

7日間の車いすによる不活動が身体機能に及ぼす影響

加藤 好信

The effect of physical function on non-activity by taking wheelchair during 7 days

Yoshinobu Kato

Abstract

Lower limb muscles caused the muscle atrophy and muscle strength decreased significantly in inactivity and the zero-gravity environment in space. Inactivity for long periods many influences to bring physical features reports, But we cannot see report on the impact on short term inactivity of physical functions. Therefore, the purpose of this study is the short period of 7 days inactivity to investigate the effect on physical functions. Results were the time of knee reflex time delay happened, and place decrease in muscle strength and decrease in function of the cardiovascular system. Muscle weakness was men more than women. Reflection time delay will be caused by degreasing tension of muscle and tendon by inactivity. This study showed that following a short period of time in that environment still happens in loss of muscle function and respiratory and circulatory functions.

This study showed that muscle and cardiovascular system decreased significantly in short term inactivity.

Key words : short term inactivity, muscle strength, cardiovascular system

キーワード : 短期不活動、筋力、呼吸循環機能

1 緒言

大腿および下腿のような下肢に存在する筋群は、不活動または無重力環境下では顕著な萎縮や筋力の低下

が引き起こされる。Akima et al.¹⁾らは8日から16日間の宇宙滞在で大腿伸筋群が約5%、16日間の滞在で約15%萎縮したと報告している。また、Fukunaga et al.¹⁾は20日間などの長期のベットレストや不活動などにお

いて筋力の低下や循環器機能の低下など身体的な変化が起こると報告している。しかし、1週間程度の短期間の不活動については報告がみられない。郡司ら²⁾は高齢者ではわずか3日から7日間の検査入院においても、身体的機能の低下が起こると報告している。また、現在では生活習慣病やメタボリックシンドロームなどが注目されており、運動を継続することの必要性が重視されてきている。短期間の不活動でも身体的な負の変化がおきることが明らかとなれば運動習慣の必要性について言及できるのではないだろうか。そこで、本研究では健康な大学生を被験者とし、7日間にわたって車いすを用いた下肢の活動制限（不活動）の環境下を課すことで身体的機能にどのような変化が起こるかを明らかにすることを研究の目的とした。

2 研究方法

被験者は健康な大学生5名とした（表1）。被験者には7日間にわたって下肢の活動を、次のように制限した。移動は車椅子を使用する。車椅子を使用しないときはベッド上で安静を保つ。万歩計による歩数制限（1日：500歩以内）。入浴時は座位姿勢を保つ。

表1 被験者とその特性

被験者	年齢(歳)	性別	利き足	運動習慣
A	21	男	右	なし
B	20	女	右	あり
C	22	男	右	なし
D	21	女	右	なし
E	20	女	右	あり

実験の前後に以下の3測定を行った。また被験者すべての対象者には実施前に研究内容を説明し、同意を得た。

1) 神経伝達スピード測定

神経伝達スピードについては、浦本式膝蓋腱反射閾測定器（高橋精機工業）に加速度トランスデューサを付け使用し、座位法で膝蓋腱反射によって測定した。測定器を机に固定し膝蓋腱と打腱部が合致する部位を探し、刺激に対して最も反応の高かった膝蓋腱部分を

測定した。測定は15～20回とし、試技間の休息は約30秒とした。被験者には、測定部位を意識したり、凝視したりしないように、アイマスクを着用するよう指示した。また被験者に反応を◎、○、△、×と評価してもらった。さらに表面電極法（小型生体電極）を用い、双極誘導にて右脚の内側広筋の筋電位を2ch生体電気用前置増幅器（日本光電）によって誘導し、膝蓋腱に衝撃をあたえてから内側広筋が収縮するまでの時間の測定を行った。電極間距離は20mmとし、電極間抵抗は10k Ω 以下であった。

2) 最大筋力測定

最大筋力と筋パワーについては、多用途関節パワー測定機を使用し、左右の下肢について膝関節伸展運動により最大筋パワー、最大筋力、最大速度の項目を測定した。測定は測定装置の負荷設定はコントロール装置の目盛で3Wと5Wとし、各負荷を1人3回ずつ行った。被験者は固定の筋力測定用の椅子に座り、シートベルトで上半身を固定し、足首にベルトを固定して、測定装置のワイヤーを引くことによりその時の力、速度、パワーを測定した。

