

ロコモティブシンドローム（運動器症候群）

中村 耕三

要 約 メタボリックシンドロームや認知症、うつ病などの予防や治療法として運動の重要性はよく知られている。しかし、その運動の基本である運動器そのものの健康に関する人々の認識は必ずしも十分ではない。

日本は超高齢社会を迎え運動器疾患が50歳以降急増している。その多くは人の歩行、移動の障害にかかわり、要介護の主な原因の一つである。実際、要介護者の24.0%は運動器障害がその直接の原因となっている。

ロコモティブシンドローム (locomotive syndrome, 略してロコモ) は運動器の障害によって日常生活に制限をきたし、介護・介助が必要な状態になっていたり、そうなるリスクが高くなっていたりする状態を言う。現在その予備軍も含め4,700万人が相当すると推定されている。

運動器の構成要素には骨格を支える骨、曲がる部分である四肢の関節と脊椎の椎間板、そして骨格を動かしたり制御したりする筋肉、靭帯、神経系がある。これらの要素は機能が異なり、力学的負荷（メカニカルストレス）に対する反応や修復のプロセスが異なっている。

中高年者では一般に骨や筋肉にとっては日常生活での運動が不足になりがちであるが、骨格の曲がる部分では、すでに変性の生じている例が多く、運動の過剰が問題となる。運動の実施にあたってはこの点への配慮が欠かせない。また筋腱・靭帯の付着部も負荷の過剰が問題となる。

ロコモの予防・改善の運動の基本は、①足腰の筋力強化、②バランス力の強化、③膝、腰に過剰の負荷にならないこと、の3点である。家庭でもできる方法として、「開眼片脚立ち」と「スクワット」をすすめている。

高齢社会を迎え、高齢者の運動器疾患・障害について、一つの病理変化の治癒を目指すというこれまでの比較的若年者に対するモデルがなり立つのかどうか問われている。中高年者では膝、腰など局所だけでなく、身体全体の運動機能が特に重要である。パラダイムシフトが起きているのであって、新たな対応が求められている。

Key words : ロコモティブシンドローム, メタボリックシンドローム, 骨粗鬆症, サルコペニア, 認知症

(日老医誌 2012 ; 49 : 393-401)

はじめに

日本では生活習慣病対策が重要な課題で、メタボリックシンドロームや認知症、うつ病などの予防や治療法として運動の重要性はよく知られている。しかし、その運動の根底である運動器そのものの健康に関する認識は必ずしも十分でない。日本は超高齢社会を迎えており、加齢が関係する運動器疾患が急増している。これらの疾患は人の歩行、移動の障害にかかわるものが多く、日常生活の制限、生活の質への影響が大きく、要支援・要介護

の主な原因の一つである。

ロコモティブシンドローム (locomotive syndrome, 運動器症候群, 以下ロコモと略す) は運動器の障害によって日常生活に制限をきたし、介護・介助が必要な状態になっていたり、そうなるリスクが高くなっていたりする状態を言う¹⁾²⁾。

ロコモ対策は医療現場での実践法であると同時に、ロコモの概念は今後の運動器研究の方向を示したものである。

背 景

1) 人口の高齢化

現在の日本の運動器障害の背景には人口の高齢化がある。我が国の平均寿命(2009年)は男性が79.6歳、女

Locomotive syndrome

Kozo Nakamura : 国立障害者リハビリテーションセンター, 自立支援局

性が86.4歳で、世界一の長寿国である。1947年のそれが男性50.1歳、女性54.0歳であったことを考えると、急速に高齢化が進み、平均寿命はこの約60年間におよそ30年伸びたことになる。2010年の発表では65歳以上の高齢者は2,958万人で、この高齢者人口の増加は2041年まで続き、また、人口の高齢化率は上昇し続け2055年には40.5%に達すると予想されている³⁾。

このことは多くの人が長年にわたり運動器を使用するようになったこと、今後もこの状態が続くことを意味している。

2) 人口の高齢化と運動器疾患

人口の高齢化とともに高齢者の運動器疾患が急増している⁴⁾(図1)。年齢別には10歳代に小さなピークがあるが、20歳代から40歳代まではその頻度に大きな変化はみられない。しかし、50歳代以降急増し、50歳代は40歳代の約1.7倍に増加、60歳代では2倍を超え、70歳代ではほぼ3倍に達する。このことは運動器疾患は中高年で顕在化することを示している。

疾患では、骨粗鬆症関連の脆弱性骨折、椎間板変性を中心とした脊椎疾患、軟骨変性が本態である変形性膝関節症や変形性股関節症が多い。実際、高齢者の大腿骨頸部骨折はこの20年間で3倍⁵⁾に、人工膝関節手術はこの10年間で2.7倍に増加している⁶⁾。

3) 要介護と運動器

介護サービスを受ける人は、介護保険法が実施された2000年当時の256万人から、増え続け、現在当初の1.8倍となり450万人を超えている。

原因疾患別では、「脳卒中」「認知症」がそれぞれ23.3%と14.0%であるが、転倒・骨折が9.3%、関節疾患が12.2%、脊髄損傷が2.5%と運動器疾患も全体の24.0%を占めている⁷⁾。

