

加齢・性別による歩行の経済効率の違い

館 俊 樹

1. はじめに

歩行動作は乳児から高齢者までが移動する手法として行う最も身近な方法である。さらに、近年では健康づくりの手法としてウォーキングが注目されるなど、その重要性がより強まっている。厚生労働省が発行した、エクササイズガイドでは、1週間当たり7万歩の歩行を身体活動量の目安として推奨している¹⁾。また、歩行の重要性に関しては、久野ら²⁾が高齢者のADL、QOLを維持するためには歩行能力を維持することが重要であるとしている。さらに、久保田らは歩行の速度が高齢者の自己効力感を維持する上で重要であると報告している。

このように、日常生活動作から健康づくりのための運動にと幅広い対象に関連が深い歩行だが、歩行の動作、体格によって身体への影響は変わってくる。そこで本稿では、過去の文献と著者の研究データをもとに、性別、体格、年齢、歩行動作が歩行の代謝にどのような影響を与えるかを解説する。

2. 加齢と歩行のエネルギー効率

若年者と高齢者の歩行能力を比較している研究は古くから多く報告されている。高齢者の歩行の主な特徴としては速度の低下、両脚支持時間の増加、歩幅の減少、安定性の低下が挙げられる。これらは、下肢筋力、体幹筋力、バランス能力、動作の質などの低下によって生じると考えられている。歩行速度と歩幅の減少に関して、Himannら³⁾が19歳から102

歳の438人について通常歩行の速度と歩幅を調べた実験で、63歳以上の対象がそれ以下の対象に比べて歩幅が小さく、歩行速度は63歳以降の10歳ごとに女性で12.4%、男性で16.1%遅かったと報告している。

この方法で歩行時のエネルギー効率を測定したMalatestaら⁴⁾の研究では、80歳代と若年者(24.6±2.6歳)の対象とで比較をしているが、80歳代の対象で安定性が低く、エネルギー消費も大きかった(図1)と報告している。また、最も楽に歩けると感じる速度は80歳代の対象の方が遅く、その速度でのエネルギー効率は低かった。この最も楽に歩けると感じる速度はエネルギー効率が最も高くなる速度に近い値となることが多くの研究で報告されている。Malatestaら⁴⁾は高齢者にみられる歩行効率の低下は高齢者の歩行にみられる不安定性によると考えたが、検討の結果、有意な関連はみられず、歩行効率の変化には様々な要因が関連すると推察している。この実験では高齢者の楽に感じた歩行速度は、若年者のそれよりも遅いものにもかかわらず、より多くのエネルギーを消費していること、すなわち高齢者は歩行速度が遅いにもかかわらず、歩行自体が若年者よりも大きなストレスとなっていることを示している。

3. 肥満とエネルギー効率

肥満者の歩行に関してBrowning⁵⁾らは、BMIが平均34.1±3.2kg/m²と20.4±2.1kg/m²の女性それぞれ10名ずつの歩行時の酸素

1) 厚生労働省, エクササイズガイド2006. 厚生労働省
2) 久野晋也, 高齢者の筋力トレーニング. 体育の科学Vol.52(8)617-625, 2002
3) J.E. Himann, Age-related changes in speed of walking. Med Sci Sports Exerc, 20(2), 161-6, 1988

4) D.Malatesta, Energy cost of walking and gait instability in healthy 65-and 80-yr-olds. J Appl Physiol 95:2248-2256, 2003
5) R.C.Browning, Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal women. Obesity Research, Vol.13(5), 891-899, 2005

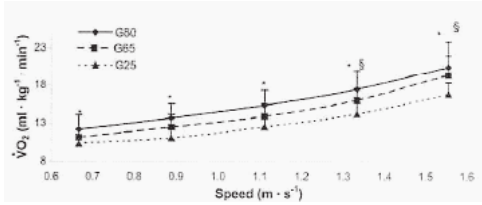


図 1

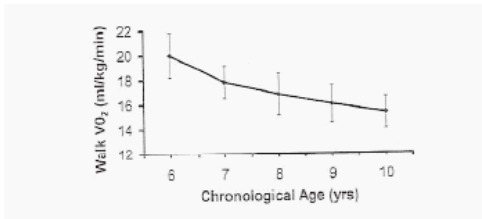


図 2

摂取量を測定し、同じ速度においてはBMIの高い群の方が最大酸素摂取量当たりの酸素摂取量が高かったと報告している(図2)。しかし、最も楽だと感じる歩行速度は肥満者の方が遅かったものの、それぞれの速度でのエネルギー効率は同等だった。このため肥満者は歩行の際、より少ないエネルギーで歩行できる速度を無意識に選択しているのではないかと推察できる。

4. 成長とエネルギー効率

成長によるエネルギー効率の変化に関しても数多くの研究が見られる。Morgan⁶⁾らは5歳から10歳児の酸素摂取量を計測し、個人差は大きいものの成長するにしたがって歩行(図3)のエネルギー効率が向上していくと報告している。より年長者での研究では、Krahenbuhl⁷⁾が6名の少年を10歳から17歳までの7年間縦断的に追った研究があり、3名で変化がなく、4名でわずかに変化したのみと報告している。成長期の少年には、身体活動の量や種類に大きな個人差があり、その

結果、運動能力にも大きな差が生じる。また、年齢とエネルギー効率が高い相関を示さないことから、エネルギー効率を高める要因としては、年齢のみならず、身体活動の量や種類による運動能力の向上が大きな影響を及ぼしていると考えられる。

5. 動作の違いと歩行効率

歩行動作に関しては、数多くの議論がされているがエクササイズガイド¹⁾では、理想的な速歩のフォームとして、「視線は遠くにあごは引く」、「肩の力を抜く」、「胸を張る」、「背筋を伸ばす」、「腕は前後に大きく振る」、「脚を伸ばす」、「歩幅はできるだけ広くとる」、「かかとから着地」等を示している。歩行能力の向上に関して小林⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾は、従来の下肢を中心とした歩き方から体幹を巧みに使った歩行動作を身につけることで歩行能力を高めることができる可能性を著書の中で紹介している。

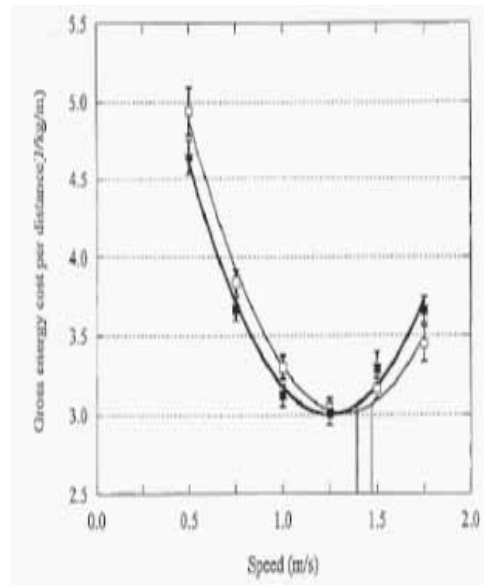


図 3

6) D.W.Morgan, Longitudinal stratification of gait economy in young boys and girls: the locomotion energy and growth study. Eur. J. Appl. Physiol., 91, 30-34, 2004

7) G.S.Krahenbuhl, Longitudinal changes in distance-running performance of young males. Int. J. Sports Med, 10, 92-96, 1989

8) 小林寛道：スポーツ動作の創造。杏林書院。2001

9) 小林寛道、スプリントトレーニングマシンの開発・発明、J.J.SPORTS.SCIENCES、15-5、1996

10) 小林寛道、運動神経の科学。講談社現代新書、2004

運動によるエネルギー効率の改善の可能性について検討してみると、Godgesら¹¹⁾は股関節の伸展・屈曲の可動域の向上によって歩行・ランニングの効率が向上すると報告している。また、Turner¹²⁾らもそのメカニズムには言及していないもののプライオメトリックトレーニングを行った後、一般のランナーにおいては最大酸素摂取量の向上なくランニング時のエネルギー効率が向上したと報告している。

6. トレーニングによる歩行効率の変化

トレーニングによる歩行の変化について筆者らがみた研究では、健康な42-72歳の男女24名に対して、3ヶ月間、週2回のトレーニングを行った結果、大腰筋断面積の増大とともに歩行速度の向上がみられた¹³⁾。また、体幹機能と歩行動作に関しては、久野ら¹⁴⁾が大腰筋断面積と歩行動作に相関があると報告していることから注目すべきである。しかし、残念ながら高齢者の歩行能力の向上と歩行時のエネルギー効率の関連をみた研究は筆者らが渉猟しえた限りでは存在しない。

そこで、筆者らは70歳の女性1名に対して5回の歩行動作改善教室前後に歩行速度とエネルギー摂取量を測定したが、歩行速度の向上(10m最大歩行速度、タイムドアップ&ゴートテスト)とともにトレッドミル上での時速2、4、5、6 km歩行時のエネルギー効率の向上が確認された(図4)。この歩行改善教室では筋力の向上や全身持久力の向上よりも、体幹を巧みに使った歩行動作を中心に指導を行っていた。このため、歩行能力や歩行時のエネルギー効率の向上に必ずしも筋力や全身

持久力の向上が必須ではなく、歩行動作の改善による向上の可能性を示している。そこで、著者らは歩行の動作がエネルギー効率におよぼす影響を調べるために、健康な男子大学生6名を対象に異なる5つの速度(3 km、4 km、5 km、6 km、7 km)で歩行を行った際の歩行動作と歩行時のエネルギー代謝を検証する研究を行った。その結果、速い速度で歩行を行った際に歩幅が広いものほど効率が良く(図5)、上体角が安定しているものほど、歩幅が広い(図6)という結果が得られた。この結果、上体角の安定が歩行のエネルギー代謝に影響を与えることが示唆された。

