

乳酸テストによる推定タイムの縦断的变化と トレーニングへの応用

田場昭一郎(Shoichiro Taba)
田口 正公(Masahiro Taguchi)
大城 敏裕(Toshihiro Oshiro)
小島 毅(Tuyoshi Kojima)

福岡大学スポーツ科学部
福岡大学スポーツ科学部
沖縄県スポーツ振興事業団
福岡大学大学院

【要旨】

本研究は、血中乳酸濃度から算出した推定タイムのシーズン中の変化と実際のレースタイムとの関係を分析し、長距離種目における乳酸測定結果のトレーニングでの利用について検討した。被験者は日常的に競泳のトレーニングを行っている男子大学競泳選手（34名）を対象とした。その中で特に、日本選手権、学生選手権で上位入賞した長距離選手の結果とトレーニングに焦点をあて、その4年間のシーズンの推移を観察した。長距離種目に関しては、4 mmol/lの血中乳酸濃度と400m以上の距離種目との成績に高い相関があるとされているが、本研究の結果算出した4 mmol/lの推定タイムは1500mのレースタイムと近似した結果が得られ、その推定タイムはトレーニングの現場においても競技力向上のために有効に利用できることが示唆された。

◆キーワード：血中乳酸濃度 レースタイム 有酸素性能力 トレーニング

1. 緒言

近年では血中乳酸濃度分析器が小型化され、日常的なトレーニングで簡易的に血中乳酸濃度の測定が行われるようになってきた。競泳においても乳酸テストからのOBLA(Onset of blood lactate accumulation)スピードを指標としてトレーニングが実施されている^{5,7,8,9)}。このOBLAスピードにより日常の練習メニューでトレーニング強度を決定し、さらにレースタイムを予測するために乳酸値を用いて選手の能力を定量化する試みが行われている。一般的に乳酸カーブテストは、筋中の乳酸が血液中に滲出し、乳酸値や心拍数が安定するまでに時間がかかることから200mまたは400mの距離で行われている。また200mの距離で行う場合は、持久的運動の乳酸定常状態を保つことを根拠として2～3分の運動を繰り返して行われるケースも多い。持久的な運動を行う際に、体温や心拍数が安定するには2～3分の運動を繰り返す必要がある。本研究も選手の精神的な苦痛を最小限に緩和し、乳酸値を安定させるために200mの距離を繰り返して行った。

本研究は、血中乳酸濃度から算出した推定タイムのシ

ーズン変化とその推定タイムを利用したトレーニングについて、特に長距離種目で日本選手権、学生選手権で上位入賞した選手に焦点をあてその選手の4年間のシーズン推移を観察し、レースペースとの関係を検討し、練習プログラムにおけるトレーニング強度からインターバルトレーニングの有効性を知ることが目的とした。

2. 方法

1) 被験者

日常的に競泳のトレーニングを充分に行い日本学生選手権に出場するレベルの大学男子競泳選手（34名）を対象とした。（KE選手は2000年度日本学生選手権、400m優勝、1500m 3位）また被験者の身体特性は、チーム別に表1に示した。

2) 試技

年間4回の定期的乳酸測定は前回測定した4 mmol/lの血中乳酸濃度から運動強度をその測定の強度とし、その設定タイムをもとに200mを4段階の泳速で計7本（3本2本1本1本）漸増負荷で最大努力泳まで行い、その

時の血中乳酸濃度、心拍数、主観的強度を測定した。(図1)

表1 被験者の身体特性

Team 人数	身長 (cm)	体重 (kg)
Long/Im (n=11)	173.45 (5.99)	65.96 (6.17)
Middle (n=14)	172.36 (5.20)	65.89 (4.70)
Short (n=9)	176.44 (4.13)	70.47 (3.21)
All (n=34)	173.79 (5.34)	67.12 (5.19)

(SD)

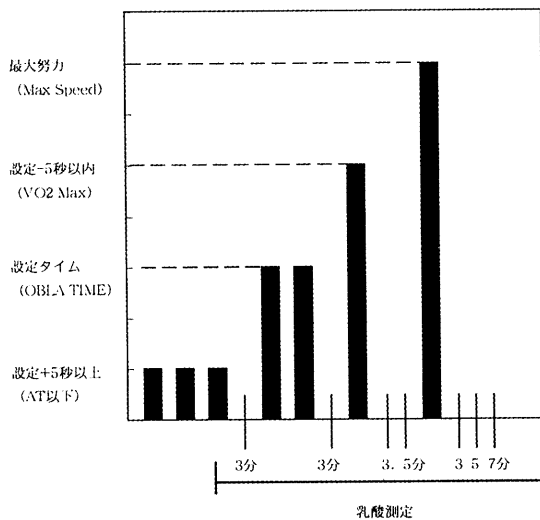


図1 実験のプロトコール

3) 測定項目

(1) 血中乳酸濃度 (BLa)

