

各報道機関文教担当記者 殿

運動神経活動を活性化させるシートを開発！

金沢大学理工研究域フロンティア工学系の西川裕一助教，小松崎俊彦教授，茅原崇徳准教授，融合研究域融合科学系の田中志信特任教授，設計製造技術研究所の坂本二郎教授，トヨタ紡織の川野健二主査，永安秀隆主担当員，森香子係員，中京大学の渡邊航平教授，広島大学の前田慶明准教授，University of Maribor の Aleš Holobar 教授，Marquette University の Allison Hyngstrom 教授らの共同研究グループは，**脳からの指令を筋肉へ伝える神経である運動神経を，座った状態で活性化させるシートの開発に成功しました。**

加齢は，私たちの身体の筋肉を萎縮させ，活動量の低下を引き起こすことが知られており，健康寿命を延伸させるためには対抗措置を確立する必要があります。一般的には，筋力増強トレーニングを行うことで筋力の維持・向上を図ることが推奨されていますが，高齢者には負担が大きく，持続性の観点から簡易的かつ受動的な方法で，「身体機能を活性化できる」手法の考案やデバイスの開発が重要です。

本研究では，座った状態で転倒予防などに重要な大腿四頭筋（太ももを構成する筋肉の一つ）の神経活動を活性化できるシートを開発することを目的としました。大腿四頭筋は，加齢とともに筋萎縮が進行していく代表的な筋肉です。本研究チームは，共同して一定の周波数・振幅値の振動刺激機器で太もも裏側にある筋肉（大腿二頭筋）を刺激し，太もも表側（大腿四頭筋）の筋活動の活性化を図りました。その結果，大腿四頭筋ではなく，太ももの裏側の大腿二頭筋に対して振動刺激を付加することで，即時的に大腿四頭筋の筋活動を活性化でき，神経活動の変化量が大きいほど筋力が増加することを明らかにしました。

これらの知見は将来，車いすの座面，自動車や航空機のシート，オフィスチェアなどに活用でき，さらにはフレイル予防の新しいツールとしても貢献することが期待されます。

本研究成果は，2024年8月7日14時（ロンドン時間）に学会誌『*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】

高齢化率の増加に伴い、筋力低下や身体虚弱を示すフレイル（※1）割合も急増しています。フレイルとは、筋力や認知機能が加齢により低下し、要介護や死亡リスクが高い状態を指します。またフレイルの前段階のことをプレフレイルと呼び、65歳以上では2人に1人がプレフレイルに該当するという疫学調査結果も報告されています。プレフレイルからフレイルへ進行してしまうと、健康状態へ回復するのは難しいため、フレイルになる前に予防することが重要です。一般的な対策としては、筋力トレーニングを行うことで筋力の維持・向上を図ることが推奨されていますが、高齢者には負担が大きいことや持続することが難しいという欠点もあります。そこで、より簡易かつ受動的に筋肉を刺激し、身体機能を活性化する手法やデバイスの開発が重要であると考えました。本研究は、座りながら筋肉を刺激し、転倒予防に重要な筋肉の一つである大腿四頭筋の活性化を図ることが可能なシートの開発を目的としました。

【研究成果の概要】

本研究では、若年男性14名（年齢：24.3±3.6歳、身長：172.2±4.8cm、体重：60.9±6.6kg）を対象としました。対象者は、シートに腰掛けた状態で内蔵した振動子を大腿二頭筋腱に当て、振動数：80Hz、振幅値：0.1mmのパラメータにて30秒間の刺激を実施しました（図1）。図1A、Bが開発したシート、Cが開発した振動子、Dが振動子を大腿二頭筋腱に当てている様子を示しています。

振動刺激前後に、膝を伸ばす最大筋力と運動神経活動の計測を行いました。運動神経活動の計測には、高密度表面筋電図法（※2）を用いて解析を行いました。対照条件として、振動を行わずに振動刺激条件と同じ時間シートに腰掛け、その前後に最大筋力と運動神経活動の計測を実施しました。

