

Japanese Journal of
**ORTHOPAEDIC
SPORTS
MEDICINE**



一般社団法人日本整形外科スポーツ医学会

目 次

<第 44 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：
～100 % を超える復帰～」>

1. 緒 言

宮崎大学医学部整形外科 田島 卓也ほか … 1

<第 44 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：
～100 % を超える復帰～」>

2. 前十字靭帯損傷に対する保存療法による競技復帰

Outcomes of Athletes with On-season Anterior Cruciate Ligament Injury Treated
with Conservative Treatment

金沢大学大学院整形外科 中瀬 順介ほか … 3

<第 44 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：
～100 % を超える復帰～」>

3. 前十字靭帯再建後スポーツ復帰に影響する因子の検討—臨床の現場から—

Factors Affecting Return to Sports after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

桐生整形外科病院整形外科 大澤 貴志ほか … 8

<第 44 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：
～100 % を超える復帰～」>

4. 前十字靭帯・半月板合併損傷の治療戦略

Treatment Strategy for Anterior Cruciate Ligament Injury Combined with
Meniscus Tear

岡山大学病院整形外科 古松 毅之ほか … 14

<第 44 回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：
～100 % を超える復帰～」>

5. ACL 再建術後の再損傷予防— ACL 損傷メカニズムの観点から—

Prevention of Reinjury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction — Based
on Video Analysis of Injury Mechanisms

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科運動器外科学 古賀 英之 …… 18

<第44回日本整形外科学スポーツ医学会学術集会「ACL損傷後・再建術後のスポーツ復帰：～100%を超える復帰～」>

6. 現場における前十字靭帯損傷膝・再建膝の復帰プログラム
Rehabilitation Program for Return to Play after Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction
国立スポーツ科学センタースポーツメディカルセンター
アスリートリハビリテーション 田中 彩乃ほか … 24

7. 前十字靭帯損傷患者における術前心理状態の特徴
Characteristics of Preoperative Psychological State in Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury
金沢大学附属病院リハビリテーション部 仙石 拓也ほか … 29

8. 大学男子サッカー選手の Jones 骨折術後再骨折における骨形態の検討
Morphological Characteristics of the Foot with Refracture after Jones Fracture Surgical Treatment in Collegiate Soccer Athletes
貴島病院本院附属クリニック 藤高 紘平ほか … 34

9. 自衛隊教育機関の学生における疲労骨折の発生状況
Epidemiology of Stress Fracture in Japanese Cadets
防衛医科大学校整形外科学講座 佐々尾 宙ほか … 40

10. 成長期男子サッカー選手において腰椎椎弓根高輝度変化は腰椎骨密度が低い選手に発生するわけではない
High Signal Intensity at the Lumbar Pedicle Regions on MRI Does not always Occur in Adolescent Male Soccer Players Whose Lumbar BMD Is Low
東京大学大学院医学系研究科感覚運動機能医学講座整形外科学 武井 聖良ほか … 45

11. 成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の治療前身体機能の特徴
Characteristics of Pre-treatment Physical Function of Adolescent Athletes with Lumbar Spondylolysis
運動器ケアしまだ病院リハビリテーション課 大嶺 俊充ほか … 51

12. ジュニアテニス選手の体幹安定性評価法についての検討
Assessment of Trunk Stability among Junior Tennis Players
泉整形外科病院手肘スポーツ 原田 幹生ほか … 57

13. 静脈うっ滞を呈した水泳選手の胸郭出口症候群の一例
Venous Stasis Thoracic Outlet Syndrome in a Competitive Swimmer (Case Study)
西別府病院スポーツ医学センター野球医学科 馬見塚尚孝ほか … 62
14. 野球選手の胸郭出口症候群における Roos テストと超音波所見の関連
Relationship Between Roos Maneuver and Findings of Ultrasonography in Baseball Players with Thoracic Outlet Syndrome
慶友整形外科病院リハビリテーション科 村山 俊樹ほか … 68
15. カーリング選手 4 名に対して実施したメディカルチェックの経験
Experience with Medical Checkup for Four Curling Players
昭和大学藤が丘リハビリテーション病院
リハビリテーションセンター 高橋 知之ほか … 73
16. 高校バレーボールにおける足関節捻挫発生の実態とその予防
Actual Situation and Its Prevention of Ankle Sprain Occurred in High School Volleyball
村上整形外科クリニック 高木 律幸ほか … 79
17. バッティング動作は野球選手の肩肘関節に影響を与えるか
Does the Batting Affect the Shoulder and Elbow Joint of the Baseball Player?
第一東和会病院リハビリテーション科 牧野 康一ほか … 84
18. 野球選手の発育に伴う上肢分節の重量分布の変化—肩・肘障害リスクへの考察
Growth Change in Mass Distribution of Upper-extremity and Injury Risk of Shoulder and Elbow in Baseball Players
早稲田大学スポーツ科学学術院 鳥居 俊 …… 90
19. 学校における運動器検診から発育期腰椎分離症の診断に至った一例
A Case of Acute Adolescent Lumbar Spondylolysis Diagnosed Occasionally by Musculoskeletal Examination in Physical Check-ups at School
西川整形外科 高田 彰人ほか … 93
20. 脛骨疲労骨折に対して Extra Articular Technique を用いて脛骨髄内釘固定を施行した 1 例
Case Report : a Tibial Stress Fracture Following by Tibial Nailing Using Extra Articular Technique
川口市立医療センター整形外科 岩間 彦樹ほか … 99

21. 3週間のNordic Hamstring Exerciseは膝屈曲等尺性筋力と大腿二頭筋長頭筋線維束長に効果を及ぼすか？
Does 3-Weeks Nordic Hamstring Exercise Affect on Knee Flexor Isometric Muscular Strength and Fascicle Length of Biceps Femoris Long Head?
市立秋田総合病院リハビリテーション科 佐々木雄大ほか … 104
22. シーズン中に肘関節の愁訴を繰り返す投手の投球動作における肘関節運動の特徴
Characteristics of Elbow Joint Motion During Pitching of Pitcher Repeatedly Complaining of Elbow Joint During a Season
中部大学生命健康科学部理学療法学科 宮下 浩二ほか … 110
23. 姿勢重心計測機器を用いた健康づくり支援の検討
Consideration for Health Promotion Support Using Postural Center of Gravity Measurement Equipment
東都医療大学 塩満 智子ほか … 115
24. 肥大・扁平化した短腓骨筋腱による腓骨筋腱障害の1例
Chronic Ankle Pain Associated with Hypertrophic and Flattened Peroneus Brevis Tendon : a Case Report
埼玉医科大学整形外科 正木 博ほか … 120
25. 膝前十字靭帯不全を伴う変形性膝関節症に対して高位脛骨切り術を行なった3例
High Tibial Osteotomy for Secondary Osteoarthritis of the Knee with Anterior Cruciate Ligament Deficiency : a Report of 3 Cases
日本鋼管福山病院整形外科 高原 康弘ほか … 124
26. 長母趾屈筋腱皮下断裂の治療経験
Rupture of the Flexor Hallucis Longus Tendon Bridged by Long Tendon Callus Gap
東海大学医学部外科学系整形外科学 横山美由希ほか … 130
27. 2018 JOSSM-USA Travelling Fellowship 報告記
名古屋市立大学大学院医学研究科整形外科,
慶友整形外科病院スポーツ医学センター 武長 徹也 …… 135
28. 2018 JOSSM-USA Traveling Fellowship 報告記
九州大学整形外科 濱井 敏 …… 140
29. 2018 JOSSM-USA Traveling Fellowship 報告記
宮崎大学医学部整形外科 山口 奈美 …… 144

緒 言

田島 卓也¹⁾ Takuya Tajima

中川 匠²⁾ Takumi Nakagawa

近年、膝前十字靭帯（以下 ACL）に関する機能的・解剖学的な基礎研究が飛躍的に発展し、手術器具の改良・開発も加わり関節鏡視下 ACL 再建術は一般的な術式として広く普及し、良好な術後成績が多数報告されている。その一方で、復帰までの期間の長さ、グラフトの再断裂、パフォーマンスの低下をはじめいまだ十分に解明・改善されていない問題点も残っているのが現状である。今回のパネルディスカッションのテーマである「ACL 損傷後・再建術後のスポーツ復帰：～100%を超える復帰～」を実現するためには、最良の手術を提供するだけでなく anatomical, biomechanical, biological factor も含め「正常な膝関節機能」の再獲得をめざし総合的にサポートしていかなくてはならない。

今回、「受傷」から「復帰」までの時系列のなかで、鍵となる各ポイントの判断・評価について造詣の深い 6 名のパネリストにおのおののテーマについてご報告頂いた。また、総合討議では現状の問題点と今後の展望について討議した。各パネリストの発表概要を以下に述べる。

ACL 断裂受傷後の治療方針の選択について中瀬順介先生に報告して頂いた。ACL 断裂後に保存療法による競技復帰を強く希望した 46 症例に対する追跡調査であり、91.3%の選手が膝崩れおよび恐怖心よりパフォーマンスの低下を自覚していたとの結果であった。シーズン後に ACL 再建術を実施したところ高頻度に半月損傷や軟骨損傷所見を認めたこともあり、保存療法による競技復帰は推奨される治療法ではないと総括している。限られた学生生活のなかで患者背景も鑑みたくえで保存療法での競技復帰を選択肢として残す場合には、パフォーマンスの低下や合併 2 次損傷の情報を含め今回の結果が説明材料として活用しうることもお示し頂いた。

大澤貴志先生には実際の臨床現場において、ACL 再建術後の「何」がスポーツ復帰に影響を及ぼしているのかをご報告して頂いた。術前と同レベルに復帰するためには評価すべき主観的・客観的な要素が多く存在する。術中所見も含め詳細に検討した結果、受傷前と同レベルでの復帰ができなかったグループにおいては「痛みの存在」と「患肢での片脚ジャンプに不安感が生じる」といった主観的な項目で劣っており、100%を超える復帰をめざすためには主観的な満足度向上に対するアプローチが必要であるとの総括であった。

断裂した ACL 機能を再獲得するための手術法について古松毅之先生に報告して頂いた。術式のコンセプトの変遷や半月損傷を主とした合併損傷の治療方針や術式の詳細、さらには 2 次的な変形性膝関節症予防についてもご説明頂いた。一方でスポーツ復帰の観点からは、ACL 再建術・半月縫合術の変遷に見合うだけの大きな変化は認められず、科学的根拠にも乏しいという現状についても報告があった。

古賀英之先生からは、「なぜ、どのような状況で ACL が断裂したのか」のメカニズムについて多視点カメラによる model-based image-matching technique 法を用いての詳細な報告をして頂いた。膝関節のみならず股関節の姿勢も重要であり、接地前から危険を予測し膝関節・股関節の動きをコントロールする pre-activation や神経コントロールなどが予防プログラムに重要であることをお示し頂いた。

田中彩乃先生には女子 15 人制ラグビー日本代表トレーナーの経験から ACL 損傷・再建膝の特徴や現場でのアスレティックリハビリテーションについて報告して頂いた。受傷要因としてコンタクト・ノンコンタクトの両者を想定したうえでの予防プログラムおよび術後から

田島卓也
〒 889-1692 宮崎市清武町木原 5200
宮崎大学医学部整形外科
TEL 0985-85-0986/FAX 0985-84-2931

1) 宮崎大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, University of Miyazaki
2) 帝京大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Teikyo University

復帰までの時系列を鑑みた段階的なプログラムについてお示し頂いた。

佐藤謙次先生からは競技特性に応じたリハビリテーション内容および主観的・客観的な項目による評価について説明して頂いた。復帰後のパフォーマンスが100%以上であると感じているグループと100%未満であると答えたグループの比較検討では、復帰時期が関与している可能性があることをお示しして頂いた。

受傷機転の解明、手術方法の進歩、リハビリテーショ

ンプログラムの確立など ACL 断裂に関する環境や情報は著しく発展してきているにも関わらず、いまだすべての選手に100%を超える復帰を提供できていない。しかしながら何をもって100%とするかの定義も曖昧であり、選手の主観に左右されることが多い。

膝 ACL 損傷膝・再建膝の治療やサポートに関わるスタッフは客観的評価のみならず選手の主観的評価を改善できるように関係各所と連携してサポートすることが肝要であると思われた。

前十字靭帯損傷に対する保存療法による競技復帰

Outcomes of Athletes with On-season Anterior Cruciate Ligament Injury Treated with Conservative Treatment

中瀬 順介 Junsuke Nakase
 虎谷 達洋 Tatsuhiro Toratani
 浅井 一希 Kazuki Asai
 北岡 克彦 Katsuhiko Kitaoka
 下崎 研吾 Kengo Shimozaki
 土屋 弘行 Hiroyuki Tsuchiya

● Key words

前十字靭帯損傷, 保存療法, 競技復帰

● 要旨

本研究の目的は競技シーズン中の前十字靭帯損傷に対して保存療法を行なった選手の臨床成績を報告することである。2004 年から 2015 年に前十字靭帯損傷を受傷し、保存療法による競技復帰を強く希望し、シーズン終了後に再建術を施行した 46 例(平均年齢 17.3 歳)を対象とした。競技復帰の可否、競技復帰までの期間、競技復帰後の自覚的競技パフォーマンス、膝くずれの有無などについて検討した。46 例中 41 例(89.1%)で試合出場可能で、競技復帰までの期間は平均 14.2 ± 8.5 週であった。しかし、自覚的競技パフォーマンスは平均 58.2% であり、91.3% の選手が膝くずれを経験していた。また、半数以上で軟骨損傷および半月板損傷が発生していた。

はじめに

スポーツ選手が競技シーズン中に前十字靭帯(以下 ACL)を損傷した場合、ACL 再建術を行なったうえで同シーズン中に競技復帰し、受傷前の競技パフォーマンスまで戻すことは極めて困難である。現実的には、次シーズンからの競技復帰が目標となることが多いが、選手によっては、そのシーズンが選手生活の最終シーズンであることもあり、シーズン中の競技復帰を強く希望し、保存的治療による競技継続を試みる場合がある。しかし、ACL 損傷後の保存療法による競技復帰に関して

まとまった報告は少なく、不明な点が多い。本研究の目的は、競技シーズン中の ACL 損傷に対して保存療法を行ない、競技復帰をめざした 46 例について検討することである。

対象と方法

2004 年から 2015 年の競技シーズン中に ACL を損傷した 46 例(男性 19 例, 女性 27 例, 年齢 14~25 歳(平均 17.3 歳))を対象とした。受傷側は右が 24 例, 左が 22 例, 受傷機転は接触損傷が 5 例, 非接触損傷が 41 例であり、全例スポーツ活動時の受傷であった。競

中瀬順介
 〒 920-8641 金沢市宝町 13-1
 金沢大学大学院整形外科
 TEL 076-265-2374
 E-mail nakase1007@yahoo.co.jp

金沢大学大学院整形外科
 Department of Orthopaedic Surgery, Graduated School of Medical Science,
 Kanazawa University

技種目はバスケットボール 14 例, ハンドボール 10 例, バレーボール 5 例, サッカー 5 例, 相撲 4 例, バドミントン 4 例, 柔道 2 例, 陸上と卓球がそれぞれ 1 例で全例学生競技レベルであった。

全例に対して保護者あるいは指導者同席のもとで ACL 損傷に対する手術療法と保存療法について説明し, さらに ACL 不全膝で競技を継続することによる合併症などを十分説明し, 同意を得た。

アスレティックリハビリテーションは, 軟性あるいは硬性装具を装着し, 段階的なりハビリテーションを行なった。下記の如く, ステージで分けて, 熟練した理学療法士が動作を確認し, 段階的にスポーツ活動を許可した。ステージ 1: スクワット, ステージ 2: ジャンプ, ステージ 3: ジョギング, ステージ 4: ダッシュ, ステージ 5: フットワークトレーニング, ステージ 6: 非接触型トレーニング, ステージ 7: 対人トレーニング, ステージ 8: 全体練習・試合復帰。全体練習, 試合復帰の基準は膝関節に腫脹, 可動域制限, 疼痛がなく, 膝伸展屈曲筋力が健側の 90% 以上を原則とした。

全症例に対し, シーズン終了後に ACL 再建術を行なった。検討項目は, 競技復帰の可否, 競技復帰までの期間, 競技復帰後の自覚的競技パフォーマンス, 膝くずれの有無, パフォーマンス低下の原因および手術時の関節鏡所見とした。

結 果

46 例中 41 例 (89.1%) で試合出場可能であった。試合出場が不可能であった選手は全例女性で, バスケットボールが 3 例, サッカー 1 例, 柔道が 1 例であった。競技復帰までの期間は平均 14.2 ± 8.5 週 (4~36 週) (図 1) で, 自覚的競技パフォーマンスは平均 $58.2 \pm 17.6\%$ (図 2) であり, 42 例 (91.3%) で膝くずれを経験していた。また, 91.0% が膝くずれに対する恐怖心のため, 8

% が筋力低下のために競技パフォーマンスが低下したと回答した。受傷後平均 5.1 ヶ月で ACL 再建術を施行した。ACL 再建術時の関節鏡所見で, 10 例 (21.7%) に骨軟骨損傷を認め, 24 例 (52.1%) に半月板損傷を認めた。損傷半月板は, 外側半月板単独損傷が 16 例, 内側および外側半月板損傷が 8 例であった。

症 例 提 示

17 歳, 男性, サッカー選手。

高校 2 年生 1 月に右膝前十字靭帯損傷を受傷した (図 3)。受傷時には MRI 上明らかな内側半月板損傷は認めなかった。6 月に開催されるインターハイ予選への出場を希望し, 保存療法を選択した。受傷後 1 ヶ月で右膝関節の可動域制限と歩行時痛が消失し, スクワットもスムーズに行なえるようになった。受傷後 2 ヶ月でジャンプ動作が可能となり, ジョギングと軽いパス練習を開始した。受傷後 2.5 ヶ月でダッシュとフットワーク練習を許可し, 受傷後 3 ヶ月時点での BIODEX を用いた筋力測定では, 健側比で伸張が 90%, 屈曲が 125% であり, 対人練習を許可した。しかし, 受傷後 3.5 ヶ月で試合練習中のストップ動作で右膝くずれを自覚した。その後も保存療法を継続し, 受傷後 5 ヶ月のインターハイの予選では, 20 分間試合に出場したが, 自覚的パフォーマンスは 60% であった。受傷後 6 ヶ月時点の MRI では, 受傷時にはなかった内側半月板断裂を認め (図 4), ACL 再建術時の鏡視でも内側半月板は縦断裂しており, ACL 再建術に追加して半月板縫合術を行なった (図 5)。ACL 再建術 6 ヶ月後の MRI では内側半月板内に高信号域が残存しているが, 形状は保たれており, 軟骨損傷も認めていない (図 6)。ACL 再建術 8 ヶ月後には, 膝関節の自覚症状はなく, レクリエーションレベルのサッカーに復帰している。

