のPhase Iを非鍛錬者のそれと比較する研究が行われている。Miyamuraら⁴⁾は, 男子大学生の陸上競技長距離選手 (体重当り最大酸素摂取量: 70.8 mL/分/kg) に20秒間の両脚交互の膝伸展-屈曲運動を行わせ, そ

の時の安静時から運動開始直後3呼吸の毎分換気量の平均値の変化分を, コントロール群 (体重当り最大酸素摂取量: 49.8 mL/分/kg) と比較した結果, 長距離選手群の方が有意に低い値を示し, さらに, 同じ被検者に対し検者が被検者の足首につけたロープを引っ張って随意運動と同じような動作になるように受動動作を実施した場合も, 同様に長距離選手群が有意に低い値を示したと報告している (図3)。一方, Satoら⁵⁾は陸上競技の100m走の記録が10秒台の大学男子一流選手について同様の運動様式を用い, Phase Iの応答の大きさを一般人と比較したところ, 随意運動では両群に有意差は認められなかったが, 受動動作において短距離選手群が有意に低い値を示したと報告している (図4)。2つの研究から共通して言えることは, 長期間トレーニングを積むと, 受動的な動作開始時の換気応答が低くなるということである。

このことは, 神経調節の1つである末梢神経反射が長期間のトレーニングによって抑制される可能性を示唆している。このメカニズムについては明らかではないが, 刺激受容体 (感覚器) には, 刺激が続くと受容体の反応性が鈍くなる「脱感作」という性質があるためではないかと考えられる。しかし, 実際に末梢の感覚受容

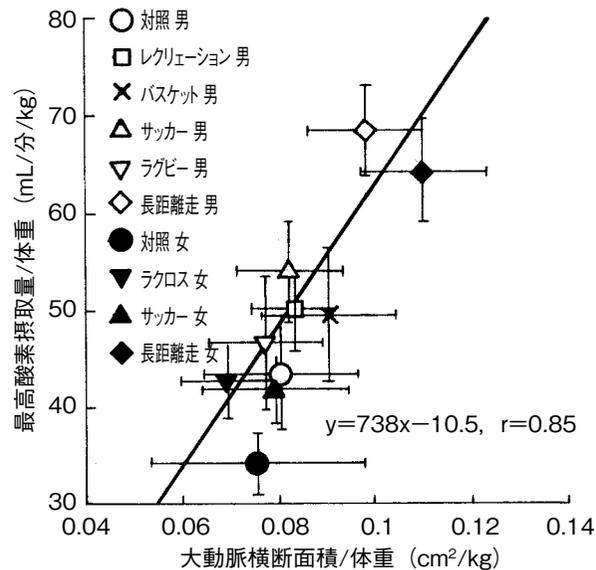


図4 日本人スポーツ選手の超音波エコー法で測定した上行大動脈横断面積と最高酸素摂取量との関係

また、持久的鍛練者にみられる動脈コンプライアンスの増加は、とくに高い運動強度での収縮期血圧の著しい上昇を抑制しつつ、Windkessel効果により多くの血液を末梢へ送り出すために有効であると推測される。これらの成果から持久的トレーニングに伴う伝導性血管のサイズとコンプライアンスの変化は、その両方が活動筋への血液運搬に効果的に寄与すると考えられる。

動脈、とくに胸腹部に位置する大動脈や頸動脈などの中心動脈コンプライアンスの低下は、

左心室心筋への後負荷を増加させ、脳血圧への急激な血圧上昇の生理的要因であると同時に、心筋梗塞や脳卒中発症の独立した危険因子でもある。したがって、持久的トレーニングによる、とくに中高年者の動脈コンプライアンスの増加は、循環器疾患の発症を予防する効果があると考えられる。筋力トレーニングでは、持久的トレーニングと対照的に好ましくない中心動脈コンプライアンスが低下する。生活習慣病予防のために筋力トレーニングを実施する際には注意が必要である。

文 献

- 1) Rost R, Hollmann W : Athlete's heart--a review of its historical assessment and new aspects. *Int J Sports Med* 1983 ; 4 : 147-65
- 2) Astrand PO, Cuddy TE, Saltin B, et al : Cardiac Output during Submaximal and Maximal Work. *J Appl Physiol* 1964 ; 19 : 268-74
- 3) Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, et al : Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med* 1975 ; 82 : 521-4
- 4) Spina RJ, Ogawa T, Coggan AR, et al : Exercise training improves left ventricular contractile response to beta-adrenergic agonist. *J Appl Physiol* 1992 ; 72 : 307-11
- 5) Levine BD, Lane LD, Buckley JC, et al : Left ventricular pressure-volume and Frank-