

「健康づくりのためのスロートレーニング—その効果と実際—」 石井 直方氏



いいい なおかた

東京大学大学院総合文化研究科教授、同大学スポーツ先端科学研究拠点拠点長、理学博士。1977年東京大学理学部卒業、82年同大学大学院理学系研究科修了。87年、日本学術振興会特定国派遣研究者として英国オックスフォード大学留学。筋肉研究の第一人者として「筋肉博士」の異名を持つ一方、日本ボディビル選手権で2度の優勝を飾るなど（81、83年）ボディビル選手としても活躍。「一生太らない体のつくり方」（エスクナレッジ）シリーズなど著書多数。

加齢により筋肉の量が減り、筋力が低下することを「サルコペニア（加齢性筋減弱症）」といいます。私自身の筋肉も30数年前に比べだいぶ細くなりましたが、その理由は加齢に加え、2年前に癌を患ったためでもあります。しかしまた元気になることができたのは、からだを鍛えていたためだと思います。基礎体力があること、そして病気があればできない治療もありますから、基礎疾患を持っていないということは、疾患時の治療にもプラスになります。

健康寿命伸長で社会貢献！

最初に、「筋肉を鍛えることの大切さ」について話します。日本は超高齢社会というステップを超え、超々高齢社会という今までの定義にはなかった世界に入ろうとしています。この図は1965年、前回の東京オリンピックが開催された頃の「人口ピラミッド」で、縦軸が年齢、横軸が人口、左側が男性で右側が女性となっています（図1）。この形は次第に変化し、2015年には出生率が下がってこのようになりました（図2）。さらに進んだ10年後の予測はこうです（図3）。もはやピラミッド型ではなく、「（ヨーロッパ風の）棺桶型」と呼ばれています。

生物学的に見れば、「棺桶型」は先のない絶滅危惧種です。人類全体としての形は異なるので絶滅には至りませんが、日本の形は非常に危険で、

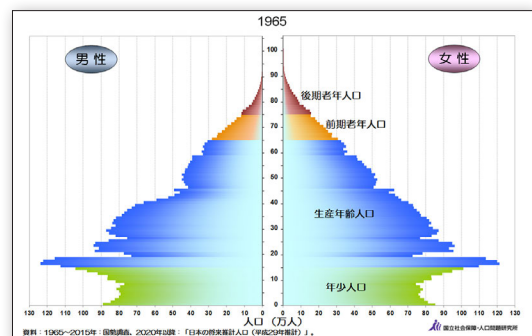


図 1

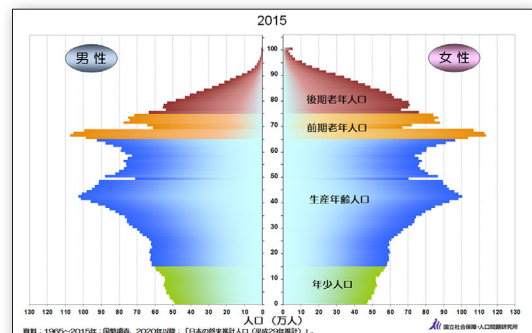


図 2

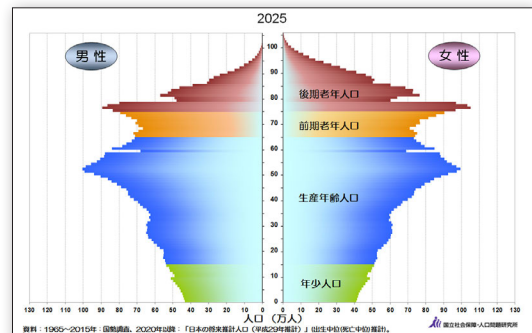


図 3

現時点での生産年齢人口のピークが65歳以上になる頃には大変怖いことになります。医療費は増大し、若い人の減少により社会全体が不活性化を帯びることも懸念されます。

このような変化は以前から予測されていました。こちらは昨年、総務省統計局が発表したデータです(図4)。左側が欧米と日本を、右側がアジア諸国と日本を比べたデータで、縦軸は全人口に占める65歳以上人口の割合です。双方ともに一番高いのは日本で、(欧米諸国との比較では)欧米諸国を追い抜き、2015年に25%を超え未だ上昇中で、2050年ぐらいには全人口の40%近くが65歳以上になると予測されています。日本では1970年頃、65歳以上の人口が7%を超える「高齢化社会」に突入、1990年には14%を超える「高齢社会」に入り現在は21%を超えて「超高齢社会」となっています。28%を超えると「超々高齢社会」と呼ばれるのでしょうか。

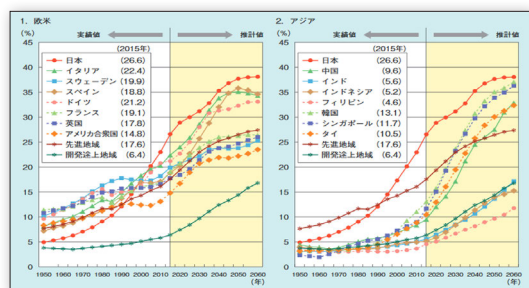


図4

こうした現象は日本だけにとどまりません。アジア諸国の現状を見ると、日本に比べ遥かに少ないものの、およそ15年～20年遅れで同じことが起こると予測されます。たとえば中国なども約20年後には日本同様、高齢化率が上がります。中国は日本の10倍ほど人口が多いので、実際に高齢化の波が訪れた時にはもっと大変なことが起こるとされており、日本がどのように対処するのかお手本にしようと現在注視しています。今後、地球規模で同じことが起こる可能性がある中で、日本が何をすべきかは、人類を救うためにも重要であると私は考えます。

超高齢社会の中で医療費(社会保障料)も上がっています。2015年にはおよそ45兆円と、日本の1年間の国家予算の半分以上が社会保障料に使われる現状となっています。年代別の医療費の割合を見ると当然高齢者が多く、65歳以上が59%で約25兆円、45歳～64歳が22%。ふたつの年代を合わせると80%を超えます。中年期以降、医療費を使わず元気に長生きすることは、誰にで

もできる社会貢献と言えるでしょう。

介護予防のカギは「筋肉」!

こちらは内閣府のデータです(図5)。赤が平均寿命、緑が健康寿命(健康で自立した生活を送れる時間)です。健康寿命が長ければ、それだけ他人の世話になることなく、しかも医療費を使わずに生活ができます。平均寿命は2013年時点で男性が80歳超、女性も86歳を超え、その後も男女ともに右肩上がりです。健康寿命も平均値では延びていますが、平均寿命と健康寿命の間隔が狭くなっておらず差分は変わっていません。

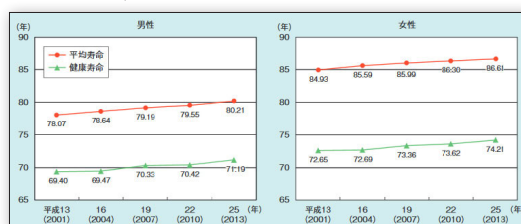
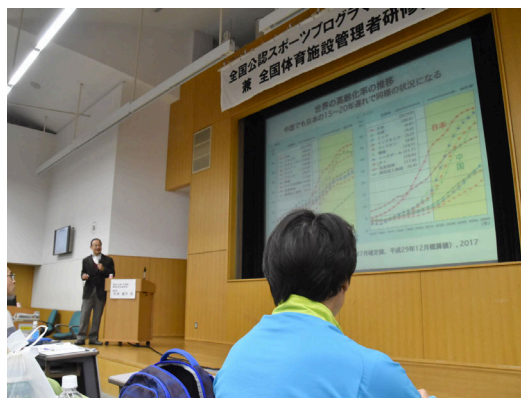


図5

日本臨床整形外科学会では、平均寿命と健康寿命の間隔を短くするために3つの「予防」を提唱しています。ひとつは「メタボ予防」。メタボになるとやがて動脈硬化が進み脳卒中などを引き起こし、寝たきりになってしまうケースもありますから、医療費がかさみ始める40歳以降は特に注意が必要です。

