

基調講演

安全な歩行練習を考える

松本 和久

明治国際医療大学 保健医療学部 臨床柔道整復学Ⅲ教室准教授
 明治国際医療大学附属病院 総合リハビリテーションセンター療法士長

1. 歩行練習について

生活習慣病あるいは肥満症に有益な運動は、脂質燃焼が多く、筋量や骨量は維持あるいは増加させるものであり、体力の維持・増進のためには、心肺持久性や下肢筋力を高めるために下肢を主に使用する有酸素的、動的、等張性の運動が必要であるとされ、一般的には歩行練習が勧められる¹⁾。また、人間が自立する上で、鍵となる事柄は移動性であり、その一つが歩行である。

したがって、一口に歩行練習といっても、健康維持・増進を目的に行われる場合もあれば、自立する手段としての歩行を維持することが目的の場合もある。歩行はきわめて複雑な行動であり、身体全体を使用するために多くの筋と関節の協調を必要とするため、目的が異なれば当然、それに必要な条件も異なる。それを踏まえた上で歩行練習を行うことが、“安全な歩行練習”につながる。

2. 運動を決定付ける要素

運動は、個体、運動課題、環境の三つの因子の相互作用で発生する。運動は運動課題に特異的であると同時に環境によって制約される。つまり、個体は運動を発生させるが、その運動は特定の環境下で遂行される運動課題の要求に合致するように発生してくる²⁾ (図1)。例えば、パリのバンドーム広場の石畳の上を歩いて横切ることとニューヨークのセントラルパークにあるウォールマンリンクの氷の上を歩いて横切るとは、異なる環境下(路面状態)で遂行される同一の運動課題(目的

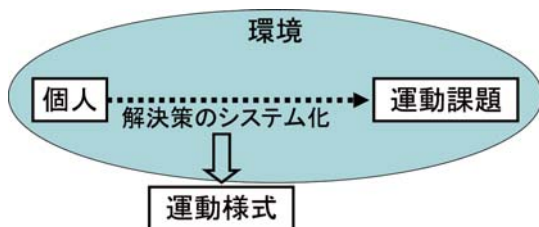


図1. 運動を決定付ける要素

地への移動)であり、そこで発生する運動(歩行)は異なった様式になる。すなわち、パリの石畳での歩行は颯爽とした歩行様式を呈すが、ツルツル滑るウォールマンリンクの氷の上の歩行様式は、恐る恐る腰が引けたものとなる。これらの運動様式の変化は無意識に生じるが、そのためには個体が、過去に雑誌やテレビで見聞きした情報から“花の都パリ”の心象を持っていること、および氷や雪、あるいは水で足を滑らした経験を持っている必要がある。

一方、同じ環境下で遂行される目的地への移動という同一運動課題であっても、個体の関節可動

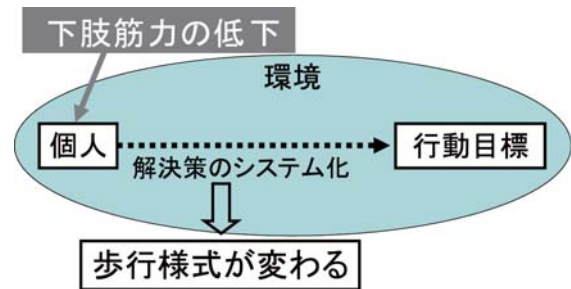


図2. 個人因子の変化による歩行様式の変化

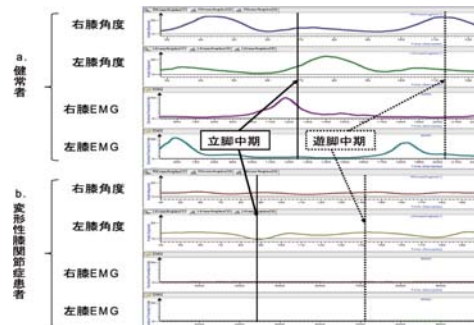


図3. 健常者と変形性膝関節症患者の歩行時の関節角度と大腿四頭筋の筋活動

(a) 健常者と (b) 変形性膝関節症患者の、歩行時の膝関節角度と大腿四頭筋の筋活動(膝EMG)を示す。また、右側の歩行周期(立脚中期と遊脚中期)を示す。

(a) 健常者は立脚中期に右膝EMGに放電を認め、遊脚中期に右膝角度が大きく屈曲する。しかし、(b) 変形性膝関節症患者ではこれらの変化が認められない。

域や筋力などの運動機能が異なる場合も運動様式は変化する(図2)。例えば、健常者の膝関節は立脚中期(地面についている脚と地面から離れている脚がちょうど交差する時期の地面についている側)にわずかに屈曲し、遊脚中期(立脚中期の足が地面から離れている側)に60°程度屈曲するが(図3-a)、変形性膝関節症患者の膝関節はほとんど可動していない(図3-b)。また、健常者の大腿四頭筋は、立脚中期に活発な筋活動が生じるが(図3-a)、変形性膝関節症患者の大腿四頭筋にはほとんど筋活動が認められない(図3-b)。

