

昭和56年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. IX 高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和56年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.IX 高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性

報告者 (財)日本体育協会

スポーツ科学研究所

雨宮輝也 黒田善雄 塚越克己

伊藤静夫 金子敬二 松井美智子

研究協力者

川原 貴 (東京大学)

スポーツ診療所

高沢晴夫 土屋和平 斉藤正雄

浅見良助

はじめに

われわれはこれまで日本の一流競技選手の最大酸素摂取量を測定する¹⁾とともに、陸上競技、中・長距離走時の呼吸循環機能の変動に関する研究²⁾及び酸素摂取水準の維持能力に関する研究^{3,4)}を継続しており、これら研究の一環として今回、高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性について研究を実施した。

近年、アメリカを中心にしてランニング熱が高まり、日本にも中高年者を中心にそのブームが広まりつつある。これは中高年者の老化現象を少しでも低くおさえ、体力の維持を保ち、健康的な生活を送ろうとする願望があるといえよう。しかしながら加齢による体力の低下は誰しもが認めるところであり、今日のように機械文明の進歩が著しいと、現実には年齢に関係なく身体を動かす機会の減少していることを、人々は感じていると思われる。それ故、積極的になおかつ意識的に運動をする必要が生じてきているのかも知れない。しかも中高年者のみならず60歳、70歳、80歳と高い年齢層まで参加している傾向さえみえている。そこでわれわれは特に50歳以上で長期にわたってトレーニングを継続している高齢ランナーを対象

をしぼって、一流選手と比較検討を加えながら、高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性を最大運動、最大下運動を課して検討しようとするものである。

方法

(1)被検者

被検者は日頃定期的にランニングを行なっている、年齢54歳～80歳の男子17名と年齢19歳～21歳、大学長距離選手5名を対象とした。実験前に実施したメディカルチェックにおいて、通風、蛋白尿(+++)1名、尿糖1名、高血圧(200/120)1名、慢性気管支炎1名、蛋白尿(+)1名認められた。被検者の年齢、体重、身重、トレーニング歴は表1に示すとおりである。

(2)最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)の測定

高齢ランナーについてはトレッドミル走行に慣れさせる意味もあって図1に示すごとく比較的遅いスピードから開始して $\dot{V}O_2\max$ の測定を実施した。傾斜は0度に保ち、スピードは3分ごとに上昇させる漸増負荷法を用いてExhaustionに導いた。なお大学長距離選手については従来より、我々が実施している、傾斜5度、スピードを2分ごとに上昇させる漸増負荷法である。

表1 被検者一覧表

被検者	年齢 歳	体重 kg	身長 cm	トレーニング歴		メディカルチェック
				年数(年)	km / 週	
A	54	53.2	162.5	15	40	通風、尿蛋白(+++)
B	58	69.0	170.0	16	40	
C	58	52.3	157.6	9	35	
D	58	55.1	157.6	15	80	
E	60	57.2	158.5	3	20	
F	60	73.5	176.9	6	15	
G	60	61.7	161.3	2	25	
H	65	53.5	166.5	15	30	尿糖
I	69	57.7	166.6	9	20	
J	69	55.3	155.0	12	24	
K	70	55.9	158.5			
L	71	49.5	150.9	10	15	
M	73	57.3	162.9	10	30	高血圧(200 / 120) 慢性気管支炎
N	75	55.3	159.0	20	50	尿蛋白(+)
P	75	52.3	162.0	10	45	
Q	78	58.0	161.5	60	10	
R	80	60.0	157.6	8	40	
S	19	56.6	167.8	6	150	
T	20	57.6	168.6	8	140	
U	21	54.8	166.7	10	110	
V	19	61.8	174.8	8	110	
W	21	50.9	166.0	7	140	

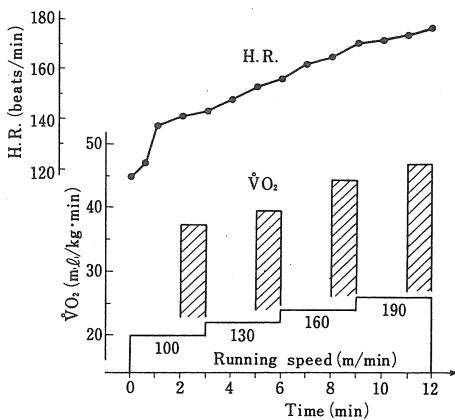


図1 最大酸素摂取量の測定方法

呼吸ガスはダグラスバック法により1分毎に採集し、一部をショランダー微量ガス分析器にて分析し、酸素摂取量を求めた。

(3)最大下負荷運動テスト (Submaximal Test)

最大下負荷運動テストは図2に示す方法により実施した。すなわち2種類の運動強度を5分ごとに交えて10分間実施し、5分から10分間休憩してからさらに2種類の強度を10分間走行した。この時、 $\dot{V}O_2$ max Testと同様の方法で4分~5分、9分~10分の1分間の呼吸ガスを採集し分析した。