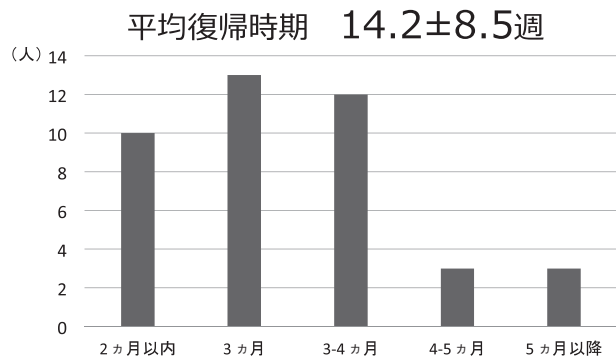


図 1 競技復帰までの期間

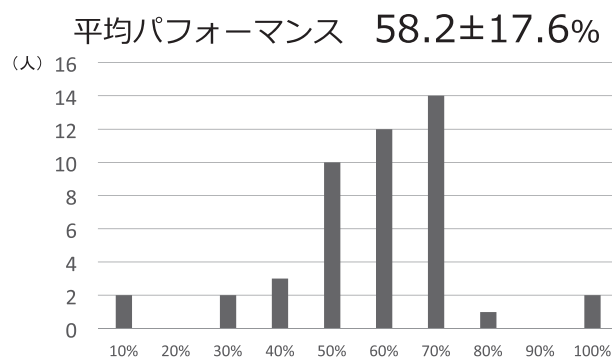


図 2 自覚的競技パフォーマンス

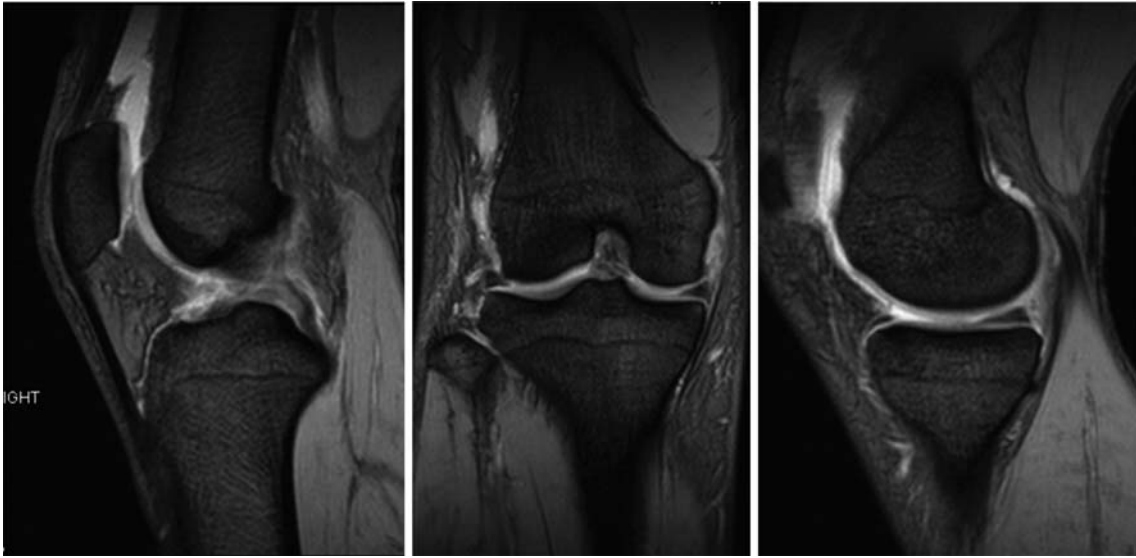


図3 受傷時 MRI
 左：前十字靭帯断裂。
 中央，右：明らかな内側半月板断裂は認めない。

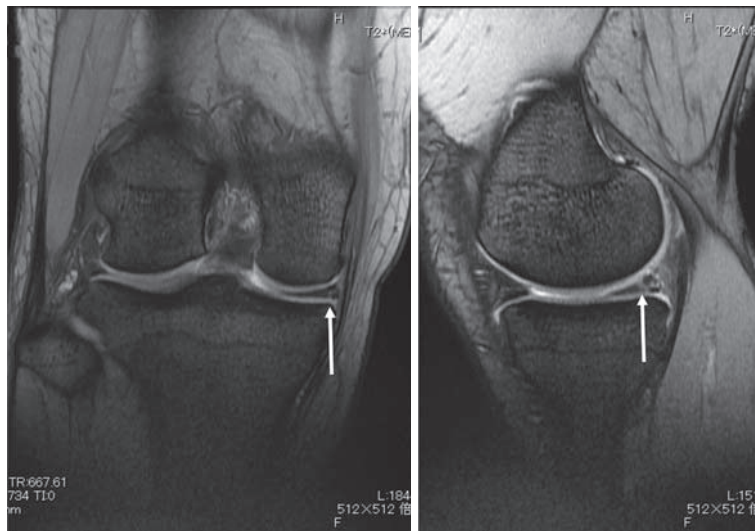


図4 受傷後6ヵ月 MRI
 受傷時にはなかった内側半月板高信号を認める(→)。

考 察

ACL 損傷後，約3ヵ月で約90%の選手で試合出場が可能であった。一方，自覚的競技パフォーマンスは平均60%未満であり，完全に復帰できたと回答した選手は相撲の2名(4%)のみであった。

ACL 損傷を放置すると経時的に内側半月板，軟骨損

傷が増加し¹⁾，活動レベルが低下する²⁾ため，スポーツ選手が ACL 損傷を受傷した場合，基本的に ACL 再建術を行ない競技復帰に向けてリハビリテーションを行なうが，手術から競技復帰までの標準的な期間は6~12ヵ月程度である。実際のスポーツの現場では，とくに患者が学生の場合は時間的制約があるため，手術のタイミングによっては目標としてきた大会に出場できなくなる場合がある。そのため，一旦保存的治療による競技復帰を

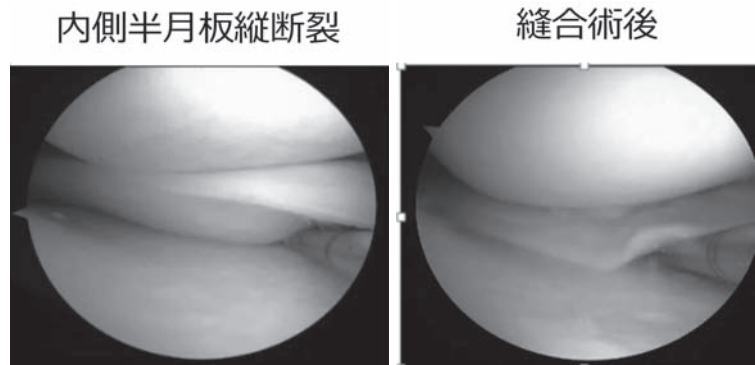


図5 関節鏡所見
左：内側半月板縦断裂，右：縫合術後

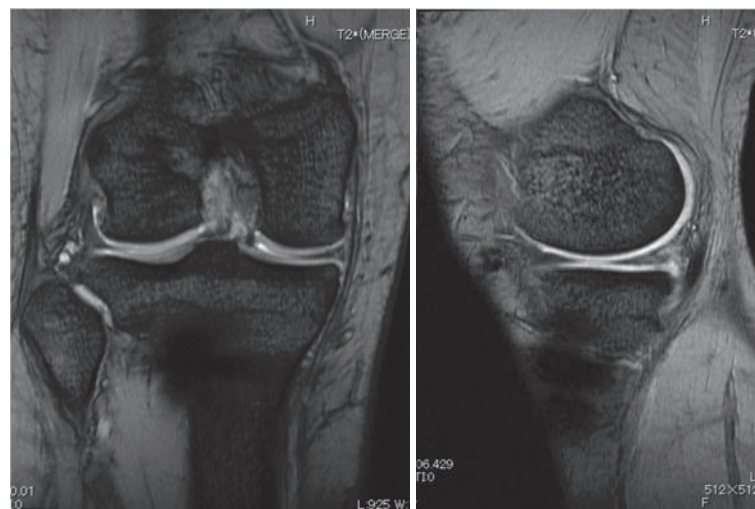


図6 受傷後1年MRI

試みることがある。これまでのスポーツ選手の ACL 損傷に対する保存的治療の報告では、ほとんどの症例で競技レベルの低下を認めたとしている³⁾。しかし、ACL 損傷後の保存療法に関する報告は少なく、エビデンスレベルも低いのが現状である。2012年に発刊された前十字靭帯 (ACL) 損傷診療ガイドライン⁴⁾において、「ACL 損傷の保存的治療後はどの程度のスポーツ復帰が可能か」というテーマに対して、Grade C (弱い根拠に基づいている) で「保存的治療によりジョギングのような軽度なスポーツ活動への復帰は多くの場合は可能である」「バスケットボール、サッカーのようなジャンプ、カット動作の多いスポーツ活動への復帰は保存的治療では困難である」という回答で日常診療に役立つとは言い難い。同様に2014年に発刊されたアメリカ整形外科学会のガイドライン⁵⁾でも、「活動性が低く、膝関節不安定性が軽度な患者であっても保存療法が有効とする根拠は乏し

い」と記載されており、どの程度スポーツ復帰できるのかは不明である。

保存療法によるデメリットとしては、本邦のガイドラインでは「受傷からの期間が6ヵ月以上では、合併損傷としての半月板、関節軟骨損傷の発生率が高くなる」と記載されている。同様にアメリカ整形外科学会のガイドラインでも「受傷から5ヵ月以内の ACL 再建術が軟骨損傷や半月板損傷を防ぐ」と記載されている。本研究では、受傷時に関節鏡検査を行っていないため、正確な比較はできないが、50%以上の症例で半月板損傷が生じており、とくに内側半月板断裂が22%に発生していた。内側半月板断裂はバスケットボールやハンドボールなどの屋内球技に多く発生していたが、今後さらなる検討が必要である。

今後も患者背景によってはやむを得ず、保存療法による競技復帰を選択する場合もあり、本研究結果は選手や

保護者の説明に必要な情報になりうると考えている。今後、どのような特徴をもつ選手が保存療法による競技復帰の適応となるか？ 競技復帰の適応基準など解決すべき問題も残されている。

ま と め

競技シーズン中に発生した ACL 損傷に対して保存的治療で競技復帰を試み、約3ヵ月で約90%の選手で試合出場が可能であった。平均競技パフォーマンスは60%未満であり、完全に復帰できたのは2例(4.3%)のみであった。半数以上で軟骨損傷および半月板損傷が発生しており、競技シーズン中のスポーツ選手にやむを得ず保存的治療を行なう場合、そのリスクと予想される競技パフォーマンス、競技種目を含めて適応を考慮し、十分な説明をする必要があると考える。

文 献

1) Tandogan RN et al : Analysis of meniscal and

chondral lesions accompanying anterior cruciate ligament tears : relationship with age, time from injury, and level of sport. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 12 : 262-270, 2004.

- 2) Muaidi QI et al : Prognosis of conservatively managed anterior cruciate ligament injury : a systematic review. *Sports Med*, 37 : 703-716, 2007.
- 3) Daniel DM et al : Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med*, 22 : 632-644, 1994.
- 4) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会 : 前十字靭帯 (ACL) 損傷診療ガイドライン 2012. 改訂第2版, 南江堂, 東京 : 55, 2012.
- 5) American Academy of Orthopaedic Surgeons Board of Directors : Management of anterior cruciate ligament injuries. Evidence-based clinical practice guideline. 1st ed. American Academy of Orthopaedic Surgeons, Rosemont : 109-113, 2014.

前十字靭帯再建後スポーツ復帰に影響する因子の検討 —臨床の現場から—

Factors Affecting Return to Sports after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

大澤 貴志¹⁾ Takashi Ohsawa 木村 雅史²⁾ Masashi Kimura
筑田 博隆³⁾ Hirotaka Chikuda

● Key words

前十字靭帯再建術, スポーツ復帰

● 要旨

ACL再建術後、スポーツ復帰可否に関連する因子を明らかにすることが目的である。2015年4月から2016年3月に行なわれた151例のうち、2年以上経過観察可能であった133例のなかから、受傷前Tegner activity scaleが5以上の105例を対象とした。術前と抜釘時(術後平均13.2±2.9ヵ月)におけるTegner activity scale, 関節不安定性, 再鏡視所見(移植腱状態, 半月板・軟骨損傷進行有無), IKDC subjective score(点), 術後6ヵ月における筋力(CYBEX II[®])を測定した。抜釘時に術前と同じかそれ以上のscaleに戻れた群(R群)と戻れなかった群(NR群)に分けて2群比較を行なった。R群は71例, NR群は34例で復帰率は67.6%であった。術後6ヵ月時の患側伸展筋力のみがスポーツ復帰可否に有意な関連を認めた。

はじめに

前十字靭帯損傷はスポーツ活動を行なう患者に多く、移植腱を用いた前十字靭帯再建術(以下 ACLR)が広く行なわれ、良好な関節安定性の獲得が報告されている^{1,2)}。しかしながら競技スポーツ復帰率については50～60%台の報告が多くいまだ満足できる結果とはいえない^{3,4)}。競技スポーツ復帰に関連する因子はさまざ

まな要素が関与すると考えられ、半月板損傷有無、内側側副靭帯損傷有無などの関節内因子や³⁾、患者主観評価⁵⁾、下肢筋力⁶⁾などの関節外因子が報告されている。実際にはこれらが複合的に関与していると考えられるが、関節内因子、関節外因子を同時に調査した報告はない。

今回の目的は、ACLR後のスポーツ復帰率を調査することと、関節内因子と関節外因子を同時に調査し、スポーツ復帰に関与する因子を明らかにすることである。

仮説は、ACLR後のスポーツ復帰には、関節内因子

大澤貴志
〒376-0014 桐生市広沢町間ノ島284-1
桐生整形外科病院整形外科
TEL 0277-40-2600

1) 桐生整形外科病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kiryu Orthopaedic Hospital
2) 善衆会病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Zensyukai Orthopaedic Hospital
3) 群馬大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Gunma University Hospital

である術後関節不安定性、術前半月板・軟骨損傷有無と、関節外因子である術後患者主観評価、術後下肢筋力が関与しているということである。

対 象

善衆会病院において2015年4月から2016年3月に行なわれた189例のACLRのうち、複合靭帯再建術例12例、骨端線閉鎖前例6例、再再建例2例、脛骨骨折合併例1例、反対側受傷例17例を除いた151例のなかから、2年以上経過観察可能であった133例で、受傷前スポーツ活動レベルがTegner activity scale 5以上の患者105例を対象とした。

方 法

術式

ハムストリング腱を用いた術式は、すでにわれわれが報告した術式で行なった⁷⁾。半腱様筋腱(以下ST)で十分な移植腱が作製できない場合には薄筋腱(以下G)も採取した。大腿骨側から脛骨側までレムナントが連続している場合には温存し、スポーツ復帰に影響するか調査した。脛骨側のレムナントは温存して骨孔作製した。

膝蓋腱を用いた術式ではShinoらの報告した術式で行なった⁸⁾。

半月板損傷の有無を内側半月板(以下MM)、外側半月板(以下LM)に分けて評価し、処置についても放置、切除、縫合の3つで評価した。

後療法

術後2日目から可動域訓練を開始した。術後2週目から1/3荷重、3週目から1/2荷重、4週目から全荷重とした。半月板縫合術を行なった場合には荷重開始を1週遅らせた。術後4ヵ月目までは可動域訓練、バランストレーニング、筋力訓練などを行なった。術後4ヵ月以降にジョギングを許可、6ヵ月目でダッシュ許可、8ヵ月目で切り返し運動許可、10ヵ月目で競技復帰とした。

不安定性

術前、抜釘時において、Lachman test (Firm/Soft)、pivot shift test (Equal/Glide/Clunk/Gross)、Telos SE[®]を用いて前方ストレス130 Nでの患健差 (mm)を測定した。

再鏡視

抜釘時に再鏡視を行ない、移植腱の状態を評価した。

評価項目はわれわれが以前報告した項目とし、VolumeをNo tear (80~100%)、Partial tear (30~80%)、Complete tear (0~30%)の3段階で、Synovial CoverをExcellent (80~100%)、Fair (30~80%)、Poor (0~30%)の3段階で評価した⁹⁾。

また、縫合部半月板治癒状態をHeal, Non heal, Progressの3段階で、軟骨損傷を進行なし、進行ありの2段階で評価した¹⁰⁾。

筋力測定

術後6ヵ月の時点において筋力測定を行なった。CYBEX II[®] (Cybex Inc., Ronkonkoma, NY, USA)を用いて、伸筋(患側、健側)、屈筋(患側、健側)を60 dec/sec, 180 dec/secの等速性で計測し、%BWを算出した。

患者立脚型評価

International Knee Documentation Committee (以下IKDC)によるIKDC 2000 Subjective Scoreを術前、抜釘時に聴取した。項目別に評価した。

統計解析

ACLR後のスポーツ復帰率を調査した。

また、抜釘時におけるTegner activity scaleにおいて、受傷前と同じかそれ以上のscaleに復帰できた群(R群)とできなかった群(NR群)に分け、以下の方法で2群間比較を行なった。

スポーツ復帰可否に関連する因子を明らかにするために、連続変数に関してはMann-Whitney U test、カテゴリー変数についてはFisher exact testを行なった。多変量解析としてロジスティック回帰分析を行なった。

$p < 0.05$ を有意差ありとした。

解析はIBM SPSS Statistics 25 software (IBM Japan, Tokyo, Japan)を用いた。

結 果

NR群は34例、R群は71例でスポーツ復帰率は67.6%であった(表1)。術後2年間のfollowで再断裂を起こしたのはR群の2例のみであった。

不安定性の評価では、いずれの項目も2群間に有意差はなかった(表2)。

再鏡視所見においても2群間に有意差はなく、再建時半月板損傷の状態や、MM縫合後の治癒の状態、軟骨損傷進行の状態についても有意差は認めなかった(表3)。

筋力測定については、患側の伸筋60 deg/s、%BWで、NR群148.4±50.4、R群172.2±50.1 ($p < 0.05$)、

表1 Demographic data

	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value
年齢(歳)	27.2±11.7	25.3±11.5	0.437
性別(男/女)	17/17	46/25	0.201
患側(右/左)	15/19	32/39	1
再建時体重(kg)	65.3±15.9	62.7±10.0	0.383
再建時身長(cm)	165.9±10.1	165.7±8.0	0.927
抜釘時体重(kg)	65.5±15.8	65.1±14.6	0.896
抜釘時身長(cm)	166.2±9.8	164.6±16.3	0.594
受傷-再建期間(月)	13.6±41.4	9.2±30.1	0.588
再建-抜釘期間(月)	13.3±2.8	13.2±3.0	0.875
術前 Tegner score	8.06±1.4	7.58±1.5	0.122
術後 Tegner score	5.41±1.8	8.03±1.4	* <0.001
採取腱(ST/STG/BTB/ITT)	27/4/3/0	46/19/5/1	0.276
再受傷(あり/なし)	0/34	2/69	1

