

# 犬の膝蓋骨近遠位位置と 歩様の関係に関する研究

(Study on the Association of Proximodistal  
Patellar Position and Canine Gait)

学位論文の内容の要約

日本獣医生命科学大学大学院獣医生命科学研究科

獣医学専攻博士課程 2017 年入学

村上 佐和子

(指導教授： 原 康 教授)

動作解析とは、人や動物の動作を客観的に解析するものである。その主な手法には大きく二つに分けて運動力学的なものや運動学的なものがある。運動力学的動作解析とは動作の最中に発生する力について計測するものであり、フォースプレートやプレッシャーマットを用いて床反力の計測を行う。対して運動学的動作解析とは空間内での身体の動きを計測するものであり、身体を関節部でつながった剛体のセグメントととらえ、動作中の関節の可動域、角速度、セグメントの動き、速度などを記録する。獣医学領域における動作解析は、1877年に Muybridge が馬のトロットを写真撮影して解析したものが先駆けである。現在小動物臨床分野においては、犬の前十字靭帯断裂や内側鉤状突起離断、股異形成などについて、運動学的解析と運動力学的解析を組み合わせた逆運動学的解析なども行われている。これらの研究から、動作解析が整形外科疾患の診断や術後の回復を検討するうえで有益であることが示唆されているが、臨床現場では未だ広く適用されていない。特に小型犬における報告は限定的である。

小動物整形外科において最も頻繁に遭遇する疾患のひとつに膝蓋骨脱臼がある。人では内外側方向の変位だけでなく、膝蓋骨が滑車に対して近位に変位する「膝蓋骨高位」という病態も認識されており、内外側の大腿骨滑車稜による支持がなくなるために膝蓋骨脱臼の原因になるもしくは膝蓋骨脱臼の治療の失敗につながることを示唆されている。また、脳性麻痺で膝蓋骨高位を呈する小児では、立脚相で膝を屈曲して歩く「膝屈曲歩行」が報告されている。犬においても、膝蓋骨内方脱臼 (MPL) に罹患した大型犬は健常犬に比べて膝蓋靭帯/膝蓋骨長比 (PLL/PL) が大きいことから、MPL と膝蓋骨高位との関連が示唆されている。しかし、犬において今までに MPL や膝蓋骨近遠位位置に関する動作解析は行われておらず、人のように歩様に特徴があるかどうか知られていない。また、犬では PLL/PL 以外の指標による膝蓋骨近遠位位置の検討が十分にされておらず、屈伸時の膝蓋骨の移動と膝蓋骨

高位との関係を検討した研究が存在しない。このような背景から、本研究では膝蓋骨近遠位位置が犬の歩様に及ぼす影響を評価することを目的とした。

第2章では、膝蓋骨近遠位位置について、過去に報告のある PLL/PL 以外の形態学的要因がどのように関わっているか検討し、その上で MPL に罹患した肢と健常な肢の膝蓋骨近遠位位置を比較した。まず小型犬 71 頭 99 肢の膝関節約 90 度屈曲における X 線写真内外側方向像を用い、重回帰分析により大腿骨遠位の形態が及ぼす影響について検討した。その結果、膝蓋靭帯が長くなるほど、滑車長が短くなるほど、大腿骨顆が小さくなるほど、滑車が大腿骨長軸に対して垂直に近くなるほど、膝蓋骨の位置  $f$  は有意に近位へ変位することが示された。また、これを MPL 群とコントロール群に分けて比較したところ、MPL 群では大腿骨滑車が短く大腿骨顆の形成不全があることが示唆されたが、それにもかかわらず滑車に対する膝蓋骨の位置はコントロール群よりも有意に近位だとは示されなかった。次に、小型犬 29 頭 50 肢の膝関節最大伸展における X 線写真内外側方向像を用い、重回帰分析により MPL 群とコントロール群を比較した。その結果、MPL 群ではコントロール群に比べ膝関節最大伸展角度が有意に大きく、それに伴って近位膝蓋骨位置が有意に近位であることが示された。これは、膝関節角度に対する相対的な膝蓋骨の位置が正常であったとしても、膝関節の過伸展により膝蓋骨が大腿骨滑車を超えて正常よりも近位に変位するという、「機能的膝蓋骨高位」の存在を示唆している。このような症例では膝を伸展することで内外側の大腿骨滑車稜による支持がなくなり膝蓋骨が内外方に脱臼しやすくなる可能性がある。

第3章では膝関節伸展機構である大腿四頭筋の長さに着目した。健常なビーグル犬 12 頭を用いて、麻酔下にてさまざまな肢位で CT を撮影し、股関節屈伸、股関節内外転、および膝関節屈伸角度による大腿四頭筋/大腿骨長比 (QML/FL) と PLL/PL への影響を、重回帰分析を用いて検討した。QML/FL は股関節の伸展と膝関節の屈曲の両方で増加したが、股関

節内外転角度の回帰係数は小さく影響が小さいことが示された。PLL/PL は股関節および膝関節角度による有意な影響を受けなかった。最終モデルでは対数プロットの方が線形プロットよりもわずかに決定係数が大きく、大腿四頭筋が弛緩している股関節屈曲および膝関節伸展の肢位では大腿四頭筋長の変化が大きいため、関節角度のわずかな変化がより顕著な影響を QML/FL に及ぼすことが示唆された。歩行周期中の膝や股関節の角度変化によって QML/FL は変化するが PLL/PL は変化しないので、股関節角度が変化しても膝関節角度が変化しなければ、膝蓋骨と大腿骨滑車の位置関係は変わらないことが示唆される。

