

最大筋力発揮に及ぼす呼吸相の影響

脇田 裕久*・河合 辰夫**・矢部京之助***
水谷 四郎*

Effects of Respiratory Phase on Maximum Elbow Flexor Strength

Hirohisa WAKITA, Tatu KAWAI, Kyonosuke YABE
and Shiro MIZUTANI

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of maximum elbow flexor strength exerted during different respiratory phases. Twelve healthy male subjects, aged from 18 to 22 years, participated. Each subjects was asked to exert his maximum elbow flexor strength in holding the elbow joint at right angle under the 4 different conditions (expiring, inspiring, breath holding and shouting). The EMG activities of m. biceps brachii and m. triceps brachii were recorded with bipolar surface electrodes. The respiratory phase and the sound of shouting were recorded with a thermistor and microphone, respectively.

The following results were obtained:

- 1) The peak value for maximum strength increased in the order expiring, inspiring, breath holding and shouting. The relative values based on the peak value for breath holding were 92.02%, 92.34%, 104.25% in right elbow flexing and 94.68%, 96.71%, 108.43% in left elbow flexing, respectively.
- 2) The correlations of the peak value for maximum strength in the various respiratory phases were significant.
- 3) The rate of tension rise increased in the order expiring, inspiring, breath holding and shouting. The relative values based on the rate of tension rise for breath holding were 72.97%, 72.93%, 195.03% in right elbow flexing and 81.64%, 74.75%, 184.11% in left elbow flexing, respectively.
- 4) Positively significant correlations in the rate of tension rise were found among the various respiration phases.
- 5) The correlations between the peak value for maximum strength and the rate of tension rise in each respiratory phase were positively significant.

These results suggest that the effect of the respiratory phase on the rate of tension rise was significantly greater than on the peak value for maximum strength.

研究目的

呼吸相と動作の関連については、これまでに

走・跳・投・打・射・泳・表現などの運動を対象
とした報告¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾¹³⁾¹⁵⁾¹⁹⁾²⁰⁾²²⁾²⁴⁾³¹⁾³²⁾³⁵⁾がなされ、
正確さやスピードを要求する運動では呼吸相と、

原稿受理日 平成2年10月1日

* 三重大大学教育学部

** 三重大大学教育学研究科

*** 名古屋大学総合保健体育科学センター

強さを必要とする運動では吸気相と対応が重要であると指摘されている³⁾。また、呼吸相と体力要素との関連については、筋力・反応時間・反復速度・正確性などについて検討されている¹⁶⁾¹⁷⁾²⁹⁾。特に呼吸相と最大筋力発揮との関係については、呼気相または吸気相に比較して、吸気から止息した時の方が大きい筋力が発揮されることが報告されている¹⁶⁾¹⁷⁾²³⁾³⁰⁾。

一方、自発的掛け声とともに発揮された最大筋力は、通常の場合に比較して12%の増加があり¹⁰⁾、筋パワーの測定においても無負荷条件の筋収縮速度が掛け声によって9%増大することが報告されている²¹⁾。また、最大筋力は、ピストル音・催眠・電気刺激などによっても筋力が増加し、この筋力増強は、心理的限界の変動すなわち中枢神経系の興奮水準の変動によるものと解釈されている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁸⁾³⁶⁾。しかし、これらの自発的掛け声を含めた呼吸相と筋力発揮に関する報告は、いずれも最大筋力値のみをその指標とし、力曲線の経時の変化について検討した報告は見受けられない。

本研究は、一般的な呼吸相に加えて呼気相の特殊なパターンである自発的な掛け声を加えた①呼気相、②吸気相、③止息時、④自発的掛け声時の4条件における最大筋力発揮を力曲線の最大値および筋力上昇率から検討を加え、呼吸位相による筋力発揮の様相の差異を明かにしようとするものである。