3) 呼吸循環機能測定

自転車エルゴメーター、自動血圧計、心電図テレメーター、自動呼気ガス分析装置を用いて測定を行った。自転車エルゴメーター（エアロバイク75XLII/75XLII ME）では、被験者の全身持久力をPWC170HRmaxの手法を用いてその仕事率、およびその時の酸素摂取量と心拍数を記録した。また、自動血圧計では、2分ごとの血圧、心拍数を測定した。心電図テレメーターでは、胸部双極誘導により得られた心電図を心拍モニター（日本光電：ベッドサイドモニター）で測定し運動中の循環機能のモニターリングを行った。酸素摂取量は自動呼気ガス分析装置で、Breath-by-Breath法によって酸素摂取量を測定し、30秒毎に単純平均した値を記録した。

3 結果

○神経伝達速度

本研究での神経伝達速度とは膝蓋鍵に刺激を与えてか膝蓋腱反射による筋収縮がおこるまでの時間とした。7日間にわたる下肢の不活動前後の膝蓋鍵反射の神経伝達速度の結果は表2に示した。

表2 神経伝達速度の結果 (sec)

被験者	実験前	実験後
A	0.0148	0.0159
B	0.0119	0.0139
C	0.0211	0.0272
D	0.0125	0.0132
E	0.0146	0.013
平均	0.015	0.0166
標準偏差	0.0037	0.006

神経伝達速度は加速度計が膝にあたり反応したときの時間から、筋電図が発現した時間の差を示す。またANGLE MEANは反応が起こるまでの角度錘を落とす角度の平均である。ANGLEは角度計で角度が一番大きく示され値であり、ANGLEとANGLE MEANをから膝蓋腱反射によって起こる膝関節角度の変化を算出した。また個人感覚を確認し、「あまり良くない」と「良くない」を除いた平均値を記録した。

神経伝達速度の結果では被験者Eが0.00168sec速くなったが、その他の被験者では遅くなる傾向がみられた。その中でもCには0.0061secと最も遅くなる結果が得られた。

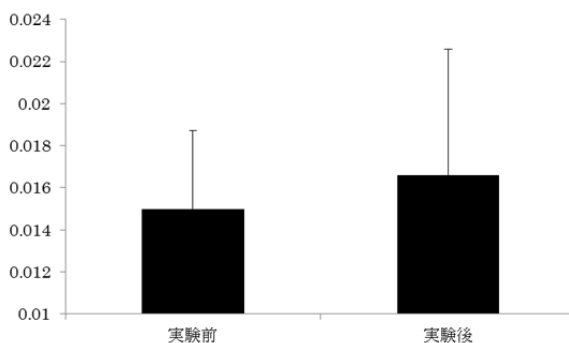


図1 神経伝達速度の平均値と標準偏差 (sec)

神経伝達速度の被験者全員の平均値と標準偏差を図1に示した。不活動前 $0.015 \pm 0.00378 \text{sec}$ 、不活動後 $0.0166 \pm 0.006 \text{sec}$ であり、 0.0016sec 遅くなる結果であった。

膝蓋腱反射によって起こる関節角度の結果では被験者Aに1.2071度の増加という結果が得られた。その他の被験者では角度が減少する傾向があり、その中でも被験者Eには9.4860度と大きな減少がみられた。関節角度の反応を全員の平均値でみると不活動前 10.9334 ± 3.3709 度、不活動後 8.0855 ± 5.4618 度であり、 2.8480 度の減少がみられた。7日間の不活動前後でも神経伝達速度、膝蓋腱反射によって起こる関節角度の両方が低下する傾向となった(表3)。

表3 関節角度の結果 (度)

被験者	実験前	実験後
A	10.6	11.8
B	13.2	11.1
C	13.4	13.2
D	5.25	1.7
E	12.1	2.62
平均	10.9	8.01
標準偏差	3.3	5.5

○最大筋測定

最大筋力は3回の測定の平均を個人の値としたが、最大筋力の全ての実験前後における結果において統計的に有意差は得られなかった。被験者毎の右脚の結果を表4から表9に示した。

