膝関節疾患の動作分析

Motion Analysis of Patients with Knee Disorders

福井 勉¹⁾

TSUTOMU FUKUI¹⁾

¹⁾ Nursing and Rehabilitation Sciences, Showa University: 1865 Toukaichibacho, Midoriku, Yokohama 226-8555, Japan.
TEL +81 45-985-6596

Rigakuryoho Kagaku 18(3): 135-139, 2003. Accepted May 23, 2003.

ABSTRACT: Knee joints control the distance between the body and floor, and regulate upper- and lower-knee movements. Loss of knee joint mobility results in disadvantages of daily life, especially locomotion, and exerts a greater effect on vertical weight shift, compared with other joints. Patients with disorders show characteristic systemic movement, and the disorder is often considered to result from movement caused by sports diseases. It is therefore necessary to examine causes of each disease, and careful attentions should be given to the extent from etiology to prevention. From a viewpoint of motion analysis in physical therapy, visual analysis like joint moment would be required.

Key words: knee joint, motion analysis, joint moment

要旨：膝関節は身体を床に近づけたりあるいは床から遠ざけたりする能力を持ち、大腿部と下腿部の動きを調整する役割も有する。膝関節可動性が損なわれると移動を主体とした日常生活に不利益を被り、重心上下移動に関しては他の下肢関節以上に大きい影響がある。疾患を有する人の全身の動きには特徴があり、スポーツ障害などのように分析している「動きそのもの」が疾患の原因と考えられる場合も多い。したがって、各疾患の成因に踏み込む必要があり、原因療法あるいは予防へと展開する必要がある。理学療法の観点からは、成因に近づくために、関節角度だけではなく、関節モーメントなどの視覚的分析の必要性があると考えている。

キーワード：膝関節、動作分析、関節モーメント

¹⁾ 昭和大学保健医療学部：横浜市緑区十日市場町1865（〒226-8555）TEL 045-985-6596

I. 膝関節の機能的役割

膝関節は、体重を支持するための安定性を保持しながら大きい可動域を有する。立位姿勢では身体を床に近づけたり、遠ざけたりする能力を持ち、身体全体の衝撃吸収や床から跳び離れるための能力も備えている。また隣接関節からの影響も大きく、大腿部と下腿部の動きを調整するような役割も有する。膝関節可動性が損なわれると移動を主体とした日常生活に不利益を被る。中でも重心を上下に移動することに関しては他の下肢関節以上に大きい機能を有することがわかる。図1はBrooks¹⁾による運動のモデルであるが、立位姿勢において膝関節は身体重心と足圧中心のちょうど中間に位置することより、筋の仕事も関節肢位によって変化するというよりも重力と床反力の調整的役割を担っていると言ったほうが理にかなっている。

疾患を有する人の動きを分析する場合、分析している動きが疾患の原因か結果を判断する能力を持つことは理学療法士として重要である。外傷の結果かあるいはスポーツ障害の原因としての動きかの見極めについては、現在のところスタンダードは見当たらない。その上さらに疼痛回避の動きも見過ごせない。これらは将来的には何らかのメルクマールによってフローチャートが描かれると考えられるが、現状では臨床経験を着実に積むことによることが、最も良い解決策と思われる。

II. 関節モーメントから見た膝関節疾患と理学療法

1. 膝蓋靭帯炎, Osgood-Schlatter病

膝蓋靭帯炎, Osgood-Schlatter病は膝伸展機構の障害とされ、患者は共通の運動特性を持っている。両者に共通するのは、運動時の膝関節伸展モーメントが大きい(図2, 3)ことであり、身体重心が後方に位置することにより生ずる。

身体とくに上半身質量が前方に移動しない原因には主として2つ挙げられる。ひとつは足関節背屈制限あるいは足圧中心の前方移動が制限されることにある。そのため足部では足趾伸展筋群短縮、中足趾節関節屈曲制限、前脛骨筋、足内筋筋力低下が観察される。2番目は股関節屈曲制限あるいは上半身重心の前方移動が制限されることである。骨盤後傾、腰椎後弯の組み合わせにより上半身重心が後方移動するため、股関節屈筋でもある大腿直筋筋緊張が増大するためである。したがって、体幹前方傾斜に耐える深層筋収縮能力と股関節屈曲、腰椎前弯筋である大腰筋収縮能が要求される。また腹圧増大により脊

図1 身体の空間位置の要約 (Brooks¹⁾より改変)
3次元空間の模式図で、水平面は膝伸展位における、足-股関節関係を示している。垂直面には膝屈曲を示している。足関節と股関節の矢状面上運動で身体位置が示される。

