

無血管領域の分類に基づいた 足舟状骨疲労骨折の骨折部位と骨折型について の検討

Analysis of fracture site/type of navicular stress fractures based on
classification of avascular regions

前園恵慈*, 海江田英泰*, 福島佳織*

キー・ワード : stress fracture, navicular, avascular regions
疲労骨折, 足舟状骨, 無血管領域

【要旨】 (はじめに) 足舟状骨疲労骨折の発症要因の一つとして舟状骨の血流供給に関連した解剖学的要因があるとされており, Mckeon らは (Foot Ank Int 2012) 成人 30 人の屍体足の舟状骨の 41.2% に無血管領域が存在したとしている. (目的) 足舟状骨疲労骨折の骨折部位・骨折型と無血管領域との関係について検討すること (対象) 2012 年 4 月から 2022 年 12 月までに当院を受診し足舟状骨疲労骨折と診断された 47 例 49 足 (男性 23 例 25 足, 女性 24 例 24 足). スポーツはバレー 2 足, ラグビー 1 足, 野球 2 足, サッカー 6 足, 柔道 1 足, 陸上競技 37 足であった. (方法) Mckeon らの報告をもとに, 骨折部位が足背にあるもの, 足背から体部外側へ広がるもの, 中央, 足底, 分類不能の 5 つに分類し骨折部位・骨折型と無血管領域の関係について検討した. 骨折型は Saxena の分類を使用した. (結果) 骨折部位は体部外側が全体の 57.1% と最も多く, 男女ともに体部外側に多かった. 骨折型と骨折部位との関係について Type 0.5 は全例分類不能であり, Type I は男性は足背部, 女性は体部外側に多かった. Type II・Type III とともに男女とも体部外側に多かった. (結語) 足背部・体部外側特に体部外側の無血管領域の存在が足舟状骨疲労骨折の進展と難治性の要因の一つとなっている可能性が考えられた.

はじめに

疲労骨折は 1 回の外力では骨折しない程度の力学的負荷が正常な骨の同一部位に繰り返し加わることによって骨組織の破綻をきたすものと定義される. その中で足舟状骨疲労骨折は 1970 年に Townen らにより報告され発症頻度は 0.7~2.4% と言われていたが, 診断ツールが増え 1980 年代には 14~35% まで上がっている. 典型的には走る競技, 陸上競技の選手に多く舟状骨疲労骨折全体の 59% を占めるといわれている¹⁾.

その要因として, Foot strike 時に遠位から近位

へ第 1・第 2 楔状中足骨から舟状骨の内側と外側へ圧迫力がかかる一方, 距骨は内側 (第 1 楔状骨) からの力に対しては抵抗する力が働くが外側 (第 2 楔状骨) からの力には抵抗しないため剪断力が働く^{2,3)} というバイオメカニクスの要因と, 中央 1/3 の血流が乏しくなるという解剖学的要因がある³⁾ とされている.

Mckeon らは 72 時間以内に亡くなった 30 人の成人の屍体足のうち評価可能であった 55 足を対象として足舟状骨の血流を評価し 41.2% に無血管領域が存在したとしている³⁾.

今回我々は, Mckeon らの報告をもとにして足舟状骨疲労骨折の骨折部位・骨折型と無血管領域との関係について検討したので若干の文献的考察を加えて報告する.

* 今村総合病院スポーツ整形外科
Corresponding author : 前園恵慈 (keijimaesono@icloud.com)

