

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月20日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22650136

研究課題名（和文） 健康寿命延伸のための新規健康指標創出に関する研究

研究課題名（英文） Preliminary study for a novel fitness index based on non-invasive assessment of cardiac reserve using electrical admittance cardiography

研究代表者

田中 志信 (TANAKA SHINOBU)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：40242218

研究成果の概要（和文）：

健診レベルで適用可能な健康寿命延伸のための新たな簡易健康指標を見出すべく、無侵襲心拍出量計測装置を用いて3種類（一定・多段階増加・Ramp）のエルゴメータ負荷に対する循環機能の応答を計測し、運動者と非運動者の違いを検討した。その結果、Ramp 負荷に対する「最大心拍数に対する心拍数の割合（%HRmax）」と「規格化一回拍出量（nSV）」の関係から心予備力を心機能の二つの側面、即ち変時作用（Chronotropic state：CS）と変力作用（Inotropic state：IS）の側面から定量評価可能と考えられた。また呼気ガス分析装置との同時計測実験の結果、負荷強度に対する nSV の変曲点と嫌氣的代謝閾値：AT との間に相関が見られ、AT の代替指標としての nSV の有用性を示唆する結果が得られた。

研究成果の概要（英文）：To develop a novel index for assessing individual physical fitness condition, preliminary experiments for non-invasively monitoring hemodynamic parameters were carried out. Using an electrical admittance cardiograph, heart rate (HR), stroke volume (SV) and cardiac output (CO) during ergometer exercise were non-invasively measured in twelve (6 trained and 6 untrained) healthy male adults. From the results obtained, it was suggested that, using the relationship between %HRmax and SV normalized by the mean value of the rest condition, we could estimate individual cardiac reserve in terms of chronotropic and inotropic state.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,400,000 | 0 | 1,400,000 |
| 2011年度 | 1,400,000 | 420,000 | 1,820,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,800,000 | 420,000 | 3,220,000 |

研究分野：生体計測学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：医療・福祉，健康長寿，循環機能，心予備力，健康指標，嫌氣的代謝閾値

1. 研究開始当初の背景

2008年4月から「特定健診・特定保健指導」がスタートしたが、この様な健診・指導等に

より「予防型医療」が広く普及し、将来的に疾病予防が進み健康寿命が延びてきたとき、QOLを高い状態に維持するために着目すべき次なる健康診断指標は何か？その一つとし

て日常生活動作(ADL)を遂行するために最低限必要な「体力」が挙げられよう。体力評価に際しては、筋力や筋持久力など運動器系に加えて「循環器系」の評価も非常に重要となる。何故なら、筋骨格系に障害がない場合でも循環機能の低下は活動性の低下をもたらし、高齢者では「廃用症候群」を来し「寝たきり状態」となる危険性が極めて高いからである。従って健康寿命延伸・QOL維持向上のためには、運動機能の維持も去ることながら、心機能を維持すること、特に肉体的負荷に対する心予備力を高い状態に維持することが重要であり、それを定量評価するための簡便な指標の創出が強く望まれている。

2. 研究の目的

本研究はこのような社会的背景を受けて計画されたものであり、10年あるいは20年先のわが国において、検診・保健指導の徹底により予防型医療が国民の間に広く浸透し、糖尿病や高血圧などの生活習慣病予防が進んできた場合、健康寿命の延伸や高齢者QOLの維持向上のために次は何をすればよいのか、言い換えれば健康診断項目として「何を測れば」良いかについて検討すべく、その具体例として「循環系の予備力」、煎じ詰めれば「心予備力」を取り上げ、これを簡便に定量評価可能な指標を見出すことを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 負荷様式検討に関する予備実験

胸部電気的アドミタンス法を用いて運動負荷中の循環諸量(心拍数や心拍出量など)を計測し、体力があると考えられる運動者・体力がないと考えられる非運動者の負荷に対する応答の違いから「心予備力」を定量評価可能な指標を見出すことを目的として実験を行った。

表1 被験者の運動習慣の有無

| 負荷方式 | 固定負荷法 | | | | 多段階負荷法 | | | | Ramp負荷法 | | | |
|------|------------------|------------------|----|----|------------------|------------------|----|----|------------------|------------------|----|----|
| 被験者 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| 年齢 | 21 | 21 | 21 | 21 | 23 | 21 | 22 | 22 | 20 | 21 | 20 | 21 |
| 運動習慣 | 週2回 1日 2時間 | 週3回 1日 3時間 | 無 | 無 | 月2回 1日 2時間 | 週1回 1日 2時間 | 無 | 無 | 週1回 1日 2時間 | 週4回 1日 2時間 | 無 | 無 |
| 運動内容 | サッカー | バスケット | | | テニス | 卓球 | | | 剣道 | 弓道 | | |

