

特 集

地域在住高齢者の転倒と転倒予防～ロコモティブシンドロームおよび脊椎グローバルアライメントの観点から～

世木 直喜¹⁾ 中島 宏彰¹⁾ 伊藤 定之¹⁾ 大内田 隼¹⁾ 飯田 浩貴¹⁾
 竹上 靖彦¹⁾ 田中 智史²⁾ 両角 正義³⁾ 村本 明生³⁾ 小林 和克⁴⁾
 石塚 真哉¹⁾ 関 泰輔⁵⁾ 長谷川 幸治⁶⁾ 今釜 史郎¹⁾

- 1) 名古屋大学大学院医学系研究科 整形外科
 2) ナゴヤガーデンクリニック 整形外科
 3) 刈谷豊田総合病院 整形外科
 4) 日本赤十字社愛知医療センター名古屋第二病院 整形外科
 5) 愛知医科大学メディカルセンター 整形外科
 6) 関西福祉科学大学 リハビリテーション学科

I はじめに

転倒は高齢者が日常生活で直面する問題である。65歳以上の高齢者の30%が少なくとも年に1回の転倒を経験¹⁾、転倒により生じる骨折はその後の身体機能に大きな悪影響を及ぼす。その結果、転倒・骨折は要介護の原因の13.0%を占め、認知症、脳血管障害、高齢による衰弱に続く主要な原因となっている²⁾。日本整形外科学会による全国調査³⁾では、ADL(日常生活動作)に重大な障害をもたらす大腿骨近位部骨折の発生原因の77.7%は転倒で、90歳以上に限れば84.1%が転倒により受傷している。このように、昨今の高齢化社会において転倒はADL障害をきたす高齢者の運動器疾患とのつながりが強く、重要性を増している問題であり、健康寿命の延伸のために高齢者の転倒予防はきわめて重要な課題であるといえる。

病棟での転倒予防、在宅要援助者の転倒予防など、転倒リスクが高い人々についての検討が行われている一方で、地域一般健康住民の転倒リスクについては未だ不明な点が多い。わが国では、福島県の地域住民コホート研究⁴⁾によって、地域在住高齢者(60歳以上)の主観的疲労(SF-36のVitalityサブスケール)が将来の転倒リスクと関連することや、中高年者(40歳以上)において男性の脊椎後弯と転倒の関連性が指摘されている。このように、高齢者全般における転倒の問題を取り扱った

めには、地域高齢者について運動機能や転倒リスクを調査することが重要であると考えられる。

名古屋大学では地域住民コホート研究である「八雲研究(Yakumo study)」によって、地域在住中高年者の健康状態についてさまざまな研究を重ねてきた。当教室が担当する運動器検診では、運動テスト、筋力テスト、体組成計、重心動揺検査、脊椎アライメント、変形性関節症など多岐にわたる項目を継続して評価しており、これらのデータを多角的に検討した結果を継続的に発信している。本稿では、これまでに蓄積された解析結果から、地域在住高齢者における転倒リスクについて、ロコモティブシンドロームおよびグローバルアライメントの観点から述べたい。

II Yakumo study の紹介

Yakumo studyは北海道八雲町と名古屋大学が協同して開始した任意参加の住民検診で、生活習慣病および悪性腫瘍コホート研究として1981年に開始された。現在では内科、整形外科、泌尿器科、眼科、耳鼻科などの研究班から構成されており、コロナ禍による2020、2021年の例外的な中断を除いて継続実施されている。

八雲町は北海道の南部に位置し、人口17,252人、高齢人口(65歳以上)が5,369人(31.1%)を占めている(平成27年国勢調査)。主な産業は水産業・酪農・農業など

連絡先：名古屋大学大学院医学系研究科 整形外科 世木直喜
 〒466-8550 愛知県名古屋市昭和区鶴舞町65
 TEL：052-741-2111 FAX：052-744-2260 E-mail：segi.naoki@med.nagoya-u.ac.jp
 受理日：2023. 3. 14