78名の変形性膝関節症患者の内側広筋(大腿四頭筋の一部)の形態学的変化を調べた報告では、すべての患者においてtype2線維の萎縮が認められている³⁾。健常者の歩行の立脚中期において、大腿四頭筋の筋活動が認められることは先に述べたが(図3-a)、筋活動が必要な場面で活動する筋が減少した場合、残った筋線維でその働きを代償する必要があるため本来筋活動は増加する。しかし変形性膝関節症患者の歩行では、大腿四頭筋の筋活動はほとんど認められない(図3-b)。その理由は、変形性膝関節症患者は膝関節が持っている可動性を打ち消す方向に股関節を動かすことにより、大腿四頭筋の筋活動を用いることなく膝関節の固定性を獲得しているからである(図4)。このように、健常者と個体因子である運動機能の異なる変形性膝関節症患者の歩行様式は、関節角度変化や筋活動において健常者と異なるものであると理解しなければならない。

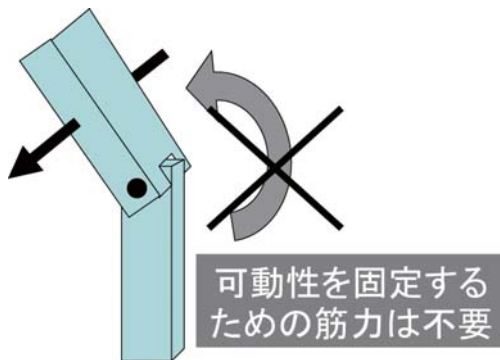


図4 関節の可動性を打ち消す運動方向

3. 安全な歩行練習を行うための最低条件

変形性膝関節症患者の歩行が大腿四頭筋の筋活動をほとんど使用しない様式に変化した原因は、先に述べた“運動を決定付ける要素”の個体因子の変化にある。したがって、個体因子の変化＝大腿四頭筋の筋力低下によって生まれた運動(歩行

様式)を繰り返しても、個体因子は変化する前の状態には戻らない。すなわち、大腿四頭筋の筋力は増加しない。逆に“関節が持っている可動性を打ち消す方向に関節を動かすこと”で、関節を損傷する可能性もある⁴⁾。歩行は両脚立位と片脚立位が交互に繰り返される運動であり、正しく片脚立位を保持する機能を有していることが関節を損傷しないで安全に歩行練習を行うための最低条件である。そこで、その最低条件を満たしているか否かの判定基準となる運動について次に述べる。

まず両側の踵を付け、足先を少し開いた立位をとり、両膝関節を軽度屈曲しながら左右中央でしっかりと合わせる。次いで、膝関節の状態を保ちながら、片脚の膝関節を屈曲し足部を挙上して片脚立位を3秒間保持する(図5)。この運動において、軽度の膝関節屈曲位の保持ができない場合は、大腿四頭筋の筋力強化運動を行う必要がある。また、両膝関節を左右中央で合わせて保持できない場合は、股関節の固定性を向上する運動を行う必要がある。

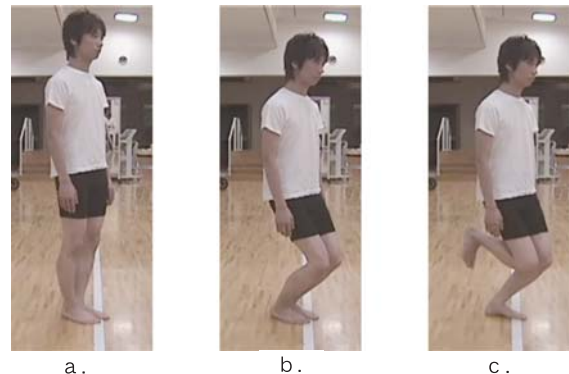


図5. 安全な歩行練習を行うための判定基準

- 踵を付け、足先を少し開いた立位
- 両膝関節を軽度屈曲しながら、左右中央でしっかりと合わせる
- bの膝関節の状態を保持しながら片脚の膝を屈曲し、足部を挙上して片脚立位を3秒間保持する

