

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500621  
 研究課題名（和文）末梢血流動態から見た各種病態における運動耐容能および運動療法効果の検討  
 研究課題名（英文）Evaluation of exercise therapy on peripheral hemodynamic changes and exercise tolerance in various health stages.  
 研究代表者  
 木村 穰（KIMURA YUTAKA）  
 関西医科大学・医学部・教授  
 研究者番号：60298859

研究成果の概要（和文）：漸増運動負荷時下肢インピーダンスは、運動強度の変化とともに増加するが、運動強度がある強度を超えると、運動強度の増加比率以上に変化する偏曲点（BP）が出現し、呼気ガス分析での呼吸性代償ポイント出現より約 120 秒前に出現することが確認された。この変化は末梢血流の再分布による可能性があり、健常例、高血圧、心不全例でも確認された。この変曲点（BP）出現強度は、運動トレーニングで増加した。以上の結果より、末梢インピーダンス測定による運動トレーニング強度の設定、運動効果判定が可能となった。

研究成果の概要（英文）：The BI time derivative was evaluated and the point at which this BI derivative began to increase was defined as the bending point (BP). Significant negative correlations were observed between BI and both oxygen consumption and heart rate, which indicate exercise intensity. Therefore, we conclude that changes in BI might offer quantitative indications of changes in leg blood volume. Furthermore, close correlations between BI derivative and RCP suggest that metabolic change caused by lactate buffering limitation might induce additional changes such as redistribution of blood during exercise. We found that BP increased after exercise training. It will be possible to make exercise prescription from BP point.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、応用健康科学

キーワード：運動負荷・運動代謝・インピーダンス・末梢血流

## 1. 研究開始当初の背景

血行動態は、心拍出量、血圧、心拍数に表される比較的容易に把握できる指標として、各種病態や治療効果の判定に用いられる有用な指標である。しかし、中枢での心拍出量は、実際には末梢では四肢、体幹部と様々に分配されており、末梢での血流動態は個々の病態を評価する上で非常に重要である。しかし、その末梢での血行動態はいまだ明らかではない。なぜなら、心拍出量以外の血流量の測定が困難であることが上げられる。すなわち、末梢での血流は、表在的な血流のみ評価できるレーザードップラー法や、血管内の血流を測定する超音波法など正確に測定することは可能であるが、いずれも限局された血流の評価であり、また安静時のみの評価であり、運動時の測定は非常に困難である。したがって運動時の末梢循環応答の定量的評価は、今後の各種病態や運動耐容能の評価の上で待ち望まれている評価法の一つである。

今回我々は、この運動時の末梢血流の定量的評価として、インピーダンス法による測定法を開発し、運動時の下肢血流量の評価が可能になると考えた。本法により従来にないあたらしい病態の評価、機能分類が可能になり、また各種治療効果の判定、特に運動療法による運動効果の新しい評価は有用と思われた。

## 2. 研究の目的

本研究では、この新しい評価法を用い、

- 1 運動時末梢インピーダンス測定と運動時呼気ガス分析評価との比較
- 2 健常、高血圧、糖尿病、心不全等の各病態での運動時末梢血流動態を比較する
- 3 運動トレーニング効果を、運動時末梢血流動態の変化より評価する
- 4 末梢インピーダンス法による評価より、新しい運動処方、運動プログラム作成の可能性を検討する

以上の4点を研究目的とした。

すなわち、従来の生化学的分類や評価、画像・イメージングによる評価に加え、運動時の機能的反応より、新しい病態評価、治療効果判定を試みることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 対象および評価内容

- ① 健常例で運動習慣のない例での運動時末梢インピーダンスの評価、および運動前および運動療法後での比較検討
- ② メタボリックシンドローム、糖尿病、高血圧、心筋梗塞患者での運動時末梢インピーダンス評価
- ③ 健常、疾患者にATレベル有酸素運動を中心とした運動療法を施行し、末梢インピーダンスによる運動効果を検証する

(2) 計測装置；酸素摂取量測定装置：AE-280S（ミナト医科学）

インピーダンス測定装置：MUSCLE- $\alpha$  (50kHz, 500 $\mu$ A；ART HAVEN 9社製)

