

車椅子型腕作業の運動強度

芳賀脩光*・小野太佳司**・初山泰弘***
小関迪****・植屋悦男*****・鷗木秀夫*****
山中邦夫*・松田光生*・柄田幸徳*

Work Intensity of arm exercise by Wheel - Chair type

Shukoh HAGA, Takashi ONO
Yasuhiro HATSUYAMA, Susumu KOSEKI
Etsuo UEYA, Hideo IKARUGI
Kunio YAMANAKA, Mitsuo MATSUDA
Yukinori TOMODA

The purpose of study is to investigate work intensity by using peak oxygen intake of arm exercise by wheel - chair type comparing this with maximal aerobic power from treadmill running, and in assessing a means for aerobic endurance training.

Subject were four healthy young male university students (mean age: 21 years old). Arm exercise by wheel - chair type was performed until exhaustion in a progressive - loading method. The measurement method for oxygen intake utilized the Douglas bag method.

Results were as follows.

1. Grade of treadmill test on peak oxygen intake of arm exercise by wheel - chair type was shown take the extent within 0-4%, angle of incline.
2. Peak oxygen intake in a subject's arm exercise by wheel - chair type averaged 54.8% of the maximal aerobic power found leg exercise in treadmill running.
3. Heart rate at peak oxygen intake was 86.5% when compared with maximal heart rate at maximal oxygen intake.
4. Ventilation(BTPS), respiratory rate, tidal volume and oxygen pulse was 60.0%, 77.9%, 79.1% and 63.1% at maximal oxygen intake during treadmill running.
5. From the point of view of aerobic endurance training, there is a possibility that arm exercise by wheel - chair type could impose cardio - respiratory functions.

I 緒 言

運動様式の相違と有酸素的作業能についての研

*筑波大学体育科学系

**学習院大学

***国立身体障害者リハビリテーションセンター

****日本体力医科学研究所

*****愛知大学

*****筑波大学大学院体育研究科

究は数多くなされている。すなわち、主に脚筋を使用する自転車エルゴメーターと脚および腕を使用するトレッドミル走との最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)において比較すると、自転車エルゴメーターを用いた場合は、トレッドミルの場合の92%に相当することをÅstrandたち⁴⁾やGlassfordたち¹⁴⁾は報告している。Wyndhamたち³³⁾は91.5%という値を報告し、猪飼たち¹⁶⁾は88%に相当すると

述べている。Lamb¹⁸⁾によれば5~29%の範囲で低下すると述べている。また、腕だけを用いて自転車をこぐクランキング運動と脚でこぐ運動の場合を比較すると前者の方が10~30%低いとする報告^{4,7,8,24,26,27,29,32)}が多くみられる。そして腕+脚のクランキング運動ではその値が脚だけを用いた運動の場合よりも大きいことが認められている^{8,21,24)}。Taylorたち³⁰⁾によればランニングの場合であるが、腕にも負荷を加えた場合、単に走るだけより絶対値で0.2 l/minも酸素摂取量が大きくなると報告している。

以上のように、運動様式が異なるとそれぞれに得られる酸素摂取量の最大値も異なってくるのが知れている。しかしながら、これらの運動様式の中で、特に腕の運動は自転車エルゴメーターに固定させたものでおこなっており、車いすに自分の体重をのせ、しかも車輪をこぐという状態で車いす型腕作業による運動の運動強度に関する研究は今日まだ十分になされていない。車いすに関する研究ではSawkaたち²⁵⁾が身障者の青年・中年、高齢者を対象として運動時の酸素摂取量を測定しているが、これは値の低下に対する加齢の影響を検討している。また、Milesたち¹⁹⁾は車いすバスケットボール選手のトレーニング効果について検討しているが、いずれも車いす運動の運動強度について検索しているものではない。

そこで本研究では、車いすをこぐという専ら腕だけによる局所の筋運動がランニングによる全身運動から得られる有酸素的作業能に対して、どの程度の生理的負荷となりうるのかどうか、また、腕による車いす型の作業と脚筋を中心とした作業における呼吸循環機能の反応のしかたについて比較検討することを目的とした。

II 方 法

1. 被 検 者

被検者は男子大学生4名で、いずれも健康であった。被検者の年齢及び身体的特性は、表1に示した。平均で年齢は21歳、身長は170.2cm、体重は61.2kgであった。なお、被検者H.M.は短距離選手、S.S.は長距離選手、H.Y.とF.K.は一般学生であった。