7日間にわたる下肢の不活動前後の右脚の最大筋力パワー(以下P-maxとする)、最大筋力(以下F-maxとする)、最大速度(以下V-maxとする)の結果の比較は表3から表7に示した。3Wの軽負荷におけるP-maxの結果は、被験者A、Eに低下がみられたが被験者B、C、Dでは上昇がみられた。また全被験者の平均値でみると不活動前 $340.36 \pm 216.94 \text{W}$ 不活動後の $294.12 \pm 182.65 \text{W}$ であり、 46.15W 低下した。

表4 負荷3WにおけるP-maxの結果(Watt)

被験者	実験前	実験後
A	607.83	361.8
B	191.89	202.37
C	529.93	585.15
D	111.75	168.15
E	259.91	153.12
平均	340.26	294.12
標準偏差	216.94	182.65

表5 負荷5WにおけるP-maxの結果(Watt)

被験者	実験前	実験後
A	584.43	571.09
B	170.11	178.04
C	111.13	99.69
D	571.76	515.49
E	218.27	171.71
平均	331.14	307.2
標準偏差	228.65	218.58

表6 負荷3WにおけるF-maxの結果(N)

被験者	実験前	実験後
A	268.67	571.09
B	164	178.04
C	252.67	99.69
D	140.67	515.49
E	194	171.71
平均	204	307.2
標準偏差	55.37	55.18

表7 負荷5WにおけるF-maxの結果(N)

被験者	実験前	実験後
A	296.67	298
B	206.67	225.33
C	277.33	281.33
D	182	206
E	215.33	211.33
平均	235.6	244.4
標準偏差	48.97	42.33

表8 負荷3WにおけるV-maxの結果(sec)

被験者	実験前	実験後
A	3.32	2.65
B	1.33	1.29
C	2.93	2.96
D	0.89	1.19
E	1.6	1.36
平均	2.01	1.89
標準偏差	1.06	0.84

表9 負荷5WにおけるV-maxの結果(sec)

Vmax5 被験者	実験前	実験後
A	2.62	2.35
B	0.92	0.82
C	2.48	2.28
D	0.64	0.42
E	1.09	0.82
平均	1.55	1.34
標準偏差	0.93	0.91

5Wの重い負荷におけるP-maxの結果では被験者A、C、E、に低下がみられ被験者の男性2人ともに低下がみられた。被験者B、Dでは3Wの軽負荷と同様の結果であった。5Wの重負荷を被験者全員の平均値でみると不活動前 331.14 ± 228.65 、不活動後 307.20 ± 218.58 Wであり、 23.94 W低下した。その結果3Wの軽負荷、5Wの重負荷の両方で低下がみられた。男女でP-maxの低下を比較した結果では3Wの軽負荷では男性 95.41 Wの低下に対して女性では 13.30 Wの低下であり、男性の低下が大きかった。また5Wの重負荷では男性 12.39 Wの低下に対して女性では 31.63 W低下のであり、女性の低下が大きかった。

3Wの軽負荷におけるF-maxの結果は、被験者A、C、Eには低下がみられたが、被験者B、Dには上昇がみられた。5Wの重負荷におけるF-maxの結果では被験者E以外で上昇がみられた。

3Wと5Wを全被験者のP-max、F-max、V-maxの平均値を図2、3、4に示した。平均値でみると3Wの軽負荷では不活動前 240.00 ± 55.37 N、不活動後 190.91 ± 55.18 Nであり、 18.09 Nの低下がみられたが5Wの重負荷では不活動前 235.60 ± 48.97 N、不活動後 244.40 ± 42.83 Nであり、 8.80 Nの上昇がみられた。3Wの軽負荷におけるV-maxの結果では、被験者A、B、Eに低下がみられたが、被験者C、Dには上昇がみられた。全員の平均値でみると不活動前 2.01 ± 1.06 m/sec、不活動後 1.89 ± 0.84 m/secであり 0.12 m/sec低下した。

