

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：31202

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01575

研究課題名(和文) 老化促進物質AGEsと下肢筋シナジーの協関を指標とした高齢者転倒予測モデルの開発

研究課題名(英文) Development of falls prevention model in older age based on correlation between AGEs and muscle synergy

研究代表者

金子 賢一 (Kaneko, Kenichi)

富士大学・経済・経営システム研究科・教授

研究者番号：50337177

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：1.筋音図から評価した高齢者の膝関節伸筋の活動は若者と比べ、有意に低周波数化していた。筋音図の徐波化は加齢に伴う速筋線維の減少を評価する指標と成り得る。2.歩行時の身体の安定性と視覚情報との関係を明らかにする目的で、視覚情報遮断刺激を加えた歩行時の安定性評価を行った。高齢者では30 Hzの視覚情報遮断刺激暴露に伴い、ステップ長が有意に減少した。3.下肢のAGEsと最大随意努力時のSEMGの平均パワー値(Pj)との相関分析を行った。高齢者の臀部において、AGEsとSEMGに有意な負の相関が認められた。転倒予測の指標として、臀部のAGEsと大殿筋の筋活動に関する周波数情報の相関度が有用である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者の寝たきり予防やQOL(生活・人生の質)向上の観点から、下肢を中心とする運動機能評価方法の確立や能動的な運動トレーニングの必要性が叫ばれている。「骨折や転倒」は介護が必要となる原因の第3位となっており、除くべき大きなバリアとなっている。本研究は福祉工学の視点から高齢者の転倒予防を目的とし、転倒に導く下肢運動機能の低下度を膝関節伸筋運動に関連する筋活動と最終糖化産物(AGEs)の相関関係から評価した。下肢運動機能の低下度に関連する中枢性因子と抹消性因子の両面から転倒のし易さの基準を構築した。

研究成果の概要(英文)：1.The ability of knee joint extension plays a key role in preventing falls. The SEMG and MMG for the lower limb muscles activities were evaluated by Wavelet Transform (WT). There were main effects of Frequency-band and of Aging for MMG. The mean power of frequency (Pj) of higher frequency bands were smaller for the elderly than that for the young. The values of Pj of MMG were a useful index to evaluate the function of knee joint extension. 2.This study was to estimate the relationship between the skin AF and the muscle activities of the lower limb. The skin AF was increased in the proximal part of the lower limb compared with the distal part of that. The principal component of frequency band of the SEMG was lower in the proximal part compare with the distal part. There was a negative correlation between the skin AF and the SEMG. The increase of skin AF might be a useful index for estimation of muscle hypofunction and/or cooperative activity of lower limb muscles for elderly.

研究分野：福祉工学

キーワード：AGEs EMG 下肢筋群 高齢者 ウェーブレット解析 相関分析 筋音図

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

WHO (世界保健機関) の「BONE AND JOINT DECADE (運動器の10年)」宣言により、高齢者の寝たきり予防や QOL (生活・人生の質) 向上の観点から、下肢を中心とする運動機能の評価や能動的な運動トレーニングの必要性が叫ばれるようになった。国民生活基礎調査によると、「骨折や転倒」は介護が必要となった原因の第3位 (12%) となっており、予防医学の視点に立った転倒予防の研究が強く求められている。我々は2015年に転倒予防のためのペダリングトレーニングを1か月間行った高齢者を対象に下肢筋群の表面筋電図を計測し離散ウェーブレット変換を施した所、大腿二頭筋と腓腹筋はトレーニング前よりトレーニング後で高周波数帯域の活動量が増え、一方、外側広筋と前脛骨筋では低周波数帯域の活動量が増えることを確認した。このトレーニング効果としての筋電図信号の周波数成分の変化は高齢者と若者とで異なる特徴を有しており、レジスタンストレーニングは単に筋力を向上させるのではなく、単一筋群における運動単位 (Motor Unit: MU) の発射頻度 (firing rate) や MU の活動参加 (recruitment) などの神経系因子が高齢者と若者とで異なる様態を持って筋活動に影響を与えるとの結論を得た。高齢者の下肢運動機能の低下過程はトレーニング効果とは逆の様態を示すのではないかという仮説を持つに至った。理学療法やバイオメカニクス分野では、高齢者の転倒予防の観点から下肢筋力や重心動揺を指標とした数多くの研究が行われ、膝伸展筋力の低下が高齢者の易転倒性を示す指標になると言われている。しかし、「歩行と転倒」に関する研究で得た我々の知見からは、単に下肢筋力を向上させるだけでは転倒を防ぐことはできないと考えている。転倒を予防するためには、下肢筋群の協調性を健全に保つ脊髄中枢での下肢運動パターン発生ジェネレータ (CPG) の賦活が重要な役割を果たしているという仮説のもと、筋シナジーと最終糖化産物 (AGEs) から CPG を推定し、下肢運動機能の低下度と易転倒性の相関モデルを構築するという全体構想で研究を進めている。