自由形での200m泳の試技終了後、1、2セット目は3分後、3セット目は3・5分後、4セット目は3・5・7分後、指先より血液を採血し、簡易乳酸測定機器 (アクスポーツ) により血中乳酸濃度の測定を行った。3・5・7分後の測定で得られた血中乳酸濃度は最も高い値をデータとして採用した。

(2) 心拍数 (HR)

泳テスト終了直後、選手自身の頸動脈触診法により10秒間測定した。

(3) 主観的運動強度

(Rating of Perceived Exertion:RPE)

Borgらのrating scaleを小野寺らが日本語訳したRPEスケールを用いて、泳テスト終了直後に選手に対して11答で求めた。

(4) 乳酸測定の時期

乳酸測定は、10月、3月、6月、8月の年間計4回定期的に行われ、その時期に行われる試合の2～3週間前にテストを行った。(なお測定の際のウォーミングアップは毎回同じメニューで行わせた。)

3. 結果および考察

(1) 年間トレーニング距離について

図2は、1999年から2001年までのLong Teamのトレーニング距離を示す。(10月のトレーニング開始をWeek 1とし、毎年秋に行われる日本学生選手権の最終Weekまでを示した。) 1999年は年間で計47週間、2181.1kmのトレーニング量(1週間の平均距離46406m)、2000年は51週

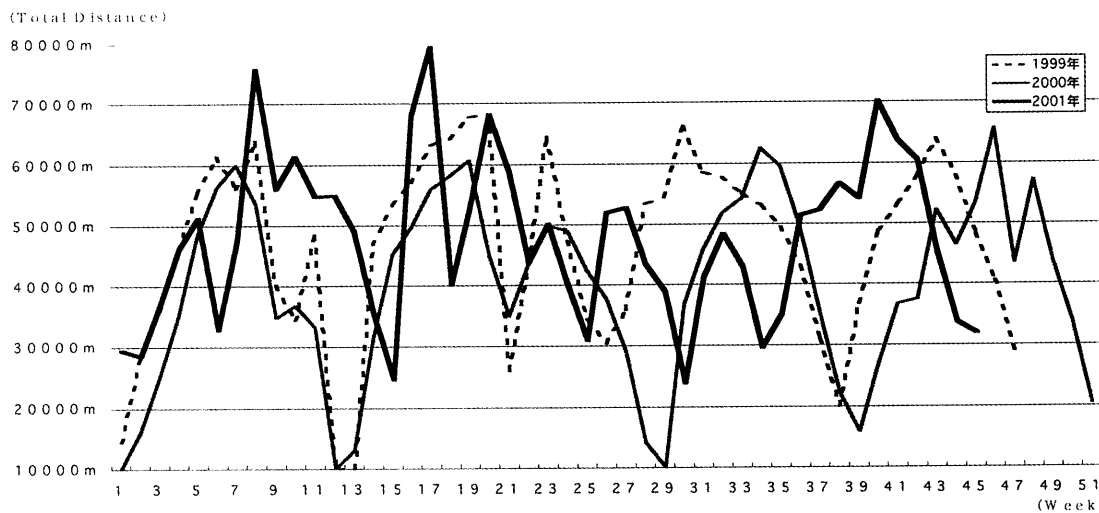


図2 Long・Im Teamの年間トレーニング距離

間で2037.31kmのトレーニング量（1週間の平均距離39947m）、2001年は45週間で2145.855kmのトレーニング量（1週間の平均距離47685m）であった。3年間における1週間のトータル距離のピークは2001年のWeek20で79500mであった。1999年から2001年までは、日本選手権及び日本短水路選手権、日本学生選手権など主要大会の競技日程が変更されたが、年間トレーニング計画には特に影響なく、3年間とも同じような流れでトレーニングを実施した。