2. 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) の測定手順

1) 車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ の測定手順

Table 1. Physical characteristics of subjects

| Subj. | Age (yr) | Height (cm) | Weight (kg) |
|-----------|----------|-------------|-------------|
| H. M. | 21 | 176.0 | 68.0 |
| S. S. | 21 | 162.8 | 51.8 |
| H. Y. | 21 | 176.5 | 66.1 |
| F. K. | 21 | 165.5 | 59.0 |
| \bar{M} | 21 | 170.2 | 61.2 |
| SD | 0 | 6.1 | 6.4 |

車いすをこぐ運動は、大型トレッドミルを使用し、60m/minより1分ごとに10m/minのスピードを増加させる速度漸増法で、最大運動時で疲労困憊 (Exhaustion) に至るまでおこなった。なお、車いす型腕作業は、0%、1%、2%、3%、4%、5%のそれぞれの傾斜角度でおこなった。すなわち、被検者1人につき6回実施した。

2) トレッドミル・ランニングによる $\dot{V}O_2$ max. の測定手順

トレッドミルによるランニングは、傾斜角度を5度にし、1分ごとに10m/minのスピードを増加させる速度漸増法で疲労困憊までおこなった。なお、H.Y.とF.K.は140m/min.被検者H.M.とS.S.は170m/minより運動を開始した。

なお、車いす型腕作業の場合でも、ランニングの場合でも、採気はダグラスバック法により、換気量 (\dot{V}_E) を測定し、ガス分析はベックマン瞬間ガス分析装置を用い、 O_2 、 CO_2 の濃度を求め、 $\dot{V}O_2$ を算出した。心拍数 (HR) の測定は胸部誘導により、心電図法を用いた。呼吸数 (RR) の測定はサーミスター法を用いた。

III 結 果

1. 各傾斜角度における車いす型腕作業の最大運動時のPeak $\dot{V}O_2$ の比較

すべての被検者の各傾斜角度における最大運動時でのPeak $\dot{V}O_2$ を表2に示した。

表2によると車いす型腕作業において、Peak $\dot{V}O_2$ が発現する傾斜角度は、被検者によって異なっていた。被検者H.M.は、傾斜角度1%の時2.12 l/minと最大を示し、2%、5%においても1%の場合に近い値を示していた。被検者S.S.の場合は、傾斜角度0%の時に1.98 l/minで最大となり、1%、2%の時にも大きな値を示したが、高い傾斜による値では、およそ200mlの低下を示していた。被検者H.Y.の場合は傾斜角度4%の時が

Table 2. Comparison of individual peak oxygen intake on each grade of treadmill test during maximal arm exercise by wheel-chair type.

| Subj. | Peak $\dot{V}O_2$ | | (l/min) | |
|--------------------|-------------------|-------|---------|-------|
| | H. M. | S. S. | H. Y. | F. K. |
| Grade of treadmill | | | | |
| 0 % | 1.76 | 1.98 | 1.22 | 1.30 |
| 1 % | 2.12 | 1.80 | 1.46 | 1.43 |
| 2 % | 2.04 | 1.88 | 1.54 | 1.08 |
| 3 % | 1.83 | 1.68 | 1.40 | 1.47 |
| 4 % | 1.86 | 1.67 | 1.75 | 1.65 |
| 5 % | 2.11 | 1.68 | 1.57 | 1.49 |
| \bar{M} | 1.95 | 1.78 | 1.49 | 1.40 |
| SD | 0.19 | 0.12 | 0.16 | 0.18 |

1.75 l/minで最大であり、その他の傾斜においては、0%を除くとほぼ同じような値を示した。被検者F.K.の場合も、傾斜角度4%の場合に、1.65 l/minと最大になり、2%では1.08 l/minと特に低く、他の傾斜ではほぼ1.4 l/minに近い値であった。

2.トレッドミルランニングによる $\dot{V}O_{2max}$.および車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ 測定時の呼吸循環機能の比較

Table 3. Comparison of cardio-respiratory responses at maximal oxygen intake by treadmill running and peak oxygen intake of arm exercise by wheel-chair type.

