

# バスケットボール選手における 足関節捻挫予防のための動的バランス トレーニングの効果

The effect of dynamic balance training for the prevention  
of ankle sprains in basketball players

高田彰人\*, 西川 悟\*

キー・ワード：ankle sprain, injury prevention, prospective study  
足関節捻挫, 傷害予防, 前向き調査

【要旨】 足関節捻挫は最も多く生じるスポーツ傷害であり、競技別ではバスケットボールに最も多いと報告されているが、その予防法は確立されていない。本研究は動的バランストレーニング (dynamic balance training: 以下, DBT) の足関節捻挫に対する予防効果を検討することを目的とした。対象は高校男子バスケットボールチームに所属した95名とした。DBT未実施群は通常のトレーニングを行った(2013-2014)。DBT実施群は通常のトレーニングに加えて、DBTを行った(2015)。各年6ヵ月のフォローアップ期間の結果、足関節捻挫はDBT未実施群と比較して、DBT実施群で有意に少ないという結果が得られた ( $p<0.05$ )。DBTは足関節捻挫の予防トレーニングとして有効であることが示唆された。

## 背景

足関節内がえし捻挫は最も受傷頻度の高い外傷であり、全スポーツ外傷の12%が足関節捻挫であるという報告がある<sup>1)</sup>。災害共済給付制度の資料において、中高生の部活動中の外傷発生件数をスポーツ種目別にみたところ、バスケットボールが約68000件と最も多かった。さらに、その中でバスケットボールの足関節捻挫発生率は3400件/10万人/年と最も多かった<sup>2)</sup>。以上のことからバスケットボールに関わる指導者やトレーナーは足関節捻挫に遭遇する可能性が高いため、足関節捻挫を予防することが求められる。

足関節捻挫は一度受傷すると再発する者が多く、足関節不安定症に移行することが多い<sup>3)</sup>。その再発率は約70%にまで及び<sup>4)</sup>、受傷者の40-75%で慢性的な足関節不安定性 (chronic ankle instability: CAI) に移行するといわれている<sup>5)</sup>。さらに

複数回の受傷は足関節の変形性関節症や軟骨障害<sup>6,7)</sup>へと発展することも報告されている。従って、まずは足関節捻挫を受傷させないことが重要であり、受傷後にはその後の再発予防トレーニングが重要な課題となる。

足関節捻挫の予防法として、バランストレーニングに代表される固有感覚トレーニングの有効性を示す報告が多い。Westerら<sup>8)</sup>は初発の足関節捻挫を受傷した者に対してバランストレーニングを実施したところ、実施群は未実施群よりも捻挫の再発や機能的不安定性の発生が抑えられたと報告している。ほかにも、足関節捻挫の予防に関する限られた報告はあるが、そのエビデンスは初発の足関節捻挫ではなく、受傷後の再発予防に有効であるとしているものが多い<sup>9-12)</sup>。

健常者を対象とした筋反応時間の報告をみると、8週間のバランスディスクトレーニングでは筋反応時間に変化はないと報告されている<sup>13)</sup>。下條<sup>14)</sup>は12週間のバランスディスクトレーニングを行った結果、足関節内がえし捻挫既往者では腓

\* 西川整形外科



図1 母趾壁距離の測定方法  
写真は左足の母趾壁距離の測定肢位である。

骨筋反応時間が短縮したと述べている。筋反応時間の報告においても受傷後の機能改善を示したものが多く、健常者を対象とした報告では足部機能の改善には効果がないという報告もある。

以上のことから、バランストレーニングにおける足関節捻挫の予防効果を示す報告は対象を受傷後の選手としていることが多く、足関節に愁訴のない健常なスポーツ選手に対する足関節捻挫の予防効果を示す報告は少ない。そこで、本研究では6ヵ月以内に足関節捻挫の既往がない選手に対して動的バランストレーニング (dynamic balance training: 以下, DBT) を実施し、その後の足関節捻挫の予防効果を調査することを目的とした。

## 対象と方法

### 1. 対象

2013-2015 シーズンに関東大会出場レベルの高校男子バスケットボール部に所属したのは57例114足であった。2013 シーズンからの傷害調査の結果、当チームでは足関節捻挫の受傷率が最も高かった。なお、足関節捻挫受傷の定義は足関節捻挫によって練習を1日以上休んだ者とした。そこで、2015 シーズンより足関節捻挫予防トレーニングとしてDBTを導入し、DBT未実施群とDBT実施群での足関節捻挫受傷率を比較した。過去6ヵ月に足関節捻挫の既往がない症例はDBT未実施群では32例64足のうち52足、DBT群では25例50足のうち43足であり、計95足が対象となった。また、DBT群では43足のうち27足はDBT未実施群とのシーズン違いの同一症例であった。本研究では機能障害の少ない症例を対象とするために、6ヵ月以内に足関節捻挫の既往が

