

高齢者の運動器疾患と固有感覚受容との関連および固有感覚受容低下に対する治療法の開発 (29-6)

主任研究者 酒井 義人 国立長寿医療研究センター 整形外科部長

研究要旨

固有感覚とは外部刺激の感知、動作や姿勢の把握という二つの機能を有している感覚機能であり、腰痛では体幹筋におけるこの機能の低下が指摘されている。固有感覚は固有受容器と呼ばれ、代表的な固有受容器にはマイスネル小体、筋紡錘、ファーターパチニ小体がある。固有受容器は応答周波数を有し、それに応じた外部からの振動刺激に対して高い反応を示すことが知られている。これまで、固有感覚と腰痛や転倒との関連の報告が散見され、腰痛患者では体幹と下腿での固有感覚の相違が生じているといった報告や、固有感覚の低下が転倒リスクを著しく上昇させるといった指摘がある。

そこで高齢者の固有感覚を高める治療器機の開発を目的として、主任研究者らは①腰痛や関節痛、易転倒性における固有感覚の関わりを一般住民において調査し、②運動器疾患で入院中の高齢者における固有感覚低下、について詳細に検討した。①においては重心動揺で評価した固有感覚が腰痛や骨格筋量（サルコペニア）の影響を受けるという結果であり、②においては体幹と下腿の固有感覚低下の比率によりバランス機能障害が決定され、体幹（多裂筋）の低周波数帯の固有感覚低下と下腿（腓腹筋）の高周波数帯の固有感覚低下が腰痛と関連しているという結果であった。加齢による固有感覚低下の重要性が健常人や運動器疾患患者で示された一方で、腰痛患者においては個人により機能低下した周波数帯が異なることも判明し、治療器機への反映として機能低下した周波数の特定と標的周波数帯への刺激応用という課題が明確になった。本研究では先行研究で関連が認められた腰痛と固有感覚低下についての横断研究および機器開発のための研究（患者対象研究）と、地域住民を対象とした縦断研究（一般住民対象研究）からなる。前者では高齢者における腰痛患者の個人特有の低下した固有感覚周波数の特定のための横断研究と機能低下した固有感覚周波数に対する刺激により改善が期待されるかの検証を行い、後者では固有感覚の経年変化が脊椎及び骨格筋量に影響を与えるか、またその逆はあり得るのかといった課題に対して一定の見解を得ることを目的とする。また患者対象研究において用いることおよび健常人におけるデータ収集を目的として、固有感覚受容低下に対する固有感覚機能解析器および治療器機の開発も並行して行っていく。

これらの各研究課題を統合して、最終的な目標を機能低下周波数帯の固有感覚を刺激することで賦活化し、腰痛に対する治療・予防を目的とした、オーダーメイドな治療としての“**proprioceptive approach**”の開発とする前向き研究である。

患者対象研究

腰痛高齢患者は固有感覚受容の低下による姿勢制御の不安定性が指摘されている。固有受容器には、マイスナー小体、筋紡錘、ファーターパチニ小体があり、各々の受容器に呼応する応答周波数がある。これらの固有受容器は、幅広い周波数領域を持ち合わせており、それらの領域を含めた検証はおこなわれていない。このことから、より細かい分解能で各固有受容器の障害周波数帯の検証が必要である。本研究は、腰痛を有する高齢患者と腰痛を有さない高齢患者を対象に、段階的に応答周波数を変化させた、機械的振動刺激を体幹と下腿に交互に与え、障害されやすい固有感覚の特定を調査する。65歳以上の腰部脊柱管狭窄症および変形性脊椎症と診断された、腰痛高齢患者 28 名及び非腰痛高齢患者 28 名に対して、体幹と下腿における固有受容加重比率（**Relative Proprioceptive Weighting ratio : RPW**）を比較した。振動デバイスを用いて両側多裂筋と腓腹筋に 27~272 Hz（27~40 Hz：マイスナー小体、40~100 Hz：筋紡錘、100~180 Hz：筋紡錘とファーターパチニ小体の混合、180~272 Hz：ファーターパチニ小体）のスイープ振動刺激を与え、閉眼での COP の偏位を重心動揺計で測定し、相対的な RPW を計算した。腰痛の評価は、VAS と RDQ、転倒リスクの評価は、簡易転倒スコアで評価した。腰痛高齢患者は、非腰痛高齢患者よりもファーターパチニ小体で有意に RPW が低値であった。また、腰痛高齢患者は、VAS、RDQ、簡易転倒スコアが有意に高値であった。また、腰痛高齢患者はファーターパチニ小体と RDQ との間に負の相関関係が認められた。これらのことから、腰痛高齢患者は、下腿のファーターパチニ小体が低下した結果、体幹優位の姿勢制御となり、さらに腰痛の訴えが強いだけでなく転倒リスクも高いことが示された。（酒井）

また山崎は、高齢者における固有感覚が骨格筋量（サルコペニア）の影響を受け、下腿の固有感覚低下により姿勢制御が不安定になるかどうかを検証した。対象者は、65歳以上のプレサルコペニアと診断された高齢者 17 名と非サルコペニアの 39 名とした。スイープ型振動デバイスを使用して、両側多裂筋と腓腹筋に 27~272 Hz の振動刺激を与え、閉眼での COP 偏位を重心動揺計で測定した。下肢筋量、握力、歩行速度を計測した。下腿の筋紡錘、下腿のファーターパチニ小体で有意差が認められた。下肢 SMI においても有意な群間差が認められた。下腿および体幹のマイスネル小体、体幹の筋紡錘、体幹のファーターパチニ小体、握力、歩行速度においては有意差が認められなかった。相関分析の結果、下腿のファーターパチニ小体と下肢 SMI で弱い正の相関が認められた。サルコペニアと診断された高齢者は、下腿のファーターパチニ小体の固有感覚低下と下肢筋量低下によって姿勢不安定性が示唆された。（山崎）

一般住民対象研究

今釜は、一般住民検診 1,016 名のロコモとフレイルを調査し重心動揺への影響を評価した。健診者全体の検討ではロコモもフレイルも重心動揺計測値と有意な関連を示したが ($p<0.0001$)、ロコモの方が外周面積(cm^2)や前後動揺平均速度($\text{cm}/\text{秒}$)など、より多い動揺性と関連した。さらにロコモ、フレイル単独の検討を行い、体幹動揺に關与する筋力はフレイルの方が有意に低かったものの、ロコモはフレイルより有意に重心動揺を反映することが示された。(今釜)

