

筋力発揮時の筋内筋張力分布は不均一である せん断波エラストグラフィによる検証

荒木浩二郎¹⁾, 池添 冬芽¹⁾, 小林 拓也¹⁾, 中村 雅俊²⁾, 梅垣 雄心¹⁾, 田中 浩基¹⁾, 藤田 康介¹⁾,
西下 智¹⁾, 築瀬 康¹⁾, 梅原 潤¹⁾, 市橋 則明¹⁾

¹⁾京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻, ²⁾同志社大学健康スポーツ科学部

key words 大腿四頭筋・筋張力・せん断波エラストグラフィ

【はじめに・目的】

大腿四頭筋に対する筋力トレーニングによる筋肥大効果は筋間・筋内で異なるという報告がある。筋肥大が筋間で異なることは筋形態、筋線維タイプの割合や神経支配の違いによると考えられている。一方、筋肥大が筋内で異なるということは、発生する筋張力が部位により異なる可能性が考えられるが、これまでヒト骨格筋の筋張力を非侵襲的に測定する方法がなく、筋内の筋張力分布は明らかではなかった。さらに、筋張力は関節角度により変化するが、関節角度が筋張力分布に及ぼす影響は明らかではなかった。近年、超音波診断装置のせん断波エラストグラフィ機能を用いて算出した弾性率は筋力発揮時の筋張力を反映することが報告されている。つまり、せん断波エラストグラフィを用いることで筋力発揮時の筋内筋張力分布を推定することが可能となった。筋内筋張力分布が明らかになることで筋力トレーニングの関節角度や運動様式を設定する根拠の1つになると考える。

そこで本研究は大腿四頭筋を対象とし、せん断波エラストグラフィにより算出した弾性率を筋張力の指標として用い、筋力発揮時の同一筋内の筋張力分布を明らかにすること、筋張力分布が関節角度によって変化するのかを明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は下肢に神経学および整形外科的疾患を有さない健康若年男性 16 名(平均年齢 23.8±3.6 歳)の右下肢とした。多用途筋機能評価運動装置(BIODEX 社製)を用いて最大等尺性膝伸展筋力(MVC)を測定した。測定肢位は端座位、股関節屈曲 85 度とし、膝関節屈曲角度は 15, 50, 90 度で測定した。

対象筋は大腿直筋(RF)、外側広筋(VL)、内側広筋(VM)とし、測定部位は RF が上前腸骨棘から膝蓋骨上縁を結ぶ線上 30% (近位)、50% (中間)、70% (遠位)、VL が大転子~膝蓋骨上縁外側の 30% (近位)、50% (中間)、70% (遠位)の高さ、VM が上前腸骨棘~内側膝蓋裂隙の 60% (近位)、80% (遠位)の高さとした。膝関節屈曲 15, 50, 90 度において安静時と 60% MVC で収縮させたときの弾性率を測定した。なお測定を行なう膝関節角度の順序は無作為とした。弾性率(kPa)は超音波診断装置(SuperSonic Imagine 社製)のせん断波エラストグラフィ機能を用いて算出し、安静時から収縮時の弾性率の変化量を筋張力の指標として解析に用いた。

統計解析は各筋において関節角度、部位の 2 要因の反復測定二元配置分散分析ならびに多重比較を行なった。なお、有意水準は 5% とした。

【結果】

RF, VL で部位による主効果がみられ、多重比較の結果、RF は屈曲 50 度では近位が中間・遠位に比べ有意に弾性率が高く、屈曲 15 度では近位が遠位に比べ有意に弾性率が高かった。屈曲 90 度では有意な差はなかった。VL は屈曲 90 度では中間が近位に比べて弾性率が高く、屈曲 15 度では近位が中間・遠位に比べ有意に弾性率が高かった。屈曲 50 度では有意な差はなかった。VM はどの角度でも近位、遠位で弾性率に有意な差がなかった。

VL のみ関節角度と部位との交互作用が認められ、屈曲 90 度では中間、屈曲 15 度では近位の筋張力が高く、弾性率の部位による違いの傾向が関節角度によって異なった。

【考察】

本研究の結果、RF, VL の弾性率は同一筋内でも部位によって異なることが示され、筋張力分布は筋内で不均一であることが明らかとなった。多チャンネル筋電図を用いて測定した RF の筋活動は筋内の部位によって異なることが報告されている。今回、RF で筋張力分布が不均一であったことは、筋活動が筋内で異なることが影響していると考えられる。一方、多チャンネル筋電図の先行研究において、VL, VM では部位による違いがないことが示されており、本研究の VL の結果とは矛盾する。これより、筋張力には筋活動以外にも、羽状角や筋線維タイプなどの筋内の形態的特徴が異なることも影響していると考えられる。

反復測定二元配置分散分析の結果、VL のみ交互作用が認められたことから、VL は関節角度によって筋張力分布パターンが変化することが示唆された。これは膝関節角度による筋線維の至適長変化が部位によって異なる影響が考えられる。

【理学療法学研究としての意義】

RF や VL では筋力発揮時の筋内の筋張力分布が異なること、VL においては膝関節角度によって筋張力分布は変化することが示唆された。本研究結果は筋力トレーニングを実施するうえで有用な情報となると考える。