

競技エアロビック選手の身体的特性

—— トップアスリートの有酸素性能力と膝関節の等速性筋力について ——

A Study on Special Characteristics of Sports Aerobics Competitor

—— The Capacity of Aerobic Power and Isokinetic Strength of Knee Joint ——

菊 地 はるひ 佐々木 浩 子

Haruhi KIKUCHI Hiroko SASAKI

Abstract

Sports Aerobics is the competitive sports including the complex aerobic step combination and difficulty elements. The competition time is 1 minute and 45 ± 5 seconds. Sports Aerobics requires mainly anaerobic energy for competitive performance. But also it is very important to get the high capacity of aerobic power for performing the perfect execution. In this study, we tried to find out the characteristics for aerobic capacity and leg muscle strength in Sports Aerobics world champions (2 males and 1 female). $\dot{V}O_2$ max and isokinetic strength of knee extension and flexion were determined. The results were compared with the elite athletes of another kinds of sports. $\dot{V}O_2$ max was measured during bicycle ergo meter cycling. Maximum isokinetic strength was investigated by measuring the peak torque for 3 continuous trials at the speed of 60 deg/sec, 180deg/sec, and 300deg/sec by using a BIODEX machine. $\dot{V}O_2$ max of men were 3.64, 2.41l/min and for woman that was 2.28l/min. $\dot{V}O_2$ max /body weight of men were 53.5, 36.6ml/kg/min. That of woman athlete was 43.9ml/kg/min. The peak torque/body weight during knee extension at 60deg/sec was 2.37, 3.05Nm(men) and 2.51Nm(woman). The peak torque/body weight during knee flexion at 60 deg/sec were 1.54, 1.32Nm (men) and 1.87Nm (woman). The peak torque was decreased following the velocity increasing. Flexion/Extension Ratio at 60 deg/sec of each athlete was 65.1, 44.1, 58.1% and at 300deg/sec of each were 73.0, 67.6, 68.2%. This study is very first time of measuring of Sports Aerobics world champion. From these results, we can suggest the special characteristic of Sports Aerobics competitors. These results are significant data for coaching and training for Sports Aerobics competitors.

I はじめに

競技エアロビック (Sports Aerobics) は、一般のスポーツクラブで行われているエアロビックダンスエクササイズとは一線を画し、1982年に考案された競技スポーツである²⁾。エアロビックダンスエクササイズで用いられるステップや動作パターンを基本とし、高い運動強度を伴った複雑で多様な動きを独創的に組み合わせ、さらに体操競技や新体操で用いられるような難度技を組み込んだ一連のルーティンを連続して行う。演技時間は1分45±5秒であり、すべての動作は音楽のリズムや音楽性と一致して行われなければならない。一連の動きを通して筋力、筋持久力、柔軟性、瞬発力、巧緻性などの体力要素を十分に生かした動きの完成度を競い合う¹⁾。競技スポーツとしては歴史の浅いスポーツであるが、誕生してから20年余りの短期間に急速に発展し、世界各地で競技者が増加している。1994年からは国際体操連盟 (FIG) の一種目として位置づけられ、現在の加盟国数は44カ国に上っている。また、1996年にはワールドゲームズの公式種目となり、今後はオリンピックの正式種目となるべく期待がかかっている。

日本選手は世界選手権大会で優勝するなど、その活躍は目覚ましいものがあるが、競技エアロビックに関する研究報告は非常に少ない。特に、競技スポーツの研究のベースとなる、選手の体力に関する基礎データおよびコンディショニングに関する調査報告は未だに発表されていない。日本選手が世界レベルで活躍を続け、将来、オリンピックでメダルを獲得する為には、基礎的な身体能力や選手の身体的特性を把握し、コーチングに生かしていくことは大変重要であり、意義深いものであると考える。