解析の結果、振動刺激を加えることで、即時的に筋活動が増加し、運動神経活動が増加することが明らかになりました（図2）。また、振動刺激はより高閾値で活動を開始する運動神経の活性化に寄与していることが分かりました（図3）。運動神経は、小さい運動神経から順に活動を開始する特性があり、これをサイズの原理（※3）と呼びます。この原理を踏まえると、低閾値では遅筋線維、高閾値では速筋線維が活動するため、振動刺激は速筋線維の活性化に寄与することが示唆されました。さらに、運動神経活動の変化が大きい人ほど筋力の増加量が大きいことが分かり（図4）、身体機能の即時的な向上に貢献できることが分かりました。

【今後の展開】

本研究により、座りながら転倒予防に重要な筋肉の一つである大腿四頭筋を活性化できることが明らかになりました。加齢に伴い全身の筋肉は萎縮していきませんが、その中でも大腿四頭筋は転倒の予測因子として使用されるなど、バランス能力に関与する重要な筋肉の一つとして知られています。本研究の知見は、長時間座位姿勢が強いられる航空機や自動車のシート、さらにはオフィスチェアなどへの応用することで、気軽かつ容易に身体機能を活性化できるデバイスの開発が期待されます。

本研究は、トヨタ紡織株式会社の共同研究経費の支援を受けて実施されました。

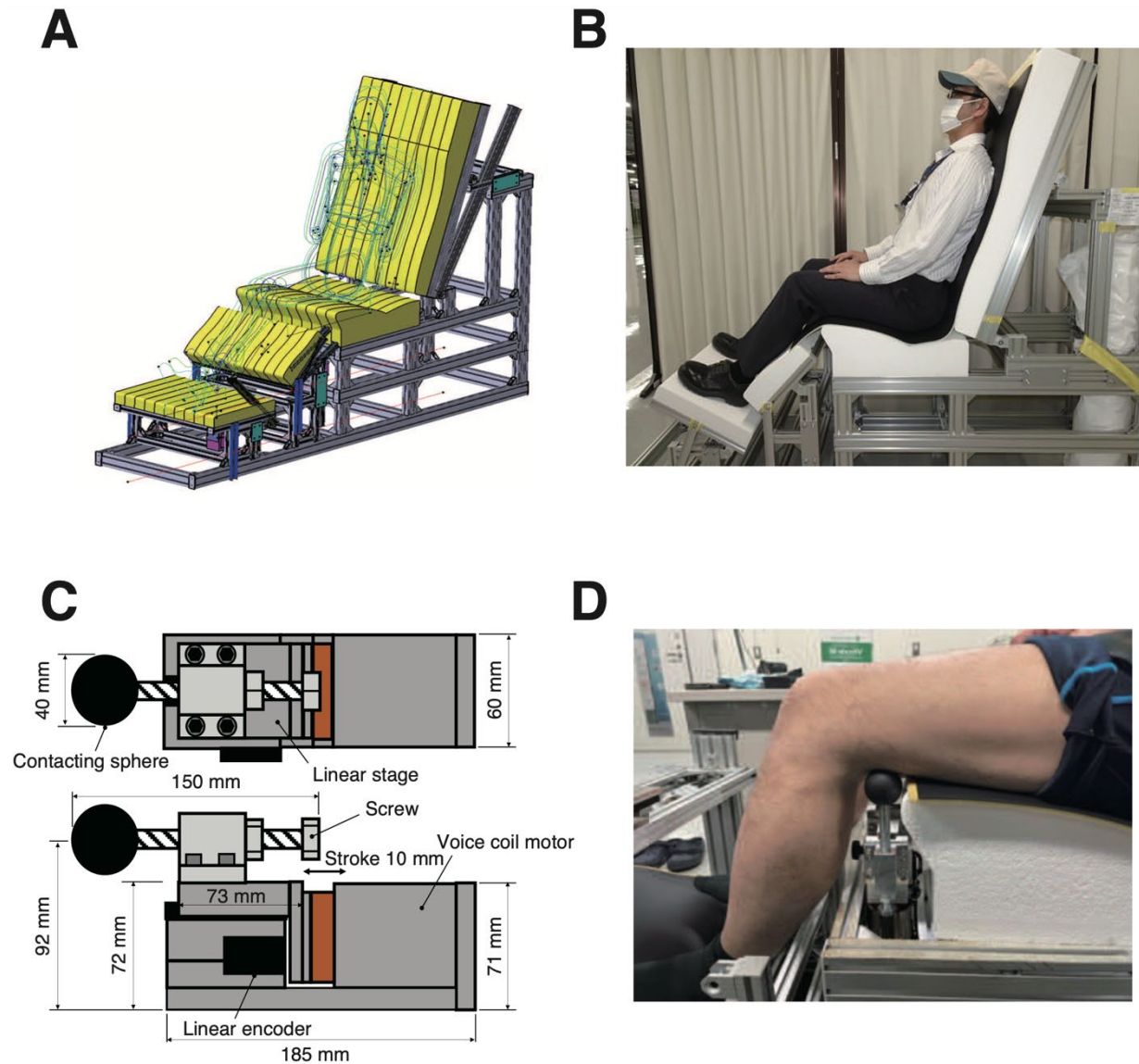


図 1: (A) 開発したシート, (B) 着座したイメージ, (C) 開発した振動子, (D) 振動子を大腿二頭筋腱に当てた様子。