**p*<0.05 略語 ST:半腱様筋腱, STG:半腱様筋腱-薄筋腱, BTB:膝蓋腱, ITT:腸脛靭帯

表2 不安定性

	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value
術前 Lachman(Soft/Firm)	32/2	69/2	0.593
術前 pivot shift(Equal/Glide/Clunck/Gross)	3/15/15/1	1/30/38/2	0.291
抜釘時 Lachman(Soft/Firm)	2/32	3/68	0.658
抜釘時 pivot shift(Equal/Glide/Clunck/Gross)	29/5	65/6	0.329
術前 Telos 患健差(mm)	6.6±4.5	7.0±3.8	0.622
術後 Telos 患健差(mm)	1.6±2.5	1.5±2.3	0.841

表3 関節鏡所見

	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value
Volume(No tear/Partial tear/Complete tear)	29/5/0	68/2/1	0.06
Synovial cover(Excellent/Fair/Poor)	30/3/1	68/1/2	0.177
MM 損傷(なし/あり)	16/18	45/26	0.14
MM 処置(なし/放置/縫合/切除)	16/0/16/2	45/3/20/3	0.157
縫合部治癒(Heal/Non heal/Progress)	12/3/1	16/3/1	1
LM 損傷(なし/あり)	27/7	49/22	0.352
LM 処置(なし/放置/縫合/切除)	27/3/3/1	49/8/10/4	0.791
縫合部治癒(Heal/Non heal/Progress)	2/1/0	6/2/2	1
軟骨損傷進行(なし/あり)	31/3	69/2	0.326

また患側の伸筋 180 deg/s, % BW で, NR 群 100.5±40.9, R 群 124.5±53.4(*p*<0.05)と有意に NR 群で小さい値であった。患健差や健側, 屈筋群の筋力については有意差を認めなかった(表4)。

IKDC について, 術前は有意差を認めなかったが(表5), 術後においては「1. 著しい膝の痛みなしに行なえる最高の活動レベルは?」, 「3. 苦痛がある場合はどの程度の痛さですか?」, 「7. 膝ががくんと行なえる最高の活動レベルは?」, 「8. 定期的に参加できる最高の活動レベルは?」, 「9c. 膝を前につく」, 「9h. 負傷したほうの脚でジャンプして着地する」の各項目で

有意差を認め, また, 合計点でも有意(*p*<0.01)に NR 群で低い点であった。

有意差を認めた項目で, 交絡因子(術後6ヵ月伸筋 60 deg/s, % BW 患側と術後6ヵ月伸筋 180 deg/s, % BW 患側は交絡因子となるため, 別々に解析)を考慮してロジスティック回帰分析を行なうと, 術後6ヵ月での伸筋 60 deg/s, % BW 患側と伸筋 180 deg/s, % BW 患側のみが競技復帰に関連することが明らかになった(*p*<0.05)(表6)。

表4 筋力測定

	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value
伸筋 60 deg/s, %BW 患側	148.4±50.4	172.2±50.6	*0.03
伸筋 60 deg/s, %BW 健側	211.8±51.1	225.3±52.3	0.228
患健側差	-63.4±49.2	-51.6±44.1	0.227
屈筋 60 deg/s, %BW 患側	98.6±25.4	105.9±27.3	0.202
屈筋 60 deg/s, %BW 健側	115.2±25.6	122.4±29.1	0.23
患健側差	-16.6±12.0	-16.0±19.0	0.859
伸筋 180 deg/s, %BW 患側	100.5±40.9	124.5±53.4	*0.014
伸筋 180 deg/s, %BW 健側	137.9±47.1	157.7±59.7	0.073
患健側差	-37.5±35.6	-32.3±31.6	0.461
屈筋 180 deg/s, %BW 患側	81.7±24.7	86.9±26.1	0.377
屈筋 180 deg/s, %BW 健側	92.9±22.9	100.1±27.7	0.198
患健側差	-11.2±13.9	-13.2±15.8	0.534

* p<0.05

表5 IKDC

	術前			術後		
	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value	NR 群(N=34)	R 群(N=71)	p value
1	3.15±1.4	2.86±1.1	0.284	3.8±1.1	4.3±0.8	*0.023
2	7.5±2.4	7.6±3.0	0.905	8.7±2.5	9.4±2.1	0.093
3	7.5±2.8	7.3±3.3	0.78	8.1±2.9	9.2±2.1	*0.039
4	3.9±1.6	3.5±1.1	0.164	4.6±0.7	4.6±0.7	0.943
5	2.9±1.9	2.9±1.1	0.965	3.9±1.1	4.3±0.9	0.075
6	1.3±0.5	1.5±1.2	0.552	1.8±0.4	1.9±0.5	0.244
7	2.6±1.1	2.6±1.0	0.692	3.8±1.0	4.3±0.8	*0.003
8	2.7±1.2	2.9±1.1	0.449	3.9±1.0	4.3±0.8	*0.01
9a	4.5±0.9	4.6±1.0	0.888	5.0±0.2	5.0±0.1	0.595
b	4.2±0.9	4.4±1.0	0.461	4.9±0.4	5.0±0.2	0.065
c	3.7±1.4	3.9±1.2	0.43	4.4±0.7	4.8±0.6	*0.02
d	3.8±1.5	3.8±1.3	0.91	4.7±0.6	4.9±0.4	0.314
e	3.7±1.5	3.6±1.6	0.676	4.4±1.1	4.6±0.8	0.364
f	4.7±0.9	4.9±0.7	0.293	4.8±0.8	5.0±0.2	0.097
g	3.5±1.7	3.9±1.6	0.286	4.9±0.3	5.0±0.2	0.185
h	2.6±1.5	3.1±1.5	0.116	4.4±0.7	4.7±0.7	*0.028
i	2.8±1.6	3.0±1.4	0.658	4.7±0.7	4.7±0.7	0.906
10a	10.5±1.9	9.8±1.6	0.354	9.4±0.7	10.3±2.1	0.07
b	5.4±2.9	6.1±2.9	0.239	9.9±1.6	10.1±1.3	0.33
合計	57.3±17.6	57.7±19.9	0.925	77.0±11.4	82.9±8.8	*0.005

* p<0.05

表6 ロジスティック回帰

	p value	Odds ratio	95 % CI
IKDC subjective score	0.56	1.979	0.199~19.647
伸筋 60 deg/s, %BW 患側	*0.033	1.01	1.001~1.019
IKDC subjective score	0.488	2.236	0.230~21.753
伸筋 180 deg/s, %BW 患側	*0.029	1.011	1.001~1.021

伸筋 60 deg/s, %BW 患側と伸筋 180 deg/s, %BW 患側が交絡因子となるため、別々に解析。
* p<0.05

考 察

われわれの結果からは、ACLR 後の術前と同レベルへの競技スポーツ復帰率は 67.6% であった。復帰に関与する因子としては、移植腱の状態や半月板、軟骨損傷の状態は因子とならず、術後 6 ヶ月での患側伸展筋力が有意な関連因子である。

近年の報告では、Tegner ≥ 6 の患者におけるスポーツ復帰率は、術後平均 12 ヶ月で 57% であったとし、女性、若年例、高スポーツレベル、MCL 合併、半月板損傷が関与していたと結論している³⁾。われわれの研究においては、半月板損傷に対しては可能な限り縫合術を行っており、再鏡視における縫合術後の治癒の状態や軟骨損傷進行も 2 群間で有意差はない。このことが、半月板損傷が有意なリスクファクターとなっていない原因であると考えられるが、それでも復帰率は 67.6% と満足できる結果とはなっていない。

ACLR 後の伸展筋力(大腿四頭筋力)は sagittal plane での不安定性、functional performance に関与していたとの報告がある¹¹⁾。今回のわれわれの結果では、関節不安定性に 2 群間で有意差は認めていない。関節不安定性が問題なくても、伸展筋の筋力不足が関節不安定性の自覚に影響していたものと考えられる。

Novaretti JV らは、58 症例について、術後 6 ヶ月での大腿四頭筋力は術後 1 年時点でのスポーツ復帰可否を反映していなかったと報告している¹²⁾。同様な研究方法で、より症例数を集めたわれわれの 105 例の結果では有意な関連を認めている。術後 6 ヶ月の患側伸展筋力は、術後平均 13 ヶ月以降の競技スポーツ復帰の目安になると考えられる。

Ueda Y らは術後 6 ヶ月での伸展筋力に影響する因子は、術前筋力、年齢、性別であったと報告している¹³⁾。このことは、術後 6 ヶ月の筋力のみならず、術前の筋力の状態が重要であるということを示唆している。また、近年 ACL 不全膝において、fMRI を用いた研究で末梢だけでなく、中枢神経系の変化も認めたとという報告からも¹⁴⁾、中枢神経系も含めた解析が必要であることが示唆される。

今回の研究の limitation として、スポーツ復帰の可否が、患者の自己申告に基づいていることがあげられる。また、心理的な因子を調査しておらず、スポーツ復帰をする意欲について評価できていないこともあげられる。最後に、社会的(進学・就職・転居等)背景によって NR 群となった可能性も考えられ、この点は評価できていない。

結 語

ACLR 後の競技スポーツ復帰率は 67.6% であった。術後 6 ヶ月での伸筋 60 deg/s, %BW 患側と伸筋 180 deg/s, %BW 患側の筋力が復帰可否に関連していた。

文 献

- 1) Muneta T et al : A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*, 23 : 618-628, 2007.
- 2) Yasuda K et al : Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*, 20 : 1015-1025, 2004.
- 3) Hamrin Senorski E et al : Low 1-year return-to-sport rate after anterior cruciate ligament reconstruction regardless of patient and surgical factors : a prospective cohort study of 272 patients. *Am J Sports Med*, 46 : 1551-1558, 2018.
- 4) Ardern CL et al : Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery : an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med*, 48 : 1543-1552, 2014.
- 5) Laxdal G et al : A prospective comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in male patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15 : 115-125, 2007.
- 6) Xergia SA et al : Association of the single-limb hop test with isokinetic, kinematic, and kinetic asymmetries in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Health*, 7 : 217-223, 2015.
- 7) Ohsawa T et al : Clinical and second-look arthroscopic study comparing 2 tibial landmarks for tunnel insertions during double-bundle ACL reconstruction with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 40 : 2479-2486, 2012.
- 8) Shino K et al : Anatomically oriented anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone graft via rectangular socket and

- tunnel : a snug-fit and impingement-free grafting technique. *Arthroscopy*, 21 : 1402, 2005.
- 9) Ohsawa T et al : Arthroscopic evaluation of preserved ligament remnant after selective anteromedial or posterolateral bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 28 : 807-817, 2012.
 - 10) Scott GA et al : Combined posterior incision and arthroscopic intra-articular repair of the meniscus. An examination of factors affecting healing. *J Bone Joint Surg Am*, 68 : 847-861, 1986.
 - 11) Palmieri-Smith RM et al : Quadriceps strength asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. *Am J Sports Med*, 43 : 1662-1669, 2015.
 - 12) Novaretti JV et al : Quadriceps strength deficit at 6 months after ACL reconstruction does not predict return to preinjury sports level. *Sports Health*, 10 : 266-271, 2018.
 - 13) Ueda Y et al : Factors affecting quadriceps strength recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autografts in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25 : 3213-3219, 2017.
 - 14) Kapreli E et al : Anterior cruciate ligament deficiency causes brain plasticity : a functional MRI study. *Am J Sports Med*, 37 : 2419-2426, 2009.

前十字靭帯・半月板合併損傷の治療戦略

Treatment Strategy for Anterior Cruciate Ligament Injury Combined with Meniscus Tear

古松 毅之 Takayuki Furumatsu 児玉 有弥 Yuya Kodama
 釜付 祐輔 Yusuke Kamatsuki 井上 博登 Hiroto Inoue
 岡崎 良紀 Yoshiki Okazaki 岡崎 勇樹 Yuki Okazaki

● Key words

前十字靭帯損傷, 半月板断裂, 治療戦略

● 要旨

前十字靭帯 (ACL) 損傷は, スポーツ活動の継続を希望するアスリートにおいて選手生命を脅かす深刻な膝関節スポーツ外傷である。解剖学的 ACL 再建術が普及するに従い, 術後臨床成績は従来の ACL 再建術と比較し改善しつつある。その背景として, ACL 大腿骨・脛骨付着部の解剖学的・組織学的解析により, 理想的な位置への正確な骨孔作製が可能となったことがあげられる。一方で, ACL 不全に半月板断裂を合併する場合には, ACL 再建術を施行したとしても変形性膝関節症へと進行するリスクが高いと報告されている。本項では, これまでの科学的検証に基づき, ACL・半月板合併損傷の治療戦略について概説する。

はじめに

前十字靭帯 (anterior cruciate ligament ; ACL) 損傷を長期間放置した際には, 続発する半月板損傷とともに変形性膝関節症が進行することが明らかとなっている¹⁾。解剖学的 ACL 再建術が普及するに従い, 術後臨床成績は従来の ACL 再建術と比較し改善しつつある。とくに, 膝関節の前方動揺性・回旋不安定性に対する制動効果は, 解剖学的 ACL 再建術が優れているとされる。その背景として, ACL 大腿骨・脛骨付着部の解剖学的・組織学的解析により, ACL-骨接合部を中心とした理想的な位置への正確な骨孔作製が可能となったことがあげ

られる^{2,3)}。また, 骨孔内における移植腱の偏位や連結, 骨孔拡大を考慮した工夫がなされ, 移植腱の設置が最適化されつつある^{4,5)}。脛骨骨孔作製の際に, 外側半月板 (lateral meniscus ; LM) 脛骨付着部の医原性損傷を引き起こす可能性があることも広く知られるようになり^{6,7)}, ACL 再建に伴う半月板機能不全による術後臨床成績の悪化を防ぐことが可能となった。

一方で, ACL 不全に半月板損傷を合併する場合には, ACL 再建術を施行したとしても変形性膝関節症へと進行するリスクが高いと報告されている⁸⁾。近年, ACL 損傷に合併することの多い半月板損傷である内側半月板 (medial meniscus ; MM) 後節の ramp lesion や LM 後根断裂に対する半月板修復術の重要性が認識されるように

なった^{9,10}。また、半月板は脛骨前方移動に対する secondary stabilizer としても機能していることから、ACL 再建後における移植腱への負担を軽減させるためにも、半月板損傷部位・断裂形態に対してそれぞれ適切な手術手技により半月板修復術を併用する必要がある^{11,12}。

スポーツ復帰の観点からは、ACL 再建術・半月板修復術の変遷に見合うだけの大きな変化は認められず、科学的根拠にも乏しいのが現状である。ACL 遺残組織を温存することで移植腱の成熟と膝固有感覚の温存を期待する術式も開発されているが⁴、スポーツ復帰後の競技レベルがどの程度に維持・改善されるかに関する明確なエビデンスは得られていない。

本項では、これまでの科学的検証に基づき、現時点で最適と考えられる ACL・半月板合併損傷の治療戦略について概説する。

ACL 不全に続発する膝関節の退行性変化

ACL 損傷を保存的加療という名目で1年以上放置すると、MM・膝関節軟骨損傷のみならず LM 損傷までも増加することが知られている。また、ACL 不全の状態が10年継続すると、LM 損傷は82%に認められ、MM 損傷に至っては100%に達すると報告されている¹³。364例の ACL 単独損傷を急性期から平均14年間経過観察した研究において、半月板損傷の合併率は ACL 損傷の既往をもたない対照群と比較して18倍に増加するとしている。同様に、変形性膝関節症は対照群と比較して14倍に増加し、人工膝関節置換術を余儀なくされる確率は5倍に増加する¹。一方で、適切な ACL 再建術は半月板損傷・変形性膝関節症・人工膝関節置換術に陥る危険性を低下させ、とくに、ACL 損傷受傷後1年未満での ACL 再建術が半月板損傷や変形性膝関節症の続発を抑制する¹⁴。また、ACL 再建術後の168例を20年間追跡調査したところ、ACL 再建術の際に半月板断裂や中等度から高度な膝関節軟骨損傷を認める場合、脛骨大腿関節の変形性関節症が進行するとしている⁸。これらの報告から、ACL 損傷を放置したままの中長期的なスポーツ復帰は特別な場合を除いて許可すべきではない。また、ACL 再建術に至るまでに半月板と膝関節軟骨の状態がなるべく正常に近い状態であることが、安定した長期成績を獲得し、100%もしくはそれを上回るパフォーマンスでのスポーツ復帰を果たすために重要であると推察される。

ACL 再建術の最適化

解剖学的 ACL 再建術が普及するに従い、術後臨床成績は従来の ACL 再建術と比較して改善しつつある。その背景として、ACL 大腿骨・脛骨付着部の解剖学的・組織学的解析により、ACL-骨接合部を中心とした理想的な位置への正確な骨孔作製が可能となったことがあげられる^{2,3}。

大腿骨骨孔作製においては lateral intercondylar ridge (resident's ridge) と後方大腿骨顆部の関節軟骨辺縁を指標とし、移植腱のサイズにより骨孔位置を決定する必要がある。また、outside-in テクニックや transtibial テクニックなどの大腿骨骨孔作製法の違いにより実際の骨孔開孔部の形状が異なるため、2重束再建ではそれぞれの手技に応じて骨孔開孔部が重ならないように調整することが大切である。

脛骨骨孔作製においては medial intercondylar ridge と Parsons' knob を指標とし、ACL 脛骨付着部内で可能な限り前内側に骨孔を作製することが理想的である。ACL 脛骨付着部中央からやや後外側にかけては LM 前方付着部が存在するため、1束再建であれば ACL 脛骨付着部中央への巨大な骨孔設置は避けるべきである。直径9~10mm のリーマーで脛骨骨孔を作製すると LM 前方付着部損傷をきたしやすいとされる¹⁵。また、2重束再建であれば ACL 脛骨付着部の前内側・後内側に骨孔を設置することが理想的であると考えられる³⁻⁵。2重束再建による脛骨骨孔作製の際にも骨孔開孔部が連結しないように注意が必要である。当科では、ACL 脛骨付着部を温存するとともに完全に独立した2つの骨孔を作製するために、PL divergence ガイド (Arthrex, 弘前大学開発) を利用している。脛骨骨孔位置の決定や確認のために ACL 脛骨付着部を郭清するとしても、必要最小限かつ内側1/3程度に留めるべきである¹⁶。