| Subj. | $\dot{V}O_2max.$ | $\dot{V}O_2max/kg$ | $\dot{V}_Emax.$ | R R max. | O_2R | V_T | H R max. | O_2pulse | R. Q | |
|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|-------------|--------|-------|-------------|------------|-------|------|
| | (l/min.) | (ml/kg/min) | (l/min) | (times/min) | (ml/l) | (l) | (beats/min) | (ml) | | |
| H. M. | running | 4.29 | 62.7 | 115.5 | 58.0 | 36.9 | 1.99 | 196 | 21.75 | 1.06 |
| | wheel-chair ex. | 2.12 | 31.2 | 62.3 | 29.0 | 34.0 | 2.15 | 175 | 12.10 | 1.05 |
| | % (W/R × 100) | 49.4 | 49.4 | 53.9 | 50.0 | 92.1 | 108.0 | 89.3 | 55.6 | 99.6 |
| S. S. | running | 3.36 | 64.9 | 101.6 | 62.0 | 33.1 | 1.64 | 186 | 18.08 | 1.18 |
| | wheel-chair ex. | 1.98 | 38.2 | 70.4 | 63.0 | 28.1 | 1.12 | 165 | 11.99 | 1.04 |
| | % (W/R × 100) | 58.9 | 58.9 | 69.3 | 101.6 | 84.9 | 68.3 | 88.7 | 66.3 | 88.2 |
| H. Y. | running | 3.05 | 46.1 | 76.0 | 48.0 | 40.1 | 1.58 | 196 | 15.55 | 1.15 |
| | wheel-chair ex. | 1.75 | 26.5 | 48.6 | 36.0 | 36.1 | 1.35 | 153 | 11.46 | 1.04 |
| | % (W/R × 100) | 57.4 | 57.4 | 63.9 | 75.0 | 90.0 | 85.4 | 78.1 | 73.7 | 89.9 |
| F. K. | running | 3.09 | 52.8 | 92.2 | 49.0 | 33.5 | 2.26 | 189 | 16.33 | 1.12 |
| | wheel-chair ex. | 1.65 | 28.0 | 52.4 | 41.0 | 31.5 | 1.28 | 170 | 9.71 | 1.13 |
| | % (W/R × 100) | 53.4 | 53.4 | 56.8 | 83.7 | 94.0 | 56.6 | 89.9 | 59.5 | 99.0 |
| running | 3.45 | 56.6 | 95.3 | 54.3 | 35.9 | 1.87 | 192 | 17.93 | 1.13 | |
| SD | 0.50 | 7.6 | 13.1 | 5.9 | 2.8 | 0.28 | 4.4 | 2.39 | 0.045 | |
| wheel-chair ex. | 1.88 | 31.0 | 58.4 | 42.3 | 32.4 | 1.48 | 166 | 11.32 | 1.07 | |
| SD | 0.19 | 4.5 | 8.5 | 12.7 | 3.0 | 0.40 | 8.1 | 0.96 | 0.038 | |
| % (W/R × 100) | 54.5 | 54.5 | 61.0 | 77.6 | 90.3 | 79.6 | 86.5 | 63.8 | 94.2 | |
| SD | 3.7 | 3.7 | 6.0 | 18.6 | 3.4 | 19.3 | 4.9 | 6.9 | 5.2 | |

車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ は1.65~2.12 l/minで、平均値は1.88 l/minであった。ランニングでは、3.05~4.29 l/minで、平均値は3.45 l/minであった。すなわち、車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ は、ランニングによる $\dot{V}O_{2max}$ の平均値を100%とすると49.4~58.9%にあり、平均値は54.5%であった。

Peak $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_{2max}$.時点での \dot{V}_E は、車いす型腕作業の場合では、48.6~70.4 l/minで、平均は58.4 l/minであった。一方、ランニングの場合では、76.0~115.5 l/minで、平均値は96.3 l/minであった。ランニングによる場合と比較すると、車いす型腕作業による \dot{V}_E は53.9~69.3%で、平均値は60.6%であった。

HRは、車いす型腕作業では、153~175 beats/minで、平均値は166 beats/minであった。ランニングでは、186~196 beats/minで、平均値は192 beats/minを示した。車いす型腕作業におけるHRは、ランニングによる場合の78.1~89.9%に相当し、平均値は86.4%であった。

酸素脈 (O_2pulse) は、車いす型腕作業では、9.71~12.10mlで、平均値は11.32mlであった。また、ランニングによる場合は15.55~21.75mlで、平均値は63.1%であった。

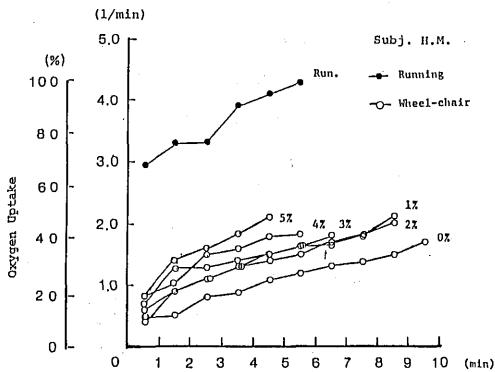


Fig. 1-1. Comparison of oxygen uptake of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

