

大腿四頭筋における筋束長、サルコメア長、直列サルコメア数の筋内部位差およびサルコメア長の筋線維内部位差

Intramuscular differences in fascicle length, sarcomere length and series sarcomere number and regional difference in sarcomere length within each fiber of the human quadriceps femoris

1K09A232-4

山田 加奈恵

指導教員 主査 川上 泰雄 先生

副査 若原 卓 先生

【緒言】

筋収縮の最小機能単位はサルコメアであり、サルコメアが直列に連なった筋原線維が、筋線維内に規則的に配列されている。そして、筋線維が集合して筋束となり、筋束が集合して一つの筋となる。筋線維の収縮速度は、1 個のサルコメアの収縮速度と筋線維内の直列サルコメア数の積であり、筋線維長が長い(直列サルコメア数が多い)筋ほど最大収縮速度が速いことが知られている。このように、骨格筋の形状やサルコメアの配置は筋の機能を決定する重要な因子である(川上、2002)。しかし、筋の形態的特徴に関して、人間を対象とした知見、特に筋内部位差に着目した研究は少ない。また、筋束長、筋線維長、サルコメア長の筋内部位差を明らかにすることは、筋の形状と機能の関連性や、収縮中の筋線維ダイナミクスの筋内不均一性の理解につながる。そこで本研究では、大腿四頭筋において、筋束長、筋線維長、平均サルコメア長、直列サルコメア数の筋内部位差、サルコメア長の筋線維内部位差を調べることを目的とした。

【方法】

本研究の観察対象は、教育・研究のために供された男性解剖用献体(82 歳、大腿長 38.1cm)の大腿四頭筋であった。筋束長および筋線維長は、大腿直筋において、近位、中央および遠位の 3 部位と、中央部をさらに外側、中央および内側の 3 か所に分けた計 5 か所、外側広筋においては、近位、中央、遠位の 3 部位と近位部をさらに外側と内側に分けた計 4 か所、内側広筋においては、近位と遠位の 2 部位、中間広筋においては、近位、中央、遠位の 3 部位で計測した。サンプルの筋線維が断裂していた場合は、各断裂部位の長さを足し合わせることで、筋線維長とした。サルコメア長は、微分干渉顕微鏡(BX51、OLYMPUS、JAPAN)を用いて、筋線維長の 0、25、50、75、100%の 5 つの部位における筋線維の顕微鏡画を取得し、筋線維画像の周波数解析を行い、筋線維内の各部位におけるサルコメア長を推定した。各筋線維のサルコメア長の代表値は、筋線維長の上記の 5 部位から得られたサルコメア長を平均することにより導出した。筋線維内におけるサルコメア長を、上記の 5 部位について比較した。直列サルコメア数は、大腿四頭筋の各部位において、筋束長を平均サルコメア長で除すことにより算出した。

【結果】

大腿直筋は、筋束長および直列サルコメア数において有意な筋内部位差が見られ($p<0.05$)、平均サルコメア長において筋内部位差および筋線維内部位差は認められなかった。外側広筋と内側広筋も、筋束長および直列サルコメア数において有意な筋内部位差があり($p<0.05$)、平均サルコメア長において筋内部位差および筋線維内部位差は認められなかった。中間広筋は筋束長および直列サルコメア数において有意な筋内部位差が見られた($p<0.05$)。平均サルコメア長の部位差においては、Kruskal-Wallis 検定により有意と判定された($p<0.05$)が、下位検定においては何れの部位間においても有意差はなく、筋線維内部位差も認められなかった。

【考察】

大腿四頭筋の各筋において、筋束長と直列サルコメア数の筋内部位差は対応しており、筋束長が長い部位は、直列サルコメア数も多かった。一方、平均サルコメア長においては、何れの筋においても筋内部位差は認められなかった。そのため、筋束長の部位差には平均サルコメア長よりも直列サルコメア数の影響が大きいことが示された。このことから、生体における筋束長の部位差の計測の有用性が示唆された。また、筋束長と直列サルコメア数に筋内部位差があることから、収縮中の筋線維ダイナミクス(筋線維の収縮速度など)において筋内部位差がある可能性が示唆された。

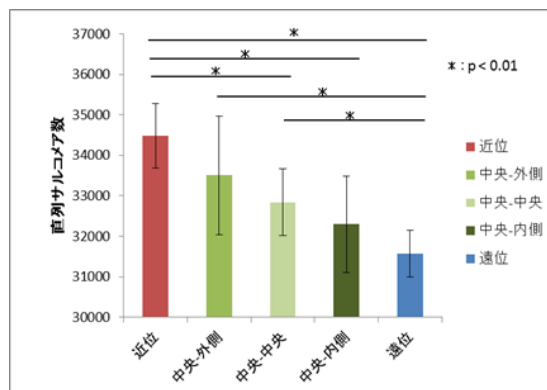


図 1. 大腿直筋の直列サルコメア数