(2)各乳酸値の推定タイムの変化について

図3は、自由形選手全員の乳酸値から算出した4mmol/lから16mmol/lまでの100m推定タイムの平均値の4年間における変化を示したものである。1998年から2001年の4年間の自由形選手全体の100m推定タイムは、4mmol/lが7.4%、8mmol/lが7.7%、12mmol/lが4.1%、16mmol/lが2.9%の向上を示した。その結果、チーム全体の持久的能力の向上が見られ、日本学生選手権のレギュラー選手（200mは1998年から2001年まで3名、400mは1998年から2000年まで3名、2001年は2名）の平均タイムも、4年間で200mが1'58"04から1'56"19まで1.5%の向上、

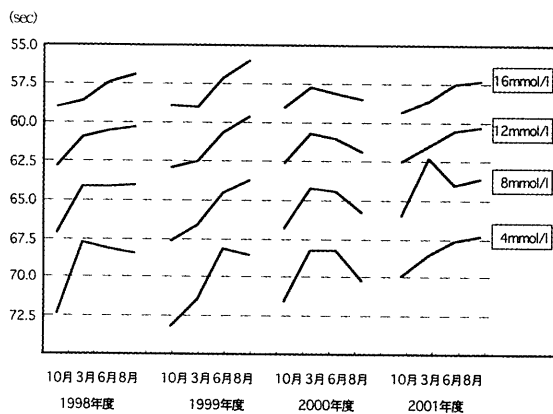


図3 4年間の各乳酸値における推定タイムの変化

表2 4年間のレギュラー選手の平均タイム

Year	200m	400m
1998年度	1'58"04	4'10"38
1999年度	1'57"45	4'06"76
2000年度	1'57"10	4'05"21
2001年度	1'56"19	4'01"57

400mが4'10"38から4'01"57まで3.6%の向上を示した。(表2)

図4は、長距離選手で特に競技力向上の顕著なKE選手の4年間の4mmol/lから16mmol/lまでの100m推定タイムの変化を示した。KE選手の4mmol/l時の100m最高推定タイムは、1998年が1'04"8、1999年が1'03"4、2000年が1'02"3、2001年が1'01"4で、4年間で5.5%の向上を示した。また競技成績も400mが4'11"2から3'57"15まで5.9%、1500mが16'37"9から15'34"6まで6.7%の記録向上であった。

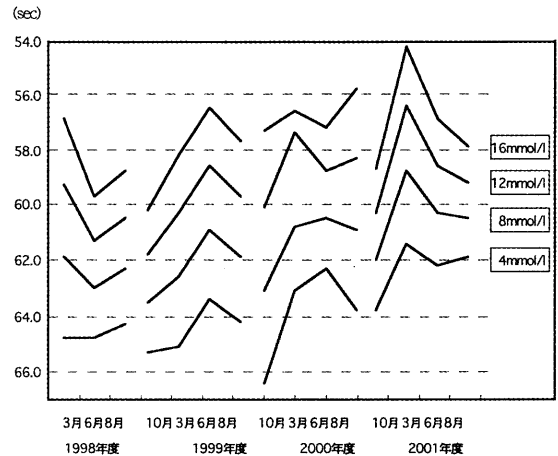


図4 KE選手の4年間の各乳酸値における推定タイムの変化

表3は、KE選手の4年間の競技成績とその時の100mの平均ラップタイム、そして本研究の血中乳酸濃度から得られた100m推定タイムを示した。この結果から4mmol/lにおける100m推定タイムは1500mレースタイムの100m平均タイムとの関連性が高く、トレーニングの現場においてもレースタイムを予測するのに有効な指標になることが示唆された。したがって1500mレースタイムを向上させるため4mmol/lの推定タイムを、トレーニングメニューに活用することは有用な方法である。

表3 KE選手の4年間の1500mベストタイムと推定タイムの推移

Year	1500m Best Time	Best Time 100m 平均Time	4mmol/l 100m 推定Time
入学時	16'37"9	1'06"5	
1998年度	16'21"0	1'05"4	1'04"3
1999年度	15'50"8	1'03"3	1'03"4
2000年度	15'37"0	1'02"4	1'02"3
2001年度	15'34"6	1'02"3	1'01"4