7. 結論

高齢化が進む我が国では高齢者の健康づくりが大きな課題となっている。歩行は我々の生活に必須の動作の一つである。高齢社会が進むわが国において、より効率よく移動する能力を解明することは低筋力者や、障害を有する者にとって有用である。健康寿命の延伸を目指す中でエネルギー効率の良い移動のメカニズムを抽出し、体得させるプログラムの開発が重要なテーマとなるはずである。

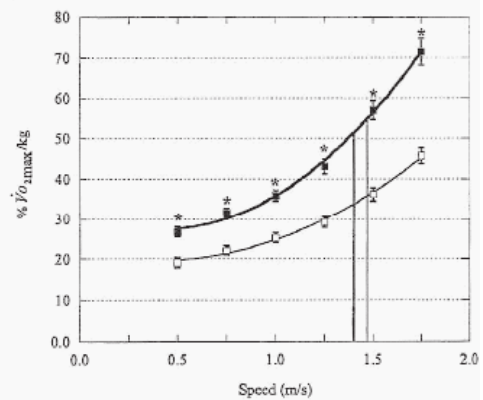


図4

11) J.J.Godges, P.H. Macrae, Effect of exercise on hip range of motion, trunk muscle performance, and gait economy. *Physical Therapy*, Vol.73 (7) 468-477, 1993

12) A.M.Turner, Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res*, 17(1), 60-7, 2003

13) 館俊樹：体幹機能トレーニングが中・高齢者の歩行能力の及ぼす影響。*Walking Res*, 9:205-209, 2005

14) 久野譜也：体幹深部筋である大腰筋と疾走能力の関係、*体育の科学*, 51(6), 2001

15) *Exerc.*, Vol.17(3)332-338,1985

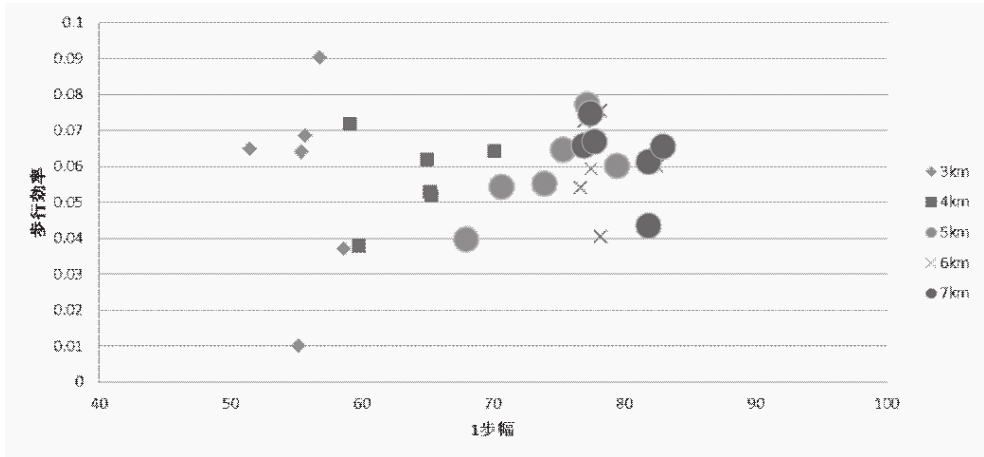


図 5

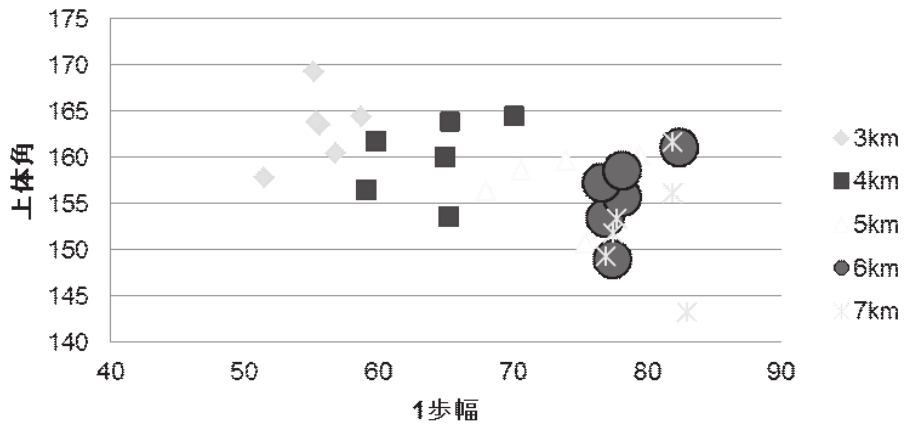


図 6