ある者、傷害によって現在練習に参加できていない者、Karlssonら<sup>15)</sup>の足関節機能的安定性スコア(以下、Kスコア)が80ポイント以下の者、Ben-nellら<sup>16)</sup>の足関節背屈柔軟性(以下、母趾壁距離)が6.0cm以下の者は除外した。高校生であるために新入生入学や3年生引退を考慮し、シーズン期間を6ヵ月間と定義して、その間の足関節捻挫受傷率を調査した。当チームではおよその年間スケジュールに沿って練習や遠征が組まれているため、年度毎に練習内容に大きな差は生じていない。さらに毎年4月に行われるメディカルチェックのデータからKスコア、母趾壁距離の数値を用いて両群の足関節機能に差が生じていないかを比較した。

Kスコアは疼痛、腫脹、不安定感、動きづらさ、階段、走行、日常生活、装具・テーピングの8項目で構成されており、各項目でポイントが決められている。これを被験者の主観によって該当する状態を選ぶものである。合計点数は最大で100ポイントとなり、左右別々に評価する。この評価値は91-100ポイントが「Excellent」、81-90ポイントが「Good」、61-80ポイントが「Fair」、60ポイント以下が「Poor」と規定されている。なお、合計点が81ポイント以上であれば、足関節機能的不安定性は「なし」とされている<sup>15)</sup>。

母趾壁距離は壁を使用した足関節背屈柔軟性の評価方法である<sup>16)</sup>。具体的な方法は測定側の下肢を壁に向かって踏み出し、膝を壁につけた状態で下腿を前傾させた際の母趾から壁までの距離を測定するものである。この際、踵部と母趾は一直線上に並んだまま、踵部が床から離れないようにする(図1)。母趾壁距離は数値が低いほど背屈柔軟性が低いことを示し、6.0cm未満が「Hypomobile」、6.0-9.0cmが「Inflexible」、9.0-15.0が「Normal」、15.0-18.0が「Flexible」、18.1cm以上が「Hypermobile」と規定されている。この測定の有用性を示す報告として、粕山ら<sup>17)</sup>は足関節背屈角度(膝伸展位・膝屈曲位)、下腿傾斜角度、母趾壁距離の4種類で、全ての測定方法に正規性が認められたと報告している。さらに、健常若年男性の足関節背屈制限値としてInflexible以下が妥当であると述べている。以上のことから、本研究の対象は足関節の機能障害が少ない症例であるといえる。