### (3) 運動負荷試験

負荷試験は午前中、朝食後2時間以上とし、室温22度の一定の環境で施行した。負荷は自転車エルゴ(75XL, Combi, Japan)を用い、負荷の前に下肢の長さに合わせてサドルの位置を調整した。負荷のプロトコールは5分間の安静後、20Wの定常負荷をwarm upとして4分間施行、その後10W/minで漸増負荷を施行した。負荷中止基準は、ECGにて明らかな心筋虚血、重症不整脈を認めるか、血圧値の250/120mmHg以上の上昇、胸痛等の自覚症状の出現、もしくは呼吸困難、下肢痛等の症候限界とした。症候限界にて負荷を終了後、2分間0Wでクールダウンを行った。運動負荷時に呼気ガス分析(AE300, Minato, Japan)を施行し呼気中の酸素摂取量、二酸化炭素排泄量、1回換気量と換気回数より換気量をbreath by breath法で測定した。運動時の酸素摂取量、二酸化炭素排泄量の変化よりV-slope法を用いAnaerobic Threshold(AT)を求めた。同様に二酸化炭素の換気当量の急速な上昇および呼気終末二酸化炭酸濃度の急峻な低下を認める点を呼吸性代償ポイント(Respiratory Compensation point；RCP)として求めた。

### (4) 乳酸測定

アスリートにおいて、運動時の乳酸値を評価し、運動前、運動負荷試験開始後のウォームアップ終了時、運動開始後3分、6分、

運動負荷試験終了時、運動負荷終了後3分、6分に耳朶より採血し、ラクテート・プロ LT-1710（アークレイ、京都）を用い乳酸を測定し、末梢インピーダンスの変化と比較検討した。

(5) インピーダンス評価法理論的背景

計測したインピーダンス時系列データにはペダルの回転運動に伴い周期的に変動する成分が含まれる。この変動には、関節の屈伸による影響、筋収縮および弛緩に伴う筋断面積の変化、筋ポンプによる血液量の変化などが影響していると考えられる。このため、ペダル回転数と同周期で出現する変動成分を除去するため、計測したインピーダンス時系列データに対してローパスフィルタ（移動平均）処理をして平滑化を行う。移動平均の区間は前後30秒とし、平滑化後のインピーダンスZを血液量の指標とする。

$$y(s) = \frac{1}{2n+1} \sum_{m=s-n}^{s+n} x(m)$$

さらに、計測したインピーダンス時系列データに対して、次式の平滑化微分（Savitzky-Golay法）を区間前後45秒で行いインピーダンスZの微分dZ/dtを算出し、血液量変化の指標とした。

(6) 運動療法・トレーニングの施行

後述の運動時インピーダンス測定によって得られたBPポイントを基に、BP出現時強度の80%強度の目標に運動処方を作成し、運動療法を施行した。運動内容は、運動処方に基づく有酸素運動を約30分、その後油圧式マシンによる上肢、下肢のレジスタンストレーニングを合計4種目施行、3クール施行、その後ストレッチ指導を行った。週に3回、3ヶ月の運動療法施行後に、再度運動負荷試験を施行し、呼気ガス分析によるAT、RCおよびBPポイントの変化を検討し、BPポイントに基づく運動処方の効果につき検討した。運動強度の監視は、研究者らの院内運動療法施設にて専門の運動指導士による運動指導を行い、参加者に運動強度を十分理解させ、出来るだけ来院にて運動療法を施行した。自宅、他施設にて運動療法を施行する場合は、後日口答にて運

動実施状況を確認した。

4. 研究成果

運動負荷試験結果

健常例44例、平均年齢48±16才において、運動負荷試験施行し全例下肢疲労もしくは呼吸困難の症候限界による中止基準にて負荷を終了した。呼気ガス分析によるV-slope法によりATは全例で算出可能であった。RCPは16名(36%)で出現した。AT、RCP、peak時での心拍数、収縮期および拡張期血圧、負荷量、VO2は下記表に示すごとくであった。