仮にメタボが防げたとしても、自力での起立や歩行ができなくなることもあります。これはロコモ(ロコモティブシンドローム=運動器症候群)といって、2007年に提唱された概念です。最近ではロコモの中に「フレイル(健康と要介護の間の過渡的な虚弱状態)」の概念が付け加えられ、「ロコモとフレイル予防」が提唱されるようになりました。3番目は、現在非常に大きな問題となっている「認知症予防」です。



平成22年の国民生活基礎調査によると、要介護を引き起こす原因の3位は「高齢による体力の衰弱（＝フレイル）」、4位「関節疾患」、5位「骨折・転倒」で、これらはいずれも筋肉や骨の低下によるものです（図6）。この3つを合わせると要介護の要因の最も大きな割合を占めますから、筋肉や骨、関節の機能をできるだけ保つ必要があります。1位の「脳血管疾患」の要因にはメタボも含まれますし、2位は「認知症」です。つまり、メタボ・認知症・ロコモ（フレイル）を防ぐことにより、要介護になるリスクの3分の2以上を遠ざけることができるのです。ちなみに最新のデータによれば、原因の1位は認知症となっており、脳血管疾患は2位になっています。それ以外は変わっていません。

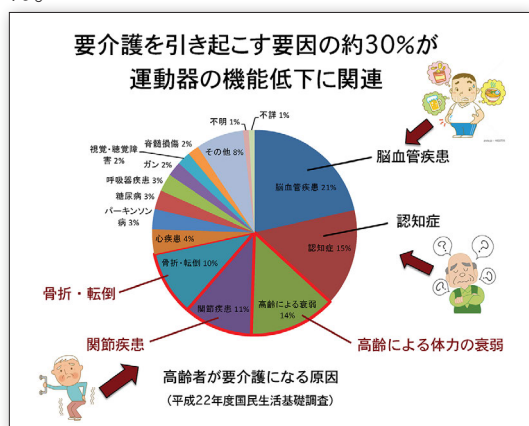


図6

この3つの予防には、実はすべて筋肉がかかわっています。筋肉は、単なる運動器としてだけでなく、健康に関連するさまざまな働きを行っているのです。1番目は「あらゆる運動のための運動器として」。話す、食べる、心臓を動かす、呼吸をするなど、筋肉はスポーツに限らずあらゆる運動を行うためのエンジンとして働いています。2番目は「熱源として」、つまりからだの中のストーブとして働きます。3番目は「内分泌器官として」働くという新しい概念です。筋肉は「マイオカイン」というさまざまな生理活性物質を分泌し、脳や肝臓や脂肪に働き、全身の機能を維持していることが分かってきました。

重要な筋肉は「使う」ことで維持される

筋肉の3つの働きについて、それぞれ詳しく説明していきましょう。まず1番目、「あらゆる運動のための運動器」として働く筋肉の機能が低下すると、ロコモ（要介護あるいは介護の危険性が高

い）状態となり、日常の動作が困難になります。原因のひとつは運動器の疾患（膝や股関節などの変形性関節症、脊柱管狭窄症、関節リウマチなど）です。もうひとつは「加齢による運動器機能不全」、つまり加齢に伴う筋力の低下です。どれほど若い頃鍛えていても、その後全く運動をしなければ筋力は落ちていきます。

からだの中の筋肉は全部で400～600ほどあり、すべてについて分かっているわけではありませんが、限られたデータの中から加齢に伴い減りやすい筋肉、筋力が低下しやすい筋肉を見ると、太腿の筋肉は減りやすく、前にある大腿四頭筋は後ろにあるハムストリングスよりもからだの影響を強く受けます。お尻の筋肉（大殿筋、中殿筋、小殿筋など）、お腹周りの腹筋、背中の中央部からやや下部の僧帽筋や広背筋といった筋肉も同様です。どれぐらい影響を受けるかについてのデータを見てみましょう（図7）。

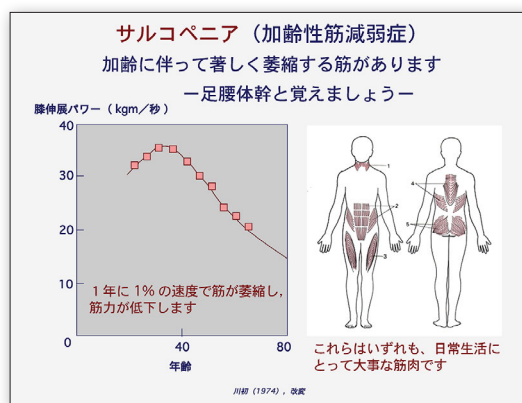


図7

日本人の各年代を対象に大腿四頭筋を使って膝を伸ばす筋力を図ったところ、25歳から30歳が一番高く、そこから減り始めて80歳になると半分になりました。大腿四頭筋の筋力は30歳をピークに80歳で半分に、つまり50年で50%減ということです。単純に均等割をすれば1年で1%減ることになりますが、1年ごとに直線状に減っていくわけではなく、40歳を過ぎたあたりから相対速度として早くなり、割合としては60代から70代の変化が大きくなっています。問題は、こうした筋肉は足腰の体幹筋肉で、日常生活にとって大事なものであることです。日常生活の移動能力に非常に深く関連するので、衰えればロコモの原因となってしまいます。

何故、人間にとって大事な筋肉ほどからだの影響を強く受けるのか、原因はよく分かっていません。しかし生理学的に説明をすれば、足腰の体

幹筋肉は若い頃から日常生活でよく使うべき筋肉であり、使うことによって維持される筋肉である、といえます。ですから使われなくなると減りやすくなります。

一例を示す写真です(図8)。左側は女子大学院生の左脚の太腿をMRIで撮ったものです。骨があり大腿四頭筋、内転筋、ハムストリングスがあり白い部分が皮下脂肪です。右側は73歳の女性の同じ部位です。大腿四頭筋がとても細く、代わりに脂肪が増え、さらに筋肉の中にサシが入っています。これは筋肉の内部にできた中性脂肪で、霜降り肉のようになっていて、筋肉の質も低下しています。近年、このように脂肪が増えて筋肉が減り、筋肉の中に脂肪がはびこった状態は「サルコペニア肥満」と呼ばれ、高齢者の場合相対的な死亡率が激増するとのデータも出始めています。

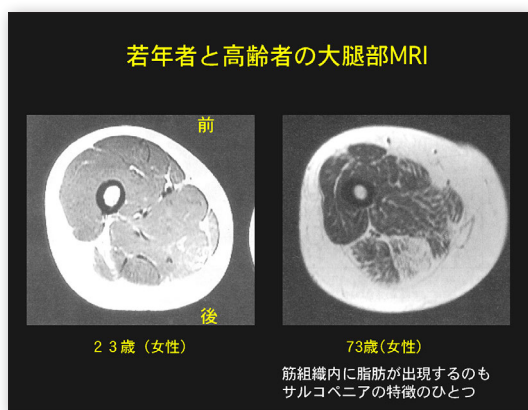


図8

こちらは、筋肉の中の組織を取り顕微鏡で見た外国の実験例です(図9)。灰色の部分は筋繊維と言われる筋肉の細胞です。32歳の男性はぎっしり詰まっていますが、70歳男性の場合は細胞と細胞の間の白い部分(水や脂肪、結合組織)が増え、間がスカスカになっています。見た目が細くなる以上に筋肉は質的に低下するのです。

筋肉が減り、質的に低下すると「転倒」が起こります。同時に骨も弱くなっていると、太腿の付

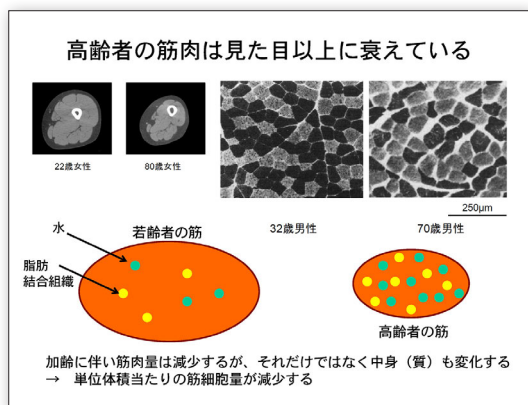


図9



け根などを骨折し、場合によっては関節を人工関節に交換しなければならなくなることもあります。長期入院すればさらに筋肉が衰えます。こうした事例が、日本では10年ほど前から年間約12万件発生していると言われます。高齢者人口の増加を考えれば割合としては減っているのですが、運動をする人が少しずつ広がっているのかもしれませんが、10万人以上という絶対数には変化がありませんから、この数を減らしていく必要があります。

