

運動器症候群に対する 複合高周波EMSの改善効果 —歩行速度と開眼片足立ちに関する検討—

Effects of combined electrical muscle stimulation (EMS) with low and high-frequency on the aged with locomotive syndrome
—Measurements of walking velocity and one-leg standing time with eyes open—

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 横山全身管理センター代表
桑畑 亮嗣 エクスケア・ジャパン株式会社代表取締役社長

治験協力 株式会社パソナライフケア デイサービス北方邸
かながわ保健福祉学院 ささゆりデーサービス 長津田, 若草台

Key-Words

the aged/locomotive syndrome/sarcopenia/
3-meter walking/one-leg standing/EMS

要約

- ▶日本でも2017年に75歳以上を高齢者と提唱し、フレイル、サルコペニア、ロコモティブ症候群の改善のために、安全で効果的な治療介入法の検証、確立が急務である。
- ▶今回、ロコモティブ症候群である平均82歳の高齢者に対して、腸腰筋と大腿四頭筋への複合高周波によるelectrical muscle stimulation(以下EMS)を3ヶ月間行い、EMS前後の変化を測定し、ロコモティブ症候群へ効果的な介入方法であるかを検証した。
- ▶歩行障害をもつロコモティブ症候群高齢者の自立歩行の速度と片足立ち時間は有意に改善し、運動器障害のないサルコペニア高齢者と有意差がなくなった。また、腸腰筋の筋力も増大し、インナーマッスルが有意に筋力増強された。
- ▶複合高周波EMSでは転倒などはないことと、電気刺激は痛みもなくストレスのない有酸素運動であることから、80歳以上のロコモティブ症候群の高齢者では、認知症とうつ病への予防介入にも適した方法であると考えられた。

I はじめに

2017年日本老年学会と日本老年医学会が65~74歳(従来の前期高齢者)を「准高齢者」、75~89歳(後期高齢者)を「高齢者」、90歳以上を「超高齢者」と定義するのが妥当との見解を示した。世界保健機関(WHO)では明確な定義はしていないが、60~74歳を“年長者elderly”、75歳以上を“老年者aged”と区別している。このように国際的に「高齢者」の定義が75歳以上と変更された背景には、今後、認知症や転倒による寝たきりへの予防介入を積極的に行い、医療提供の考え方が栄養摂取、筋力と持久力の改善・維持が重要になることと関係している。

85~90歳では60~80%がサルコペニアとされ、高齢者の大多数を占める。サルコペニアが筋肉量や筋力の低下による身体機能の低下¹⁾²⁾であるのに対し、運動器症候群(以下ロコモティブ症候群)は、運動器の障害、関節可動域制限やサルコペニア等の筋力低下など加齢や生活習慣が原因の衰えによって、歩行困難など要介護になるリスクが高く³⁾、安全で有効な早期の予防介入法の確立が急務である。

著者ら⁴⁾は複合高周波によるelectrical muscle stimulation (以下EMS)はわずか1ヶ月で内臓脂肪面積を約46%も減少させ、善玉アディポカインであるアディポネクチンも増加することを初めて明らかにした。アディポネクチンは若返りホルモンとも言われることから、サルコペニアやロコモティブ症候群への介入方法の一つとして有用である可能性があり、今回、80歳以上のロコモティブ症候群高齢者に対してその複合高周波EMSを行い、3m歩行速度、開眼片足立ち時間についてその改善効果を検討した。

II 対象と方法

1 対象者

歩行障害をもつロコモティブ症候群の高齢者を今回の対象群とし、複合高周波によるEMSの実施前と3ヶ月後に、①3m歩行の時間(秒)、②腸腰筋の筋力(kg)、③片足立ちの時間(秒)を測定し、運動器障害のないサルコペニア高齢者(以下サルコペニア対照群)を対照群として比較検討した。

11名のサルコペニア対照群の年齢は 81.3 ± 7.3 (平均値 \pm 標準偏差)歳であった。11名のロコモティブ症候群の年齢は 82.0 ± 9.7 (平均値 \pm 標準偏差)歳で、両群間はF検定にて等分散であった。なお、測定やEMS実施にあたっては、ヘルシンキ宣言に基づいて全員に測定方法、EMSに関する説明を十分行い、了承・署名を得てから行った。

2 複合高周波EMSの器械(図1)

