

短 報

## 車椅子バスケットボール選手の最高酸素摂取量

増田利隆\*<sup>1</sup> 松枝秀二\*<sup>1</sup> 喜多河佐知子\*<sup>1</sup> 長尾光城\*<sup>1</sup> 長尾憲樹\*<sup>1</sup>

### 緒 言

近年、日本の在宅身体障害者数は3,245,000人に達し、その中で肢体不自由者数は1,749,000人と報告されている<sup>1)</sup>。脊椎損傷者は車椅子での生活を強いられ、損傷部位とその程度によって運動機能の麻痺、骨や筋肉の萎縮、心臓・血管系の機能低下、全体的な体力の低下の程度が異なる<sup>2)</sup>。

日常生活活動における車椅子を利用している両側下肢麻痺者(以下、対麻痺者)の体力は非常に低下している。残存能力を維持し、容易に症状が悪化する「disuse syndrome」になることを防ぐことは、対麻痺者にとって重要である。対麻痺者は、同化作用の低下、自律神経障害、尿失禁、床擦れしやすい皮膚などの機能的障害のため、特定の活動に弱いとされている<sup>3)</sup>。対麻痺者の体力、特に心肺機能と関係が深い最高酸素摂取量は、重要であるにもかかわらず、明らかにされていない。

その一方で、スポーツを愛好するスポーツ選手にとって自分の体力を知り、トレーニングの指標とするための最高酸素摂取量の測定は日常的に行われている。近年、パラリンピック等の開催により、車椅子を用いたスポーツ競技が世界的に実施され、それに伴って、車椅子競技者の最高酸素摂取量が報告<sup>4-6)</sup>されるようになってきた。しかし、特定の施設に入所せずに在宅で車椅子スポーツをしている者を対象とした最高酸素摂取量に関する報告はほとんど見られない。そこで本研究では、在宅の車椅子バスケットボール選手の最高酸素摂取量について、腕エルゴメーターを用いた検討を行った。

### 対 象

対象は、特定の医療施設等の施設入居者ではなく、在宅の男性車椅子バスケットボール選手15名(31.1±9.8歳)とした。本研究に参加する前に研究による益、不利益を説明し、全員に同意を得た。測

定項目は、体組成、最高酸素摂取量、およびアンケート調査であった。

#### 1. アンケート調査

アンケートの内容は、障害名、障害部位、麻痺部位、車椅子利用年数、車椅子スポーツ歴、運動頻度、仕事の有無、褥瘡の有無、褥瘡の部位、褥瘡の発症時期の10項目とした。

#### 2. 体組成

身長は、マルチンのアントロポメーターを用い、仰臥位にて測定した。なお、障害部位により測定できなかった対象者3名については自己申告値を用いた。体重は、車椅子体重計(PWC-620,タニタ)にて測定した。なお、測定できなかった対象者2名については自己申告値を用いた。体脂肪率は、右腕上腕背部と肩甲骨下部直下の2箇所の皮脂厚を栄研式皮脂厚計にて測定し、長嶺ら<sup>9)</sup>の式を用いて体密度を算出した。その値をBrozekら<sup>10)</sup>の式に代入して体脂肪率を算出した。除脂肪体重量(Lean Body Mass以下LBM)は、 $LBM = \text{体重}(\text{kg}) - \text{体重}(\text{kg}) \times [\text{体脂肪率}(\%) / 100]$ の式より算出した。上腕周囲径(Arm Circumference以下AC)は、スチール製メジャー(F10-02, KDS)を用い右腕上腕部中点を測定した。上腕筋周囲径(Arm Muscle Circumference以下AMC)は、 $AMC = AC - 3.14 \times \text{上腕背部皮脂厚}$ の式<sup>11)</sup>により求めた。上腕筋断面積(Arm Muscle Area以下AMA)は、 $AMA = (AMC)^2 / (4 \times 3.14)$ の式<sup>11)</sup>により求めた。

#### 3. 最高酸素摂取量

最高酸素摂取量は、腕エルゴメーター(ANGIO 2000, Lode)を用いて測定した。対象者は車椅子に座った状態で、肩峰点とペダルの回転軸の中心を同じ高さにして行った。負荷は1分間に10ワットずつ増加させた。頸椎損傷の2名については1分間に5ワットずつ増加させた。ペダルの回転数は50回転とし、測定は対象者が疲労困憊に陥るまで行った。運動中あらかじめ標準ガスで校正した呼吸代謝装置(AERO MONITOR 300S, ミナト医科学)にマス

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻  
(連絡先) 増田利隆 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

