

# 機能的着圧ウェアによる ACL 再建膝への片脚立位重心動揺抑制効果

The benefits of functional compression wear on postural sway after ACL reconstruction

山本泰雄\*1, 当麻靖子\*1, 中野和彦\*2

キー・ワード：Functional compression wear, ACL reconstruction, postural sway  
機能的着圧ウェア, ACL 再建, 重心動揺

〔要旨〕 ACL 再建術後 3 ヶ月以上経過した 9 名 10 膝を対象として、股関節と膝関節 90° 屈曲位の片脚立位の重心動揺を測定した。安定した平面上、そしてバランスパッドを用いた不安定面上で、機能的着圧ウェアを着用した状態と着用しない状態を各 60 秒間測定し、左右方向軌跡長、前後方向軌跡長及び総軌跡長を比較検討した。

左右方向軌跡長は安定面では 2 群に有意差はなかったが、不安定面ではウェア無しで平均  $132.4 \pm 30.0$  cm に対しウェア着用では平均  $125.2 \pm 25.4$  cm と有意に重心動揺抑制効果が示された。前後方向軌跡長は安定面及び不安定面とも 2 群に有意な差はみられなかった。総軌跡長は安定面で有意差がなかったが、不安定面ではウェア無しで平均  $193.4 \pm 41.6$  cm, ウェア着用で平均  $183.2 \pm 35.0$  cm と有意に重心動揺抑制効果がみられた。

ACL 再建術後の症例において、機能的着圧ウェアは不安定な条件において重心動揺抑制効果を示した。

## 緒 言

膝前十字靭帯（以下 ACL）再建術後のリハビリテーションでは、膝関節の静的及び動的安定性を確保しながら動作課題を遂行する必要がある。従来、ACL 再建術後の日常活動や競技復帰に向けてのプログラムにおいては膝関節の保護を目的に装具やテーピングが用いられてきた。しかし、装具は対人競技での使用は危険であり競技ルール上の装着が禁止されていることが多いことや、装着後のずれの問題がある。また、テーピングは緩みによる制動効果の低下や皮膚のトラブル、頻回使用で費用がかさむなどの懸念がある。

近年、パフォーマンス向上やスポーツ傷害予防を目的とした機能的着圧ウェアが開発され注目さ

れている。小柳らは<sup>1)</sup>、着圧ウェアがジャンプ着地動作において ACL 再建術後の着地動作を前額面で安定させ、ACL 損傷に対する予防効果が期待できると報告した。同様に、向井らは<sup>2)</sup> 下肢・体幹に既往がない大学生を対象にジャンプ着地動作において伸縮性ラインを加えた機能的着圧ウェアは膝関節外反アライメントが制動され、外側方向の床反力と共に膝外反モーメントを制動すると報告した。これらは、ACL 再建後のリハビリテーションでの膝の動的安定性確保に機能的着圧ウェアが有効であることを示唆する。

我々は、機能的着圧ウェアが ACL 再建後リハビリテーションにおいて装具やテーピングの問題点を解決する有効な手段の 1 つとなり得ると仮説をたてた。そこで今回、機能的着圧ウェアが膝の安定性に与える影響について知ることを目的に、ACL 再建後の症例を対象として片脚立位重心動揺について検討した。

\*1 社会医療法人仁陽会西岡第一病院リハビリテーション部

\*2 社会医療法人仁陽会西岡第一病院整形外科

## 対象と方法

本研究はヘルシンキ宣言に則り対象者に研究の内容について説明し同意を得て実施した。

### 1. 対象

対象は ACL 再建術後 3 ヶ月以上経過した 9 名 10 膝とした。内訳は男性 1 名と女性 8 名 (両側 1 名), 平均年齢  $21.0 \pm 8.5$  歳, 平均身長  $160.0 \pm 7.5$  cm, 平均体重  $55.0 \pm 6.1$  kg, 術後経過期間は平均  $9.4 \pm 7.9$  ヶ月であった。移植腱は屈筋腱 9 膝, 膝蓋腱 1 膝であった。評価時の膝伸展筋力は体重支持指数で平均  $94.6 \pm 18.0\%$  であった (図 1)。また全例が日常的にスポーツ競技を行っていた。種目はサッカー 4 名, バレーボール, スポーツジムインストラクター, バレエ, チアリーディング, ダン



図 1 膝関節伸展及び屈曲筋力は, アイソフォース GT-330 (OG 技研社製) を用いて等尺性筋力を測定

ス各 1 名であった (表 1)。競技レベルはサッカー男性 1 名がレクリエーションレベル, スポーツジムインストラクターが職業レベル, その他は競技レベルであった。