(4)肺活量

高齢ランナー16名については、アイカ13.5lベネチクト型レスピロメーターにより、肺活量、1秒量を測定した。

(5)心臓容積

心臓容積は立位による背復位ならびに左側面位の胸部X線撮影を心電図R波に同期して撮影した心陰影をMoritzの方法で算出した。

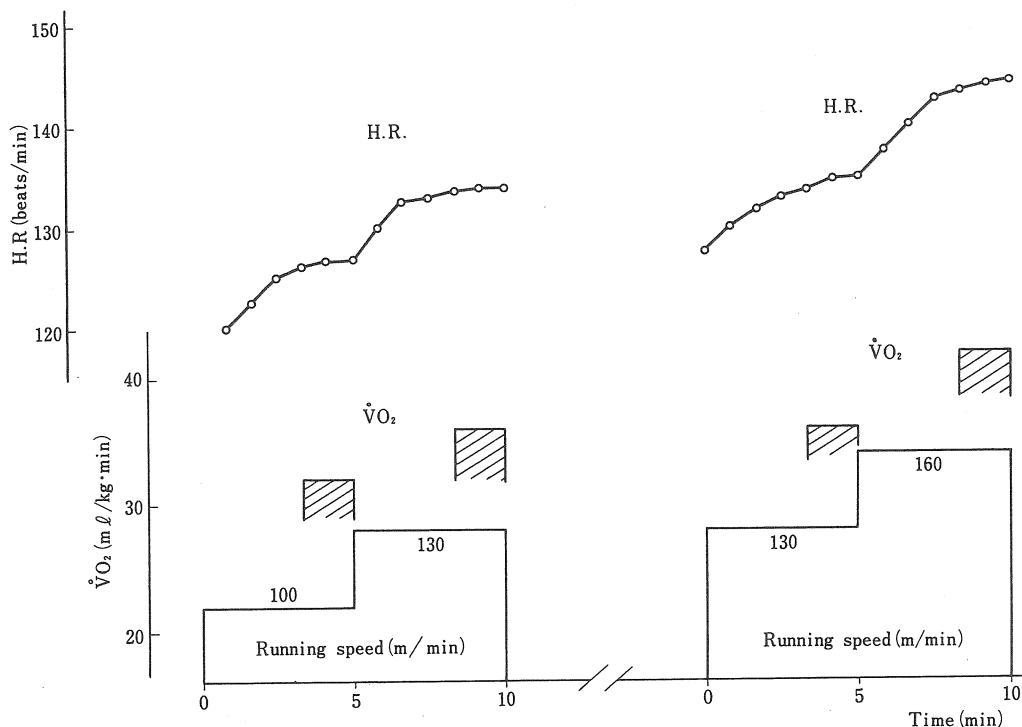


図2 最大下負荷運動テスト方法

測定時のトレッドミル室は20℃, 相対湿度60%に調節した。また測定時間はいずれの日も午後1時から5時の間に実施した。

結果と考察

本実験に先立ちメデイカルチェックを実施したが高血圧, 糖尿病, 痛風, 慢性気管支炎, 糖尿病, 尿蛋白, 胸部異常陰影, 病的心雑音等の所見が認められた。特に60歳以上の高齢者についてはたとえ, 隔日あるいは毎日何らかの運動を実施しているとはいえ, 医学的なチェックを行ない, 指導していく必要性があらうと思われる。Maximal Testにおいて半数に不整脈を認めたが, 虚血性変化を示したものはなかった。

1. 高齢ランナーの最大酸素摂取量発現様相の特徴

高齢ランナー及び大学長距離選手に実施した最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)測定結果は表2に示すごとくである。高齢ランナーについてはトレッドミル走行を練習したにもかかわらず, トレッドミル走行に

慣れるのに個人差があり, 約半数の被検者はMaximal Testを2回実施した。

$\dot{V}O_{2max}$ は体重当りで高齢ランナーは23.39ml/kg.minから46.89ml/kg.minと広い範囲にあり, 大学長距離選手は68.52ml/kg.minから74.45ml/kg.minであった。従って高齢ランナーは大学長距離選

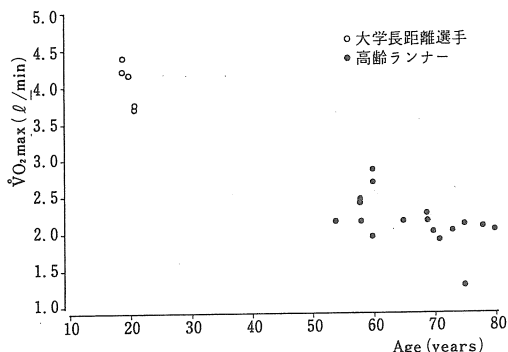


図3 最大酸素摂取量の年齢変化

表 2 最大酸素摂取量測定結果

被検者	年齢 歳	最高心拍数 (拍/分)	最高呼吸数 (回/分)	換気量 (ℓ/分)	最大酸素摂取量 (ml/分)	最大酸素摂取量 (ml/kg・分)	酸素 摂取率 (ml/ℓ)	R. Q	肺活量 cc	肺活量 1 秒量 cc	肺活量 1 秒率 %	心容積 ml	心容積/ 体重 ml/kg	最大酸素 摂取量	
														心容積 ml	ml/ml
A	54	165.00	40.00	81.58	2168	40.75	26.57	1.06	4537	3208	70.70	540	10.15	4.02	
B	58	167.00	36.50	70.15	2167	31.36	30.85	1.15	3324	2370	71.30	619	8.97	3.50	
C	58	172.00	57.00	103.18	2455	46.95	23.80	1.12	3980	3228	81.10	576	11.01	4.26	
D	58	185.00	45.00	108.06	2428	44.07	22.47	1.16	3714	2993	80.60	700	12.70	3.47	
E	60	177.00	40.00	84.26	2682	46.89	31.83	1.06	3346	2783	83.20	632	11.04	4.24	
F	60	163.00	43.00	102.42	2866	39.00	27.99	1.11	4178	3130	74.90	668	9.08	4.29	
G	60	168.00	45.00	77.05	1963	31.81	25.47	1.15	3582	2553	71.30	581	9.41	3.38	
H	65	173.00	61.50	103.75	2163	40.44	20.85	1.06	4201	3309	78.80	707	13.21	3.06	
I	69	135.00	47.50	90.19	2180	37.77	24.17	1.10	3133	2463	78.60	559	9.69	3.90	
J	69	179.00	58.00	99.98	2272	41.08	22.72	1.03	3666	2692	73.40	628	11.35	3.62	
K	70	158.00	43.50	85.68	2041	36.51	23.82	1.11	3324	2381	71.60				
L	71	177.00	48.00	74.89	1923	38.85	25.68	0.97	2627	2383	90.70	648	13.09	2.97	
M	73	165.00	57.00	72.15	2041	35.62	28.29	1.01	2704	1512	55.90	710	12.40	2.87	
N	75	161.00	42.00	59.00	1293	23.39	21.92	1.07	1967	1520	77.30	468	8.47	2.76	
P	75	165.00	48.50	80.95	2116	40.46	26.14	1.01	3051	1680	55.10	584	11.16	3.62	
Q	78	165.00	41.00	72.85	2092	36.06	28.71	1.12	3095	2024	65.40	591	10.20	3.54	
R	80	148.00	48.00	76.48	2044	34.07	26.73	1.03	2750	2053	74.70	753	12.55	2.71	
S	19	194.00	77.00	151.81	4214	74.45	27.76	1.08							
T	20	195.00	65.50	147.51	4158	72.19	28.19	1.08							
U	21	178.00	62.00	154.56	3755	68.52	24.29	1.11							
V	19	202.00	68.50	152.13	4386	70.97	28.83	1.06							
W	21	198.00	69.00	133.93	3704	72.77	27.66	1.07							

