

長距離ランナーの呼吸筋力特性

古泉 一久*・解良 武士**
平塚 潤**・櫛部 静二***

I. 緒 言

長距離ランナーの持久性能力を評価する場合、最大酸素摂取量、酸素摂取水準維持能力、乳酸性閾値、ランニングエコノミー等、心肺循環機能を主とする生理学的指標が多く用いられている^{2), 4), 7), 14)}。逆に言えば、持久性のトレーニングではそれらの生理学的指標を向上させることによって、よりエビデンスの得られた効果が期待できる。最近、これまでのトレーニング方法に加えて、呼吸運動そのものをトレーニングの対象とし、呼吸筋群の強化を図ることで競技パフォーマンスの向上を果たそうとする試みが見受けられる。

呼吸筋とは呼吸運動に貢献する骨格筋の総称であるが、主に呼吸運動時での横隔膜や腹筋群、肋間筋群等の体幹部の筋のことをいう。吸息ではこれらの呼吸筋の収縮によって胸郭を拡大させ、間接的に肺を拡張させることでガスの取り込みを行う。呼息では安静時であれば、吸息後の筋の弛緩により受動的にガスの吐き出しが行われるが、運動時などの大きく速い呼吸運動が必要な場合では、呼息でも呼吸筋の収縮が必要になる。スポーツ競技選手におけるこれまでの呼吸筋力の研究では、一致した見解が得られていない。例えば一般健常者と持久性競技選手の呼吸筋力を比較した研究では、持久性競技選手の方が高い呼吸筋力を有するという報告^{6), 13)}、一般健常者のほうが高い、もしくは差がないとする報告^{3), 8), 9)}に分かれている。しかし、これまでの研究では、対象とする選手の競技水準の違いによる影響、呼吸筋力と他の呼吸循環系能力との関係、さらにその生理学的機序等、未だ不明な点が多い。以上の点を考慮しながら、本研究では呼吸筋力の強化が、持久性競技である長距離走のパフォーマンスに対して有効かを検討するための基礎資料を得ることを目的とした。具体的には、競技選手である長距離ランナーと特別なトレーニングを行っていない一般学生を対象として、呼吸筋力を中心とした呼吸機能を比較し、さらに最大換気量と呼吸筋力との関係について検討した。なお、本研究における呼吸筋力は呼吸筋の最大筋力に焦点

* 城西大学理学部非常勤講師

** 日本医療科学大学

*** 城西大学経営学部

を当てており、呼吸筋持久力については評価をしていない。

II. 方 法

1. 被 験 者

被験者は大学駅伝部に所属する男子長距離ランナー 7 名 (19.3±0.8 歳：測定日より過去 1 年以内の 5000 M 最高記録：14 分 18 秒～14 分 56 秒) と健康な一般男子大学生 13 名 (19.5±0.5 歳) とした。男子長距離ランナーについては、測定に際して身体的な故障がないことを確認した。全ての被験者に対して、測定に関する注意事項、個人情報の保護等の十分な説明を行った上で研究同意書を取り交わし、インフォームドコンセントを得た。

2. 測定項目

1) 肺機能測定

肺機能測定として肺活量 (以下, VC), 最大換気量 (以下, MVV) の測定を行った。測定には電子スパイロメーター (HI-101, チェスト社) を使用した。被験者は背もたれのない椅子に座り鼻にノーズクリップを装着後, ディスポーザブルマウスピースにて測定した。VC は 3 回測定し, その中の最大値を測定値とした。また, MVV は, 12 秒間できるだけ大きな分時換気量を得られるよう, 最大努力で尚且つできるだけ多く呼吸するように被験者に指示した。得られた値を L/min 単位に換算し測定値とした。

2) 呼吸筋力測定

呼吸筋力の指標として, 最大呼気口腔内圧 (以下, PEmax), 最大吸気口腔内圧 (以下, PImax) を測定した。

3) 統計処理

統計処理には SPSS 11.5 J を用いた。測定値は全て平均値±標準偏差とし, 長距離ランナーと一般学生との比較は対応のない *t* 検定を行った。また, PEmax と MVV との関係, PImax と MVV との関係については Pearson の相関係数を求めた。いずれも有意水準は 5% 未満とした。