また、関は、酸化ストレスの観点から、運動器疾患に伴う固有感覚機能低下を評価した。酸化ストレスは、活性酸素種の発生と拮抗する抗酸化力のバランスが破綻し、酸化に傾いた状態を示す。老化や生活習慣病だけでなく筋や骨など運動器にも影響する。これは、運動器疾患から固有感覚受容の低下をもたらす可能性がある。そこで、住民健診において、運動器疾患の代表である骨粗鬆症、サルコペニア、ロコモティブシンドロームと酸化ストレス・抗酸化力の関連を調査解析した。対象は、北海道八雲町の 2017 年住民検診の受診者 248 名 (平均年齢 64.1 歳、女性 141 名) である。骨粗鬆症(O)群は 64 名(25.8%)、サルコペニア(S)群は 57 名(23.2%)、ロコモティブシンドローム(L)群は 121 名(48.8%)であり、正常を N 群とした。酸化ストレス度は d-ROMs テスト、抗酸化力は BAP テストにより評価した(正常値 d-ROMs 200-300 unit CARR、BAP 2200 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 以上)。骨粗鬆症は 2015 年原発性骨粗鬆症の診断基準から、YAM 値 70%以下、骨折の既往で定義した。ロコモティブシンドロームは、ロコモ度 1,2 を L 群とした。サルコペニアは BIA を用い、AWGS 診断基準から定義した。固有感覚評価として、重心動揺検査を実施した。d-ROMs 値は S,L 群で、BAP 値は L 群で有意に N 群より高値であった。d-ROMs/BAP 比は S 群のみ有意に N 群より高値で、O, L 群は N 群と差がなかった。各群で重心動揺検査項目に差を認めなかった。d-ROMs/BAP 比を説明変数に、性年齢 BMI で調整した 3 群の線形回帰分析は S 群のみ有意に影響があった($\beta=0.014$, $p<0.01$)。この結果から、サルコペニアについて酸化ストレスと栄養摂取の関係を調査した。栄養摂取は食物摂取頻度調査票 FFQ を用いエネルギー、脂質、タンパク質、炭水化物、ビタミンなどの摂取量を推定した。性年齢 BMI、低栄養の指標(Hb, Alb) を共変量としたロジスティック回帰分析は、d-ROMs 第 3 分位 (高) で OR 3.0 となった。d-ROMs 第 3 分位値 345u. C 以上の検診者は、タンパク質とコレステロール摂取が有意に少なかった。酸化ストレス評価は、運動器疾患のサロゲートマーカーとして、研究治療に活用できる可能性がある。高齢者の運動器疾患と栄養摂取の関わり、予防法の確立が必要である。(関)

固有感覚受容評価のための装置開発

機械開発では、森田により開発が進められた。先行研究において、高齢者や腰痛者の固有感覚低下の周波数帯は個人により異なることが判明した。このことから、種々の周

波数帯を調べるために、時間的に周波数が変化するスイープ周波数の振動刺激を考案し、それを具現化するスイープ周波数振動刺激装置を開発した。また、スイープ周波数による振動刺激時の重心動揺試験の結果の比較から、固有感覚評価法を策定した。今後、固有感覚機能の治療器の開発のためには、治療器の有効性を検証するための即時効果実験プロトコールが必要である。そこでは、治療前後で固有感覚の評価も必要であり、実験時間は患者の負担から 30 分以内といった制約がある。そのため固有感覚の評価には時間短縮（10 分以内）が望まれる。そのため研究目的として、即時効果実験プロトコールで用いる治療前後での固有感覚評価法の策定とした。そのために、スイープ周波数を用いた固有感覚評価の妥当性の確認が必要である。また、スイープ周波数には周波数上昇パターンと周波数下降パターンがある。そこで、スイープ周波数を用いて、健常若年者、高齢非腰痛者、高齢腰痛者を対象に固有感覚評価の実験を行い、周波数上昇パターン、周波数下降パターン、先行研究で得られた単一周波数の方法の結果の比較を行った。その結果、周波数上昇パターンと周波数下降パターンの結果を合わせると、単一周波数の方法と同様な結果を得られた。従って、即時効果実験プロトコールで用いる治療前後での固有感覚評価法では、周波数上昇パターンと周波数下降パターンの両方の振動を付与する必要があることが示唆された。また、周波数上昇パターンと周波数下降パターンのスイープ周波数の両方を用いた固有感覚評価における所要時間が 8 分であったことから、時間短縮も実現した。（森田）

主任研究者

酒井 義人 国立長寿医療研究センター 整形外科部長

分担研究者

今釜 史郎 名古屋大学医学部附属病院 整形外科講師

関 泰輔 名古屋大学医学部附属病院 整形外科講師

森田 良文 名古屋工業大学工学部電気電子工学科・大学院工学研究科
情報工学専攻 教授

山崎 一徳 藤田医科大学 医療科学部 臨床工学科 助教

A. 研究目的

患者対象研究

高齢者の脊椎や関節疾患の姿勢調節障害に対する運動器リハビリテーションにおいては、体幹筋などの筋力強化を中心としており、高齢者であるが故に継続施行が困難なことが問題となる。腰痛を有する高齢者において、姿勢の不安定性の原因の 1 つに固有感覚受容の低下が指摘されており、下腿および体幹筋における固有感覚機能の低下が指摘されている。姿勢制御に大きく関与する固有感覚には、筋紡錘の他に、マイスナー小体、ファーターパチニ小体などがある。例えば、マイスナー小体は皮膚を触知、筋紡錘

は筋の伸長速度、ファーターパチニ小体は筋膜の振動や位置覚を感受し、それぞれの受容器が応答周波数を持っている。これまでの研究で、酒井らは、腰痛を有する高齢患者は、下腿のファーターパチニ小体の低下によって、下腿の固有感覚に頼ることが上手く行えず、体幹優位の姿勢制御を示し、股関節方略によってバランスを保つ可能性を報告した。しかしながら、各固有受容器の応答周波数は一定の周波数ではなく、幅広い周波数領域を持ち合わせており、それらの領域を含めた姿勢制御の検証はできていない。これらのことから、より細かい分解能で腰痛高齢患者の各固有感覚受容器の障害周波数帯を特定できるプロトコールでの検証が必要であることが考えられた。そこで本研究では、腰痛を有する高齢患者と腰痛を有さない高齢患者を対象に、段階的に応答周波数を変化させて、体幹と下腿に交互に機械的振動刺激を与え、障害されやすい固有感覚を特定し、腰痛との関係を検討することを目的とした。（酒井）

また、サルコペニアと固有感覚機能との関連の評価は、高齢者の筋機能評価として必須であると考えた。腰痛のある高齢者では、体幹の筋紡錘の機能低下から、下腿の動揺が増加し、転倒リスクの要因になるともいわれている。一方で、転倒リスクが高い高齢者は下腿の筋紡錘の機能低下によってバランス機能が低下するといった報告もある。また、腰痛患者は下腿のファーターパチニ小体の機能低下によって、体幹優位の姿勢制御となり姿勢不安定性を招くといわれている。近年、転倒リスクの要因には、筋量低下が関係しているとの報告もある。このことから、高齢者では体幹と下腿での固有感覚に相違が生じているだけでなく筋量低下も関係している可能性が高い。固有感覚は、筋紡錘以外にもマイスネル小体、ファーターパチニ小体が存在するが、これらの固有感覚と筋量との関係を示した報告は見受けられない。そこで本研究課題では、下肢筋量を計測し、**Skeletal muscle index (SMI)** を算出した値と応答周波数を変化させて体幹と下腿に機械的振動刺激を与え、各固有感覚（マイスネル小体、筋紡錘、ファーターパチニ小体）と下肢 **SMI** との関係进行调查する。（山崎）

一般住民対象研究

一般住民における高齢者の固有感覚機能と運動機能との関わりを今釜により評価した。高齢者の運動器疾患と固有感覚受容との関連調査は、固有感覚受容低下に伴う転倒や高齢者の **QOL**（生活の質）維持において重要である。フレイルやロコモティブシンドローム(ロコモ)が提唱されているが、それぞれが重心動揺に関与する程度は明らかでない。この研究目的として、一般住民におけるフレイルとロコモに関し、重心動揺の違いを評価することである。（今釜）

また酸化ストレスの観点からは、関により評価した。酸化ストレスは、活性酸素種の発生と拮抗する抗酸化力のバランスが破綻し、酸化に傾いた状態を示す。老化や生活習慣病だけでなく筋や骨など運動器にも影響する。その結果、運動器疾患により固有感覚受容の低下をもたらす可能性があるため、栄養摂取による抗酸化力増強は疾病予防に重

要である。この研究の目的は、住民健診において骨粗鬆症、サルコペニア、ロコモティブシンドロームと酸化ストレス・抗酸化力の関連を調査することである。また、酸化ストレスと運動器検査との関連、酸化ストレス度から見た栄養摂取の関係を調査することである。（関）

固有感覚受容評価のための装置開発

平成 30 年度の研究目的として、即時効果実験プロトコールで用いる治療前後での固有感覚評価法の策定とした。一回の評価時間は 10 分以内を目指す。そこで、スイープ周波数を用いて、健常若年者（以下、若年者）、高齢非腰痛者（以下、非腰痛者）、高齢腰痛者（以下、腰痛者）を対象に固有感覚評価の実験を行い、周波数上昇パターン、周波数下降パターン、先行研究で得られた単一周波数の方法の結果の比較を行った。（森田）

B. 研究方法

患者対象研究

65 歳以上の腰部脊柱管狭窄症および変形性脊椎症と診断された、腰痛高齢患者 28 名（平均 74.6 ± 5.2 歳）及び非腰痛高齢患者 28 名（平均 76.4 ± 5.6 歳）に、体幹と下腿における固有受容加重比率（Relative Proprioceptive Weighting ratio : RPW）を比較した。独自開発した振動デバイスを用いて両側多裂筋と腓腹筋に 27~272 Hz（27~40 Hz : マイスナー小体、40~100 Hz : 筋紡錘、100~180 Hz : 筋紡錘とファーターパチニ小体の混合、180~272 Hz : ファーターパチニ小体）の振動刺激を与え、閉眼での COP の偏位を重心動揺計で測定した。重心動揺計には、Wii Balance Board を用いた。振動刺激を与える振動子の固定は、下腿と腹囲の周径を計測し、振動デバイスの着用バンドの長さを調整し、振動刺激の強さが一定になるようにした。

腰痛の診断は、脊椎外科専門医の問診により、RDQ が 1 点以上、VAS が 3cm 以上のどちらか一方に該当し、痛みが 3 ヶ月以上継続している者とした。

計測の手順は、振動刺激を腓腹筋と腰部多裂筋に交互に与え、合計 2 セット行うものとし、計測条件は閉足、閉眼とした。振動周波数は 27~272 Hz の周波数をスイープさせながら、ランダムに上昇パターンと下降パターンの 2 種類の振動刺激を与えた。1 回の測定時間は 75 秒であり、その間に 27~272 Hz の振動刺激を与えた。残留振動の影響を排除する目的で各セット間に、60 秒間の座位休息を設けた。本研究で用いた比較指標の計測・算出方法について述べる。振動刺激による前後方向の COP における平均位置の変化量から RPW を算出した。固有受容優位に関する追加情報を得るために、相対的な固有受容加重比率 RPW を次の式により計算した。

$$RPW = \frac{(\text{abs dy GS})}{(\text{abs dy GS}) + (\text{abs dy LM})}$$

abs dy GS、abs dy LM は、それぞれ腰部多裂筋刺激、下腿三頭筋刺激時の平均 CoPy の偏位 (dy) の絶対値である。この計算式によって、腰部多裂筋と下腿三頭筋のどちらを優位にして姿勢制御を行っているかを算出した。RPW が 100% に近づく程、腓腹筋の固有受容器優位の姿勢制御に相当し、0% に近づく程、腰部多裂筋の固有受容器優位の姿勢制御に相当する。

腰痛の評価は VAS と RDQ で行い、転倒リスクの評価は、簡易転倒スコアで評価した。腰痛高齢患者（腰痛群）と非腰痛高齢患者（非腰痛群）の 2 群に分けて行った。群間比較は、対応のない t 検定を用いた。腰痛高齢患者と非腰痛高齢患者に分類し、有意差が認められた固有受容器と腰痛評価および簡易転倒スコアとの関係を Pearson の相関分析で行った。（酒井）

また、サルコペニアと固有感覚受容との関連について以下の研究を行った。対象者は、65 歳以上のプレサルコペニアと診断された高齢者 17 名（平均 76.6 ± 6.0 歳）及び、非サルコペニアの 39 名（平均 75.0 ± 5.3 歳）に、体幹と下腿における COP を比較した。独自開発した振動デバイスを用いて両側多裂筋と腓腹筋に 27~272 Hz（27~40 Hz：マイスネル小体、40~100 Hz：筋紡錘、150~272 Hz：ファーターパチニ小体）の振動刺激を与え、閉眼での COP の偏位を重心動揺計で測定した。重心動揺計には、Wii Balance Board を用いた。独自開発した振動デバイスを用いて両側多裂筋と腓腹筋に対して、マイスネル小体、筋紡錘、ファーターパチニ小体に対応した周波数 27~272 Hz の振動刺激を各々与え、閉眼での足圧中心（COP）の偏位を重心動揺計で測定した。振動刺激による前後方向の COP における平均位置の変化量から RMS 値を算出した。下肢筋量は、DXA 法（Lunar DPX-NT®、GE ヘルスケア・ジャパン社製）により測定した。また、下肢筋量は身長 [m] の 2 乗で除した Skeletal muscle index (SMI) に変換した。画像による評価として、磁気共鳴画像法（Magnetic Resonance Imaging：以下 MRI）で L4/L5 高位での腰部多裂筋断面積の計測を面積計算ソフトウェア（SYNAPSE®、富士フイルムメディカル株式会社）を用いて行った。握力測定は握力計（TKK5401、竹井社）を用いて、立位にて行った。歩行速度は、5 m の歩行速度の 10 回の平均値を用いた。プレサルコペニア群と非プレサルコペニア群の 2 群に分けて行った。群間比較は、対応のない t 検定を用いた。COP と下肢 SMI の関連性を検証するために Pearson の相関分析を用いた。危険率 5% 未満を有意とした。（山崎）

一般住民対象研究

今釜の研究では、北海道八雲町の運動器健診を受診した中高齢者 1016 名(男性 427 名、女性 589 名、平均年齢 64.3 歳)を対象とした。脊椎、関節の骨折、手術既往例、めまいなどの中枢神経疾患・耳鼻科疾患例は除外した。ロコモ 25 で 16 点以上をロコモとし、フレイル診断は Fried の基準に準じて「体重減少」、「疲労感」、「身体活動低下」、「筋力低下」、「歩行速度低下」の 5 項目中 3 項目以上該当をフレイルとした。重心動揺計を用いた各計測値と両者との関連を検討した。統計には対応のない t 検定、カイ 2 乗検定、Tukey- Kramer 法を用いた。(今釜)

関の研究では、対象は、2017 年北海道八雲町住民検診(Yakumo Study)538 名のうち、運動器検診と酸化ストレス・抗酸化力を測定した 248 名(平均年齢 64.2 歳、女性 141 名)である。骨粗鬆症(O 群)は原発性骨粗鬆症 2015 年の定義に従った。検診による踵骨超音波法で YAM (Young Adult Mean)70%以下 (Tscore-2.5SD 以下)、頸部骨折か椎体骨折あるなら YAM 値に関係なく、その他骨折なら YAM80%未満で骨粗鬆症ありとした。サルコペニア(S 群)は 2017 年サルコペニア診療ガイドラインから、Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS)判定基準で決定した。ロコモ度テストでロコモ度 1, 2 をロコモティブシンドローム(L 群)とした。各疾患に対して正常を N 群とした。他の運動機能評価として、Timed Up and Go (TUG) test、X 線による膝 OA の有無(KL grade2 以上を膝 OA あり)、重心動揺検査 (アニマ社 GS30) は静止立位の開眼閉眼各 30 秒を計測し、単位時間軌跡長 cm/s と外周面積 cm² を測定した。患者報告アウトカム(PROMs)として SF-36 とロコモ 25 を実施した。その他、内科疾患の調査、血液生化学検査のデータを検討項目とした。食物摂取頻度調査票 FFQ を用いた食品摂取量を定量した。FFQ: Food Frequency Questionnaire は、多岐にわたる食品の推定が可能であり、エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、ナトリウム、カリウム、カルシウム、鉄、カロテン、レチノール当量、ビタミン D、ビタミン E、ビタミン B1、ビタミン B2、葉酸、ビタミン C、飽和脂肪、一価不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、コレステロール、水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、食物繊維総量、n3 多価不飽和脂肪酸、n6 多価不飽和脂肪酸、アルコール由来のエネルギー、n3 高度不飽和脂肪酸を算出した。検診で採取した血清は凍結保存し、後日酸化ストレス度は d-ROMs テスト、抗酸化力は BAP テストにより評価した(正常値 d-ROMs 200-300 unit CARR、BAP 2200 μ mol/L 以上、d-ROMs/ BAP 値が高いと酸化に傾いていると解釈)。