### 2. DBTの概念と方法

DBTはバランスディスク上での片脚スクワッ

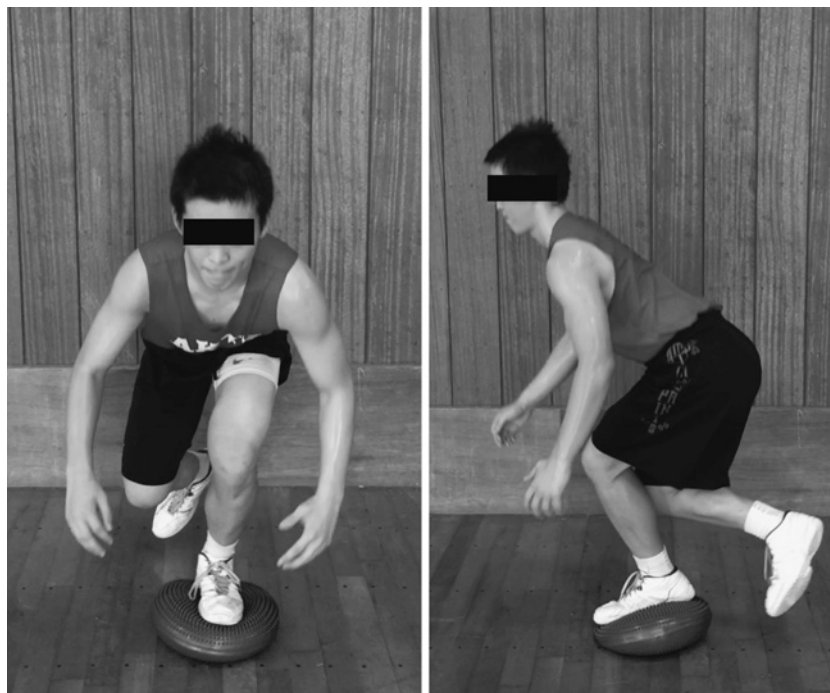


図2 DBT片脚スクワットの方法  
バランスディスク上にて、股関節と膝関節と足関節の連動性を重視してスクワット動作を行った。

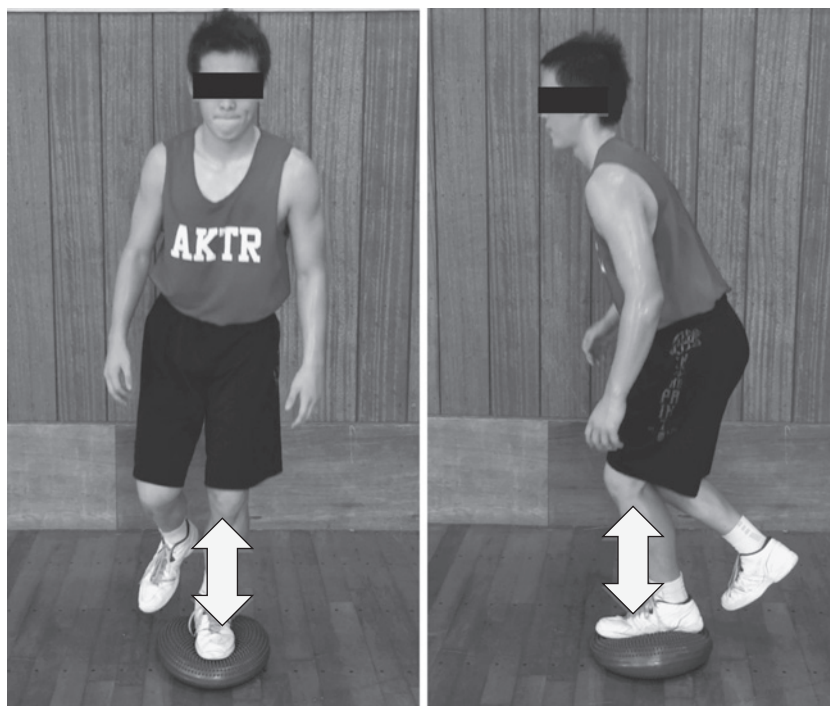


図3 DBT片脚ホップの方法  
バランスディスク上にて、足底が離れない程度のホップ動作を行った。

トとホップ動作の2種類のトレーニングで構成した。DBT片脚スクワットはバランスディスク上で股関節と膝関節と足関節の連動性を重視して繰り返す。

返し行った(図2)。DBTホップはバランスディスクから足底が離れない程度のホップを繰り返して行った(図3)。どちらも母趾球荷重で行うことに



重点をおき、側方の動揺を抑えるように指導した。バランス・筋力・動的アライメントを同時に改善できるプログラムとした。DBT 実施期間は6ヵ月という長期間の実施となるため、それぞれの下肢屈曲角度は規定せずに様々な関節角度で行えるようにした。DBT の実施率を高めるために指導者にもトレーニング内容を共有し、毎回の全体練習の最後に全員が一斉に DBT を実施できるように体系化した(図4)。DBT は簡易的に実施できるように、約5分以内で行えるプログラムとした。実施頻度は週5~6日とし、実施回数はDBT 片脚スクワットとDBT ホップを各30回ずつ行った。

### 3. 統計解析

各年におけるシーズン期間6ヵ月でのDBT 実施群とDBT 未実施群の足関節捻挫受傷率を比較した。統計処理はFisher 検定にて危険率5%未満を有意とした。統計解析ソフトウェアはIBM SPSS ver.24.0を使用した。

## 結果

本研究ではDBT 実施群とDBT 未実施群の足関節捻挫受傷率を調査した。DBT 未実施群52足では平均年齢15.5±0.5歳、平均Kスコア91.5±8.4、平均母趾壁距離13.5±1.8cmとなった。DBT 実施群43足では平均年齢16.1±0.8歳、平均K



図4 DBT の実施率を高めるために全体練習の最後で一斉に実施させた。

スコア91.1±8.1、平均母趾壁距離11.7±2.1cmであった(表1)。KスコアはDBT 実施群とDBT 未実施群の両群間に有意差はなかった( $p=0.5957$ )。母趾壁距離はDBT 実施群とDBT 未実施群の両群間に有意差はなかった( $p=0.3096$ )。

