SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

主観的運動強度を用いて週2回以上6週間のロードバイクトレーニングが呼吸循環機能および生化学的血液性状に及ぼす効果

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学学術院教育学領域 公開日: 2018-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 杉山, 康司, 富田, 寿人, 星川, 秀利, 山本, 竜隆, 形本, 静夫 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025366

主観的運動強度を用いて週２回以上６週間のロードバイクトレーニングが呼吸循環機能および生化学的血液性状に及ぼす効果

The Effects of a 6-week Road Bike Training by Perceived Exertion on Balance, Cardiorespiratory Fitness, and Blood Parameters

杉山康司[1)]・富田寿人[2)]・星川秀利[3)]・山本竜隆[4)]・形本静夫[5)]
Koji SUGIYAMA [1)]・Hisato TOMITA [2)]・Hidetoshi HOSHIKAWA [3)]・
Tatsutaka YAMAMOTO [4)]・Shizuo KATAMOTO [5)]

（平成 29 年 10 月２日受理）

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effects of 6-week road bike training in between 8 and 15 Borg scale on balance cardiorespiratory fitness and blood parameters. The subjects who participated in this study spontaneously were 24 healthy adults male（40.9±8.5yr,172.8±6.2cm,70.5±9.9kg）. They were divided into three groups based on Borg scale, ie. Lighter training group（8 to 10, LG）, Medium training group（10 to 13, MG）, Heavier training group（13 to 15, HG）. And this study tried to clarify the optimum training intensity, dividing into three groups by %$V0_2$max, LTG（<50%$V0_2$max）, MTG（50≦,<60$V0_2$max）, and HTG（60%$V0_2$max≦ ）. The subjects performed All-out test and Bike-riding Balance Test（BBT）pre and post training. Blood sample was taken before each experiment. They recorded their training intensity and cycling speed and distance. Training frequency was more than two times a week. As the results, intensity, cycling speed and distance during training was no significant in three group based on Borg scale. Some part of blood parameters indicated the sign of improvement. The time of BBT and All-out time significantly increased in all groups. $V0_2$max of HTG significantly increased after training. Post HR of submaximal in LTG is significantly lower than pre data. From these results, more than 60%$V0_2$max cycle training would improve cardiorespiratory fitness in 6-week training. This study concludes that road bike training based on Borg scale promote the improvement of balance and cardiorespiratory fitness.

Ⅰ緒言

近年、我国は食生活の豊かさ、医療技術の進歩、交通手段の発展など、あらゆる面において生活水準が向上している。しかし、その反面栄養の過剰摂取や運動機会の著しい減少による肥満および生活習慣病の増加、あるいは複雑で多様化する生活上のストレス増加など、多くの問

保健体育系列
[1)] 静岡大学、[2)] 静岡理工科大学、[3)] 常葉大学、[4)] 朝霧高原診療所、[5)] 順天堂大学

題に直面している。象徴的な現象としては子供の運動不足による低体力問題が挙げられ[12]、今や誰もが生活習慣病を発症する危険を持っている。したがって、生活習慣病や肥満にならないためには、栄養面に十分留意された食習慣や、適切な運動処方に基づいた運動習慣を身につけることが大切となる。日常生活において運動不足を手軽に解消できるスポーツとしてウォーキング、ジョギング、サイクリングがよく紹介されている。2011年に日共ビジネスオンラインが行った読者813人に対するアンケート[9]では「これから始めてみたいスポーツ」で「自転車」が179人（22%）で１位、「水泳」が126人で２位、ランニングが121人で３位と報告されている。また、自転車はレジャーのみならず通勤や通学において移動手段として活用されており健康づくりとしての運動に効果を上げる可能性があることから、多くの研究が進められている[4,6,7,10,14]。

自転車運動に関する研究において朴ら[2]や高石ら[13]のような自転車エルゴメータを用いた実験室内の研究から、自転車運動は脚以外にも腕や背中、腹筋などの筋肉も使う運動であり、定期的に続けることで呼吸循環系体力と筋力を増加させる効果が周知されている。このような実験室内の実験成果は、サイクリングをランニングやウォーキングなどと同じく、代表的な有酸素運動として位置づけている。しかし、街中を移動する日常生活での有酸素運動として自転車運動を取り入れる場合、最大下で行えば主観的には「楽」な強度であり、下り坂や一定の速度が維持される状況下ではペダルをこがなくても移動できるため、疲れを感じにくく、低強度の運動となり、高い強度の運動を確保するためにはスポーツジムなどでエルゴメータを用いるか、坂を上るコースをあえて選ばなければならないのが現状である。ただし、この様な現状を踏まえても、二輪で走行する技術は常に動的バランス能力を養うことができる可能性を含み、風を切る爽快感など様々な要因を勘案すれば、必ずしも強度にこだわる必要はない健康的なスポーツではないかと思われる。

最近ではサイクリングと呼吸筋筋力の改善との関連についても報告されている[5]。しかし、阿部ら[1]や玉川ら[15]のような実際にサイクリングをある一定期間行わせた研究は数少ない。諸外国においても通勤および通学などにおいての自転車活用の研究は進められているが[6,7]、我が国の交通事情から、長時間ペダルをこぎ続けられる環境は少なく、ロードバイクを用いてトレーニング者が自ら強度を設定して適切なトレーニング効果をあげることができるかは分かっていない。

そこで、本研究の目的は「軽め」、「普通」および「ややきつめ」の三段階にトレーニング強度を分け、週２回以上６週間のロードバイクトレーニングを行った場合のバランス能力、呼吸循環機能および生化学的血液性状の変化について検討することとした。また、トレーニング中の強度を心拍数で分類し、生理学的強度の分類による効果についても検討を試みた。

Ⅱ実験方法

１.被験者

被験者は静岡県内在住の30歳以上の健康的な成人男性24名であった。被験者は書面と口頭で本研究の趣旨や注意事項等の説明を受けた後、インフォームドコンセントを得た。被験者の平均年齢は40.9±8.5歳、平均身長は172.8±6.2cm、平均体重は70.5±9.9kgであった。彼らを軽強度群:「軽め」（ボルグスケール８～10程度）、普通強度群:「普通」（ボルグスケール10～13程度）、きつめ強度群：「ややきつめ」（ボルグスケール13～15程度）の三群（各８名）に分け、各測定項目においてトレーニング前後に差が得られるかどうか分析し、その後、全被験者のトレーニ

