

脳心血管抗加齢研究会機関誌

Anti-aging Science

Vol.8
No.1

2016.12

脳心血管抗加齢研究会2016

(併催) アンチエイジングフェスタ2016

アンチエイジングサイエンス～分子から実践へ～ プログラム・抄録集

【特別企画 対談】

ストレスを認識することから始まるアンチエイジング
野出 孝一 氏×芳本美代子 氏

【臨床報告】

■複合高周波によるEMSが腹部内臓脂肪面積,
血漿アディポネクチンに及ぼす改善効果について

複合高周波によるEMSが 腹部内臓脂肪面積、 血漿アディポネクチンに 及ぼす改善効果について

Beneficial Effects of EMS combined with low and high-frequency on visceral fat volume and plasma adiponectin level

森下 竜一 大阪大学大学院医学系研究科 臨床遺伝子治療学寄附講座教授
橋 弥 尚孝 大阪大学大学院医学系研究科 臨床遺伝子治療学寄附講座特任准教授/カルナ・メドサロン 寛友会クリニック院長
横山 幸三 独立行政法人国立病院機構 都城医療センター麻酔科
桑畑 亮嗣 エクスケア・ジャパン株式会社 代表取締役社長
細山 浩 株式会社エム・エイチ・ビー 代表取締役副社長, 農学博士

Key Words

高周波電気刺激, EMS, 内臓脂肪,
アディポネクチン, 生活習慣病

要 約

腹部へ複合高周波EMSを用いて1ヶ月間有酸素運動と無酸素運動を他動的に交互に行い、その脂肪代謝への影響を検討した。腹部の総脂肪面積は減少したが、皮下脂肪よりも特に内臓脂肪面積が有意に約46%減少した。内臓脂肪が減少した機序として、①血漿アディポネクチン濃度が有意に増加したこと、②腹部への複合高周波EMSによるインナーマッセルの有酸素および無酸素運動の両方の組み合わせによる増加の結果、脂肪燃焼が促進されたことが推測された。

これらの知見から、複合高周波EMSによる運動は、自動運動の困難な寝たきり老人や、運動制限のある患者の脂肪代謝改善に有効であると思われた。また、この複合高周波EMSによる他動的運動は、生活習慣病予防のための運動処方としても期待できる。

はじめに

電気刺激の生体への応用は、古くは紀元前から疼痛緩和の目的で行われ、現在では筋力強化の目的で一般的に広く知られている。低周波治療器や筋電気刺激(electrical muscle stimulation, 以下EMS)と呼ばれるものは、興奮閾値は筋よりもα運動ニューロンがはるかに小さいため、神経の興奮が筋に伝わって筋が収縮するものであり、厳密にはelectrical neuro-muscular stimulationである¹⁾。EMSは筋力強化だけでなく、最近では麻痺動作を再建する機能的電気刺激(functional electrical stimulation: FES)の応用が考案され、筋力強化以外などへの適応の拡大が期待されている。

近年、2ヶ月あるいは4ヶ月の自動的有酸素運動で、内臓脂肪と肝臓の脂肪が有意に減少することが報告されている^{2,3)}。しかし、他動的な運動を起こすEMSが内臓脂肪や皮下脂肪などの脂肪代謝にどのような影響を与えるのかは不明である。そこで、複合高周波によるEMSを腹部に1ヶ月間行い、内臓脂肪面積などを測定し、複合高周波EMSの脂肪代謝へ

の影響を検討した。また、特に内臓脂肪の減少に関する血漿アディポネクチン濃度についても検討した。

対象と方法

1. 対象者および統計処理

既往歴のない健康な成人7名(男性3名, 女性4名)を対象とし、ヘルシンキ宣言に基づき、全対象者に本研究の目的を説明し、参加の同意を得た。各測定時の測定値はすべて「平均値±標準偏差」にて表記した。対象者の身長は 166.6 ± 5.6 cm, 体重は 61.07 ± 3.68 kg, 年齢は 50.1 ± 11.1 歳であった。血圧等の循環器系は正常であり、1ヶ月のEMSによる有意な変化を認めなかった。

