

## 高校男子自転車競技優秀選手の身体組成, 最大酸素摂取量 及び最大酸素負債量

綱分 憲明<sup>1)</sup>, 田原 靖昭<sup>2)</sup>, 湯川 幸一<sup>3)</sup>, 千住 秀明<sup>4)</sup>

- 1) 長崎県立女子短期大学体育科
- 2) 長崎大学教養部保健体育学教室
- 3) 長崎大学保健管理センター
- 4) 長崎大学医療技術短期大学部

## Body Composition, $\dot{V}O_2$ Max and $O_2$ Debt Max in Elite Senior High School Male Cyclists

Noriaki TSUNAWAKE<sup>1)</sup>, Yasuaki TAHARA<sup>2)</sup>, Koichi YUKAWA<sup>3)</sup>  
and Hideaki SENJU<sup>4)</sup>

- 1) *Nagasaki Prefectural Women's Junior College*
- 2) *Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University*
- 3) *Health Admin. Center, Nagasaki University*
- 4) *School of Allied Medical Sciences, Nagasaki University*

This study was performed to evaluate the physical resources for elite male cyclists of senior high school. Nine track cyclists (mean age, 17.4 years) and seven road cyclists (mean age, 17.3 years) were examined for body composition and cardiorespiratory function ( $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max), from 1988 to 1992.

These measurements were compared with those of elite junior cyclists, and the progress of physiological function due to one-year training was examined for 7 cyclists.

The results were as follows:

1. The mean parameters for track cyclists were recorded: percentage body fat (%Fat): 10.3%; lean body mass (LBM): 56.5kg;  $\dot{V}O_2$  max: 3.93l/min, 62.5ml/kg·min;  $O_2$  debt max: 8.81l, 139.1ml/kg.
2. The mean parameters for road cyclists were recorded: %Fat: 10.9%; LBM: 54.9kg;  $\dot{V}O_2$  max: 3.78l/min, 61.4ml/kg·min;  $O_2$  debt max: 7.89l, 128.4ml/kg.
3. The average %Fat, LBM, LBM/Ht,  $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max were not significantly different between track and road cyclists.
4. The average %Fat and  $\dot{V}O_2$  max (ml/kg·min) of track and road cyclists were similar to those of elite junior cyclists.
5. By training for one year, the average  $\dot{V}O_2$  max (ml/kg·min) and  $O_2$  debt max (ml/kg) showed a significant increase of approximately 13.6% and 22.6% respectively.

These results indicated that through training 9 track and 7 road cyclists had achieved a superior body composition, aerobic work capacity and anaerobic work capacity, equal to those of elite junior cyclists.

(Ann. Physiol. Anthropol. 12(6): 351-362, 1993)

**Key words:** Male junior cyclist, Body composition, %Fat,  $\dot{V}O_2$  max,  $O_2$  debt max

## I. 緒言

自転車競技は, 指定された一定の距離をいかに速く自転車をこいで移動させるかを競う競技である。このため, 自転車をこぐ力やスピード, つまりペダリング運動で発揮されるパワーの大小が勝敗に大きく係わる競技と言われている(生田, 1984)。こうしたパワー発揮のためには, 選手が持つ技術及び精神力とともに, 身体資源の及ばず影響は大きい。

我が国では, ほとんどの選手が競技として自転車と取り組むのは, 高校入学以降である。自転車競技の種目は, トラックでの後半200mで勝敗を決するスプリント種目から100km余にも及ぶロード種目まであり, その距離は幅広い。また, 高校段階では競技会の多くが学校対抗形式であり, トラックでの短距離種目からロードでの長距離種目までこなせるように, 有酸素的体力(Aerobic work capacity)及び無酸素的体力(Anaerobic work capacity)のいずれも求められていると言えよう。

本研究では, この身体資源の指標として, 体脂肪量や筋量が身体活動と大きな係わりを持つこと(北川ら, 1974; Wilmore, 1983; 田原ら, 1990; 綱分ら, 1992)から皮下脂肪厚(以下皮下脂肪厚)及び身体組成を, また Aerobic work capacity では最大酸素摂取量( $\dot{V}O_2$  max), Anaerobic work capacity では最大酸素負債量( $O_2$  debt max)を用いた。

これまで, 自転車競技選手の体脂肪率(以下%Fat)(Hagberg et al., 1978; Burke, 1980; 青木ら, 1981, 1982; 雨宮, 1990)や $\dot{V}O_2$  max (Saltin & Åstrand, 1967; Pärnat et al., 1975; Strømme et al., 1977; 黒田ら, 1977; Burke et al., 1977; Burke, 1980; 青木ら, 1981, 1982; Jousselein et al., 1984)の報告は多い。しかし, これらは大学あるいは成人選手値である。高校生年代のジュニア選手では, 黒田ら(1977)による $\dot{V}O_2$  max, Burke(1980)及び青木ら(1981)による%Fatと $\dot{V}O_2$  maxの報告が見られるにすぎない。なお, $O_2$  debt maxについては, 黒田ら(1977)によるプロ選手の報告が見られるが, ジュニア選手では見当たらない。また, 自転車競技選手のこうした身体資

源について, トレーニングによる影響を論議した報告もほとんど見られない。

そこで本研究では, 高校期における自転車競技の競技力向上に資するため, 全国インターハイや国体で上位にランクされる高校における自転車選手の身体資源, つまり皮下脂肪厚, 身体組成,  $\dot{V}O_2$  max 及び  $O_2$  debt max を測定し, 1つには, 優秀選手の身体資源の特徴を明らかにすること, 2つには, 高校1年次から2年次にかけてのおよそ1年間のトレーニング効果を明らかにすることを目的とした。

## II. 実験方法

### A. 対象, 時期及び測定場所

対象は, 長崎県内の西海学園高等学校自転車競技部員で1988~1992年度に測定した2~3年生28名のうち, 九州大会以上の大会で入賞したトラック種目9名(以下T群)及びロード種目7名(以下R群)を優秀選手として抽出した。同時に, 優秀選手の体格及び身体組成などの特徴を明らかにするため, 残りの非入賞部員12名(以下O群)及び日頃運動をしていない長崎市内の一般男子高校生30名(以下N群)を対照群として用いた。また, およそ1年間のトレーニング効果に関する検討は, 全測定者の中で高校1年次から2年次にかけて継続して測定できた7名であり, このうち2名が以後の九州大会でロード種目での入賞を果たしている。測定は, 自転車競技選手を1988~1992年の6月~7月に, 一般高校生を1990年の7~9月に, 長崎大学教養部体育学実験室で行った。なお, 被験者には, 測定の意義を理解させるとともに監督及び当該高校担任を通して測定の同意を得て測定した。