要介護の率は年齢とともに増加するが、要介護者の運動機能の特徴として、歩行速度の低下がある⁸⁾。今後、要介護の予防には、歩行障害に対する対策、運動器の健康維持が重要である。

運動器の構成要素とその特徴

運動器の構成要素はネットワークを形成し、そのネットワークが機能することによって起立や歩行などが可能となる。運動器の構成要素は、骨格を支える骨、骨格の中の曲がる部分である四肢の関節と脊椎の椎間板、そして骨格を動かしたり制御したりする筋肉、靭帯、神経系、という3つに大別できる。これらの要素はそれぞれ機能が異なり、その組織の特徴や力学的負荷、メカニカルストレスに対する反応や修復のプロセスが異なっている。

1) 骨

骨は骨格の支柱にあたり、重力など環境の中で姿勢を保ち、筋肉が働く力点や作用する点などを与える。骨はこのようにいつもメカニカルストレスを受ける環境にあり、それに適応している。

骨は常に代謝され、皮質骨は4%/年、海綿骨は28%/年、骨全体で約10%/年が入れ替わる⁹⁾。骨密度(bone mineral density: BMD)は成人に達するまで増加し、20~40歳代でピークに達しそれ以降低下する。骨密度が若年成人(20~44歳)の平均骨密度(young adult mean: YAM)の70~80%を骨量減少、70%未満を骨粗鬆症とする。

骨の代謝、リモデリングは破骨細胞と骨芽細胞によって絶えず行われ、この吸収と形成のバランスに骨が受けるメカニカルストレスが影響する(Wolffの法則)。中高年者では骨にとってメカニカルストレスが不足しがちで、その骨量減少の予防のために運動が推奨される。

2) 筋肉

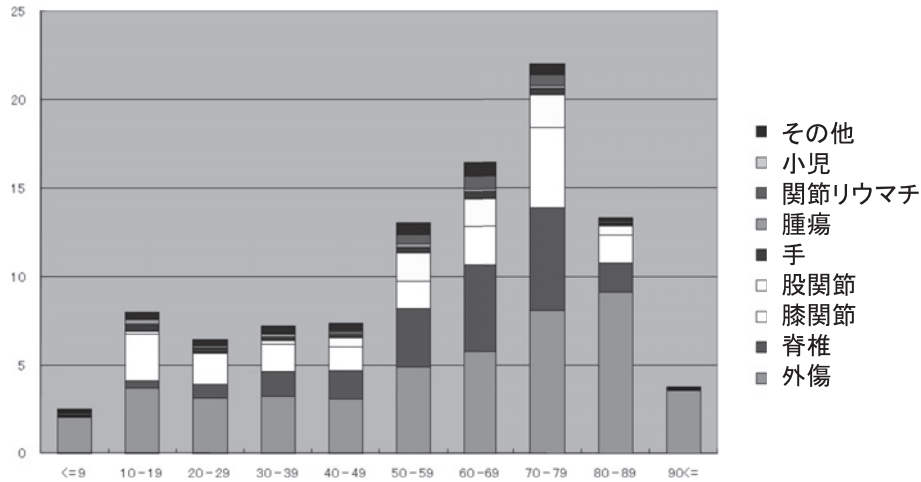
加齢により筋量、筋力とも減少する¹⁰⁾。筋量を大腿四頭筋の筋断面積でみると約24歳でピークとなり、その後減少する。50歳以降、特に減少が著しく20歳から80歳までの経過で平均40%減少すると報告されている¹¹⁾。筋力も若年成人に対し70歳から80歳では20~40%低下するとの報告が多い¹²⁾。加齢による筋力低下への影響として、神経原性の筋病理変化が観察されており神経系の関与が示唆される。

筋肉の作用には関節を動かす作用だけでなく、拮抗筋との同時収縮により、下肢運動の減速、関節への安定性の付与、衝撃吸収作用などがある。したがって筋力の強化には衝撃吸収作用の効果も期待され、逆にその低下は関節軟骨の負担の増加につながる。

このように筋肉は関節、脊柱の安定性に動的に貢献する。一方、静的に安定性に寄与するのが靭帯である。筋腱や靭帯が過剰に繰り返し運動などに使われると、その付着部の障害、エンテソパチー(enthesopathy、腱・靭帯付着部症)が起こり、疼痛の原因となる。高齢者にとっては筋肉へはメカニカルストレス不足が問題となりやすいが、筋腱付着部にとってはその過剰が問題になりやすいことに注意がいる。

3) 関節軟骨・椎間板

骨格が曲がるための要素は四肢では関節であり、脊柱では椎間板が大きな役割を果たす。この機能に関節では軟骨が、椎間板では髄核が重要である。両者は、II型コラーゲンが中心となった網目構造で包まれたスペースに多量の水分を含んでいる、という共通点がある。この組