の一次産業である。Yakumo study は任意参加であり、いわゆる「元気な」中高年者が母集団であることに注意が必要である。日常生活に介助を要する人や、日常生活に制限が加わるような疾病を持つ人は基本的には含まれず、ほぼすべての参加者は独立して日常の活動を営むことが可能な身体能力を保持している。

Yakumo study は名古屋大学大学院医学研究科倫理委員会の承認を得て実施しており、対象者には研究の目的や内容について十分な説明を行い、書面にて同意を得ている。また、すべての検査は検診対象者の自主的な参加によって実施されている。

III Yakumo study 運動器検診の主な評価項目

運動器検診で実施している検診項目について紹介する。

1. 転倒歴

質問紙を用いて、過去1年間の転倒回数について調査する。

2. Timed Up and Go test (TUG)

立ち上がりと方向転換を組み合わせた歩行速度試験で、移動能力の評価として開発されたが、転倒リスク評価としても使用されている。45 cm の椅子と、椅子から3 m 先に目印のコーンを置き、椅子から立ち上がって目印まで歩き、折り返して着座するまでの所要時間(秒)を計測する。

3. 歩行速度

被験者に10 m を最大努力で早く歩くことを求め、その所要時間(秒)を計測する。

4. 立ち上がりテスト

被験者に40 cm の高さの台に腰かけてもらい、反動をつけずに立ち上がりそのまま3秒間保持することを求

める。両脚で立ち上がった後、次は片脚で行い、片脚で立ち上がった後立ち上がりテスト合格とする。

5. 2ステップテスト

被験者に両足をそろえた状態からできる限り大股で2歩歩き、両足をそろえることを求める。2歩分の歩幅(cm)を計測し、身長(cm)で除した値を2ステップ値とする。

6. ロコモ25

被験者に質問紙を用いて25の質問に回答してもらい、合計点数をロコモ25点数とする。これら立ち上がりテスト、2ステップテスト、ロコモ25の3項目が後述するロコモティブシンドロームの診断に用いられるテストである。

7. 体組成計

体成分分析装置 InBody770 (株式会社インボディ・ジャパン) を使用している。このデバイスは生体電気インピーダンス法(BIA)によって非侵襲的に筋肉・体水分・体脂肪などを約60秒で測定可能である。

8. 重心動揺検査

重心動揺計 G-620 (アニマ株式会社) を使用している。重心動揺計は立位における重心の軌跡を二次元で描出し、立位バランスを非侵襲的に短時間で計測可能である。被験者はセンサープレート上に立ち、正面を見て視線を動かさずに30秒または1分間保持し、次に閉眼して同様に行う。軌跡長(計測時間内の重心の移動距離)、矩形面積(前後左右各軸の最大幅で囲まれる長方形の面積)などのパラメータが得られる。

9. 脊椎アライメント

検診時期によって脊椎アライメントの計測法が異なる。Yakumo study における脊椎アライメント計測は、まずスパイナルマウス(インデックス株式会社、図1)



非侵襲的に脊椎アライメントを測定可能である。

図1 スパイナルマウスによる脊椎アライメント計測

から始まった。スパイナルマウスは非侵襲的に脊椎アライメントの計測が可能なデバイスで、脊柱可動域をも計測できる利点があるが、近年注目されているグローバルアライメント（次項）における骨盤パラメータの計測は困難であった。現在は単純 X 線撮影が導入され、通常の整形外科診療と同様のアライメント計測が可能となっている。

10. グローバルアライメント

Dubousset ら、Duval-Beaupère らによって、立位におけるアライメント（配列）やバランスの理解には骨盤の形態が重要であり、脊柱アライメントや下肢関節が骨盤形態に対応することで立位バランスが保たれていることが知られるようになった。成人の脊柱アライメント異常においては、冠状面ではなく矢状面アライメントが健康関連 QOL (health-related quality of life, HRQOL) に最も影響するため、脊柱矢状面アライメントに対する研究が行われ、2012 年の SRS-Schwab 分類など、成人の脊椎疾患について病態や治療目標の決定についての理解が進んでいる。