### B. 測定項目

#### 1. 体格及び皮下脂肪厚

身長, 体重, 周径圍及び皮下脂肪厚を測定した。皮下脂肪厚の測定は, 栄研式皮下脂肪厚計を用い, Behnke & Wilmore(1974)を参考に, 正確を期すため測定経験の豊富な著者の1人が全て計測した。その部位は, triceps, scapula, abdominal, supra-iliac, chest, thigh, knee, midaxillaの8部位であった。

## 2. 身体組成

身体組成の測定は、密度法の一方法である水中体重秤量法により行った。36~38℃の温水タンク(直径120cm, 高さ160cm)の中で、ロードセルに下げた水中の椅子に座り、最大呼出後の最も重い体重を水中体重とした。肺残気量(RV)はタンク外でFUKUDA産業製COMF-100によって求めた。身体密度(Body density, B.D.)は次式によった。

$$B.D = \frac{\text{体重(空气中, kg)}}{\frac{\text{体重(空气中, kg)} - \text{水中体重(kg)}}{\text{水の密度}} - RV(l)}$$

%Fatは、上式で得られた身体密度を用い、Brožekらの推定式(1963) %Fat = (4.570/B.D - 4.142) × 100で求めた。なお、体脂肪量(Fat)は体重と%Fatの積であり、除脂肪体重(FFM or LBM, 以下LBM)は体重からFatを差し引いた値である。

## 3. $\dot{V}O_2$ max

$\dot{V}O_2$  maxの測定方法は、黒田ら(1973, 1977)の方法を参考にした。すなわち、斜度5度のトレッドミル(西川鉄工NT12型)を用い、最初のスピードを160m/minで3分間走行後に連続して2分毎に20m/minを増速するスピード漸増法でexhaustionに至るまで走行させた。 $\dot{V}O_2$  maxの決定は、呼吸商1.10以上の値のうち最大値を採用した。

呼吸はダグラスバック法で採気し、フクダCR150連続呼吸気量計を用いて呼吸量を計測した。なお、サンプルバッグに採気した呼気中の $O_2$ 及び $CO_2$ の濃度をMINATO Aeromonitor AE-280を用いて分析した。心拍数は日本光電製テレメーターシステムによった。

## 4. $O_2$ debt max

$O_2$  debt maxの測定方法は黒田ら(1973, 1977), Hermansen(1969)の方法を参考にした。つまり、トレッドミルを斜度5度に固定し、測定前に予め個人の走能力を測定した後に、60~70秒前後でexhaustionに至るような270~300m/minで走行させた。exhaustionに至る走行後、直ちに座位安静にさせ、回復期40分間の呼吸をダグラスバックに採気し、超過代謝量をもって $O_2$  debt maxを決定した。なお、 $O_2$  debt maxの算定に必要な安静時代謝量は入室後30分間座位安静にさせた後に、10分間の座位安静時の呼吸量を計測し、 $\dot{V}O_2$  maxと同様の方法で $O_2$ ,  $CO_2$ を分析して求めた。

## III. 結果

### A. 高校男子自転車競技選手の身体資源の特徴

#### 1. 体格、皮脂厚及び身体組成

表1に、T群、R群、O群及びN群の体格、皮脂厚及び身体組成の平均値と標準偏差を示した。同時にT群、R群及びO群の各群間の平均値の有意差検定結果を示した。T群及びR群の両群は、日頃ほぼ同一トレーニングを実施していることもあり、今回測定した体格、皮脂厚及び身体組成のいずれの項目においても有意な差は見られなかった。また、T群とO群間にも有意な差は見られなかったが、R群とO群間では、皮脂厚の上腕部、背部、3部位和及び8部位和に有意な差が見られた。N群の体格は、厚生省報告値(1990)の17歳と比べ、身長ではほぼ同等、体重では約2.6kg下回ったが有意な差は認められず、今日の平均的な男子高校生集団と言える。

図1は、非運動群との比較のため、N群の体格、皮脂厚及び身体組成の各平均値を100として、T群及びR群のそれぞれの平均値をパーセントで示した。身長と体重では、T群及びR群のいずれも有意な差は見られなかったが、周径圏でT群が胸囲、上腕圏及び大腿圏で有意( $p < 0.01 \sim 0.001$ )に上回り、R群が胸囲及び大腿圏で有意( $p < 0.05 \sim 0.01$ )に上回っていた。周径圏の中で最も高い割合を示したのが大腿圏であり、N群に対してT群が111.2%、R群が107.1%であった。R群の部位別皮脂厚値は、N群のおよそ70~90%であったが、有意差が見られたのは8部位和( $p < 0.05$ )のみであった。N群に対して、%FatではR群が有意に低く( $p < 0.05$ )、LBM及びLBM/HtではT群( $p < 0.001$ )及びR群( $< 0.05$ )のいずれも有意に上回っていた。

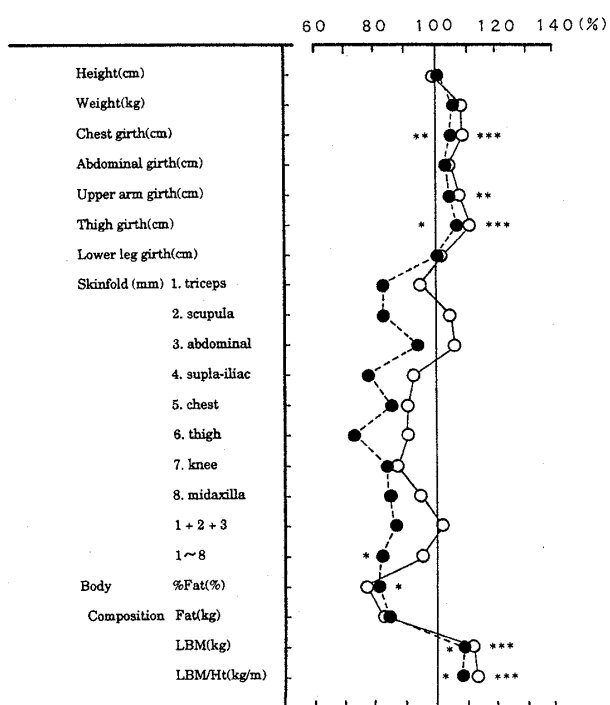
#### 2. $\dot{V}O_2$ max 及び $O_2$ debt max

