

大学野球選手の足関節捻挫後遺症に対する トレーニング効果について

The effect of training in college baseball players after ankle sprain

杉本佳幸 (人間科学部スポーツ学科卒業生)

Yoshiyuki Sugimoto (Faculty of Human Science, Department of Sports Science, Graduate)

杉本直希 (木島病院リハビリテーション科)

Naoki Sugimoto (Department of Rehabilitation, Kijima Hospital)

奥田鉄人 (人間科学部スポーツ学科教授)

Tetsuhito Okuda (Faculty of Human Science, Department of Sports Science, Professor)

〈要旨〉

足関節捻挫の既往を有する大学野球選手を対象に介入研究を行い、足関節の愁訴に対するトレーニング効果について検討した。

小学校から野球を続けており現在も足関節になんらかの症状のある選手8名に対して、身長、体重、指床間距離、下肢伸展挙上テスト(SLR)、踵臀距離(HBD)、関節可動域(足関節背屈、足関節底屈)、star excursion balance test (SEBT)、重心動揺、バウンディングテストの測定を行い、その後、足関節のストレッチおよび筋力トレーニング、バランストレーニングを週に3日間で3か月の間患側のみ行った。

3か月のトレーニングを経て、SLR、HBD ($p<0.01$)、および重心動揺、SEBT前方リーチ ($p<0.05$)で有意な改善が認められた。またSLRについては、トレーニング後の健側、患側でも ($p<0.05$)有意な改善が認められた。重心動揺の改善は足関節周囲筋のトレーニングによる効果、SEBT前方リーチの改善は、足関節機能の改善が運動連鎖の改善を引き起こした可能性が考えられた。またSLRやHBDに有意な改善を認めたことに関しては、足関節の可動域改善および足関節周囲の筋力改善に伴い、ハムストリングスや大腿四頭筋の機能も改善した可能性があると考えられた。

1. はじめに

足関節はスポーツ活動中における障害発生頻度が最も高く、全スポーツ傷害の約10~30%を占めており、そのうち足関節捻挫は60~70%を占めていると報告されている¹⁾。また足関節捻挫の再受傷率は56~74%と非常に高く²⁾足関節捻挫を繰り返すと固有感覚の低下、神経筋機能の低下、姿勢制御機能の低下、足関節周囲の筋力低下が生じ、不安定性が残存することが報告されている³⁾。

足関節捻挫の後遺症は多岐にわたり、愁訴として、足関節の疼痛、筋力低下、不安定感、腫脹などがあげられる⁴⁾。Braunは、足関節受傷6ヶ月から18ヶ月の経過観察において、72.6%に足関節の疼痛、筋力低下、不安定感、腫脹の症状のうち1つ以上の症状が見られ、そのうちの40.4%は中等度から重度であったと報告している⁵⁾。

また足関節捻挫受傷後に足関節が慢性的に不安定にな

る病態は慢性足関節不安定症(Chronic Ankle Instability: CAI)と呼ばれ、CAIは足関節捻挫の後遺症の一つで、初回捻挫の受傷後40-75%の割合で発症すると報告されている⁶⁾。足関節捻挫を多く引き起こすスポーツとして、サッカーやバレーボール、バスケットボールなどがあげられるが、野球においても報告は少ないものの、スライディングやジャンプ時などに足関節捻挫が発生する。CAIでは足関節可動域及び筋力が低下するため、浅川らは、投球動作時に足関節を制限したモデルを作成したところ、下肢、体幹、上肢へと全身の運動連鎖がうまく働かず、上肢の障害につながる可能性があることを報告しており⁷⁾、CAIを有する野球選手にはどのような運動介入が効果的なのか整理する必要がある。

そこで、本研究では、CAIを有する大学野球選手を対象に足関節周囲の可動域回復、筋力トレーニング及びバラン

トレーニングを行うことによるトレーニング効果について検討した。

2 方法

2-1 研究対象

金沢星稜大学硬式野球部および準硬式野球部に所属する学生のうち小学校から大学まで野球を行っている選手47名に質問紙票による足関節捻挫実態調査を行った。質問紙票の項目は表1に示す。そのうち足関節捻挫の既往があり、現在もなんらかの症状のある選手が8名存在し、その8名全員がCAI調査（日本語版）⁸⁾およびInternational ankle consortiumによるCAI選択基準⁹⁾にてCAIと診断され。これら8名を対象とした。

