

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 10 日現在

機関番号：17101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700618

研究課題名（和文）スポーツテーピングの運動力学的機能評価

研究課題名（英文）Evaluation of mechanical function in sports taping

研究代表者

梅野 貴俊（TAKATOSHI UMENO）

福岡教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：10368871

研究成果の概要（和文）：

本研究により、膝関節の運動範囲と剛性に寄与するスポーツテーピングの保護効果、さらに膝関節周辺の皮膚伸張特性を明らかにした。テーピング施術後、非施術と比較すると関節運動範囲が約 20% 抑制されることを明らかにした。しかしながら、わずかな歩行運動だけでその効果が減少することを認めた。また、テーピングを直接貼り付ける膝関節近位の皮膚の伸張特性は非常に複雑であり、皮膚の伸縮特性を考慮に入れたテーピング手法の再構築が不可避であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

This study evaluated the effect of sports taping on the prevention of injury to the anterior cruciate ligaments of the knee on knee joint kinematics and knee stiffness. The range of motion of the knee joint was shown to reduce by approximately 20% compared to that without taping. However, the effect of taping was insignificant with light exercises such as walking.

In addition, this study demonstrates the deformation of the human skin surface around the knee joint during knee flexion. Skin deformation changed from contraction to expansion with knee flexion. Thus, the taping techniques that consider the mechanical properties of the skin and soft tissue need to be developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2011 年度	100,000	30,000	130,000
2012 年度	100,000	30,000	130,000
総 計	3,300,000	990,000	4,260,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，スポーツ科学

キーワード：リハビリテーション，スポーツテーピング，バイオメカニクス，前十字靱帯

1. 研究開始当初の背景

スポーツテーピングとは、関節にテーピングを巻いて、傷害を受けやすい部位を補強し、その可動域を制限することで怪我の予防、再発を防ぐ目的で行われている。すなわち、ス

ポーツテーピングの役割は関節の補強と保護、さらには、テーピングによりプレイヤーの不安を取り除くことである。テーピング手法に関する参考書物は国内外で多数存在しており、その技術は確立されつつある。しか

しながら、参考書物によって巻き方や手順などが全く異なることも事実である。また、テーピングは巻き手と受け側の主観に基づくフィードバックにより施術され、その技術が確立されている。このため、テーピングの効果に関する物理的指標は非常に乏しい。

国内外において、スポーツテーピングに関する研究報告は多数見受けられるものの、その多くがテーピングの機械的性質や痛みとの関係を調査したものが多く、生体関節を対象とした力学的な解析はほとんど行われていない。特に、膝関節を対象としたテーピングに関する研究報告例は非常に少なく、運動時の膝関節に及ぼすスポーツテーピングの力学的効果を調査した研究報告は、我々の渉猟する限り国内においても、国外においても見受けられない。「治療と保護効果の定量的な評価を提供することが、スポーツバイオメカニクス従事者の役割」(chan et al., Orthopaedic sport biomechanics-a new paradigm, Clinical Biomechanics, 2008)と指摘しているように、スポーツ・医学界において従来の手法を裏付けるための定量的な評価が国内外で強く望まれている。

こうした国内外の研究動向に対して、本研究はスポーツテーピング技術を運動力学的に解き明かす実験的研究であり、スポーツバイオメカニクスにおいて重要な研究テーマの一つとして位置づけられる。

2. 研究の目的

本研究は、運動時の膝関節に寄与するスポーツテーピングの力学的サポート効果およびテーピングの巻き方やその手順、巻き位置の変化が膝関節の剛性や軟組織にどの程度影響を及ぼすかを運動力学的に解明しようとするものである。

まず、教科書に記載されている従来の様々なスポーツテーピングが膝関節の運動と剛性に及ぼす保護効果を定量的にするとともに、テーピング施術後の軽い運動により、保護効果がどのように変化するのかを明らかにする。

次に、テーピングの保護効果を低下させる原因の一つである、テーピングと皮膚とのズレについて、光学式3次元モーションキャプチャーを用い、膝関節能動的屈伸運動時における、関節近似皮膚の体表面変化より考察する。