	Rest	AT	RCP	Peak
HR bpm	74 ± 8	104 ± 19	138 ± 27	151 ± 27
BPs mmHg	124 ± 17	154 ± 24		199 ± 38
BPd mmHg	79 ± 16	91 ± 11		104 ± 18
VO2 ml/min/kg	3.6 ± 1.3	14.2 ± 5.3	24.5 ± 8.8	30.7 ± 12.3
R	0.84 ± 0.02	0.90 ± 0.08	1.14 ± 0.8	1.19 ± 0.14
Load W		79 ± 30	142 ± 58	158 ± 66

Table 1  
Results of cardio pulmonary exercise test.  
AT: Anaerobic Threshold, RCP: Respiratory Compensation Point, VO<sub>2</sub>: Oxygen uptake, Bps: systolic blood pressure, Bpd: diastolic blood pressure, load: work load

BIは全例において電極の異常、ノイズなく記録できた。BI値は下肢のペダル回転運動に伴い増減したが、その増減は回転数(50ppm/min)に一致した一定の増減でその平均値の変化はスムーズであった。移動平均後のBI値は、安静時は一定を保ち、運動負荷開始後、ウォームアップの期間も同一レベルを保った。ランプ負荷開始後、徐々にBI

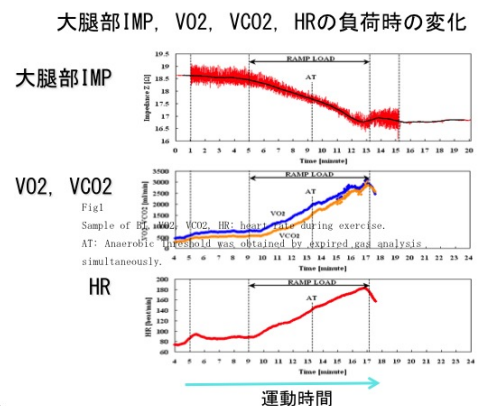


Fig1  
Sample of BI, VO2, VCO2, HR: heart rate during exercise.  
AT: Anaerobic Threshold was obtained by expired gas analysis simultaneously.

値は減少し、負荷終了直前まで減少を認めた (Fig1)。

運動時の変化を標準化するために、安静時の BI の絶対値を基準値とし、その基準値からの変化量を%で表示した。運動負荷時に同時に呼気ガス分析で得られた AT、RCP、peak時の VO2 値と BI 変化率との関係を解析した。この BI 変化率は、年齢と有意な正の関係を認め ( $r = 0.55, p < 0.0001$ )、AT、RC、peakVO2 と有意な負の関係を認めた ( $r = -0.37, r = -0.79, r = -0.77, p < 0.05, p < 0.0001, p < 0.0001$ , respectively) (Fig 2, 3)。

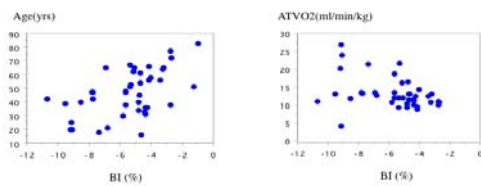


Fig2 Relationship between BI(%) and age, AT-VO2 BI% and age ( $r=0.55, p<0.0001$ ), BI% and AT-VO2 ( $r=-0.37, p<0.05$ )

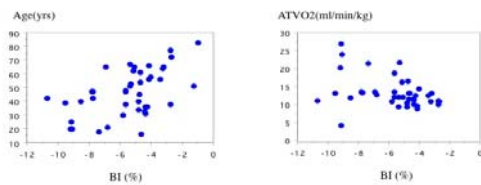


Fig2 Relationship between BI(%) and age, AT-VO2 BI% and age ( $r=0.55, p<0.0001$ ), BI% and AT-VO2 ( $r=-0.37, p<0.05$ )

次に運動時の BI 値の変化をより詳細に検討するために、BI 値の時間微分値を求めた。その結果、微分値は図 4 の如く運動負荷開始後一定に減少するも、AT と peak の間で増加に転じた。この BI 微分値の増加に転じるポイントを Bending Point ; BP 時点とした (Fig4)。BP 時間と RCP 時間は、 $r = 0.86, p < 0.0001$  と有意な正の相関を認めた。またこの関係での y 軸切片は 125 秒後であった (Fig 7)。