表1 足関節捻挫実態調査質問紙票

〈質問項目〉	
a)	野球における足関節捻挫の既往の有無
b)	右足関節捻挫受傷回数
c)	左足関節捻挫受傷回数
d)	足関節の損傷部位（複数回答可）
e)	原因動作（複数回答可）
f)	現在の足関節の状態（複数回答可）
g)	野球のパフォーマンスへの影響

本研究は、金沢星稜大学の研究倫理審査委員会の承認（2020年8月5日承認）を得て実施され、被験者には口頭で研究の目的、方法、研究上の不利益および危険性について説明し同意を得た。

2-2 測定方法

被験者に対して、①筋タイトネスの評価として、a.指床間距離（Finger Floor Distance: FFD）、b.下肢伸展拳上テスト（Straight Leg Raising test: SLR）、c.踵臀距離（Heel Buttock Distance: HBD）（図1、図2a、b）、②関節可動域検査（ROM）としてa.Ankle Dorsal Flexion、b.Ankle Plantar Flexion（背屈は膝関節伸展、屈曲の両方で測定）、③バランス検査として、a.star excursion balance test:SEBT、b.重心動揺テスト（図3a-c）、④パフォーマンステストとしてバウンディングテストを行った。

SEBTはHertelらの方法¹⁰⁾を参考に支持脚の足部が床から浮かない状態で、前方、後内方、後外方の3か所にてできるだけ遠方にリーチするように指示し、母趾が触れた場所を最大距離として記録した。分析方法はFilopaらの方法¹¹⁾を参考に、被験者の棘果長（上前腸骨棘から内果）を測定し、記録を補正した値を分析に用いた。計算方法は以下の通りとした。

*各方向のスコア=（SEBT各方向の最大値÷下肢長）×100

重心動揺テスト（Stabilometry）は重心動揺計（MSS-

0019）を使用し片脚立位での足底圧中心の移動距離（総軌跡長、cm）を記録した。測定前に1回試技を行った後、休憩し疲労のない状態を確認して測定した。

バウンディングテスト（以下;Bounding）は両足を揃えた位置から右、左、右、左、両足着地し（左からでも可）、合計5歩のスタート位置からの距離を計測した。



図1：FFD 指床間距離



図2a：SLR 下肢伸展拳上テスト b：HBD 踵臀距離

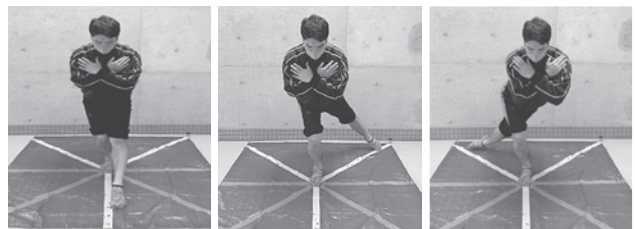


図3a,b,c：SEBT: star excursion balance test

トレーニングは可動域の回復を目的としたストレッチおよび筋力トレーニング、バランストレーニングを週3日で、3か月の間患側のみ行った。

2-3 トレーニングプログラム

(1) 可動域改善エクササイズ

①アキレス腱（腓腹筋、ヒラメ筋）ストレッチ：足関節背屈位

②下腿前面ストレッチ：足関節底屈位
それぞれ最大可動域で30秒間行った。

(2) 筋力トレーニング

アイソメトリックトレーニング（背屈、底屈、外反、内反）：5秒間を3セット行った。（図4a.b.c.d）

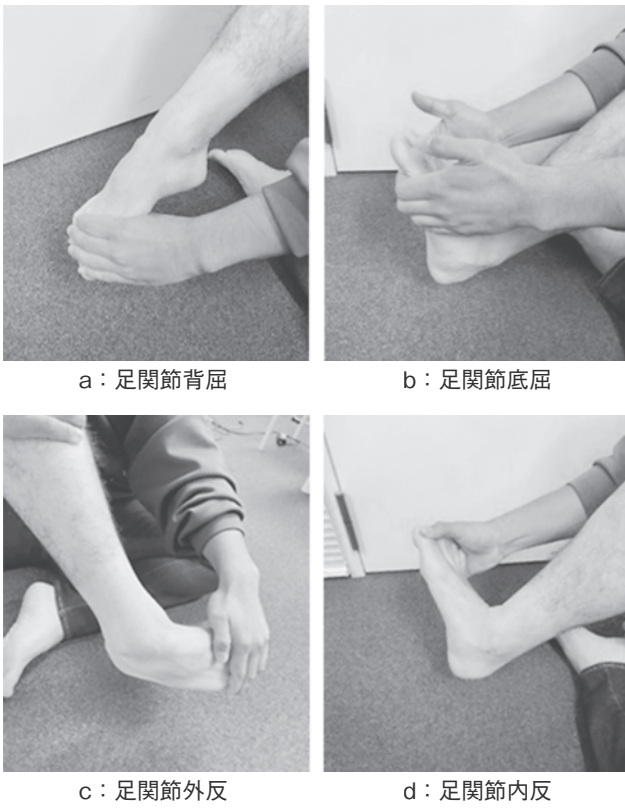


図4 a, b, c, d: 足関節アイソメトリックトレーニング

カーフレイズトレーニング, トウレイズトレーニング: 最大可動域で10回3セット行う。(図5 a, b)



