

坂上り走の記録に及ぼす有氣的持久力, 無氣的持久力, および走の經濟性の影響

永井 純*・高松 薫*・長沼 優**

Effects of Aerobic Endurance, Anaerobic Endurance and Running Economy on Prolonged Uphill Running Time

Jun NAGAI*, Kaoru TAKAMATSU*, Masaru NAGANUMA**

Abstract

This study investigated effects of aerobic endurance, anaerobic endurance and running economy on prolonged uphill running by comparing with those of level running. Subjects were three college male distance runners who had no experience of special training for uphill running. Two of them were excellent runners either in level or in uphill running, and the last one was a good runner in both types of running. In level running (0°, 310m/min), maximum oxygen intake, maximum oxygen debt, maximum number of repetitions of squat exercise (Squat Max), and economy of level running were not determinants of the difference in the exhaustive running time. On the other hand in uphill running (8°, 170m/min), both Squat Max and economy of uphill running were determinants of the difference in the exhaustive running time, although neither maximum oxygen intake nor maximum oxygen debt was. These results suggest that time in uphill running may be improved by the improvements in aerobic and/or anaerobic endurance of leg extensors and running skill specific to uphill running.

Key words: uphill running, level running, aerobic endurance, anaerobic endurance, running economy

緒言

陸上競技の長距離走種目には、5000m, 10000mなどのトラックレースのほかに、マラソンや駅伝競争などのロードレース、山野を走るクロスカントリーレースなどがある。ロードレースやクロスカントリーレースで優れた成績をあげるためには、トラックレースと同様に、体力的には有氣的持久力に優れていること、すなわち最大酸素摂取能

力^{3),5)}, 高い酸素摂取水準の持続能力^{7),11)}などに優れていることが極めて重要である。また、最大酸素負債能力で表わされる無氣的持久力に優れていること¹⁷⁾に加えて、フォーム¹²⁾, ベース配分¹⁵⁾, 呼吸法⁹⁾などの走技術に優れていることも重要である。

しかし、ロードレース、クロスカントリーレースは上り坂や下り坂を含むコースで行われるために、持久力からみても、走技術からみてもトラックレースとは異質の能力が要求されると考えられる。

長距離走の研究は、従来、主に平地走に要求される持久力や走技術を対象にして行われてきた。しかし、上述のことを考慮すると坂上り走や坂下

* 筑波大学体育科学系

** 秋田市立山王中学校

* Institute of Health & Sport Sciences, University of Tsukuba

** San-noh Junior High School, Akita City

り走に要求される持久力や走技術を明らかにすることも重要であると考えられる。

そこで本研究では、坂上り走の記録に及ぼす全身の有氣的持久力、全身の無氣的持久力、脚の無氣的・有氣的持久力、および走の経済性の影響を、平地走の場合とも比較しながら検討した。

方 法

1. 被 検 者

被検者にはT大学陸上競技部に所属する男子長距離選手3名(S, F, H)を用いた。表1に各被検者の年齢、身長、体重、および実験期間中に行われた10000mの公認記録を示した。これらの被検者はこれまでに坂上り走のための専門的なトレーニングを特別に行っていない。しかし、同競技部内ではSは平地走に強いが坂上り走に弱い選手、Hは坂上り走に強いが平地走に弱い選手、Fは平地走、坂上り走ともに中程度に強い選手であると評価されている。

2. 測定項目および測定方法

(1) 最大酸素摂取量、最大酸素負債量、およびスクワット運動の最大反復回数

全身の有氣的持久力の指標として、最大酸素摂取量を測定した。測定には斜度5度のトレッドミル走を用いた。走速度は走行開始から3分までを一定(230m/min)とし、その後exhaustionにな

るまで1分ごとに10m/minずつ増加した。被検者3名のexhaustive timeは10~12分の範囲内であった。

全身の無氣的持久力の指標として、最大酸素負債量を測定した。測定には斜度5度のトレッドミル走¹⁰⁾を用いた。走速度は走行開始から60秒までを一定とし、その後90秒以内でexhaustionになるように20m/min増加した。60秒までの速度はS, F, Hの順に340, 320, 310m/minであった。酸素負債量は、走行終了後30分間の酸素摂取量からその間の安静時酸素摂取量を減じて求めた。安静時酸素摂取量には、体表面積より求めた基礎代謝量を1.2倍した値¹³⁾を用いた。

