

[招待論文]

## けがをしない身体をつくるために

### Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Injuries in Athletes

橋本 健史

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター准教授

Takeshi Hashimoto

Associate Professor, Sports Medicine Research Center, Keio University

勝川 史憲

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター教授

Fuminori Katsukawa

Professor, Sports Medicine Research Center, Keio University

石田 浩之

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター准教授

Hiroyuki Ishida

Associate Professor, Sports Medicine Research Center, Keio University

小熊 祐子

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター・大学院健康マネジメント研究科准教授

Yuko Oguma

Associate Professor, Sports Medicine Research Center,  
Graduate School of Health Management, Keio University

真鍋 知宏

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター専任講師

Tomohiro Manabe

Assistant Professor, Sports Medicine Research Center, Keio University

**Abstract:** スポーツ傷害予防のためのウォーミングアッププログラムは、その議論が始まったばかりであり、さらなる研究が待たれるフィールドである。今後は、本来に必要なプログラムの厳選とその科学的根拠、スポーツ種目による取捨選択方法、練習時間、頻度などの包括的プログラムの研究が必要である。われわれは現在、小型の加速度・角速度計を搭載したウェアラブル端末を開発中である。これは運動時にリアルタイムで自身の動作解析を行えるデバイスであり、フォームの確認やスポーツ傷害を起こしやすい動作の矯正に利用したいと考えている。

---

A neuromuscular and a proprioceptive training program in prevention injuries in athletes is the field where the discussion has just started and is needed further progression. Discussion of a careful selection of a really necessary program, scientific evidence, adaptation by sports and optimal time and frequency of exercise is needed in future. Now we are developing a wearable device with small accelerometer and gyroscope. We hope it will be used for affirmation of a form and correction of the movement that is easy to cause sports injuries.

Keywords: スポーツ障害、予防、ウォームアップ、バランス訓練

## 1 はじめに

2020年東京オリンピック・パラリンピックが決定して1年。その招致委員会の戦略的活動には大きな敬意を表したい。東日本大震災から3年有余、オリンピックの成功は大震災からの復興をより後押しし、被災者の心を癒すであろう。それには次期東京五輪での、日本選手の活躍が欠かせない。そのためには日本の総力をあげた一致協力体制が必要である。

私たちスポーツ整形外科医は、スポーツ傷害の初期治療から手術、さらにはリハビリテーションという役割を担っている。しかし、最も重要なことは実はスポーツ傷害の予防である。最近、スポーツ傷害を発生前に予防するさまざまなプログラムが報告されてきている。それらは、関節のストレッチング、バランスのとれた筋力増強、固有知覚受容器訓練などを中心としたウォームアッププログラムである。これらを包括的、科学的に運用することでスポーツ傷害を予防する試みについて現在の状況を概説したい。

また、この試みはトップアスリートだけでなく、ウォーキング、ジョギングなどの一般市民のスポーツ愛好家にとっても、傷害を予防し、スポーツを継続することができるようになり、ひいては国民全体の健康寿命を伸ばし、真に健康な国作りが可能となると考えられ、非常に重要なことである。そこで、本稿では、スポーツ傷害予防の取り組みについて、特にそのウォームアッププログラムに関して、最新の動向を述べたい。

## 2 スポーツ傷害とは

スポーツ傷害とは、スポーツによる急性の外傷であるスポーツ外傷と慢性

の障害であるスポーツ障害を融合した言葉である。ただ若干の異論もあり、これを使わずに、スポーツ外傷・障害とすることもある。本稿では双方を合わせた言葉として用いたい。

スポーツ外傷には、肩関節脱臼、肘関節脱臼、膝前十字靭帯断裂、足関節捻挫などがあり、スポーツ障害には、肩腱板断裂、野球肘、ジャンパー膝、アキレス腱症などがある。いったん、スポーツ傷害が発生してしまうと、数ヶ月から1年にもわたり、競技から離れて治療に専念する必要があり、重大な競技パフォーマンスの低下につながる。なかには、選手としての寿命を絶たれてしまうものもある。スポーツ傷害を予防することは、選手個人にとっても、国全体にとってもたいへん重要なことといわざるを得ない。

