



Know More About Rehab



歩行再建のカギ 理学療法～位置エネルギーから作る運動エネルギー～

中山 恭秀 先生 東京慈恵会医科大学医学部医学科リハビリテーション医学講座 准教授, 技師長

大 脳によるコントロールがおおむね正常に行われているという前提であれば、運動器疾患患者の機能障害と運動の繋がりを理解することは比較的容易である。課題は臨床現場でいかに科学的に捉えるかということになる。三次元動作解析システムは、数値を算出して運動の変化や治療の根拠を客観的に示すために用いられている。筆者も動作解析システムを用いて患者の動作や歩行の変化について検討しているが、患者を目の前にした治療場面では、主に知識としてもつ関節運動の原理をもとにして動きの変化を捉えている。本稿では理学療法士の目, PT's eye から治療を探る視点を解説させていただく。

歩行は、まず前に倒れることで始まる。そもそも、歩くことと倒れることは別次元で考えられがちであるが、実質的に歩行の初期動作は直立姿勢から前方へ身体を傾けることから始まるため、同じである。しかもこれは無意識であり、**倒立振り子モデル** (pendulum model) として説明されている。

倒立振り子モデルは、足部を軸にして頭部が逆さまの振り子ように前方へ倒れる様子を説明したものであり、健常成人はこの倒立振り子モデルによって歩行が説明されている(図1)。加齢に伴う筋力低下や脊椎の弯曲などにより、重心は後方へ偏位しやすくなり、年々振り子に必要な前方へ倒れる**運動エネルギー**を、**位置エネルギー**から作りにくくなる。これに転倒などに起因する歩行に対する視覚による不安や恐怖が加わることで、次第に後方重心をとることが優先されるようになり、不動・不活動へのループが形成される。**歩行は「円滑な体重心の前方への偏位」**が理想であるため、安易に“歩け歩け”と求めるのは患者が満足するリハビリテーション医療を提供することは難しい。

直立位の空間における安定性を簡略的にモデル化すると、**下腿三頭筋**、**大腿四頭筋**、そして**脊柱起立筋群**の3筋が関節固定性を高め安定性向上に寄与していることがわかる(図2)。直立位から前に倒れると、身体の背面、特に下腿三頭筋に強い伸張刺激が加わることになる。これは、人が倒れないようにする姿勢調節の初期反応(**足関節姿勢調節戦略**)でもある。

歩行再建を行うには、**間接法による重心の合成**を臨床場面で意識することが重要である。我々理学療法士は、適宜歩行のタイミングで間接法による体重心合成をもとにした歩行分析を行う。まず、頭部(Head)・上肢(Arm)・体幹(Trunk)は一般的に頭文字をとって**HAT**という。HATは对身体質量の70%を占めており、残りの30%は両大腿部が20%、両下腿部と足部で10%となっている。まずは、大転子と膝関節中央、膝関節中央と外果を結ぶ線の中心(青丸)である質量重心を見極める(図3A)。次に、大腿側に2:1で下肢の合成重心(黄丸)を求める(図3B)。最後に頭頂と大転子を結びHATの質量重心(緑丸)を求め、下肢の合成重心と結び、HAT側に7:3で内分した点(赤丸)、**身体合成重心(center of mass:COMもしくはcenter of gravity:COG)**を求める(図3C)。この原理は三次元動作解析と同じである。図3Cは右脚の踵接地のタイミングであるが、両脚で作る支持基底面上に合成重心が位置するため安定していることがわかる。このような評価をもとにした解釈は、実際の治療における筋活動の推定や変化、バランスの評価に有用である。

歩行で体重心が膝軸の前方へ偏位すると、膝関節が屈曲しやすくなるため膝折れが誘発される。健常であれば予測的に膝関節の固定が行われるわけだが、前方へ墜落する体を大腿四頭筋力、下腿三頭筋力が支えられなければ、虚弱高齢者は膝折れが生じることになる。膝折れを回避するためには、振り出

す脚への重心移動を避け、膝軸を前方へ偏位させないことを選択するのが手っ取り早い。つまり、次第に前方への倒立を使わない歩行戦略となり、体重心の移動を減らして安定性を優先させるようになる。こうなると、前方への円滑な重心移動は破綻する。このような状況で毎日懸命に歩こうとしても、効率的な前方への重心移動が行えるようになるとは限らない。むしろ膝折れを起こしたり、転倒したりするほうが早いかもしれない。

人工膝関節全置換術を施行した患者の多くが、膝関節を棒のように扱わなくてはならなくなり、**立位でのバランスを足関節に依存**することになる。加齢に伴い足関節の姿勢調節戦略は次第に低下するため、どうしても前に一歩足を踏み出すことは難しい。このような状況では、平行棒内でごく軽く10°程度の膝曲げを行い足関節の調整意識をもたせ、手の力で平行棒を使って体を前後にswayするだけで、位置エネルギーを運動エネルギーに変換できるようになり、円滑に歩行が進む状況が整う。むやみに患者を押し引きしたり、患者任せにするより妥当だろう。

