

大学女子中距離ランナーにおける姿勢アライメント改善に向けての取り組み
—足舟状骨疲労骨折術後の再受傷防止と疾走技術の改善を
目指して取り組んだ事例から—

中畑敏秀¹⁾ 上田敏斗美²⁾ 前田昌隆¹⁾ 松村勲³⁾ 小森大輔³⁾ 瓜田吉久³⁾

¹⁾医療法人恒心会おぐら病院

²⁾TOTO 株式会社

³⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

キーワード: 走動作, 姿勢アライメント, 足舟状骨疲労骨折予防, 疾走技術

【要旨】

本研究は、右足舟状骨疲労骨折で観血的骨接合術を行った大学女子陸上競技中距離選手に着目した。この選手の身体機能を評価した結果、足舟状骨疲労骨折発生の内的因子といわれる静的並びに動的アライメント不良が存在した。また、受傷前の走動作評価を行ったところ、疾走時にも姿勢アライメント不良が観察されたうえに、右足舟状骨疲労骨折に起因する機械的ストレスが生じていると推察された。そこで、静的並びに動的アライメント不良の改善が、疾走時の姿勢アライメントを改善させ、右足舟状骨への機械的ストレスの減少や疾走技術の向上に繋がるかどうかを検証することとした。その取り組みでは、まず、正しい姿勢アライメントを理解させた。次に、アライメントを保持するのに必要な体幹及び股関節周囲の筋力増強を行った。さらに、動作の中で腰部や骨盤は姿勢調整のためのスタビライザーとして意識させ、下肢は股関節から大きく動かす感覚作りなどに取り組んだ。このような取り組みを行った結果、静的並びに動的アライメントが改善し、さらに、走動作では右足舟状骨への機械的ストレスを減少させるような動きの改善や、疾走技術の改善が見られた。この取り組み後、順調に走トレーニングを積むことができ、大学4年の日本学生対抗陸上競技選手権では女子800mと1500mで2冠を獲得するなど良好な競技結果を収めることができた。このように、今回の取り組みでは静的並びに動的アライメントの改善が、疾走時の姿勢アライメントを改善させ、障害の再発予防や疾走技術の改善に貢献することが実証された。

スポーツパフォーマンス研究, 5, 146-162, 2013年, 受付日:2012年5月14日, 受理日:2013年6月17日

責任著者:中畑敏秀 おぐらリハビリテーション病院 893-0023 鹿児島県鹿屋市笠之原町 27-22

pt-reha@ogureha.jp

**Improvement in the postural alignment of a university woman
middle-distance runner aimed at preventing injury and improving her
running technique after surgery for a navicular stress fracture**

Toshihide Nakahata¹⁾, Toshitomi Ueda²⁾, Masataka Maeda¹⁾,
Isao Matsumura³⁾, Daisuke Komori³⁾, Yoshihisa Urita³⁾

¹⁾Ogura Hospital

²⁾TOTO LTD

³⁾National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: running motion, posture alignment,
prevention of foot navicular bone stress fracture, running technique

[Abstract]

The present study focused on a university woman middle-distance runner whose navicular stress fracture in her right foot was treated by osteosynthesis. An evaluation of her physical movements suggested that static and dynamic poor alignment was a factor causing the navicular stress fracture. Moreover, evaluation of her running movements before the injury revealed a poor postural alignment when running, and also mechanical stress caused by the right navicular stress fracture. The present study evaluated whether or not improvement of her poor static and dynamic alignment could improve her postural alignment when running, and lead to a reduction of in the mechanical stress on the navicular and an improvement in her running technique. First, her postural alignment was understood well. Next, the muscular power of her trunk and the area surrounding the hip joint that is required to maintain good alignment was reinforced. Furthermore, she was trained to be conscious of her waist and pelvis as stabilizers for her postural adjustment and of moving her legs broadly from her hip joint. After this, improvements were observed in her static and dynamic alignment, in her movements during running so as to decrease the mechanical stress on the right navicular, and in her overall running technique. After this training, her running training was more beneficial, and she won two crowns in the women's 800 m and 1500 m races at the Japan Student Track-and-Field Championships as a senior. This study suggests that an improvement in static and dynamic alignment may contribute to an improvement in postural alignment when running, help to prevent a recurrence of injury, and improve running technique.

I. 問題提起

女子の陸上競技中長距離選手が罹患するスポーツ障害に足舟状骨疲労骨折がある。この足舟状骨疲労骨折は、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に剪断力が加わり発生する(横江, 2001)といわれている。特に、この骨折を発症させる原因としては解剖学的に足部内側縦アーチの低下と固さを伴った足部の変形を持つ例に多い(鳥居, 2003)とされている。このように、解剖学的な足部変形などのマルアライメントは、下肢疲労骨折の発生要因である内的因子(阿部, 2010)にあたり、加えて、女子の疲労骨折では個体の内的因子が関連するものが多い(酒井, 2010)とされている。このことから、女子選手の疲労骨折に対する予防や治療は身体の静的並びに動的なマルアライメントの改善が必要になることがある。

これに加え、競技力向上に関わる疾走技術の指導でも姿勢アライメントの重要性は数多くの指摘が見られる。たとえば、川本(2008)は、疾走時の姿勢について「カラダをまっすぐにしたまま移動する」ことの重要性を述べ、背中と骨盤をまっすぐにすることで疾走時の重心移動がスムーズになることを言及している。また、走動作の効率性の観点から、阿江(2005)は回復脚の力学的エネルギー交換を骨盤部で行うことの重要性を報告しており、体幹の安定や正しい姿勢アライメントの保持は疾走技術において重要な要素であると思われる。