表4 KE選手の4年間の各乳酸値における推定タイム

	3月	6月	8月	10月	3月	6月	8月	10月	3月	6月	8月	10月	3月	6月	8月
4mmol	1'04"8	1'04"8	1'04"3	1'05"3	1'05"1	1'03"4	1'04"2	1'06"4	1'03"1	1'02"3	1'03"8	1'03"8	1'01"4	1'02"2	1'01"9
8mmol	1'01"9	1'03"0	1'02"3	1'03"5	1'02"6	1'00"9	1'01"9	1'03"1	1'00"8	1'00"5	1'00"9	1'02"0	58"8	1'00"3	1'00"5
12mmol	59"3	1'01"3	1'00"5	1'01"8	1'00"3	58"6	59"7	1'00"1	57"4	58"8	58"3	1'00"3	56"4	58"6	59"2
16mmol	56"9	59"7	58"8	1'00"2	58"2	56"5	57"7	57"3	56"6	57"2	55"8	58"7	54"3	56"9	57"9
20mmol	56"9	58"2	57"1	58"6	56"2	54"5	55"8	54"8	54"7	55"7	53"6	57"1	52"3	55"3	56"7

(3) トレーニングへの応用

長距離選手は、日常のトレーニングで他の種目に比べて長い距離のトレーニング量が要求される。我々は年間4回の乳酸測定を実施し、そこで得られた4 mmol/lの推定タイムを現場のトレーニングに活用しているが、得られた推定タイムのトレーニングへの応用とトレーニングの量と質の関係について検討した。

長距離選手のメイントレーニングは、約3000mから6000mくらいの距離をセットとして実施した。乳酸測定によって得られた4 mmol/lの推定タイムを向上させることを目標に1週間で約3~4回のメインセットのトレーニングを行った。そのトレーニングでは、常時2~4 mmol/lの推定タイムの強度以上で泳ぐメニューを作成した。

(4) 2種類のインターバルトレーニングの検討

図5-1、図5-2は、2001年度にトレーニングで実施したメイン練習メニューと練習タイムの結果を示した。

図5-1は、KE選手が100m×30本のストレートセット（以

下Sセットと省略）を1分15秒サイクルでトレーニングを行った時、100mの平均タイムを1'02"1で泳いだ時のグラフを示した。2001年の推定タイムは、2 mmol/lが1'04"1で、4 mmol/lが1'01"4であった。このSセットトレーニングでは常に2 mmol/l以上の強度で泳いでおり、乳酸測定で得られた2~4 mmol/lの推定タイム向上のためのトレーニングに有効的であることが伺われた。

図5-2は、KE選手が(100、200、300m)×5セットのバリエーションセット（以下Vセットと省略）のトレーニングを100mを1分25秒、200mを2分20秒、300mを3分15秒のサイクルで行い、セット毎のディセンディングを指示した時の、100m平均タイムのグラフを示した。この時の平均タイムは1'02"5であった。このVセットトレーニングの場合も2 mmol/l以上の強度で泳いでおり、乳酸測定で得られた2~4 mmol/lの推定タイム向上に有効なトレーニングであったことが推察された。

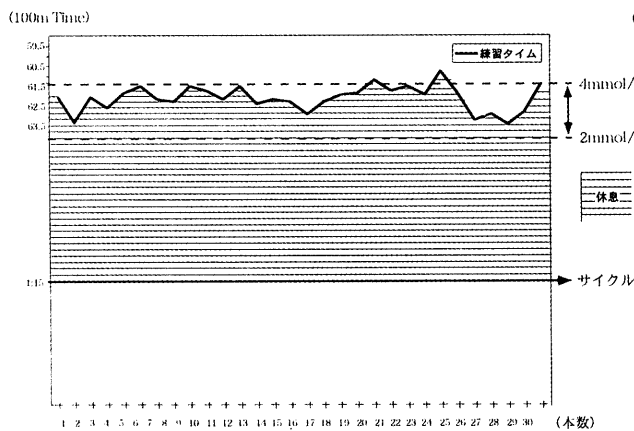


図5-1 100m×30本のストレートセット (Sセット)

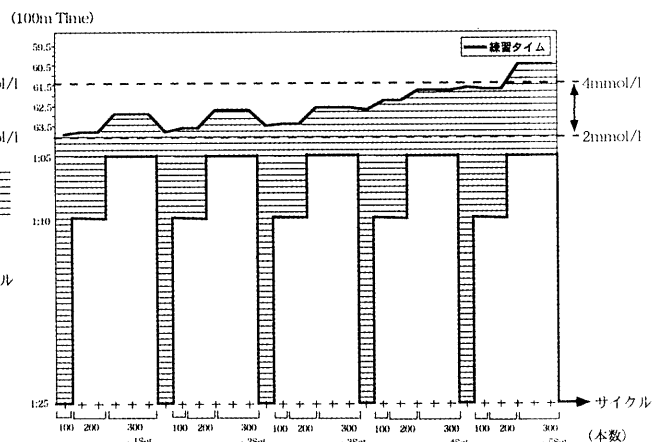


図5-2 (100、200、300m)×5セットのバリエーションセット (Vセット)