成人での脊柱病的状態では体幹は前傾することが多く、HRQOL に強く関連する脊柱アライメントである sagittal vertical axis (SVA) は、前傾の程度を表す指標のひとつである（図 2）。良好な立位矢状面アライメントのためには、骨盤形態に調和した腰椎前弯が形成されるところにその基盤があり、この概念は spinopelvic harmony と呼ばれている。すなわち、骨盤パラメータである pelvic incidence (PI) が姿勢の影響を受けない個人固有の骨盤形態を表し、腰椎前弯 (lumbar

lordosis, LL) が PI に対応する必要がある。このように、腰椎部と仙椎（骨盤）のアライメントがグローバルアライメントの基礎となるため、腰仙椎アライメント不良の有無はグローバルアライメントに大きく影響する。

Schwab らは米国健康常人の検討から、調和のとれた腰仙椎アライメントの基準をおよそ $PI-LL < 10^\circ$ とした。この関係は人種の違い、疾患特性の違いなどが考慮されないため議論はあるものの、ひとつの基準として広く認知されている。

IV ロコモティブシンドロームとフレイル

高齢者の身体能力低下について、近年ロコモティブシンドロームおよびフレイルの概念から議論されることが多くなっている。ロコモティブシンドロームは 2007 年に日本整形外科学会によって「運動器の障害によって、介護・介助が必要、あるいは介護・介助が必要になるリスクが高くなっている状態」と定義され、筋・神経系の機能低下や関節の変形、骨の脆弱化などから歩行障害や要介護状態までを含む包括的な概念である⁵⁾。ロコモティブシンドロームは、立ち上がりテスト、2 ステップテスト、ロコモ 25 の 3 つのロコモ度テストの結果から判定され、その結果によりロコモ度 1～3 に分類される。

フレイルは、「加齢とともに、心身の活力（運動機能や認知機能等）が低下し、複数の慢性疾患の併存などの影響もあり、生活機能が障害され、心身の脆弱化が出現した状態であるが、一方で適切な介入・支援により、生活機能の維持向上が可能な状態像⁶⁾」であり、ロコモティブシンドロームとともに高齢者の健康の評価における重要な評価指標である。フレイルには身体的、精神・心理的、社会的の 3 側面があり、身体的フレイルはロコモティブシンドロームと密接に関連する。ロコモティブシンドロームがフレイルよりも早い時期から現れ、進行するとされ、移動機能の低下によって社会参加に支障をきたすロコモ度 3 が身体的フレイルに相当する段階である。さらに、ロコモティブシンドローム高齢者における転倒の発生率は、一般高齢者における発生率よりも高い⁷⁾とされる。これらから、高齢者の転倒を検討する上でロコモティブシンドロームが重要であると考えられる。

ロコモティブシンドロームとフレイルの関係については、Yakumo study においても Imagama ら⁸⁾がその特徴と差異を明らかにしている。中高年者 1,016 名（平均 64 歳、女性 589 名）の解析において、ロコモティブシンドロームは参加者の 14.4%、フレイルは 10.8%で

