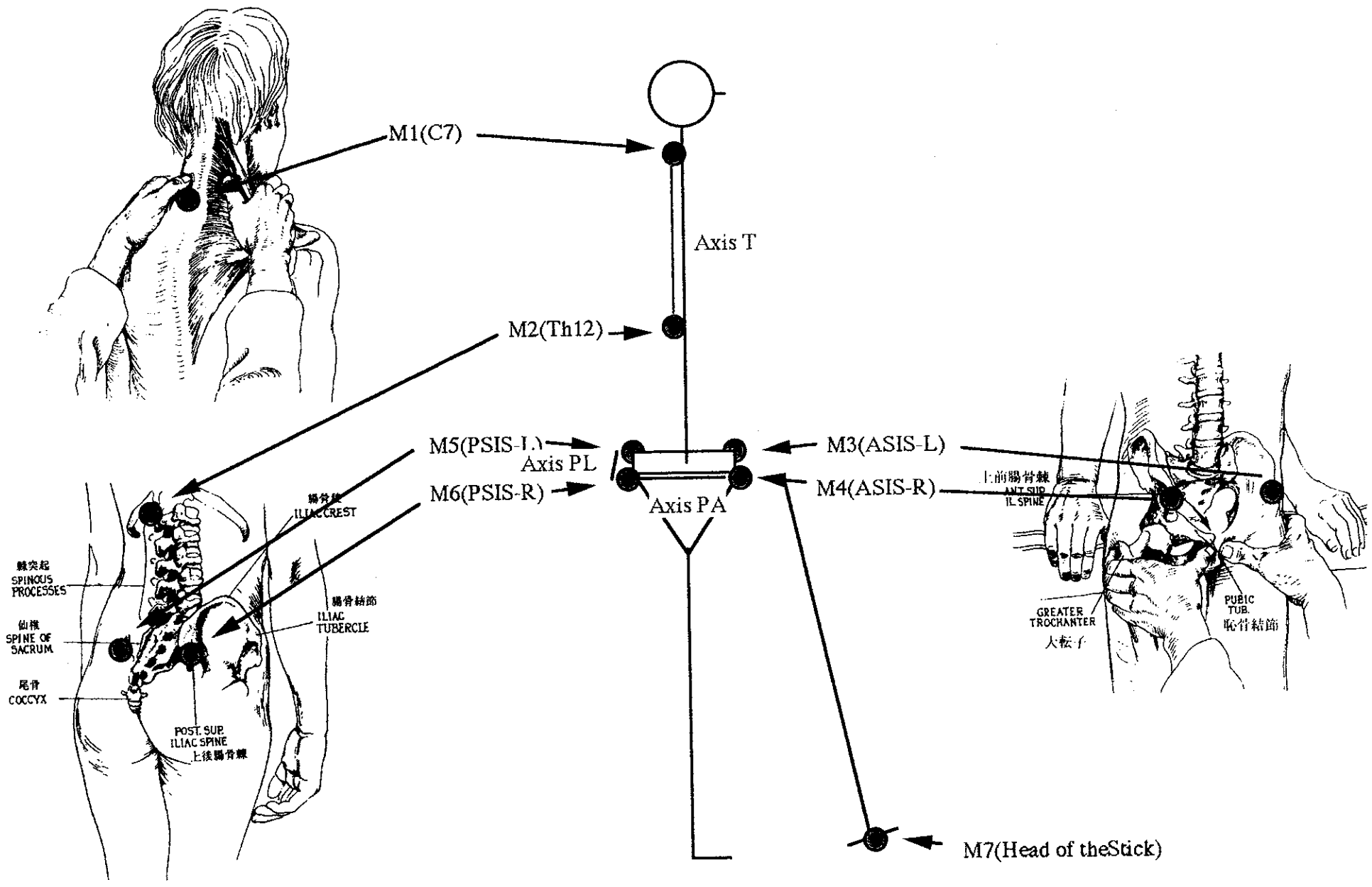
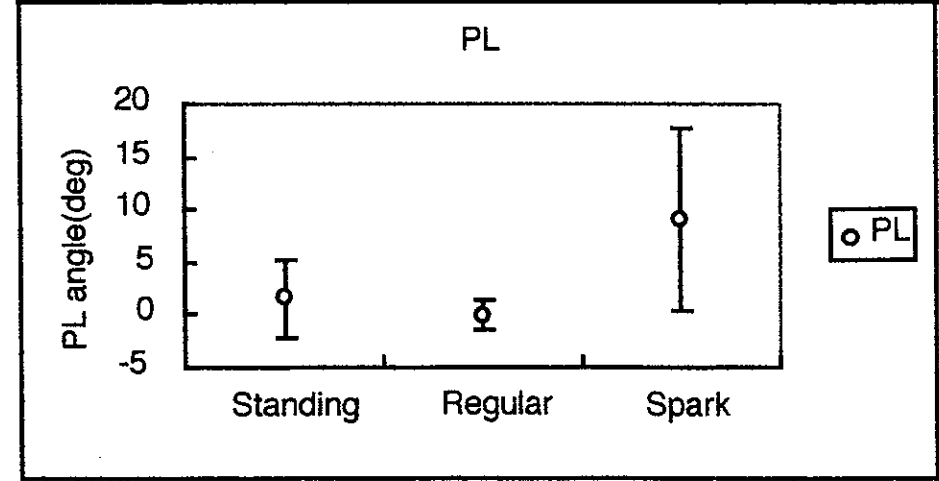
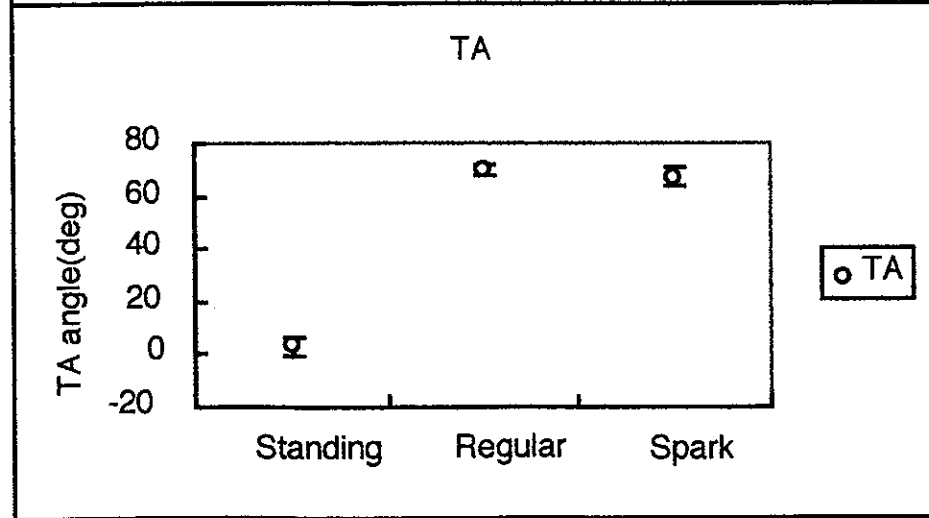
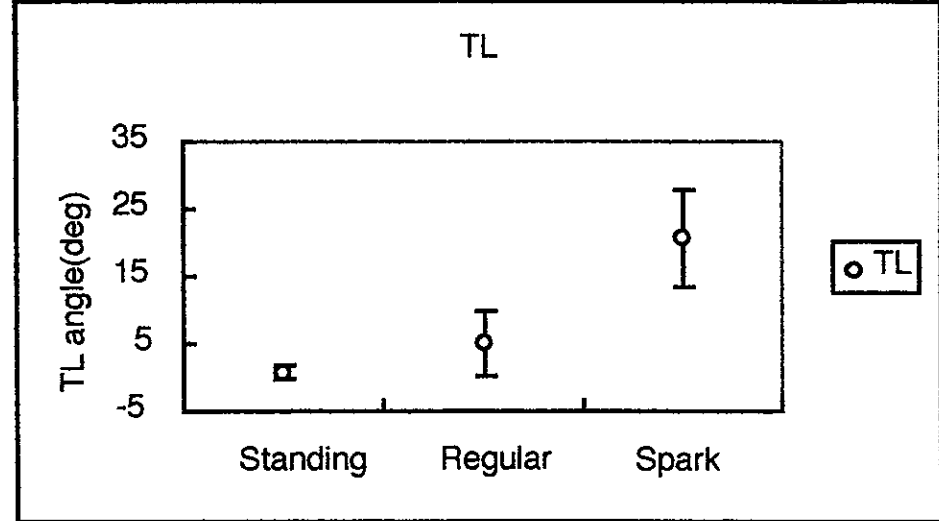
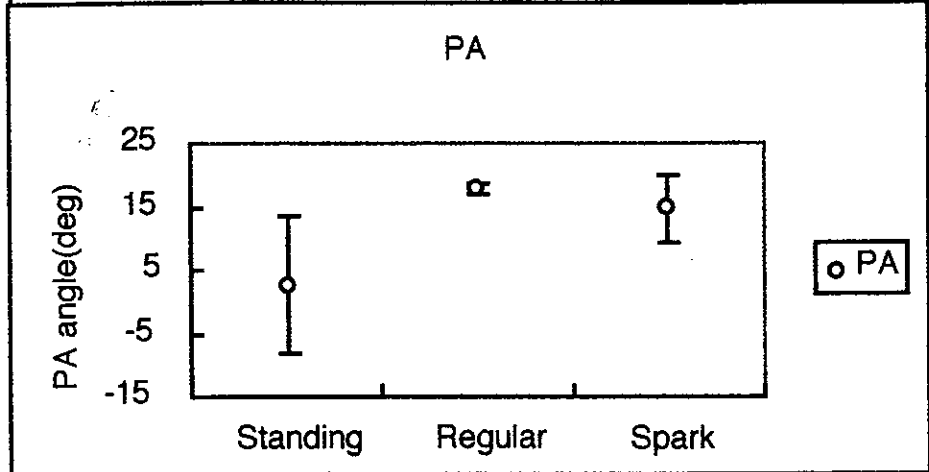
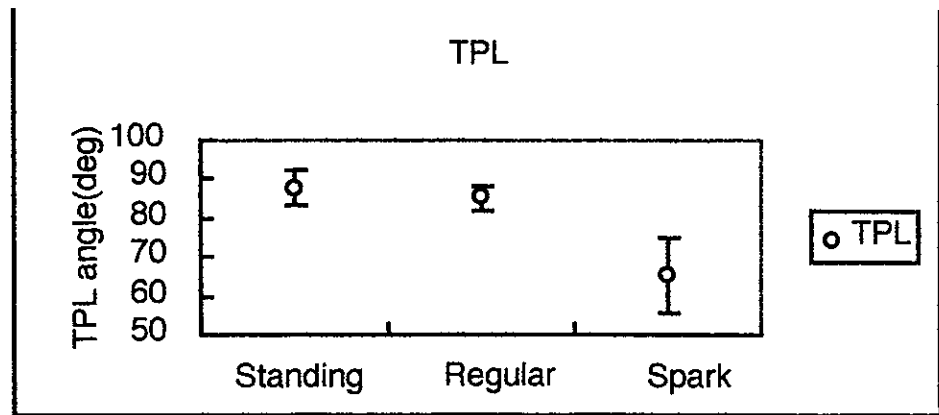
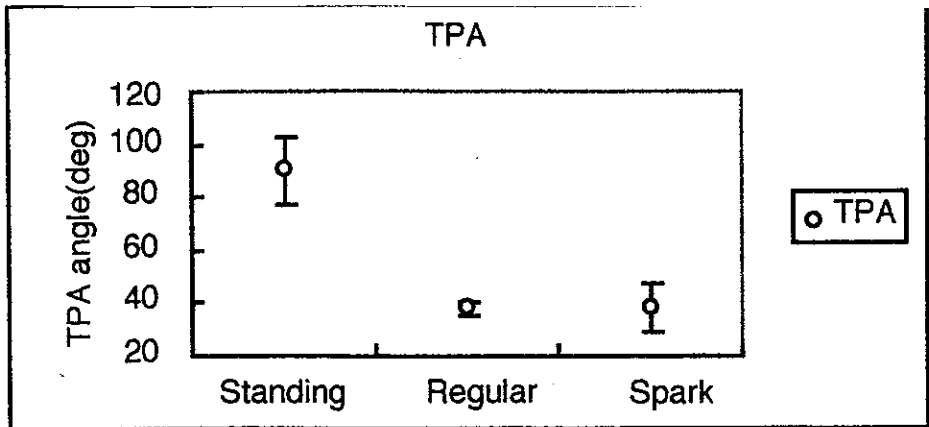