表2に、T群、R群及びO群の $\dot{V}O_2$  max測定時のHR max,  $\dot{V}_E$  max並びに $\dot{V}O_2$  max及び $O_2$  debt maxを示した。同時に、各群間の有意差の検定結果をそれぞれ示した。 $\dot{V}O_2$  max,  $O_2$  debt maxともにT群がR群よりも高値であったが、両群間には有意な差は見られなかった。T群とO群間には、 $\dot{V}_E$  maxと $\dot{V}O_2$  maxの絶対値及び体重当たり値に、また、R群とO群間には、 $\dot{V}O_2$  maxの体重当たり値にそれぞれ有意な差が見られた( $p < 0.05 \sim 0.001$ )。

**Table 1** Means and standard deviations of physical characteristics in senior high school male cyclists.

	Cyclists			Significance level			Non-athletes
	Track(T)	Road(R)	Others(O)	(T. & R.)	(T. & O.)	(R. & O.)	
Number	9	7	12				30
Age(yrs.)	17.4±0.6	17.3±0.8	17.3±0.7	NS	NS	NS	17.4±0.6
Height(cm)	168.0±3.3	169.9±4.1	168.7±5.1	NS	NS	NS	169.4±4.8
Weight(kg)	63.1±4.9	61.6±3.8	63.4±7.0	NS	NS	NS	58.3±6.4
Chest girth(cm)	90.1±3.9	87.2±2.2	87.5±5.0	NS	NS	NS	82.4±3.7
Abdominal girth(cm)	73.5±3.8	72.8±2.3	84.1±5.4	NS	NS	NS	70.1±5.0
Upper arm girth(cm)	28.0±1.7	27.1±1.2	27.4±1.9	NS	NS	NS	25.9±2.0
Thigh girth(cm)	56.2±3.5	54.1±2.9	54.9±3.0	NS	NS	NS	50.5±3.4
Lower leg girth(cm)	36.6±1.9	36.0±2.0	36.5±2.1	NS	NS	NS	35.7±2.2
Skin- fold(mm)							
①triceps	9.6±3.1	8.4±2.1	10.2±7.7	NS	NS	NS	10.1±4.2
②scapula	10.0±2.9	7.9±1.0	10.5±2.8	NS	NS	*	9.6±2.6
③abdominal	12.2±5.3	10.8±2.4	15.0±4.5	NS	NS	*	11.5±5.2
④supra-iliac	12.2±5.7	10.2±2.8	14.5±5.3	NS	NS	NS	13.1±5.6
⑤chest	6.7±1.8	6.4±1.4	8.5±3.6	NS	NS	NS	7.4±3.2
⑥thigh	12.5±4.8	10.1±2.5	12.8±3.7	NS	NS	NS	13.8±5.0
⑦knee	7.1±1.5	6.9±1.3	9.0±2.7	NS	NS	NS	8.2±2.3
⑧midaxilla	7.9±2.0	7.1±1.8	9.4±3.5	NS	NS	NS	8.3±3.2
①+②+③	31.8±10.0	27.1±4.7	35.8±9.0	NS	NS	*	31.1±11.2
①~⑧	78.2±23.5	67.6±10.5	90.0±24.2	NS	NS	*	81.9±28.1
%Fat(%)	10.3±3.0	10.9±1.3	12.6±4.4	NS	NS	NS	13.4±4.8
Fat(kg)	6.6±2.3	6.7±1.0	8.1±3.3	NS	NS	NS	8.0±3.6
LBM(kg)	56.5±4.8	54.9±3.1	55.7±6.0	NS	NS	NS	50.4±4.5
LBM/Ht(kg/m)	33.7±2.8	32.3±1.6	33.0±3.2	NS	NS	NS	29.7±2.3

\* p&lt;0.05

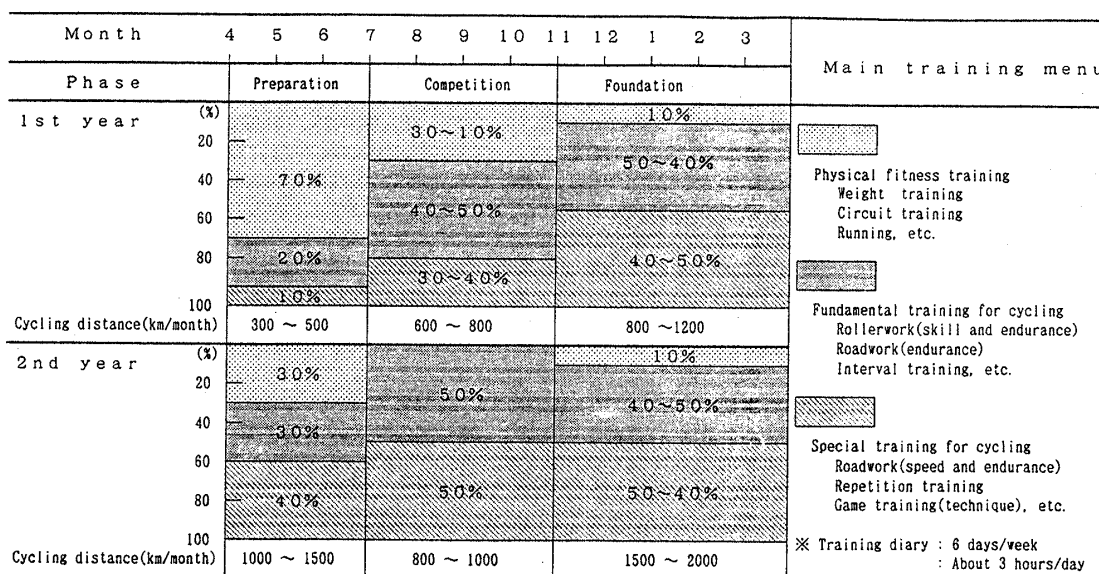
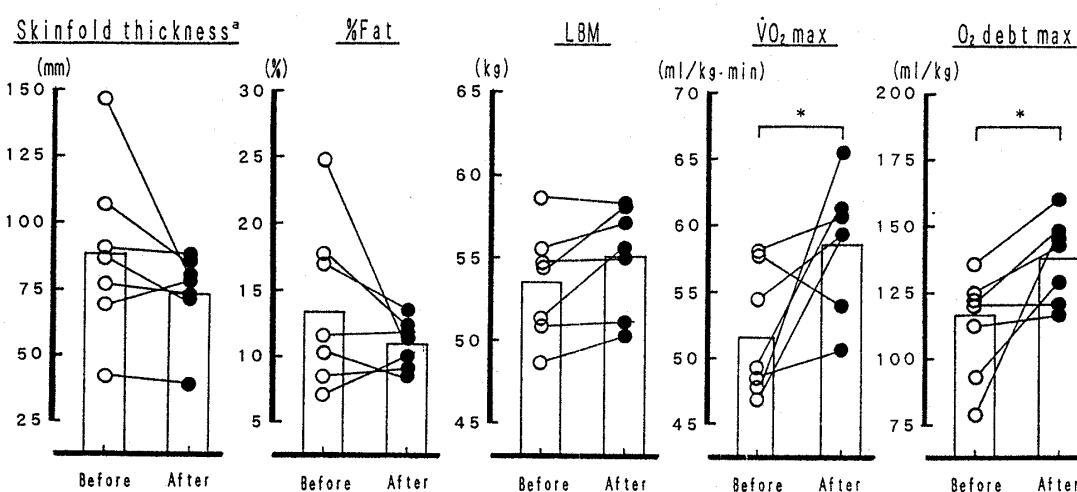