エクスケアPro(エクスケアジャパン株式会社、日本)を使用した。

3 EMS実施方法

電極貼付部位は図2に示すように左右の腹部、大腿部に合計8枚刺激電極を貼付し、同時に30分間刺激した。電気刺激モードに関しては、図2に示すように、腹部は腸腰筋をねらって深部の深層筋も表面の表層筋も同時に強く筋収縮を促すモード(シェイプアップモード)で刺激し、大腿四頭筋にも同じくしっかりと表層筋と深層筋を動かすモード(シェイプアップモード)で刺激した。このEMSは週2回、3ヶ月間行った。

4 測定項目

①3m歩行にかかる時間、②両側の腸腰筋の筋力、③両側の片足立ち時間の3項目とした。①と③はストップウォッチ法にて計測し、②に関しては、図3にみるようにモルテン社製の下肢筋力計を用いて椅子に大腿遠位部を固定し、股関節を屈曲運動させて測定した。

5 統計処理

①3m歩行に関しては、サルコペニア対照群とロコモティブ症候群、ロコモティブ症候群の前後の群はF検定にてすべて等分散であった。サルコペニア対



図1 複合高周波EMSの外観

照群とロコモティブ症候群間では対応のないStudent *t*検定, ロコモティブ症候群の前後の群間では対応のあるStudent *t*検定を行った. $p < 0.05$ にて有意差ありとした.

②腸腰筋筋力に関しては, ロコモティブ症候群の前後の群間においては対応のあるStudent *t*検定, サルコペニア対照群とロコモティブ症候群前後の

それぞれ群間ではWilcoxonの順位和検定を行った. $p < 0.05$ にて有意差ありとした.

③片足立ちでは, ロコモティブ症候群の前後の群間においてはWilcoxonの符号付順位和検定, サルコペニア対照群とロコモティブ症候群の前後のそれぞれの群間ではWilcoxonの順位和検定を行った. $p < 0.05$ にて有意差ありとした.

■腸腰筋・腹横筋

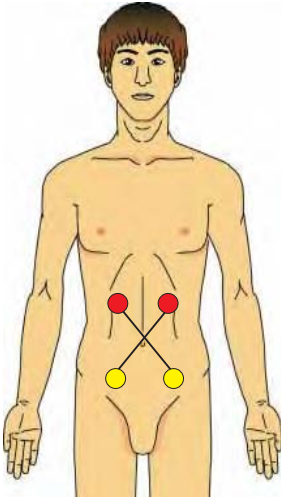

骨盤の歪みの原因は骨盤周りの深層筋の衰えと, 長い生活習慣により崩れた左右の筋肉バランスだと考えられます.

「腸腰筋」は上半身と下半身をつなぐ重要な深層筋で, 骨盤に付着しています. 深層部にあるために自分では鍛えづらく, バランスも崩れやすく, また歩行時大腿を持ち上げる筋肉です. したがって, この筋肉が衰えると, 足を上げているつもりが上がっておらず, 低い段差でも足を引っ掛けてしまったり, 転倒しやすくなります.

■腹直筋・腹斜筋 大腿四頭筋

「大腿四頭筋」は人体最大の筋肉です. 白筋線維の割合も高いため, 糖を代謝するには最も効率の良い筋肉です.

腹部と太腿を同時に鍛えることで, 身体動作がスムーズになり, 日常生活での活動量が自然と増えるため, カロリー消費量が多くなっていくという二次的な効果も期待できます.

貼付位置	作用部位
	 <p>●腹直筋・腹斜筋 腹横筋</p> <p>モード: シェイプアップ 筋肉トレーニング 出力レベル: 強めの出力</p>

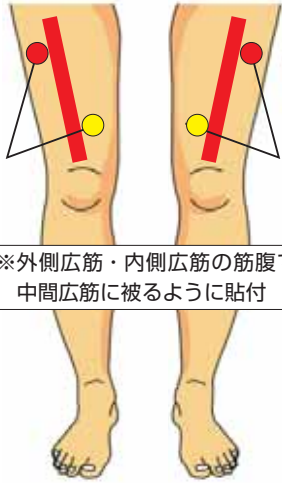

貼付位置	作用部位
 <p>※外側広筋・内側広筋の筋腹で 中間広筋に被るように貼付</p>	 <p>●大腿四頭筋 大腿直筋・外側広筋 内側広筋・中間広筋</p> <p>モード: シェイプアップ リラクゼーション 出力レベル: 少し強めの出力</p>