Kadono Y, et al.:J Orthop Sci (2010) をもとに作成

図1 整形外科入院手術の年齢と疾患

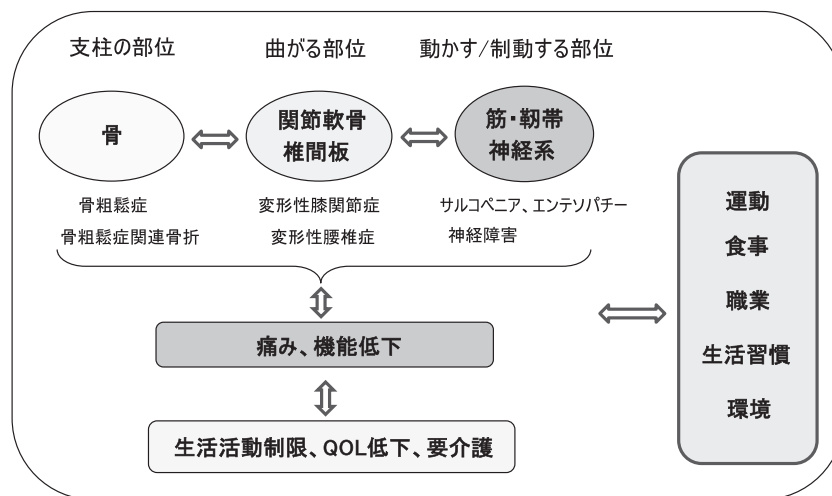


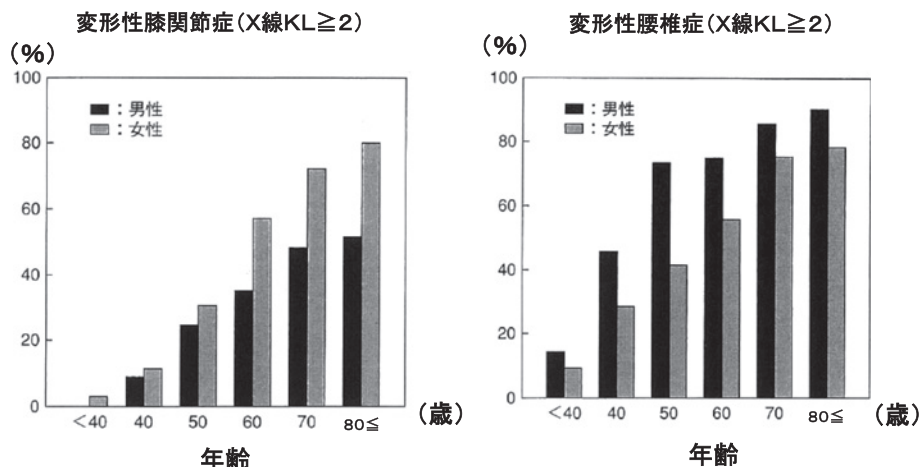
図2 ロコモティブシンドロームの構成要素

成のため、圧が加わると変形し、内部の水の流れによって応力が分散され、衝撃が吸収される。関節軟骨では関節腔内に水分がしみ出し、この水分が関節の潤滑に重要な働きをする。水分を多量に含むのは、成分であるプロテオグリカンのコア蛋白に結合するムコ多糖側鎖が陰性の荷電をもっていることによる。

また、関節軟骨と髄核には血管がないのも共通点である。組織への栄養補給、組織からの老廃物の排出はこの水分の出入りによって行われる。血管がないため、通常組織修復は期待できず、傷害がおこると修復されにくい組織である。

人は直立し二足で歩行するため、膝関節軟骨や腰の椎

間板への負担が大きい。膝関節には通常の歩行で体重の約3倍、階段昇降で体重の約5倍の負荷がかかる¹³⁾。腰椎椎間板にかかる圧は、通常の直立位姿勢で仰臥位のとときの約5倍、20 kgの物を身体の前を持って立位で前屈位をとると通常の直立位姿勢の約4.5倍となる¹⁴⁾。中高年者に変形性膝関節症、変形性腰椎症の有病率が高いのはこのあらわれである。中高年者の運動にあたっては膝や腰への配慮が欠かせない。中高年者の運動器障害は単なる運動の不足では対処できないのである。



Yoshimura N, et al., J Bone Miner Metab (2009) をもとに作成

図3 ロコモ (予備群) の有病率

ロコモティブシンドローム (運動器症候群)

1) 定義と概念

ロコモは、運動器の障害によって、生活活動の制限が起きていたり要介護になっていたたり、そうなるリスクの高くなっていたりする状態をいう。

運動器を構成する①骨、②軟骨と椎間板、③筋肉・靭帯・神経系の各要素の疾患として、骨粗鬆症、骨粗鬆症関連骨折、変形性膝関節症、変形性腰椎症、筋肉減少症 (サルコペニア)、エンテソパチー、神経障害などがある。

要介護状態に関連すると考えられる要因には、X線所見、変形、片脚起立時間、下肢伸展筋力、痛み、起き上がり・歩行などのADL制限、近所への外出の制限、転倒への不安などがある。これらの関連の強さを網羅的に解析すると、骨粗鬆症、変形性関節症など疾患の病理変化は、痛みや機能低下と強い関連があり、痛みや機能低下が生活活動制限、QOLの低下、要介護状態と強い関連があった¹⁵⁾。

地域コホート研究でも、膝の痛みが男性で関節裂隙の狭小化のX線所見と強く相関すること¹⁶⁾や、女性で膝痛、腰痛が有意にQOL低下に関連すること¹⁷⁾など、疾患と疼痛、疼痛とQOLの関連の強さが明らかになっている。また、これらの疾患の発症や進行に、運動やメタボリックシンドロームなど、生活習慣が関連することも示されている¹⁸⁾。

