

博士学位論文

学位論文内容の要旨および審査結果の要旨

氏 名 吉川 和幸

学位の種類 博士（獣医学）

学位授与の条件 酪農学園大学学位規程第3条第3項に該当

学位論文の題目 犬の歩行評価に活かす相分け概念の導入とその応用

審査委員

主査 教授 北澤多喜雄（獣医薬理学）

副査 教授 山下 和人（獣医麻酔学）

副査 教授 上野 博史（運動器・神経病治療学）

学位論文要旨

犬の歩行評価に活かす相分け概念の導入とその応用

酪農学園大学大学院獣医学研究科

獣医学専攻博士課程

獣医薬理学 吉川 和幸

ヒト医療において、リハビリテーションの重要な領域を担う理学療法では個々の症例が呈する動作と正常動作の比較から評価項目を絞り込み、得られた評価結果をもとに個別性に合わせた治療が実施されている。治療対象となる歩行動作では多数の関節が同時に動くため観察が難しいとされており、歩行動作をいくつかの相に分けて評価する手法が取り入れられている。この歩行の相分けを用いることで、歩行中に目まぐるしく変化する運動学、運動力学、筋活動などの身体運動学的データを相ごとに解釈し、各歩行時期に個々の関節で必要とされる機能的役割が明らかにされてきた。近年、獣医療の高度化が進むとともに伴侶動物の加齢による運動障害が増えることや、飼い主のニーズの多様化が進み、動物に対するリハビリテーションへの関心が高まっている。伴侶動物に対するリハビリテーションでは、その多くが歩行の再獲得に注力されているため、歩行の観察と分析が不可欠である。しかし、日々の臨床で行われる歩行評価は犬の動きが速いため、正確性に欠けることが報告されている。これまで犬の歩行解析は人間で試みられてきた研究手法に基づいて実施されてきたが、歩行時期ごとに各関節が果たす機能的役割が明確になっていないなど臨床の歩行評価に活用できる形で成績が提示されていない。そこで本研究では、ヒト理学療法で用いられている歩行の相分け概念を犬の歩行評価に応用し、臨床場面の犬の歩行評価に活用しやすい形で各相の機能的役割や注目すべきポイントを明らかにすることを通じて、最終的には個別性に配慮した歩行リハビリテーションの発展に寄与することを目的とした。

第 章では、ヒトの歩行周期を参考に犬の歩行相を定義し、歩行周期における各相の割合とその特徴を明らかにした。犬の歩行相分類は初期接地 (IC; Initial Contact) に加え、立脚期は 3 相：荷重応答期 (LR; Loading Response)、立脚中期 (MidSt; Middle Stance)、前遊脚期 (PSw; Pre-Swing)、遊脚期は 2 相：遊脚前期 (ESw; Early Swing)、遊脚後期 (LSw; Late Swing) の計 5 つの相に定義した。前肢と後肢ともに単脚支持の MidSt が歩行の中で長い時間割合を占めており、歩行評価においては先ず MidSt に着目することが重要と考えられた。

第 章では、角度/時間プロット、平面サイクログラム、三次元プロットに相分け概念を導入し、歩行時の関節可動域の特徴を明らかにした。角度/時間プロットでは、LR における手根関節の伸展や足根関節の屈曲など歩行相ごとに各関節単位の特徴的な動きが明らかとなった。平面サイクログラムでは、LR における前肢：手根関節の伸展・肘関節の屈伸・肩関節の屈曲、後肢：足根関節の屈曲、膝関節の屈曲の協調運動による衝撃吸収機構など、実際の歩行イベントに即した隣接関節の協調関係が明確になった。三次元プロットにおいては、描かれた楕円形の軌跡の頂点の上部と下部は立脚と遊脚の切り替えであることなど、後肢関節の協調関係を明らかにできた。加えて中型犬の後肢において歩行の平面法則が成り立つことを実証した。

第 章では、相分けに基づいた犬の歩行の後肢筋活動の特徴を明らかにし、各相の機能的役割を推察した。関節の動きと筋活動を相に分けて統合することにより、各相の機能的役割が LR では衝撃吸収、MidSt では身体の推進、PSw では遊脚の準備、ESw では遊脚の推進、LSw では立脚の準備と推察された。加えて、臨床場面の動作分析に役立つ関節可動域の推移と筋活動の簡易的な図を作成した。この図を用いると、跛行がみられる相の関節可動域または筋活動に異常が生じているという仮説が立ち、その関節と筋肉に注目し詳細な評価に進むことが可能になる。

第 章では、第 - 章で実証した運動学的評価法を臨床例に用いその妥当性を検証した。歩行相の割合について、膝蓋骨内包脱臼症例では後肢単脚支持期である MidSt に患側後肢の支持が短く健側後肢が長くなり、患側後肢をかばう特徴的な変化が確認された。次に、角度/時間プロットの評価では、正常ビーグル犬に比べて症例の患側後肢における LR の足根関節伸展、MidSt での急激な膝関節の屈曲、平面サイクログラムにおいては患側後肢が LR における膝関節と足根関節の協調運動が見られず立脚に伴う衝撃吸収ができていないこと、MidSt における急激な膝関節屈曲および足根関節屈曲の動きによる荷重を避ける動きが特徴であることが明らかとなった。また、三次元プロットでは、立脚期(LR, MidSt, PSw)に各関節の協調関係を示した軌跡が正常ビーグル犬の軌跡から大きく逸脱し、患側後肢では平面法則が成り立たないことが明らかとなった。このことは平面法則の成立の有無が歩行異常の診断に使用できる可能性を示した。

以上のように、犬の歩行評価に歩行相分類の概念を導入することにより、目まぐるしく変化する歩行評価において着目すべきポイントが明確になり、跛行のタイミング、関節可動域や筋活動の異常の推定が行いやすくなった。加えて、平面法則による跛行診断やサイクログラムによる関節間の協調運動など、客観的評価の有用性が示された。今後、本研究で定義した歩行の相分けを用いて、さらなる筋活動や運動力学の測定が行われ、犬の歩行評価と個別性に合わせたりハビリテーションに関する研究が更に発展することが期待される。

論文審査の要旨および結果

1 論文審査の要旨および結果

審査は、1)体裁を整え、新規性があり、明確に十分な根拠があるか、2)科学および獣医学の発展に寄与する内容であるかの2点を重点に行われた。

論文の概要について

学位論文は、緒言で本研究の背景と目的を述べた後に研究内容を4章に分け示している。1章では、ヒトの歩行周期を参考に犬の歩行相を定義し、歩行周期における各相の割合とその特徴を明らかにした。第2章では、角度/時間プロット、平面サイクログラム、三次元プロットに相分け概念を導入し、歩行時の関節可動域の特徴を明らかにした。第3章では、歩行の相分けに基づいた犬の歩行時の後肢筋活動の特徴を明らかにし、各相での各後肢筋肉の機能的役割を推察した。第4章では、第1-2章で実証した運動学的評価法の妥当性について臨床例(膝蓋骨内包脱臼症)を用いて検証し臨床に应用可能であることを示した。本論文は犬の歩行相を初めて定義し、それを元にしてこれまでも報告がある関節の角度や筋肉の運動を再評価しており、今後の臨床現場での応用に期待が持てる基礎的な成績を提示した。

研究の背景と目的

獣医療の高度化により伴侶動物の寿命が延び加齢による運動障害が増えたことや、飼い主のニーズの多様化から、動物においてもリハビリテーションへの関心が高まっている。伴侶動物に対するリハビリテーションは、多くが歩行の再獲得に注力されているので、歩行の観察と分析が不可欠である。これまで犬の歩行解析は人間で試みられてきた研究手法に基づいて実施されてきたが、歩行時期ごとに各関節が果たす機能的役割や各種筋肉の機能的な役割が明確になっていないなど、臨床で歩行評価に活用できる形で成績が蓄積されて来なかった。その一番の原因としてヒト理学療法で基礎的概念とされる歩行の相分けが犬では確立されていないことが挙げられる。本研究では、まず犬の歩行の相分けを確立し、この歩行相評価に基づいて歩行中の関節や筋肉の動きを特徴づけて、臨床現場での疾患犬の歩行評価に活用するうえでの注目すべきポイントを明らかにし、伴侶動物における個別性に基づいた歩行リハビリテーションの発展に寄与することを目的とした。

研究の成果

第1章では、ヒトの歩行周期を参考に犬の歩行相を初期接地(IC; initial contact)に加え、立脚期は3相:荷重応答期(LR; Loading response)、立脚中期(MidSt; Middle stance)、前遊脚期(PSw; Pre-swing)、遊脚期は2相:遊脚前期(ESw; Early swing)、遊脚後期(LSw; Late swing)の計5つに定義した。前肢と後肢ともに単脚支持のMidStが時間では長い割合を占めており、歩行評価においてはまずMidStに着目することが重要であることを示した。第2章では、角度/時間プロット、平面サイクログラム、三次元プロットに相分け概念を導入し、歩行時の関節可動域の特徴を明らかにした。角度/時間プロットでは、

LR における手根関節の伸展や足根関節の屈曲など歩行相ごとに各関節単位の特徴的な動きが明らかとなった。平面サイクログラムでは、LR における前肢（手根関節の伸展・肘関節の屈伸・肩関節の屈曲）、後肢（足根関節の屈曲、膝関節の屈曲）の協調運動による衝撃吸収機構など、実際の歩行イベントに即した隣接関節の協調関係が明確になった。三次元プロットにおいては、描かれた楕円形の軌跡の頂点の上部と下部は立脚と遊脚の切り替えであること、後肢関節の協調関係を明らかにした。第3章では、相分けに基づき犬の歩行の後肢筋活動の特徴を明らかにした。関節の動きと筋活動を相に分けて統合することにより、各相の機能的役割が LR では衝撃吸収、MidSt では身体の推進、PSw では遊脚の準備、ESw では遊脚の推進、LSw では立脚の準備と推察した。また、臨床場面で動作分析に役立つ関節可動域の推移と筋活動の簡易的な図を作成した。第4章では、これまで明らかにしてきた運動学的評価法の妥当性について臨床症例（膝蓋骨内包脱臼症例）を用いて評価し、後肢単脚支持期である MidSt の長さが患側後肢で短くなり健側後肢で長くなるという患側後肢をかばう特徴的な変化が起きていること、角度/時間プロット評価では症例の患側後肢において LR の足根関節伸展、MidSt での急激な膝関節の屈曲が起きること、平面サイクログラムにおいては患側後肢が LR における膝関節と足根関節の協調運動が見られず立脚に伴う衝撃吸収が出来ていないこと、MidSt における急激な膝関節屈曲および足根関節屈曲の動きによる荷重を避ける動きが特徴であることを明らかにした。また、三次元プロットでは、立脚期(LR, MidSt, PSw)に各関節の協調関係を示した軌跡が正常ビーグル犬の軌跡から大きく逸脱し、患側後肢では平面法則が成り立たないことが明らかとなった。

研究の評価

これまで伴侶動物のリハビリテーションは動きが悪い四肢の歩行の再獲得の手法に注目が集まっており、歩行のどこの過程に問題があるかについての基礎的な解析はあまり行われていなかった。この原因としては、犬の歩行評価に歩行相分類の概念が導入されていなかったことが挙げられる。本研究では犬と人の歩行の綿密な比較により犬で歩行の相分類を確立し、歩行評価において着目すべきポイントを明確にした。歩行相の明確化により跛行のタイミング、関節可動域や筋活動の異常の推定が行いやすくなった。加えて、平面法則による跛行診断やサイクログラムによる関節間の協調運動など、客観的評価の有用性が示された。相分けに基づいたポイントで疾患犬の歩行を評価することにより、リハビリテーションの標的がより客観的になり、より効果的な処置を行う事ができると期待される。それ故、本論文は今後の動物リハビリテーションの発展の礎になるものであり、獣医学の発展に寄与すると評価する。

学位論文の一部を公表した論文

Yoshikawa K, Tsubakishita S, Sano T, Ino T, Miyasaka T, Kitazawa T. Functional assessment of the gluteus medius, cranial part of the biceps femoris, and vastus lateralis in Beagle dogs based on a novel gait phase classification. *J Vet Med Sci.* 2021;83(1):116-124. doi: 10.1292/jvms.20-0127. Epub 2020 Nov 23.

以上のことから、吉川 和幸 氏は博士（獣医学）の学位を授与されるに十分な資格を有すると審査員一同は認めた。

2 最終試験の結果

審査委員 3 名が最終試験を行った結果、合格と認める。

2021年 2月 8日

審査委員

主査 教授 北澤多喜雄

副査 教授 山下 和人

副査 教授 上野 博史