そこで本研究では、競技エアロビックのトップレベルの選手の有酸素性能力および等速性筋力からみた体力特性を明らかにし、競技特性との関連を検討するとともに、今後の選手育成および選手の発掘に有用な資料を得ることを目的とした。

II 研究方法

1. 研究対象

対象は、国際体操連盟主催エアロビック世界選手権大会において、1998、2000、2002年に男子シングル部門で優勝している J.C 選手 (スペイン)、2002年のトリオ部門で優勝した I.C 選手 (スペイン)、1998、1999、2002年の女子シングル部門の優勝者である Y.I 選手 (日本) の3名とした。

2. 研究方法

各選手に対し、2003年8月、本学に於いて以下の測定を行った。

A. 有酸素能力の測定

コンビ社製エアロバイクを用い、負荷運動中の呼気ガスを20秒毎に連続して採取し、換気量を測定した後、O₂およびCO₂濃度について呼気ガス分析器 (MMC 4400tc : Sensor Medics) を用いて分析を行った。エアロバイクの負荷は10W から開始し、男子の J.C 選手と I.C 選手は18W/min の割合で、女子の Y.I 選手には12W/min の割合で負荷を漸増させた。

$\dot{V}O_2\max$ の判定基準としては、酸素摂取量の減少が認められた場合を $\dot{V}O_2\max$ とした。

B. 等速性膝伸展力・屈曲力の測定

米国 BIODEX 社製の等速性運動機器 BIODEXsystem III を用い、両脚の膝関節伸展及び屈曲筋力を測定した。筋力測定に用いた角速度は60, 180, 300deg/secの3種類を選択し、それぞれ膝関節0~90度の範囲で測定を行った。筋力測定に慣れさせるために、各角速度において、測定前に疲労が生じない程度の練習を行った後に、3回連続の試技により測定を行った。測定された項目から、①膝伸展および屈曲のピークトルク値（以下PT, 単位Nm）、②膝伸展および屈曲のピークトルク値の対体重比（以下PT/Wt値, 単位Nm/kg）、③膝の屈伸比（以下%F/E, 単位%）を検討した。

III 結 果

A. 有酸素性能力について

各選手の形態測定値および $\dot{V}O_2\max$ を (table 1) に示した。J.C選手の $\dot{V}O_2\max$ の絶対値は3.64l/min, 体重あたりの $\dot{V}O_2\max$ は53.5ml/kg/minであり、いずれもI.C選手より高い値となった。また、Y.I選手の $\dot{V}O_2\max$ の絶対値は2.28l/min, 体重あたりの $\dot{V}O_2\max$ は43.9ml/kg/minであった。また、酸素摂取量と二酸化炭素排泄量からみた換気性作業閾値 (VT) はJ.C選手が最も高い値を示した。

(table 1) Physical Characteristics and Maximal Cardiorespiratory responses

	J.C	I.C	Y.I
Sex	Male	Male	Female
Age	26	28	34
Hight(cm)	174.8	174.8	155.4
Weight(kg)	69.0	68.0	52.5
$\dot{V}O_2\max$ (ml/min)	3637	2413	2284
$\dot{V}O_2\max/wt$ (ml/kg/min)	53.5	36.6	43.9

B. 等速性膝伸展力および屈曲力について

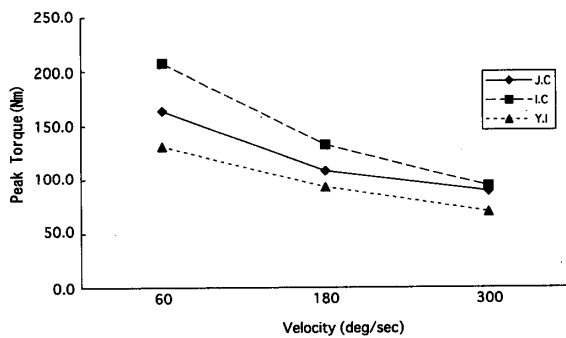
(table 2) は各角速度における, PT, PT/Wt, %F/Eを表したものである。なお, J.C選手は右膝前十字靭帯損傷により, 1999年に再建手術を行っており, Y.I選手は2002年に左腓腹筋肉離れの受傷歴があるため, 測定値の比較にはそれぞれの健側を用いた。60deg/secにおけるPT値は伸展, 屈曲それぞれ, J.C選手が163.3, 106.4Nm, I.C選