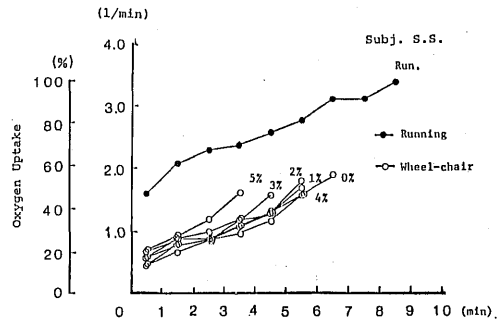


Fig. 1-2. Comparison of oxygen uptake of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

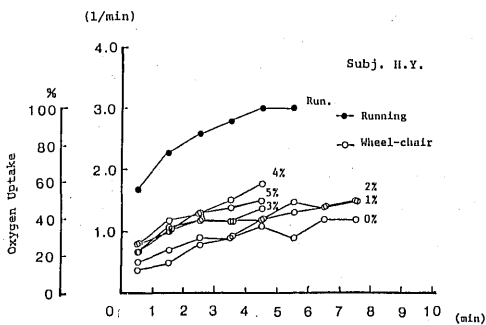


Fig. 1-3. Comparison of oxygen uptake of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

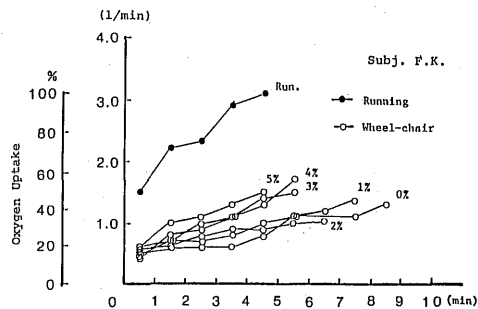


Fig. 1-4. Comparison of oxygen uptake of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

また、車いす型腕作業での呼吸数、酸素摂取率 (O_2R)、一回換気量 (V_T) は、それぞれランニングによる値の77.9%、90.3%、79.1%に相当していた。

4. 車いす型腕作業およびランニングにおける最大下運動時の $\dot{V}O_2$ とHRについて

1) $\dot{V}O_2$ について

被検者H.M., S.S., H.Y., F.K.について最大下運動での $\dot{V}O_2$ を、それぞれ図1-1, 図1-2, 図1-3, 図1-4に示した。

車いす型腕作業による最大下運動の酸素摂取のしかたは、被検者H.M., H.Y., F.K.の各傾斜角度の場合、運動開始2分までは、急激な増加を示すが、それ以後は比較的なだらかな増加を示した。しかし、被検者S.S.の場合は、運動開始からExhaustionに達するまで、各傾斜角度で直線的な

増加を示した。このように車いす型腕作業による酸素摂取のしかたには、個人的特徴がみられた。

ランニングによる場合、酸素摂取のしかたは、前記の3名は、運動開始2分で $\dot{V}O_{2max}$ の70~80%に達するほど急激な増加を示しているが、被検者S.S.の場合は、 $\dot{V}O_{2max}$ の70%に達するのに5分かかっており、ゆるやかな増加を示した。

2) HRについて

車いすとランニングでの最大下運動によるHRを被検者H.M., S.S., H.Y., F.K.について、それぞれ図2-1, 図2-2, 図2-3, 図2-4に示した。

車いす型腕作業による場合、被検者によって若干の相違はあるが、運動開始1分では100~120 beats/minを示し、Exhaustion時では、平均値で150~160 beats/minであった。ランニングでは、

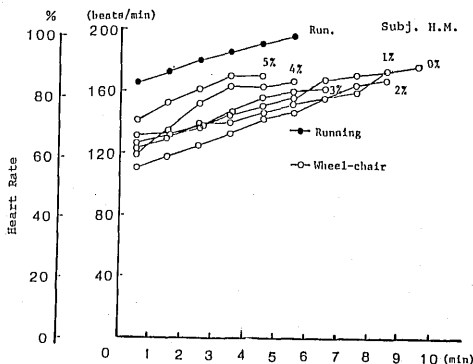


Fig. 2-1. Comparison of heart rate of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

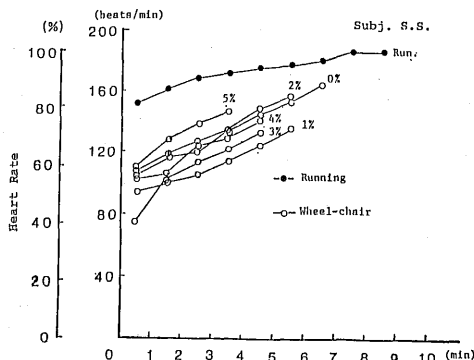


Fig. 2-2. Comparison of heart rate of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