転倒に関しては、2001年にアメリカ老年医学会が「高齢者の転倒の最も強い因子は下肢の筋力低下である」と発表しました。調査の結果、筋力が低下している高齢者は、そうではない高齢者と比べ、転倒骨折をした人の数が4.4倍多いことが分かりました。

高齢者に大腿四頭筋を使ってもらうための一番身近な運動は、レッグエクステンション(膝伸ばし)です。座った状態で足首に重りを付けたり、椅子にバンドをつないで膝を伸ばす運動をすることで、日常的に太腿の筋肉を鍛えることができます。

ロコモについては、予備軍を含め明確な診断基準がありませんでした。以前は「片脚で靴下がはけない」「青信号で横断歩道を渡り切れない」「手すりを使わず階段の上り下りができない」など7つの項目に対し、1つでも該当すればロコモの疑いがあると言われていましたが、たとえば信号機の種類もさまざまですから、客観性には乏しいものでした。

そこで兆候を含めてテストをするために考えられたのが、2013年に日本整形外科学会が発表した「新ロコモ度テスト」です。中でも、からだを動かすテストとして一番よく使われるのが「2ステップテスト(大股二歩幅テスト)」で、気を付けの姿勢でできるだけ大股でバランスを崩さず2歩歩くものです。その歩幅を測り、身長は何倍進んだかを見ます。年齢を横軸に取り、2ステップの歩幅を身

長で割ったものを縦軸に取るとこのようになります(図10)。20歳の頃は身長比の1.7倍ほどですが、年齢とともに落ちてきます。全体の平均より低い数値であれば、このままいくと早い時期に危険域に入ってしまうと推定できるので「少し頑張って数値を上げていきましょう」と早期予防が可能になるわけです。

1.25のラインを下回ってしまうと高齢者による実際の転倒例が現れます(図11)。これは横軸が2ステップ歩幅で1.25を上回っているか下回っているか、縦軸は過去半年以内に転倒したか否か、あるいは転倒不安があるか否かを聞いたアンケート調査結果となります。1.25を超えている方は100%非転倒ですが、下回ると転倒する人が現れ、歩幅が狭くなるごとにその数は増えていくので、1.25はひとつの目標レベルになります。しかし、健常者の場合であれば、70歳代でも全体の3分の2が1.36～1.48の間にあると日本整形外科学会のホームページで発表されています。

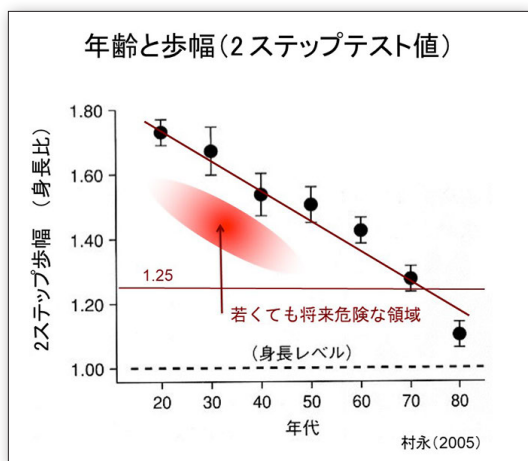


図10

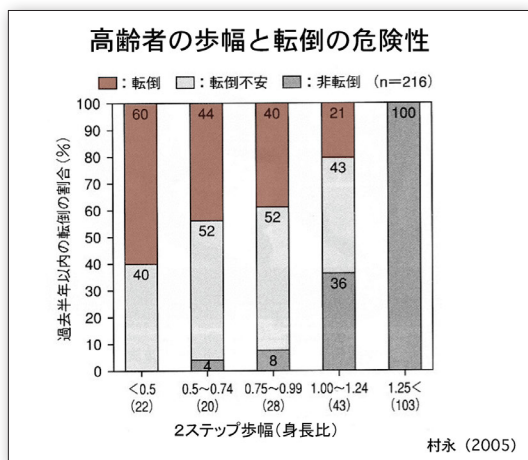


図11

新口コモ度テスト・その2は「立ち上がりテスト」です。10cmから40cmまで10cm刻みの高さの台を用意し、高い台から順番に両脚と片脚で立ち

上がります。80歳代であれば両脚で30cmの台から、70歳代は20cmから、60歳代は10cmから両脚で安定して立ち上がることができれば脚の筋力が健康なレベルにあるとされ、それぞれの年代の平均的な筋力を推定することができます。50歳代以下は片脚で立ち上がります。40歳代～50歳代は40cmの台から片脚で安定して立ち、その後3秒間静止できれば筋力として合格です。30歳代は30cm、20歳代は20cm、10歳代は10cmです。10cmの場合は筋力だけではなく柔軟性も必要ですから、20cmの台から立てれば自慢してもいいレベルです。20cmは普通の階段1段の高さに相当するので、ご自宅で試してみてください。

体幹の筋力も重要です(図12)。こちらは、スポーツを行っている活発な40歳の女性と、不活発な40歳の女性のお臍の部分でCTで撮影した画像です。腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋などお腹周りの筋肉の断面を見ると、同じ年代の女性でも随分厚みが異なり、不活発な女性の場合は内臓脂肪もだいぶ溜まっています。加えて体幹の奥にある大腰筋もかなり太さが違います。大腰筋は腰椎と大腿骨を結ぶ筋肉で、途中で腸骨筋という扇形の筋肉とつながっているの両方を併せて腸腰筋とも言われます。筑波大学のグループが、高齢者の筋肉の太さと歩幅の関係について調べた報告によると、大腰筋、大腿四頭筋の太い人は歩幅が広いとの結果が出ています。ロコモを防ぐ上でこのふたつの筋肉はキーポイントになると言えます。

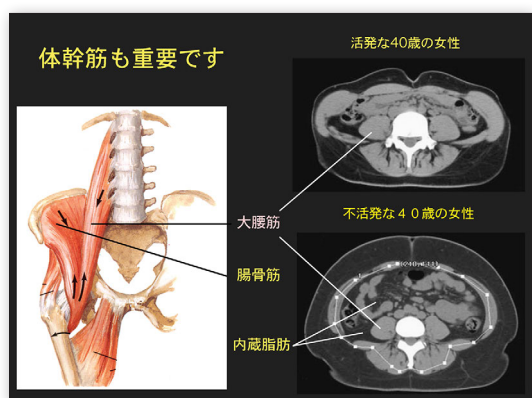


図12

大腰筋をよく使うには、腿上げの動作が効果的です。私の研究室で、大腰筋の発揮する筋力を測りながら腿上げをしたところ、腿の高さが上がるに従い大腰筋の発揮する筋力も上がりました。腰を左右に曲げる動作も大腰筋を使います。からだを曲げる時にも働きますが、どちらかと言えば腰

を左右に曲げる時より、上半身を真っ直ぐにした状態で骨盤を引き上げるといったほうがいいかもしれません。これは皆さんが今座っている状態でも行うことができるので、ちょっとやってみましょう。椅子に座った状態でお尻を左右に上げる動作です。では1、2、3、4、5…はい結構です。さすがに皆さん、運動指導をしている人たちだけありますね。高齢者や一般の方を集めた時に同じ動作をしてもらおうと、体幹が使われていませんので頭が振り子のように動くのです。しかし今、皆さんを見ていたところ、体幹を使っているのだから左右に移動していました。ただし一番良いのは、頭を動かさずに正中線を維持しながら今の動作をすることです。また、股関節を動かさずに大腰筋の力を出すと腰椎がお臍の方向、やや下向きの方向へ引っ張られて腰椎がギュッと伸び、骨盤全体が立ち上がって姿勢を維持することができます。こちらも皆さん、座った状態でやってみてください。骨盤の一番下、座骨という尖ったところで椅子に座ろうと意識すると骨盤が立ち上がります。少し浅めに胸を張るようにしてください。せっかくですから私の講義が終わるまでその姿勢でいてください(笑)。