(table 2) Isokinetic Strength

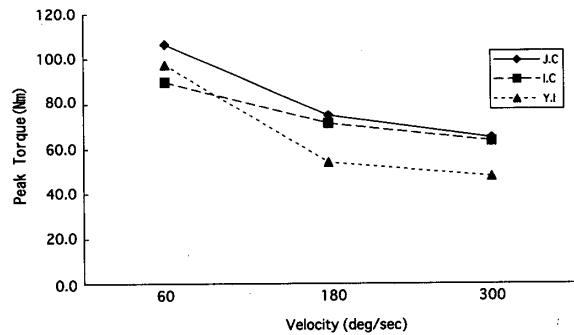
		velocity (deg/sec)	J.C	I.C	Y.I
Peak Torque (Nm)	knee extension	60	163.3	207.3	130.6
		180	108.3	132.3	93.0
		300	88.9	93.9	70.2
	Knee Flexion	60	106.4	89.7	97.3
		180	74.8	71.2	54.1
		300	64.9	63.5	47.9
Peak Torque/Wt (Nm/kg)	knee extension	60	2.37	3.05	2.51
		180	1.57	1.95	1.78
		300	1.29	1.38	1.35
	Knee Flexion	60	1.54	1.32	1.87
		180	1.08	1.05	1.04
		300	0.94	0.93	0.92
Flexion/Extension (%)	60	65.1	43.2	51.5	
	180	69.1	53.8	58.1	
	300	73.0	67.6	68.2	

手は207.3, 89.7Nm, Y.I選手は130.6, 67.3Nmであり, 膝伸展ではI.C選手が, 膝屈曲ではJ.C選手が最高値を示した (fig. 1) (fig. 2)。体重あたりのPT値は, 伸展, 屈曲それぞれJ.C選手が2.37, 1.54Nm/kg, I.C選手は3.05, 1.38Nm/kg, Y.I選手は2.51, 1.87Nm/kgであり, 膝伸展ではI.C選手が, 膝屈曲ではY.I選手が最高値を示した (fig. 3) (fig. 4)。また, 各選手のPT値およびPT/Wt値は角速度が速くなるにしたがい値が小さくなり, 屈曲よりも伸展の値の減少率の方が高かった。PT値における60deg/secに対する300deg/secの割合は, 膝伸展ではJ.C選手が最も高く54.4%, 膝屈曲ではY.I選手が71.2%と最も高い値を示した。右膝前十時靭帯損傷の既往歴のあるJ.C選手では, 60deg/secのPT値は伸展において, 右は120.3Nm, 左は166.3Nm, 屈曲では右は73.5Nm, 左が106.4Nmと左脚に対して右脚が低い値となっていたが, 角速度が速くなるに従い, 左右差は減少していた。左腓腹筋の受傷歴のあるY.I選手では, 膝伸展での左右差は認められなかったものの, 膝屈曲において60deg/secの左のPT値は右の72.2%と低い値を示した。

