

Feb-Mar Special

# 疲労骨折の 早期発見



箱根駅伝やマラソンで最近、疲労骨折による棄権や欠場が相次いだ。本誌では1996年箱根駅伝で起こった疲労骨折による棄権のあと、その選手の状況や背景について取材したが、それから18年。いまだに起こる疲労骨折について、改めて「早期発見」に絞って特集を組んでみようと考えた。疲労骨折は早期に発見すれば回復も早くなる。早期発見は難しいところがあるが、方法はある。この特集では医師、理学療法士、アスレティックトレーナー、指導者に取材、すぐに役立つ内容を心がけた。ぜひ参考にしていきたい。

- 1 シンスプリントと脛骨疲労骨折の鑑別 万本健生 P.2  
—— 高分解能MRIによる検討
- 2 スポーツ現場で有用な下肢過労性スポーツ障害の評価法 馬見塚尚孝 P.6
- 3 超音波画像による疲労骨折の早期発見 高橋周 P.9
- 4 大学駅伝から考える疲労骨折の現状 大後栄治、松永道敬 P.15
- 5 海外文献からみるランナーの疲労骨折について 三木貴弘 P.21

# 1

疲労骨折の早期発見

## シンスプリントと脛骨疲労骨折の鑑別

——高分解能 MRI による検討

### 万本健生

筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター  
茨城県厚生連 総合病院 水戸協同病院 整形外科

ランニング時などの脛骨内側の痛みはシンスプリントの場合もあるし、疲労骨折の場合もある。両者は早期では似た症状だが、高分解能 MRI を用い、その鑑別をめざした研究がされているのが万本先生。ここではその研究内容と両者の鑑別について聞いた。

### シンスプリントと疲労骨折の早期診断

——平野篤先生と疲労骨折の研究をされているとか。

運動に伴う下腿内側痛を主訴として受診されるスポーツ障害の場合、いわゆるシンスプリントと脛骨疲労骨折があります。一般的にシンスプリントでは単純 X 線写真で異常所見がないことが多い。一方、疲労骨折の場合は最終的には単純 X 線写真で骨折線や仮骨形成などの骨変化が認められるが、初期には骨変化がみられないことも多い。シンスプリントと同じような部位が痛くなる脛骨疲労骨折(脛骨骨幹部遠位部・疾走型)との鑑別ができないかと考えて研究してきました(文献1、2参照)。

従来、MRI を用いた報告はあったのですが、当院で平野先生が下腿スポーツ障害に対して高分解能 MRI 画像を撮像・評価されており、そのなかで脛骨の内側痛を訴えて受診された方がどのような経過をたどるか、またそこから早期に診断ができないかと考えて始めたものです。

——脛骨の内側に痛みを訴えて受診した選手に対し、それがシンスプリントなのか疲労骨

折の初期なのか、その鑑別。初期では鑑別は難しい。

そうです。発症初期の単純 X 線写真では鑑別が困難なことが多い。シンスプリントでは軽症であれば1週間程度の安静が取れば軽快することも多い。また、軽症であれば必ずしも運動量の制限は必要なく、下肢ストレッチや足底板によるダイナミックアライメントに対する介入が有効である。一方、疲労骨折であれば直ちに練習は中止するべきである。このようにシンスプリントと疲労骨折ではアプローチの仕方が異なりますので、早期に鑑別できないかと考えました。

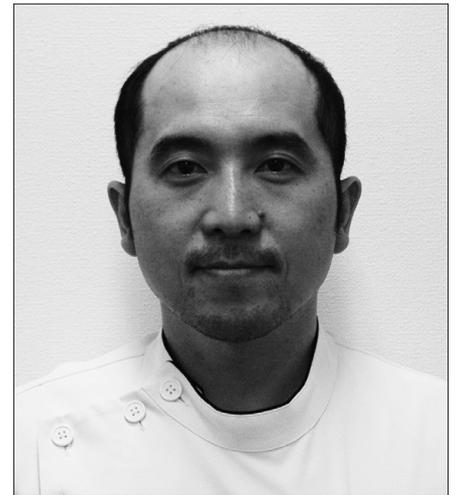
そこで当院では高分解能 MRI を用い、脛骨内側の痛みのある部位に絞って撮像しました。時間経過をみて最終的にシンスプリントと判断したものと疲労骨折と判断したものをさかのぼって鑑別しました。

——初期だと骨膜の変化はシンスプリントも疲労骨折も同じ?

単純 X 線写真では発症初期には両者とも異常が認められないことが多い。シンスプリントの場合は、肥厚性変化がみられるものもありますが、一般には異常所見なく経過します。疲労骨折の場合は、はじめは所見がなくても、次第に骨折線や骨膜反応、仮骨形成が認められるようになります。疲労骨折を疑った場合にははじめに異常所見がなくても2~6週間後に再検査することが必要です。これをできるだけ早期に鑑別することができないかと考えました。

### シンスプリントと疲労骨折の高分解能 MRI の違い

図1は、高分解能 MRI で撮像したシ



まんもと・たけお先生

ンスプリントの症例です。骨膜あるいは筋膜上に高輝度変化、つまり浮腫のようなものが認められるものや、骨膜だけでなく骨髄内の一部にも高輝度変化が認められるものがありました。初期にこのような画像所見を呈するものはシンスプリントとしてよいと思われれます。

——図1は発症後どれくらいの時間が経ったもの?

症例によって異なりますが、1~2週間後です。

——図1がシンスプリント。疲労骨折の場合は?

疲労骨折の場合は、骨膜浮腫がみられるほか、骨髄内全体に高輝度変化が起きてきます。一方、シンスプリントでは骨髄内の一部は高輝度になりますが、全体には及ばない(表1)。マイクロコピーコイルを用いた高分解能 MRI では骨髄内全体の高輝度ももちろんですが、従来の画像よりも詳細に細部を観察することが可能となったため、図2C~Eのように、三角で示し