統計学的な有意差の検定は、測定データのすべてがF検定にて等分散であり、対応のあるt検定にて $p < 0.05$ にて有意差ありとした。

2. EMS複合高周波器

図1にみる複合高周波装置であるエクスカアDi(エクスカア・ジャパン株式会社, 日本)を使用した。エクスカアDiが腹直筋だけでなく、深部の腹横筋や腸腰筋が収縮しているかは、超音波測定器(株式会社日立メディコMyLab Five, 日本)を用いてあらかじめ確認した。

3. EMSの実施方法

下記と図2に示すように使用方法AとBを交互に毎日60分間, 30日間行った。

①使用方法A

腹部2部位(合計60分): ①腹部(シェイプアップモード)30分, ②脇腹(インナートレーニングモード)30分

②使用方法B

大腿四頭筋+腸腰筋(合計60分): 大腿四頭筋(筋力トレーニングモード)30分, 腸腰筋(筋力トレーニングモード)30分

シェイプアップモードおよびインナートレーニングモード



図1 使用したEMS複合高周波器の外観と筋肉への作用

下は、連続通電して主に有酸素運動を中心とした筋収縮運動を促すことが知られている。インナートレーニングモードは特に深部筋の収縮を起こさせる。翌日には、筋力トレーニングモードにより10秒に2秒間の休止が入る主に無酸素運動を促す波形の使用とした。厚生労働省は65歳以上の高齢者に一日40分以上の運動を推奨していることから、毎日60分を今回の通

電時間とした。

4. 測定項目

①血液生化学検査

中性脂肪、LDL-コレステロール、空腹時血糖、血漿アディポネクチン濃度の測定を行った。

②全脂肪面積、内臓脂肪面積、皮下脂肪面積の

<p>腹部全体 使用方法 A</p> <table border="1"> <tr> <th>貼付位置</th> <th>作用部位</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>腹直筋・腹斜筋</p> <p>モード：シェイプアップモード 出力レベル：強めの出力 使用時間：30分</p>	貼付位置	作用部位			<p>太もも 使用方法 B</p> <table border="1"> <tr> <th>貼付位置</th> <th>作用部位</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>大腿直筋 外側広筋 中間広筋 内側広筋</p> <p>大腿四頭筋 (大腿直筋・外側広筋 内側広筋・中間広筋)</p> <p>※外側広筋・内側広筋の筋腹で中間広筋に被るように貼付</p> <p>モード：筋力トレーニングモード 出力レベル：強めの出力 使用時間：30分</p>	貼付位置	作用部位		
貼付位置	作用部位								
									
貼付位置	作用部位								
									
+									
<p>ウエスト</p> <table border="1"> <tr> <th>貼付位置</th> <th>作用部位</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>腹横筋</p> <p>モード：インナートレーニングモード 出力レベル：強めの出力 使用時間：30分</p>	貼付位置	作用部位			<p>腸腰筋</p> <table border="1"> <tr> <th>貼付位置</th> <th>作用部位</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>腸腰筋(大腰筋・腸骨筋)</p> <p>モード：筋力トレーニングモード 出力レベル：強めの出力 使用時間：30分</p>	貼付位置	作用部位		
貼付位置	作用部位								
									
貼付位置	作用部位								
									

使用方法 A と B を交互に毎日行う：1日合計 60 分

図2 刺激電極パッドの貼付部位と作用部位

測定(図3)

腹部MRI(東芝EXCELART Vantage, 日本)のデータを内臓脂肪計測ソフトウェア O-Gauge(オーゲージ)(株式会社レキシー, 日本)を用いて内臓脂肪および皮下脂肪の断面積を計測した。

結果

1. 血液生化学検査への影響

表1に示すように中性脂肪, LDL-コレステロール, 空腹時血糖値では有意差を認めなかったが, わずかに減少傾向を示した。

2. 内臓脂肪断面積, 皮下脂肪断面積, 総脂肪断面積への影響

総脂肪断面積は図4にみるように有意に約23%減少し($p < 0.02$), 内臓脂肪断面積は有意に約46%減少した($p < 0.02$)。皮下脂肪断面積は約9%減少したのに対し, 内臓脂肪断面積は顕著に減少した。