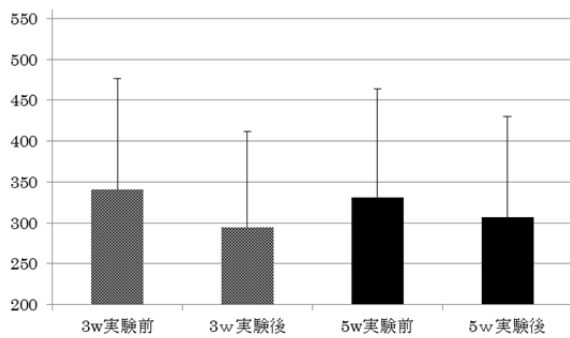


図2 P-max の負荷 3w と 5w での平均値と標準偏差(W)

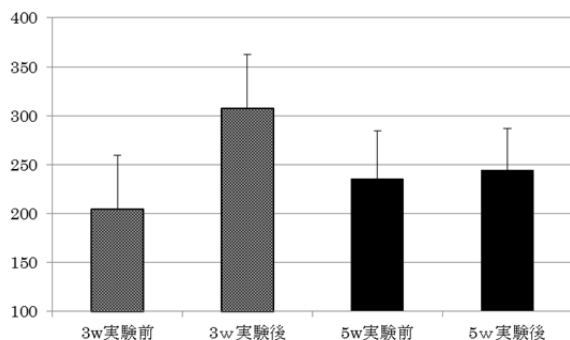


図3 F-max の負荷 3w と 5w での平均値と標準偏差(W)

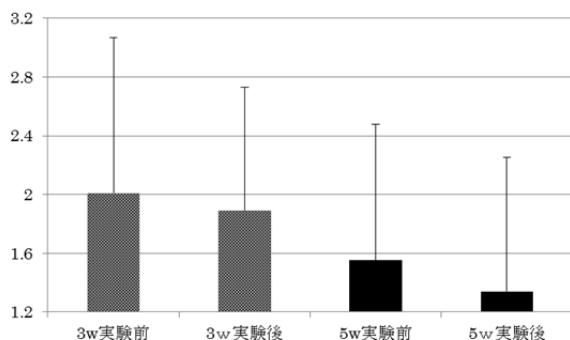


図4 V-max の負荷 3w と 5w での平均値と標準偏差(W)

5W の重負荷における V-max の結果では全点に低下がみられた。また全員の平均値でみると不活動前・ $1.55 \pm 0.93 \text{m/sec}$ 、不活動後 $1.34 \pm 0.91 \text{m/sec}$ であり、 0.21m/sec 低下し、3W の軽負荷に比べ 5W の重負荷での低下が大きかった。左脚の P-max、F-max、V-max の結果は以下のとおりであった。3W の軽負荷の P-max の結果は、被験者 A、C、E に低下がみられたが被験者 B、D は上昇がみられた。

平均値でみると不活動前 $302.08 \pm 179.31 \text{W}$ 、不活動後 $284.20 \pm 146.6 \text{W}$ であり、 17.83W 低下がみられた。

平均値でみると 5W の重負荷の P-max は、不活動前 $286.62 \pm 197.21 \text{W}$ 、不活動後 $264.48 \pm 170.76 \text{W}$ であり、 22.15W 低下した。結果 3W の軽負荷と 5W の重負荷の双方で低下がみられた。また 3W、5W において被験者の男性 2 人ともに低下がみられた。男女で P-max の低下を比較した結果 3W の軽負荷では男性の低下に対して女性では 0.34W の上昇であり、男性の低下が大きかった。また 5W の重負荷でも同様に男性 61.20W の低下に対して女性 8.89W 上昇し、男性の低下が大きかった。

結果 P-max において女性に比べて男性が低下を示す傾向がみられた。3W の軽負荷、5W の重負荷での F-max では全員の平均値でみると双方に上昇がみられた。

3W の軽負荷での V-max の結果では、被験者 C、D、E に低下がみられたが被験者 A、B では上昇がみられた。全員の平均値でみると、不活動前 $1.66 \pm 0.67 \text{m/sec}$ 、不活動後 $1.74 \pm 0.69 \text{m/sec}$ であり、 0.08m/sec 上昇がみられた。5W の重負荷では被験者 B 以外で低下がみられた。全員の平均値でみると不活動前 $1.43 \pm 0.79 \text{m/sec}$ 、不活動後 $1.31 \pm 0.66 \text{m/sec}$ であり、 0.21m/sec 低下がみられた。鮎果、右脚と同様に軽負荷に比べ垂負荷での低下が大きかった。また 5W の垂負荷では被験者 A、C の両方の男性に低下がみられ被験者 B、D、E の女性に比べ低下することが多くみられた。