### 2. 方法

重心動揺の測定にはグラビコーダ GT-620 (アニメ社製) を使用し, 股関節と膝関節  $90^\circ$  屈曲の片脚立位で測定した (図 2)。安定した平面上とバランスパッド上の不安定面の 2 条件で, 機能的着圧ウェアを着用 (図 3: Neomotion ACL, 日本シグマックス社) した状態と着用しない状態を各 60 秒間測定した。各測定は 2 回行い, 着圧ウェア装着の有無の順番はランダム化して行った。重心動揺の分析項目は, 左右方向軌跡長, 前後方向軌跡長, 総軌跡長とした。尚, 測定前には数回の練習を行った。

統計解析には, IBM SPSS バージョン 12.0 による対応のある t 検定を用いた。有意水準は 5% とした。

## 結果

左右方向軌跡長は安定面でウェア無し平均  $107.1 \pm 20.6$  cm, ウェア着用平均  $112.0 \pm 23.9$  cm と有意差はなかった。しかし, 不安定面でウェア無しで平均  $132.4 \pm 30.0$  cm, ウェア着用で平均  $125.2 \pm 25.4$  cm と有意に重心動揺抑制効果を示した (図 4)。

一方, 前後方向軌跡長は安定面でウェア無し平均  $94.0 \pm 17.8$  cm, ウェア着用平均  $93.9 \pm 14.5$  cm と有意差はみられなかった。また, 不安定面においてもウェア無し平均  $114.3 \pm 26.1$  cm, ウェア着用平均  $108.7 \pm 21.4$  cm と有意差はなかった (図 5)。

表 1 症例の内訳

症例	性別	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	術側	移植腱	術後経過 (月)	WBI (%)	競技種目
1	男	42	176	66	左	膝蓋腱	8.5	108	サッカー
2	女	16	157	52	左	屈筋腱	24	114	サッカー
3	女	20	162	54	右	屈筋腱	5	71	サッカー
4	女	24	148	47	左	屈筋腱	4.5	105	ジムインストラクター
5	女	22	164	60	右	屈筋腱	9	104	ダンス
6	女	14	156	48	右	屈筋腱	4	63	バレエ
7	女	16	159	57	右	屈筋腱	5	107	チアリーダー
8	女	16	161	57	左	屈筋腱	7	93	サッカー
9	女	19	163	54	右	屈筋腱	3	72	バレーボール
					左	屈筋腱	24	109	

※WBI: Weight bearing index (体重支持指数)

総軌跡長は安定面でウェア無し平均  $158.1 \pm 28.3$ cm, ウェア着用平均  $161.4 \pm 28.1$ cm と有意差がなかったものの, 不安定面ではウェア無し平均  $193.4 \pm 41.6$ cm, ウェア着用平均  $183.2 \pm 35.0$ cm と有意に重心動揺抑制効果がみられた (図 6).

## 考 察

ACL は, スポーツ活動や日常活動で膝が安定して機能するにあたり力学的に重要な役割を果たし

ている. ACL 再建術後は, 一定期間再建 ACL にいかにか力学的に過度な負担をかけずに, 膝機能を向上させえるかが課題となる. しかし臨床では ACL 再建術後, 筋力回復の遅延や動的アライメント不良, 膝の不安感などの要素によりスポーツ活動に必要な動作の獲得に難渋する症例に苦慮することも少なくない.

ACL 再建術後の課題である動的安定性の確保や ACL 損傷予防に対し機能的着圧ウェアの有効性が報告されている<sup>1,2)</sup>. ウェアの着用が動作に与える影響について, Chaudhari ら<sup>3)</sup>は健常大学生を対象にした股関節内転筋損傷に対する方向転換課題の検討で, ショートパンツタイプのウェアが股関節内転筋の筋活動を減少させたと報告している. Kuster らは<sup>4)</sup>ACL 症例での片脚ジャンプ着地動作の検討で, 床反力と足圧中心総軌跡長を減少させ, 着地動作を安定させたとしている. 今回我々は, ACL 再建術後膝の動的安定性確保の一助として機能的着圧ウェアは有効な手段の 1 つになり得ると仮説をたて, 再建術後症例で重心動揺に与える影響について検討した. Michael らは<sup>5)</sup>, 我々と同様の 60 秒間の片脚立位での検討で下肢ウェアが足圧中心総軌跡長の減少と閉眼立位時の重心動揺の減少をもたらしたと報告している. 今回, 我々の ACL 再建術後症例での検討でもより不安定な条件であるバランスパッド上での立位において,