シーズン期間6ヵ月の足関節捻挫受傷はDBT 未実施群では8/52足(15.4%)であり、DBT 実施群では1/43足(2.3%)であった( $p=0.0376$ )。DBT 実施群では、DBT 未実施群に比べて足関節捻挫の受傷率が有意に減少していた。また、1000人が1回の練習か試合に出た場合、何件の足関節捻挫が発生するかを1000 exposureとして算出したところ、DBT 未実施群では1.97であったのに対して、DBT 実施群では0.29に減少した(図5)。

## 考察

本研究の結果からDBT の実施は過去6ヵ月に足関節捻挫の既往がない症例に対して、足関節捻挫の予防効果があると示唆された。先行研究では足関節内がえし捻挫は着地動作時に生じることが

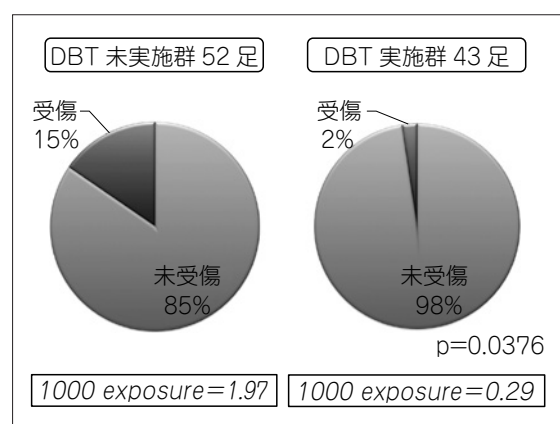


図5 DBT 実施の結果

DBT 未実施群では6ヵ月の足関節捻挫発生率が15%であったのに対して、DBT 実施群では6ヵ月の足関節捻挫発生率が2%に減少した( $P=0.0376$ )。1000exposureを算出した結果、DBT 未実施群は1.97であったのに対して、DBT 実施群は0.29に減少した。

表1 DBT 実施群とDBT 未実施群

	DBT 未実施群 (52足) 2015 までのシーズン期間	DBT 実施群 (43足) 2015 からのシーズン期間
平均年齢	15.5±0.5 歳	16.1±0.8 歳
平均 K スコア	91.5±8.4	91.1±8.1
平均背屈柔軟性 (母趾 - 壁距離)	13.5±1.8cm	11.7±2.1cm

多いと報告されている<sup>18,19)</sup>。バスケットボール選手に限った報告では、森石ら<sup>20)</sup>はバスケットボールにおける足関節内がえし捻挫の受傷機転を調査し、90%以上がジャンプ着地時に起こると述べている。その発生因子として片脚接地時の不適切な足関節の肢位が関わりとされている<sup>21)</sup>。着地時のバイオメカニクスについて、足関節底屈角度や内反角度の増加は足関節に加わる内反モーメントの増加によって、足関節内がえし捻挫の潜在的危険性を高めると示唆されている<sup>22,23)</sup>。着地動作の筋活動は足部が地面に接地する前に衝撃に対する準備として生じることが示されており<sup>24)</sup>、予測できない急速な足関節内反運動に抗するためには接地前の筋活動による動的な保護が不可欠であると考えられている<sup>25)</sup>。宮下<sup>26)</sup>は着地動作における足関節周囲筋の筋活動を調査し、足関節不安定性を有さない者は着地後に腓骨筋の有意な活動が認められたが、足関節不安定性を有する者では腓骨筋の有意な活動は認められず、着地後に選択的に腓骨筋群の活動を高めて足関節内反を制御する現象が欠如していると報告している。

バスケットボールは空中での接触動作や、急な方向転換動作によって過度な内反ストレスが生じて受傷することが多い。その中でDBT片脚スクワットでは足関節屈曲と足関節背屈を十分に引き出すことで足関節内反を制限することに有効であると考えられる。さらにバスケットボールでは他人のシューズを踏むなどの予測できない状況での受傷も多いため、DBTホップのように不安定化でのバランストレーニングの必要性も高いと考える。各選手が実際のプレイ中にトレーニング姿勢の意識が傷害予防に繋がったかは定かではないが、徹底的に反復したDBTの実施により傷害予防に影響したと推察する。また、定期的にトレーナーが帯同して直接トレーニング指導を行えたことや、選手にも伝わりやすい簡易的な内容であったこと、指導者への情報共有を確実に果たしたことも結果の一因として考えている。