アスリートの 20 例においては、運動負荷試験時に、大腿部インピーダンス測定、呼吸

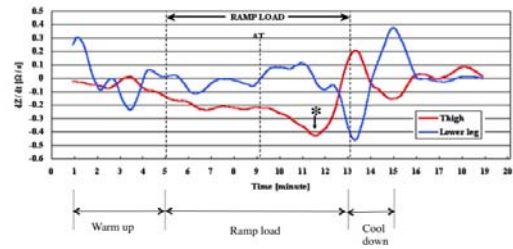


Fig4 Sample of the time derivative of BI. Time derivative decreased after the start of exercise, but increased between AT and peak (Fig. 4). The point at which BI derivative began to increase was defined as the bending point (BP). \*: bending point (BP)

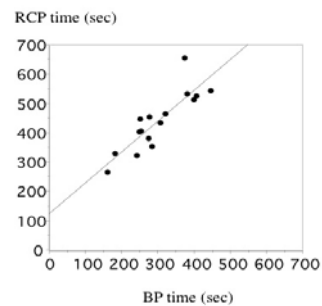


Fig7 Correlations between BP time and RCP time in BP RCP ( $r=0.86, p<0.0001$ ). BP time means on set time of BP from the beginning of rump load exercise. The y-intercept was 125 s

ガス分析と同時に、運動負荷前、ウォームアップ終了時、運動負荷 3、6 分、運動負荷終了時、および運動負荷終了後 3、6 分に耳朶より採血を施行し、乳酸値を測定した。3 分毎の測定により、運動負荷時の乳酸値の上昇点の推測が可能となった。その乳酸値の上昇点を乳酸閾値 (LT) として求めた。乳酸値の測定で、採血状況により乳酸値の変化をとられなかった 1 例を除き、19 例での解析では、乳酸閾値は運動負荷開始後 8 分で急激に増加し始め、LT とした。しかし、今回の研究では、LT と BI 値の明確な関連は認めなかった (Fig8)。

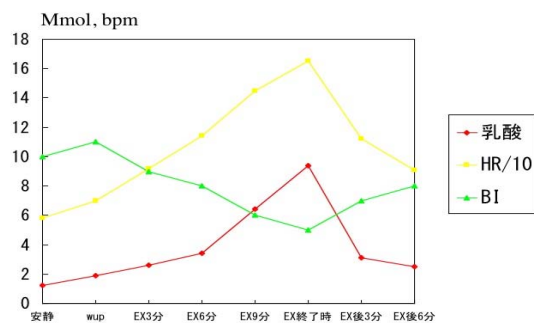
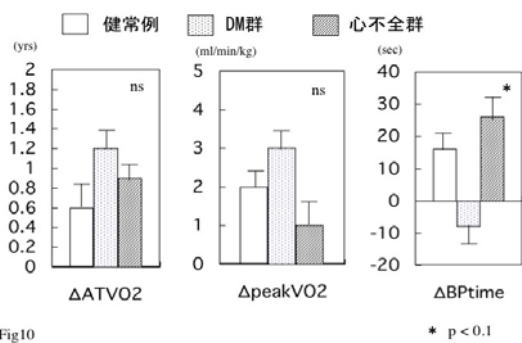
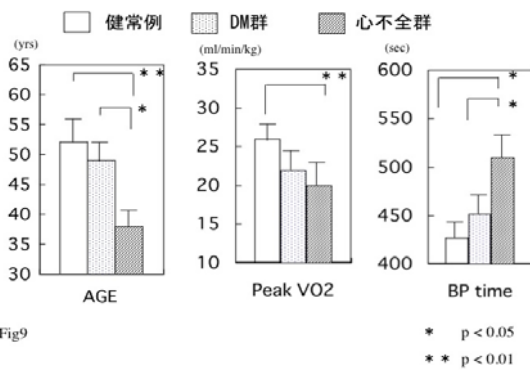


