

収縮中の筋腱複合体の伸張に伴う筋線維動態



長岡 大地, 中村 宇宙, 竹中 睦, 瀧下 渡, 小木曾 一之 (皇學館大学大学院教育学研究科)

第70回日本体力医学会大会. 和歌山県民文化会館. 2015.9.18-20

INTRODUCTION

羽状筋は一般的に平行四辺形モデルとして表される。しかし、急激な筋収縮が行われた場合、その深部腱膜近くでの羽状角が大きくなることが報告されている(Ogiso et al. 2013)。また、筋収縮中、筋線維が附着する腱膜の歪みも場所によって不均一になることが知られている(Kinugasa et al.2008)。これらの原因として、収縮時における協働筋の筋厚増加による影響が考えられる。そこで、本研究では、筋厚が減少する伸張性収縮時における筋束動態を観察することで、深部腱膜近くの羽状角の増加に協働筋の筋厚変化の影響があるのかどうかについて検討した。

METHODS

Subjects

男子大学生15名(年齢 21.2 ± 1.3 歳, 身長 170.7 ± 4.9 cm, 体重 66.5 ± 8.4 kg)

Protocol

- ◆以下の条件からの7種類の速度(5, 45, 90, 120, 180, 240, 300deg/s)での急激な受動的足背屈
- ①リラックス状態から
- ②最大随意等尺性足底屈力(MVIC)の20%(21.2 ± 4.6 Nm)での随意収縮から
- ③20Hzの電気刺激により生じた20% MVIC時の筋収縮から
- ◆試技間には少なくとも3分の休息
- ◆多用途筋機能評価運動装置(BIODEX system4, BIODEX)での最大足関節底屈トルクの測定
- ◆電気刺激の電極は、1つの負極をヒラメ筋の筋腱移行部の遠位端に、2つの正極を腓腹筋外側および内側の近位端に