実験方法

被検者には平均年齢 20.4 ± 1.50 歳の健常な保健体育科男子学生12名を対象とした。被検者は、筋力測定台(竹井機器工業 K.K. 製多用途筋力測

定装置)の両側に設置された支持台上腕部を水平位にしてのせ、肩関節と肘関節をそれぞれ90度に屈曲する椅座位姿勢をとり、上体をベルトで椅子に固定された。有効測定範囲 100 kg の張力計に接続されたワイヤーの一端は、被検者の手頭部に皮革製のベルトで接続され、他端は測定台のバーに固定された。被検者は、①最大吸気位～呼気中(呼気相)、②最大呼気位～吸気中(吸気相)、③最大吸気位～止息(止息時)、④最大吸気位～自発的な掛け声を発声(掛け声時)の4条件における最大肘関節屈筋力を isometric による筋力発揮様式で行った。測定回数は左右両肘関節の各呼吸相について2回づつ実施した。なお、被検者の筋力発揮が指示どおりであることを確認するために、上腕二頭筋と上腕三頭筋から表面双極導出法を用いた筋電図、鼻孔に装着したサーミスターの波形から呼吸位相、自発的掛け声を音声マイクから同時に記録した(図1)。なお、力曲線については、最大筋力値および筋力上昇率(力曲線の最大勾配を求め、 $\tan \theta$ から単位時間あたりの筋力上昇率を算出)について計測した。

実験結果

1. 肘関節屈曲力の最大値

各呼吸相における肘関節屈曲力の最大値および止息時を基準とした各呼吸相の相対値の比較を図2・3に示した。右肘関節屈曲力の最大値は、呼気相 (27.68 ± 4.26 kg)、吸気相 (27.80 ± 4.20 kg)、止息時 (30.24 ± 4.92 kg)、掛け声時 (31.52 ± 5.48 kg) の順に増加し、吸気相と止息時の間に1%水準、呼気相と止息時および止息時と掛け声時の間にそれぞれ5%水準の有意な差が認めら

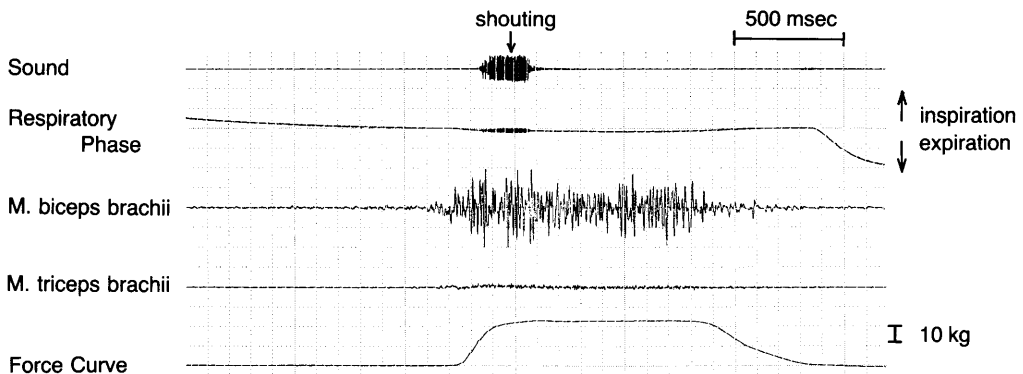


図1. 実験記録例
(上段から音声、呼吸位相、上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電図、力曲線)

