

高強度で間欠的な走運動が 膝蓋腱と外側広筋・腓腹筋内側頭筋の腱組織の弾性特性に与える影響

スポーツ科学研究領域

5007A039-3 田村恵彦

研究指導教員： 矢内利政教授

緒言

腱組織の弾性特性は、反復的、または持続的な等尺性単関節筋力発揮後に、一過的に変化することが報告されている(Kubo et al., 2001a, b, 2002,). しかし、これらの報告は、単関節で単一の筋収縮様式での力発揮を反復した作業課題前後で比較したものである。一方で、一般的なスポーツで用いられる走運動は、いくつかの筋収縮様式が複合的に組み合わさって形成されている(Ishikawa et al., 2003). さらに、腱組織にかかる張力の大きさや、その時間は、これまで検討されてきた単関節動作時のそれと異なる(Komi et al., 1988). よって、腱組織の弾性特性の可塑性をスポーツと関連させるためには、走運動などの実際のスポーツで行われる運動を作業課題として検証する必要がある。

走運動が腱組織に及ぼす長期的な影響を検討した報告として、陸上短距離選手の外側広筋の腱組織は、一般人のそれと比べて伸展性が高く、一方で腓腹筋内側頭の腱組織の伸展性はその逆の傾向であることが報告されている(Kubo et al., 1999, Arampatzis et al., 2007). これらの結果は、高強度な走運動によって腱組織が一過的に変化し、その変化が長期的に繰り返されたことによって腱組織の弾性特性が変化したものとも考えられる。しかし、走運動が腱組織の弾性特性に及ぼす一過的な影響については明らかにされていない。さらに、大腿部と下腿部で腱組織の伸展性の特徴が逆の傾向になるという上記の報告は、高強度の走運動が大腿部と下腿部の腱組織に異なる影響を与える可能性があることを示唆している。しかし、反復的な走運動がそれぞれの腱組織に与える影響の差異についても、まだ明らかにされていない。そこで、本研究は、高強度で反復的な走運動が、膝蓋腱、外側広筋および腓腹筋内側頭の腱組織の弾性特性に与える影響を明らかにすることを目的とする。

方法

被検者は、健康な成人男性11名(24.7±3.2歳, 174.2±5.7cm, 66.6±5.4kg, 平均値 ± 標準偏差)であった。本実験は、事前測定(Pre 測定)、作業課題および事後測定(Post 測定)の順で行った。Pre 測定として、膝伸展(KE)と足関節底屈(PF)のramp 力発揮(5秒間かけて最大努力までトルク発揮し、1秒間維持した後、5秒間かけて安静状態に戻すランプ状のトルク発揮)を測定した。その際、超音波装置(SSD6500, SSD5500, ALOKA)のBモード法を用いて、KEramp 力発揮時には、膝蓋腱、外側広筋の腱組織(VL 腱)の縦断画像を、PFramp 力発揮時には腓腹筋内側頭の腱組織(MG 腱)の縦断画像をそれぞれ取得した。また、KEramp 力発揮時に右脚大腿部(外側広筋(VL), 内側広筋(VM), 大腿直筋(RF), 大腿二頭筋(BF)), PFramp 力発揮時に右脚下腿部(腓腹筋内側頭(MG), 腓腹筋外側頭(LG), ヒラメ筋(SOL), 前脛骨筋(TA))の筋放電量(EMG)を測定した。Pre 測定終了後、入念なウォーミングアップを実施し、十分な休息を取った後に、作業課題として50mを最大努力で走る試行を計20本実施した。試行間の休息は90秒とした。作業課題終了後、16分以内にPost 測定を完了させた。Post 測定は、Pre 測定で行った試行をすべて同様に行った。なお、Pre, Post 測定での膝関節および足関節トルク測定の順序は、被検者ごとランダムに実施した。本研究では、Pre, Post 測定で得られた超音波画像から、力発揮に伴う膝蓋腱、VL 腱、MG 腱の伸長を算出し、それぞれの伸長-トルク関係を導出した。また、Pre, Post 測定それぞれで、安静時の膝蓋腱長、VL・MGの筋厚、筋束長、羽状角を算出した。

それぞれの腱組織の伸長-力関係において、50%MVC~70%MVCで最小乗法を用いて直線回帰(図)を行い、これにより得られた直線の傾きをstiffness(N/mm)とした。

結果

膝蓋腱, VL 腱, MG 腱の伸長-トルク関係と stiffness は、いずれもPre 測定とPost 測定との間に、有意な差は認められなかった。KEramp 力発揮中の大腿筋群のEMG, PFramp 力発揮中の下腿筋群のEMG は、いずれもPre 測定とPost 測定で有意な差は認められなかった。安静時の膝蓋腱長, VL・MG の筋厚, 筋束長, 羽状角は、いずれの項目もPre 測定とPost 測定で有意な差は認められなかった。