ACL 損傷に伴う MM ramp lesion

近年、ACL 損傷に伴う MM 断裂として ramp lesion という病態が注目されている⁹。Ramp lesion は MM 後節の meniscocapsular tear であり、通常の関節鏡視では確認されにくいことから hidden lesion とも称される。ACL 再建術の際には MM ramp lesion が15~24%の症例に認められるものの、術前 magnetic resonance imaging (MRI) 検査ではそのうちの77%が診断できなかったと報告されている¹⁷。そのため、MM ramp lesion の確認には、後内側ポータルからの関節鏡視や intercondy-

lar notch view などによる観察が必要である。また、断裂部が大きく開大するような MM ramp lesion は、all-inside 法による半月板修復術の適応とされる⁹⁾。一方で、ACL 損傷に伴う比較的安定した MM ramp lesion は、all-inside 法を用いた半月板修復群と shaving による簡便な処置群で臨床成績・MRI 画像による半月板治療の状態において有意差がなかったとの報告も認められる¹⁸⁾。

一般的に ACL 不全膝では脛骨が病的な前方不安定性を呈するため、膝関節不安定性に対する secondary stabilizer である MM にも過剰なストレスがかかると考えられている。とくに、膝関節 90° 屈曲位では MRI 画像において MM 後節が大腿骨顆部と脛骨プラトーに圧迫された形状へと変化し、ACL 再建術により脛骨前方移動が制動されると MM 後節の形状変化が解除される¹¹⁾。また、ACL 損傷に伴う MM 断裂に対して亜全切除や部分切除を施行すると脛骨の前方不安定性が増加してしまうことが知られている¹⁹⁾。同様に、ACL 不全に MM 後角の縦断裂を伴うと脛骨の前方不安定性がより増加するものの、MM を修復することで脛骨前方不安定性を減少させることが可能である²⁰⁾。これらのことから、ACL 再建術は MM 後節への過剰なストレスを軽減することにより MM 断裂の続発を抑制し、軽度の ramp lesion であれば ACL 再建術単独での自然修復が期待されるものと考えられる。一方で、ACL 再建術後における移植腱への負荷や脛骨前方移動量にも MM 後節の状態が関与するため、ACL 損傷に合併する重篤な MM 断裂に対しては ACL 再建術とともに MM 修復術を試みるべきである。

ACL 損傷に合併する LM 後根断裂

ACL 損傷に伴う LM 断裂のうち 29% が LM 後根断裂であるとされ、その危険因子として男性・30 歳未満・接触型の ACL 損傷であることが指摘されている²¹⁾。しかし、術前 MRI で LM 後根断裂を正確に診断することは比較的困難で、MRI 検査では 33% の診断率であるとする報告も認められる²²⁾。当科では、ACL 再建術に伴って LM 後根の修復が必要であろう完全断裂症例を術前に予測するため、MRI 冠状断像における LM 逸脱を計測している¹⁰⁾。正常膝、LM 断裂を伴わない ACL 不全膝、および ACL 損傷に伴う LM 後根部分断裂症例では、MRI 冠状断像における LM 逸脱がほとんど確認されず、基本的にはマイナスの数値となる。一方で、ACL 損傷に合併する完全型 LM 後根断裂では LM 逸脱が 1 mm を超えてくるため、半月板修復術を必要とするであろう

LM 後根断裂の存在を比較的容易に判定することが可能となる¹⁰⁾。ACL 損傷に LM 後根断裂を合併すると pivot-shift テストにおける脛骨前方不安定性が増加する²³⁾。また、LM 後根断裂とともに meniscomedial ligament を切離すると膝関節の接触圧は約 2 倍に増加するが、ACL 再建における脛骨骨孔を利用した LM の pullout 修復により膝関節の接触圧を正常値にまで低下させることが可能である²⁴⁾。これらのことから、meniscomedial ligament の損傷を伴う LM 後根断裂は、posterolateral bundle の脛骨骨孔を利用するなどして確実に pullout 修復する必要がある。同様に、meniscomedial ligament の損傷を伴わない LM 後根断裂に対しても、ACL 再建術後の移植腱に負担をかけないために LM 修復術を併用することが望ましいと考えられる。

ま と め

ACL・半月板合併損傷の治療戦略

- 1) ACL 不全に続発する半月板・膝関節軟骨損傷の状態を悪化させないように、術前待機期間・スポーツ活動度をうまく調整し、精度の高い解剖学的 ACL 再建術を実施する。
- 2) ACL 再建術後における移植腱への負荷や脛骨前方移動量を軽減するために、不安定な MM ramp lesion・バケツ柄状断裂などの重篤な MM 断裂・完全型 LM 後根断裂は確実に修復する。

文 献

- 1) Sanders TL et al : Long-term follow-up of isolated ACL tears treated without ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25 : 493-500, 2017.
- 2) Hara K et al : Anatomy of normal human anterior cruciate ligament attachments evaluated by divided small bundles. *Am J Sports Med*, 37 : 2386-2391, 2009.
- 3) Furumatsu T et al : The anterior cruciate ligament-lateral meniscus complex : A histological study. *Connect Tissue Res*, 57 : 91-98, 2016.
- 4) Shimodaira H et al : Remnant-preserving tibial tunnel positioning using anatomic landmarks in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 32 : 1822-1830, 2016.
- 5) Kodama Y et al : Location of the tibial tunnel aperture affects extrusion of the lateral meniscus

- following reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Orthop Res*, 35 : 1625-1633, 2017.
- 6) Furumatsu T et al : The figure-of-nine leg position for anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Traumatol Surg Res*, 101 : 391-393, 2015.
 - 7) Furumatsu T et al : Iatrogenic injury of the lateral meniscus anterior insertion following anterior cruciate ligament reconstruction : A case report. *J Orthop Sci*, 23 : 197-201, 2018.
 - 8) Risberg MA et al : Changes in knee osteoarthritis, symptoms, and function after anterior cruciate ligament reconstruction : A 20-year prospective follow-up study. *Am J Sports Med*, 44 : 1215-1224, 2016.
 - 9) Thaunat M et al : Classification and surgical repair of ramp lesions of the medial meniscus. *Arthrosc Tech*, 5 : e871-e875, 2016.
 - 10) Kamatsuki Y et al : Complete tear of the lateral meniscus posterior root is associated with meniscal extrusion in anterior cruciate ligament deficient knees. *J Orthop Res*, 36 : 1894-1900, 2018.
 - 11) Inoue H et al : Improvement in the medial meniscus posterior shift following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 26 : 434-441, 2018.
 - 12) Okazaki Y et al : Meniscal repair concurrent with anterior cruciate ligament reconstruction restores posterior shift of the medial meniscus in the knee-flexed position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018. doi : 10.1007/s00167-018-5157-2.
 - 13) Tandogan RN et al : Analysis of meniscal and chondral lesions accompanying anterior cruciate ligament tears : relationship with age, time from injury, and level of sport. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 12 : 262-270, 2004.
 - 14) Sanders TL et al : Is anterior cruciate ligament reconstruction effective in preventing secondary meniscal tears and osteoarthritis? *Am J Sports Med*, 44 : 1699-1707, 2016.
 - 15) Karakasli A et al : Iatrogenic lateral meniscus anterior horn injury in different tibial tunnel placement techniques in ACL reconstruction surgery - A cadaveric study. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 50 : 514-518, 2016.
 - 16) Kodama Y et al : Minimal ablation of the tibial stump using bony landmarks improved stability and synovial coverage following double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Relat Res*, 30 : 348-355, 2018.
 - 17) Malatray M et al : Ramp lesions in ACL deficient knees in children and adolescent population : a high prevalence confirmed in intercondylar and post-eromedial exploration. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 26 : 1074-1079, 2018.
 - 18) Liu X et al : Is it necessary to repair stable ramp lesions of the medial meniscus during anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 45 : 1004-1011, 2017.
 - 19) Zaffagnini S et al : Does meniscus removal affect ACL-deficient knee laxity? An in vivo study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24 : 3599-3604, 2016.
 - 20) Ahn JH et al : Longitudinal tear of the medial meniscus posterior horn in the anterior cruciate ligament-deficient knee significantly influences anterior stability. *Am J Sports Med*, 39 : 2187-2193, 2011.
 - 21) Feucht MJ et al : Associated tears of the lateral meniscus in anterior cruciate ligament injuries : risk factors for different tear patterns. *J Orthop Surg Res*, 10 : 34, 2015.
 - 22) Krych AJ et al : High rate of missed lateral meniscus posterior root tears on preoperative magnetic resonance imaging. *Orthop J Sports Med*, 6 : 2325967118765722, 2018.
 - 23) Frank JM et al : Lateral meniscus posterior root and meniscofemoral ligaments as stabilizing structures in the ACL-deficient knee : A biomechanical study. *Orthop J Sports Med*, 5 : 2325967117695756, 2017.
 - 24) Forkel P et al : The biomechanical effect of a lateral meniscus posterior root tear with and without damage to the meniscofemoral ligament : efficacy of different repair techniques. *Arthroscopy*, 30 : 833-840, 2014.

ACL 再建術後の再損傷予防 — ACL 損傷メカニズムの観点から —

Prevention of Reinjury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction — Based on Video Analysis of Injury Mechanisms

古賀 英之 Hideyuki Koga

● Key words

前十字靭帯損傷, 受傷機転, ビデオ解析

ACL injury : Injury mechanism : Video analysis

● 要旨

ACL 再建術後の再損傷に対し予防法を確立させるための大事なステップとして, われわれは model-based image-matching technique にて非接触性 ACL 損傷の受傷シーンを解析することにより ACL 損傷メカニズムの詳細に明らかにした. ACL 損傷は接地後 40 ms 付近で生じており, 膝外反に伴う外側コンパートメントの圧迫力によって膝内旋および脛骨前方移動が生じることにより ACL が断裂する. また接地時において股関節および足部によるエネルギー吸収が不十分となり膝関節により大きな負荷がかかることが ACL 損傷に寄与している. 以上より予防プログラムは膝関節と股関節の両方に対するアプローチを行なっていくこと, 接地前の動きをコントロールするための “feed-forward strategy” に焦点を当てていくことが重要と考えられた.

はじめに

前十字靭帯 (anterior cruciate ligament : ACL) 損傷はスポーツ活動中に生じることが多く, わが国においてもその数は年々増加傾向にある. ACL 損傷に対する現在の標準治療は ACL 再建術であり, 近年の術式の進歩に伴い短期的には手術により良好な結果が得られるようになったが, スポーツ復帰にはいまだに長期間を要し, また長期的には ACL 再建術は変形性膝関節症への進行を

予防できないとの報告もある. また仮にスポーツ復帰できたとしても, 再建術後の再損傷はかなり高頻度に生じており, ACL 初回損傷のみならず, 再建術後の再損傷に対する予防法の確立が望まれている. そのうえで受傷メカニズムの解明は ACL 損傷の予防を考えるうえでは欠かせない大事なステップである.

受傷メカニズムの研究方法にはさまざまなアプローチがあるが¹⁾, そのなかでも競技中における受傷シーンのビデオ解析は実際の受傷時のバイオメカニカルな情報を得ることができる唯一の方法である. しかしこれまでそ

古賀英之
〒113-8519 東京都文京区湯島 1-5-45
東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科運動器外科学
TEL 03-5803-4020/FAX 03-5803-0401
E-mail koga.orj@tmd.ac.jp

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科運動器外科学
Department of Joint Surgery and Sports Medicine, Graduate School of Medical and
Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University



図1 サッカーにおける ACL 損傷ビデオの MBIM 法を用いた解析

の方法は単純な視覚的分析(ビデオをコマ送りしながら受傷シーンの状況の分析や関節角度の推定を行なう方法)に限られており, より精度の高いビデオ解析方法の開発が必要とされていた²⁾. そこでわれわれはコンピューターグラフィックソフトウェアである Poser[®]を用いて複数の方向のビデオカメラから撮影した人の動きを model-based image-matching (MBIM) の手法で再現する方法を考案し³⁾, 非接触性 ACL 損傷の受傷シーンのビデオを解析することにより ACL 損傷の詳細な受傷メカニズムを明らかにすることを試みた.

非接触性 ACL 損傷におけるバイオメカニクス

MBIM 法を用い, ハンドボール, バスケットボールにおける 2 方向以上から撮影された非接触性 ACL 損傷の受傷シーン 10 例のビデオ解析を行なった⁴⁾. 全例が通常のテレビ放映(アナログ放映)で撮影されていた. 症例は全例女性で, ハンドボール 7 例, バスケットボール 3 例. 全例がゲーム中の受傷であり, 7 例がカットニング動作, 3 例がジャンプ後の片足着地であった. また脛骨前方移動に注目して high definition (HD) 放映されたサッカーにおける非接触性 ACL 損傷の受傷シーンの 1 例についても解析を行なった⁵⁾(図 1).

1) 膝関節のキネマティクス

膝関節のキネマティクスは全例で驚くほど一致していた(図 2A). 接地時屈曲角度は平均 23° と軽度屈曲位であり, 接地後 40 ms の間に 24° 増加していた. 接地時の膝外反角度は平均 0° とほぼ中間位であったが, 接地後 40 ms の間に 12° 増加しており, すべての症例で急激な膝外反変化が接地後 40 ms 以内に生じていた. 一方, 膝回旋角度は接地時には外旋 5° であったが, 接地後 40 ms の間に 8° の急激な内旋を認め, その後 200 ms の間に逆に 17° の外旋が生じていた. また垂直床反力のピーク (peak vertical ground reaction force; peak vGRF) は接地後平均 40 ms で生じていた.

また HD 放映されたサッカーの 1 例においても膝関節のキネマティクスは初めの 10 例と一致していた. すなわち接地後 30 ms までに急激な外反 (21°) および内旋 (21°) が生じており, その後外旋に転じていた. また脛骨前方移動は膝屈曲角度が最大伸展位 (26°) となった接地後 20 ms から急激に生じはじめ, 接地後 30 ms までに 9 mm に達していた(図 2B).

2) 非接触性 ACL 損傷の受傷のタイミング

今まで行なわれてきた受傷シーンのビデオ解析において, 受傷の正確なタイミングは単純な視覚的分析では予測が不可能であると考えられてきた⁶⁾. しかし MBIM

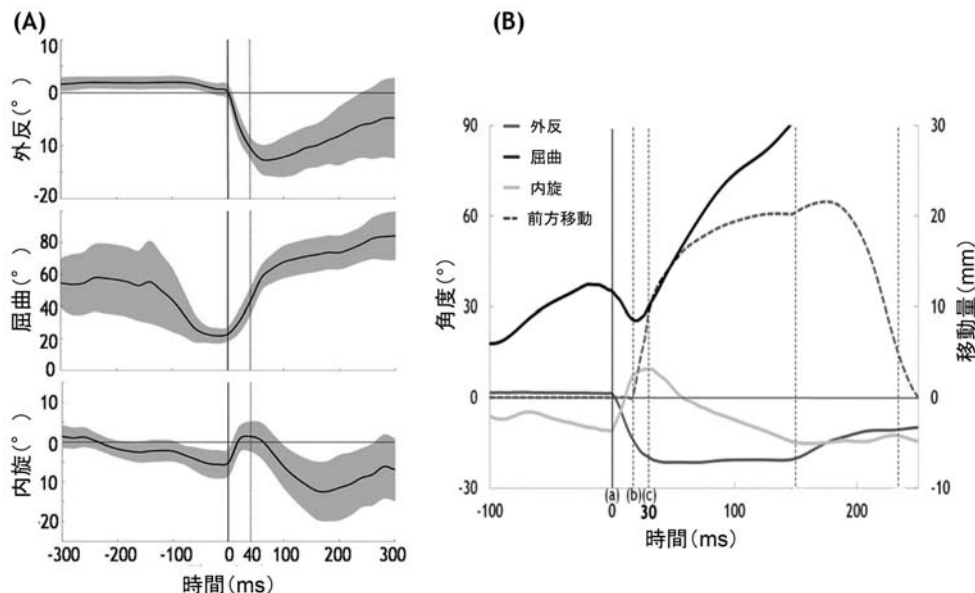


図2

(A)バスケットボール、ハンドボールのACL損傷10例における膝関節のキネマティクス。Time 0は接地時を表す。実線は平均、灰色の範囲は95%信頼区間を表す。(B)サッカーにおけるACL損傷の1例の膝関節のキネマティクス。(a)接地時。(b)接地後20ms。(c)接地後30ms。

法による解析では、以下の criteria を用いることにより受傷のタイミングの推定が可能となった。

- (1) 関節角度の変化が正常でなくなるとき。
- (2) 急激な関節角度の変化がみられたとき。
- (3) 床反力の評価。

われわれの研究においては、急激な膝外反+内旋が接地後40msまでに生じており、垂直床反力のピークは接地後40msで生じていた。またサッカーの1例では急激な脛骨の前方移動が接地後30msには健常者の最大前方引出し量とほぼ一致する9mmに達していた。以上の結果、およびコンピューターシミュレーションモデルにおける片足着地動作ではACLは接地後約40msに最大張力を生じるという過去の報告⁷⁾とから、ACL損傷は接地後40ms付近で生じていると考えられた。

3) 股関節と足関節のキネマティクス

われわれは前述の10例について、股関節と足関節のキネマティクスについても解析を行なった⁸⁾。すると膝関節のキネマティクスとは対照的に、接地時および接地後40msの股関節角度は屈曲52°→53°、外転21°→15°、内旋27°→28°と、股関節内旋位でほぼ一定であった(図3A)。一方、足関節のキネマティクスをみると、全例で接地時は背屈位で踵接地し、20ms後には全足底が床に接地、40ms後には全足底が接地したま

まふたたび背屈位となった。足関節の屈曲角度は平均で接地時は背屈2°、20ms後は底屈10°、40ms後は背屈2°であった。足関節回外角度は接地時7°から40ms後は19°へと有意に増加した。足関節回内角度は接地時外旋5°から40ms後は内旋8°へと有意に内旋方向に増加した(図3B)。

非接触性ACL損傷のメカニズム

これまでの単純な視覚的分析によるビデオ解析では、膝外反+外旋位(いわゆるknee in, toe out)はしばしばみられる受傷肢位である。しかしこの肢位は果たしてACL損傷の原因なのか、それとも単なるACL損傷による結果なのかはこれまで議論の分かれるところであった。われわれの結果では、急激な外反が接地後40msまでに生じていた一方で、接地後40msは内旋が生じ、その後急激に外旋に転じていた。また脛骨前方移動は膝最大伸展位になると同時に生じはじめ、断裂の瞬間まで急激に増加していた。以上の結果と過去の研究⁹⁻¹²⁾から、われわれはACL損傷の瞬間には膝外反による外側コンパートメントへの圧迫力により内旋と前方移動が生じているのではないかと考えた。また膝外旋はACL断裂後に生じており、いわゆるknee in, toe outはACL損傷の後に生じた単なる結果に過ぎないと思われた。以