脚の無氣的・有氣的持久力の指標として、スクワット運動の最大反復回数を測定した。この運動は、脚の動きはピストン型であり、主働筋の一つは大腿四頭筋群であると考えられる。測定は膝を最も深く屈曲した時の膝関節角度を70度に規定して行った。予備実験の結果、この角度は足首と腰に無理な負荷がかからない角度であった。反復リズムは2秒に1回とした。また、負荷重量は体重の40%とした。この重量は脚筋の持久力に最も劣る被検者が上述の負荷条件下で少なくとも90秒以上続けられることを条件にして決定したものである。なお、負荷重量として体重当りの相対的負荷強度を同一にした理由は、走運動が体重に抗して

Table 1 Physical characteristics of subjects

Subj.	Age	Body height	Body weight	Maximum oxygen intake ^a	Maximum oxygen debt ^b	Maximum number of squat exercise ^c	Record ^d :10000m distance running
	yrs	m	kg	ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	ml·kg ⁻¹	times	
S	22	1.61	54	72.6	126.3	51	31'36"
F	19	1.64	56	72.6	145.6	103	34'14"
H	20	1.75	62	75.5	98.2	183	32'54"

a. Maximum oxygen intake was determined on the treadmill inclined 5°. The subject was exhausted within about 10 to 12 minutes.

b. Maximum oxygen debt was determined on the treadmill inclined 5°. The subject was exhausted within about 60 to 90 seconds.

c. Maximum number of squat exercise with knee joint angle of 70° at the maximum flexion was determined by using load equal to 40% of subject's body weight and repeating in every two seconds.

d. Record was achieved in official meets held during the experimental period of the present study.

行なわれることによる。また、運動時間の目安を90秒とした理由は、全身または局所の最大酸素負債量が約90秒で exhaustion になるような運動で出現することによる。測定の結果、exhaustion までの時間は約100～360秒の範囲内にあったので、ここではスクワット運動を脚伸展に関与する筋、特に大腿四頭筋群の無氣的・有氣的持久力をみる運動として位置づけた。

(2) 平地走と坂上り走における exhaustive time, 走行中・走行後の呼吸循環機能の応答, および走行後のスクワットの反復回数

平地走と坂上り走はいずれもトレッドミルで行わせた。斜度は平地走では0度、坂上り走では8度とした。また、速度は平地走では310m/min, 坂上り走では170m/minとした。これらの速度は exhaustive time の最も短い被検者が少なくとも15分以上走行できることを条件にして決定したものである。なお、各被検者ともに同じ速度で行わせた理由は、相対的負荷強度、すなわち%VO₂ Max を同一にした場合の生体反応が必ずしも長距離走の成績を決定するための有効な指標にならないと考えられるからである。また、exhaustive time の目安を15分にした理由は、走行中の主要局面の酸素摂取量が定常状態の上限に近い水準にあると考えられるからである。

表2に、平地走、坂上り走における実験試技および各試技における測定項目を示した。

被検者には、平地走、坂上り走ともに exhaustive 走, 12分間走A, および12分間走Bの3種の試技を行わせた。各試技ともに、走行中の酸素摂

取量と心拍数を測定した。さらに、exhaustive 走では exhaustive time を測定した。また、12分間走では最終局面を除く走行中の全身および脚の負担度・疲労度をみるために、12分間走Aでは酸素負債量を、12分間走Bでは走行終了1分後におけるスクワット運動の反復回数を、いずれも前述の方法に従って測定した。

結 果

1. 最大酸素摂取量, 最大酸素負債量, およびスクワット運動の最大反復回数

表1に、最大酸素摂取量, 最大酸素負債量, およびスクワット運動の最大反復回数を示した。

最大酸素摂取量はHが最も高く(75.5ml・kg⁻¹・min⁻¹), SとFは同じ値であった(72.6ml・kg⁻¹・min⁻¹)。

最大酸素負債量はFが最も高く(145.6ml・kg⁻¹), 次いでS(126.3ml・kg⁻¹), H(98.2ml・kg⁻¹)の順であった。

スクワット運動の最大反復回数はHが最も多く(183回), 次いでF(103回), S(51回)の順であった。

2. 平地走と坂上り走における exhaustive time, 走行中・走行後の呼吸循環機能の応答, および走行後のスクワット運動の反復回数

(1) exhaustive 走における exhaustive time, および exhaustion 直前の心拍数

表3に、exhaustive 走における exhaustive time, および exhaustion 直前の心拍数を示した。

Table 2 Exercise conditions and measured items in level and uphill treadmill runnings