**Fig. 1** Percentage of anthropometric measurements of senior high school male cyclists compared to that of the non-athlete students (N ; 100%).  
 ○— : Track cyclists (n=9),  
 ●— : Road cyclists (n=7)  
 \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

**Table 2** Means and standard deviations of  $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max in senior high school male cyclists.

	Cyclists			Significance level		
	Track(T)	Road(R)	Others(O)	(T. & R.)	(T. & O.)	(R. & O.)
Number	9	7	12			
HR max(beats/min)	194.2±10.4	194.4±10.9	191.7±6.6	NS	NS	NS
$\dot{V}_E$ max( $l/min$ )	147.0±13.8	133.4±16.8	119.2±13.4	NS	***	NS
$\dot{V}O_2$ max( $l/min$ )	3.93±0.35	3.78±0.34	3.39±0.51	NS	*	NS
$\dot{V}O_2$ max( $ml/kg\cdot min$ )	62.5±5.8	61.4±4.0	53.3±4.5	NS	**	**
$O_2$ debt max( $l$ )	8.81±1.70	7.89±1.19	7.99±1.28	NS	NS	NS
$O_2$ debt max( $ml/kg$ )	139.1±20.9	128.4±20.6	126.2±22.5	NS	NS	NS

\* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01, \*\*\* p&lt;0.001

**Fig. 2** Yearly training outline.**Fig. 3** Skinfold thickness, %Fat, LBM,  $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max before and after one-year training.  
a: Sum of eight skinfold thicknesses (triceps, scapula, abdominal, supra-iliac, chest, thigh, knee and midaxilla)

\* p&lt;0.05

## B. トレーニングによる身体資源の変化

図2に示したトレーニング計画に基づき, 高校1年次の6月を初回として, 1年後の2年次6月に測定を行った7名について, この間のトレーニング効果を検討した. 測定項目のうちの皮脂厚8部位和, %Fat, LBM,  $\dot{V}O_2$  max と  $O_2$  debt max の体重当たり値を図3に示した. 皮脂厚8部位和は88.5mmから73.6mmへ(16.8%減), %Fatは13.9%から10.9%へ(21.5%減), LBMは53.6kgから55.1kgへ(2.9%増)と変化したがいずれも有意な差は見られなかった. この間の身長は, 1年次167.3cm, 2年次167.8cmであり, 体重はそれぞれ62.4kg, 61.9kgで, 身長で+0.5cm, 体重で-0.5kgの変動が見られた. また, Fatは, 8.8kgから6.8kgへと2kg減少していた. また, 周径囲及び皮脂厚の各部位別にも比較検討したが, いずれの部位においても有意な差は見られなかった.

$\dot{V}O_2$  max の体重当たりの相対値は51.6ml/kg $\cdot$ minから58.7ml/kg $\cdot$ minへ(13.6%増),  $O_2$  debt max の体重当たりの相対値は112.6ml/kgから138.1ml/kg(22.6%増)へと, いずれも有意 ( $p < 0.05$ ) に増加していた.

なお, 競技記録の伸びは, 7名全員の記録が把握できた1000mタイムトライアルでみると, 1年次1分22秒5から2年次1分16秒9へと有意な伸びが見られた ( $p < 0.001$ ).

## IV. 考察

### A. 高校男子自転車競技選手の身体資源の特徴

#### 1. 体格, 皮脂厚, 身体組成について

一流のスポーツマンでは, 長期にわたるトレーニングによりその種目に最適と思われる特有の体格や体型を有することは, よく知られている. 自転車競技選手は, 各種競技種目の中では身長及び体重のいずれも中程度であり, Butts (1985) や雨宮 (1990) が報告したソマトタイプの分類で見ると限りいずれも中胚葉性体型に属している.

本研究で対象としたT群及びR群選手は, 非運動群の一般高校生N群と比べ, 体重では約3~5kg上回っていたが, 身長はほぼ同じでいずれも有意な差は見られなかった. しかし, 周径囲では, T群が胸囲, 上腕囲及び大腿囲でN群に比べ, それぞれ109.3%, 108.1%, 111.2%と有意に高かった. 同様にR群でも

胸囲105.8%, 大腿囲107.1%とN群に比べて有意に高値を示した. このことは, 下肢のペダリング運動が大腿筋群の発達を促すのはもちろんのこと, スピードトレーニングや坂の上りでのスピードを維持するためのペダリング運動と供応したハンドル操作による上腕筋や大胸筋の発達を通して, 大腿囲, 上腕囲あるいは胸囲が顕著に肥大したものと推察される. 自転車競技選手としての形態的特徴として, これらの部位の周径囲の大きさを挙げるができる. 特に, 大腿部の太さについては, 競技力に比例するとの報告も見られる(青木, 1984).

皮脂厚を部位別でみると, T群及びR群は, N群とはいずれも有意な差は見られなかった. しかし8部位和では, R群がN群のおよそ82.4%と有意に少なかった. 有意な差は見られなかったが, R群はいずれの部位においてもT群を下回り, 100km余にも及ぶ距離で競い合うR群選手にとって余分な皮脂厚は, 長距離ランナーと同様マイナス要因と言える(石田ら, 1987; 綱分ら, 1991, 1992). なお腹部皮脂厚は, N群と比較するとT群106.3%, R群94.2%で測定8部位中最も高い沈着状況を示す部位であった. このことは, 自転車競技が座位姿勢でのペダリング運動が中心となるため, 長時間の腰部固定が原因と考えられる. 腹部皮脂厚の減量は, 基礎体力づくりを図る上での今後のトレーニング課題の一つと言えよう. なお, 非入賞者のO群は, 体格の面ではT群やR群とほぼ同じであったが, 皮脂厚の面ではN群と比べてみても同等かまたは腹部のように有意 ( $p < 0.05$ ) に上回る部位も見られ, 明らかにトレーニング不足がうかがえた.