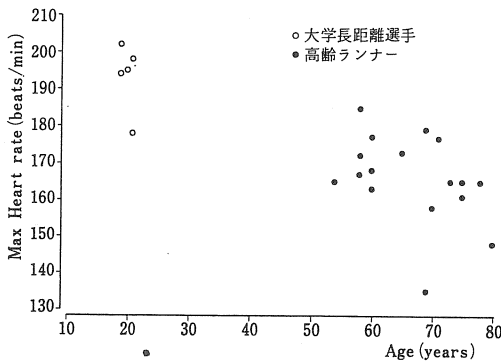


図4 最高心拍数と年齢の関係

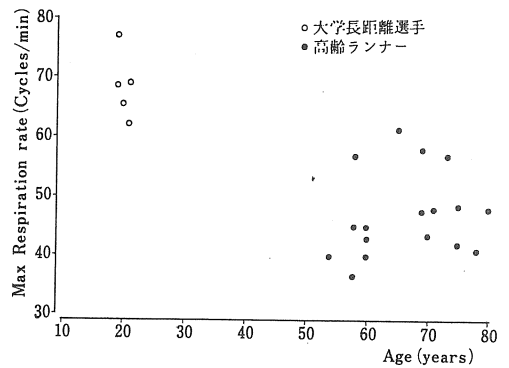


図5 最高呼吸数と年齢の関係

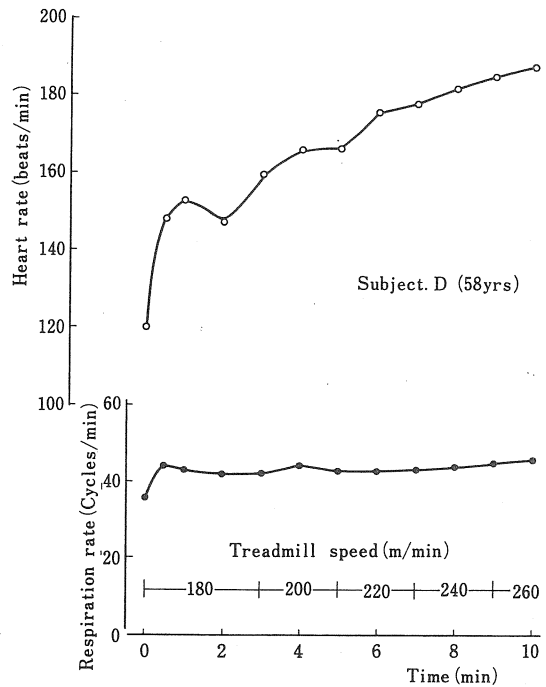
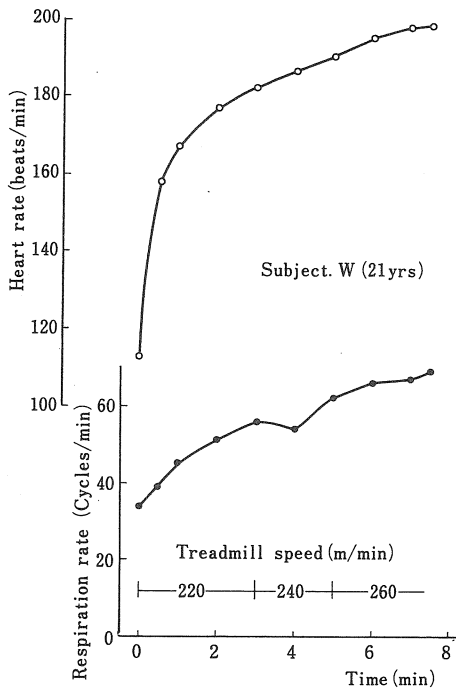


図6 最大酸素摂取量測定時の心拍数、呼吸数の経時変化

手の約32.6%から65.3%に相当する。小野ら¹²⁾が報告している持久走鍛練中高年者7名の平均43.7ml/kg·minに近い値であった。 $\dot{V}O_2\max$ と年齢の関係は図3に示すごとく加齢によって減少しており、全身持久性の最もよい指標とされている $\dot{V}O_2\max$ からも加齢により持久性能力は低下することがうかがえる。

最高心拍数は高齢ランナーが135拍/分~185拍/分とばらつきが大きいのが、大学生は被検者Uの178拍/分を除き194拍/分~202拍/分とほぼ

200拍/分前後にまとまっている。加齢による最高心拍数の変化は図4に示すごとく、明らかに低くなる傾向がみられる。今回の被検者54歳から80歳の年齢中の中でも全体的には、高齢になるに従い心拍数は低下の傾向がみられるが、ほぼ同年齢層では個人差が大きく、若年者のようなまとまりがみられなかった。このことは心拍数を指標にして運動処方を行なうことは危険であり、注意が必要があると同時に、高齢まで継続されたトレーニングによって、