Covid-19に伴う感染対策により、リハビリテーション専用のエリアで行う治療は敬遠されがちである。そんな時代だからこそ、限られた条件で最大の効果を出さなければならない。適切な評価と観察力を通して、患者に不安を与えないリハビリテーション医療を提供することが整形外科診療をサポートする上で求められていると思う。

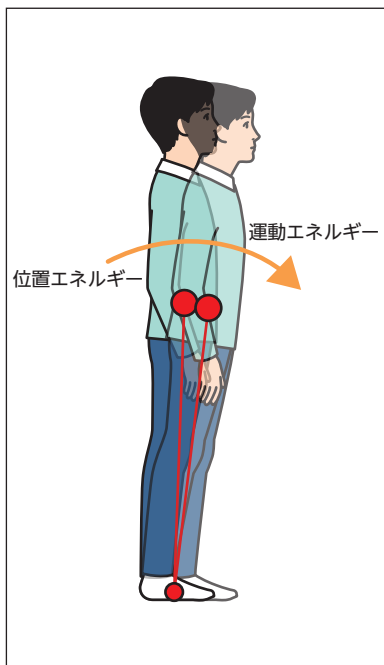


図1 倒立振り子モデルのイメージ

(中山先生ご提供)

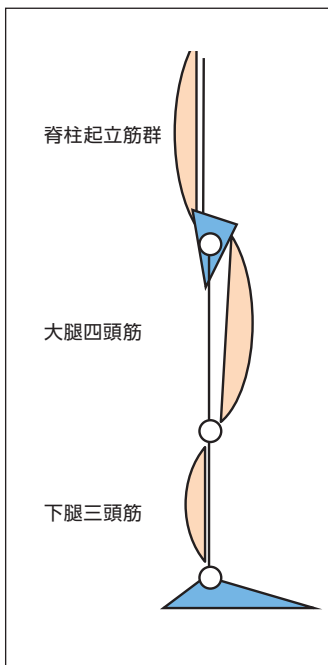


図2 直立位での固定(空間における3点固定)

(中山先生ご提供)

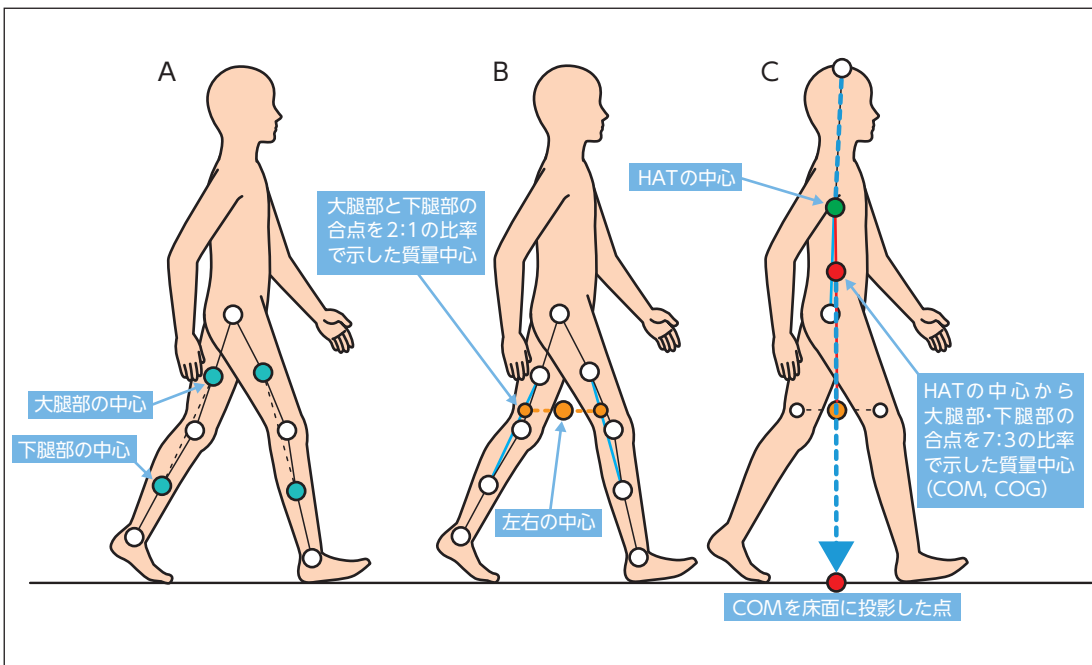


図3 合成重心の求め方

(中山先生ご提供)