からだは、転倒することがなくとも徐々に虚弱になっていきます(図13)。サルコペニアを起点として、筋肉が減ることにより基礎代謝が減り、消費エネルギーも減少します。食欲が減らずどんどん脂肪が溜まりメタボになる場合もありますが、普通は食欲が低下し低栄養となり、代謝も減少しさらに筋肉が減るという悪循環に陥ります。やがては歩行速度や活動量も低下し、閉じこもりや独居、貧困などの社会的問題が生じたり、認知症や抑うつといった精神的心理的問題につながる場合もあります。これを「フレイルサイクル」と言います。しかし、フレイルの状態であれば少し工夫をすることで健康な状態に戻すことができます。ただし何も手を打たないとどんどん要介護に陥ってしま



います。最近では、サルコペニアを予防することでフレイルを防ぐことが大事だと考えられるようになってきています。

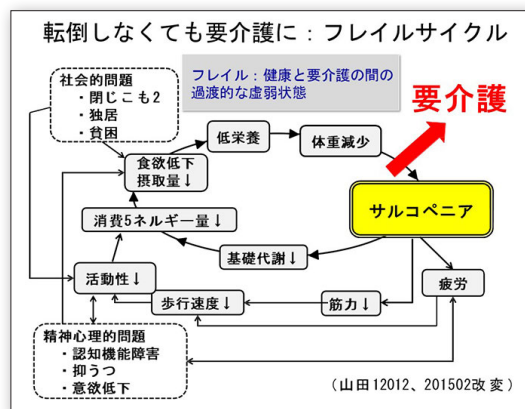


図13

フレイルの概念は2001年、フリードという研究者によって提唱されました。初期のフレイルの基準は、①意図しない体重減少、②筋力(データとして一番多いのが握力なのでここでは握力)の低下、③疲れやすさの自覚、④歩行速度の低下、⑤身体活動レベルの低下の5つです。1～2項目に当てはまれば前フレイル状態、3項目以上であればフレイルと判定し、該当なしと前フレイル、フレイル状態の人たちがその後何年生きたかを見ると、3項目以上の該当者は7年後の生存率が該当なしの人に比べ43%も低くなります。からだの機能は生存率にも関連するのです。

近年では子どもの活動量も減り、子どものロコモの問題が出てきました。ただし子どもの場合は筋力ではなく、バランス能力が悪いと片脚立ちができない、ペタッとしゃがめない、肩が上がらない、柔軟性に欠けるため前屈ができないといったことで、このようなことができない子どもが増えていることも実は非常に問題となっています。運動やトレーニングの指導といえば高齢者のみに目が向きがちですが、子どもたちの機能低下を防ぐことも大事です。

筋力アップでメタボ & 認知症予防

筋肉の3つの働きの残るふたつ、「体温を保つための熱源」「内分泌器官」についてお話しします。

熱源としての筋肉の重要性は昔から言われてきましたが、その仕組みが比較的はっきり分かったのは最近で、2012年に論文が発表されました(図14)。筋肉の中にある「サルコリピン」というタンパク質を作れないマウス(ノックアウトマウス)を

作り、室温に置き赤外線カメラで撮影するとこのようになりました(図の右端)。赤い部分は、熱でちゃんと体温を出し、元気な状態にあります。これを4℃の冷蔵庫の中に4時間置くと芯まで冷えて動けなくなり、やがて死んでしまいます。左側は普通のマウスです。25度の室温の中でも体温を保っており、4℃の部屋に4時間入れても体表面は冷えるもののからだの芯の部分では熱を作って元気に動いています。つまり、筋肉の中のサルコリピンは、筋肉に熱を作らせるタンパク質であると言えます。筋肉の中にはサルコリピンとUCPという2種類の熱を作らせるタンパク質があり、これが欠けると極端な冷え性になる、現象としては「筋肉が減ると冷え性になる」ことになります。

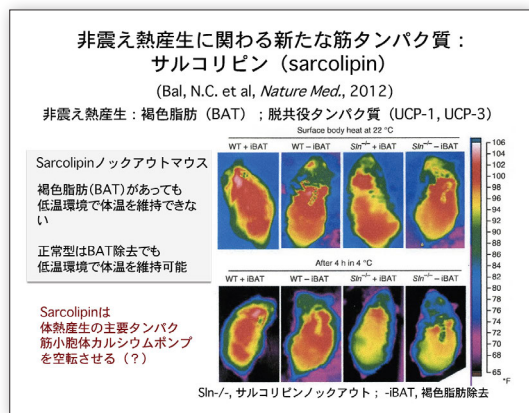


図 14

冷え性だけではなく、サルコリピンが無ければ肥満になります(図 15)。ノックアウトマウスに脂肪分の多い餌を与えると、まるまると太ります。同じ餌を普通のマウスに与えた場合、こちらも肥満にはなりますが、ノックアウトマウスほどではありません。さらにはノックアウトマウスにグルコースを与え、血糖値を測ったところ血糖値がボンと跳ね上がり、落ちなくなりました。普通のマウスであれば、血糖値はいったん上がっても人間の場合と同様にインシュリン分泌の反応が起きて落ちてきます。しかしノックアウトマウスでは、この反応が起きにくくなり、糖尿病になっていきます。極端なことを言えば、サルコリピンが無ければ冷え性、肥満、糖尿病になる恐れがあるわけです。

筋肉をよく動かすと生理活性物質が分泌され、それらを総称してマイオカインといいます。それなりに機能を持つと思われる物質が30種類ほどあり、最初に報告されたのはIL-6という物質です。筋肉をよく動かすと筋肉からIL-6が分泌され、動脈内の炎症を鎮める(動脈硬化予防)、脂肪に働き脂肪の分解を促すなど、いろいろな働きをし

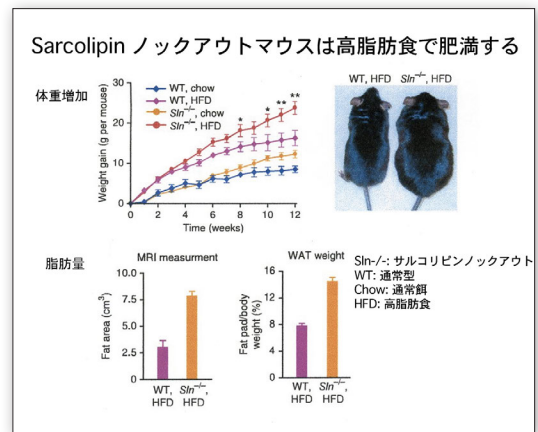


図 15

ます。

脂肪分解促進に関しては、筋肉がよく働くと筋肉はエネルギーが必要となり「エネルギーを供給してください」という信号として脂肪組織に向けIL-6を分泌、すると脂肪は脂肪分解を起こし、脂肪酸という物質を筋肉に供給するという「臓器間コミュニケーション」が働いていることが分かってきました。筋肉と肝臓にも同じようなコミュニケーションがあることが分かるきっかけとなりました。

筋肉が減ると、このような物質も減少し脂肪分解の活性が落ちるなど、脂肪や血管への影響が及ぶことも考えられるわけです。他にも SPARC という、大腸がんを抑える物質が筋肉から出ているとの研究もされています。

「イリシン」は新たに発見されたマイオカインです。筋肉を動かすと筋肉からイリシンが分泌され、お腹の皮下脂肪や内臓脂肪を作っている白色脂肪組織の中にある、将来脂肪の基になる未分化の「脂肪前駆細胞」に働きかけて褐色脂肪に変えます。正確には白と褐色の間である「ベージュ脂肪」と呼ばれています。このベージュ脂肪は、自分で熱を出しながら脂肪をエネルギー源にして減らす性質があります。ですから筋肉をよく鍛えている人の場合、筋肉からイリシンが分泌されて脂肪組織そのものが少しベージュ化しており、「減りやすい脂肪」となっているのです。一方で、運動をしていない人は、脂肪そのものが減りにくい状態にあると考えられます。ロコモに至る以前のメタボ予防として、脂肪を減らしたい人には筋肉をよく使うスポーツを奨励することが大事です。

筋肉の「運動のための運動器」「内分泌器官」というふたつの働きはまた、恐らく認知症とも関連しています。現在患者が増え続け、要介護となる要因の第1位にもなっている認知症の予防は重