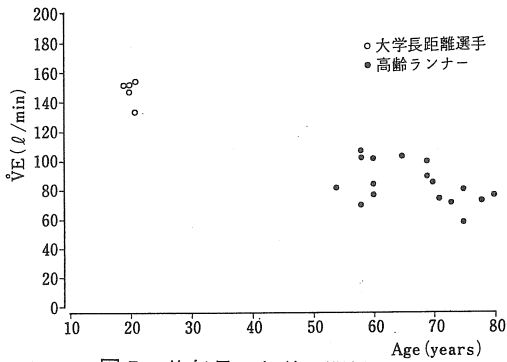


図7 換気量と年齢の関係

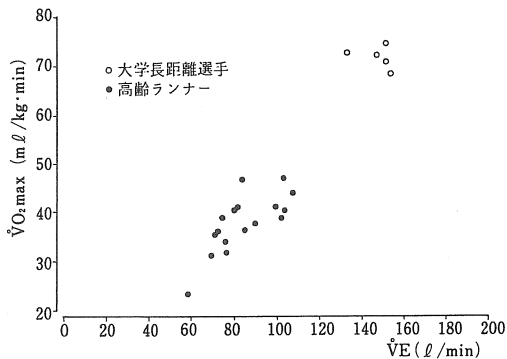


図9 最大酸素摂取量と換気量の関係

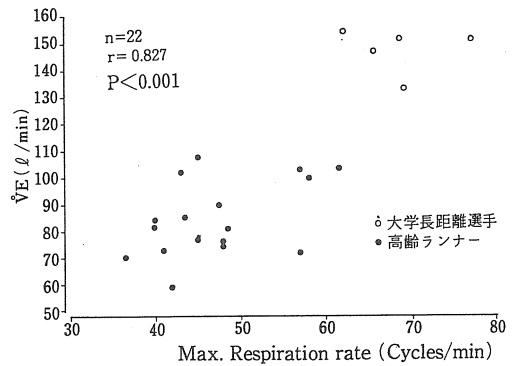


図8 換気量と最高呼吸数の関係

で exhaustion に至っているのに対し、大学長距離選手は運動開始2分頃までに175拍/分と急激に上昇し、以後はなだらかな上昇で198拍/分が最高心拍数であった。佐藤⁷⁾らも報告しているように若年の心拍数は速やかに増加し、高齢者の心拍数の立ち上がりは遅い傾向がみられた。このことは運動に対する循環器系の適応能力が高齢者は低いことが推察される。

呼吸数は高齢ランナーは40回/分～45回/分の間の変動で、ほぼ steady state を保って終了しているのに対し、大学長距離選手は、時間経過とともに増加し、69回/分で exhaustion になった。最大運動時における呼吸数のプラトーあるいはわずかな増加にとどまっている現象は、もち論加齢による肺活量の減少とも関係があらうかと思われるが、呼吸筋の弱くなることが主要な原因であろうと思われる。⁸⁾ 勝木⁹⁾は「高齢者でも適当な運動を行なっている人の肺活量は一般の同年齢者よりもかなり大きいことからみて、運動によって呼吸筋を鍛えることは、向老人にとって望ましいことのひとつであると思われる。」と述べている。しかしながら、今回の被検者のように長年にわたりランニングトレーニングを継続しているにもかかわらず、最高呼吸数は若年の鍛練者ほど増加しない。トレーニングの量や質についてまで詳細に分析していないが、おそらく高齢のため加齢による影響がより大きいものと思われる。

$\dot{V}O_2\max$ 発見時の換気量について年齢との関係を図に示すと図7のようになる。心拍数、呼吸数同様加齢に伴う減少傾向がみられる。換気量は呼吸数

同年齢の一般人の最高心拍数よりもさらに高い心拍数まで上昇させて運動を実施することが可能になるようである。¹¹⁾

最高呼吸数は高齢ランナーが36.5回/分～61回/分で、大学長距離選手は62回/分～77回/分であった。最高呼吸数と年齢の関係を図にすると図5のようになる。Åstrand, I⁵⁾ Åstrand, P-O⁶⁾, 佐藤⁷⁾, 芝山⁸⁾らの報告同様、加齢とともに最高呼吸数は減少傾向にある。しかしながらこれら報告よりも、高齢者の中には高い呼吸数を示したものが認められた。

$\dot{V}O_2\max$ 測定時の exhaustion に致る、経時変化に伴う心拍数、呼吸数の変化を高齢ランナーと大学長距離選手で比較してみた。(図6)

心拍数、呼吸数の変化は20歳前後の鍛練者と高齢の鍛練者では、明らかに時間変化に伴う過程にも差が認められる。すなわち、心拍数においては運動開始時の上昇は高齢ランナーの方が増加が小さく150拍/分まで上り、以後直線的に上昇し187拍/分