身体組成は, 種々のスポーツのエネルギー系, 体力, 技術あるいは競技成績などに大きな関連があることを北川ら (1974), Wilmore (1983), 田原ら (1990), 綱分ら (1992) が指摘している. 本研究でのT群及びR群の%Fatはそれぞれ10.3%, 10.9%で, N群13.4%に比べおよそ20%低値であった. Burke (1980) は, 本研究と同様の水中体重秤量法で%Fatを求めているが, ジュニアナショナルチーム選手では10.3%と本研究とほぼ同値を, ナショナルチーム選手では8.8%と長距離選手並の%Fatを報告している. また, Burke (1980) は, 自転車競技選手の%Fatとして成人で5~9%, ジュニアで9~12%を推奨しているが, 本研究を含め我が国の報告値とほぼ同等であることから, 我が国に

においてもこれらの値が至適%Fatと推察される。

青木ら (1981) は、上腕部及び背部の皮脂厚和から長嶺の式 (1966) を用いてジュニア選手の%Fatを求め、スプリント選手で13.4%、ロード選手で12.3%と報告している。雨宮 (1990) も皮脂厚から、アジア大会参加者では10.5~10.8%と報告している。本研究での皮脂厚から求めた%Fatは、T群13.5%、R群12.0%であったが、水中体重秤量法よりも1~3%程度高く見積られており、比較検討するうえで、測定方法を考慮に入れる必要があると考えられる。

Forbes & Lewis (1956) は、LBMのうち骨格筋が48.2~54.4%を占めると報告しており、このことからLBMは筋量を反映するよい指標と言える。本研究でのLBM値は、T群56.5kg、R群54.9kgで、T群及びR群ともにN群50.4kgに比べ有意に高値であった。同じ水中体重秤量法で求めたBurke (1980) によるジュニア選手値は、およそ61.5kg (筆者算出) であるが、報告選手の身長や体重はそれぞれ178.0cm、68.8kgと本研究値をいずれも上回っている。LBM量は、身長及び体重等の体格が大きくかかわっていることは明らかである。このため、LBMを身長で除すLBM/Htで比べると、T群33.65kg/m、R群32.31kg/mに対して、Burke (1980) のジュニア選手値はおよそ34.57kg/m (筆者算出) とやや上回る程度で大きな差異は見られなかった。こうした自転車競技選手のLBMに富む身体は、選手生来の身体資源とともに日頃の厳しいトレーニングや練習を通して培われたと思われる。なお、T群とR群との間には有意な差は見られなかったが、スプリントや1000mタイムトライアル種目選手が含まれるT群では、R群以上にLBMの大小が競技成績に大きくかかわっていると推察される。

## 2. $\dot{V}O_2$ max と $O_2$ debt max について

ジュニア自転車競技選手の $\dot{V}O_2$  maxについては、表3に示したように黒田ら (1977)、Burke (1980) 及び青木ら (1981) が体重当たりで58.9ml/kg・minと報告している。本研究でのT群及びR群の選手が九州大会以上の大会での入賞者ということもあり、体重当たりの $\dot{V}O_2$  maxはそれぞれ62.5ml/kg・min及び61.4ml/kg・minと、これらの値とほぼ同等であった。このことから、本研究の被験者が、ジュニア選手として優れたAerobic work capacityを有していたと言えよう。

$\dot{V}O_2$  maxの測定方法が、黒田ら (1977) や青木ら (1981) はトレッドミル上のサイクリング、Burke (1980) が自転車エルゴメータこぎであり、本研究ではトレッドミル上でのランニングと、それぞれ異なっている。Hagberg et al. (1978) は、ナショナルクラスを含む自転車競技選手を被験者に、トレッドミル上でのランニング、自転車エルゴメータ及びトレッドミル上でのサイクリングの異なる3方法で $\dot{V}O_2$  max値を求めている。その結果自転車エルゴメータこぎ値がトレッドミル上のランニング値よりも3.7%高値で、3方法間の中でその差は最も大きかったが、各間いずれも有意な差異は見られなかったと報告している。Withers et al. (1981) もトレーニングされた自転車競技選手の $\dot{V}O_2$  maxを、自転車エルゴメータとトレッドミルの両方から求めているが、自転車エルゴメータでの値が高値を示したものの有意な差は見られなかったと報告している。これらのことから、異なった測定方法で求めた値であっても自転車競技選手においては、同等の扱いをして十分比較検討できるものと考えられる。

Table 3 Various reports of  $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max in junior male cyclists.

Study	N	Age (yrs.)	%Fat (%)	$\dot{V}O_2$ max		$O_2$ debt max		Work method	Notes
				( $l/min$ )	( $m^2/kg \cdot min$ )	( $l$ )	( $m^2/kg$ )		
Kuroda, Y. et al. ('77)	4	17.5		3.43	51.2			TC	The National Athletes Meet winners(1000mTT & scratch)
		3	16.3		3.48	56.8			
Burke, E. R. ('80)	25	17-18	10.3 <sup>a</sup>		64.8 <sup>a</sup>			E	American junior national team cyclists
Aoki, J. et al. ('81)	3	16.3	13.4 <sup>a</sup>	3.85	58.9			TC	Japan junior representative sprint cyclists
		5	17.2	12.3 <sup>a</sup>	4.30	65.1			
Present study	9	17.3	10.9 <sup>a</sup>	3.93	62.5	8.81	139.8	TR	Saikaigakuen S.H.S. track cyclists
Present study	7	17.4	10.3 <sup>a</sup>	3.78	61.4	7.89	128.4	TR	Saikaigakuen S.H.S. road cyclists

Work method( $\dot{V}O_2$  max and  $O_2$  debt max)=TC: treadmill cycling test, TR: treadmill running test, E: bicycle ergometer test

U: underwater weighing method, S: skinfold thickness method

+ : number15

これまでのオリンピック大会出場やナショナルクラスの成人選手の体重当たりの $\dot{V}O_2$  max は, 我が国では黒田ら (1977) によりトラック選手 $53.7\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=10$ ), ロード選手 $59.4\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=6$ ), 青木ら (1982) によりトラック選手 $69.5\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=12$ ), ロード選手 $73.6\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=10$ ) などが報告されている。また, 諸外国では, スウェーデン選手で $74.0\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=6$ ; Saltin & Åstrand, 1963), ソ連選手で $69.7\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=8$ ; Pärnat et al., 1975), アメリカ選手で $74.0\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=23$ ; Burke, 1980), フランスのリンク選手 $56.2\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=3$ ) 及びロード選手 $71.1\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  ( $n=18$ ; Jousellin et al., 1984) などが見られる。

