

# Low-Dye Taping を応用した 足内側縦アーチを上昇させるテーピングが アーチ剛性と下腿三頭筋筋活動に与える影響

The influence of taping on elevation of the longitudinal foot arch based on the Low-Dye Taping technique for arch stiffness and muscle activity of the triceps surae

根岸奎輔\*1, 小田航平\*2, 本村遼介\*3, 廣田健斗\*1  
片寄正樹\*4, 渡邊耕太\*4, 寺本篤史\*5

キー・ワード : taping, arch stiffness, triceps surae  
テーピング, アーチ剛性, 下腿三頭筋

【要旨】 足のアーチ剛性が高まることで下腿三頭筋の力伝達が効率的になるが、テーピングがアーチ剛性および下腿三頭筋筋活動に与える影響は検討されていない。本研究では、アーチ剛性および下腿三頭筋筋活動に対するテーピング効果を定量的に検討した。健康男性 19 名（平均 21.5 歳）を対象にテーピングの有無によるアーチ剛性を両脚・片脚立位で比較した。アーチ剛性はアーチ高と切頂足長から Arch Height Index (AHI) を算出したのち、アーチ剛性を（座位・立位の荷重量の差）/（座位・立位の AHI の差）として算出した。また、テーピングによりアーチ剛性が増加した対象から無作為に 11 名（平均 21.4 歳）を抽出し、一定の力を発揮する足関節底屈運動中（最大トルクの 10%、50%）の下腿三頭筋筋活動量（%MCV）にテーピングが与える影響を表面筋電計を用いて検討した。比較として張力をかけないテーピングを実施し、足底への感覚入力のみが筋活動に与える影響も検討した。AHI はテーピングによって座位、両脚・片脚立位いずれの条件でも有意に増加した。アーチ剛性もテーピングによって両脚・片脚立位ともに有意に増加したが、筋活動は全条件において有意差はなかった。本研究で使用したテーピング方法は、荷重条件に関わらずアーチ高を維持しアーチ剛性を増加させることがわかった。一方、発揮トルクが最大トルクの 50% 以下の条件では下腿三頭筋筋活動に影響しない可能性が示された。

## 緒言

荷重などの足アーチを変形させようとする力に対して、足アーチの形状を保持する性質を arch stiffness（アーチ剛性）と呼んでいる<sup>1)</sup>。

アーチ剛性の低い足では荷重により足部の軟部組織が過度に伸長される<sup>1,2)</sup>。そのため、足アーチの形状を保持するために代償的に足部外在筋、足

部内在筋の筋活動が増加する可能性がある<sup>2)</sup>。このことから、アーチ剛性の低い足では下腿三頭筋の筋活動が増加する可能性がある。また、アーチ剛性が高まることにより、中足部が堅固な“てこ”としての機能を果たす<sup>3)</sup>。これにより、足アーチは歩行や走行時の toe off において体重を支えることができるようになるといわれている<sup>4)</sup>。

アーチ高をコントロールするための手技としてテーピングがある。テーピングは治療にかかるコストが低く、臨床的に用いられる機会が多い<sup>5)</sup>。その代表的な手技として Low-Dye Taping がある。回内足を対象に Low-Dye Taping を実施した研究では、テーピングにより静止立位時の内側縦アー

\*1 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

\*2 北海道社会事業協会帯広病院リハビリテーション科

\*3 伏見啓明整形外科

\*4 札幌医科大学保健医療学部理学療法第二講座

\*5 札幌医科大学医学部整形外科科学講座

チ高が有意に増加した<sup>6)</sup>。さらに、回内足を対象に、augmented Low-Dye Taping を実施した研究では、静止立位時のアーチ高率、アーチ高が裸足時と比較して有意に増加した<sup>7,8)</sup>。また、健常足を対象に modified Low-Dye Taping を実施した研究では、静止立位時における舟状骨高が裸足時と比較して有意に増加した<sup>9)</sup>。これらのことから、テーピングには健常足および回内足の静止立位時における内側縦アーチ高を上昇させる効果があるといえる。

アーチ剛性は応力に対するアーチの変形しにくさを示し、テーピングは足アーチを高め、足アーチを支えるために用いられている。しかし、これまでの先行研究においてテーピングがアーチ剛性に与える影響やテーピングが下腿三頭筋の筋活動に与える影響については検討されていない。そこで、本研究ではテーピングによる内側縦アーチの上昇がアーチ剛性に与える影響、および一定の足関節底屈トルク発揮中の下腿三頭筋の筋活動にテーピングが与える影響を検討した。テーピングにより内側縦アーチが上昇した場合、アーチ剛性は増加し、テーピングをすることで同じ底屈トルクを発揮する際の下腿三頭筋の筋活動は低下するという仮説を立て、本研究を実施した。本研究の臨床的意義は、テーピングにより下腿三頭筋のトルク伝達が効率化して筋活動が低下することが明らかとなれば、下腿三頭筋収縮時のアキレス腱へのストレスを軽減し、アキレス腱炎など下肢のオーバーユース障害の予防に対してテーピングの有効性を示すことができることである。

## ■ 方 法

### 研究概要

本研究は健常成人男性を対象に2つの実験を実施した。実験1ではテーピングによる内側縦アーチの上昇がアーチ剛性に与える影響について検討し、実験2ではテーピングが最大随意収縮(MVC)の10%、50%の足関節底屈トルク発揮時における下腿三頭筋の筋活動に与える影響について検討した。対象者には予め実験の内容を口頭にて説明し、実験参加への同意を得た。なお、本研究はヘルシンキ宣言および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づき計画され、札幌医科大学一般研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

### 対象

実験1の対象は健常成人男性19名(21.5±1.1歳, 172.6±6.5cm, 65.7±9.7kg)とした。実験2の対象は実験1においてアーチ剛性が増加した対象の中から無作為に11名(21.4±1.1歳, 173.6±5.5cm, 67.9±10.9kg)を抽出した。除外基準は測定側である利き足に整形外科的、神経学的既往を有する者とした。

### テーピング方法

本研究におけるテーピングでは内側縦アーチを高めるための手技として、Low-Dye Taping を応用したものを実施した(図1)。Low-Dye Taping は足底に貼るテープを全て外側から内側に向けて貼る手法である<sup>10)</sup>。本手法は距舟関節、踵立方関節の運動軸を交叉させ、アーチ剛性を高めるために、前～中足部のテープを外側から内側に向けて貼り、後足部のテープは内側から外側へ向けて貼る手法である。パイロット実験において本テーピング法は内側縦アーチの上昇に対し、Low-Dye Taping と同等の効果があることを確認した上で使用した。

実験2では、足底への感覚入力の下腿三頭筋の筋活動に与える影響を検討するためにSham tape を実施した(図2)。本研究におけるSham tape は、張力をかけないように足底にテープを貼る手技を指す。パイロット実験において数名の対象にSham tape を実施し、Sham tape が内側縦アーチ高およびアーチ剛性に影響を与えないことを検証した後に実験2を実施した。

本研究におけるテーピングおよびSham tape では非伸縮性のテープを使用し、全てのテーピングは方法を習熟した1人の検者によって実施された。

### 測定手順

#### 実験1：テーピングによる内側縦アーチの上昇がアーチ剛性に与える影響の検討

アーチ計測器と体重計(図3)を使用し、体重の10%、50%、90%の荷重を負荷した際の切頂足長(踵骨隆起後端から第1中足骨頭までの距離)およびアーチ高(足長の1/2地点における足背の高さ)を測定した。さらに、測定した値からArch Height Index (AHI)<sup>1)</sup>およびアーチ剛性を算出した(後述)。

切頂足長、アーチ高の測定はテーピング条件2条件(なし・あり)と荷重条件3条件(座位・両

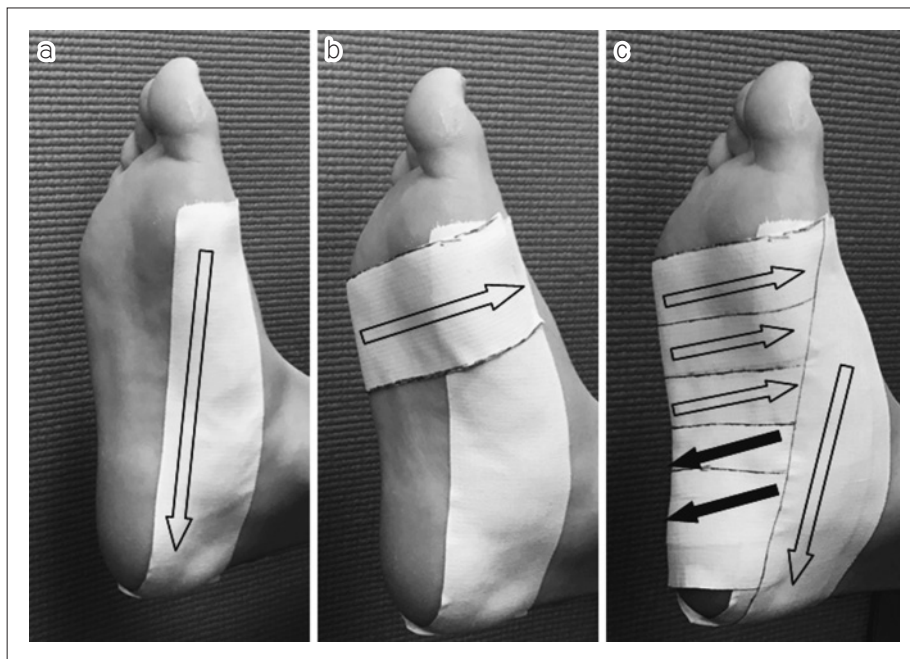


図1 本研究で使用したテーピング

①第1中足骨頭から踵後方を経由し、第5中足骨頭までテープを貼る (a). ②足底面を覆う横断テープを第5中足骨頭から第1中足骨頭にかけて貼る (b). ③先の横断テープの半分を覆うように次の横断テープを足部外側から内側へ貼り、後足部では外側から内側に向け貼る (c). ④第1中足骨頭から第5中足骨頭までテープを貼り、横断テープを固定する (c).



図2 Sham tape

テーピングでテープを貼る領域と同じ領域に張力をかけないようにテープを貼る.

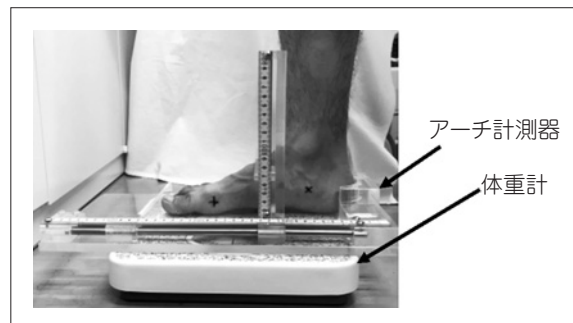


図3 アーチ計測器と体重計

脚立位・片脚立位) をかけ合わせた6条件で行った. 各荷重条件における測定肢位は次の通りとし

た. 座位は股関節屈曲 90°, 膝関節屈曲 90°, 足関節中間位とし, 測定側への荷重量は全体重の 10% とした (図 4-a). 両脚立位は自然立位とし, 測定側への荷重量は全体重の 50% とした (図 4-b). 片脚立位は両脚立位の肢位において測定側ではない方の膝関節を 90° 屈曲させ, 台の上に乗せた. 測定側への荷重量は全体重の 90% とした (図 4-c). 片脚立位での測定は転倒の危険性を考慮し, 触れる程度の上肢支持のもと行った. アーチ計測器の下に体重計を設置し, 体重計の示す値を目視によって確認することで, 測定中も荷重量の確認を行っ

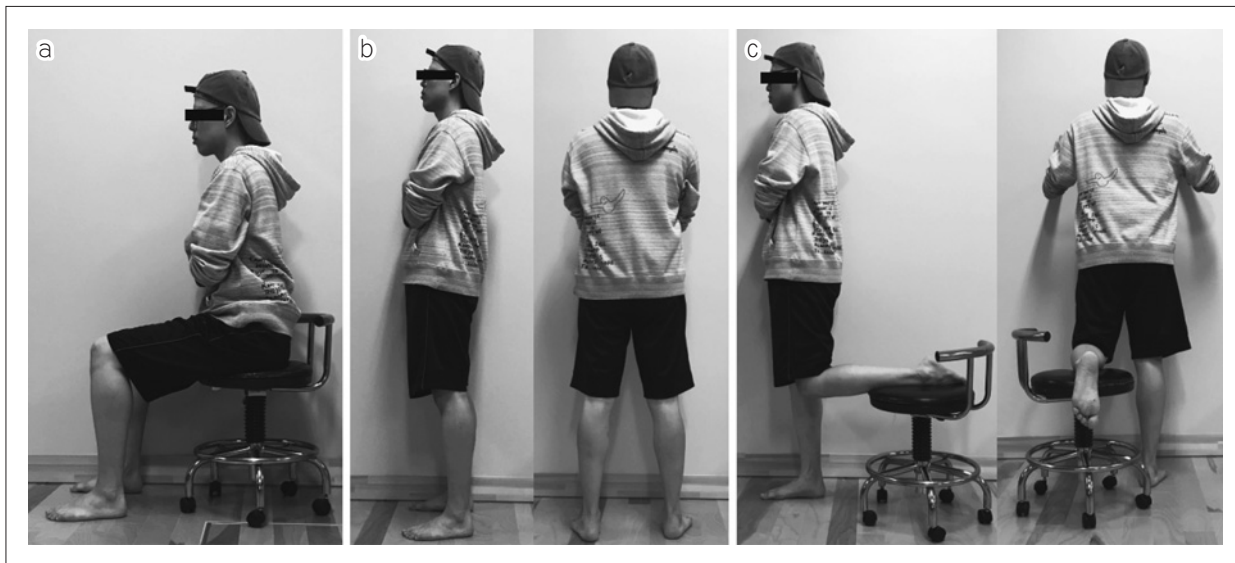


図4 実験1における荷重条件  
(a) 座位 (b) 両脚立位 (c) 片脚立位



図5 実験2における測定肢位  
股関節屈曲60°，膝関節屈曲0°，足関節中間位を測定肢位とし，足関節をトルク測定装置に固定後，大腿部をベルトで固定し，運動課題中に下肢が動かないようにした。

た。荷重量の基準は各測定肢位における荷重量の±1kg以内とした。

**実験2：テーピングが一定の足関節底屈トルク発揮中の下腿三頭筋の筋活動に与える影響の検討**

トルク測定装置（足底・背屈測定器，Takei Scientific Instruments，新潟）と表面筋電計（Power Labデータ収録システム，AD Instruments Japan，愛知）を使用し，MVCの10%，50%の足関節底屈トルク発揮中の下腿三頭筋筋活動を測定した。筋活動の変化がテーピング介入によるものであることを検討するために，本研究では発揮トルクを一定にする環境で測定を実施した。

対象筋は腓腹筋内側頭（MG），腓腹筋外側頭

（LG），ヒラメ筋（SOL）とした。電極貼付部位をMGは筋腹の最大膨隆部，LGは腓骨頭と踵骨を結んだ線の近位1/3，SOLは大腿骨内側上顆と内果を結んだ線の近位2/3とした。筋電図のノイズを防ぐために，電極貼付部位の周辺皮膚は剃毛処理後，消毒用アルコール綿で拭き，スキンピュアを用いて前処理を行い，皮膚抵抗を軽減した。測定肢位は端座位，股関節屈曲60°，膝関節屈曲0°，足関節中間位とした。足関節をトルク測定装置に固定後，ベルトで大腿部を固定し，運動課題中に下肢が動かないよう固定してから測定を開始した（図5）。

測定のはじめにテーピング前の状態における下

腿三頭筋の MVC を行い、発揮トルクを測定した。MVC の測定は 2 回以上行い、測定した最大発揮トルクが直前の試技の値を下回るまで続けた。

筋活動の測定条件はテーピング条件 3 条件（なし・あり・sham tape）と発揮トルク 2 条件（MVC 10%、MVC50%）を掛け合わせた 6 条件とした。試技は各条件で 2 回ずつ行い、測定条件の順番はランダムとした。

トルクを一定して発揮できるように練習を行ってから、測定を開始した。練習後には 3 分間、各試技間には 30 秒間の休憩時間を設けた。

対象は設定された値まで足関節底屈運動によりトルクを発揮し、5 秒間維持した。運動課題中の発揮トルクはモニター上にリアルタイムで表示した。運動課題中の足趾屈曲による足関節底屈運動の代償を防ぐために、トルクを発揮する際は中足骨頭部で測定装置を押すようにすること、足趾の屈曲はしないよう口頭で指示し、測定中は目視による監視を行った。目視によって過度な足趾屈曲運動、明らかな股関節、膝関節、体幹の代償動作を確認した場合、モニターに表示される運動課題中の発揮トルクが MVC10%、50% から ±5% 以上外れた場合を失敗試技として再度計測を行った。

#### データ処理及び統計解析

#### 実験 1：テーピングによる内側縦アーチの上昇がアーチ剛性に与える影響の検討

測定した切頂足長とアーチ高の値から以下の式を用いて Arch Height Index (AHI) を算出した<sup>1)</sup>。

$$\text{AHI} = \text{アーチ高} / \text{切頂足長}$$

さらに次に示す Zifchock らの式を参考に AHI の値と体重の値から両脚立位、片脚立位におけるアーチ剛性を算出した<sup>1)</sup>。

$$\text{アーチ剛性} = (\text{体重} \times \text{荷重量の差}) / (\text{座位 AHI} - \text{立位 AHI})$$

座位、両脚立位、片脚立位の荷重量をそれぞれ体重の 10% (0.1)、50% (0.5)、90% (0.9) として、式の“荷重量の差”には両脚立位のアーチ剛性を算出する際には 0.4 (0.5 - 0.1 = 0.4) を、片脚立位のアーチ剛性を算出する際には 0.8 (0.9 - 0.1 = 0.8) を代入して計算した。

AHI はテーピングなし・ありの値を各荷重条件で比較した。二元配置分散分析を行い、単純主効果の検定は Sidak の方法で行った。有意水準は 0.05 とした。アーチ剛性は各荷重条件におけるアーチ剛性をテーピングなし・ありで比較した。

ウィルコクソンの符号順位検定を行い、有意水準は 0.05 とした。

#### 実験 2：テーピングが一定の足関節底屈トルク発揮中の下腿三頭筋の筋活動に与える影響の検討

筋活動は運動課題 5 秒間のうち、発揮トルクが安定している任意の 3 秒間の筋電図波形をデータとして処理した。採用した区間の筋電図波形に二乗平均平方根 (RMS) 処理を行い、各測定条件における 2 試技の平均値を算出した。その平均値を最大トルク発揮時の RMS 値によって除し、%MVC を算出した。発揮トルクは筋活動のデータと同一の 3 秒間をデータとして処理し、%MVC を算出した。

筋活動はトルク条件ごとに %MVC をテーピング条件で比較した。比較のために Friedman 検定を行った。有意水準は 0.05 とした。発揮トルクにおいてもトルク条件ごとに %MVC をテーピング条件で比較した。一元配置分散分析を行い、有意水準は 0.05 とした。

## 結果

#### 実験 1：テーピングによる内側縦アーチの上昇がアーチ剛性に与える影響の検討

AHI はテーピング条件 ( $F_{1,18} = 121.74, p < 0.05$ )、荷重条件 ( $F_{2,17} = 65.89, p < 0.05$ ) とともに有意な主効果がみられた。また、交互作用も有意であった ( $F_{2,17} = 3.74, p = 0.05$ ) (表 1)。さらに、Sidak の方法で単純主効果の検定を行ったところ、テーピングなしにおける座位と両脚立位、座位と片脚立位の間に有意差がみられた ( $p < 0.05$ )。また、テーピングありにおける座位と両脚立位、座位と片脚立位の間に有意差がみられた ( $p < 0.05$ ) (表 1)。

アーチ剛性は両脚立位、片脚立位ともに、テーピングなしとテーピングありの間に有意差がみられた (両脚： $p = 0.02$ 、片脚： $p < 0.05$ ) (図 6)。

#### 実験 2：テーピングが一定の足関節底屈トルク発揮中の下腿三頭筋の筋活動に与える影響の検討

各負荷条件における発揮トルクはテーピング条件において主効果はみられなかった ( $F_{2,9} = 0.64, p = 0.55$ )。各対象筋の筋活動においてもテーピング条件の違いで有意差はみられなかった (図 7)。(MG；MVC10%： $\chi^2 = 1.27, p = 0.53$ ；MVC50%： $\chi^2 = 2.18, p = 0.34$ ) (LG；MVC10%： $\chi^2 = 0.73, p = 0.70$ ；MVC50%： $\chi^2 = 5.09, p = 0.08$ ) (SOL；MVC10%： $\chi^2 = 1.636, p = 0.44$ ；MVC50%： $\chi^2 = 0.18, p = 0.91$ )。

表 1 AHI の比較

テーピング条件	荷重条件		
	座位	両脚立位	片脚立位
テーピングなし	0.369±0.018	0.337±0.021*	0.335±0.022†
テーピングあり	0.385±0.020#	0.360±0.021**	0.357±0.021†#

テーピング条件，荷重条件ともに有意な主効果が見られ，交互作用も有意であった。テーピングなし，ありともに座位と両脚立位，座位と片脚立位の間に有意差が見られた。(p<0.05)

AHI：Arch Height Index

\*p<0.05 [座位 vs 両脚立位]

†p<0.05 [座位 vs 片脚立位]

#p<0.05 [テーピングなし vs テーピングあり]

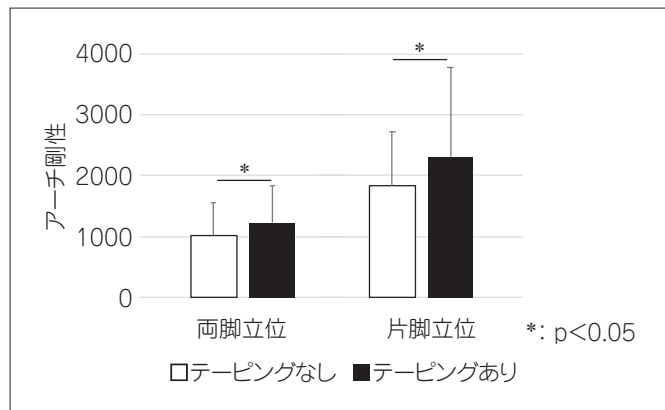


図 6 アーチ剛性の比較

両脚立位，片脚立位ともにテーピングなしとテーピングありの間で有意差が見られた。(両脚：p<0.05，片脚：p<0.05)

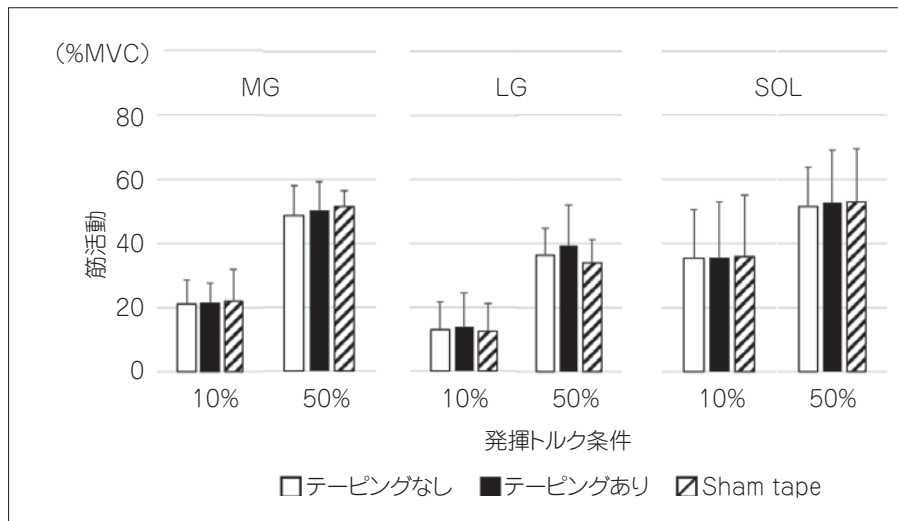


図 7 筋活動の比較

テーピングの全条件間において有意差は見られなかった。(p>0.05)

MG：腓腹筋内側頭，LG：腓腹筋外側頭，SOL：ヒラメ筋

## 考 察

本研究ではアーチ剛性の上昇が足関節底屈トル

クの伝達効率を高めるとして，足関節底屈運動の主動作筋である下腿三頭筋を対象とした。

実験 1 では，テーピングによる内側縦アーチの

上昇がアーチ剛性に与える影響について検討した。その結果、全荷重条件においてテーピングはAHI およびアーチ剛性を有意に増加させた。このことから自重の範囲内での荷重においては、荷重量を増加させても Low-Dye Taping 法を改良した本テーピング法によるアーチ上昇およびアーチ剛性の増加は持続する可能性が示された。この結果は、前述したような過去の報告と一致していた<sup>6)</sup>。

実験2では、テーピングが下腿三頭筋の筋活動に与える影響について検討した。その結果、MVC 10%、MVC50% 条件においてテーピング条件の違いによる筋活動に有意差は見られなかった。このことから、今回実施したテーピングはMVC50%以下の発揮トルク条件においては下腿三頭筋の筋活動に影響しない可能性が示された。アーチ剛性が高まることで下腿三頭筋の力伝達が効率化すると考えられている<sup>11)</sup> ことから、同じ大きさのトルクを発揮する場合、アーチ剛性が高ければ筋活動は低下すると考えられる。しかし、本研究のテーピングによるアーチ剛性の増加では筋活動の低下を示さなかった。その要因として、本研究のMVC 10%、MVC50% という発揮トルク条件が低出力であった可能性や、テーピングによるアーチ剛性の増加が下腿三頭筋の筋活動を低下させるには不十分だった可能性が考えられる。よって、今後は高トルク条件での検討やテーピング方法の工夫が必要と考える。

本研究では足関節底屈トルクの発揮による下腿三頭筋の筋活動の変化を非荷重で測定した。よって、筋活動測定時の荷重によるアーチ剛性を含めた足部全体の変化は検討できていない。今後、toe-off を再現した荷重条件下での検討も必要だと考える。また、テーピングによって足底が覆われるため、足関節底屈運動中における足部内在筋の観察が不可能である点や、テーピングによる横アーチへの影響を検討できない点は本研究の手法における研究限界である。

今回用いたテーピングによって、アーチ高やアーチ剛性は増加することがわかった。そのため、このテーピングは足アーチ低下と関連する扁平足や有痛性外脛骨のようなスポーツ障害に適用できると考えられる。しかし、本研究の仮説に挙げた通り、アーチ剛性が高まることで下腿三頭筋によるトルク伝達が効率化してその筋活動が低下すれば、さらなるスポーツ障害へテーピングを適用す

るための理論的根拠となる。今後は、テーピングが内側縦アーチだけでなく、横アーチや足部のアラメントに与える影響も考慮し、よりアーチ剛性を増加させる効果の高いテーピング方法を検討していく必要がある。また、そのテーピング方法と筋活動の関係性を低出力条件・高出力条件で検討していく必要があると考える。

## 結 語

本研究の結果から、Low-Dye Taping の前～中足部のテープを外側から内側へ向けて貼り、後足部のテープを内側から外側へ向けて貼る手法では、両脚立位・片脚立位におけるアーチ剛性が増加する可能性が示された。一方で、MVC10%、MVC50% の発揮トルク条件では、テーピングは下腿三頭筋の筋活動に影響しない可能性が示された。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, et al. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot Ankle Int.* 2006; 27: 367-372.
- 2) Neumann DA. 足関節と足部. In: Neumann DA (編). *筋骨格系のキネシオロジー*. 第2版. 東京: 医歯薬出版; 629-686, 2012.
- 3) Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clin Biomech.* 2004; 19: 391-397.
- 4) 内山英一. 足部・足関節のなりたち—バイオメカニカルな観点から. *理学療法ジャーナル*. 2011; 45: 731-737.
- 5) Verbruggen LA, Thompson MM, Durall CJ. The effectiveness of low-Dye taping in reducing pain associated with plantar fasciitis. *J Sport Rehabil.* 2018; 27: 94-98.
- 6) Whitaker JM, Augustus K, Ishii S. Effect of the low-Dye strap on pronation-sensitive mechanical attributes of the foot. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003; 93: 118-123.
- 7) Vicenzino B, Franettovich M, McPoil T, et al. Initial effects of anti-pronation tape on the medial longitu-

- dinal arch during walking and running. *Br J Sports Med.* 2005; 39: 939-943.
- 8) Franettovich M, Chapman A, Vicenzino B. Tape that increases medial longitudinal arch height also reduces leg muscle activity: a preliminary study. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40: 593-600.
- 9) Holmes CF, Wilcox D, Fletcher JP. Effect of a modified, low-Dye medial longitudinal arch taping procedure on the subtalar joint neutral position before and after light exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002; 32: 194-201.
- 10) 福林 徹, 蒲田和芳. 足部のバイオメカニクス. In: 吉田昌弘 (編). *Sports Physical Therapy Seminar Series7 足部スポーツ障害治療の科学的基礎*. 第1版. 東京: ナップ; 63-69, 2012.
- 11) Hicks JH. The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat.* 1953; 87: 345-357.

---

(受付: 2020年2月21日, 受理: 2021年1月18日)

## The influence of taping on elevation of the longitudinal foot arch based on the Low-Dye Taping technique for arch stiffness and muscle activity of the triceps surae

Negishi, K.<sup>\*1</sup>, Oda, K.<sup>\*2</sup>, Motomura, R.<sup>\*3</sup>, Hirota, K.<sup>\*1</sup>  
Katayose, M.<sup>\*4</sup>, Watanabe, K.<sup>\*4</sup>, Teramoto, A.<sup>\*5</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University

<sup>\*2</sup> Department of Rehabilitation, Hokkaido Social Work Association, Obihiro Hospital

<sup>\*3</sup> Fushimikeimei Orthopaedics

<sup>\*4</sup> Second Division of Physical Therapy, Sapporo Medical University School of Health Sciences

<sup>\*5</sup> Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine

**Key words:** taping, arch stiffness, triceps surae

**[Abstract]** Objective: The purpose of this study was to determine the effect of taping on arch stiffness during single- and double-leg standing, and its effect on triceps surae muscle activity during plantar flexion.

Method: In this study, taping based on the Low-Dye Taping technique was performed. In Experiment 1, we measured the length of the truncated foot and height of the medial longitudinal arch in the sitting position, and single- and double-leg standing positions. The measurement was performed with and without taping. Arch Height Index and arch stiffness were calculated from the measured values. In Experiment 2, the triceps surae muscle activity during plantar flexion was measured with a surface electromyograph. The measurement was performed with and without taping and with sham tape.

Result: Arch stiffness increased significantly with taping. However, there were no significant differences in muscle activity between any of the taping conditions.

Conclusion: Taping can increase arch stiffness regardless of the load conditions. However, it was shown that the measurement conditions of this study may not affect muscle activity.