図 2 測定肢位: 腕を胸の前で組み, 股関節・膝関節屈曲  $90^\circ$  の片脚立位

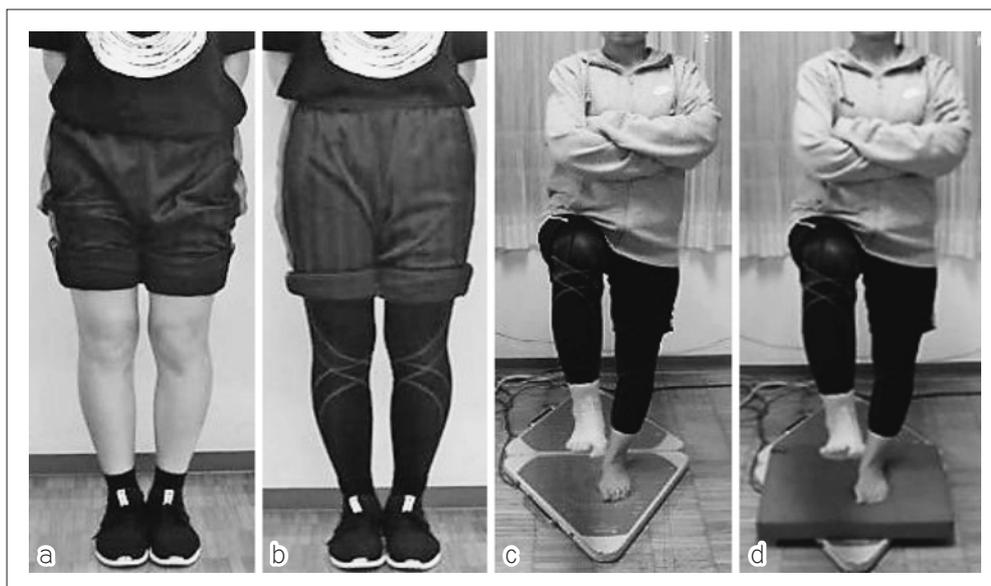


図 3 測定条件  
着圧ウェアなし (a), 着圧ウェア (b, Neo motion ACL)  
安定面 (c) とバランスパッド上の不安定面 (d)