Fig8 Change of serum lactate and BI, HR during exercise

運動療法効果として、健常例 23 例、2 型糖尿病患者 18 例、心不全患者 8 例において、インピーダンス法により BP ポイント求め、BP ポイントの 80%強度での有酸素運動および油圧式マシンによるレジスタンストレーニングを週 2 回、3 ヶ月施行した。その結果、各群において、体重は有意な変化を認めなかったが、最大酸素摂取量および ATVO2 は有意な増加を認めた。トレーニング前後での運動負荷試験での BP ポイントは、健常群、糖尿病群では有意な変化を認めなかったが、心不全群では、BP ポイントは増加する傾向を認めた。この BP ポイントの増加時間は、最大酸素摂取量、ATVO2 の変換量、体重、体脂肪、除脂肪量の変化と有意な関係を認めなかった。



### 考察

インピーダンスによる血液量および血液量変化の算出法の検討

BI は、BI 測定器 (MUSCLE-α、ART HAVEN 9 社製) を用い、電極は通常の心電図電極 (EP 7、日本光電、Tokyo) を用いた。

生体電気信号としてのインピーダンス解

析を下記のように行ってきた。当該測定四肢部位のインピーダンスを  $Z_0$ 、電圧電極間容積を  $V_0$ 、抵抗率を  $\rho$ 、電圧電極間距離を  $L$  とすると、

$$Z_0 = \rho \frac{L^2}{V_0} \quad (1)$$

となり、測定部位の容積が  $\Delta V$  変化したとすると、この時のインピーダンス  $Z$  は、

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_0} + \frac{\Delta V}{\rho_b L^2} \quad (\rho_b: \text{血液の抵抗率}) \quad (2)$$

また、その時のインピーダンス変化を  $\Delta Z$  とすると、

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_0 + \Delta Z} \quad (3)$$

$\Delta Z \ll Z_0$  の時、

$$\frac{1}{Z} \doteq \frac{1}{Z_0} \left( 1 - \frac{\Delta Z}{Z_0} \right) = \frac{1}{Z_0} - \frac{1}{Z_0^2} \Delta Z \quad (4)$$

と近似できる。(2)、(4)式より、

$$\Delta V = -\frac{\rho_b L^2}{Z_0^2} \Delta Z \quad (5)$$

が得られ、インピーダンス変化  $\Delta Z$  は容積変化  $\Delta V$  に反比例する。安静時における静脈閉塞時の、Air Plethysmograph による前腕血液量変化とインピーダンス変化を同時計測し、この測定原理を運動時に応用し下肢血液量変化の計測を可能とした。

したがって理論的にも生体インピーダンスの計測およびその解析により、局所血流量の評価は可能と考えられる。

BI は、大腿部にて測定した。BI 値は、膝関節の位置、角度による影響を避けるために、電極の位置はこれらの影響の最も少ない位置を選んだ。具体的には大腿部の付け根より膝中央部までを 5 等分し、中央部 3/5 を測定に用いた。この方法により膝関節部と大腿基部の電気抵抗的に不安定な部分を除き、大腿筋の BI を主として計測することが可能になった。また安静時に BI 値を安定させるために、運動開始まではペダルの軸が床と平行になる位置にペダルの位置を固定した。運動負荷終了後も下肢の状態、位置による BI の

変化の影響を少なくするために、クールダウン時も負荷時と同一の回転数 (50ppm/min) を維持し 0 W で施行した。その後完全に下肢の運動を止めて 5 分間、最初と同様にペダルを水平に固定し下肢を一定の姿勢に保持して記録した。

BI 信号は、サンプリング周波数 2.5 Hz で記録しコンピューターにデジタル記録した。その後 30 秒毎の移動平均にて行い信号をスムージングし以後の解析を施行した。

本研究は、漸増運動負荷時の呼気ガス分析と下肢生体電気 BI の変化を連続かつ同時に記録し比較した研究である。呼気ガス分析による運動時の酸素摂取量、換気応答は無酸素運動閾値、呼吸性代償ポイント、最大酸素摂取量などの客観的な運動耐容能の指標として有用であるが、運動筋の血流や代謝などの評価は困難である。血流評価法として近赤外線や超音波ドップラーがあるが、これらの方法での血流評価は筋の表層での血流評価で、筋全体や運動時の評価は困難である。