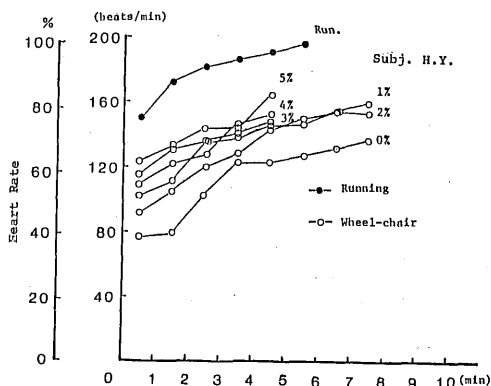


Fig. 2-3. Comparison of heart rate of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

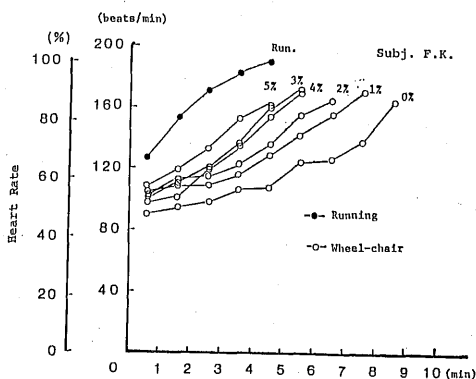


Fig. 2-4. Comparison of heart rate of arm exercise by wheel-chair type and treadmill running.

運動開始1分で、160 beats/min程度にまで上昇し、Exhaustion時は、いずれの被検者も190 beats/min程度に達していた。最大下運動における車いす型腕作業での各傾斜角度におけるHRの反応は、同一個人でも傾斜角度によってバラツキがあった。また、車いす型腕作業とランニングの間では、Exhaustion時において、平均値で見るとほぼ30 beats/minの差がみられた。

IV. 論 議

はじめに、車いす型腕作業における「peak $\dot{V}O_2$ 」について検討していきたい。今日、トレッドミル法、又は自転車エルゴメーター法を用いてヒトの有酸素的作業能を検討する場合、 $\dot{V}O_{2max}$ の定義としては、呼吸循環機能の最上限を示すもので、HRは180 beats/min以上^{5,6)}、呼吸商 (RQ) は1.0

以上^{9,11,20)}、乳酸値は80ml/dl以上^{2,12)}のレベルに達していることが必要とされる。車いす型腕作業による peak $\dot{V}O_2$ の場合は、HRが平均値で166 beats/minであった(表3)。しかしながら、RQの面からみると、いずれの場合でも1.00以上を示し、平均値では1.13を示した。トレッドミル・ランニングの場合の値と比較し、それは88~99%にあり、平均値で94.2%に相当するものであった。以上の点からみるならば、必ずしもHRはそのレベルに達していないが、RQからみれば、腕のみを使用した運動で身体の代謝機能は、明らかにPeakに達し、限界域にあると考えられる。

次にPeak $\dot{V}O_2$ の運動強度に関して論じていきたい。本実験の結果、車いす型腕作業でPeak $\dot{V}O_2$ を発現するトレッドミルの傾斜角度は、低い角度で発現するもの、高い角度で発現するものもあり、

個人差がみられた。しかし、車いす型腕作業によるそれぞれの傾斜角度でのExhaustion時のPeak $\dot{V}O_2$ はランニングによる $\dot{V}O_{2max}$ の49~59%に相当した。そして、各被検者毎にそれぞれのPeak $\dot{V}O_2$ の中で最も高かった値の平均値からみると54.5% (表3)に相当した。また、被検者H.M.およびS.S.は陸上競技選手であり、トレッドミルによる $\dot{V}O_{2max}$ および車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ の絶対値は共に高かったが、相対的強度は49.4%, 58.9%で、他の一般学生2名とほとんど同じで変化はなかった。したがって、車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ の強度は、ランニングという脚運動の50~60%に相当するものと考えられよう。

この結果に関し、これまでの報告から、自転車エルゴメーターを腕でクランキングするという腕作業は、脚運動と比較してみると、10~30%低いとする報告が多くみられる。それらの中で、ÅstrandとSaltin⁴⁾は腕による最大運動の場合、 $\dot{V}O_2$ は自転車エルゴメーターによる $\dot{V}O_{2max}$ のおよそ70%であるとしている。Stenbergたち²⁹⁾は66%, また、Scherたち²⁰⁾は85%であったと述べている。Vrijensたち³²⁾はボート選手の場合は88.6%で一般男子の場合は81.3%であったと述べている。Bar-Orたち⁷⁾は同様に自転車エルゴメーターを用いて測定した結果61.8%に相当することをみている。さらに、Reybrouckたち²⁴⁾は68.0%, Berghたち⁸⁾は腕のクランキング作業はランニングの場合の67.9%という結果を述べている。