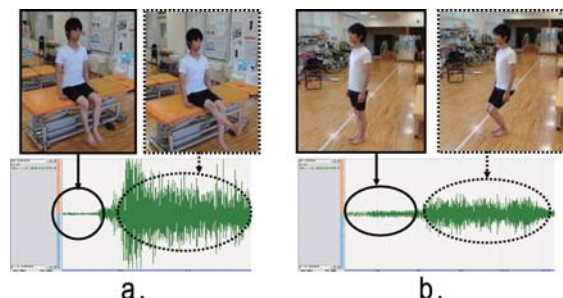


図6. 運動様式の違いによる大腿四頭筋の筋活動の違い

- aは開運動連鎖(OKC)、bは閉運動連鎖(CKC)による運動。aはbよりも、大腿四頭筋の筋活動が多い。

4. 大腿四頭筋の筋力強化運動

大腿四頭筋の筋力強化運動は、一般的に開運動連鎖 (open kinetic chain: OKC) と閉運動連鎖 (closed kinetic chain: CKC) の2つに大別される。開運動連鎖による大腿四頭筋の筋力強化運動は、下肢伸展挙上運動 (straight leg rising: SLR) や端坐位での膝関節伸展運動がある (図6-a)。一方、閉運動連鎖による大腿四頭筋の筋力強化運動にはスクワット運動がある (図6-b)。この二つの筋力強化方法を行っている際の大腿四頭筋の表面筋電図を比較すると、開運動連鎖の筋放電のほうが閉運動連鎖の筋放電よりも大きいことが分かる (図6)。すなわち、開運動連鎖での筋力強化運動は単関節に作用することから、特定の筋を強化することに適しているのに対し、閉運動連鎖での筋力強化運動は多関節に作用し、複数の筋の協調性を含めた筋力強化に適している。したがって、前述の“安全な歩行練習を行うための最低条件”を満たしている対象は、両方の筋力強化運動からいずれかを選択することが可能だが、最低条件を満たしていない対象においては、開運動連鎖による筋力強化運動が優先的に選択されなければならない。

また、膝関節の関節運動の観点から大腿四頭筋の働きをみた場合、膝関節の伸展運動には大腿四頭筋が働き、それに拮抗する膝関節の屈曲運動にはハムストリングス (大腿二頭筋・半腱様筋・半膜様筋) が働く。これらの筋は一方が収縮する際はもう一方は弛緩するように脊髄で調整されている (相反神経抑制)。しかし、ハムストリングスが短縮し伸長性が低下していると膝関節の伸展運動に際しては抵抗となり、大腿四頭筋の働きを阻害する。したがって、大腿四頭筋が効率よく働くためには、拮抗筋であるハムストリングスに伸長

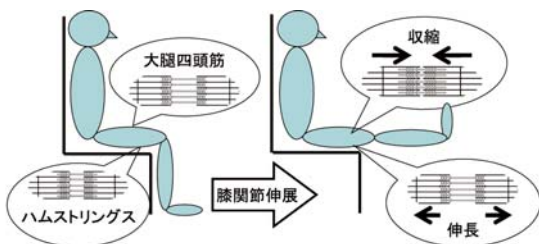


図7. 膝伸展運動時の大腿四頭筋とハムストリングスの関係

膝関節の伸展運動は、大腿四頭筋の収縮とハムストリングスの伸長により生じる。ハムストリングスが短縮し伸長性が低下していると、大腿四頭筋の働きを阻害する。

性が必要となる (図7)。そこで、“安全な歩行練習を行うための最低条件”を満たしていない対象に対しては、開運動連鎖による筋力強化運動であるとともにハムストリングスの伸長性を増すことのできる、以下の運動を推奨する。

まず背臥位に臥床し、両手で股関節を90°以上屈曲し保持する (図8-a)。股関節が伸展しないように両手でしっかり大腿部を保持しながら、膝関節を伸展する (図8-b)。大腿後面の筋 (ハムストリングス) に伸長感が出現するまで大腿前面の筋 (大腿四頭筋) に力を入れて膝関節を伸展するが、膝関節は完全に伸展する必要はない (図8-c)。

