

令和7年7月3日

各報道機関文教担当記者 様

深層筋に効く！筋電気刺激（EMS）の新たな可能性

金沢大学理工研究域フロンティア工学系の西川裕一准教授、附属病院整形外科の中瀬順介講師、附属病院リハビリテーション部の仙石拓也理学療法士、医薬保健研究域医学系の絹谷清剛教授の共同研究グループは、干渉低周波という独自の電気刺激方法を用いて、深層筋である腹横筋や腸腰筋を刺激することに成功しました。

本研究では、若年男性を対象に、干渉低周波電気刺激が深層筋に与える影響を検証し、その効果を PET-CT（※1）により可視化しました。

筋電気刺激（Electrical Muscle Stimulation、EMS）は、電気刺激によって筋肉を収縮させる技術の1つで、筋力の維持・向上を目的としてリハビリテーション領域などで広く用いられています。しかし、従来の一般的な EMS は、表層の筋肉への刺激が中心であり、体幹や骨盤周囲の深層筋（腹横筋や腸腰筋）への十分な刺激が課題とされてきました。

本研究では、400Hz 帯の干渉電流による EMS を用い、筋肉の糖代謝活性を評価する PET-CT 画像を取得し、筋活動の評価を行いました。その結果、体幹・骨盤・下肢における深層筋群を含む複数の筋肉で有意な糖代謝の上昇が確認され、深部筋への有効な刺激が初めて科学的に実証されました。

これらの知見は、加齢や疾病により深部筋の活動が低下した高齢者・運動困難者への新たな介入法として、転倒予防や体幹機能改善などへの応用が期待されます。

本研究成果は、2025 年 6 月 12 日 22 時（ロンドン時間）に国際学術誌『*European Journal of Applied Physiology*』のオンライン版に掲載されました。

【研究の背景】

超高齢化を迎える日本では、加齢に伴う運動機能の低下や転倒リスクの増加が大きな社会問題となっています。特に、立位保持や歩行、姿勢維持に關与する体幹や骨盤周囲の「深層筋（インナーマッスル）」の萎縮は、要介護状態への移行や生活の質（QOL）の低下に直結する重要な因子とされています。しかし、これらの深層筋は随意的な筋収縮では十分に働きにくく、高齢者におけるトレーニングの有効性が低いことが問題視されてきました。従来、筋力増強などを目的に用いられる筋電氣刺激（Electrical muscle stimulation、EMS）も、主に表層筋への刺激にとどまり、深層筋への効果は限定的でした。

一方、干渉波は中周波領域を用いた電氣刺激法であり、皮膚抵抗が少なく、深部まで電流を到達させやすい特性を持ちます。これまでは主に疼痛緩和に用いられてきましたが、周波数と波形を適切に制御することで、筋収縮にも応用も可能であることが示唆されています。

本研究では、この干渉波を低周波帯（20Hz 程度、図 1）の筋刺激として応用し、その効果を FDG-PET を用いて客觀的に可視化・定量化することを目的としました。FDG-PET は、筋肉が活動する際に消費するブドウ糖の取り込み量を画像として可視化できるため、表層・深層を問わず筋代謝を包括的に評価できる手法です。

【研究成果の概要】

本研究では、健康な若年男性 16 名を対象に、干渉低周波群と対照群（無介入）の 2 群に無作為に割付けました。干渉低周波群は、電極ベルトを骨盤帯および大腿近位部に装着し（図 2）、干渉低周波刺激（400Hz、420Hz、ビート周波数 20Hz、最大出力 28mA）を行い、刺激後の筋代謝を FDG-PET で評価しました。PET 画像からは、腹部・体幹・下肢を中心に 15 の筋群（表層筋および深層筋）を対象に標準化摂取値（SUV）を算出し、筋活動の指標としました。

その結果、干渉低周波 EMS を受けたグループでは、対照群と比較して腹横筋、腸腰筋などの深層筋において有意に高い SUV 値が認められました（図 3）。特に、腹部や股関節屈筋群などの姿勢制御に重要な筋において、表層筋と同等あるいはそれ以上の活動亢進が確認されました。これまで「EMS は深層筋に届きにくい」とされてきましたが、本研究により、干渉低周波 EMS が深層筋にも有効な刺激を与えることが世界で初めて科学的に実証されました。

