

終章
本研究のまとめ

1. 本研究のまとめ

1) 膝関節内反の有無と荷重による筋への影響

本研究では、膝関節アライメントに関係なく行われているスクワットやレッグプレスであるが、膝内反の有無により負荷の生じる筋のパターンが異なるのではないだろうか、その事が原因で、特異な局所負荷が生じ筋力トレーニングやリハビリテーションが逆に傷害を誘発するのではないだろうか、という仮説をたて研究を進めた。仮に、以上の事が明らかであるならば、膝関節内反の有無に対するそれぞれのトレーニング方法が必要であると考え、その方法を探ろうとした。研究課題 1-1 ではオールアウト後の各筋の疲労を定量化するために筋硬度を用い、また動作中の各筋の活動量を比較するために表面筋電図を用いて検討した。

オールアウト後の下肢各筋の筋硬度変化では、内反膝群のナロウスタンスにおいて前脛骨筋と外側広筋の硬度が上昇したが、スタンスを広げる事で硬度が減少した。そのため、ナロウスタンスよりもスタンスを広げてトレーニングすることで、特異的な筋疲労が避けられるのではないかと考えた。そこで、研究課題 1-2 の筋活動量においても、内反膝群のナロウスタンスでは外側広筋と前脛骨筋の筋活動量が上昇し、スタンスが広がるに従い低下するのではないかと予測した。しかし、大腿における筋活動量の内・外側広筋のバランスをみると、正常膝群よりも内反膝群の方が外側広筋の貢献度は低く、内側広筋の活動量の方が大きかった。研究課題

2-1 で検討した筋横断面積に対する筋の構成比をみても、内反膝群の内側広筋の占める割合が正常膝群よりも高く、この適応には整合性がある。研究課題 1-1 で挙げた外側広筋の筋硬度上昇についての 3 つ原因の推測について、①膝伸展の際、膝蓋骨の内側への偏位に対し適正な位置に補正するように張力を発揮していたために局所負荷が生じたのではないか、②逆に内側広筋に対し、外側広筋が優位に張力を発揮していたのではないか、③筋横断面積が内側広筋と比較して小さいために選択的に疲労したのではないか、のうち本研究からは③の原因が有力ではないかと考える。

前脛骨筋の%iEMGには両群間およびスタンス間にも有意差はなかった。本研究においては、内反膝群の前脛骨筋における筋硬度と%iEMGとの間には、何らかの関係はみいだせなかった。しかし、脛骨疲労骨折の要因のひとつに膝関節の内反が挙げられ¹⁰³⁾、また実際の症例においても受傷時には下腿の筋痛が強かったとの報告²⁵⁾もある。そのため、前脛骨筋の筋硬度の上昇は、骨への刺激に対する下腿コンパートメントの前区画の内圧上昇も考えられ、一概に筋活動によるものであるとは言えない。前脛骨筋が含まれる前区画のコンパートメント症候群は、他の区画と比較しても多いことが報告¹⁰⁴⁾されており、筋硬度とコンパートメント内圧との関連性についても検討する必要がある。

内反膝群におけるヒラメ筋の%iEMGが、正常膝群よりも高値を示し有意差がみられるのに対し、オールアウト直後の筋硬度はそれほど上昇せず、両群間に有意差は認められな

った。この原因の1つにヒラメ筋は下腿筋群の中でも遅筋線維筋⁷³⁾である事が挙げられるのではないかと推測される。そのため、筋活動量が上昇しても疲労が生じにくく、筋硬度に反映されなかったのではないだろうか。また、研究課題2-1の筋構成比においても、膝関節内反の有無に関わらず有意差はみられず、特異な負荷による筋肥大の適応はみられなかった。

2) 膝関節内反の有無と下肢骨格への影響

膝関節の大腿骨、脛骨、膝蓋骨関節の表面は弾力性のある関節軟骨で覆われている^{106,107)}関節軟骨には潤滑液が存在し、摩擦係数は0.002以下¹⁰⁸⁾ある。荷重が加わると関節軟骨層から組織液が滲出するために、摩擦係数は大きく変化しない¹⁰⁹⁾た、荷重が加わることで関節軟骨は弾性変形し、接触面の応力集中が緩和するよう働いている。しかしながら、膝関節が内反することで、外側支持組織に発生している張力と身体の重心線に発生している力の合力が内側に偏移し、関節の内側に圧力が増大する¹¹⁰⁾ため、膝の内反を有することで、関節軟骨の機能である潤滑と荷重伝達の役割に破綻をきたす可能性もあり、この状態での継続される身体活動は関節軟骨への損傷につながるのではないかと考えられる。一度関節軟骨の変性をきたすと、軟骨の弾性を失い、関節裂隙が消失¹⁰⁸⁾し、軟骨下骨に直接応力が集中するため、将来的には変形性膝関節症へつながる可能性もある。