○循環器系機能測定

7 日間にわたる下肢の活動制限前後での、最大酸素摂取量の値を表 10 に、被験者全員の平均値を図 5 示した。

表 10 実験前後の最大酸素摂取量 (ml/min/kg)

被験者	実験前	実験後
A	35.3	32.9
B	35.7	32.2
C	27.9	24.1
D	27.3	24.9
E	29.4	28.5
平均	31.16	28.5
標準偏差	4.13	4.04

最大酸素摂取量に関しては全体で、不活動前が $31.16 \pm 4.13 \text{ ml/min/kg}$ 、不活動後が $28.52 \pm 4.04 \text{ ml/min/kg}$ であり、低下する傾向にあった。また、男性の平均では不活動前が $31.7 \pm 5.37 \text{ ml/min/kg}$ 、不活動後が $28.5 \pm 6.22 \text{ ml/min/kg}$ 、女性の平均では不活動前が $30.80 \pm 4.37 \text{ ml/min/kg}$ 、不活動後が $28.53 \pm 3.65 \text{ ml/min/kg}$ であり、男性の方が大きく低下する結果が得られた。

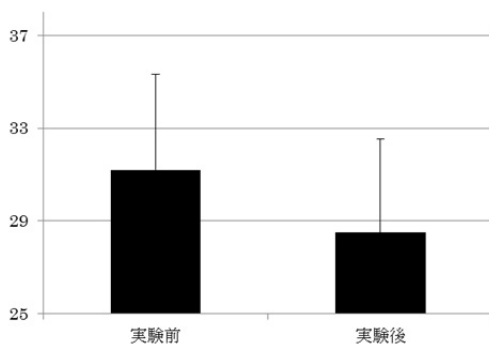


図5 実験前後の最大酸素摂 (ml/kg/min)

HR (心拍数) に関しては、安静状態から運動終了まで2分ごとに計測した。不活動前の安静時では $66.2 \pm 6.30 \text{ bpm}$ 、運動後2分では $69.25 \pm 5.91 \text{ bpm}$ 、4分では $82.4 \pm 6.68 \text{ bpm}$ 、6分では $94.6 \pm 7.02 \text{ bpm}$ 、8分では $108.2 \pm 7.16 \text{ bpm}$ 、10分では 125.6 ± 6.66 、12分では 130.6 ± 18.42 であり、不活動後の安静時では 77.6 ± 9.81 、運動後2分では $81.6 \pm 7.23 \text{ bpm}$ 、4分では $93.4 \pm 5.68 \text{ bpm}$ 、6分では $101.8 \pm 5.63 \text{ bpm}$ 、8分では $119.2 \pm 7.26 \text{ bpm}$ 、10分では $136.2 \pm 6.30 \text{ bpm}$ となった。すべての計測時間において不活動後が不活動前を上回っていた。また、不活動後の自転車エルゴメーターを用いての測定では EXERCISE-TIME が平均で66秒短縮していた。心臓1回の収縮での V_{O2} を表す V_{O2}/HR に関しては、被験者5名の個別の結果を出した後、男女での比較をした。

4 考察

福永ら³⁾は20日間のベッドレストによる研究でベッ

ドレストのような不活動状態は、腱組織を伸びやすいものへと変え、すばやい力の伝達能力の低下に結びつくとして報告しており、本研究においても、神経伝達速度の低下は腱の弾性の変化に依存するものと考えられる。

本研究において下肢の不活動前後での膝蓋腱反射による神経伝達スピード、膝の関節角度の変化を全点の平均で比較した結果、神経伝達スピードでは 0.00168 sec 遅くなった。また膝角度の変化では 2.8480 度の減少がみられ、不活動後で神経伝達速度と共に低下がみられた。本研究は7日間の不活動であったが膝蓋腱反射による膝の関節角度の低下から腱組織の緊張状態が変化したと考えられ、そして腱の緊張が緩んだ状態に変化することで不活動前より腱組織の張力が低下し、筋収縮により動作開始までの時間に遅延が起こったことが神経伝達速度の低下に結びついたと考えられる。