Exercise condition	Exhaustive time	Heart rate	Oxygen intake	Oxygen debt	N of squat exercise
Level running ^a					
Exhaustive run	○	○	○		
12-min run A		○	○	○	
12-min run B		○	○		○
Uphill running ^b					
Exhaustive run	○	○	○		
12-min run A		○	○	○	
12-min run B		○	○		○

a. Level running :0°, 310m/min

b. Uphill running :8°, 170m/min

平地走における exhaustive time は S が最も長く (28'00"), 次いで F (17'30"), H (14'00") の順であった。この順位は、表 1 に示した最大酸素摂取量, 最大酸素負債量, スクワット運動の最大反復回数のいずれの順位とも同一ではなかった。

一方, 坂上り走における exhaustive time は, 平地走とは逆に H が最も長く (30'00"), 次いで F (18'30"), S (16'00") の順であった。この順位は最大酸素摂取量, 最大酸素負債量の各順位とは同一でなかったが, スクワット運動の最大反復回数の順位とは同一であった。

exhaustion 直前の心拍数は, H と F は平地走と坂上り走との間に差は認められなかったが, 坂上り走における exhaustive time の最も短い S は坂上り走の場合が平地走の場合よりも低い値であった。

(2) 12分間走における酸素摂取量, 酸素負債量, および酸素需要量

表 3 に, 12分間走における走行中の分時当りの平均酸素摂取量と総酸素摂取量, 酸素負債量, および酸素需要量を示した。走行中の分時当りの平均酸素摂取量 (安静値を含む) と総酸素摂取量 (安静値を除く) はいずれも 3 種の走行, すなわち

exhaustive 走における 12分までの走行, 12分間走 A, 12分間走 B の平均値である。平均値を用いた理由は, 実験日の違いによる酸素摂取量の差異をできるだけ少なくすることにある。酸素需要量は上述の総酸素摂取量と 12分間走 A における酸素負債量との和である。

12分間走における平均酸素摂取量とその最大酸素摂取量に対する割合 (% $\dot{V}O_2$ Max), 酸素負債量とその最大酸素負債量に対する割合 (% O_2 DebtMax), および酸素需要量はいずれも exhaustive time が長い者ほど低いと予測される。これらの値は, 坂上り走ではいずれも exhaustive time の最も長い H が最も低い値であった。しかし, 平地走では exhaustive time の最も長い S が最も低い値ではなかった。

なお, 平均酸素摂取量と % $\dot{V}O_2$ Max は, いずれの被検者も坂上り走の場合が平地走の場合よりも若干低い値であった。また, 酸素負債量と % O_2 DebtMax は, F は平地走と坂上り走との間に顕著な差は認められなかったが, S と H は坂上り走の場合が平地走の場合よりも低い値であった。このために, 総酸素摂取量と酸素負債量の和である酸素需要量は, いずれの被検者も坂上り走の場合

Table 3 The results of level and uphill treadmill runnings.

	Subj.	Exhaustive time	Heart rate ^b	Mean oxygen intake ^c			Total oxygen intake ^c	Oxygen debt ^d		Oxygen requirement ^e		N of squat exercise ^f	
				beats·min ⁻¹	ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	%		ml·kg ⁻¹	ml·kg ⁻¹	%	ml·kg ⁻¹	times	%
Level running ^a	S	28'00"	177.6	64.7	89.1	723.0	110.6	87.6	833.6	52	102.0		
	F	17'30"	201.0	65.8	90.6	737.3	96.6	66.3	833.9	98	95.1		
	H	14'00"	180.0	65.7	87.0	736.9	84.0	85.5	820.9	161	88.0		
Uphill running ^a	S	16'00"	165.0	63.3	87.2	706.8	86.2	68.3	793.0	15	29.4		
	F	18'30"	202.2	64.6	89.0	722.2	95.9	65.9	818.1	83	80.6		
	H	30'00"	181.2	61.5	81.5	686.3	51.1	52.0	737.4	166	90.7		

a. Level running : 0°, 310m/min

Uphill running: 8°, 170m/min

b. Heart rate is the value immediately before exhaustion.

c. Oxygen intake is the mean value of those in three different runnings, i.e. running during the first 12 minutes of exhaustive run, 12-min run A, and 12-min run B. Oxygen intake at resting level is included in the mean oxygen intake, but is not in the total oxygen intake. Symbol % indicates rate to maximum oxygen intake.

d. Oxygen debt was determined after 12-min run A. Symbol % indicates rate to maximum oxygen debt.

e. Oxygen requirement is the sum of total oxygen intake and oxygen debt.

f. Number of squat exercise was determined from the second minute after 12-min run B by using same measurement method as Table 1. Symbol % indicates rate to maximum number of squat exercise.