### 3 スポーツ傷害予防の歴史

科学的なスポーツ傷害予防の取り組みは、1980年代に傷害予防のための神経生理学的アプローチから始まっており、足関節捻挫予防のための足関節不安定板(図1)訓練がまず報告された<sup>8) 16)</sup>。その後、国際サッカー連盟(以下、FIFA)は、増え続けるサッカーによる重大なスポーツ傷害に悩み、なんとかスポーツ傷害を予防することはできないだろうかと考えた。まず手始めに、FIFAのスポーツ委員会で傷害予防、治療のためのFIFA Medical Guideを作ろうという動きが始められた。それはさらに発展して、1994年、FIFA医学評価研究センター(F-MARC)が設立された。そこで、さまざまな基礎的、臨床的研究が行われ、同時にその動きは世界中にひろまり<sup>2) 13)</sup>、体幹筋力増強とバランス感覚増大を促すウォーミングアップ方法などが詳しく検討されていった。

FIFA以外でも傷害予防のプロ



図1 Ankle disc。不安定な円盤であり、選手はここに脚を載せて安定を保つ訓練を行う。また、円盤を円周状に回して足関節周囲の筋力強化と固有知覚受容器訓練を行うことができる。

グラム作りが行われ、アルペンスキーにおける膝靭帯損傷予防のプログラム<sup>6)</sup>、バレーボールにおける足関節捻挫予防のためのプログラム<sup>1)</sup>、ハンドボールにおける外傷予防プログラム<sup>17)</sup>、バスケットボールにおける外傷予防のための固有知覚受容器訓練<sup>5)</sup>など各競技で報告されている。

2003年、最初の包括的スポーツ傷害予防プログラムである、The 11 (F-MARC)が発表された<sup>10)</sup>。2004年には、サッカー医学マニュアルが刊行された<sup>3)</sup>。2006年には、The 11を改良した11+ (F-MARC)が発表され、2010年FIFAワールドカップ南アフリカ大会で正式採用となった<sup>11) 15)</sup>。現在、FIFA 11+の他にもさまざまな競技別または汎用のスポーツ傷害予防プログラムが開発され、使用されている<sup>1) 4)</sup>。

#### 4 スポーツ傷害予防のエビデンス

1990年頃より、バランス訓練などを中心としたある種のウォーミングアッププログラムにより、スポーツ傷害を予防できるのではないかという報告がされるようになってきた。Caraffaらは、600名のサッカー選手の膝前十字靭帯損傷を対象として不安定板を使用する固有知覚受容器訓練を介入として無作為化比較試験(以下、RCT)を行って、3シーズン後、1チーム1年あたり1.15人であった発生率が0.15人へと有意に低下したと報告した<sup>2)</sup>。Myklebustらは、850名の女子ハンドボール選手の膝前十字靭帯損傷を対象として、不安定板を中心とした固有知覚受容器訓練を介入として、RCTを行って、3シーズン後、エリート群においてodds ratioが<sup>3</sup>(0.06; 信頼区間0.01-0.54, p=0.01)に減少したと報告した<sup>13)</sup>。

Soligardらは、女子サッカー選手(13-17歳、125クラブ、2540名)を対象にしたRCTをおこなった。介入群には11+(FIFA)のプログラムを週に2回練習前に20分間、行わせた(65クラブ、1320名)。対照群には通常のウォーミングアッププログラムを行わせた(60クラブ、1220名)。2007年3月-10月に介入を実施した。最終評価時において調査可能であったのは、介入群1055名(52クラブ)、対照群837名(41クラブ)であった。結果は、対照群に対する介入群のRate ratio(95%信頼区間)で、全傷害では0.68(0.48 to 0.98, p=0.041)、オーバーユース傷害で0.47(0.26 to 0.85, p=0.012)、重度傷