$\dot{V}O_2$  max の体重当たりの個人値は,  $82.7\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  (Burke et al., 1977),  $81.1\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  (Ekblom & Hermansen, 1968) や $80.0\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  (Saltin & Åstrand, 1963) と陸上競技長距離・マラソン選手やクロスカントリースキー選手に匹敵するような報告も見られる (Saltin & Åstrand, 1967; 黒田ら, 1977; 山路, 1985, 1986)。これらのことから, 自転車競技では各種スポーツ競技種目の中でもトップレベルの Aerobic work capacity が要求されている。青木ら (1982) による国際的なレベルでの活躍を期待するためには, 体重当たりで $75\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  前後, 絶対値で $5\text{l}/\text{min}$  以上は必要とする報告も見られる。ちなみに本研究での個人の最大値は $75.6\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  であり, 1988年の国体少年4000m個人追抜で優勝した Y.O は,  $65.3\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  であった。また, O群の体重当たり値がT群及びR群の体重当たり値に比べ有意に劣っており, このことから, 競技成績に $\dot{V}O_2$  max が大きく係わっていることがうかがえる。

本研究では, T群とR群のいずれも日頃のトレーニングがほぼ同一メニューで実施されているということもあり,  $\dot{V}O_2$  max に差は見られなかった。しかし, これまでの内外の諸報告を見る限り, ロード選手はトラック選手よりも体重当たり $\dot{V}O_2$  max でおよそ $4\sim 15\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$  上回っており, より Aerobic work capacity が要求されると言える。

Anaerobic work capacity の指標として用いた自転車競技選手の $O_2$  debt max の報告は, 黒田ら (1977) が報告した我が国プロ選手の $9.14\text{l}$ ,  $121.5\text{ml}/\text{kg}$  以外に見当たらない。陸上競技では, 長距離・マラソン選

手 ( $6.7\text{l}$ ,  $114.4\text{ml}/\text{min}$ ) に比べ短距離選手 ( $10.1\text{l}$ ,  $148.1\text{ml}/\text{min}$ ) の方が $O_2$  debt max は高い (黒田ら, 1973)。山崎と青木 (1977) は, 同一水準の $\dot{V}O_2$  max を有する陸上競技長距離選手の競技成績に与える要因は,  $O_2$  debt max であると報告している。中村 (1987) は, 自転車競技トラック選手及びロード選手の体重当たりの最大無酸素パワーが, 測定した16競技種目選手中の1, 2位であったと報告している。この要因として, 自転車エルゴメータ駆動による動作の類似性にも起因するとしながらも, 自転車競技での Anaerobic power の重要性を示唆している。

本研究で得られたT群の $O_2$  debt max 値は, 黒田ら (1973) が報告した陸上競技中距離選手レベル ( $9.0\text{l}$ ,  $148.3\text{ml}/\text{min}=800\text{m}$ ) に近似していた。また, 有意な差は見られなかったが, T群はR群よりも絶対値で $0.92\text{l}$ , 体重当たりで $10.7\text{ml}/\text{kg}$  上回り, 陸上競技のトラック種目と同様, つまりスプリンターが長距離選手よりも優れている傾向がうかがえた。足を使って走ると自転車をこぐのとの違いはあるものの, 短距離から長距離・ロード種目と距離の幅がある自転車競技においても陸上競技と同様に Anaerobic work capacity は重要な身体資源と言えよう。

#### B. トレーニングによる身体資源の変化

長期間の計画的なトレーニングは, 皮下脂肪の減少, %Fat の低下, LBM 量の増加あるいは有酸素的な能力などを向上させることがよく知られている。スポーツ選手を対象とした身体組成の面では, 福永 (1987) が, バレーボール実業団女子チーム選手の6カ月間の体力トレーニングで, 有意な $5\sim 10\%$ 前後の皮下脂肪の減少や筋量の増加を報告している。また, 石樽ら (1980) は, 大学女子運動部員の1年次から2年次にかけての1年間のクラブ活動で, 皮下脂肪のおよそ $20\%$ 前後の有意な減少を報告している。

本研究では, 皮脂厚値や体脂肪量の減少, あるいはLBMの増加傾向が見られるものの, 有意な差異が見られなかった。しかしながら, 1年次に比べ2年次ではFatが $2\text{kg}$ 減少して筋量の指標とも言えるLBMが $1.5\text{kg}$ も増加している。また, 周径囲の各部位は $\pm 1.6\%$ 以内でほとんど変化が見られないが, 皮脂厚各部位別で見ると最も低下が少ないのが腹部の $-6.2\%$ で, 他の部位では $-10.3\%$ から $-27.6\%$ の範囲で低下しており, 皮下脂肪量の減少傾向がうかがえる。このこと



からも、1日3時間余の緻密でハードなトレーニングを通して、競技に不利なFatを落としスピードやパワーの基になる筋肉を増大させ、およそ1年間でO群とほぼ同等の自転車競技選手に必要な形態的な特徴を着実に培ってきていると言える。なお、今回の身体組成あるいは皮脂厚の諸値に有意な変化が見られなかった原因として、女子に比べてもともと男子の体脂肪量が少ないこと、1回目の測定が高校入学後で2カ月余トレーニングを実施していたこと、また対象とした被験者全員が中学生時に陸上競技やサッカーなどの運動部に所属して、運動を継続して実践していたことにもよると考えられる。

体重当たりの $\dot{V}O_2$  max や  $O_2$  debt max は、1年間でそれぞれ13.6%、22.6%と有意な向上を示した。村瀬ら(1979)は、12・13歳から本格的に中・長距離トレーニングを開始した男子6選手(全員全国高校出場で、うち3名が全国レベルの大会に入賞)の14.1歳から17.1歳までの3年間に、体重当たりの $\dot{V}O_2$  max はおよそ15%(筆者算出)増加したと報告している。同時に、ほぼ18・19歳でピークに達したとも述べている。綱分ら(1993)は、全国インターハイで優勝・準優勝した女子バレーボール選手を対象におよそ11ヶ月間のトレーニングで約8%向上したことを報告している。本研究で見られた $\dot{V}O_2$  max の向上は、競技者を対象としたこれらの報告に匹敵するものと言えよう。また、2年次値は既にT群あるいはR群値の約95%まで到達しており、こうした能力の向上には、鍛錬期あるいは仕上げ期での月間走行距離1000km余(含Rollerwork)にも及ぶ持続的トレーニングが大きく寄与しているものと推察される。