KE選手の3000mのメイントレーニングにおけるトレーニングタイムの推移

(5) トレーニングの質と量と休息の関係について

表5は、SセットトレーニングとVセットトレーニングの比較を示した。トレーニング中の100mの平均タイムはSセットトレーニングが1'02"1でVセットトレーニングの1'02"5よりも速かった。しかし、このトータル距離3000mの2種類のトレーニングのサイクルを比較するとSセットトレーニングは1分15秒のサイクルで行い、所要時間に対する休息は17.3%であった。Vセットトレーニングは泳距離毎にサイクルに違いがあったものの、そのサイクルを100mに換算すると1分10秒のサイクルで泳いでいたことになり、所要時間に対する休息は10.7%であった。したがってSセットトレーニングは休息が長く、Vセットトレーニングよりも疲労回復の時間が長かったため100mの平均タイムが速く泳げたものと推測された。

またこれらのトレーニングで、有酸素能力の向上に重要な2mmol/l以上の推定タイムでの運動の割合はSセットトレーニングの82.7%よりもVセットトレーニングが89.3%と高かった。さらに4mmol/l以上の推定タイムの割合も、休息が長いSセットトレーニングよりもVセットトレーニングの方が高い傾向にあった。これらのことから2mmol/l～4mmol/lでの有酸素能力を高めるトレーニング(OBLA)はSセットトレーニングと比較してVセットトレーニングが有効と考えられた。

表5 トレーニング内容の比較

	ストレートセット (Sセット)	バリエブルセット (Vセット)
トレーニングメニュー	100m×30	(100-200-300m)×5セット
100m平均Time	1'02"1	1'02"5
サイクル	100 (1:15)	100 200 300 (1:25 2:20 3:15)
所要時間	2250秒	2100秒
	所要時間に対する割合	
運動の割合	82.7%	89.3%
休息の割合	17.3%	10.7%
2mmol/l以上の割合	82.7%	89.3%
2~4mmol/l範囲の割合	74.6%	80.5%
4mmol/l以上の割合	8.1%	8.8%

4. 問題点と今後の課題

通常インターバルトレーニングは同じ距離とサイクルで何セットかを行い、選手のスピード持久力向上のためにはサイクルを長くして泳速度を上げるように指示し、有酸素性能力向上のためには競技力が向上するのに伴いサイクルを短縮する。しかし、その有酸素性能力があるレベルにまで達するとサイクルの設定が困難になる。例えば、100mを1分20秒サイクルから1分15秒サイクルで泳げるようになるまでと、1分10秒サイクルで泳げる選手が1分5秒のサイクルで泳げるようになるためには、同じ5秒のサイクルの短縮でも能力の向上の意味は全く異なってくる。したがって100mでのインターバルトレーニングは、ある程度高いレベルにまで達するとサイクルの短縮は困難になる。そこでサイクルは同一のまま泳速度の向上を目指した場合は、おそらくトレーニング中の乳酸値が4mmol/lを越えてしまい運動強度が変わってくる事が予想される。マグリスコによると、頻繁に4mmol/l(エアロビクトレーニング)以上のトレーニングを行うとMadsen & Olbrecht (1983) Hollmann(1981) Heck(1985)やMikesell & Dudley(1984)らの報告にもあるように持久力が低下すると述べている。つまり100mでのインターバルトレーニングを行う際、より高いスピードで泳ぐことは、血中乳酸濃度も高くなり、有酸素性能力向上のためのトレーニング強度を越えてしまうことになり、持久力が低下する可能性が考えられる。さらに、50mや100mのインターバルトレーニングについて、大庭らは²⁾、50m×6本3セットのインターバルテストを1分30秒サイクルで実施して、短距離選手(スプリンター)や特種目(ストローカー)のインターバルトレーニング法と競技記録について高い正の相関が認められ、競技記録を予測することが可能であると報告している。このように100mを専門種目とする短距離選手(スプリンター)や特種目(ストローカー)に対してスピード持久力の向上と競技記録の予測のためには50mや100mのインターバルトレーニングが有効であると推察される。またこの50mや100mを繰り返して行うインターバルトレーニングは、無酸素性能力により近いトレーニングであるため、アデノシン三リン酸(ATP)の動員率も多く、そのATPを再合成し筋の回復を行うための休息も必要となる。このためスピード持久力向上のトレーニングとしては望ましいと考えられる。しかし400mや1500mを専門とする長距離選手を対象に有酸素性能力の向上を目的としてインターバルトレーニン