これら結果を基に、スポーツにおける傷害予防、応急処置や再発防止(リハビリテーション)に適した、新たなテーピング手法を導き出すことが本研究の最終目的である。本研究は、関節の中でも最も複雑かつ過酷な運動を行う膝関節に焦点をおいて遂行した。

3. 研究の方法

本研究は、3つの研究テーマを設定し横断的に遂行する。一つは「膝関節運動に及ぼすスポーツテーピングの効果」であり、もう一つは「膝関節剛性に及ぼすスポーツテーピングの効果」、最後の一つは「膝関節運動にともなう膝関節近位皮膚の伸長特性」である。

(1) 膝関節運動に及ぼすスポーツテーピングの効果

スポーツテーピングは試合中の応急処置として使用することも多く、疾患部への負担をどれだけ軽減できるかが重要な役割となる。しかしながら、現在のテーピング技術はその効果が曖昧であり、十分な運動力学的検証が行われていない。そこで本研究では、歩行時の膝関節屈曲角、大腿部に対する下腿部の前後変位量および内外回旋量を同時に評価することが可能なインテリジェント膝動態解析装置を用いて、前十字靱帯損傷時に用いるスポーツテーピングが歩行時の膝関節動態に及ぼす影響について明らかにした。

実験では、膝に損傷歴のない健常者10名(20~26歳、平均年齢22.6歳、男8名、女2名)を対象として歩行実験を行った。トレッドミル上で歩行速度3 km/hで歩行した時の、膝動態パラメータ(膝関節屈曲角、脛骨の前後変位量、内外回旋量)を取得した。条件は、テーピングを施術しない状態、施術した状態、さらに、施術後軽い運動を行った後の4条件である(Table 1)。

Table 1 Experiment conditions.

Group	Conditions
Control	Non-taping
Taping 1	Sports taping
Taping 2	30 minute of exercise with taping
Taping 3	60 minute of exercise with taping

(2) 膝関節剛性に及ぼすスポーツテーピングの効果

テーピングの物性値に関する研究報告は見られるが、テーピングが膝関節の剛性に及ぼす効果に関する成果報告は非常に乏しい。本研究では、Knee arthrometer (Kneelax3)を用いて、準静的条件における膝関節剛性に及ぼすスポーツテーピングの影響について明らかにした。

被験者は膝に損傷歴のない健常者14名(男性12名、女性2名)、平均年齢22.5±2.1(最高年齢28歳、最小年齢20歳)であり、下肢下腿部に前方引出荷重を与えたときの、大腿部に対する下腿部の前方変位量を測定した。実験条件は、テーピングを施術しない状態、巻き方の異なる複数のテーピングを徐々に重ねて施術した状態、すべてのテーピングを施術した後、軽い運動を行った後の8条件である(Table 2)。

Table 2 Experimental conditions.

Group	Conditions
Control	Non-taping
T1	Anchor taping
T2	Cross taping on the T1
T3	Longitudinal taping on the T2
T4	Spiral taping on the T3
T5	Split taping on the T4
E1	30 minute of exercise after taping T5
E2	60 minute of exercise after taping T5

(3) 膝関節運動にともなう膝関節近位皮膚の伸長特性

テーピングによる保護効果が低下する原因として、発汗によるテーピング粘着力の低下、テーピングと皮膚との伸縮特性の違いにより、皮膚とテーピング間のズレが生じることなどが考えられる。膝関節は複雑な6自由度運動を行うことから、各部位で体表面の伸縮特性は大きく異なると予想される。ヒト体表面の伸縮特性や弾性率に関する研究は多数あるが、自重負荷運動時の膝関節体表面変形を3次元で解析した研究は少ない。そこで本研究では、光学式3次元モーションキャプチャーを用いて、自重負荷条件下における膝関節能動的屈伸運動時の関節近位皮膚の体表面変化を明らかにした。