一方、BI は電極間の全空間的な電気抵抗を表しており、本研究での BI は大腿部全体的変化を表すと考えられ、呼気ガス分析による運動全体のパフォーマンスの評価と、下肢 BI による局所の評価との同時記録、比較は非常に興味深い。すなわち、運動生理領域において、運動強度の強い乳酸性アシドーシス出現時の呼吸性代償の評価は、スポーツ選手において非常に重要であるが従来あまり評価されていない。その原因は、この指標の評価が呼気ガス分析を用いる方法のみで可能であり、かつ強度の疲労困憊レベルまでの運動負荷を施行する必要があるためと考えられる。しかし、この呼吸性代償レベルが評価できれば、トレーニング強度の限界も理論的に設定でき、コーチスタッフは選手に論理的・科学的根拠に基づくトレーニングメニューの作成が可能となる。したがって、本研究の目的とする比較的低い運動強度で呼吸性代償レベルを推定することは、選手にとっても有益な検査法になり、かつ呼吸性代償レベルを評価したトレーニングメニューの作成・実行が可能となる。

本研究で施行した CPX では全例症候限界まで負荷を施行できた。CPX で得られた AT、

RCP、peak での  $\dot{V}O_2$  は、運動習慣のない中高年では平均的な結果である。同時に糖尿病、高血圧を認めず、末梢血管障害、神経障害を認めない例であることより、本研究で得られた BI 値は、漸増負荷試験での心肺機能に異常のない例での検討として適切であると考えられる。

大腿では負荷強度の増加に伴い BI 値は低下した。この BI 値の低下は、大腿部の電気抵抗の低下を意味している。運動時の脂肪、筋、骨の密度、量の急激な変化は少ないことより、この BI の低下は、運動により大腿部の血液量が増加し、その結果大腿部の電気抵抗値が低下したと推測された。また、運動強度を表す酸素摂取量や心拍数の増加と BI 値の低下は、有意な負の関係を認めた。この酸素摂取量や心拍数の増加とともに大腿部の血液量は増加することより、下肢 BI 値の変化は下肢血液量の変化を定量的に表している可能性が考えられた。

本研究で最も興味深い点は、BI 値微分値の変曲点の出現時間と呼気ガス分析による RCP 出現時間とがきわめて高い相関を示していることである。この RCP は、運動により増加した乳酸によってもたらされたアシドーシスを呼吸性に補正するためにおこる過剰な換気応答であり、運動負荷時に呼気ガス分析を施行することにより得られる指標である。しかし、本研究では下肢 BI 微分値の変曲点との関連指標として捉えることが可能である。この BI 変曲点の出現時間と呼気ガス分析による RCP ポイント出現時間の回帰式の Y 軸の切片が 125 秒であることより、RCP ポイントは、BI 微分値の変曲点出現の 125 秒後に出現していると考えられる。すなわち末梢 (大腿) での何らかの現象が出現し、その後全身反応である換気応答が出現していると考えられる。

一般に、運動強度が一定に増加する場合、心拍出量は運動強度に比例して増加することがわかっているが、末梢の主動筋での血流の詳細は不明である。特に運動強度が増加する場合、血流再分布現象が起こると考えられ、心拍出量の変化量と末梢での血流変化との関係は、必ずしも一定でなく、その詳細は明らかではない。本研究での BI 時間微分値

の変曲点の出現は、一定レベルで増加する運動強度にもかかわらず、下肢血液量の増加の割合が途中で変化する可能性を示している。同時に BI 微分値がプラスに増加していることより、この変曲点以降では末梢の血液量の増加率が増加している可能性が考えられる。そしてこの変曲点が全身の代謝を表す RCP と高い相関を示したことは、この変曲点で末梢において同様の代謝性変化が出現し、その結果、末梢での血液量の増加率が変化した可能性が示唆される。すなわち、全身での RCP 出現の機序と同様に、末梢筋組織において、運動強度の増加により乳酸産生が増加し、かつ乳酸緩衝能力が限界に達し、水素イオンの増加、すなわち組織でのアシドーシスが進行し、その結果血管内皮機能などが反応して血管拡張作用が出現し、末梢での血液量が増加し、BI 微分値の変曲点の出現に反映した可能性が考えられた。

