

霊長類後肢関節機構の生体力学的比較

山田 格(新潟大・医)

山崎信寿・遠藤博史(慶大・理工)・
岡田守彦・森本光彦(筑波大・体育)

関節運動の制限因子の一つである靭帯等軟部組織に注目し、関節構造と関節可動域および移動様式の間力学関連を考察する。昨年度までに、主として冷凍保存新鮮死体を用い、オランウータン、アカゲザル、クモザル等の膝関節可動域を測定したが、本年度はテナガザル4頭とクモザル1頭の生体膝関節可動域を測定した。また冷凍保存のニホンザル1頭の膝関節靭帯を摘出し、引張試験を行った。

生体の場合は麻酔をし、筋力の影響を除去した状態で、上体を横臥位に固定し、後肢の間に滑らかな板をはさんで、後肢が水平に屈伸できるようにした。股関節角度は限界屈曲位、限界伸展位、両者の中間位のいずれかに固定した。膝関節にはゴニオメーターをつけ、下腿遠位部を引張荷重計を介して牽引し、張力と角度の関係をXYレコーダに記録した。これより、受動軟部組織による関節の可動制限特性を知ることができる。

一般に膝関節の抵抗モーメントは伸展角度に対して指数関数的に増加し、股関節屈曲位で膝関節の伸展抵抗急増域はわずかに伸展側に移行する。このため膝関節の可動域を、股関節角度が中間位で、伸展抵抗力の増分が0.1 Nm/degに達する角度と定義した。この定義によれば、膝関節の可動域はオランウータン、テナガザル、クモザルのグループ(平均15°)と、アカゲザル(平均30°)に分けられる。これより、樹上移動様式は後肢の関節可動域も増大させる傾向があることがわかる。

また、ニホンザルの膝関節靭帯のバネ定数は、前十字靭帯と外側側副靭帯が25~30N/mm、後十字靭帯はその半分程度であった。これを単位長さ、単位面積当たり換算すれば、十字靭帯で15N/mm、外側側副靭帯で70N/mm程度となり、ヒトの値とほぼ一致する。

関節可動域には様々な要因が関与するために、計測例数を増やすことが今後の課題である。

3カ年のテーマ研究を通じ、筆者がヒトで提起した「浅指屈筋は単一の筋ではなく2群の筋原基の癒合によって形成される」という仮説の検定を試みた。昨年度までの*Nycticebus*等の原猿と今年度の類人猿2種(*Pan*, *Pongo*)の所見から筆者の仮説が適用できることが示された。ここでは類人猿2種の所見と3カ年度の総括を報告する。

Pan, *Pongo*とも浅指屈筋はヒト同様5筋束から成る。ヒトでは浅層に第Ⅲ・Ⅳ指筋束、深層に第Ⅰ・Ⅴ指筋束が配列し第Ⅴ指筋束は第Ⅱ指の二腹筋の中間腱から起るが、大型類人猿では第Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ指筋束が浅層にあり、深層は第Ⅱ指筋束のみからなる。第Ⅴ指筋束は中間腱に起始をもたない。第Ⅱ指筋束の近位筋腹と遠位筋腹とは*Pongo*では明瞭に中間腱で隔てられるが、*Pan*では一見完全に連続している点が顕著な差異である。この近位筋腹には本来の神経に加え尺骨神経も分布するがこれは原猿では恒常であり、ヒトでは変異例として小数例認められる状態に等しい。

浅指屈筋の所見をまとめると、ヒトでは浅層に第Ⅲ・Ⅳ指筋束が並列するが深層は第Ⅰ・Ⅴ指筋束が、中間腱を介し近位筋腹と連なる。筋束構成や支配神経の所見から深層の近位筋腹はその他の筋束とは独立であり、その他の筋腹は手掌固有の、系統的にいう短指屈筋に相当する筋原基が発生の経過で前腕をさか上って深層の近位筋腹と癒合したと考えられる。大型類人猿では第Ⅴ指筋束が浅層に位置し、深層の中間腱と関係をもたない。原猿では深層の近位筋腹とその他の筋腹が近遠位方向に連なるという差はあるが、いずれの場合も浅指屈筋が単一のものではないことが重要である。

結論として前腕屈筋群は①円回内筋・橈側手根屈筋、②浅指屈筋第Ⅱ指近位筋腹・長掌筋、③深指屈筋(・長母指屈筋)・方形回内筋、④第Ⅱ指近位筋腹以外の浅指屈筋の4群に分類され、④は手掌の筋との関連が深い。