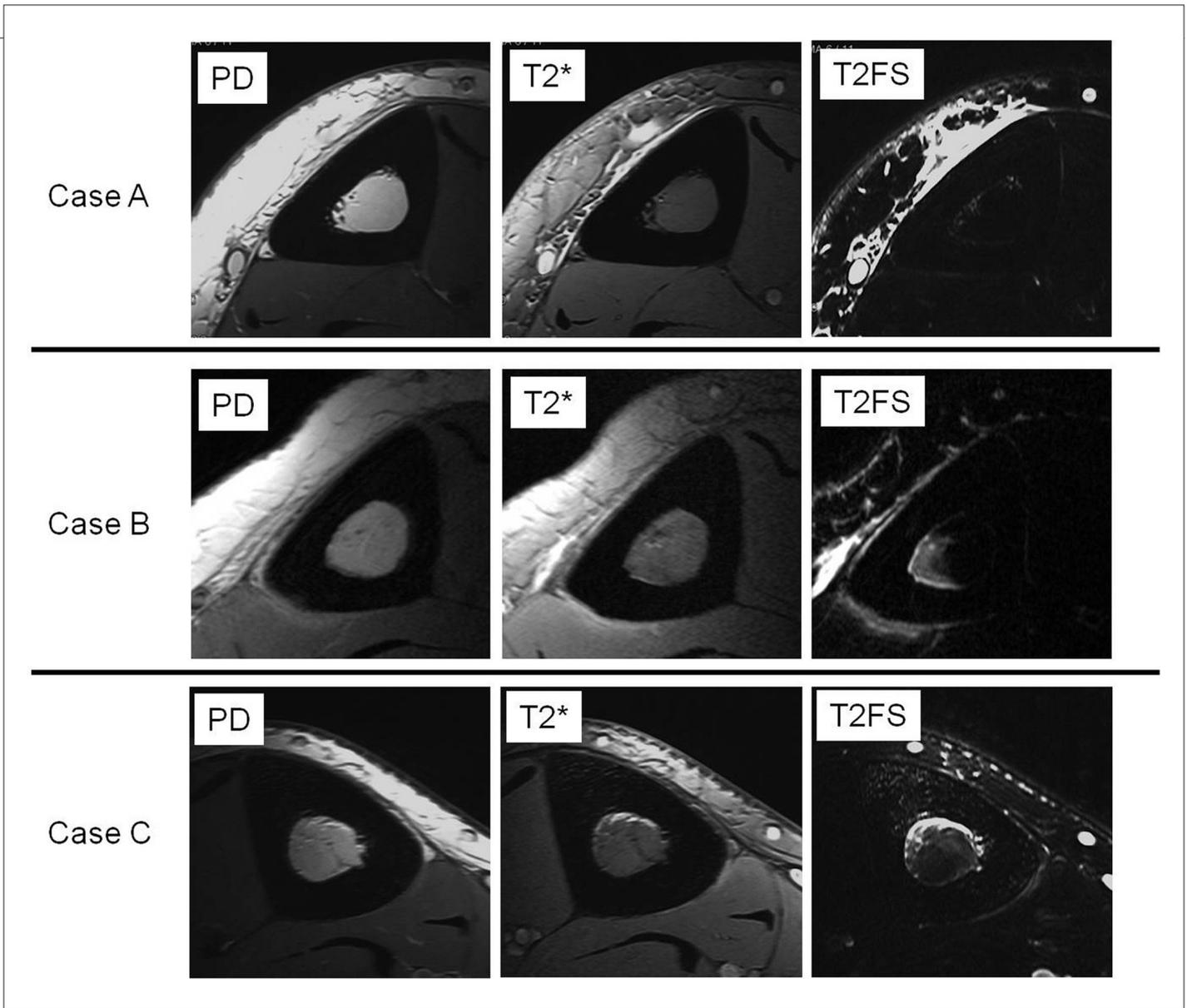


図1 シンスプリント症例の高分解能 MRI 画像  
 上段 (Case A): 脛骨内側面骨膜に異常信号を認める。骨髓内前内側にそって異常信号を認める。  
 中段 (Case B): 脛骨内側から内後側の骨膜に異常信号を認める。骨髓内後内側に異常信号を認めるが、その範囲は骨髓内の一部にとどまる。  
 下段 (Case C): 脛骨後面骨膜に異常信号を認める。骨髓内前内側に異常信号を認める。

表1 高分解能 MRI 画像

	骨膜浮腫	骨髓内異常信号		皮質骨内異常信号	
		部分的	全体	前方	後内側
シンスプリント	18/19 (94.7%)	17/19 (89.5%) <sup>a</sup>	0/19 (0%) <sup>b</sup>	2/19 (11%)	2/19 (10.5%) <sup>c</sup>
疲労骨折	7/7 (100%)	0/7 (0%) <sup>a</sup>	7/7 (100%) <sup>b</sup>	3/7 (42.9%)	6/7 (85.7%) <sup>c</sup>

高分解能 MRI 画像所見によるシンスプリントおよび疲労骨折の骨膜、骨髓、皮質骨の部位別異常信号。骨髓内異常信号 (a, b) と後内側皮質骨内の異常信号 (c) の割合で両者間に有意差を認めた (p<0.05)。

たように後内側の皮質骨・骨膜に高輝度変化を確認できます。図2の上Aは初診時の単純X線像ですが、これでは明らかな異常は認められません。この段階でも早期に疲労骨折を発見できるのではないかと

シンスプリントと疲労骨折とが早期にわかれば、異なるアプローチがとれる。

— そうです。

— 治療としてはどう異なる？

シンスプリントの場合は、軽症であれば

まり骨髓内と皮質骨の変化を早期に詳細に捉えることが可能ではないかと考えています。

— こういう発表はこれまでなかった？

ありません。

— これにより、シ

必ずしも運動量の制限は必要ではなく、アイスマッサージや下肢ストレッチング、足底板によるダイナミックアライメントの矯正が有効です。重症であればもちろん練習量の制限や休止が必要となります。疲労骨折の場合は、直ちに練習は休止します。3週間程度の完全休止から徐々に練習再開し、圧痛が消失してからランニングやジャンプを再開します。

— 図1、2の選手は陸上長距離が多い？

この研究ではそうです。陸上競技、バスケットボールなどで、女性のほうが多かった。

# 2

疲労骨折の早期発見

## スポーツ現場で有用な 下肢過労性スポーツ障害の評価法

### 馬見塚尚孝

筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター  
茨城県厚生連 総合病院 水戸協同病院 整形外科

本誌の特集「胸郭出口症候群」で登場していただいた整形外科医、馬見塚先生は、筑波大学野球部の部長兼チームドクターとして病院だけではなく野球現場でも診療されている。野球においては、シーズンオフに下半身の強化を狙ってランニングを中心とした練習を行うことが一般的で、その時期に下肢過労性スポーツ障害の診療を多く経験してきた。また、『「野球医学」の教科書』（ベースボール・マガジン社）の著者でもあり、野球の指導現場における障害予防や早期発見についても熱心に取り組んでおられる。ここでは、スポーツ現場で下肢過労性スポーツ障害の予防や早期発見、復帰時期の練習量を決定するために有用な評価とその利用法を紹介していただく。

### 早期発見（二次予防）のためには、「痛い」と言える雰囲気づくりが大事

野球では、ボールを用いた練習が難しくなる寒冷期にランニングを中心とした練習内容が生まれ、下肢の疲労骨折やシンスプリントなどの過労性スポーツ障害が増加します。過労性スポーツ障害は一度発症すると1カ月以上練習制限が必要となることも多く、発症させないことと練習量を十分に確保することの至適バランスをとることがパフォーマンス向上に重要です。また、障害が発症したとしても、スポーツ現場で早期発見と練習の量と質を調整できれば、選手のパフォーマンス向上に寄与できます。

まず大事なことは、スポーツ現場での二

次予防（早期発見）の雰囲気づくりです。大学野球部選手には少しでも痛みがあれば学生トレーナーに報告するように指示しております。報告された選手には、トレーナーとともにグラウンドで以下に紹介するfulcrum testとhopping testを行い、より軽症の段階で過労性スポーツ障害を発見できるように努めております。発見後は、必ず一度は整形外科を受診させ、骨腫瘍など心配な疾患を否定しておくことも重要です。

一般に選手は過労性スポーツ障害による痛みのため練習ができなくなってから指導者に相談することが多いですね。このため、シンスプリントや下肢疲労骨折の治療に長期間必要となることが多くなります。一方、fulcrum testやhopping testは、十分にパフォーマンスを出せる状態でテスト陽性となります。その結果、障害のレベルは軽度であるため、野球の場合は下腿部に負担のかかるトレーニングのみ練習内容から外し、打撃練習などのスキル練習や上肢・体幹のトレーニングに練習の中心を移すこと



まみづか・なおたか先生

により、練習の“量と質”を減らすことなく課題解決を継続できます。

### スポーツ現場でできる 下肢過労性スポーツ障害の チェック法

——現場でできる過労性スポーツ障害の  
チェック法を指導、実践されているとか。

整形外科的過労性スポーツ障害の診察法



写真1 脛骨の圧痛チェック



写真2 中足骨の圧痛チェック

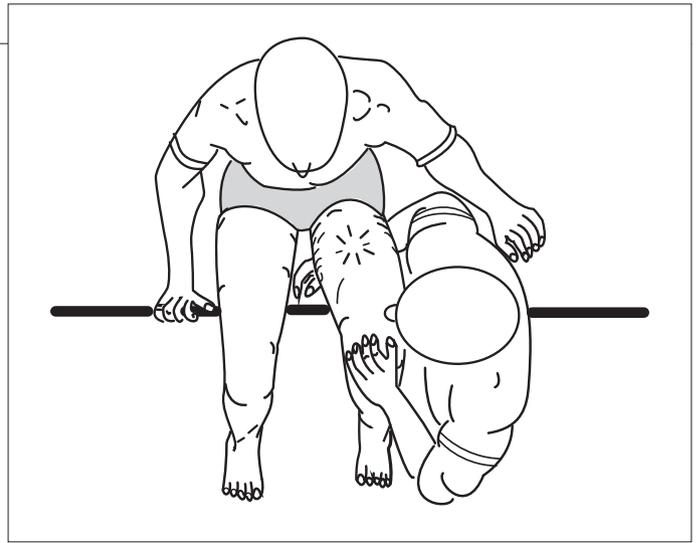


図1 fulcrum test の実際 (文献1より作図)



写真3 脛骨の過労性スポーツ障害チェック。内反方向に曲げ応力を作用させる (varus fulcrum test)



写真4 腓骨の過労性スポーツ障害チェック。外反方向に曲げ応力を作用させる (valgus fulcrum test)

としては圧痛をみる方法(写真1、脛骨の場合)が一般的ですが、十分な解剖学的知識が必要になるのでスポーツ指導者が行うには難しいと考えられます。写真2は中足骨の圧痛チェックの場所です。他に hopping test、つまり片脚でジャンプさせ痛みを誘発させる方法もあります。この方法は、現場でできる簡単なチェック法として有用だと思います。

外来では、病歴や上記のような診察法で疲労骨折を疑った場合、X線写真やMRI、CTなどの画像検査を行います。以前は骨シンチグラフィという方法もありましたが、被曝の問題、また空間分解能がMRIより劣るため現在はほとんど使用していません。

このように医療現場では各種画像検査装置があり診断が可能ですが、スポーツ現場

で過労性スポーツ障害なのか単なる“疲労”なのかを判断することは現状ではなかなか難しいことです。しかし、軽症のうちに疲労骨折を見つければ、治療成績もよくなるでしょうし、復帰時期も短縮されることでしょう。

私は、病院で勤務するとともに筑波大学硬式野球部の部長として現場に出ることが多いのですが、その際に気づいたグラウンドで過労性スポーツ障害を早期に見つける方法として varus/valgus fulcrum test を行っています。元々 fulcrum test は、1994年に Johnson A.W.らが American Journal of Sports Medicine に報告したテストで、大腿部の後面に腕を敷き膝の部分を上から押さえることによって大腿骨に曲げ応力を与えて痛みを誘発する方法です(図1)。この方法を下腿の過労性スポーツ

障害に応用して、脛骨の場合は写真3のように内反方向に曲げ応力を作用させ (varus fulcrum test)、腓骨の場合は写真4のように外反方向に力を作用させます (valgus fulcrum test)。足部については、前足部を押して足関節を最大背屈位となるようにストレスを加えて痛みを誘発しています。立位でアキレス腱を伸ばすようなストレッチをさせても痛みが誘発されます。

このテストは sensitivity が高いようで、十分に全力疾走ができるが下腿周辺に痛みが少しある程度で痛みが誘発されます。また、圧痛などのように局所の解剖に精通しなくても行うことができますので、スポーツ現場でも十分利用可能なテストだと思います。

——先生は実際にこの方法を指導者に指導されている？

# 3

疲労骨折の早期発見

## 超音波画像による疲労骨折の早期発見

### 高橋 周

東あおば整形外科院長

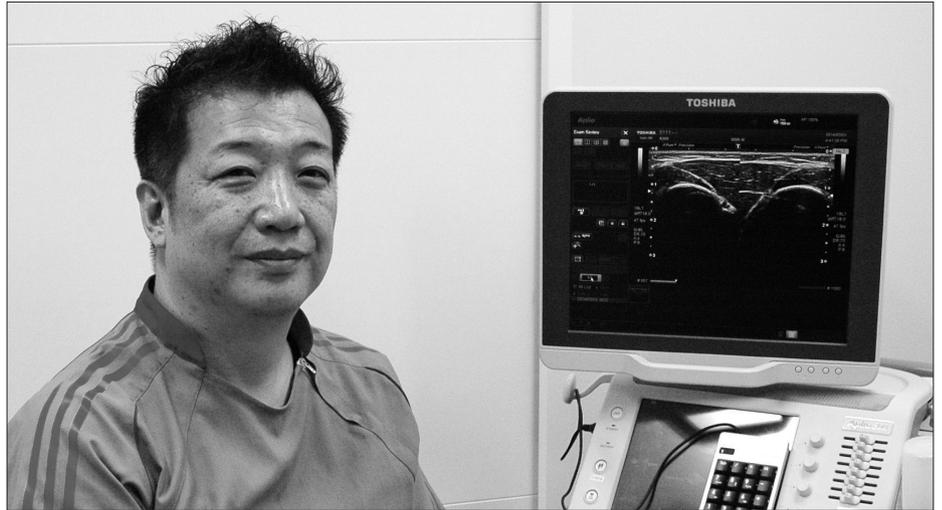
2012年9月に仙台市で開業された高橋先生は、診察室、リハ室に超音波画像診断装置（以下、エコー）を設置、新患の約半数にエコーを用いておられるという。ここではとくに疲労骨折の早期発見にエコーがきわめて有用であること、また競技復帰を実現する医療について語っていただいた。

#### どういう背景で疲労骨折が生じたか

—先生のクリニックでは診察室にエコーがあるので、問診や視診、触診などで疲労骨折の疑いがあるとすると、すぐにエコーを使われる？

そうです。疲労骨折について大切なのは、どういうパターンで発症したかです。疲労骨折は骨の局所に軽微なストレスが繰り返して生じるものですが、そのなかでも急に疼痛が生じる人がいます。突然骨折線が著明に生じるパターンです。問診では、いつから痛いのか、1回の動作で痛みが出たのか、外傷を契機としているか、痛みの部位、競技種目（陸上競技でも短距離なのか長距離なのか、跳躍なのか投擲なのかなど）、今どういう練習がメインか（たとえば冬季で短距離選手でも長距離走が多いという場合もある）、練習の頻度と時間などです。当院ではスポーツ選手用の問診票がありますので、そこに記入してもらっていますが、さらにスタッフにもう少し詳しく問診してもらっています。

もうひとつ冬季で長距離走が多いとしたら、どこ（どういうサーフェス）を走っているか、ロードなのか土のグラウンドなの



たかはし・しゅう先生。診察室にエコーを常設、毎日頻繁に使用されている。「整形外科専用エコー」も提案されている

か。実は、現在も以前勤務していた気仙沼市立病院のスポーツ外来で隔週診療をしているのですが、気仙沼は学校のグラウンドに仮設住宅ができていて道路を走るしかない子どもが非常に多い。そういう子どもの疲労骨折がけっこう多いのです。気仙沼は寒いのですが、普段あまり雪は降りません。震災前は学校のグラウンドを冬でも走っていた。ところが今は走れないので、ロードに出て走るしかない。それによる疲労骨折がかなり多くなっています。

—その場合は、脛骨や中足骨ですか？

脛骨、中足骨が多いですね。なかには腓骨の場合もあります。

—中高生ですか？

中高生が多いですが、数名小学生の疲労骨折も経験しています。疲労骨折の場合は、このように問診をしっかりとるということ、圧痛部位を詳細に調べていくことが大事です。骨の部分はもちろんですが、鑑別するため筋腱付着部などの圧痛をみていき

ます。またどうしても患部に注目しがちですが、脛骨や中足骨の疲労骨折を疑った場合は、下肢のアライメントはどうなのか、扁平足障害がないか、足関節の可動域はどうか、大腿四頭筋やハムストリングスの柔軟性はどうか、股関節の可動域はどうかなどは必ずチェックします。

女性の場合は、両側に痛みがあるとき、疲労骨折と鑑別しなければならないのは、慢性コンパートメント症候群です。貧血があつて、慢性コンパートメント症候群というパターンがあります。

—貧血で慢性コンパートメント症候群がある。

走るとふくらはぎが痛くなる。なぜそうなるのかまだきちんと調べていないのですが、文献は少しですが出てきています。その場合は貧血検査も必要になります。

—貧血と慢性コンパートメント症候群はどのような関係があるのでしょうか。

まだよくわかっていないので、これから

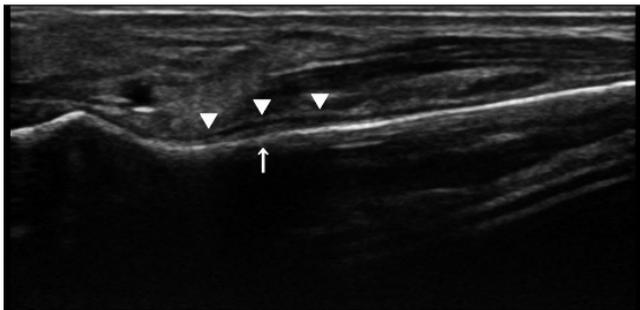


図1a 第2中足骨基部疲労骨折 ハンドボール選手  
疲労骨折の早期では骨皮質の膨隆は観察されず、骨皮質の不整像(矢印)と軟部組織の腫脹(▽)が観察される。

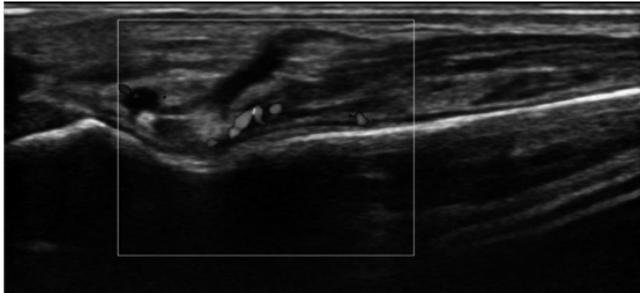


図1b エコー像(カラードプラ)(表紙にカラー写真掲載)  
軟部組織の腫脹部分に血流の増加が観察される。

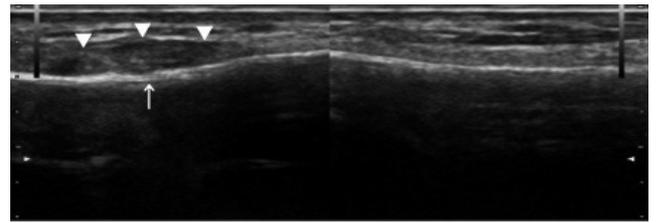


図2 第2中足骨疲労骨折 陸上短距離選手  
骨皮質の不整像(矢印)と軟部組織の腫脹(▽)が観察される。右側は健側。

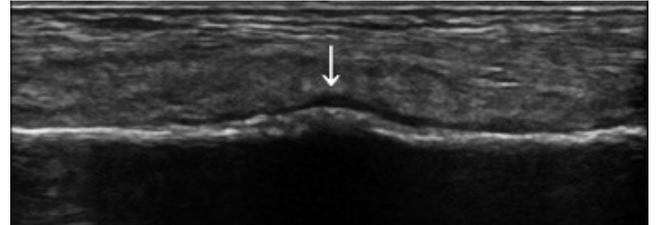


図3a 第3中足骨疲労骨折  
骨皮質の腫脹と不整(矢印)が観察される。



図3b 単純X線写真  
第3中足骨骨幹部に骨膜反応(矢印)を認める。

検討しなければいけないところです。

疲労骨折は脛骨や中足骨に多いのですが、患部だけを診がちですが、最低でも下肢全体を診る必要があるということです。問診と今言った点を診たあとは、私はすぐにエコーを使います。

— X線撮影ではなく。

はい。というのは、エコーのほうが早いからです。

— 診察室にエコーがあるから。

それもありますが、発見時期が早いのです。

— 一般的にはMRI装置はないか、あってもすぐには撮れない。クリニックにMRIがあるのは稀。

そうです。ただし、骨髄内病変はエコーではみきれないところがあります。

— MRIがあっても、なんでもすぐにというわけにはいかない。

そうです。であれば、エコーの有用性は高いということになります。

## 疲労骨折のエコー像

実際の疲労骨折のエコー像を何例か用意しました。

図1aは第2中足骨基部の疲労骨折です。

ハンドボール選手です。骨皮質の矢印のところ骨皮質の線が乱れて、表面の軟部組織が腫脹しています。カラードプラでみると軟部組織の腫脹部分の血流増加も確認できま

す。(図1b)疲労骨折なのですが、単純X線写真ではわかりません。

図2は陸上短距離選手で、同じ第2中足骨の疲労骨折です。これも単純X線写真ではわかりません。右側が健側、左側が患側です。矢印の部分で骨皮質の線が乱れて不整像を呈しています。また、健側と比べ、骨表面の軟部組織に腫脹が認められます。骨皮質の不整と、その上の軟部組織の腫脹、これが疲労骨折の所見です。

図3aは第3中足骨の疲労骨折です。骨皮質の腫脹(矢印)が観察されます。このエコー画像は誰がみても疲労骨折とわかります。単純X線写真でも骨膜反応(矢印)を認めます。(図3b)

図4aは第4中足骨基部疲労骨折のエコー像です。バスケットボール選手です。

中足骨基部の骨皮質が乱れて不整像を呈し(矢印)、軟部組織が腫脹(▽)しています。単純X線写真ではわかりませんが、MRI(図4b)でも中足骨基部のところに高輝度変化(矢印)がみられます。これは当初はMRIもみていた時期のもので、これによって疲労骨折のエコー所見がわかり、MRIは撮らなくなりました。当院にはMRIはありませんが、なくてもエコーでわかるということです。

図5はサッカーでよくみられる第5中足骨の疲労骨折(ジョーンズ骨折)です。ここまでなると大きく腫れますので、念のため単純X線写真は撮りましたが、エコーで診断はつくものです。

中足骨の疲労骨折は単純X線写真で診断するのは難しく、エコーではこのように

# 4

疲労骨折の早期発見

## 大学駅伝から考える 疲労骨折の現状

### 大後栄治

神奈川大学人間科学部教授、陸上競技部監督、  
関東学生陸上競技連盟駅伝対策委員長

### 松永道敬

神奈川大学人間科学部非常勤講師、神奈川大学  
スポーツ推進室アスレティックディレクター

今年の箱根駅伝で腓骨疲労骨折による棄権が生じたが、1996年に疲労骨折で同じく棄権を経験した神奈川大学の大後監督。当時、二度とこういうことがほかのチームでも起きないようにと、本誌にその選手の状況、身体データなどを公開していただいた。疲労骨折に対しては万全の体制を整えておられる大後監督と松永トレーナーに改めて疲労骨折への対応、レース中に疲労骨折が起きる背景などについて聞いた。

### 大学駅伝のスピード化

— 2014年の「第90回東京箱根間往復大学駅伝競走（箱根駅伝）」（1月2・3日）で、山梨学院大学のエノック・オムワンバ選手が2区の9.7km地点で右足腓骨の疲労骨折で途中棄権となり、「第33回大阪国際女子マラソン」（1月26日）でも、野口みずき選手（シスメックス）が右大腿骨幹部疲労骨折で大会を欠場。疲労骨折の事例が続いています。

大後：本学も1996年の第72回箱根駅伝で、4区の選手が疲労骨折で途中棄権という苦い経験があります。それらを活かし、選手各々がコンディショニングに関して細心の注意を払い、第73回、74回と2連覇を達成することができました。ただ、残念なことに、現在も相変わらず疲労骨折を予防するに至ってはおりません。

— 当時と比べると今の箱根駅伝はさらにス

ピード化しているようですが、約20年前と比べて今は練習自体も変わってきていると思うのですが、練習の量と質のどちらが変わったのでしょうか？

大後：どちらかと言われれば質ですね。強度が高くなったと思います。

— スピードが上がっているということ。

大後：10,000mの記録で言うと、本学が優勝したときはチーム内に28分台の選手は一人もいませんでした。当時はそれで2連覇しています。さらに言うと、今年の箱根駅伝は23チーム出場し、約368名（23チーム×16名）の選手がエントリーしました。そのなかで28分台の選手が約70名います。10,000mのレベルはここ数年で非常に上がってきています。高校生の5,000mのレベルも同時に上がっています。高校、大学陸上長距離界のトレーニングが質へと変換しているように思います。

— 昔のように月に1,000km以上走るといふよりも、むしろスピードを上げてどれだけ走るか。

大後：日本のマラソントレーニングの歴史を顧みると、東京オリンピック頃からの考察することができます。1960年代以降から世界中長距離界で注目されていたアーサー・リディアード氏が提唱する「リディアード式トレーニング」という方式を取り入れてきました。

「リディアード式トレーニング」は、マラソンの試合から逆算して期分けを行って有酸素能力を高めていくものです。つまり、計画的にマラソンの試合の3カ月くらい前からしっかり距離を走り込んで、スタミナを養うというのが主流でした。その考え方が主流になった背景としては、当時日本マ



だいで・えいじ先生



まつなが・みちたか氏

ラソン界を背負っておられた宗兄弟や瀬古さんらが行ってきたトレーニングを各指導者が学んだのだと思います。その結果、2時間10分台、2時間9分、8分台の選手が多く輩出され、世界を圧巻していました。それが、「マラソン王国・日本」を支えてきたトレーニング法だったのです。しかし昨今、ケニアを中心とした東アフリカの選

手が台頭してきて今や2時間3分、4分の世界になってきました。

絶対的なスピードとスピードを持続する能力が必要で重要になっています。高校生の練習を見学しに行くと、以前は結構な距離を走っている印象を受けましたが、今は強化合宿でもなければ、そう驚くような感じではありません。起伏のあるクロスカントリー走や動きづくりを中心に、質の高い練習を行っている傾向がうかがえます。

大学の現場では、練習量を確保することは必要ですが、10,000 mの記録向上の表れとして、スピードを追いかけて練習を計画している傾向にあると言えます。とくに駅伝競技で上位校に位置するチームは顕著であると思います。練習量が強度かという対立ではなく、選手によってタイプも異なりますし、2020年の東京オリンピックに向けて、さまざまなトレーニング戦略を検討しながら、総合的に競技力アップを図っていかれればと思います。

## スピード練習は、ロードよりもトラックで

— そのスピード練習はどこで行う？

大後：トラックが中心です。

— それと疲労骨折の発生とは関係がある？  
昔の量をこなす練習とスピードにウェイトを置く練習とで、昔に比べてスピードのほうが少し重視されるようになったとしたら、今のほうが疲労骨折は多い？

松永：神奈川大学の場合、昔はロードでの練習比率が高かったのですが、そうするとアスファルトからの反発力をもらうインパクトが大きく、そういう意味では量には比例していたと思います。

大後：たしかにサーフェスの問題はあります。

— スピードトレーニングをトラックで行うのであれば疲労骨折はあまりない？ ロードでやっていたらかなりリスクがあると思うが。

大後：ロードのほうが疲労骨折の頻度はやはり高いです。どちらかと言うと、トラッ

クシーズンよりはロードシーズンで疲労骨折は多いと思います。4～6月よりは、10～12月・1月のほうが、疲労骨折の症状は多い。

松永：バリエーションを考えないといけないと思います。結局、柔らかいところで走っているとインパクトが少ないので、骨の構造上の耐久力は落ちてしまうと思います。競馬と一緒に、グラスやウッドチップで走ると、疲労は溜まらないけれど脚（骨）が弱くなってしまいます。陸上選手でも一緒に、クロスカントリーなどの量が多くなってくると地面からのインパクトは減らせるけれど、全体的には骨に働きかける力は少なくなるのでしょう。そこでサーフェスのバランスの問題になってくるかと思いますが、ロードに出て、ロード練習の量が一時的に多くなると疲労骨折の割合も多くなる傾向にあると思います。ですからバリエーションを考えないといけない。

— その配分やタイミングは難しい？ 疲労は少ないけれど、その分インパクトが少ないから骨を強化するという意味ではあまりよくないとなると、どのくらいの割合で柔らかいサーフェスとロードと混ぜるか。

大後：割合は難しくありません。トラックシーズンでスピード能力を追及するときの場合などでは、ロードは極力最小限に抑えることだと思います。むやみにロード練習ばかり追っていくのはよくない。故障要因になります。

— それは箱根駅伝ということだけではなくて、シーズンを通して？

大後：トラックシーズンはとくにです。しかし秋季以降はロードシーズンに入りますので、夏季あたりからロードの練習割合が多くなる。

— 高校生の駅伝は、距離は短い。

大後：そうです。ですから大学生よりもロードでの練習割合は軽減されます。

— でも大学駅伝は、距離が長い。

大後：だからどうしても、定常的にロードに出て、夏合宿ではロード練習の頻度が多くなります。そのような強化期や、強化期



図1

が終わって試合期あたりで疲労骨折が出ることがあります。長距離の場合は疲労骨折の多くは中足骨か脛骨に発症することが多いです。大腿骨の疲労骨折は稀です。何年かに1例か2例くらいです。

## 中足骨と脛骨の疲労骨折への対応

— 中足骨はどのあたりですか？

松永：第5中足骨が一番多いです。第2、第3にも生じます（図1）。本学の場合は、脛骨の疲労骨折はそんなに多くはありません。

大後：どちらかと言うと、中足骨のほうが多い。

松永：選手に体調報告をマメに行うように指導しており、毎日、監督に体調を含めた内省報告を必ず行わせています。

— 毎日、自分で書いたものを提出させる？

大後：はい。

松永：脛骨は圧痛が出た段階で休ませることができのですが、中足骨はなかなか難しく、気がついたときには腫れが出てしまう状態になってしまうことが多い。

— 腫れが起きているということは疲労骨折になっている？

松永：ほぼ半分以上がダメですね。

— 脛骨は中足骨より早めにつつけやすい。

松永：そうです。最近ではMRIを撮ることができるので、骨膜炎の段階で結構抑えることができます。昔はレントゲン写真が主流だったので、私自身も経験があるのですが、ちょっと疑わしいからと、レントゲン写真を2回撮っても疲労骨折の診断が出ないということがありました。

— レントゲン写真では2～4週間くらい

# 5

疲労骨折の早期発見

## 海外文献からみるランナーの疲労骨折について

### 三木貴弘

Curtin University / Abbreviated Bachelor of Sciences (Physiotherapy)  
Physiotherapy evidence database (PEDro) rater

本誌第 149 号特集「半月板損傷」でも紹介していただいた三木貴弘氏に、今回は「ランナーの疲労骨折」について、海外文献を検索していただき、3つの論文について解説とともに紹介する。

### Search Strategy

今回、海外文献を中心に、ランナーの疲労骨折について3つの論文について紹介・解説をさせていただきます。

まず、海外文献を探すにあたり、以下の4つのサイトを使用しました。

- ・ Pubmed
- ・ PEDro
- ・ Science direct
- ・ The Cochrane Library

です。これらの4つは論文（とくに英語で書かれた）を検索する際に、とてもよく使われるサイトですので、今回それらを使用しました。

今回検索に使用した word は「Stress fracture（疲労骨折）」、「Runner（ランナー）」としました。検索結果は下記のとおりでした。

#### ① Pubmed

「stress fracture」: 1,974 件ヒット  
「stress fracture AND runner」: 64 件ヒット

#### ② Science direct

「Stress fracture」: 9,637 件ヒット  
「Runner」: 1,395 件ヒット

#### ③ PEDro

「stress fracture」: 22 件ヒット

#### ④ The Conchrave Library

「Stress fracture」、「Runner」: 該当する論文は3件ヒット

これらのなかから、質の高いもの、興味深いもの、なるべく新しい論文であること、などを考慮に入れ、最終的に以下の3つの論文に絞らせていただきました。各論文について、以下紹介・解説していきます。

### 各検索論文の紹介・解説

(1) CLANSEY, A. C., HANLON, M., WALLACE, E. S. & LAKE, M. J. 2012. Effects of fatigue on running mechanics associated with tibial stress fracture risk. *Medicine and science in sports and exercise*, 44, 1917-1923.  
—— 脛骨の疲労骨折とランナーの疲労がどのように関係するか (Effects of fatigue on running mechanics associated with tibial stress fracture risk)

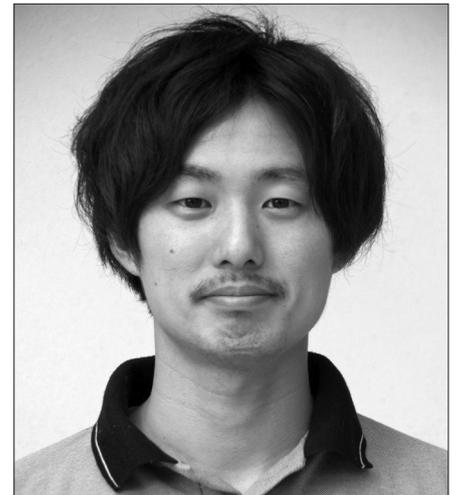
1本目は、『Medicine and science in sports and exercise』という雑誌から紹介します (図1)。

この論文の目的は、ランニングでの蓄積する疲労がどのように脛骨の疲労骨折と関連するのかを調べることです。下記に概要を紹介します。

#### ①方法

21人の男性ランナーに対して overground running (トレッドミルではなく、地面を使ったランニング) を6回行い、それを3セット行う。

キネマティックとキネティックデータは



みき・たかひろ先生

それぞれのトライアルに対して計測され、またそれぞれのセットの間には、トレッドミルを20分行い、乳酸値を測定し、Perceived exertion levels (RPE, ボルグスケール) もトレッドミルの最後にそれぞれ計測された。図2はそのダイアグラムです。

#### ②結果

RPE スコアは1回目のトレッドミルで  $11.8 \pm 1.3$  から  $14.4 \pm 1.5$  に、2回目のトレッドミルでは  $17.4 \pm 1.6$  まで上昇した。また、rearfoot (後足部) の回外、縦軸での頭部の加速度 (peak axial head acceleration)、ピークフリーモーメント (peak freemoment)、垂直方向への負荷率 (vertical force loading rates) はそれぞれ Pre test から Pro test にかけて上昇した。

#### ③結論

ランニングによる疲労は脛骨の疲労骨折

## Effects of Fatigue on Running Mechanics Associated with Tibial Stress Fracture Risk

ADAM C. CLANSEY<sup>1</sup>, MICHAEL HANLON<sup>1</sup>, ERIC S. WALLACE<sup>1</sup>, and MARK J. LAKE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sport and Exercise Sciences Research Institute, University of Ulster, Newtownabbey, Co. Antrim, Northern Ireland, UNITED KINGDOM; and <sup>2</sup>Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, England, UNITED KINGDOM

### ABSTRACT

CLANSEY, A. C., HANLON, M., WALLACE, E. S., WALLACE, E. S., and LAKE, M. J. (2012). Effects of Fatigue on Running Mechanics Associated with Tibial Stress Fracture Risk. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 44, No. 10, pp. 1917-1923, 2012. **Purpose:** The purpose of this study was to investigate the acute effects of progressive fatigue on the parameters of running mechanics previously associated with tibial stress fracture risk. **Methods:** Twenty-one trained mile distance runners performed three sets (Pre, Mid, and Post) of an overground running trial at 4.5 m·s<sup>-1</sup> (5.9%). Kinematic and kinetic data were collected during each trial using a 12-camera motion capture system, force platform, and head and leg accelerometers. Between tests, each runner ran on a treadmill for 20 min at their corresponding lactate threshold (LT) speed. Perceived exertion levels (RPE) were recorded at the third and last minute of each treadmill run. **Results:** RPE scores increased from 11.8 ± 1.3 to 14.4 ± 1.5 at the end of the first LT run and then further to 17.4 ± 1.6 by the end of the second LT run. Peak forward velocity, peak axial head acceleration, peak hip moment and vertical force loading rates were shown to increase ( $P < 0.05$ ) with moderate-to-large effect sizes during the progression from Pre to Post tests, although vertical impact peak and peak axial tibial acceleration were not significantly affected by the high-intensity training bouts. **Conclusion:** Previously identified risk factors for impact-related injuries such as tibial stress fractures are modified with fatigue. Because fatigue is associated with a reduced tolerance for impact, these findings lend support to the importance of these measures to identify individuals at risk of injury from lower limb impact loading during running. **Key Words:** HIGH INTENSITY, KINEMATICS, KINETICS, OVERUSE INJURY POTENTIAL, RUNNING

The tibia has been reported as the most common site for stress fracture injuries in running populations, accounting for between 35% and 49% of all stress fractures acquired (1,2). The cause of tibial stress fracture (TSF) development is linked to accumulation of mechanical forces transmitted to the bone, which exceed the repairing and remodeling process of the bone structure over time (23). Rehabilitation from such injuries is a lengthy process, with Harst and Colomano (23) suggesting that runners sustaining a grade 4 stress fracture should undertake 6 wk in a cast followed by 6 wk of non-impact-based activities. Because of the severity and high frequency of TSF among runners, several researchers have investigated mechanical factors that could be linked with increased risk of TSF development.