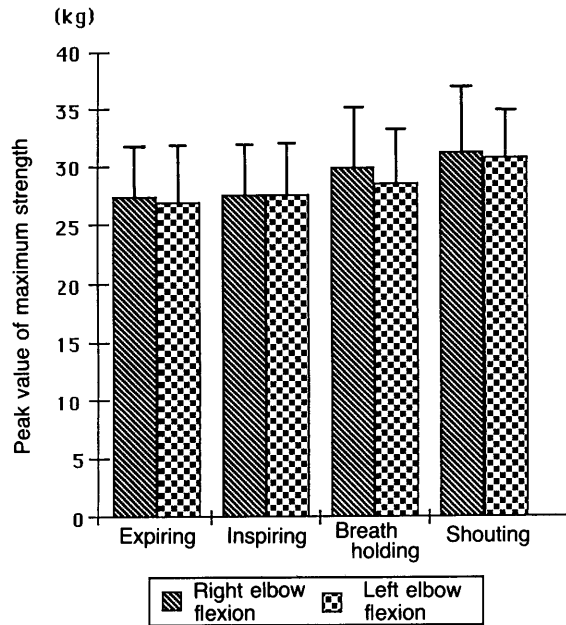


図 2. 各呼吸相における肘関節屈曲力の最大値

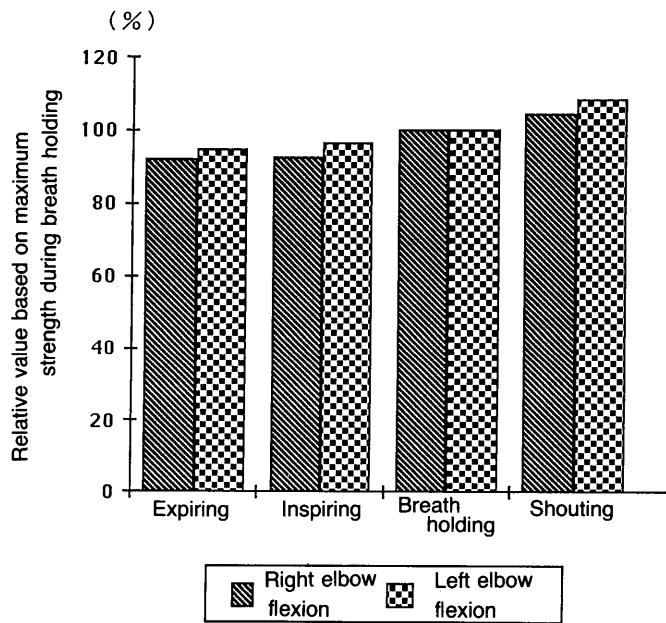


図 3. 止息時の最大筋力値を基準とした各呼吸相の相対値

れた。また、止息時を基準とした各呼吸相の相対値は、呼気相が $92.02 \pm 7.98\%$ 、吸気相が $92.34 \pm 6.51\%$ 、掛け声時が $104.25 \pm 5.56\%$ であった。

一方、左肘関節屈曲力の最大値は、呼気相 ($27.27 \pm 3.86 \text{ kg}$)、吸気相 ($27.87 \pm 4.08 \text{ kg}$)、止息時 ($28.85 \pm 4.27 \text{ kg}$)、掛け声時 ($31.03 \pm$

3.76 kg) の順に増加し、呼気相と止息時の間に 1% 水準、吸気相と止息時および止息時と掛け声時との間にそれぞれ 5% 水準の有意な差が認められた。また、止息時を基準とした各呼吸相の相対値は、呼気相が $94.68 \pm 3.81\%$ 、吸気相が $96.71 \pm 4.15\%$ 、掛け声時が $108.43 \pm 10.17\%$ であった。

呼吸位相間における肘関節屈曲力の最大値の相関関係は、右肘関節の呼気相と吸気相の間が $r=0.934$ 、呼気相と止息時が $r=0.933$ 、呼気相と掛け声時の間が $r=0.885$ 、吸気相と止息時の間が $r=0.965$ 、吸気相と掛け声時が $r=0.942$ 、止息時と掛け声時の間が $r=0.980$ 、左肘関節についてはそれぞれ $r=0.987$ 、 $r=0.988$ 、 $r=0.953$ 、 $r=0.989$ 、 $r=0.960$ 、 $r=0.952$ であり、いずれの間にも 0.1% 水準の有意な相関関係が認められた。

2. 肘関節屈曲力の筋力上昇率

各呼吸相における肘関節屈曲力の筋力上昇率および止息時を基準とした各呼吸相の相対値の比較

を図4・5に示した。右肘関節の筋力上昇率の平均値は、呼気相 ($43.97 \pm 21.12 \text{ kg/s}$)、吸気相 ($44.90 \pm 23.19 \text{ kg/s}$)、止息時 ($60.91 \pm 24.91 \text{ kg/s}$)、掛け声時 ($119.06 \pm 71.12 \text{ kg/s}$) の順に増大し、吸気相と止息時の間および止息時と掛け声時の間にそれぞれ 1% 水準、呼気相と止息時の間に 5% 水準の有意な差を認められた。また、止息時を基準とした各呼吸相の相対値は、呼気相が $72.97 \pm 23.10\%$ 、吸気相が $72.93 \pm 24.41\%$ 、掛け声時が $195.03 \pm 61.94\%$ であった。