図5 a: カーフレイズ b: トウレイズ

図5 a, b: カーフレイズトレーニング, トウレイズトレーニング

(3) バランストレーニング

片足立ち: 片脚立位で腕を胸の前で交差し, 非支持脚は股関節屈曲位, 膝関節90度を開始姿勢とする。これを開眼と閉眼を30秒間ずつ行う。

2-4 統計処理

実験終了後, 患側群と健側群とで比較し, トレーニング前とトレーニング後でも比較を行った。その際の項目は平均値±SDを採用した。またFFD, 重心動揺, バウンディングについては対応のあるt検定を行い, SLR, HBD, Ankle ROM plantar flexion, Ankle ROM dorsal flexion(膝

伸展位), Ankle ROM dorsal flexion (膝屈曲位), SEBT 前方リーチ, SEBT 後内方リーチ, SEBT 後外方リーチについては2要因分散分析を用い, Holm法による多重比較検定にて事後検査を行った。有意水準は5%とした。

3 結果

3-1 トレーニング前の患側と健側の比較

表2 トレーニング前の患側と健側の比較

測定項目	患側(n=8)	健側(n=8)
SLR(deg)	68.8±7.1	69.5±8.9
HBD(cm)	5.5±4.0	3.5±3.7
plantar flexion(deg)	43.4±6.0	46.3±3.6
dorsal flexion①(deg)	84.6±9.6	89.3±10.8
dorsal flexion②(deg)	48.1±11.3	45.9±11.0
SEBT forward(cm)	73.3±9.0	77.1±9.6
SEBT posterior medial	93.9±11.3	98.4±8.9
SEBT posterior lateral	102.0±9.1	107.2±9.6

*Ankle ROM dorsal flexionにおいて①を膝伸展時とし, ②を膝屈曲時とする。

患側群と健側群の比較において患側群の方がすべての項目で数値が低いものの, いずれの項目でも有意な差は認められなかった。

3-2 トレーニング前後の比較

トレーニング前とトレーニング後の比較において, SLR, HBD (p<0.01), 重心動揺, SEBT 前方リーチで (p<0.05) で有意な改善が認められた。また, SLRについては, トレーニング後の健側, 患側でも有意な差が認められた (p<0.05)。

表3 トレーニング前後の比較

測定項目	トレーニング前(n=8)		トレーニング後(n=8)	
	健側	患側	健側	患側
FFD(cm)		6.13±5.2		8.5±4.0
SLR(deg)	健側 69.5±8.9	患側 68.8±7.0	健側 72.0±8.5	患側 75.8±6.4
HBD(cm)	健側 3.5±3.7	患側 2.3±3.4	健側 5.5±4.0	患側 1.9±2.7
plantar flexion(deg)	健側 46.3±3.6	患側 43.4±6.0	健側 43.6±6.1	患側 43.6±7.6
dorsal flexion①(deg)	健側 89.3±10.8	患側 84.6±9.6	健側 83.5±9.0	患側 78.9±8.6
dorsal flexion②(deg)	健側 45.9±11.0	患側 48.1±11.3	健側 47.5±8.7	患側 48.9±7.6
stabilometry		161.4±36.9		136.5±28.8
SEBT forward(cm)	健側 77.1±9.3	患側 73.3±9.0	健側 81.8±7.0	患側 80.3±6.6
SEBT posterior medial(cm)	健側 98.4±8.9	患側 93.9±11.3	健側 99.4±7.8	患側 97.1±10.6
SEBT posterior lateral(cm)	健側 107.3±9.6	患側 107.0±10.0	健側 95.0±7.8	患側 112.1±7.9
Bounding(cm)		10.9±0.9		11.1±0.7

* p<0.05 ** p<0.01

4 考察

4-1 重心動揺について

重心動揺について、トレーニング前とトレーニング後と比較した結果、有意な改善が認められた。功刀らは足関節不安定症を有する者は、姿勢制御能力が健常者に比べて劣っており、片脚立位での重心動揺において総軌跡長が長くなると報告している⁸⁾。しかし、これらはトレーニングによって改善され、Wortmannらは足関節不安定性を有する者のバランストレーニング効果に関するレビュー論文において4~6週間のバランストレーニングによってバランス能力が改善されたと報告している¹²⁾。また増成らは1回5分間、週4回の不安定板トレーニングを8週間行うことで重心動揺値が改善されたと報告しており¹³⁾、小林らは足関節トレーニングや片脚立位でトレーニングをすることによって、足関節周囲の筋力向上重心動揺値に有意な改善がみられたと報告している¹⁴⁾。鈴木らは遊脚側腰部脊柱起立筋の筋活動と重心動揺間に有意な正の相関を認め、体幹筋活動が片脚立位時の重心動揺に関与しており、体幹筋の筋力が向上することで重心動揺が改善することを報告している¹⁵⁾。これらから、本研究のトレーニングプログラムにおいて、足関節筋力トレーニングにより足関節周囲の筋力が向上し、さらに片脚立位時でのバランストレーニングを行ったことで体幹筋も同時に向上し、重心動揺が向上したのではないかと考える。

4-2 SEBT 前方リーチについて

SEBT 前方リーチについて、トレーニング前とトレーニング後と比較した結果有意な改善が認められた。Gribbleらは、SEBT 前方リーチにおいて軸足の足関節背屈角度と膝関節屈曲角度に正の相関があると報告している¹⁶⁾。また野津らは、前方リーチ距離と足関節背屈角度との間に相関が認められたが、前方リーチ距離の低下は、足関節背屈柔軟性の欠如によるものであると報告している¹⁷⁾。井上らは、Star Excursion Balance Test 中の膝・足関節周囲筋の筋活動を測定した結果、前方リーチ時には大腿四頭筋の活動が有意に高く、前方リーチ時に体幹を後傾させる姿勢戦略を制御するために大腿四頭筋が強く作用したと報告している¹⁸⁾。本実験結果からは、足関節背屈の有意な改善は認められなかったが、大腿四頭筋の柔軟性を表すHBDの柔軟性が改善し、それが影響したのではないかと考える。

4-3 SLR (下肢伸展挙上) およびHBD (踵臀距離) について

SLR(下肢伸展挙上)はトレーニング前後間で ($p<0.05$),

患側健側間で ($p<0.01$) で有意な改善がみられ、HBD (踵臀距離) においてはトレーニング前後で ($p<0.01$) で有意な差が認められた。これらの変化については、足関節の可動域改善および足関節周囲の筋力改善に伴い、良好な運動連鎖の獲得ができ、ハムストリングスや大腿四頭筋機能も改善した可能性があると考えられる。

4-4 足関節と運動連鎖の関連性について

足関節は、生理的運動連鎖によって膝関節とも密接な関連を持っており、重要な役割を担っている。例えば、足関節回内外による運動連鎖を考えると、足関節回内を行うと、下肢の骨である脛骨や大腿骨、骨盤は全て内旋方向へ引っ張られ、足関節回外を行うと、脛骨や大腿骨、骨盤が外旋方向へ引っ張られる。すなわち、足関節の受傷は他の関節にも影響があると考えられる。同様に、足関節の可動域改善および足関節周囲の筋力改善筋力改善は、他の下肢の改善にも大きく影響すると考えられる。小林らは、膝前十字靭帯再建術後の患者群では、足関節背屈、底屈の筋力低下とともに、特に膝伸展位における足関節底屈のトルク値の低下が認め、しかも膝伸展位における足関節底屈のトルク値の低下は、患者群の健側においても認められたと報告している¹⁹⁾。また、浦辺らは、足関節肢位を規定すると膝関節運動に影響が及ぶことが確認され、下肢関節の運動連鎖の一端を示したと報告している²⁰⁾。これらのことから、足関節の向上は、運動連鎖によって他の下肢関節へ影響することが考えられる。

5 結語

本研究は足関節捻挫の既往がある大学硬式野球選手8名を対象に下肢関節の可動域および下肢筋タイトネスの測定を行い、3か月間のトレーニング後の変化を検討した。

3か月のトレーニングを経て、重心動揺の総軌跡長およびSEBT前方リーチにおいて有意な改善を認めた。重心動揺の改善は足関節周囲筋のトレーニングによる効果、SEBT前方リーチの改善は、足関節機能の改善が運動連鎖の改善を引き起こした可能性が考えられる。またSLRやHBDに有意な改善を認めたことに関しては、足関節の可動域改善および足関節周囲の筋力改善に伴い、ハムストリングスや大腿四頭筋が機能も改善した可能性があると考えられる。