図2 EMS実施方法



図3 モルテン社製下肢筋力計と装着状態

III 結果

1 3m歩行時間（歩行速度）

図4に見るように、ロコモティブ症候群はサルコペニア対照群に比べて歩行速度は有意に遅く、平均約2倍歩行時間は延長していた。3ヶ月間のEMSにより歩行速度は有意に速くなり、平均約36%短縮されてサルコペニア対照群との有意差は無くなった。

2 腸腰筋筋力

図5に見るように、ロコモティブ症候群はサルコペニア対照群に比べて腸腰筋の筋力は有意に低く、約33%しかなかった。3ヶ月間のEMSにより腸腰筋の筋力群は有意に増加し、EMS前より約34%筋力は増加した。ただし、サルコペニア対照群とは依然有意差があり、サルコペニア対照群の約44%であった。

3 開眼片足立ち時間

図6に見るように、ロコモティブ症候群はサルコペニア対照群に比べて片足立ち時間は有意に短く、約23%であった。3ヶ月間のEMSにより片足立ち時間は有意に伸びて約3倍となり、サルコペニア対照群との有意差は無くなった。

IV 考察

高齢者の歩行の特徴は、若年者と比べて年齢の増加に伴って、速度の低下、歩幅の短縮、歩行率の低下が顕著となり、身体の前傾動揺や前傾角度

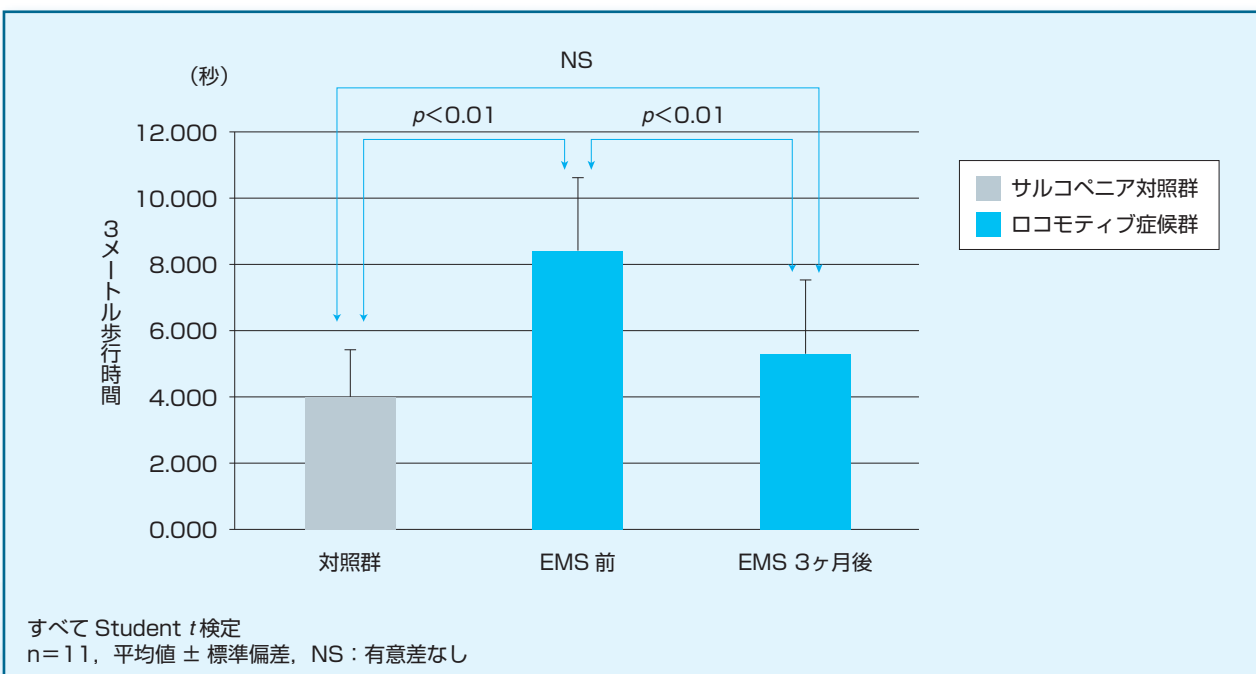


図4 3m歩行時間の比較

が大きくなり、起立歩行は不安定となる⁵⁾。東京消防庁の救急車出動に基づく調査では、65歳以上高齢者に関して一般的負傷により搬送された総数の約90%を転倒、次いで転落の両者で占めている⁶⁾。したがって、今回、内臓脂肪面積を劇的に減少させた複合高周波EMS²⁾が、歩行障害のあるロコモティブ症候群高齢者の起立歩行、姿勢バランスをどの程度改善するかを検討した。