III. 結 果

1. 長距離ランナーと一般男子学生の身体特性及び呼吸機能の比較

長距離ランナーと一般学生の身体特性及び呼吸機能の比較を表に示した。身長は有意な差はみ

られないが（一般学生 172.7 ± 5.0 cm, 長距離ランナー 170.1 ± 0.8 cm）、体重については一般学生が 64.3 ± 7.1 kg に対し、長距離ランナーが 55.6 ± 2.8 kg であり、長距離ランナーの方が有意に低かった ($p < 0.01$)。呼吸機能では、VC が一般学生で 4.9 ± 0.6 L, 長距離ランナーで 4.2 ± 0.6 L と一般学生の方が高く、有意な差が認められ ($p < 0.05$)、MVV では一般学生が 171.6 ± 27.0 L/min, 長距離ランナーが 144.4 ± 31.8 L/min と一般学生の方が高い傾向にあるものの有意な差は認められなかった。呼吸筋力の指標については、PEmax が一般学生で 126.6 ± 39.6 cm H₂O, 長距離ランナーで 141.2 ± 36.0 cm H₂O であり、PImax が一般学生で 78.7 ± 15.9 cm H₂O, 長距離ランナーで 111.7 ± 16.0 cm H₂O であった。いずれも長距離ランナーの方が高い値を示したが、PImax では有意な差が認められた ($p < 0.001$) が、PEmax では認められなかった。

表 被験者の身体特性及び呼吸機能の比較

	長距離ランナー ($n = 7$)	一般男子学生 ($n = 13$)
年齢 (歳)	19.3 ± 0.8	19.5 ± 0.5
身長 (cm)	170.1 ± 3.5	172.7 ± 5.0
体重 (kg)**	55.6 ± 2.8	64.3 ± 7.1
体脂肪率 (%)	11.5 ± 1.4	—
呼吸機能		
VC (L)*	4.2 ± 0.6	4.9 ± 0.5
MVV (L/min)	144.4 ± 31.8	171.6 ± 27.0
PEmax (cm H ₂ O)	141.2 ± 36.0	126.6 ± 39.6
PImax (cm H ₂ O)***	111.7 ± 16.0	78.7 ± 15.9

mean \pm SD* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. 呼吸筋力と MVV の関係

呼吸筋力の指標と MVV との関係を図 1, 図 2 に示した。PEmax と MVV との関係 (図 1) では長距離ランナー, 一般学生それぞれに相関は認められなかった。PImax と MVV との関係 (図 2) では長距離ランナーでは相関関係が認められなかったが、一般学生では有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

1. VC 及び MVV の比較

VC については長距離ランナーよりも一般学生の方が高値を示した。今回体脂肪率については、一般学生の測定は行っていないが、長距離ランナーの体脂肪率が同年代の標準値 (11~21%) の下限であることから、長距離ランナーが痩身気味であることが推察できる。長距離競技は自体