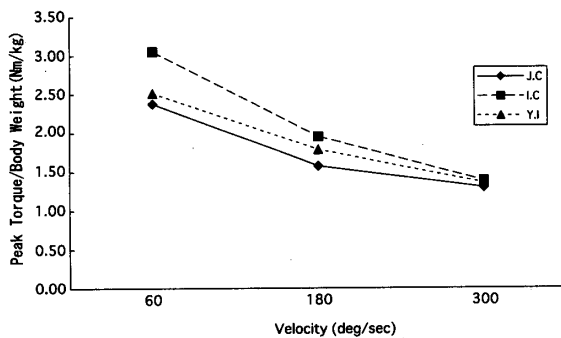
膝関節の %F/E は, 60deg/sec, 180deg/sec, 300deg/secにおいてそれぞれ, J.C選手が65.1, 69.1, 73.0%, I.C選手は43.2, 53.8, 67.6%, Y.I選手は51.5, 58.1, 68.2%であり, 各選手ともに角速度が速いほど %F/E の値は高くなっていった (fig. 5)。J.C選手では角速度が遅い時には再建術を施している右側の値が左側より低かったが, 300deg/secでは右側の値が高い結果を得た。Y.I選手は右側に対して受傷歴のある左側は60deg/secで73.0%と低い値を示した。



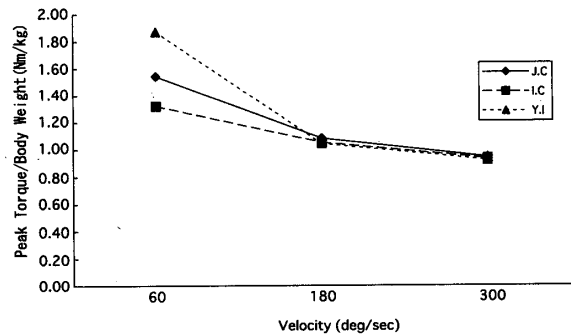
(fig.1) Peak Torque during Isokinetic Knee Extension



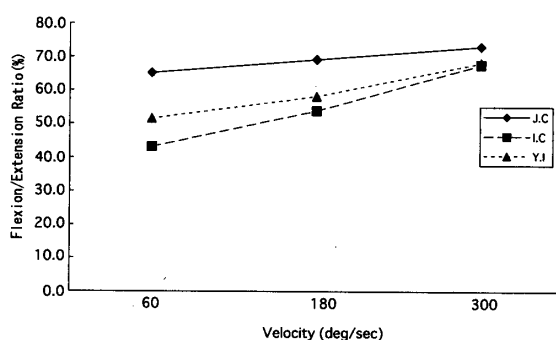
(fig.2) Peak Torque during Isokinetic Knee Flexion



(fig.3) Peak Torque / Body Weight during Isokinetic Knee Extension



(fig.4) Peak Torque / Body Weight during Isokinetic Knee Flexion



(fig.5) Flexion / Extension Ratio of Peak Torque during Isokinetic Knee Extension and Flexion

IV 考 察

競技エアロビックの演技時間は1分45±5秒であり、陸上競技で言うと800m走などの中距離種目に近いエネルギー形態を要するのではないかと考えられる。また、競技エアロビックでは、単純な動作の繰り返しを行うのではなく、エアロビックの基本ステップと上肢の動きを複雑に組み合わせたステップシーケンスをベースとしながら、大きなジャンプ動作や身体を支持するような難度エレメントを組み込むことが要求される。したがって、空中位、立位、床面という高さの異なる空間において、リズムの変化を伴った動作を行うことも特徴としてあげられる。さらに、シングル、ペア、トリオ部門では7×7m、グループ部門では10×10mのスペースを十分に活用することも評価の対象となるため、トップレベルの選手では、上下の高さの変化だけではなく、水平位での身体重心の移動距離も大きくなり、単位時間あたりの運動強度は高くなると思われる。このように、競技エアロビックでは、瞬発的に大きな力を発揮する能力と強度の高い運動を持続的に行う能力が必要であり、筋活動による高い出力パワーの発揮能力とその持続力の優劣が競技成績に影響を及ぼすことが考えられる。エネルギー獲得機構の面から考えると、主として乳酸性機構によるエネルギー供給が行われるが、非乳酸性機構と有酸素性機構からのエネルギー供給も働いており、無酸素性能力とともに高い有酸素性能力が要求されるスポーツであると言える。