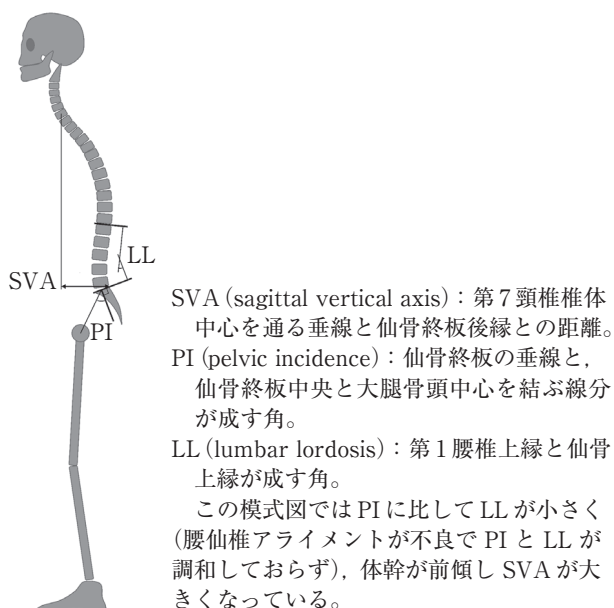


図2 グローバルアライメント

あった。ロコモティブシンドロームは疼痛、膝および腰椎の変性、脊椎アライメント不良、ボディバランス不良を反映していた一方で、フレイルは筋力低下を反映していた。この結果からも、地域在住中高年者における身体的QOL低下の評価には、フレイルよりもより早期に現れるロコモティブシンドロームの方が重要である可能性がある。

V バランスや転倒に関連した Yakumo study

Yakumo studyにおけるバランスや転倒リスクの解析はImagamaら⁹⁾による2007年参加者の解析に端を発する。この研究では、中高年男性100名(平均70.2歳)について、転倒経験者は非転倒経験者に比較して10秒歩行テスト、背筋力、SVA、重心動揺検査における軌跡長などの項目に有意差を認めた。すなわち、この研究は地域の中高年者におけるロコモティブシンドローム、フレイル、およびグローバルアライメントと転倒リスクの関連を示唆し、これらの要素は相互に関連しながら転倒リスクのみならず中高年者のADL、HRQOLに影響を及ぼしていると考えられた。

1. ロコモティブシンドロームと転倒リスク

地域在住高齢者における転倒リスクとロコモティブシンドロームの直接的な関係はIidaら¹⁰⁾が調査している。これは2019年Yakumo studyに参加し、該当する運動器検診をすべて実施した高齢者(65歳以上、189名)の解析で、転倒リスク評価には5項目版転倒スコア(fall risk index, FRI-5)を使用した。FRI-5は、(1)過去1年に転んだことはありますか(はい:5点)、(2)歩く速度が遅くなったと思いますか(はい:2点)、(3)杖を使っていますか(はい:2点)、(4)背中が丸くなってきましたか(はい:2点)、(5)毎日お薬を5種類以上飲んでいませんか(はい:2点)の5項目で構成されている。

FRI-5が6点以上である高齢者を転倒リスクありとし、転倒リスクの有無により2群に分け、転倒リスクと関連する因子を検討した。転倒リスク群(30名、15.9%)ではロコモ25の点数が有意に高く、年齢などで調整したロジスティック回帰分析の結果、ロコモ25は転倒リスクと関連する独立した因子であることが明らかとなった。ROC解析では、転倒リスク予測に最適なロコモ25のカットオフ点数は12であり、これはロコモ度1の範囲に当てはまる。このようにロコモティブシンドロームは実際に地域在住高齢者の転倒リスクと関連しており、ロコモ度1からリスクとなっていることがわかった。なお、興味深いことに、各種運動テストは転倒

リスクとの関連に有意性が見いだせなかった。これは、母集団がいわゆる元気な高齢者であるという地域特性が表れている可能性がある。

では、Yakumo study参加者におけるロコモティブシンドロームの状況はどうなっているのだろうか。Kobayashiら¹¹⁾は、5年間の縦断検討(2011年→2016年)によってロコモティブシンドローム有病率の変化だけでなく、ロコモ度1をスクリーニングすることの重要性を示している。当該両年のYakumo studyに参加した、合計113名(平均65.0歳、女性64名)の対象者について2011年と2016年の結果を比較したところ、2011年時はロコモなし:73名(65%)、ロコモ度1:29名(25%)、ロコモ度2:11名(10%)で、2016年はロコモなし:51名(45%)、ロコモ度1:45名(40%)、ロコモ度2:17名(15%)であった。そして、2011年時のロコモ度1は、ロコモなしに比較して5年後の身体能力が有意に低下していることがわかった。すなわち、実際に地域在住中高年者について5年間でロコモティブシンドロームを有する者が増加することが示されただけでなく、ロコモ度1がすでに将来の運動機能リスク状態となることがわかったのである。健常に日常生活を送っている一般住民においても、転倒リスクは加齢に伴って潜在的に徐々に増加してくることがわかる。