が平地走の場合よりも低い値であった。

(3) 12分間走における走行終了1分後のスクワット運動の反復回数

表3に、12分間走終了1分後のスクワット運動の反復回数を示した。

12分間走終了1分後のスクワット運動の反復回数は、平地走、坂上り走ともにHが最も多く、次いでF、Sの順であった。この順位は最大反復回数の順位(表1)と同一であった。また、平地走、坂上り走ともに、スクワット運動の最大反復回数に対する走行終了1分後の反復回数の割合が高い者ほどexhaustive timeは長いことが認められた。しかし、平地走ではいずれの被検者もこの割合は100%に近く、被検者間の差もわずかであった。これに対して、坂上り走ではexhaustive timeの最も短いSはこの割合が他の2名よりも著しく低い値であった。

なお、走行終了1分後のスクワット運動の反復回数とその最大反復回数に対する割合は、Hは平地走と坂上り走とがほぼ同じ値であったが、SとFは坂上り走の場合が平地走の場合よりも低い値であった。

考 察

陸上競技の長距離選手のなかには、平地走に比較して坂上り走に特に強い選手、あるいは特に弱い選手のいることは一般によく知られている。平地走と坂上り走のexhaustive timeをもとにすると、Sは平地走に強いが坂上り走に弱い選手、Hは坂上り走に強いが平地走に弱い選手、Fは坂上り走、平地走ともに中程度に強い選手としてそれぞれ位置づけられる。これらのことは、長距離走の記録は行動体力の一要因である有氣的持久力や無氣的持久力、あるいは走技術などの優劣によって決定すると言われているが、平地走と坂上り走では持久力からみても、走技術からみても異質の能力が要求されることを示唆している。

そこで本研究では、第一に平地走と坂上り走の記録に影響する全身の有氣的持久力、全身の無氣的持久力、および脚の無氣的・有氣的持久力の差異を、各々の指標として最大酸素摂取量、最大酸素負債量、およびスクワット運動の最大反復回数を用いて検討した。

最大酸素摂取量は、長距離走のトレーニングを開始した初期段階の記録には大きな影響を与える

が、高度に鍛練された段階の記録に決定的な影響を与えない場合もあると報告されている^{1),2),16)}。本研究でも、これまでの報告と同様に、10000mの記録の順位と最大酸素摂取量の順位とは同一でなかった。また、平地走のみでなく、坂上り走においてもexhaustive timeの順位と最大酸素摂取量の順位とは同一でなかった。この原因には、被検者が長距離走のトレーニングを長年にわたって行っていること、また記録もかなり高い水準にあることなどが考えられる。

山崎ら¹⁷⁾は、5000m走の記録と最大酸素負債量との間には有意な相関関係があると報告している。しかし本研究では、10000mの記録の順位と最大酸素負債量の順位とは同一でなかった。また、平地走、坂上り走ともにexhaustive timeの順位と最大酸素負債量の順位とは同一でなかった。この原因には、清水ら¹⁴⁾の報告からも認められるように、15~30分でexhaustionになるような長距離走では酸素需要量に対する酸素負債量の割合の小さいことが考えられる。

スクワット運動の最大反復回数の順位とexhaustive timeの順位は、平地走では同一でなかったが、坂上り走ではスクワット運動の最大反復回数が多い者ほどexhaustive timeは長いことが認められた。Costillら⁹⁾は、uphill走では外側広筋のグリコーゲン利用率が高くなると報告している。また、金原ら⁸⁾は体重当りの脚筋持久力の発達水準が傾斜地走の成績に大きく影響すると報告している。これらの報告と本研究の結果はいずれも脚伸展に関与する筋、特に大腿四頭筋群の無氣的・有氣的持久力に優れていることが坂上り走には極めて重要であることを示唆している。