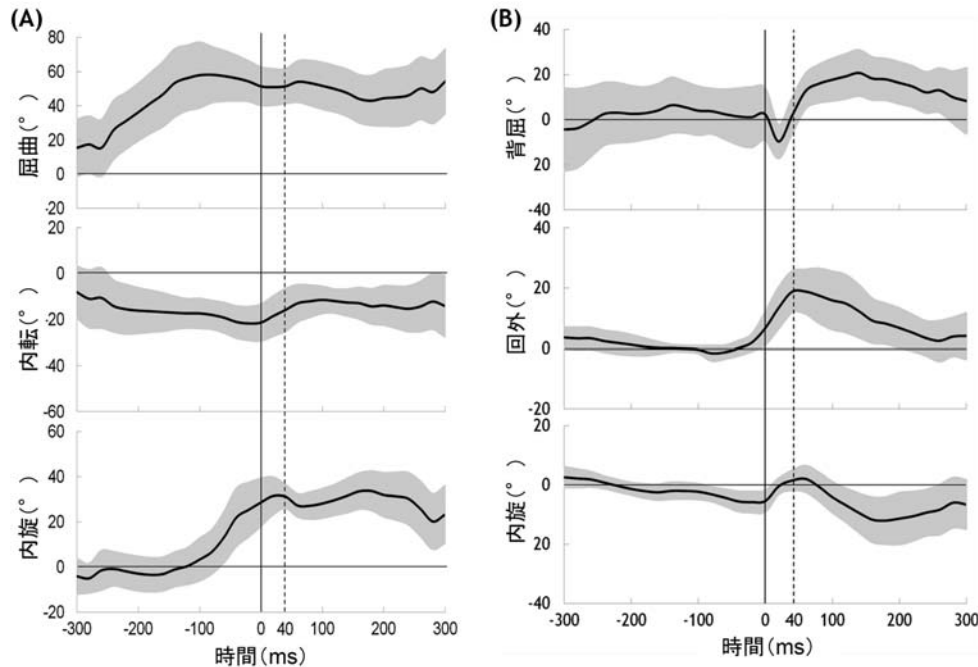


図3 バスケットボール, ハンドボールの ACL 損傷 10 例における股関節(A)および足関節(B)のキネマティクス
Time 0 は接地時を表す。実線は平均, 灰色の範囲は 95 % 信頼区間を表す。

上の結果を踏まえた非接触性 ACL 損傷のメカニズムは以下のとおりである (図4)。

- (1) 膝に外反力が加わると, それによって MCL が緊張し外側コンパートメントに圧迫力が生じる。
- (2) この圧迫力により, 脛骨の骨形態(脛骨外側高原の後傾)によって大腿骨外顆が後方に偏位することにより脛骨前方移動および内旋が生じ, ACL が断裂する。
- (3) ACL 断裂により脛骨前方引出し力に対する primary restraint が消失し, また足部が地面に固定されていることも相まって大腿骨内顆も後方に偏位することにより, ACL の断裂後に脛骨外旋が生じる。

一方で ACL 損傷における股関節の重要性は以前より指摘されていたが^{13,14)}, われわれの研究でも股関節角度は接地時から接地後 40 ms まで屈曲・外転・内旋位で固定されており, そのことが ACL 損傷の発症に大きな役割を果たしていると考えられた。すなわち正常な状態では着地の際に膝・股関節は協調して動き, 股関節でエネルギー吸収することにより膝関節への負荷を軽減させる。しかしアンバランスな着地では膝・股関節の協調した動きがなく, 相対的に膝関節への負荷が増大し ACL 損傷のリスクが増す, と考えられた。

一方, 足関節のキネマティクスについては, 過去の報

告と同様に^{13,15)}, われわれの研究でも全例が足関節背屈位で踵接地しており, 大きな膝外反モーメントが生じていることが示唆された。また接地後急激に全足底が床に接地した後は足底と地面の間に動きがみられなかったことから, 足底と地面の間には高い摩擦力が生じており, 足底が地面に固定されることも股関節ほどではないが ACL 損傷に関与していることが示唆された。

これらの理由から, 受傷時に股関節および足部によるエネルギー吸収が不十分となることから膝関節により大きな負荷がかかり, そのことが ACL 損傷に関与していると考えられる。

メカニズムから考える ACL 損傷の予防

以上の受傷メカニズムに対する知見より, 受傷時には膝外反, 内旋位をとること, 股関節が内旋位で固定されて股関節でのエネルギー吸収ができないことが ACL 損傷の原因と考えられることから, ACL 損傷の予防を考えるうえでは, 膝関節のみならず体幹・股関節に対するアプローチを積極的に行なっていくことも重要と思われる。すなわち予防プログラムにおいては(1)膝外反・内旋位を避け, (2)床反力を股関節で吸収させるために接地時に股関節内旋位を避けて十分屈曲させるようなようなカッティングおよびランディングテクニックを獲

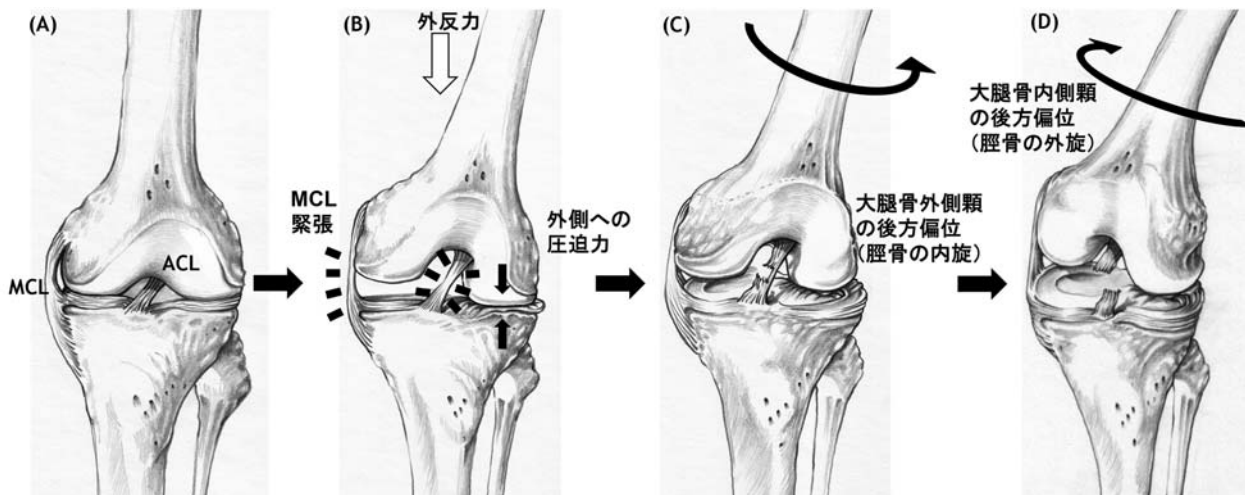


図4 ACL 損傷メカニズム

(A, B)膝に外反力が加わると、MCL が緊張し外側コンパートメントに圧迫力が生じる。
 (C)この圧迫力により大腿骨外側顆が後方に偏位することにより脛骨前方移動および内旋が生じ、ACL が断裂する。
 (D)ACL 断裂により脛骨前方引出し力に対する primary restraint が消失し、大腿骨内側顆も後方に偏位することにより、ACL の断裂後に脛骨外旋が生じる。

得することに焦点を当てるべきである。実際に Omi らは股関節に注目した予防プログラム (HIP プログラム) を女子バスケットボールチームに導入し、ACL 損傷のリスクを有意に減らすことに成功している¹⁶⁾。さらには再損傷予防にも同プログラムを導入し、ACL 再建術後の通常のリハビリテーションプログラムに HIP プログラムを併用することにより、再損傷を 48% 減少させることに成功している。

また、ACL 損傷が接地後 40 ms 程度で生じていることから、いわゆる “feed-back strategy”，すなわち接地後のキネマティクスを矯正することに重点を置く予防プログラムでは ACL 損傷を予防できないことが示唆される (接地後に危険を感じてから反応するには少なくとも 150~200 ms かかる)。このことから、接地前から危険を予知し、また接地前の膝関節や股関節の動きをコントロールするための “feed-forward strategy”，すなわち接地前の筋の pre-activation や神経コントロールなどのトレーニングに予防プログラムの焦点が当てられるべきである。

おわりに

MBIM 法は従来視覚的分析に限られていた受傷シーンのビデオの詳細な解析を可能にし、非接触性 ACL 損傷のメカニズムの詳細を明らかにすることができた。す

なわち ACL 損傷は接地後 40 ms 付近で生じており、膝外反に伴う外側コンパートメントの圧迫力によって膝内旋および脛骨前方移動が生じることにより ACL が断裂する。また接地時から ACL 損傷時までの間、股関節は内旋位にてほぼ一定であること、また足部は踵接地後足底が地面に固定されることから、接地時において股関節および足部によるエネルギー吸収が不十分となる。そのため膝関節により大きな負荷がかかり、ACL 損傷の発症に関与している。以上より予防プログラムは膝関節と股関節の両方に対するアプローチを行なっていくこと、また接地前から危険を予知し、接地前の膝関節や股関節の動きをコントロールするための “feed-forward strategy” に焦点を当てていくことが重要と考えられた。

文 献

- 1) Krosshaug T et al : Research approaches to describe the mechanisms of injuries in sport : limitations and possibilities. Br J Sports Med, 39 : 330-339, 2005.
- 2) Krosshaug T et al : Estimating 3D joint kinematics from video sequences of running and cutting maneuvers--assessing the accuracy of simple visual inspection. Gait Posture, 26 : 378-385, 2007.

- 3) Krosshaug T et al : A model-based image-matching technique for three-dimensional reconstruction of human motion from uncalibrated video sequences. *J Biomech*, 38 : 919-929, 2005.
- 4) Koga H et al : Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries : knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med*, 38 : 2218-2225, 2010.
- 5) Koga H et al : Estimating anterior tibial translation from model-based image-matching of a noncontact anterior cruciate ligament injury in professional football : a case report. *Clin J Sport Med*, 21 : 271-274, 2011.
- 6) Krosshaug T et al : Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball : video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*, 35 : 359-367, 2007.
- 7) Shin CS et al : The influence of deceleration forces on ACL strain during single-leg landing : a simulation study. *J Biomech*, 40 : 1145-1152, 2007.
- 8) Koga H et al : Hip and ankle kinematics in noncontact anterior cruciate ligament injury situations : video analysis using model-based image matching. *Am J Sports Med*, 46 : 333-340, 2018.
- 9) Meyer EG et al : Anterior cruciate ligament injury induced by internal tibial torsion or tibiofemoral compression. *J Biomech*, 41 : 3377-3383, 2008.
- 10) Hashemi J et al : Shallow medial tibial plateau and steep medial and lateral tibial slopes : new risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*, 38 : 54-62, 2010.
- 11) Matsumoto H et al : Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. *J Orthop Sci*, 6 : 28-32, 2001.
- 12) Speer KP et al : Osseous injury associated with acute tears of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*, 20 : 382-389, 1992.
- 13) Boden BP et al : Video analysis of anterior cruciate ligament injury : abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med*, 37 : 252-259, 2009.
- 14) Hashemi J et al : An alternative mechanism of non-contact anterior cruciate ligament injury during jump-landing : in-vitro simulation. *Experimental Mechanics*, 47 : 347-354, 2007.
- 15) Kristianslund E et al : Sidestep cutting technique and knee abduction loading : implications for ACL prevention exercises. *Br J Sports Med*, 48 : 779-783, 2014.
- 16) Omi Y et al : Effect of hip-focused injury prevention training for anterior cruciate ligament injury reduction in female basketball players : a 12-year prospective intervention study. *Am J Sports Med*, 46 : 852-861, 2018.

現場における前十字靭帯損傷膝・再建膝の復帰プログラム

Rehabilitation Program for Return to Play after Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction

田中 彩乃¹⁾ Ayano Tanaka 服部 惣一²⁾ Soichi Hattori
石山 信男^{3,4)} Nobuo Ishiyama 田島 卓也^{4,5)} Takuya Tajima

● Key words

前十字靭帯損傷, 復帰, ラグビー

● 要旨

前十字靭帯再建術後のリハビリテーションは長期に及び、定期的な医師の診察と復帰目標に向けたプログラムの立案と実行を繰り返す。現場では競技特性を踏まえた動作を確認し、不十分な部分に配慮したトレーニングを追加、また試合で必要とされるフィットネスやスキルを global positioning system 等を用い評価する。

再発予防に関しては個々の身体特性に合わせたウォーミングアップやセルフケアの指導を行なう。選手自身が身体を理解し、自らに必要なタイミングで積極的に行なうことが大切である。

女子 15 人制ラグビー日本代表チームでの現場を例に、競技復帰に向けたメディカルスタッフとコーチとの連携した取り組みを紹介する。

はじめに

前十字靭帯 (anterior cruciate ligament ; ACL) 再建術後の復帰までのリハビリテーションは長期に及び、近年

は術後 8 ヶ月前後を復帰の目安とするプロトコルが多く散見される¹⁾。われわれ理学療法士やアスレティックトレーナーは、定期的な医師の診断結果を確認しながら復帰の時期を見積もっていき、それに標準を合わせて具体的なプログラムを立案し実行している。また復帰まで

田中彩乃
〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1
国立スポーツ科学センター
スポーツメディカルセンター
アスリートリハビリテーション
TEL 03-5963-0213

- 1) 国立スポーツ科学センタースポーツメディカルセンターアスリートリハビリテーション
Athlete Rehabilitation, Sports Medical Center, Japan Institute of Sports Sciences
- 2) 亀田メディカルセンタースポーツ医学科
Department of Sports Medicine, Kameda Medical Center
- 3) 日本体育大学保健医療学部整復医療学科
Department of Judo Therapy and Medical Science, Faculty of Medical Science, Nippon Sport Science University
- 4) 日本ラグビーフットボール協会
Japan Rugby Football Union
- 5) 宮崎大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Miyazaki

の計画を示すことは選手・スタッフ間の共通認識として重要である。

筆者が関わってきた女子ラグビーにおいても ACL 損傷の発生率は高いとされており、2017 年に開催された 15 人制女子ラグビーワールドカップにおける報告では ACL 損傷の受傷率が第 1 位である²⁾。また、2017 年に行なわれた国内の女子セブンズシリーズ 4 大会においても ACL 損傷の発生率は足関節捻挫に次いで高いことが報告されている³⁾。ラグビーはコンタクトプレーが多く発生する競技だが、ボールをもってディフェンスをかわしながら走るカッティングやステップを切る動きも多く、ノンコンタクトおよびコンタクトの両方の状況を想定する必要がある。

こういった復帰への過程を、15 人制ラグビー女子日本代表チームの現場を例にあげて、アスレティックトレーナー、医師、コーチとの連携した取り組みを紹介する。

ACL 術後のリハビリテーションプロトコール

近年は 8 ヶ月前後を復帰の目安とすることが多いが、

具体的な復帰の時期は、競技特性や半月板損傷などの他の合併症の有無、また目標としたい試合の時期についても考慮し設定される。術後のプロトコールの一例を示す¹⁾(表 1)。

術後初期の病院やリハビリテーション施設で行なう基礎的な動きのトレーニングから開始し、概ね 4 ヶ月以降になると、ランニング、ストップ、ターン、カッティングなど徐々に実践に即した動きの習得が目標となる。段階的に負荷が上がることに伴い、移植腱の採取部、膝蓋下脂肪体、膝関節外側や膝窩など筋腱の付着部にしばしば痛みを訴えることがある。物理療法、疼痛部位や筋のアンバランスに対する筋膜リリースなどの徒手療法、関節のリアライメントの他、必要あれば鍼灸の依頼をして対処している。また、チームスタッフ間でプログラムの進行調整の必要について検討することもある。

部分練習参加の時期になると、競技特性を踏まえた動作の確認をし、不十分と思われる部分はそれに配慮したトレーニングを追加し、全体練習への参加、さらに試合復帰に向けて準備していく。

表 1 術後プロトコールの一例(文献 1 より抜粋)

	術前	メディカルリハビリテーション期								アスレティックリハビリテーション期		部分復帰期		完全復帰期	
		手術後 1 日	1 週	2 週	3 週	4 週	5 週	6 週	7 週	8 週	前期(3 ヵ月)	後期(4 ヵ月)	5 ヵ月	6.5 ヵ月	8 ヵ月
荷重		可及的 全荷重													
装具			室内 off								装具 on		装具 on, または テーピング・サポーター		
可動性	可動域 ex. 伸展 (HHD) 屈曲 (HH)	HHDO 獲得									可及的早期に HHDO を目指す				
	膝蓋下脂肪体の柔軟性の獲得	HHO 獲得	110-120	120				130	140				可及的に HHO へ		
筋力	膝伸筋		クアドセッティング, SLR, 1/4 スクワット									レッグエクステンション			
	伸展筋力健患比 77.5% 以上										エアロバイク		ハーフスクワット		
	膝屈筋												レッグランジ・片脚スクワット		
	等速性筋力評価 (目標値)												多方向ランジ		
	股関節周囲筋・足関節周囲筋												側面ブリッジ・フロントブリッジ		
	体幹												側面ブリッジ・フロントブリッジ		
													ジョギング		
													ランニング (加速走)		
													ハーキーステップ		
													サイド・バック・クロスステップ		
													カッティング		
													ダッシュ		
													両脚・片脚ジャンプ・着地動作		
													健患比 70% 以上で対人以外のプレー		
													健患比 80% 以上で競技復帰		
スポーツ動作													動きが不十分なものは動作学習を継続		

コンタクトプレーにおけるプログレッションメニュー

ラグビーのコンタクトプレーの動きで基礎的なものであるヒット(当る), ドライブ(脚を動かして前に進む), ダウン(身体をグラウディングする, ボールをリリースする)といった自分自身でコントロールできる動きから



図1 お尻タッチゲーム
片手をお互いにつなぎ、空いているほうの手で相手のお尻にタッチする。お互い触られないように動きながら20秒間行なう。

開始し、実際のコンタクトシチュエーションを想定してコンタクトの強度やスペースの広さ、またタックルする側かもしくはされる側なども考慮し段階的なメニューを組み立てる。膝の術後の場合、選手はタックルされるほうに恐怖感があることが多くみられる。

具体的なトレーニング例をいくつかあげる。手をつないだまま相手のお尻にタッチするゲームは、相手の動きに合わせて近距離で素早い動きを行なう(図1)。脇とりゲームは上半身をぶつけ合うコンタクトの要素も含まれる(図2)。開始姿勢を長座から行なうレスリング(相手を倒す)は、どちらもタックルされる側となり得る(図3)。反対側をもたれての片足ジャンプはタックルされ足を掴まれた際にコントロールすることを想定して行なう(図4)。

GPS (global positioning system) による評価

通常の練習よりGPSを装着し、実践練習や試合形式におけるフィジカルの評価を行っており、GPSでは総走行距離や平均速度、最大速度、速度別走行距離(割合)、スプリント回数などを測定することができる。こういった値を同じポジションの選手や受傷以前の本人の値と比較し、現状のフィジカルを評価している。実際の