一般に $\dot{V}O_{2max}$ はその運動に参加する筋肉量に比例することがÅstrandたち⁴⁾やAsmussenたち¹⁾によって報告されているが、腕の作業によるPeak $\dot{V}O_2$ の値が脚運動による $\dot{V}O_{2max}$ 値より低下する理由としては、運動に参加する筋肉量、または筋群の数の相違が主なる因子である。すなわち、腕でこぐ動作上、腕部、肩部、胸部の筋および上体の筋に限定され、運動に関与する筋肉量が少ない^{4,7,8,24)}ことによるものと思われる。このことは、骨格筋における筋血流量の相違^{8,22,24,26)}を生ずることになり、その結果、筋の酸化能力²⁴⁾に関与してくることが指摘されている。このことは、筋のポンプ作用が少ないために、運動による静脈環流の増加を制限し、結果として一回拍出量を減少せしめるものであろう^{24,31,32)}。また、Peak $\dot{V}O_2$ 時でのHRもランニングによる $\dot{V}O_{2max}$ 時のHRより低下していることから、最終的には心拍出量の減

少に起因するものであろう。^{24,32)}これに加え、腕運動の場合、心筋の収縮性に関し心筋酸素消費量、冠動脈血流量が関与するという報告³⁾もある。腕作業中におけるHRが低いことについてはPirnayたち²³⁾は筋血流量はHRに比例する、すなわち、HRが低いのは筋血流量が少ないことによるものであると述べている。こうした一連の心脈管系の反応の他に、平均動脈圧増大^{8,24,31)}、末梢血圧増大^{8,24,31)}、交感神経緊張増大³¹⁾、酵素活性の影響^{8,10)}、さらには、腕運動中における酵素摂取量に比例する血中乳酸の増加¹³⁾等が指摘されている。これらは運動への参加筋量が少ない場合にみられるとする報告¹³⁾もあり、こうしたことがそれぞれ関与するものと推察される。

しかしながら、実際、本研究でみられたように、車いすを用いた腕作業時のPeak $\dot{V}O_2$ はこれまで報告^{4,7,8,24,26,27,29,32)}されたように、単に実験的に自転車を固定した腕によるクランキング運動の場合より、更に低いものであった。これについては、次の2点から検討されよう。その1つとして、本研究でおこなった車いす型腕作業の場合、最大換気量($\dot{V}_E max.$)は平均値で58.4 l/minを示し、ランニングという脚運動の平均値95.3 l/minに対して61.0%の値でしかなかった。 \dot{V}_E を決定する因子にはRRおよび V_T があげられるが、RRはランニングの場合の54 times/minに対し42 times/minを示し、同様に少なかった。個人的には、RRにおいては被検者H.M.のようにランニングの場合のおよそ1/2の回数のものであれば、被検者S.S.のようにランニングとほぼ同数の場合もあり、車いすをこぐ呼吸のリズムにはそれぞれ個人的特徴を有することがみられる。しかし、被検者H.Y., F.K.の場合においては、車いす型腕作業の場合、RRは明らかに低く、呼吸の制限を余儀なくされているものと思われる。同様に V_T においても、被検者H.M.を除けば低下し、平均値では400mlほど低い値であった。車いす型腕作業は座位をとるため、運動中前かがみになりやすく、また、腹腔内圧が胸廓へ強く圧迫するように作用し、更には両腕で車いすをこぐため怒責も加わり、結果として胸腔内圧を高め、空気の流入の抵抗を大きくしていることが関与しているものと思われる。そうしたことが V_T の低下となるものかもしれない。また、車いす型腕作業は O_2R においても、いずれの被検者の場合もランニングよりは低い値を示している。すなわち、

$\dot{V}O_2R$ が低いことは座位のため、胸廓の拡張が十分でなく、従って、深く大きい呼吸をとりにくいことから、肺泡有効換気量が制限され、また、おそらく肺拡散容量等においても低下が生じているものと推察され、こうしたことが、車いす型腕作業の $\dot{V}O_2$ 低下の一因に関与しているものと考えられる。

その2として、車いすをこぐという動作は車いすが運動中動くものであり、固定したクランキングの腕作業よりは筋力の発揮のしかたが十分におこなえにくいことによるものと推察される。さらには、車いすをこぐ場合、車いすを「こする」または「なでる」という状態で加速されることになる。すなわち、車いすの車輪をつかんでこぐのではなく、車いすの慣性を利用した回転のさせ方でこぐことになる。従って、車いすをこぐという技術的な面からも腕の作業におけるエネルギー消費量は少なくなるものと思われる。