2. 研究の目的

本研究では高齢者の転倒予防を目的に、転倒を導く下肢運動機能の低下度を筋萎縮と筋活動の協調性から評価し、AGEs と筋活動の周波数を変数とした転倒予測モデルの開発を目指す。関節自由度が高い通常歩行とペダリングによる単純な膝伸展・膝屈曲運動を対象とし、運動の複雑性と運動機能の低下度との関連性を明らかにする。高齢者と対照群である若者の下肢筋群の表面筋電図 (SEMG) および筋音図 (MMG) を離散ウェーブレット変換することで得られる周波数情報と、各筋から非侵襲的に計測する最終糖化産物量との協関度を分析することで、下肢運動機能の低下度を中枢性・抹消性の両因子から定量的に評価し、転倒のし易さの基準を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 被験者は岩手県花巻市に在住する高齢の女性8名 (平均年齢 77.3 ± 13.0 歳) で、下肢に障害を認めない健康な方を対象とした。岩手県花巻市は、冬期は雪に覆われる積雪寒冷地域であり、冬期の運動不足および転倒事故が懸念される地域でもある。今回は、富士大学スポーツセンターで行った地域住民の健康増進を目的とする運動トレーニングに参加した女性高齢者に実験の協力をお願いした。コントロール群として、いずれも下肢に障害を認めない健康な女子学生8名 (平均年齢 23.6 ± 3.3 歳) を測定し比較を行った。全ての被験者には実験開始前に書面および口頭にて、研究の目的と方法、個人情報取り扱いについての説明を十分に行い、実験に参加する同意を得たうえで実験を行った。

被験者は測定機能付自力運動訓練装置 (アイソフォース GT-330, OG 技研) に座位の姿勢を保持し、まず、膝関節角度 150° の位置における膝関節伸展運動時の最大筋収縮力 (100%MVC) を測定した。その後、疲労の影響を排除するため5分間の休憩をはさみ、計測した最大筋収縮力の半分の負荷 (50%MVC) にて、10秒間、膝関節伸展運動を行った (図1)。膝関節伸展運動の主働筋は大腿四頭筋であり、単位面積あたりの筋線維数が最も多い大腿直筋を被験筋とした。膝関節伸展運動に伴う大腿直筋の活動電位は、ワイヤレス EMG 電極 (Trigno Wireless System, DELSYS) を用いて双極導出した。電極の装着にあたっては、皮膚との接触抵抗を抑えるためアルコールおよび電極装着用ジェルを用いて被験部を前処理し、電極は神経支配帯を外し、筋の走向に沿うように SENIAN 推奨の位置に装着した。同時に、2.4 G 帯高度化小電力データ通信システムを用いたワイヤレス 3 次元加速度センサー (MMG-3d, TAOS 研究所) により Z 軸方向 (被験筋に対して垂直方向) の MMG を検出した。EMG 信号波形は Low-cut フィルタ 20 Hz, High-cut フィルタ 450 Hz でフィルタリング処理を行い、A/D 変換器 (PowerLab, ADInstruments) を介して分解能 16 ビット、サンプリング