要な社会的問題ですが、予防効果として一番はつきりしているのは運動です。関連の論文も多く発表されており、特に信頼性の高い研究は2012年に発表されたバックマンによるものです。平均年齢82歳の健康な高齢者716名に活動量計を付けてもらい、毎日の身体活動量を3年間計測しました。3年後には平均年齢が85歳となり、アルツハイマー型認知症を発症する人が出てきました。その段階で発症した数をグループ分けすると、低活動群の下位10%は、高活動群上位10%に比べ発症率が2.8倍となりました。実際に発症者が出た時点でも追いかけて調査しており、このようなタイプの研究の中では、信頼性の高い研究といえます。

2006年には、ヨーロッパのグループがウォーキングの予防効果について65歳以上の高齢者1740名を対象として6年間調査しました。人数としてはこちらのほうが多いのですが、1日の歩数を実測ではなく自己申告で記録してもらい、しかも認知症発症後の記録も含まれますから、信頼性としては少し劣るものとなっています。結果的には、1日15分以上のウォーキングを週に3日以上行った場合は認知症発症率が0.62倍になったと報告されています。たった15分のウォーキングでも日常的に続けることが大事だということです。ただし、ウォーキング以外の活動がどれくらい関与したかを評価することは困難です。単に歩いてだけでプラスとなったのか、歩くことによりいろいろなことが派生的にプラスとなったのかは分かりません。しかし、身体活動が認知症予防に効果のあることははっきりしています。

とはいえ「私は毎日ウォーキングしているから心配ない」と言えばそうではありません。信州大学の能勢博先生が、「ウォーキングだけでは下肢筋力の向上や低下予防には不十分」との研究結果を発表しています。65歳以上の方に5カ月間、毎日ウォーキングをしてもらい、膝伸展筋力と最大酸素摂取量を調べました(図16)。ウォーキングを始める前と後とを比べると膝伸展筋力が増えたグループはあるものの、こちらは「速歩群」と言って、最大能力による歩きとゆっくりとした動きを交互に繰り返す「信州大学式インターバル速歩」を行ったグループです。通常の歩行を行ったグループは増えておらず、何もしなかったグループと同じ結果となりました。つまり普通に歩いていても少しずつ筋肉が落ちることは防げず、筋力が落ち、や

がて歩けなくなる可能性もあるわけです。ですから積極的に筋力を動かす活動が必要で、インターバル速歩はそのひとつの手段であり、何らかの工夫をして歩かなければいけないと言えます。

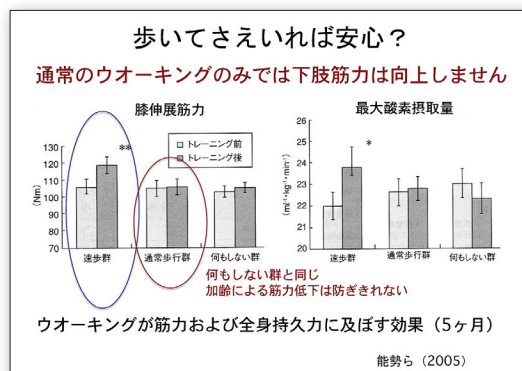


図 16

認知症に関してはもうひとつ、最近の研究結果で、認知症を予防するマイオカインが筋肉から分泌されている可能性が示唆されています。白色脂肪をベージュ脂肪化するイリシンが、短期記憶の中枢に相当する脳の海馬にも働き、BDNF(脳由来神経栄養因子)という物質を作らせます。BDNFには、神経細胞を増やしたり保護したりする働きがあるため、短期記憶の中枢を司る神経細胞の機能低下や減少を防ぐ可能性がある、としています。まだ実証はされていませんが、脳トレより筋肉運動のほうが認知症予防効果があるのではないかと、私たち運動生理学者は考えています。

運動による海馬の中のBDNF増殖については、つい最近、私たちも新たな論文を発表したばかりです。まず、ラット専用の筋トレマシンでラットに筋トレをさせます。動物は走ることは好きですから走ることに関する研究は数多くありますが、頼み込んでも筋トレはしてくれないことが昔からの悩みでした(笑)。そこで私たちのグループでは、ラットに麻酔をかけて眠らせ、その状態で筋トレマシンにくくりつけ、筋肉と神経を電気刺激して「筋トレをさせ」、その変化を調べてきました。20年近く筋肉の中ばかり見ていましたが、つい最近思い立って脳を調べてみたところ、電気刺激によって筋肉を収縮させることで海馬の中のBDNFが増えるとの結果が得られました。面白いことに、ラットは眠らされているので筋トレをしている意識はありません。頭が眠っていても筋肉が動けば脳の中のBDNFが増え、ひょっとしたら脳を賢くし、さらには認知症予防効果も期待できる可能性を考えると、やはり「リアルに筋肉を動かす」ことは大事です。

筋肉づくりは何歳になってもできます。これは2012年、Yahoo! ニュースに出たもので、この女性はギネスブックに登録された77歳の現役ボディビルダーです(図17)。60歳を過ぎて健康診断で「このままでは死んでしまう」と脅かされ、いやいやジムに通いはじめ、やがてやみつきのようになっていったとのこと。遅くから始めても筋肉は答えてくれるというひとつの良い例かと思います。



図 17

高齢者にもやさしい「スロートレーニング」

さまざまな観点からも筋肉を鍛えて太くすることが健康長寿にとっては大事ですが、今までに筋トレ経験のない方がいきなり行ってしまうと障害や外傷を引き起こし、最悪の場合寝たきりになってしまう危険性があります。負荷を全く掛けなければ効果はありませんから、まずはできるだけからだに易しい負荷で、しっかりと筋肉や関節が強化されるポイントを押さえた筋肉づくりをすることが大事です。

皆さんは既に知識としては、障害や外傷を起こさないトレーニングの仕方をお分かりかと思います。通常の筋トレで筋肉を増やし筋力を高めるためにはいろいろな条件が必要ですが、教科書レベルで一番大事だと考えられているのは、やはり強度です。筋肉は運動強度に対して反応し、太く強くならなければいけない状況に追い込まれて生理学的な適応が起こると考えられています。

では、本当に筋肉を太く強くするためにはどれぐらいの負荷が必要になるのでしょうか。アメリカスポーツ医学会が2007年に発表した声明によると、最大筋力(最大限挙げられる重さ)の65%以上の負荷で限界に近い反復回数(20回程度)を3セット以上行う、としています。これがグローバルスタンダード(世界標準)です。こちらを基

準に、きちんとした指導のもとでフォームにさえ気を付けて筋トレを行えば、外傷の危険性はそれほど高くなりません。しかし、防ぐことができないのが血圧上昇の危険性です。

そこで、1995年ぐらいから、低い負荷強度でも筋肉が太く強くなる方法が考えられてきました。いくつかやり方はあるのですが、中でも行い易いのはスロートレーニング、文字通りゆっくり行うトレーニングで、2006年にアメリカ生理学会誌に論文を発表しました。日本語の正式名称は「筋発揮張力維持スロー法」、通称「スロトレ」という名前です。スロトレの発想の源は、脚や腕の付け根をベルトで締め、筋肉の血流を制限して行う加圧トレーニングから来ています。これについては1995年から5年間ほど研究を行いました。加圧トレーニングを行うと最大筋力の20%の強度で筋肉が太く強くなります。何故そうなるかをラットの筋肉で調べてみました。筋肉の血液の流れが制限されると筋肉の中の酸素濃度が下がり、筋肉はすぐに疲れて動作が続けられなくなるので、筋肉の中の速筋繊維が使われ始め、筋肉が太くなる働きを持つ成長因子である物質が増えることが分かりました。しかし、細いベルトで脚や腕を締めるので、血液の乱流が起きたり血栓ができやすくなる危険性があります。ですから専門家を伴わなければ行えません。