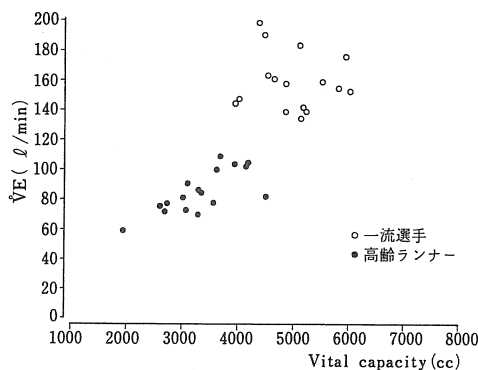


図10 換気量と肺活量の関係

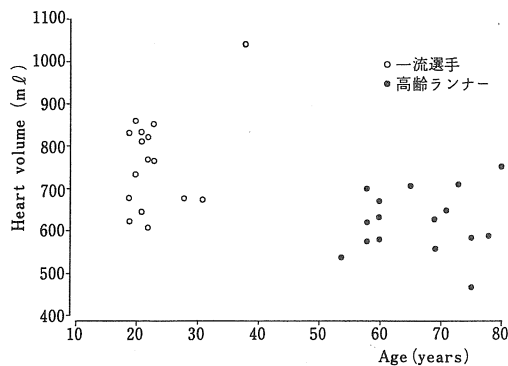


図11 心容積と年齢の関係

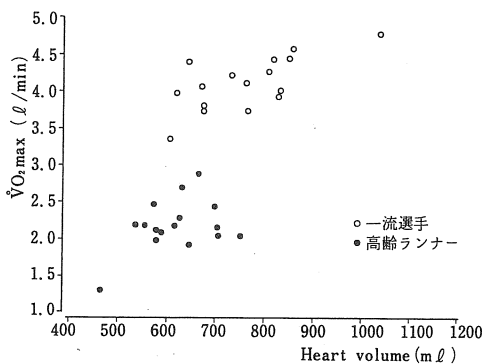


図12 最大酸素摂取量との心容積の関係

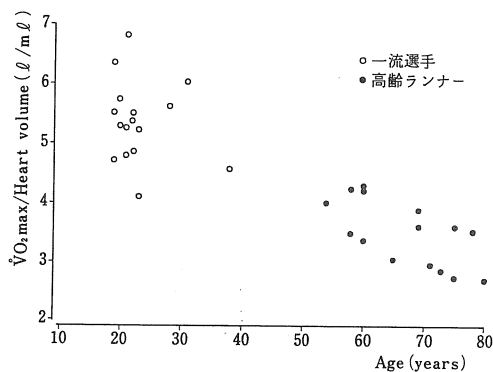


図13 心容積当りの最大酸素摂取量と年齢

との関係が深く、換気量と最高呼吸数の間には0.1%水準で有意な正の相関がえられた。(図8) また $\dot{V}O_2 \text{ max}$ と $\dot{V}O \text{ max}$ 出現時の換気量との間には図9に示すごとく、明らかに高齢ランナーが小さく、大学長距離選手は大きい傾向がみられ、加齢による換気量の減少、呼吸数の低下が $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の制限因子となっていると思われる。

呼吸機能として一般的に簡単に検査できる肺活量について、従来より我々が日本の一流選手(40歳以内)で測定した値と $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 出現時の換気量との関係は図10のごとくである。高齢ランナーは肺活量の減少が明らかで、このことが換気量の減少にも結びついている傾向がみられる。なお肺活量1秒量についても同様の傾向がみられた。

心臓容積は高齢ランナーは468ml~753mlで、若年ランナーについてはデータが収集されなかった。そこで我が国一流選手の値を採用し、年齢との関係を見ると図11のごとくである。加齢による減少傾向に

はあるが、高齢ランナーと一流選手とは顕著な差ではない。そこで $\dot{V}O_2 \text{ max}$ と心臓容積の関係をみると図12のようになり、一流選手は $\dot{V}O_2 \text{ max}$ と心臓容積の間に、5%水準で有意な正の相関があるのに対し、高齢ランナーは両者の間に一定の傾向がみられず、同一心臓容積に対しわが国一流選手よりは小さい $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の値を示している。そこで心臓容積当りの $\dot{V}O_2 \text{ max}$ について年齢別に図に示すと図13のようになる。これによると明らかに加齢により低下傾向が認められ、同一の心臓容積を有していても、高齢になるほど $\dot{V}O_2 \text{ max}$ は低下していた。

$\dot{V}O_2 \text{ max}$ 出現時における酸素摂取率は高齢ランナーが21.92ml/l~31.83ml/lで、大学長距離選手が24.29ml/l~28.83ml/lを示した。またR.Qについては高齢ランナーが0.97~1.16、大学長距離選手が1.06~1.11であった。酸素摂取率については両者の間に特に著しい差は認められず、R.Qについても、被検者Lの0.97以外はすべて1.0以上になってお

り、 $\dot{V}O_2\max$ 出現時の値としては、妥当であろうかと思われる。

高齢ランナー 54 歳から 80 歳まで 17 名について、トレッドミル走行による $\dot{V}O_2\max$ を測定し、その発現様相の特徴を、若年ランナー（大学長距離選手）と対応しながら検討を加えてみた。呼吸機能では若年ランナーに比べ、最高呼吸数が低く、それが換気量の増加を押さえる制限因子の一因として働いている傾向がみられた。

循環器系機能では高齢ランナーは若年ランナーに比べ、最高心拍数が低く心拍出量を大きく出来ないことが推察される。また心臓容積当りの $\dot{V}O_2\max$ が加齢により明らかに減少傾向にあり、心臓効率も悪いものと思われる。

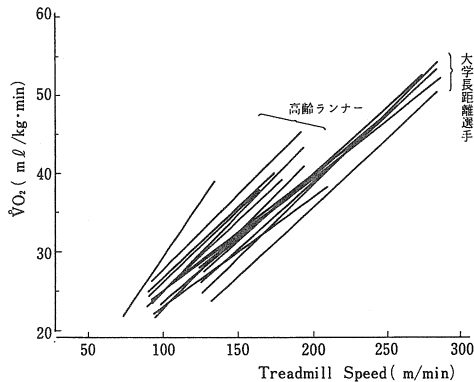


図14 トレッドミル各種スピードでの酸素摂取量

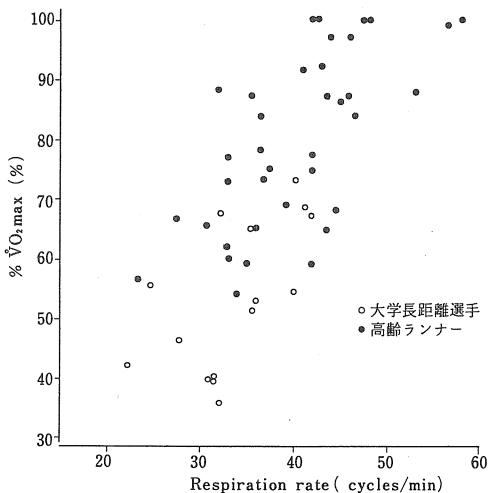


図16 $\% \dot{V}O_2\max$ と呼吸数の関係

2. 高齢ランナーの最大下運動 (submaximal exercise) での呼吸循環器系機能の特性

最大下運動の測定結果は表 3 に示すごとくである。

トレッドミルのスピードは 80m/min から 260m/min の範囲で実施された。なお高齢ランナー 6 名については同一条件下での測定が不可能であったため省略した。

トレッドミルの走行スピードに対する体重当りの酸素摂取量は図 14 の通りである。同一スピードに対する酸素摂取量は大学長距離選手に比べ高齢ランナーは大きい傾向がみられ、図 15 に示す $\% \dot{V}O_2\max$ にするとその傾向は明瞭になる。すなわち相対的な運動強度 $\% \dot{V}O_2\max$ でみると、同一スピードに対し