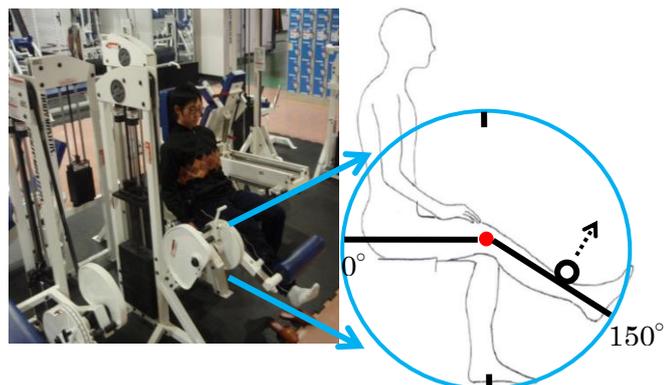


図1 アイソメトリック膝関節伸展運動実験

周波数 1000 Hz で PC に取り込んだ。一方、MMG 信号波形は Low-cut フィルタ 2.5Hz, High-cut フィルタ 500 Hz にてフィルタリング処理を行い、分解能 12 ビット、サンプリング周波数 500 Hz にて USB を経由して PC に取り込んだ。実験終了後、オフラインにて PC を用いて解析を行った。本研究では、筋活動を周波数の領域から定量評価するために、SEMG と MMG の信号波形 (図 2) に離散ウェーブレット変換を適用した。近年、SEMG 信号波形に離散ウェーブレット変換を施し解析する方法は一般的になってきているため方法は省略する。今回、SEMG 信号波形は 5 つの周波数帯域に (それぞれ, $j=5$: 20-31.25 Hz, $j=4$: 31.25-62.5 Hz, $j=3$: 62.5-125 Hz, $j=2$: 125-250 Hz, $j=1$: 250-450 Hz), MMG の信号波形は 7 つの周波数帯域 (それぞれ, $j=7$: 2.5-5 Hz, $j=6$: 5-7.81 Hz, $j=5$: 7.81-15.63 Hz, $j=4$: 15.63-31.25 Hz, $j=3$: 31.25-62.5 Hz, $j=2$: 62.5-125 Hz, $j=1$: 125-250 Hz) に多重解像度分解した。求めた各周波数帯域 (それぞれ, SEMG: $j=5\sim 1$ の 5 つの帯域, MMG: $j=7\sim 1$ の 7 つの帯域) の平均エネルギー P_j を用いて、高齢者と若者とを比較した。統計解析としては、二元配置分散分析を行った。まず、Levene 検定により等分散性を確認した。群間に有意差が認められた際には、事後検定として、Tukey's HSD による多重比較を行った。全体の P_j に対する各周波数帯域ごとの成分の割合 ($\%P_j$) の分析には、独立性の検定を χ^2 乗検定により行った。有意水準はいずれも、1% および 5% とした。二元配置分散分析においては、サンプルサイズによって変化しない標準化された指標である効果量を算出し、 p 値および効果量から統計的検定を議論した。

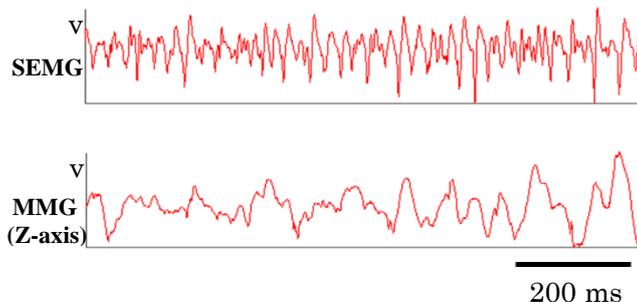


図 2 表面筋電図 (SEMG) および筋音図 (MMG) の原波形例

(2) 山形県立保健医療大学の理学療法学科実験室において、下肢の AGEs 蓄積量を非侵襲的に皮膚の蛍光強度 (skin auto fluorescence: AF) として測定した。測定部位は図 3 に示す通り、大腿の前面と後面、下腿の前面と後面、および、臀部の 5 か所とし、健全な高齢者 (平均年齢 71.2 \pm 7.5 歳) 15 名、および、コントロールとして若者 (平均年齢 21.3 \pm 4.3 歳) 15 名を被験者として実験を行った。最大随意努力を持って行うアイソメトリック運動時に図 4 に示す 5 つの下肢筋群から SEMG 信号波形を記録し、上記 (1) の離散ウェーブレット変換を適用することでパワー値の平均 (P_j) を算出し、AF と P_j の相関関係を分析した。SEMG の測定にあたっては、上記 (1) と同様の装置およびフィルタリングを使用した。SEMG は 450 から 20Hz までの帯域を 3 つの帯域 (High: 450-125 Hz, Middle: 125-62.5 Hz, Low: 62.5-20 Hz) に分け、それぞれを、1.速筋繊維, 2.速筋繊維・遅筋繊維の混合, 3.遅筋繊維、の活動に由来するものと仮定し、AF との相関を分析した。

