

第 10 回講義 体を鍛える～運動の可能性

現代病である肥満、糖尿病の急速な増加は、日常の活動量低下の影響が大きい。車社会の生活では、運動することを意識しないと、活動量が不足することは、必至である。長寿社会を迎え、高齢期での健康維持のためには、若年期からの運動習慣は重要である。そのため、運動に対する正しい知識を持つことは、有用である。運動の効用が、様々な側面から、科学的に明らかにされている。

Key Word: 体力（心肺持久力、筋力、身体組成、柔軟性）、最大酸素摂取量、乳酸性閾値、インスリン抵抗性、基礎代謝、運動量と強度、有酸素/無酸素運動、ATP、I 型筋線維（赤筋）と II 型筋線維（白筋）、RM、パワーリハ、サルコペニア、骨粗鬆症、クロストレーニング、ビタミン D

参考資料

- 1) 小田伸午「運動科学」2003、丸善株式会社
- 2) American College of Sports Medicine “ACSM’s Guideline for Exercise Testing and Prescription Eighth Edition, 2009, Lippincott Williams & Wilkins
- 3) 日本糖尿病学会編集、押田芳治、小池晃彦「科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン（改訂第 3 版）」2010 南江堂

運動には、疾病の予防を含めた、様々な効用がある(1)。最も期待されるのが、認知症、糖尿病の増加抑制である。基礎的な運動生理を知っておくと、運動を安全かつ効果的に行うことができる。体力には、心肺持久力、筋力、柔軟などの要素がある(2)。また、運動強度に関しては、高い強度の運動で、組織での酸素需要が増加し、酸素摂取量が増加する。酸素を取り込むことが可能な最大量(最大酸素摂取量)(3,4,5)を越える強度の運動をすると、乳酸が蓄積するようになる(6)。最大酸素摂取量は、心肺の機能、骨格筋の性質など、複数の因子で決定される。「最大酸素摂取量が高くなる」と、乳酸が血中に蓄積してくる運動強度のレベル（運動強度閾値）が高くなり（つまり、よりきつい負荷でも、乳酸がたまらずに）、運動持久力が高まる。有酸素トレーニングで、最大酸素摂取量は増加する。インスリン抵抗性については、肥満や糖尿病との関連で、すでに説明したが、やはり運動で改善する。内臓脂肪から分泌されるサイトカインが、インスリン抵抗性に関わっている(7)。メタボリックドミノは、危険因子の集積が、生活習慣病の発生を起こす流れを示しており、インスリン抵抗性はその最上流にある(8)。

ダイエット（体重減量、または適正体重の維持）の手段として、運動療法の有効性はよく知られているが、運動により消費されるカロリーは多くない。例えば、茶碗一杯のご飯を消費するためには、約 1 時間のウォーキングが必要である。したがって、運動のみで減量するのは困難で、栄養療法（カロリーの制限）を同時に行わなければならない。一方、カロリーの制限のみによる減量は、筋肉の萎縮を起こし、基礎代謝、活動代謝とも低下す

ることから、ダイエット効果の持続が難しくなる(9,10)。さらに、カロリー制限のみにより体重を減らしてくると、骨密度の低下がおこる(11)。カロリー制限と同時に、適切な運動を行うと、骨密度の低下を予防できる。ダイエットの目的は、体脂肪を減らすことである。つまり、体組成の適正化であり、除脂肪体重（筋肉、骨など）は、維持する必要がある。

運動の要素には、量と強度がある(12)。「健康のための運動」としては、毎日1時間程度のウォーキングをすることが、一般に薦められているが、この場合、歩く距離が量であり、スピードが強度となる。強度は、前述した最大酸素摂取量に基づいて、設定されるのが正しいが、その測定には、特別な設備が必要である。そのかわりに、心拍数もしくは自覚的運動強度に基づいた強度の設定が、可能である(13)(14)。例えば、軽度の運動とは、最大酸素摂取量の20-39%の酸素摂取を必要とする強度の運動であるが、最高心拍の35-54%（50歳の人であれば60-92回/分）、自覚的には「楽である」程度の運動に相当するとされる。高血圧症、糖尿病などの慢性疾患がある場合は、医師との相談の上で、運動処方を設定する必要があるのは当然であるが、自覚的感覚を目安に、軽度な運動強度のメニューから始めるのが安全である(15)。「筋肉トレーニング」に関する指標としては、RMがある(16)。1RMとは、1回だけ動かすことのできる負荷であり、最大筋力を意味する。筋肉トレーニングの負荷は、その目的により異なる。筋肉量を増やし、筋力アップを目的とするのであれば、最大筋力の65~100%の高負荷が必要になる。一方、筋肉の持久力を上げることが目的であれば、軽い負荷で回数を増やす。ここで、パワーとは仕事率を意味する(17)。最大の筋力が発揮される状態、例えばラグビーでスクラムを組むような際には、静止状態になる。一方、バットを振るような場合に、最もバットのスピードが上がる瞬間は、力はいっていないと考えられる。力とスピードの積が最大になるようにするための筋肉トレーニングは、筋力アップと筋持久力向上を目的とした負荷の中間のレベルで行う。スポーツのレベルの向上を目指すには、種目の目的にあったトレーニングをすることが重要である（筋力を上げることだけが重要ではない！）。