クを介して対象者を直接接続し、30秒ごとに酸素濃度と二酸化炭素濃度を連続的に測定した。運動中の心電図は心電図計(ML-1120,フクダ電子)を用いて記録した。同時に心拍数も測定した。測定の中止基準は、健常者のものと同様とした<sup>12)</sup>。

### 結果と考察

本研究の目的は、在宅で健常者と同様に自立生活をしている車椅子バスケットボール選手の最高酸素摂取量の検討であった。障害レベルは、頸椎損傷や運動神経障害などの重度のものから両下肢軽度運動機能障害などの軽度のものまで様々であった。(表1)

表2に対象者の身体的特徴を示した。身長、体重、BMI、体脂肪率を同性・同年代の健康な日本人の値<sup>13)</sup>と比較すると、身長は健常者の値よりも低値であった。体重は、健常者とほぼ変わらない値であった。BMIも、健常者の値と変わらない値であった。体脂肪率は健常者と変わらなかったが、体脂肪率が30%を超えている者が2名みられた。近藤ら<sup>14)</sup>の車椅子バスケットボールを週4回、1回2時間、平均5年間行っている男性対麻痺者(平均年齢26.2±1.2歳)の報告と比較して、身長、体重、BMI、皮下脂肪厚とも、我々の対象者がすべて高値を示していた。これらの違いは、練習量、練習頻度が少ないことによる影響であると考えられた。

また、AC、AMC、AMAは同性・同年齢の健常者の値<sup>11)</sup>よりも高値を示し、LBMとAC、AMC、AMA間には、それぞれ有意な正の相関関係( $r=0.595$ ,  $p<0.05$ ,  $r=0.670$ ,  $p<0.01$ ,  $r=0.682$ ,  $p<0.01$ )が見られた。これは、車椅子バスケットボールを行っていることにより、上腕の活動筋が発達しているためであると考えられた。

最高酸素摂取量の絶対値と相対値、最高心拍数、運動持続時間を表3に示した。腕エルゴメーターを用いた他の研究と比較すると、絶対値では、Rogerらの報告<sup>6)</sup>と、相対値では、Pollockらの報告<sup>2)</sup>と類似していた。これは、我々の対象者は、運動習慣があるにもかかわらず、運動習慣のない報告値と同等だったことより、車椅子競技者としては、持久的能力が高いレベルにないと考えられた。

また、その他の報告<sup>2,15-18)</sup>との比較では、今回の対象者よりも障害レベルが高い報告<sup>18)</sup>の場合、最高酸素摂取量が低値を示していた。今回の対象者中でも、頸椎損傷者の値は、脊椎損傷者などの値と比較すると絶対値、相対値、最高心拍数が低い傾向を示していた。したがって、障害レベルが高くなるにつれ、生理学的ハンディを背負い、自由に動かすことのできる筋肉が限られてくると最高酸素摂取量も低下するものと考えられた。しかし、まだ例数が少ないため、さらに検討が必要であると考えられた。

車椅子トレッドミルを用いた報告<sup>4-8,18,19)</sup>と比較すると、我々の値よりも最高酸素摂取量が高値であった報告<sup>5-7,19)</sup>では、対象者がナショナルチーム所属の選手ということで、一般的なスポーツ選手よりも身体的能力が高い、または、対象者が車椅子マラソンランナーということで、車椅子バスケットボールよりも持久的能力が高いと考えられるため、最高酸素摂取量も高値を示したと考えられた。また、我々の値よりも最高酸素摂取量が低値を示した報告<sup>4,8,18)</sup>は、障害レベルが高い、運動習慣がない、長期入院者などのため、腕エルゴメーターと同様に、障害レベルが高くなるほど最高酸素摂取量は低値を示した。これは、Davisら<sup>21)</sup>の見解と一致している。また、腕エルゴメーターを用いて測定した最高酸素摂取量の方が車椅子トレッドミルを用いた