有酸素性運動の能力の判断には $\dot{V}O_2\max$ の測定が利用されることが多く、各競技種目のトップアスリートに関する研究報告は多い。種々の研究結果から、マラソンをはじめとする長距離走やトライアスロン、クロスカントリーのような持久的種目の選手ほど $\dot{V}O_2\max$ は高い値を示し、トレーニングにより増加し、競技力とも正の相関があると言われている^{5) 7) 9) 11)}。例えば、エネルギー獲得機構から考えると陸上競技の中距離タイプに相当すると考えられるスピードスケートの一流選手に関し、根本らは $\dot{V}O_2\max$ の値についての諸外国の研究報告をまとめ、その平均値が男子選手で4.14~5.58l/min (体重あたり56.1~72.9ml/kg/min)、女子選手で2.71~3.38l/min (体重あたり46.1~52.0ml/kg/min)であったと報告している²¹⁾。以上の報告と比較すると、今回測定した競技エアロビック選手の体重あたりの $\dot{V}O_2\max$ は、同年齢の日本人

の平均値よりも高く¹⁴⁾、体操競技およびバスケットボールなどの球技種目、シンクロナイズド・スイミングと近い値を示していたが、陸上長距離、水泳、クロスカントリー、スケートの選手に比べると低い値となっていた^{15) 16)}。ただし、他の競技種目の報告は選手の年齢が20歳前後の場合が多く、 $\dot{V}O_2\max$ が加齢とともに減少することを考慮すると、Y.I選手に関しては、高い有酸素能力を持っているとも言えるだろう。また、 $\dot{V}O_2\max$ は測定に用いた運動様式により影響を受け、運動様式への慣れも $\dot{V}O_2\max$ に影響を与える因子となると言われているので、今回の被験者が、自転車をこぐという運動様式に不慣れであり、十分な力を発揮できなかったことも考慮する必要があると思われる。

一般に、無酸素性競技を専門としていても $\dot{V}O_2\max$ は高い方が有利であると言われており^{19) 21)}、両側面を持つと考えられる競技エアロビックにおいても、 $\dot{V}O_2\max$ の値が大きいほど、競技パフォーマンスを高めることが期待できる。今回測定した3名の選手の競技年数はJ.C選手は11年、I.C選手は5年、Y.I選手で14年であり、特にJ.C選手、Y.I選手は競技エアロビック選手としてのトレーニングを長期に渡り行ってきた熟練した選手であるので、生理学的特性は競技特性をダイレクトに反映しているものと思われる。このようなトップレベルの選手においても、陸上の長距離選手のような突出した有酸素能力を要してはいなかったことから、競技エアロビックにおいては、トレーニング効果として $\dot{V}O_2\max$ の増加があるものの、優れたパフォーマンスの発揮には、有酸素性能力だけではなく、エアロビック特有の技術的要素の影響力が大きいとも考えられる。しかしながら、2001年から導入された競技規則では、空間の利用に関しては大きな移動距離を伴う演技が評価され、技術的にも高さのあるジャンプ動作が求められるなど、採点の基準が大幅に変更された。したがって高得点を得るためには演技時間を通して明確な演技を持続する高い能力が必要となってきている。また、競技が高度化していく中で、演技内容・演技構成も変わってきており、より遂行度の高い演技を目指すのであれば、求められる技術要素を発揮していくための体力要素、特に、有酸素性能力の重要性はますます高まると考えられる。