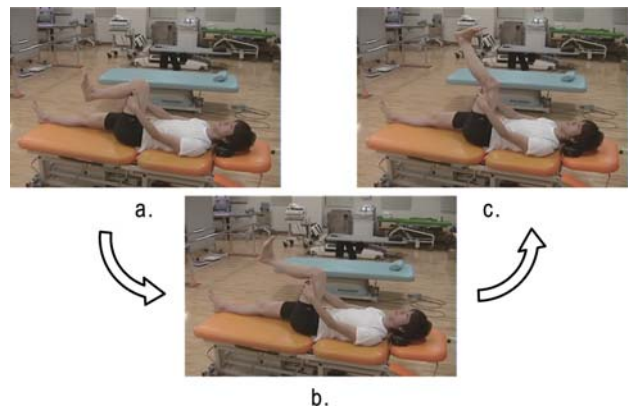


図8. 大腿四頭筋の筋力強化運動

- a. 90度以上股関節屈曲する。
- b. 股関節を a の状態に保ちながら、大腿四頭筋の力で膝関節を伸展する。
- c. ハムストリングスに伸長感を感じながら、大腿四頭筋を収縮させる。

5. 股関節の固定性を向上する運動

膝関節が解剖学的に有している主な関節可動域は、矢状面 (身体を左右に区分する面) で生じる屈曲と伸展であり、健常者の歩行様式で生じる立脚中期と遊脚中期の二回の屈曲運動とそれ以外の伸展運動は (図3-a) 矢状面で行われる。“安全な歩行練習を行うための最低条件”を判定する運動において、両膝関節を左右中央で合わせて保持できない場合は、股関節の固定性が低下することにより、矢状面で行われなければならない膝関節の運動を不可能にしている。そこで股関節の固定性を向上する以下の運動が必要になる。

まず、背臥位から両膝関節を屈曲し左右中央で合わせる。両踵も左右中央で合わせ、足先は少し (15°程度) 外に向ける (図9-a)。その状態を保ちながら、臀部を挙上する (図9-b)。挙上した骨盤を水平に保ちながら左右いずれかの方向へ骨盤

を移動する。それにより、骨盤を移動した方向と反対の下肢が感じる重さは減少する（図9-c）。骨盤を動かした方向の臀部に力を入れ、反対側の膝関節を伸展することで足部を挙上し、そのまま3秒間保持する（図9-d）。

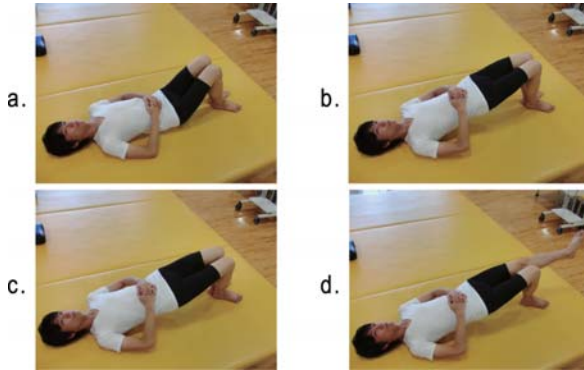


図9. 股関節の固定性を向上する運動

- 背臥位から両膝関節を屈曲し、左右中央で合わせる。両踵も左右中央で合わせ、足先は少し開く。
- aの状態を保ちながら臀部を挙上する。
- bの状態を保ちながら骨盤を水平に保ち、左右いずれかの方向に移動する。骨盤を動かした方向と反対の下肢が感じる重さは徐々に減少する。
- 骨盤を動かした方向の臀部に力を入れ、反対側の膝関節を伸展することで、足部を挙上し、そのまま3秒間保持する。

6. 過負荷な運動課題

標準整形外科学によると、「関節は荷重支持と運動の2つの機能を果たしている。機能的要請が低ければ構築状の形態学的変化が高度であっても症状は出現しないが、機能的に過負荷が加われば形態学的変化が軽くても症状が出現する。すなわち、関節症は形態学的変化と機能的要請とのバランスが崩れた状態であり、軟骨の変性が高度であっても負荷が軽ければ症状は少なく、逆に軟骨変性が軽度であっても過負荷が加われば症状が出現する。」とある⁵⁾。運動を決定付ける要素においても同様のことが言える。例えば、個人因子として通常の歩行様式で最大100mの歩行が可能な下肢筋力