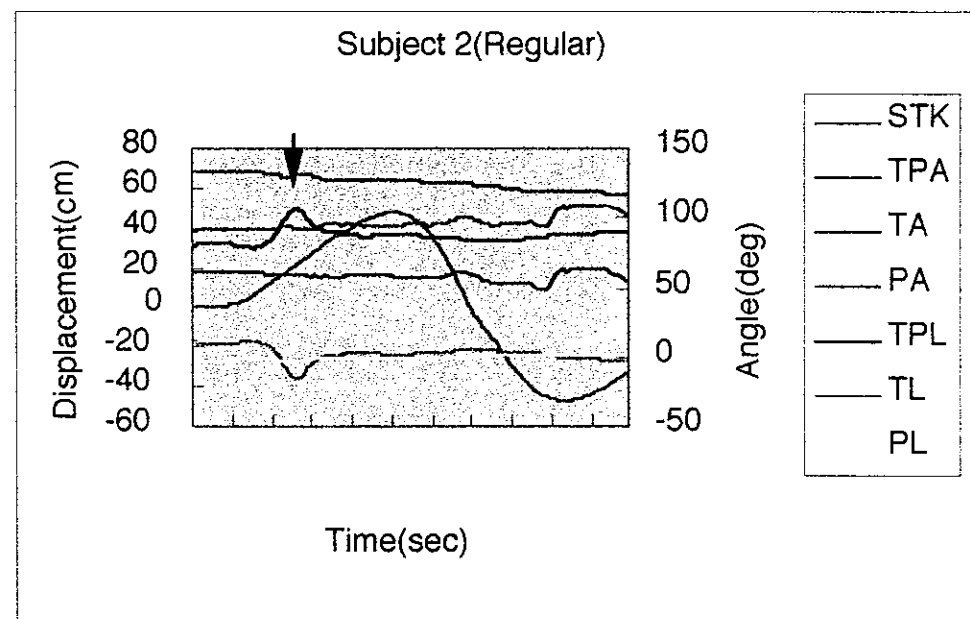
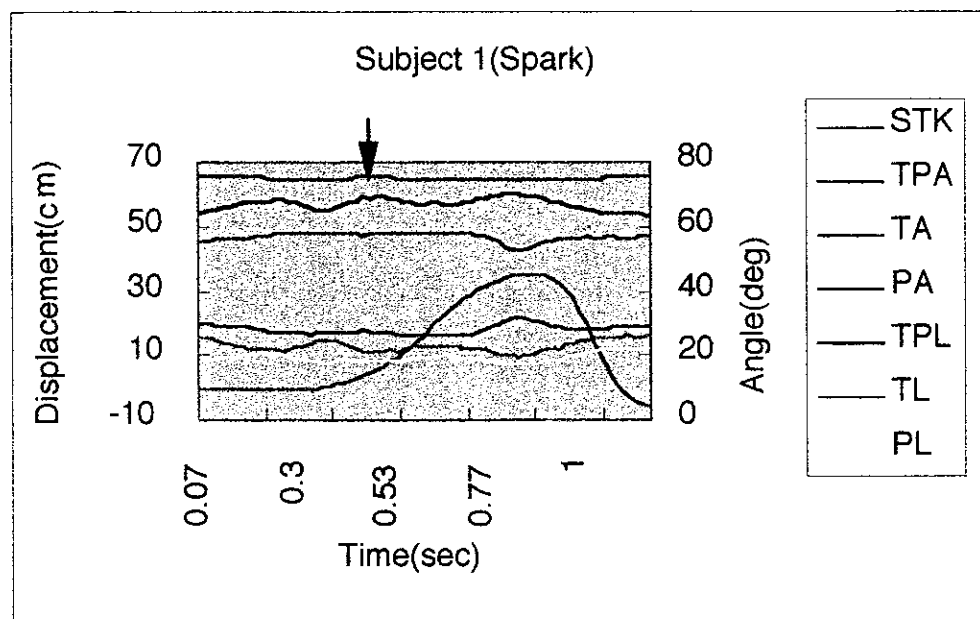
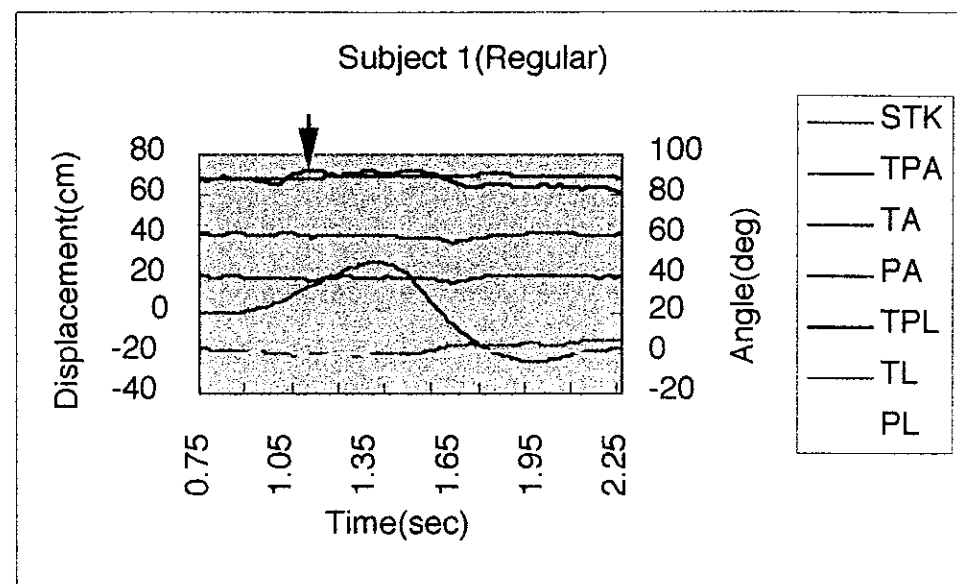
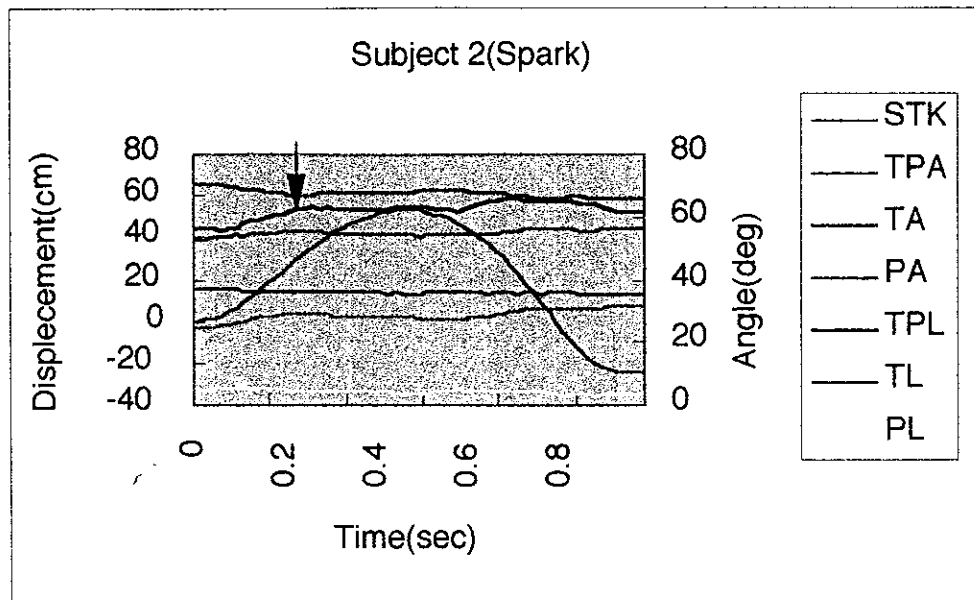
一七