表1 車椅子バスケットボール選手へのアンケート結果

対象者	年齢 (歳)	障害名	障害部位	車椅子利用年数 (年)	車椅子スポーツ歴 (年)	練習頻度 (回/週)
1	26.0	脊椎損傷	Th5	6.0	2.7	5.0
2	25.0	脊椎損傷	Th11,12	5.0	4.0	4.0
3	38.0	小児麻痺	両下肢	2.0	11.0	2.0
4	26.0	両下肢軽度機能障害	右足	2.0	-	1.0
5	44.0	頸椎損傷	C5,6	17.0	10.0	3.0
6	23.0	小児麻痺	両下肢	-	3.0	2.0
7	49.0	頸椎損傷	C6,7	30.0	12.0	3.0
8	42.0	脊椎損傷	Th3,4,5	24.0	22.0	2.5
9	40.0	脊椎損傷	Th10	19.0	18.0	2.0
10	32.0	脊椎損傷	Th9	14.0	10.0	2.0
11	35.0	脊椎損傷	Th10	17.0	15.0	2.5
12	25.0	硬膜外血腫	Th7	6.0	4.0	4.5
13	21.0	ギランバレー症候群	運動神経	6.0	3.0	3.0
14	15.0	硬膜外血腫	Th7	1.0	0.4	0.4
15	25.0	脊椎損傷	Th7	7.0	1.0	3.5
Mean	31.1			11.1	8.3	2.7
SD	9.8			9.0	6.8	1.2

表2 車椅子バスケットボール選手の身体的特徴

	年齢 (年)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	皮下脂肪厚		体脂肪率 (%)	LBM (kg)	AC (cm)	AMC (cm)	AMA (cm <sup>2</sup> )
					上腕背部 (mm)	肩甲骨下部 (mm)					
Mean	31.1	171.9	63.7	21.5	11.6	16.2	17.4	52.1	32.0	28.3	64.3
SD	9.8	6.3	11.6	3.4	6.4	7.7	6.5	6.9	3.4	2.3	10.0
Range	15~49	160~181	49.8~83.0	16.4~27.1	6.0~27.0	8.0~33.5	11.4~32.3	44.1~63.4	25.7~37.9	22.6~31.4	40.5~78.3

BMI : Body Mass Index, LBM : Lean Body Mass, AC : 上腕周囲径,  
AMC : 上腕筋周囲径, AMA : 上腕筋断面積

表3 車椅子バスケットボール選手の最高酸素摂取量

	$\dot{V}O_2$ (ml/min)	$\dot{V}O_2/w$ (ml/kg/min)	心拍数 (beats/min)	運動持続時間 (sec)
Mean	1407	22.7	162	585
SD	377	5.5	31	116
Range	721~2288	10.3~31.2	103~205	429~852

$\dot{V}O_2$  : 最高酸素摂取量  
 $\dot{V}O_2/w$  : 最高酸素摂取量/体重

ものより低値であるという報告<sup>17)</sup>があり、本研究の対象者は、報告<sup>17)</sup>のバスケットボール選手よりも最高酸素摂取量が低値を示していたが、それは、測定方法の違いが影響していると考えられた。

図1に最高酸素摂取量の絶対値と AMC, AMA の関係を示した。それぞれ、有意な正の相関関係 ( $r=0.527, p<0.05, r=0.547, p<0.05$ ) を示していた。また、健常者において腕力がスポーツの成績を左右すると思われるボート選手、体操選手、水泳選手、レスラーなどでは、上肢と下肢の最大酸素摂取量の差が、一般人よりも少なく、腕だけの運動に依存するカイカーでは、上肢の最大酸素摂取量は非鍛錬者の1.5倍であることが示されている<sup>15)</sup>。したがって、車椅子バスケットボール選手の上腕筋肉量が最高酸素摂取量の絶対値に影響を与えていると考えられた。

これらをまとめると、在宅で車椅子バスケットボールを行っている選手の最高酸素摂取量は腕エルゴメーターを用いた本研究の結果から23ml/kg/min程度であった。さらにこの値は、上腕部の筋肉量に依存している可能性が示唆された。

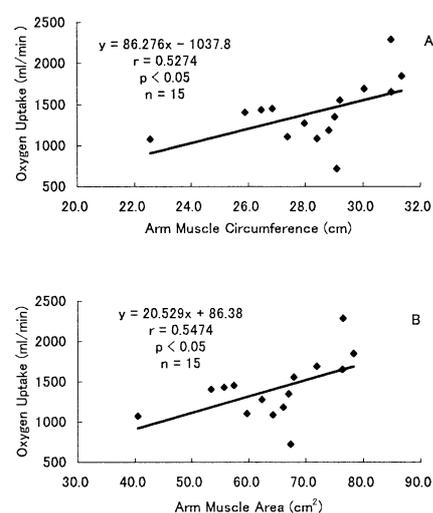


図1 上腕筋周囲径と最高酸素摂取量 (A), 上腕筋断面積と最高酸素摂取量 (B) の相関関係統計ソフト Stat View にて Pearson の相関関係を求めた。有意水準は5%未満とした。

文 献

- 1) 厚生統計協会 国民衛生の動向, 厚生指針, 50, 152-155, 2003.
- 2) Michael LP, Henry SM, Linnerud AC, Elizabeth L, Elizabeth C and Eben A: Arm pedaling as an endurance training regimen for the disabled. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 55, 418-424, 1974.
- 3) Ko A, Yutaka N, Hajime O, Hideaki M, Shunichi K and Kazuo H: Energy expenditure of paraplegic marathon runners measured during a wheelchair marathon. *Journal of University of Occupational and Environmental Health*, 6, 109-120, 1984.
- 4) Bhamhani NY, Burnham RS, Wheeler GD, Eriksson P, Holland LJ and Steadward RD: Physiological correlates of simulated wheelchair racing in trained quadriplegics. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20, 65-77, 1995.

