

陳旧性膝前十字靭帯断裂患者における 膝関節外側へのテープ貼付の影響 — 片脚幅跳び着地動作の分析 —

† 伊藤 讓¹⁾, 林 知也²⁾, 北條達也³⁾, 平澤泰介⁴⁾, 松本和久¹⁾, 勝見泰和⁵⁾

¹⁾ 明治鍼灸大学医療技術短期大学部 柔道整復学教室

²⁾ 明治鍼灸大学 生理学教室 ³⁾ 京都府立医科大学 整形外科学教室

⁴⁾ 明治鍼灸大学大学院

⁵⁾ 明治鍼灸大学 整形外科学教室

要旨：右陳旧性膝前十字靭帯完全断裂患者の男性を対象とし、患側膝関節外側に固定をとみなわないように貼付した粘着伸縮テープが、膝関節の機能的安定性に及ぼす影響を検討した。患側下肢にて跳躍距離70 cmの片脚幅跳びを2連続で行わせ、テープを貼付せずに片脚幅跳びさせた場合とテープを貼付した場合について比較を行った。評価指標として、床反力計によるheel contactからtoe offまでの床反力、3次元動作解析装置による膝・足関節と体幹の空間角度、および表面筋電図計による大腿直筋、ハムストリング、腓腹筋、前脛骨筋の表面筋電図を用いた。結果として、床反力は鉛直方向成分でテープ貼付ありの場合は貼付なしの場合に比し、heel contactおよび立脚中期のピーク値がそれぞれ下降、上昇した。また、この2つのピーク間隔の時間は減少した。膝・足関節の空間角度は、貼付なしの場合では2峰性の角度変化を示したが、貼付ありの場合にはこの現象がみられなかった。筋電図では、貼付なしの場合には防御的な筋活動がみられたのに対し、貼付ありの場合には、収縮タイミングの変化がみられた。以上の結果をあわせて判断すると、テープ貼付による皮膚刺激は、機能的安定性に関与する筋の収縮タイミングや活動量、関節の位置覚に影響し、膝関節の機能的安定性を向上する可能性が示唆された。

I. はじめに

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷患者では、脛骨の前方引き出しが出現し、膝関節の不安定性が生じる。これを改善する目的でテーピングやブレースの装着などが行われている。それら補助具が改善する不安定性、すなわち安定性の向上には2種類あり、一つは関節の固定や可動域制限によって改善する機械的安定性であり、もう一つはACL損傷によって低下した筋紡錘の応答性を皮膚刺激によって代償する機能的安定性である。補助具使用によって改善される2種類の安定性について、それぞれに実験的報告がなされている。前者の機械的安定性に関して、スポーツの現場では経験的に補助具使用、特にブレース装着によってそれが改善され、パフォーマンスの向上がみられるとされている¹⁾。それを客観的に証明するための実験が行われているが、ブレース装着によりパフォーマンスの向上がみられた²⁾という報告と逆に向上が

みられない^{3,4)}といった相反する報告がなされている。この相違は、対象患者群の適正、実験条件の相違などから生じており、ブレース装着により機械的安定性が改善され、パフォーマンスが向上するかどうかの明確な客観的証明はなされていない^{5,6)}。

もう一つの機能的安定性の改善に関して、ブレース装着による皮膚への刺激が、筋紡錘の応答性を向上させ、その結果関節の位置覚や筋の応答性が向上し、関節の機能的安定性が改善されるという報告がある^{4,7)}。しかしながら、これらの実験は、膝関節への荷重をとみなわない運動や一定肢位での計測であり、全身的な身体運動をさせた状態で関節の機能的安定性について検討したものではない。

このようにACL損傷患者において、補助具が改善する安定性が2種類ある以上、それらを明確に区別し、証明する必要がある。しかし、ブレース

平成15年3月18日受付、平成15年9月24日受理

Key Words : 膝前十字靭帯断裂 ACL-deficient knee, テープ貼付 stimulation by sticking tape, 運動分析 motion analysis, 片脚幅跳び one-legged jump,

† 連絡先 : 〒629-0392 京都府船井郡日吉町保野田ヒノ谷6

Tel: 0771-72-1181 Fax: 0771-72-0326

明治鍼灸大学医療技術短期大学部 柔道整復学教室
e-mail: y_itoh@muom.meiji-u.ac.jp

スを用いたこれまでの報告では、機械的安定性の改善の関与が必ずあり、皮膚刺激のみによる機能的安定性への関与を明確に証明することはできない。そこで本研究では、全身的身体運動をさせた



図1. 膝関節前方ストレスX線撮影側面像
野沢法⁸⁾; 10.8 (正常値20~80, ACL断裂時は20以下)
中点計測法⁹⁾; 91.7% (正常値45~70%, ACL断裂時は70%以上)