図2 脇とりゲーム
自分の脇はしめて取られないようにしながら、相手に上半身を当て相手の脇を取りに行く。20秒間行なう。



図3 長座からのレスリング
背中を向け合って長座になったところからスタートする。合図に合わせて相手に向き合い上半身を押しえ込む。



図4 片足ジャンプ
片足をもたれた状態で高くジャンプする。

現場で測定した具体的な数値の一例を示す(表2)。

競技復帰に際しては、S&C(strength & conditioning)コーチをはじめとした他のスタッフと情報交換を行ない、実践を多く積み重ねていくなかで、試合で必要とさ

れるフィットネスやスキル等が十分に備わっているかどうかを検証していく。その評価結果により、膝を含めた機能的な部分の問題なのか、あるいはスピードやフィットネスに重点を置いたトレーニングを多く行なうのかなど、スタッフ間で検討を加え安全な復帰をめざす。

再発予防

再発予防のために選手の個々の身体の特徴に合わせたウォーミングアップやセルフケアについての指導を行っている。セルフケアをすることによって選手自身が自分の身体についてよく観察し、不調を察知しそれにまず自分自身で対処を行ない、それを踏まえてトレーナーとコミュニケーションすることができるようになることを目的にしている。ストレッチポールやストレッチバンドなどを使ったセルフケアの方法を習得できるように指導する。

さらに、セルフウォーミングアップを全体での練習以外の場面において自らに必要なタイミングで積極的に行なえるようにしている。選手はアスレティックトレーナーやS&Cコーチと相談しながら、筋温の上昇、柔軟性・可動性の向上、筋力発揮の促進、瞬発性・俊敏性の向上などを目的に各個人に合わせたウォームアップメニューを組んでいる。股関節や肩甲帯の可動性を出すよ

表2 GPSの測定数値の例

SESSION ALL														
名前	Avg Dur (Sess)	Avg Dist (Sess)(m)	Meter age Per Minut e	Zone 1 Dist %	Zone 2 Dist %	Zone 3 Dist %	Zone 4 Dist %	Zone 5 Dist %	Zone 6 Dist %	High Spee d Runni ng %	Max Vel (km/h)	Vel B6 Avg Eff # (Sess)	Sprint #	A #
	01:13:51	5329	72.1	32%	31%	26%	5%	6%	0%	10	24.8	1	22	58
	01:03:40	4494	70.6	33%	32%	24%	4%	7%	0%	11	23.1	0	20	165
	01:24:57	5662	66.6	42%	33%	16%	3%	5%	1%	9	26.1	3	24	46
	00:53:11	3619	68.0	36%	39%	19%	3%	2%	0%	5	21.4	0	8	120
	01:24:57	5992	70.5	45%	30%	17%	3%	4%	1%	8	26.2	2	23	25
	01:24:57	6400	75.3	28%	32%	32%	4%	3%	0%	7	25.8	1	22	260
	00:53:11	4238	79.7	26%	30%	34%	5%	4%	0%	10	22.4	0	16	160
	01:17:25	5807	75.0	34%	34%	18%	3%	7%	3%	13	26.7	11	42	43
	01:24:57	6080	71.6	29%	37%	27%	3%	3%	0%	7	39.3	1	18	36
	00:54:48	4157	75.8	40%	31%	21%	3%	4%	0%	7	26.3	0	11	151
Average	01:11:36	5178	72.5	34%	33%	23%	4%	5%	1%	9	26.2	2	21	106
Stdev	00:14:02	968.8	3.9	6.4	3.0	6.2	0.8	1.5	1.1	2.3	4.9	3.3	9.2	77.2

Avg Dist : 走行距離。
 Meterage Per Minute : 1分当たりの走行距離、運動量として評価する。
 Zone 1~6 : 走行速度別に分けて走行時間の割合をパーセンテージで表示。Zone 3はジョギング、Zone 4はラン、Zone 5スプリントを示す。
 High Speed Running : Zone 4~6を占める割合でいわゆるゲームスピードを示す。

うな動き，体幹の安定性や股関節膝関節の筋力発揮を促す動き，ジョギング，スプリント，加速と減速や，ラダー・ミニハードルを使った瞬発性・俊敏性を意識した内容など，おのおのウォーミングアップメニューを行なう。

結 語

100%を超える復帰のため，選手本人やスタッフ間の情報共有を密に行ない，段階的なプログラムを計画する。状況に合わせ適宜プログラムの修正と対処を行ない目標達成に向けて進めていく。さらに試合復帰に向けて，S & C コーチ等他スタッフとの連携からフィジカルやスキルについても十分に獲得できるプログラムを組む。またセルフコンディショニングの大切さを見直し，選手が自分の身体としっかり向き合えるように促すことが再発予防にも重要と考える。

文 献

- 1) 今屋健ほか：前十字靭帯再建後のリハビリテーション。In：福林徹ほか，ed. アスレティックリハビリテーションガイド。第2版，文光堂，東京：176-185, 2018.
- 2) Women's Rugby World Cup 2017 Summary of Results. World Rugby：2018. [https://playerwelfare.worldrugby.org/content/getfile.php?h=9b829445378748b4b0b0034b3c3f94a4&p=pdfs/Women%27s_Rugby_World_Cup_2017_Review_\(16_January_2018\)_EN.pdf](https://playerwelfare.worldrugby.org/content/getfile.php?h=9b829445378748b4b0b0034b3c3f94a4&p=pdfs/Women%27s_Rugby_World_Cup_2017_Review_(16_January_2018)_EN.pdf)
- 3) 2017 年度太陽生命ウィメンズセブンズシリーズ参加チームにおける外傷・障害調査。（公財）日本ラグビーフットボール協会：2018.

前十字靭帯損傷患者における術前心理状態の特徴

Characteristics of Preoperative Psychological State in Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury

仙石 拓也 ¹⁾	Takuya Sengoku	中瀬 順介 ²⁾	Junsuke Nakase
高田 泰史 ²⁾	Yasushi Takata	下崎 研吾 ²⁾	Kengo Shimozaki
浅井 一希 ²⁾	Kazuki Asai	土屋 弘行 ²⁾	Hiroyuki Tsuchiya

● Key words

ACL 損傷, スポーツ心理, Profile of mood states 2nd (POMS2)

● 要旨

目的：前十字靭帯再建患者における術前の心理状態を検討すること。

方法：前十字靭帯再建患者 50 名 (男性：28 名, 女性：22 名, 平均年齢：21.9±9.7) を対象とし, 性別, 活動レベル, 年代別カテゴリーの 3 つの方法で術前の心理状態を比較した。

結果：性別, 活動レベル, 年代別カテゴリーで【総合的気分状態】に統計学的有意差を認めなかった。性別の比較では, 【友好】で男性のほうがポジティブな心理状態を示した。年代別カテゴリーでは, 高校生が中学生よりも抑うつや落ち込みが強かった。

結論：高校生は競技生活を継続する転換期ともいわれ, ネガティブな心理状態を示した。また, 女性は男性と比較し, 他者との関わりでポジティブな心理状態を示さなかった。

はじめに

前十字靭帯 (anterior cruciate ligament ; ACL) 損傷は, スポーツの現場で頻発する膝関節外傷の 1 つであり, 再建術後のスポーツ復帰までに 6~10 ヶ月要すると報告されている¹⁾。また, ACL 再建術を行なった患者のスポーツ復帰率は 81% であったが, 術前レベルより高いレベルで復帰できたのは 55% との報告もあり²⁾, 受傷後の競技生活に大きな影響を及ぼす。

これまで ACL 再建術後のスポーツ復帰に関する研究は数多く行なわれており, 術後の復帰率には, 個人因

子, 身体機能, 心理面が影響を与えると報告されている^{2,3)}。近年, これらの因子の中でも心理面が注目されており^{4,5)}, Tampa scale for kinesiophobia (TSK) や Lysholm score, visual analogue scale (VAS) などを用いた研究が多く存在する^{6,7)}。TSK は恐怖回避施行の尺度, Lysholm Score は膝関節の不安定性を評価しており, VAS は独自の評価項目を用いて行なわれている。これらの評価方法は, ネガティブな側面に視点を向けた評価になりがちである。しかし, 先行研究ではスポーツ復帰が可能であった選手はリハビリテーション中のモチベーションが高く, 膝関節の機能や活動レベルに対する満足度が高いと報告されている⁸⁾。これを踏まえると

仙石拓也
〒920-8641 金沢市宝町 13-1
金沢大学附属病院リハビリテーション部
TEL 076-265-2013

1) 金沢大学附属病院リハビリテーション部
Department of Rehabilitation, Kanazawa University Hospital
2) 金沢大学附属病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kanazawa University Hospital

ACL 再建術患者においてはポジティブ・ネガティブの両側面から心理状態を捉えることが重要である。また、ACL 再建術患者の周術期の心理状態を把握することは、スポーツ復帰の時期を予測する1つの因子として有用な情報であると考えられるが、それらの詳細については明らかではない。

本研究では、profile of mood states 2nd edition (POMS2)を用いて ACL 再建術患者における周術期の心理状態を評価した。POMS2 とは、比較的長く持続する感情状態のみならず、揺れ動く一過性の感情を素早く評価できる検査であり、ネガティブ要素5項目、ポジティブ要素2項目の計7項目から構成される。5つのネガティブ要素である【怒り-敵意】(anger-hostility ; AH), 【混乱-当惑】(confusion-bewilderment ; CB), 【抑うつ-落ち込み】(depression-dejection ; DD), 【疲労-無気力】(fatigue-inertia ; FI), 【緊張-不安】(tension-anxiety ; TA)の合計点からポジティブ要素である【活気-活力】(vigor-activity ; VA)を引いたものが【総合的気分状態】(total mood disturbance ; TMD)として算出される。また、これに加えポジティブ要素には【友好】(friendliness ; F)が独立して存在する。心理状態の結果は、ネガティブ要素および TMD は低いほど、ポジティブ要素は高いほどよい状態であると解釈される。

本研究の目的は、ACL 再建患者における術前の心理状態について POMS2 を用いて検討することである。

方 法

本研究は、金沢大学医学倫理審査委員会の承認を受けて実施した。対象は、2015~2017年に当院整形外科にて前十字靭帯再建術を施行した98名中、術前評価が実施でき、スポーツを行なっている50名(男性28名,女性22名,年齢:21.9±9.7歳)とした。対象者には、同一の説明用紙を用いて本研究の趣旨を説明し、術前日に POMS2 を用いた心理状態の評価を行なった。POMS2 の総得点である TMD と、AH, CB, DD, FI, TA, VA,

F の各項目について、それぞれ1)性別、2)活動レベル、3)年代別カテゴリーの3つの方法で比較した。

2)活動レベルの群分けは Tegner activity level scale を用いた。競技レベルとレクリエーションレベルの1つの区切りとも考えられる level 8 を基準とし、8未満(24名)と8以上(26名)の2群に分けて比較を行なった。また、3)年代別カテゴリーの群分けは、中学生(10例)、高校生(9例)、大学生(15例)、社会人(15名)の4群として比較を行なった。50名中1名は小学生であり、年代別カテゴリーの比較においては除外した。

POMS2 で得られた得点は T 得点化し比較を行なった。T 得点化することで年齢や性別を考慮した状態に正規化することができ、尺度やフォーム、個人、検査間で妥当な比較が可能になる。

統計学的検討は性別、活動レベルにおいては対応のない t 検定、年代別カテゴリーにおいては Tukey-Kramer の HDS 検定による多重比較検定を用いて TMD および各項目の比較を行なった。

結 果

患者全体の特性を表1、競技種目を表2に示す。

1)性別による TMD の比較では、男性 46.5±6.4 点、女性 46.4±7.7 点($p=0.82$)であり統計学的有意差を認めなかった(図1)。しかし、各項目の検討では F の比較で男性 57.5±8.6、女性 50.8±10.3 点($p=0.02$)と統計学有意差を認め、男性のほうが友好関係でポジティブな心理状態を示した(図1)。

2)活動レベルによる比較では、Tegner activity level scale が8点未満(平均 6.2±0.7 点)のレクリエーション群、8点以上(平均 8.8±0.4 点)の競技群の2群で比較した。TMD の比較では、レクリエーション群 45.6±6.6 点、競技群 47.2±7.3 点($p=0.59$)であり、統計学的有意差は認めなかった(図1)。また、各項目の比較においても統計学的有意差を認めた項目はなかった。

3)年代別カテゴリーによる TMD の比較では、中学生

表1 対象者情報

	男	女	全体
人数(名)	28	22	50
年齢(歳)	22.0±9.9	21.8±9.7	21.9±9.7
身長(cm)	173.6±8.4	160.4±6.9	167.8±10.1
体重(kg)	67.4±15.4	55.4±7.5	62.1±13.8
BMI(kg/m ²)	22.2±4.0	21.5±1.8	21.9±3.2
Tegner	7.6±1.5	7.5±1.4	7.6±1.4

42.9±8.5点, 高校生 49.8±8.9点, 大学生 47.0±5.0点, 社会人 46.1±6.0点であり, 統計学的有意差を認めなかった(表3). しかし, 各項目の検討では, DD の比

較で中学生 45.1±6.5 と高校生 54.8±10.2 の間 ($p=0.02$)に統計学的有意差を認め, 術前に高校生が抑うつや落ち込みが強く生じ, よりネガティブな心理状態を示した(図1).

表2 対象者の競技種目

競技種目	人数(名)
バスケットボール	13
サッカー	13
バレーボール	7
野球	6
バドミントン	3
テニス	2
陸上	2
ハンドボール	1
水球	1
ダンス	1
モトクロス	1

考 察

近年, スポーツ復帰と心理状態に関する研究が多く行なわれており, スポーツ復帰の時期との関連が報告されている⁹⁾. また, ACL 再建術前の心理状態に関する研究では, 青年は成人と比較し, 術前の心理的準備のため気分障害レベルが高くなると報告されている¹⁰⁾. 本研究では, 性別, 活動レベル, 年代別カテゴリーの3つの方法でTMDの比較を行なったが, 統計学的有意差を認めなかった. すべての検討においてTMDのT得点は, 平均的なレベルの懸念といわれる40~60点の範囲内であった. しかし, 各項目の比較では高校生と中学生の間でDDに統計学的有意差を認めた.

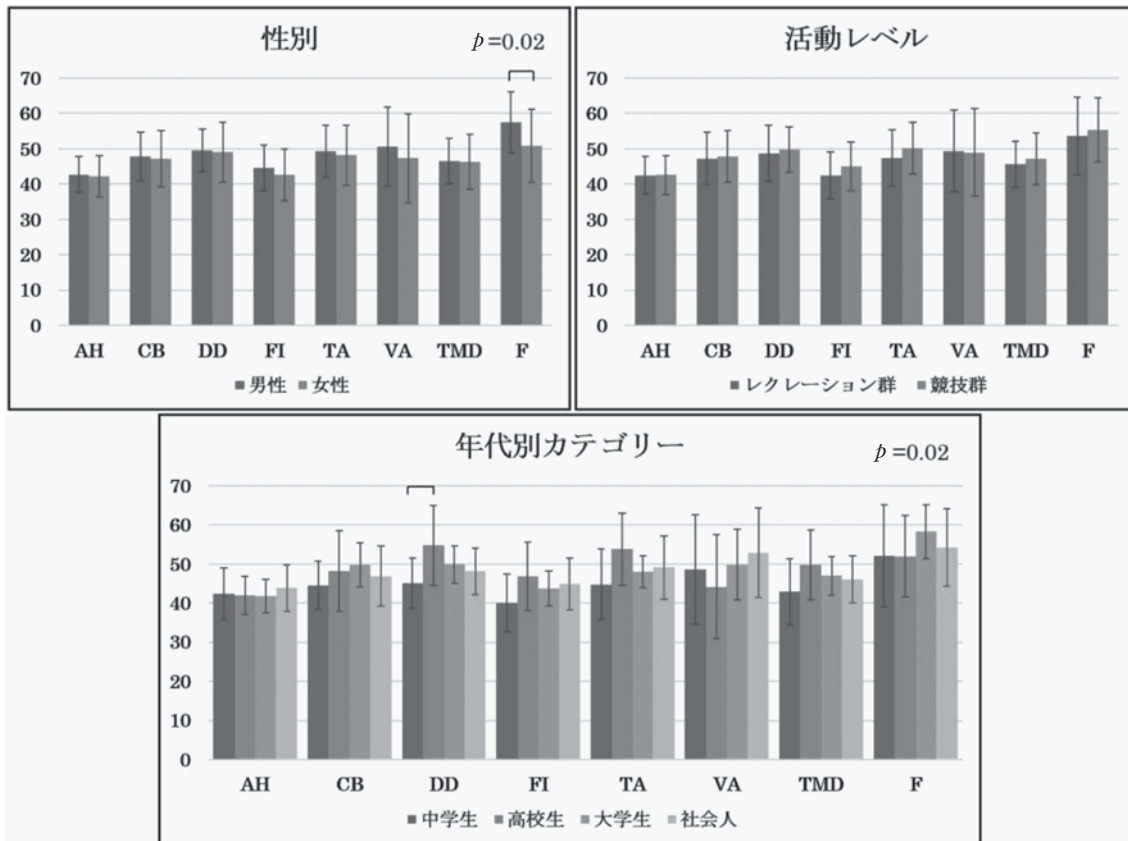


図1 各群分けにおける項目ごとの比較

性別による比較で【友好】が $p=0.02$ となり統計学的有意差を認めた. また, 年代別カテゴリーにおいて中学生と高校生の間で【抑うつ-落ち込み】が $p=0.02$ となり, 統計学的有意差を認めた.

表3 TMDの比較

年代別カテゴリーの比較 (TMD)			
中学生	高校生	大学生	社会人
42.9±8.5	49.8±8.9	47.0±5.0	46.1±6.0
	<i>p</i>		<i>p</i>
中-高	0.15	高-大	0.77
中-大	0.47	高-社	0.59
中-社	0.66	大-社	0.99

年代別カテゴリーでの比較の結果、すべての項目で統計学的有意差は認めなかった。

DDは自信喪失感を伴う抑うつ気分を表す因子であり、得点が高いほど「自分は価値観のない人間だと感じる」、「孤独感」、「罪悪感」などの感情が強いことを示している。高校生のDDが有意に高値を示した理由の1つとして、思春期後期は、スポーツ活動を行なうにあたって、今後の競技生活を継続するか一般生活に戻るかの転換期¹¹⁾ともいわれており、高校生のほうがスポーツ復帰に対する不安が大きかった可能性が考えられた。

また、男女間の比較において、Fで統計学的有意差を認めた。Fは他者に対する感情や友好関係を含むポジティブな面を評価する指標である。術前の心理状態として、女性のほうが他者との関わりで抱くポジティブな感情が低いことが示された。このことから、医療者は臨床場面において、患者がポジティブな感情を抱くように信頼関係を築くことが必要であると考えられた。また、FはTMDには反映されず独立した項目であるため、評価をする際にも注意が必要な項目である。近年、女性アスリートの活躍が目立つなかで、男女の心理状態の違いはスポーツ復帰に関連する可能性もあり、今後はスポーツ復帰までの経過を踏まえた検討を行なっていく必要がある。

本研究の限界の1つとして、対象人数が少ないため、年代別カテゴリー内での比較では、性別や活動レベル、競技種目までは比較することができなかった。今後の課題は被験者数を増やし、性別や競技種目ごとの比較、術前待機期間、スポーツ復帰との関連性を示していくことである。

結 論

前十字靭帯再建術前において、性別、活動レベル、年代別カテゴリーの3つの方法でTMDを比較したが有意差を認めなかった。しかし、高校生が中学生と比較して抑うつや落ち込みを強く示した。また、女性は男性と比較し、他者との関係で抱くポジティブな感情が低いこと

が示された。

文 献

- 1) Myklebust G et al : Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery : Br J Sports Med, 39 : 127-131, 2005.
- 2) Ardern CL et al : Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery : an update systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. Br J Sports Med, 48 : 1543-1552, 2014.
- 3) Ardern CL et al : Psychological aspects of anterior cruciate ligament injuries. Operative Techniques in Sports Med, 24 : 77-83, 2016
- 4) 小坂正裕ほか：高校女子ハンドボール・バスケットボール選手における前十字靭帯損傷の発生と性格・心理学的特性の関連性. 整スポ会誌, 34 : 35-38, 2014.
- 5) Ardern CL et al : A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. Br J Sports Med, 47 : 1120-1126, 2013.
- 6) Lefevre N et al : Return to sports after primary and revision anterior cruciate ligament reconstruction : A prospective study of 552 patients from FAST cohort. Am J Sports Med, 45 : 34-41, 2017
- 7) Nwachukwu BU et al : Preoperative short form health survey score is predictive of return to play and minimal clinically important difference at a minimum 2-year follow-up after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med, 45 : 2784-2790, 2017.
- 8) Sonesson S et al : Psychological factors are impor-

- tant to return to pre-injury sport activity after anterior cruciate ligament reconstruction : expect and motivate to satisfy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25 : 1375-1384, 2016.
- 9) Ardern CL et al : Sports participation 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes who had not returned to sport at 1 year. *Am J Sports Med*, 43 : 848-856, 2015.
- 10) Udry E et al : Psychological readiness for anterior cruciate ligament surgery : describing and comparing the adolescent and adult experiences. *J Athl Train*, 38 : 167-171, 2003.
- 11) 東澤知輝ほか : 思春期サッカー選手における疾病既往とスポーツ活動との関係について. *日臨スポーツ医会誌*, 9 : 368-371, 2001.

大学男子サッカー選手の Jones 骨折術後再骨折における骨形態の検討

Morphological Characteristics of the Foot with Refracture after Jones Fracture Surgical Treatment in Collegiate Soccer Athletes

藤高 紘平¹⁾ Kohei Fujitaka 谷口 晃²⁾ Akira Taniguchi
磯本 慎二³⁾ Shinji Isomoto 大久保 衛¹⁾ Mamoru Okubo
熊井 司⁴⁾ Tsukasa Kumai 田中 康仁²⁾ Yasuhito Tanaka

● Key words

Jones 骨折再骨折, サッカー, 骨形態

●要旨

目的：大学男子サッカー選手の Jones 骨折術後における再骨折例の骨形態の特徴を明らかにすることを目的とした。

方法：Jones 骨折の術後に競技復帰したが再骨折に至った大学男子サッカー選手(再骨折群)6名6足と、Jones 骨折の術後に競技復帰し再骨折しなかった大学男子サッカー選手(治癒群)25名25足の、荷重位 X 線足部正面像を mapping system で評価し比較した。

結果：再骨折群は治癒群よりも第 4/5 中足骨間角が有意に大きかった。

結論：Jones 骨折の術後再骨折を発生した大学男子サッカー選手では、Jones 骨折の術後再骨折をしなかった大学男子サッカー選手と比較して、第 5 中足骨が第 4 中足骨底を中心として外転位に位置していた。

はじめに

サッカー競技は、カッティングやサイドステップ動作の多いスポーツであるため、Jones 骨折の発生頻度が高いと報告されている^{1,2)}。Jones 骨折は遷延治癒もしくは偽関節になりやすいと報告されている^{1,3)}。そのため、スポーツ選手における Jones 骨折に対しての治療の第一選択としては手術療法が多く報告⁴⁾されているが、術後

の再骨折における報告も散見される⁵⁾。とくにスポーツ選手など活動性の高い者において、Jones 骨折術後再骨折に陥ると、スポーツ復帰に支障をきたすことが報告されている^{1,6,7)}。そのため、Jones 骨折に対しての適切な治療を行なっていくには再骨折の発生因子を考慮する必要がある。しかし、Jones 骨折の発生における足部構造に着目した研究はあるが、Jones 骨折の再骨折に関する第 5 中足骨の長さや足根骨との位置関係を含む足部構造に着目して調査した研究はない。そこで本研究では、大

藤高紘平
〒581-0013 八尾市山本町南 1-3-4
ノーブル山本ビル 3F
貴島病院本院附属クリニック
TEL 072-999-9914
E-mail fujitakal102@yahoo.co.jp

- 1) 貴島病院本院附属クリニック
Kishima Hon-in Clinic
- 2) 奈良県立医科大学整形外科教室
Department of Orthopaedic Surgery, Nara Medical University
- 3) 奈良県総合医療センター整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nara Prefecture General Medical Center
- 4) 早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, Waseda University

学男子サッカー選手の Jones 骨折術後再骨折例における骨形態の特徴を検討した。

対象と方法

1. 対象

2003～2016年の間に同一大学サッカーチームに所属した大学男子サッカー選手のなかから、在学中に Jones 骨折を発生した大学男子サッカー選手を対象として抽出した。大学在学中および大学入学前に Jones 骨折の診断を受け、手術治療を実施し競技復帰した後に、在学中に再骨折に至った大学男子サッカー選手(6名6足)を再骨折群とした。また、大学在学中に Jones 骨折の診断を受け、手術治療を実施し競技復帰した後に、在学中に再骨折に至らなかった大学男子サッカー選手(25名25足)を治癒群とした。本研究を行なうに際し、ヘルシンキ宣言に則りチームにおけるスタッフ・選手に説明し同意を得た。

2. 方法

再骨折群および治癒群に対し、メディカルチェックとしての調査と、荷重位での X 線足部正面像の撮影を行なった。メディカルチェック調査結果と画像データを再骨折群と治癒群とで比較した。再骨折群と治癒群ともに、術後に競技復帰の段階で撮影された荷重位 X 線足部正面像を分析に使用した。

1) メディカルチェック調査項目

i) 身長および体重

再骨折群においては再骨折した時点、治癒群においては競技復帰の段階の X 線画像を撮影した時点で、身長と体重の測定を行なった。

ii) 競技年数および復帰後経過日数

アンケート調査にてサッカー開始時期を調査し、再骨折群および治癒群において大学入学前までの競技年数を算出した。また、再骨折群において競技復帰してから再骨折するまでの復帰後経過日数、治癒群においては競技復帰してから大学サッカー競技を終了するまでの復帰後経過日数を調査した。

iii) サッカー参加率

全米大学体育協会(National Collegiate Athletic Association, 以下 NCAA)による Injury Surveillance System(以下, ISS)の定義⁸⁾を参考に、再骨折群と治癒群の athlete-exposures(以下 AE, 1人の選手が1試合もしくは1回の練習に参加すると 1AE とする)を算出した⁹⁾。再骨折群においては競技復帰してから再骨折するまで、または大学入学してから再骨折するまでの日数を算出し、治癒群においては競技復帰してから大

学サッカー競技を終了するまでの日数を算出し、経過日数とした。対象者それぞれの AE を経過日数で除してサッカー参加率を算出した。

2) 荷重位 X 線足部正面像分析

i) 荷重位 X 線足部正面像撮影方法

再骨折群および治癒群に対し、荷重位での X 線足部正面像の撮影を行なった。X 線撮影テーブルに自然立位の肢位にて撮影を行なった。荷重位 X 線足部正面像は、撮影する側の一側足を cassette に接地した片脚立位となり撮影した。X 線中心線は第 2 中足骨遠位端に足尖側より 15 度足後部へ向けて照射し、照射距離を 100 cm とした¹⁰⁾。

ii) 荷重位 X 線足部正面像の mapping system による分析

得られた荷重位 X 線足部正面像をコンピュータに取り込み mapping system¹⁰⁾を使用して評価した。

第 2 中足骨における近位および遠位骨幹の中点を通る直線を X 軸と定義し、X 軸が第 2 中足骨近位関節面と交差する点を原点(0,0)とし原点に直行する直線を Y 軸と定義した。X 軸方向は遠位側を正の値とし、Y 軸方向は母趾側を正の値とした。また X 軸が第 2 中足骨頭と交わる点を(100,0)とし、すべての計測値を標準化した。レントゲン画像上の各定点を以下のように定義し、X, Y 座標で表した。

MB1～MB5; 第 1～5 中足骨の骨軸と各中足骨の近位関節面との交点

MH1～MH5; 第 1～5 中足骨の骨軸と各中足骨の遠位関節面との交点

DPH1～DPH5; 第 1～5 末節骨の遠位端

PPB1; 第 1 中足趾節関節の近位関節面の中点

NC; 舟状骨と第 1 楔状骨からなる関節内側縁の関節裂隙の中点

TN; 距舟関節内側縁の関節裂隙の中点

CC; 踵立方関節外側縁の関節裂隙の中点

a; 挿入したスクリューの近位端部

b; 挿入したスクリューの遠位端部

c; 第 5 中足骨底部の最内側点

d; 第 5 中足骨頭部の最内側点

e; 第 5 中足骨底部の最外側点

f; 第 5 中足骨頭部の最外側点

iii) 荷重位 X 線足部正面像の第 1/5 中足骨間角および第 4/5 中足骨間角の定義

第 1/5 中足骨間角および第 4/5 中足骨間角を以下のように定義した。

第 1/5 中足骨間角; 第 1 中足骨の MH1 と MB1 を結

ぶ線と第5中足骨のMH5とMB5を結ぶ線とで成す角

第4/5中足骨間角：第4中足骨のMH4とMB4を結ぶ線と第5中足骨のMH5とMB5を結ぶ線とで成す角

3. 検討方法

再骨折群と治癒群とで、メディカルチェック調査項目の比較を行なった。定義した各点について、再骨折群(患側および健側)と治癒群(患側および健側)とで、第5中足骨各定点の位置、第1/5中足骨間角、第4/5中足骨間角、定義した各点の比較を行なった。

4. 統計学的分析

統計学的分析として、再骨折群(患側および健側)と治癒群(患側および健側)の比較、再骨折群患側および健側の比較、治癒群の患側および健側の比較にはMann-Whitney *U* 検定を行なった。統計解析にはSPSS version 20を用いて行ない、有意水準を5%未満とした。

結 果

1. メディカルチェック調査項目の比較 (表1)

復帰後経過日数の比較において、再骨折群(1.5±0.5(年))が治癒群(2.5±0.8(年))よりも有意に短い期間であった。その他の項目において、統計学的に有意な差はなかった。

2. 荷重位 X 線足部正面像分析の比較 (図1, 表2)

第4/5中足骨間角の比較では、再骨折群患側(8.0±2.1(deg))が治癒群患側(5.7±1.9(deg))よりも有意に大きかった(*p*<0.05)。第5中足骨各定点の位置、第1/5中足骨間角の比較では両群間に有意な差はなかった。

考 察

本研究において、再骨折群患側は治癒群患側に比べて、第4/5中足骨間角が大きかった。第4/5中足骨間角が大きい角度であると、第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置している足部構造になる。

足部構造が動作や足部に加わる荷重パターンに与える影響は、先行研究によって報告^{11,12)}されており、足部構造は足圧中心位置の経路およびパラメータに影響を与えると報告されている¹³⁾。本研究の再骨折群と治癒群は、術後同様のリハビリテーションを受けている。また、全例競技復帰の段階で荷重位 X 線撮影を行ない、骨癒合を確認した段階で競技復帰している。そのため、再骨折群においては骨癒合が得られた後に、Jones骨折の発生要因となる力学的ストレスが加わり、再骨折に至ったのではないかと考えられる。

Jones骨折の発生要因においては、解剖学的研究¹⁴⁻¹⁶⁾、疫学的研究^{2,17,18)}、バイオメカニクス研究^{1,19)}といったさまざまな報告があり、Jones骨折は複数の要因が重なって発生すると考えられる。Jones骨折の発生機序においては、中足骨に対する垂直方向および横方向のストレスや短腓骨筋腱によるtraction forceであると報告されている^{1,20)}。さらに、第5中足骨に荷重ストレスが加わった際に、第5中足骨基部が立方骨や第4中足骨と靭帯成分で強固に固定されているため、靭帯付着部の遠位で骨折が生じやすいと報告されている¹⁴⁾。よって、再骨折群では第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置していることにより、第5中足骨頭が第4中足骨頭から離れている。第5中足骨頭と第4中足骨頭の距離が大きくなることで、足部回内外方向の衝撃吸収時における第5中足骨頭の第4中足骨からのレバーアームが長くなると考えられる。そのため、疾走や跳躍における足部回内外方向の荷重負荷が加わった際の第5

表1 メディカルチェック項目における再骨折群と治癒群の比較結果

	再骨折群 (n=6)	治癒群 (n=25)
年齢 (歳)	19.2 ± 1.0	19.5 ± 1.1
身長 (cm)	172.5 ± 3.9	172.8 ± 5.9
体重 (kg)	65.1 ± 5.5	64.9 ± 5.3
競技年数 (年)	10.2 ± 2.1	10.8 ± 1.8
復帰後経過日数 (年)	1.5 ± 0.5 *1	2.5 ± 0.8
サッカー参加率	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.1

(Mean ± SD)