歩行速度の定量的測定方法にはいろいろな移動距離が利用されているが、①今回の対象群が歩行障害をもつ平均82歳の高齢者であること、②Simpsonらの高齢者81名を対象とした3m歩行テストで再現性は良いとの報告⁷⁾から、今回は3m歩行による歩行速度の測定を選択した。ロコモティブ症候群の歩行速度は平均で0.351m/sで、運動器障害のないサルコペニア対照群は平均0.717m/sであった。骨格筋とその支配神経の老化は50～60歳から始まり、筋力は50～70歳では10年間に15%ずつ減少し、70～80歳では30%減少すると知られている⁸⁾。したがって、今回のサルコペニア対照群は生理的老化と考えられ、今後の高齢者の標準的な母集団と考えられる。3ヶ月の複合

高周波EMSにより有意に上昇し、サルコペニア対照群との有意差は無くなるほどに改善をみたので、ロコモティブ症候群高齢者への複合高周波EMSの介入は歩行能力の改善に有意義であることが示唆された。複合高周波EMSを3ヶ月以上行えば、サルコペニアの判断基準である歩行速度0.8m/sを上回る可能性が高いと推測された。

一方、ロコモティブ症候群の腸腰筋の筋力は3ヶ月後には有意に筋力増強したが、サルコペニア対照群とは依然有意差があり、3m歩行速度の場合とは違う統計結果が得られた。腸腰筋は歩行では太ももを持ち上げ、また、着地した脚の股関節を安定させる役割がある。しかし、今回の測定のようにフラットな平地歩行では腸腰筋はほとんど使用しないため、歩行速度の改善というよりも体幹の安定性が増して姿勢安定に貢献し、段差のないフロアでつまづく事の予防に働くと考えられた。EMSの筋力増強の作用機序として、Moritaniら⁹⁾は67～72歳の高齢者に週3回の筋力トレーニングを2ヶ月実施した結果、高齢者では18～26歳の若者に比較し、筋肥大よりも神経性因子の改善が筋力向上に大きく貢献したことを報