そこで誰にでもできるように、紐で締めずに筋肉を同じ状態にするために、筋肉が自らの収縮で生じた圧力により、筋肉の中の血液の流れを抑制する仕組みを利用したスロートレーニングが生み出されました。筋肉は力を出すと内圧が上がり、弱い負荷であっても血流が弱くなり、強い力を出すと本当に血流が止まります。ところが、ギュッと止まってずっと緩めると、その瞬間に血液はサッと流れます。ですから、軽やかな運動を続けると筋肉の中の血流がどんどん良くなっていき、それ自体は悪いことではありませんが、筋肉を鍛える意味では効果的ではありません。しかし、ゆっくり動いてじっと抑制された状態をキープするスロートレーニングであれば効果が期待でき、しかもバンドで締めるわけではないので、血栓ができる心配もありません。また、関節にもやさしく、フォームを鏡などで確認しながら行えるので、高齢者にとってもプラスとなります。さらには、関節を安定させるため筋肉の働きを強化する観点からもプラスの効果が考えられます。スロートレーニングには

デメリットもありますが、高齢者のトレーニングとしてはプラスの面が多いのではないかと思います。

スロートレーニングの一例をスクワットで見ると、3～4秒で下して3～4秒でゆっくり上がる、という動きになります。立ち上がりきるとそこでまた緩んでしまいますから、中腰ぐらいまで上げてまた、しゃがみます。これを8回ほど行くと太腿がパンパンになり、重い負荷を使った筋トレをした時と同様の感覚になります。ポイントは3～4秒で上げ下げすること、筋緊張を維持すること（力を抜かない）、関節で姿勢を維持するため関節をロックしないことです。このようなトレーニングを、平均年齢70歳の高齢者を対象に実施してみました（図18）。RMというのは最大強度負荷で、その30%を13回3セット、週2回3カ月行ってもらったところ、筋肉が増えました。LSTというのは筋発揮張力維持スロー法です。LNというのは普通速度、1秒間でひとつの動作を行った場合です。スローで行った場合は平均で5%筋肉が増えました。LNは平均値で1%増えましたが有意な効果ではありません。3カ月で5%といえばあまり大きな値ではないと思うかもしれませんが、何もしないと1年間で1%減っていくことを考えれば、たった3カ月間で5年分の筋肉が戻ったことになりすから、とても大きな変化があったと言えます。

私の研究室では、平均年齢70歳の2型糖尿病患者を対象にスロートレーニングを取り入れた研究を行いました。

先ほど申し上げたように、筋肉の働きが弱くなると血糖を下げる能力が落ち、糖尿病につながっていきますから、糖尿病の予防や改善には筋力強化が必要になります。しかし長い間、糖尿病患者が筋トレを行うことは危険だとする発想が勝っており、糖尿病患者の運動療法はウォーキング程度

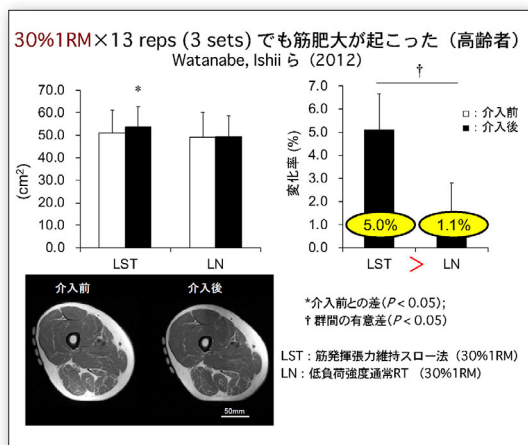


図 18

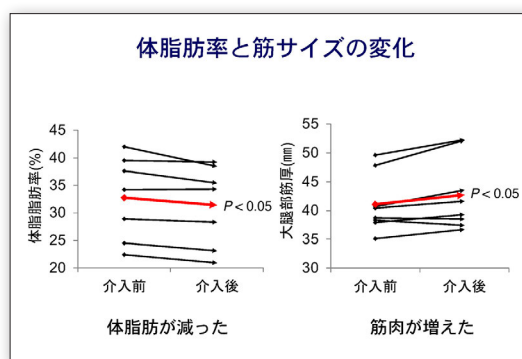


図 19

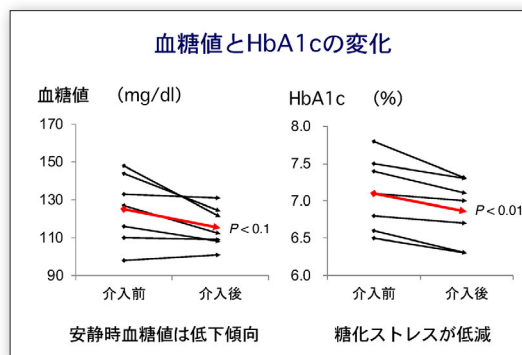


図 20

で、低糖質の食事を摂る指導が行われてきました。しかし、2000年頃から筋トレの重要性が叫ばれはじめ、現在ではアメリカの糖尿病学会の運動療法指針においても、有酸素運動と筋トレの双方を行うこととされています。

もちろん、高齢の糖尿病患者は激しい筋トレができませんし、膝が痛い方なども多いため、負荷を掛けず自重だけでスロー法を行ってもらいました。内容は足幅を広げた膝に負担を掛けないスクワットと、前後開脚をしたスプリットスクワットを8回2セットずつ、週2回4カ月です。その結果、筋肉が増えました（図19）。一人ひとりの値を見ると、体脂肪率はわずかではあるものの全員が減り、超音波で筋肉の厚みを測ると1人を除いて全員が増えていました。同時に血糖値が減り、からだの中の糖のコントロールも改善しました（図20）。70歳の糖尿病患者であっても、筋肉をしっかりトレーニングすることで状況が改善されたのです。予防の観点から見ても、通常の筋トレができる方はそれで良いのですが、それがストレスとなる方に関しては、現状ではスロートレーニングを行うことが一番良い方法ではないかと思います。

デメリットをどのように補うかも含め、午後はスロートレーニングの実技を行います。午前中の講義はこれで終わります。ご清聴ありがとうございました。

「トレーニングの実際」

石井 直方氏

〈助手／飯塚 洋二郎氏（東京大学大学院 総合文化研究科 身体運動科学研究室）〉

ここからは、皆さんに実際のスロートレーニングを行っていただきます。種類ややり方などの「技術」より、「筋肉への効果をどのように高めるか」「このような状態になれば効果が上がっている」といった感覚を身に付けてください。

スロートレーニングの利点は、筋肉に対し効果があることです。一方、スポーツの多くは「素早く効率的な動作」が求められます。逆の動作を行うスロートレーニングには、素早さやパワーは不要との意見もありますが、やはり若々しく滑らかで見た目にも美しい、効率の良い動作を行うことは重要です。ですから今日は、スローに加えクイック系の動作も取り入れ行っていきます。

◎ウォームアップ（足踏み）

まずはウォームアップです。あまり広くない場所でのトレーニングを想定し、その場で足踏みを行います（図 1）。簡単な動作ですが、軸足の周辺筋肉をしっかりと動かさなければグラグラしてしまい、からだが安定しません。目的は、立位安定に必要な大腰筋や中殿筋をしっかりと使うことです。太腿を水平の状態にまで上げ、その場で足踏みしてください。また、お腹の表

面にある筋肉をしっかりと使うため、太腿を上げた時に息を吐いてください。

（50 回実施）



■下肢のトレーニング■

◎スクワット（ヨーロッパスタイル）

スロートレーニングに移ります。何か 1 種目だけを行うとすればスクワットが良いでしょう。大腿四頭筋とお尻の筋肉のほか、体幹を安定させるため腹筋や背筋も使い、さらには膝と股関節を同時に伸ばすことから、スクワットは「キング・オブ・エクササイズ」と言われています。

標準的なスクワットののひとつが「ヨーロッパスタイル」です。まず、足を腰幅～肩幅に開きます。背中が曲がってしまうと腰を傷める原因になるので、真っ直ぐの姿勢を維持したまま、自分の思い通りにお尻の位置を変えることがで



図 1



きるようにします。手のひらを上に向け、お腹と太ももではさむように鼠径部に当てると、自然に上半身が傾き、正しい姿勢を取ることができます。この姿勢のまま、スローで5回行います。

一般の方に指導する場合は「4秒（でしゃがみ）、4秒（で立ち上がる）」のリズムで行います。これは、誰もが幼い頃から体育の授業で慣れ親しんだリズムです。膝を曲げ、膝の緊張を維持できる状態から始めましょう。