図2. MRI像 (T1強調画像)
ACLの消失が認められた。

状態において皮膚刺激が機能的安定性に関与するかどうかを調べる目的で、陳旧性ACL断裂患者を対象に、皮膚刺激として固定性のないテープ貼付を行い、片脚幅跳び着地動作についての測定・分析を行った。

II. 方法

1. 対象

被検者は24歳男性、身長170 cm、体重74 kg。平成7年、柔道稽古中、右膝に受傷したが個人的理由により、医療機関を受診せずそのまま放置した。平成14年、本学附属病院を受診しMRIにて右陳旧性ACL完全断裂と確定診断された。X線計測では、野沢法⁸⁾; 10.8 (正常値20~80, ACL断裂時は20以下)、中点計測法⁹⁾; 91.7% (正常値45~70%, ACL断裂時は70%以上)であった(図1)。MRIではACLの消失が認められた(図2)。なお、本研究は本学研究倫理委員会において承認され(受付番号14-1, 2)、実験はヘルシンキ宣言を遵守し、被検者に十分なインフォームドコンセントを行い同意書を得て行った。

2. 片脚幅跳び動作の方法および測定(図3)

患側下肢(右側)にて2連続で片脚幅跳びを行わせた。着地は進行方向に引いた直線上で行わせ、1回目の着地は床反力計(Kistler社製、9286A)上となるように指示した。1回の跳躍距離は70 cmで、上肢の影響を最小限にするため、両腕を組んだ状態で跳躍させた。跳躍距離70 cmは、被検者が不安感無く片脚幅跳び可能な最大距離として設定した。テープ貼付による皮膚刺激なしの

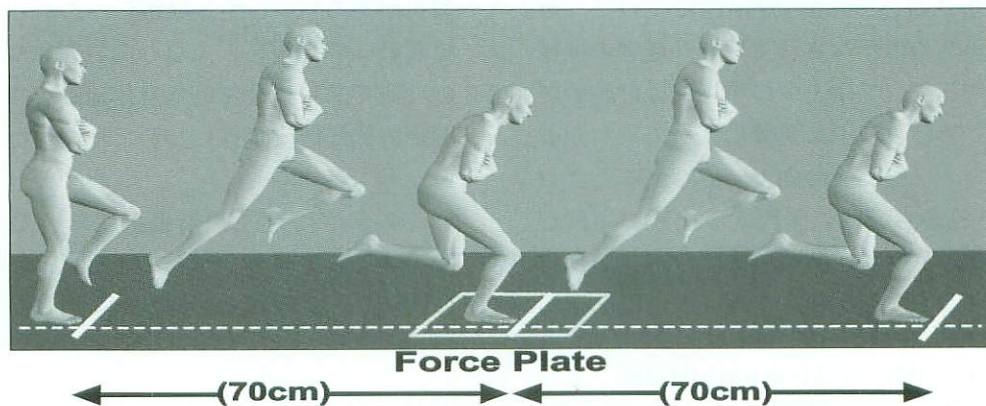


図3. 実験方法

患側下肢にて2連続で跳躍距離70 cmの片脚幅跳びを行わせた。着地は進行方向に引いた直線上で行わせ、1回目の着地は床反力計上とした。

場合とありの場合で、各7回計測した。測定は、床反力計上で、heel contactからtoe off (立脚期)まで行った。

3. テープ貼付による皮膚刺激の方法

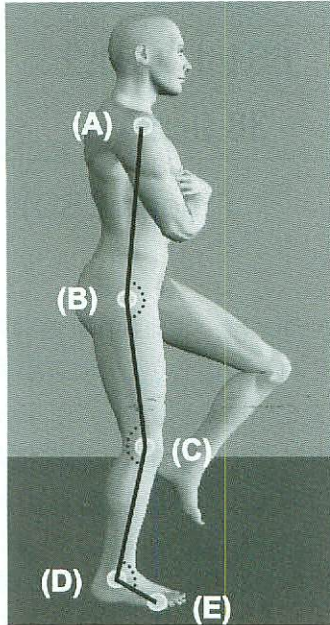


図4. 身体標点位置

身体標点として、反射マーカを(A)肩峰外端、(B)大転子、(C)膝外側関節裂隙中央、(D)外果、(E)第5中足趾関節外側に貼付した。(A)-(B)-(C)のなす角度を体幹角度、(B)-(C)-(D)のなす角度を膝関節角度、(C)-(D)-(E)のなす角度を足関節角度とそれぞれ定義し、図中の点線で示した角度を測定した。

皮膚刺激用テープとして、粘着伸縮布包帯(日東電工社製、ニトリートEB-75)を幅7.5cm×長さ10cmに切断し、これを用いた。貼付位置は、患肢膝関節外側とし、テープが膝関節外側関節裂隙を跨ぐように腓骨頭より中枢方向へ縦長に貼付した。

4. 測定項目

以下の3項目について測定を行った。

- a. 床反力
- b. 膝・足関節および体幹の空間角度
- c. 大腿四頭筋(Q), ハムストリング(H), 腓腹筋(G), 前脛骨筋(TA)の表面動作筋電図

4-a. 床反力

床反力の、左右方向成分 (Force X), 前後方向成分 (Force Y), 鉛直方向成分 (Force Z) を測定した。Force Zについては、heel contact ともなう上限値 (Z1) と立脚中期の下限値 (Z2), Z1からZ2に至るまでの時間および傾きを指標とした。

4-b. 空間角度の測定

空間角度の測定には、3次元動作解析装置 (Vicon Motions Systems社製、VICON512) を用いた。身体標点として、反射マーカを(A)肩峰外端、(B)大転子、(C)膝外側関節裂隙中央、(D)外果、(E)第5中足趾関節外側に貼付し、(A)-(B)-(C)のなす角度を体幹角度、(B)-(C)-(D)のなす

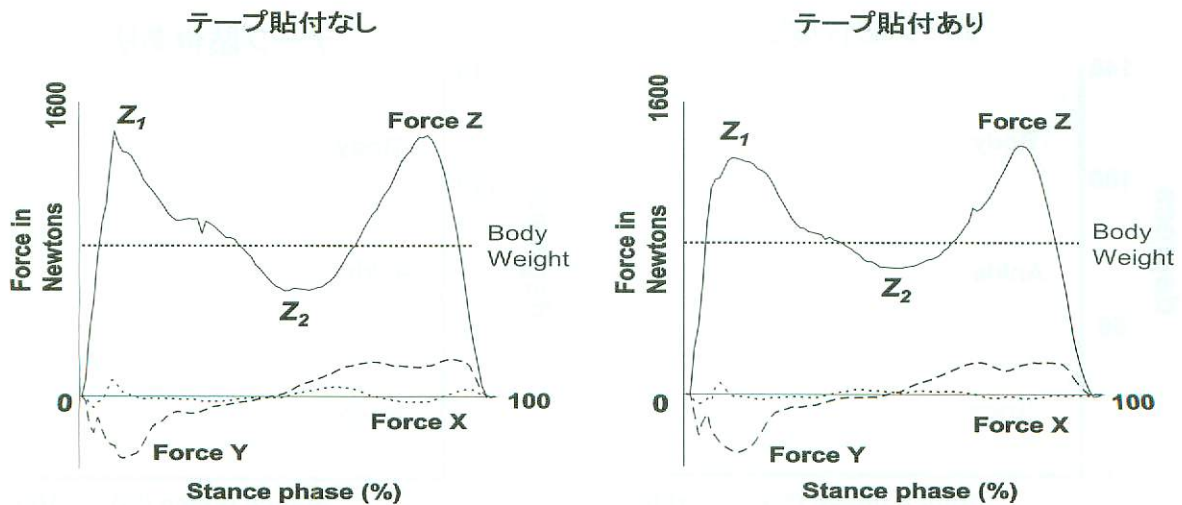


図5. 床反力の測定結果 (代表例)

空間角度 (図6), 筋電図 (図7) と同期して測定した床反力を示す。立脚期を100%とし、0をheel contact, 100をtoe offとした。

表 1. 床反力ピーク値 (Z1, Z2) 及びピーク値間の立脚時間に占める割合

Z1; heel contactにともなう上限ピーク値 (N) Z2; 立脚中期の下限ピーク値 (N)

Z1-Z2; Z1からZ2に至るまでの時間が立脚時間に占める割合 (%)

	テープ貼付あり	テープ貼付なし
Z ₁ (N)	1432.4 ± 65.2	1322.1 ± 50.5
Z ₂ (N)	631.6 ± 50.8	661.1 ± 81.2
Z ₁ - Z ₂ (%)	43.1 ± 3.8	38.9 ± 4.9

(mean ± SD)

角度を膝関節角度, (C)-(D)-(E)のなす角度を足関節角度とそれぞれ定義した (図4). それらの角度は, 180° 以下の方を測定した.

4-c. 表面動作筋電図

表面動作筋電図は, Q, H, G, TAの各筋腹中央に電極を貼付して測定した. 測定には, NORAXON社製, MyoSystem1200を用いた.

5. データ処理

床反力, 空間角度, 表面動作筋電図はすべて同期させて測定した. heel contactからtoe offまでの立脚時間を100%として正規化し, Z1からZ2に至るまでの時間が立脚時間に占める割合を百分率で表した. この値およびZ1, Z2については7回の平均値と標準偏差(mean ± SD)を求めた.

III. 結果

床反力, 空間角度, 表面動作筋電図の測定結果の代表例をそれぞれ図5から7に示した.

床反力の変化 (図5) において, Force XおよびForce Yではテープ貼付なしと貼付ありの場合で, 著明な差はみられなかった. Force Zでは, 貼付なしの場合にZ1が1432.4 ± 65.2 N, Z2が631.6 ± 50.8 Nであり, 貼付ありの場合にZ1が1322.1 ± 50.5 N, Z2が661.1 ± 81.2 Nであった. Z1は貼付なしの場合に, Z2では貼付ありの場合に, それぞれが大きくなる傾向を示した. Z1からZ2に至るまでの時間が立脚時間に占める割合は, 貼付なしの場合の 43.1 ± 3.8%に比し, 貼付ありの場合は 38.9 ± 4.9%となり, 若干減少する傾向がみられた. これらをまとめて表1に示した.

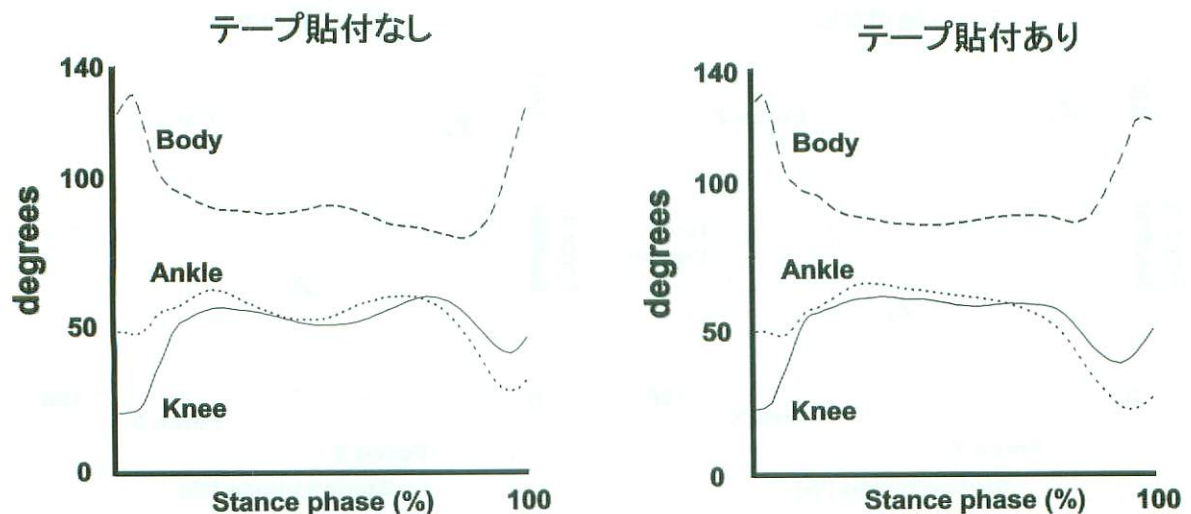


図6. 空間角度の測定結果 (代表例)

床反力 (図5), 筋電図 (図7) と同期して測定した空間角度を示す. 立脚期を100%とし, 0をheel contact, 100をtoe offとした.

Z1からZ2までの変化の傾きは、貼付なしと貼付ありではほとんど差がみられなかった。

空間角度の変化(図6)において、テープ貼付なしの場合は、膝・足関節の角度が、2峰性の変化を示したが、この2つのピーク値には著明な差がみられなかった。貼付ありの場合にはこの現象はみられなかった。体幹角度の変化において、heel contactからtoe offにかけて、貼付なしの場合は、体幹角度が減少しながら推移し、貼付ありの場合にはほぼ一定の角度で推移する傾向がみられた。

表面動作筋電図(図7)において、テープ貼付なしの場合は、heel contactにともない、QおよびHの活動増大がみられた。立脚中期には、貼付なし、貼付あり共にQの活動が低下した。この時期におけるHの活動タイミングは、貼付ありの場合は貼付なしの場合に比し早くなった。また、この時期のGの活動は、貼付なしの場合に比し、貼付ありの場合に増大した。TAは貼付なしの場合に、この時期の直前で活動が増大した。立脚中期以後toe offまでの時期では、Q、Hの活動は、貼付なしの場合に比し貼付ありの場合において、相対的に減弱した。

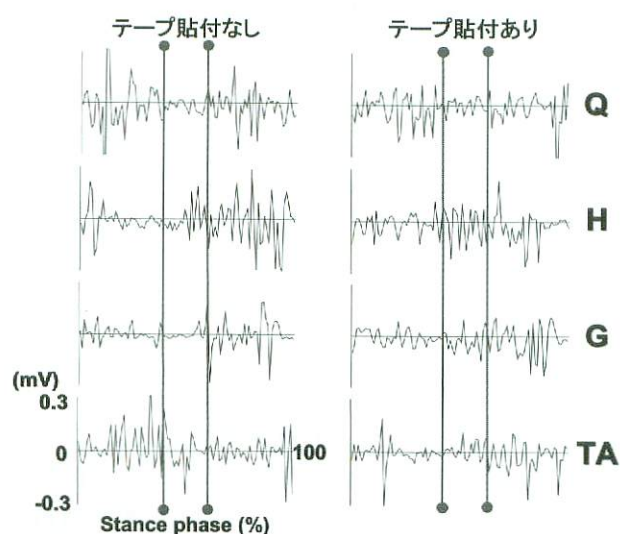


図7. 筋電図の測定結果(代表例)

床反力(図5)、空間角度(図6)と同期して測定した筋電図を示す。立脚期を100%とし、0をheel contact、100をtoe offとした。テープ貼付あり、テープ貼付なしの場合、共に立脚中期に大腿四頭筋(Q)の活動が低下する現象(図中の縦線間)がみられ、これを中心に検討した。

IV. 考 察

ACLにはルフィニ終末とパチニ小体が存在することが解剖学的に証明されており^{10,11)}、さらに電気生理学的な実験から、これらのレセプターが膝関節の機能的安定性に関与していることが示唆されている^{12,13)}。すなわち、ACLに存在するこれらのメカノレセプターからの求心性情報が、ハムストリングなどに存在する筋紡錘の応答性を高め、膝の機能的安定性に関与していると考えられている¹²⁾。ACL損傷患者では靭帯からの求心性情報が極端に減少、または欠落しているため、ACL損傷膝において脛骨前方引き出しを行った際、ハムストリングが応答するまでの潜時は対側の正常膝に比し遅延することが示されている¹⁴⁾。これはACL損傷膝では膝関節の機能的安定性が損なわれていることを示唆している。

一方、皮膚に存在するメカノレセプターからの求心性情報が筋紡錘の応答性に影響を与えているという報告がある^{12,15)}。このことにより、皮膚からの物理的刺激が、筋紡錘を介して膝関節の機能的安定性へ影響を及ぼすということが考えられる。この観点から、健常者を対象に膝関節周囲への粘着伸縮布包帯の装着によって膝関節の位置覚が向上すること¹⁶⁾や、足関節において前距腓靭帯断裂患者の外果周囲に固定性を有しないテープを貼付することで重心動揺が減少したこと¹⁶⁾などが報告されている。しかし、これらは全身的な身体運動を行わせた状態で検討したものではない。より臨床的に皮膚からの物理的刺激の影響を調べるためには、全身的な運動を行わせて膝の動的な状態で検討する必要がある。また、正常人に比し皮膚刺激からの影響がより大きいと考えられるACL損傷患者では、ブレース装着による皮膚刺激が筋応答性を改善することが報告されている⁷⁾。ブレースによる皮膚刺激の方法では、関節の固定作用による機械的安定性を除外できないため、皮膚への刺激のみが関節の機能的安定性に関与するかどうかを検討することができない。そのため、本実験では固定性のない皮膚刺激の方法として、膝関節外側へテープを貼付し、全身運動下においてテープ貼付が膝の機能的安定性にどのように影響するかについて検討を行った。

皮膚刺激による膝関節の安定性を検討するための被検者としては、靭帯が損傷あるいは欠損した、

膝関節の不安定性を有する患者が望ましい。これは正常膝と比較した場合、安定性の変化が現れやすいからである。しかし、この変化は比較的小さいため、被験者の膝の状態によって影響され易い¹⁹⁾。それゆえ、本実験ではできるだけ大きな変化を見るために、ACL完全断裂の患者を選定した。さらに本実験では、患側での片脚幅跳びを行うため、膝関節への荷重負荷が大きく、ACL断裂急性例では著しい疼痛が生じる可能性があり倫理上適さない。また、関節鏡などの外科的侵襲が潜時に影響するという報告¹⁹⁾もある。近年ではACL再建術の術後成績が良好なことから、陳旧性ACL断裂患者は比較的稀である。以上のような理由から、本実験ではMRIにて非侵襲的に確定診断を行った陳旧性ACL完全断裂の1例を被験者とした。このように本実験に最適な被験者は比較的稀であるため、本研究では1例のみとした。ACL損傷患者に対し、損傷膝関節の支持性あるいは安定性について、片脚での垂直跳びや幅跳びを行わせて検討した報告^{19,20)}では、主に着地動作や離地動作に着目した研究であり、着地動作から離地動作に移行する立脚中期についての検討は十分ではない。本研究では、2連続の片脚幅跳びを進行方向への直線上で行うよう被験者に指示した。この指示がなければ、2度目の着地点が一定地点にならないため、被験者は目標地点に対して体勢を整える必要がなくなる。つまり、この指示があることによって、被験者は2度目の幅跳びを行う直前で体勢を整える必要が生じる。この体勢を整える時期が、荷重が後足部から前足部へと移動する立脚前期から中期²⁴⁾で、正常膝ではACLに張力が発生する²⁵⁾。この時期にはACL損傷患者では脛骨を前方に引き出すような荷重がかかるため、膝の不安定性がこの動作に著明に影響を及ぼすと考えられる。このことから、皮膚刺激によるACL損傷患者の損傷膝関節の安定性を検討するためにはこの時期にも着目する必要がある。本報告ではこの時期を中心に考察する。

床反力Force Zの結果において、テープ貼付なしの場合、heel contactにともなうZ1は、貼付ありの場合に比し大きかった。このheel contactにおいて、角度変化の測定結果から、膝関節はほぼ伸展位であったこと、筋電図から、Q、Hの活動がより大きくなっていったことが示された。これら

のことから貼付なしの場合のZ1が貼付ありの場合に比し大きいことは、heel contactによる膝ぐずれ現象を防ぐためにQ、Hを収縮させて膝関節をほぼ伸展位に固定して着地するため、膝関節によるクッションが機能しないために起こったと考えられる²³⁾。Tiboneら²⁶⁾は、ACL損傷膝では、Z1から立脚中期のZ2までの傾きが、健常膝に比し緩やかになり、これはForce Zに反映される下肢の支持能力の低下を表すと報告した。しかし本実験結果では、貼付ありと貼付なしでは、この傾きに差はみられなかった。この差異は、健側と患側の比較においては健側のACLが関節の機械的な安定性に寄与するのに対し、本実験でのテープ貼付は機械的安定性に関与しないために生じると思われる。さらにTiboneら²⁶⁾は、ACL損傷患者の早歩きおよび走行時の片脚支持期における立脚中期の床反力Force Zのピーク値について、早歩きでは患側が大きく、走行時は逆に健側が大きくなると報告した。走行時は片脚支持となるため、片脚幅跳びを行った本研究の結果は、走行時との比較がより妥当と思われる。Tiboneらの走行時に健側のピーク値が患側に比し大きくなるということは、健側では膝の機械的及び機能的安定性が患側に比し高いということに由来すると考えられる。この観点から彼らの走行時の結果と比較すると、われわれのForce Zの波形変化そのものは早歩きのものに似ているが、テープ貼付によってZ2が大きくなったことは、膝関節の機能的安定性が向上したことを示唆している。また、Z1からZ2までの時間が立脚時間に占める割合は、貼付ありの場合には貼付なしの場合に比し減少する傾向がみられた。これは、heel contactからtoe offに備える動作がよりすみやかに行われたことを示す。貼付ありの場合にみられたZ2の上昇は、貼付なしの場合に比し、移動速度が遅くなったことを示しており²⁴⁾、これはすなわち、テープ貼付によって膝の機能的安定性が向上した結果、いわゆる膝の"ため"が効き、この時期の安定性が向上したことを示すといえる。

筋電図の結果では、テープ貼付なし、貼付あり共に、立脚中期にQの活動が低下する現象がみられ、これはBerchuckら²⁷⁾が報告したACL損傷患者にみられる立脚期のQの収縮を避ける歩行(quadriceps avoidance gait)に相当するものと

考えられる。この時期に着目すると、Hでは貼付なしの場合に比べ貼付ありの場合に、活動が大きくなるタイミングが早くなる傾向がみられた。Beardら¹⁴⁾はACL損傷患者において、脛骨前方引き出し刺激に対するハムストリングが応答するまでの患側での潜時が、健側に比し有意に遅延することを報告した。このACL損傷患者にみられる潜時の遅延は、ブレースを装着することによって短縮すると報告されている¹⁴⁾。この現象は膝関節の荷重をともなわない静的な状態でみられたものであるが、本実験結果は、荷重をともなう動的な状態において、この現象をとらえたものと考えられる。皮膚のメカノレセプターからの求心性情報 γ -運動ニューロンの活動を増加させることが報告されている¹⁵⁾ので、ブレース装着によって潜時が短くなることは、皮膚のメカノレセプターからの情報が γ -運動ニューロンを介して筋紡錘の利得を上げていることによると考えられる。しかしブレースでは、機械的安定性向上の影響を取り除くのは不可能であり、また皮膚刺激の範囲もわれわれのテープ刺激より何倍も大きい。われわれのテープ貼付は、機械的安定性には関与せず、刺激範囲も比較的狭いので、そのような皮膚刺激でもHの潜時を短くし、応答性を向上することが今回明らかになった。他の筋電図の結果で特徴的なものは、この時期の直前のTAで、貼付ありの場合には貼付なしの場合に比し小さいが、これは貼付ありの場合には、膝関節をほぼ伸展位で着地したことにより、着地後の前方制動に膝関節が十分機能せず、これを足関節で行ったのに対し、貼付ありでは膝関節のクッションが機能したためと思われる。立脚中期以後toe offまでの時期では、Q、Hの活動は、貼付なしの場合に比し、貼付ありの場合では相対的に減弱した。この現象について、貼付なしの場合には、heel contactからtoe offにかけて、体幹角度が減少して推移する、すなわち前傾を大きくしながら推移するためにQ、Hの活動が大きくなると思われる。それに対して貼付ありの場合には、前述した立脚中期の膝関節の安定性(膝の"ため")が得られたために、それらの活動が減弱したと思われる。

ACL断裂患者における片脚幅跳び動作を分析した報告^{19,20)}では、損傷膝では健常膝よりもheel contactにともなう膝関節の屈曲角度が大きくな

るとされている。これはheel contactによる衝撃をできるだけ小さくするために起こる現象と考えられている。この現象はACL再建術後では、再建手術による膝関節の安定性獲得とリハビリテーションによる運動能力回復によって改善するとされており、この要因の一つはACL再建による機械的安定性の獲得である²¹⁾。今回の結果では、テープ貼付なしと貼付ありでは、heel contactにおける屈曲角度に差は認められず、貼付したテープが固定性を有しない、すなわち膝関節の機械的安定性に関与しないことを証明している。これに対し、立脚中期の膝関節の屈曲角度変化は、貼付なしの場合には2峰性を示し、これが貼付ありの場合にはみられなくなった。貼付なしの場合にみられた2峰性の変化は、前方不安定性に対する防衛的反応が現れていると思われる。すなわち、heel contactにともなう膝・足関節の屈曲角度が増加するが、膝くずれが起らないようにするため屈曲角度を減少させ、さらに離地に備えて再度屈曲角度を増加させるために起こるものと思われる。Corrigan²¹⁾らはACL損傷によって膝関節の位置覚が低下することを、また、Perlauら¹⁶⁾は膝関節の位置覚がその周囲への弾性包帯装着によって改善されることを報告した。このことから、テープ貼付による皮膚刺激によって位置覚が改善し、その結果2峰性の屈曲角度変化がみられなくなった可能性が考えられる。しかしながらこの2峰性の変化は、これまでに報告はなく^{19), 22)}今回の被検者に特有な現象である可能性は否定できない。またこの現象は、脛骨の前方変位が生じるために起こるのか、あるいはこれを防ぐために生じるのかについても不明である。

実験結果を総合して考慮すると、テープ貼付による皮膚刺激は、屈曲角度の2峰性変化の消失や、機能的安定性に関与する筋の収縮タイミングや活動量、位置覚に影響したと考えられる。すなわち、テープ貼付による皮膚刺激によって、Hの収縮タイミングの短縮などによる機能的安定性が向上し、Z1からZ2に至るまでの時間の短縮、Z2の上昇などが起こり、安定した着地動作が行われたことが示唆される。

V. 結語

陈旧性ACL断裂患者を対象に、テープ貼付に

よる皮膚刺激の影響を、床反力計、3次元動作解析装置および筋電計を用いて検討した。その結果、テープ貼付による皮膚刺激が、筋の収縮タイミングや活動量、位置覚に影響して、関節の機能的安定性を向上し、より安定した着地動作が行われるようになったと考えられる。

参考文献

- 1) Beynnon BD, Renstrom PA : The effect of bracing and taping in sports. *Ann Chir Gynaecol*, 80 : 230-238, 1991.
- 2) Cook FF, Tibone JE, Redfern FC : A dynamic analysis of a functional brace for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*, 17 : 519-524, 1989.
- 3) Wu GKH, Ng GYF, Mak AFT : Effects of knee bracing on the functional performance of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil*, 82 : 282-285, 2001.
- 4) Wu GKH, Ng GYF, Mak AFT : Effects of knee bracing on the sensorimotor function of subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 29 : 641-645, 2001.
- 5) Cawley PW, France EP, Paulos LE : The current state of functional knee bracing research. A review of the literature. *Am J Sports Med*, 19 : 226-233, 1991.
- 6) Johnson RJ, Beynnon BD, Nichols CE, et al : Current concepts review. The Treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone and Joint Surg*, 74-A : 140-151, 1991.
- 7) Lam RY, Ng GY, Chien EP : Does wearing a functional knee brace affect hamstring reflex time in subjects with anterior cruciate ligament deficiency during muscle fatigue? *Arch Phys Med Rehabil*, 83 : 1009-1012, 2002.
- 8) 野沢 進 : 膝関節十字靭帯損傷時の異常可動性の計測法とその意義, *整形外科*, 24, 797-802, 1973.
- 9) 村瀬研一, 熊野 潔, 万納寺毅智ら : 膝関節前後方向強制位のX線計測法, 第4回東京膝関節研究会誌, 179-184, 1983.
- 10) Halata Z, Rettig T, Schulze W : The ultrastructure of sensory nerve endings in the human knee joint capsule. *Anat Embryol*, 172 : 265-275, 1985.
- 11) Zimny ML : Mechanoreceptors in articular tissues. *Am J Anat*, 182 : 16-32, 1988.
- 12) Johansson H, Sjolander P, Sojka P : A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop*, 268 : 161-178, 1991.
- 13) Sjolander P, Johansson H, Djupsjobacka M : Spinal and supraspinal effects of activity in ligament afferents. *J Electromyogr Kinesiol*, 12 : 167-176, 2002.
- 14) Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, et al : Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone and Joint Surg*, 75-B : 311-315, 1993.
- 15) Johansson H, Sjolander P, Sojka P, et al : Effects of electrical and natural stimulation of skin afferents on the gamma-spindle system of the triceps surae muscle. *Neurosci Res*, 6 : 537-555, 1989.
- 16) Perlau RP, Frank C, Fick G : The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. *Am J Sports Med*, 23 : 251-255, 1995.
- 17) 松坂誠應, 横山茂樹 : 足関節機能的不安定性に対する外果周囲皮膚刺激の効果—固有受容器反射障害の観点から—, *運動・物理療法*, 10 : 539-363, 1999.
- 18) Acierno SP, D'Ambrosia C, Solomonow M, et al : Electromyography and biomechanics of a dynamic knee brace for anterior cruciate ligament deficiency. *Orthopedics*, 18 : 1101-1107, 1995.
- 19) 宗田 大, 荻内隆司, 山本晴康ら : 前十字靭帯不全患者におけるOne Leg Hopの着地動作の分析, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 17 : 253-257, 1996.
- 20) 小柳磨毅, 林 義孝, 玉木 彰ら : 前十字靭帯不全膝の片脚幅跳び動作の解析, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 17 : 263-266, 1996.
- 21) 小柳磨毅, 玉木 彰, 淵岡 聡ら : 前十字靭帯再建術後患者の片脚幅跳び動作の解析, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 18, 69-72, 1997.
- 22) Gauffin H, Tropp H : Altered movement and muscular-activation patterns during the one-legged jump in patients with an old anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*, 20 : 182-192, 1992.
- 23) 久保秀一, 畠中泰彦, 長谷 斉ら : 前十字靭帯再建後患者の筋力と片脚着地能力との関係, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 18, 73-76, 1997.
- 24) 土屋和夫監修, 臨床歩行分析懇談会編 : 臨床歩行分析入門, 医歯薬出版, 東京, pp63-66, pp86-87, 1989.
- 25) 山本隆博, 山本正都, 芹沢和子ら : 十字靭帯損傷の歩行分析, *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 17, 229-233, 1996.
- 26) Tibone JE, Antich TJ, Fanton GS, et al : Functional analysis of anterior cruciate

- ligament instability. *Am J Sports Med*, 14 : 276-284, 1986.
- 27) Berchuck M, Andriacchi TP: Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone and Joint Surg*, 72-A : 871-877, 1990.
- 28) Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP : Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone and Joint Surg*, 74-B : 247-250, 1992.

Effects of stimulation by sticking tape on the old ACL-deficient Knee : Motion analysis of landing during two consecutive one-legged Jumps

† ITOH Yuzuru¹⁾, HAYASHI Tomoya²⁾,
HOJO Tatsuya³⁾, HIRASAWA Yasusuke⁴⁾,
MATSUMOTO Kazuhisa¹⁾, KATSUMI Yasukazu⁵⁾

¹⁾ Faculty of Judo Seifuku Therapy, College of Medical Technology,

Meiji University of Oriental Medicine,

²⁾ Department of Physiology, Meiji University of Oriental Medicine,

³⁾ Department of Orthopaedic Surgery, Kyoto Prefectural University of Medicine,

⁴⁾ Graduate School of Acupuncture and Moxibustion, Meiji University of Oriental Medicine,

⁵⁾ Department of Orthopaedic Surgery, Meiji University of Oriental Medicine

Abstract

Introduction : To clarify the effects of stimulation by sticking tape on the lateral side of the knee joint, we investigated functional stability of the joint during motion in the stance phase of one-leg jump in a male patient with old anterior cruciate ligament (ACL) deficiency.

Methods : The patient was instructed to jump forward twice using his injured leg under the condition with stimulation by sticking tape, or without sticking tape (control). The vertical ground reaction force from the heel strike to toe off was measured using a force platform, and the flexion angle of the knee and body trunk was measured using a three-dimensional motion analysis system. The quadriceps muscle (Q), hamstring muscle (H), gastrocnemius muscle (G), and anterior tibial muscle (TA) were measured by EMG meter using surface electrodes.

Results : The lower limit of the vertical ground reaction force was higher under stimulation by sticking tape than under the control. The flexion angle of the knee and ankle joints showed two-peaks in the control, but there were no such changes with stimulation by sticking tape. The potentials of H and G were relatively higher under stimulation by sticking tape than under the control, but the potential of TA was relatively lower under the former condition than under the latter.

Conclusions : The two-peak changes in the knee joint flexion angle did not occur with stimulation by sticking tape, because of the changes in contraction timing of various muscles and the elevation of the lower limit of the ground reaction force. This suggested that stimulation by sticking tape improved knee joint instability in a patient with ACL-deficiency.

Received on March 18, 2003 ; Accepted on September 24, 2003

† To whom correspondence should be addressed.

Meiji University of Oriental Medicine, Hiyoshi-cho, Funaigun, Kyoto 629-0392, Japan