被験者は、膝に損傷歴のない健康者男性10名、平均年齢21.4歳 $\pm$ 0.69(最高年齢23歳、最小年齢20歳)である。

4. 研究成果

(1) 膝関節運動に及ぼすスポーツテーピングの効果

テーピングによる膝関節運動の保護効果に関する典型的な一例をFig.1に示す。(a)は膝の屈曲角度、(b)は大腿に対する下腿の前後変位、(c)は下腿の内外回旋である。テーピングを施術することで、歩行時の膝の屈曲角度および大腿部に対する下腿部の前後移動量と内外回旋量が、control群(テーピング非施術)に比べ抑制されていることが認められた。特に、テーピング施術直後(Taping1群)は顕著な抑制効果が認められたが、運動とともに膝関節の抑制効果は徐々に減少することが明らかとなった(Taping2, 3群)。しかしながら、約1時間の歩行運動を行った後でも、下腿部の前後移動量および内外回旋量は、control群の約80%を維持しており、歩行程度の軽い運動ではテーピング効果はある程度持続することが明らかとなった。

これまでに、歩行時の膝関節に及ぼすスポーツテーピングの温存効果を動的かつ定量的に評価した研究はない。運動時の膝関節に及ぼすテーピングの保護効果を定量的に評価できたことは、大変意義のある研究成果である。

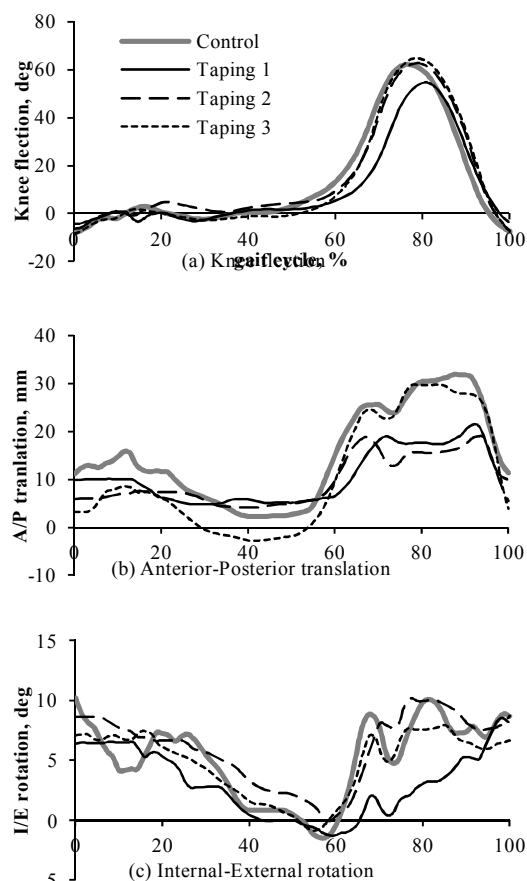


Fig. 1 Comparison of knee kinematics with sports taping and non-taping in a walking cycle.

(2) 膝関節剛性に及ぼすスポーツテーピングの効果

Fig.2に実験結果(荷重-変位曲線)の一例を示す。ほとんどの試験において、図のようなヒステリシスループが観察された。この曲線より前方引出側の傾きを算出し膝関節剛性を評価することが望ましいが、観察された曲線は、2~3の変曲点が存在しており、さらに、傾きを算出するための領域設定に明確な定義が存在しないことから、本研究では、任意の荷重値における下腿部の前方変位量を算出し評価することにした。

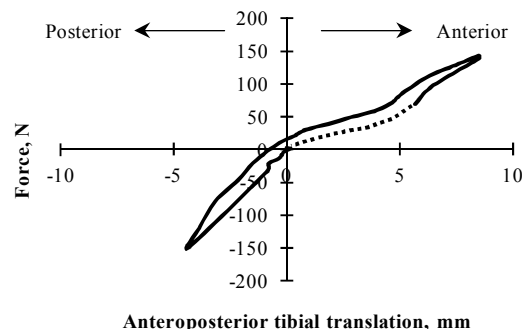


Fig. 2 Relation between anteroposterior translation (mm) and force (N).