こうして、運動器疾患は疼痛や機能障害をきたし、これらがそれぞれお互いに関係しあいながらマルチプルリスクファクターとなって人が立ち歩くことを困難にし、

生活活動制限・QOLの低下・要介護が必要な状態へと関連してくる (図2)。

高齢者の運動器障害は、疾患そのものが重症であったり、多発していたり、複合したりしている。高齢者の増加により対象数もきわめて多い。このため従来の対処法の単なる延長では対応が難しい新しい課題であるといえる。この新しい課題に多くの人が気づき、対処していくには、新しい言葉、概念が必要である。ロコモの提案はこの理由による。ロコモティブオルガン (locomotive organs) は運動器の意味で、名称の由来である。

2) 疫学

ロコモは、すでに運動器疾患を発症している状態から発症する危険性のある状態を含んでいる。エックス線画像上 Kellgren-Lawrence (KL) 2度以上の変形性膝関節症や変形性腰椎症、DXA法による骨塩量測定で若年成人の70%未満である骨粗鬆症は、いずれも加齢とともに急増する (図3)。そしてその有病率から有病者数は、変形性膝関節症2,530万人、変形性腰椎症2,790万人、骨粗鬆症は腰椎部で640万人、大腿骨頸部で1,070万人、これら三つの疾患のうち少なくとも一つ以上の変化がある人は4,700万人に達すると推定されている¹⁹⁾。

この数の膨大さは、これからの高齢化がさらに進む日本において、運動器の健康が重要な課題であることを示している。

3) 徴候・症状

主な徴候・症状は、四肢の関節や背部の疼痛、機能低下 (可動域制限、変形、筋力低下、バランス力の低下) などである。具体的には、膝や腰背部の痛み、姿勢が悪

くなった、膝の変形（O脚）がある、体が硬くなった、歩きが遅くなった、つまずきやすいなどがある。

4) 自己チェック法

運動機能の低下は徐々に進行することが多い。予防を考えるには自分で気づくことが重要で、日常生活からロコモの可能性を考える自己チェックのための7項目（ロコモーションチェック、以下ロコチェックと略す）がある。一つでも該当すればロコモの可能性があり、運動をすすめる基準のひとつである²⁰⁾。

①片脚立ちで、靴下がはけない

②家の中でつまずいたり、滑ったりする

③階段を上るのに、手すりが必要である

④横断歩道を青信号で渡りきれない

⑤15分くらい続けて歩けない

⑥2kg程度の買い物（1lの牛乳パック2個程度）をして持ち帰るのが困難である

⑦家のやや重い仕事（掃除機の使用、布団の上げ下ろしなど）が困難である

5) 判定・診断

身体全体の運動機能と、膝、腰など個々の部位や下肢筋力などの評価を行う。運動器の障害があり、歩行速度の低下や易転倒性などが疑われ、日常生活での制限があれば要介護となるリスクが高い²¹⁾。保険診療上の疾患名では多くの場合、運動器不安定症が該当する。

(1) 全体の運動機能

立位の姿勢や歩容、歩行速度などが重要である。立位姿勢では、背部から側弯の有無、側面からは前傾していないか、股関節や膝関節が屈曲位になっていないかなどに注意する。

歩行は、日常生活が独歩か、T字杖、シルバーカーなど補助具を使用しているかが大切である。跛行の有無や歩行速度、歩幅、歩隔（左右の足の踵中心間の幅）に注意する。高齢者では速度、歩幅とも減少し、歩隔が広がり、両下肢支持時間が延長する。歩容異常として、疼痛側の立位時間の短い疼痛をさける逃避性跛行、変形性股関節症でみられる体幹の揺れ（Duchenne現象）、変形性膝関節症のO脚でみられる踵接地の時の膝の外側への横ブレ（lateral thrust）の有無などを診る。

(2) 起立・歩行の評価法

種々の機能検査法が提案されており、評価の参考になる。

「開眼片脚立ち時間」は、目を開けた状態で片方の足を5~10cm程度上げて反対の足で立っていられる時間を測定する。簡便な方法である。転倒しないよう、介助者が付いたり、すぐつかまれるもののある所で行う。「介

護予防のための生活機能評価に関するマニュアル」²²⁾では特定高齢者の判定として男性20秒未満、女性10秒未満が、また、運動器不安定症の診断では15秒未満が基準として使用されている。

「3m Timed up and go test」は椅子に座った姿勢から立ち上がり、3m先の目印で折り返し、再び椅子に座るまでの時間を測定する。危険のない範囲でできるだけ速く歩くように指示して行う。転倒しないよう人が付き沿って歩くなどの対策が必要である。運動器不安定症では11秒以上を基準としている。