(5 回実施)



標準的なスクワットは、つま先の真上に膝がくる形となります。膝に負担をかけないため、膝の曲げ伸ばしには注意しなければいけません(図2)。膝の方向を必ずつま先の方に向けて曲げ伸ばしをすることが重要です。特に女性の場合、ニー・イン、トー・アウト（膝が内側に入りつま先が外側を向く）の形になりやすく、ねじる力が加わり膝を傷めやすいので、より注意が必要です。

たとえば肩などは動きの自由度の高い関節ですが、膝は曲げ伸ばしをするだけの関節ですから、ねじってはいけません。自分がどこまでしゃがめるか、しゃがんだところで膝の方向を見て内側に入っていないか、またつま先の真上に来ているかを確認しましょう。

次に、同じスクワットを、手を前に伸ばした



図2

状態でやってみましょう。こちらは三角筋や僧帽筋など背中の上のほうの筋肉を使うので、より効果的です。3セット行えば、相当の効果が期待できます。

(8 回実施)



◎スクワット(ジャパニーズスタイル)

どれほど膝の位置に注意し動作を行っても、まだ痛みを訴える人がいます。そのような場合、我慢をして無理に続けず浅くしゃがみ、「痛くない範囲」を探します。それでも膝に違和感があれば、ワイドスタンスの「ジャパニーズスタイル(すもうスロースクワット)」を行います(図3)。こちらは午前中の講演でお話した、糖尿病患者を対象に行ったスクワットです。

足幅は80cm程度に開きます。足幅を広くとれば、つま先は自然に外側方向へと向きます。膝は内側に入りがちなので、外側に曲げるよう意識します。この姿勢を取ると、膝へのストレスが全くかかりません。股関節の安定や動きに関連するお尻の奥の筋肉をかなり使うことから、お尻のインナーを鍛える効果があります。「背筋を伸ばして前に傾ける」など、ヨーロッパスタイルと言われる上半身の姿勢は気にせず、そのまま素直にからだを落とせば、背中に負担がかかることなくしゃがみ、立ち上がることができます。

(6 回実施)

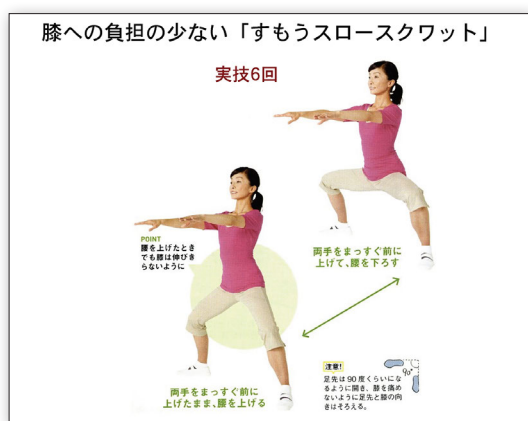


図 3



◎スプリットスクワット

続いて、もう少し負荷の強いスクワットを行います。お話しした糖尿病患者も、スクワットだけで筋肉を太くすることはできませんでした。そこで付け加えたのが「スプリットスクワット」です（図4）。

脚を前後に開きます。開き方は人それぞれで構いませんが、開いたときに後ろ側の脚が垂直になり、上半身を真っ直ぐ保てる歩幅にしてください。その姿勢からスローで行います。少し膝を曲げた状態がスタートポジションです。このスクワットは、前側の脚の太腿によく効きま



図 4



す。前の脚をしっかり安定させ、膝がグラグラしないよう注意をすることで、関節を安定させる筋肉が鍛えられます。

（脚を交互に替えそれぞれ 6 回実施）

◎足振りランジ(フォワード & バックランジ)

スクワットをもう一種類追加するのであれば、「フォワード & バックランジ」を行います（図5）。「フォワードランジ」は、前に踏み出し蹴り返して元に戻る、「バックランジ」は後ろに脚を引いて元に戻る動作で、それらを交互に行います。脚をスイングしながらランジを行うので、「スイングランジ」とも呼ばれています。こちらを行うと、軸足がパンパンに張ります。振っているほうの脚はスローではなくクイック

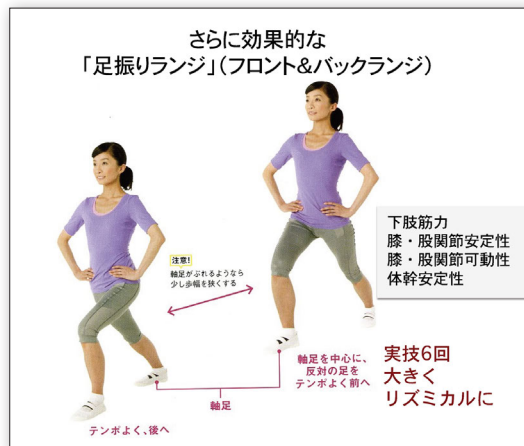


図 5



系の動きを行いますから、スロートレーニングと効率的な動きを同時に行うことができます。

スイングランジを安定して行うことができれば、歩行安定性に関する心配は殆どありません。基本的にはスプリットスクワットができるようになったあとに、スイングランジへと段階を上げていきます。

(軸足を替えそれぞれ8回実施)

◎スクエアステップ

スロートレーニングの欠点のひとつは、「スピーディーな動きではない」ことです。次に、瞬発的な動きの要素を取り入れた、スロトレではない種目を紹介します。「スクエアステップ」という下肢のトレーニングで、東京都中央区の高齢者のプログラムとしても行われています。

グッと力を発揮し、踏み込んで戻すランジは、戻す動作が重要です。力を瞬間的に発揮し、からだの動きにつなげることは、転びそうになった時に持ちこたえる力を養います。前、左、右、後ろと4方向に、リズミカルに動きましょう。軽やかに力を出し、からだを戻す動作の質を高める意識を持ちつつ行ってください。高齢者に向け指導する場合には、時おり前後左右の順番を変え、脳ト的な要素を入れてもいいでしょう。

(4セット実施)





◎ステッピング

続いて「ステッピング」を行います。立って、あるいは椅子に座った状態でタッピングし、素早い動きにからだを慣らしていくものです。10秒カウントする間にできるだけステップを踏んでください。

(10 秒間実施)



◎ランジウォーク

「新口コモ度テスト」のひとつである2ステップテストのように、広い歩幅で歩く能力を身に着ける仕上げとして、「ランジウォーク」を行います。20m程度の距離があれば理想的ですが、ここでは5m程度の間隔で、できる限り大股で

ランジをしながら歩きます。5mほど歩いたら戻ってください。こちらの動作には、大腿四頭筋や大殿筋、上半身を安定させるための体幹の安定性、股関節の柔軟性などが要求されます。しっかり大股で距離を歩くことができれば、転倒の心配はありません。

(1 往復実施)



■体幹のトレーニング■

◎トランクカールダウン

からだの影響を強く受ける筋肉のひとつに体幹があります。ですから、腹筋群のトレーニングも重要です。ここからは、筋肉をピンポイントで刺激し、体幹を鍛えるための腹筋を行っていきます。

誰もができて、なおかつ低回数で効果の上がる「トランクカールダウン」は、妊婦さんを対象に考えられた種目です。通常のトランクカール（上体起こし）ではなく、上体を落としながら腹筋を使います。

膝を立て、膝に手を置き胸を張り、背筋を伸ばした状態から背中を丸め、お臍を引っ込めて上体を落としていきます。続いて上体を起こしながら背中を伸ばします。起こす時に息を吸い、ハーッと吐きながら背中を丸めていくと、腹筋に効きます。

いわゆる学校の体育の授業で習う上体起こしは、実は腹筋をあまり使わず、大腿四頭筋と大腰筋だけを使い上体に負荷をかけるので、腰を痛めやすくなります。

(5 回実施)



◎クランチ

次に、ごく普通のクランチを行います。スタートポジションは横になった姿勢からです。太腿の真ん中ほどのところに手を添え、少し肩甲骨を浮かせた状態にし、フーッと息を吐きながら背骨を丸めて上体を起こします。続いて息を吸いながら背骨を伸ばし、上体を落とします。起き上がる際、完全に起き上がると最後は腹筋ではなく大腿四頭筋を使うことになりますから、背中がギュッとまるまり、頭が起きたところの位置までで大丈夫です。行う回数は少なくとも効果があります。体幹をよく動かし、腹筋をしっかり使うことがポイントとなります。