このように、走動作中の姿勢アライメントに着目することは、足舟状骨疲労骨折の再発予防と同時に疾走技術の向上にも共通する重要な因子になる。そして、これらの獲得に向けてのトレーニング過程やアプローチ方法、また、その効果判定として姿勢アライメントや走動作の変化を知ることは指導現場において有用な情報になると思われる。

II. 目的

ある大学女子陸上競技中距離選手(以後、U選手)は、右足舟状骨疲労骨折に伴う偽関節で観血的骨接合術を施行した。その術前に行った障害発生機序の推察については、中畑ら(2011)によってすでに報告されている。その内容は、身体機能評価で股関節可動域制限や筋のタイトネス、全身関節弛緩性が存在したこと。また、静的並びに動的アライメント不良や非効率な走動作にその要因があったとされている。これらの報告に基づき、我々は、U選手の術後リハビリテーションの取り組みの一つとして、静的並びに動的なマルアライメントや非効率な走動作の改善に向けた取り組みを18ヶ月間にわたって行った。そこで、本研究はこの間の取り組みが、術後18ヶ月目の走動作に変化をもたらし、右足舟状骨疲労骨折の再発防止と疾走技術の向上に貢献したかどうかを検証した。

III. 基本構想と見通し

今回は、U選手の静的並びに動的アライメントと走動作の3点に着目した。そして、姿勢アライメントの観点からこれら3点の解決に向けて基本構想(図3)を立案した。



図3 U選手の問題点の解決に向けての基本構想

静的アライメント評価結果(図 1)では体幹部の腰椎前彎と骨盤前傾の増強や右下肢のマルアライメントが観察されている。まず、体幹のマルアライメントについて、U選手は「正しいアライメントに対する理解がなかった」と述べており、姿勢を正すときの意識が「胸を張る(上半身を反らす)」と解釈していた。

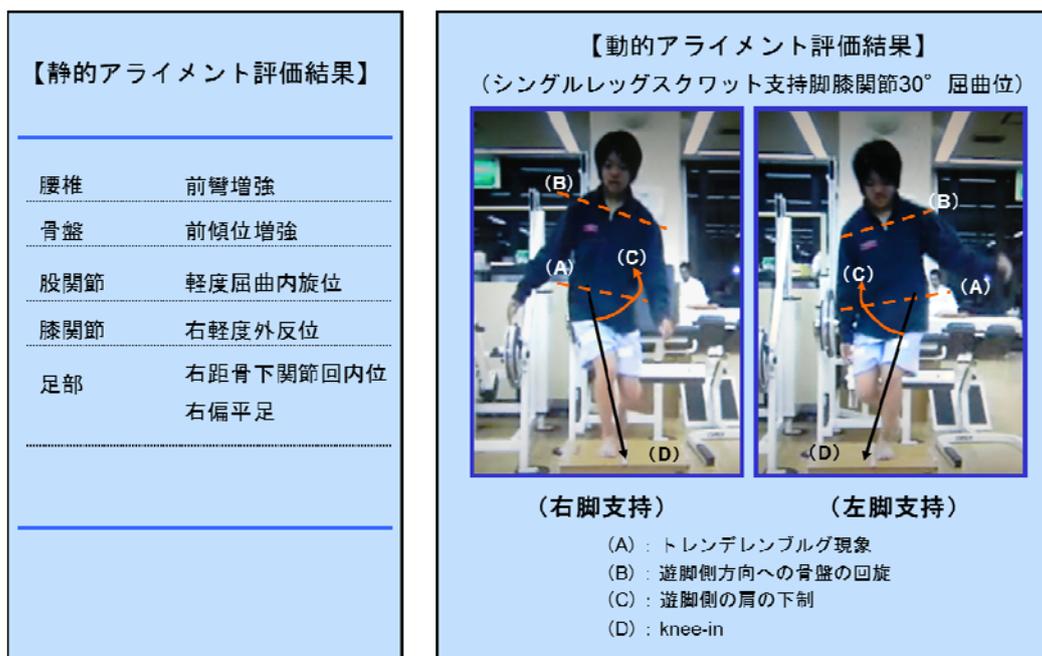
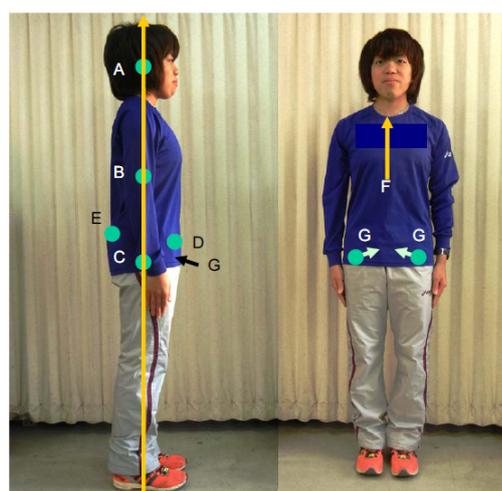


図1 術前の静的並びに動的アライメント評価結果

そこで、体幹部のアライメント改善に対する取り組みとして姿勢の設定(図 4)を行った。姿勢アライメント

の外観(図 4)は、矢状面からのランドマークを頭部の中心である耳垂(A)、第7~9 胸椎前縁にあり骨盤より上部の体節の重心といわれる上半身重心(山崎・福井, 1997) (B)、第2 仙骨前方の身体重心(C)が鉛直線上に並ぶようにし、胸椎の過度な伸展や円背を出さないようにした。また、腰椎と骨盤のアライメントは、福井(2007)が推奨する簡易的評価法を参考にし、上前腸骨棘(D)より上後腸骨棘(E)が2~2.5 横指高いものを腰椎と骨盤の中間位とみなした。次に、姿勢アライメントの内観(図 4)は、樋野(2008)の2WAY ストレッチを参考に、目線は前方に置き、胸骨を天井に向かって真上に向け、背部が力まない程度の力感で突き上げる意識(F)を持たせた。また、下腹部を軽く凹ませるドロワーイン(G)を行い、腹横筋や内腹斜筋の収縮を意識することで腹腔内圧を高めることとした。そして、静的アライメント評価結果(図 1)の右下肢のマルアライメントには、足舟状骨疲労骨折の内的因子となる膝関節外反や右距骨下関節回内位や右扁平足が含まれていた。これは、右足部変形による上行性運動連鎖(石井, 2003)に伴って右膝関節外反に至ったと推察された。そこで、まず、右足部変形の改善を目的として、インソールでの内側縦アーチサポートを処方することで右膝関節の外反も改善されるとともに、術後の右舟状骨に対する荷重負荷の軽減作用も期待できると考えた。



姿勢の外観

姿勢の内観

図 4 姿勢の設定

【矢状面のランドマーク】

- A：耳垂
- B：第7胸椎(上半身重心)
- C：大転子
- D：上前腸骨棘
- E：上後腸骨棘

【U選手が持つ意識】

- F：胸骨の上方への突き上げ
- G：ドロワーイン

動的アライメント評価(図 1)では左右の支持脚で4つのマルアライメントが観察された。まず、トレンデレンブルグ現象(A)は、支持脚に対して遊脚側の骨盤が下方に落ち込む状態を表しており、支持脚の大殿筋や中殿筋による骨盤の支持力低下が影響している(松田・小粥, 2004)といわれている。このトレンデレンブルグ現象に付随して遊脚側の肩も下制(B)し、そのバランスを上肢でとっていた。また、遊脚側方向への骨盤の回旋(C)は、腹横筋や腹斜筋で骨盤が支持できずに遊脚側へ回旋する状態(高嶋, 2009)を表している。これらの現象から、U選手の骨盤を安定させるために身体左右の大殿筋や中殿筋の殿筋群とともに腹横筋や腹斜筋の腹筋群を強化し、両者による骨盤安定性を図る必要があると考えた。最後に、支持脚の Knee-in(D)は、膝関節 30° 屈曲時に支持脚の膝蓋骨中央が第2趾より内側に変位した状態を表している。この Knee-in は、石井(2003)のいう上行性並びに下行性運動連鎖の影響が大きく、U選手の静的アライメントはこれに当てはまる。そこで、静的アライメントの改善や動的場面で

の腰椎と骨盤のアライメント(福井、2007)を理解させることでこの改善を図ることとした。



【800m走における750m付近の連続写真】

図2 受傷前の走動作評価結果(右下肢支持期～回復期)

走動作評価(図2)(動画1)では、各相毎に疾走能力の低下に関わる問題点と右舟状骨に加わる力学的ストレスの問題点が挙げられた。まず、着地開始直前(①)は“上半身のブレ”が観察された。U選手は、この相の疾走イメージを「意図的に骨盤を回転させることで、ストライド長を稼ごうとしていた」と捉えていた。しかし、この内省は、阿江(2005)がいう“走動作時の意図的な骨盤の回転運動が上半身のブレを生じ推進においてロスが生じる”という報告と合致したものだ。そこで、走動作では骨盤を意図的に回転させず、腹横筋や腹斜筋などで骨盤を安定させ、下肢を股関節から振り出すものとし、疾走時のロスを減らすこととした。次に、足底接地期(②)から中間支持期(③)は、膝屈曲角の増大による“膝のつぶれ”が観察された。この原因は、すでに中畑ら(2011)によって、U選手の関節弛緩性が原因であった可能性を報告されている。この“膝のつぶれ”が、U選手の右足舟状骨に加えた機械的ストレスの発生機序を推察すると、膝が急激に屈曲することで右足関節も急激に背屈したこと。また、右下肢のみに存在する外反膝や右距骨下関節回内位に伴い、足底接地期(図2②)から中間支持期(図2③)にかけて後足部が回外位から過回内位への変化しやすかったことで、右足舟状骨に強い圧縮負荷が加わり骨折に至ったと考えられた。また、この動きは榎本ら(1999)が報告した、支持期前半で膝関節が大きく屈曲すると身体の力学的エネルギーが吸収され身体重心の低下と減速が大きくなり疾走速度に影響を与えることと合致していた。このように、身体重心が過度に低下することはこの間の接地時間を延伸させ、疾走能力の低下にも影響を及ぼしていたといえる。そこで、河端ら(2008)が報告した、接地時間を短くする動作に有効とされる腹腔内圧を高めることを目指した。その上で、姿勢の設定(図4)を行い、良姿勢の中で腹横筋や内腹斜筋を収縮させる意識をもたせることとした。また、右足部の過回内位への変化はインソールで対応し、足部アライメントを保つこととした。離地移行期(④)から回復期Ⅱ(⑦)の“足が流れる”動きについて、中畑ら(2011)は、離地移行期(④)から離地期(⑤)にかけて後足部

の回外保持時間が延伸され、足舟状骨に過剰な離開のストレスを加わったこと。そして、離地期(⑤)で踏み返す右足が重心から大きく離れるため、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わったと推察し疲労骨折の一因であると述べている。しかし、“足が流れる”動きは両下肢で観察(動画 1)されており、左足の舟状骨は疲労骨折していない。このことから、U選手の疲労骨折は“足が流れる”動きだけで起こったわけではなく、この動きに右下肢特有の機能面及び動作面の問題から生じていると思われる。今回は、ここでの問題点について言及できないが、この動作が足舟状骨にストレスを加える(中畑ら、2011)ため、左右下肢に関係なく動作の改善に取り組む課題とした。この“足が流れる”動きと疾走能力の低下については、榎本ら(1999)による、回復脚の大腿を引き出すタイミングの遅れが疾走能力を低下させるという報告と合致していた。さらに、榎本ら(1999)は、離地期から回復期へのリカバリーが早い選手では股関節屈曲トルクと股関節角変位が大きいとも述べている。しかし、U選手は右支持脚後半(図2③～⑤)が腰椎前彎・骨盤前傾の増強を呈するため、股関節運動が小さいように見える。これは、U選手の自省にある、意図的な骨盤の回転運動で腰椎の右回旋と前彎が増強したこと。加えて、“右膝のつぶれ”が重心と地面の位置を短縮させたことで中間支持期(③)から離地期(⑤)にかけての股関節伸展運動を生じにくくさせたことが原因になったと推察した。このように、疾走中に股関節が十分に伸展し難いアライメントを呈していることが、股関節角変位や屈曲トルクを小さくしているものと推察される。そこで、この動きの改善には“意図的な骨盤の回転運動”と“右膝のつぶれ”の2点を改善することで、離地移行期(④)から回復期Ⅱ(⑦)までの足が流れる走動作を改善できると考えた。

IV. 実践計画

1. 基本情報

対象者は、K大学陸上競技部中長距離ブロックに所属していたU選手である。U選手は、高校3年の秋頃から右足部背側部に荷重時痛を感じていた。K大学に入学後、右足部の疼痛が継続することから大学1年次の10月に整形外科を受診し、右足舟状骨に疲労骨折に伴う偽関節が見つかり(中畑ら、2011)、同12月に観血的骨接合術を行うこととなった。なお、U選手の身体的特性は、身長152cm、体重は受傷前(17歳、高校3年生)が55kgであり、高校時からの年次ごとの競技記録は表1の通りである。なお、U選手には事前に本研究の趣旨や内容を説明し、口答にて同意を得た。

表1 U選手の年次ごとのベストタイムの変遷

	800m	1500m	5000m	備考
高校時	2分13秒95	4分49秒93	18分35秒	800mでインターハイ出場
大学1年				冬季に右足舟状骨疲労骨折手術を行う
大学2年	2分26秒31			夏前から試合復帰
大学3年	2分09秒49	4分25秒92	17分19秒65	日本インカレ800m4位、1500m10位
大学4年	2分06秒91	4分18秒07	16分23秒31	日本インカレ800m1位、1500m1位

2.対象期間

術前と術後の疾走能力を考慮し、術後から、受傷前の800mの自己記録(2分13秒95)に最も近づいた術後18ヶ月目(大学3年次)(800m、2分11秒34)のまでの期間を分析・報告の対象期間とした。

3.取り組み前後の評価

取り組み前後の評価は、競技復帰過程、静的アライメント評価、動のアライメント評価、走動作評価を行った。

(1)競技復帰過程

今回の対象期間になる、U選手の右足舟状骨疲労骨折術直後の術後0ヶ月目から18ヶ月目までの月間走行距離、疼痛評価(Visual Analogue Scale、以下、VAS)、疼痛でポイント練習を外した日数、内省を元に経過を追った。

(2)静的アライメント評価

静的アライメント評価は、術前と術後18ヶ月目で比較した。評価は、裸足で行い、石井(2003)の方法を基準に、腰椎、股関節、膝関節、足関節、足部の各アライメントとした。

(3)動のアライメント評価

動のアライメント評価は、術前と術後18ヶ月目で比較した。評価方法は、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、前額面で膝30°屈曲位での前額面静止画像をもとに筆者が観察評価した。また、術後18ヶ月目の評価は、右足部変形に伴う上行性運動連鎖の影響を考慮して、インソールを入れたシューズを履いて行った。

(4)走動作評価

走動作評価は、U選手が右足舟状骨疲労骨折を受傷する前の高校3年生11月(動画1)と術後18ヶ月目の800m走(動画10)を比較した。資料収集は、デジタルビデオカメラ撮影で行い、800m走の700mから800mまでの動画並びに750m付近の走連続写真をもとに筆者が観察評価した。

また、走動作連続写真の分けは以下の通りとした。①着地開始直前は右足接地直前の局面、②足底接地期は右足底前面が接地した局面、③中間支持期は右足部が股関節直下に位置した局面、④離地移行期は右足部の踵が上がった局面、⑤離地期は右爪先が地面から離れた局面、⑥回復期Ⅰは左足底接地期の右足部リカバリー局面、⑦回復期Ⅱは左中間支持期の右足部リカバリー局面の7区分とした。

4.手術前後の流れ

(1)右足舟状骨疲労骨折観血的骨接合術後の患部に対する対応について

術前にU選手は、術前の静的アライメント評価における足部変形の改善と術後の舟状骨に対する過重負荷の軽減を目的としてインソールが処方され、右足部の内側縦アーチをサポートした。また、術後は、医師の指示のもと3週目まで完全免荷、4週目からは靴に足底板を挿入して1/3免荷歩行、6週から1/2免荷歩行、7週から2/3免荷歩行、8週から全荷重歩行へ移行した。また、足底板は足部変

形の改善を目的として、大学在学中は継続的に使用した。術後の競技復帰計画は術後 3 ヶ月目から Jog を導入し、疼痛の状態を観察しながら練習強度を上げるようにした。

(2)エクササイズ方法と過程(図 5)

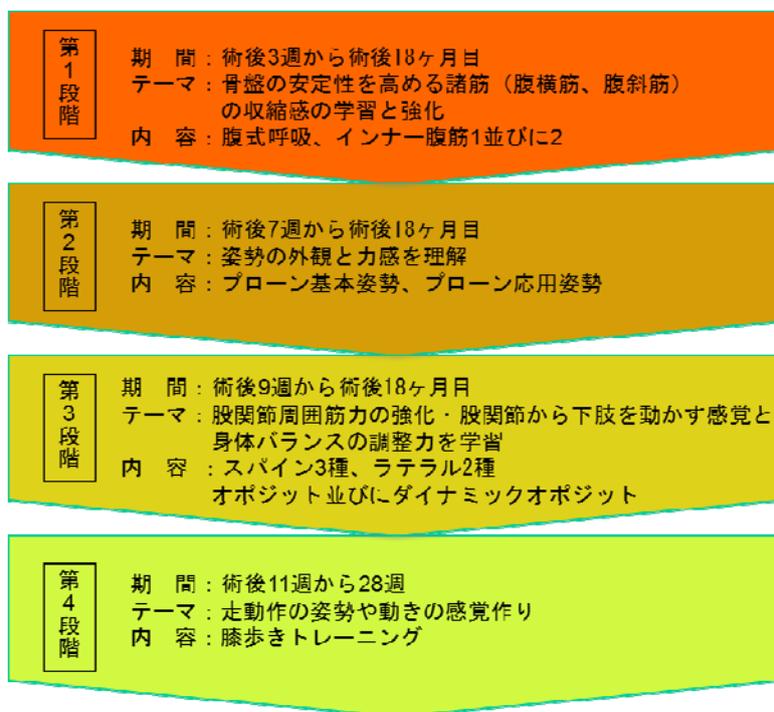


図 5 各段階におけるエクササイズの過程

表 2 エクササイズの回数、時間及びセット数、頻度の目安

トレーニング内容	回数	時間及びセット数	頻度
腹式呼吸	1回	3分	毎日
体幹インナー腹筋1	20回	3セット	3回/週
体幹インナー腹筋2	20回	3セット	3回/週
ブローン基本姿勢	5~10回	30秒~60秒	6回/週
ブローン応用姿勢	5~10回	30秒~60秒	6回/週
スパイン	20回	3セット	3回/週
片脚スパイン	左右5~10回	30秒~60秒	3回/週
ダイナミックスパイン	左右20回	3セット	3回/週
ラテラル基本姿勢	5~10回	30秒~60秒	3回/週
ダイナミックラテラル	左右20回	3セット	3回/週
オポジット	左右10回	10~15秒	6回/週
ダイナミックオポジット	左右10回	3セット	6回/週
ニーリングウォーク		5分~15分	3~6回/週

U 選手の姿勢アライメント改善に向けて、小林ら(2003)のスタビライゼーションエクササイズを導入し、体幹深部筋の機能を高め、体幹の安定性や姿勢改善を図ることとした。その中で、U 選手が姿勢アラ

イメントや動作感覚を理解しやすいように 4 段階に分けてエクササイズを進めた。エクササイズ中の運動スキルのフィードバック方法は、著者による口頭指示や鏡による視覚的情報を用いた外在的フィードバックと、U 選手が認知した感覚を意識して行う内在的フィードバックを U 選手のスキルの理解度に応じて使い分けた。また、エクササイズの回数や時間(表 2)を設定し、その設定を踏まえたうえで、エクササイズで得た身体感覚を崩さないように無理な回数や継続時間は避けるように指導した。

まず、第 1 段階は、術後 3 週目から術後 18 ヶ月目まで腹式呼吸(動画 2)を取り入れ、呼気の後半に収縮する腹横筋や腹斜筋を触知させ、筋の位置や収縮感の学習を図った。その収縮感を理解した上で体幹インナー腹筋 1(動画 3)並びに 2(動画 4)を開始し、それら諸筋の強化を図った。

第 2 段階は、術後 7 週目から術後 18 ヶ月目までプローン基本姿勢(図 6)並びにプローン応用姿勢(動画 5)を取り入れ、腹横筋や腹斜筋の強化を図った。また、ここでは姿勢の外観と内観(図 4)を意識させ、体幹に負荷が加わった状態でも姿勢を崩さないことを目的とした。

第 3 段階は、術後 9 週目から術後 18 ヶ月目までスパイン並びに片脚スパイン(動画 6)での大殿筋強化とラテラル基本姿勢(レッグオープン)(図 7)での中殿筋強化を静的な条件で行った。次に、ダイナミックスパイン(動画 6)とダイナミックラテラル(動画 7)を追加し、より動的な条件でも姿勢アライメントを保持する意識を持たせた。続いて、不安定な条件下で姿勢アライメントを保持する意識を持たせるために、まずは静的な条件でのオポジット(図 8)、さらに、より動的な条件でのダイナミックオポジット (動画 8)を加えた。

第 4 段階は、術後 11 週目から 28 週目まで、ニーリングウォーク(動画 9)を取り入れ、より走動作に近い姿勢で体幹アライメントを保持する感覚の獲得を目的とした。



図 6 プローン基本姿勢



図 7 ラテラル基本姿勢

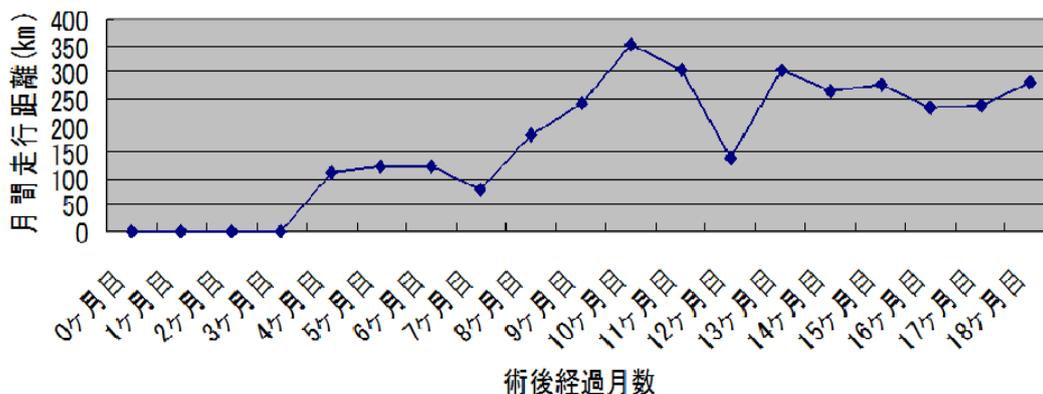


図 8 オポジット

V. 結果および考察

1. 競技復帰過程 (表 3)

表 3 U 選手の競技復帰過程における月間走行距離の推移



U 選手の術後の競技復帰過程(表 3)では、まず、Slow Jog 導入予定の術後 3 ヶ月目に術部の疼痛 (VAS、5~6cm)が持続していた。この疼痛について、担当医は、右足舟状骨疲労骨折による骨壊死で偽関節が重度であったために経過が遅れたと述べていた。このような、重度偽関節例の観血的治療後の復帰について、亀山(2011)は、症状が残存している場合に無理をすると、遷延治癒や再骨折、変形性関節症を起こし、復帰に時間がかかることがあるとしている。そこで、U 選手が Jog を開始した術後 4 ヶ月目から 8 ヶ月目までは、月間走行距離を 120km~130km(4 km/日平均)に押さえ、慎重に競技復帰を進めた。この月間走行距離は、疲労骨折などの障害を発生した選手の平均距離である月間 300km から 400km(日本臨床医学会学術委員会整形外科部会、2002)を大きく下回っており、右舟状骨疲労骨折の再受傷を予防する上で重要な要素であったと思われる。このように、慎重に競技復帰を進めたことで約 8 ヶ月目に術後初の試合に出場し 800m を 2 分 28 秒で走りきることができた。また、この間も姿勢アライメント改善のためのエクササイズ(図 5)は継続し、走フォームを意識しながらトレーニングを続けた。その後の約 3 ヶ月間(9 ヶ月目~11 ヶ月目)は、月間走行距離が 250km~350 km(8km~12km/日平均)を走ることができ、ポイント練習もこなせるまでになった。しかし、術後 12 ヶ月目に、術後初めて右舟状骨部に疼痛(VAS で 5~6 cm)を感じた。そのために約 2 週間の走トレーニング中止期間が生じた。このときに疼痛が生じた原因として、月間走行距離が増え、疲労骨折に至りやすい走行距離(日本臨床医学会学術委員会整形外科部会、2002)であったことが考えられた。また、この間の走動作に対する意識について、U 選手は「練習量が増えてきて、フォームが崩れていた」とか「足に負担がきていたのはわかっていたので、トレーニングのやめどきをはっきりさせないといけない」と述べていた。このときの内省にあったフォームの崩れ、練習量の調整に対する自覚は、U 選手のテーマである姿勢アライメントや疾走技術の重要性を再認識させた出来事であり、その後も積極的に姿勢アライメントの修正や疾走技術の改善に努めたきっかけであったと思われる。その後は、月間走行距離が 250km~300km でも障害を再発させることがなくなり、継続して練習量を増やせるようになったことで 55kg あった体重が 52kg まで減少した。このような体重の減少は、右足舟状骨への機械的ストレスを軽減させ、疲労骨折の再発防止につながったものと思われる。そして、術後 17 ヶ月~18 ヶ月の 800m レースでは、2 分 12 秒~11 秒

台まで記録を順調に伸ばすことができた。

2. 静的アライメント評価

U選手の術後18ヶ月目の静的アライメント(表3)は、腰椎や骨盤、そして股関節などで中間位に改善した。また、姿勢保持時に体幹を触知すると腹部がドローイン(図4G)の状態に保たれていた。このような静的アライメントを獲得した過程では、まず、骨盤を安定させる上で重要な腹横筋の収縮感を持たせることから始めた。そのために行った腹式呼吸(動画1)で、U選手は「初めて感じる感覚で、腹横筋や腹斜筋の意識の持ち方がよく理解できた」と姿勢の内観であるドローインの感覚を得たことを述べていた。特に、腹横筋は腹部深層に存在し収縮を感じさせるのが難しい筋であるため、呼気時に触知できる収縮感や収縮方法を理解できたことは姿勢の内観を得る上で有効だったと思われる。次に、姿勢の外観を学習させるためにプローン基本姿勢(図6)を導入した。これは、プローン基本姿勢の姿勢保持においてドローインが保てないと腰椎前彎や骨盤前傾の増強が生じるためであった。このようなこともあり、プローン基本姿勢の導入期は、腹横筋や腹斜筋の筋力低下で骨盤保持ができず、腰椎前彎・骨盤前傾の増強が観察された。また、この時期にU選手から「姿勢の内観がつかれない」と訴えがあった。このとき、内観であるドローイングができなかったのは、プローン基本姿勢で身体を支えるときに体幹の重量を主に上肢で支えていたからであった。そこで、著者がU選手の骨盤を支え、体幹の重量を免荷させながらドローイングによる腰椎と骨盤中間位保持を3日間行った。このアプローチを行うことで、上肢の力みが消え、ドローイングによる腰椎と骨盤の中間位保持を意識しやすくなった。また、姿勢の外観を意識させるために鏡を用いたことで、アライメントの修正が容易になった。このように、姿勢獲得に向けて姿勢の内観や外観を分けて学習させたことや難易度を段階的に上げたこと。また、視覚によるフィードバックがU選手に対する効果的な運動学習となり姿勢の獲得に繋がったものと思われる。

次に、静的アライメント評価で問題になった右足部(図3)はマルアライメントが残存した(表4)。これは、術前から観察された右距骨下関節回内位や扁平足などの構築的な問題がリハビリテーションでも改善に至らなかったためである。そこで、右足部の内側縦アーチをサポートするためのインソールを作成した。右足部は、インソールを用いたことで上行性運動連鎖の改善に伴う右膝関節の軽度外反位も改善することができたと思われる。

表4 術前後の静的アライメント評価結果

	(術前)	(術後18ヶ月目)
腰椎	前彎増強	中間位
骨盤	前傾位増強	中間位
股関節	右軽度屈曲内旋位	中間位
膝関節	右軽度外反位	右軽度外反位
足部	右距骨下関節回内位 右扁平足	右軽度距骨下関節回内位 右軽度扁平足

3.動的アライメント評価

U選手の動的アライメント評価(図9)を術前と術後18ヶ月目で比較すると、トレンデレンブルグ現象の改善(E)や両肩甲骨高位の平衡(F)が観察され、頭部から骨盤までの姿勢アライメントは正中化できた。また、支持脚の knee-in も改善(G)され、術前に問題となった動的場面でのマルアライメントはすべて改善された。その方法として、術前の動的アライメントで指摘された骨盤(図9A)や体幹(図9B、C)のマルアライメントを改善することから始めた。



図9 術前と術後18ヶ月目の動的アライメント評価結果(右支持脚時)

まず、U選手は術前のトレンデレンブルグ現象(図9A)や遊脚側方向への骨盤の回旋(図9B)のような腰椎や骨盤のマルアライメントが改善(図9E)した。これは、エクササイズ第1段階(図5)で腹横筋や腹斜筋を強化したことによる遊脚側の骨盤保持が可能になったこと。そして、エクササイズ第3段階(図5)で大殿筋や中殿筋を強化したことによる支持脚の骨盤保持が可能になったことが腰椎や骨盤のアライメントを保持することに貢献したと思われる。

次に、両肩甲骨高位が平衡(図9F)になり、頭部から骨盤までの姿勢アライメントが正中化した。これは、第2段階のプローンや第3段階のスパイン、ラテラル基本姿勢など、様々な肢位で姿勢アライメントを崩さない意識を持たせたことや鏡による姿勢のフィードバックにより、体幹アライメントを獲得できたことが貢献したと思われる。

そして、片脚スクワットのような動的場面でも体幹アライメントが崩れなくなった。これは、第2段階のプローン応用姿勢、第3段階のダイナミックスパインやダイナミックラテラル、ダイナミックオポジットなど、どのポジションでも体幹アライメントを保ちながら四肢を自在に動かすコツを学習できたことが貢献していると思われる。このトレーニング導入期にU選手は「下肢を動かさなければ、体幹と支持側股関節で骨盤の保持が可能だが、非支持脚の屈伸が入ると体幹アライメントの保持が難しくなる」と動的場面で

腰部や骨盤をスタビライズさせながら、下肢は柔軟に動かすことの難しさを述べていた。この内省は、U選手がエクササイズや走動作を行う上で、“腰椎・骨盤部(身体の中枢部)は腹筋群に力を入れて身体軸を安定させても、四肢(身体の末梢部)は力まずに柔軟に動かす”という身体の中枢部と末梢部の力を分離した感覚を持つきっかけになり、動的場面でアライメントを崩さなくなった一因になったと思われる。

このように、体幹アライメントを動的場面で崩さなくなったことで、U選手の knee-in(図 9D)の原因であった下行性運動連鎖が改善された。これに加えて、足部のマルアライメントをインソールで修正し、上行性運動連鎖を改善させたことが knee-in の改善(図 9G)に貢献していると思われる。

4. 走動作評価 (図 10)

受傷前の走動作画像(図 10 上段)と映像(動画 1)ならびに術後 18 ヶ月目の走動作画像(図 10 下段)と映像(動画 10)で走動作を比較した。

まず、着地開始直前(図 10①)は、受傷前(以下、上段)に観察された上半身の右回旋が、術後 18 ヶ月目(以下、下段)では減少し、“上半身のブレ”の改善が認められた。これについて、U選手は「Jog の時から上半身をぶらさないように、下腹部(腹横筋)を意識して骨盤を安定させるようになった」とか、「上半身はリラックスしながら、身体の軸を崩さないようにしている」などと延べるようになった。これは、腹筋群による骨盤の安定性が確保できた走動作であり、阿江(2005)のいう回復脚の力学的エネルギー交換が骨盤部で行えるようになったことを表していると思われる。