「歩行速度」には通常歩行速度と最大歩行速度がある。上記の特定高齢者の判定には、5mの通常歩行時間で、男性4.4秒以上、女性5.0秒以上が基準である。

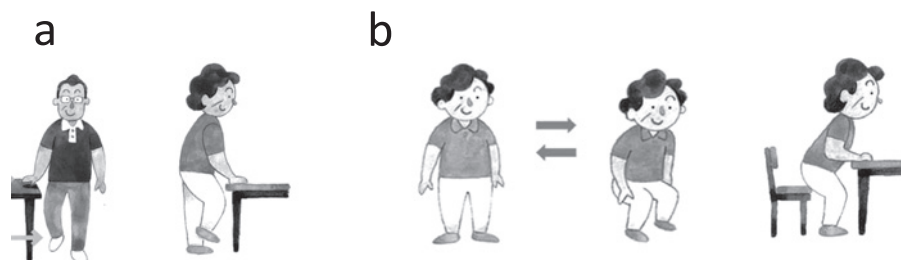
「下肢筋力」は重要な評価法である。身体を持ち上げる動作は椅子から立ち上がる、階段を上る動作などに関係し生活の基本である。「立ち上がりテスト」として、一定の高さの台から立ちあがれる力を測定する方法がある。これは日常生活を十分に送るには片脚で自分の体重の約60%を持ち上げるだけの下肢筋力が必要であるとの研究に基づいている。不自由のない日常生活が可能であるには片脚で高さ40cmの台からの立ち上がりが必要であるとされ、この値は40歳~50歳代の年齢基準である。正常歩行が可能であるには高さ20cmの台からの両脚で立ち上がることが必要とされ、この値は70歳代の年齢基準になっている²³⁾。

その他、簡便な方法として「椅子の座り立ち（10回）時間」がある。両手を胸の前で腕組みし背筋を伸ばして椅子に座り、膝が完全に伸びるまで立ち上がり、すばやく開始時の座った姿勢に戻すことを10回行うのにかかる時間を測定する。「健康づくりのための運動基準」²⁴⁾では、60歳代で男性9~13秒、女性9~16秒、70歳代以上で男性10~17秒、女性11~20秒が基準として示されている。

(3) 局所の身体所見

膝や腰などの個々の部位の診察では、痛みについてはその局在、運動との関連、自発痛の有無に注意する。関節や脊柱の可動域制限の有無、運動時痛の有無をチェックする。膝関節では関節水腫、大腿四頭筋委縮に注目する。変形について、膝関節ではO脚、腰では側弯、正常な前弯の消失などが重要である。足の外反母趾、扁平足に注意する。

腰部脊柱管狭窄症や腰椎椎間板ヘルニアなど、腰椎に由来する下肢の痛みやしびれが疑われる場合には、体幹を後ろ側方に傾けた時の下肢への痛みの誘発をみるKempテストや、仰臥位で膝を伸展したまま下肢をゆっ



転倒しないようつかまる物がある場所で行います。床に触れない程度に片足をあげます。

難しい場合は両手を机などについて行います。片足1分で両足行い、1日3回行うようにしましょう。

椅子に深く腰掛けるように、お尻をゆっくり下します。膝は曲がっても90度以上曲がらないようにします。

難しい場合は机などに手をつけて行います。

5～6回くりかえし、1日3回行うようにしましょう。

(日本整形外科学会ロコモパンフレット 2010 年度版から)

図4 ロコモーショントレーニング a 開眼片脚立ち, b スクワット

くり挙上させて腰や下肢に疼痛が誘発されるかをみる下肢伸展挙上試験 (SLR テスト) が大切である。そのほか、膝伸展筋、足関節の背屈筋、足趾の伸展筋などの筋力、下肢の知覚検査などを行う。間欠性跛行など血行障害も疑われる場合、足背部で足背動脈の触知を確認する。

必要に応じて画像検査や、関節リウマチや炎症などが疑われる場合は血液検査が必要となる。

6) 重症度

重症度は全体の運動機能、歩行機能で判定する。膝や腰など局所部位の重症度とは必ずしも一致しない。軽症は歩行が自力で可能である、中等症は歩行に杖、歩行器などの介助を必要とする、重症は歩行に人の介助が必要または歩けない、である。

要支援・要介護との関連 (ロコモ尺度) の判定には、

- ①無症状・障害なし、②整形外科的愁訴を有するが歩行・移動に支障のない者、③特定高齢者相当 (移動に支障があるが、ADL 自立)、④要支援相当 (基本的 ADL (移動、身辺処理) は自立しているが、手段的 ADL (外出、買物、食事支度、金銭管理) に何らかの支障がある)、⑤要介護1相当 (手段的 ADL に部分的な介助がいる)、⑥要介護2相当 (基本的 ADL に部分的な介助がいる)、がある¹⁵⁾。

重症度が特定高齢者相当を発見するための問診票「運動器障害からみた介護リスクの診断ツール (通称、ロコモ指数 25)」が開発されている²⁵⁾。

7) 予防と治療

ロコモチェックに該当したり、立ち上がりテストなどで足腰の衰えが生じたりしている例に運動をすすめる。最近急に増悪している、現在痛みがある、健康や体力に不

安があるといった場合、医療機関の受診をすすめる。運動が禁忌の場合を除外する。

運動器はメカニカルストレスが適正に働くことでその機能が維持される。運動の適正さは、その要素によって異なり、骨や筋肉などは日常生活ではメカニカルストレスが不足しがちであり、膝関節軟骨や腰椎椎間板は過剰になりやすい。各要素の健全さも重要で、中高年者では脊椎椎間板や膝関節軟骨の変性がすでに始まっていることが多い。したがって運動にあたってはその量と膝や腰への負荷の軽減に配慮が必要である。