次に、車いすの運動強度に関して、全身持久性トレーニングの条件の面から検討していきたい。腕によるPeak $\dot{V}O_2$ はランニングによる $\dot{V}O_2max$ の54.5%に相当していたが、 $\dot{V}O_2max$ の40%、50%強度でおこなった結果、 $\dot{V}O_2max$ は有意に改善したと報告^{15,17,28,34)}がみられる。すなわち、 $\dot{V}O_2max$ に対する比較的軽度な運動強度を用いたトレーニングでも呼吸循環機能の改善の可能性が示唆される。従って、車いすを用いた運動でも最大努力、または、最大努力に近いところで持久的な運動をおこなうならば、呼吸循環機能を高める強度となりうるものが考えられ、身体障害者の全身持久的能力を高める1つの手段となりうるのではないかと推察される。

V. 総 括

本研究の目的は、車いす型腕作業でのPeak $\dot{V}O_2$ がランニングによる $\dot{V}O_2max$ と比較し、どの程度の強度（生理的負荷）となりうるのかについて検討し、また併せて、車いす型腕作業が全身持久力を高めるトレーニング手段となりえるのかをみようとしたものである。

被検者は男子大学生4名とし、いずれも健康であり、年齢は21歳であった。車いす運動はトレッドミルを使用し、傾斜角度0～5%で、速度漸増法で疲労困憊に至るまでおこないPeak $\dot{V}O_2$ を測定した。また、ランニングは同様にトレッドミル

を使用し、傾斜角度5度で、速度漸増法により疲労困憊に至るまでおこない、 $\dot{V}O_2max$ を測定した。

結果は次のごとくである。

- 1) 車いす型腕作業でのPeak $\dot{V}O_2$ が発現した傾斜角度は0～4%のところのみであったが、それぞれ個人差があった。
- 2) 車いす型腕作業でのPeak $\dot{V}O_2$ はランニングによる $\dot{V}O_2max$ の54.5%に相当した。
- 3) 車いす型腕作業によるPeak $\dot{V}O_2$ 時のHRは $\dot{V}O_2max$ 時のHR (192 beats/min) の86.5%に相当した。
- 4) 車いす型腕作業での分時換気量、呼吸数、一回換気量、酸素摂取率、酸素脈はランニングによる $\dot{V}O_2max$ 時の60.6%、77.9%、79.1%、90.3%、63.1%にそれぞれ相当するものであった。
- 5) 全身持久性のトレーニング条件から勘案すると車いす型腕作業のトレーニングは呼吸循環機能を改善する可能性を有すると推察される。

引 用 文 献

- 1) Asmussen, E. and I. Hammingen: Determination of maximum working capacity at different ages in work with the legs and with the arms. Scand. J. Clin. & Lab. Invest. 10:67-71.1958
- 2) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. Suppl. 169,1960
- 3) Åstrand, I., A. Guharay, and J. Wahren.: Circulatory responses to arm exercise with different arm positions. J. Appl. Physiol. 25(5): 528-532.1968.
- 4) Åstrand, P. O. and B. Saltin.: Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J. Appl. Physiol. 16(6): 977-981.1961.
- 5) Balk, B.: Correlation of static and physical endurance. I. A test of physical performance based on the cardiovascular and respiratory response to gradually increased work. USAF school of Aviation Med. Project No.21~32, Report 1, 1952
- 6) Balke, B.: Optimale Körperliche Leistungsfähigkeit, ihre Messung und Veränderung. Arbeitsphysiol. 15:311~323,1954
- 7) Bar - Or, O. and L.D. Zwirer.: Maximal oxygen consumption test during arm exercise-reliability and validity. J. Appl. Physiol. 38(3):