2. グローバルアライメントと転倒リスク

立位バランス能力について、体幹が与える影響は大きい。グローバルアライメントとロコモティブシンドロームの関連について、Muramotoら¹²⁾が中高年女性を対象として検討している。2011年Yakumo study参加者の女性125名(平均66.2歳)のうち、26名がロコモティブシンドロームと判定された。年齢による調整を実施しても、ロコモティブシンドローム群はspinal inclination angle(SVAと同様、体幹前傾の指標となる)が大きく、LLが小さかった(なお、当時の検診ではPIは測定していない)。すなわち、グローバルアライメントがロコモティブシンドロームや身体能力と関連していることが示された。

さらにMorozumiら¹³⁾が腰仙椎アライメント不良と重心動揺について検討を加えた。2016年Yakumo studyに参加した中高年者135人(女性78名)を対象とし、spino-pelvic harmonyに着目、PI-LL $>$ 10°を腰仙椎アライメント不良群と定義した。ロコモなし、ロコモ度1、ロコモ度2での比較検討を行うと、腰仙椎アライメント不良はロコモ度2群においてその占める率が高かった。また、重心動揺計の結果から、腰仙椎アライメント不良群(68人、平均64歳)は正常群(67人、平

均 63 歳) に比較して軌跡長, 面積とも有意に大きく, 腰仙椎アライメント不良と重心動揺悪化の関連が示された。

Segi ら¹⁴⁾ はこれを発展させ, 高齢者 (65 歳以上) について, 立位姿勢が良好であっても腰仙椎アライメント異常が潜んでいると立位バランスが悪影響を受けていることを示した。2018・2019 年 Yakumo study 参加者を対象として, SVA 5cm 未満, すなわち立位における体幹前傾が認められない参加者 (180 名, 平均 70.7 歳, 女性 102 名) に限定し, 腰仙椎アライメント不良群と正常群を比較したところ, 腰仙椎アライメント不良があると重心動揺検査における軌跡長や面積が有意に大きかった。また, 左右方向では有意差を認めなかったのに対し, 前後方向において腰仙椎アライメント不良者の軌跡長は有意に大きいことがわかった。ただし, 重心中心に有意差はなく, 重心は維持されていた。よって, 見かけの姿勢は良くとも, 腰仙椎アライメント不良があると立位バランスにおける前後方向の不安定性が増大していることがわかった。

さらに, これら腰仙椎アライメントと立位バランスの検討はロコモティブシンドロームの側面からも観察されている。2016 年 Yakumo study 参加者 (292 名, 平均 64.1 歳, 女性 170 名) を対象としてロコモティブシンドロームの有無と重心動揺検査による立位安定性の関係を調査した Tanaka ら¹⁵⁾ の報告では, ロコモ度 1 または 2 は男性 122 名中 60 名, 女性 170 名中 112 名に認められ, ロコモティブシンドロームがあると重心動揺検査における軌跡長が有意に増加しただけでなく, Segi らの結果と類似し前後方向の軌跡長がロコモティブシンドロームリスクと最も関連する独立因子であった。このように, 腰仙椎アライメント不良, 重心動揺検査における前後方向不安定, ロコモティブシンドロームリスク状態は相互に関連し, 地域在住高齢者の立位バランス, ひいては転倒リスクに影響を及ぼしていると考えられる。

腰仙椎アライメント不良に関連した立位バランス不良は, ロコモ度 1 と同じく前病的状態であると考えられる。成人脊柱変形と呼ばれる, 脊柱の変形による姿勢やバランス障害を症状のひとつとする疾患群では, 体幹が前傾し (SVA が正常範囲を超えて大きくなり), 重心の前方移動が認められる。この重心中心の前方移動は, 背筋群をはじめとした抗重力筋の相対的な活動低下による体幹の前傾を反映したものである。一方で, Segi ら¹⁴⁾ の解析集団は SVA が病的に大きくない検査参加者であるため, 重心中心の移動は認められなかった。しかし腰仙椎アライメント不良は体幹を前方化しようとするか