(1) ロコモーショントレーニング

ロコモの予防・改善、すなわち人が立ち、歩くという機能の維持・改善を目的とする場合、①足腰の筋力強化、②バランス力の強化、③膝、腰に過剰の負荷にならないこと、の3点が基本となる。

日本整形外科学会では、この3点を満たし家庭でもできる方法 (ロコモーショントレーニング、略してロコトレ) として、「開眼片脚立ち」と「スクワット」をすすめている (図4)。重症度にあわせ負荷の少ない程度から徐々に運動を行う。

ロコモ対策が下肢筋力やバランス力に対し効果があることが示されている^{26)~28)}。

(2) 軽症者への対応とその他のロコモ体操

軽症の人ではロコトレの回数を増やしたり、普通のスクワットのかわりに「片脚スクワット」を行うなどして強化をはかる。また、体幹や膝、股関節などへの「ストレッチ」もくわえる。

その他、「ご当地体操」や「太極拳」など各種の運動プログラムが全国各地域で行われている。これらの体操に

は「スクワット」や「片脚立ち」の要素が入っており、ロコモ対策になる。音楽に合わせたり、仲間と一緒にしたりできるなど利点が多い。自宅での「スクワット」「片脚立ち」との併用が考えられる。ウォーキングや各種スポーツへの参加などもすすめられる。

(3) 腰痛、膝痛に対する治療トレーニング

膝や腰などに問題がある場合には、ロコトレに付け加える治療トレーニングがある。膝に対する大腿四頭筋訓練、可動域訓練や、腰に対する腰痛体操などがある²⁹⁾³⁰⁾。

(4) 効果と運動習慣

運動を継続することが必要である。文部科学省による「体力・運動能力調査」の報告でも、体力は年齢とともに低下するが、運動・スポーツの実施頻度が高いほど体力水準が高い³¹⁾。

高齢者が継続してトレーニングを行うには、家族や地域の人の何らかの支援が必要である。家族や地域の人や両親や祖父母など高齢者に対して電話や訪問するなどして「ロコトレをつづけていますか?」と問いかけして支援することを「ロコモコール」と呼び、その試みがはじまっている²⁸⁾。

運動器の基礎研究・応用開発研究

ロコモは運動器研究の方向性を明示したのものである。運動器疾患・障害の構成概念が明らかになり、高齢社会における運動器医学・医療の発展のために必要な研究とその意義がより明らかになった³²⁾。構成要素に対する基礎研究、疾患の病態解明、疫学研究、定量的評価法の開発、先端的治療法の開発などが重要である。

1) 運動器の基礎研究、疾患の病態解明

(1) 糖・脂質代謝関連分子による骨代謝制御

インスリンシグナル分子である IRS (insulin receptor substrate) が糖代謝のみならず骨代謝を制御すること³³⁾、また、脂質代謝を制御する PPAR γ (Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ) が骨代謝制御因子でもあることが明らかになった³⁴⁾。これらのことは、骨粗鬆症や異所性骨化症などの骨代謝性疾患の背景に、糖・脂質代謝異常が存在し得ることを示している。

(2) 破骨細胞による骨吸収の制御

骨吸収の役割を担う唯一の細胞である破骨細胞は、生理的な骨代謝に重要であるだけでなく、骨粗鬆症、関節リウマチ³⁵⁾など病的な骨吸収にも役割を果たす。骨吸収調節には細胞死の制御が重要で、破骨細胞がアポトーシスにより死滅すること、その過程が Bcl-2 ファミリー分子によって制御されることが明らかになった³⁶⁾³⁷⁾。

(3) 免疫系関連分子による骨代謝制御

活性化した T 細胞が産生する IFN- γ (インターフェロン- γ) が RANKL の作用を抑制することによって破骨細胞形成を負に制御することが明らかになり、免疫学と骨代謝学の融合領域「骨免疫学」が注目されている³⁸⁾³⁹⁾。

(4) 変形性関節症の分子メカニズム

変形性関節症の発症メカニズムとして、力学的負荷の蓄積や加齢により、関節軟骨で炎症反応などの NF- κ B シグナルによって HIF2A (hypoxia-inducible factor 2 α) が発現し、病的な軟骨内骨化が促されることが明らかにされた⁴⁰⁾。この成果は HIF2A/NF- κ B シグナルが変形性関節症の治療標的になる可能性があることを示している。

2) 運動器疾患の評価法の開発と基準値の設定

(1) 全自動定量的変形性膝関節症診断支援ソフトの開発

膝関節について X 線像から関節裂隙最小距離、骨棘の大きさ（面積）などを全自動で定量的に測定できる診断支援ソフト (KOACAD) が開発され、変形性膝関節症の正確な重症度評価が可能となった⁴¹⁾。

(2) 定量的 CT を用いた有限要素法による骨強度測定法の開発

骨粗鬆症診断の骨密度測定法は骨の形や三次元構造が考慮できないため、その限界が指摘されている。仮想的な荷重条件においてその破断強度を評価する方法が開発され⁴²⁾、薬物治療の効果判定に有用であることが示されている。現在、先進医療として実施されている。