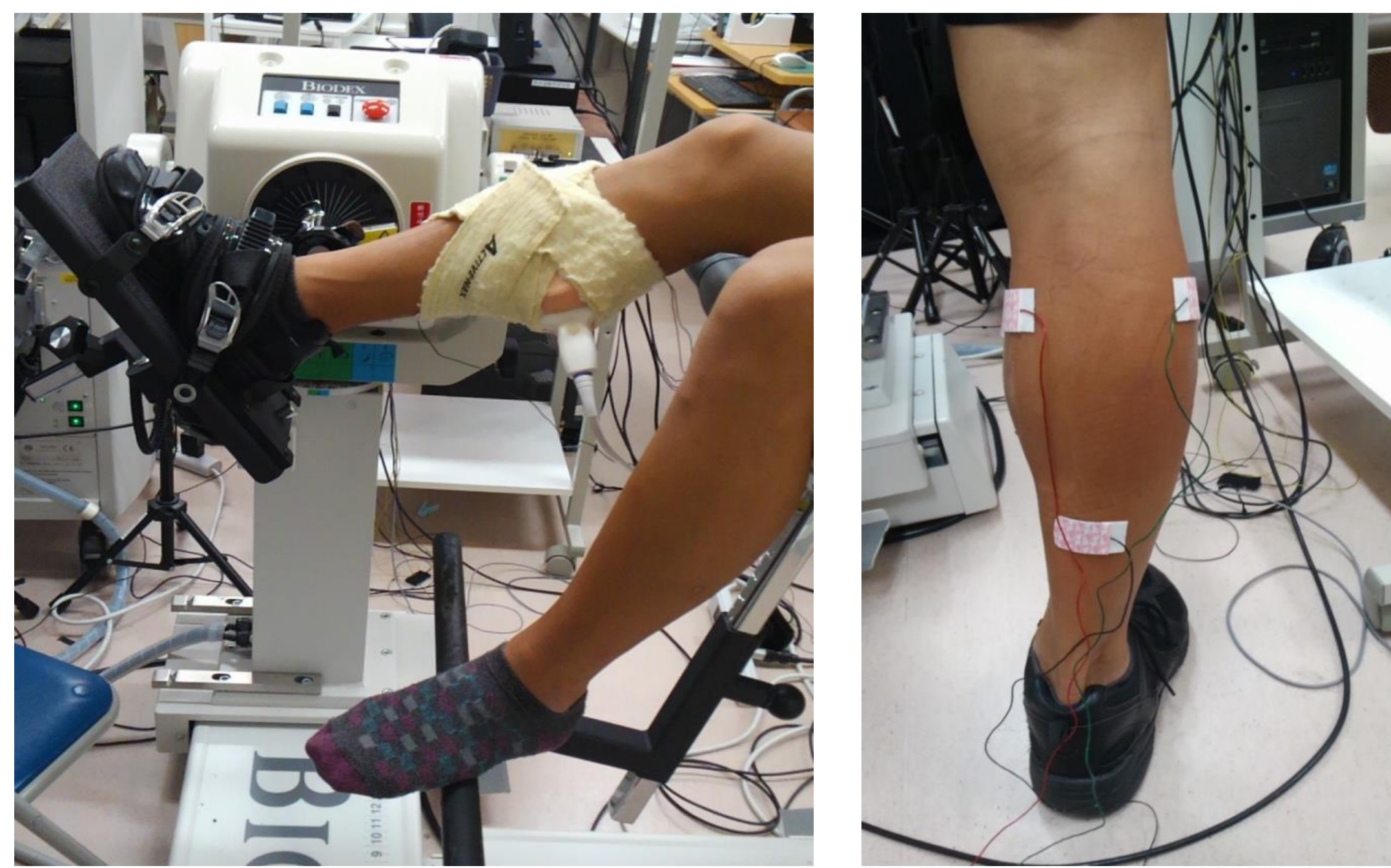


Fig.1 実験の様子と誘発筋電位計の電極貼付位置.

Measurement

- ・筋束と深部腱膜との交点(P点)の移動量(cm)
- ・P点垂直線上の筋厚(cm)
- ・P点から0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5cm離れた位置で形作った5種類の羽状角(deg)
- ・足底屈トルク(Nm)

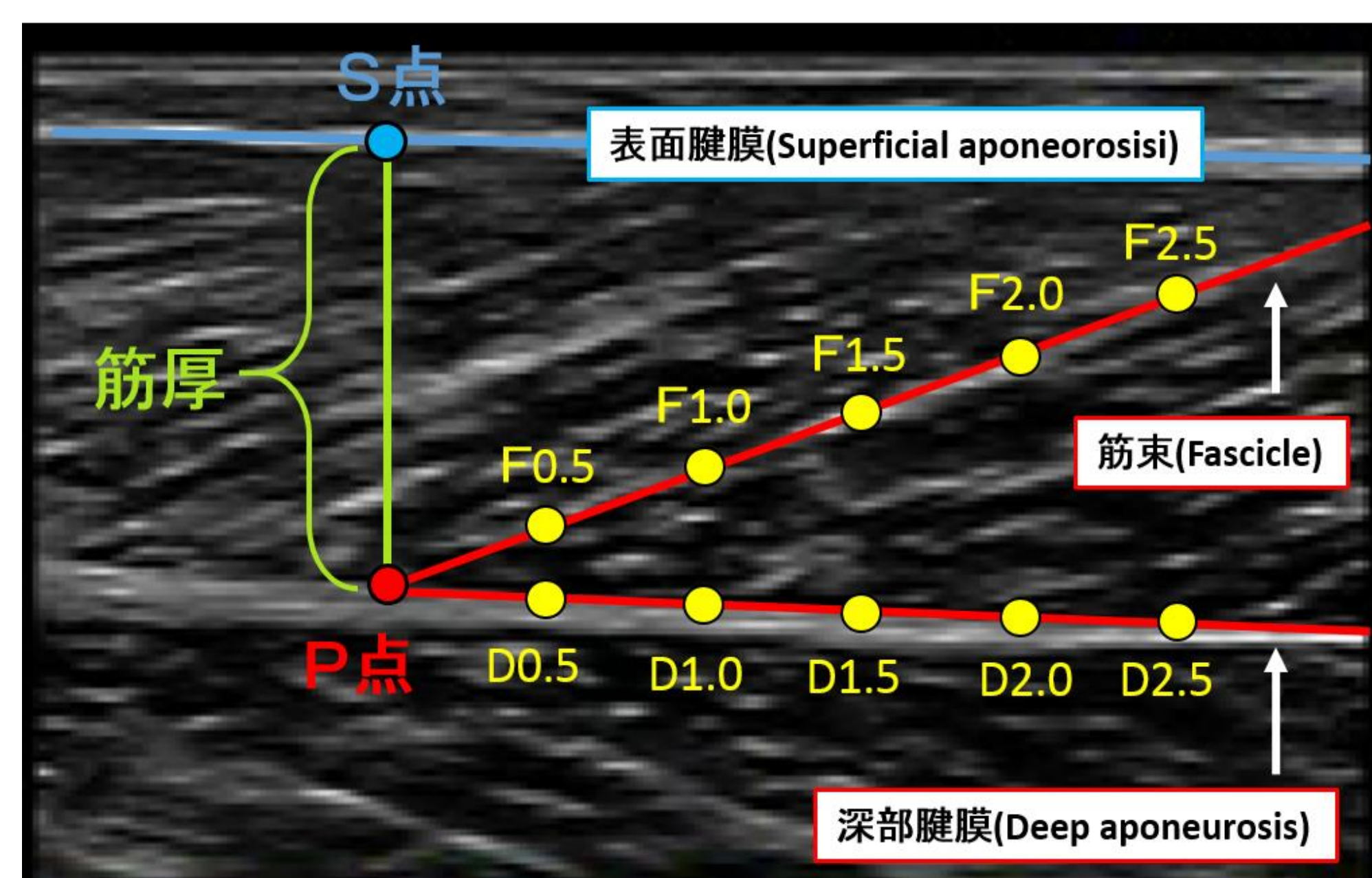


Fig.2 腓腹筋内側における超音波画像とその分析点.

RESULTS

P点の遠位への移動量は、足背屈速度が増加するにつれ、リラックス時より随意収縮時および電気刺激時に大きくなる傾向を示した (Fig.3). 足背屈速度の増加にともなう筋厚の減少量は、電気刺激時に最も大きくなった (Fig.4).

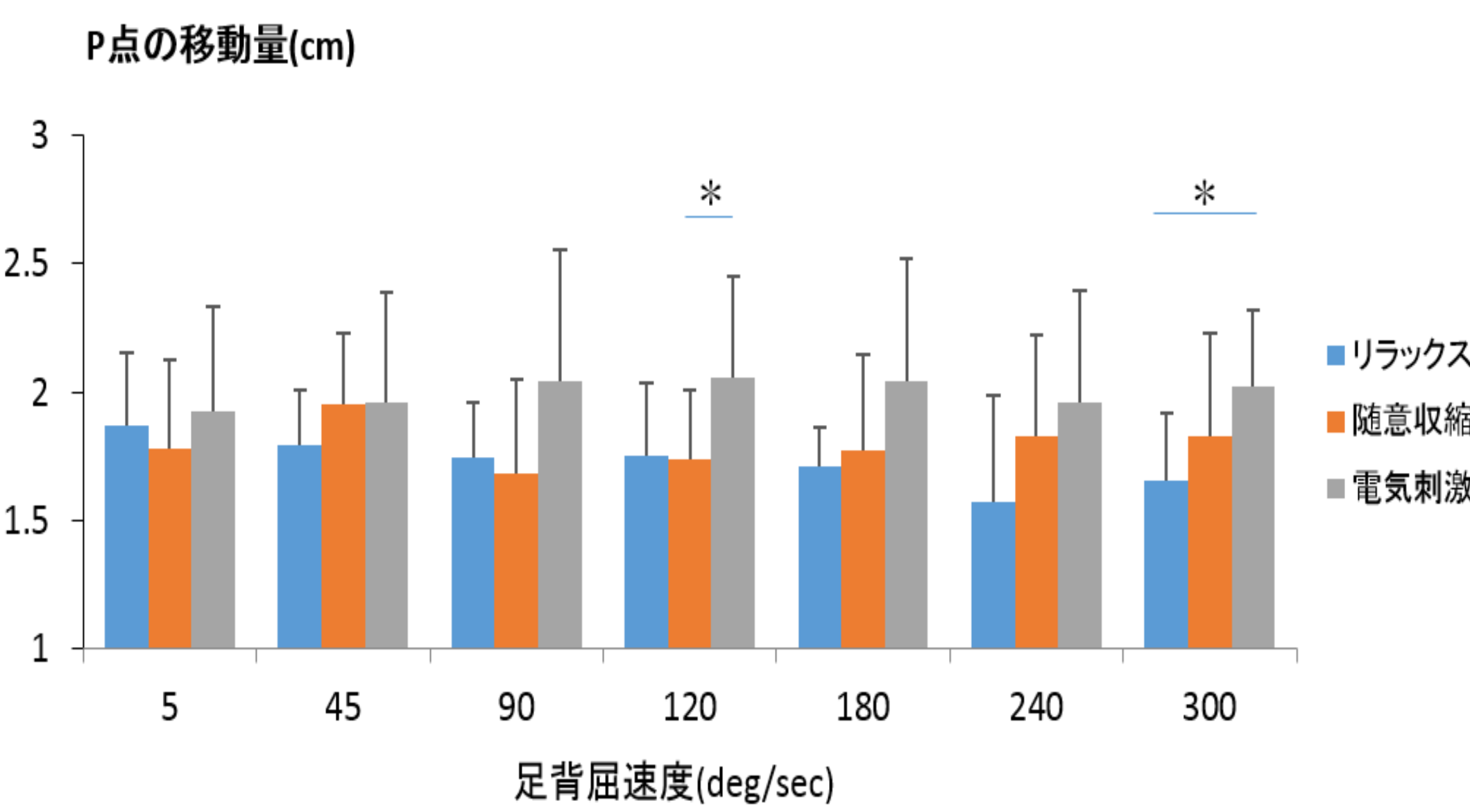


Fig.3 P点の移動量.P点の正の値は末梢方向への移動量. *:p<0.05, **:p<0.01

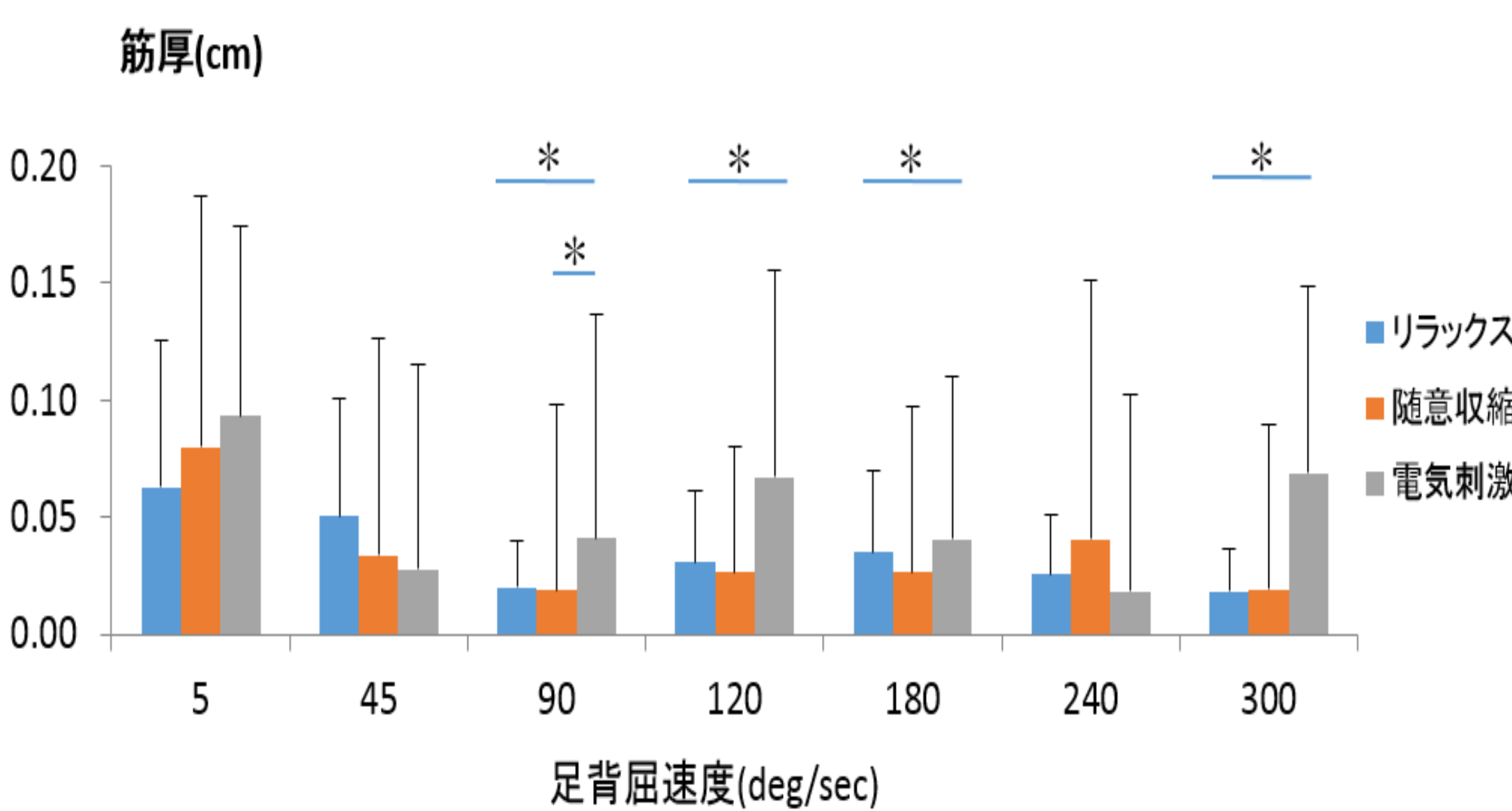


Fig.4 筋厚の変化量.筋厚の変化量は筋厚の減少量を表す. *:p<0.05, **:p<0.01

足背屈は羽状角を減少させたが、リラックス状態では深部腱膜付近でその角度が大きく減少する傾向にあった。一方、随意収縮時および電気刺激時には、特に足背屈速度が大きい場合、深部腱膜近くの羽状角の減少量がより離れた部分より小さい傾向を示した (Fig.5)。

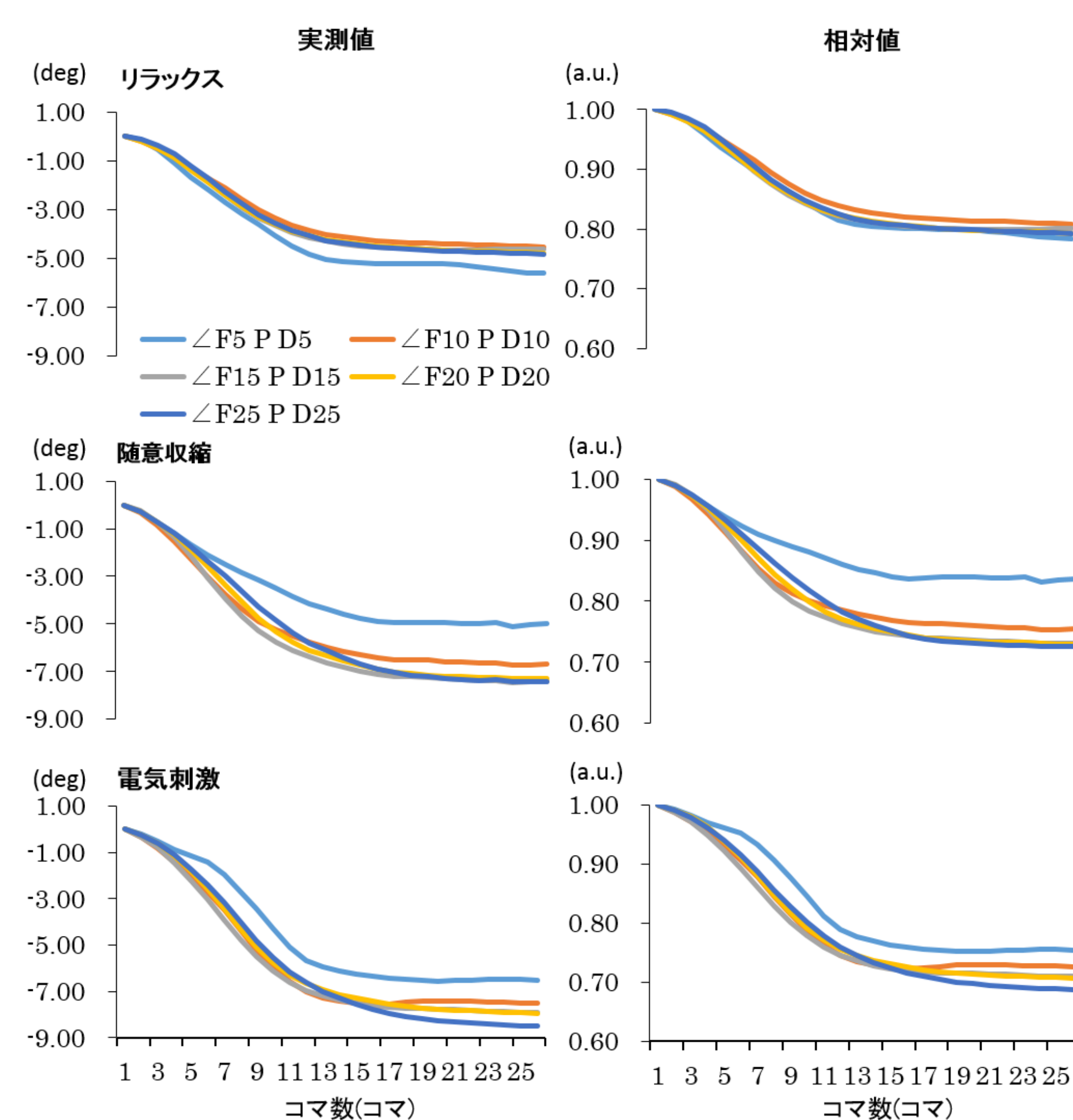


Fig.5 背屈速度300deg/s時における羽状角の変化. 画像は36Hzで撮影したため1コマ約0.028秒.

リラックス時の足底屈トルク値は、受動的背屈動作開始から一貫して増加した。随意収縮時も同様に、背屈開始からトルク値は上昇したが、その中盤においてその上昇は鈍くなり、後半で再び急速に増加する傾向を示した。電気刺激によるトルク値は、中盤以降、増加しない傾向にあった (Fig.6)。

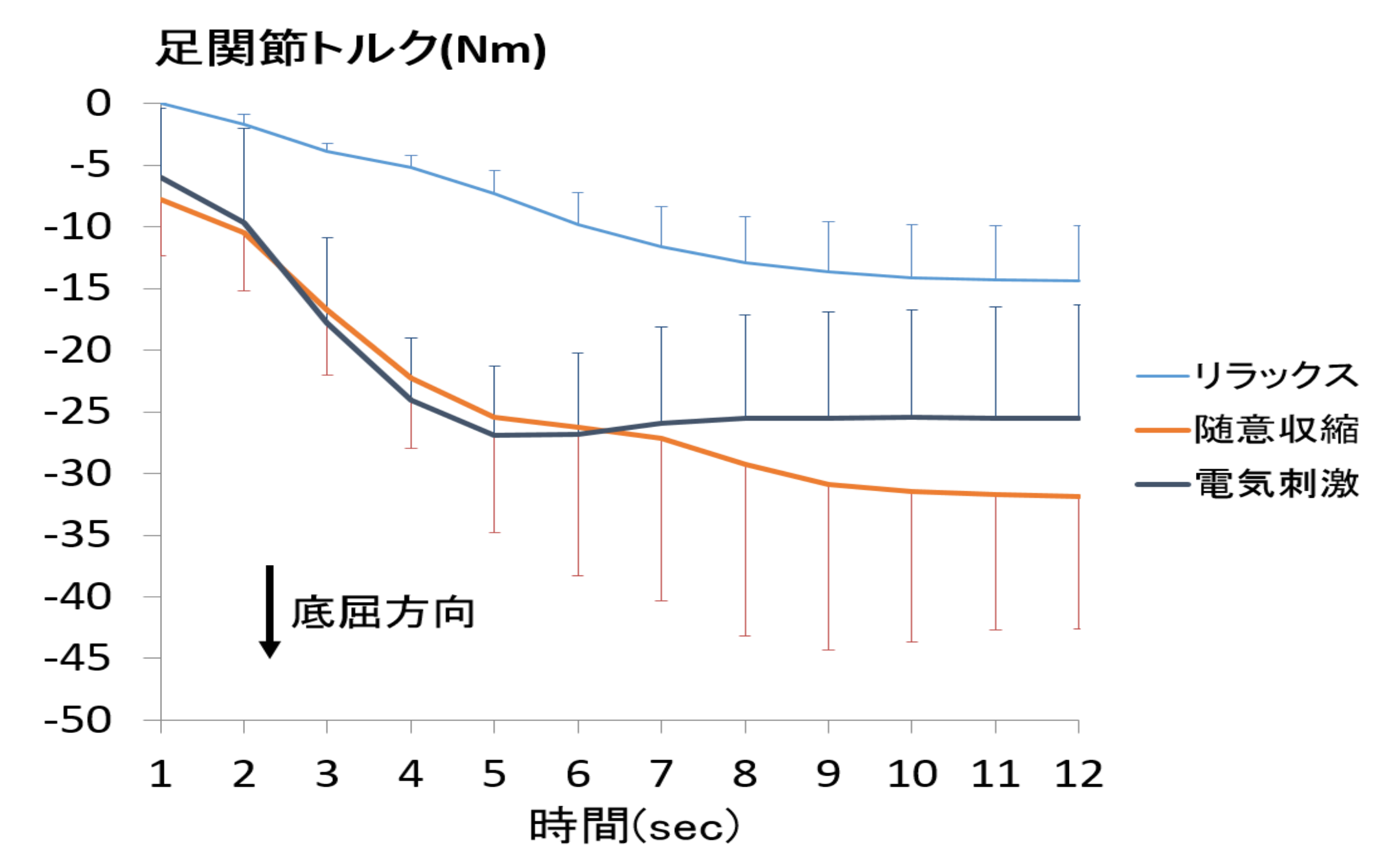


Fig.6 各条件時における足関節トルクの変化(背屈速度300deg/sec)

DISCUSSION

本研究では、電気刺激時の背屈開始時に、深部腱膜の大きな歪みがしばしば観察された (Fig.7)。背屈完了時には深部腱膜が引っ張られ、そのような歪みはみられなくなったが、この背屈開始時の深部腱膜の歪みは筋厚の変化量やP点の移動量を大きくした1つの原因であった。

電気刺激中の足背屈において最も特徴的なことは、リラックス時に見られた深部腱膜付近の羽状角の大きな減少が、背屈速度が速くなるにつれ、あまり見られなくなったことである (Fig.8)。これは、遅い速度ではみられない現象であり、随意収縮時にも同様な傾向がみられた。タイミングがずれた時などにおける急激な筋収縮では、深部腱膜近くの羽状角がより大きくなる(Hirose et al. 2013)。収縮中の筋が受動的に伸張されている時にも同様な現象がみられたことは、本来、引き伸ばされ、容積が一定なため厚さが減少していくはずの筋が、収縮時には深部腱膜近くであまり引き伸ばされない、すなわち、その羽状角が大きいままであることを示している。これらの結果から、急激な筋収縮時に見られる深部腱膜付近での羽状角の増加は、協働筋が収縮し、厚みを増す時の圧迫などによるものでない可能性が示された。

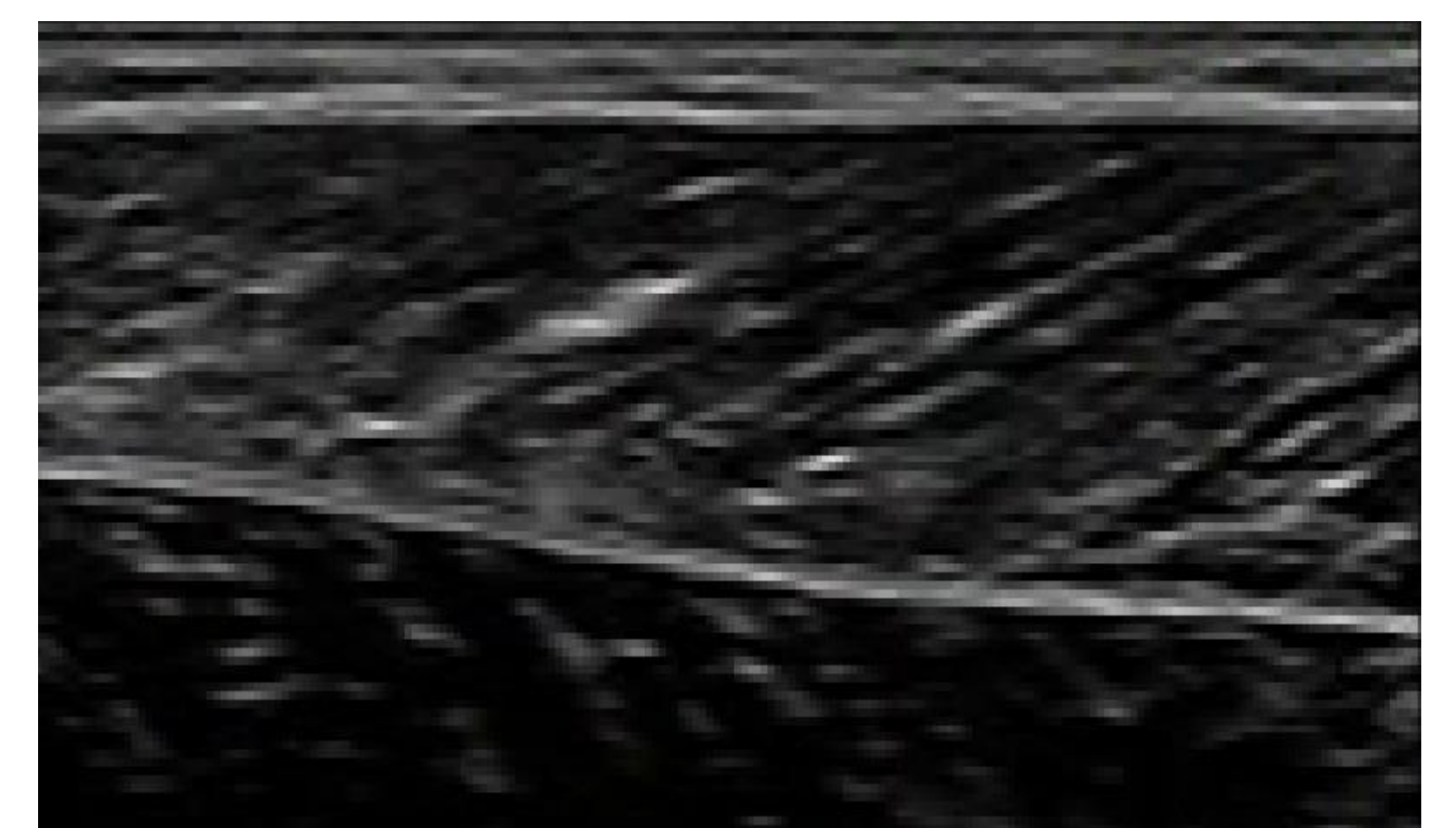


Fig.7 電気刺激時の背屈開始時点にみられた深部腱膜の歪み.