以上の結果は、高度に鍛練された段階では、平地走の記録は全身の有氣的持久力(最大酸素摂取能力)、全身の無氣的持久力(最大酸素負債能力)、脚の無氣的・有氣的持久力(スクワット運動の最大反復能力)の優劣によって必ずしも決定しないことを示唆している。これに対して、坂上り走の記録は全身の有氣的持久力や全身の無氣的持久力の優劣によって必ずしも決定しないが、脚の無氣的・有氣的持久力の優劣によって決定する可能性のあることを示唆している。

本研究では、次に平地走と坂上り走の記録に影響する走の経済性の差異について検討した。三浦ら¹²⁾はフォーム、進藤¹⁵⁾はペース配分、金原ら⁹⁾は

呼吸法の面からそれぞれ長距離走の合理的な技術について報告している。一方、走の経済性の面からも長距離走の技術に関する研究は報告されている^{2),3)}。長距離走は、同一速度の場合には酸素需要量が少ないほど走の経済性に優れ、走技術に優れていることになる。一般には、走行中の酸素摂取量の大小で走の経済性の優劣を評価することが多いが、いずれにしてもこの酸素需要量、酸素摂取量でとらえられる走の経済性は、フォーム、ペース配分、呼吸法などの技術の総合された結果とみなすことができる。

本研究では、平地走、坂上り走ともに走行開始から12分までの走行、すなわち最終局面を除く走行に要した酸素需要量、およびその内訳である酸素摂取量と酸素負債量をもとにして走の経済性の優劣を検討した。

平地走では、exhaustive timeの順位と酸素需要量の順位とは同一でなかった。また、Conleyら²⁾、Costillら³⁾は、最大下運動中の $\% \dot{V}O_2\text{Max}$ と長距離走の記録との間には有意な負の相関関係があると報告しているが、本研究ではexhaustive timeの順位と平均酸素摂取量、 $\% \dot{V}O_2\text{Max}$ の各順位も同一でなかった。さらに、酸素負債量、 $\%O_2\text{DebtMax}$ の各順位とも同一でなかった。この原因には、本研究の被検者が長年にわたって主に平地（トラック）でトレーニングをしていることが考えられる。このことは、鍛練された段階では、平地走の記録が単に走の経済性のみで決定するのではなく、走の経済性と前述した各種持久力との相互作用によって決定することを示唆している。

これに対して、坂上り走ではexhaustive timeの最も長いHは酸素需要量、平均酸素摂取量と $\% \dot{V}O_2\text{Max}$ 、酸素負債量と $\%O_2\text{DebtMax}$ がいずれも他の2名よりも低い値を示した。また、Hはスクワットの最大反復回数に対する12分間走終了1分後の反復回数の割合は最も高い値を示した。この結果は、Hは脚に負担が少なく、しかも消費エネルギーの少ない走技術を身につけていることを示唆している。本研究では、Hが身につけている坂上り走の技術をフォーム、ペース配分、呼吸法の面から具体的に示すことはできない。しかし、前述した持久力の結果とも合わせて考えると、坂上り走の記録を良くするためには、脚の無氣的・有氣的持久力を高めるのみでなく、坂上り走に特有な経済性の高い走技術も身につけることが極め

て重要であると考えられる。

本研究の結果は、坂上り走に対する選手の適性診断法やトレーニング効果の測定法に関する基礎的な知見にもなると考えられる。

なお、本研究は典型的な被検者を対象にした事例研究であるので、今後被検者数を増して更に検討を加えることが必要である。

要 約

坂上り走の記録に及ぼす全身の有氣的持久力、全身の無氣的持久力、脚の無氣的・有氣的持久力、および走の経済性の影響を、平地走の場合とも比較しながら検討した。被検者は過去に専門的な坂上り走のトレーニングを行っていない大学男子長距離選手3名であった。

結果は次の通りである。

(1) トレッドミルによる平地走(0度, 310m/min)と坂上り走(8度, 170m/min)のexhaustive timeから、被検者は平地走に特に優れた選手、坂上り走に特に優れた選手、および平地走、坂上り走ともに中程度に優れた選手に分けられた。

(2) 平地走におけるexhaustive timeの順位と最大酸素摂取能力、最大酸素負債能力、スクワット運動の最大反復能力、および平地走の経済性の各順位はいずれも同一でなかった。