統計解析は、O, S, L 各群と N 群における血清値の 2 群間比較、影響について多変量線形回帰分析を行った。FFQ から食品摂取量と O, S, L 各群との関連、酸化ストレス・抗酸化力の影響を調査した。2 群比較を t 検定でカテゴリカル変数は Fisher の正確確率検定を用い、p 値<0.05*を有意差ありとした。(関)

固有感覚受容評価のための装置開発

被験者は、本試験の参加に同意が得られた若年者 24 名、65 歳以上の高齢者 50 名である。高齢者のうち、21 名は 1 年以上腰痛を有さないため非腰痛者群に、残りの 29 名は 3 ヶ月以上持続する腰痛を有するため腰痛者群に分類した。

被験者に対して、振動部位を変えながら 2 回の測定を行い、足圧中心 (Center of Pressure; CoP) を測定した。測定のサンプリング周波数は 100 Hz である。振動パターンは周波数上昇パターンと周波数下降パターンがあり、それぞれの振動パターンを付与した被験者数を表 1 に示した。各測定の間には 60 sec の座位休憩をはさんだ。1 回の測定時間は 75 sec であり、2 区間からなる。2 区間とは(1)[Pre]区間：0～15 sec、振動刺激なし、閉眼状態、(2)[Dur]区間：15～75 sec、振動刺激あり、閉眼状態である。付与する振動の周波数は 27～272Hz であり、スイープ時間は 60 sec のスイープ信号とした。振動部位は下腿三頭筋 (Gastrocnemius soleus muscle, 以降, GS) と腰部多裂筋 (Lumbar multimuscle; LM) に設置し、足位は閉足状態とした。

[Dur]区間を 3 つに分けて、それぞれの区間において重心動揺を評価した。固有感覚受容の応答周波数に対応させて評価区間を決めた。具体的には、評価区間 1(27～40Hz)、評価区間 2(40～100Hz)、評価区間 3(180～272Hz) とする。評価区間 1 はマイスナー小体、評価区間 2 は筋紡錘、評価区間 3 はパチニ小体の応答周波数の周波数帯域と対応する。CoP 前後変位の平均的な大きさを評価するために CoP 前後変位の二乗平均平方根 RMS (Root Mean Square) を評価指標とし、下腿と腰部振動時のバランスの取り方を評価するために固有感覚比率 RPW (Relative Proprioceptive Weighting Ratio) を評価指標とする。

被験者実験は、周波数上昇パターン振動付与群、周波数下降パターン振動付与群、および単一周波数振動付与群に分けて実施する。比較検証は以下の二つを行う。

1. 周波数上昇パターン振動付与群と周波数下降パターン振動付与群を合わせた群 (以降, スイープ周波数振動付与群) と単一周波数振動付与群の比較
2. 周波数上昇パターン振動付与群と周波数下降パターン振動付与群の比較

本来、スイープ周波数振動付与と単一周波数振動付与では付与する振動成分が異なるので、結果が異なる可能性は十分にあり得る。このような状況で、単一周波数振動付与によるこれまでの知見を生かすために、両者の結果が一致することを目指して固有感覚評価法を策定する。(森田)

C. 研究結果

患者対象研究

腰痛高齢患者は、ファーザーパチニ小体の RPW (非腰痛高齢患者=53.1±11.7%、腰痛高齢患者=45.9±11.8%) で体幹優位の姿勢制御を示した ($p < 0.05$)。マイスナー小体、筋紡錘では腰痛高齢患者と非腰痛高齢患者との間で有意差は認められなかった。腰痛高

齢患者は、VAS（非腰痛高齢患者=2.7±2.4 cm、腰痛高齢患者=5.7±2.6 cm、 $p<0.001$ ）と RDQ（非腰痛高齢患者=9.1±5.6 点、腰痛高齢患者=11.6±5.3 点）、簡易転倒スコア（非腰痛高齢患者=4.9±2.5 点、腰痛高齢患者=6.6±2.6 点、 $p<0.05$ ）が有意に高い結果であった。一方、身長、体重、性別に有意差は認められなかった。相関分析の結果、腰痛高齢患者はファーターパチニ小体の RPW と VAS に有意な相関はなかったが、RDQ との間に有意な弱い負の相関が認められた（ $r = -0.376$ ）。しかしながら、非腰痛高齢患者は腰痛評価とファーターパチニ小体に有意な相関は認められなかった。さらに両群ともにファーターパチニ小体と簡易転倒スコアとの間に相関は認められなかった。

（酒井）

サルコペニアと固有感覚機能の評価では、筋紡錘の RPW（プレサルコペニア群 45.4±8.6 %、非サルコペニア群 52.1±10.3 cm）、ファーターパチニ小体の RPW（プレサルコペニア群 44.2±14.3 %、非サルコペニア群 52.3±12.0 %）で有意差が認められた（各々 $p<0.05$ ）。下肢 SMI（プレサルコペニア群 4.27±0.37kg/m²、非サルコペニア群 5.04±0.69 kg/m²）においても有意な群間差が認められた（各々 $p<0.001$ ）。マイスネル小体の RPW、握力、歩行速度においては、有意差が認められなかった。相関分析の結果、ファーターパチニ小体と下肢 SMI（ $r=0.318$ 、 $p<0.05$ ）で有意な相関が認められた。一方で、筋紡錘と下肢 SMI では有意な相関は認められなかった。（山崎）

一般住民対象研究

ロコモは 14.4% (146/1016 名)、フレイルは 10.8% (110/1016 名)に認めた。ロコモありでは重心動揺検査の単位軌跡長(cm/秒)、外周面積(cm²)で開眼・閉眼とも有意差を認め（ $p<0.0001$ ）、前後動揺平均速度(cm/秒)開眼でも有意差があった（ $p<0.05$ ）。フレイルありでも単位軌跡長（開眼・閉眼）で有意差を認めたが（ $p<0.05$ ）、ロコモのみ（100 例）とフレイルのみ（64 例）の 2 群間でも比較検討すると、ロコモ単独群でフレイル単独群より有意に単位軌跡長（開眼・閉眼）が大きかった（ $p<0.01$ ）。握力、背筋力はロコモやフレイルでともに有意に低値であったが、ロコモ単独群とフレイル単独群の比較ではフレイル単独群で有意に筋力が低値であった（ $p<0.05$ ）。（今釜）