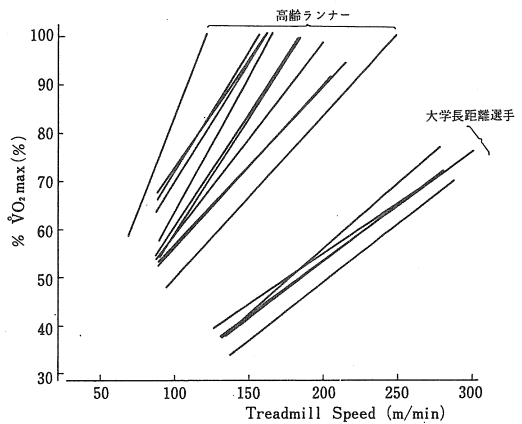


図15 トレッドミル各種スピードでの $\% \dot{V}O_2\max$

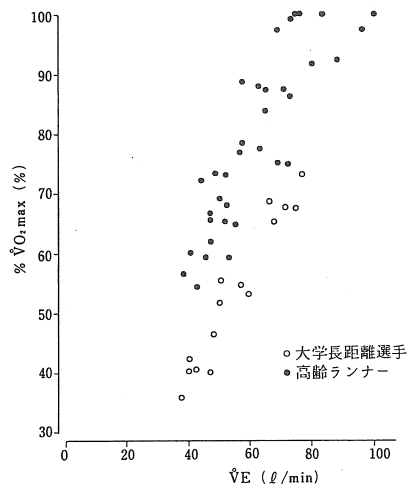


図17 $\% \dot{V}O_2\max$ と換気量の関係

表3 最大下運動の測定結果

被検者	トレッドミル スピード m/min	換気量 ℓ/min	酸素摂取量		%VO ₂ max %	R.Q	酸素摂取率 ml / ℓ	心拍数 拍 / 分	呼吸数 回 / 分
			ml/min	ml/kg・min					
A	100	38.60	1228	23.09	56.60	0.84	31.83	88.00	23.50
	130	47.00	1447	27.19	66.70	0.89	30.78	105.00	27.50
	160	56.60	1668	31.36	76.90	0.93	29.49	126.00	33.00
	180	64.50	1818	33.98	83.90	0.93	28.20	133.00	36.50
	190	65.10	1894	35.60	87.40	0.96	29.09	145.00	35.50
C	110	42.80	1334	25.50	54.30	0.88	31.13	110.00	34.00
	150	52.10	1604	30.67	65.30	0.89	30.76	122.00	36.00
	200	72.80	2119	40.52	86.30	0.96	29.10	148.00	45.00
	240	95.90	2390	45.69	97.40	1.08	24.91	167.00	46.00
D	100	52.90	1440	26.14	59.30	0.97	27.23	122.00	42.00
	130	55.50	1575	28.58	64.90	0.94	28.40	122.00	43.50
	160	72.40	1819	33.01	74.90	0.94	25.13	140.00	42.00
	200	88.00	2243	40.71	92.40	1.03	25.49	172.00	43.00
E	100	45.70	1591	27.82	59.30	0.84	34.82	116.00	35.00
	140	68.90	2015	35.23	75.10	0.95	29.23	146.00	37.50
	180	79.80	2459	42.98	91.70	0.97	30.80	166.00	41.00
I	100	46.90	1431	24.81	65.60	0.87	30.50	106.70	30.80
	130	57.40	1707	29.59	78.30	0.93	29.72	122.50	36.50
	160	74.40	1924	33.35	100.00	1.03	25.87	126.00	42.00
J	100	47.10	1409	25.47	62.00	0.88	29.92	118.00	33.00
	140	63.10	1761	31.84	77.50	0.94	27.92	133.00	42.00
	180	100.00	2272	41.08	100.00	1.03	22.72	179.00	58.00
K	100	51.80	1491	26.67	73.10	0.98	28.78	116.00	33.00
	130	70.80	1784	31.91	87.40	1.07	25.20	140.00	43.50
	160	83.40	2098	37.54	100.00	1.05	25.17	158.00	42.50
L	100	40.80	1155	23.09	60.10	0.90	28.27	125.90	33.30
	130	48.80	1412	28.23	73.40	0.92	28.95	137.20	36.90
	160	64.80	1678	33.56	87.30	0.96	25.92	153.50	45.70
	180	74.90	1923	38.85	100.00	0.97	25.68	177.00	48.00
M	100	50.00	1410	24.61	69.10	0.97	28.22	118.00	39.30
	130	62.50	1796	31.34	88.00	0.89	28.74	137.00	53.00
	160	73.10	2024	35.32	99.20	0.99	27.71	156.10	56.60
Q	100	44.20	1510	26.04	72.20	0.91	34.17	107.00	
	130	57.50	1854	31.96	88.60	0.99	32.24	128.00	32.00
	150	68.60	2033	35.05	97.20	1.01	29.63	147.00	44.00
R	80	52.40	1431	23.85	68.10	0.90	27.30	114.30	44.50
	100	64.90	1763	29.38	83.90	0.93	27.18	129.50	46.50
	120	75.80	2101	35.02	100.00	0.95	27.73	147.00	47.50
S	140	47.30	1688	29.82	40.10	0.89	35.71	120.50	31.50
	200	59.70	2245	39.66	53.30	0.89	37.59	134.00	36.00
	260	75.20	2847	50.30	67.60	0.91	37.85	159.10	41.90
T	140	38.30	1495	25.95	36.00	0.79	39.02	102.00	32.20
	200	48.50	1939	33.67	46.60	0.84	40.00	119.00	27.90
	260	68.10	2714	47.11	65.30	0.86	39.85	143.00	35.50
U	140	42.90	1525	27.83	40.60	0.81	35.53	104.50	31.60
	200	57.40	2058	37.55	54.80	0.82	35.87	115.00	40.00
	260	76.90	2751	50.20	73.30	0.89	35.80	139.60	40.20
V	140	40.70	1866	30.19	42.50	0.74	45.79	136.00	22.40
	200	50.50	2438	39.44	55.60	0.76	48.32	155.00	24.80
	260	71.90	2972	48.09	67.80	0.96	41.32	177.80	32.30
W	140	40.40	1487	29.22	40.20	0.78	36.78	120.00	31.20
	200	50.40	1916	37.64	51.70	0.81	37.98	128.00	35.70
	260	66.30	2533	49.76	68.80	0.84	38.19	150.00	41.20