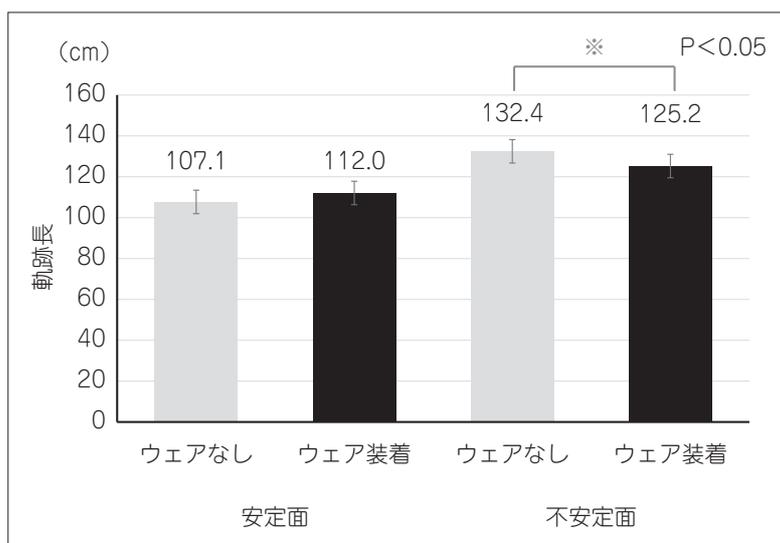


図4 左右方向軌跡長の比較

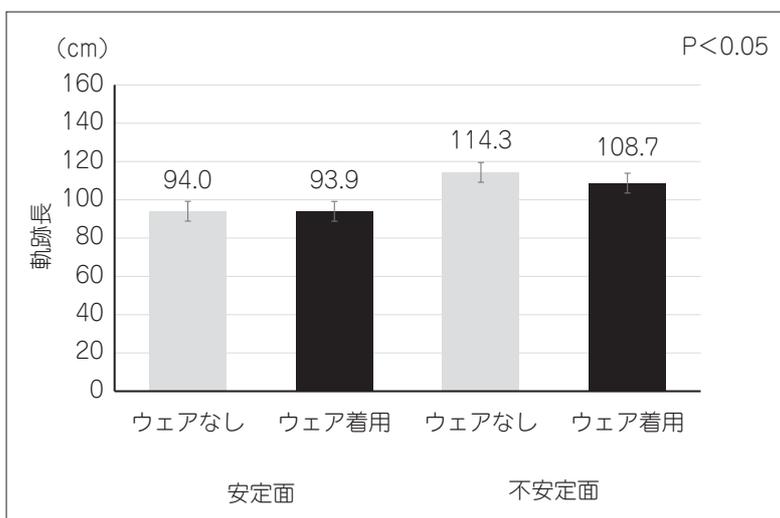


図5 前後方向軌跡長の比較

機能的着圧ウェアの着用で左右方向軌跡長と総軌跡長を減少させることが示された。これは今回我々が用いた機能的着圧ウェアのデザインが横揺れを防止するラインを有し、さらに全体の形状も股関節も包み込む形態であり殿筋群のサポートとしての役割を果たすことで重心動揺抑制効果をもたらした結果と考える。

一方、ACL 内には種々メカノレセプターが存在し、膝の静的・動的安定性を担う固有感覚受容器としての役割も見逃すことができない<sup>6,7)</sup>。以前より ACL が損傷すると固有感覚が破綻しバランス能力が低下し、重心動揺性が増加することが報告されている<sup>8,9)</sup>。また、破綻した固有感覚機能は ACL 再建後に再獲得される<sup>6)</sup>。渡邊ら<sup>10)</sup>は ACL

再建例でのバランス能力の回復経過を再建術前後の片脚立位の重心動揺の経時的変化で検討した。その結果、重心動揺性は術後6ヵ月以降に安定すると報告している。またジャンプや切り返し動作などスポーツ動作で膝の動的安定性を得るためには拮抗筋と主動作筋が円滑に切り替わるための神経・筋協調性が重要である<sup>11)</sup>。Wojtys ら<sup>12)</sup>は ACL 再建術後の神経筋機能の回復についてハムストリングの筋反応時間を観察し、患側値が健側と同等になるまでに12~18ヵ月と報告している。これらは ACL 再建後のリハビリテーションでのスポーツ関連動作獲得のためのトレーニングや復帰後前後の再断裂予防のためには筋力のみならず、固有感覚の破綻や神経筋機能の低下に対しての対応策

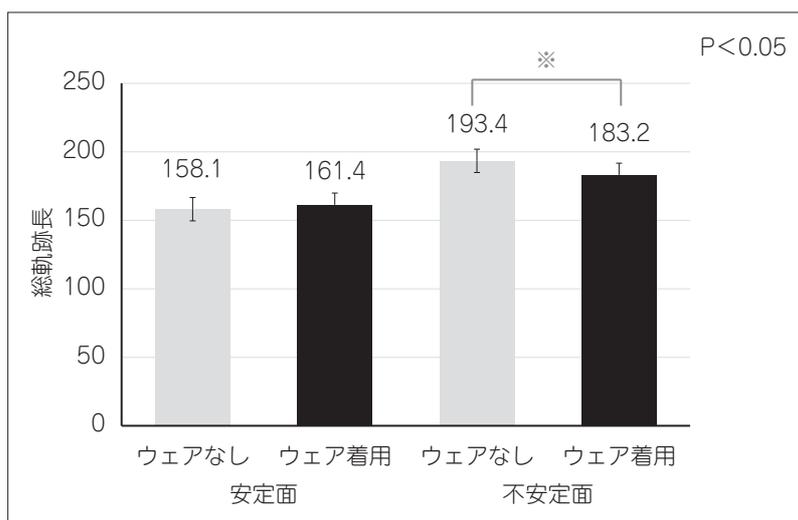


図6 総軌跡長の比較

が必要であることを示している。

今回の症例は術後平均9.4ヵ月である。この時期は再建靭帯が、組織学的に成熟しつつある時期ではあるものの、固有感覚機能は十分には回復していない時期である。そのため、比較的平易な課題となる安定面では有意な差が出なかったものの、より難易度の高い課題においてウェアの着用が左右方向への動揺性を軽減させる効果をもたらしたものと考えられる。

ACL再建術後、自覚的膝不安感によりスポーツ活動時に愁訴を伴う症例が少なからず存在する<sup>11,13-15)</sup>。ウェアはサイズが合えば装着するだけでテーピングのように技術レベルに関係なく、常に同一効果が期待でき比較的簡便かつ頻回に使用可能である。

ACL再建術後、筋力の回復が遅延して動作トレーニングが不安な場合や再建靭帯に過度の負担を避けるための動作の習得に難渋している症例、競技復帰前後に自覚的膝不安感を示す症例などに臨床場面では有益な選択肢となりえるものと思われる。