(5回実施)



◎ニーツーチェスト

普通のクランチを行った場合、体幹の中でも腹直筋、外腹斜筋といった外側の腹筋がよく使われますが、体幹の奥にある大腰筋の働きは抑えられます。大腰筋に負荷をかけるためには、股関節を屈曲させる必要があります。ここからは、腹直筋と大腰筋という、表面と深部の腹筋をどちらも使う「ニーツーチェスト」、膝を胸

に引き寄せる種目を行っていきます。

最初は片脚ずつ引き寄せる動きです。脚を下しながら上半身を後ろに傾け、上体を起こしながら脚を胸に付けます。上体を起こしながら息を吐き、元に戻す時に息を吸います。両脚を交互に行った場合はスロートレーニングの効果が薄れてしまうため、片脚で6回、脚を替えて6回行います。

(実施)



片脚だけではやはり負荷が軽いので、同じ動作を両脚同時に行いましょう。「ニーツーチェスト」の第2バージョンで、片脚ずつ行う場合に比べ、1.5倍程度の効き目があります。

(6回実施)



■上肢のトレーニング■

◎腕立て伏せ

最後に、上肢の運動を行います。上肢は下肢に比べ、からだの影響をあまり強く受けません。上肢の筋肉の落ち方は、太腿の筋肉の低下に比べ3分の2程度です。しかし、上肢の筋肉が落ちると生活に必要な筋力が弱り、たとえばペットボトルの蓋が開けられないといったことも起こります。

また、そもそも女性は男性に比べ、上肢の筋力が弱い特徴を持っています。ですから、上肢の筋肉が低下した女性は、男性より深刻な状態

となってしまう危険性があります。転倒予防のため、まずは下肢の筋力が重要となりますが、上肢の筋力もおろそかにはできません。

若い人であっても、不注意で転んでしまうことはあります。その時に何故大きなケガをしないか。ひとつには素早く対応し、ケガをしない転び方できるから。もうひとつは、最終的に上肢が頭などを護ってくれるからです。万が一、腕を骨折することはあっても、頭や顔から転んで大きなケガをする事態は防げます。上肢の筋肉は自動車のバンパーのようなもので、最終的な安全装置として働くのです。

器具を使わず行う上肢のトレーニングといえば、腕立て伏せです。しかし、高齢の女性がいきなり行うことはできません。ですから、個人の強度に合わせた腕立て伏せを指導することが大事です。一番負荷の軽い腕立て伏せは壁を使って行いますが、今日は床面で行います。

床面での最も軽い強度は、膝を付く形です。普通の腕立て伏せは姿勢を維持するために体幹の筋肉や、非常に大きな力が必要となりますが、膝を付いてお尻を伸ばすと負荷が軽くなります。四つん這いになるとさらに軽減します。「支点」と肩の関節との間の距離を調節することにより、負荷は変化していきます。

膝を付いてお尻を伸ばす形、あるいは四つん這いの状態で肘を曲げて伸ばす形のどちらかを、ご自分の状態に合わせて行ってください。ただし、スローで行うこと。

スタートポジションは肘を曲げた状態です。息を吸いながらからだを下していき、吐きながら上げます。力んで息を止めてしまうと、途端に血圧が上がるので注意しましょう。

(6回実施)



もうひとつ、瞬発的な動きを取り入れたクイック系の腕立て伏せを行います。からだを下げる時はスローで、上げる時にポンと両手で床を突き放します。グッと加速する時に大きな力

を発揮する動作に慣れてください。一瞬でも手を浮かせる感じで「1、2、3、ボン!」とやってみましょう。

(5回実施)



以上です。今夜は使った筋肉をお風呂の中でよくほぐしてください。ありがとうございました。

【質疑応答】

質問者 A アイソメトリックス同様、スロートレーニングはゆっくり行うほど効果があるのですか？

石井 アイソメトリックスは、たとえば「空気椅子」を2分間行うなど、筋力を発揮する時間を非常に長く取ることで効果が得られます。

ただし、「筋肉の疲労により筋トレ効果が得られる」との観点からすれば、ゆっくりと動くトレーニングを行ったほうが、筋肉を早く疲労に追い込むので、より効果を引き出すことができます。「動かない」アイソメトリックスはエネルギー消費が非常に抑えられ、筋肉は仕事を

していない状態となり、効果を上げることはとても難しくなります。

ちなみに、スロートレーニングを行うスピードに関しては、「〇秒でなければいけない」という決まりはありません。しかし、3秒より早く行くと緩んでしまう人が多い、との調査結果があります。動きやすく、効果も期待できるスロートレーニングのスピードは、4秒・4秒のリズムであると考えます。

スロトレを研究するカナダのグループによれば、6秒・6秒が効果的であるとのことですが、ゆっくりの度合いが過ぎるため動きづらくなります。しかし、4秒・4秒もしくは6秒6秒であれ、大事なことはしっかり動き、筋肉にきちんと仕事をさせることです。

質問者 B 午前中の講義で「脳が眠っていてもトレーニング効果はある」とお話しされましたが、自分の意志で筋肉を動かさなければ運動効果は期待できないのではないのでしょうか。

石井 私たちの実験では、本人が眠っていても、電気刺激により筋肉が動くことで脳にプラス効果をもたらされる、そのためリアルに筋肉を動かすことが大事である、と示されました。ただし、立証するためにはまだまだいろいろな研究が必要であり、今後取り組んでいかなければならないと思っています。

仮説としては、「筋肉がまさに今動いている」との情報が脳に伝えられることが大事ではないかと考えています。脳が「動け」と命令を出し、感覚信号が「動いた」と返す、その情報を脳が受け取ってはじめて大きな効果が出るのではないかと。

質問者 C ベージュ細胞のお話をうかがって、「部分痩せ」は可能ではないかと思いましたがいかがでしょうか。

石井 マイオカインが脂肪組織や脂肪細胞に影響を及ぼすのであれば、生理学の分野では従来不可能とされていた部分痩せも、理論的には可能かもしれないと考える研究者が増えていきます。また、「腹筋をたくさん行うことでお腹の

脂肪が落ちる」ことを実感する現場の指導者も多いことは事実です。しかし、教科書レベルでは「部分痩せは不可能」とされており、どちらが正しいかはまだ立証されていません。

質問者 D スロトレは水中でも同様の効果が得られるのですか。

石井 「水中でのスロトレ」との種目は無いと思ってください。水中は重力が非常に少ない世界で、代わりに負荷となるのは流体抵抗です。それをいかに上手に利用するかが、いわゆる水中エクササイズのポイントとなります。流体抵抗はモノを動かす速度に比例し、同じ動作でも速く動かすほど抵抗は強まります。ですから水中運動の場合、筋力の少ない人はゆっくり動くことからはじめ、速度を上げることで負荷を増していきます。水中と空中では、考え方が完全に異なります。

質問者 E からだに着けて「筋力を鍛える」製品には、どれほどの効果がありますか。

石井 少なくとも「筋肉を収縮させる」観点からみれば、効果はゼロではないと思います。しかし、筋力トレーニング効果に相当する電気刺激は、心肺蘇生時の電気ショックと同程度になります。そのような全身が悶絶するほどの電気刺激を一定期間与えれば筋肉は太くなる、との研究結果はありますが、筋肉がわずかに動く程度の刺激では、それほどの効果は期待できないと思います。

実は、そのような弱い刺激を筋肉に与え続けた研究も存在します。1年ほど行ったところ、筋肉が少し肥大し、糖の取り込みが増えたという結果が出ています。

質問者 F 今日行った種目は「一度にまとめて数日ごとに行う」、あるいは「いくつかに分け毎日続ける」、どちらが良いでしょうか。

石井 基本的に、きちんと効果を出したいのであれば、すべての種目を1週間に3セット行うことが必要です。恐らく1日で行うことは無理

でしょう。ですからスクワットのみを週2回、お腹と上半身を週2回、など分割して行えばいいかと思います。