この RCP と BP の出現のプロセスの解釈は非常に興味深い。RCP ポイントと BI 微分値の変曲点が相関する原因として、上記の大腿部の血流の変化は魅力的である。しかし、血流の変化だけで BI 微分値の変曲点と一致するかどうかは慎重に判断する必要がある。なぜなら、BI の変化には脂肪、筋、血液などの体組成以外にも、組織のイオン、温度、PHなどによっても変化するからである。従来の研究ではこれら体組成以外の因子の BI におよぼす影響は比較的少ないとされており、本研究での仮説を退けるものではないが、我々が見ている BI の変化は、有意な変化ではあるが、非常に小さな変化でもあり、血流以外の因子については今後も検討する必要がある。また RCP は全身での酸塩基増加の緩衝機能の破綻として出現するため、たとえ BI 変曲点と同様の代謝性変化を表しているとしても、BP 出現後のアシドーシスの代償は全身でおこなっており、その代償できる時間は体格や体重によって変わる可能性があるが、本研究では 125 秒と一定である。この点においても今後検討を要する。

しかし、本研究で得られた、漸増負荷時の乳酸緩衝能の指標である RCP ポイントが、下肢大腿部の BI 値の微分値の変曲点とほぼ一致することは、運動時の全体的パフォーマンス

と局所のパフォーマンスが一致することであり非常に興味深くまた、今後の運動生理学の発展に寄与するものと思われる。

BP ポイントの疾患別の差異については、健常群に比して DM 群、心不全群で有意な増加を認めた。ただし、今回の症例が年齢で差を認めており、年齢の影響を考慮する必要がある。いずれにせよ、心機能の低下や加齢の影響で末梢骨格筋への血流が変化する場合、BP ポイントは変化する可能性が考えられた。また、運動療法により酸素摂取量での変化が認められない場合でも、BP ポイントは変化する可能性が示唆され、運動療法により全身性の心肺持久系への効果が少ない場合でも、末梢骨格筋での効果はすでに出現している可能性が考えられた。

本研究を遂行するにあたり、BI 測定に適切な助言をいただいた増尾善久氏に感謝します。また測定を担当した関西医科大学健康科学センターのスタッフに深謝します。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

New index of regional arterial stiffness assessed by tissue Doppler imaging  
Mio Haiden, Yutaka Kimura, Yoko Miyasaka, Yasuko Aota, Kinuko Dote, Atsuaki Takada, Toshiji Iwasaka  
Acta Cardiol 63 : 603-608 2008 査読有

[学会発表] (計 1 件)

末梢循環による運動療法効果の検討  
木村 穰、上田加奈子、宮内拓史  
第 9 回臨床血圧脈派研究会  
2009 年 5 月 30 日 10 : 30 ~ 17 : 30  
大阪・千里ライフサイエンスセンター

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 穰 (KIMURA YUTAKA)  
関西医科大学・医学部・教授  
研究者番号 : 60298859

(2) 研究分担者

居原田 善司 (IHARADA YOSHIZI) (2007)  
関西医科大学・医学部・助教  
研究者番号 : 00351502

山本 哲史 (YAMAMOTO SATOSHI) (2007)  
関西医科大学・医学部・助教  
研究者番号：10298888

小崎 篤志 (KOSAKI ATUSHI) (2007)  
関西医科大学・医学部・講師  
研究者番号：40330188

岩坂 壽二 (IWASAKA TOSHIZI) (2007)  
関西医科大学・医学部・教授  
研究者番号：00098120

(3)連携研究者

居原田 善司 (IHARADA YOSHIKI) (2008)  
関西医科大学・医学部・助教  
研究者番号：00351502

山本 哲史 (YAMAMOTO SATOSHI) (2008)  
関西医科大学・医学部・助教  
研究者番号：10298888

小崎 篤志 (KOSAKI ATUSHI) (2008)  
関西医科大学・医学部・講師  
研究者番号：40330188

岩坂 壽二 (IWASAKA TOSHIZI) (2008)  
関西医科大学・医学部・教授  
研究者番号：00098120