【今後の展開】

本研究は、干渉低周波 EMS が深層筋に対しても有効な刺激を提供できる可能性を、FDG-PET という定量的かつ信頼性の高い方法で実証した、基礎的かつ先駆的な研究成果です。この成果は、加齢や疾病によって深層筋の活動が低下した高齢者や運動困難者への新たな介入法として、転倒予防や体幹機能改善などの応用が期待されます。今後は、高齢者や患者群を対象とした臨床応用や、筋力や運動機能への影響を評価する介入研究への発展が見込まれています。

本研究は、澁谷学術文化スポーツ振興財団の支援を受けて実施されました。

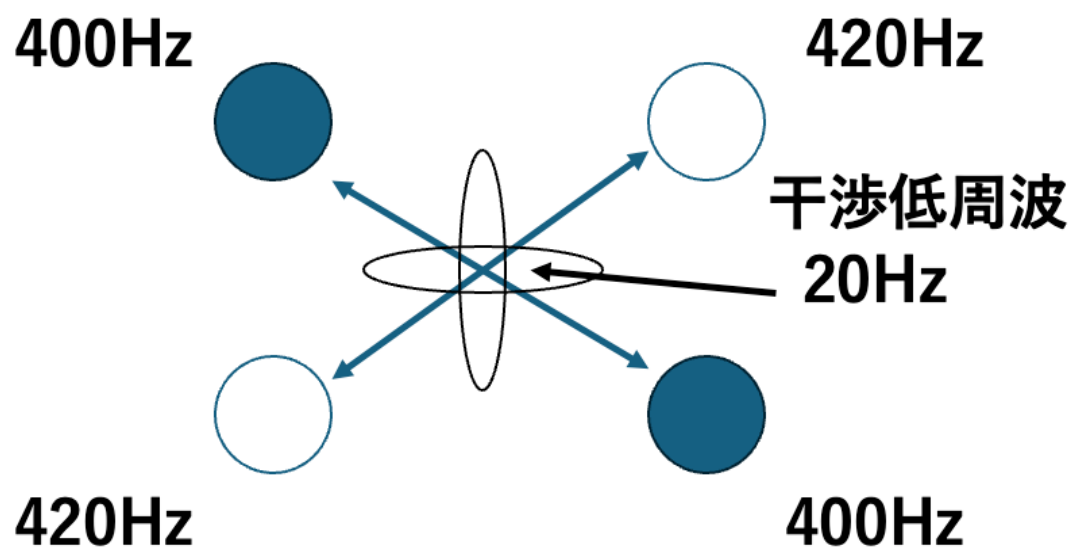


図 1 : 干渉低周波の概要



図 2 : ベルト電極貼布位置

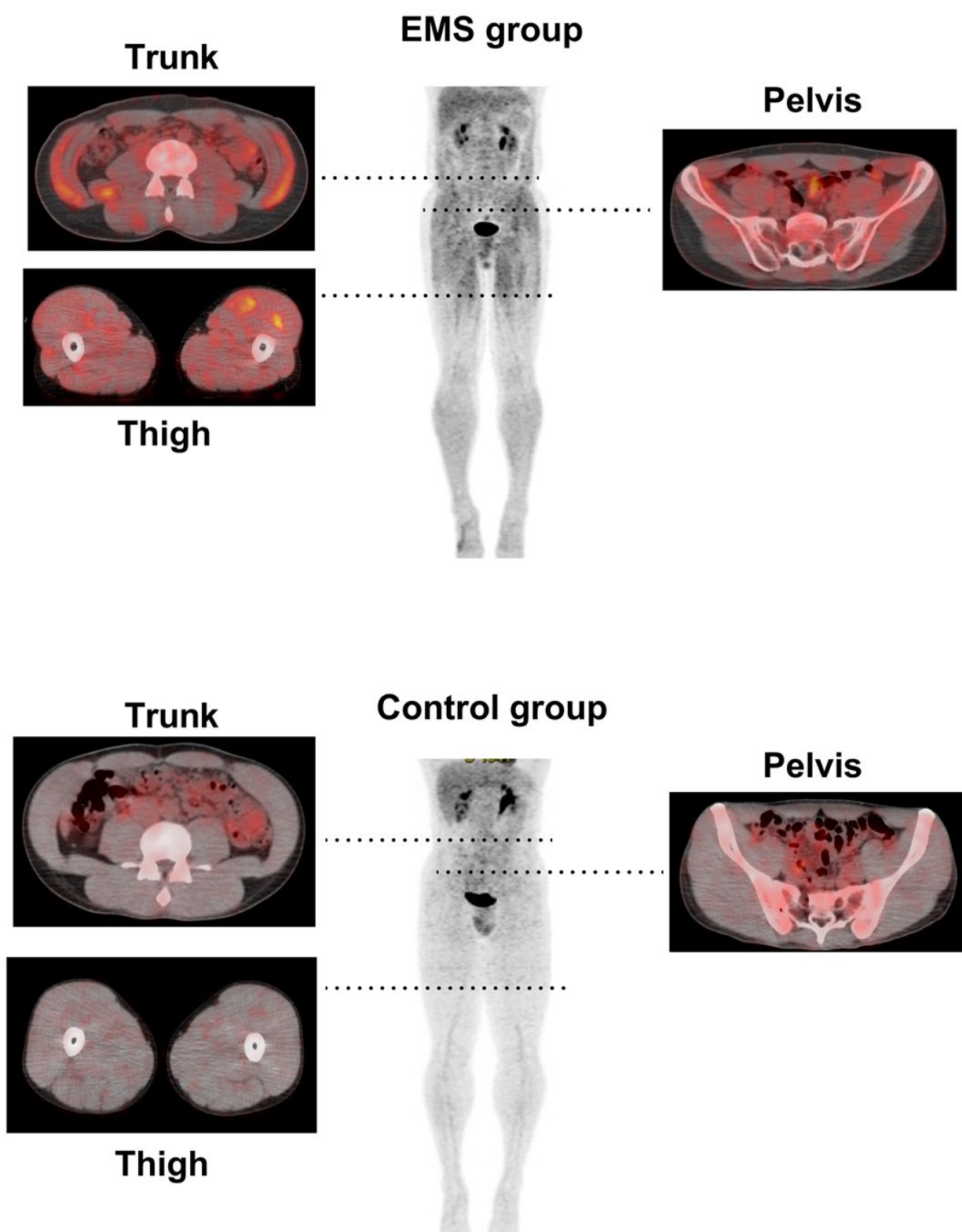


図 3 : PET-CT 画像 (上段 : 干渉低周波群、下段 : 対照群)

【掲載論文】

雑誌名 : *European Journal of Applied Physiology*

論文名 : Increased deep muscle activity with interference low-frequency electrical muscle stimulation: evaluation by positron emission tomography (干渉低周波電気刺激により増加する深層筋の活動 : PET による評価)

著者名 : Yuichi Nishikawa, Junsuke Nakase, Takuya Sengoku, Seigo Kinuya
(西川裕一、中瀬順介、仙石拓也、絹谷清剛)

掲載日時 : 2025 年 6 月 12 日 22 時 (ロンドン時間) にオンライン版に掲載

DOI : 10.1007/s00421-025-05847-6

URL : <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05847-6>

【用語解説】

※1 PET-CT

体内の代謝の様子 (エネルギーの使われ方) を画像として「見える化」できる画像検査手法のこと。

ブドウ糖の類似体である「FDG (フルオロデオキシグルコース)」という微量の放射性物質を体内に注射すると、活動している筋肉や臓器がそれを多く取り込みます。PET では、この FDG の分布を画像化することで、どの部分の活動が活発かを調べることができます。さらに CT を組み合わせることで、体の構造と代謝の情報を同時に確認することが可能です。

【本件に関するお問い合わせ先】

■ 研究内容に関すること

金沢大学理工研究域フロンティア工学系 准教授

西川 裕一（にしかわ ゆういち）

TEL : 076-234-4760

E-mail : yuichi@se.kanazawa-u.ac.jp

■ 広報に関すること

金沢大学理工系事務部総務課総務係

松田 理奈（まつだ りな）

TEL : 076-234-6951

E-mail : s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp