

学 山 河 賢 治 (新潟大)
 正 原 利 昭 (新潟大)

学 神 山 英 克 (新潟大)
 正 高 野 英 資 (新潟大)

1 緒 言

膝関節は負荷関節の一つで有り、荷重を伝達し、運動量保存を補助する等の重要な役割を果している。この様な膝関節部における機能障害等を正確且つ科学的に評価することは、例えば整形外科医が患者に対して臨床的な評価を行い、それによって病的な機能の評価を与えることにも関連し、極めて重要である。しかしながら膝のバイオメカニクスの研究はこれまでも数多く行われているが¹⁾、膝関節の力学的研究の実際面、すなわち臨床への応用が計られたのは近年であり、解決すべき問題は未だ多いようである。

膝関節における主要な動きとして、矢状面内の屈曲・伸展の他に、脛骨の軸回転による内外旋がある。中でも屈伸運動に伴伴する自動回旋運動であるスクリーホームムーブメントは軟部組織を緊張させて膝関節のもっとも安定した状態を作り出す運動であり、これを解析的に取り扱うことは機能解剖学的観点からも非常に注目を集めている。そして、Helfet test を利用する方法も示されているが、膝の動きを屈曲伸展運動のみに限定する等、複合運動の一面から判定する等、十分に正確な評価法とは言えないようである。

そこで、本研究では特に十字韌帯断裂患者に対してシネラジオグラフィを適用するとともに滑り-転がり運動の評価法である瞬間中心法を用いて膝関節の動的動作に及ぼす十字韌帯断裂の影響を検討した。

2 解析方法

膝関節における大腿骨顆部はその形状起因した転がりと滑りからなる基本的動作の他に屈曲伸展運動をも伴うため、シネラジオグラフィによる瞬間中心法を適用した。

関節における骨をリンクと考え、一つのリンクが他のリンクの回りを回転する時、瞬間的な不動点すなわ

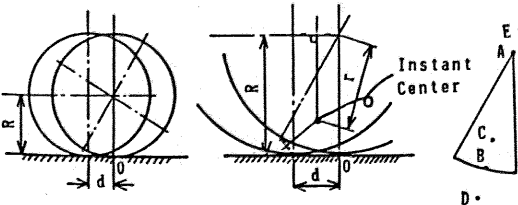


図1 滑り-転がり運動における瞬間中心
 図2 円弧と中心位置

ち瞬間中心が存在する。この様な瞬間中心を求めるため、ここではReuleauxの方法を用いた。これにより、二つのリンクが接触運動、つまり滑り-転がり運動を行っている場合、運動の前後における各々の接点が形成する二つの円弧の二等分線の交点に中心を生ずる。特に、図1に示すように平面と円の場合、円の平行移動量をd、半径をRとし、中心位置が(-d, a)から(0, a)に移動したとすれば、瞬間中心は、(-d/2, a-(d/2) x cot(theta/2))に生じる。瞬間中心と円の中心までの距離をr、転がり率betaをとすれば、

$$\beta = 100d / (aR) = 200r \sin(\theta/2) / (R\theta) \quad (1)$$

となり、thetaが微小の場合、式(1)は次式で表示される。

$$\beta = 100r / R \quad (2)$$

従って、図2に示すように完全な滑りの場合A、完全な転がりの場合B、複合運動の場合は転がり率に依存する扇形内のC、移動量が転がり量を超えた場合には外部のD、逆方向に移動した場合はEの各点がそれぞれ瞬間中心になる。これら瞬間中心を求めることによりその角度間での脛骨表面の動きを知ることが出来る。

膝関節の屈曲角を約15度ずつ変えた状態に対してシネラジオグラフィを適用した。これより得られた結果に基づいて、図3に示すように、内・外側顆上の3標点を決めた後、それを次の像に重ねて脛骨を一致させ、内側と外側の瞬間中心を決定した。なおこの場合、足に装具を装着し、脛骨の回旋による像のずれを除去するようにした。