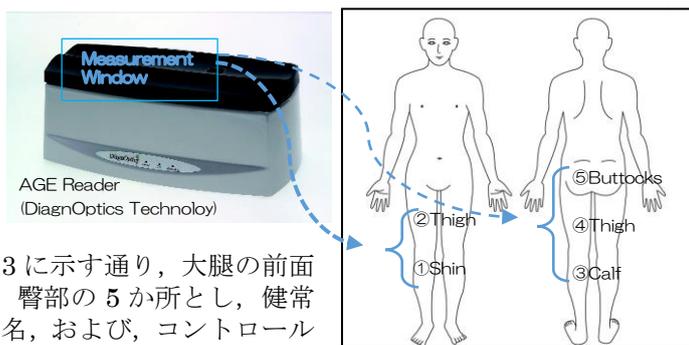


図 3 AGEs 測定装置 (左上) と下肢 5 か所の測定部位

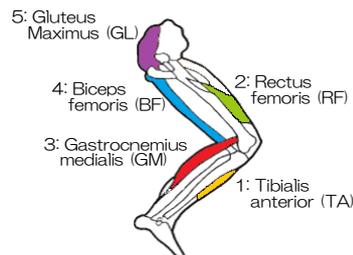


図 4 SEMG 測定部位 (被験筋)

4. 研究成果

(1) 膝関節伸展運動に伴う SEMG と MMG 双方の信号波形に対して、Daubechies のマザーウェーブレットを用いた多重解像度分解を行い、SEMG は Level 5 まで、MMG は Level 7 まで展開した。まず、SEMG に関して、周波数帯域 j における波形の振幅情報となる P_j を用いて、周波数帯域ごとの平均値と標準偏差を算出し、高齢者と若者とで比較を行った (図 5 上段)。 P_j の平均値が最も大きい値を示したのは、高齢者で $j=2$ (125-250 Hz) の帯域であり、若者では $j=3$ (62.5-125 Hz) の帯域であった。 $j=3$ (62.5-125 Hz), 2 (125-250 Hz), および、1 (250-450 Hz) の帯域では、 P_j の平均値は高齢者の方が若者より大きい値を示した。 P_j の加齢の効果 (高齢者と若者との差) と周波数帯域の効果 (周波数による違い) を分析するために二元配置分散分析を行った。その結果、周波数帯域の主効果が統計的に有意であった ($F_{4,70} = 2.68, p < 0.05, \eta^2 = 0.07$)。加齢の効果に関しては、有意水準を 5% とすると帰無仮説を棄却するには至らなかったが、効果量は中程度であった ($F_{1,70} = 1.76, p = 0.18, \eta^2 = 0.09$)。次に、MMG に関して、 P_j の平均値に対し二元配置分散分析を行った。その結果、周波数帯域の効果 ($F_{6,98} = 5.92, p < 0.01, \eta^2 = 0.81$) と加齢の効果 ($F_{1,98} = 18.63, p < 0.01, \eta^2 = 2.22$) の両方で主効果が認められた。しかし、これらの効果は有意な交互作用 ($F_{6,98} = 5.66,$

$p < 0.01$, $\eta^2 = 1.00$) によって限定される。 P_j の平均値は高周波数帯域 $j = 5 \sim 1$ (7.81-250 Hz) において高齢者よりも若者の方が大きく、逆に、低周波数帯域 $j = 7 \sim 6$ (2.5-7.81 Hz) では、高齢者の方が若者よりも大きい値を示した。 Tukey's HSD の事後検定によると、 $j = 4$ (15.63-31.25 Hz), $j = 3$ (31.25-62.5 Hz), $j = 2$ (62.5-125 Hz) の 3 つの周波数帯域において、 5 % 有意で高齢者と若者とで差が認められた (図 5 下段)。