ング中の平均運動強度を基にグループを再編成し、実トレーニング強度ごとの実施効果について検討を行った。なお、主観的強度を頼りに３分した群においても、その後トレーニング強度で再編成した群においてもトレーニング前値における被験者の年齢、身長、体重、呼吸循環機能パラメータおよび血液性状パラメータに統計上の有意差は認められなかった。

２.実験のプロトコルと測定項目

実験は６週間のトレーニング前後に各比較測定項目について前後同じ条件で測定した。測定項目は１）自転車一本橋バランステスト（BBT）、２）オールアウトテストおよび３）一般的血液性状および生化学的血液項目であった。

１）自転車一本橋バランステスト（BBT）

幅５ｃｍの白いテープで全長10m、内幅30ｃｍの長方形のラインをアスファルト上に用意し、ラインの横に１mの間隔で印と距離を表す数字をつけた（図１）。測定で使用した自転車はマウンテンバイクであった。被験者にはあらかじめ、できる限りゆっくりとした速度で完走を目指すことを指示した。つまり、このテストは10mを移動しながらもゆっくりと決められたコースを正確に自転車操作する技能テストであり、自転車を安全に操作できるバランス感覚についてみるものである。被験者は数回の練習をした後、本番として３回の走行テストを行った。スタートは、スタートラインと前輪の接地点が触れないように自転車を停止させ、「よーい、はじめ」の合図で出発させた。そして前輪がゴールラインを過ぎた所で完走とし、ここまでのタイムを測定した。自転車の前輪が左右のラインに触れた時点で脱輪とし、脱輪方向およびそれまでの距離と時間を記録した。また、３回目までに成功できなかったあるいは記録に満足できなかった被験者には４回目および５回目の測定を行った。このテストはトレーニング前後のオールアウトテストを行う前に行った。

図1　自転車一本橋バランステスト（BBT）測定風景.

２）オールアウトテスト

オールアウトテストには自転車エルゴメータ（エアロバイク232C：Combi）を使用した。サドルとハンドルを被験者にとって適切な高さに調節した後、ペダルと足を固定した。最初に負荷をかける前の空漕ぎから始め、60rpmを維持したところで測定を開始し、０～３分までの負

荷を60W、３～６分までの負荷を90W、６～９分までの負荷を120Wとし、以後は１分ごとに負荷を20Wずつ漸増した。負荷が変わる30秒前に被験者に主観的強度としてボルグスケールを見せ、現在の主観的運動強度の数字を指差すよう指示した。その際、被験者に口頭で数字の確認を取り、間違いがないことを確認した。

ペダルを漕ぐ際、腰を持ち上げるのは禁止とし、ペダル回転数が60rpmを維持できなくなったところでオールアウトとした。オールアウトテスト後は十分なクーリングダウンを行った。テスト中は酸素摂取量および心拍数を連続測定した。呼吸代謝測定には自動ガス分析器（エアロモニタ AE―310S：港医科学）を用いた。また、心拍数は患者監視装置（LifeScope11：日本光電）を用い、心電図を記録後、30秒毎にＲ棘を数え、１分間値に換算した。テストはトレーニングの前後10日以内に実施した。

３）血液検査

トレーニング期間の前後１週間以内において掛川・笠南医療センターおよび富士宮市朝霧診療所で採血を行い、分析処理を血液分析センターに依頼した。被験者に前日の10時以降からの当日採血時までに水以外の飲食をしないよう指示した。採血当日は飲水も禁止し、空腹状態で採血した。検査項目は赤血球や白血球を検査する血液一般検査、血液中の酵素やコレステロールを検査する血液生化学項目を行った。血液一般検査項目では赤血球数、白血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット値、血小板数、平均赤血球容積（MCV）、平均赤血球色素量（MCH）、平均赤血球血色素濃度（MCHC）、好中球（NEUT）、リンパ球（LYMPH）、単球（MONO）、好酸球（EOSINO）、好塩基球（BASO）の13項目を検査した。また、血液生化学項目は総蛋白、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST）、アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALT）、乳酸脱水素酵素（LD）、アルカリフォスファターゼ（ALP）、アイソザイム（γ-GT）、クレアチンキナーゼ（CK）、尿素窒素（UN）、クレアチニン、血清鉄、総コレステロール、LDL-コレステロール、HDL-コレステロール、中性脂肪（TG）、遊離脂肪酸、グルコース、HbA1c、CK-MB定量、インスリン、ミオグロビン、ヒト心臓由来脂肪酸総合蛋白（H-FABP）の21項目を検査した。

３.ロードバイクによる６週間のトレーニング

自転車によるトレーニングは６週間、週２～３回、１日60分間の自転車運動を行うものであった。ただし、止むを得ず、連続60分間のトレーニングができない場合は、30分間のトレーニングを2回行うことも許可した。トレーニングに使用する自転車はクロスロードバイク（シェファード：RITEWAY）を用い、サイクルコンピュータ（CC.CD-200N：CATEYE）を装着した。被験者を、トレーニングを行う際の運動強度で予め「ややきつい」「普通」「軽い」の３群に分け、それに見合うトレーニングをするよう指示した。すなわち、「軽め」（ボルグスケール８～10程度）、「普通」（ボルグスケール10～12程度）および「ややきつめ」（ボルグスケール12～15程度）になるようにオールアウトテストの経験値を参考にトレーニングを行うことを各被験者に依頼した。トレーニング後には主観的運動強度、トレーニング時間、主観的強度、距離、最高速度および平均速度をトレーニング日誌に記録するように指示した。なお、トレーニングコースおよびトレーニングの時間は被験者自身の都合にあわせ、各自で決めることとした。

また、トレーニング中の心拍数およびケイデンス（自転車ホイール回転数）を測定するため、１週間以上被験者の自転車にロードサイクル用心拍数記憶装置（サイクルコンピュータ

cs500+：Polar）を装着した。得られたトレーニング中の運動強度としてトレーニング時における平均心拍数（HR）をオールアウトテストから求めた心拍数-酸素摂取量（$V0_2$）関係式に代入し、% $V0_2max$で示した。また、求められたケイデンスから走行距離と速度を算出した。