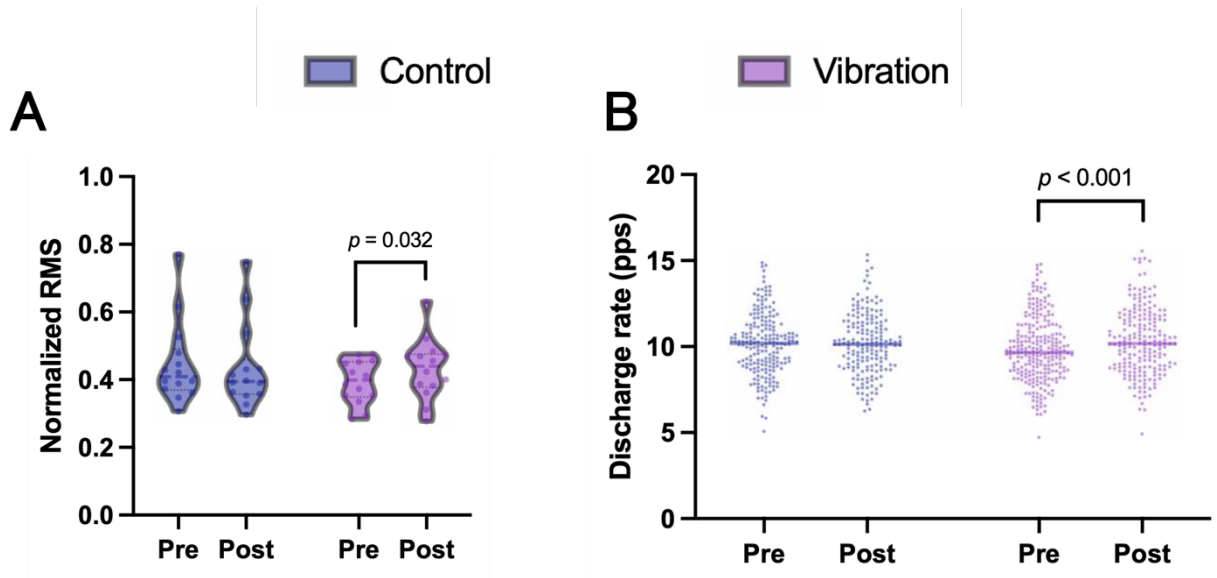


図 2 : (A) 筋電図振幅 (RMS) の Pre と Post の比較, (B) 運動神経活動頻度の Pre と Post の比較。

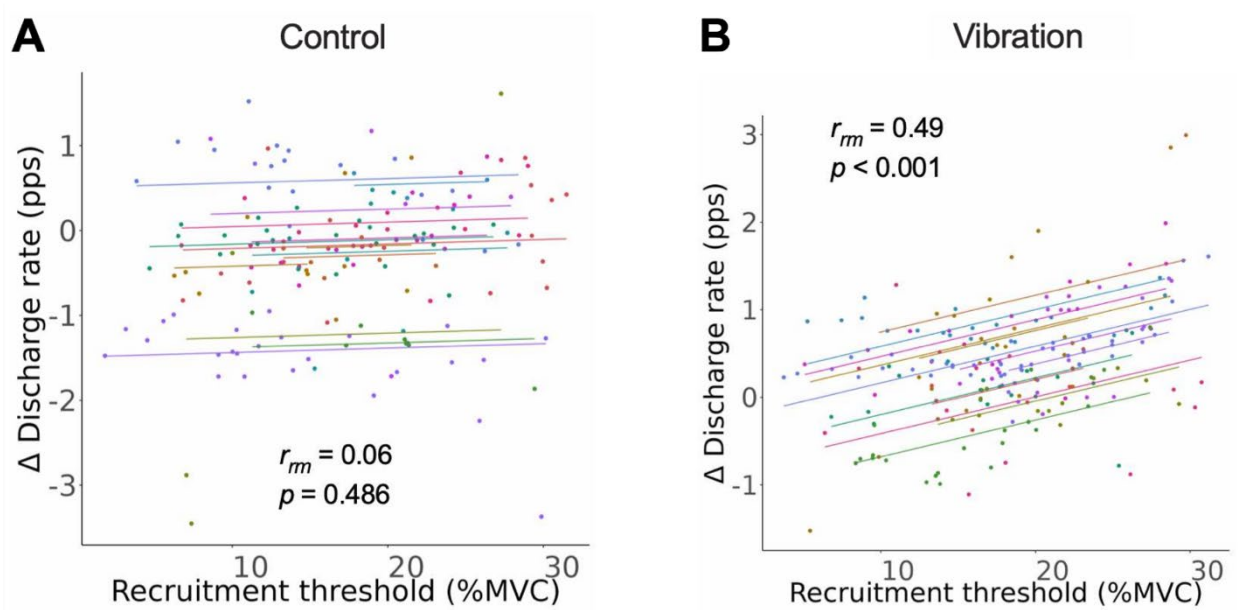


図 3 : 横軸は運動神経が活動したタイミングを示す Recruitment threshold, 縦軸は運動神経活動の Post-Pre の値を示している。Control (対照) 条件では, 運動神経活動と Recruitment threshold の間に関係がないのに対して (A), 振動刺激を行うことで, 高閾値で活動を開始する運動神経の活動性がより高まることが分かった (B)。

