

学 位 論 文 題 名

Compensatory muscle activity in the posterior cruciate
ligament-deficient knee during isokinetic knee motion.

（後十字靱帯不全膝の等速度性膝運動時における代償性筋活動）

学位論文内容の要旨

【緒言】膝十字靱帯損傷はスポーツ選手にとっては重大な問題である。PCL不全膝は明らかな後方動揺性があるにもかかわらず、不安定性に関する愁訴が少なくないことが知られており、その理由として、後方動揺性は大腿四頭筋を中心とする膝周囲筋の活動にて代償されるという仮設が一般に信じられている。前十字靱帯不全膝における膝周囲筋の代償性、協調性活動は既に証明されているが、PCL不全膝においてこの仮説の真偽を定量的に評価した研究はない。演者らはPCL不全膝における膝周囲筋の代償性活動の実態を動作筋電図学的に解明することを目的として研究を行ってきた。本発表の目的は、自己筋力により脛骨に著明な後方引出し力と前方引出し力が交互に繰り返して作用する環境の一つであるCybex 350を用いた求心性等速度性運動時において、膝屈曲位相時に大腿四頭筋が代償的に活動するか、もしくは膝屈筋群が抑制的に活動するか、さらには腓腹筋はどのような筋活動を行うかについてPCL不全膝において検討することである。

【対象と方法】陳旧性PCL不全患者12(平均年齢25歳)を対象とした。PCL不全膝の平均total A-P knee laxityの患健側差は平均で7.4 (3-11) mmであった。被検者左右の大腿直筋(Q)、半膜様筋(H)、腓腹筋内側頭(G)の計6ヶ所に表面筋電図を貼付した。Cybex 350を用いて求心性等速度性膝屈伸運動(30, 60°/s)を平均膝屈曲角0°-105°の範囲で連続5回行なわせ、筋電計、電気角度計、Cybexからの出力(筋トルク)を同時に記録した。PCL不全膝と健側膝の両膝を測定した。

【調査項目】i)定性的調査として、膝屈伸運動中におけるQ,H,Gの協調、抑制効果による代償を検討するために積分筋電図、およびトルク曲線の形状から大腿四頭筋または膝屈筋群の早急な反応の有無について厳密に観察した。ii)筋力による代償を検討するために最大筋力"peak torque (Nm)"を測定した。iii)筋力発生様式による代償を検討するため最大トル

ク膝角度を測定した"Angle at peak torque (deg.)"。iv)膝屈伸運動時の筋放電様式による代償を検討するために、積分筋電図の波形のピークを示した膝角度"Angle at peak EMG" (deg.)を測定した。v)代償性筋活動を調査するため、筋活動発生時とトルク検出時との時間差"preceeding discharge time (PDT) msec."を測定した。

【結果】(1)PCL不全膝、健側膝共にcybex施行時にはgiving wayを認めなかった。(2)前述したi)~iv)のparameterに関してPCL不全膝、健側膝間に有意差は認めなかった。(3)"preceeding discharge time "に関して、QおよびHでは $30^{\circ}/s$ 、 $60^{\circ}/s$ でP,N膝間に有意差を認めなかった。一方Gでは 30 、 $60^{\circ}/s$ 共にP膝で有意に大きく、つまり膝屈曲時における腓腹筋の筋活動は健側膝よりもPCL不全膝で有意に早かった。

【考察】求心性等速度性運動時において、ACL不全膝からの推定で考えられた「PCL不全膝では大腿四頭筋が代償的に活動し、膝屈筋群が抑制的に活動する」という現象は認められず、PCL不全膝における大腿四頭筋、膝屈筋群においては特異的な変化は認められなかった。しかし、腓腹筋に関しては、"preceeding discharge time" においてPCL不全膝では正常膝に比べて、最大伸展位から屈曲する際に腓腹筋が有意に早く活動していた。腓腹筋は膝屈筋であるが、膝安定性への寄与に関しては、不明である。しかし、考えられる働きとしては、足関節が固定されている場合、腓腹筋の収縮により大腿骨が後方へ引かれ、相対的に脛骨が前方に引き出される事。O'Connor は腓腹筋の収縮はPCLに負荷がかからない方向に作用すると述べている。脛骨関節面は後方に傾斜しており、腓腹筋の収縮により大腿脛骨関節面の圧迫力により脛骨は大腿骨に対して前方に変位する事等が考えられる。PCL不全膝における腓腹筋の早期収縮の臨床的意義については今後の検討を要するが、PCL不全膝の求心性等速度性運動時において示された最初の特異的な現象として、また腓腹筋の膝安定性に与える効果に関する研究の必要性を示唆したという点において注目に値する。本論文の弱点としては、open kinetic chain の環境下での実験であることである。今後closed kinetic chainでの実験が望まれる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 井 上 芳 郎

副 査 教 授 金 田 清 志

副 査 教 授 安 田 和 則

学 位 論 文 題 名

Compensatory muscle activity in the posterior cruciate ligament-deficient knee during isokinetic knee motion.

(後十字靱帯不全膝の等速度性膝運動時における代償性筋活動)

後十字靱帯(以下 PCL) 不全膝は明らかな後方不安定性があるにもかかわらず、不安定性を中心とした膝関節に関する愁訴が少なくないことが報告されており、その理由として、大腿四頭筋を中心とする膝周囲筋の活動にて代償されるという仮設が一般に信じられている。しかし、PCL 不全膝において大腿四頭筋をはじめとした膝周囲筋の代償性活動を定量的に評価した研究はない。本発表の目的は、自己筋力により脛骨に著明な後方引出し力と前方引出し力が交互に繰り返す作用する環境の一つである求心性等速度性運動時において、膝屈曲位相時に大腿四頭筋が代償的に活動するか、もしくは膝屈筋群が抑制的に活動するか、さらには腓腹筋の筋活動について PCL 不全膝において検討することである。

陳旧性 PCL 不全患者 12(平均年齢 25 歳)を対象とした。PCL 不全膝の後方不安定性を評価する total A-P knee laxity での患健側差の平均は 7.4 (3-11) mm であった。被検者左右の大腿直筋(Q)、半膜様筋(H)、腓腹筋内側頭(G)の計 6 ヶ所に表面筋電図を貼付した。Cybex 350 を用いて求心性等速度性膝屈伸運動(30, 60° /s)を平均膝屈曲角 0° -105° の範囲で連続 5 回行なわせ、筋電計、電気角度計、Cybex からの出力(筋トルク)を同時に記録した。PCL 不全膝と健側膝の両膝を測定した。i)定性的調査として、膝屈伸運動中における Q,H,G の協調、抑制効果による代償を検討するために積分筋電図、およびトルク曲線の形状から大腿四頭筋または膝屈筋群の早急な反応の有無について厳密に観察した。ii)筋力による代償を検討するために最大筋力(Nm)を測定した。iii)筋力発生様式による代償を検討するため最大トルク膝角度を測定した。iv)膝屈伸運動時の筋放電様式による代償を検討するために、積分筋電図の波形のピークが筋活動 1 サイクル中での位置”EMG peak”を測定した。v)代償性筋活動を調査するため、筋活動発生時とトルク検出時との時間差”preceeding discharge time (PDT) msec.”を測定した。以上の項目につき PCL 不

全膝と健側膝を分散分析 (ANOVA $p<0.05$)を用いて統計学的に比較検討した。

(1)PCL 不全膝、健側膝共に cybex 施行時には giving way を認めなかった。(2) 前述した i)～iv)の parameter に関して PCL 不全膝、健側膝間に有意差は認めなかった。(3)PDT に関して、Q および H では PCL 不全膝と健側膝間に有意差を認めなかった。一方 G では $30、60^{\circ}/s$ 共に PCL 不全膝で有意に大きく、つまり膝屈曲開始時における腓腹筋の筋活動は健側膝よりも PCL 不全膝で有意に早かった。

本研究では、PCL 不全膝における大腿四頭筋、膝屈筋群においては特異的な変化は認められなかったが、腓腹筋に関しては、“preceeding discharge time” にて PCL 不全膝では正常膝に比べて、伸展位から屈曲する際に腓腹筋が有意に早く活動していた。腓腹筋は膝屈筋であるが、膝安定性への寄与に関しては、不明である。しかし、考えられる働きとしては、足関節が固定されている場合、腓腹筋の収縮により大腿骨が後方へ引かれ、相対的に脛骨が前方に引き出される事。脛骨関節面は後方に傾斜しており、腓腹筋の収縮により大腿脛骨関節面の圧迫力により脛骨は大腿骨に対して前方に変位する事等が考えられる。また O'Connor は腓腹筋の収縮は PCL に負荷がかからない方向に作用すると述べている。PCL 不全膝における腓腹筋の早期収縮の臨床的意義については今後の検討を要するが、PCL 不全膝の求心性等速度性運動時において示された最初の特異的な現象として、また腓腹筋の膝安定性に与える効果に関する研究の必要性を示唆したという点において本研究は注目に値する。今後腓腹筋の膝の安定性についての生体工学的研究が望まれる。

口頭発表にあたり、副査の金田清志教授からは、本研究が非荷重であること、能動運動であること、学習効果があることなどの問題点について、また副査の安田和則教授からは、測定時の膝不安定性の内容、現象の再現性、機序に関する神経生理学的な説明などについて質問があった。さらに主査の井上芳朗教授からは、腓腹筋内側頭のみから計測を行った妥当性、腓腹筋が重要である臨床的証拠などについて質問があった。これらに対して申請者は自己の研究結果と文献的知識に基づいて概ね妥当な回答を行った。

審査員一同は、申請者が PCL 不全膝における膝周囲筋群の代償性筋活動を初めて定量的に証明した成果を高く評価し、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。