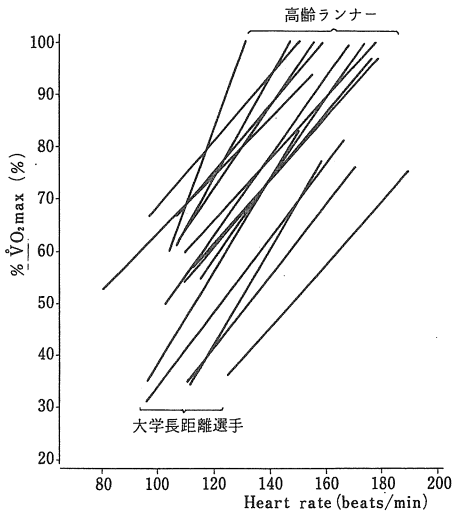


図18 $\% \dot{V}O_2 \max$ と心拍数の関係

高年齢ランナーは明らかに高い $\% \dot{V}O_2 \max$ を示している。また、大学長距離選手5名はまとまった傾斜で同じ $\% \dot{V}O_2 \max$ を示しているのに対し、高年齢ランナーは個人差も大きくみられる。高年齢ランナーは加齢により $\dot{V}O_2 \max$ が減少し、明らかに若年ランナーより小さいことが、同一スピードに対して高い $\% \dot{V}O_2 \max$ でなければ走行が不可能である。

$\% \dot{V}O_2 \max$ と呼吸数の関係を見ると図16になる。大学長距離選手は $70\% \dot{V}O_2 \max$ 以下のデータのみであるが、全般的に高年齢ランナーの方が同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ において少ない呼吸数を示す傾向がみられる。また $\% \dot{V}O_2 \max$ と換気量は図17に示すごとくである。換気量も呼吸数同様大学長距離選手に比べ、高年齢ランナーは同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ で小さい値を示す傾向にある。このことは呼吸器系機能は、 $\dot{V}O_2 \max$ のところで論じたように、最大値に両者は差があり呼吸数でみると40回/分、換気量では75l/min程度に達すると、高年齢ランナーは100%になる被検者がみられることである。大学長距離選手はその値はほぼ $70\% \dot{V}O_2 \max$ に相当し、まだ余裕をもって走行が可能な水準であると思われる。

$\% \dot{V}O_2 \max$ と心拍数の関係は図18のごとくである。同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ に対し高年齢ランナーは大学長距離選手に比べ小さい値を示す傾向にある。このことは同じ心拍数では高い $\% \dot{V}O_2 \max$ になり、呼吸器系機能同様、高年齢ランナーは最高心拍数も小さく余裕

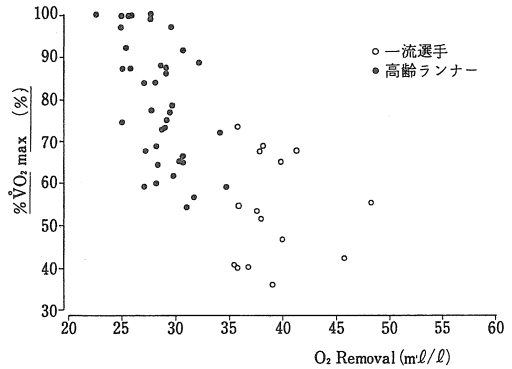


図19 $\% \dot{V}O_2 \max$ と酸素摂取率

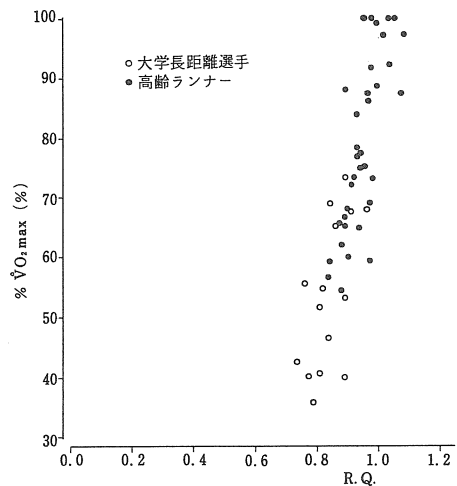


図20 $\% \dot{V}O_2 \max$ とR.Q.

力が少ないものと思われる。

$\% \dot{V}O_2 \max$ と酸素摂取率及びR.Oの関係は図19, 20に示すごとくである。ただ同じ $\% \dot{V}O_2 \max$ に相当する値が両者の間に少いため、明確な結論を導びきだすことは困難であるが、酸素摂取率、R.Oとも高年齢ランナーと大学長距離選手との間にきわだった差は認められないようである。

50および $60\% \dot{V}O_2 \max$ の水準における、高年齢ランナーと大学長距離選手のスピード、換気量、心拍数、呼吸数の値を比較すると表4のようになる。同一強度に近い $\% \dot{V}O_2 \max$ でみるとスピード、 $\dot{V}O_2 \max$ 出現時の換気量に対する $\%$ 、最高呼吸数に対する $\%$ は明らかに高年齢ランナーの方が高い値を示しており、たとえ同一に近い $\% \dot{V}O_2 \max$ であっても、生