Fig.3 に下腿部への前後引出荷重と変位量の関係を示す。このグラフは前方引出荷重 44, 66, 88, 132N における、下腿部前方変位量を各群で示している。テーピングを施術しない Control 群の前後変位量を 100%とし、その他実験条件 (T1~5, E1~2 群) における前方変位量の割合 (平均値, 標準偏差) を示している。結果は、ばらつきが多く、各群間で優位差は認められないが、全ての荷重条件において、T1 群から T5 群となるにしたがい、前方変位量が減少する傾向が認められ、テーピングにより膝の前方変位が抑制されていることが明らかとなった。特に T5 群において低負荷である 44N では、control の約 80% まで前方変位量が減少していた。しかしながら、荷重が最大となる 132N では、T3~5 群においてほぼ同じ値であることが明らかとなった。テーピング施術後 30 分間の運動を行った E1 群では、前方変位量が T1 群とほぼ同じ値を示すことが認められ、その後 30 分間の運動を行った E2 群でも、前方変位量は E1 群に近い値であることが明らかとなった。

アンカーテープ (T1 群) は、運動中に生じる軟部組織等の変化を抑制するとともに、T2 群以降に用いられる伸縮テープの滑り止めの役割を果たしている。クロステープ (T2 群)、縦テープ (T3 群) は、下腿部の内外反制限、膝蓋骨の可動域制限および脛骨前後可動域制限の役割を、スパイラルテープ (T4 群) は下腿部の内外回旋の抑制および伸展制限の役割を、スプリットテープ (T5 群) は、膝蓋骨の可動域を制限するとともに、膝関節部分のテーピングのズレを防止する役割を果たしている。すなわち、T1 から T5 となるに従い徐々に膝関節の可動域制限効果が高くなると予想され、実験結果においても T5 群において前方変位量の抑制効果が最も高いことが認められた。T1 群から T5 群へとテーピングを巻く回数が増えることで、テーピングがギプスのような役割を果たし、膝関節の保護効果が高くなることは容易に予想できる。T1 群から T5 群への各過程において、様々なテーピング手法を用いたが、これらテーピング手法の違いが前方変位量へ及ぼす影響を明らかにすることはできなかった。前十字靭帯を損傷したスポーツ選手にテーピングを施術する場合、そのほとんどが T5 群のスプリットテープ・アンカーテープまで施術する。T5 群まで段階的に施術した様々なテーピング手法の相乗効果によって、膝関節の制動効果が高まると考えた場合、2~3 種類のためのテーピング手法の組み合わせだけでは、十分な保護効果が期待できないと考えられる。また、本実験では、歩行程度の軽い運動を行っただけで、前方変位量の抑制効果が低下していた。歩行程度の軽い運動でも、発汗によるテーピング粘着力の低下やテーピ

ングの伸び等により、テーピングと皮膚とのずれが生じ、膝関節保護効果を低下させたと予想される。

本研究により、段階的に施術した様々なテーピング手法の相乗効果によって、膝関節の制動効果が高まることが明らかとなっており、2~3 種類のためのテーピング手法の組み合わせだけでは、十分な保護効果が期待できないと予想される。すなわち、スポーツアスリートがテーピングを施術する場合、複数のテーピング手法を用いて段階的に施術することが望ましく、そうでない場合は十分な関節保護効果が望めないことを明らかにした。これら結果は、軽度の膝関節損傷において、簡単なテーピング施術のみでプレーするアスリートの危険性を示した重要な結果であると考えられる。

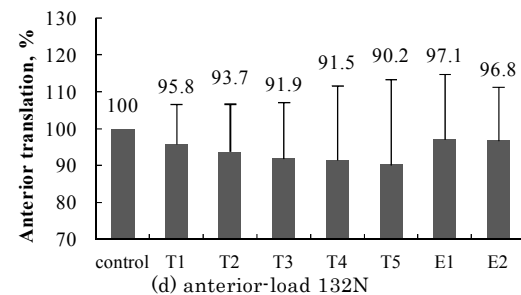
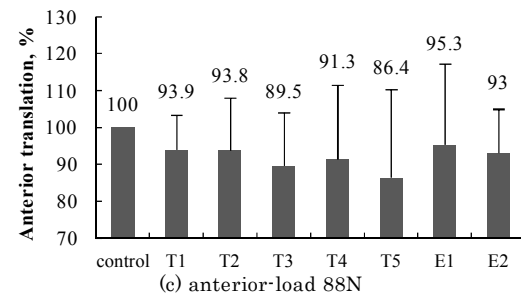
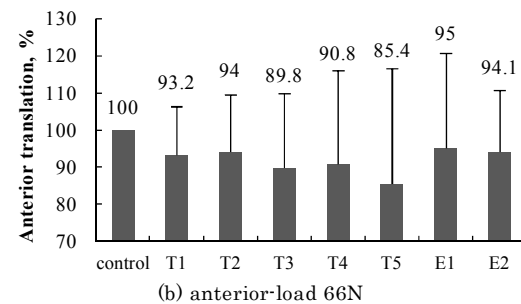
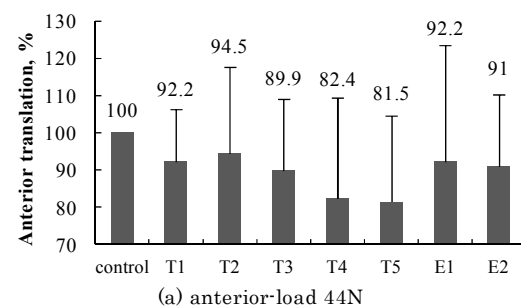


Fig. 3 Effect of sports taping on knee stiffness.

(3) 膝関節運動にともなう膝関節近位皮膚の伸長特性

各屈曲位における膝関節周辺 (Fig.4) の体表面積の変化率 (平均値) を Fig.5 に示す。直立時を基準とし、各屈曲位の体表面積の増減比 (伸縮比) を表している。直立時を 0 とし各屈曲位における面積比の増減をそれぞれプラス (赤色濃淡), マイナス (青色濃淡) で示している (白は変化なし)。膝回転中心近位 (③~⑥) における膝蓋骨より内側では、全ての屈曲位において体表面積の増加 (伸張) が認められ、その増加率は屈曲角の増加に伴い大きくなることが明らかとなった。一方、外側から後方では、屈曲位の変化に関係無く常に体表面積が減少 (収縮) していた。これら体表面積の変化は屈曲位 80 度で最大となり、膝蓋骨から内側の体表面では最大で約 40% の伸張、外側から後方部位では約 30% の収縮が認められた。屈曲位 20 度, 40 度において、下腿部の足関節に近い①と②、大腿部の股関節に近い⑦と⑧では体表面積が収縮しており、その収縮は屈曲位 40 度で最大となることが明らかとなった。屈曲位が 60 度, 80 度と増大するに従い、体表面積の収縮は伸張へと徐々に変化し、屈曲位 80 度では、膝回転中心部位 (④, ⑤) の外側から後方までの部位以外はほぼ伸張していた。このように、下腿部の足関節に近い①と②、大腿部の股関節に近い⑦と⑧では、膝関節屈曲位の増加に伴い体表面積が収縮から伸張へと変化しており、特に、⑦と⑧の体表面積変化は顕著であった。また、下腿部②と③、大腿部⑥と⑦では、収縮と伸張がわずかな領域で混在するなど、皮膚の伸縮変化が非常に大きいことが明らかとなった。

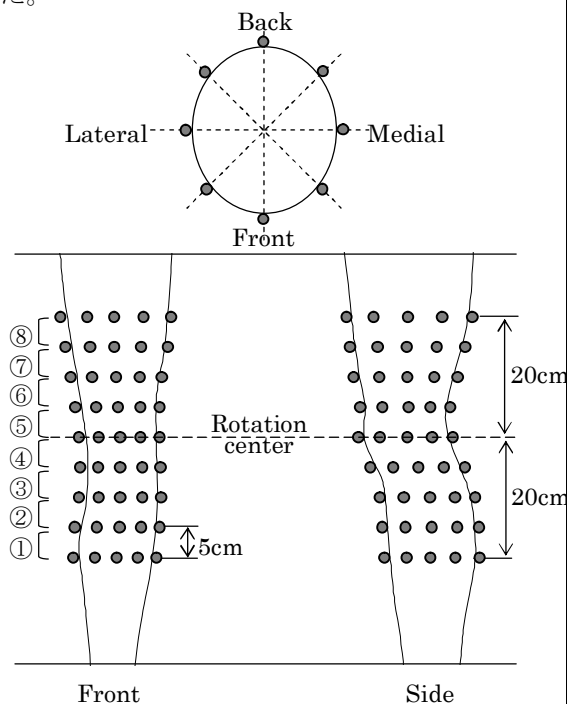


Fig.4 The pasting position of maker at knee

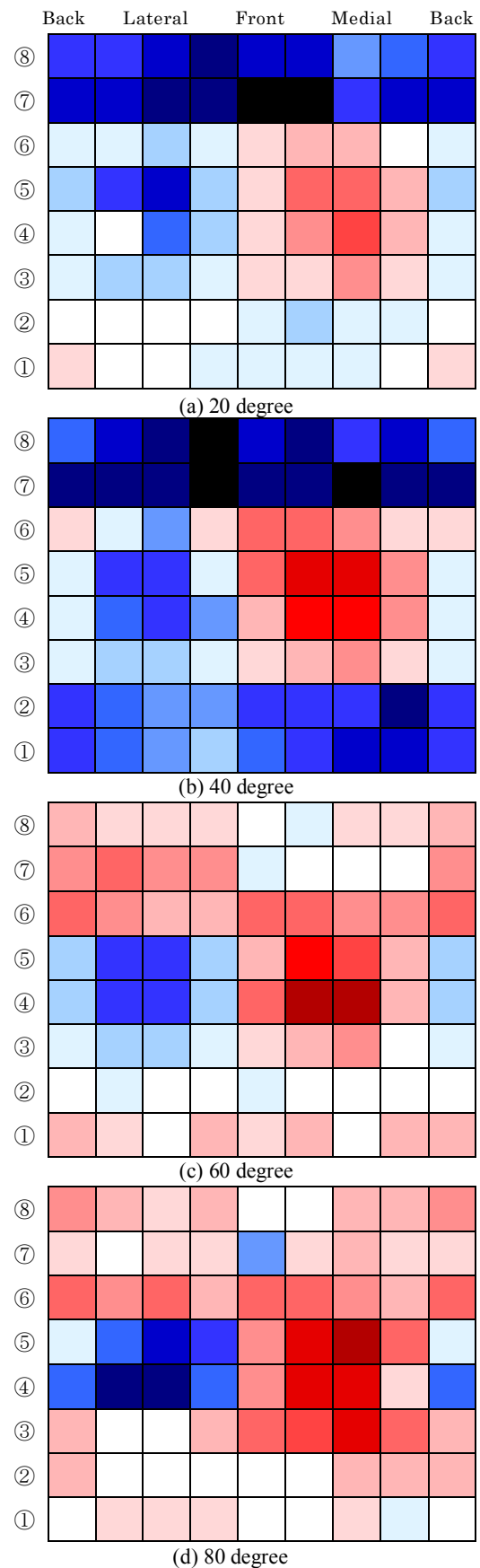


Fig. 5 Variation of skin surface area around knee joint.

(4)研究成果のまとめ

本研究により、前十字靱帯損傷用に用いられる従来のスポーツテーピングが、膝関節に及ぼす影響を動的かつ定量的に評価することができた。また、このテーピングの効果が軽い運動だけで低下することも明らかにできた。歩行条件下のみではあるが、運動中のテーピング効果を定量的に評価できたことは、リハビリテーション分野において資することは非常に大きいと予想される。この結果とこれまでの研究成果である膝関節サポート効果について総合的に議論し、論文および学会にて報告している【論文①、②、学会発表①～③】。

テーピング手法は様々であり、各テーピングの効果については詳細な検討が行われていない。本研究により、種類の異なるテーピング手法を段階的に施術することで、膝関節の保護効果が高まることを確認している。すなわち、2～3種類のみでのテーピング手法の組み合わせだけでは、十分な保護効果が期待できない。わずかなテーピングだけで競技に挑むアスリートが存在するが、この行為が怪我の再発につながる可能性があることを本研究により明らかにすることができた【学会発表④】。

テーピングは、関節可動域を抑制することを目的として皮膚に直接貼り付ける。本研究において、皮膚の伸縮率が部位により全く異なるだけでなく、わずかな領域で伸張と収縮が混在することを明らかにした。膝屈曲運動だけで複雑な伸縮を行う関節に対し、均質なテープを何層も巻いた場合、皮膚とテープの伸縮特性の違いや、部位により皮膚伸縮特性が全く異なることを考慮すると、わずかな運動だけで皮膚とテープの間にズレが生じることは容易に予想できる。本研究結果より、今後、テーピング技術の発展は、皮膚の変形挙動特性を考慮に入れた手法を取り入れる必要があると考えられる【学会発表⑤～⑧】。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ①梅野貴俊, 日垣秀彦, 中西義孝, 田代泰隆, 三浦裕正, 歩行時の前十字靱帯不全膝に及ぼす膝サポーターの影響, 運動療法と物理療法 (日本運動器科学会), 査読有り, 22巻, 2011, 55-63, ISSN 1342-7776
- ②Takatoshi Umeno, Rie Sayama, Hidehiko Higaki, Yoshitaka Nakanishi, Yasutaka Tashiro, Hiromasa Miura, Yoshihiro Nishimura, Oshima Hiroshi, Effect of knee support on ACL-deficient knee kinematics while walking, 査読無し, IFMBE Proceedings Vol.31, 2010,

〔学会発表〕(計8件)

- ①北川亮, 梅野貴俊, 屈曲時における膝関節近似皮膚の動態解析, 日本産業技術教育学会第25回九州支部大会, 2012, 61-62
- ②北川亮, 梅野貴俊, 膝屈曲時における膝関節近似皮膚の動態解析, 日本産業技術教育学会第55回全国大会, 2012, 142
- ③梅野貴俊, 北川亮, 日垣秀彦, 中西義孝, 田代泰隆, 岡野亮太, 膝関節運動にともなう膝関節近位皮膚の伸長特性, 日本機械学会2012年度年次大会, 2012, DVD論文集
- ④北川亮, 梅野貴俊, 岡野亮太, 歩行時における膝関節近似皮膚の動態解析, 日本産業技術教育学会九州支部, 2011, 39-40
- ⑤梅野貴俊, 日垣秀彦, 中西義孝, 田代泰隆, 岡野亮太, 膝関節剛性に及ぼすスポーツテーピングの影響, 日本機械学会2011年度年次大会, 2011, DVD論文集
- ⑥梅野貴俊, 日垣秀彦, 中西義孝, 田代泰隆, 三浦裕正, 岩本幸英, スポーツテーピングが歩行時の膝関節動態へ及ぼす影響, 第37回日本臨床バイオメカニクス学会, 2010, 74
- ⑦梅野貴俊, 伊藤隆文, 日垣秀彦, 中西義孝, 田代泰隆, 三浦裕正, 西村嘉博, インテリジェント膝装具を用いた膝テーピングの動的評価, 日本機械学会2010年次大会, 2010, 1-2
- ⑧ Takatoshi Umeno, Rie Sayama, Hidehiko Higaki, Yoshitaka Nakanishi, Yasutaka Tashiro, Hiromasa Miura, Yoshihiro Nishimura, Oshima Hiroshi, Effect of knee support on ACL-deficient knee kinematics while walking, 6th World Congress of Biomechanics, 2010

6. 研究組織

(1)研究代表者

梅野 貴俊 (UMENO TAKATOSHI)

福岡教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 10368871