一方、膝関節の屈曲伸展における等速性筋力については、各競技種目の選手について現在まで数多くの報告がある^{3) 4)}。山本らは種目の異なる日本の一流陸上競技選手について測定を行い、体重あたりのPT値は、膝伸展60deg/secでは、100m走の選手で 3.88 ± 0.35 、走幅跳選手で 3.33 ± 0.54 、三段跳選手では 3.35 ± 0.19 Nm/kgという結果を得ている。また、一流選手では、高速度での筋力が二流選手よりも有意に大きく、さらに、100m走の一流選手では膝屈曲筋力、走幅跳では膝伸展筋力が優れた値を示し、それぞれの種目による筋力発揮の特性が認められたと報告している¹⁷⁾。尾縣らも同様に、日本の陸上競技短距離トップ選手の膝伸展力を測定し、角速度60, 180, 300deg/secではそれぞれ、 234.9 ± 40.4 、 174.1 ± 25.9 、 140.5 ± 22.6 Nmという結果を得ている。女子選手に関しては、膝伸展60deg/secでのPT値は、走幅跳選手で180.4Nm、走高跳選手では173.0Nm、体重あたりのPT値はそれぞれ 3.07 Nm/kg、 3.13 Nm/kgという報告がある²⁰⁾。また、陸上競技やクロスカントリースキーのように記録を競う競技では、競技成績

と膝関節屈曲伸展の等速性筋力には相関があると報告されており、一流選手と二流の選手とでは筋出力に差が現れると言われている。今回測定した競技エアロビックの選手の値は陸上の走・跳躍種目の選手に比べ、男女ともに低い値であった。

%F/Eについては、一般には60deg/secにおいて約60%であるとバランスが良く、それ以下であると障害の発生率も高くなると言われているが、高速度において疾走を伴う種目の選手の方が伴わない種目の選手よりも高い傾向があることも知られている¹⁸⁾。今回測定したJ.C選手は3名の中では%F/E値が高かったものの、いずれの角速度においても各選手は、陸上競技選手に比べて低い値となっており、特に高速度においては顕著であった。

競技エアロビックの技術特性としては上下のリバウンド動作を持続的に行うことがあげられる。さらに、演技の中には難度エレメントとして必ずジャンプ系の動作を組み込まなければならない。特に、フローアエレメントの実施数とプッシュアップポジションでの着地数の制限が競技規則に加えられてからは、各選手ともにジャンプ&リープ系の難度エレメントを選択する割合が増加してきており、大きな跳躍力と素早い切り返しが、順位を決定づける要因にもなり得る。競技エアロビックでは複雑なステップの組み合わせで演技が構成されるため、陸上競技のように筋出力が直接に競技記録につながるものとは区別して考えなければならないのであろうが、筋出力の大きさは、スピード、パワーを生み出すものであり、エアロビックの技術レベルの向上には欠かせない体力要素であると思われる。

V ま と め

競技エアロビック選手の形態特性、身体的特性に関するデータは少なく、歴代の上位の選手の情報は国内外を通して皆無に等しい。今回、本学において競技エアロビックの世界チャンピオン達の有酸素性能力および膝屈曲伸展の等速性筋力の測定を行ったことは、特筆すべきことであり、非常に意義のある基礎資料を得ることができた。競技エアロビックは競技規則の変遷とともに発展しており、今後はさらに体力レベルの高い選手が上位で活躍すると予想される。世界レベルで活躍できる競技エアロビック選手の育成のためには、今回の研究をベースにし、今後もデータを累積し、形態特性、身体的特性をより明確にしていく必要があると思われる。

(付記)

