

収縮時の筋束動態からみた関節角度-トルク関係



Kogakkan University

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

第70回日本体力医学会大会, 和歌山県民文化会館/ホテルアパローム紀の国, 2015.9.18-20

INTRODUCTION

身体運動は、筋収縮の力が腱組織を介して骨へと伝えられ、また、腱組織の粘弾性により関節を回転させることで発現する。しかし、関節で発揮されるトルクは一樣ではなく、各関節そしてその関節角度に依存して変化する。このことは、関節角度により、力を生み出す筋腱複合体の動態が変化する可能性を示している。そこで、本研究では、異なる関節角度で随意的あるいは電氣的に筋収縮を行わせ、その角度に対する筋束動態の特徴について検討した。

METHODS

Subjects

男子大学生および大学院生15名(年齢 21.2 ± 1.0 歳、身長 172.0 ± 5.8 cm、体重 68.5 ± 7.1 kg)

Protocol

◆ 随意的な筋収縮

・膝関節角度 30° 、 60° 、 90° の最大等尺性膝伸展(0° = 最大伸展位)

・最大トルクから10段階の膝伸展強度を設定

◆ 電気刺激による筋収縮

・外側広筋(VL)に20Hzの電気刺激

・耐えうる最大強度(38.1 ± 14.9 mA)の電流から10段階の電流強度を設定

◆ 試技中における外側広筋EMGと超音波画像

◆ 筋収縮の強度

・3秒間に1段階ずつ強度を増加

・27秒後に最大トルク発揮強度に到達

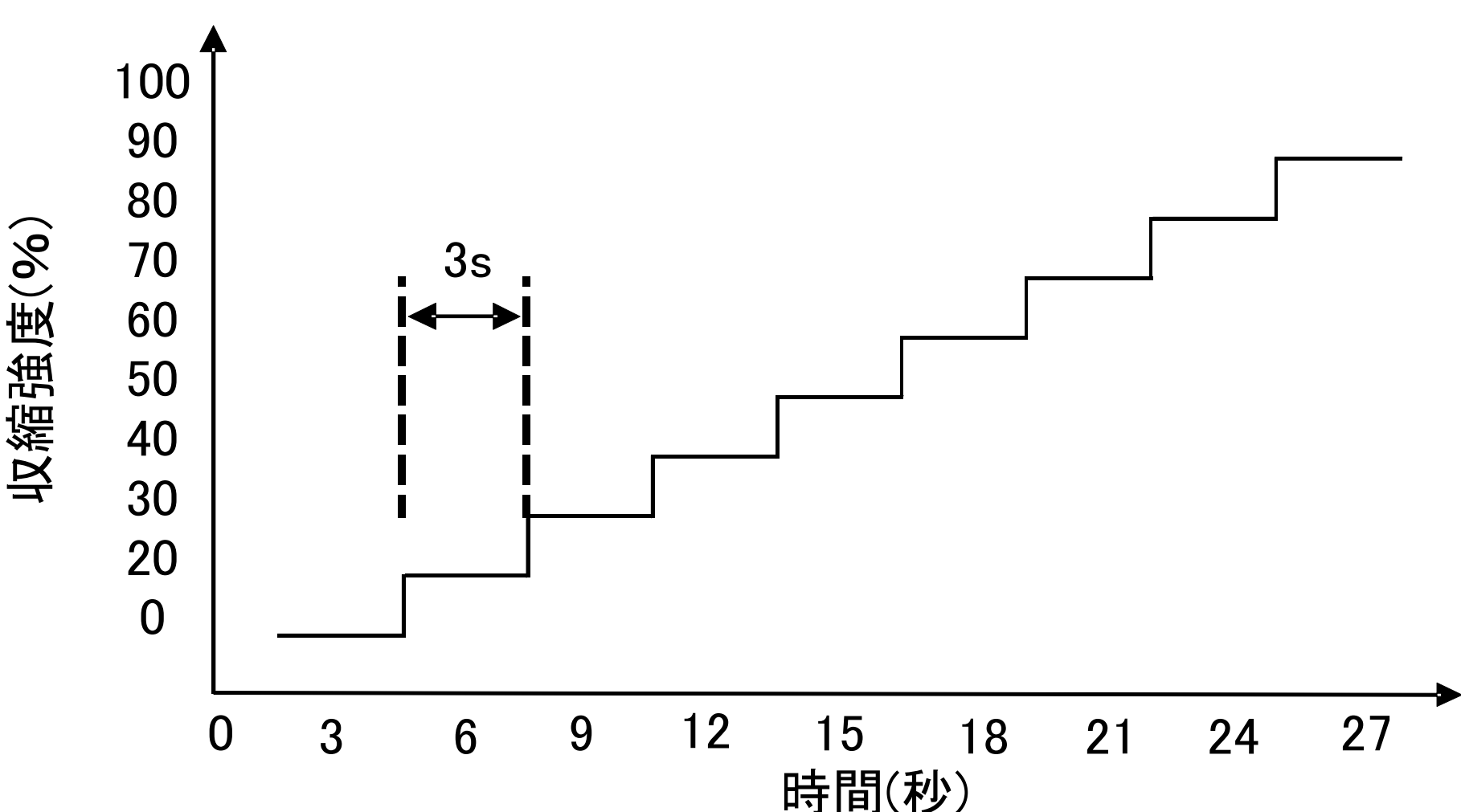


Fig.1 筋収縮もしくは刺激強度の増加プロトコル

Measurement

◆ 超音波測定 (外側広筋)

・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, 1.5cm離れた位置で形作った3種類の羽状角 (deg)

◆ EMG測定 (外側広筋)

・随意的収縮時

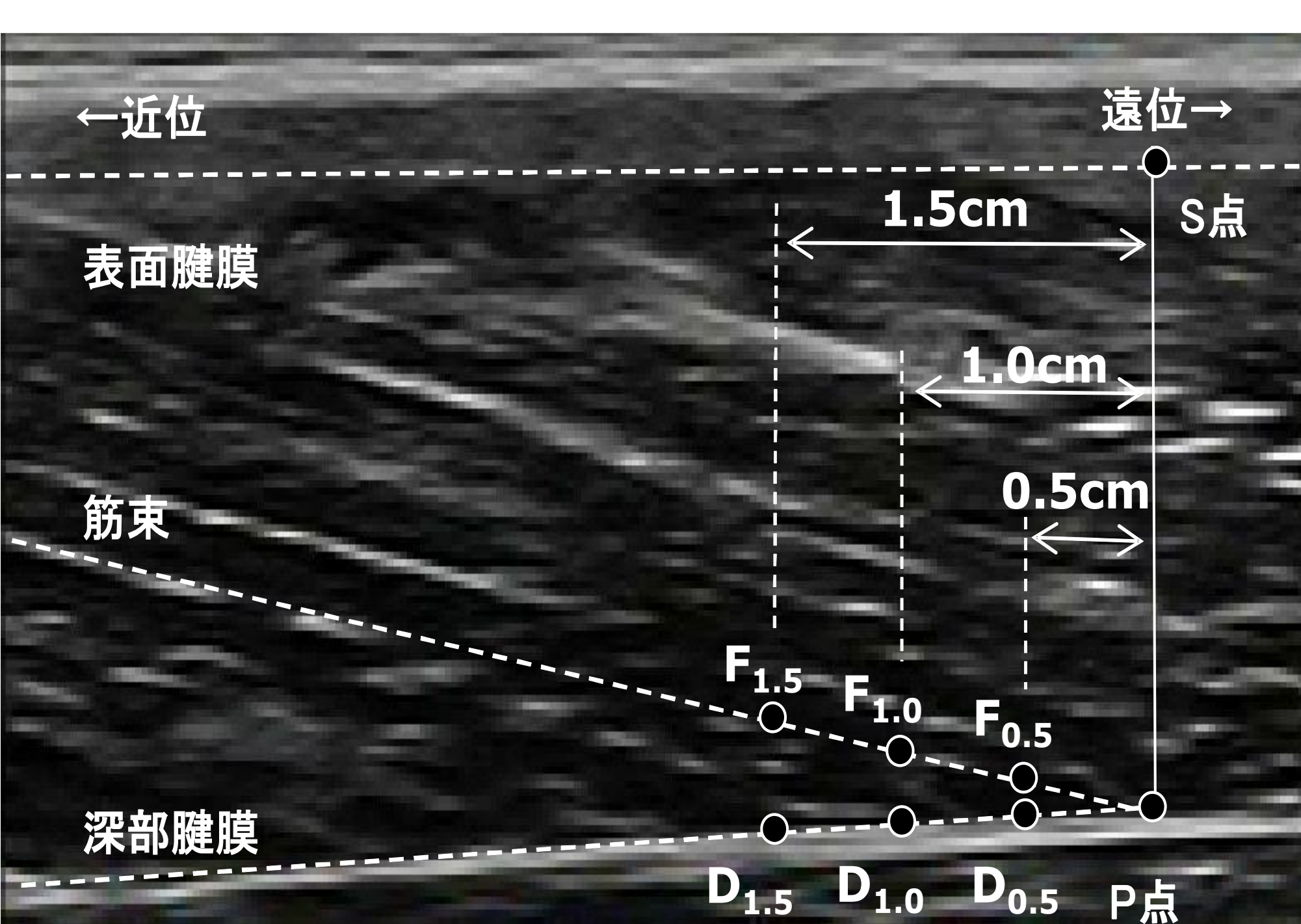


Fig.2 外側広筋における超音波画像とその分析点

RESULTS

随意的収縮時には、全ての膝関節角度でEMGと膝伸展トルクとの間に強い関係がみられた。一方、電気刺激による収縮では、膝関節角度 30° 時の膝伸展トルクが刺激強度に関わらずほぼ一定となった。しかし、それは膝関節角度の増加に伴い、少しずつ増加する傾向を示した。

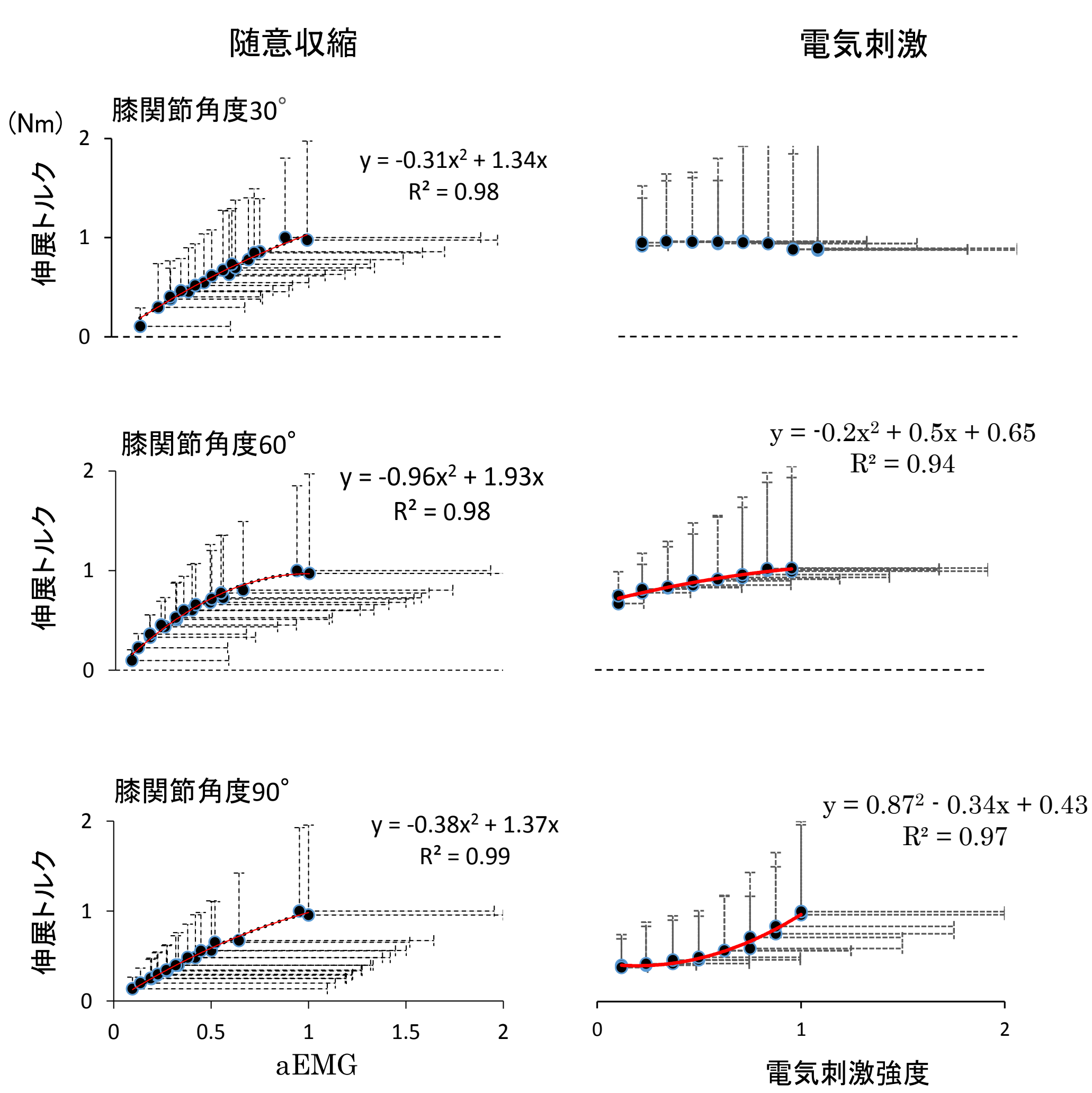


Fig.3 膝伸展トルクと随意的収縮時における外側広筋のaEMG(左図)および電気刺激時におけるその刺激強度(右図)との関係。X軸、Y軸ともに、最大膝伸展時の値を1とした時の比率。

随意的収縮時には、膝関節の屈曲に伴い、膝伸展トルクが増加し、P点移動量も大きくなった。一方、電気刺激による収縮では、膝関節角度 30° の時にP点移動量が最も大きくなった。これは随意的収縮時のP点の移動量とは正反対の結果であった。

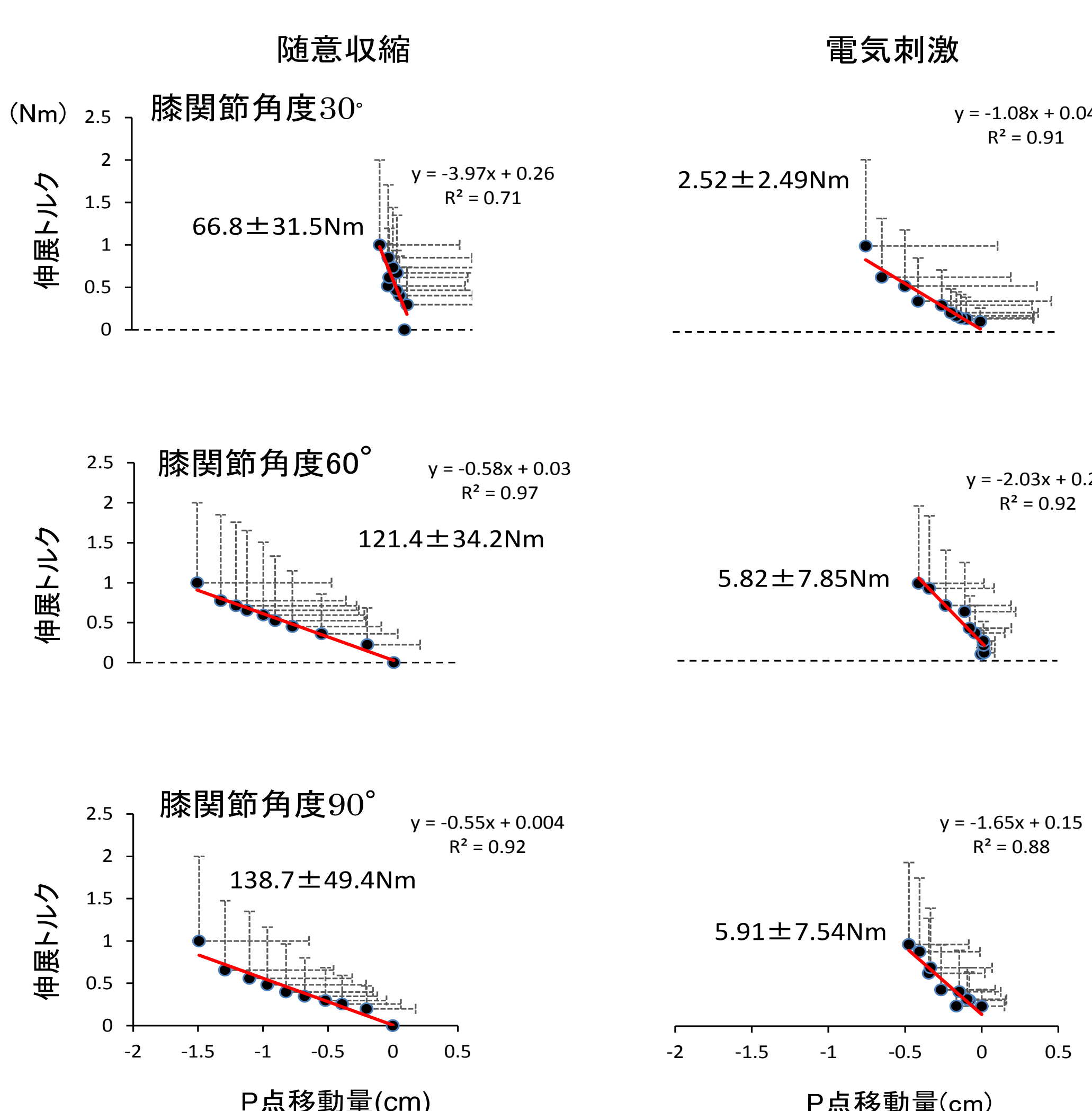


Fig.4 随意的収縮時(左図)および電気刺激時(右図)における膝伸展トルクとP点の移動量の関係。X軸は安静時を0とした時の移動量。負の値は近位方向への移動を示す。Y軸は最大膝伸展時のトルク値を1とした時の比率。

随意的収縮時の膝関節角度 30° における3種類の羽状角は、その力の増加とともに有意に大きくなった。しかし、膝関節角度が 60° 、 90° と屈曲位になるにしたがって、そのような有意な増加はみられなかった。また、全体として、膝関節が伸展位になるにしたがって、羽状角の増加が大きくなる傾向を示した。一方、電気刺激時は、随意的収縮時とは反対に、膝関節が屈曲位になるにしたがって、刺激