４.データ分析

１）トレーニング効果の比較（トレーニング強度設定）

被験者の日誌から、本研究のトレーニング条件に十分見合うかどうか確認し、主観的強度で各群８名になるように、軽強度群:「軽め」（スケール８～10程度）、普通強度群:「普通」（スケール10～12程度）およびきつめ強度群：「ややきつめ」（スケール12～15程度）の３群に分け、各グループでの前後のパラメータについて平均値を求めた。また、各被験者の日誌からトレーニング中の平均心拍数をオールアウトテストで得られたHR-$V0_2$関係式から% $V0_2max$を算出し、% $V0_2max$が50％未満の被験者を軽強度トレーニング群（LT群）、50％以上60％未満の被験者を中等度強度トレーニング群（MT群）、60％以上の被験者を高強度･トレーニング群（HT群）とし、実験群を生理学的トレーニング強度から再編成した。被験者数はLT群が６名、MT群が８名、HT群が６名であった。なお、残りの４名については十分なHR情報が得られなかったため、データから除外した。

２）統計処理

トレーニングの運動強度によって分けた各グループの平均と標準偏差を求めた。トレーニング前値において３群の体格、年齢、最大酸素摂取量に差が生じないように編成する際、各パラメータについて一要因の分散分析を行い、有意差がないことを確認した。結果ではグループごとのトレーニング前後における効果を検討するため、各項目の前後値の差は、対応のある二つの平均値の差の検定とし、Studentのｔテストを用いた。なお、有意水準は危険率５％未満（$P<0.05$）とした。

Ⅲ　結果

１.主観的強度で群分けしたトレーニングの効果

１）トレーニング強度

各グループのトレーニング記録を表１に示した。平均でみると、トレーニングの日数は軽強度群が17.6日と他の強度群よりも約３日多かったが、群間に有意差はみられなかった。また、主観的強度は群分けをした狙い通りの強度での運動が実施されていた。一日当たりのトレーニング時間、距離は58.2～62.3分、16.6～18.4㎞の範囲内であった。最高速度は38.2㎞／ｈに達しているも、平均速度はいずれの群も18㎞前後に推移していた。トレーニング中の運動強度を％$V0_2max$でみると、運動強度の平均は、軽強度群が56.5±13.8％、普通強度群が54.4±11.1％、きつめ強度群が53.6±7.6%であり、有意差は認められなかった（表１）。

２）BBT

表２に一本橋バランステストにおけるトレーニング前後の結果を示した。バランステストは6週間のトレーニングによっていずれの群も平均で1.1秒から2.5秒の範囲で有意なタイム延長が認められた（軽強度（2.5秒）、普通強度群（1.1秒）：$P<0.001$、きつめ強度群（2秒）：$P<0.01$）。

３）オールアウトテストパラメータ

オールアウトテストで得られた各パラメータを表３に示した。軽強度群の60Wにおいて酸

素摂取量に有意差が認められたが、それよりも高い強度並びに他群において有意差は認められなかった。最大酸素摂取量でみると各群とも増加の傾向を示したが有意差を得るには至らなかった。３群ともオールアウトタイムには有意差が認められた。また、軽強度群においては最大下の90Wおよび120Wにおいて換気量に有意差が認められた。

表１　トレーニング日誌から算出した軽強度、普通強度、きつめ強度のトレーニング内容

群		トレーニング日数	RPE	時間	距離	平均心拍数	最高速度	平均速度	%HRR	$\%VO_2max$
		日		分/日	km/日	拍/分	km/時	km/時	%	%
軽強度群	平均	17.6	10.5	58.2	16.6	125.3	37.9	17.2	50.8	56.5
	SD	10.5	1.5	15.5	2.6	11.7	8.6	1.7	7.0	13.8
普通強度群	平均	14.4	12.2	62.2	18.3	122.5	38.2	18.1	47.3	54.4
	SD	3.0	1.3	10.0	3.0	8.6	5.1	2.3	11.6	11.1
きつめ強度群	平均	13.5	13.2	62.3	18.4	122.4	37.2	17.6	51.4	53.6
	SD	0.8	1.1	5.3	2.7	9.4	5.8	2.6	8.9	7.6

表２　主観的強度で群分けした場合のBBTにおける10m走行時間の群間比較.
*** はP<0.001,** はP<0.01を示す.

群	走行時間（秒） 前 平均	前 SD	後 平均	後 SD	
軽強度群	10.8	3.6	13.3	2.7	***
普通強度群	11.1	2.3	12.2	2.0	***
きつめ強度群	11.0	2.5	13.0	3.1	**

表３　トレーニング群別オールアウトテストの結果. ** はP<0.01を示す.

負荷		測定項目		軽強度群 前 平均	前 SD	後 平均	後 SD	普通強度群 前 平均	前 SD	後 平均	後 SD	きつめ強度群 前 平均	前 SD	後 平均	後 SD
最大下強度	負荷60w	酸素摂取量	ml/kg･分	15.0	2.7	16.1	2.6 *	15.1	1.6	15.2	1.6	14.6	2.0	15.0	1.9
		心拍数	拍／分	109.4	15.2	104.9	7.2	98.3	11.1	99.8	5.8	104.4	9.4	103.1	10.2
		換気量	l／分	30.7	2.1	29.6	2.7	28.7	4.4	26.5	5.3	28.3	3.7	27.6	3.9
		酸素脈	ml／拍	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
		換気当量	l／ml	2.1	0.3	1.9	0.4 *	1.9	0.3	1.7	0.3	2.0	0.4	1.9	0.3
	負荷90w	酸素摂取量	ml/kg･分	20.6	2.8	20.9	3.5	19.7	1.8	19.8	2.2	19.0	2.2	19.6	2.3
		心拍数	拍／分	122.1	10.2	119.5	10.2	110.9	12.7	115.1	6.1	117.3	11.6	117.4	10.7
		換気量	l／分	40.8	4.2	39.2	3.1 *	37.2	5.8	34.4	6.5 *	37.1	4.8	36.1	4.0
		酸素脈	ml／拍	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
		換気当量	l／ml	2.0	0.3	1.9	0.4	1.9	0.3	1.8	0.4	2.0	0.4	1.9	0.3
	負荷120w	酸素摂取量	ml/kg･分	26.3	4.9	25.7	4.5	26.5	3.0	25.2	2.5	23.9	3.2	22.9	4.1
		心拍数	拍／分	136.4	14.1	134.5	12.8	132.4	15.0	131.7	8.5	134.5	12.7	132.8	11.2
		換気量	l／分	52.7	6.1	49.1	5.6 *	49.2	6.6	47.2	6.2	48.4	5.9	44.4	9.8
		酸素脈	ml／拍	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0
		換気当量	l／ml	2.1	0.4	2.0	0.4	1.9	0.4	1.9	0.3	2.1	0.4	1.9	0.3
最大値		V02max	ml/kg･分	41.7	9.0	44.0	6.8	40.9	9.7	43.1	8.0	40.6	9.9	40.1	9.8
		最大心拍数	拍／分	180.4	14.0	178.5	18.1	180.4	11.9	180.6	13.7	176.3	12.4	174.9	10.7
		最大換気量	l／分	115.5	21.9	120.1	27.7	108.4	26.7	119.0	26.3 **	118.3	23.9	108.7	22.5
		オールアウトタイム	秒	862.5	90.9	922.5	106.9 **	873.8	148.8	941.3	134.1 **	836.3	94.2	870.0	84.9 **

４）血液性状変化

軽強度群において有意差が認められたのはHDLコレステロール増加および遊離脂肪酸減少（いずれも（P<0.05））であった。また、普通強度群においては血液一般検査項目の赤血球、ヘモグロビンおよびヘマトクリット値（P<0.05/P<0.01）、ならびに血液生化学項目の尿素、クレアチニン、血清鉄、CK-MB定量およびインスリンに有意差が認められた（P<0.05）。きつめ強度群についてみると、ヘマトクリット値、MCV、MCHCに有意差（P<0.05/P<0.01）があったほか、ALT（GPT）、ALP、総コレステロール、LDLコレステロールに有意な増加（P<0.05～P<0.001）がみられた。

２. トレーニング中の% $V0_2$maxを基に再編成した各群のトレーニング効果

１）トレーニング強度

被験者を３群（LT群、MT群、HT群）に再編成した結果、各群の人数はLT群が６人、MT群が８人、HT群が６人となった。各グループの平均年齢は、LT群が40.7±8.8歳、MT群が38.8±8.2歳、HT群が43.4±11.3歳であった。週当たりの平均トレーニング日数はLT群が２日／週、MT群が2.6日／週、HT群が1.9日／週であった。平均の1日当たりのトレーニング時間はLT群が63.6±14.7分／日、MT群が58.7±10.6分、HT群が60.7±8.9分／日であった。平均走行距離（km／日）は、LT群が16.4±3.3km/日、MT群が18.5±2.7km/日およびHT群が18.8±2.4km/日であった。トレーニング中の平均心拍数はLT群が115.4±11.0拍/分、MT群が124.1±4.7拍/分およびHT群が129.7±7.1拍/分であった。また、トレーニング中の平均速度はLT群が17.0±2.6km/h、MT群が18.0±2.7km/h、HT群が18.6±1.6km/hで、いずれの項目にも群間に有意差は認められなかった。

トレーニングの強度によって再編成した20名について群別の運動強度（% $V0_2$max）を比較すると、図２に示す通り、LT群が42.8±5.7%、MT群が55.7±2.3%、HT群が65.0±6.9%であった。LT群、MT群およびHT群の各群間で有意差がみられた（P＜0.05）。

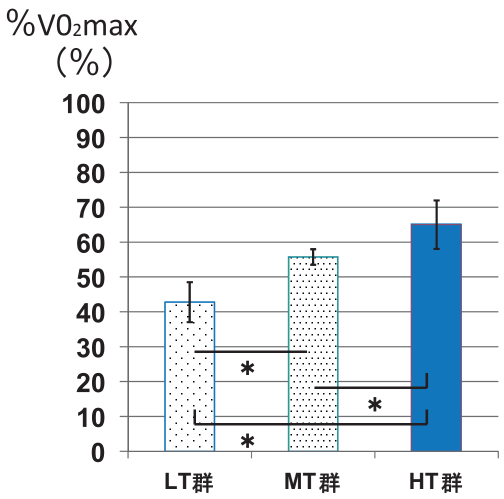

図２　%$V0_2$maxで再編成した3群（LT群（n=6）, MT群（n=8）, HT群（n=6））, のトレーニング強度比較.
＊はP<0.05を示す.

2）BBT（図３）

一本橋テストは10m完走した時の走行時間を結果としたため、前値後値のどちらか一方でも10m完走してない被験者は結果から除外した。結果、除外対象被験者はLT群で１名、MT群で１名であった。LT群の平均走行時間は、トレーニング前で9.3±2.3秒、トレーニング後では12.0±2.8秒であった。MT群は、トレーニング前で12.9±1.9秒、トレーニング後では14.9±2.5秒であった。HT群ではトレーニング前で9.2±2.0秒、トレーニング後では11.4±1.3秒で、全ての群において前値よりも後値の走行時間が有意（P＜0.05）に増加した。% $V0_2$maxでトレーニング群を分類した結果、バランス能力が高い被験者が集まることになった。

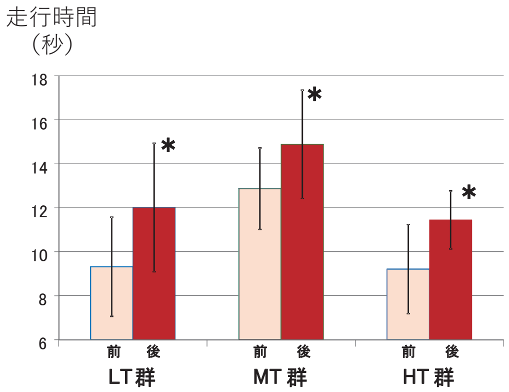

図３　トレーニング強度を%$V0_2$maxで分類した一本橋バランステストのトレーニング効果.
＊はP<0.05を示す.