本研究は、平成15年度北海道浅井学園大学特別研究費（共同研究費）の交付を受けて実施された研究の報告であることを付記する。

謝 辞

今回の研究に際し、世界のトップで活躍している3選手には、貴重な時間を提供していただき、多大なるご協力をいただきました。心から感謝を申し上げます。

参考・引用文献

- 1) Sports Aerobics "Code of Points 2001-2004" : Federation International of Gymnastic, 2001
- 2) 「エアロビックC級教師教本」 : 日本エアロビック連盟, 1996
- 3) 秋間広, 久野譜也, 渡辺登, 中嶋英彦, 板井悠二, 勝田茂 : 中強度 ($60\% \dot{V}O_2\max$) の持久性トレーニングにともなうヒトの大腿部における筋の形態的特性および脚筋力の変化, 体力科学44, pp365-374, 1995
- 4) Christer Johansson, Ronny Lorentzon, Axel R Fugl-meyer : Isokinetic muscular performance of the quadriceps in elite ice hockey players, The American Journal of Sports Medicine, Vol.17, No.1, pp30-34, 1989
- 5) 平井雄介, 田端泉 : 高強度の間欠的トレーニングとウエイトトレーニングが最大酸素借と最大酸素摂取量に与える影響, 体力科学45, 495-502, 1996
- 6) 日浦幹夫 : 運動量の多い人の膝屈伸のピークトルク比と腰部障害, 臨床スポーツ医学, Vol.15, No.5, pp524-530, 1998
- 7) 井上尚武, 田畑泉, 池田一徳, 大平充宣 : 鹿屋体育大学・サッカーおよびラグビー部員の最大酸素摂取量, 鹿屋体育大学学術研究紀要9, pp41-45, 1993
- 8) 久野譜也, 秋間広, 秋貞雅祥, 勝田茂, 西島尚彦, 山中邦夫, 新津守, 阿武泉 : サッカー・ワールドカップ予選前後における日本代表選手の筋エネルギー代謝, 筋断面積および脚筋力の変化- ^{31}P NMR, MRIによる検討, J.J.Sports Sci., Vol.9, No.5, pp310-314, 1990
- 9) 三浦哉, 北川薫, 石河利寛, 松井信夫 : トライアスリートの最大酸素摂取量および Ventilatory Threshold の特性, 日本運動生理学雑誌, Vol.1, No.1, pp99-106, 1994
- 10) 三浦哉, 北川薫, 寺田光世 : クロスカントリースキーヤーにおける競技 performance と脚の等速性筋出力の関係, J.J.SportsSci., Vol.15, No.2, pp135-138, 1996
- 11) 宮下充正 : 日本代表水泳選手の最大酸素摂取量の横断的比較-20年の間隔を置いて-, J.J.Sports Sci. Vol.8, No.10, pp707-710, 1989
- 12) 尾縣貢, 高本恵美, 大山下圭悟 : 下肢関節の等速性筋力と Wingate test により測定された無酸素性パワーとの関係, 体力科学49, pp523-526, 2000
- 13) 斎藤知行, 腰野富久, 竹内良平, 鈴木英一, 加藤信岳, 谷嶋二三男, 村松茂 : 脚屈伸の等速性筋力測定値と運動能力との相関と運動処方への影響-サッカー少年について-, 臨床スポーツ医学, Vol.12, No.11, pp1313-1316, 1995
- 14) 鈴木政登, 石山育朗, 塩田正俊, 町田勝彦 : 健康人の性・年齢別最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) 基準域および $\dot{V}O_2\max$ の判定指標-反復切断法による $\dot{V}O_2\max$ 基準域の設定-, 体力科学52, pp585-598, 2003
- 15) 山地啓司 : 最大酸素摂取量の科学, 杏林書院, 1992

- 16) 山村千晶, 北川薫: シンクロナイズド・スイミングの体力的研究, JJBSE vol.2, No.1, pp 2 - 9, 1998
- 17) 山本利春, 山本正嘉, 金久博昭: 陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較-100m走・走幅跳・三段跳選手を対象として-, J.J.Sports Sci.Vol.11, No.1, pp72-76, 1992
- 18) 山本利春: 測定と評価~現場に活かすコンディショニングの科学, ブックハウスHD, 2001
- 19) 山本雅庸, 伊東春樹: 有酸素運動と無酸素運動, 臨床スポーツ医学, vol.14, No.2, pp187-192, 1997
- 20) シリーズトレーニングの科学 1 「レジスタンストレーニング」, トレーニング研究会編, 朝倉書店, 1994
- 21) シリーズトレーニングの科学 2 「エンデュランストレーニング」, トレーニング研究会編, 朝倉書店, 1994