強度にともなう羽状角の増加が大きくなる傾向を示した。その一因としては、電気刺激の強度を高めるにしたがい、深部腱膜に生じた大きな歪みが考えられた。

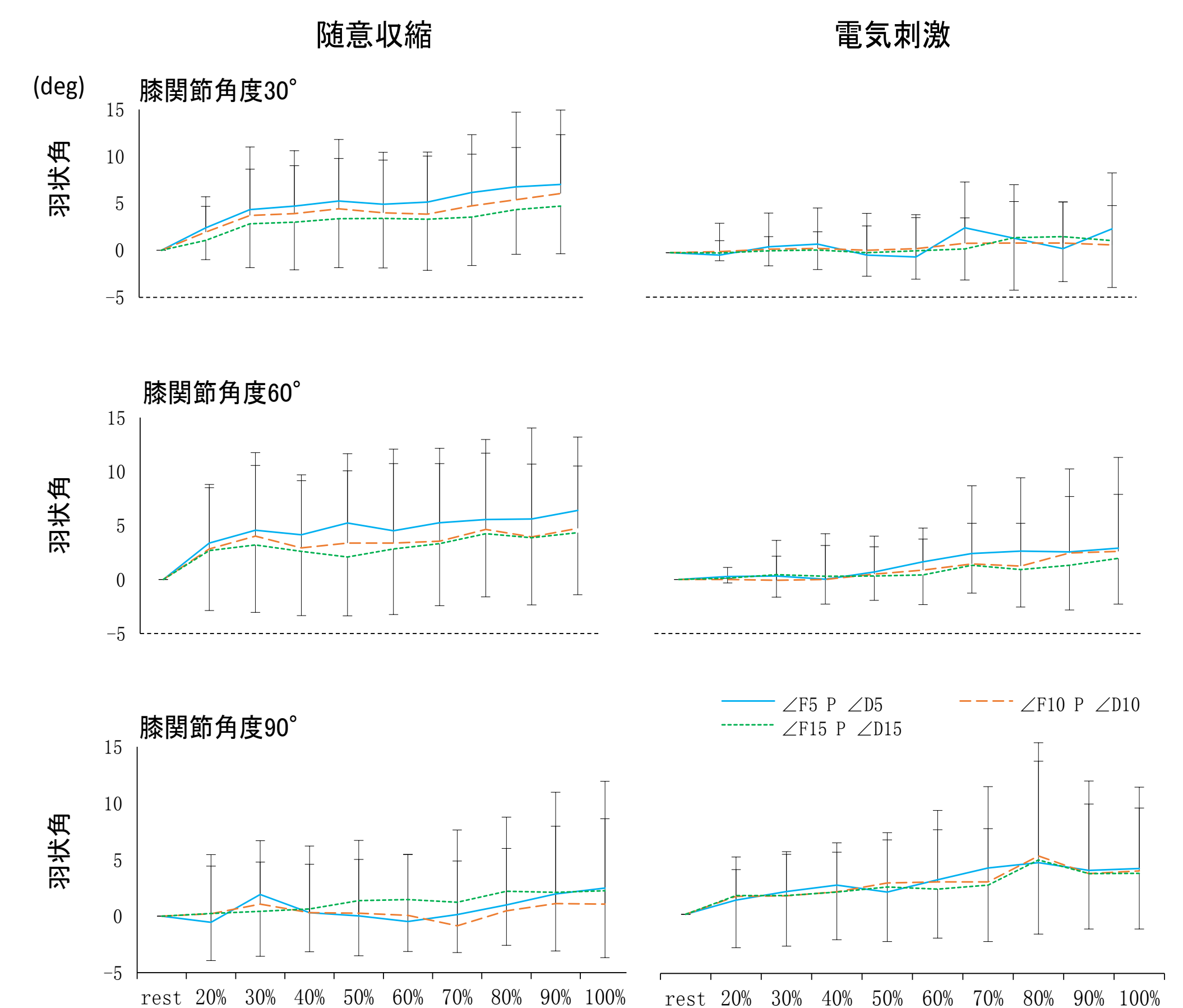


Fig.5 随意的収縮(左図)および電気刺激時(右図)における各関節角度と羽状角の増加量。X軸は安静時を0とした時の増加量で、Y軸は最大膝伸展および電気刺激強度。

DISCUSSION

随意的収縮では、膝関節の伸展に伴い、その発揮トルクは小さくなり、力発揮に伴うP点の移動量も小さくなった。膝関節角度 30° では、力の増加に伴う有意な羽状角の増加が見られたが、屈曲位である 90° ではそのような増加は見られなかった。これは、力発揮に対する腱組織の影響と考えられ、屈曲位にある膝関節で見られた傾向は、VL筋腱複合体全体が伸張されていたため生じた結果であると考えられた。

一方、電気刺激時には、膝伸展位で刺激強度に伴う膝伸展トルクの変化は見られず、屈曲位になるに従いトルクがわずかに増加する傾向を示した。また、電気刺激に伴うP点の移動量が伸展位でより大きくなった傾向は、これらの結果が関節角度に依存した腱組織のたるみに起因することを示している。本研究で用いた電気刺激強度では、その発揮トルクが小さく、伸展位ではその緩んだ腱を随意的収縮時のように引っ張り切れなかったすなわち、筋収縮による力を効率よく伝達できなかったと考えられる。腱組織が伸張する屈曲位で、電流強度の増加に伴い発揮トルクが向上した結果はこれを支持している。

本研究の結果は、リハビリやトレーニング等で伸筋に電気刺激を用いる場合、特定の筋に伸展位で電気刺激を行うと、腱組織への負担を軽くした状態で筋収縮を行うことができ、逆に屈曲位になると、腱組織により負荷をかける状態になることを示している。

REFERENCE

金子公有, 福永哲夫: バイオメカニクス-身体運動の科学的基礎. 杏林書院, 東京, 2004, pp20-49.

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。