

氏名(本籍)	中馬昌平 (神奈川県)
学位の種類	獣医学博士
学位記番号	乙 第 175 号
学位記の日付	昭和56年2月4日
学位授与の要件	学位規則第3条第2項該当
学位論文題名	削装蹄の馬の前肢運動におよぼす影響に関する実験運動学的研究
論文審査委員	(主査) 教授 北 昂 (副査) 教授 高橋 貢 教授 藤岡 富士夫

## 論文内容の要旨

現在、我が国における馬の削装蹄の基本的な原則は、「趾軸」説と「蹄の坐り」説との両者に基礎を置いている。その目的は、肢蹄の保護、運動能力の向上、各種運動器疾患の治療などである。また、削装蹄実施上の留意事項としては、蹄機作用を保護するために、蹄鉄への剩縁、剩尾の設置や蹄釘の設置部位の制限が行なわれ、また、筋や腱を保護するために、蹄鉄への上彎の設置が行なわれている。しかし、これらの諸説は、いずれもその大部分を経験上から説明しており、その実証は、ほとんど行われていない。

そこで、装蹄が馬の前肢の運動と前蹄の蹄壁におよぼす影響について実験的に検討した。

実験には、正常な歩行を有する乗用馬2頭を用いた。実験馬の前蹄には、跣蹄、4本の蹄釘を内外蹄側壁に用いて装着した平坦な通常蹄鉄、8本の蹄釘を内外の蹄側から蹄踵壁に用いて装着した平坦な通常蹄鉄、4本の蹄釘を内外蹄側壁に用いて装着した上彎を有する通常蹄鉄、削蹄、以上の5つの条件を負荷した。実験馬にはこれらの条件下で、平坦、硬固なアスファルト路面上の、騎乗による常歩、速歩、駈歩を負荷した。歩行中の実験馬の左前肢について、16mm cine film の撮影、ひずみ計による蹄壁のひずみ測定、試作変位計による蹄踵部の側方変位の測定を行った。動作分析のための前肢の測定点は、肩甲骨棘突起の上1/3の部位、肩関節、肘関節、球節、側望繫軸と蹄冠との交点、である。また、蹄壁のひずみの測定部位は、蹄尖壁、内外蹄側壁、内外蹄踵壁それぞれの上部と下部である。その測定方向は、角細管に一致する方向(便宜上 Vertical 方向)と、これに直交する方向(便宜上 Horizontal 方向)との二方向である。炭素粉末を利用した試作変位計は、金属螺子により内外蹄踵間に装着した。

検討の結果、次の成績が得られた。

### I 装蹄の前肢運動におよぼす影響

#### (1) 平坦な通常蹄鉄による影響

跣蹄時に比較して、次のような相異が明らかにされた。

手根関節の離地期末期における上下方向への加速度変動範囲が、駈歩の手前肢と反手前肢で増大した。その差は、Case 1 では、手前肢で  $2900 \text{ cm/sec}^2$  反手前肢で  $1650 \text{ cm/sec}^2$  であり、Case 2 では、手前肢で  $3500 \text{ cm/sec}^2$ 、反手前肢で  $2050 \text{ cm/sec}^2$  であった。

球節の離地期における屈曲が増大した。その差は、Case 1 では、常歩で  $7^\circ$ 、速歩で  $4^\circ$ 、駈歩の手前肢で  $12^\circ$ 、反手前肢で  $2^\circ$  であり、Case 2 では、常歩で  $8^\circ$ 、速歩で  $4^\circ$ 、駈歩の手前肢で  $11^\circ$ 、反手前肢で  $2^\circ$  であり、

った。

肢蹄下方の関節、殊に球節の離地期末期における腹屈方向の角加速度が、駢歩の手前肢、反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では、手前肢で  $5000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $2000^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、手前肢で  $1000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

蹄の着地時における滑走が、常歩を除く他の歩法で出現した。(Fig. 121)

## (2) 蹄釘の蹄踵部への設置による影響

蹄釘を、蹄側部へ設置した場合と比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄冠の離地時における前方への加速度が、速歩ならびに駢歩の反手前肢で減少した。その差は、Case 1 では、速歩で  $200\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $1100\text{cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、速歩で  $1100\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $900\text{cm}/\text{sec}^2$  であった。

蹄冠の離地期末期における後方への加速度が速度ならびに駢歩の反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では、速歩で  $1000\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $400\text{cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、速歩で  $500\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $2400\text{cm}/\text{sec}^2$  であった。

球節の離地初期における背屈方向への角加速度が、常歩を除く他の歩法で増加した。その差は、Case 1 では、速歩で  $4500^{\circ}/\text{sec}^2$ 、駢歩の手前肢で  $5000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $12500^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、速歩で  $7500^{\circ}/\text{sec}^2$ 、駢歩の手前肢で  $7000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $3500^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

## (3) 上彎による影響

平坦な蹄鉄に比べて、次のような相異が明らかにされた。

蹄冠の離地初期における前方への加速度が、速歩ならびに駢歩の反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では、速歩で  $900\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $1000\text{cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、速歩で  $2300\text{cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $800\text{cm}/\text{sec}^2$  であった。

球節の離地期末期の腹屈方向への角加速度が、駢歩の手前蹄ならびに反手前蹄で増加した。その差は、Case 1 では、手前蹄で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前蹄で  $9750^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では、手前蹄で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前蹄で  $3000^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

## II 削装蹄の前蹄壁におよぼす影響

### (1) 平坦な通常蹄鉄による影響

蹄時に (Fig. 209) 比較して次のような相異が明らかにされた。

蹄尖壁を除く蹄壁各部、殊に外蹄側壁、内蹄踵壁で、Vertical 方向のひずみ波形が相異なる傾向が認められた (Fig. 225)。また、その特徴的な現象として、波形の位相が相異なる傾向を認めた。内外蹄側壁の Horizontal 方向ならびに蹄尖壁の Vertical 方向のひずみ量について検討した結果、Table 2, Table 3, Table 5 に示す通りそれらいずれも、概ね、減少する傾向が認められた。

### (2) 蹄釘の蹄踵部への設置による影響

蹄釘を蹄側部へ設置した場合 (Fig. 225) と比較して次のような相異が明らかにされた。

蹄壁各部のひずみについて検討した結果、蹄壁全体に亘り、ひずみ波形の相異が認められた。また、その特徴的な現象として、蹄尖壁の Vertical 方向、ならびに内外蹄側壁の Horizontal 方向のひずみ波形では、離地時における一過性のひずみが著しく減少、もしくは消失した (Fig. 217)。内外蹄側壁の Horizontal 方

向のひずみ量について検討した結果、Table 2, Table 3 に示す通り、それらいずれも、概ね、減少する傾向が認められた。

内外の蹄踵部の側方変位について検討した結果、4本の蹄釘を内外の蹄側壁に用いた装蹄蹄では、蹄踵部は、着地期初期から中期にかけて開張し、離地時には狭窄することが示された。この蹄踵部の着地後の開張は、蹄踵部への蹄釘の設置により、常歩、速歩では早期に、かつ急激に発現することが示された (Fig. 245, Fig. 246)。また、その変位量は、Table 4 に示す通りいずれの歩法においても、概ね、減少する傾向が認められた。

### (3) 上彎による影響

平坦な蹄鉄 (Fig. 225) に比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄壁全体に亘り、ひずみ波形の相異が認められた。また、その特徴的現象として、蹄尖壁の Vertical 方向、ならびに内外蹄側壁の Horizontal 方向のひずみ波形では、離地時における一過性のひずみが、著しく減少、もしくは消失した (Fig. 233)。さらに、外蹄側壁の Vertical 方向のひずみ波形では、波形の位相が相異なる傾向を認めた。蹄尖壁の Vertical 方向のひずみ量について検討した結果、Table 5 に示す通り概ね、減少する傾向が認められた。

### (4) 削蹄による影響

削蹄の前後で蹄壁の長さが異なることから、削蹄後のひずみ測定部位として、削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位、ならびに削蹄前の測定部位と同一部位とを決定した。これら各々について検討した結果、削蹄後の二通りの部位におけるひずみ波形は、互いにはほぼ類似した。しかし、削蹄前と削蹄後とのひずみ波形の比較では、内外蹄側壁の Vertical 方向のひずみに、波形の位相の相異が認められた。(Fig. 241)。蹄尖壁の Vertical 方向ならびに Horizontal 方向のひずみ量について検討した結果、Table 6 に示す通り Vertical 方向のひずみ量は、削蹄後における削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位で最も大きく、次いで、削蹄後における削蹄前の測定部位と同一部位、削蹄前における測定部位の順であった。また、Horizontal 方向のひずみ量は、削蹄後における削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位で最も大きく、次いで、削蹄前における測定部位、削蹄後における削蹄前の測定部位と同一部位の順であった。

以上の各所見から、装蹄による前蹄の運動の変化は、離地と着地を含む離地期全般において認められ、また、蹄の下方に至るほど顕著であり、主として動きの量的な相異であることが明らかにされた。これらの事実は、連鎖機構としての蹄関節の運動特性に深い関連性を有するものと考えられた。また、装蹄の前蹄運動におよぼす影響は、蹄鉄の磨擦係数、蹄鉄の重量、蹄釘の使用による蹄踵の弾発性の障害、上彎による蹄の離地反回の推進、などが関与するものと推察された。

削装蹄による前蹄壁への影響は、離地を含む着地期全般に亘り、蹄壁全体に認められ、結果として、削装蹄は、蹄壁各部における緊張、弛緩などの力学的なストレスに影響を与えることが明らかにされた。すなわち、蹄鉄の装着、蹄釘の蹄踵部への設置、上彎、削蹄などによって、体重負脱に伴う蹄固有の変形状態が相異し、それに伴い蹄壁の内部応力の分布が相異なるものと推察された。

## 論文審査の結果の要旨

馬の歩行運動は四足歩行を行う哺乳類の中で最も進化したものであり、殊に馬蹄は、連続的な馬体運動の基点となって馬体を推進するのに重要な役割りを担っている。そのため、馬を使役するに当っては、その過激な労働による運動に際して肢蹄を保護するため、合理的な削装蹄を行う必要が要望されている。本来、肢蹄の保護にその目的を置いた削装蹄は、現在では更に進んで激しい運動をする競走馬の疾走能力の向上、あるいは各種運動器疾患に対する治療処置への応用などその目的を拡げている。したがって、削装蹄は、馬体運動ならびに馬蹄との関連性を考慮に入れて慎重に行うことが要望されている。通常、削装蹄にあつては、蹄機作用の保護ならびに助長を目的に、剰縁、剰尾の附設や、蹄釘の設置部位の選定が考慮され、また、筋、腱、靭帯などの運動器の機能の円滑な発現のため、上彎の設置などが行われている。しかし、これらの削装蹄上の処置は、いづれも経験的事項に基づくものが主体であり、未だその理由や効果について実証されるに至っていない。そこで、著者は、削装蹄の理論の確立ならびにその技術の向上を期するため、これらの削装蹄上の基礎的事項に関する解明を目的とし運動学的分析法、ならびに、蹄壁の変形状態についての独創的な工学的測定法を考案応用し、削装蹄が、肢蹄の運動と蹄壁とにおよぼす影響について実馬を用いて以下の基礎的実験を行いその成績を検討した。

実験には、正常歩行を有する乗用馬2頭を用い、その前蹄(左)について①跣蹄、②4本の蹄釘を内外蹄側壁に用いて装着した平坦な通常蹄鉄、③8本の蹄釘を内外の蹄側壁から蹄踵壁に用いて装着した平坦な通常蹄鉄、④4本の蹄釘を内外蹄側壁に用いて装着した上彎を有する蹄鉄および⑤実験目的に従った削蹄など5つの条件を負荷して実験した。また実験馬には、これらの条件下で、平坦、硬固なアスファルト路面上で、騎乗による常歩、速歩、駈歩を負荷した。歩行中の実験馬の差前肢について、16mm映画を利用した動作分析法、ならびに、工業用ひずみ計による蹄壁表面のひずみ測定法、また、炭素粉末の通電性を利用して試作した独創的な変位計による蹄壁の変形状態の測定法を応用した。動作分析のための前肢の測定点は、蹄甲骨蹄突起の上1/3の部位、肩関節、肘関節、手根関節、球節、側望繫軸と蹄冠との交点、以上6ヶ所で行った。また、蹄壁のひずみ測定部位は、蹄尖壁、内外蹄側壁、内外蹄踵壁、それぞれの上部と下部、計10ヶ所で行った。その測定方向は、角細管に一致する方向をVertical方向、これと直交する方向をHorizontal方向として、この二方向のひずみを測定した。試作変位計は、内外の蹄踵部に金属螺子により固定装着した。

これらの実験方法により行った成績は次の通りである。

### 1 装蹄の前肢運動におよぼす影響

#### (1) 平坦な通常蹄鉄による影響

跣蹄時に比較して、次のような相異が明らかにされた。

手根関節の離地期末期における上下方向への加速度変動範囲が、駈歩の手前肢と反手前肢で増大した。その差は、Case 1 では手前肢で  $2900 \text{ cm/sec}^2$ 、反手前肢で  $1650 \text{ cm/sec}^2$  であり、Case 2 では手前肢で  $3500 \text{ cm/sec}^2$ 、反手前肢で  $2050 \text{ cm/sec}^2$  であった。

球節の離地期における屈曲が増大した。その差は、Case 1 では常歩  $7^\circ$ 、速歩  $4^\circ$ 、駈歩の手前肢  $12^\circ$ 、反手前肢  $2^\circ$  であり、Case 2 では常歩  $8^\circ$ 、速歩  $4^\circ$ 、駈歩の手前肢  $6^\circ$ 、反手前肢  $5^\circ$  であった。

肢下部の関節、殊に球節の離地期末期における腹屈方向の角加速度が、駈歩の手前肢と反手前肢で増加

した。その差は、Case 1 では手前肢で  $5000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $2000^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では手前肢で  $1000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

蹄の離地期における滑走が、常歩を除く他の歩法で出現した (Fig. 121)。

## (2) 蹄釘の蹄踵部への設置による影響

蹄釘を蹄側部へ設置した場合と比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄冠の離地時における前方への加速度が、速歩ならびに駢歩の反手前肢で減少した。その差は、Case 1 では速歩で  $200 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $1100 \text{ cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では速度で  $1100 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $900 \text{ cm}/\text{sec}^2$  であった。

蹄冠の離地期末期における後方への加速度が、速歩ならびに駢歩の反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では速歩蹄  $1000 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $400 \text{ cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では速歩で  $500 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢  $2400 \text{ cm}/\text{sec}^2$  でであった。

球節の離地期初期における背屈方向への角加速度が、常歩を除く他の歩法で増加した。その差は、Case 1 では速歩で  $4500^{\circ}/\text{sec}^2$ 、駢歩の手前肢  $5000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢  $12500^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では速歩  $7500^{\circ}/\text{sec}^2$ 、駢歩の手前肢  $7000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢  $3500^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

## (3) 上彎による影響

平坦な蹄鉄に比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄冠の離地期初期における前方への加速度が、速歩ならびに駢歩の反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では速歩で  $900 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $1000 \text{ cm}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では速歩で  $2300 \text{ cm}/\text{sec}^2$ 、駢歩の反手前肢で  $800 \text{ cm}/\text{sec}^2$  であった。

球節の離地期末期における腹屈方向への角加速度が、駢歩の手前肢、反手前肢で増加した。その差は、Case 1 では手前肢で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $9750^{\circ}/\text{sec}^2$  であり、Case 2 では手前肢で  $6000^{\circ}/\text{sec}^2$ 、反手前肢で  $3000^{\circ}/\text{sec}^2$  であった。

## II 装蹄の前蹄壁におよぼす影響

### (1) 平坦な通常蹄鉄による影響

蹴蹄時 (Fig. 209) に比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄尖壁を除く蹄壁各部、殊に外蹄側壁、内蹄踵壁で、Vertical 方向のひずみ波形が相異なる傾向が認められた (Fig. 225)。また、その特徴的な現象として、波形の位相が相異なる傾向を認めた。内外蹄側壁の Horizontal 方向、ならびに、蹄尖壁の Vertical 方向のひずみ量について検討した結果、Table 2, Table 3, Table 5 に示す通り、概ね減少する傾向が認められた。

### (2) 蹄釘の蹄踵部への設置による影響

蹄釘を蹄側部へ設置した場合 (Fig. 225) と比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄壁各部のひずみについて検討した結果、蹄壁全般に亘り、ひずみ波形の相異が認められた。また、その特徴的な現象として、蹄尖壁の Vertical 方向ならびに内外蹄側壁の Horizontal 方向のひずみ波形では、離地時における一過性のひずみが、著しく減少、もしくは、消失した (Fig. 217)。内外蹄側壁の Horizontal 方向のひずみ量について検討した結果、Table 2, Table 3 に示す通り、それらいづれも、概ね減少する傾向が認められた。

内外蹄踵部の側方変位について検討した結果、4本の蹄釘を内外の蹄側壁に用いた装蹄蹄では、蹄踵部は、着地期初期から中期にかけて開張し、離地時では狭窄することが示された。この蹄踵部の着地後の開張は、蹄踵部への蹄釘の設置により、常歩、速歩で早期にかつ急激に発現することが示された (Fig. 245, Fig. 246)。また、その変位量は、Table 4 に示す通り、いずれの歩法においても、概ね減少する傾向が認められた。

### (3) 上彎による影響

平坦な通常蹄鉄 (Fig. 225) に比較して、次のような相異が明らかにされた。

蹄壁全体に亘り、ひずみ波形の相異が認められた。また、その特徴的現象として、蹄尖壁の Vertical 方向、ならびに内外蹄側壁の Horizontal 方向のひずみ波形では、離地時における一過性のひずみが、著しく減少、もしくは消失した (Fig. 233)。さらに、外蹄側壁の Vertical 方向のひずみ波形では、波形の位相が相異なる傾向を認めた。蹄尖壁の Vertical 方向のひずみ量について検討した結果、Table 5 に示す通り、概ね減少する傾向が認められた。

### (4) 削蹄による影響

削蹄の前後で蹄壁の長さが異なることから、削蹄後のひずみ測定部位として、削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位、ならびに削蹄前の測定部位と同一部位とを決定した。これら各々について検討した結果、削蹄後の二通りの部に位おけるひずみ波形は、互いにほぼ類似した。しかし、削蹄前と削蹄後とのひずみ波形の比較では、内外蹄側壁の Vertical 方向のひずみに、波形の位相の相異が認められた (Fig. 241)。蹄尖壁の Vertical 方向、ならびに Horizontal 方向のひずみ量について検討した結果、Table 6 に示す通り、Vertical 方向のひずみ量は、削蹄後における削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位で最も大きく、次いで、削蹄後における削蹄前の測定部位と同一部位、削蹄前における測定部位の順であった。また、Horizontal 方向のひずみ量は、削蹄後における削蹄前の測定部位と相対的な位置関係を有する部位で最も大きく、次いで削蹄前における測定部位、削蹄後における削蹄前の測定部位と同一部位の順であった。

以上著者の本研究における成果は、装蹄の諸条件が、馬の肢蹄運動において離地と着地の瞬間を含む離地期全般において、肢の下部、特に蹄における運動の量的な相異を惹起するものであることを明らかにし、これらの事実が、肢蹄運動の連鎖機構としての運動特性に密接な関連性を有していることを明示した。さらに装蹄の諸条件による肢蹄の運動状態の変化は、蹄鉄の摩擦係数、蹄鉄の重量、装蹄による蹄機構における弾発性の阻害、上彎設置による蹄の離地反回運動の推進、などが関与していることなどを、運動学的に明らかにした。

また、削装蹄の諸条件は、離地を含む着地期において、蹄壁各部の緊張、弛緩などの力学的ストレスによる影響を与えていることが明らかにされ、この原因として、蹄に負荷された削装蹄の諸条件によって、大重負担に伴う蹄固有の変形状態が相異し、それに伴い蹄壁構造における内部応力の分布が相異なることを明示した。

これら著者の研究は、肢蹄の運動ならびにそれに伴う蹄壁の変形状態を対象に、それらと削装蹄との関連性について基礎的な新知見をえたものであり、また、その独創的な実験方法についても、馬の削装蹄に関する研究領域に対し今後拡大した新分野の研究推進に大なる期待が寄せられ今後の装蹄学、ならびに馬体運動

学的发展に貢献するところ極めて大なるものがあると信ぜられる。よって、本研究を実施した中馬昌平に対し、獣医学博士の称号を授与するに应しいものと思考する。

註(図・表は前掲の「論文内容の要旨」に使用したものと同一のため省略する)

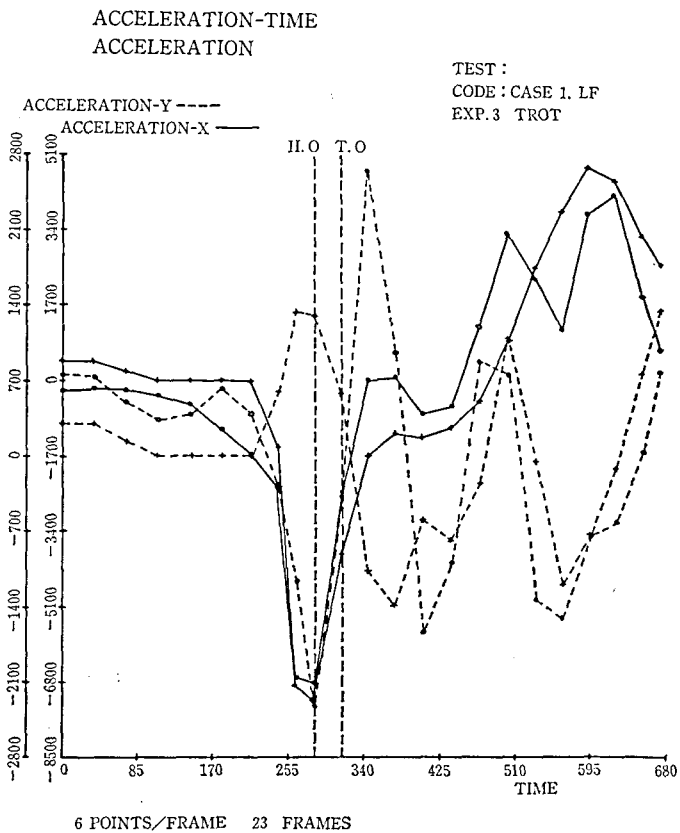


Fig. 121 line number

5 : fetlock joint

6 : point on the coronary of hoof

The pattern of the strain changes of the hoof during one stride at the each experiment.

Abbreviation of figure.

Vert.: Vertical diraction

Hori.: Horizontal diraction

Exp. 1—Exp. 4

MH : Medial Heel

UP : Upper point

MQ : Medial Quarter

LP : Lower point

Toe : Toe

LQ : Lateral Quarter

LH : Lateral Heel

Exp. 5

MQ : Medial Quarter

CP : Center point

Toe : Toe

LQ : Lateral Quarter

Exp. 6

MQ : Medial Quarter

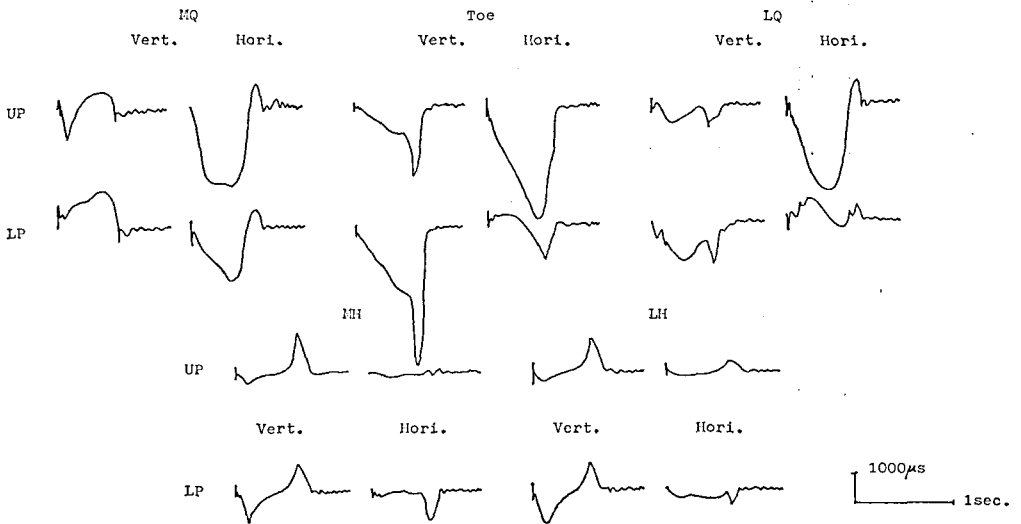
Sp : Same point

Toe : Toe

(This point is same as Exp. 5-CP)

LQ : Lateral Quarter

CP : Center point



Case 1  
Left fore hoof  
Exp.1  
Walk

Fig. 209



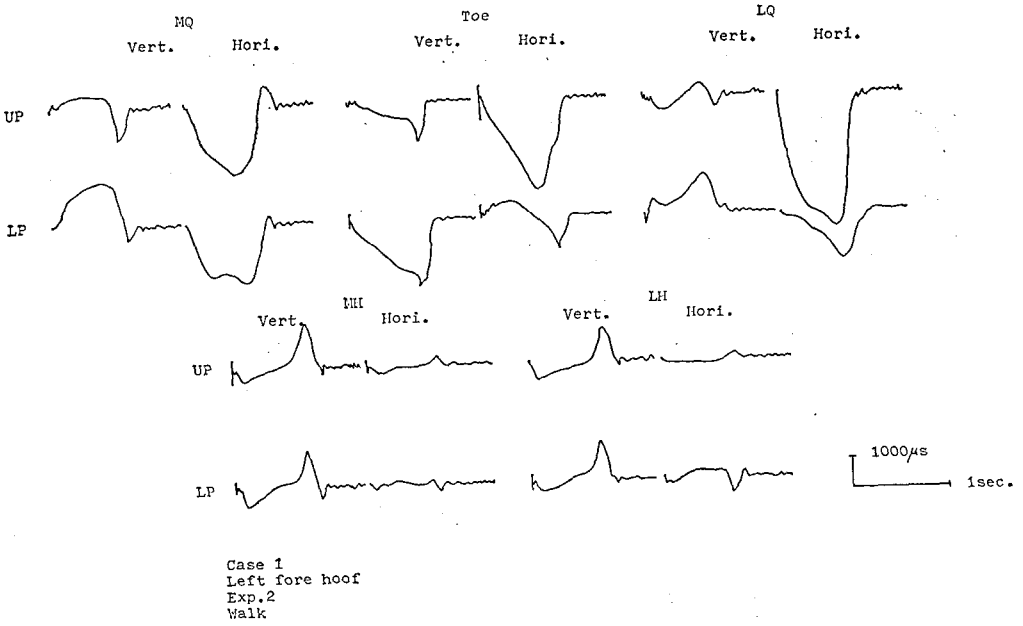


Fig. 217

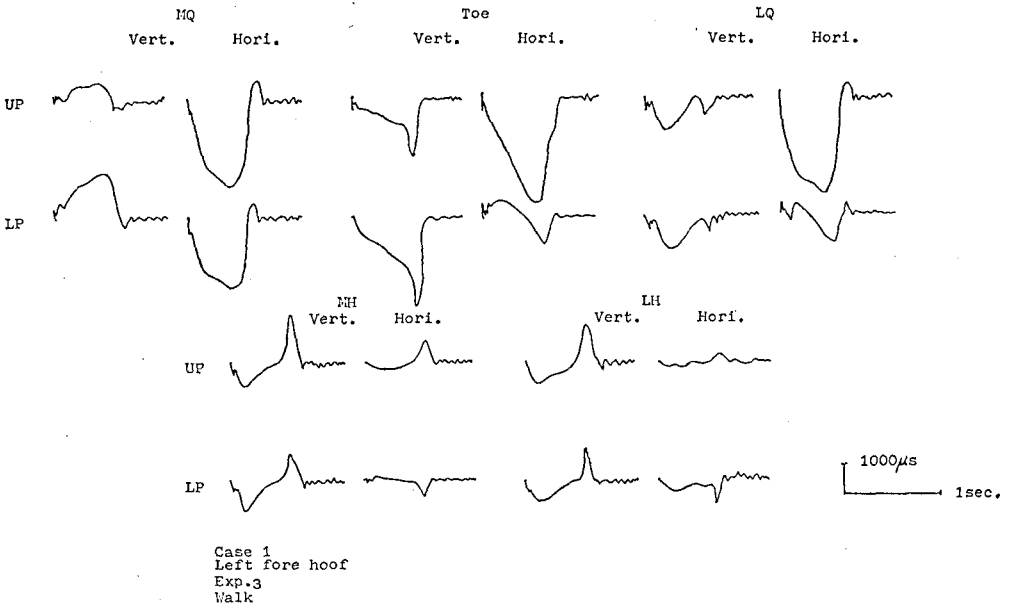


Fig. 225

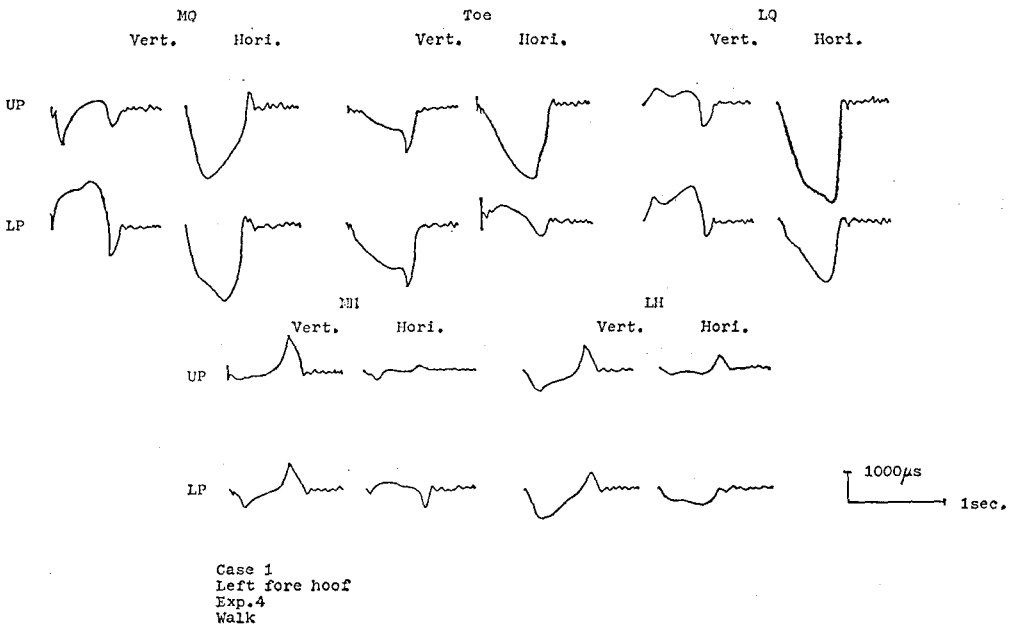


Fig. 233

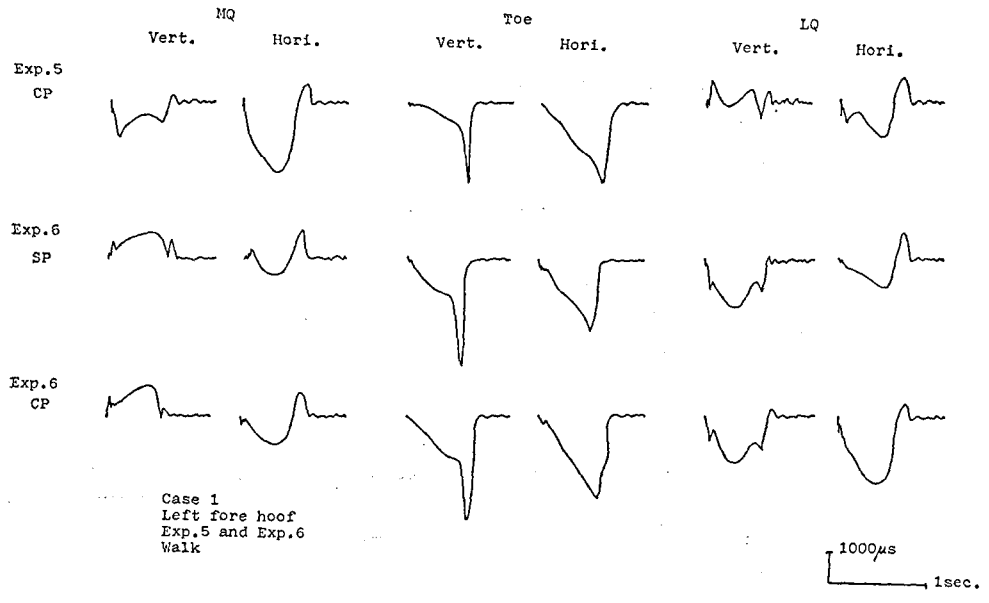
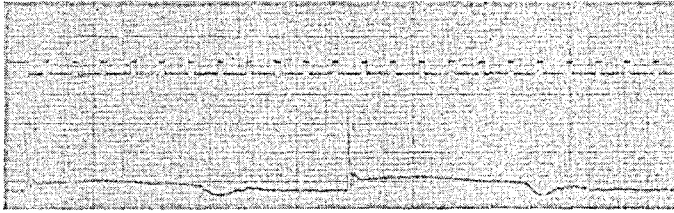


Fig. 241

Exp. 2

T M

Disp.



7mm  
0.5sec.

Exp. 3

T M

Disp.

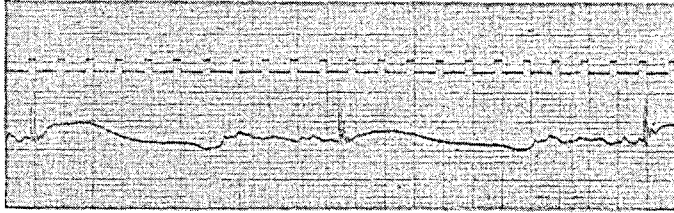
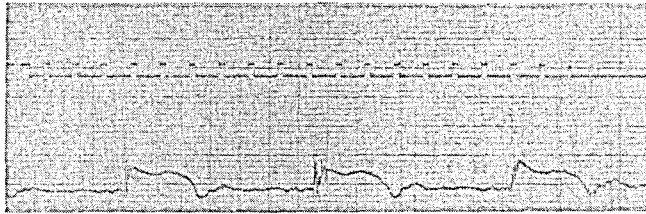


Fig. 245

Exp. 2

T M

Disp.



7mm  
0.5sec.

Exp. 3

T M

Disp.

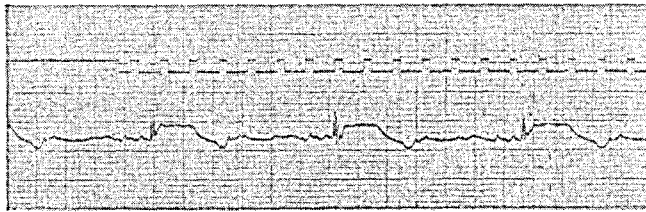


Fig. 246

Table 2 The maximum values of strain.

CASE 1	HORIZONTAL DATA (unit: $\mu$ strain)			
	L Q Upper P.	L Q Lower P.	H Q Upper P.	H Q Lower P.
Exp. 1	4250 $\pm$ 437	1590 $\pm$ 268	3790 $\pm$ 384	2110 $\pm$ 119
Exp. 2	3390 $\pm$ 223	1810 $\pm$ 119	3500 $\pm$ 337	2280 $\pm$ 139
Exp. 3	4130 $\pm$ 240	1180 $\pm$ 161	3110 $\pm$ 207	2970 $\pm$ 200
Exp. 1	6370 $\pm$ 591	2110 $\pm$ 260	3990 $\pm$ 542	2530 $\pm$ 437
Exp. 2	5020 $\pm$ 225	2470 $\pm$ 323	2940 $\pm$ 554	2820 $\pm$ 428
Exp. 3	5490 $\pm$ 137	2480 $\pm$ 426	3500 $\pm$ 227	3290 $\pm$ 495
Exp. 1	4250 $\pm$ 736	1560 $\pm$ 435	5400 $\pm$ 437	3950 $\pm$ 424
Exp. 2	3880 $\pm$ 482	2460 $\pm$ 668	4210 $\pm$ 465	3800 $\pm$ 748
Exp. 3	4080 $\pm$ 466	1210 $\pm$ 303	5040 $\pm$ 416	4410 $\pm$ 255
Exp. 1	6460 $\pm$ 697	2340 $\pm$ 245	5790 $\pm$ 530	4260 $\pm$ 362
Exp. 2	5250 $\pm$ 254	3040 $\pm$ 819	5050 $\pm$ 250	4190 $\pm$ 542
Exp. 3	6420 $\pm$ 322	3280 $\pm$ 711	4320 $\pm$ 742	4260 $\pm$ 377

Values are mean and SD.

Table 3 The maximum values of strain.

CASE 2	HORIZONTAL DATA (unit: $\mu$ strain)			
	L Q Upper P.	L Q Lower P.	H Q Upper P.	H Q Lower P.
Exp. 1	3590 $\pm$ 213	2510 $\pm$ 406	3060 $\pm$ 189	1660 $\pm$ 245
Exp. 2	2610 $\pm$ 73	1650 $\pm$ 117	2970 $\pm$ 271	1130 $\pm$ 94
Exp. 3	3390 $\pm$ 144	1980 $\pm$ 181	2950 $\pm$ 232	1590 $\pm$ 144
Exp. 1	4880 $\pm$ 282	3840 $\pm$ 587	3660 $\pm$ 245	2180 $\pm$ 391
Exp. 2	3400 $\pm$ 343	2490 $\pm$ 510	3210 $\pm$ 196	1590 $\pm$ 317
Exp. 3	3900 $\pm$ 374	3230 $\pm$ 333	3890 $\pm$ 268	1860 $\pm$ 195
Exp. 1	4740 $\pm$ 330	3450 $\pm$ 403	4070 $\pm$ 490	2170 $\pm$ 326
Exp. 2	3710 $\pm$ 357	2050 $\pm$ 227	2800 $\pm$ 278	1200 $\pm$ 400
Exp. 3	3850 $\pm$ 386	2780 $\pm$ 315	3570 $\pm$ 290	1590 $\pm$ 242
Exp. 1	5370 $\pm$ 736	4100 $\pm$ 620	4120 $\pm$ 493	3080 $\pm$ 522
Exp. 2	3930 $\pm$ 340	2690 $\pm$ 218	3850 $\pm$ 327	2240 $\pm$ 337
Exp. 3	4700 $\pm$ 405	3500 $\pm$ 391	4090 $\pm$ 412	2470 $\pm$ 234

Values are mean and SD.

Table 4 The maximum values of transformation of the heel.

	CASE 1	CASE 2
Walk	Exp. 2	1.5±0.9
	Exp. 3	5.7±1.6
Trot	Exp. 2	1.6±0.5
	Exp. 3	5.6±1.1
Canter (lead)	Exp. 2	7.0±2.6
	Exp. 3	2.4±2.4
Canter (trail)	Exp. 2	4.7±3.3
	Exp. 3	5.2±2.0

Values are mean and SD.  
Unit: mm

Table 5 The maximum values of strain.

	VERTICAL DATA (unit: $\mu$ strain)					
	CASE 1			CASE 2		
	Toe Upper P.	Toe Lower P.	Toe Upper P.	Toe Lower P.	Toe Upper P.	Toe Lower P.
Walk	Exp. 1	2660±320	5930±549	1830±125	4090±110	
	Exp. 3	2030±194	2930±316	1080±168	3030±141	
	Exp. 4	1510±99	2110±110	1110±99	1850±117	
Trot	Exp. 1	1620±161	3600±480	1690±144	3830±133	
	Exp. 3	1570±94	3200±230	1080±131	3010±159	
	Exp. 4	1350±143	2100±115	1210±56	2300±105	
Canter (lead)	Exp. 1	1790±191	3530±424	1070±149	2600±323	
	Exp. 3	1610±307	1550±222	930±94	2290±196	
	Exp. 4	1060±78	1990±152	1050±126	1990±144	
Canter (trail)	Exp. 1	2480±285	5680±659	2000±343	3930±170	
	Exp. 3	2170±594	4550±469	1530±149	3660±415	
	Exp. 4	1600±235	2520±289	1530±149	2790±128	

Values are mean and SD.

Table 6. The maximum Values of strain.

CASE 1	Toe vertical	Toe horizontal
Exp. 5	2760±250	2800±105
Walk		
Exp. 6 (S.P.)	3180±470	2360±157
Exp. 6 (C.P.)	3500±221	2870±156
Exp. 5	1800±226	2730±94
Trot		
Exp. 6 (S.P.)	2610±497	2270±133
Exp. 6 (C.P.)	3110±251	2950±222
Exp. 5	2090±223	2820±900
Canter (lead)		
Exp. 6 (S.P.)	2542±411	2085±397
Exp. 6 (C.P.)	2600±278	2410±521
Exp. 5	3840±1747	3970±590
Canter (trail)		
Exp. 6 (S.P.)	3677±872	3111±437
Exp. 6 (C.P.)	4280±778	4570±305