続いて、再構成された波形の解析時間長における振幅情報の総和を求め、それぞれの周波数帯域ごとの P_j の占める割合 (% P_j) を SEMG, MMG ごとに算出し、高齢者と若者とで比較した (図 6)。 SEMG において、高齢者と若者とで顕著な差が認められたのは、 $j = 4$ (31.25-62.5 Hz) および、 $j = 2$ (125-250 Hz) の周波数帯域であった。 大腿直筋の活動を SEMG から評価すると、高齢者の方が若者よりも高い周波数をもって膝関節伸展運動を行っている様態が明らかとなった。 一方、MMG に関しては、若者では $j = 3$ (31.25-62.5 Hz) の占有率が高かったのに対し、高齢者ではより低周波数帯域の $j = 6$ (5-7.81 Hz) の占める割合が高かった。 図 6 上段に示すように、MMG の % P_j を $j = 7 \sim 5$ (2.5-15.6 Hz) まで低周波数帯域としてまとめてみると、高齢者は全体の約半分にあたる 46.5% が低周波数帯域の活動であったのに対し、若者では 14% と、大きな違いとなって表れた。 独立性の検定を χ^2 乗検定で行ったところ、SEMG, MMG 共に、統計的に 1% で有意であった。

最後に、筋の電氣的活動である SEMG と筋の機械的的活動である MMG の割合から、筋の電気-機械変換効率を求め高齢者と若者とで比較を行った。 SEMG においては被験者ごとに 5 つの周波数帯域における P_j の総和を算出し、一方、MMG においては被験者ごとに 7 つの周波数帯域における P_j の総和を算出し、MMG / SEMG の平均値と標準偏差を高齢者と若者とで比較した。 その結果、高齢者は 0.49 ± 0.47 であったのに対し、若者では 3.44 ± 2.85 となり、高齢者は若者よりも膝関節伸展運動に伴う大腿直筋の電気-機械変換効率は顕著に低いことが判明した。 母平均の差の検定を t 検定により行ったところ、1% 有意で差が認められた ($t = -3.52$, $p < 0.01$, Cohen's $d = -1.45$) 。

一般的に、高齢者は若者に比べると筋力の低下、動作の緩慢さ、疲労のしやすさが顕著となることが言われている。 これらは、加齢による速筋線維の選択的な萎縮が原因と考えられている。 今回、高齢者から測定した筋音図信号にウェーブレット変換を施すと、高齢者の主要な筋活動の周波数帯域は若者と比べ、統計的に有意に低周波数帯域へシフトしている様態が明らかとなった。 筋音図信号の低周波数化は加齢に伴う速筋線維減少を示す一つの指標と成り得ることが示唆された。 筋の電気-機械変換効率を SEMG と MMG の割合から推定すると、高齢者は若者より顕著に低い変換効率であることが判明した。 膝関節伸展運動機能の加齢の影響を評価する際、大腿直筋から得た MMG と EMG の割合が有用な情報となる。

(2) 下肢の AGEs の推定値としての AF の値は、図 7 に示すように、いずれの測定部位においても若者より高齢者で顕著に高く、かつ、高齢者と若者とで共に遠位部位より近位部位で高い傾向が明らかとなった。 二元配置分散分析の結果、加齢の効果と測定部位の効果が 1% で有意であった ($F_{5,216} = 58.0$, $p < 0.01$) 。

次に、膝関節伸展・屈曲運動に関して、最大随意努力時の下肢筋群から得た SEMG の周波数

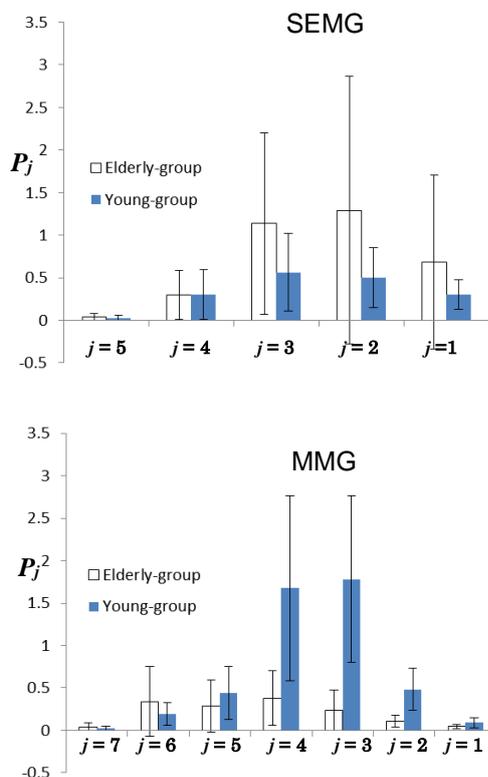


図 5 膝関節伸展運動時の SEMG と MMG の高齢者と若者の比較

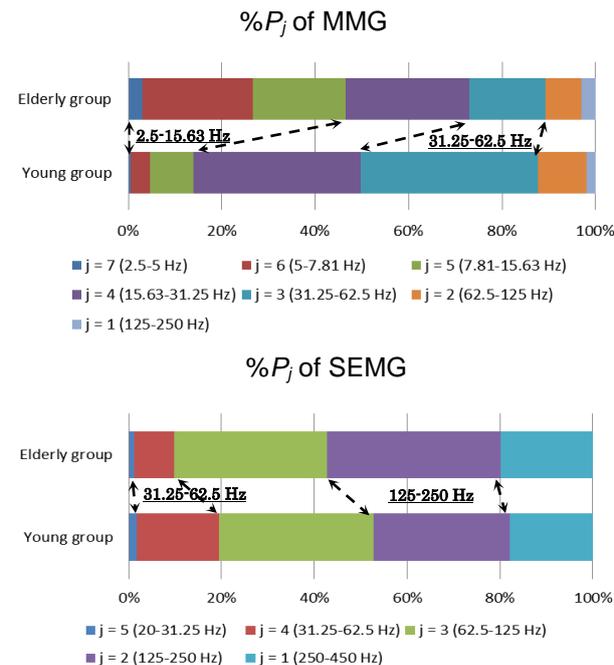


図 6 SEMG と MMG の周波数成分 (% P_j) の高齢者と若者の比較

(% P_j)は若者よりも高齢者で高い周波数になっていることが判明した。特に、大腿二頭筋において顕著な特徴を示した。 χ^2 検定を行ったところ、統計的に1%で有意であった($\chi^2 = 13.24, 4df, p < 0.01$)。今回の実験によって得たSEMG信号を3つの周波数帯域(High: 450-125 Hz, Middle: 125-62.5 Hz, Low: 62.5-20 Hz)に分類し、高齢者と若者とで最大随意努力時のSEMG活動の周波数の特徴を比較してみたが、顕著な違いは認められなかった。

SEMGから捉えた筋活動と、AFから推定したAGEsとの関係を調べるために、相関分析を行った(表1および図8)。外的基準を上述の3つに分けた周波数帯域(High, Middle, Low)とし、5か所から記録したAF(Shin, Thigh (anterior), Calf, Thigh (posterior), Buttocks)とSEMG(TA, RF, GM, BF, GL)(図3, 4参照)について、相関分析を行った。その結果、TA・Shinの組合せを除き、AFとSEMGに弱い負の相関が認められた。負の相関関係は特に、GL・Buttocksで顕著であり、BF・Thigh (posterior)ではLow周波数帯域の活動で、RF・Thigh (anterior)ではMiddle周波数帯域の活動で統計的に有意であった。

本研究からは、臀部のAGEsと大殿筋のSEMGの平均パワー値とに有意な負の相関が認められた。人間は高齢化していく過程の中で、下肢の中でも特に臀部では速筋繊維と遅筋繊維の両者がともに減少し、大殿筋の筋活動の総体が減少していく一方、臀部は他の下肢部位と比して顕著なAGEsの蓄積がなされるという基礎的な知見を得た。AGEsの蓄積と筋活動の様態変化には関連があると推察されるが、今回の実験からでは因果関係を含め、そのメカニズムは分からない。下肢において臀部は他の部位と比較して加齢の影響を受けやすいと言えるが、生化学的な検証は今後の課題である。