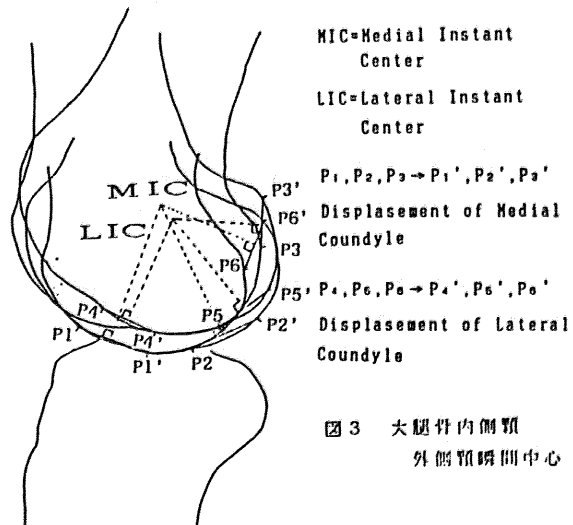


図3 大腿骨内側顆
 外側顆瞬間中心

3 解析結果

図4は、シネラジオグラフィーを適用した場合の最初と最後の結果を重ねた図である。内顆の移動量 D_1 は外顆の移動量 D_2 より小さく、この差が脛骨の内旋量であり、上下方向の差 E_2-E_1 は脛骨の外反である。これらの移動量は、転がり率の変化として瞬間中心の軌跡から読み取ることが可能であり、内・外側顆における中心軌跡を図5~7に示す。図中の数字は屈曲における角度変化を現す。大腿骨顆部の曲率半径と中心位置から、例えば、図5において、内顆はA(0~26度)で転がり率が大きく、その後はほぼ滑り運動をしていると考えられる。他方、外顆はB(20~40度)で転がり率が最大になった後、減少するとともにD(54~66度)でほぼ滑りを示し、その後増加している。同様な方法により、12の正常膝について解析し、次の結果を得た。

(1) 内顆の転がり率は屈曲角が最初から0~30度の間で最も大きく、その後屈曲角が増加しても近似的にゼロになるためこれらの傾向は同じになる。

(11) 外顆の転がり率が最大となるのは、屈曲角が50~60度である。

次に、前十字靭帯断裂膝では、滑り-転がり運動に異常を生じて瞬間中心の軌跡に明らかな差異を生ずる。これは、前十字靭帯が大腿骨顆部の後退を制御しているため断裂によってスムーズな滑り-転がり運動に支障を来すことに起因していると考えられる。また再建膝の測定を行ったところ特に異常な動きはみられなかった。

4 結 言

膝関節部における滑り-転がり運動等を解析し、次のような結果を得た。

(1) ラジオシネグラフィーによる瞬間中心法は、膝の動きを解析するとともに十字靭帯断裂のような不安定膝の評価法として有効であるが、総合的評価法としては解決すべき点がある。

(2) スクリューホームムーブメントは、屈曲時、内旋を自然に生ずるとともに外反をも伴い、この様な傾向は屈曲角度によらず常に見られた。また前十字靭帯を断裂した場合は、内旋の運動に乱れを生ずる。

参考文献

- (1) Frankel, V. H. and Nordin, M. (山本・笹田訳) 整形外科バイオメカニクス入門(昭58)。(2) 他

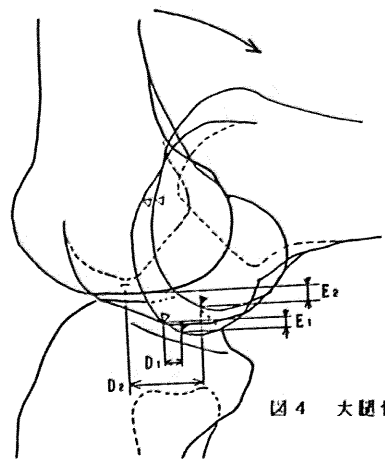


図4 大腿骨の移動

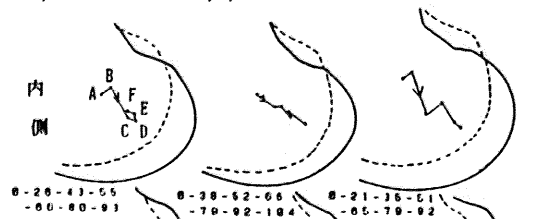


図5 正常膝における瞬間中心軌跡

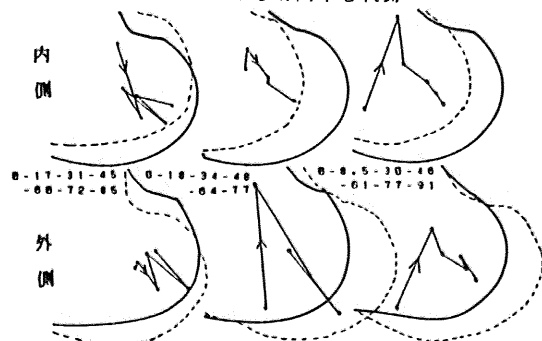


図6 前十字靭帯断裂膝

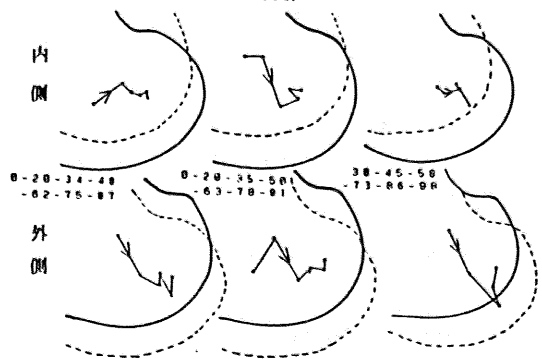


図7 靭帯再建膝