グを行う場合は、2～4 mmol/lの推定タイムの向上がある程度高いレベルにまで達すると、50mや100mで10秒未満のサイクル、100mで1分6秒や7秒のサイクルでインターバルトレーニングを行うのは困難であろう。このため50mや100mで泳ぐタイムを上げるのではなく、有酸素性能力の向上に伴って200m以上の距離でのショートサイクルのインターバルトレーニングを導入し、バリエーションインターバルトレーニングを実施する事も重要であろう。さらにトレーニングの後半に運動強度を上げ、運動の持続性や泳ぎながらの体力の回復など質と量と休息の関係を十分考慮し3000～6000mのセットトレーニングを考案することが重要であろう。

本研究では、長距離種目で特に日本選手権、学生選手権で上位入賞した選手に焦点をあて考察した。乳酸測定で長距離選手は精神的な苦痛を感じることなく実験を行うことができたが、短距離選手（スプリンター）は、200mの距離のセッティングではストレスを感じるようであった。また最近の乳酸テストはT-30やT-2000mなどのフィールドテストが行われている。このフィールドテストに関する先行研究で松波らは¹⁰⁾、T-10やT-600mなど比較的短い時間で行うテストでも持続的なトレーニング強度を設定することができる可能性があるとして報告している。さらにトレーニング指標としてのOBLAスピードについて松波らは⁶⁾、自由形以外の種目の有酸素性能力の指標となるOBLAスピードのテストを50m×8本×3セットで実施し、クロールだけでなく平泳ぎにおいてもOBLA強度のトレーニングの指標として利用できることを示唆している。したがって今後の課題は、短距離選手（スプリンター）やバタフライでも距離に対するストレスを感じることなく行える比較的短い距離で血中乳酸濃度を定期的に測定するプロトコルを考案し、さらにレースタイムを予測した、トレーニングタイムを決定することが可能になるテストを行う必要があるであろう。

【参考文献】

- 1) E.Wマグリスコ (訳) 野村武男、田口正公：スイミングオープンファースター、ベースボールマガジン社.(1999)
- 2) 大庭昌昭、萬久博敏、下山好充、椿本昇三、野村武男：競泳のトレーニング法に関する研究 -ゴールセットと競技記録の関係について-、筑波大学運動学研究13：75-86.(1997)

- 3) 荻田太：水泳中の無酸素性エネルギー供給動態、Japanese Journal of Sciences in Swimming and Water Exercise No2：47-56.(1999)
- 4) 洲雅明、田口正公、清水富弘、望月聡、田井村明博：大学競泳選手における血中乳酸値からの記録の予測、福岡大学体育学研究22(2)：35-49.(1993)
- 5) 洲雅明、田口正公、萬久博敏、田井村明博、清水富弘：クロール泳におけるスイム・プル・キックの運動強度、体育の科学Vol,44.12月号：1017-1021.(1994)
- 6) 松波勝、田口正公、星子和夫、洲雅明、青柳美由季：競泳におけるトレーニング指標としてのOBLAスピード、福岡大学体育学研究 26(1)：27-39.(1995)
- 7) 松波勝、田口正公、青柳美由季：大学競泳選手における定期的な乳酸テストから見た有酸素性能力の変化、九州体育学研究 10：23-30.(1996)
- 8) 松波勝、田口正公：競泳選手のトレーニングと血中乳酸濃度、体育の科学 Vol,46.7月号：557-561.(1996)
- 9) 松波勝、田井村明博、洲雅明、田口正公：競泳における持続的トレーニング強度の設定に有効なフィールドテストの検討、デサントスポーツ科学 Vol,21：221-229.(1999)
- 10) 吉村豊、高橋雄介：スイミング、池田書店.(1996)
- 11) 若吉浩二：水泳インターバルトレーニングの泳距離、泳速度、休息時間の関係からみた生理的応答とそのトレーニング処方への応用、Japanese Journal of Sciences in Swimming and Water Exercise No3：5-11.(2000)