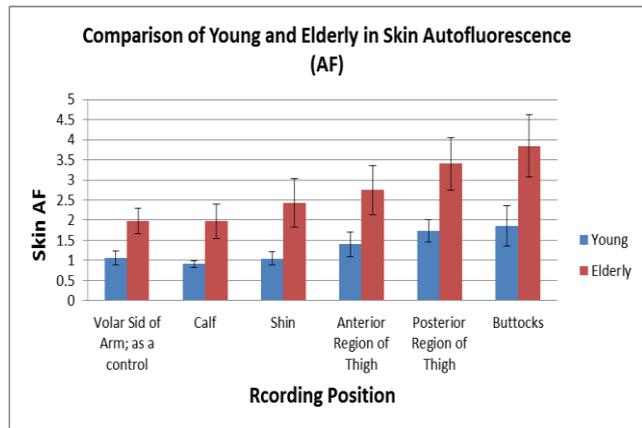


図7 Skin AFの高齢者と若者の比較(下肢5か所)

表1 Skin AFとSEMG活動の相関分析(相関係数 γ)

| SEMG・Skin AF (Muscle・Recording Position) | High: 450-125 Hz (P_1+P_2) | Middle: 125-62.5 Hz (P_3) | Low: 62.5-20.0 Hz (P_4+P_5) |
|--|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. TA・Shin | .47 | .34 | .36 |
| 2. RF・Thigh (anterior) | -.35 | -.56* | -.35 |
| 3. GM・Calf | -.41 | -.49 | -.55 |
| 4. BF・Thigh (posterior) | -.21 | -.35 | -.46** |
| 5. GL・Buttocks | -.39* | -.54** | -.62** |

Note. 上記の表はピアソンの相関係数 γ をまとめたものである。今回、 P_j は3つの周波数帯域(i.e., High, Middle, and Low)に分けて検討した。

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$, $n = 30$.