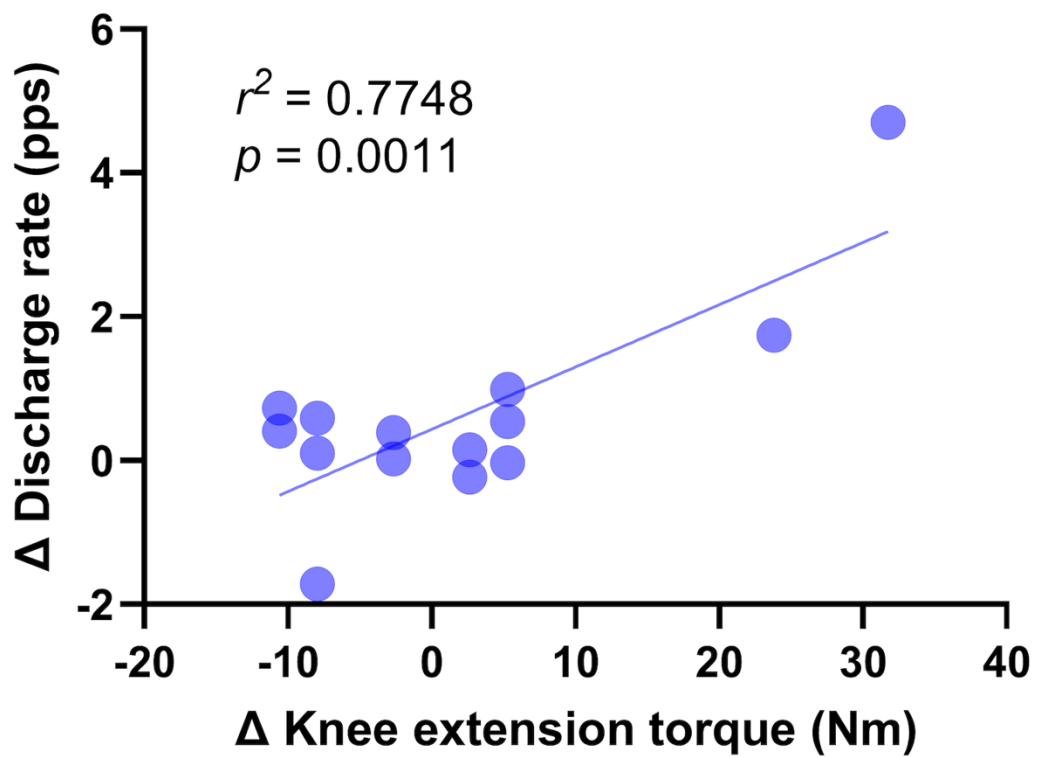


図 4 : 最大筋力と運動神経活動頻度の変化量の相関関係の結果。運動神経活動頻度の変化量が大きい人ほど、筋力が増加していることが明らかになった。

【掲載論文】

雑誌名 : *European Journal of Applied Physiology*

論文名 : Immediate effect of local vibration on motor unit firing behavior and muscle strength in healthy young males (局所的な振動刺激が若年健常男性の運動単位の活動へ及ぼす影響)

著者名 : Yuichi Nishikawa, Aleš Holobar, Kohei Watanabe, Toshihiko Komatsuzaki, Takanori Chihara, Jiro Sakamoto, Takashi Kawagoe, Hidetaka Nagayasu, Kyoko Mori, Kenji Kawano, Noriaki Maeda, Shinobu Tanaka, Allison Hynstrom

(西川裕一, Aleš Holobar, 渡邊航平, 小松崎俊彦, 茅原崇徳, 坂本二郎, 川越隆, 永安秀隆, 森香子, 川野健二, 前田慶明, 田中志信, Allison Hynstrom)

掲載日時 : 2024 年 8 月 7 日 14 時 (ロンドン時間) にオンライン版に掲載

DOI : 10.1007/s00421-024-05553-9

【用語解説】

※1 フレイル

年齢に伴い、筋力や身体的な活力が低下した状態のことを指す。活動的な生活をしている状態と要介護状態の間の状態とも表現され、フレイルの手前の状況のことを「プレフレイル」と呼ぶ。

※2 高密度表面筋電図法

60~100 個程度の表面電極を用いて、広範囲に筋活動を計測する手法。筋肉が動く際には、脳からの電気信号が運動神経を介して筋肉に伝わる。この時、電気信号は筋線維の上を伝播していく。高密度表面筋電図法では、広範囲の筋活動を計測することができるため、電気信号の伝播パターンを解析することで、神経と筋肉のつなぎ目(神経筋接合部)を見つけることが可能となる。また、電気信号の波形解析をすることで、運動神経が活動するタイミングを同定することが可能となる。

※3 サイズの原理

筋力を発揮する際、小さい運動神経から活動し、必要とされる筋力が増加するに従い、大きな運動神経が活動するメカニズムのことを指す。小さい運動神経は疲労しにくい遅筋線維を支配し、大きい運動神経は瞬発力がある一方で疲労しやすい速筋線維を支配する傾向にある。遅筋線維と速筋線維の間に中間筋線維があり、遅筋線維・中間筋線維・速筋線維の順番に筋肉は活動する。

【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 助教

西川 裕一（にしかわ ゆういち）

TEL : 076-234-4760

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

■広報担当

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