害で 0.55 ( 0.36 to 0.83,  $p=0.005$ ) であったと報告した。その他、膝、足関節、急性外傷では有意差は得られなかったが、いずれも 1.0 を下回る結果となった<sup>15)</sup>。

## 5 スポーツ傷害予防の実際

それでは、実際のスポーツ傷害予防プログラムについて述べたい。FIFA 11+ では、20 分間のウォーミングアップを発表した。その全貌はインターネット上に公開されている (<http://f-marc.com/11plus/11plus/>) ので、ここでは概要を述べる。全体を 1 回目のランニングエクササイズ 8 分、筋力・プライオメトリクス・バランス 10 分および 2 回目のランニングエクササイズ 2 分の 3 つのエクササイズに分けられている。

1 回目のランニングエクササイズはフィールドセットアップをおこなってから開始する。6 組のコーン (目印) を 6 m 間隔で置き、コースを作る。最初のコーンから 2 人がスタートし、コーンの内側を走りながらさまざまなエクササイズを行う。最後のコーンを通過したら、外側をジョギングで戻る。まっすぐに走るランニング・ストレートアヘッドから始まり、股関節を回旋しながら走るランニング・ヒップアウト、ランニング・ヒップイン (図 2) を 2 回ずつ走る。次に、お互いのまわりをまわるランニング・サイクリングパートナー、肩をぶつけ合うランニング・ショルダーコンタクト (図 3)、前後に走るランニング・前後走を 2 回ずつ行う。

筋力・プライオメトリクス・バランスは、中間の 10 分間を使い、ベンチスタティック (図 4)、サイドベンチスタティック (図 5)、ハムストリングス (図 6)、シングルレッグスタンス (図 7)、スクワットトレイズ (しゃがみこみから伸び上げて爪先立ちとなる)、垂直ジャンプなど体幹筋の筋力増強、バランス訓練などを行う。

最後に 2 回目のランニングエクササイズを 2 分間行う。少し早い速度で走るランニングアクロスザピッチ、飛び上がるようにして走るランニングバウンディング (図 8)、ジグザグに走るランニング・プラント&カット (図 9) である。これら 15 種目のウォーミングアップを最低、週 2 回行うように指導する。

この 11+ についての問題点は、15 種目すべてが果たして必要か、上肢に対

---

するアプローチがないこと、足関節の傷害予防に関する Evidence がなく、およびサッカー以外の他のスポーツ種目に適応できるか等であろう。われわれは、上肢、足関節傷害に対するプログラムを現在、開発中である。また、



図2 ランニング・ヒップアウトとランニング・ヒップイン。ランニングの途中で股関節をヒップアウト（外旋）し、また、ヒップイン（内旋）する。  
〈ビデオ映像から〉



図3 ランニング・ショルダーコンタクト。ペアの2人でランニングの途中で、肩を軽く当て、またランニングに戻る。  
〈ビデオ映像から〉



図4 ベンチスタティック。肘を90度に保ち、前腕と前足部で体重を支える。30秒静止する。2回繰り返す。〈ビデオ映像から〉



図5 サイドベンチスタティック。体幹をなるべく1直線に保ちながら、横向きとなる。30秒静止する。2回繰り返す。〈ビデオ映像から〉



図6 ハムストリングス。助手に足関節を支えてもらいながら、前方になるべくゆっくりと倒れる。倒れる直前に両手をつく。30秒繰り返す。〈ビデオ映像から〉



図7 シングルレッグスタンス。ボールを持って、片脚立ちを30秒行う。2回繰り返す。  
〈ビデオ映像から〉



図8 ランニングバウンディング。大きなジャンプをしながらランニングを行う。(ビデオ映像から)



図9 ジグザグに走るランニング・プラント&カット。(ビデオ映像から)