山地と宮下(1976)は、大学男子中・長距離選手14名の3年間のトレーニング効果を検討している。その結果、競技記録の有意な向上は見られたが、 $\dot{V}O_2$  max の有意な増加は見られなかったと報告している。これらのことから、10代の後半に効果的なトレーニングを長期間実施することで、 $\dot{V}O_2$  max は20歳前後には選手生来の上限近くに達するものと推察される。Åstrand & Rodahl(1970)は、トレーニングによる $\dot{V}O_2$  max の増加は10~20%と述べている。また、山地(1986)は、「エリート選手に見られるような高い $\dot{V}O_2$  max は、トレーニングよりも先天的な才能に負うところが大きい」と報告しているように、資質に優れた選

手を早期に発掘することも、競技力向上には欠かせない重要課題であると言える。

Daniels & Oldridge(1971)は、ランナーの成績向上要因の一つとして、 $O_2$  debt の増加を挙げている。また、中村(1987)の報告に見られるように、自転車競技選手には高い無酸素能力が要求されている。本研究でも $O_2$  debt max の増加量を見る限り2年次にほぼT群値並に到達しており、また1000m タイスマトライアルの記録の向上からも優れたAnaerobic work capacity を獲得しているものと推察される。

北川ら(1974)は、 $\dot{V}O_2$  max との関連では体重よりもLBMの方が高いと報告している。本研究でも測定者全員(n=28)でみると、 $\dot{V}O_2$  max の絶対値とLBMとの相関係数は $r=0.751(p<0.001)$ で、体重との $r=0.644(p<0.001)$ よりも高く、北川らと同様の傾向であった。 $O_2$  debt max についても、LBMとは $r=0.542(p<0.01)$ 、体重とは $r=0.445(p<0.05)$ で、 $\dot{V}O_2$  max よりはそれぞれ相関係数が低いものの同様の傾向が見られた。同時に、1年間のLBMの増加量と $\dot{V}O_2$  max 及び $O_2$  debt max の絶対値と体重当たり値の増加量との関連を検討したが、例数が少ないということも考えられるがいずれも有意な関連は見られなかった。しかし、 $\dot{V}O_2$  max 及び $O_2$  debt max の体重当たり値との間には、 $r=0.845(p<0.05)$ と有意な関連が見られた。

山地(1985)は、氷の上を滑るスピードスケート、自転車を用いる自転車競技あるいは水上でボートを漕ぐボート競技などの直接体重を運ばないだけでなく、体重の大きさ(筋量)が直接推進力を生み出すパワー源になるような種目は、絶対値の $\dot{V}O_2$  maxの方がパフォーマンスとより密接な関係があることを示唆している。このことから、Aerobic work capacityやAnaerobic work capacityの獲得には、Fatの沈着を防ぎLBM量を増加させることが今後のトレーニング課題の一つと言える。

本研究で対象とした西海学園高校自転車競技選手は、基礎体力づくりやウエイトトレーニング、トラック内のスピードやパワートレーニング、あるいはロードでの距離走や坂の上り下りなどのトレーニングを、計画的でかつ長期的な展望に立って実施されていた。このことを通して、優れた成績を収めるに必要な身体資源、つまり豊かなLBM量、優れたAerobic work

capacityやAnaerobic work capacityを有したものと云える。

### V. 要約

九州大会以上の大会で入賞した長崎県内男子ジュニア自転車競技のトラック選手(T群)9名,ロード選手(R群)7名を対象に,皮脂厚,身体組成, $\dot{V}O_2$  max及び $O_2$  debt maxを測定した。また,1年間のトレーニング効果について,7人を対象に検討した。得られた結果の概要は次の通りである。

1. 皮脂厚8部位の平均値は,T群 $78.2 \pm 23.5$ mm,R群 $67.6 \pm 10.5$ mmであったが,有意な差は見られなかった。
2. 体脂肪率の平均値は,T群 $10.3 \pm 3.0\%$ ,R群 $10.9 \pm 1.3\%$ であった。除脂肪体重では,それぞれ $56.5 \pm 4.8$ kg, $54.9 \pm 3.1$ kgであった。いずれの測定項目とも,群間には有意な差は見られなかった。
3.  $\dot{V}O_2$  maxの絶対値及び体重当たりの相対値の平均値は,T群では $3.93 \pm 0.35$ ml/min, $62.5 \pm 5.8$ ml/kg $\cdot$ min,R群では $3.78 \pm 0.34$ ml/min, $61.4 \pm 4.0$ ml/kg $\cdot$ minであり,いずれも各群間には有意な差は見られなかった。
4.  $O_2$  debt maxの絶対値及び体重当たりの相対値の平均値は,T群では $8.81 \pm 1.70$ l, $139.1 \pm 20.9$ ml/kg,R群では $7.89 \pm 1.19$ l, $128.4 \pm 20.6$ ml/kgであり, $\dot{V}O_2$  maxと同様いずれも各群間には有意な差は見られなかった。
5. 7名を対象として,1年間のトレーニングによる身体機能の改善を検討したが,体重当たりの $\dot{V}O_2$  maxで13.6%,体重当たりの $O_2$  debt maxで22.6%のそれぞれ有意な向上が見られた。

以上のことより,T群及びR群の%Fat及び $\dot{V}O_2$  maxは,これまでに報告された内外のジュニア選手と同等であり, $O_2$  debt maxも高値を示し,計画的で緻密なトレーニングを通して優れた資質を有していた。

### 謝辞

本研究を進めるに当たっては,西海学園高校の小森公也監督及び選手諸君並びにN高校一般生徒の協力があった。また,共同研究者以外に長崎大学医療短期大学の諸先生及び研究生並びに長崎県立女子短期大学陸上競技班学生諸姉の測定補助があったことを付記し