ら, おそらくこれに対抗するために抗重力筋には負荷がかかる。このため, 腰仙椎アライメント不良群において, 特徴的な前後方向の重心の不安定性が現れたものと考えられる。言い換えると, 立位における重心維持は可能であったとしても, 腰仙椎アライメント不良があると抗重力筋群はより大きなエネルギーを必要とする非経済的な状態にあり, これがバランスの悪化につながると考えられる。

3. グローバルアライメントと歩行

さらに, われわれは 2019 年 Yakumo study において 2 点歩行動揺計 THE WALKING (マイクロストーン社) を導入し, 歩行時の体幹の安定性について検討を行っている。このデバイスは, 上部体幹と下部体幹に装着した加速度センサーで三軸加速度を測定することができ, 動揺比 (下部体幹の動揺量を上部体幹の動揺量で除した値) によって歩行時のバランスを評価可能である。この測定を実施した 108 名について, 腰仙椎アライメント良好群 74 名は体幹前後動揺と SVA の相関を認めず, 左右動揺と SVA の有意な負の相関を認めた。対照的に, 腰仙椎アライメント不良群 34 名は前後動揺と SVA の有意な負の相関を認め, 左右動揺と SVA の相関を認めなかった (世木ら, 第 95 回日本整形外科学会学術総会)。このように, 立位静止時のグローバルアライメントによって歩行時の体幹動揺性は異なることがわかったが, この結果と運動テストや転倒リスクの関連や, 転倒に及ぼされる影響は今後の検討課題である。

4. 過去と現在の Yakumo study

Kobayashi ら¹⁶⁾ による Yakumo study 参加者の比較検討により, 近年の地域在住高齢者の身体能力は過去に比較して向上している可能性が示唆されている。2001 ~ 2003 年の参加者 (488 名) と 2016 ~ 2018 年の参加者 (309 名) を性別と年代 (65 ~ 74 歳と 75 ~ 84 歳) 別に検討した結果, 10m 歩行時間, 2 ステップテストの結果はいずれの性別・年代においても有意に向上していた。基礎体力向上や健康志向, ロコモティブシンドロームに対する啓発活動など, 複数の要因が関与していると考えられるが, 地域在住高齢者の身体能力はこの 15 年間で向上しているのかもしれない。高齢者の転倒の減少を期待したい。

VI 研究の限界および今後の課題

Yakumo study は地域住民に広く浸透していると考えられるが, 参加は任意であるため, 参加者はより健康に対する意識が高い集団であると考えられる。また, ロコモティブシンドロームの有病率には地域差が存在するこ

とがわかっており、八雲町のロコモティブシンドローム有病率は都市部よりも低い¹⁷⁾。よって、Yakumo study データには選択バイアスがある可能性がある。

また、これまでわれわれは地域在住中高年者におけるロコモティブシンドローム、グローバルアライメント、重心動揺などの関連を探ってきたが、転倒リスクに直結すると思われるバランス能力に関しては静止立位に対する評価にとどまっており、歩行中などの動的なバランスの評価が不十分であると考えている。われわれはこの問題に取り組むために、2019年から加速度センサーを使用した歩行解析を導入した。しかし、コロナ禍のためにこの検診は現時点では予備的なものとなっているので、今後のデータ収集を待ちたい。

さらに、転倒リスクや転倒予防のためのデータは集積されつつある一方で、実際に転倒を予防するためにこれらの知見をいかに社会に還元し実践するかはYakumo studyの課題として残っていると考える。

Ⅶ まとめ

本学で長期間継続的に実施しているYakumo studyの解析結果をもとに、地域在住高齢者、中高年者のロコモティブシンドロームやグローバルアライメントから観察した転倒リスクについて述べた。地域に住まう高齢者の転倒は今後も増加すると考えられ、きわめて身近かつ重大な社会的問題である。引き続き検診を通じて知見を深め、地域在住者の転倒予防に貢献できる研究成果を発信していきたい。