一方、左肘関節の筋力上昇率の平均値は、吸気相 ($48.70 \pm 23.58 \text{ kg/s}$)、呼気相 ($49.96 \pm 18.36 \text{ kg/s}$)、止息時 ($66.24 \pm 29.96 \text{ kg/s}$)、掛け声時

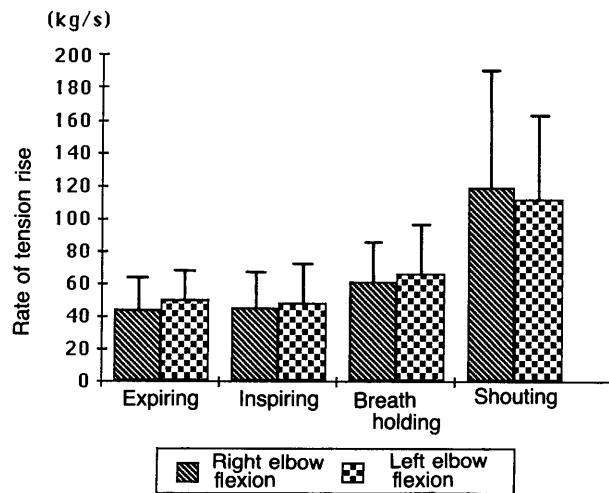


図4. 各呼吸相における筋力上昇率

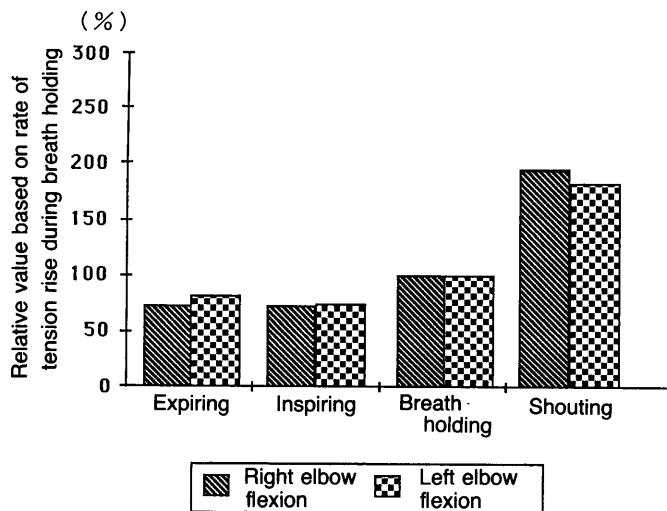


図5. 止息時の筋力上昇率を基準とした各呼吸相の相対値

(112.19±50.16 kg/s)の順に増大し、吸気相と止息時の間および止息時と掛け声時の間にそれぞれ1%水準、呼気相と止息時の間に5%水準の有意な差が認められた。また、止息時を基準とした各呼吸相の相対値は、吸気相が74.75±19.83%、呼気相が81.64±25.48%、掛け声時が184.11±78.37%であった。

呼吸相間における筋力上昇率の相関関係は、右肘関節の呼気相と吸気相の間が $r=0.844$ 、呼気相と止息時が $r=0.720$ 、呼気相と掛け声時が $r=0.479$ 、吸気相と止息時が $r=0.842$ 、吸気相と掛け声時が $r=0.789$ 、止息時と掛け声時の間が $r=0.790$ 、左肘関節についてはそれぞれ $r=0.815$ 、 $r=0.819$ 、 $r=0.607$ 、 $r=0.842$ 、 $r=0.804$ 、 $r=0.751$ であり、右肘関節の呼気相と掛け声時の相関係数を除いたいずれにも0.1～1%水準の有意な相関関係が認められた。

論 議

スポーツ活動と呼吸運動との関係では、ガス交換を主とした代謝系の報告が多く、動作と呼吸相や呼吸量から検討を加えた報告は比較的数量少ない。しかし、呼吸運動は随意的に調節することが可能であるため、呼吸運動と動作の関連が運動成果や効率を増す上で重要な要因となる。呼吸相と動作の関連については、これまでに走・跳・投・打・射・泳・表現などに関する報告¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾¹³⁾¹⁵⁾¹⁹⁾²⁰⁾²²⁾²⁴⁾³¹⁾³²⁾³⁵⁾があり、正確さやスピードを要求する運動では呼気相と、強さを必要とする運動では吸気相との結合関係が重要であり、特に優れた者ほどこの間の結合関係が強いと指摘されている³⁾。これらの報告は、筋力発揮が呼吸相に依存することを示唆している。

最大筋力発揮と呼吸位相の関係について、増田と芝山²³⁾は最大握力の発揮が吸気時間の終り1/3以内に発現するとし、岩崎ら¹⁶⁾¹⁷⁾は①呼吸制限なし、②呼気相、③吸気相、④呼気～止息、⑤吸気～止息の5条件下では吸気相との関連が深いことを報告している。また、高橋³³⁾は、最大筋力と呼吸量の関係を肺活量計を用いて測定し、最大握力時には肺活量の79%、最大背筋力時には肺活量の73%であると報告している。さらに沢山ら³⁰⁾は①吸気～止息、②呼気相、③呼気～止息、④吸気相の握力、脚筋力、背筋力、垂直跳びを測定した結果、いずれも①の吸気～止息状態で最大値が出現したと報告している。高松ら³⁴⁾は①呼気相、

②吸気相、③吸気相～止息、④適度の吸気～止息～気合いを掛ける4条件下の筋力発揮では、吸気相と呼気相ではいずれも値は小さく、止息、気合いを掛けたときの順に大きな値が得られるとしている。これらの報告をまとめると、呼気相・吸気相・吸気～止息・掛け声の順に最大発揮筋力が増加することになる。本実験における①呼気相、②吸気相、③止息時、④掛け声時の比較では、肘関節屈曲力の最大値は呼気相・吸気相・止息時・掛け声時の順に値が増大し、呼気と吸気を除いた各呼吸相間に有意な差が認められ、先の報告と一致した結果を得た。

これまでの最大筋力発揮と呼吸相に関する報告は、現象論的にはなされてきているがその機序については不明な点が多い。猪飼¹⁴⁾は神経筋単位の放電間隔が吸気で短縮し呼気で延長すること、腱反射の大きさも吸気に増大し呼気に減少することなどから、吸気相と脊髄中枢の興奮性及び筋の緊張が関係することを報告している。しかし、本研究結果における呼気相と吸気相との間には筋力発揮の最大値に有意な差が認められなかった。また、座禅・ヨーガ・気功などでは、その手法に呼吸法が取り入れられていることから、呼吸相が自律神経系・運動神経系に及ぼす影響を中枢と末梢レベルからの検討が必要であろう。

また、呼気相または吸気相中の筋力発揮と止息時の筋力発揮の生理学的な相違の1つは、胸部と腹部の内圧との差異が考えられる。止息(息こらえ)の生理的变化については、心拍数、心拍周期、心電図、血圧など主として循環器についての検討がなされている²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾が、努責による最大筋力発揮の影響に関する生理学的な報告はあまり見受けられない。本研究における止息時の筋力発揮が呼気相・吸気相に比較して有意に増加したことから、胸部と腹部に加えられた内圧は体幹を固定し、このことが4%～8%の筋力増強の効果を生じたものと考えられる。

さらに筋力発揮におよぼす掛け声の効果について、猪飼と石井⁹⁾は疲労による筋力低下時に自発的な掛け声をともなわせると、疲労する以前よりも高い筋力発揮が可能となり、Ikai & Steinhaus¹⁰⁾は、掛け声とともに発揮した最大筋力が通常の最大筋力に比較して12%高くなると報告している。本研究における掛け声時の増加率は、止息時に比較して右肘関節が5.56%、左肘関節が9.96%であり、この増加率は先の報告に比較してやや少ない

値である。これについては、先の報告の呼吸相が明確に規定されていないこと、本実験の被検者が体育専攻学生であり、筋力発揮のトレーニングがなされていることなどがその原因と考えられる。なお、掛け声による筋力増強機構については、掛け声の刺激（外制止）が大脳皮質の抑制（内制止）を排除し、筋力の心理的限界が生理的限界に接近すること（脱制止）によると解釈されている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁸⁾³⁶⁾が、この点に関する大脳生理学的な報告はあまり見受けられず、掛け声の影響を大脳皮質レベルで検討する余地があると考えられる。

一方、最大筋力値と呼吸相との報告は、さきに述べたように散見されるが、呼吸相が筋力発揮の経時の変化に及ぼす影響に注目した報告はあまり見受けられない。本実験では、筋力発揮の経時の変化を力曲線の立ち上がり勾配から算出した筋力上昇率で検討した。その結果、筋力上昇率は、最大筋力値と同様に呼吸または吸気・止息・掛け声の順に有意に増大した値を示した。力曲線の立ち上がりについて、猪飼¹²⁾はこの勾配が大きくなるにしたがって、筋電図のインパルスに集中性があることを報告している。このことは、呼吸相または吸気相・止息時・掛け声時の順にインパルスの発射に集中性のあるものと推察され、今後この点について筋電図学的に定量化し検討する必要があると考えられる。また、北村ら²¹⁾は筋パワー測定における最大筋収縮速度（無負荷時）が掛け声によって約9%増加し、金子と矢部¹⁸⁾は電気刺激による母指内転筋の最大筋収縮速度が随意筋収縮速度に比較して30~91%も増大すると報告している。本実験における掛け声時の筋力上昇率は、止息時に比較して約90%増大し、方法論の相違に

問題はあるにしても矢部らの報告と類似した結果を得た。しかし、筋力上昇率における呼吸相の影響については、最大筋力値と同様に生理学的な背景が論じられておらず、努責・脱制止の効果を分離して検討すべきであると考えられる。

また、止息時の肘関節屈曲力の最大値を基準とした各呼吸相の相対値は、呼吸相と吸気相が90%~95%、掛け声時が105%~108%とその変動が小さいのに対して、筋力上昇率の相対値は、呼吸相と吸気相が約70%、掛け声時が185%~195%と大きな変動を示し、対応する両指標間にそれぞれ0.1%水準の有意な差が認められた。このことから、呼吸位相は、筋力発揮の最大筋力値よりもむしろ筋力上昇率にはるかに大きな影響力をもつといえよう。

さらに、各呼吸位相間における最大筋力には、左右肘関節のすべてに有意な相関関係が認められ、筋力上昇率についてもほとんどの呼吸位相間に有意な相関関係が認められた。このことは、最大筋力値の大きいものはいずれの呼吸相においても高い値を示し、筋力上昇率の大きい者はいずれの呼吸位相においても高い値を示すことになる。しかし、最大筋力値と筋力上昇率の相関係数を比較すると、いずれの呼吸相においても前者が高い値を示している。このことは、肘関節屈曲力の最大値が筋線維の動員数、筋力上昇率が動員速度と考えるならば、動員数に比較して動員速度の変動がやや大きくなることを示唆するものである。

ところで矢部³⁶⁾は生理的限界の値から心理的限界の値を引いたものを「筋力予備」とし、この筋力予備と最大筋力との関係について検討した結果、一定の傾向が認められないと報告している。

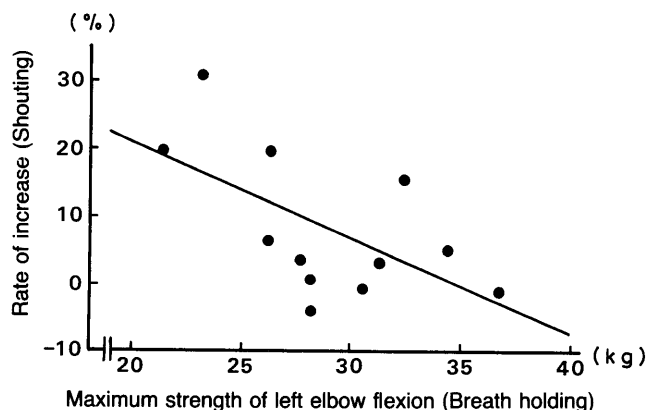


図 6. 左肘関節における止息時の最大筋力とこれを基準とした掛け声時の増加率との関係

本実験では、止息時の最大筋力を基準とした掛け声時による増加率と止息時の最大筋力との相関係数を求めた。その結果、右肘関節の最大筋力と増加率との間には、 $r = -0.333$ 、左肘関節では $r = -0.486$ といずれも負の相関係数を示し、特に左肘関節では 5%水準の有意な相関関係が認められた (図 6)。この結果は、最大筋力が増加するに従って筋力予備が減少することになり、このことから筋力の大きい者ほどより生理的限界に近い筋力発揮をしていることが推察される。

要 約

平均年齢 20.4 歳の健康な男子大学生 12 名を対象とし、①呼気相、②吸気相、③止息時、④自発的掛け声時の各呼吸相における最大筋力を発揮させ、力曲線の最大値および筋力上昇率から呼吸相における筋力発揮の様相を明かにしようとした。なお、力曲線と同時に、被検者の上腕二頭筋と上腕三頭筋から筋電図、鼻孔から呼吸波形、音声マイクから自発的掛け声を同時記録し、次の結果を得た。

1) 肘関節屈曲力の最大値は、左右とも呼気相、吸気相、止息時、掛け声時の順に大きい値を示し、呼気相と止息時、吸気相と止息時、止息時と掛け声時の間にそれぞれ 1%～5%水準の有意な差が認められた。

2) 止息時における肘関節屈曲力の最大値を基準とした各呼吸相の相対値は、右肘関節屈筋力の呼気相が 92.02%、吸気相が 92.34%、掛け声時が 104.25%、左肘関節ではそれぞれ 94.68%、96.71%、108.43%であった。

3) 各呼吸相間における肘関節屈曲力の最大値の相関関係は、左右肘関節ともそれぞれ 0.1%水準の有意な相関関係が認められた。

4) 肘関節屈曲力の筋力上昇率は、左右とも呼気相または吸気相、止息時、掛け声時の順に大きな値を示し、止息時と吸気相、止息時と呼気相の間にそれぞれ 5%水準の有意な差が認められた。

5) 止息時における肘関節屈曲力の上昇率を基準とした各呼吸相の相対値は、呼気相が 72.97%、吸気相が 72.93%、掛け声時が 195.03%、左肘関節ではそれぞれ 81.64%、74.75%、184.11%であった。

6) 各呼吸相間における肘関節屈曲力の筋力上昇率の相関関係は、右肘関節が吸気相と呼気相、吸気相と止息時、吸気相と掛け声時の間に 0.1～1%水準の有意な相関関係が認められた。また左

肘関節については、いずれの間にも 0.1～1%水準の有意な相関関係が認められた。

以上の結果から、最大筋力発揮においては最大筋力値・筋力上昇率ともに呼気相または吸気相・止息時・掛け声時の順に増大し、呼吸位相は最大筋力値よりもむしろ筋力上昇率により大きな影響を及ぼすことが示唆される。

引用・参考文献

- 1) 荒川清美、藤原 侑、正木健雄：ハンドボールにおける投球動作の考察—動作と呼吸の関連について—、体育学研究、10 (2): 436, 1966.
- 2) 浅見高明、猪飼道夫、金子公宥、松本芳三、手塚政孝：Pneumotachograph による柔道投技の呼吸調整について、体育学研究、10 (2): 173, 1966.
- 3) 浅見高明、黒川隆志：動作と呼吸の関連について、身体運動の科学 II、杏林書院、159-167, 1976.
- 4) Aycock, T. M., et al.: An analysis of respiratory habits of trained swimmers. Res. Quart. 3: 199-217, 1932.
- 5) Cureton, T. K.: Relationship of respiration to speed efficiency in swimming. Res. Quart. 1: 54-70, 1930.
- 6) 恵土孝吉、星川 保：剣道競技における打突動作と呼吸相との関係、J. J. Sports Sci., 4 (7): 512-517, 1985.
- 7) Felker, A. H.: A study of respiration habit of sprinters in starting a race. Res. Quart. 5: 20-26, 1934.
- 8) 猪飼道夫：体力の生理的限界と心理的限界に関する実験的研究、東京大学教育学部紀要、5: 1-18, 1960.
- 9) 猪飼道夫、石井喜八：筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究、体育学研究、5 (4): 154-165, 1961.
- 10) Ikai Michio and Arthur H. Steinhaus: Some factors modifying the expression of human strength. J. Appl. Physiol., 16: 157-163, 1961.
- 11) 猪飼道夫、矢部京之助：筋力と疲労の研究 (2)、体育の科学、17 (3): 166-172, 1967.
- 12) 猪飼道夫、矢部京之助、山本高志、川初清典、渡部和彦、手塚政孝：随意動作に先行する Silent period の発現機構、体育学研究、18 (3): 127-133, 1973.
- 13) 猪飼道夫、山川純子：柔道投技における呼吸調整、体育学研究、2 (7): 43-44, 1957.
- 14) 猪飼道夫他：膝蓋腱反射に及ぼす深呼吸の作用、日本生理誌、15 (4): 42, 1953.