3. 血漿アディポネクチン濃度への影響

血漿アディポネクチン濃度は, 図4に示すように1ヶ月後には有意に約9%増加した($p < 0.02$)。

考察

内臓脂肪の過度の増加は, 高血圧症や糖尿病などの危険因子を増加させ, 心血管イベント予防の観点から大きな問題となっている。厚生労働省は「健康日本21」において, 栄養面だけでなく, 歩行運動などの運動を推進している。しかし, 現在の日本社会では, 通常の運動療法が適用できない患者やメタボリックシンドローム及びその予備群が多く存在し, 「健康日本21」でも当初の目標を達成できず, 第二次ではその目標値を50%から25%に下げざるをえなかった。そのような中, 注目されているのが電気刺激による筋収縮である。その理由として, ①EMSが自動運動を必要としない他動運動であること, ②心肺機能や関節に負荷をかけない有酸素運動が可能であること, が挙げられる。しかし, EMSなどの物理療法の生体への影響に関する科学的エビデンスに乏しい。そこで,

表1 血液生化学検査値の変化

検査項目	施行前	1ヶ月後
中性脂肪(mg/dL)	76.1±15.4	73.4±19.0
LDL(mg/dL)	123.1±22.4	121.9±33.4
血糖値(mg/dL)	84.3± 5.2	80.6± 4.7

(平均値±標準偏差, n=7)

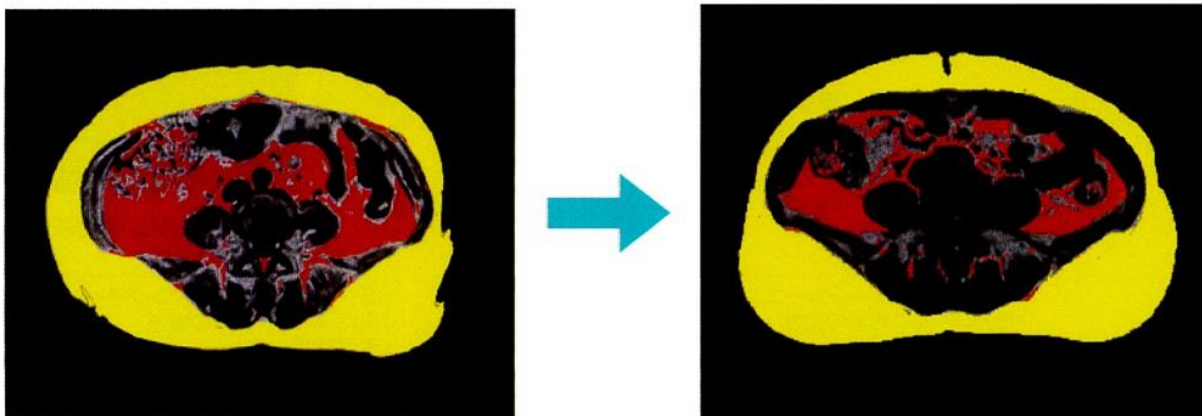


図3 使用前と1ヶ月後のMRIによる皮下脂肪断面積と内臓脂肪断面積の比較測定

今回複合高周波EMSが生活習慣病の危険因子である脂肪代謝に対して、どのような影響を与えるのかを検討した。

無酸素運動による乳酸などが成長ホルモンを誘発することはよく知られているが^{4,5)}、近年、有酸素運動がより成長ホルモンを増加させる報告^{6,7)}もあり、運動が成長ホルモンを増加させ、ホルモン感受性リパーゼを活性化し、脂肪を分解する作用があると考えられている。これらのことから、成長ホルモンは生活習慣病のアンチエイジングホルモンと言われている。また、生活習慣病と内臓脂肪とは強い関連性が知られ、実際にアディポネクチンの低下が内臓脂肪増加と相関することが示されている⁸⁾。成長ホルモンと同様な作用があり、生体内の濃度が高いアディポネクチンが注目されているので、内臓脂肪への複合高周波の影響のバイオマーカーとして着目し、その濃度を