Prospective evidence has shown that runners who developed a TSF along with other overuse injuries had significantly greater peak axial tibial accelerations (PTAs), vertical

impact peak (IP), vertical average loading rates (VALRs), and vertical instantaneous loading rates (VILRs) compared with runners who did not (10,11). In addition, retrospective reports have identified links to certain gait stance phase mechanical variables, specifically increased peak rearfoot eversion (RFEV), peak hip adduction (HADD), knee stiffness, and peak free moment (FM) with runners who had previously sustained a TSF (33,34,38). Although these key mechanical variables linked with greater TSF risk have been identified, it is acknowledged that the etiology of overuse injuries is multifactorial (25).

Research has suggested that differences in gender may be a possible contributor to increased TSF risk (27); however, Bennell et al. (4) reported no such gender differences. Similarly, contrasting reports are also evident in the bone structure characteristics (15,21). Despite these risk factors showing some support for increased TSF risk, Hejlic and Ferber (26) recognize the importance of training errors (such as sudden increases in mileage, resulting in greater fatigue and stress levels) being the major attribute of overuse injury risk in runners.

Several reports have shown that when runners run in a fatigued state, their bodies are exposed to greater mechanical forces (15,36,43,44). However, because of the complex nature of fatigue on running gait, reports on its effects on mechanical variables associated with TSF are limited and inconclusive within the literature. Increased PTAs have been reported in recreational runners during fatiguing running (15,36,43,44), whereas no such increases were seen in trained

Address the Correspondence: Adam C. Clansy, M.Sc., Sport and Exercise Sciences Research Institute, University of Ulster, Jordanstown, Shore Rd, Co. Antrim BT37 9QB, Northern Ireland, United Kingdom; E-mail: clancya@ulster.ac.uk  
Submitted for publication October 2011.  
Accepted for publication April 2012.  
0195-9131/12/4410-1917-07  
MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE  
Copyright © 2012 by the American College of Sports Medicine  
DOI: 10.1249/01.MSS.0b013e318229496d

1917

図 1

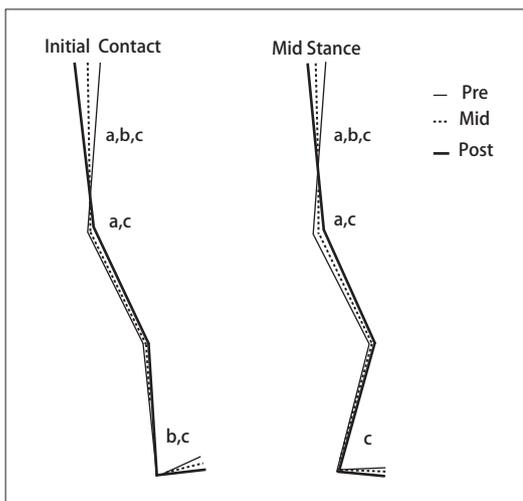


図 3

と関連する。それは疲労により地面へのインパクトへの耐久性が減るため、脛骨への負荷が増えることになるからである。

## 文献解説

疲労は骨折へのリスクを高める、ということはなんとなくイメージがついていたと思うのですが、それを改めて実験、検証しているのがこの論文です。

たとえば、図3にあるように、初期接地 (Initial contact) において、体幹の伸展 (trunk extension)、股関節の伸展、と足関節の底屈が Pre test よりも Pro test のほうが増加した、という結果が出ました。

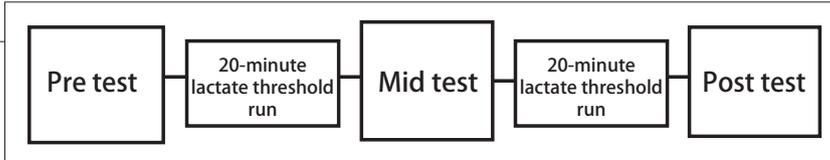


図 2

立脚中期 (Mid stance) においても、体幹の伸展、股関節の伸展そして足関節の底屈と同等の結果がみられました。

これがどういうことかと言うと、これらのことによって地面へのインパクトの力が増え、脛骨への負荷が増え、その結果疲労骨折につながる、ということになります。

股関節の内転、後足部の回外も疲労が溜るにつれて増大することがこの実験で示されています。これらの事実も地面へのインパクトの力が増え、疲労骨折につながる危険性の一つであると考えられます。

また、この実験では「被験者がすべてマラソンの経験がある男性ランナーだったので、マラソンの経験がない人達を対象に同等の実験を行うことも重要だ」と述べており、その理由として、マラソン経験のあるランナーは疲労が蓄積している状態でも効率的なストラテジーを取得している可能性があり、その結果、脛骨への負荷を減らしている、と推測されるからです。

APPLIED SCIENCES

外的要因 (extrinsic) に分けています。

## 【内的要因】

- ・女性であること
- ・ホルモン障害
- ・骨密度の現象
- ・下肢の筋肉量の現象
- ・遺伝

## 【外的要因】

- ・急速な身体トレーニング
  - ・古い (6 カ月以上使っている) ランニングシューズ
  - ・栄養
  - ・喫煙
- などが挙げられています。

次に、評価 (診断) のことについて記述しています。ここでもとてもわかりやすい図が紹介されていました (図6)。この図について少し説明させていただきます。

まず、「High Risk」と「Low Risk」に分けています。High Risk には、「大腿骨頸部 (Femoral Neck)」「脛骨の骨幹 (Tibia Diaphysis)」「舟状骨 (Navicular)」そして「第五中足骨 (5th Metatarsal Diaphysis)」が挙げられています。

これらの部位の疲労骨折だった場合、ハイリスクに分類される、ということです。本文にはそれぞれに対しての詳しい説明が書いてありますが、ここですべてを解説することはできないので、そのなかの一部を解説したいと思います。

大腿骨頸部 (Femoral Neck) の疲労骨折の場合、合併症 (Complication) が発生する可能性がとても高いことが報告されています (20 ~ 86%)。

結合不全 (malunion)、虚血壊死 (Avascular necrosis)、関節面の変形 (Arthritic changes) などが合併症に含まれます。また、ランナーが大腿骨頸部の疲労骨折を発症した場合、股関節の痛みや鼠径部の痛み (Groin pain) を訴えることが多いと報告されているため、それらの症状があれば大

(2) MCCORMICK, F. NWACHUKWU, B. U. & PROVENCHER, M. T. 2012. Stress Fractures in Runners. *Clinics in Sports Medicine*, 31, 291-306.

次に『Stress Fractures in Runners』というレポートを紹介します (図4)。これは原著ではなく、総論、という形ですが、とてもよくまとめられているのでここに紹介したいと思います。

はじめにランナーの疲労骨折におけるリスクファクターについて言及しています。

図5をみていただくとわかりやすいのですが、ここでは内的要因 (intrinsic)、