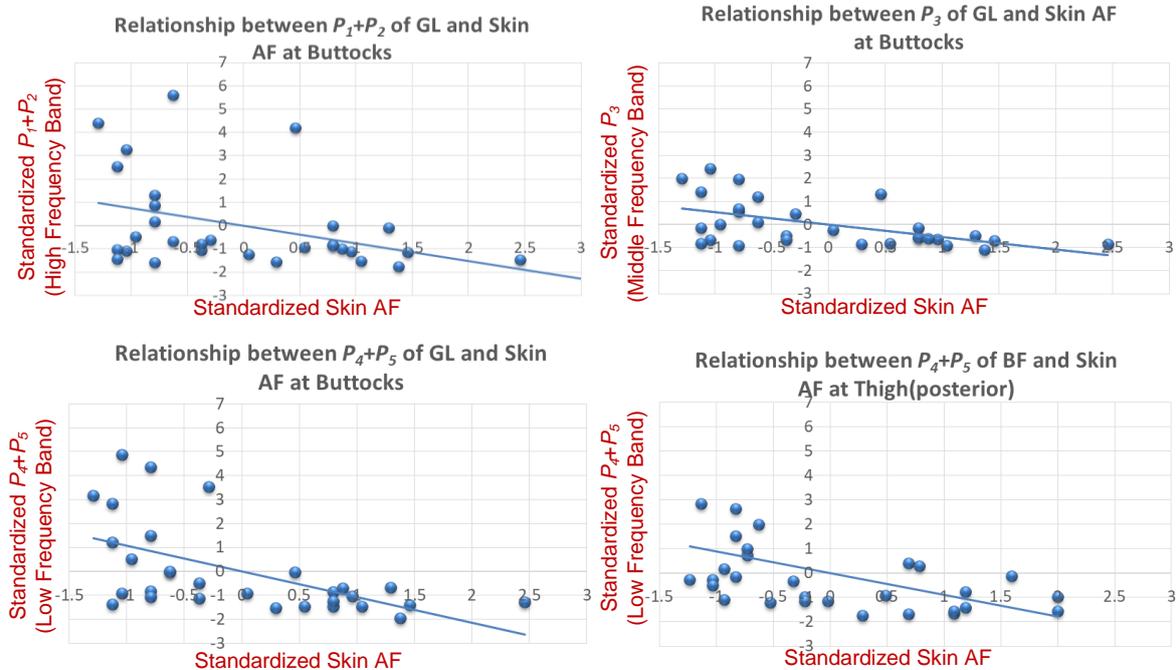


図8 標準化したSkin AFと標準化した P_j (3つの帯域; High, Middle, Low)との関係性を示した散布図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 金子賢一, 真壁寿, 水戸和幸, 坂本和義 | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 高齢者の膝関節伸展機能評価の研究 -筋音図と表面筋電図の離散ウェーブレット解析を用いて- | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 日本福祉工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 77-86 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 坂本和義, 苗鉄軍, 井口竹喜, 一柳健, 大山史朗, 金子賢一 | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 ふるえ症患者（本態性振戦・パーキンソン病）および高齢者の書字動作の特徴とふるえ抑制器具の効果 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 日本福祉工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 25-31 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件／うち国際学会 7件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuyoshi Sakamoto, Katsuhiko Hattori, Eriko Nishikawa, Tiejun Miao, Byung-Chan Min, Kenichi Kaneko |
| 2. 発表標題 Quantitative evaluation of body care |
| 3. 学会等名 Korean Society for Emotion and Sensibility (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenichi Kaneko, Hitoshi Makabe, Kazuyuki Mito, Kazuyoshi Sakamoto |
| 2. 発表標題 On the relationship between advanced glycation end-products (AGEs) and surface EMG on lower limb muscles in elderly persons |
| 3. 学会等名 International Society of Biomechanics XXVIIth Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Makabe H., Awano M., Ogawa A., Kudo D., Yamaguchi T., Kanzaki H., Kaneko K. |
| 2. 発表標題 The effect of eye closing during standing on EEG-EEG coherence and EEG-EMG coherence |
| 3. 学会等名 International Society of Biomechanics XXVIIth Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金子賢一 |
| 2. 発表標題 高齢者が要介護に至る原因と未然に防ぐための方策に関する研究 |
| 3. 学会等名 日本福祉工学会東北支部会 第19回総会・研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hitoshi Makabe, Takuhiro Ikeda, Kenichi Kaneko |
| 2. 発表標題 The Effect of Stroop Task on Stride Interval of Gait in Elderly People |
| 3. 学会等名 International Conference on Emotion and Sensibility 2019 (ICES 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金子賢一 |
| 2. 発表標題 高齢者福祉からみた転倒予防 -ペダリングトレーニングの効果測定と評価- |
| 3. 学会等名 日本福祉工学会東北支部会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hitoshi Makabe, Miku Chiba, Kenichi Kaneko |
| 2. 発表標題 The effects of intermittent blocking of visual information on walking in elderly persons |
| 3. 学会等名 International Society of Electrophysiology and Kinesiology (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kenichi Kaneko, Hitoshi Makabe, Kazuyuki Mito, Kazuyoshi Sakamoto |
| 2. 発表標題 Evaluation of knee joint extension in elderly person with the use of wavelet analysis for SEMG and MMG signals |
| 3. 学会等名 International Society of Biomechanics XXVIth Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yui Sato, Hitoshi Makabe |
| 2. 発表標題 Impact of external focus and internal focus on jump performance |
| 3. 学会等名 International Society of Biomechanics XXVIth Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 働態研究のツール編集ワーキンググループ編 | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 人類働態学会 | 5. 総ページ数 210 |
| 3. 書名 働態研究に役立つツール | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

富士大学 教員の研究業績等
<http://www.fuji-u.ac.jp/overview/jiko-com>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-----------|--|--|----|
| 研究 分担者 | 真壁 寿 (Makabe Hitoshi) (60363743) | 順天堂大学・保健医療学部・教授 (32620) | |
| 研究 協力者 | 坂本 和義 (Sakamoto Kazuyoshi) | 電気通信大学・産学官連携センター・名誉教授 (12612) | |
| 連携 研究者 | 水戸 和幸 (Mito Kazuyuki) (90353325) | 電気通信大学・情報理工学部・准教授 (12612) | |