また、248 名 O 群 64 名(25.8%)、S 群は 57 名(2 名欠損値 $n=246$, 23.2%)、L 群 121 名(48.8%)であった。d-ROMs 値は S,L 群で、BAP 値は L 群で有意に N 群より高値であった。d-ROMs/BAP 比は S 群のみ有意に N 群より高値で、O, L 群は N 群と差がなかった(図 1)。各群で重心動揺検査に差はなかった。d-ROMs/BAP 比を説明変数に、性年齢 BMI で調整した O, S, L 各群の線形回帰分析は S 群のみ有意に影響があった($\beta=0.014$, $p<0.01$)。S 群に注目して検討を加えたところ、S 群は N 群より握力、背筋力が弱く運動頻度が少なく、骨粗鬆症が有意に多かった。d-ROMs 値は S 群で高く(S 群 339.6 vs N 群 316.5, $p<0.05^*$)、BAP 値は 2 群間に差がなかった(S 群 2340.7 vs N 群 2327.9, $p=0.822$)。性年齢 BMI、低栄養の指標(Hb, Alb)、d-ROMs3 分位を共変量としたロジスティック回帰分析は、d-ROMs

第3分位(高)でOR 3.0 (95%CI 1.2-7.9)となった。酸化ストレス d-ROMs 値が第3分位(高 ≥ 345)は、サルコペニアとなるリスクが第1分位(低 $292 >$)に比べ OR=3.0 (Trend $p=0.023^*$)であった。d-ROMs 第3分位値 345u. C以上だと、FFQのうちタンパク質とコレステロール摂取が有意に少なかった。サルコペニアの酸化ストレス度は高く、正常よりも3倍サルコペニアのリスクがあり、高い酸化ストレス状態の人は、タンパク質や脂質の摂取量が少ない結果となった。(関)

固有感覚受容評価のための装置開発

1. スイープ周波数振動付与群と単一周波数振動付与群の比較

RPW について、非腰痛者と腰痛者のパチニ小体においてのみ、腰痛者が有意に腰部優位の姿勢制御であった。また、若年者と非腰痛者間に有意差が認められなかった。RMS_{GS}について、若年者と非腰痛者のマイスナー小体およびパチニ小体においてのみ、有意な差が認められた。また、非腰痛者と腰痛者間に有意差が認められなかった。RMS_{LM}について、若年者と非腰痛者間に有意差が認められなかったが、スイープ周波数を用いた方法では、非腰痛者と腰痛者のパチニ小体において、非腰痛者の平均値が腰痛者の平均値に比べて大きく、有意な差が認められた。

2. 周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群の比較

RPW について、評価区間毎に若年者と非腰痛者、および非腰痛者と腰痛者のそれぞれの2群間に有意差が現れる箇所が、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で異なっていた。RMS_{GS}について、評価区間毎の非腰痛者と腰痛者の2群間に有意差が現れない点は、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で一致していたが、評価区間毎の若年者と非腰痛者の2群間の有意差の出る箇所は一致しなかった。RMS_{LM}について、評価区間毎の若年者と非腰痛者の2群間に有意差が現れない点は、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で一致していた。しかし、評価区間毎の非腰痛者と腰痛者の2群間の有意差の出る箇所は一致せず、非腰痛者および腰痛者のRMS_{LM}の平均値は、振動付与の順に大きくなっていった。(森田)

D. 考察と結論

患者対象研究

腰痛高齢患者は非腰痛高齢患者よりも、下腿のファーターパチニ小体の低下が認められ、RPW は有意に低く体幹優位の姿勢制御となることが示された。一方で、腰痛と関係しているのは、ファーターパチニ小体であることが認められた。このことから、腰痛高齢患者は、体幹よりも下腿ファーターパチニ小体の固有感覚受容が低下しやすいことが考えられ、代償的に体幹のファーターパチニ小体の感受性が優位となり、姿勢制御の安定性を保持している可能性が高いことが推察される。さらに、腰痛高齢患者は、下腿のファーターパチニ小体が低下していることから、ファーターパチニ小体に応答する振

動刺激に対して足関節方略を使用した姿勢安定性を保つことが困難であることが示唆される。したがって、腰痛高齢患者の姿勢安定性を保つために代償的に用いられている固有感覚受容は、体幹のファーターパチニ小体と下腿および体幹のマイスナー小体と筋紡錘の可能性が高いことが推察される。

一方で、RDQ の得点が高い程、下腿のファーターパチニ小体が低下していることが示された。過去の研究では、多裂筋の一部の筋線維が椎間関節の関節包に付着し、ファーターパチニ小体を保護しているといわれている。したがって、本研究の対象者は、ファーターパチニ小体を保護している多裂筋の一部の筋線維が、機械的振動刺激に対する過剰な反応が生じているかもしれない。

さらに、腰痛高齢患者は非腰痛高齢患者よりも簡易転倒スコアの得点が高く、転倒リスクが高いことが考えられる。しかしながら、ファーターパチニ小体と簡易転倒スコアとの間に相関関係が認められなかったことから、下腿のファーターパチニ小体の感受性低下が転倒リスクに関係があるとまではいえず、腰痛高齢患者の転倒リスクの要因について今後さらなる検証が必要である。

腰痛高齢患者は、腰痛によって日常生活活動が制限される者程、下腿のファーターパチニ小体の低下によって足関節方略が行えず、体幹のファーターパチニ小体の固有感覚受容を代償的に利用して股関節方略を行っているのではないかと考えられる。これらのことから、腰痛高齢患者は非腰痛患者と比較して、体幹よりも下腿のファーターパチニ小体の固有受容器が低下しやすく、腰痛によって日常生活活動に大きな支障が生じている患者程、体幹優位の姿勢制御に影響を与えている可能性があるだろう。

しかしながら、これらの因果関係を明らかにすることは横断研究であるため、今後更なる検証が必要である。したがって、腰痛を有する腰部脊柱管狭窄症および変形性脊椎症と診断された高齢者は、下腿のファーターパチニ小体が低下しやすく、腰痛増悪に伴い日常生活活動に制限をきたすほど、下腿の固有感覚に頼ることが上手く行えず、体幹のファーターパチニ小体の固有感覚受容が過剰に反応することによって、姿勢バランスを保持している可能性が示唆される。

本研究の結論として、腰痛によって日常生活活動が制限されやすい腰痛高齢患者は、ファーターパチニ小体の機械的振動刺激に対する下腿の感受性が低下していることが示された。（酒井）

またサルコペニアに関する研究から、プレサルコペニア群は非サルコペニア群と比較して、筋紡錘とファーターパチニ小体の RPW、下肢 SMI 値が低下していた。また、下肢 SMI とファーターパチニ小体との間に弱い相関が認められた。一方で、プレサルコペニア群は、筋紡錘とファーターパチニ小体に対する下腿の受容器の感受性低下から体幹優位の姿勢制御となることが示された。下肢筋量が低下しているプレサルコペニア患者は、下腿の筋紡錘およびファーターパチニ小体の固有受容器が低下し、姿勢バランスが不安定になっている可能性がある。

サルコペニアは病態として **type II** 線維が多い下肢筋から先に減少するといわれており、プレサルコペニア群の下肢筋量低下が筋紡錘およびファーターパチニ小体の固有感覚低下に影響を与え、体幹優位になると示唆される。これまでの腰痛患者における研究において、不安定な支持面においては、筋紡錘の固有感覚が低下すると体幹優位の姿勢制御を示し、不安定でない支持面においては、ファーターパチニ小体の固有感覚低下によって体幹優位の姿勢制御となることが分かっている。これは、サルコペニアとは関係ない実験であるが、プレサルコペニア群の下腿の筋紡錘およびファーターパチニ小体は非サルコペニア群と比較して低下していると推察される。