○最大筋力

本研究では両足の膝伸展運動時における最大努力での F-max、V-max、P-max の3項目において測定した。7日間の不活動前と不活動後の測定の結果 3W の軽負荷と 5W の重負荷の P-max において、左右両脚に低下がみられた。(表1・2、図1)

郡司ら¹⁾は、10日間のベッドレストを行った研究において男性：15.6%、女性：17.1%と有意に低下したが、男性と女性の低下率の間には差はなかったと報告している。一方、福永ら²⁾は20日間のベッドレストを行った研究でみられた男性における筋力低下は、ほとんどの場合が1過日から2過日にかけて生じるが、女性では2過日から3過日にかけて著しく低下すると報告している。低下率では男性より女性の方が高かった。本研究における P-max を男女で比較した場合、右脚では 3W の軽負荷において男性は 95.41 W 低下し、女性では 13.30 W の低下であった。また左脚 3W の軽負荷では男性は 45.0 W 低下し、女性では 0.34 W 上昇した。左脚 5W の重負荷でも男性は 61.20 W 低下し、女性では 3.89 W

上昇の結果となり女性に比べ男性に低下がみられたことは福永ら²⁾の報告と一致した。しかし男性で1過日から2過日にかけて筋力低下がおこり、女性の方が2過日から3過日にかけて著しく筋力低下がおこるメカニズムの研究が未だに解明されていない。本研究で男性の筋力低下が大きかった理由として考えられることは、筋力の増加のメカニズムと反対の環象が起こったのではないだろうかと考えられる。筋力の増加のメカニズムとして最初に神経・筋系協調の改善が起こり、その後筋断面積が増加することが知られている。また男性の方の筋力大きいことから不活動による影響が大きくなると考えられ、本研究でも7日間の短期間で神経・筋系協調に影響を及ぼしたことが男性筋力の低下が大きかったのではないかと考える。

福永ら²⁾の20日間のベッドレストの研究の結果では重負荷での速度の低下が軽負荷での速度の低下に比べ大きいとしている。本研究の結果でも3Wの軽負荷と5Wの重負荷でV-maxの比較を行った結果、3Wの軽負荷に比べ5Wの重負荷での低下が大きかった。鋤塚ら⁴⁾の筋萎縮のメカニズムの研究では筋を構成する筋線維から筋力低下をみると遅筋線維であるタイプI線維、速筋線維であるタイプII線維ともに筋萎縮がみられるとされている。このことから本研究では遅筋線維に比べ速筋線維に不活動の影響が大きくそのことがP-maxにおいて速度の低下が大きく影響したと考えられる。

Wunder et al⁵⁾は、2週間以上のベッドレストで骨格筋の筋力は漸減し、その中でも抗重力筋の筋力の減少程度は、腕、腹部などの非抗重力筋より2倍も大きく、筋量の減少を伴ったと報告している。本研究での最大筋力測定は膝関節伸展筋力においてP-maxの低下がみられた。膝関節進展筋力には抗重力筋である大腿四頭筋が大きく関係しており、7日間という短期間の不活動によっても抗重力筋が大きく影響しているのではないだろうか。

7日間という短期間の不活動でも有意な値とはならなかったが、筋力低下がみられた。また筋力低下には

不活動の期間によって性差が生じることが考えられた。

Taylorら⁶⁾による28日間のベッドレストによる研究では、長期のベッドレストが最大酸素摂取量を著しく低下させることが報告されている。また、若年成人を被験者とした20日間のベッドレスト研究では女性のほうが高い減少率を示したと報告されている。本研究の7日間にわたる不活動前後の最大酸素摂取量の測定結果を全員の平均値で比較した結果、不活動前 31.16 ± 4.13 (ml/min/kg)、不活動後 28.62 ± 4.048 (ml/min/kg)で最大酸素摂取量が2.04(ml/min/kg)減少した。しかし、男女の比較をした場合、男性では3.2(ml/min/kg)減少し、女性では2.27(ml/min/kg)減少した。この結果からは、最大酸素摂取量は女性に比べ男性のほうが大きな減少傾向にあった。