次に、足底接地期(図 10②)から中間支持期(図 10③)における膝関節の屈曲の程度を比較すると、下段において膝関節屈曲角の減少が観察された。これは、インソールの装着により足部アライメントが改善し、上行性運動連鎖として足関節背屈位や膝関節屈曲位への移行が適正化されたこと。また、体幹のアライメントが改善し、下行性運動連鎖として股関節屈曲位や膝関節屈曲位への移行が適正化させたこと。そして、スタビライゼーションエクササイズにより腹腔内圧が高まり、河端ら(2008)のいう、身体重心の過度の低下を抑え、接地時間の短縮させたこと。この3点が“右膝のつぶれ”の改善に貢献したものである。また、“右膝のつぶれ”は、中畑ら(2011)のいう右舟状骨への急激な圧縮負荷が減少につながることから、同部位への継続的な機械的ストレスを軽減させ、再受傷の予防に繋がっているものと思われる。また、右膝がつぶれなくなったことで身体重心が維持できるようになった。これは、榎本ら(1999)のいう「支持期前半の膝関節の大きな屈曲が身体重心の低下と減速を生じ、疾走速度を低下させる」という報告から、U選手は支持期前半の減速が改善し、疾走速度が維持できるようになったと考えられる。また、身体重心を低下させない意識については「腰が落ちない(重心を低下させない)ように、Jog から腰を入れることを常に意識している」と述べていた。このように、普段の Jog から腰部や骨盤のアライメント保持に意識が向くようになったことで、レースでの速い動きでも姿勢が崩れない走動作の学習ができていったものと思われる。



図 10 受傷前(上段)と術後18ヶ月目(下段)の走動作評価結果の比較

さらに、下段では、離地移行期(図 10④)や離地期(図 10⑤)の腰椎と骨盤アライメントが中間位に近くなった。その結果、下段では離地期(図 10⑤)における股関節の伸展の程度はトレーニング前よりも拡大するようになっていた。これは、榎本ら(1999)のいう、股関節屈曲トルクや角変位を増大が疾走速度に重要という報告と合致し、疾走技術の向上を表していると思われる。このように、骨盤を中心とした体幹部の安定と股関節を中心とした下肢の振り出しについて、U 選手は「ニーリングウォークの感覚で、股関節を中心に下肢を駆動している感覚」と述べていた。さらに、「重心が高く保たれることで膝が高く上がりやすいので、下肢を無理に振り出さなくてもストライドが伸びている感じがする」と述べるようになった。これは、足部と地面とのクリアランスが保ちやすくなったことを表しており、着地開始直前(図 10①)は下段のほうが膝の伸展角度も大きくなっている。このように、着地開始直前のクリアランス保持や、膝伸展角度の増大は、次の足底接地期に対する接地の準備期間となり、次の相(図 10②③)での“右膝のつぶれ”を予防する動作になっていることも考えられる。

そして、下段の離地期(図 10⑤)から回復期Ⅰ(図 10⑥)並びに回復期Ⅱ(図 10⑦)におけるリカバリー動作が上段より速くなった。これは、榎本ら(1999)のいう回復脚のリカバリーを加速させ、疾走技術の向上に貢献するようになったと思われる。また、離地期(図 10⑤)では下段において、踏み返す右足部が後方に流れなくなった。このことは、下段の中間支持期(図 10③)から離地期(図 10⑤)において、後足部の回外保持時間の短縮や足部の踏み返しにおけるテコの減少につながることから、舟状骨に対する過剰な離開負荷や剪断負荷を減少させ、再受傷の防止に結びついたものと思われる。

以上のことから、姿勢アライメントに着目した本研究の基本構想と見通し、そして、それをもとに考案し、実施した今回の取り組みは、U 選手の走動作における4つの問題(“上半身のブレ”、“右膝のつぶ

れ”、“腰が引ける”、“足が流れる”)から生じていた疾走技術の問題点を改善し、走動作の効率性を向上させるとともに右足舟状骨への荷重負担軽減による再受傷の防止に役立つものと考えられる。そして、本研究での取り組みは走動作改善のための 1 つの方法論として有効であったものと結論づけられた。

VII.参考文献

- ・ 阿部均 (2010) 下肢の疲労骨折.臨床スポーツ医学.4:423-427.
- ・ 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.
- ・ 榎本靖士, 阿江道良, 岡田英孝, 藤井範久 (1999) 力学的エネルギー利用の有効性からみた長距離走の疾走技術.バイオメカニクス研究. 3(1):12-19.
- ・ 樋野真紀子 (2008) 脊柱の運動学.理学療法 25(3):573-579.
- ・ 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 Trendelenburg 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.
- ・ 福井勉 (2007) 腰痛予防のコンディショニング.臨床スポーツ医学. 24(12):1285-1290.
- ・ 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.
- ・ 川本和久 (2008) 2 時間で足が速くなる.ダイヤモンド社:54-59.
- ・ 亀山泰 (2010) 成長期の疲労骨折.臨床スポーツ医学.27(4):389-396.
- ・ 河端将司,加賀谷善教,島 典広,西菌秀嗣 (2008) ドロップジャンプ動作中における体幹の筋活動および腹腔内圧の変化.体力科学.57(2):225-233
- ・ 小林寛和, 金村朋直, 岡戸敦男 (2006) 体幹と下肢の運動連鎖.理学療法. 23(10):1386-1393.
- ・ 小林敬和, 山本利春 (2003) ボディバランスを獲得するスタビライゼーションー身体能力を著しく向上させる実戦的トレーニング.山海堂:10-164
- ・ 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.
- ・ 中畑敏秀,上田敏斗美,松村勲,瓜田吉久 (2011) 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.スポーツパフォーマンス研究.3:122-137.
- ・ 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.
- ・ 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.
- ・ 鳥居 俊 (2003) 舟状骨(足部)疲労骨折.臨床スポーツ医学.20(臨時増刊号):166-172.
- ・ 山寄 勉,福井 勉 (1997) 整形外科理学療法の理論と技術.メジカルビュー社:172-201.
- ・ 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)

【備考】用語等の説明

- ・ ポイント練習: インターバルトレーニング、レペティショントレーニングやペースランニングなど、日頃のトレーニングの中で比較的トレーニング強度が高く、そのため実戦感覚に近いトレーニングの中でポイントとなる練習のこと