しか有していない人に1000mの歩行を強要すると、当然通常の歩行様式を維持することができず、異なった歩行様式に変化させて運動課題である1000mの歩行を遂行する（図10）。この異なった歩行様式は、先に述べた下肢筋力の低下をきたした場合と同様に下肢筋を十分に働かせない歩行様式を呈する。ただしここで用いた「強要」という言葉の理解には注意が必要である。すなわち、誰かが他者に対して何かを「強要」しているのではなく、下肢筋力が十分あって1000mを通常の歩行様式で歩いていた過去の記憶の自分が、下肢筋力の低下をきたし100mしか通常の歩行ができない身体機能の現在の自分に1000mの歩行を「強要」するのである。したがって、そこには「強要」されている自覚はない。その結果、例えば下肢に筋肉痛が生じれば、「何もしていないのに下肢痛が出現した。」として狼狽したり、「若い頃は何ともなかったのに…、歳は取りたくない。」とした落胆したりする。著しい場合には、関節が破壊されることもある。臨床現場では、過用が原因と思われる症状を呈する患者に、「何か思い当たることがありますか？」と、その原因を問診すると、例えば「運動会があった」とか、「久しぶりにゴルフに行った」などの日常生活以外の行事があった場合は明確な回答があるが、日常生活以外の行事がない場合、「何もしていません。」と回答される場合が多い。これには日常生活のなかに起床から就寝まで畑で働くような重労働が含まれている場合も同様である。また、30歳代の時に何の苦痛もなく1000本の苗を植えた記憶を有する70歳代の高齢者は、実際には500本程度の苗しか植える身体能力しかなくても、1000本の苗を植えることを過度の労働とは思わない場合が多い。

これらのことから、「3. 安全な歩行練習を行うための最低条件」を充たした場合であっても、運動課題＝歩行距離が過剰にならないように注意する必要がある。通常、「健康のため」、「転倒しないため」などの、身体を良くすると思われる行為に対しては、その負荷が過度であっても問題視されることは少ない。しかし、実際には良かれと思って行った行為によって傷害が生じる場合も多いことから、安全な歩行練習を行う際には「過ぎたるは猶及ばざるが如し」の理に則り、「良くする前に、悪くしないこと」を考えた運動課題＝歩行距離を設定する必要がある。

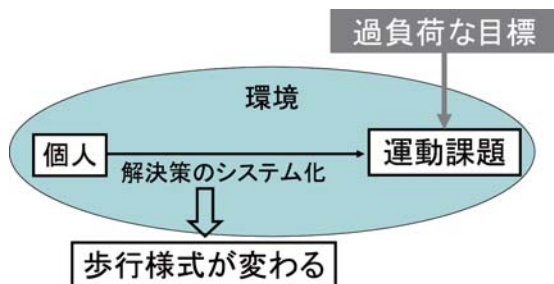


図10. 運動課題の変化による歩行様式の変化

7. まとめ

歩行には3つのプロセスがあることが知られている。第一は正確な制御を必要とする随意的プロセスであり、これは大脳皮質から随意的な信号により遂行される。第二は捕食や逃避、逃走など情動的プロセスであり、辺縁系や視床下部から脳幹への投射系が関与する。第三は歩行時のリズムカルな肢運動や姿勢制御など無意識に遂行される自動的プロセスであり、脳幹と脊髄におけるSensorimotor integrationが重要な役割を果たす⁶⁾。

今回は、“運動を決定付ける要素”から安全な歩行練習についての考えを述べた。この無意識に変化する歩行様式は、環境と相互作用する身体構造（重力場における筋・骨格系や精緻な感覚受容の仕組み）の発達により生じるが、その基盤には脳幹や脊髄、大脳基底核や小脳などの制御が関与する。したがって歩行練習を行うにあたっては、当然これらの神経機構の状態に十分な注意を払う必要がある。不自然な歩行様式を呈するものに対して、単純に歩行だけを繰り返し練習させても危険性が増加するだけで、良い成果が得られることはない。

参考文献

- 1) 臨床スポーツ医学編集委員会編集：高齢社会における運動支援実践ガイド，文光堂，pp92-95，2005.
- 2) Anne Shumway-Cook, Marjorie H. Woollacott. 田中繁，高橋明監訳：Motor Control 医歯薬出版，東京，pp3-30，2005.
- 3) Bernd Fink, Monika Egl, Joachim Singer, et al. : Morphologic Changes in the Vastus Medialis Muscle in Patients With Osteoarthritis of the Knee. ARTHRITIS & RHEUMATISM, 56 (11) : 3626-3633, 2007.
- 4) Meg Morris Adrian Schoo編 對馬均監訳：エビデンスに基づく高齢者の理想的な運動プログラム，医歯薬出版，東京，pp76-81，2008.
- 5) 石井清一，平澤泰介監修：標準整形外科学，医学書院，東京，pp206-209，2002.
- 6) 高草木薫：歩行の神経機構Review. Brain Medical, 19 (4) : 307-315, 2007.