3）オールアウトテストデータ

（1）最大下運動時の効果（図４）

３群の60、90および120Wの比較的低負荷における平均酸素摂取量は各群の前後値に大きな変化はなく、有意差はみられなかった。しかし、LT群の60、90および120Wにおける平均心拍数は、トレーニング前後の値に有意な差（P＜0.05）が認められた。これに対し、MTおよびHT群では両群とも前後の値に有意な差はみられなかった。

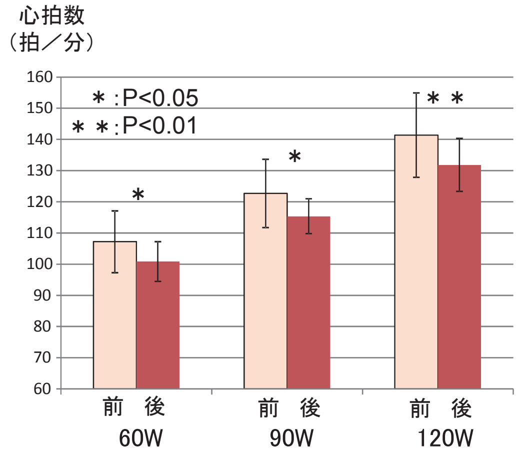

図４　最大下負荷時における心拍数の前後比較.
＊＊はP<0.01, ＊はP<0.05を示す

（2）最大運動時の効果

オールアウトテストで得られた最大値についてみると、最大心拍数（HRmax）は各群の前後の値に有意な変化はなかった。一方、パフォーマンスタイムとしてオールアウトタイムを比較してみると、LT群の運動時間が、トレーニング前の899.2±202.6秒から、トレーニング後の961.8±177.9秒に、MT群がトレーニング前の861±86.2秒から、トレーニング後の966.3±166.8秒に有意な改善を示した（図５）。また、HT群もトレーニング前が800.5±61.2秒、トレーニング後が847.7±37.6秒と、有意差が認められた（$P<0.05$）。一方、$V0_2max$はLT群およびMT群のトレーニング前後に変化がなく、HT群において2469.5±377.9（前値）から2667.0±482.0 ml/min（後値）まで有意な増加（$P<0.05$）が認められた（図６）。

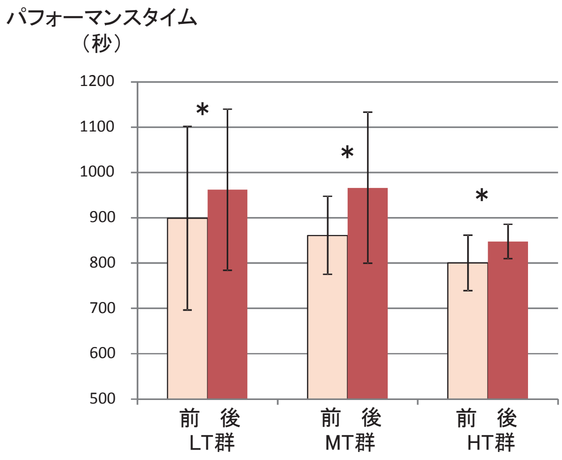

図５　オールアウトテスト時のパフォーマンスタイム．
*はP<0.05を示す

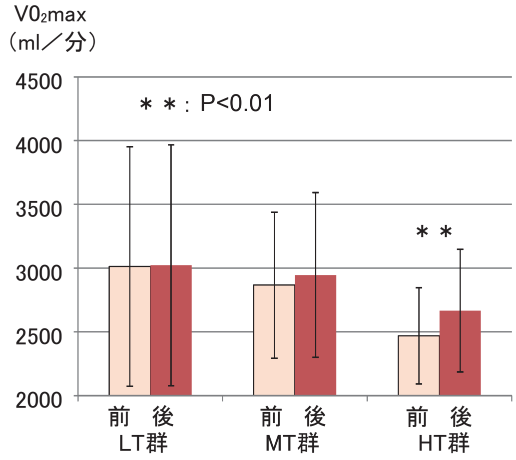

図６　トレーニングによる$V0_2max$の変化.
**はP<0.01を示す

４）血液性状変化

（1）血液一般検査（図７）

血液一般検査において13項目のうちトレーニング前後で有意差もしくは変化の傾向がみられたパラメータはヘマトクリット値およびEOSINOの2項目であった。

LT群のヘマトクリット値は、トレーニング前で45.3±1.7%、トレーニング後では46.6±1.3%で後値に増加傾向がみられた。MT群では、トレーニング前で45.9±3.0%、トレーニング後では47.2±2.3%と前後の値に有意差（$P<0.05$）がみられた。

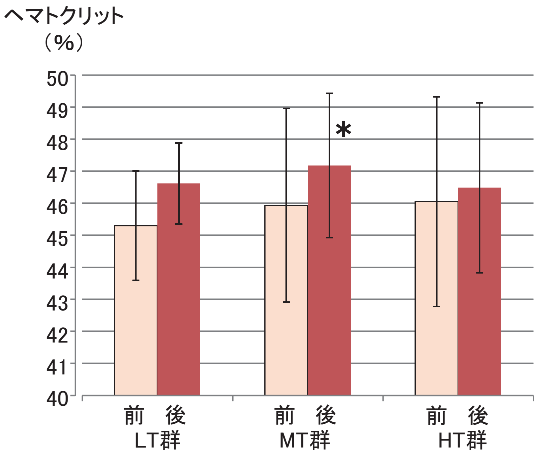

図７　ヘマトクリット値の変化.
*はP<0.05を示す

（2）血液生化学（図８）

血液生化学18項目のうちトレーニングの前後で有意差もしくは変化の傾向がみられたものはクレアチニン、総コレステロール、LDL-コレステロール、HDL-コレステロール、グルコース、CK-MB定量およびH-FABPの７項目であった。ここでは有意差の認められた結果のみ示し、総コレステロール、LDLコレステロールおよびHDLコレステロールの変化については図８に示した。

クレアチニンはHT群においてトレーニング前の0.8±0.1mg/dlからトレーニング後の0.9±0.1mg/dlへと有意な増加（P＜0.05）を示したが、LT群とMT群の両群とも前後の値に有意な差は認められなかった。

総コレステロールはMT群において有意な増加があった（トレーニング前199.4±37.2mg/dlおよびトレーニング後212.4±34.8mg/dl、P＜0.001）。LT群およびHT群には前後に有意差はみられなかった（図8-上段）。総コレステロールの結果に同調し、MT群はLDLおよびHDLコレステロールもまた、トレーニング前で117.9±30.8（LDL）および63.8±12.3mg/dl（HDL）、トレーニング後で126.5±28.8および69.4±9.1mg/dlの有意な変化（P＜0.05）がそれぞれあった。LT群とHT群には前後に有意な変化は認められなかった（図8-中段）。HDLコレステロールもまたMT群にトレーニング前後で63.8±12.3mg/dlから69.4±9.1mg/dlの有意な増加（P＜0.05）が認められた。LT群およびHT群とも前後値に有意な差はなかった（図8-下段）。