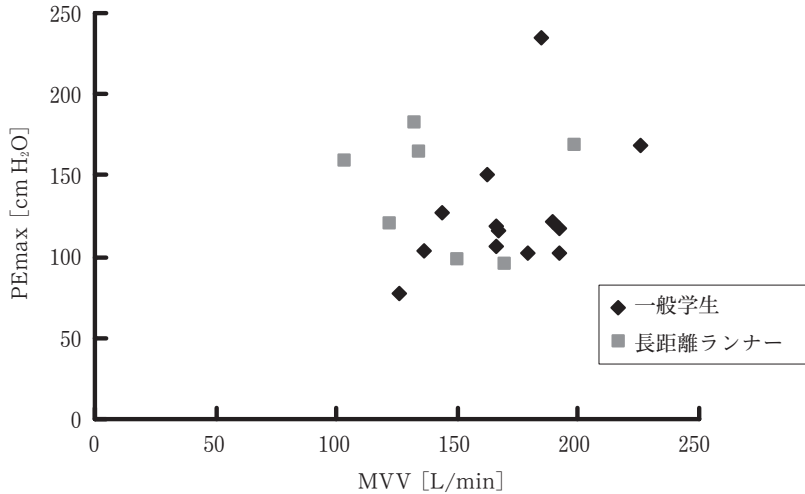


図1 PEmax と MVV の関係

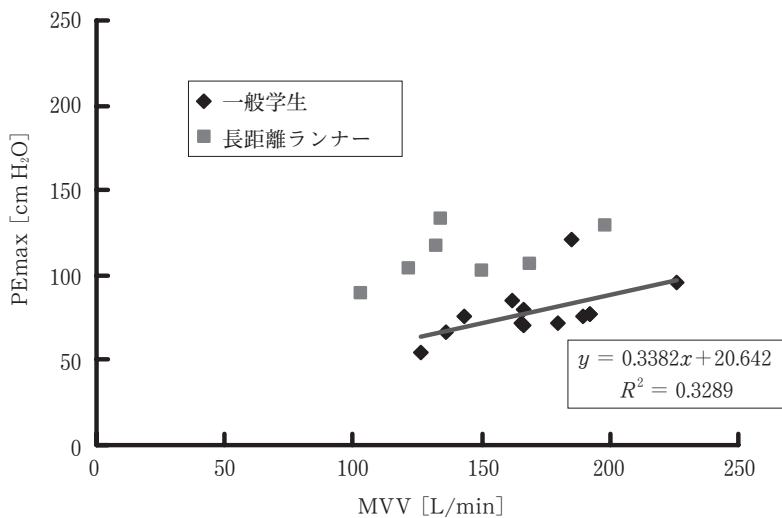


図2 PImax と MVV の関係

重を移動させて競うという特徴を持つことから、競技レベルが高くなるほど体脂肪率が低く、体重による負担を少なくする方が競技パフォーマンスに有利になることが多い。一般的には、多くのスポーツ選手にみられるような筋力や瞬発的要素が優先される競技種目であれば、一般の健康者より胸郭が発達しており、VCも高くなる^{11), 12)}ことが考えられるが、長距離ランナーについては長距離競技の特性を考慮する必要があるだろう。また、今回の長距離ランナーにおけるVCの測定値は、VCと持久性能力との関連性について認められている研究はほとんど見当たらないことから、競技パフォーマンスへの影響もほとんどないと考えられる。

MVVについてもVCとほぼ同様の傾向が認められた。すなわち、MVVでは両者の間で有意

な差は認められなかったものの、長距離ランナーよりも一般学生の方が高い値を示している。この結果は、MVV が大きいとより多くの酸素を体内に摂取できるという考えからすると、酸素摂取能力に優れているはずの長距離ランナーの MVV が一般学生より低いことは、矛盾しているかの印象を受ける。しかし、実際の運動時において得られる換気量は MVV の値よりも低い。実際に差があるとすれば運動中の換気量の指標である VEmax であり、本研究の被験者である長距離ランナーの場合でも、VEmax では一般学生よりも高い値を示すことが予期される。

2. 呼吸筋力の比較

本研究では呼吸筋力の指標として、呼気及び吸気を最大努力で行った時の最大口腔圧力で表した。特に今回の測定方法については、新たに採用したシステムのために先行例がなく、本研究の呼吸筋力の測定値を単純に比較できるデータは見当たらない。もともと最大口腔内圧による呼吸筋力の正常値については、様々な報告があり値の範囲も大きい。今回の結果では PEmax, PImax とともに一般学生より長距離ランナーが高い値を示している。長距離ランナーの場合、競技中は常に呼吸困難さを感じながらその克服を強いられているとも言えるので、今回の長距離ランナーの値は呼吸筋がそのような負荷刺激を多く受けている結果といえるかもしれない。また、特に PImax で有意な差が認められていることは、吸息時には本稿でも前述したとおり、より積極的な呼吸筋の動員が行われるため、その影響もより大きくなると考えられる。