図2 健康人のスクワット動作における関節モーメント
MA: 足関節背屈モーメント, MK: 膝関節伸展モーメント, MH: 股関節屈曲モーメント

図3 Osgood - Schlatter病のスクワット動作における関節モーメント
MA: 足関節背屈モーメント, MK: 膝関節伸展モーメント, MH: 股関節屈曲モーメント

椎長軸の長さが長くなることもこの障害にとって良好な結果を生み出すと考えられる。

膝蓋靭帯炎はジャンパー膝とも呼ばれ、従来よりストレッチング、筋力強化を主体とした保存療法が主体である。しかし著者らは、膝伸展モーメントが大きくなってしまいう全身要因を考慮し新たな運動療法を考案した²⁾。大腿四頭筋ストレッチングは疼痛を伴うことが多く、大腿直筋そのものが短縮していない例もあるため、現在の運動療法項目には含んでいない。

評価はフルスクワットの動作分析を行い、膝伸展モーメント増大を確認する。同モーメント軽減のため、股関節伸展モーメント増大を主体とした運動療法すなわち骨盤前傾、腰椎前弯の獲得、大腰筋および腹横筋を中心としたエクササイズを施行している。さらに足関節背屈制限例では、足趾伸展筋ストレッチング、足趾屈曲、足内筋、前脛骨筋エクササイズを施行している。臨床結果としては、数百例のOsgood-Schlatter病症例のうち、週1回の外来、スポーツ活動制限無しで、疼痛が消失しなかったものは無かった。

2. 有痛性分裂膝蓋骨

分裂膝蓋骨は、数個の骨化核の骨化過程で膝蓋骨外上部の副骨化核が大腿骨外側顆に機械的圧迫を受けることを成因とする外傷説が報告されている³⁾。筋による牽引が成因であれば、全身運動療法の対象となる。著者らの臨床経験では、大腿四頭筋のみならず腸脛靭帯の緊張が高い。骨盤後傾かつ挙上位をとることが多いため、基本的には膝蓋靭帯炎プラス腸脛靭帯炎に対する運動療法で奏効することが多い。股関節屈曲、外転制限が反対側と比較して制限されていることが多いため、股関節および体幹に対する運動療法が中心となる。下肢では大腰筋や中殿筋が、体幹では腹横筋エクササイズがポイントとなる。推測の域ではあるが、大腿四頭筋と大腿筋膜張筋の起始部が臼蓋より外側上方にあるため、骨盤後傾位が両筋の緊張を高めることと関連性がある⁴⁾と考えている。

3. 腸脛靭帯炎

大腿筋膜は外側で厚く腸脛靭帯となり膝関節屈伸時に大腿骨外側上顆を前後に滑動する。腸脛靭帯と外側上顆の摩擦によるoveruse syndromeが腸脛靭帯炎の本態と考えられている。著者らは腸脛靭帯炎の成因を、膝外反モーメント増大の結果と考えている。一日の練習では夕方、疲労が生じてから起こることが多いが、疼痛は膝内反あるいは立位では片足立ちでの反対側骨盤下制（いわゆるTrendelenburg sign）で再現されることが多い（図4）。こ

図4 腸脛靭帯炎で問題となると膝関節外反モーメント増大姿勢（左膝）

の状態は膝関節外反モーメントが増大した状態であり、その姿勢に関連して股関節外転制限と立脚側と反対側への上半身重心変位が観察される。成因としては体幹特に下部の安定性欠如と過剰側屈運動が第一ではないかと考えている。骨盤を介して、身体上下に連なる筋群のインバランスが原因であるとも言える。側臥位での股関節外転運動では骨盤挙上を必要以上に大きくする傾向がある。したがって腹圧を高めない状態で下肢外転運動を行うことはむしろ禁忌であるといえる。

運動療法としては中殿筋および体幹安定化エクササイズがポイントになる。疼痛に対しては、膝関節外旋テーピングや前足部で足圧中心が外側移動する足底板で直ちに消失することが多い。腸脛靭帯のストレッチングは関節モーメントに寄与する役割からはむしろ逆効果と考え著者は施行していない。むしろ股関節が伸展位を維持した状態で骨盤を水平に維持する能力と関連するため、股関節伸展制限を取り去って大殿筋、中殿筋のエクササイズを行うことの効果が大きい。

4. 鷺足炎

鷺足炎では腸脛靭帯炎とは逆に膝内反モーメントが増大している。このため歩行立脚期では立脚側骨盤低位、股関節外転位となっている。体幹は安定していない。骨盤前傾例では、膝関節外反 - 外旋位を取り、後述する膝蓋大腿関節障害と共通する姿勢を示すこともある。膝関節外反が大きくなると機能的下肢長が短縮するため骨盤低位と関連してしまう。そのため内反位になるように、体幹の安定性を向上させ、股関節では内転筋、膝関節では内側広筋強化を徹底的に行う必要がある。股関節運動に関しては弱い低負荷より開始し、下肢の動きが腰椎とリンクしないで動くような体幹安定性エクササイズを行う意義が大きいと考えている。