具体的には表1に示した健康成人男性12名(日常的に運動を行っている人とそうでない人6人ずつ)を被験者として、実験1:固定負荷法、実験2:多段階負荷法、実験3:Ramp

負荷法の3つの方法で行い、心拍数(HR)、心拍出量(CO)、一回拍出量(SV)の応答の違いを比較・検討した。

① 実験1: 固定負荷法

- 被験者: A~D
- 2分間の安静後、一定強度の負荷を所定時間印加
- 負荷強度決定法: 予備実験として自転車による坂道登坂実験を行い、各被験者の体重と登坂時間から仕事率(Watt)を算出
- 負荷時間: 各被験者の登坂時間と同一
- ペダル回転数: 60rpm(以後の実験もすべて同条件)

表2 被験者別負荷時間と負荷強度

| 被験者 | A | B | C | D |
|---------|--------------|-----|-----|--------------|
| 年齢 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 運動習慣 | 有 | 有 | 無 | 無 |
| 負荷強度(W) | 200 (215) | 200 | 150 | 200 (197) |
| 負荷時間(s) | 75 | 88 | 123 | 82 |

② 実験2: 多段階負荷法

- 被験者: E~H
- 所定時間安静後、30wを3分間、以後段階的に負荷を増加(下図参照)

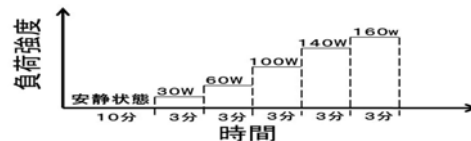


図1 多段階負荷法の負荷様式

③ Ramp 負荷法

- 被験者: I~L
- 所定時間安静後、1分間のウォーミングアップ(20W)以後1分間に30Wの割合で直線的に負荷を増加(下図参照)

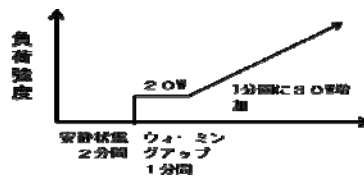


図2 Ramp 負荷法の負荷様式

(2) 呼気ガス分析装置との同時計測実験

呼気ガス分析装置により得られる「嫌氣的代謝閾値: AT」は、アスリートの体力評価のみならず心臓リハにおける適正負荷評価などにも用いられており、ATを評価可能な簡易指標が得られればその有用性は極めて高い。そこで初年度の予備的検討により「心予備力評価指標」としての有用性が示された「SVの負荷応答」について、新たに「呼吸機能」と

の関連性を調べることで AT の代替となり得る簡易指標が得られるかどうか予備的実験を行った。

具体的には、健常成人 12 名(男性及び女性の運動者・非運動者各 3 名, 合計 12 名)を被験者として、エルゴメータによる Ramp 負荷に対する HR, CO, SV の応答を計測すると共に、呼気ガス分析装置(AE-310S, ミナト医科)を用いて酸素摂取量 (VO₂) 及び二酸化炭素排出量 (VC0₂) を同時計測した。

4. 研究成果

(1) 負荷様式検討に関する実験結果

図 3～5 は横軸を最大心拍数に対する心拍数の比 (%HRmax), 縦軸を安静時の値を「1」として規格化した「規格化 1 回拍出量 (nSV)」で表示したもので 3 つの方法で比較・検討したものである。3 つの方法すべてにおいて、運動者は最大心拍数に近い心拍数でも規格化 1 回拍出量を増加させることができるが、非運動者では、最大心拍数に近い心拍数で減少または一定となることが確認できた。

これは、運動者は心臓の収縮力に余裕があるため高い心拍数でも一回心拍出量を上昇させることができるのに対して、非運動者はその余裕がないので一回心拍出量が減少したと考えられる。