測定した⁹⁾。

アディポネクチンは日本で発見され、内臓脂肪細胞より産生され、耐糖能改善効果や抗動脈硬化作用が知られている^{10,11)}。生活習慣病の改善、予防につながるものとして注目されている¹²⁾。運動とアディポネクチンとの関連性について、自動的な低強度有酸素運動によって血清アディポネクチン濃度が増加することが報告されている¹³⁾。高周波電気刺激がインナーマッスルを取縮させることは超音波測定にて容易に観察できるが、これが内臓脂肪にどのような影響を持つのかは不明であった。今回腹部への複合高周波EMSによる他動的な無酸素および有酸素運動の両方の組み合わせが、血漿アディポネクチン濃度を上昇させることを初めて示した。興味深いことに、内臓脂肪面積は約46%も減少したのに対して、皮下脂肪面積は約9%の減少と少なく、複合高周波EMSが

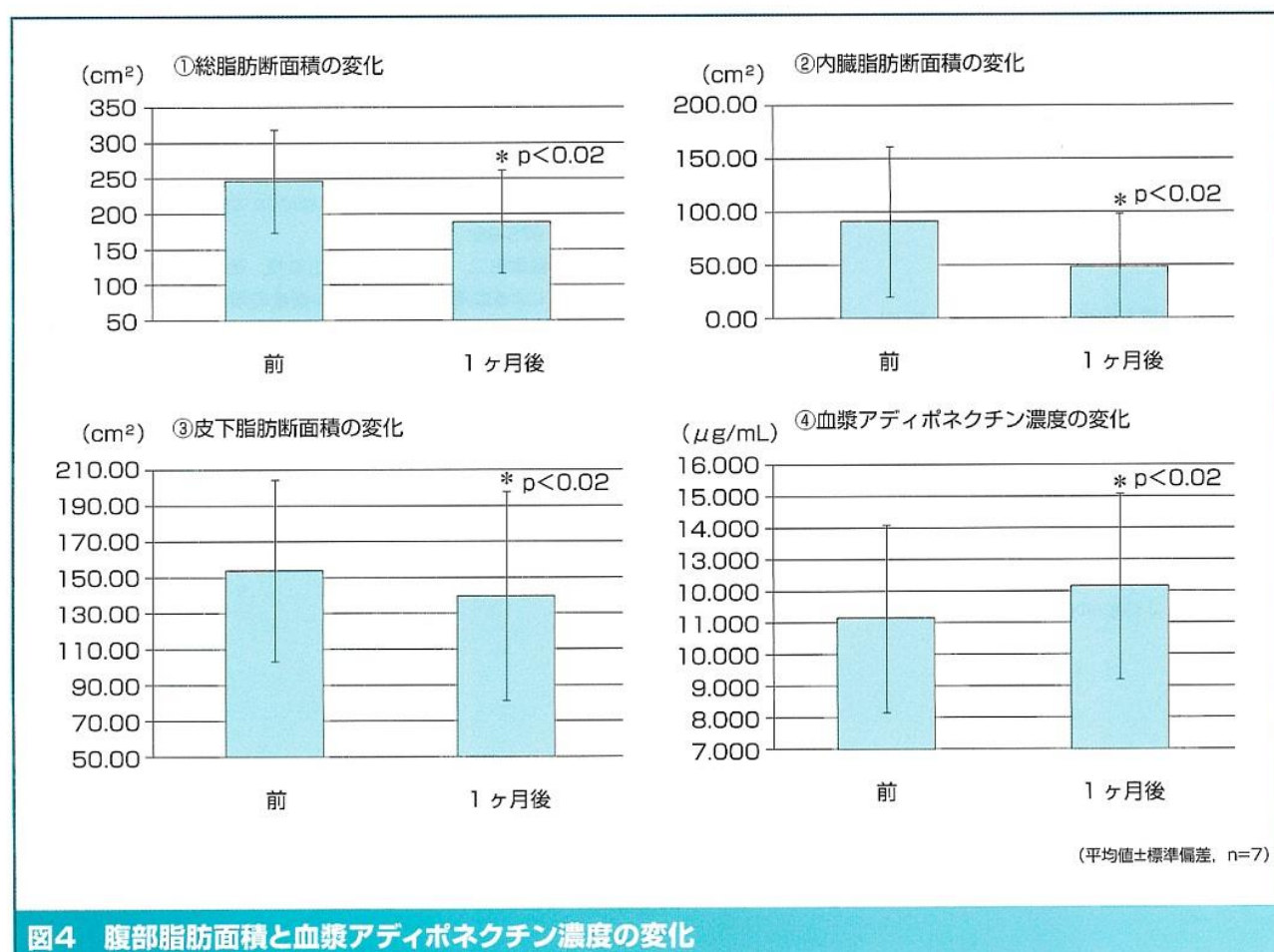


図4 腹部脂肪面積と血漿アディポネクチン濃度の変化

瘦身効果よりも内臓脂肪の分解促進に有効であることが示唆された。このことは、内臓脂肪の減少と血漿アディポネクチンの上昇が一致したことより、明らかである。以上より、自動運動だけでなく、複合高周波EMSによる他動運動も生活習慣病の予防、治療に有用であることが示唆された^{14,15)}。さらに、最近、ラットにおいて有酸素運動が海馬の機能を促進する報告¹⁶⁾があり、複合高周波EMSによる無酸素および有酸素運動は生活習慣病だけでなく、認知症などの記憶障害への有用性も期待される。

結 語

今回の内臓脂肪面積、血漿アディポネクチン値の測定により、複合高周波による骨格筋の他動運動は内臓脂肪を著明に減少させる効果があり、生活習慣病の危険因子を減少させるのに有用であることが示唆された。また、この作用機序としてアディポネクチンの増加が推測された。このことは、今後、自動運動の困難な患者に対して、生活習慣病やロコモティブシンドロームの予防の運動処方として、複合高周波による電気刺激、脂質代謝の改善に期待できると思われる。

文 献

- 1) 藤田欣也: 電気刺激を用いた生体インターフェー. ヒューマンインターフェース学会誌 6: 27-30, 2004.
- 2) Slentz CA, Bateman LA, Willis LH, et al.: Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 301: E1033-E1039, 2011.
- 3) Keating SE, Hackett DA, Parker HM, et al.: Effect of aerobic exercise training dose on liver fat and visceral adiposity. *J Hepatol* 63: 174-182, 2015.

- 4) Kraemer RR, Kilgore JL, Kraemer G, et al.: Growth hormone, IGF-1, and testosterone responses to resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 24: 1346-1352, 1991.
- 5) Kraemer WI, Gordon SE, Fleck SJ, et al.: Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and female. *Int J Sports* 12: 228-235, 1991.