- 424-426.1975
- 8) Bergh, U., I. L.Kanstrup, and B. Ekblom.: Maximal oxygen uptake during exercise with various combinations of arm and leg work. *J. Appl. Physiol.* 41(2):191-196.1976.
 - 9) Binkhorst, R. A. and P. Van Leeuwen: A rapid method for the determination of aerobic capacity. *Int. Zangew. Physiol.* 19:459~467,1963
 - 10) Clausen, J.P., K. Klausen, B. Rasmussen, and J. Trap-Jensen.: Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs. *Am. J. Physiol.* 225(3):675-682.1973
 - 11) Dakies, C.T.M.: Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.* 24: 700-706,1968.
 - 12) Ekblom, B.: Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 328,1969
 - 13) Freyschuss, U., and T. Strandell.: Limb circulation during arm and leg exercise in supine position. *J. Appl. Physiol.* 23(2):163-170. 1967.
 - 14) Glassford, R.G., G.H.Y. Baycroft, A.W. Sedgwick, and R.B.J.Macnab.: Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods. *J. Appl. physiol.* 20(3):509-513.1965.
 - 15) 芳賀脩光, 大貫 稔, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究, 高年者を対象とした強度別のトレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響 運動処方研究 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究報告書23-33.1982
 - 16) 猪飼道夫: エルゴメーターの比較検討, 体協スポーツ科学委員会報告, 1967.
 - 17) 勝田 茂, 芳賀脩光: 中年者に対する歩行による40%VO₂max強度, 30分間トレーニングの効果—その性差への影響—, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究報告書, 131-140. 1972.
 - 18) Lamb, D.R.: *Physiology of exercise. Responses and adaptation.* second Edition: 173-190, Macmillan Publishing Company Collier Macmillan Publishers 1984
 - 19) Miles, D.S., M.N.Sawka, S.W. Wilde, R.J. Durbin, R.W. Gotshall, and R.M. Glaser.: Pulmonary function changes in wheelchair athletes subsequent to exercise training. *Ergonomics* 25(3):239-246.1982.
 - 20) Naughton J. and F.J.Nagle: Peak oxygen intake during physical fitness program for middle - aged men. *J. Amer. Med. Ass.* 19:103-105,1965.
 - 21) 小川新吉, 浅見高明, 古田善伯: 自転車エルゴメーターによる二種類の筋活動にみられる最大酸素摂取量について, 体力科学21(2):107-117.1972.
 - 22) Pechar, G.S., W.D. Mcardle, F.I. Katch, J.R. Magel, and J. Deluca.: Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training. *J. Appl. Physiol.* 36(6): 753-756.1974.
 - 23) Pirnay, F., R. Marechal, R. Radermecker, and J.M. Petit.: Muscle blood flow during submaximum and maximum exercise on a bicycle ergometer. *J. Appl. Physiol.* 32(2): 210-212.1972.
 - 24) Reybrouck, T., G.F. Heigenhauser, and J.A. Faulkner.: Limitations to maximum oxygen uptake in arm, leg, and combined arm-leg ergometry. *J. Appl. Physiol.* 38(5):774-779.1975.
 - 25) Sawka, M.N., R.M. Glaser, L.L. Laubach, O.AI - Samkari, and A.G. Suryaprasad.: Wheelchair exercise performance of the young, middle - aged, and elderly. *J. Appl. Physiol.: Respirrat. Environ. Exercise physiol.* 50(4):824-828.1981.
 - 26) Secher, N.H., N.Ruberg - Larsen, R.A. Binkhorst, and F. Bonde Petersen.: Máximal oxygen uptake during arm cranking and combined arm plus leg exercise. *J. Appl. Physiol.* 36(5):515-518.1974.
 - 27) Secher, N.H., J.P. Clausen, K. Klausen, I. Noer, and J. Trap - Jensen.: Central and regional circulatory effects of adding arm exercise to leg exercise. *Acta physiol. scand.* 100:288-297. 1977.
 - 28) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原 繁, 松本謹吾: 中年婦人への自転車エルゴメーターによる50%VO₂ max強度の60分間トレーニングの効果, 体育科学 4:77-88.1976.
 - 29) Stenberg, J., P.O. Åstrand, B. Ekblom, J. Royce, and B. Saltin.: Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J. Appl. Physiol.* 22(1):61-70.1967.
 - 30) Taylor, H.L., E. Buskirk, and A. Henschel.: Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio - respiratory performance. *J. Appl. Physiol.* 8:73-80.1955.
 - 31) 湯浅景元, 矢田秀昭, 朝比奈一男.: 最大下の腕, 脚, および「腕+脚」作業に対する酸素摂取量, 心拍数, 換気量応答, 体力科学29:5-10.1980.
 - 32) Vrijens, J., P. Hoekstra, J. Bouckaert, and P.V.

Uytvanck.: Effect of training on maximal working capacity and haemodynamic response during arm and leg - exercise in a group of paddlers. *Europ. J. Appl. Physiol.* 34:113-119. 1975.

33) Wyndahm, C.H., N.B. Stydrom, W.P. Leary, and

C.G. Williams.: Studies of the maximum capacity of men for physical effort. Part I. *Arbeitsphysiol.* 22:285-295.1966.

34) 山岡誠一, 平川和文, 辻田純三.: 女子学生に対する最大酸素摂取量の50~60%の強度のトレーニング効果について, *体育科学* 4:20-30.1976.