郡司ら¹⁾による長期ベッドレスト研究では抗重力筋の遅筋繊維が減少し、酸化能を低下させることが最大酸素摂取量減少の要因のひとつとして、筋力の低下が最大酸素摂取量の低下の原因になると報告されている。本研究の最大筋力測定においても抗重力筋である大腿四頭筋の筋力低下がみられることから、最大酸素摂取量の減少に関係するといえるのではないだろうか。

また、福永ら⁸⁾の研究によると男性の筋力低下においては、1過日から2過日にかけて生じ、女性では2過日から3過日にかけて著しく低下すると報告されていることから、本研究の筋力測定で、女性に比べ男性に筋力低下がみられたため最大酸素摂取量でも女性に比べ男性に減少がみられたと考えられる。

郡司ら¹⁾によると、心機能の低下が最大一回拍出量に影響し、最大酸素摂取量の減少の要因のひとつだと予想されている。本研究では安静時の心拍数と運動終了時の心拍数を比較した。安静時においては不活動前が 66.2 ± 8.0 、不活動後が 77.6 ± 9.81 であり、運動終了時においては不活動前が 130.6 ± 18.42 、不活動後が 136.2 ± 6.30 ですべての被験者で上昇傾向がみられた。このことから、7日間の不活動により心機能にお

ける左心室の機能の低下が起こったと考えられる。

また、EXERCIS-TIME に関して、自転車エルゴメーターの体力テストでは心拍数が 75%HRmax に達すると自動的に終了する仕組みになっており、平均値では 66 秒の短轄がみられたことから、心機能が低下したことで早く目標心拍数に達したと考えられる。

心機能の低下は筋力の低下と関連性があるといわれており¹⁾、本研究の VO2/HR の結果では女性に比べ男性に顕著に低下がみられた。この結果には筋力低下でみられた性差が影響しているのではないかと考えられる。

以上のことから短期間であっても、筋力が低下した場合には最大酸素摂取量や心機能などの循環機能に影響を及ぼすといえるのではないだろうか。

5 まとめ

7日間の車いすを用いた不活動という条件において、被験者 5 名であったことから、統計的に有意な結果は得られなかったものの、腱組織の変化が膝蓋腱反射における膝関節角度の減少や神経伝達スピードの遅延などの結果から 7 日間という短期間においても腱組織の張力低下が起こったことが示唆された。

また筋力や循環器機能においても性差はあるが男女共に低下がみられた。これらの結果から短期間であっても個人差はあるが筋や腱に機能低下がおこり、循環器機能においても低下が起こることが示唆された。1 週間という短期であっても身体的な機能低下がおこることが示されたことから、筋力低下のメカニズムに違いのあるもの高齢者においては短期入院によってもより大きな身体的機能低下が起こると考えられる。

参考文献

- 1) 郡司篤晃・他：安静と体力低下—寝たきりになると体力が低下する生理学的理由—総合リハ・ 28 巻 5 合・419~430・1998 年 5 月、p423
- 2) 福永哲夫：身体の形とカへの興味—研究仲間に感謝の気持ちをこめて—、福永哲夫教授 退官記念誌編集委員会、2002、pp315-316. pp316・317
- 3) 横山和仁：日本静版 POMS 手引、初版、金子書房、東京、1994：5-7
- 4) 鋤塚幸子・他：ラット足関節の固定期間の延長に伴う拘縮および廃用性筋萎縮の進行について、長崎理学療法 4：7-12、2003
- 5) Kubo K, Akima H, Ushiyama J, Tabata I, Fukuoka H, Kanehisa H, Fukunaga T.: Effects of 20 days of bed rest on the viscoelastic properties of tendon structures in lower limb muscles., Br J Sports Med 38(3) 324-330, 2004
- 6) Taylor, et al : Effect of bed rest on cardiovascular function and work performance J. Appl. Physiol. 2:223-230, 1949
- 7) Whnder C, et al : Mu8Cle mass and atrophic change with full or partial body immobilization, MaCallyM (eda) : Hypodynamics and Hypogravics, pp71-107, Academic Press, New York, 1968