またHsiehら¹¹¹⁾下における膝関節回旋不安定性の計測では、

非荷重過下では 41° であり、軸荷重をかけると体重下で 22° 、体重の 2 倍で 7° となるとし、同様に前後方向でも非荷重で 8mm、体重下で 4mm、体重の 2 倍で 2mm であったと報告している。つまり、膝関節は軸荷重を与えることで安定性が増加することを示唆している。

本研究では、膝の内反の有無と荷重およびスタンスの違いによる FTA の変化を検討した。膝関節の内反を有することで自重下ではスタンスが広がるに従い FTA が減少する傾向がみられたが、体重と同じ負荷をさらに加えた場合、200%/肩幅のスタンスではむしろ FTA は増加している。正常膝群でも同様に 200%/肩幅では増加した。膝の内反を有する場合、自重下では膝関節の自由度は比較的大きく、スタンスの変化に従い適正な FTA となるように適応したが、荷重をかけることで膝関節の安定性が増加し、スタンスの変化に対する FTA の変化に有意差はみられなかった。しかし、200%/肩幅のスタンスでは、正常・内反膝群とも FTA が増加していることから、膝関節の内反の有無に関わらず膝関節の内側への圧力は増加し、膝関節内への問題が生じる可能性が示唆された。

2. 今後の展望

本研究は、内反の有無と荷重による下肢筋・骨格へ影響を明らかにした。しかし、下肢のアライメントは膝の内反だけではなく、膝蓋骨の偏位、距骨下関節の回内・回外など様々な要因による影響を受ける。下肢のある部分のアライメントに異常をきたす場合、運動の連関から複雑に絡み合っ骨や筋、靭帯などに作用する。そのため、本研究の様に規定された同一動作下でのトレーニングを実施したとしても、アライメントの組み合わせにより、部分的に特異な負荷が生じる可能性もある。

今後は、膝関節だけではなく、膝蓋大腿関節・距骨下関節等との組み合わせによる、筋活動および骨アライメント変化のメカニズムを明らかにする必要がある。また、荷重時の骨格の変化については、関節の動揺性の評価を定量化し、関連性を再考する必要がある。さらに、荷重下における下肢動作の連関も3次元的な観点から明らかにし、床反力などのベクトルから詳細な解析も行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、体育科学系、向井直樹助教授には多大なる御指導を賜りました。体育科学系、目崎 登教授には6年間の筑波大学大学院在学期間中、公私に渡りご指導頂き深く感謝しております。また、数多く御助言、御指導を賜りました体育科学系、宮川俊平助教授、阿江通良教授、宮永 豊名誉教授、白木 仁助教授には深く感謝します。X線撮影に関しては、本学保健管理センター、片岡祐司氏、MRI撮像に関しては、本学研究員、高橋康輝氏、加藤守匡氏に御協力頂きました。また、福島大学教育学部、佐々木武人教授、本学体育科学系、中村良三教授、藤堂良明教授、小俣幸嗣教授、兵庫教育大学、永木耕介助教授には、柔道界を通じて様々なご指導を頂き深く感謝しております。また、甲南大学スポーツ・健康科学教育研究センター所長、山崎俊輔教授をはじめ、北岡守教授、桂 豊教授、鶴木千加子助教授、水澤克子助教授、伊東浩司講師、センター課長、鶴岡章氏には、甲南大学着任と同時に論文作成に際し様々な面から御支援頂き、本当に有難うございました。そして、本研究を遂行するにあたり、多大なるご協力を頂きました筑波大学大学院博士課程スポーツ医学専攻およびスポーツ医学研究室の方々、ならびに被験者の皆様にも深く感謝します。

最後に、多忙な研究生活にも理解を示してくれ精神面の大きな支えとなってくれた妻である未佳には本当に感謝しています。