3. MVV と呼吸筋力の関係

MVV と呼吸筋力との関係については、PImax と MVV の関係において一般学生で正の有意な相関関係が認められただけで、PImax と MVV における長距離ランナー、PEmax と MVV における長距離ランナー及び一般学生では相関関係が認められなかった。本研究の対象者である一般学生や長距離ランナーなどの健常者の場合では、MVV に対する呼吸筋力の影響はほとんど受けないと示唆される。

今回の測定結果は全て安静時の測定値であるために、運動時の状況を考察するためにはいくつかの測定項目を追加する必要があると感じた。例えば、実際の MVV と VEmax との関係は長距離ランナーではどのようになっているのか、一般健常者との違いがあるのか、競技レベルの違いによって差があるのか、最大酸素摂取量など他の呼吸循環器能力の指標との関係はどうか、あるいは、長距離走の前後で呼吸筋力の低下、すなわち呼吸筋の疲労は認められるのか、さらに仮に呼吸筋のトレーニングを実施した結果、呼吸筋力が増強されたとしても、実際の競技パフォーマンスとして効果が認められるか等が今後の課題となるであろう。また、別の研究では、運動時に呼吸筋自身で使われる酸素消費量が増加することによって、呼吸筋と他の活動筋とで血流の競合が生じ、その結果、活動筋への酸素供給量が制限されることが最大酸素摂取量や運動パフォー

マンスを制限する要因になるという研究報告もされている^{1),9),10)}。長距離競技に限らず、競技パフォーマンスはその種目特性に応じた総合的な能力の結果であるから、当然のことながらそれを評価する場合も限定された要因のみで判断できるのではなく、多角的な分析をしていくべきであると考えられる。今回のような生理学的な測定評価が、競技パフォーマンスに対して有益な情報を提供していくためには、その競技に関連すると考えられる複数の要因を併せて分析し、それぞれの要因が競技パフォーマンスに対してどの程度の説明変数をもつのか検討していくことが必要であろう。

V. 結 論

本研究では長距離ランナーと一般学生の呼吸筋力を中心とする呼吸機能について比較、検討した。VCとMVVでは一般学生の方が高い傾向がみられたが、呼吸筋力では長距離ランナーの方に高い傾向がみられた。今後は、競技パフォーマンスとの関連を明らかにしていくために測定項目を追加し、より多角的な分析、検討が必要である。

参考文献

- 1) Aaron EA, Seow KC, Johnson BD, Dempsey JA. Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. *J Appl Physiol*. 1992 May; 72(5): 1818-1825.
- 2) Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Jan; 32(1): 70-84.
- 3) Coast JR, Clifford PS, Henrich TW, Stray-Gundersen J, Johnson RL Jr. Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 1990 Dec; 22(6): 811-815.
- 4) Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1980; 12(5): 357-360.
- 5) Cordain L, Glisan BJ, Latin RW, Tucker A, Stager JM. Maximal respiratory pressures and pulmonary function in male runners. *Br J Sports Med*. 1987 Jun; 21(2): 18-22.
- 6) Cordain L, Tucker A, Moon D, Stager JM. Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Res Q Exerc Sport*. 1990 Mar; 61(1): 70-74.
- 7) Costill DL, FinkWJ, Pollock ML. Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Med Sci Sports*. 1976 Summer; 8(2): 96-100.
- 8) Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology*. 2001 Jun; 6(2): 95-104.
- 9) Harms CA, Babcock MA, McClaran SR, Pegelow DF, Nিকেle GA, NelsonWB, Dempsey JA. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1997 May; 82(5): 1573-1583.
- 10) Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol*. 2000 Jul; 89(1): 131-138.
- 11) 解良武士, 古泉一久. 呼吸筋トレーニングによる持久性能力の向上の可能性. 理学療法学. 2009. (投

稿中)

- 12) 解良武士, 小椋一也, 猪俣高志. ウェイトリフティング選手の呼吸機能特性について — 呼吸筋力に着目して —. 日本生理人類学会誌. 2004; 9(4): 21-26.
- 13) Martin BJ, Stager JM. Ventilatory endurance in athletes and non-athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1981; 13(1): 21-26.
- 14) Withers RT, Sherman WM, Miller JM, Costill DL. Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981; 47(1): 93-104.