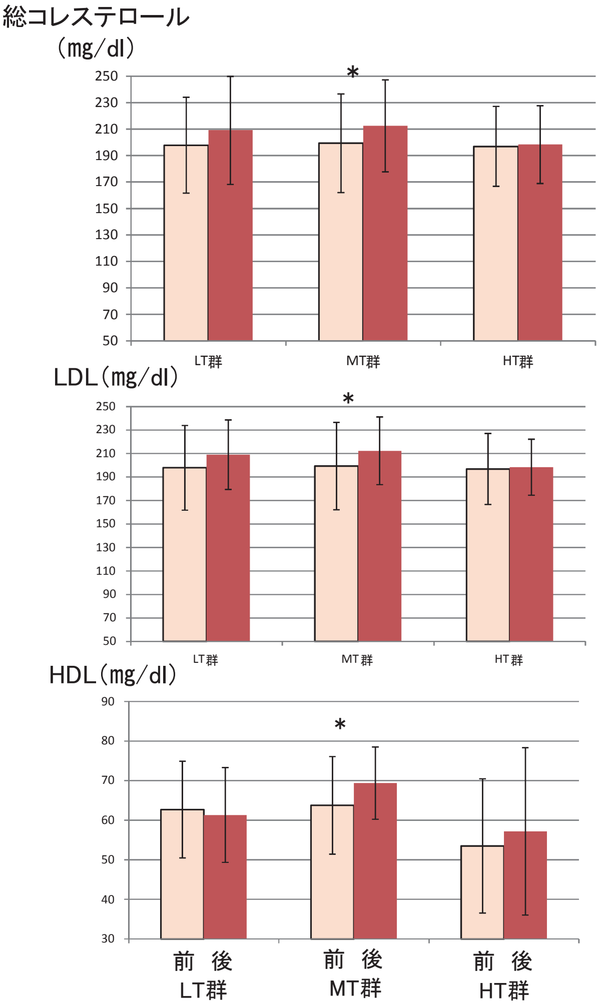

図８　コレステロール値の各群の前後比較．上段が総コレステロール、中段がLDLコレステロールおよび下段がHDLコレステロールの変化をそれぞれ示す．＊はP<0.05を示す．

グルコースはMT群にトレーニング前で84.9±6.8mg/dl、トレーニング後で90.9±7.1mg/dlの有意差（P＜0.05）がみられ、LT群およびHT群の前後値に有意差はみられなかった。また、CK-MB定量もまたMT群に有意差が認められ（トレーニング前2.4±1.7ng/ml、トレーニング後3.6±2.4ng/ml、P＜0.05）、LTおよびHT群に有意な変化は得られなかった。H-FABPは、LT群にのみ有意な変化がトレーニング前後でみられた（トレーニング前1.8±0.5ng/ml、トレーニング後2.1±0.6ng/ml、P＜0.05）。MTおよびHT群には前後で変化はなかった。

Ⅳ考察

本研究は被験者に「軽め」、「普通」、「ややきつめ」と、主観的な運動強度によって3群に分け、自転車トレーニングを行うよう依頼した。実際に行われたトレーニング時の運動強度を測定した心拍数から％ $V0_2max$ で表すと、軽め群が56.5±13.8％、普通群で54.4±11.1％、ややきつめ群で53.6±7.6％となった。本来ならば各グループの運動強度の間に差がなければならないところであるが、有意な差は認められなかった。自転車エルゴメータを用いたトレーニングであればペダルの回転数と負荷を自由に設定でき、計画通りにトレーニングを行うことができるが、路上でサイクリングを行う場合、信号や渋滞など道路事情で自転車走行や個人のサイクリングギヤ比が左右されるため、我が国においてサイクリングを行う場合、主観的強度の設定が思い通りにならなかった背景が考えられる。また、自転車をロードバイクにしたことでその操作性と走行性能の高さから、軽め群であってもサイクリングに適した快適スピードを難なく維持することができたのも差が見られなかった原因ではないかと示唆される。さらに、本研究では走行する地形について被験者に何の依頼もしていなかったこともまた実強度と主観的強度の関係を一定にできなかった要因ではないかと推察される。自転車トレーニングの主観的強度差が及ぼす影響について検討するにはトレーニングに用いる走行地形、道路事情などについても十分なコントロールが必要である。しかし、本研究ではボルグスケールの8～15までの８段階を軽強度群：「軽め」（スケール８～10程度）、普通強度群：「普通」（スケール10～13程度）およびきつめ強度群：「ややきつめ」（スケール13～15程度）の各強度群に分けた結果、いずれの主観的強度を意識して行っても50～60％ $V0_2max$ の範囲内の強度を確保できる可能性が高いことが示された。これは先行研究でトレーニング効果を報告されている強度であり、サイクリングを軽快に楽しむレベルであれば十分な運動強度確保につながることを示している。

一方、BBTの走行時間は全ての群において有意に増加した。また、身体のバランスは自転車運動の強さである運動強度よりも、自転車に乗っている時間に影響をうけると考えられ、トレーニング時間との相関関係をみたが、特に関係性はみられなかった。実際の道路で自転車に乗ってサイクリングを行うと、狭い路地を走るときや、歩行者や自動車と擦れ違うときなど、道路の状態によって、ゆっくりとバランスをとりながら走る必要がある。低速度での走行は非常にバランスを取ることが難しいため、６週間の自転車トレーニングの間に自然と身体バランスが改善されたのではないかと推察される。本研究では％ $V0_2max$ でトレーニング強度を分類した場合、MT群の被験者が特に一本橋バランステストの前値が高い。このMT群においても６週間のトレーニングで有意な改善がみられたことはサイクリングがバランス機能の増加につながることを強調している。６週間の自転車トレーニングは主観的強度での計画的なトレーニング設定は難しいものの、自転車バランス技能の向上につながることが示された。