このことから、プレサルコペニア群の姿勢制御は、下腿の筋紡錘およびファーターパチニ小体ではなく、体幹の受容器に依存して姿勢制御を維持している可能性が高い。すなわち、プレサルコペニア群は非サルコペニア群よりも筋量が減少していることが影響し、下腿の筋紡錘やファーターパチニ小体の入力に頼ることができず姿勢制御の戦略を体幹の入力に依存していると考えられる。さらに、下肢筋量が減少すると下腿のファーターパチニ小体の感覚情報を用いて姿勢制御を行うことが困難になっている可能性もある。このように、プレサルコペニアの高齢者は下腿のファーターパチニ小体の固有感覚入力の低下によって、姿勢が不安定になり転倒リスクが高くなる可能性もある。また、下肢筋量減少はファーターパチニ小体の固有感覚入力を低下させることから、足関節方略による姿勢制御を保つことが困難になることも示唆される。

これらのことから、プレサルコペニア群は、下腿の筋紡錘およびファーターパチニ小体の固有感覚入力の低下によりバランス機能が低下しやすいと示唆される。さらに、ファーターパチニ小体の **RPW** が減少し体幹優位になる程、下肢 **SMI** が低下するといった相関が認められたことから、特に下腿のファーターパチニ小体の固有感覚が低下しやすく下肢筋量も同様に低下しやすい可能性がある。（山崎）

一般住民対象研究

診者全体の検討ではロコモもフレイルも重心動揺計測値と有意な関連があったが、ロコモの方がより多い重心動揺性を示した。さらにロコモ、フレイル単独の検討を行い、体幹動揺に関与する筋力はフレイルの方が有意に低かったにも関わらず、ロコモはフレイルより有意に重心動揺を反映することが明らかとなった。今後の研究は継続して健診データを収集し、縦断研究・解析を行うデータを構築する。本研究の解析により、中高齢者の固有感覚受容と腰痛の関連が明らかにできる。（今釜）

また、強い酸化力は、生体内でタンパク質、脂質、DNA など酸化し、疾病発生につながるとされている。今回の研究では、酸化ストレス・抗酸化力に着目し運動器疾患との関連を調査したところ、サルコペニアのみ **d-ROMs/BAP** 比が高く酸化状態に傾いていた。酸化ストレスは運動によるものと、不活動による2つの概念がある。運動によって生じる酸化ストレスは、運動の量や種類などに依存するが通常は生体にとって不利益

とならず、日常的な運動により体内の抗酸化能が高まり疾病予防や抗加齢につながる。運動による生理機能の適応において、酸化ストレスシグナルは重要な働きをしている。一方で、加齢・不活動(ベッド安静、ギプス固定、宇宙飛行など)は諸器官の機能低下、血流低下、遊離鉄の蓄積、ミトコンドリア機能低下、抗酸化能低下をもたらす。結果、萎縮した骨格筋で酸素生成物の蓄積、持続的な酸化ストレスが生じ筋タンパク分解や代謝障害、カスパーゼ-3の活性亢進からアポトーシスを誘導し筋繊維数減少が起こっている、他にも傷害を受けたミトコンドリアは活性酸素種(ROS)を産生し、転写因子を活性化することでTNF- α やIL-6などの炎症性サイトカイン、atrogin-1やMuRF1などの筋特異的E3ユビキチンリガーゼの発現を上昇させ、筋タンパク質の合成が減少または筋タンパク質の分解が増加することで骨格筋は萎縮するなどが報告されている(Meng SJ et al. Int J Mol Sci 2010)。酸化ストレスは、筋肉に影響しやすいことが本研究結果からも考えられた。

サルコペニアの要因として、酸化ストレスの他に栄養としてタンパク質とコレステロールの低い摂取量が関連していた。高齢者の適正タンパク質摂取量は1.14g/kg/日だが(Campbell WW et al. Am J Clin Nutr 1994)、高齢者全体の25%は0.8g/kg/日を下回っていると報告がある(Kim JS et al. Am J Nutr Biochem 2010)。サルコペニアではタンパク質摂取量1.2~1.5g/kg/日が妥当(Bauer JM et al. J Am Med Dir Assoc 2013)、タンパク質は、摂取量が多いほど3年間の筋肉量低下が抑制(Houston DK et al. Am J Clin Nutr 2008)とも報告されている。コレステロールも、動物性たんぱく質が多く含まれる食品にありコレステロール制限はタンパク質不足を生じ、高齢者では低栄養を生じる(Houston DK et al. Am J Clin Nutr 2008)ことが報告されている。これらの結果を踏まえて、栄養・運動でサルコペニアを予防する必要と介入による検証が必要と考える。

結論として、サルコペニアは酸化ストレスが高い状態にあった。この状態において、食品摂取頻度としてタンパク質とコレステロール摂取量が低値であった。酸化ストレス評価は、運動器疾患のサロゲートマーカーとして、研究治療に活用できる可能性がある。高齢者の運動器疾患と栄養摂取の関わり、予防法の確立が必要である。(関)

固有感覚受容評価のための装置開発

1. スイープ周波数振動付与群と単一周波数振動付与群の比較

*RPW*について比較すると、非腰痛者と腰痛者のパチニ小体においてのみ、腰痛者が有意に腰部優位の姿勢制御を行うという点で一致している。また、若年者と非腰痛者間に有意差が認められない点も一致している。*RMS_{GS}*について比較すると、若年者と非腰痛者のマイスナー小体およびパチニ小体においてのみ、有意な差が認められたという点で一致している。また、非腰痛者と腰痛者間に有意差が認められない点も一致している。*RMS_{LM}*について比較すると、若年者と非腰痛者間に有意差が認められない点が一致している。しかし、スイープ周波数を用いた方法では、非腰痛者と腰痛者のパチニ小体にお

いて、非腰痛者の平均値が腰痛者の平均値に比べて大きく、有意な差が認められた。この結果は新たな知見と考える。以上の考察から、スイープ周波数を用いた方法は単一周波数を用いた方法と同様な結果を得ることができると考えられる。

2. 周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群の比較

RPW について比較すると、評価区間毎に若年者と非腰痛者、および非腰痛者と腰痛者のそれぞれの2群間に有意差が現れる箇所が、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で異なることが分かる。 RMS_{GS} について比較すると、評価区間毎の非腰痛者と腰痛者の2群間に有意差が現れない点は、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で一致する。しかし、評価区間毎の若年者と非腰痛者の2群間の有意差の出る箇所は一致しない。 RMS_{LM} について比較すると、評価区間毎の若年者と非腰痛者の2群間に有意差が現れない点は、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群で一致する。しかし、評価区間毎の非腰痛者と腰痛者の2群間の有意差の出る箇所は一致しない。また、非腰痛者および腰痛者の RMS_{LM} の平均値は、振動付与の順に大きくなっていることが分かる。すなわち、周波数上昇パターン付与群ではマイスナー、筋紡錘、パチニの順で、周波数下降パターン付与群ではマイスナー、筋紡錘、パチニの順で大きくなる。原因は不明であるが、順序効果の可能性も否定できない。以上の考察から、周波数上昇パターンと周波数下降パターンでは、結果が異なることが示唆された。

結論として、周波数上昇パターン付与群と周波数下降パターン付与群の結果は異なり、二つの付与群を合わせた結果と単一周波数振動付与群の結果は同様であると判断した。従って、即時効果実験プロトコールで用いる固有感覚評価法では、周波数上昇パターンと周波数下降パターンの両方を振動付与する必要があることが示唆された。また、両方の振動を付与する固有感覚評価法の所要時間は8分であり、要求仕様を満足する時間短縮を実現した。(森田)

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Proprioceptive weighting ratio for balance control in static standing is reduced in elderly patient with low back pain. Tadashi Ito, Yoshihito Sakai, Kazuma Igarashi, Reiya Nishio, Kazunori Yamazaki, Noritaka Sato, Yoshifumi Morita. *Spine* 43(24): 1704-9, 2018.
- 2) Postural strategy in elderly, middle-aged, and young people during local vibratory stimulation for proprioceptive inputs. Tadashi Ito, Yoshihito Sakai, Kazunori Yamazaki, Reiya Nishio, Yohei Ito, Yoshifumi Morita. *Geriatrics* 3(4): 93, 2018.