筋肉の解剖を知っておくことも、トレーニングに役立つ。筋肉は、一本の骨の端から端に付着しているのではなく、異なる骨にまたがって付着しているため、その筋肉の収縮で体が動くのである(18)。また、筋肉の種類により形態が異なっている(19)。このような筋肉の付着部位や形態の違いに考慮して、運動法を考えることも重要である。

有酸素運動と無酸素運動の違いは、エネルギー産生のシステム、つまりATPの供給システムの違いである。無酸素運動は、短距離を全速力で走ったり、重いバーベルを持ち上げたりするような、息をこらえながら行う高強度の運動である。このような運動では、短時間に大量のエネルギーを要するが、乳酸の蓄積により運動の持続が不能になる。一方、有酸素運動では、酸素を用いたエネルギー供給を利用する(20)。筋肉は、I型（遅筋、赤筋）とII型（速筋、白筋）がある。I型は、持久的な運動、つまり有酸素運動の際に、主に作動する筋肉である。一方、II型は、瞬発力を要する運動で作動し、無酸素運動では（I型に加え）II型の筋肉の作用が必要となる。このような瞬発的な運動に要する筋線維は、高齢者

では減少する。高齢者で転倒にうまく対処できなくなるのは、このような筋肉の質の変化も影響している(21)。

高齢者では、骨格筋の質的变化に加え、筋肉量が低下してくる。おおよそ 50 歳から、加速的に筋量は減少し、30 歳付近を最大とすると、80 歳までに約 30-40%低下するとされる。この生理的な筋肉量の減少は、サルコペニアと呼ばれる。筋肉量の減少を防ぐために、米国では男性ホルモン（テストステロン）を使用する人もいる。また、ミオスタチンという分子は、その働きが抑制されると筋肉が肥大することがわかっている(22)。高齢者においても、レジスタンス運動は、筋肉量の減少を防ぐ。ただし、高齢者のレジスタンス運動で重要なのは、強い負荷の筋肉トレーニングを行うことではなく（このような運動は不快かつ危険である）、筋持久力の維持を狙った低強度のレジスタンス運動を行うことである。パワーリハビリテーションとは、機械を用いた軽い負荷のレジスタンス運動である。このようなトレーニングでは、筋肉肥大はおこさないが、使わなくなっていた筋肉の活性化がおこることで、高齢者の日常活動レベルが改善する。このようなレジスタンス運動は、リラックスした（楽な）状態で行うものであり、有酸素レジスタンストレーニングである(23,24,25)。サルコペニアの予防は、高齢者の QOL 維持に大きく貢献すると考えられるが、包括的な対策を要する(26)。

筋肉と同様、骨も加齢とともに弱くなる。骨の役割は、「体を支え、臓器を保護する」「(骨髄で) 血球を作る」「カルシウムを供給する」ことである。カルシウムは生命活動に必須のミネラルであるから、不足すると骨を犠牲にして供給する（つまりカルシウムが足りない状態では、骨が弱くなる）。高齢者の骨折で特に問題となる部位は、脊椎と大腿骨である(27)。脊椎は、脊髄を保護しており、脊椎の骨折は神経障害の原因となる。また、大腿骨骨折は、寝たきりや要介護状態となる主要な原因である。骨粗鬆症は、骨折の原因となるが、女性では閉経後に骨粗鬆症が急速に進行する。骨粗鬆症は骨密度の低下により診断されるが(28)、骨の質も骨密度とならんで重要な要素である(29)。将来の骨折の危険因子には、骨密度意外に、家族歴、喫煙や「若い時、やせていること」が含まれる(30)。骨量を増やすことは、骨形成の活発な若い時期には加重運動などにより可能であるが、高齢者では困難になる。ビタミン D の不足は近年注目されており(31)、骨密度の低下を防ぐ意味でも、短時間日光に当たるなどの対策をとるべきである。

膝関節が、変形性関節症になり、痛みを訴える高齢者が急増している。変形性関節症は、膝軟骨の磨耗により生じるが、軟骨は再生しないと考えられている。適正な靴をはく、クロストレーニングをする等の対策が、その予防に有効である(32,33)。