(3) 坂上り走におけるexhaustive timeの順位と最大酸素摂取能力、最大酸素負債能力の各順位はいずれも同一でなかった。しかし、坂上り走に優れた選手はスクワット運動の最大反復能力と坂上り走の経済性に優れていることが認められた。

上述の結果から、坂上り走の記録を良くするためには、脚伸展に関与する筋の無氣的・有氣的持久力を高めること、および坂上り走に特有な走技術を身につけることが極めて重要であると示唆された。

文 献

- 1) 帖佐寛章, 栗本関夫, 青木純一郎「長距離走者の $\dot{V}O_2\text{max}$ の縦断的研究」順天堂大学保健体育紀要, 14: 91-93, 1971.
- 2) Conley, D. L., and Krahenbuhl, G. S., "Running economy and distance running performance of highly trained athletes," Med. Sci. Sports Exerc., 12: 357-60, 1980.
- 3) Costill, D. L., Thomason, H. and Roberts E., "Fractional utilization of the aerobic capacity

- during distance running," *Med. Sci. Sports*, 5 : 248-52, 1973.
- 4) Costill, D. L., Jansson, E., Gollnick, P. D. and Saltin, B., "Glycogen utilization in leg muscles of men during level and uphill running," *Acta Physiol. Scand.*, 91 : 475-81, 1974.
 - 5) Foster, C., Costill, D. L., Daniels, J. T. and Fink, W. J., "Skeletal muscle enzyme activity, fiber composition and $\dot{V}O_2$ Max in relation to distance running performance," *Eur. J. Appl. Physiol.*, 39 : 73-80, 1978.
 - 6) 金原勇, 高松薫, 伊藤朗「無気持久性トレーニング手段に関する基礎的研究—トレーニング手段のつくり方に関連して—」*東京教育大学スポーツ研究所報*, 10 : 17-39, 1972.
 - 7) 金原勇, 高松薫, 阿江通良, 伊藤静夫「トレーニング目標とする全身持久性のとらえ方に関する実験的研究」*東京教育大学スポーツ研究所報*, 11 : 15-37, 1973.
 - 8) 金原勇, 李京済, 高松薫, 塩田正俊「全身持久性トレーニング手段に関する基礎的研究—トレーニングに用いる動きと場所の条件が呼吸循環器の活動水準に及ぼす影響—」*東京教育大学スポーツ研究所報*, 14 : 35-60, 1976.
 - 9) 金原勇, 高松薫, 永井純, 広橋義敬, 塩田正俊, 森山善彦「持久走における呼吸法の研究」*筑波大学体育科学系紀要*, 1 : 65-76, 1978.
 - 10) 黒田善雄, 加賀谷熙彦, 塚越克巳, 雨宮輝也, 太田裕造, 村松允子, 酒井惇子「トレッドミルによる最大酸素消費量の測定法—トレッドミル走とトラック走との比較—」*昭和43年度日本体育協会スポーツ科学研究報告*, 1-22, 1968.
 - 11) 黒田善雄, 加賀谷熙彦, 塚越克巳, 雨宮輝也, 太田裕造, 成沢三雄「陸上長距離走時の呼吸循環機能の変動」*昭和44年度日本体育協会スポーツ科学研究報告*, V : 1-10, 1969.
 - 12) 三浦望慶, 松井秀次, 袖山紘, 「長距離走のスキルに関する実験的研究」, *キネシオロジー研究会* (編), *身体運動のスキル, 身体運動の科学II*, 杏林書院, 1976, pp.134-44.
 - 13) 沼尻幸吉, 労働の強さと適性作業量, *労働科学研究所*, 1970, pp.318-20.
 - 14) 清水達雄, 帖作寛章, 青木純一郎, 前嶋孝, 沢木啓祐「種々の距離走における酸素摂取量と酸素消費量との割合について—長距離選手の場合—」*順天堂大学保健体育紀要*, 11 : 107-10, 1968.
 - 15) 進藤宗洋「マラソンの研究—第I報 平均スピード—所要時間(対数尺度)グラフによる分析」*福岡大学創立35周年記念論文集体育編*, 307-38, 1969.
 - 16) 豊岡示朗「長距離ランナーの「トレーニング可能性」と有酸素的パワー」*体育の科学*, 27 : 436-41, 1977.
 - 17) 山崎省一, 青木純一郎「長距離走者の競技記録と無酸素的能力」*体力科学*, 26 : 87-95, 1977.