議論

本研究では、高強度で間欠的な走運動が膝蓋腱, VL およびMG の腱組織の弾性特性に与える影響を検討した。その結果、いずれの腱組織でも、Pre 測定, Post 測定で伸長-トルク関係, stiffness(N/mm)に有意な差は認められなかった。この結果の要因について、a)作業課題の負荷強度について、b)腱組織のクリープの有無について、c)大腿部・下腿部の筋群の貢献度について、の3つの観点から考察する。

a) 作業課題の負荷強度について

Kubo et al. (2005, 2007)は、腱組織の弾性特性に影響を与える因子として、作業課題中に腱組織にかかる力の力積を挙げている。よって、本研究の作業課題の負荷強度を、作業課題中に下肢の腱組織にかかる力の力積として次の式を用いて算出した。

腱組織にかかる力の力積=ランニング動作中の腱張力(N)×接地時間(s)×右足歩数×試行本数。

その結果、本研究の作業課題中に膝蓋腱とVL 腱にかかる力の力積は、それぞれ72, 080(N・s), 115, 920(N・s)と推定した(それぞれの腱組織にかかる腱張力はScott et al., 1990より参照)。一方で、VL 腱の弾性特性を変化させたKubo et al. (2001b)の作業課題が膝蓋腱とVL 腱に加えた力の力積は、それぞれ約492, 170(N・s), 830, 188(N・s)と推定できる。また、MG 腱において、本研究の作業課題がMG 腱に加えた力の力積が144, 000(N・s) (MG 腱にかかる腱張力はKomi et al., 1988 より参照)であるのに対して、MG 腱の弾性特性を変化させたKubo et al. (2002)のそれは、約221, 957(N・s)と推定できる。これらのことから、本研究の作業課題中が膝蓋腱, VL 腱, MG 腱に加えた力の力積

は、Kubo et al. (2001b, 2005)の報告よりも小さいことが考えられる。つまり、本研究の作業課題は、下肢の腱組織の弾性特性を変化させる程度の負荷強度ではなかったことを示唆する。

b) 腱組織のクリープの有無について

腱組織にクリープが起こると、腱組織の初期長が変化する(Maganaris et al., 2002)ため、もし本研究の作業課題後において腱組織にクリープが生じていたとすると、作業課題前後の腱組織の弾性特性の変化を正しく検証できていない可能性がある。しかし、本研究では、作業課題前後で安静時の膝蓋腱, VL 腱, MG 腱の長さには有意な差がなかったため、クリープは起こっていないと考えられる。つまり、本研究において作業課題前後の腱組織の弾性特性の検証に当たり、腱組織のクリープによる影響は無視できると考えられる。

c) 大腿部・下腿部の筋群の貢献度について

本研究では、作業課題前後の膝関節伸展・足関節底屈ramp力発揮中の大腿・下腿部の各筋のEMG の変化に有意な差は認められなかった。この結果は、ramp 力発揮時の下肢筋群の

筋活動レベルがPre 測定とPost 測定で変化しなかったことを示唆している。つまり、作業課題前後で下肢の協働筋群の貢献度は変化していないことが考えられ、本研究における腱組織の弾性特性の検証に当たり、協働筋群の貢献度による影響は無視できると考えられる。

以上のことから、本研究の作業課題前後で膝蓋腱, VL 腱, MG 腱の弾性特性が変化しなかった主たる要因として、作業課題中に腱組織に与える力の力積が小さかったことが示唆された。これは、力が大きくとも腱組織にかかる力の力積が小さければ、腱組織の弾性特性に影響は与えないというKubo et al.(2007)を支持する。また、本研究の作業課題が腱組織に加えた力の力積は、先行研究でのそれよりも低いことから、人間が実施可能な範囲の高強度で連続的なスプリント走が腱組織の弾性特性に与える影響は小さいと考えられる。よって、陸上短距離選手の腱組織の弾性特性が一般人と異なる(Kubo et al., 2001, Arampatzis et al., 2007)要因は、腱組織が一過性の変化を繰り返しておこった適応ではなく、別の要因である可能性が高い。一方、陸上短距離選手の下肢の腱組織の伸展性が部位によって異なる点

について、本研究の結果から、反復的な走運動がそれぞれの腱組織に与える影響の差異を明らかにすることはできなかった。

本研究では、50m を最大努力で走る試行を20 回繰り返した作業課題前後で、膝蓋腱、外側広筋および腓腹筋内側頭の腱組織の弾性特性は変化しないことが明らかとなった。