バランストレーニング器具には様々な製品が存在するが、松葉ら<sup>27)</sup>は各バランストレーニング器具を使用した際の筋活動を比較した調査を報告している。そこではBOSU Balance Trainer (DW Fitness, LLC, 2002: 以下, BOSU)、デジジョックボード (酒井医療社, 直径300mm×30mm, ボス船底大直径160×60mm)、バランスディスク

(Kramer JAPAN, 直径340mm×高さ65mm)、バランスパッド (インターリハ株式会社, 幅500mm×奥行450mm×高さ60mm)を用いて筋活動量を調査しており、長腓骨筋・短腓骨筋・前脛骨筋の活動量はBOSUに次いでバランスディスクが高かったとしている。バランストレーニングに関して、器具別の受傷率を調査した報告はみられないが筋の活動量といった観点ではバランスディスクの活用は比較的有効であることが示唆された。さらに本研究の対象は高校生であり、バスケットボールのようなチームスポーツにおいてコスト面も大きな問題となる。そのため、比較的安価なバランスディスクはチームスポーツとしても導入しやすいという利点がある。しかし、現状では他のバランス器具との予防効果は比較できていないため、筋活動量以外に足関節捻挫発生数の減少を調査することが今後の課題である。さらにバランストレーニング器具を使用せずに行える有効な足関節捻挫予防トレーニングがあれば、より簡易的にスポーツ現場で普及される可能性も高い。従って、今後は器具を使用しない足関節捻挫予防トレーニングとも足関節捻挫の発生率を比較していき、スポーツ現場にとって最善の予防法を検証していきたい。

傷害予防トレーニングの先行研究では足関節捻挫の既往がある者に対する予防効果があったという報告はあるが<sup>8-12)</sup>、愁訴なくスポーツ活動を行っている選手に対する予防効果を示す報告は少ない。本研究では6ヵ月以内に足関節捻挫を受傷した症例は除外しており、Kスコアや足関節背屈柔軟性においても両群間で差がない状態での結果を得ている。そのためDBTは受傷後の選手に対してだけでなく、スポーツ現場にて愁訴なくスポーツ活動を行っている選手に対する足関節捻挫予防トレーニングとして有効であると考えられる。

本研究の限界として、特定の医療機関へ受診していないために足関節捻挫の重症度が明確でないこと、各選手の個人課題によってDBT以外のメニューに偏りが生じてしまうこと、練習時間や試合出場時間に偏りが生じていることなどが挙げられる。

## 結 語

本研究ではDBT実施群とDBT未実施群の足関節捻挫受傷率を調査した。6ヵ月間のDBT実施

は6ヵ月以内に足関節捻挫の既往がない症例に対して予防効果があると示唆された。DBTは愁訴なくスポーツ活動を行っている選手に対して有効であったため、スポーツ現場での足関節捻挫予防トレーニングとして積極的に普及していきたい。