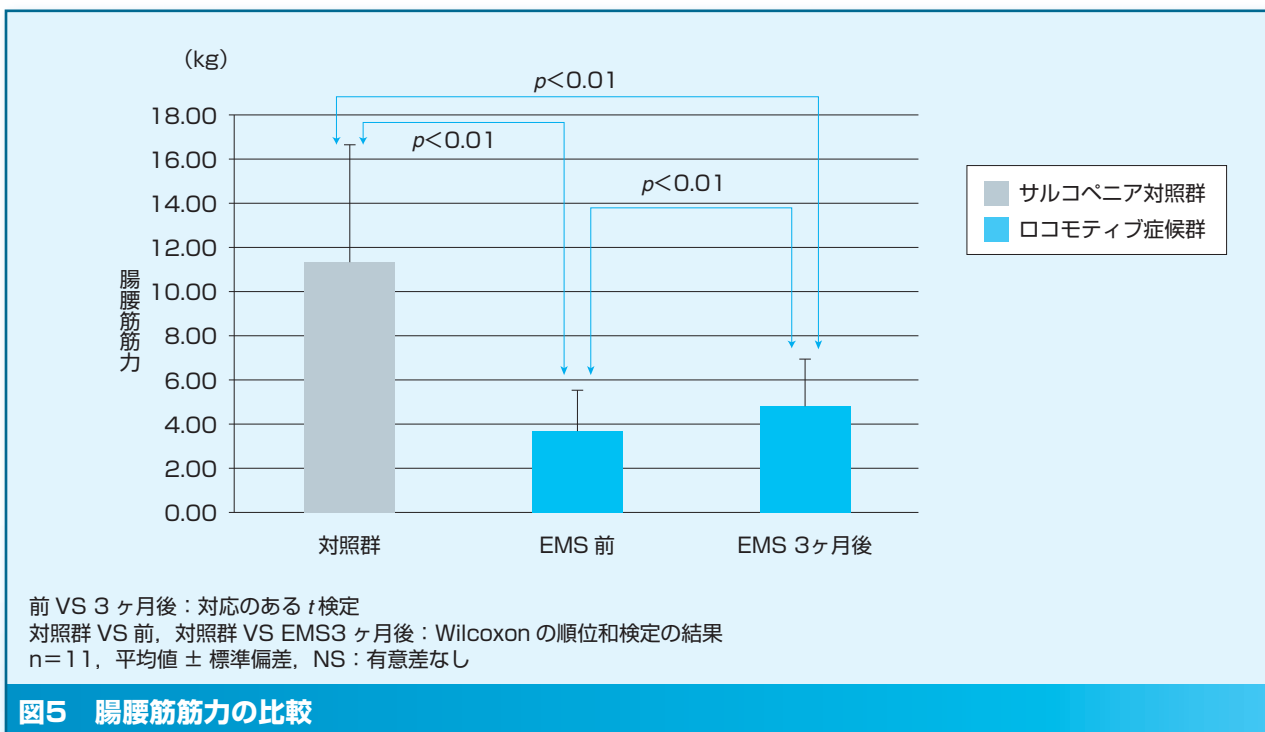


図5 腸腰筋筋力の比較

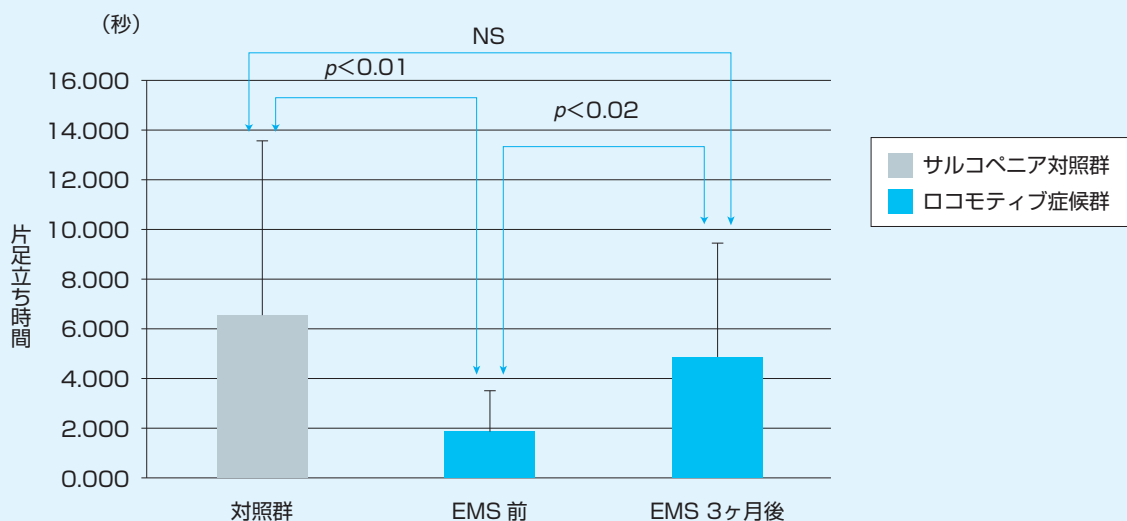
告している。また、加齢とともに運動単位数が減少することを報告しており¹⁰⁾¹¹⁾、今回の複合EMSは大腿神経の活動を賦活化し、腸腰筋の運動単位への動員を促進したものと推測された。

次に、開眼片足立ちに関しては2006年厚生労働省によれば、75歳以上で20秒以上の片足立ちができる人はわずか男性38.9%、女性21.2%である。Tabaraら¹²⁾は、平均年齢が67歳の男性546名、女性841名において、開眼片足立ちで20秒以上バランスをとるのが難しい人は、脳血管疾患や認知機能低下のリスクが高まることを明らかにした。今回のロコモティブ症候群、サルコペニア対照群の開眼片足立ち時間はともに7秒未満であり、ともに脳血管疾患や認知機能低下の可能性が高いと考えられ、要介護の回避のための早期介入の必要があった。今回、ロコモティブ症候群の開眼片足立ち時間は有意に伸び、サルコペニア対照群と有意差がなくなった結果から、80歳以上のロコモティブ症候群高齢者に対して、複合高周波EMSによる立位姿勢のバランス機能の改善が明らかになり、平衡バランスの低下による転倒、それに伴う骨折、寝たきりの予防介入の方法