(3) ロコモ関連基準値の提案

一般住民コホート研究の結果を用い、ロコモの指標としての筋量、歩行時間、片足立ち時間の基準値が提案されている⁸⁾。

3) 先端的治療法の開発研究

(1) 非摩耗性・耐久性の人工股関節の開発

人工関節は摺動面の磨耗による周囲の骨吸収が課題である。人工関節摺動面に生体疑似膜であるリン脂質極性を有するポリマー MPC (2-methacryloyloxyethylphosphorylcholine) で覆い、低摩耗を実現し、非摩耗性・耐久性の人工股関節が開発された⁴³⁾。

おわりに

運動器の医療は新しい時代を迎えている。この新しい時代に対する考え方と具体的な対策を示したものがロコモティブシンドロームである。

エイジングに抵抗することは一般に困難な点も多い。しかし、運動は随意運動であることから介入しやすい。

また、効果を自覚できる点も利点である。これからの高齢者の増加を考え、この超高齢社会でその時期とその程度に違いはあるにしても、ほぼ全員の人の運動器におこることを人々に分かりやすく伝え、その対処を實踐してもらう必要がある。

ロコモティブシンドロームの提唱は、「人が歩く」ということを支援していこうという考えである。人が歩けるということは人の認知機能、メタボリックシンドローム対策にも重要である。

長寿社会はこれまで人々の夢であったが、現実には超高齢社会となった今、多くの人々にとって介護が不安の元になっている。人はもっと高齢になっても「歩ける」ということを社会に示していく必要がある。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態は存在しない。

引用文献

- 1) Nakamura K: A "super-aged" society and the "locomotive syndrome". *J Orthop Sci* 2008; 13: 1-2.
- 2) 日本整形外科学会編：ロコモティブシンドローム診療ガイド 2010. 文光堂, 2010, p2-13.
- 3) 内閣府：平成 23 年版高齢社会白書（概要版）. 平成 22 年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況. 高齢化の現状と将来像. 2011. <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2011/zenbun/23index.html>
- 4) Kadono Y, Yasunaga H, Horiguchi H, Hashimoto H, Matsuda S, Tanaka S, et al: Statistics for orthopedic surgery 2006-2007: data from the Japanese Diagnosis Procedure Combination database. *J Orthop Sci* 2010; 15: 162-170.
- 5) Orimo H, Yaegashi Y, Onoda T, Fukushima Y, Hosoi T, Sakata K: Hip fracture in Japan: estimates of new patients in 2007 and 20-year trends. *Arch Osteoporos* 2009; 4: 71-77.
- 6) 日本整形外科学会変形性関節症委員会：変形性関節症に対する手術療法；過去 10 年における手術法選択の推移, 日本整形外科学会認定研修施設を対象とした全国アンケート集計結果. *日整会誌* 2007; 81: 585-589.
- 7) 厚生労働省：平成 19 年国民生活基礎調査の概況. 要介護者等の状況. 2008 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19-1.html>
- 8) Yoshimura N, Oka H, Muraki S, Akune T, Hirabayashi N, Matsuda S, et al: Reference values for hand grip strength, muscle mass, walking time, and one-leg standing time as indices for locomotive syndrome and associated disability: the second survey of the ROAD study. *J Orthop Sci* 2011; 16: 768-777.
- 9) Manolagas SC: Birth and death of bone cells: Basic regulatory mechanisms and implication for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Endocrine review* 2000; 21: 115-137.
- 10) Rosenberg IH: Summary comments. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1231-1233.
- 11) Lexell J, Taylor CC, Sjström M: What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci* 1988; 84: 275-294.
- 12) Doherty TJ: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003; 95: 1717-1727.
- 13) Taylor WR, Heller MO, Bergmann G, Duda GN: Tibio-femoral loading during human gait and stair climbing. *J Orthop Res* 2004; 22: 625-632.
- 14) Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE: New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 1999; 24: 755-762.
- 15) 岩谷 力, 中村耕三, 赤居正美, 藤野圭司, 星野雄一, 飛松好子ほか：厚生労働科学長寿科学総合研究事業, 運動器疾患の発症及び重症化を予防するための適切なプロトコル開発に関する調査研究平成 22 年度報告書, 2011, p4-22.
- 16) Muraki S, Oka H, Akune T, Mabuchi A, En-yo Y, Yoshida M, et al: Prevalence of radiographic knee osteoarthritis and its association with knee pain in the elderly of Japanese population-based cohorts: the ROAD study. *Osteoarthritis Cartilage* 2009; 17: 1137-1143.
- 17) Muraki S, Akune T, Oka H, En-Yo Y, Yoshida M, Saika A, et al: Impact of knee and low back pain on health-related quality of life in Japanese women: the Research on Osteoarthritis Against Disability (ROAD). *Mod Rheumatol* 2010; 20: 444-451.
- 18) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T: Association of knee osteoarthritis with the accumulation of metabolic risk factors such as overweight, hypertension, dyslipidemia, and impaired glucose tolerance in Japanese men and women: the ROAD study. *J Rheumatol* 2011; 38: 921-930.
- 19) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Mabuchi A, En-Yo Y, Yoshida M, et al: Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women; the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *J Bone Miner Metab* 2009; 27: 620-628.
- 20) 石橋英明：ロコモティブシンドローム, ロコチェックの運動機能低下の予見性と, ロコトレの運動機能改善効果. *医学のあゆみ* 2011; 236: 353-359.
- 21) 中村耕三：高齢者診療マニュアル；骨・関節疾患の特徴—ロコモティブシンドローム, *日医師会誌* 2009; 138: S226-227.
- 22) 厚生労働省：介護予防マニュアルの改訂に関する研究班：介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル 2000. www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c_0001.pdf
- 23) 村永信吾, 東 拓弥, 土屋瑠見子, 宮本瑠美：運動機能（歩行機能）と筋力評価. *Prog Med* 2010; 30: 3055-3060.
- 24) 厚生労働省：運動所要量・運動指針の策定検討会：健康づくりのための運動指針 2006. www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf
- 25) 星野雄一, 星地亜都司：ロコモ診断ツールの開発. 運動器健診に向けて. *日整会誌* 2011; 85: 12-20.
- 26) 藤野圭司：要介護者に対するロコモーショントレーニング（ロコトレ）の効果. *Modern Physician* 2010; 30: 494-496.