- 3) The impact of sarcopenia on cervical spine sagittal alignment after cervical laminoplasty. Hiroyuki Koshimizu, Yoshihito Sakai, Atsushi Harada, Sadayuki Ito, Kenyu Ito, Tetsuro Hida. Clin Spine Surg 31(7): E342-346, 2018.
- 4) Sarcopenia affects Conservative Treatment of Osteoporotic Vertebral Fracture. Hiroki Iida, Yoshihito Sakai, Tsuyoshi Watanabe, Hiroki Matsui, Marie Takemura, Yasumoto Matsui, Atsushi Harada, Tetsuro Hida, Kenyu Ito, Sadayuki Ito. Osteoporosis and Sarcopenia 4(3): 114-117, 2018.
- 5) Electrophysiological function of the lumbar multifidus and erector spinae muscles in elderly patients with chronic low back pain. Yoshihito Sakai, Hiroki Matsui, Sadayuki Ito, Tetsuro Hida, Kenyu Ito, Hiroyuki Koshimizu, Atsushi Harada. Clin Spine Surg 32(1): E13-19, 2019.
- 6) Postoperative complications associated with spine surgery in patients older than 90 years: A multicenter retrospective study. Kazuyoshi Kobayashi, Shiro Imagama, Koji Sato, Fumihiko Kato, Tokumi Kanemura, Hisatake Yoshihara, Yoshihito Sakai, Ryuichi Shinjo, Yudo Hachiya, Yoshimitsu Osawa, Yuji Matsubara, Kei Ando, Yoshihiro Nishida, Naoki Ishiguro. Global Spine J. 8(8): 887-891, 2018.
- 7) Trends of postoperative length of stay in spine surgery over 10 years in Japan based on a prospective multicenter database. Kazuyoshi Kobayashi, Kei Ando, Fumihiko Kato, Takumi Kanemura, Koji Sato, You Hachiya, Yuji Matsubara, Mitsuhiro Kamiya, Yoshihito Sakai, Hideki Yagi, Ryuichi Shinjo, Naoki Ishiguro, Shiro Imagama. Clin Neurol Neurosurg. 177: 97-100, 2019.
- 8) Reoperation within 2 years after lumbar interbody fusion: a multicenter study. Kazuyoshi Kobayashi, Kei Ando, Fumihiko Kato, Tokumi Kanemura, Koji Sato, Yudo Hachiya, Yukihiro Matsubara, Mitsuhiro Kamiya, Yoshihito Sakai, Hideki Yagi, Ryuichi Shinjo, Yoshihiro Nishida, Naoki Ishiguro, Shiro Imagama. Eur Spine J. 27(8): 1972-80, 2018.
- 9) サルコペニアは腰部脊柱管狭窄症の手術成績に影響する. 酒井義人、原田 敦、伊藤定之、小清水宏行、伊藤研悠、飛田哲朗. J Spine Res 9: p43-49, 2018.
- 10) 骨粗鬆症整椎体骨折保存治療における回復期リハビリテーション病棟および地域包括ケア病棟での治療成績. 中尾寛宙、酒井義人、渡邊 剛、竹村真里枝、松井寛樹、飯田浩貴 松井康素 原田 敦. 臨床整形外科 53(7): p613-619, 2018.
- 11) 整形外科からみたサルコペニアの臨床的病態. 酒井義人、渡邊 剛、若尾典充、松井寛樹、富田桂介. 臨床整形外科 54(3): p241-247, 2019.
- 12) サルコペニアと慢性痛. 酒井義人. Loco Cure Vol.4 No.2: p42-47, 2018.
- 13) 筋肉の測定と定量化 二重エネルギーX線吸収法(DXA)、生体電気インピーダンス法(BIA). 酒井義人、松井寛樹. 脊椎脊髄ジャーナル 31(9): p819-823, 2018.

- 1 4) サルコペニア、サルコペニア肥満の診断、定量. 酒井義人. 脊椎脊髄ジャーナル 32(4): p443-448, 2019.
- 1 5) Hida T, Imagama S, Ando K, Kobayashi K, Muramoto A, Ito K, Ishikawa Y, Tsushima M, Nishida Y, Ishiguro N, Hasegawa Y. Sarcopenia and physical function are associated with inflammation and arteriosclerosis in community-dwelling people: The Yakumo study. *Mod Rheumatol* 28 345-350, 2018.
- 1 6) Hida T, Ando K, Kobayashi K, Ito K, Tsushima M, Kobayakawa T, Morozumi M, Tanaka S, Machino M, Ota K, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. <Editors' Choice> Ultrasound measurement of thigh muscle thickness for assessment of sarcopenia. *Nagoya J Med Sci.* 80 519-527, 2018.
- 1 7) Kobayashi K, Ando K, Tsushima M, Machino M, Ota K, Morozumi M, Tanaka S, Kanbara S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Predictors of pre-sarcopenia in community-dwelling older adults: a 5-year longitudinal study. *Mod Rheumatol.* 24 1-17. 2018.
- 1 8) Kobayashi K, Ando K, Tsushima M, Machino M, Ota K, Morozumi M, Tanaka S, Kanbara S, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Predictors of locomotive syndrome in community-living people: A prospective five-year longitudinal study. *Mod Rheumatol.* 20 1-7. 2018.
- 1 9) Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Hida T, Seki T, Hamada T, Ito K, Tsushima M, Morozumi M, Machino M, Ota K, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. The decrease in phase angle measured by bioelectrical impedance analysis reflects the increased locomotive syndrome risk in community-dwelling people: The Yakumo study. *Mod Rheumatol.* 17,1-7. 2018.
- 2 0) Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Hida T, Seki T, Suzuki K, Ito K, Tsushima M, Morozumi M, Machino M, Ota K, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Relationship between locomotive syndrome and body composition among community-dwelling middle-age and elderly individuals in Japan: The Yakumo study. *Mod Rheumatol* 3 1-5. 2018.
- 2 1) Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Hida T, Ito K, Tsushima M, Morozumi M, Machino M, Ota K, Seki T, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. A low phase angle measured with bioelectrical impedance analysis is associated with osteoporosis and is a risk factor for osteoporosis in community-dwelling people: the Yakumo study. *Arch Osteoporos.* 13 39, 2018.
- 2 2) Tanaka S, Ando K, Kobayashi K, Hida T, Ito K, Tsushima M, Morozumi M, Machino M, Ota K, Seki T, Suzuki K, Nishida Y, Ishiguro N, Hasegawa Y, Imagama S. Serum

cystatin C level is associated with locomotive syndrome risk and can be an early predictor in community-living people: The Yakumo study. Mod Rheumatol.28 1035-1040, 2018.