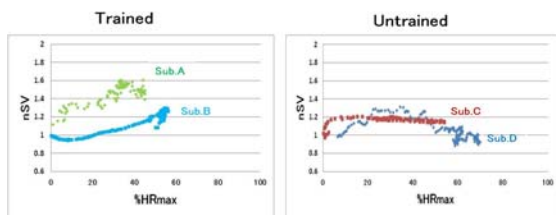


図 3 固定負荷に対する循環応答

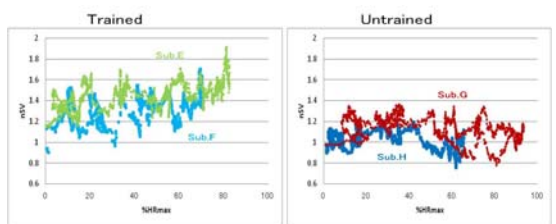


図 4 多段階負荷に対する循環応答

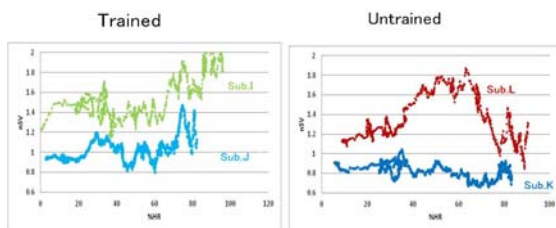


図 5 Ramp 負荷に対する循環応答

また、これらの結果より次のことが確認できた。即ち、①データの解析法としては、最

大心拍数に対する心拍数の割合(%HRmax) と、規格化一回拍出量 (nSV) との関係から心臓の予備力を二つの側面、すなわち「変時作用: CS」と「変力作用: IS」の両側面から評価可能であること、②エルゴメータの負荷様式としては、Ramp 負荷法が最適であること等である。なお、②の理由として ほぼ最大強度の負荷を被験者に加えるために CS 及び IS の「予備力」を評価可能であり、また多段階負荷の時のようなデータの変動やばらつきが少なく、%HRmax と nSV との関係を明瞭に評価可能であるからと考えられる。

(2) 呼気ガス分析装置との同時計測結果

図 6 は循環機能計測結果の一例で、横軸を %HRmax)、縦軸を nSV で表示したものである。上段が男性被験者、下段が女性被験者の結果で、それぞれ運動者・非運動者で比較・検討したものである。男性・女性どちらにおいても、運動者は最大心拍数に近い心拍数においても一回拍出量を増加させることができるが、非運動者では一回拍出量はほとんど増加せず、逆に最大心拍数に近い心拍数で減少する例も見られた。また、運動者では一回拍出量の最大値は安静時の 1.5~2.5 倍に達しており心臓の収縮力に余裕がある、即ち極めて高い心予備力を有していることがわかる。

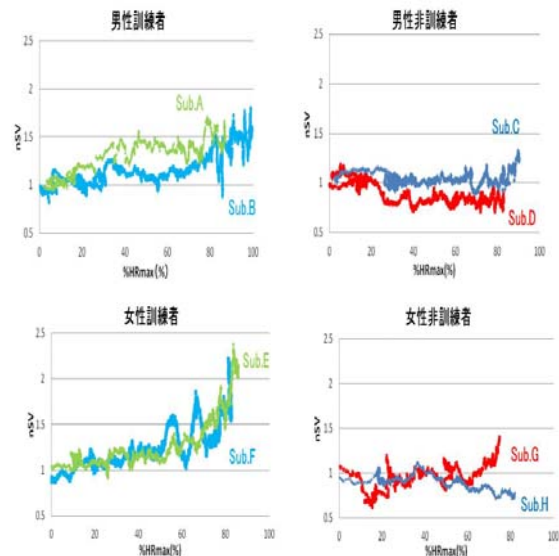


図 6 エルゴメータ負荷に対する心拍数と一回拍出量の応答例

(上段: 男性被験者、下段: 女性被験者)

図 7 は横軸を「エルゴメータ負荷量 (Load)」、縦軸を「規格化一回拍出量 (nSV)」、「ガス交換比 R ($R=VC0_2/VO_2$)」で表示したもので、上段が男性被験者、下段が女性被験者の結果である。図中の矢印は V-Slope 法により求めた嫌気代謝閾値(AT)における負荷値であり、R のグラフにおける変曲点に相当

する。これらの図より、いずれの例においても AT 時の負荷値が nSV の変曲点（下降から上昇に変わる点）付近にあり、Ramp 負荷に対する SV の変化から AT を推定可能であることが示唆される。

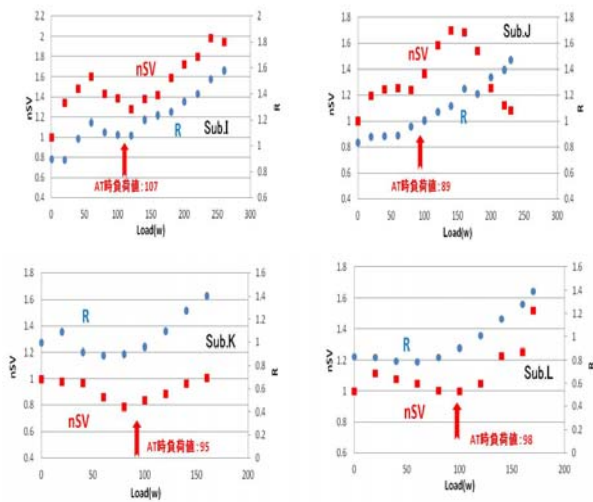


図7 負荷値と規格化一回拍出量及びガス交換比との関係
(上段：男性被験者、下段：女性被験者)