- 27) 石橋英明, 藤田博暁: 閉経後女性におけるロコモーショントレーニング (片脚立ちおよびスクワット) による運動機能改善効果の検討. *Osteoporosis Jpn* 2011; 19: 391-397.
- 28) 橋本万里, 安村誠司, 中野 匡, 木村みどり, 中村耕三, 藤野圭司ほか: 訪問型介護予防事業としてのロコモーショントレーニングの実行可能性. *日老医誌* 2012; 49: 362-368.
- 29) 中村耕三: ロコモティブシンドローム, 実践! ロコモーショントレーニング, 三輪書店, 東京, 2010, p72-81.
- 30) 中村耕三: つらい腰痛, 膝痛が楽になる. 骨・関節・椎間板を守るロコモ対策, 大和書房, 東京, 2011, p33-55.
- 31) 文部科学省: 体力・運動能力調査. 平成 22 年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書. www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1311808.htm
- 32) 中村耕三: 超高齢社会における新しい運動器学の構築とその病態解明, および先端的評価法・治療法の開発. *日医師会誌* 2012; 140: 2138-2142.
- 33) Ogata N, Chikazu D, Kubota N, Terauchi Y, Tobe K, Azuma Y, et al.: Insulin receptor substrate-1 in osteoblast is indispensable for maintaining bone turnover. *J Clin Invest* 2000; 105: 935-943.
- 34) Akune T, Ohba S, Kamekura S, Yamaguchi M, Chung UI, Kubota N, et al.: PPAR γ insufficiency enhances osteogenesis through osteoblast formation from bone marrow progenitors. *J Clin Invest* 2004; 113: 846-855.
- 35) Takayanagi H, Iizuka H, Juji T, Nakagawa T, Yamamoto A, Miyazaki T, et al.: Involvement of receptor activator of nuclear factor kappaB ligand/osteoclast differentiation factor in osteoclastogenesis from synoviocytes in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 2000; 43: 259-269.
- 36) Akiyama T, Bouillet P, Miyazaki T, Kadono Y, Chikuda H, Chung UI, et al.: Regulation of osteoclast apoptosis by ubiquitylation of proapoptotic BH3-only Bcl-2 family member Bim. *EMBO J* 2003; 22: 6653-6664.
- 37) Iwasawa M, Miyazaki T, Nagase Y, Akiyama T, Kadono Y, et al.: The antiapoptotic protein Bcl-xL negatively regulates the bone-resorbing activity of osteoclasts in mice. *J Clin Invest* 2009; 119: 3149-3159.
- 38) Takayanagi H, Ogasawara K, Hida S, Chiba T, Murata S, Sato K, et al.: T-cell-mediated regulation of osteoclastogenesis by signalling cross-talk between RANKL and IFN-gamma. *Nature* 2000; 408: 600-605.
- 39) Takayanagi H, Kim S, Matsuo K, Suzuki H, Suzuki T, Sato K, et al.: RANKL maintains bone homeostasis through c-Fos-dependent induction of interferon-beta. *Nature* 2002; 416: 744-749.
- 40) Saito T, Fukai A, Mabuchi A, Ikeda T, Yano F, Ohba S, et al.: Transcriptional regulation of endochondral ossification by HIF-2 α during skeletal growth and osteoarthritis development. *Nat Med* 2010; 16: 678-686.
- 41) Oka H, Muraki S, Akune T, Mabuchi A, Suzuki T, Yoshida H, et al.: Fully automatic quantification of knee osteoarthritis severity on plain radiographs. *Osteoarthritis Cartilage* 2008; 16: 1300-1306.
- 42) Bessho M, Ohnishi I, Matsuyama J, Matsumoto T, Imai K, Nakamura K: Prediction of strength and strain of the proximal femur by a CT-based finite element method. *J Biomech* 2007; 40: 1745-1753.
- 43) Moro T, Takatori Y, Ishihara K, Konno T, Takigawa Y, Matsushita T, et al.: Surface grafting of artificial joints with a biocompatible polymer for preventing periprosthetic osteolysis. *Nat Mater* 2004; 3: 829-836.