本研究ではレーニング中の％ $V0_2max$ を基に、50％未満の被験者（LT群）、50％以上60％未満の被験者（MT群）、60％以上の被験者（HT群）に３分し、実際にロードバイクでトレーニングした生理学的強度から効果の検証を行った。群間において強度差は認められたが、年齢、身長、体脂肪率、トレーニング日数、１日あたりのトレーニング時間には、各群間に有意な差はみられなかったことから、強度を除いて各群の結果はトレーニング強度によるトレーニング効果の違いを示すと考えられる。

玉川ら[15]は６～８週間にわたり、週３日の頻度で１回30分、走行スピードは男子21km/時、女子は18km/時を目標として55％$V0_2max$ に相当する運動強度でサイクリングを行わせた。そ

の結果、自転車トレーニングを行うことで最大酸素摂取量および疲労困憊に達するまでの時間の有意な増加を報告している。また、最大下運動時の心拍数に有意な低下が認められたことを示していた。また、Møllerら[7]は8週間の通勤時に自転車を用いた場合、一日40分15km／h、平均総走行距離403.5kmの運動となり、2.6ml／kg・分の最大酸素摂取量増加と体脂肪率12.3％の減少を報告している。さらに、Maherら[6]は生徒を対象としたコホート研究において通学、レジャーでのサイクリング使用は20mシャトルランでの結果が良いと評価される可能性が自転車に乗っていない生徒よりも高いことを示した。

本研究のトレーニング頻度と時間は、６週間にわたり、LT群が週２日の頻度で１日63.6±14.7分、MT群が週2.6日の頻度で1日58.7±10.6分、HT群が週1.9日の頻度で1日60.7±8.9分であった。トレーニング中の平均速度は、LT群が17.0±2.6km/h、MT群が18.0±2.7km/h、HT群が18.6±1.6km/hであった。最大下運動時の２～３分、５～６分、８～９分の心拍数においてLT群では後値が有意（$P<0.05$）に低下し、これらの結果は玉川ら[15]の研究結果と同様であった。彼らは動静脈酸素較差の変化がトレーニングによって小さいことから、一回拍出量の増加によって心拍数が低下したのではないかと考えられる。一回拍出量は50～70％ $V0_2max$強度までは増加するといわれている[16]ことから、この時にトレーニングしているLT群に効果が現れたのかもしれない。HT群では最大酸素摂取量および運動時間が有意（$P<0.05$）に増加しており、先行研究[10,15]結果を支持した。LT群とML群では、最大酸素摂取量は有意差こそみられなかったが、両群とも前値よりも後値の値が増加する傾向を示していた。運動時間は有意差を認めなかったが、両群とも増加傾向（$0.05<P<0.1$）であった。先行研究[6]において比較的低強度（50％ $V0_2max$レベル）で最大酸素摂取量および体脂肪率の改善がみられたのは対象者の$V0_2max$が30. 7ml／kg・分と低い水準であり、体脂肪率も平均27％と高い傾向であったことが一要因としてあげられる。HT群のみが有意な増加を示したことから、本研究に参加した比較的運動習慣があり、酸素摂取量も40ml／kg・分以上ある被験者が６週間という短期間に効果を得るには高い強度の確保できる地形や道路を選定する必要性があると指摘される。アメリカ・ミネアポリスの自転車政策[11]など、諸外国で行われている自転車を用いた健康づくりと道路交通網インフラ整備の方針が合致する地域づくりが必要かもしれない。

ところで、一般的に自転車トレーニングのような有酸素運動を行うことで血液中の脂肪が消費され、LDL-コレステロールの値は減少し、HDL-コレステロールの値は増加すると考えられている。MT群ではHDL-コレステロールだけではなく、総コレステロールおよびLDL-コレステロールの値が有意に増加していた。阿部と高石[1]の研究でも３ヶ月間、週に３日以上、トレーニングの運動強度は50～60%HRRとし、１日合計で30分以上のサイクリングを行わせた結果、中性脂肪の数値は減少傾向にあったが、LDL-コレステロールは増加する傾向がみられたことを報告している。また、中性脂肪、LDL-コレステロールが基準値を超えていた被験者にとっては運動強度と運動時間の不足が脂質代謝を改善させなかった大きな原因であるとしている。HDLコレステロールに及ぼす影響は運動だけでなく食生活など他の要因も大きく影響する可能性があり、長期的な効果観察が必要と考えられる。MT群の％HRmaxは53.4±5.0％であり、彼ら[1]の示した運動強度とほぼ一致している。また、MT群とHT群では、有意差こそ認められなかったが、個人的にデータの変化をみると、MT群で８名中６名、HT群で６名中４名と、半分以上の被験者にトレーニング後のHDL-コレステロールの値に増加傾向がみられた。本研究は６週間と比較的短い期間での調査であったが、長期間の変化を追跡することで

結果は明らかな改善を示したかもしれない。

LT群ではH-FABP、MT群ではグルコース、ヘクトマリット、CK-MB定量、HT群ではクレアチニンの値にトレーニングの前後で有意（P＜0.05）な増加がみられた。これらの値が高値の場合、H-FABP、CK-MB定量では急性心筋梗塞グルコースでは糖尿病、ヘクトマリットでは多血症、クレアチニンでは腎機能の障害の可能性があるとされる。今回の自転車トレーニングによって各項目に有意な増加が認められたが、検査結果の平均値は全ての項目で基準値内であったため、本実験に参加した被験者に健康面に重大な問題はなかったと思われる。ただし、クレアチニンは高強度運動による疲労あるいは運動による何らかの筋損傷が生じた場合には増加を示すパラメータである[3, 8]。本研究ではHT群に有意な差がみられたことからロードバイクで一般道を用いてトレーニングする場合、実際にはもっと高い強度の負荷がかけられていたものと推察される。つまり、サイクリングは一般道路の交通事情によって速度が影響されるため、平均で60% $V0_2max$以上の強度を保つためにはインターバルトレーニングのようにさらに高い強度が要求されている局面が生じているのであろう。この点を考慮すれば、ロードバイクで健康づくりを目指す場合にはトレーニング効果を得るために強度をあげるのではなく走行距離、長期にわたる運動習慣として楽しむ取り組みが重要と思われる。

サイクリングは身体の健康のみならず、心地よい風を受けながら走るという爽快感によりストレス解消にも適したスポーツである。また、サイクリングはほぼすべての人が体験したことがあり、自転車さえあれば誰でも簡単に始めることができ、本研究の結果が示すとおり、主観的強度を基準にボルグスケール８～15くらいの範囲で楽しむならば、サイクリングは肥満やストレスに悩む現代人に適した健康づくり運動である。