2. 学会発表

- 1) 酒井義人, 松井寛樹, 原田 敦, 小清水宏行, 伊藤定之, 伊藤研悠, 飛田哲朗. 歩行速度と腰部脊柱管狭窄症手術成績. 第47回日本脊椎脊髄病学会 2018.4.12. 神戸
- 2) 酒井義人, 松井寛樹, 原田 敦, 小清水宏行, 伊藤定之, 伊藤研悠, 飛田哲朗. 骨粗鬆症性椎体骨折に対する積極的入院保存治療-骨粗鬆症とサルコペニアが治療に及ぼす影響-. 第47回日本脊椎脊髄病学会 2018.4.12. 神戸
- 3) 酒井義人. 高齢者の慢性腰痛とサルコペニア (招待講演) 第130回中部日本整形外科災害外科学会 2018.4.20. 松山
- 4) 酒井義人. 加齢と慢性疼痛-高齢者慢性腰痛におけるサルコペニア (招待講演) 第91回日本整形外科学会学術集会 2018.5.27. 神戸
- 5) 酒井義人, 原田 敦. 歩行速度とサルコペニアの腰部脊柱管狭窄症手術成績に及ぼす影響. 第55回日本リハビリテーション医学会 2018.6.30. 福岡
- 6) Reiya Nishio, Kazuma Igarashi, Tadashi Ito, Yoshifumi Morita, Yoshihito Sakai, Kazunori Yamazaki. Evaluation Method for Function Decline in Proprioceptors in Elderly People with Low Back Pain, Proc. of the 12th international Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology (i-CREATe 2018, Shanghai, China), 2018.7.
- 7) 酒井義人. 老化と慢性疼痛 (招待講演) 第26回日本腰痛学会 2018.10.27. 浜松
- 8) 一般住民における腰椎骨盤形態とロコモティブシンドローム(ロコモ度)との関連 Yakumo study 両角 正義, 今釜 史郎, 安藤 圭, 小林 和克, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第131回中部日本整形外科災害外科学会、2018年10月5日～6日、倉敷
- 9) 一般中高齢者のサルコペニアと脊椎アライメントが転倒に与える影響 今釜 史郎, 安藤 圭, 小林 和克, 飛田 哲朗, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 田中 智史, 長谷川 幸治, 石黒 直樹 第47回日本脊椎脊髄病学会、2018年4月12日～14日、神戸
- 10) 中高齢者のQOLに対する神経障害性疼痛、腰痛、脊椎アライメントの影響 今釜 史郎, 安藤 圭, 小林 和克, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 田中 智史, 町野 正明, 大田 恭太郎, 伊藤 定之, 神原 俊輔, 井上 太郎, 山口 英敏, 小清水 宏行, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第47回日本脊椎脊髄病学会、2018年4月12日～14日、神戸
- 11) 地域住民におけるロコモ度リスクと重心動揺検査、体成分分析、運動機能との関連 田中 智史, 今釜 史郎, 関 泰輔, 安藤 圭, 小林 和克, 飛田 哲朗, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 町野 正明, 大田 恭太郎, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第47回日本脊椎脊髄病学会、2018年4月12日～14日、神戸

- 1 2) 中高年女性における、動脈血酸素飽和度に対する、脊椎矢状面アライメントと四肢筋量との関連性の検討(Yakumo Study) 都島 幹人, 今釜 史郎, 安藤 圭, 小林和克, 伊藤 研悠, 両角 正義, 田中 智史, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第47回日本脊椎脊髄病学会、2018年4月12日~14日、神戸
- 1 3) 腰痛の診断と治療 腰痛診療ガイドライン改訂版策定にあたって 今釜 史郎 第130回日本整形外科学会災害外科学会、2018年4月20日~21日、松山
- 1 4) ロコモティブシンドローム予測因子とは? 運動器住民検診による5年縦断研究 小林 和克, 今釜 史郎, 安藤 圭, 関 泰輔, 濱田 恭, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 田中 智史, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 1 5) 住民検診における、ロコモティブシンドロームと呼吸機能との関連性の検討 (Yakumo Study) 都島 幹人, 今釜 史郎, 関 泰輔, 濱田 恭, 安藤 圭, 小林 和克, 伊藤 研悠, 両角 正義, 田中 智史, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 1 6) ロコモティブシンドロームとフレイルの QOL に与える影響の違い Yakumo study 今釜 史郎, 長谷川 幸治, 飛田 哲朗, 関 泰輔, 濱田 恭, 安藤 圭, 小林 和克, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 西田 佳弘, 石黒 直樹 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 1 7) 疼痛と膝関節・腰椎変性に関するロコモティブシンドロームとフレイルにおける相違 今釜 史郎, 長谷川 幸治, 飛田 哲朗, 関 泰輔, 濱田 恭, 安藤 圭, 小林 和克, 大野 洋平, 伊藤 研悠, 西田 佳弘, 石黒 直樹 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 1 8) 一般住民における肥満と脊椎変性の関連 BMI と体脂肪率の違いより 安藤 圭, 今釜 史郎, 関 泰輔, 濱田 恭, 小林 和克, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 田中 智史, 両角 正義, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 1 9) 脊椎脊髄疾患の慢性疼痛 神経障害性疼痛と慢性腰痛を中心に 今釜 史郎 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 2 0) 5年後の筋量低下は予測可能か 前向き縦断研究によるプレサルコペニアの検討(Yakumo Study) 小林 和克, 今釜 史郎, 安藤 圭, 関 泰輔, 濱田 恭, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 田中 智史, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸
- 2 1) 中高齢者における骨粗鬆症、変形性膝関節症、変形性腰椎症の併存率と QOL に与える影響 Yakumo study 今釜 史郎, 長谷川 幸治, 安藤 圭, 小林 和克, 関 泰輔, 濱田 恭, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 両角 正義, 田中 智史, 石黒 直樹 第91回日本整形外科学会、2018年5月24日~27日、神戸

- 2 2) 一般住民における腰椎骨盤形態とロコモティブシンドロームの関連 Yakumo study 両角 正義, 今釜 史郎, 安藤 圭, 小林 和克, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 田中 智史, 関 泰輔, 濱田 恭, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 3) 地域住民検診におけるロコモテストは歩行速度およびTUGに相関する 玄 安季, 橋本 遵一, 山本 遼平, 今釜 史郎, 関 泰輔, 長谷川 幸治 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 4) 地域住民における血清シスタチン C とロコモ度リスクレベルの関係 田中 智史, 今釜 史郎, 関 泰輔, 安藤 圭, 小林 和克, 飛田 哲朗, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 西田 佳弘, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 5) 血清シスタチン C は骨粗鬆症のバイオマーカーになりうるか 地域住民検診における横断研究 田中 智史, 今釜 史郎, 関 泰輔, 安藤 圭, 小林 和克, 飛田 哲朗, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 西田 佳弘, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 6) ロコモティブシンドロームと体成分分析との関連 田中 智史, 今釜 史郎, 関 泰輔, 安藤 圭, 小林 和克, 飛田 哲朗, 伊藤 研悠, 都島 幹人, 西田 佳弘, 石黒 直樹, 長谷川 幸治 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 7) ロコモティブシンドロームはフレイルより重心動揺を反映する 今釜 史郎, 長谷川 幸治, 飛田 哲朗, 関 泰輔, 濱田 恭, 安藤 圭, 小林 和克, 大野 洋平, 都島 幹人, 西田 佳弘, 石黒 直樹 第 91 回日本整形外科学会、2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 8) 骨粗鬆症患者の QOL を低下させる要因の同定. 関 泰輔、竹上靖彦、樋口善俊、笠井健広、森田大悟、大澤郁介、大倉俊昭、草野大樹、金子慎也、牧田和也、石黒直樹.第 91 回日本整形外科学会学術総会 2018 年 5 月 24 日～27 日、神戸
- 2 9) 西尾玲哉, 五十嵐知真, 森田良文, 伊藤忠, 酒井義人, 山崎一徳, 腰痛に係る固有受容器の機能低下のみえる化技術：重心動揺試験に基づく評価法 第 62 回システム制御情報学会研究発表講演会(SCI18) (2018.5)

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし