

右足舟状骨疲労骨折を罹患した大学女子中距離ランナーの障害発生機序について —身体機能評価データと歩行並びに走動作評価をもとに—

中畑敏秀¹⁾, 上田敏斗美²⁾, 松村勲³⁾, 瓜田吉久³⁾

¹⁾医療法人恒心会小倉記念病院

²⁾TOTO 株式会社

³⁾鹿屋体育大学

キーワード: 右舟状骨疲労骨折, 走動作, 障害発生機序

【要旨】

本研究は、右足舟状骨疲労骨折を罹患し偽関節を呈した 18 歳の大学女子陸上競技中距離選手に着目し、身体機能評価や歩行並びに走動作評価から障害発生機序の推察を行った実践事例である。この選手の主訴は、走行時の右足舟状骨部の荷重時痛であった。この疼痛は、走行開始時に VAS3 で、約 30 分経過すると VAS8 まで増強していた。そのため、大学入学後の上半期のシーズンは一度もレースに出場する事ができなかった。そこで、大学 1 年次の 10 月に整形外科受診を行い、12 月に骨接合術を施行することになった。術前に行った身体機能評価では、足舟状骨部に圧痛が見られ、股関節の可動域制限の左右差やタイトネス、全身関節弛緩性が確認された。また、静的アライメント評価では腰椎前彎や骨盤前傾位を呈し、股関節屈曲内旋位、右膝外反位、足部距骨過回内位で扁平足であった。さらに、動的アライメント評価は骨盤部のトレンデレンブルグ現象や遊脚側への回旋、Knee-in が確認された。高校 3 年時の走動作評価では、“腰が引けた姿勢” “離地期に足が流れる” “上半身が揺れる” 動きが特徴として観察され、術前の歩行評価では腰椎と骨盤の回転運動が増強していた。これらの身体機能評価と歩行並びに走動作評価を統合すると、右足舟状骨疲労骨折に至った背景には、股関節可動域の左右差や股関節周囲筋のタイトネスに伴う可動域制限、関節弛緩性による動作の繰り返し不良、静的並びに動的アライメント不良の問題が浮かびあがった。このことが、走動作に非効率性をもたらした足舟状骨に対して圧縮力・離開力・剪断力という 3 つの機械的ストレスを繰り返し与え、障害に至ったと推察された。

スポーツパフォーマンス研究, 3, 122-137, 2011 年, 受付日:2011 年 2 月 21 日, 受理日:2011 年 9 月 30 日

責任著者:中畑敏秀 〒893-0023 鹿児島県鹿屋市笠之原町7318-1おぐらリハビリテーション病院

riha-riha@koshinkai.or.jp

Cause of the fracture of the right navicular bone of a female university student middle-distance runner: physical function data and evaluation of her motions when walking and running

Toshihide Nakahata¹⁾, Satomi Ueta²⁾, Isao Matsumura³⁾, Yoshihisa Urita³⁾

¹⁾ Medical Corporation Koshinkai, Ogura Memorial Hospital

²⁾ TOTO Ltd

³⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: right navicular bone fracture, running motion, mechanism of bone failure

[Abstract]

The present study describes the case of an 18-year-old female university middle-distance runner who had a fracture of her right navicular bone. A mechanism for the failure is suggested, based on an assessment of her physical function and walking and running motions. The student's initial complaint was pain when a load was put on her right navicular bone when running. The pain was reported to be VAS3 at the start of running, increasing to VAS8 by 30 minutes later. For that reason, the student could not participate in any races in the first half of the season after her admission to the university. She had an orthopedic consultation in October of her freshman year, and, as a result, an osteosynthesis operation was done in December. The physical function assessment performed before the surgery found oppressive pain in the area of the navicular bone, and confirmed a right-left difference and tightness in her hip joint, which resulted in movement restrictions, as well as whole body joint flaccidity. In addition, a static alignment assessment found a lumbar flexure and front inclination of her pelvis, flexural internal rotations in her hip joint, valgus knee on the right side, an over-pronated position of her ankle bone, and flat feet. Furthermore, dynamic alignment assessment confirmed the presence of Trendelenburg symptoms, and found that her pelvis tended to swing toward the free-side leg and that she was knock-kneed. In an evaluation of her running motion when she was a high school senior, reported features of her motions included a posture in which her back was bent so that her posterior protruded, extension of her knee when lifting her foot, and swaying of her upper body. In a walking evaluation before her surgery, the rotational movement of her pelvis and lumbar spine was found to be enhanced. On the basis of an integration of those assessments of her physical function and her walking and running motions, causes of the stress fracture of her right navicular bone were thought to include the right-left difference and the tightness of the movable area of her hip joint, insufficient turning motions due to arthrochhalasis, and poor static and dynamic alignments. These problems led to inefficiencies in her running motions, resulting in the three repeated mechanical stresses to the navicular bone of compressing, opening, and shearing, which then caused the bone's failure.

I.問題提起

足舟状骨疲労骨折は、陸上競技中長距離選手において稀に確認される障害であり、その多くは難治性である(横江、2004)といわれている。この骨折は、ほとんどの骨折線が近位部背側から入り、とくに蹴り出しでの体重負荷で、距骨と楔状骨に挟まれ近位部にひさしを持った足舟状骨(図1)に剪断力が加わり発生する(横江、2001)といわれている。また、足舟状骨に常時大きな体重負荷が起こる理由は、この骨が足部内側縦アーチのほぼ頂点にあり、走動作の立脚中期や蹴り出し時に繰り返して荷重が加わるためである。このような解剖学的な特徴も、この障害を難治性に行っている1つの原因である。そのため、治療期間は長期化し、その間は完全免荷とギプス固定と行うことが重要となる。横江(2004)は、足舟状骨疲労骨折治療について4~8週間のランニング中断例では治癒率77%に対し、完全免荷を6~9週間行った例では治癒率87.5%という報告している。このことから、足舟状骨疲労骨折の治療では、スポーツ活動の中止のみではなく、足部に荷重を加えないことが重要であると思われる。

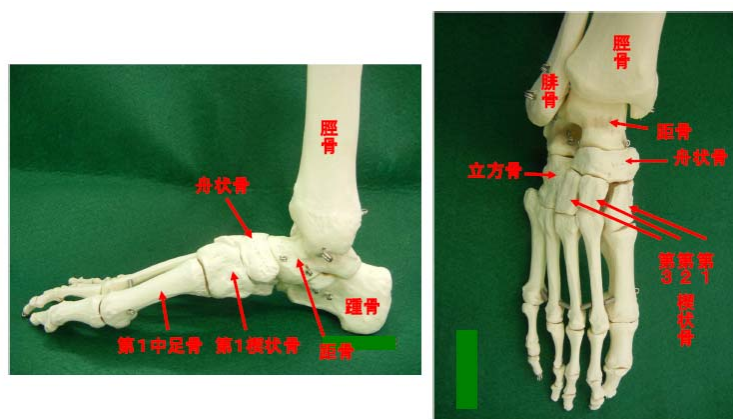


図1 後足部の骨と舟状骨の位置

そこで、足舟状骨疲労骨折の治療は完全免荷もしくは部分免荷を行い、骨癒合が最優先される。このとき、転位がないものは保存療法、転位があるものや遷延治癒また偽関節例は手術を行うとされている。加えて、この間は患部と患部外の両方に対して積極的なリハビリテーションが実施される。患部のリハビリテーションでは、足関節の背屈可動域制限解除に対する傾斜板や足関節底屈筋群のストレッチ、足底挿板を用いることが行われる。また、患部外のリハビリテーションでは健肢筋力強化トレーニングや全身持久力維持(横江、2005)が推奨されており、機能障害や能力障害の改善として有効なものである。しかし、このようなプログラムの中には障害発生の根本的な因子となる動的アライメントや走動作など、疲労骨折を惹起した発生機序をふまえたアプローチについて言及したものはみられず、そのような改善がなければ対処療法になりかねないと思われる。このように、発生機序に着目したプログラムが少ない原因の1つとして、陸上競技のわかるセラピストが、競技現場と密接な関係のもとにリハビリテーションを実施することが少なかったことが挙げられる。このことから、臨床でリハビリテーションを展開する1つの提案として、セラピストが現場に出向き、競技や動作を知ることは重要であり、競技特性に基づく障害発生機序の推論が立つと、選手にとって競技により直結した治療が展開できる。また、選手にとっても障害発生機序を理解することはリハビリテーションの目的が明確化し、治療目的が競技と直結することでモチベーションの維持向上に繋がるとと思われる。

このことから、われわれ理学療法士が持ち合わせる臨床現場での実践知と経験知に加えて、競技現場の実践知や経験知を繋ぎ合わせることで、より競技に直結した障害発生機序の推論を立てやすくなり、より専門性に即した治療を提供できるものであると思われる。

II. 目的

今回、大学女子陸上競技中距離選手(以後、U選手)の右足舟状骨疲労骨折に対するリハビリテーションを手術前から術後、また競技復帰までの過程で担当した。この過程では、受傷前の走動作や身体機能を評価し、そこで浮かび上がった問題点の改善を図りながら競技復帰へ導く事を術後リハビリテーションの目標に掲げた。そこで、術前に身体機能評価や受傷前の歩行並びに走動作映像の撮影及び資料収集を行った。その時に収集した資料に加え、現場の指導者やU選手の経験知及び実践知などの情報も参考にした。これらを基に、受傷前の身体機能や走動作の分析を行い、右足舟状骨疲労骨折の発生機序を推察することを本研究の目的とした。

III. 事例対象者のプロフィール並びに資料収集

1. 事例対象者のプロフィール

U選手は、高校入学後から本格的に陸上競技を始めた。高校時代の練習量は月間走行距離が150 km前後であり、競技歴(表 1)に示すとおり順調に競技成績を向上させていった。そのような環境の中で、U選手が右足根部内側に運動時痛を感じ始めたのは高校2年生の秋頃からであった。高校3年生の全国高校総体では、女子800mで準決勝まで進んだがこの時も疼痛は残存しており、その後は時間が経過するにつれて疼痛の増強が見られ大学入学へ至った。そのような状況の中、大学入学当初に行ったメディカルチェックでは、右足舟状骨付近の荷重時痛がVisual Analog Scale(以下、VAS)で3程度だった。しかし、この時は舟状骨の疲労骨折を疑うことなく、疼痛に応じてトレーニングを行っていた。その後、大学1年次9月になってもU選手の右足根部内側部痛が軽減することはなく、右足部に強い負荷をかけることができなかった。そのため、トレーニングでは jog 程度のランニングしか出来ず、大学1年次の上半期のシーズンは試合に出場できなかった。

このように、疼痛が軽減しないことから大学1年次の10月に整形外科受診を勧め、その初診でレントゲン画像による右足舟状骨の骨硬化像が確認された。その後、同年11月7日に精査のために撮影した足部CT画像(図 2)では、ギャップが7mmの舟状骨偽関節が確認され、同月21日にはMRI画像(図 3)で舟状骨疲労骨折周囲部の確認を行った。この時、本人には手術も含めて検討するように伝えられ、同年12月4日に観血的骨接合術を行うことになった。そして、手術1週間前から前日にかけては理学所見として身体機能評価を行った。手術は、腸骨から採骨した移植骨を舟状骨部に移植をし、DTJ スクリューを用いた骨接合術を行った(図 4)。術後は、1週間の入院を経て足部の荷重制限を8週間行い、足部の治癒状況を確認しながら競技復帰へ向けたリハビリテーションを進めた。なお、上記のデータは、病院診察時の画像所見並びに大学でのメディカルチェック内容の記載事項等から収集し、U選手の許可を得て掲載した。

表 1 U 選手の競技歴

(赤字は生涯自己最高記録)

| 年 | 学年 | 800m年度 最高記録 | 1500m年度 最高記録 | 5000m年度 最高記録 | 主な結果 |
|-----|----|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| H14 | 中2 | 2分25秒27 | | | |
| H15 | 中3 | | | | |
| H16 | 高1 | 2分21秒67 | 4分56秒56 | | |
| H17 | 高2 | 2分19秒12 | 4分49秒93 | 18分35秒 | |
| H18 | 高3 | 2分13秒95 | 5分08秒00 | | 高校総体800準決勝進出 |
| H19 | 大1 | | | | 故障のため試合出場なし |
| H20 | 大2 | 2分26秒66 | | 18分12秒24 | |
| H21 | 大3 | 2分9秒49 | 4分25秒92 | 17分19秒65 | 日本インカレ800 4位 |
| H22 | 大4 | 2分6秒91 | 4分18秒07 | 16分23秒 | 日本インカレ800、1500優勝 |

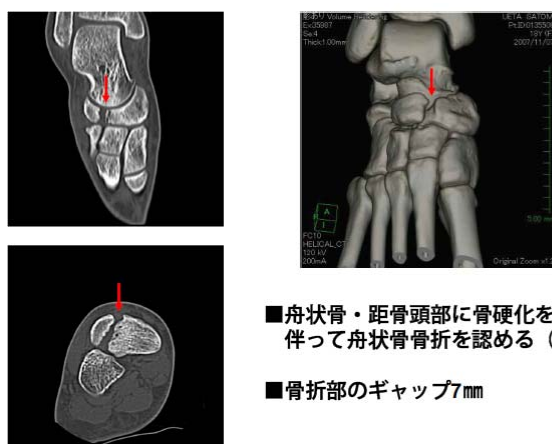


図 2 平成 19 年 11 月 7 日 CT 画像

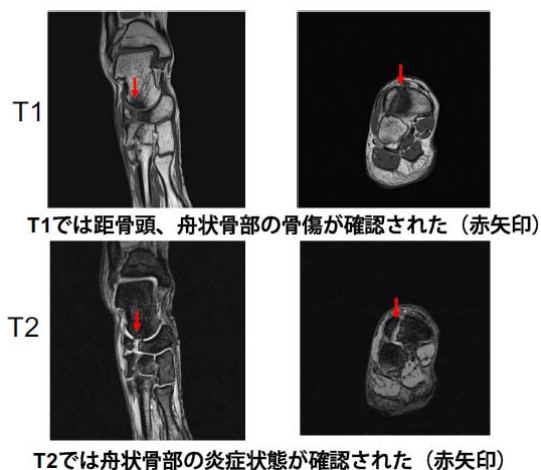


図 3 平成 19 年 11 月 21 日 MRI 画像



腸骨からの骨移植とDTJスクリーを用いた観血的骨接合術を行った（赤矢印）

図4 平成19年12月4日レントゲン画像

2. 身体機能評価データ

(1) 疼痛評価

疼痛機能評価は、VAS法を用いて右足舟状骨周囲の圧痛並びに走行時の荷重時痛を評価した。

(2) 関節可動域テスト

関節可動域テストは、日本整形外科学会関節可動域検査法を基準に股関節と足関節の測定を行った。ここでの股関節可動域測定は、屈曲と内旋並びに外旋角度を、また足関節可動域測定は背屈角度の計測を行った。

(3) タイトネステスト

タイトネステストは、ハムストリングスの評価としてStraight Leg Raisingテスト(以下SLR-T)、大腿四頭筋の評価として臀踵間距離の測定、腸腰筋の評価として腸腰筋タイトネステストを行った。

(4) 全身関節弛緩性評価

全身の関節弛緩性評価として東大式全身関節弛緩性テストを用いた。この評価では、全身7関節中4関節に陽性が認められると全身の関節に弛緩性がある(西古、2009)とした。

(5) 静的アライメント評価

静的アライメント評価は、石井(2003)の方法を基準に、静止立位時の腰椎、股関節、膝関節、足関節、足部の各アライメントを評価した。

(6) 動的アライメント評価

動的アライメント評価(図5)は、シングルレッグスクワットを数回実施し、藤井(2004)の方法を基準に評価した。資料収集は、デジタルビデオカメラ撮影で行い、前額面と矢状面からの映像(動画1)と膝30°屈曲位での前額面静止画像(図8)をもとに筆者が観察評価した。動的アライメント評価の前額面画像から観察される評価として、支持脚30°屈曲時に支持脚の膝蓋骨中央が第2趾より内側に偏位

する knee-in (図 5B)、支持脚に対して遊脚側の骨盤が下方に落ち込むトレンデレンブルグ現象 (図 5C)、遊脚側方向への骨盤の回旋、頭部、肩甲帯、上肢のぶれる状態を観察した。また、矢状面画像では腰椎前彎並びに骨盤前傾位を観察した。

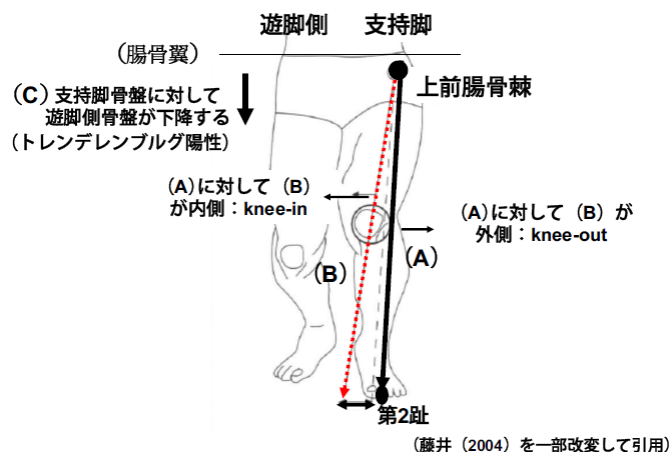


図 5 動的アライメント評価

3. 歩行並びに走動作映像

術前の走動作は、U選手が高校3年生11月に出場した800mレースの約700mからゴール地点までの映像(動画2)と約750m地点の走動作連続写真(図9)を資料収集した。また、大学1年次の12月にトレッドミルを用いた歩行並びに走動作の正面と側面からの映像(動画3)をデジタルビデオカメラで撮影して資料を収集し、筆者が観察評価を行った。

IV. 本事例研究の結果

1. 身体機能評価

手術前の身体機能評価データは、表2に示した通りである。なお、表2に記載されていない動的アライメント評価の結果を以下に記載する。

表 2 手術前の身体機能評価データ

| | | | | ※赤字は異常値 |
|---------------------------------|-----------------|----------------|--------|------------|
| 疼痛評価 | | | | (参考値) |
| | 圧痛 | 右足内側縦アーチ部 | VAS | 4 (VAS 0) |
| | 荷重時痛 | 右足舟状骨部 (走り始め) | VAS | 3 |
| | | (30分経過後) | VAS | 8 |
| 関節可動域テスト | | | | |
| | | 右 (患側) | 左 (健側) | |
| 股関節 | 屈曲 | 120° | 125° | (125°) |
| | 内旋 (股膝 90° 屈曲位) | 30° | 45° | (45°) |
| | 外旋 (股膝 90° 屈曲位) | 40° | 45° | (45°) |
| 足関節 | 背屈 (膝屈曲位) | 10° | 15° | (25°) |
| タイトネステスト | | | | |
| | | 右 (患側) | 左 (健側) | |
| | SLR-T | 70° | 80° | (80°) |
| | 殿踵間距離 | 5横指 | 4横指 | (0横指) |
| | 腸腰筋タイトネステスト | 3横指 | 2横指 | (0横指) |
| 全身関節弛緩性テスト (東大式関節弛緩性テスト) | | | | |
| | 陽性 | 47関節 | | (4関節以上で陽性) |
| | | (手、肘、肩、腰で弛緩性有) | | |
| 静的アライメント評価 | | | | |
| 腰椎 | 前彎増強 | | | |
| 骨盤 | 前傾位 | | | |
| 股関節 | 軽度屈曲内旋位 | | | |
| 膝関節 | 右軽度外反位 | | | |
| 足部 | 右距骨下関節過回内位 右偏平足 | | | |
| 動的アライメント評価 | | | | |
| ※図8並びに動画1を参照 | | | | |
| その他 | | | | |
| ※腰痛と仙腸関節痛が継続している。 | | | | |
| ※中学生の頃、左ACLの再建術を行った。 | | | | |

(1) 動的アライメント評価

前額面(図 8 並びに動画 1)は、両側の支持脚において膝伸展位から屈曲約 30° へ変化する動きの中で、トレンデレンブルグ現象(図 8A)と遊脚側方向への骨盤の回旋(図 8B)が観察された。また、下肢では支持脚の股関節が屈曲、内転、内旋位になり、Knee-in(図 8C)が観察された。さらに、このときの身体バランスは上半身とくに上肢を中心にとっており、腰椎部の動きが大きくなっていた。矢状面映像(動画 1)は、右下肢支持時に膝の屈曲が大きくなるほど腰椎前彎並びに骨盤前傾位が増強しており、臀部を後方に引いたようなアライメントになっていた。左下肢支持時は、右下肢支持時と比べて大きなアライメント変化は見られなかった。

2. 歩行並びに走動作の観察

動画 2 と図 9 は、高校 3 年時 11 月に出場した 800m 走の映像と走動作連続写真の中で右下肢支持期を示したものである。着地開始直前(図 9①)は、左肩が前方へ突っ込むように上半身が右回旋し身体が右に開いていた。足底接地期(図 9②)から中間支持期(図 9③)は、右膝がつぶれて、腰椎前彎と骨盤前傾が大きくなり始めていた。離地移行期(図 9④)では、臀部が後方に引けて腰椎前彎・骨

盤前傾が増強するとともに振り出し脚の膝が上がりにくくなっていた。離地期(図 9⑤)では、右肩が前方へ突っ込むように上半身が左回旋し腰椎前彎・骨盤前傾はさらに増強して、右足部を大きく後方で踏み返す“足が流れた”動作になっていた。

動画 3 は、術前に撮影したトレッドミル上での歩行と走動作である。歩行時の特徴は、下肢の振り出しに伴い腰椎が過剰に回旋しており、振り出し脚と反対側への腰椎と骨盤の回転運動が増強していた。そのため、臀部の回旋が強く印象づけられた。また、このトレッドミル上での走動作も(図 9④)と同様に腰椎前彎に伴い臀部が後方へ突き出された姿勢となり、“腰が引けた姿勢”となっていた。

V. 本事例研究の考察

1. 障害発生因子について

U 選手の受傷前の走行距離は、月間 150km 程度であった。「骨・関節のランニング障害に対する提言」(日本臨床医学会学術委員会整形外科部会、2002)では、“一般ランナーに対する走行距離の目安”の中で、高校生の女子では週 70km または 100km が疲労骨折など障害を発生した選手の平均走行距離であると述べている。これを月間の走行距離に当てはめると 300km から 400km 程度にあたり、この距離と比較すると U 選手の走行距離は約半分でトレーニング量は過多ではなかった。また、女子の疲労骨折は個体の内的因子が関連するものが多い(酒井、2010)ことや、疲労骨折の有無と月当たりの走行距離に差がない(向井、2003)といわれている。このことから、今回の障害は「内的因子」である身体の静的並びに動的なマールアライメントが足舟状骨にメカニカルストレスを与え続けていたことが原因で、治療における評価やプログラムの立案に対しては、身体の関節可動域やタイトネス、またアライメント評価や走動作分析等を参考にリハビリテーションプログラムを構成する必要があると考えられた。

2. 身体機能評価について

(1) 疼痛評価

1) 圧痛

本症例では、内側縦アーチ部に圧痛があった。この部分を形成する筋は、表層から母趾外転筋、短、長母趾屈筋、短、長趾屈筋、後脛骨筋があり、疼痛はこれらの筋痛によるものと思われる。U 選手の静的アライメントでも示されている右偏平足では、足底腱膜の緊張が低下しているため、荷重によるアーチの落ち込み時にはアーチ保持の代償として筋による遠心性収縮が増加する(ドナルド、2006)といわれている。このことから、過剰な遠心性収縮がアーチ形成筋に慢性的な筋疲労をもたらす圧痛を引き起こしたものと思われる。このことから、術後はアーチ形成筋の筋疲労を改善し、筋や腱膜による内側縦アーチの再構築を図る必要があると考えられた。

2) 荷重時痛

右足舟状骨部の荷重時痛は、走り始めに VAS3 であったものが、約 30 分経過後には VAS8 と増強していた。足舟状骨は、走動作時に後足部の回内と回外に伴い、圧縮と離開のストレスを受けると考えられる(図 6)。また踏み返し時には剪断力も受ける。その為、走行時間が長くなる程、骨折部が受けるストレスも増大し疼痛が強くなるものと思われる。本症例では、疼痛出現当初に他院にて MRI 検査を行

ったが足舟状骨疲労骨折の診断が付かず、疼痛に対する理由がはっきりしなかったために発症から手術までに時間を要した。このような疼痛は現場においてよく聞くものであるが、長引く場合はセカンドオピニオンを選択肢に入れる事も重要なことであると思われた。

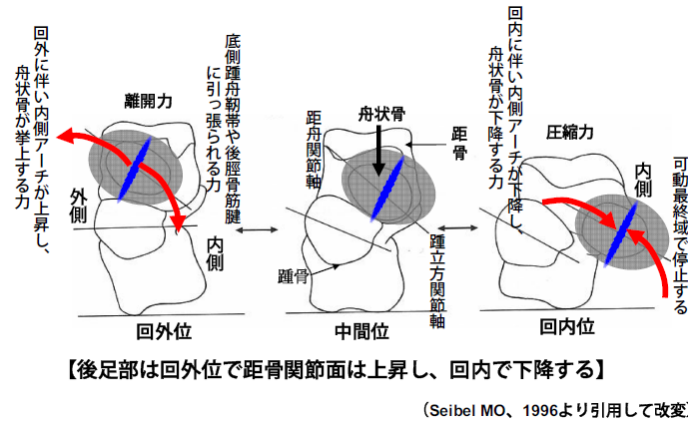


図6 後足部回外時並びに回内時に舟状骨に加わる離開力と圧縮力発生モデル

(2) 関節可動域評価

1) 股関節可動域評価

U選手は、右側に股関節可動域制限が確認された。临床上、関節可動域の過剰な左右差は障害を有する選手に観察される機会が多い。今回の右股関節内旋可動域制限は、外旋筋である右梨状筋や右閉鎖筋などの右深部外旋筋のタイトネスの影響が強い事が考えられ、また、右股関節屈曲可動域制限は右大殿筋や右後方関節包並びに靭帯などの軟部組織のタイトネスが影響を及ぼしていると考えられる。右側の関節可動域制限の原因が、筋の短縮によるものかオーバーユースによる過緊張かは今回判断がつかないが、右側の股関節周囲筋は左側と比べて機能が低下していると思われる。そのため、このような可動域制限が術後の走動作改善のリハビリテーションで障害とならないように改善する必要があると思われる。

2) 足関節可動域評価

今回の足関節可動域制限は両側に確認され、右側が特に大きかった。この背屈可動域の制限因子は、足関節底屈筋であるヒラメ筋、後脛骨筋、長母趾屈筋、長趾屈筋などのタイトネスや、後部関節包並びに後距踵靭帯の制限が原因であったと思われる。特に、足関節底屈筋群は走動作の離地期に大きく活動することから右足関節では離地期で蹴り出し時に大きな筋出力があり、オーバーユースに伴うタイトネスが生じていると考えられる。

(3) タイトネステスト

筋のタイトネスは、右のハムストリングス、左右の腸腰筋と大腿四頭筋に確認された。一般的な走動作の筋活動では、ハムストリングスは支持期の股関節伸展筋として、また大腿四頭筋は支持期の膝関節伸展筋として主に活動する(横澤、2008)といわれている。この相の U 選手は、支持脚の膝がつぶれ

る現象(図9②③)が観察されており、このときの股関節、膝関節には過度な屈曲が生じていたと思われる。そのため、重心が落ちてしまい、落ちた重心を戻すために股関節や膝関節には繰り返し大きな伸展筋力が求められる。その結果、ハムストリングスや大腿四頭筋のオーバーユースを招き、タイトネスが生じたと思われる。腸腰筋は、走動作の中で離地直前から回復脚前半にかけての股関節屈曲筋として活動する(横澤、2008)といわれている。この相のU選手は、離地時に脚が流れる現象(図9⑤)が観察されていた。離地時に脚が流れると、回復脚前半から中間において回復脚の延伸が起こり股関節の屈曲動作が大きくなる。加えて、U選手は腰椎前彎並びに骨盤前傾位のために膝が上がりにくい特徴もあり、回復脚は股関節の屈曲動作を大きくクリアランスを保っていたと考えられる。このように、回復脚の股関節屈曲動作が大きくなった事で繰り返し大きな股関節屈曲筋力が求められる。その結果、腸腰筋のオーバーユースを招き、タイトネスが生じたと思われる。加えて、腸腰筋のタイトネスは股関節伸展制限を招き、このことが腰椎前彎と骨盤前傾位の増強をさらに助長していたと推察される。臨床上、ハムストリングスや大腿四頭筋、腸腰筋のタイトネスの左右差は、股関節の関節可動域制限と同様に障害を有する選手に多く観察される。このようなタイトネスの左右差が、術後の走動作改善のリハビリテーションで障害とならないように改善する必要があると思われる。

(4) 全身関節弛緩性評価

東大式全身関節弛緩性テストから、生まれもって関節弛緩性があることがわかった。臨床上、U選手に限らず関節弛緩性がある選手は、動作の素早い切り返しが出来ないケースに遭遇する事が多い。U選手も、動作の素早い切り返しが出来ず、足底接地期(図9②)等で“膝がつぶれる”等の動作所見がコーチから指摘されていた。足底接地期で膝がつぶれ、中間支持期までの移行が早くなると、足部は回外から急激な過回内を引き起こし、足舟状骨に急激な圧縮のストレスが加わる(図6)ため、足舟状骨疲労骨折の誘因になるものと思われる。U選手の場合、関節を跨ぐ単関節筋の機能を高め、加えて身体軸を崩さないように姿勢を保持させ、Stretch Shortening Cycleの機能を高めるプライオメトリックレーニングやリバウンドドロップジャンプなどを行わせたことで、動きの切り返しが素早くなり、膝がつぶれる現象を改善できたことから、関節弛緩性が走動作接地期における足部過回内に影響を及ぼしていた可能性がある。

(5) 静的アライメント評価

骨盤の前傾や下肢のアライメントは大きく分けて2つのパターン(図7A並びにB)に分けられる。ひとつは、骨盤のアライメントが下肢のアライメント配列に影響を及ぼす下行運動連鎖で、もうひとつは、足部のアライメントが骨盤アライメントに影響を及ぼす上行運動連鎖である(石井、2003)。U選手は骨盤前傾位や膝外反、足部外反位を示していたことから、中間支持期においては、図7Aのパターンに当てはまる。このような静的立位アライメント評価から見て、術前の身体アライメント自体が膝のknee-inや内側縦アーチの低下を起しやすいう状態であったことが考えられる。

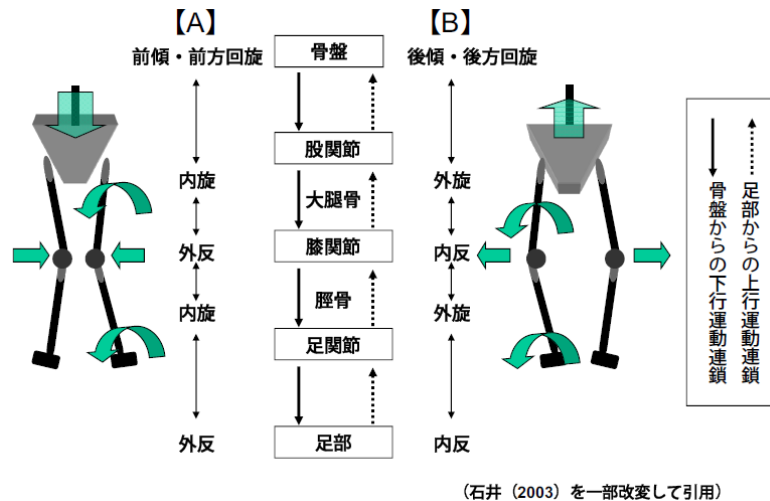


図7 下行性及び上行性運動連鎖のシエーマ

(6) 動的アライメント評価

前額面(図8並びに動画1)では、膝伸展位から屈曲位へ変化する中でトレンデレンブルグ現象(図8A)や骨盤の遊脚側への回旋(図8B)、Knee-in(図8C)が観察された。このトレンデレンブルグ現象は、支持脚の大殿筋や中殿筋の筋力低下で遊脚側の骨盤が保持できず下方に落ち込むことで生じる(松田、2004)といわれている。そのため、U選手は両側の殿筋群の弱화가疑われ、さらに、この動作での支持側殿筋群は Closed Kinetic Chain での活動様式となることから、この肢位での殿筋群活動が不十分であると考えられる。次に、骨盤の遊脚側への回旋について、高嶋(2009)は片脚立ちの評価の際に体幹の傾きや回旋が観察されるケースでは腹横筋や腹斜筋の収縮が不十分であると述べている。このことから、腹横筋や腹斜筋の作用が不十分であったために骨盤の遊脚側への回旋を制御が出来ていなかったと思われる。

矢状面(動画1)は、右下肢支持での評価で腰椎前彎並びに骨盤前傾位が増強し、臀部を後方に引いたようなアライメントになっていた。これは、骨盤の保持に関与する腹筋群や殿筋群が骨盤を中間位の保持できず前傾位が増強したものであると思われる。

このような、トレンデレンブルグ現象や骨盤の遊脚側への回旋、骨盤前傾位に観察される不十分な骨盤制御により、支持側の股関節は屈曲、内転、内旋の肢位をとっている。これは、図7Aのパターンに当てはまり、さらに静的アライメントでも同様のアライメントを呈している事から、動的アライメントでの不十分な骨盤制御や静的アライメントが Knee-in を生じさせていると考えられた。これらを踏まえて、動的アライメントにおける骨盤や下肢のアライメントを腹筋群や殿筋群で制御できるように、術後はリハビリテーションを進めていく必要がある。

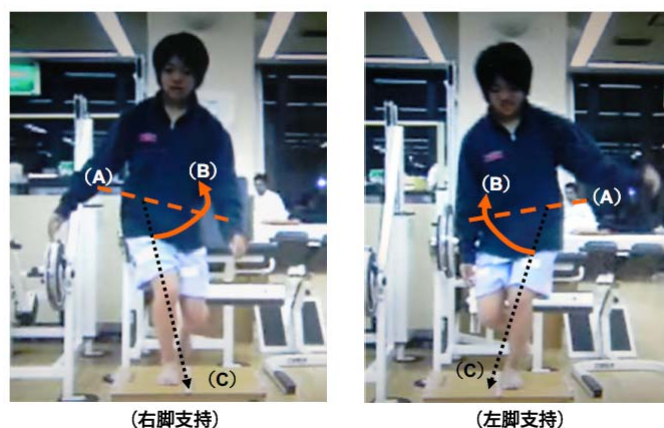


図8 動的アライメント (膝屈曲 30° 時の身体アライメント)

3. 歩行並びに走動作の分析

走動作の観察から、着地開始直前(図9①)や離地期(図9⑤)は上半身が左右に回旋し大きくぶれているのが確認できる。また、動画3では、臀部の回旋が強い印象をうける。このような動きについて、U選手は「意図的に骨盤の回転運動を行うことで、ストライド長を稼ごうとしていた」と述べていた。この、走動作時における回復脚の力学的エネルギー交換は、骨盤部で行われることが有効である。しかし、“意図的な骨盤の回転運動”は力学的エネルギーが末梢方向へ流れてしまうために推進におけるロスが生じる(阿江、2005)といわれる。つまり、U選手の走動作は、回復脚の力学的エネルギー交換が骨盤部で行われず、力学的エネルギーが上半身へ流れてしまったと思われる。そのため、走動作時に上半身がぶれて推進における力学的エネルギーにロスが生じていたと考えられる。このような、回復脚におけるランニングエコノミーの不利はパフォーマンスを低下させるとともに、支持脚にかかる負担も大きくなることから、競技復帰にむけての修正点として考える必要がある。

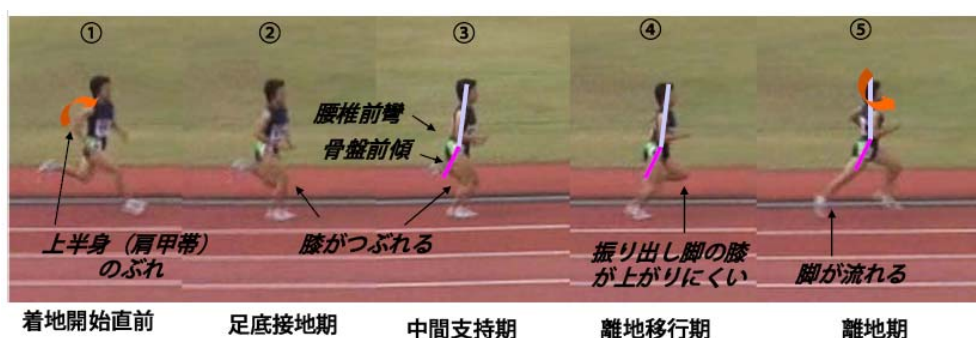


図9 U選手の走動作連続写真 (右下肢支持期)

次に、接地期(図9②)から中間支持期(図9③)にかけて右膝がつぶれていた。この原因は、U選手の潜在的な身体特徴である関節弛緩性が影響していると考えられる。このように、右膝がつぶれる時は足関節も急激に背屈位に切り変わるため、後足部アライメントは着地開始期(図10②)から中間支持期(図10④)にかけて回外位から急激な回内位を引き起こす。そのため、この時期は右足舟状骨に急激な圧縮負荷(図6)が加わっているものと思われ、このストレスも右足舟状骨に機械的なストレスを加えた

一因であると考えられる。

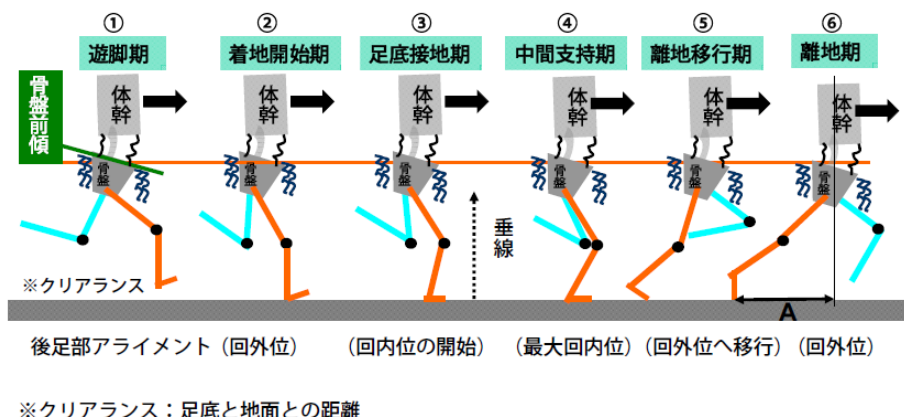


図 10 骨盤前傾位での走動作のシェーマ

中間支持期(図 9③)から離地期(図 9⑤)の腰椎前彎・骨盤前傾は、静的並びに動的アライメント評価でも観察された姿勢であり、走動作でも同様のアライメントを呈していた。ここで、腰椎前彎・骨盤前傾が増強していく原因は 2 つ考えられ、1 つめは腸腰筋タイトネスに伴う腰椎の代償作用、2 つめは腹横筋や腹斜筋による骨盤制御の不十分さが挙げられる。

このように、支持脚後半に腰椎前彎・骨盤前傾が増強し、振り出し脚の膝が上がりにくくなると、クリアランス(接地脚の足底と地面との距離)が小さくなる(図 10①)。すると、下腿の前方振り出しが不十分となり、続く、図 10②の局面で接地のタイミングが早まると図 10②から④にかけての局面が短くなる。これは、後足部の回外位(図 10②)から回内位(図 10④)への切り替えが急激に起こっていることを示唆し、前述の右膝がつぶれる現象とともに舟状骨に急激な圧縮負荷(図 6)を加えた一因と思われる。

離地期(図 9⑤)は、右足部を大きく後方で踏み返す“足が流れる”動作が観察された。これは、U 選手の「ストライド長を稼ぎたい」という意図的な骨盤の回転運動と腰椎前彎・骨盤前傾で、接地脚の後方移動距離が長くなった(足が後方へ流れる)ことが原因であると思われる。このように、足が後方に流れると離地移行期(図 10⑤)から離地期(図 10⑥)の直前までは足関節底屈位並びに後足部回外保持時間の延伸(図 10A)が生じる。これは、足舟状骨に離開のストレスが加わる肢位(安達、1998)であり、この期間の回外保持時間の延伸は足舟状骨疲労骨折に過剰な離開負荷(図 6)を加えている原因と思われる。加えて、離地期で踏み返す右足が重心から離れすぎること、足部にかかる“テコ”が大きくなり、過剰な踏み返しの力が足舟状骨へ剪断のストレスを加えていたと思われる。

VI.まとめ

本研究は、右足舟状骨疲労骨折を罹患し、偽関節を呈した 18 歳の大学女子陸上競技中距離選手に着目した。本症例は、月間走行距離が疲労骨折を発生させるほど過多ではなく、内的因子の関与が大きいと考えられ、身体機能評価や歩行並びに走動作評価から障害発生機序の推察を行った。術前に行った身体機能評価では、足舟状骨部の荷重時痛と内側縦アーチ部の圧痛、股関節の可動域

制限の左右差やタイトネス、全身関節弛緩性が確認された。また、静的アライメント評価では腰椎前彎や骨盤前傾位を呈し、股関節屈曲内旋位、右膝外反位、足部距骨過回内位で扁平足であった。さらに、動的アライメント評価は骨盤部のトレンデレンブルグ現象や遊脚側への回旋、Knee-in が確認された。高校 3 年時の走動作評価では、“腰が引けた姿勢”、“離地期に足が流れる”、“上半身が揺れる”動きが観察され、術前の歩行評価では腰椎と骨盤の回転運動が増強していた。これらの評価から障害に至った背景を考察すると、股関節可動域の左右差や股関節周囲筋のタイトネスに伴う可動域制限、関節弛緩性による動作の切り返し不良、静的並びに動的アライメント不良の問題が浮かび上がり、これらが走動作に非効率性を及ぼしたと思われる。そのため、足舟状骨に圧縮力・離開力・剪断力という 3 つの機械的ストレスが繰り返し加わり、障害に至ったと推察された。

上記を踏まえ、U 選手が取り組むべき課題を挙げると、身体機能面からは右股関節可動域並びに足関節可動域やタイトネス、静的並びに動的アライメントの改善、関節弛緩性に対するプライオメトリックな能力の獲得が挙げられる。また、走動作面からは意図的な骨盤回転運動とこれに伴う上半身のぶれや、腰椎前彎並びに骨盤前傾位の改善を図る事で舟状骨に対する機械的ストレスが減少され、競技復帰へ導けるものと考えられる。今後、これらに対する取り組みが走動作の特徴や、競技復帰後の怪我の再発並びにパフォーマンスに対してどのような影響を及ぼすか検証していきたい。

Ⅶ.参考文献

- ・ 安達耕一, 寺本 司, 田代宏一郎, 浜村明德, 梅木義臣, 谷口龍之 (1998) 足舟状骨疲労骨折の 2 例.整形外科と災害.47(1):209-213.
- ・ 阿江通良 (2005) 骨盤をうまく使うと何が変わるのか.Training Journal. 27(12):12-15.
- ・ ドナルド:平田総一郎, 島田智明監訳 (2006) 筋骨格系のキネシオロジー.医歯薬出版株式会社:521-523.
- ・ 藤井康成, 小倉 雅, 東郷泰久, 山口 聡, 梶 博則, 前田昌隆, 福田隆一, 福田秀文, 永濱良太 (2004) Knee-in のメカニズムの解明-動的 Trendelenbrug test を用いた骨盤機能評価と knee-in との関連性-.臨床スポーツ医学.21(7):827-831.
- ・ 石井慎一郎 (2003) マルアライメントの検査・評価.理学療法.20(2):29-39.
- ・ 松田直樹, 小粥智浩 (2004) 骨盤・体幹のバランスと下肢のスポーツ障害.Monthly book medical rehabilitation.45:76-82.
- ・ 向井直樹 (2003) 陸上競技 疲労骨折の診断と治療.臨床スポーツ医学 20.(臨時増刊):246-249.
- ・ 日本臨床スポーツ医学会学術委員会整形外科部会 (2002) 骨・関節のランニング障害に対する提言(案).日本臨床スポーツ医学会誌.10(1):183-188.
- ・ 西古亨太, 森本忠嗣, 池辺智史, 上杉勇貴, 北島 将, 重松正森, 馬渡正明, 佛淵孝夫(2009) 全身関節弛緩性の評価法の検討.整形外科と災害.58(4):673-677.
- ・ 酒井昭典 (2010) 疲労骨折発生のメカニズム.臨床スポーツ医学.4:367-373.
- ・ 高嶋直美 (2009) 陸上長距離走による外傷・障害予防への理学療法の取り組み.理学療法.26(2):278-285.
- ・ 横江清司 (2001) 足舟状骨疲労骨折の診断と治療.日整スポーツ医誌.21(1):58-63.

- ・ 横江清司, 亀山 泰 (2004) 足部の疲労骨折のスポーツ復帰. 日本臨床スポーツ医学会誌.3:401-405.
- ・ 横江清司 (2005) 足部の疲労骨折. Journal of Clinical Rehabilitation.7:656-658.
- ・ 横澤俊治 (2008) 筋骨格モデルを用いた長距離走における下肢筋活動の分析. 陸上競技研究.74(3):2-10.