第 4 章において健常なビーグル犬 4 頭を用いてトロット時の逆動力学的解析を行い、立脚相における各関節の角度変化およびそれに伴って発生する関節モーメントと関節周囲パワーを算出した。検討した関節は肩、肘、手根、中手指節、股、膝、中足、および中足指節関節である。その結果、過去の報告と比較して、肩、肘、手根の関節モーメントと関節周囲パワーにはいくつかの違いが認められた。これらの違いは測定方法の相違などによるものと考えられる。実験動物として使用されることの多いビーグル犬の後肢における関節モーメントと関節周囲パワーについては過去に報告がなかったが、他犬種で報告されているものと類似したパターンを示した。その中でもグレイハウンドよりラブラドルレトリバーに近かった。

また、第 4 章で解析した健常ビーグル犬の関節角度変化の結果を元に、第 5 章では健常なビーグル犬と MPL に罹患した犬のトロット時の膝関節の動きが、X 線画像における膝蓋骨近遠位位置に関連した指標とどのような関係にあるか検討した。歩様データに関しては立脚相、遊脚相それぞれでの膝関節の最大伸展角度、最大屈曲角度、その差である可動域を用いた。X 線画像検査ではすべての犬に対して、膝関節尾側角度を約 90 度にした状態の屈曲像および、膝関節を伸展させ脛骨を前方から圧迫した過伸展像の膝関節内外側方向像を

撮影した。屈曲像にて PLL/PL を、過伸展像にて伸展角度と近位膝蓋骨位置および遠位膝蓋骨位置を計測した。重回帰分析の結果から、PLL/PL が大きくなる、もしくは過伸展時の膝蓋骨位置が近位になるにつれ、立脚相での膝関節の最大屈曲角度および最大伸展角度はどちらも有意に減少するということがわかった。人の膝蓋骨高位で報告のある膝屈曲歩行に相当するものが犬でもあることが示唆された。PLL/PL や過伸展時の膝蓋骨近遠位位置は、健常ビーグル犬と MPL 罹患犬の間で有意差がないにも関わらず歩様に有意な影響を及ぼしていたことから、これらの項目が MPL の有無とは別に歩様に関連していることが考察される。

最後に第 6 章では 4 頭の健常なビーグル犬を対象に、装具にて膝関節の屈伸を制限し、床反力にどのような影響を及ぼすか検討した。装具を装着していない歩行と、右後肢の膝関節の屈伸を強く制限する固定装具を装着した歩行、および右後肢の膝関節の屈伸を弱く制限する非固定装具を装着した歩行について、両後肢のデータを比較した。装具についてはそれぞれ 1 ヶ月間、装着した状態での馴致を行い、その後トロットでの床反力解析を行った。最大垂直床反力、垂直インパルス、最大推進床反力、推進インパルス、最大制動床反力、制動インパルスについて、トロット速度を独立変数に含めた重回帰分析を行った。装具のない歩行と比べて、装具を装着した歩行では両後肢で床反力が変化した。また、屈伸制限の強度によって床反力の変化のパターンが異なることも示唆された。垂直方向の床反力は、固定装具と非固定装具の両方で影響を受けた。右後肢の最大垂直床反力は固定装具では増加したが、非固定装具では減少した。また、固定装具では前後方向の床反力が変化した。装具を装着した右後肢の最大推進床反力と推進インパルスが有意に増加し制動インパルスが有意に減少していることから、右後肢の機能が推進に移行していることが示唆された。また左後肢の最大推進床反力が減少し最大制動床反力が増加する傾向にあったことから、左後肢の機

能は制動に移行していることが示唆された。一方で、非固定装具においては左右後肢とも前後方向の床反力には有意な変化が認められなかった。このように、膝関節の可動域制限が強い場合には着地時の衝撃が増大したり歩行パターンが変化したりするため、一部の関節への負荷を増加させる可能性がある。

膝蓋骨近遠位位置は今まで膝蓋腱の長さを基準に診断されてきたが、我々はMPLに罹患した小型犬において、膝関節の伸展の増大によって膝蓋骨が滑車の近位へと変位する可能性があることを示した。また、膝および股関節の屈伸角度によって大腿四頭筋の長さは変化するが膝蓋靭帯の長さは変化しないことも示した。これらの結果は膝関節伸展時に膝蓋骨が大腿骨滑車を近位に超えるという機能的膝蓋骨高位の存在を示唆している。また、膝蓋骨近遠位位置が近位になることで、 Trot 時に膝屈曲歩行を呈する可能性があることを示した。膝関節の屈伸可動域を過度に制限すると床反力パターンが変わるため、一部の関節への負荷が増加する可能性があることと示された。本研究では健常ビーグル犬の後肢の関節モーメントと関節周囲パワーを初めて報告したが、今後は膝蓋骨近遠位位置の変化によるモーメントアームの違いなどがこれらの値へどう影響するか研究が必要である。

本研究より、小型犬のMPLでは機能的膝蓋骨高位が認められる場合があり、関連して膝屈曲歩行が存在することが示唆されたが、このような歩様変化により膝関節以外にも負荷が変化することが予想された。