表4 同一% $\dot{V}O_2\max$ におけるスピード、換気量、心拍数、呼吸数の比較

被検者	年齢 (歳)	% $\dot{V}O_2\max$ (%)	スピード (m/min)	換気量 (l/min)	最大換気量 換気量 (%)	心拍数 (拍/min)	%maxHR (%)	酸素脈 ml	呼吸数 (回/min)	%maxR.R (%)
A	54	56.6	100	38.6	47.3	88.0	53.3	13.95	23.5	58.8
C	58	54.3	110	42.8	41.5	110.0	64.0	12.13	34.0	59.7
S	19	53.3	200	59.7	39.3	134.0	69.1	16.75	36.0	46.8
V	19	55.6	200	50.5	33.2	155.0	76.7	15.72	24.8	36.2
A	54	66.7	130	47.0	57.6	105.0	63.6	13.78	27.5	68.8
C	58	65.3	150	52.1	50.5	122.0	70.9	13.15	36.0	63.2
I	69	65.6	100	46.9	52.0	106.7	79.0	13.41	30.8	64.8
M	73	69.1	100	50.0	69.3	118.0	71.5	11.95	39.3	67.0
R	80	68.1	80	52.4	68.5	114.3	77.2	12.52	44.5	92.7
S	19	67.6	260	75.2	49.5	159.1	82.0	17.89	41.9	54.4
T	20	65.3	260	68.1	46.2	143.0	73.3	18.98	35.5	54.2
V	19	67.8	260	71.9	47.3	177.8	88.0	16.72	32.3	47.2
W	21	68.8	260	66.3	49.5	150.0	75.8	16.89	41.2	59.7

体に与える負担の質的な面がそれぞれ異なっているものと思われる。このことはやはり $\dot{V}O_2\max$ の大小と密接に関連しているものと思われる。

高齢ランナーの最大下運動における呼吸循環器系機能の特性については、若年ランナーに比べ相当低いスピードで運動負荷をかけていって、ほぼ同じ% $\dot{V}O_2\max$ の値を示すことが見出されており、長期間にわたる運動強度の質的条件を含めた運動処方には十分検討を加えて実施すべきであろうと思われる。また、日常生活の中で高い% $\dot{V}O_2\max$ での持続的な運動実施はほとんどまれである。従ってむしろ低い強度で時間条件を延長する方法がトレーニングとしてはむしろ望ましいと考えられる。

高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性については、さらに運動を定期的実施していない一般高齢者の測定を実施して、特性をより明確にしていきたい。

まとめ

54歳から80歳までの高齢ランナー17名と大学長距離選手5名について、最大運動(Maximal Exercise)及び最大下運動(Submaximal exercise)

を実施し、高齢ランナーの呼吸循環器系機能の特性を検討し次の結果をえた。

- 1) 高齢ランナーの最大酸素摂取量は23.39ml/kg.minから46.89ml/kg.minと広い範囲にあり、若年ランナーの32.6%~65.3%に相当する値であって、加齢による減少傾向が認められた。
- 2) 最高呼吸数は加齢により減少しており、若年ランナーに比べ低い値で、半数以上が50回以下であった。また時間経過に伴う変動では運動開始からexhaustionに至るまで顕著な増加が見られず、ほぼsteady stateを保つ特徴がみられた。
- 3) $\dot{V}O_2\max$ 出現時の換気量は加齢による減少がみられ、呼吸数同様、明らかに高齢ランナーは若年ランナーより低い値であった。このように高齢ランナーは長期にわたって適当な運動を実施しているにもかかわらず、呼吸筋が弱くなっていることが肺活量、肺活量1秒量からも推察された。
- 4) 最高心拍数は年齢により減少する傾向がみられた。その値は135拍/分から185拍/分で、若年ランナーは178拍/分から205拍/分であった。したがって高齢ランナーは若年ランナーほど心拍出量

を大きく出来ないため、 $\dot{V}O_2\max$ も低いものと思われる。

- 5) $\dot{V}O_2\max$ 出現時の酸素現取率、R. Q については高齡ランナーに著しい特性は見い出されなかった。
- 6) 心臓容積当りの $\dot{V}O_2\max$ は加齡により減少しており、同一の心臓容積を有していても高齡になるほど $\dot{V}O_2\max$ は低下していく傾向がみられる。
- 7) 最大下運動における高齡ランナーの特性としては、同一スピードにおいて若年ランナーに比べ高い% $\dot{V}O_2\max$ を示した。また呼吸数、換年量ともに同一数値では、若年ランナーに比べ高い% $\dot{V}O_2\max$ に相当し、循環器系、呼吸器系ともに高齡ランナーは余力が少ないものと思われる。さらに普通の生活の中に運動習慣がない高齡者の測定を実施して、高齡ランナーの特性をより明確にしていきたい。

参考文献

1. 黒田善雄、塚越克己、雨宮輝也、伊藤静夫、金子敬二、松井美智子：日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量——第3報——。昭和52年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告、No.XIII
2. 黒田善雄、雨宮輝也、塚越克己、鈴木洋児、伊藤静夫：陸上競技、中・長距離走の呼吸循環機能に関する研究——第3報——。昭和49年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告、No.IX
3. 黒田善雄、雨宮輝也、塚越克己、鈴木洋児、伊藤静夫、北嶋久雄：酸素摂取水準の維持能力に関する研究——第2報——。昭和50年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告、No.IX
4. 黒田善雄、雨宮輝也、塚越克己、伊藤静夫、金子敬二、松井美智子：酸素摂取水準の維持能力に関する研究——第3報——。昭和52年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告、No.XII
5. Åstrand, I., ; Maximal heart rate during work in older men. J. Appl. Physiol., 14, 562~566. 1959.
6. Åstrand, P.-O., ; Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen. 1952.
7. 佐藤佑、河利寛、青木純一郎、清水達雄、前嶋孝：運動に対する心拍数、血圧、呼吸数の反応の年齢、性別特性に関する研究、体力科学.26,165~176.1977。
8. 芝山秀太郎、江橋博：中高年鍛練者の呼吸機能の反応、体力研究.30,27~37.1974。
9. 勝木新次：中高年齢者の体力と労働、労働科学研究所、58~65.1976。
10. 長沢弘、小林寛道、水野義雄、松井秀治：歩行運動による中高年者のトレーニング効果に関する研究、体力科学、25,7~15. 1976。
11. P.-O.オストランド、K.ラダール、浅野勝己訳：運動生理学、225-235、大修館書店1976。
12. 小野三嗣、福山芳江、倉田博：持久走鍛練中高年者の体力に関する研究、体力科学. 23, 63-70, 1973.