Ⅷ 謝辞

北海道八雲町保健福祉課の皆様、貴重な資料を提供してくださった八雲町住民の皆様に感謝します。

Ⅸ Funding

研究の一部は学術振興会科学研究費補助金を受け実施した(18K09102)。

● 引用文献

- 1) Tinetti ME, et al. Falls, Injuries Due to Falls, and the Risk of Admission to a Nursing Home. *N Engl J Med.* 337 (18) : 1279-1284, 1997.
- 2) 内閣府. 令和4年版高齢社会白書(全体版). 内閣府ホームページ. Accessed February 12, 2023. <https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/html/zenbun/index.html>
- 3) Hagino H, et al. Nationwide one-decade survey of hip fractures in Japan. *J Orthop Sci.* 15 (6) : 737-745, 2010.
- 4) Kamitani T, et al. Longitudinal Association Between Subjective Fatigue and Future Falls in Community-Dwelling Older Adult : The Locomotive Syndrome and Health Outcomes in the Aizu Cohort Study (LOHAS). *J Aging Health.* 31 (1) : 67-84, 2019.
- 5) 日本整形外科学会. ロコモティブシンドローム診療ガイド. 文光堂, 東京, 2010.
- 6) 鈴木隆雄. 後期高齢者の保健事業のあり方に関する研究. Accessed February 23, 2023. <https://mhlw-grants.niph.go.jp/project/25215>
- 7) Matsumoto H, et al. Locomotive syndrome presents a risk for falls and fractures in the elderly Japanese population. *Osteoporos Sarcopenia.* 2 (3) : 156-163, 2016.
- 8) Imagama S, et al. Differences of locomotive syndrome and frailty in community-dwelling middle-aged and elderly people : Pain, osteoarthritis, spinal alignment, body balance, and quality of life. *Mod Rheumatol.* 30 (5) : 921-929, 2020.
- 9) Imagama S, et al. Influence of spinal sagittal alignment, body balance, muscle strength, and physical ability on falling of middle-aged and elderly males. *Eur Spine J.* 22 (6) : 1346-1353, 2013.
- 10) Iida H, et al. Association between locomotive syndrome and fall risk in the elderly individuals in Japan : The Yakumo study. *J Orthop Sci.* Published online, December 13, 2022.
- 11) Kobayashi K, et al. Locomotive Syndrome Stage 1 Predicts Significant Worsening of Future Motor Performance : The Prospective Yakumo Study. *BioMed Res Int.* 2019 : e1970645, 2019.
- 12) Muramoto A, et al. Spinal sagittal balance substantially influences locomotive syndrome and physical performance in community-living middle-aged and elderly women. *J Orthop Sci.* 21 (2) : 216-221, 2016.
- 13) Morozumi M, et al. Relationship between lumbopelvic discordance and locomotive syndrome in a middle-aged community-living population : The Yakumo study. *J Orthop Sci.* 25 (4) : 693-699, 2020.

- 14) Segi N, et al. Spinopelvic Imbalance Is Associated With Increased Sway in the Center of Gravity : Validation of the “Cone of Economy” Concept in Healthy Subjects. *Glob Spine J.* Published online, September 2021.
- 15) Tanaka S, et al. Increasing postural sway in balance test is related to locomotive syndrome risk : A cross-sectional study. *J Orthop Sci.* 24 (5) : 912-917, 2019.
- 16) Kobayashi K, et al. Overcoming locomotive syndrome : The Yakumo Study. *Mod Rheumatol.* 31 (3) : 1-8, 2021.
- 17) Tanaka S, et al. Differences in the prevalence of locomotive syndrome and osteoporosis in Japanese urban and rural regions : The Kashiwara and Yakumo studies. *Mod Rheumatol.* 32 (1) : 199-204, 2022.