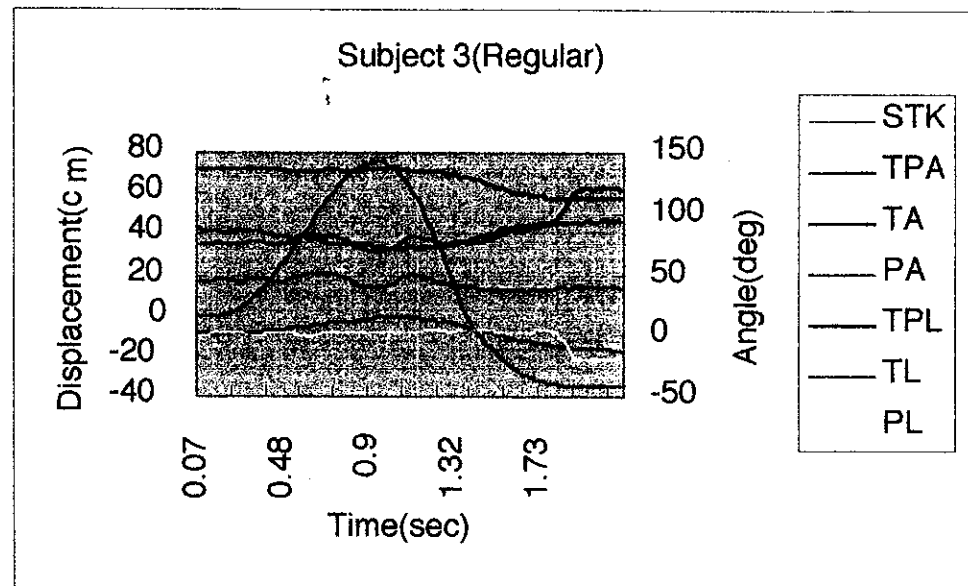
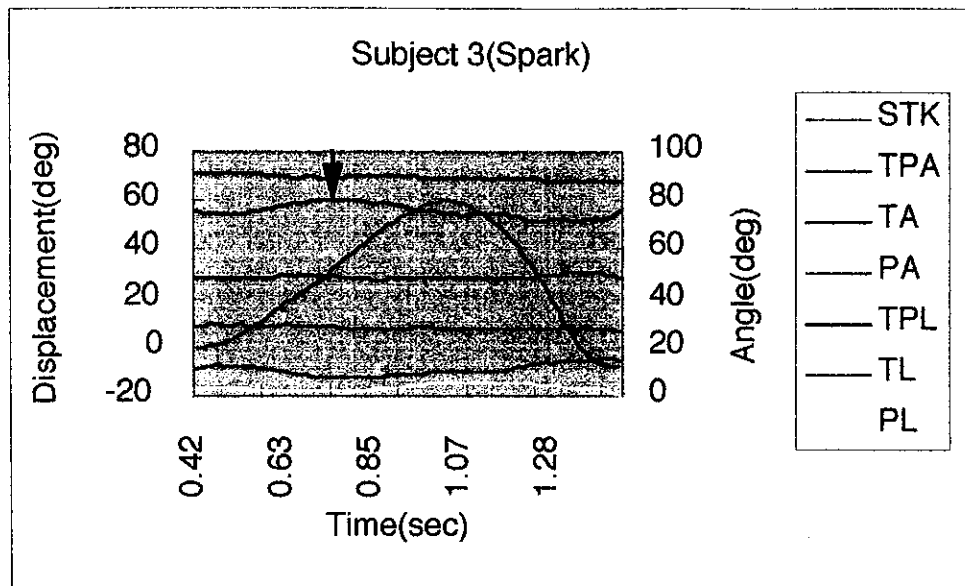
赤外線反射マーカの取り付け位置



各動作課題における角度肢位



各対象のスイング時の角度変位 (対象1・2)



各対象のスウィング時の角度変位 (対象3)

スポーツと腰痛

スポーツにおける腰痛は頻発する。バスケットボール全日本ジュニアチームメンバーの引退の原因は腰が43%を占め、代表選手の81%に腰痛の既往がある（佐藤）。また、事務仕事・軽作業を仕事としている日本人の腰痛患者の20%はスポーツ原因による（Matui）。スポーツ選手の腰部障害で最も頻度が高いのは椎間板ヘルニアでその好発レベルはL4-5間,L5-S1間である。また発育期の骨に繰り返しのスポーツ動作が加えられると腰椎分離症も頻発する（吉田）。反面、スポーツ選手において腰痛の有病率は対照群に比べて低い（Videman）事が明らかにされており、スポーツが腰痛の予防効果を持つ事も同時に考えられる。

腰椎障害発生頻度の高い競技は高い順に陸上競技、バスケットボール、柔道である（林）。競技内容別の腰椎の変性では重量挙げ選手では腰椎全体で変性が加速、サッカー選手では下部腰椎で変性が加速、長距離走選手では変性の加速は認められない（Videman）。

腰椎への負荷は重量挙げ・ラグビーで長軸方向に、野球・バスケ・サッカーにおいて回旋方向に、体操・剣道・水泳において屈伸方向にかかると言われている（中嶋）。腰椎を伸展すると椎弓圧迫と椎体前方に張力がかかり、屈曲で椎骨の前方構成要素に圧迫後方に張力がかかり椎間板ヘルニアとなりやすい。ちなみに回旋では横突起骨折・関節突起骨折・腰部回旋筋損傷、長軸方向圧迫では椎間板ヘルニアを引き起こしやすい（中嶋）。

競技別の症状としてはボクシング：ワンツーストレートでは左腰部痛を起こやすく、卓球では左広背筋中央部に運動痛、柔道では利き腕と反対の腰椎、ことに上位椎体に骨棘

、重量挙げ選手では腰椎前弯増強、ゲートボールと似通った運動課題を行うゴルフ選手では腰部回旋動作の繰り返しにより左腰部筋に過労症候群を生じたり体操選手では腰椎前弯増強・腰仙部に異常緊張感を生じる事が多い（中嶋）。

老化と腰痛

高齢者において腰痛症の有病率は高い。この原因としては老化により腰椎保持筋の減弱・腰椎保持筋の減弱・変形性脊椎症が発生する（中野）事や、Mellinの研究によると年齢は腰痛と有意な正の相関があり、腰椎の前後屈と側屈の可動域と年齢は有意な負の相関があり、回旋は女性のみ有意な負の相関、腰痛程度と可動域は男性において全ての方向で有意な負の相関がある事が報告されており、加齢および腰椎可動域が腰痛と密接な関連がある事が示唆されている。

文献

中嶋寛之・他：臨床スポーツ医学 メディカル葵出版 1985

林浩一郎：スポーツ外来ハンドブック 南江堂 1992

中野昇：腰痛の臨床 南江堂 1985

Matui H., Maeda A. et.al.: Risk indicators of low back pain among workers in Japan. Spine,22(11),1242-1248,1997

Mellin G.: Correlations of spinal mobility with degree of chronic low back pain after correction for age and anthropometric factors. Spine, 12(5), 464-468,1987

Savage R.A., Millerchip R. et.al.:Lumbar muscularity and its relationship with age, occupation and low back pain. Eur J App Phys, 63,265-268, 1991

吉田仁郎、菊池臣一：腰椎のスポーツ障害、（越智隆弘・他編：NewMook整形外科 No.3）、金原出版、1998

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

総括研究報告書

高齢者健康増進用の生活強度別運動処方器具と運動プログラム開発

分担研究者 室 増男 東邦大学医学部

研究要旨 軽度の固定負荷ペダリング運動終了時の心拍数を記録し、30秒間に生じる心拍数減衰時定数から自律神経機能を評価した。運動習慣群は減衰勾配が大きく、交感神経から副交感神経に切り換わる機能が大きかった。

A. 研究目的

高年者の運動プログラムを開発するために1万歩～2万歩の運動習慣をもつものとそれ以下の非運動習慣群の自律神経機能を比較することを目的とする。

B. 研究方法

対象者は1万歩～2万歩の運動習慣のある健康人61名（19才～77才）と運動習慣のない健康人60名（19才～77才）および糖尿病や高血圧等の疾患患者25名（20才～68才）の合計146名であった。被験者全員の安静心電図（心拍数、CV）、安静血圧（収縮期・拡張期）を計測した。そこで運動終了直後、30秒間の心拍数回復から指数関数的減衰曲線関数式の時定数（ T_{30} ）を求め、自律神経活動調節機能をその大きさから評価した。

C. 研究結果

自律神経活動調節機能を評価するために測定した T_{30} は加齢に対して延長することが認められた。運動習慣群（AHG）では相関係数 $r = 0.567$ （ $t = 4.504$ 、 $P < 0.001$ ）に対して、非運動習慣群（NSG）では相関係数 $r = 0.732$ 、（ $t = 7.908$ 、 $P < 0.001$ ）とすべて有意であった。

D. 考察

副交感神経活動の切り換え機能を評価するために、運動終了後30秒間の減衰心拍数（ T_{30} ）を求めた。その T_{30} 値は非運動習慣群（NSG）よりも運動習慣群（AHG）の方が顕著に小さ

い値であった。これは瞬時に心拍数の回復が加速されることを意味している。運動による交感神経活動は高位中枢指令、動脈圧受容器反射、および活動筋における機械的反射などによって亢進されるが、運動終了後ではそれらが消失すれば心拍数が迷走神経活動により抑制されるようである。

E. 結論

運動終了後30秒間に生じる経時的心拍数の相対的变化をみると、その減衰勾配はAGの方がRGよりも顕著に大きい値であった。心拍減衰時定数（ T_{30} ）を比較した結果、運動終了直後の自律神経の切り換わりスピードは運動習慣によって改善されることが明らかになった。

F. 研究発表

1. 論文発表

○運動競技選手における動的運動終了直後の副交感神経活動の切り換え特性。呼吸と循環、掲載許可、山縣孝司・宮本法子・室増男・只野ちがや・与那正栄・関博之

2. 学会発表

○ペダリング運動終了直後における交感神経と副交感神経活動の切り換え速度の検討。日本運動生理学会、福岡 1998, 7 室増男・只野千茅・山縣孝司・与那正栄・宮本法子・関博之

平成10年度厚生科学研究
「高齢者健康増進用の生活強度別運動処方器具と運動プログラム開発」
に関する研究報告

研究課題（プロジェクト1）：

副交感神経（迷走神経）活動の切り換え速度に係わる軽度運動習慣の効果
についての研究

研究実施期間：平成10年6月～平成10年12月

研究責任者：室 増男（東邦大学医学部）

共同研究者：宮本法子（東京薬科大学）

共同研究者：与那正栄（東京薬科大学）

共同研究者：只野ちがや（東邦大学医学部）

共同研究者：山県孝司（東邦大学医学部）

共同研究者：関 博之（新潟経営大学）

研究目的

現在の複雑な情報化社会は、生体にさまざまな精神的ストレスを与える。わが国において、精神的な疲労やストレスを感じている人は5割を超えており、また6割以上は運動不足と感じている。過大な精神的ストレスや運動不足は、生体の自律神経活動のインバランスを誘発させ、生活習慣病の発生頻度を高くするといわれている。さらに自律神経活動の調節機能は生理的運動機能と同様に年齢とともに低下する傾向がある。本研究は、中高年者の運動プログラムを開発するために、まず日常動作の延長線で行われている1万歩～2万歩の運動習慣に対する自律神経活動の調節機能評価を検討する目的である。

対象と実験方法

1. 対象者

対象者は1万歩～2万歩の運動習慣のある健康人61名（19才～77才）と運動習慣のない健康人60名（19才～77才）および糖尿病や高血圧症等の疾患患者25名（20才～68才）の合計146人であった。安静時心電図に異常を認めない全被験者を測定対象とした。

2. 自律神経活動調節機能の測定方法

被験者全員の安静心電図（心拍数，CV），安静血圧（収縮期・拡張期）を計測した。さらに従来から運動停止後に観察される10～15分間の心拍数回復曲線は、持久的競技選手において急激な指数関数的減衰曲線傾向を示すのに対して、非鍛練者においては緩徐な指数関数的減衰傾向であることが知られている。しかし最近、R-Rインターバル（RRI, R-R Interval）の計測がコンピューター化され、その分析精度が高くなり、できるだけ短時間の情報で交感神経と副交感神経活動の働きを評価できるようになってきた。そこで運動終了直後、30秒間の心拍数回復から指数関数的減衰曲線関数式の時定数（T30）を求め、自律神経活動調節機能その大きさを評価した。

まず運動負荷方法は、自転車エルゴメータを用いて、Borg指数の10~12の最大下固定負荷を決定する。そして30分後に設定した6分間のペダリング負荷運動を実施し、その終了直後から5分間の回復心拍数を測定した。

そして全員の安静時HR (beats/min), 安静収縮期 (SBP)・安静拡張期血圧 (DBP) (torr), 安静時RRIの変動係数(CVRR)、を計測した。さらに全員の指数関数的減衰曲線関数式のT30をコンピュータから求めた。それぞれのデータから、1万歩~2万歩の運動習慣群と非運動習慣群および疾患群について比較した。

結果

運動習慣群 (AHG) と非運動習慣群 (NSG) の加齢に対する各HR, SBP, DBP, CVRRの関係は図1に示した通りである。そのHRには両者の間に関係はなかったが、他の3者には相関関係が見られた。SBPとDBPには相関係数 $r=0.45$ ($t=4.807$, $p<0.001$) と $r=0.462$ ($t=4.311$, $p<0.001$) が認められた。さらにCVRRでは $r=0.455$ ($t=1.706$, $p<0.05$) の相関関係が認められた。

自律神経活動調節機能を評価するために測定したT30は加齢に対して延長することが認められた。AHGでは相関係数 $r=0.567$ ($t=4.504$, $p<0.001$) に対して、NSGでは相関係数 $r=0.732$ ($t=7.908$, $p<0.001$) とすべて有意であった(図2)。このAHGとNSGの間で、顕著な違いが認められた。すなわち、NSGでは加齢にともなってT30値は著明に延長することが明かである。反対にAHGでは緩徐な延長しか認められない。すなわち加齢にともなってT30値が変化しにくいことを意味するものである。

一方、疾患群 (DG) の加齢に対する各HR, SBP, DBP, CVRRの関係は図3に示した通りで、健康人の傾向にほぼ一致したのはSBP, DBP, CVRRの3つであった。HRにおいては加齢にともなって減少する傾向であった。これは高齢になればなるほど運動習慣に努めている傾向にあったことが要因と考えられた。

さらにT30についてみると、健康人のような傾向が消失し、加齢には無関係であることが認められた(図4)。

考察

運動習慣のある人の生理的機能はそうでない人と比較して高いといわれている。そして各諸臓器機能の中で、心臓機能の適応は最も顕著に現われる。特に心臓の変時性予備力に現われる。われわれは安静状態で見い出せない瞬時の交感神経活動と副交感神経活動の切り換え機能を運動終了後の回復心拍数現象から検討した。

副交感神経活動の切り換え機能を評価するために、運動終了後30秒間の減衰心拍数 (T30) を求めた。そのT30値は非運動習慣群 (NSG) よりも運動習慣群 (AHG) の方が顕著に小さい値であった。これは瞬時に心拍数の回復が加速されることを意味している。運動による交感神経活動は高位中枢指令 (central command) ^{2,3,4}、動脈圧受容器反射^{8,9,11}および活動筋における機械的反射 (mechanoreflex) ⁷、さらには代謝的反射 (metaboreflex) ^{5,6,7} などによって亢進されるが、運動終了後ではそれらが消失すれば心拍数が迷走神経活動によって抑制される。この機構から運動終了後の急速な心拍数の

減少が説明されている。すなわち中枢指令消失にともなって迷走神経の抑制が解放されて再活性を生じ、動脈圧受容器反射によって心拍数が抑制されるとしている^{4,6)}。

O'Learyら⁶⁾は、運動終了後の迷走神経再活性について、副交感神経の切り換えりスピードに強く関連している主要因を中枢指令の消失と動脈圧受容器徐脈反射の機構によると結論づけた。またImaiら¹⁾はこの2分以内の現象に注目して、薬理学的作用による影響からその機構を検証した。それによると急速に心拍数の減少が生じる30秒以内の減衰相は、交感神経遮断薬 (propranolol) と交感神経遮断薬 (atropine) の両薬理作用とは無関係に進行することを証明された。本研究結果もNSGとAHG間で顕著な違いを示したことから、**T30**値は神経性の反射機構に関連する現象と考えられる。

静脈還流の急増に対する動脈圧受容器反射は心拍数を減少させるが、**AHG**の**T30**値に大きな影響を及ぼす要因がその動脈圧受容器反射に存在するものと思われる。事実、運動終了直後の心拍数の抑制は瞬時に出現し、その後副交感神経活動の切り換えりによって心拍数がさらに抑制されている。すなわち動脈圧受容器反射の感受性は副交感神経活動の切り換えりスピードに相乗作用をもとらすものと考えられる。

以上のことを考慮すると、**T30**値は迷走神経活動の切り換えりスピードに関連している可能性がある。安静時と一定負荷運動時における心臓拍動調節 (**HR**) は交感神経活動と迷走神経活動のバランスの上に成り立っているが、安静から運動開始さらに運動停止から安静に変化するダイナミックな自律神経活動の調節には、**AHG**に巧妙な機構が獲得されている可能性がある。心臓拍動調節の優位性は、副交感神経活動の適度な増加と交感神経活動のわずかな減少によって促進される⁸⁾ことを考えれば**AHG**特有に獲得される機構と考えられる。^{8,9,10)}

以上の結果から運動は軽度であっても、長期間運動が習慣化されれば迷走神経活動が改善されることを示唆した^{5,7)}。

結語

本研究は、軽度の固定負荷ペダリング運動終了後の自律神経の切り換えり機能をその30秒間に生じる心拍数減衰時定数から評価し、運動習慣によってもたらされる神経性調節機構の改善について、運動習慣群と非運動習慣群および疾患群の比較から検証した。

- 1) 運動終了後30秒間に生じる経時的な心拍数の相対的変化をみると、その減衰勾配は**AG**の方が**RG**よりも顕著に大きい値であった。
- 2) 心拍減衰時定数(**T30**)は**AHG**の方が運動習慣のある人よりも有意に小さい値であった。
- 3) 心拍減衰時定数(**T30**)を比較した結果、運動終了直後の自律神経の切り換えりスピードは運動習慣によって改善されることが明らかになった。
- 4) 心臓機能の制御には中枢系の複雑な機構が関与しているが、**T30**値は神経性の反射機構によって引き起こされる現象であることが示唆された。

文献

- 1) Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M and Kamada T : Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 24 : 1529-1535, 1994
- 2) Secher NH : Heart rate at the onset of static exercise in man with partial neuromuscular blockade. *J Physiol* 368 : 481-490, 1985
- 3) Friedman DB, Jensen FB, Mitchell JH and Secher NH : Heart rate and arterial blood pressure at the onset of static exercise in man with complete neural blockade. *J Physiol* 423 : 543-550, 1990
- 4) Williamson JW, Nobrega AC, Winchester PK, Zim S and Mitchell JH. Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise : central command and muscle-heart reflex contributions. *J Appl Physiol*. 78 : 1273-1279, 1995.
- 5) O'Leary DS : Autonomic mechanisms of muscle metaboreflex control of heart rate. *J Appl Physiol* 74 : 1748-1754, 1993.
- 6) O'Leary DS : Heart rate control during exercise by baroreceptors and skeletal muscle afferents. *Med Sci Sports Exerc* 28 : 210-217, 1996
- 7) Rowell LB and O'Leary DS : Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol* 69 : 407-418, 1990
- 8) Shi X, Stevens GH, Foresman BH, Stern SA and Raven PB : Autonomic nervous system control of the heart : endurance exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 27 : 1406-1413, 1995
- 9) La RM, Mortara A, Sandrone G and Lombardi F : Autonomic nervous system adaptations to short-term exercise training. *Chest* 101(5) : 299S-303S, 1992
- 10) Goldsmith RL, Bigger JJ, Bloomfield DM and Steinman RC : Physical fitness as a determinant of vagal modulation. *Med Sci Sports Exerc* 29 : 812-817, 1997

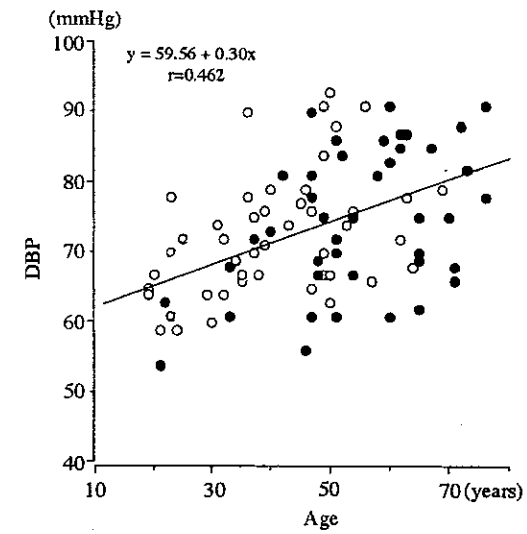
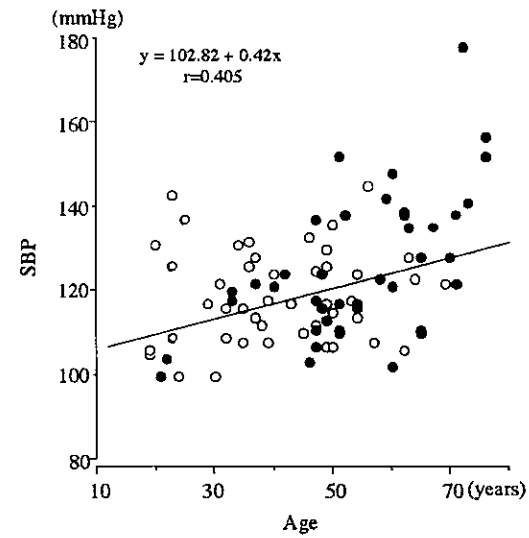
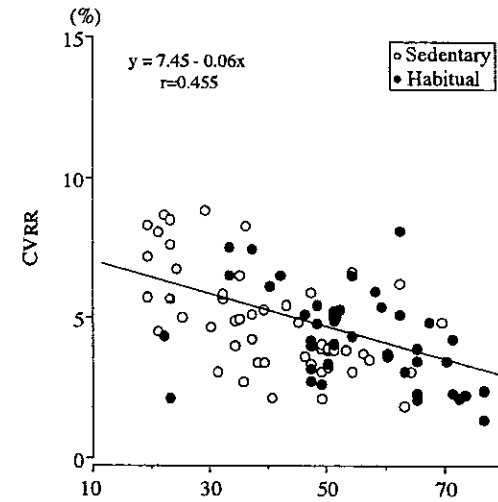
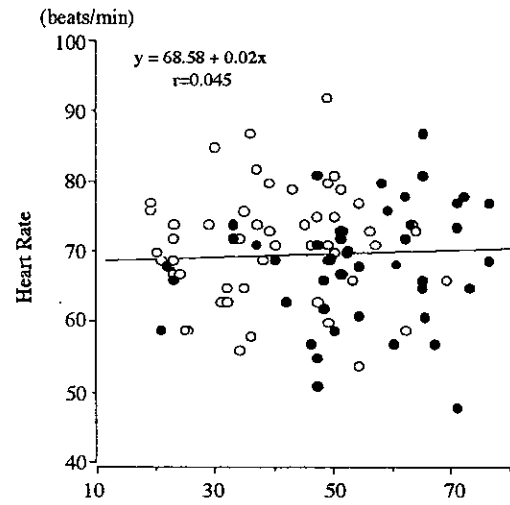


Fig 1.

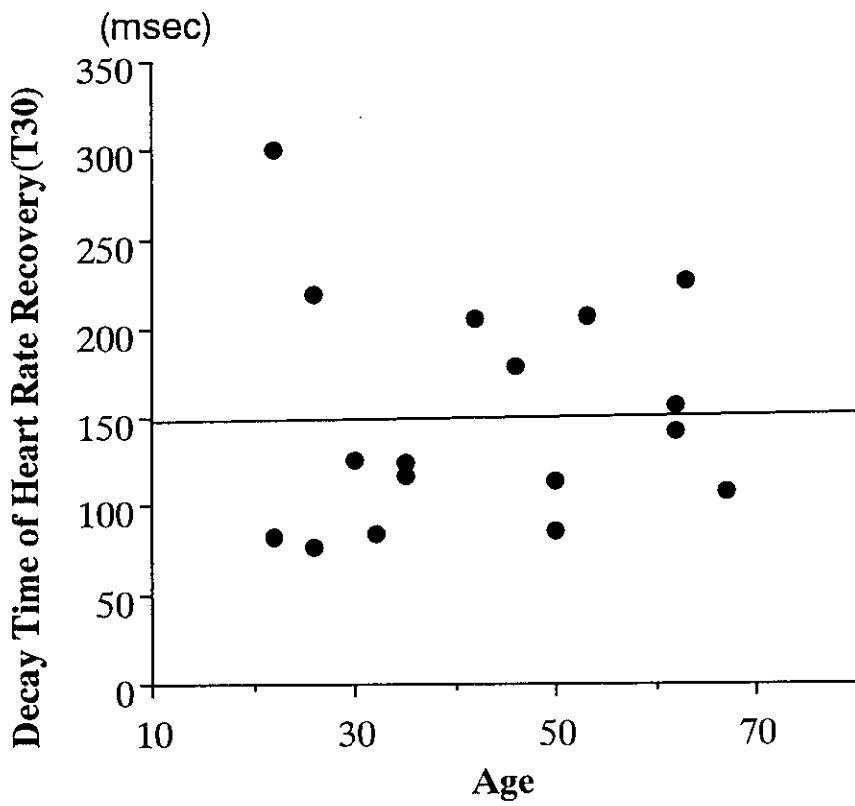


Fig. 4

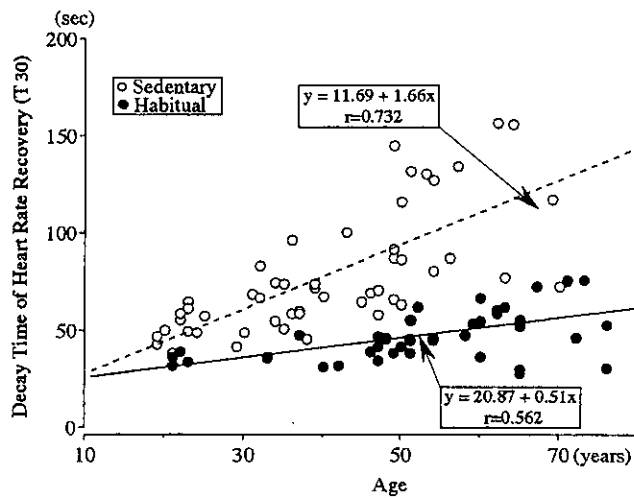


Fig. 2

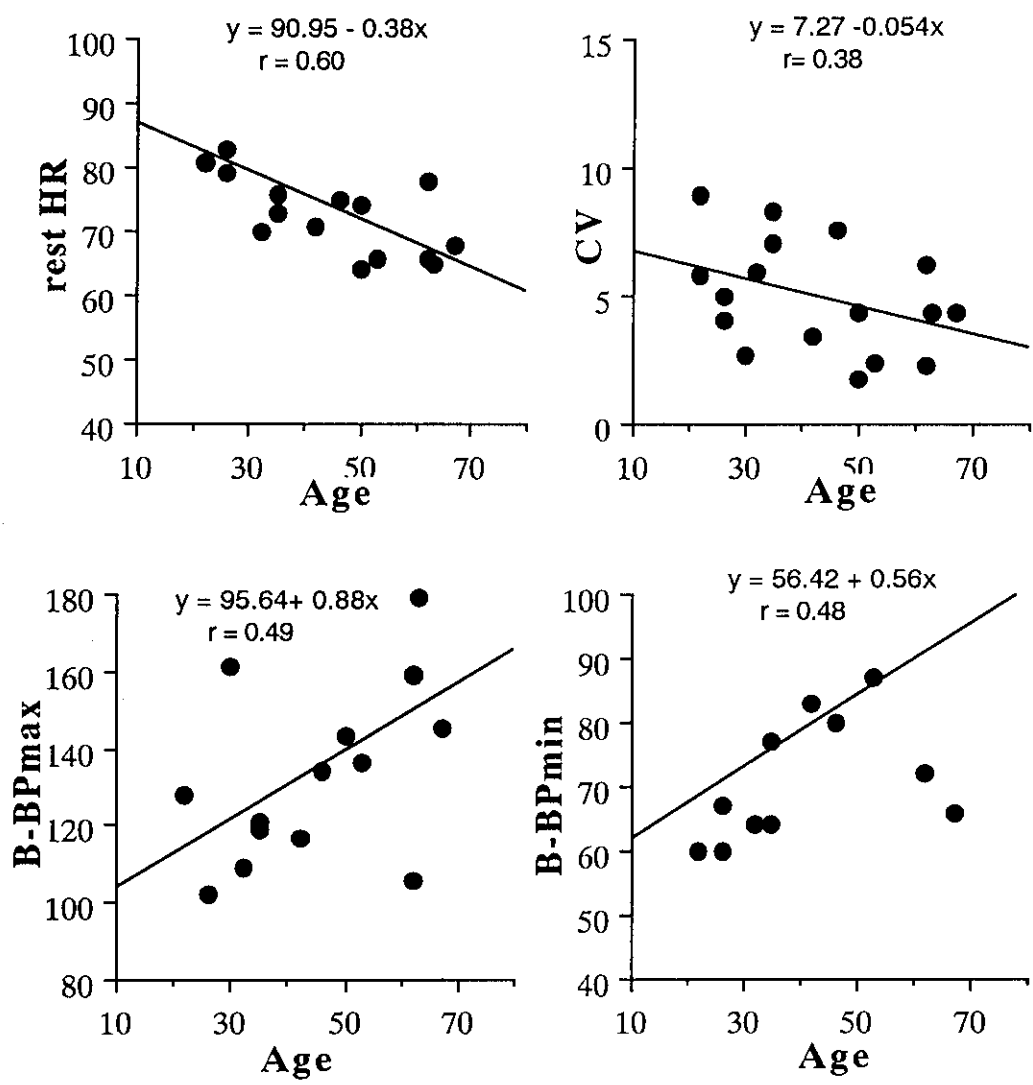


Fig. 3

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

総括研究報告書

高齢者健康増進用の生活強度別運動処方器具と運動プログラム開発

分担研究者 森 昭雄 日本大学文理学部

研究要旨 運動効果の1つとして交感神経の優位とともに筋温の上昇と循環機能の向上が考えられる。高齢者の歩行運動によって下腿筋群の温度上昇がサーモグラフィによって非侵襲的に証明された。

A.研究目的

高齢者の歩行でどのような下肢筋を使っているのかをサーモグラフィを用いて明らかにし、運動への強度とその効果を非侵襲的に見いだすことを目的とする。

B.研究方法

被験者は健康な高齢者男性5名（65～78歳）であった。環境条件は、気温 $24^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50\%\pm 0.3\%$ の環境を一定に保持した防音形人工環境室で実施した。

歩行はトレッドミルで $1.5\sim 1.6\text{km/h}$ で行わせた。これらの実験は、全被験者ともに裸足で運動負荷を行わせた。測定および記録は、医用サーモグラフィ装置を用いた。

C.研究結果

安静時における左右脚の前脛骨筋領域の皮膚温度は、各々 33.4°C であった。ウォーキング負荷後2分経過後に、左脚の前脛骨筋領域の温度は 35.3°C となり、Control値よりも 1.9°C の上昇を示した。右脚前脛骨筋は3分で 35.0°C で 1.6°C の温度上昇を示した。後面からみた安静時における左脚腓腹筋領域の皮膚温度は、外側で 32.9°C 、内側で 32.8°C であった。右脚腓腹筋の外側および内側とも 33.0°C であった。

D.考察

高齢者のトレッドミルでのウォーキング負荷で腓腹筋および前脛骨筋を覆っている皮膚領域

に温度上昇が観察された。最大温度上昇は 2.0°C を示した。前脛骨筋と腓腹筋の筋放電は著しく、特に腓腹筋内側の放電は顕著であった。これに対して、腓腹筋外側の筋放電は、非常に弱く、ウォーキング時にはごくわずかの活動しかしていないようである。

E.結論

- 1.室温 24°C 条件下におけるウォーキング負荷後では全被験者の前脛骨筋ならびに腓腹筋領域の皮膚温度の上昇を認めることができた。
- 2.ウォーキング負荷後の皮膚温度のピークに至る時間は5分以内であった。
- 3.最大温度上昇は 3°C で最も低いもので 0.8°C であった。

F.研究発表

1.論文発表

- ネコ正中神経切断後の機能回復と大脳皮質運動野の可塑性.運動・物理療法 J.Physical Medicine 9,136-145,1998,森昭雄・久保木優・重城哲・吉本俊明・川井昂・峯島孝雄
- サーモグラフィを用いた下腿の運動負荷と筋活動部位の皮膚温の研究. Biomedical Thermology 18,168-175,1998, 森昭雄・久保木優・重城哲・吉本俊明・川井昂・峯島孝雄

赤外線カメラを用いた高齢者における下腿領域の筋活動の研究

森 昭雄, 重城 哲, 喜多 安哲

日本大学文理学部

I. はじめに

近年、臨床面でサーモグラフィは、病巣領域を捉える一つ的手段方法として非侵襲的かつ非接触的に皮膚の広範囲の温度分布状態を視覚的に捉えることができ、繰り返し測定することができるという利点があり、応用されてきた¹⁻¹⁰⁾。

蟹江⁹⁾は、変形性股関節症への医用サーモグラフィの応用として、術前の病状判断および術後の経時的な症状改善の程度やリハビリテーション効果を知る判断材料に成りうることを報告している。また蟹江と谷田¹¹⁾は、高齢者の下肢筋の運動訓練を6週間負荷させたところ腓腹筋領域の皮膚温が著しく上昇することを報告している。

最近、重城ら¹²⁾は活動筋領域を視覚的に捉える方法としてサーモグラフィを使用し、一定環境下で肘関節の屈曲動作による主動筋である上腕二頭筋領域の活動と拮抗筋である上腕三頭筋領域の皮膚温の変化をサーモグラフィで調べた。その結果、発揮する活動筋領域の皮膚温が顕著に上昇し、それも負荷強度に対応し、強度が大きいほど上腕二頭筋領域の皮膚温の上昇も高くなり、その後回復することを報告した。サーモグラフィは、動作の制限なく簡単かつ経時的に捉えることが可能となった。

また、森ら¹³⁾は、動物実験から筋収縮による温度上昇を直接サーモグラフィで確かめ、さらにヒトの活動筋領域の温度上昇部位はアルコールを用いた冷却負荷実験で一過性に温度低下を生じて直ぐに温度上昇が生じ、筋収縮熱に起因することを確かめた。

久保木ら¹⁴⁾は、ウォーキングやジョギングで活動筋領域の皮膚温は確実に温度上昇をきたすことを実証している。このなかで、ウォーキング動作による下肢筋の活動をサーモグラフィで捉えることが出来るかを調べた結果、24℃から18℃に環境温度を下げた場合においても限局した活動筋部位上の皮膚温上昇を報告している。これは、ジョギングについても同様に温度上昇を認めている。

ヒトの歩行は移動動作の最も基本の要素の一つであるが、これが高齢者では健康管理上の問題から一時的に寝込んでしまったことが原因で、そのまま歩行困難になってしまいベッドでの生活を送るか車椅子の生活をするヒトが多く見られる。

歩行は空間における重心の移動であり身体格部位の協調的制御を必要としている。Spielberg¹⁵⁾ (1940) は加齢による歩行の変化を3段

階に分け、第1段階は、60～72歳で歩行速度の低下、歩幅の減少、歩調の低下、重心の上下動減少、上肢と下肢の協調の不調を認めている。第2段階は、72～86歳で下肢と上肢の共同作用が失われて無意味な運動が加わってくる。第3段階は、86～104歳で歩行パターンが乱れてくる。しかし歩行障害が年齢だけで限定するのは問題が多すぎて、そのヒトの健康に対する生活習慣も十分考慮する必要がある。

高齢者の歩行において、どのような下腿筋群の活動が顕著かを明らかにすることで高齢者に対する下肢筋力増強の対策を立てることが可能かと思われる。

そこで本研究では高齢者の歩行でどのような下肢筋を使っているのかをサーモグラフィを用いて明かにする。

II. 方法

被験者は、健康な高齢者男性5名（65～78歳）であった。予め実験を開始するにあたり、被験者に本研究の目的、方法について十分に説明し、本研究への参加の同意を得た。

環境条件は、気温 $24^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、湿度は $50\% \pm 0.3\%$ の環境を一定に保持した防音形人工環境室で実施した。また、温度による影響を見るために1名の被験者で活動筋部位の皮膚温の変化が観察されるか否かを調べた。すなわち、人工環境室の温度設定を低温下 $18^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50\% \pm 0.3\%$ の実験を行なった。

被験者は短パンを着用、実験室に入り両下肢を露出させ、40分間の安静を保持し、気温に充分慣れさせた。

歩行は、トレッドミルで $1.5 \sim 1.6\text{km/h}$ で行なわせた。これらの実験は、全被験者とともに裸足で運動負荷を行なわせた。

測定および記録は、富士通社製医用サーモグラフィ装置（INFRA-EYE 1200A）を用いた。温度の測定部位は、下腿前面、側面から捉えた前脛骨筋、および後面から捉えた腓腹筋領域を黒枠で囲んだ各々の部位（Figure 1）の最高温度を計測した。この計測は、自動取り込による被写体の中心温度を求め、温度ステップ 0.4 から 0.8°C で行なった。フレーム加算回数は、32回で行なった。下肢を前後左右にそれぞれ撮影を行い、一度データをフロッピーディスクに記録した。その後、日立社製ビデオプリンターによりサーモグラムをプリントアウトした。実験は1日一条件とし、2日以上の間隔で行われた。

III. 結果

Fig.1-A は、室温 24°C 条件下でトレッドミルにおけるウォーキングを 1.5km/h で10分行なわせ皮膚温度分布の変化を示したものである。Control（運動負荷前の安静時）の前面（A-1）において、安静時における左右脚の前脛骨筋領域の皮膚温度は、各々 33.4°C であった。ウォーキング負荷後、中段に示しているように2分で、左脚の前脛骨筋領域の温度は、顕著で 35.3°C でcontrol値よりも 1.9°C の上昇であった。

右脚前脛骨筋は、3分で35.0℃で1.6℃の温度上昇を示した。後面からみた安静時における左脚腓腹筋領域の皮膚温度は、外側で32.9℃、内側で32.8℃であった。右脚腓腹筋の外側および内側ともに33.0℃であった。ウォーキング負荷後、5.30分で皮膚温度は、左脚腓腹筋の外側で34.1℃、内側で33.9℃で、各々1.1℃と0.9℃の上昇を観察した。右脚腓腹筋の外側で33.7℃、内側で、34.1℃を示し、各々0.7℃と1.1℃であった。

Fig.2はFig.1の被験者Kの腓腹筋領域の皮膚温度を示したもので運動直後から腓腹筋内側、外側ともに温度上昇がみられ、最高温度を示したのは約9分であった。その後、約60~70分でもとの温度まで回復した。前脛骨筋でも同様に運動直後から温度が生じ約9分でピークに至った。その後、約60から70分でもとの状態まで回復した。

Fig.3は、時速1.6km/hで10分のトレッドミル歩行負荷による腓腹筋および前脛骨筋領域の皮膚温度の変化を示している。Fig.3-Aは、10名の被験者の腓腹筋領域における温度変化を示したもので、全員負荷後から温度上昇を示し最高で2.0℃を示した。Fig.3-Bは、10名の被験者における前脛骨筋領域の皮膚温度の変化を示したものである。全員負荷後から温度上昇を示し、最高温度上昇は9分前後で2.0℃の値を示した。

考察

本研究において、高齢者のトレッドミルでのウォーキング負荷で腓腹筋および前脛骨筋を覆っている皮膚領域に温度上昇が観察された。これは全被験者に観察された。最大温度上昇は2.0℃を示した。Close¹⁶⁾(1964)によれば、歩行時の下腿筋の活動は、立脚相で下腿三頭筋、遊脚相で前脛骨筋の放電が強まることを報告している。

久保木ら¹⁴⁾の報告においも前脛骨筋と腓腹筋の放電は著しく特に腓腹筋内側の放電は、顕著であった。これに対して、腓腹筋外側の筋放電は、非常に弱く、ウォーキング時には、ごくわずかの活動しかしていないことを報告している。サーモグラフィーの結果から腓腹筋内側の皮膚温度の上昇は、筋活動部位の筋温度上昇が皮膚表面温度を上昇させたものと思われる。

この結果は、腕と下肢との違いはあるが、重城ら¹²⁾(1997)の結果と同様を示した。すなわち、重城ら¹²⁾は上腕屈曲動作を行わせた場合、活動筋である上腕二頭筋領域の皮膚上に顕著な温度上昇を認めている。この温度上昇は、負荷の強弱によって異なることも報告している。また、非活動筋である拮抗筋の上腕三頭筋領域の皮膚表面上には、温度変化も認めることができなかつたことも報告している。

樫村と上田¹⁷⁾は、上肢の動的運動において、活動筋上の皮膚だけに温度の上昇が生じることを報告している。

一方、森ら¹³⁾は、片足爪先立ち反復動作によっても、動作側に顕著

な温度上昇を得ている。さらに、筋収縮による筋温上昇を確認するため、ネコの腓腹筋を露出した標本で筋を直接刺激した。刺激後、筋温度上昇は、刺激直後から上昇し、最高0.8℃を示し、約30分で回復することをサーモグラフィにより証明している。

樫村と上田¹⁷⁾は、活動筋上の皮膚温度上昇の原因を筋血流量の増加及び筋温の上昇による伝導、対流による熱放散のための皮膚血管の拡張とした。しかし、重城ら¹²⁾は、活動筋上の皮膚血流量は、運動負荷後にほとんど変化を示さなかったと報告している。

蟹江⁹⁾は、筋と皮膚温度の関係について、変形性股関節症の研究における臨床例として、患側臀部で皮膚温度の低下が認められ、患部臀筋萎縮の改善が皮膚温度の改善に大きく影響することを報告している。この報告は、著者らが得た筋収縮活動の高まりによって、活動筋領域の皮膚温度の上昇も高まることを強く示唆している。

最近、蟹江^{10,11)}(1998)は、高齢者の両足爪先立ち運動によって、腓腹筋領域の皮膚温度の上昇することを報告している。

真島¹⁸⁾は、筋の発熱は収縮の強さに比例し、収縮の初期に見られる初期熱と筋の弛緩後に見られる回復熱の2つに分類できるとした。そして、回復熱は初期熱よりも発熱量が大きく、回復反応を進行するため発熱が持続することが知られている。

重城ら¹²⁾(1997)は、上腕の屈曲動作反復で、負荷が大きい程回復に要する時間が長く、それは45分くらいであったことを報告している。

森ら¹³⁾(1998)は、片足爪先立ち負荷後筋温上昇時に、皮膚温上昇部へアルコールによる寒冷負荷を課することで一過性に皮膚温の低下を示したが、それは、短時間でほぼ元の状態に回復した。このことは、皮膚血管の収縮により皮膚血流が低下しても筋収縮によって生じた熱が皮膚表面に強く反映したものである。

今回の実験結果から、ウォーキングあるいはジョギングでもサーモグラフィで活動部位を簡単に捉えることが出来た。さらに環境温度が多少変動しても皮膚温度分布状態から活動筋部位を捉えることが明らかになった。

室温24℃条件下での皮膚温度の上昇は、全被験者の前脛骨筋ならびに腓腹筋内側領域に認められた。

また、蟹江と谷田がサーモグラフィを用いて高齢者の下肢領域のリハビリテーションに役立つことを報告している。このことから高齢者のウォーキングにおける活動筋領域についても明らかにしていきたい。

V. 結論

本研究は、人工環境室で室温24℃、湿度50%において、ウォーキング(1.5km/hを10分)をトレッドミルで負荷させ、そして安静時および運動負荷後の下腿筋群領域の皮膚温度の変化について、8名の被験

者で調べ以下の結果を得た。

1. 室温 24℃条件下におけるウォーキング負荷後では、全被験者の前脛骨筋ならびに腓腹筋領域の皮膚温度の上昇を認めることができた。
2. ウォーキング負荷後の皮膚温度のピークに至る時間は 5 分以内であった。
3. 最大温度上昇は 3℃で最も低いものでも 0.8℃であった。

以上のことから、下腿部位においても皮膚温度の上昇から、サーモグラフィで皮膚表面下の筋活動領域を捉えることが可能となった。これは、健康増進のための運動効果や高齢者に対しての運動効果を視覚的に簡単捉えることが出来、利用価値もさらに高まるものと思われる。