図10 O脚訓練。両下肢をO脚として足部外側で床を10秒間押し続ける。これを5回行う。



図11 X脚訓練。両下肢をX脚として足部内側で床を10秒間押し続ける。これを5回行う。

サッカー以外に適応できるかについては、ハンドボール<sup>13)</sup> <sup>14)</sup>、バスケットボール<sup>11)</sup>に有効であったとの報告があった。

ただ最近、エビデンスレベル1の10個のRCTを集めたメタアナリシスでは、膝前十字靭帯断裂を予防できたとした論文は2個であり、残りの8個では、有効性はなかったと結論づけていたとの報告があった<sup>9)</sup>。この分野はまだ論争中であり、今後、どのようなプログラムが傷害予防に有効であるのか、より正確、また検証可能な質の高い研究が必要である。

われわれは現在、足関節捻挫予防のための独自のウォーミングアッププログラムを作成している(図10、11)。今後その有効性を確かめていくつもりである。また、われわれは小型の加速度・角速度計を搭載したウェアラブル端末を開発中である。これは、運動時にリアルタイムで自分自身の動作解析を行えるデバイスとなり、フォームの確認にとどまらず、スポーツ傷害を起こしやすい動作を抑制し、正しい動作に矯正していくことができる。そのことによりトップアスリートの運動パフォーマンス向上に役立つと考えている。次期東京五輪までには実用化していきたいと考えている。

## 6 まとめ：2020年東京オリンピック・パラリンピックにむけて

スポーツ傷害予防のためのウォーミングアッププログラムは、いまだその議論が始まったばかりであり、さらなる研究が待たれるフィールドである。今後は、本当に必要なプログラムの厳選とその科学的根拠、スポーツ種目による取捨選択方法、練習時間、頻度などの包括的プログラムの研究が必要である。

### 参考文献

- 1) Bahr R., et al., "A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study." *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 7, 1997, pp.172-177.
- 2) Caraffa A., et al., "Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training." *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 4, 1996, pp.19-21.
- 3) Dvorak J., et al., *Football medicine manual*. Zurich: F-MARC, 2005, pp.81-93.
- 4) Emery C.A., et al., "Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial." *CMAJ*, 172, 2005, pp.749-754.
- 5) Emery C.A., et al., "A prevention strategy to reduce the incidence of injury in high school basketball: a cluster randomized controlled trial." *Clin. J. Sports Med.*, 1, 2007, pp.17-24.
- 6) Ettlinger C.F., et al., "A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in Alpine skiing." *Am. J. Sports Med.*, 8, 1995, pp.56-62.
- 7) Fousekis K., et al., "Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: a prospective study on 100 professional players." *Am. J. Sports Med.*, 40(8), 2012, pp.1842-1850.
- 8) Gauffin H., et al., "Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint." *Int. J. Sports Med.*, 9, 1988, pp.141-144.
- 9) Grimm N.L., et al., "Efficacy and degree of bias in knee injury prevention studies: a systematic review of RCTs." *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 471, 2013; pp.308-316.
- 10) Junge A., et al., "Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players." *Am. J. Sports Med.*, 30(5), 2002, pp.652-659.
- 11) Longo U.G., et al., "The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players : a cluster randomized controlled trial." *Am. J. Sports Med.*, 40(5), 2012, pp.996-1005.
- 12) Mandelbaum B.R., et al., "Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up." *Am. J. Sports Med.*, 33, 2005, pp.1003-1010.
- 13) Myklebust G., et al., "Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female

- team handball players: a prospective intervention study over three seasons.” *Clin. J. Sport Med.*, 13, 2003, pp.71-78.
- 14) Olsen O.E., et al., “Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomized controlled trial.” *B.M.J.*, 330, 2005, p.449.
- 15) Soligard T., et al., “Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial.” *B.M.J.*, 337, 2008, p.a2469.
- 16) Tropp H., et al., “Prevention of ankle sprains.” *Am. J. Sports Med.*, 13(4), 1985, pp.259-262.
- 17) Wedderkopp N., et al., “Prevention of injuries in young female players in European team handball: a prospective randomized study.” *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 9, 1999, pp.41-47.

[受付日 2014. 10. 1]