感謝の意を表したい。

なお,本研究の一部は日本体力医学会第46回大会(金沢市,1990年10月)において報告した。

### 引用文献

- Åstrand, P.O. and Rodahl, k., 1970: Physical work capacity. Testbook of work physiology, McGraw-Hill, N.Y., : 279-318.
- 青木純一郎, 形本静夫, 村岡 功, 矢野成敏, 高岡郁夫, 佐藤 佑, 前嶋 孝, 清水達雄, 米田継武, 沢木啓祐, 永江 競, 福原広次, 佐藤 栄, 1981: 日・米・英・新西蘭自転車競技選手の体力およびエルゴメータによる脚パワートレーニングの効果. 昭和56年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究一第5報一 No.25自転車競技: 381-393.
- 青木純一郎, 形本静夫, 矢野成敏, 高岡郁夫, 堀田 昇, 村岡 功, 前嶋 孝, 清水達雄, 沢木啓祐, 米田継武, 永江 競, 福原広次, 佐藤 栄, 1982: 自転車競技選手の体力, 脚パワートレーニング, 団体追抜競技のペース, 水分摂取について. 昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 No.26. 自転車競技: 405-417.
- 青木純一郎, 1984: 生理学からみたペダリングーペダリングに対する生理的応答と自転車競技選手の体力特性一. J.J. Sports Sci., 3(10): 783-791.
- 雨宮輝也, 1990: わが国一流スポーツマンの種目別体型. J.J. Sports Sci., 9(11): 661-669.
- Behnke, A.R. and Wilmore, J.H., 1974: Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., : 20-52.
- Brožek, J., Grande, F., Anderson, J.T. and Keys, A., 1963: Densitometric analysis of body composition; Revision of some quantitative assumptions. Ann. N.Y. Acad. Sci., 110: 113-140.
- Burke, E.R., Cerny, F., Costill, D. and Fink, W., 1977: Characteristics of skeletal muscle in competitive cyclists, Medicine and science in sports, 9(2): 109-112.
- Burke, E.R., 1980: Physiological characteristics of competitive cyclists. The physician and sports-

- medicine, 8(7): 79-84.
- Butts, N.K., 1985: Profiles of elite athletes: Physical and physiological characteristics. The elite athletes. Butts, N.K., Gushiken, T.T. and Zarins, B., Spectrum Publication, Inc.,: 183-207.
- Daniels, J. and Oldridge, N., 1971: The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world-class middle-distance runners. *Med. Sci. Sports*, 2: 107-112.
- Ekblom, B. and Hermansen, L., 1968: Cardiac output in athletes. *J. applied physiology*, 25(5): 619-625.
- Forbes, G.B. and Lewis, A.M., 1956: Total sodium, potassium and chloride in adult man. *J. Clin. Invest.*, 35: 596-600.
- Hagberg, J.M. Ciese, M.D. and Schneider, R.B., 1978: Comparison of the three procedures for measuring  $\dot{V}O_2$  max in competitive cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 39: 47-52.
- Hermansen, L., 1969: Anaerobic energy release. *Med. Sci. Sports*, 1: 32-38.
- 福永哲夫, 1987: 筋出力からみたスポーツ選手の体力的特性. *J.J. Sports Sci.*, 6(11): 684-691.
- 生田香明, 1984: III自転車運動の科学. 現代体育・スポーツ大系第17巻 馬術, 自転車, モーターボートほか. 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺 融, 講談社: 105-121.
- 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫, 西山一行, 1987: 女子長距離ランナーにおける身体組成, 体肢組成および皮下脂肪厚の特徴. *体力科学*, 36: 18-24.
- 石樽清司, 大城順子, 柴田純子, 1980: 女子学生の皮下脂肪厚—季節的变化並びに運動クラブ活動の影響—. *体力科学*, 29: 205-212.
- Joussellin, E., Handschuh, R., Barrault, D. and Rieu, M., 1984: Maximal aerobic power of french top level competitors. *J. Sports Med.*, 24: 175-182.
- 北川 薫, 生田香明, 広田公一, 原 優子, 1974: 最大酸素摂取量の規定因子としての除脂肪体重の検討. *体力科学*, 23: 96-100.
- 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修, 1990: 平成2年度国民栄養の現状. 第一出版, 東京: 117-160.
- 黒田善雄, 伊藤静夫, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児, 1973: 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2報. 日本体育協会スポーツ科学研究報告集: 1-27.
- 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, 1977: 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. 日本体育協会スポーツ科学研究報告集: 1-20.
- 村瀬 豊, 亀井貞次, 小林寛道, 松井秀治, 1979: 発育期における持久力トレーニング効果の縦断的研究—ジュニア陸上優秀選手の Aerobic Power—. *体力科学*, 28: 271-279.
- 長嶺晋吉, 1966: 体構成に基づく肥満の評価, 民族衛生, 32(6): 234-238.
- 中村好男, 1987: アネロビックパワーからみたスポーツ選手の体力. *J.J. Sports Sci.*, 6(11): 697-702.
- Pärnat, J., Viru, A., Savi, T. and Nurmekivi, A., 1975: Indices of aerobic work capacity and cardiovascular response during exercise in athletes specializing in different events., *J. Sports Med.*, 15: 100-105.
- Saltin, B. and Åstrand, P.O., 1968: Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.*, 23: 353-358.
- Strömme, S.B., Ingjer, F. and Meen, H.D., 1977: Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J. Appl. Physiol.*, 42(6): 833-837.
- 田原靖昭, 綱分憲明, 西澤 昭, 湯川幸一, 森 俊介, 千住秀昭, 1990: 高校サッカー優秀選手(国見高校)の身体組成, 最大酸素摂取量及び最大酸素負債量. *体力科学*, 39: 198-206.
- 綱分憲明, 田原靖昭, 西山久美子, 浦田秀子, 勝野久美子, 1991: 大学女子陸上競技選手の形態, 皮下脂肪及び身体組成. 長崎県立女子短期大学研究紀要, 39: 69-79.
- 綱分憲明, 田原靖昭, 西澤 昭, 1992: 男子長距離選手の身体組成からみた競技水準,  $\dot{V}O_2$  max 及び  $O_2$  debt max. 九州スポーツ医・科学会誌, 4: 35-38.
- 綱分憲明, 田原靖昭, 湯川幸一, 千住秀明, 勝野久美子, 1993: 全国高校女子バレーボール優勝チーム選手(九州文化学園)の身体組成, 最大酸素摂取量及び最大酸素負債量. *体力科学*, 42(4): 339-439.
- Wilmore, J.H., 1983: Body composition in sport and

- exercise ; directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15 : 21-31.
- Withers, R.T, Sherman, W.M. Miller, J.M. and Costill, D.L., 1981 : Specificity of the anaerobic threshold in endurance cyclists and runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47 : 93-104.
- 山地啓司, 宮下充正, 1976 : 3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響. *体育学研究*, 21(4) : 181-189.
- 山地啓司, 1985 : 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量(総説). *体育学研究*, 30 : 183-193.
- 山地啓司, 1986 : エリートスポーツ選手の最大酸素摂取量の国際比較. *体育の科学*, 36(5) : 371-376.
- 山崎省一, 青木純一郎, 1977 : 長距離走者の競技記録と無酸素的能力. *体力科学*, 26 : 87-95.
- (1993年5月9日受付)

---

綱分憲明                      〒850 長崎市鳴滝1-4-1 長崎県立女子短期大学  
 Noriaki TSUNAWAKE        Nagasaki Prefectural Women's Junior College  
    1-4-1, Narutaki, Nagasaki 850, Japan