本研究の限界として、対象数が少ないため、今後対象数を増やし検討する必要があること、また検討項目が、静的条件のみであることなどが考えられる。

## まとめ

機能的着圧ウェアがACL再建術後症例の片脚立位重心動揺に与える効果について検討した。機能的着圧ウェアは不安定な条件において有意に左

右方向軌跡長と総軌跡長が短縮し重心動揺の抑制効果を示し、ACL再建術後のリハビリテーションに有益であると考えられた。

## 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) 小柳磨毅, 向井公一, 安達由紀, 他. 着圧ウェアのACL損傷予防への応用. 臨床スポーツ医学. 2017; 4: 380-383.
- 2) 向井公一, 小柳磨毅, 田中則子, 他. 機能的ウェアが着地動作に及ぼす影響. 保健医療学会誌. 2017; 8: 30-37.
- 3) Chaudhari AW, Jamison ST, McNally MP, et al. Hip adductor activations during run-to-cut maneuvers in compression shorts: Implications for return to sport after groin injury. J Spots Sci. 2014; 32: 1333-1340.
- 4) Kuster MS, Grob K, Kuster M, et al. The benefits of wearing a compression sleeve after ACL reconstruction. Med Sci Sports Exerc. 1999; 31: 368-371.
- 5) Michael JS, Dogramaci SN, Steel KA, et al. What is the effect of compression garments on a balance task in female athletes? Gait Posture. 2014; 39: 804-809.
- 6) 安達伸生, 越智光男. 前十字靭帯損傷・再建膝の評価—固有感覚能—. 臨床スポーツ医学. 2011; 13-17.
- 7) 藤田英二, 加賀谷善教, 西園秀嗣. ハムストリング機能に着目した膝関節固有感覚評価法の検討. 体力

- 科学. 2009; 58: 229-238.
- 8) Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1992; 74-B: 247-250.
- 9) Ageberg E, Roberts D, Holmstrom E, et al. Balance in Single-Limb Stance in Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury - Relation to Knee Laxity, Proprioception, Muscle Strength, and Subjective Function. *Am J Sports Med*. 2005; 33: 1527-1535.
- 10) 渡邊博史, 梨本智史, 杉戸裕一, 他. 膝前十字靭帯再建後の片脚立位重心動揺の推移. *スポーツ傷害*. 2014; 19: 50-53.
- 11) 相羽 宏, 舟崎裕記, 川井健太郎, 他. 前十字靭帯再建後のスポーツ復帰後における神経・筋協調性と自覚的不安感の回復過程. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 2021; 29: 191-197.
- 12) Wojtys EM, Huston LJ. Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *Am J Sports Med*. 2000; 28: 336-344.
- 13) 今井覚志, 竹田 毅, 松本秀男, 他. 膝前十字靭帯再建術後患者のスポーツ復帰とスポーツ活動時の愁訴—術後早期の調査—. *整スポ会誌*. 2004; 24: 306-311.
- 14) 竹田 毅, 富士川恭輔, 松本秀男, 他. ACL 再建術後のスポーツ復帰障害因子について. *臨床スポーツ医学*. 1993; 10: 565-570.
- 15) 松本秀男, 富士川恭輔, 竹田 毅, 他. 膝前十字靭帯再建術後の自覚症状と他覚的関節不安定性について. *中部整災誌*. 1995; 38: 159-160.

(受付：2021年6月22日, 受理：2021年11月12日)

## The benefits of functional compression wear on postural sway after ACL reconstruction

Yamamoto, Y.<sup>\*1</sup>, Touma, Y.<sup>\*1</sup>, Nakano, K.<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Dept. of Rehabilitation, Nishioka Daiichi Hospital

<sup>\*2</sup> Dept. of Orthop. Surgery, Nishioka Daiichi Hospital

**Key words:** Functional compression wear, ACL reconstruction, postural sway

**[Abstract]** The purpose of this study was to examine the effect of functional compression wear on ACL-reconstructed knees to suppress postural sway during one-leg standing.

We measured the postural sway of 10 knees (1 male, 8 females) after ACL reconstruction on one-leg standing at 90° hip and knee flexion. The trajectory length in the left-right direction, the trajectory length in the front-back direction, and the total trajectory length were measured for 60 seconds each both on a stable flat surface and an unstable surface using a balance pad, both with and without functional compression wear.

On an unstable surface, the trajectory length in the left-right direction and total trajectory length were suppressed by functional compression wear ( $p=0.05$ ).

In post-ACL reconstruction patients, functional compression wear showed a postural sway suppression effect under unstable conditions. Functional compression wear is beneficial for rehabilitation of post-ACL-reconstruction knees.