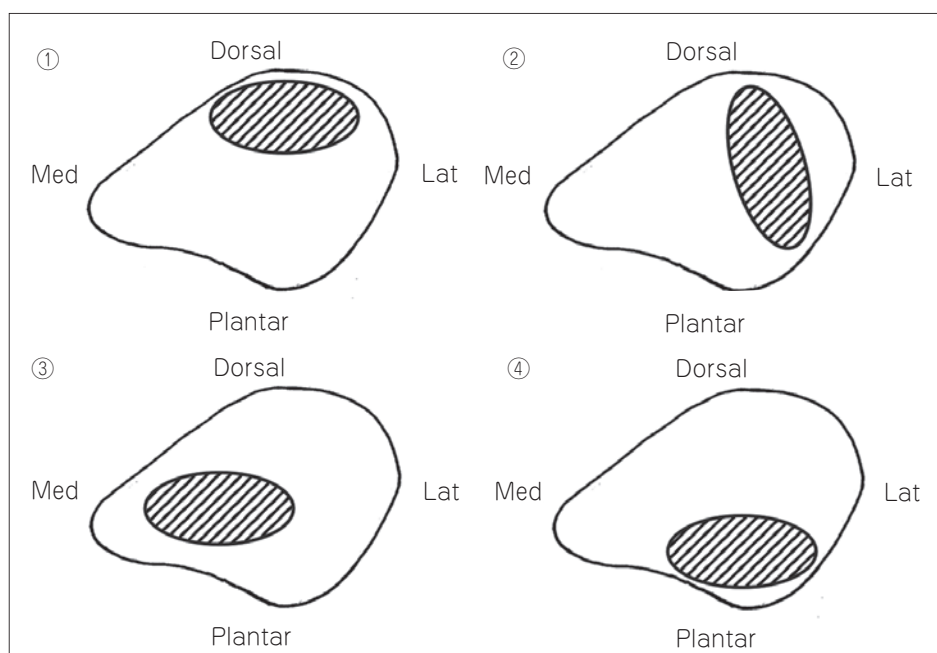


図1 無血管領域の分類に基づいた骨折部位の分類
①足背部, ②体部外側部, ③中央部, ④足底部, ⑤分類不能の5つに分類した

方法と対象

2012年4月から2023年6月までに当院を受診し足舟状骨疲労骨折と診断された47例49足(男性23例25足, 女性24例24足)を対象とした。診断は運動時痛・荷重時痛, N-spotの圧痛, Hop testの臨床症状と画像所見を合わせて行った。画像所見はまずX線を施行し舟状骨に骨折線を認めたものを疲労骨折と診断した。X線上異常を認めないものの疲労骨折が強く疑われる例にはMRIを施行し舟状骨にFredericson分類Grade 2以上またはSTIR像で高信号域を認めたものを疲労骨折と診断した。Hop testはMathesonら⁴⁾が提唱した手法で患側片脚ジャンプを10回行い疼痛があれば陽性とし, また大西ら⁵⁾はこれを疼痛がないものをGrade 0, 疼痛はあるが10回跳べるのはGrade 1, 痛くて数回しか飛べないのはGrade 2, ほとんど跳べないのはGrade 3と4段階に分けて分類しておりこれを使用した。骨折部位についてはMckeonらの報告による無血管領域にあわせて, ①足背にあるもの(以下足背部), ②足背から体部外側へ広がるもの(以下体部外側部), ③中央にあるもの(以下中央部), ④足底にあるもの(以下足底部), ⑤分類不能の5つに分類した。分類不能に関しては骨折線が①~④のいずれにも当ては

まらないものとした(図1)。骨折型の評価はCTを用いて行いSaxenaの分類を使用し, CTでは異常がなくMRIで骨の輝度変化を認めるものをType 0.5, 足背部の皮質のみの骨折をType I, 足背から体部までの不全骨折をType II, 足背から足底部皮質までの完全骨折をType IIIとした^{6,7)}。骨折部位・骨折型がどの無血管領域に当てはまるかを評価した。

データの使用に際し患者個人が特定できないようにまた不利益が生じないように十分な倫理的配慮を行った。

結果

患者属性は男性に多く, 左右では男性で右12足, 左13足, 女性で右9足, 左15足と女性に左足に多かった。年齢に差はなく, BMIは女性に低かった。スポーツは陸上競技が男性15足, 女性22足と圧倒的に多かった(表1)。Hop testは男女とも全例陽性であり, 男性ではGrade 1: 88%, Grade 2: 8%, Grade 3: 4%, 女性ではGrade 1: 62.5%, Grade 2: 12.5%, Grade 3: 25%と女性の方が疼痛の強い例が多かった。

骨折部位について, 足背部は26.5%(男性10.2%, 女性16.3%), 体部外側部57.1%(男性30.6%, 女性26.5%), 中央部0%, 足底部0%, 分

類不能 16.3% (男性 10.2%, 女性 6.1%) と男女共に体部外側部に最も多かった (図 2)。骨折型について, Type 0.5 は全例分類不能, Type I は足背部 6.1% (男性 0%, 女性 6.1%), 体部外側部 2.0% (男性 2.0%, 女性 0%), 中央部 0%, 足底部 0%, 分類不能 0% で男性は足背部, 女性は体部外側部に多かった。Type II は足背部 16.3% (男性 6.1%, 女性 10.2%), 足背部 32.7% (男性 14.3%, 女性 18.4%), 中央部 0%, 足底部 0%, 分類不能 0% で男女とも体部外側に多かった。Type III は足背部 4.1% (男性 4.1%, 女性 0%), 体部外側部 22.5% (男性 14.3%, 女性 8.2%), 中央部 0%, 足底部 0%, 分類不能 2.0% (男性 2.0%, 女性 0%) で男女とも体部外側に多かった (図 3)。

考 察

足舟状骨の血流について, Velluda らは舟状骨

の上を通る足背動脈が足背部に枝を出しており直接舟状骨体部へ入る枝もあるとしている⁸⁾。また, Mckeon らは足背動脈内側距骨枝は足背部から内側部の大部分を栄養しており, 外側距骨枝は舟状骨外側部への血液を供給していたが, 内側距骨枝と外側距骨枝からの血流の割合は個々で異なっていたとしている。また足底内側部は後脛骨動脈からの枝により栄養されており, 内側足底動脈浅枝から直接栄養されるものもあったとしている³⁾。

Waugh らは 0~19 歳までの 21 例の屍体足を調査し中央部は皮質に近い部分に比べると血管の密度が低いとし⁹⁾, Mandell らは内側部は後脛骨動脈の枝から外側部は足背動脈の枝からそれぞれ栄養されており中央 1/3 が血流の分岐点となっているため同部の血流が乏しくなるとしている¹⁰⁾。

今回の検討では骨折部位に関しては, 男女ともに体部外側部に多く, 足背部・体部外側部で 83.7% を占めており中央部・足底部例はなかったことから, 足舟状骨疲労骨折では足背部・体部外側部の無血管領域が存在している可能性が考えられた。

骨折型に関して Type I は足背部, Type II・Type III は体部外側部が多く, 中央・足底部例はなかったことから, 足背部・体部外側に体部外側の無血管領域の存在が足舟状骨疲労骨折の進展に関与している可能性が考えられた。

骨の血流について同じハイリスクに分類される第 5 中足骨近位部疲労骨折 (いわゆる Jones 骨折) において, 第 5 中足骨では遠位部では貫通動脈が, 近位部は骨幹端動脈が血液を供給していて骨折部はちょうど分水嶺になっており骨癒合が得られに

表 1 患者属性

	男	女
N (足)	25	24
R/L (足)	12/13	9/15
年齢 (歳)	16.0 ± 1.8	16.7 ± 1.7
身長 (cm)	171.3 ± 6.9	158.7 ± 4.8
体重 (kg)	61.7 ± 12.6	48.9 ± 5.3
BMI (kg/m ²)	20.8 ± 3.0	18.6 ± 4.2
スポーツ (足)		
陸上競技	15	22
サッカー	6	0
柔道	1	0
野球	1	1
ラグビー	1	0
バレー	1	1