- 6) Thomas GA, Kraemer WJ, Comstock BA, et al.: Obesity, growth hormone and exercise. *Sports Med* 43: 839-849, 2013.
- 7) Nindl BC, Pierce JR, Rarick KR, et al.: Twenty-hour growth hormone secretory profiles after aerobic and resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 46: 1917-1927, 2014.
- 8) Nakamura Y, Sekikawa A, Kadowaki T, et al.: Visceral and subcutaneous adiposity and adiponectin in middle-aged Japanese men: the ERA JUMP study. *Obesity* 17: 1269-1273, 2009.
- 9) 加瀬澤信彦, 島田昌也, 望月和樹, 他: 内臓脂肪評価マーカーとしてのアディポネクチン測定の意義. *日本未病システム学会雑誌* 3: 151-153, 2007.
- 10) Matsuzawa Y: Pathophysiology and molecular mechanisms of visceral fat syndrome: the Japanese experience. *Diabetes Metab Rev* 13: 3-13, 1997.
- 11) Kadowaki T, Yamauchi T, Kubota N, et al.: Adiponectin and adiponectin receptors in insulin resistance, diabetes, and the metabolic syndrome. *J Clin Invest* 116: 1784-1792, 2006.
- 12) Ryo M, Nakamura T, Kihara S, et al.: Adiponectin as a biomarker of the metabolic syndrome. *Circ J* 68: 975-981, 2004.
- 13) 柳本有二, 大下和茂, 秋山直視, 他: 中年女性の低強度運動による血清アディポネクチン濃度の増加について. *神戸常盤大学紀要 創刊号*: 9-16, 2009.
- 14) 浜田 拓, 林 達也, 森谷敏夫: 筋電気刺激(EMS)を利用した生活習慣病改善の可能性. *BME* 6: 5-41, 2002.
- 15) 森谷敏夫: 生活習慣病における運動療法の役割, *日本整形外科学会誌* 25: 361-368, 2007.
- 16) Nokia MS, Lensu s, Ahtiainen JP, et al.: Physical exercise increases adult hippocampal neurogenesis in male rats provided it is aerobic and sustained. *J Physiol* 594: 1855-1873, 2016.