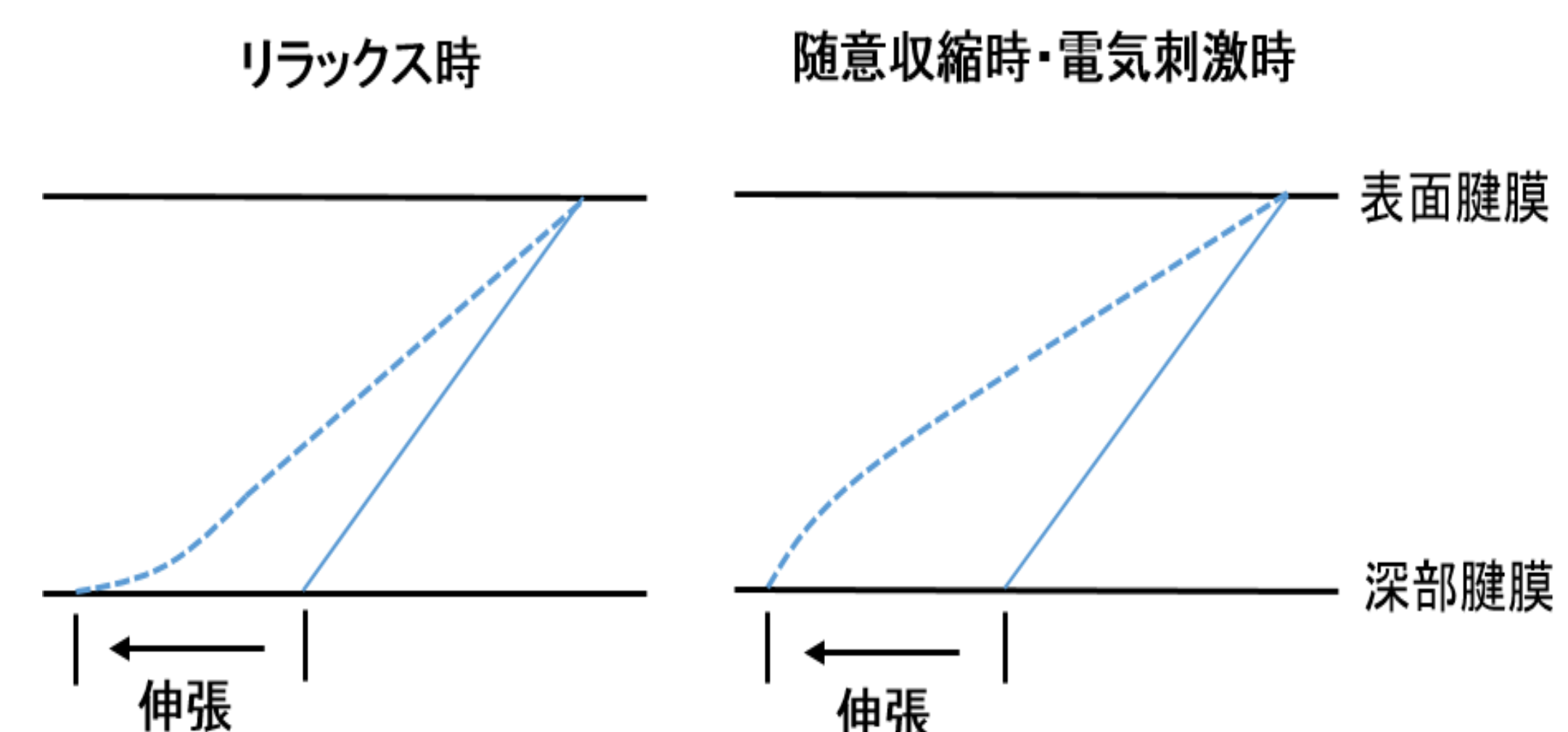


Fig.8 急激な伸張時における筋束動態の模式図.

Acknowledgment

本研究の一部は、2015年度ミズノスポーツ振興財団助成金を受けて行われた。