以上の実験結果から最大心拍数に対する心拍数の割合(%HRmax)と、規格化一回拍出量(nSV)との関係から心臓の予備力を二つの側面、すなわち「変時作用：CS」と「変力作用：IS」の両側面から評価可能であることが確認できた。またAT値とSV変曲点には相関があることが確認できたため、胸部電気的アドミタンス法を用いて横軸Load、縦軸nSVmaの関係から簡易的に体力評価可能であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① Tanaka, S., Ohkanemasa, T., Ogawa, M. and Yamakoshi, K.: Development of A New Fitness Index Based on Non-invasive Assessment of Cardiac Reserve Using Electrical Admittance Cardiography, Proceedings of 8th International Conference on Ubiquitous Healthcare, (2011), 17-18, 査読無
- ② 田中志信, 林 宗和, 大兼政天平, 五十嵐朗, 野川雅道, 小川充洋, 山越憲一: 心予備力の無侵襲評価法と新規健康指標創出に関する基礎的検討, 第50回日本生体医工学会大会プログラム・抄録集(CD-ROM), (2011), 演題番号:P2-4-3(2頁抄録), 査読無
- ③ 藤澤 慶, 小川充洋, 吉元健史, 本井幸介, 山越健弘, 山越憲一: アドミタンス

式心拍出量計測法の開発研究—Cardiac Y-Simulatorの提案と評価—, 平成23年度日本生体医工学会北陸支部大会講演論文集, (2011), 3-4, 査読無

- ④ 田中志信, 五十嵐 朗, 林 宗和, 野川雅道, 小川充洋, 山越憲一: 新規健康指標としての心予備力評価法について, 第25回生体・生理工学シンポジウム論文集, (2010), 321-322, 査読無
 - ⑤ 林 宗和, 大兼政天平, 吉元健史, 小川充洋, 本井幸介, 山越健弘, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: ウェアラブル心電・心拍出量モニタリングシステムの開発研究, 平成22年度日本生体医工学会北陸支部大会講演論文集, (2010), 9-10, 査読無
- 〔学会発表〕(計5件)

- ① 藤澤 慶, 小川充洋, 吉元健史, 本井幸介, 山越健弘, 山越憲一: アドミタンス式心拍出量計測法の開発研究—Cardiac Y-Simulatorの提案と評価—, 平成23年度日本生体医工学会北陸支部大会, 2011年12月10日, 金沢大学サテライトプラザ(金沢市)
- ② Tanaka, S., Ohkanemasa, T., Ogawa, M. and Yamakoshi, K.: Development of A New Fitness Index Based on Non-invasive Assessment of Cardiac Reserve Using Electrical Admittance Cardiography, uHealthcare 2011, 2011年9月20日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県草津市)
- ③ 田中志信, 林 宗和, 大兼政天平, 五十嵐朗, 野川雅道, 小川充洋, 山越憲一: 心予備力の無侵襲評価法と新規健康指標創出に関する基礎的検討, 第50回日本生体医工学会大会, 2011年4月29日, 東京電機大学神田キャンパス(東京都)
- ④ 林 宗和, 大兼政天平, 吉元健史, 小川充洋, 本井幸介, 山越健弘, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: ウェアラブル心電・心拍出量モニタリングシステムの開発研究, 平成22年度日本生体医工学会北陸支部大会, 2010年12月11日, 金沢大学サテライトプラザ(金沢市)
- ⑤ 田中志信, 五十嵐 朗, 林 宗和, 野川雅道, 小川充洋, 山越憲一: 新規健康指標としての心予備力評価法について, 第25回生体・生理工学シンポジウム, 2010年9月24日, 岡山大学(岡山市)

〔その他〕

金沢大学理工研究域 人間適応制御研究室
ホームページ

<http://www.hm.t.kanazawa-u.ac.jp/biomed/top.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 志信 (TANAKA SHINOBU)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：40242218

(2) 研究分担者

山越 憲一 (KEN-ICHI YAMAKOSHI)

金沢大学・機械工学系・教授

研究者番号：40014310

野川 雅道 (NOGAWA MASAMICHI)

金沢大学・機械工学系・助教

研究者番号：40292445