謝辞

本論文の作成にあたり、重心動揺計をお貸しいただいた本学大森重宣教授に感謝いたします。

引用文献

- (1) Daniel Tik-Pui Fong・Youlian Hong・Lap-Ki Chan・Patrick Shu-Hang Yung (2007) A systematic re-view on ankle injury and ankle sprain in sports.Sports Med.37:73-94.
- (2) MS Yeung・KM Chan・CH So・WY Yuan (1994) An epidemiological survey on ankle sprain. Br J Sports Med.28:112-116.
- (3) Kaminski TW・Hartsell HD (2002) Factors contributing to chronic ankle instability:A strength perspective.J Athl Train.37:394-405.
- (4) A Anandacoomarasamy・L Barnsley (2005) Long term outcomes of inversion ankle injuries.Br J Sports Med.39 (3):e14. doi: 10.1136/bjism.2004.011676.
- (5) Braun BL (1999) Effects of ankle sprain in a general clinic population 6 to 18 months after medical evaluation. Arch Fam Med.8(2):143-148.
- (6) Gerber JP・Williams GN・Scoville CR・Arciero RA・Taylor DC (1998) Persistent disability associated with ankle sprains:a prospective examination of an athletic population. Foot Ankle Int.19 (10) :653-660.
- (7) 浅川 大地・河内 淳介・中澤 理恵・坂本 雅昭 (2013) 足関節背屈制限による投球動作への影響。第48回日本理学療法学会大会抄録集。
- (8) 功刀 峻・増成 暁彦・吉田 成仁・宮川 俊平 (2016) 慢性足関節不安定症を有する大学サッカー選手の前方着地時における姿勢安定化時間の遅延 : Cumberland Ankle Instability Tool日本語版による評価をもとにして。日本臨床スポーツ医学会誌, 24(3):407-414.
- (9) Phillip A.Gribble et al (2013) Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the international ankle consortium. J Orthop Sports Phys Ther 43: 585-591.
- (10) Jay Hertel・Rebecca A.Braham・Sheri A.Hale・Lauren C. Olmsted-Kramer (2006) Simplifying the star excursion balance test : analyses of subjects with and without chronic ankle instability. J Orthop Sports Phys Ther.36:131-137.
- (11) Alyson Filipa・Robyn Byrnes・Mark V. Paterno・Gregory D. Myer・Timothy E. Hewett (2010) Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther.40:551-558.
- (12) Wortmann, MA・Docherty, CD (2013) Effects of balance training on postural stability in subjects with chronic ankle instability.J Sport Rehabil, 22(2):143-149.
- (13) 増成暁彦・小林直行・山本純 (2014) 足関節不安定性を有する選手に対する不安定板トレーニングの姿勢制御能改善効果持続期間の検討。日本臨床スポーツ医学会誌, 22(1) :90-96.
- (14) 小林雄志 (2015) 足関節底屈筋群の瞬発的な筋力発揮能力向上を目的としたトレーニングが姿勢制御機構に及ぼす影響。デサントスポーツ科学, 36:153-160.
- (15) 鈴木哲・平田淳也・栗木鮎美・富山農・植田一輝・小田佳奈枝・高橋正弘・渡邊進 (2009) 片脚立位時の体幹筋活動と重心動揺との関係。理学療法科学, 24(1):103-107.
- (16) Phillip A. Gribble・Jay Hertel・Craig R. Denegar・William E. Buckley (2004) Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. J Athle Train.39:321-329.
- (17) 野津将時郎・竹村 雅裕・宮川 俊平 (2020) Star Excursion Balance Testのリーチ距離と体幹傾斜角度および足関節柔軟性の関係。体力科学, 第69巻(3)279-284.
- (18) 井上由里・大谷啓尊・成瀬進・後藤誠・南場芳文・柏裕介 (2015) 思春期女子サッカー選手のmodified Star Excursion Balance Testと下肢筋力の関係。理学療法科学, 30(6) : 853-856.
- (19) 小林準・遠藤敏・三和真人・八並光信・上迫道代・木村彰男・千野 直一・竹田毅・富士川恭輔 (1994) 等速性運動を用いた足関節の筋力評価 : 膝靭帯損傷患者と健常者との比較。第29回日本理学療法士学会誌, 367.
- (20) 浦辺幸夫・中ノ瀬友乃・小林寛和・深代千之・小林規・山賀寛・横江清司・松井秀治・川野哲英 (1990) ペダリング動作における筋活動について : 第3報 足関節肢位と膝関節運動の関係。第25回日本理学療法士学会誌, 345.