- 15) 石黒節子、松本千代栄、石黒国雄：動きのリズムに関する研究 (5) 呼吸に表れたダンスのリズム、体育学研究、13 (5): 122, 1969.
- 16) 岩崎健一、谷口紘八、庭木守彦：動作と呼吸相 (1) 筋力・調整力発揮と呼吸相の関連について、熊本大学教養部紀要 自然科学編、14: 27-36, 1979.
- 17) 岩崎健一、谷口紘八、庭木守彦、猿渡輝男：動作と呼吸相 (2) 筋力・調整力発揮と呼吸相の関連について、熊本大学教養部紀要 自然科学編、15: 37-45, 1980.
- 18) 金子公宥、矢部京之助：筋パワーの生理的限界に関する研究、体育学研究、13 (3): 155-161, 1969.
- 19) 勝田 茂、小川新吉、松本太刀雄：射撃と呼吸相、体育学研究、10 (2): 183, 1966.
- 20) 河瀬雅一他：持久走における呼吸の調整についての生理学的考察、体育学研究、12 (5): 212, 1969.
- 21) 北村潔和、福田明夫、有沢一男：筋収縮速度とパワーにおよぼす「掛け声」の効果、体育の科学、31: 143-146, 1981.
- 22) 中村敏雄他：水泳の技術指導における問題点 (Ⅱ)、体育学研究、8 (1): 125, 1963.
- 23) 増田 允、芝山秀太郎：筋力発揮と呼吸の位相の関連、体力研究、16: 12-19, 1969.
- 24) 水野忠文、猪飼道夫、丹羽 昇、浅見高明：呼吸・筋電図からみた弓道技術の研究、体育学研究、10 (1): 204, 1965.
- 25) 小原 繁：呼吸の研究 (その1)、徳島大学教養部紀要、10: 12-16, 1977.
- 26) 小原 繁：加圧止息時の心拍周期変動について、徳島大学教養部紀要、11: 18-22, 1978.
- 27) 小原 繁：息こらえ時の左心室収縮時間について、徳島大学教養部紀要、14: 1-8, 1981.
- 28) 小原 繁、坂東栄三：止息の心拍動への影響、徳島大学教養部紀要、12: 1-8, 1979.
- 29) 酒井敏夫、増田 允：反応時と呼吸の関連、日本生理誌、13: 68-69, 1951.
- 30) 沢山 勝他：呼吸の筋力発揮に及ぼす影響の研究、体育学研究、9 (1): 132, 1964.
- 31) Schudel, H.: A study of the respiration of golfers during the drive and the putt. Res. Quart. 5: 62-71, 1934.
- 32) 白石信尚他：生体情報の無線搬送に関する研究 (第3報) スキー競技時の CTG、ECG、呼吸運動の同時無線搬送について、体力科学、13 (2): 54, 1964.
- 33) 高橋亀吉：呼吸位相と筋力について、新体育、34 (6): 96-102, 1964.
- 34) 高松 薫、金原 勇、三浦望慶、押切由夫：筋力トレーニング手段の生理学的研究 呼吸法が筋力発揮に及ぼす影響、体育学研究、12 (5): 11, 1968.
- 35) 坪井三郎：剣道における動作と呼吸の研究、体育学研究、18 (1): 23-29, 1973.
- 36) 矢部京之助：最大筋力と疲労、体育学研究、11 (2): 77-85, 1966.