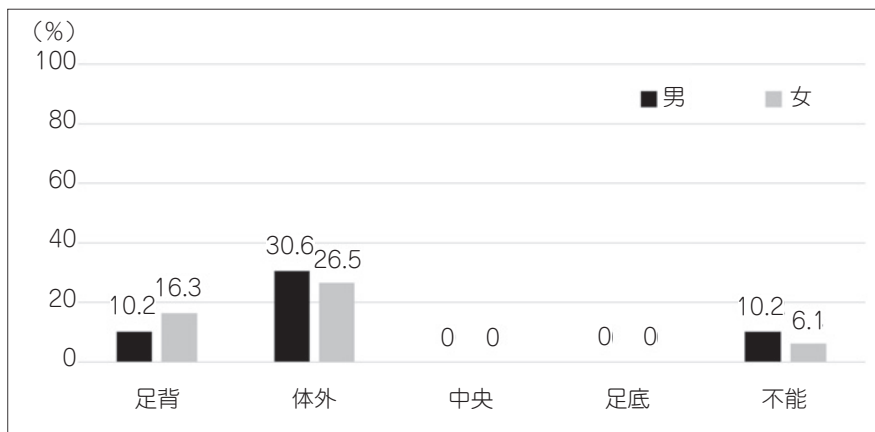


図 2 骨折部位
男女とも体部外側に多かった

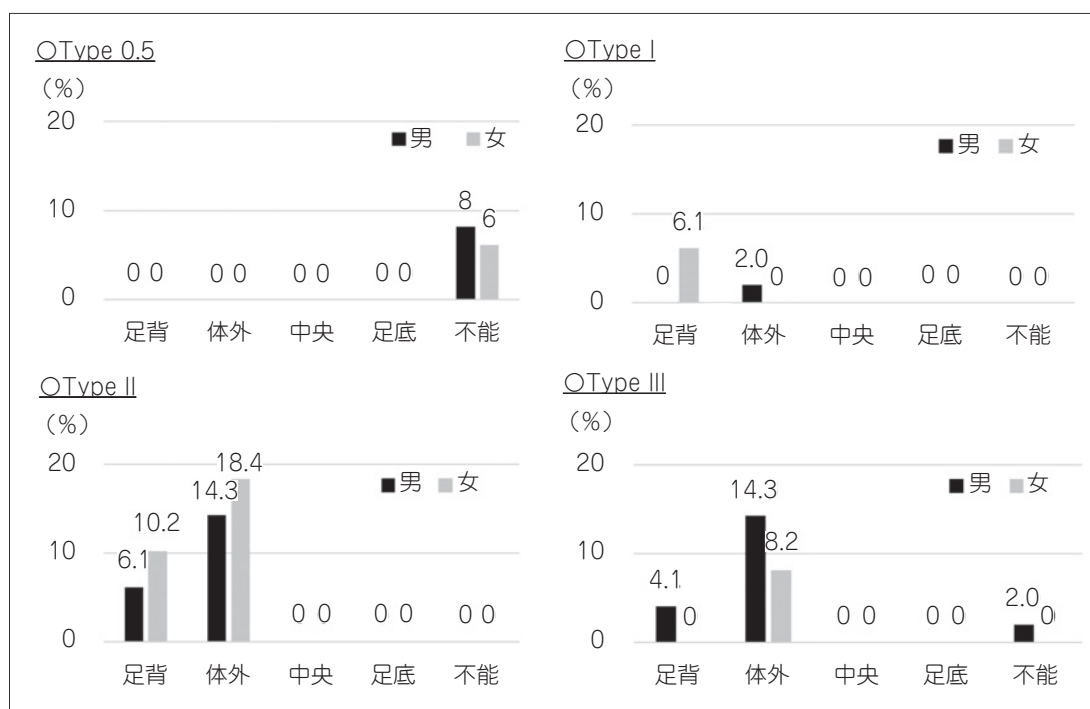


図3 骨折型と骨折部位の関係

Type Iでは男性は足背部、女性は体部外側部に多く、Type II・Type IIIでは男女とも体部外側部に多かった

くくなっていることが難治性の要因の一つとなっているとされている¹¹⁾。舟状骨も前述のように内外側から栄養血管が入ってきており、それにより血流が疎になる部分が存在しやすく無血管領域が生じる原因となっていると考えられる。今回の我々の検討では80%以上の例で無血管領域が存在するとされる足背部・体部外側部に骨折が生じていること、骨折の進展に伴い無血管領域が足背部・体部外側部に多かったことから、足背部・体部外側部の無血管領域の存在は難治性の要因の一つとなっている可能性があると考えられた。

以上を踏まえて筆者は舟状骨疲労骨折では、スポーツ選手に発症していること、発症例の大部分が学生であり保存治療には時間がかかること、奏功しなかった場合運動休止期間が長期にわたってしまいパフォーマンスの回復にも長期間を要することことから、本人が強く保存療法を希望した場合を除き手術治療を行っており全例元のスポーツへ復帰できている。