#### 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) 藤巻悦夫. スポーツにおける足関節外傷の診断と治療. 整形外科. 1995; 46(10): 1397-1407.
- 2) 奥脇 透. 成長期スポーツ外傷・障害の現状. 臨床スポーツ医学. 2016; 33(11): 1024-1030.
- 3) Freeman, M, Dean, M, Hanham, I. The etiology and prevention of functional instability of the foot. J Bone Joint Surg. 1965; 47(4): 678-685.
- 4) Yeung, MS, Chan, KM, So, CH, Yuan, WY. An epidemiological survey on ankle sprain. Br J Sports Med. 1994; 28(2): 112-116.
- 5) Gerber, JP, Williams, GN, Scoville, CR, Arciero, RA, Taylor, DC. Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. Foot Ankle Int. 1998; 19(10): 653-660.
- 6) Harrington, KD. Degenerative arthritis of the ankle secondary to long-standing lateral ligament instability. J Bone Joint Surg Am. 1979; 61(3): 354-361.
- 7) Valderrabano, V, Hintermann, B, Horisberger, M, Fung, TS. Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. Am J Sports Med. 2006; 34(4): 612-620.
- 8) Wester, JU, Mindedahi, SM, Nielsen, KD, Neumann, L. Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle a prospective randomized study. J Orthop Sports Phys Ther. 1996; 23: 332-336.
- 9) Verhagen, E, Vander Beek, AJ, Bouter, LM, Bahr, RM, VanMechelen, W. A one season prospective cohort study of volleyball injuries. Br J Sports Med. 2004; 38: 477-481.
- 10) Mohammadi, F. Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. Am J Sports Med. 2007; 35: 922-966.
- 11) 上松大輔, 広瀬統一. 陳旧性外側靭帯損傷に対するテーピングならびに装具療法. 臨床スポーツ医学. 2013; 30(7): 659-665.
- 12) Ealm, V, Bay, K. Optimising ankle sprain prevention: a critical review and practical appraisal of the literature. Br J Sports Med. 2010; 44: 1082-1088.
- 13) Sheth, P, Yu, B, Laskowski, ER, An, KN. Ankle disk training influence reaction times of selected muscles in simulated ankle sprain. Am J Sports Med. 1997; 25(4): 538-543.
- 14) 下條仁士. 足関節機能的不安定症とその対処法. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2002; 19(2): 149-154.
- 15) Karlsson, J, Peterson, L. Evaluation of ankle joint function: the use of a scoring scale. The Foot. 1991; 1: 15-19.
- 16) Bennell, KL, Talbot, RC, Wajswelner, H, Techovanich, W, Kelly, D, Hall, AJ. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsi-flexion. Aust J Physiother. 1998; 44: 175-180.
- 17) 柏山達也, 坂本雅昭, 中澤理恵, 川越 誠, 加藤和夫. 足関節背屈可動性評価方法の比較と標準値. 理学療法科学. 2008; 23(6): 741-745.
- 18) Bahr, R, Bahr, IA. Incidence of acute volleyball injuries. A prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. Scand J Med Sci Sports. 1997; 7(3): 166-171.
- 19) McKay, GD, Goldie, PA, Payne, WR, Oakes, BW. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. Br J Sports Med. 2001; 35(2): 103-108.
- 20) 森石丈二, 鈴木賢一, 西川 悟. バスケットボール選手にみられる足関節の外傷・障害—急性損傷—. 臨床スポーツ医学. 2001; 18(9): 985-990.
- 21) Robbins, S, Waked, E. Factors associated with ankle injuries. Preventive measures. Sports Med. 1998; 25(1): 63-72.
- 22) Wright, IC, Neptune, RR, van den Bogert, AJ, Nigg, BM. The influence of foot positioning on ankle sprains. J Biomech. 2000; 33(5): 513-519.
- 23) Tropp, H. Functional ankle instability revisited. J Athl Train. 2002; 37(4): 512-515.
- 24) Santello, M. Review of motor control mechanism underlying impact absorption from falls. Gait Posture. 2005; 21(1): 85-94.
- 25) Hertel, J. Functional anatomy pathomechanics and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl

- Train. 2002; 37(4): 364-375.
- 26) 宮下寛子. 足関節不安定性が着地動作時の筋活動に及ぼす影響. 体育科学. 2003; 52(6): 978.
- 27) 松葉 開, 功刀 峻, 吉田成仁, 増成暁彦, 福田 崇, 宮川俊平. 足関節バランストレーニング時の下

腿筋活動量の検討 器具別の比較と足関節不安定性を有する脚の特性. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2015; 23: 452-459.

(受付：2017年3月15日, 受理：2017年8月8日)

## The effect of dynamic balance training for the prevention of ankle sprains in basketball players

Takata, A.\* , Nishikawa, S.\*

\* Nishikawa Orthopaedic Clinic

**Key words:** ankle sprain, injury prevention, prospective study

**[Abstract]** Ankle sprain is the most common sport injury. Athletes who suffer ankle sprain are more likely to re-injure the same ankle, which can result in disability or lead to chronic pain or instability in 20%-50% of these cases. The present study was aimed to study the effect of a dynamic balance training (DBT) program on the incidence of ankle sprain among basketball players. In total, 95 ankles of high school basketball players (<17 years old) were evaluated in this 3-year prospective study (2013-2015). The subjects were divided into a DBT group (43 ankles; mean age: 16.1 ± 0.8 years; mean Karlsson score: 91.1 ± 8.1; normal training routine and DBT program; 2015) and a control group (52 ankles; mean age: 15.5 ± 0.5 years; mean Karlsson score: 91.5 ± 8.4; normal training routine; 2013-2014). The occurrence of ankle sprain among the subjects was evaluated over a follow-up period of ≤6 months. Eight of the 52 ankles in the control group were sprained (15.4%), whereas only one of the 43 ankles in the DBT group was sprained (2.3%). Thus, the incidence of ankle sprain was significantly smaller in the DBT group than the control group ( $p < 0.05$ ). The present study demonstrated that the DBT program was effective in preventing ankle sprains.