5. 膝蓋大腿関節障害

膝蓋大腿関節障害は膝蓋骨位置あるいは形態異常のある膝蓋骨亜脱臼症候群、軟骨病態から膝蓋軟骨軟化症など原因論からは解決策を見出すのが困難な障害である。したがって、疼痛を考慮した動作を考える。鷺足炎と類似した立脚期のX脚があれば、膝蓋骨の外方移動を減少させることが必要である。このためには体幹では立脚期股関節の上方に移動した上半身重心を正中位化する必要がある。また同時に足圧中心が足部内側移動している立脚期を見極め、外方（小趾側）に移動させる工夫が必要になると考えられる。しかし外反変形の本質は、そのDuchenne position（図5）にあると考えられる。体幹に成因を求めると、鷺足炎と同様に体幹エクササイズが重要になると考えられる⁵⁾。

図5 鷺足炎で問題となる膝関節内反モーメント増大（左膝）

6. 膝窩筋炎

膝窩筋炎症例は多くはないが、特徴的な歩行様式を示す。立脚期後半で膝関節内旋を増強する動きである（図6）。反対側下肢踵接地時の骨盤回旋が後方に大きく、左右差を認めることである。蹴り出し時に足関節底屈運動が大きく生ずる傾向のものに見られる。立脚期後半では、大腿部外旋、下腿部外旋（空間上）の動きに対応した体幹回旋が生じているため、障害側内腹斜筋から反対側外腹斜筋前部線維が筋力低下を示している。逆にこの体幹の非対称性をエクササイズなどにより取り去ると膝痛は軽減する。

7. 変形性膝関節症

変形性膝関節症は膝関節屈曲位⁶⁾、内反位⁷⁾での歩行を呈することが特徴的である。またlateral thrustが出現したり、screw home movementが消失する⁸⁾例もある。変形性

膝関節症は、立脚期の内反変形を特徴とするが、その成因としては体幹下部の不安定性によるTrenderenburg現象が、付着する腸脛靭帯を外側に引くことにより生じたと考えている。片脚立位保持時の関節モーメントの計測結果から、軟骨変性が進行するにつれて、膝関節外反モーメント増大および股関節外転モーメント減少という結果が得られた。同時に進行にしたがって前額面骨盤角度（Trenderenburgの程度）が増大していることから、下肢では大腿筋膜張筋過緊張の前に中殿筋筋力低下から始まっていると考えている。したがって、変形が無いがあっても軽度な時期には体幹エクササイズで膝痛は軽減する。内反変形が大きく生じ、関節裂隙が消失している例では、運動療法の適応よりも、装具や手術適応ではないかと考えている。筋による能動的な変形抑制あるいは改善が困難になる時期には膝関節の外部からの支持を考えることが妥当であると考えている。

図6 膝窩筋炎でよく見られる立脚期後半の骨盤後方回旋（右膝）

III. おわりに

関節モーメントのみではなく、膝関節の関節間力、衝撃力などの分析は今後の動作分析でも必要であると考え。したがって、膝関節疾患に対して全身から見て判断する能力が理学療法としての科学的分析であり、技術力ともなっていると考えている。

参考文献

- 1) Brooks VB: The neural basis of motor control. Oxford University Press, New York, 1986, pp160-180.
- 2) 福井 勉, 金承革, 藤下彰彦・他: ジャンパー膝, Osgood-Scalatter病に対す運動療法. 関節外科, 1996, 15: 74-82.
- 3) 大橋義一, 腰野富久: 有痛性分裂膝蓋骨. 腰野富久編, 膝疾患保存療法. 金原出版, 東京, 1997, pp69-74.
- 4) Fukui T, Takahashi M, Naitou K, et al.: The relationship between sagittal and frontal moment of the hip during pelvic sway movement. XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics, Abstracts, 1999, p842.
- 5) 福井 勉, 森雄二郎: 膝蓋大腿関節障害. 室田景久, 矢部裕編, 整形外科有痛性疾患保存療法のコツ. 全日本病院出版会, 東京, 2000, pp123-128.
- 6) 畠中泰彦, 常岡秀行, 平澤泰介・他: 変形性膝関節症患者の歩行に関する運動学的考察. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 1992, 14: 307-309.
- 7) 萩原道博, 和田 真, 長谷健司・他: 人工膝関節全置換術後の前額面における膝関節運動の変化. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 1994, 15: 407-410.
- 8) 宮尾益尚, 大森 豪, 石井 卓・他: 高位脛骨骨切り術後の三次元膝運動変化. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 1994, 15: 403-406.