- 5) Crews D ,Christine LW ,Burkett L and Hopkins VM: A physiological profile of four wheelchair marathon racers . *Physician and Sportsmedicine* , **10** , 134-143 , 1982 .
- 6) Roger MG: Arm exercise training for wheelchair users . *Medicine and Science in Sports and Exercise* , **21** , S149-S157 , 1989 .
- 7) Andreas S ,Martin H ,Petra S ,Jose MB ,Arno ST ,Helga D ,Hans JV and Joseph K: Physical performance and cardiovascular and metabolic adaptation of elite female wheelchair basketball players in wheelchair ergometry and in competition . *American Journal of Physical Rehabilitation* , **77** , 527-533 , 1998 .
- 8) Gass GC , Watson J ,Camp EM ,Court HJ ,McPhreson LM and Redhead P: The effects of physical training on high level spinal lesion patients . *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* , **12** , 61-65 , 1980 .
- 9) Nagamine S and Suzuki S: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women . *Human Biology* , **36** , 8-15 , 1964 .
- 10) Brozek J ,Grande F ,Anderson JT and Keys A: Densitometric analysis of body composition; revision some quantitative assumptions . *Annals New York Academy Sciences* , **110** , 113-140 , 1963 .
- 11) メディカルレビュー社: 日本人の新身体計測基準値 . 栄養評価と治療 , **19** , 増刊号 , 12-61 , 2001 .
- 12) アメリカスポーツ医学会編 日本体力医学会体力科学編集委員会監修: 運動処方方の指針 運動負荷試験と運動プログラム . 第6版 , 南江堂 , 東京 , 102 , 2001 .
- 13) 東京都立大学体育学研究室編: 新・日本人の体力標準値2000 . 初版 , 不昧堂 , 東京 , 21-105 , 2000 .
- 14) 近藤照彦: 脊髄損傷による対麻痺者の体脂肪と筋肉分布 . 肥満研究 , **4** , 136-140 , 1998 .
- 15) 山地啓司: 改訂最大酸素摂取量の科学 . 改訂第2版 , 杏林書院 , 東京 , 37-38 , 2001 .
- 16) Burke EJ , Auchinachie JA , Hayden R and Loftin JM: Energy cost of wheelchair basketball . *Physician and Sportsmedicine* , **13** , 99-105 , 1985 .
- 17) Tropp H , Samuelsson K and Jorfeldt L: Power Output for wheelchair driving on a treadmill compared with arm crank ergometry . *British Journal of Sports Medicine* , **31** , 41-44 , 1997 .
- 18) Enders AJ , Hopman M and Binkhorst RA: The relation between upper arm dimensions and maximal oxygen uptake during arm exercise . *International Journal of Sports Medicine* , **15** , 279-282 , 1994 .
- 19) Pitetti KH , Pamela JB , Kathryn DC and Don EM: The effect of lower body positive pressure on the exercise capacity of individuals with spinal cord injury . *Medicine and Science in Sports and Exercise* , **26** , 463-468 , 1994 .
- 20) Rotstein A , Sagiv M , Ben-Sira D , Werber G , Hutzler J and Annenburg H: Aerobic capacity and anaerobic threshold of wheelchair basketball players . *Paraplegia* , **32** , 196-201 , 1994 .
- 21) Glen MD: Exercise capacity of individuals with paraplegia . *Medicine and Science in Sports and Exercise* , **25** , 423-432 , 1993 .

(平成16年5月25日受理)

## Peak Oxygen Uptake in Wheelchair Basketball Player

Toshitaka MASUDA, Shuji MATSUEDA, Mitsushiro NAGAO and Noriki NAGAO

(Accepted May 25, 2004)

Key words : peak oxygen uptake, spinal cord injury, arm ergometer,  
wheelchair basketball

Correspondence to : Toshitaka MASUDA    Doctoral Program in Health Science, Graduate School of Medical Professions, Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.14, No.12004 179-182)