限界点としては造影等で実際の無血管領域の確認ができていないこと、今後の課題としては無血管領域の評価方法の検討や無血管領域のある例とない例での治療期間の比較があげられた。

結語

1. 足舟状骨疲労骨折の骨折部位・骨折型と無血管領域との関係について検討した。
2. 骨折部位は体部外側、足背の順に多く80%以上を占めていた。
3. 骨折型ではType Iは足背、Type II・Type IIIは体部外側が多かった。
4. 足舟状骨疲労骨折では足背部・体部外側の無血管領域が存在しており、同部の無血管領域の存在が骨折の進展に関与している可能性が考えられた。
5. 足背部・体部外側部の無血管領域の存在は難治性の要因となっている可能性が考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

前園恵慈 Data curation Formal analysis Investigation Methodology Writingoriginal draft
海江田英泰 Writingreview & editing
福島佳織 Writingreview & editing

文 献

- 1) Gross CE, Nunley JA 2nd. Navicular Stress Fractures. *Foot Ankle Int.* 2015; 36: 1117-1122.
- 2) Michael KS, Endo Y, Russell FW, et al. Stress fractures about the tibia, foot, and ankle. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012; 20: 167-176.
- 3) McKeon KE, McCormick JJ, Johnson JE, et al. Intraosseous and extraosseous arterial anatomy of the adult navicular. *Foot Ankle Int.* 2012; 33(10): 857-861.
- 4) Matheson GO, Clement DB, McKenzie DC, et al. Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. *Am J Sports Med.* 1987; 15: 46-58.
- 5) 大西純二. 陸上長距離選手の下肢疲労骨折—診断と治療—. *臨床スポーツ医学.* 2011; 28: 327-334.
- 6) Saxena A, Fullem B. Navicular stress fractures: a prospective study on athletes. *Foot Ankle Int.* 2006; 27(11): 917-921.
- 7) Saxena A, Fullem B. Comment on Torg, et al. "management of tarsal navicular stress fractures: conservative versus surgical treatment". *Am J Sports Med.* 2010; 38(10): NP3-NP5; author reply NP 5.
- 8) Velluda C. Sur la vascularization du scaphoid du tarse. *Ann Anat Pathol.* 1928; 1016.
- 9) Waugh W. The ossification and vascularisation of the tarsal navicular and their relation to Köhler's disease. *J Bone Joint Surg Br.* 1958; 40: 765-777.
- 10) Mandell JC, Khurana B, Smith SE. Stress fractures of the foot and ankle, part 2: site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis. *Skeletal Radiol.* 2017; 46: 1165-1186.
- 11) 早稲田明生. 第5中足骨近位骨幹部骨折. *MB Orthop.* 2012; 25: 51-56.

(受付：2024年2月5日，受理：2024年4月7日)

Analysis of fracture site/type of navicular stress fractures based on classification of avascular regions

Maesono, K.*, Kaieda, H.*, Fukushima, K.*

* Department of Orthopedic Sports Medicine, Imamura General Hospital

Key words: stress fracture, navicular, avascular regions

[Abstract] (Patients) 47 cases and 49 feet diagnosed with navicular stress fractures were examined at our hospital from April 2012 to December 2022 (23 cases and 25 feet in males, 24 cases and 24 feet in females).

(Methods) Based on McKeon et al.'s report, we categorized cases into five groups based on avascular regions: dorsal foot, dorsal to lateral body, central, plantar, and unclassifiable. We investigated the relationship between the fracture sites/fracture types and the avascular regions.

(Results) Regarding the fracture sites, the lateral side of the body accounted for the highest percentage at 57.1% overall, and this pattern was predominant in both males and females. For fracture types, Type 0.5 was unclassifiable in all cases, while Type I fractures were more common on the dorsal region in males and the lateral side of the body in females. Both Type II and Type III fractures were more prevalent on the lateral side of the body in both males and females.

(Conclusions) The presence of avascular regions, especially on the dorsal region and lateral body, is considered to play a role in the progression of navicular stress fractures. This suggests that it may be one of the causes of the refractory.