結論

６週間のロードバイクトレーニング期間で呼吸循環系の最大能力を改善するためには、60% $V0_2max$以上のトレーニング強度が有効であることが示唆された。また、60% $V0_2max$未満のトレーニング強度でも、最大酸素摂取量や運動時間および最大下運動の心拍数に改善傾向が示され、血液パラメータにおいても改善の兆候が認められた。主観的強度を目安にロードバイクトレーニングは自転車操作に必要なバランス能力の改善と楽な強度でも呼吸循環能力の改善を促す可能性が示唆された。

要約

被験者は静岡県内に在住の30歳以上の健康的な成人男性24名（40.9±8.5歳、平均身長は172.8±6.2cm、平均体重は70.5±9.9kg）であった。彼らを「軽め」（ボルグスケール８～10程度）、「普通」（ボルグスケール10～13程度）および「ややきつめ」（ボルグスケール13～15程度）の三群（各８名）に分け、各測定項目においてトレーニング前後に差が得られるかどうか検討をした。また、トレーニング中の運動強度として% $V0_2max$を基に、50%未満の被験者をLT群、50%以上60%未満の被験者をMT群、60%以上の被験者をHT群に分け効果の得られる強度について明らかにした。被験者はトレーニング機関の前後に最大酸素摂取量測定のためのオールアウトテスト、バランス能力をみるBBTおよび血液パラメータの採取を行った。その結果、主観的強度での群わけではトレーニングの実強度、走行距離、スピードに差を見出せなかった。６週間の自転車トレーニングでは形態計測および血液性状に改善兆候は見られたが、有意な改善

をみることはできなかった。全ての群で一本橋テストの走行時間が有意に伸びた。一方、最大酸素摂取量を基準に群分けした比較では、最大下運動時における２～３分、５～６分、８～９分の心拍数はLT群においてのみ後値が有意に低下し、最大酸素摂取量、運動時間はHT群で有意な増加がみられた。総コレステロールはMT群において有意な増加があった（トレーニング前199.4±37.2mg/dlおよびトレーニング後212.4±34.8mg/dl、P＜0.001）。LT群およびHT群には前後に有意差はみられなかった。以上の結果から、６週間のトレーニング期間で呼吸循環系の最大能力を改善するためには、60% $V0_2$max以上のトレーニング強度が必要であることが示唆された。また、60% $V0_2$max未満のトレーニング強度でも最大酸素摂取量や運動時間および最大下運動の心拍数に改善傾向が示され、長期にわたるトレーニングを行えば明らかな効果が示されるものと思われた。主観的強度を目安にロードバイクトレーニングは自転車操作に必要なバランス能力の改善と楽な強度でも呼吸循環能力の改善を促す可能性が示唆された。

謝辞

本研究は財団法人日本自転車普及協会の助成を受けて実施された研究である。

参考文献

１）阿部竜士，高石鉄雄：自転車運動が糖代謝および脂質代謝の改善におよぼす効果．体力科学 57（6），887，2008

２）朴　文華、市橋則明：自転車エルゴメータによる高負荷短時間のペダリングトレーニングが下肢および体幹筋に与える影響．理学療法学 34（2）128, 2007

３）Calles-Escandon J, JJ Cunningham, P Snyder, R Jacob, G Huszar, J Loke, P Felig:Influence of exercise on urea, creatinine, and 3-methylhistidine excretion in normal human subjects. J Appl Physiol 246:E334-338, 1984

４）Geus BD, SD Smet, J Nijs, R Meeusen：Determining the intensity and energy expenditure during commuter cycling. Br J Sports Med 41:8–12, 2007

５）Holm P, A Sattler and RF Fregosi: Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. BMC Physiology 4:9, 2004,

６）Maher MS, C Voss, AA Ogunleye, D Micklewright and GRH Sandercock: Recreational Cycling and Cardiorespiratory Fitness in English Youth. Med. Sci. Sports Exerc, 44,（3）: 474–480, 2012

７）Møller NC, L Østergaard, JR Gade, JL Nielsen, LB Andersen：The effect on cardiorespiratory fitness after an 8-week period of commuter cycling-A randomized controlled study in adults. Preventive Medicine 53 :72–177, 2011

８）Neumayr,G, R Pfister, H Hoertnagl, G Mitterbauer, W Getzner, H Ulmer, H Gaenzer, M Joannidis:The Effect of Marathon Cycling on Renal Function. Int J Sports Med 24:131-137, 2003

９）日経ビジネスON LINE NBO世論調査,「これから始めてみたいスポーツ」日経ビジネスオンライン編集部, 2011　http://business.nikkeibp.co.jp/article/manage/20111011/223132/?P=2

10）Oja P, A Mänttäri, K Kukkonen-Harjula, R Laukkanen, M Pasanen, I Vuori: Physiological effects of walking and cycling to work. Scand J Med Sci Sports 1151–157, 1991

11）笹川スポーツ財団、アメリカ・ミネアポリスにおけるスポーツと自転車政策、国際情報、2011 http://www.ssf.or.jp/research/international/spioc/us/tabid/1292/Default.aspx
12）Sugiyama, K and MJ Hamlin :Relationships between physical fitness and body mass index in 11- and 12- year-old New Zealand and Japanese school children. 教科開発学論集 2013　1 195-206
13）高石鉄雄、金若美幸、小原史朗、斎藤満：自転車運動による筋力づくりの可能性．体力科学 55（6）805，2006
14）髙石 鉄雄，對馬 明，児玉 泰，西井 匠，小林培男，渡邊航平，秋間 広：自転車による運動習慣のある中高齢者の自転車走行中の運動強度および体力・健康レベル．体力科学62（4）331-341, 2013
15）玉川明朗、永富良一、馬島敏郎、山内祐一、佐藤佑：自転車走行トレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響について.自転車と健康III 、自転車による健康づくりⅢ 青木純一郎編、PP. 5－53, 1990,（財）自転車普及協会，小宮山印刷工業，東京
16）Trinity,JD, JF. Lee, MD Pahnke, KC Beck and EF Coyle: Attenuated relationship between cardiac output and oxygen uptake during high- intensity exercise. Acta Physiol 204: 362-370, 2012