の一つで有用であることが示唆された。また、運動が脳血流を促進して認知症の予防に有効であると言われているが、最近、有酸素運動は海馬の機能を促進することが報告され¹³⁾、ヒト¹⁴⁾でもストレスを伴わない低強度の有酸素運動は海馬の機能を促進し、海馬から分泌されるアンドロゲンを増加させることが示唆された。この海馬由来アンドロゲンは海馬の神経新生を促進したり、アルツハイマー病の原因とされるアミロイドβの蓄積抑制効果や、アミロイドβを分解するネプリライシンの発現を高める効果が報告された¹⁵⁾。また、運動は海馬新生から老年症候群に認めるうつ病にも効果的である可能性が指摘されており¹⁶⁾、今回の複合高周波EMSのようなストレスを伴わない有酸素運動は、今後認知症、うつ病などの老年症候群の予防介入にかなり有効であると考えられた。

V 結語

今回、歩行障害のあるロコモティブ症候群の高齢者に対して、3ヶ月間の複合高周波によるEMSは、



前 VS 3ヶ月後：Wilcoxon の符号付順位和検定
 対照群 VS EMS前およびEMS3ヶ月後：Wilcoxon の順位和検定
 n=7, 平均値 ± 標準偏差, NS：有意差なし

図6 開眼片足立ち時間の比較

安全かつ確実に起立歩行を改善して、立位姿勢バランスを高める有効な介入方法であることが示唆された。今回行った週2回、30分の複合高周波EMSはインシデント、アクシデントを起こすこともなく、デイケアなどで導入しやすい他動的トレーニングセットであると考えられた。そして、このようなストレスの少ない有酸素運動は認知症などの予防介入にも有用である可能性が考えられた。

文 献

- 1) Evans WJ and Cambell WW: Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr* 123: 465-468, 1993.
- 2) 藤田 聡: サルコペニア予防における運動と栄養摂取の役割. *基礎老化研究* 35: 23~27, 2011.
- 3) 中村耕三: ロコモティブシンドローム(運動器症候群). *日老医誌* 49: 393-401, 2012.
- 4) 森下竜一, 橋弥尚孝, 横山幸三, 他: 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. *Anti-aging Science* 8: 89-94, 2015.
- 5) 齋藤 宏, 鴨下 博: 歩行. *運動学改訂第3版*, 医歯薬出版, 東京都, pp.207~211, 2015.
- 6) 江藤文夫: 加齢による障害(老年症候群). 石神重信, 石田暉, 江藤文夫, 宮野佐年(編): *リハビリテーション医学第2版*. 医歯薬出版, 東京都, pp.178~183, 2009.
- 7) Simpson JM, Valentine J, Worsfold C: The standardized three-metre walking test for elderly people (WALK3m).: Repeatability and real change. *Clin Rehabil* 16: 843-850, 2002.
- 8) Rodgers MA, Evans WJ: Changes in skeletal muscle with aging: Effect of exercise training. *Exerc Sports Sci Rev* 21: 65-102, 1993.
- 9) Moritani T, de Vries HA: Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontology* 35: 672-682, 1980.
- 10) Doherty TJ, Vandervoort AA, Brown WF: Effects of ageing on the motor unit: A brief review. *Can J Appl Physiol* 18: 331-58, 1993.
- 11) Heidland A, Fazeli G, Klassen A, et al.: Neuromuscular electrostimulation techniques: Historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle wasting. *Clin Nephrol* 79: 12-23, 2013.
- 12) Tabara Y, Okada Y, Ohara M, et al.: Association of postural instability with asymptomatic cerebrovascular damage and cognitive decline: The Japan Shimanami Health Promoting Program Study. *Stroke* 46: 16-22, 2015.
- 13) Nokia MS, Lensu S, Ahtiaainen JP, et al.: Physical exercise increases adult hippocampal neurogenesis in male rats provided it is aerobic and sustained. *J Physiol* 594: 1855-1873, 2016.
- 14) Okamoto M, Hojo Y, Inoue K, et al.: Mild exercise increases dihydrotestosterone in hippocampus providing evidence for androgenic mediation of neurogenesis. *Proc Natl Acad Sci USA* 109: 13100-13105, 2012.
- 15) Yao M, Nguyen TV, Rosario ER, et al.: Androgens regulate neprilysin expression: Role in reducing beta-amyloid levels. *J Neurochem* 105: 2477-2488, 2008.
- 16) Kiuchi T, Lee H, Mikami T: Regular exercise cures depression-like behavior via VEGF-Flk-1 signaling in chronically stressed mice. *Neuroscience* 207: 208-217, 2012.