* 1: 再骨折群と治癒群の比較, *p*<0.05 by Mann-Whitney *U* test

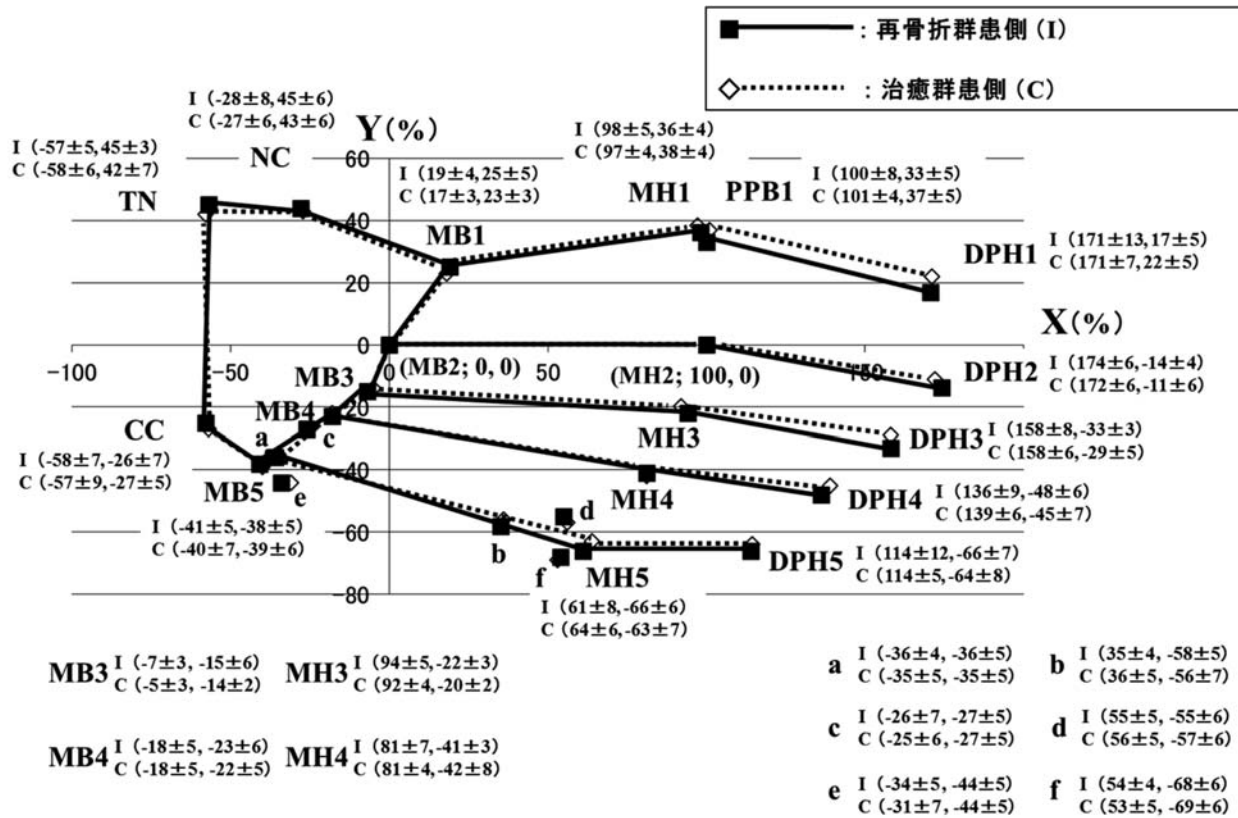


図1 再骨折群患側と治癒群患側の Mapping data

表2 Jones 骨折再骨折群と治癒群の足部正面像の比較

	再骨折群				治癒群			
	患側 (n=6)		健側 (n=6)		患側 (n=25)		健側 (n=25)	
	X %	Y %	X %	Y %	X %	Y %	X %	Y %
TN	-57.3±4.6	45.2±3.3	-55.7±5.4	44.8±4.3	-57.7±6.4	42.2±7.2	-56.0±5.7	43.3±6.6
NC	-28.2±7.9	44.8±6.3	-28.5±5.6	43.8±5.4	-26.8±5.7	43.0±6.1	-25.7±6.4	45.0±5.6
MB1	19.2±4.3	25.2±4.9	18.9±5.1	26.1±4.6	17.0±3.1	23.3±3.2	18.0±3.2	24.1±3.4
MH1	97.7±5.1	36.3±4.0	98.9±4.5	37.0±5.5	97.4±3.6	37.7±4.3	98.7±4.2	38.3±4.6
PPB1	99.5±8.0	33.3±4.5	98.4±6.5	34.8±4.3	100.6±4.0	36.6±5.0	104.7±5.3	39.6±6.4
DPH1	170.5±13.1	16.5±5.4	171.8±11.2	17.1±5.2	170.7±7.1	21.8±5.2	174.6±8.3	22.8±7.7
DPH2	174.3±6.3	-14.2±4.0	174.9±6.8	-15.2±3.7	171.5±5.5	-11.0±5.9	174.7±6.7	-12.3±6.0
MB3	-6.5±3.3	-14.5±6.3	-8.1±3.8	-15.0±5.4	-4.8±3.2	-13.8±2.2	-5.6±3.8	-17.6±4.6
MH3	93.7±4.7	-21.5±2.7	92.9±5.3	-21.9±3.4	92.1±4.1	-20.0±2.3	96.4±5.1	-23.6±2.8
DPH3	158.0±7.6	-32.7±3.4	160.3±8.8	-33.8±4.5	158.2±6.2	-28.9±5.3	157.7±7.2	-27.1±5.8
MB4	-18.2±4.7	-22.7±5.9	-19.9±5.3	-23.7±6.5	-17.6±4.8	-22.2±4.5	-18.2±4.2	-24.4±4.4
MH4	80.8±6.6	-40.8±2.6	77.9±6.6	-42.1±2.5	81.3±3.9	-42.0±7.5	83.6±3.8	-44.9±6.4
DPH4	136.2±9.2	-47.8±6.2	134.1±8.7	-49.7±6.7	138.6±6.1	-45.5±7.0	139.0±5.8	-46.4±6.2
CC	-57.5±7.0	-24.5±6.7	-53.7±8.1	-26.9±5.8	-57.1±8.8	-26.8±4.7	-53.7±6.7	-24.9±4.6
MB5	-40.8±5.2	-37.7±5.1	-41.9±5.3	-33.5±5.7	-39.6±7.3	-39.0±6.0	-38.2±6.5	-38.0±5.7
MH5	60.7±8.3	-65.7±5.9	61.3±7.3	-66.0±6.0	64.0±6.3	-63.0±6.5	65.0±5.9	-62.8±6.0
DPH5	113.5±12.1	-65.5±6.8	116.9±13.3	-61.5±6.6	113.6±5.4	-64.4±8.2	116.2±5.9	-66.8±4.4
a	-35.5±3.8	-36.0±4.7	—	—	-35.5±7.0	-44.1±5.3	—	—
b	35.2±4.0	-58.2±4.8	—	—	36.0±4.5	-56.0±7.0	—	—
c	-25.5±6.5	-26.5±4.7	-23.4±5.9	-24.5±5.7	-25.5±6.1	-26.6±5.0	-25.0±5.1	-26.7±5.0
d	55.2±5.2	-54.8±5.8	57.3±5.2	-51.8±5.4	56.1±5.3	-56.8±6.0	55.7±5.4	-57.2±5.2
e	-34.3±4.8	-43.8±5.2	-35.2±4.4	-43.2±4.6	-31.1±7.0	-44.1±5.3	-32.7±5.9	-43.6±5.3
f	54.2±4.4	-67.5±6.4	51.2±4.6	-65.4±6.2	53.0±5.2	-68.7±6.0	53.3±5.8	-69.7±5.2
1/5 angle (degree)	23.7±4.1		22.1±3.7		23.2±4.7		24.1±3.5	
4/5 angle (degree)	8.0±2.1*1,*2		7.7±2.7*3,*4		5.7±1.9		5.5±2.2	

(Mean ±SD)

* 1 : 再骨折群患側と治癒群患側の比較 $p < 0.05$ by Mann-Whitney U test
 * 2 : 再骨折群患側と治癒群健側の比較 $p < 0.05$ by Mann-Whitney U test
 * 3 : 再骨折群健側と治癒群患側の比較 $p < 0.05$ by Mann-Whitney U test
 * 4 : 再骨折群健側と治癒群健側の比較 $p < 0.05$ by Mann-Whitney U test

中足骨基部へのストレス増大につながるのではないかと考えられた。さらに、サッカー競技はスパイクシューズを着用して競技を行なうため、第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置していることでターン動作やボールキック動作時に足部外側からのストレスがより増大するのではないかと考えられた。

再骨折群健側と治癒群健側および治癒群患側との比較において、再骨折群健側では第4中足骨底を中心として外転位に位置していた。今回比較した再骨折群と治癒群ともに大学男子サッカー選手であり、サッカー競技年数においても差はなかった。そのため、再骨折群において第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置していることは、先天的な個々の特徴の1つではないかと考えられた。Jones骨折に関する放射線学的研究では、第4、第5中足骨間角度がJones骨折の発生率と関連していると報告されている¹⁹⁾。しかし、さまざまなスポーツ競技や競技レベルを含めた検討であるため、本研究のように、限局されたスポーツ競技や競技レベルでの結果とあわせてさらに検討していく必要があると考えられる。

本研究にて、日本人大学男子サッカー選手という限局されたカテゴリーではあるが、再骨折群と治癒群において、サッカー競技への曝露に有意な差がなかった。そのため、サッカー競技への曝露量だけでなく、第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置している解剖学的な要因が、Jones骨折の術後再骨折の発生に影響を与える因子として示されたのではないかと考えられた。

本研究にはいくつかの限界があげられる。第1に、サンプルサイズが小さいことである。同一大学男子サッカー選手として、サッカー競技の曝露量および練習内容が統一された検討である。しかし、サッカー競技への曝露量を踏まえたうえで、よりサンプルサイズを大きくし、高校生やプロ選手といったさまざまな年齢層を含めた検討が必要であると考えられた。第2に、本研究の解剖学的特徴が足圧分布への影響や足部外側からの圧力を与えると考察したが、実際に足圧分布や足部外側からの圧力への影響を検証できていないことである。

本研究によって、Jones骨折術後再骨折の要因として運動負荷量だけでなく解剖学的要因が示された。Jones骨折は複数の要因が重なって発生すると考えられる。そのため、術後再骨折の危険性の高い解剖学的要因を有した競技者に対しては、Jones骨折の発生要因^{14,17)}に対しての治療や対策であるインソールやストレッチを行ない、より第5中足骨への力学的ストレスを減少させたいと競技復帰を考えていく必要がある。

結 語

Jones骨折の術後再骨折を発生した大学男子サッカー選手では、術後再骨折をしなかった大学男子サッカー選手と比較して、第5中足骨が第4中足骨底を中心として外転位に位置していた。

文 献

- 1) Kavanaugh JH et al : The Jones fracture revisited. *J Bone Joint Surg*, 60 : 776-782, 1978.
- 2) Ekstrand J et al : Stress fractures in elite male football players. *Scand J Med Sci Sports*, 22 : 341-346, 2012.
- 3) Portland G et al : Acute surgical management of Jones fractures. *Foot Ankle Int*, 24 : 829-833, 2003.
- 4) Mologne TS et al : Early screw fixation versus casting in the treatment of acute Jones fractures. *Am J Sports Med*, 33 : 970-975, 2005.
- 5) Wright RW et al : Refracture of proximal fifth metatarsal (Jones) fracture after intramedullary screw fixation in athletes. *Am J Sports Med*, 28 : 732-736, 2000.
- 6) Carp L : Fracture of the fifth metatarsal bone : with special reference to delayed union. *Ann Surg*, 86 : 308-320, 1927.
- 7) Dameron TB Jr : Fractures and anatomical variations of the proximal portion of the fifth metatarsal. *J Bone Joint Surg Am*, 57 : 788-792, 1975.
- 8) Dick R et al : National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System commentaries : introduction and methods. *J Athl Train*, 42 : 173-182, 2007.
- 9) Agel J et al : Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries : National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2002-2003. *J Athl Train*, 42 : 270-277, 2007.
- 10) Tanaka Y et al : Radiographic analysis of hallux valgus. A two-dimensional coordinate system. *J Bone Joint Surg Am*, 77 : 205-213, 1995.
- 11) Lee SS et al : Built for speed : musculoskeletal structure and sprinting ability. *J Exp Biol*, 212 : 3700-3707, 2009.
- 12) Giacomozzi C et al : Cluster analysis to classify gait alterations in rheumatoid arthritis using peak

- pressure curves. *Gait Posture*, 29, 220-224, 2009.
- 13) Tsai LC et al : Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36 : 942-953, 2006.
 - 14) Jones R : Fracture of the base of the metatarsal bone by indirect violence. *Ann Surg*, 35 : 697-700, 1902.
 - 15) Raikin SM et al : The association of a varus hindfoot and fracture of the fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal junction : the Jones fracture. *Am J Sports Med*, 36 : 1367-1372, 2008.
 - 16) Williams DS 3rd et al : Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 16 : 341-347, 2001.
 - 17) Saita Y et al : Range limitation in hip internal rotation and fifth metatarsal stress fractures (Jones fracture) in professional football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 26 : 1943-1949, 2018.
 - 18) Ekstrand J et al : Fifth metatarsal fractures among male professional footballers : a potential career-ending disease. *Br J Sports Med*, 47 : 754-758, 2013.
 - 19) Lee KT et al : Radiographic evaluation of foot structure following fifth metatarsal stress fracture. *Foot Ankle Int*, 32 : 796-801, 2011.
 - 20) Roca J et al : Stress fractures of the fifth metatarsal. *Acta Orthop Belg*, 46 : 630-636, 1980.

自衛隊教育機関の学生における疲労骨折の発生状況

Epidemiology of Stress Fracture in Japanese Cadets

佐々尾 宙 Hiroshi Sasao

尼子 雅敏 Masatoshi Amako

松橋 優介 Yusuke Matsuhashi

千葉 一裕 Kazuhiro Chiba

● Key words

疲労骨折, 疫学調査, 前向き調査

Stress fracture : Surveillance : Cohort study

●要旨

自衛隊教育機関の学生のべ9,413名(男性8,674名,女性739名)を対象に疲労骨折の発生状況について前向き調査を実施した。学年,性別,発生時期,部位,スポーツの種類,治療方針,治療期間について検討した。

疲労骨折の発生率は年間1,000人あたり13.6件(男性11.5件,女性37.9件)であり,女性に有意に多かった。学年が上がるにつれて発生率は減少した。ランニングに伴う,脛骨・中足骨・恥坐骨の疲労骨折が多かった。1例で手術を施行し,他の127例は保存療法を行なった。疲労骨折の約20%は入学後3ヵ月以内に生じており,この時期に発症した者を追跡すると約30%は課程を修了できていなかった。この時期に発症する疲労骨折を予防することが重要と考えられる。

はじめに

疲労骨折は,1855年にBreithaupt¹⁾が行軍によるストレスにより生じた足部の腫脹・疼痛として初めて報告し,以後海外の軍隊や国内外でのスポーツに起因する報告が非常に多い。しかし,大規模かつ長期に追跡が可能な集団での発生状況に関する報告は少ない。今回われわれは自衛隊教育機関の学生における,疲労骨折の発生状況を明らかにすることを目的として本調査を行なった。

対象と方法

対象は大学相当の自衛隊教育機関の学生のべ9,413名,男性8,674名,女性739名であった。平均年齢 20.4 ± 1.5 歳(男性 20.4 ± 1.5 歳,女性 20.4 ± 1.5 歳)。

平成21年4月から平成26年3月までの5年間にわたり,前向き調査を実施した。

対象の教育機関は全寮制で,学生は全員,学内に併設された診療所を受診した。休日や時間外等に学外の医療機関を受診した場合でも,平日に診療所を訪れ報告することになっていた。診療所には整形外科の常勤医が勤務しており,診療や健康管理業務を行っていた。この診療所の整形外科外来の初診患者のうち疲労骨折と診断を受けた者を,診療録を用いて追跡調査した。

疲労骨折は,学生が初診時に記載した問診票や医師の問診において,原因として明らかな外傷がないこと,圧痛などの臨床所見と一致する部位に,X線写真で骨折線または経時的な仮骨形成を認めているものと定義した。また必要に応じて医師の判断によりMRIを撮像し診断を確定した。初診時に病歴や臨床所見から強く疲労骨折を疑うが,画像所見に乏しい場合や,その後の受診

佐々尾宙
〒359-8513 所沢市並木3-2
防衛医科大学校整形外科学講座
TEL 04-2995-1663

防衛医科大学校整形外科学講座
Department of Orthopaedic Surgery, National Defense Medical College

をせずに確定診断に至らなかった症例は除外した。また腰椎分離症は成人期に発症することもあるとされるが、入校前に発症していた可能性が高いと考えられるため除外した。疲労骨折と診断された症例について、学年、性別、発生時期、部位、スポーツの種類、治療方針、治療期間について検討した。発生率は、件数を母集団の人数で除して人年法で表記した。

統計学的検討は JMP 12™ (SAS Japan, 東京) を用いて χ^2 検定を行ない、 $p < 0.05$ を有意とみなした。

なお、本研究は防衛医科大学学校倫理委員会承認を得て実施した (承認番号 2103)。

結 果

疲労骨折と診断されたものは 128 件で、発生率は年間 1,000 人あたり 13.6 件であった。男性は 11.5 件、女性は 37.9 件であり、女性の発生率は男性の 3.3 倍と有意に高率であった ($p < 0.0001$)。対象期間の整形外科外来の初診件数は 10,206 件であり、疲労骨折の診断はその整形外科初診患者の 1.3% であった。

学年別の発生率 (年間 1,000 人あたり) は、1 年生 20.7 件、2 年生 15.5 件、3 年生 11.2 件、4 年生 4.8 件であり、有意差は認めなかったが、学年が上がるにつれて発生率は減少した。また性別も含めて検討すると、1 年生では男性 15.3 件、女性 84.5 件で、女性の発生率は男性の 5.5 倍であり ($p < 0.0001$)、2 年生では男性 12.7 件、女性 47.6 件で、女性の発生率は男性の 3.7 倍であった ($p = 0.0002$) (図 1)。

発生時期について検討すると、入学後 3 ヶ月までに 21.0%、2 年生の 5 月までに 60.1% が発生していた。また 3 年生の 3 月にも多く発生していた (図 2)。

発生部位は、脛骨 67 件 (52.3%) が最も多く、中足骨 27 件 (21.1%)、恥坐骨 14 件 (10.9%)、尺骨 10 件 (7.8%) と続いた。脛骨は疾走型が 58 件、跳躍型が 9 件であった (図 3)。発生部位と性別の関係を検討すると、脛骨は男性 49 件、女性 17 件、中足骨は男性 25 件、女性 2 件、恥坐骨は男性 8 件、女性 6 件、尺骨は 10 件全例男性であった。

主たる要因としてランニングをあげたものが 63 件 (49.2%) であり、カッター漕ぎ (海軍兵学校で行なわれていた短艇を用いた伝統的な訓練)、ハンドボール、銃剣道、サッカー、フィールドホッケーの順に多かった (図 4)。

原因と部位を複合的に検討すると、ランニングに伴う脛骨 (43 件 33.6%)・中足骨 (11 件 8.6%) の疲労骨折が多かったが、1 年生の女性に恥坐骨 (6 件 4.7%) の疲労骨折が多く、カッター漕ぎに伴う尺骨骨幹部 (5 件 3.9%) の疲労骨折など、集団ならびにスポーツ種目の特性が反映される結果であった。

治療は脛骨近位部の 1 例のみ手術を施行し、他の 127 例は保存療法を行なった。全例で臨床所見の改善が得られ、X 線写真では骨癒合が得られていた。通院を要した期間は平均 47.3 ± 37.3 日であった。部位別に検討すると、脛骨 49.0 ± 37.6 日、中足骨 38.3 ± 20.4 日、恥坐骨 57.9 ± 42.6 日、尺骨 35.5 ± 28.4 日であった。

また、入学後 3 ヶ月以内に発症した 23 名 (男性 12 名、女性 11 名) について追跡調査を行なったところ、5 例で症状の再燃がみられ、同じ部位の再発が 1 名、他の部位の発生が 4 名であった。また 23 例中 7 名 (30.4%) は、疲労骨折は治癒していたが、何らかの事情により中途退学していた。この 7 名の性別は男性 3 名、女性 4 名であったが、入校後 3 ヶ月以内に発症した 23 名の中で有

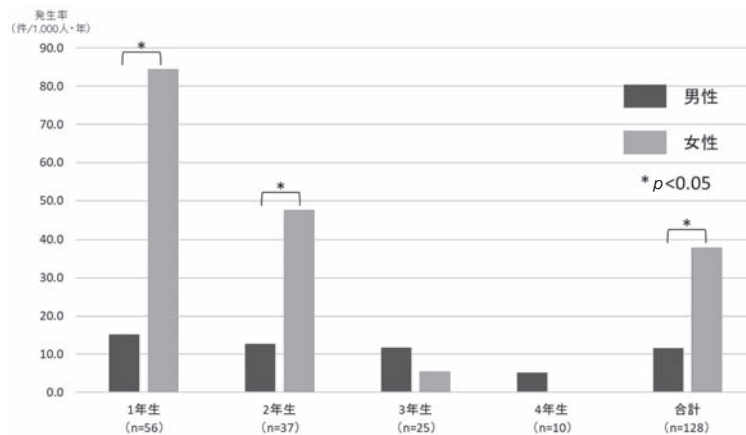


図 1 学年・性別発生率

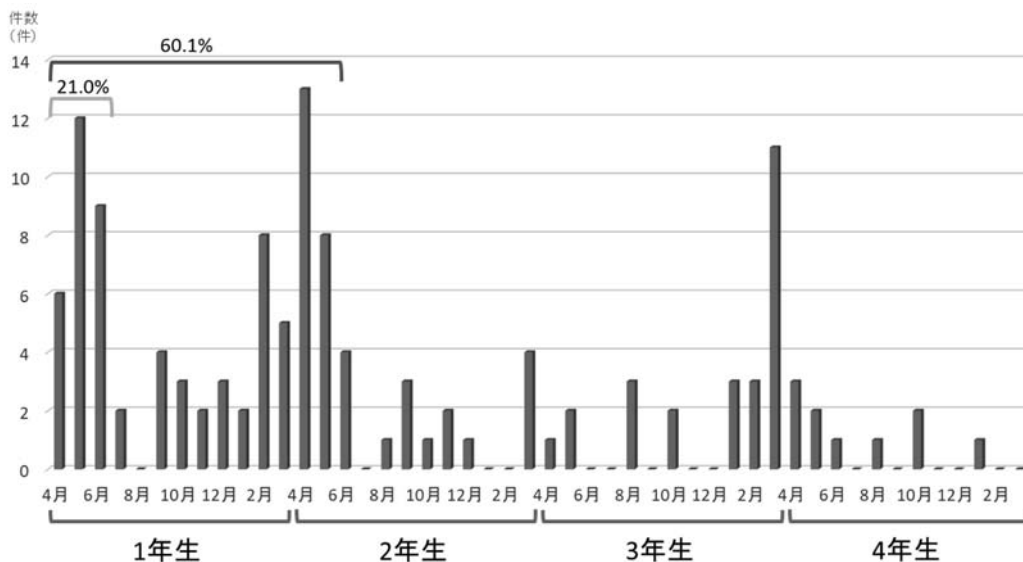


図2 疲労骨折の発生時期

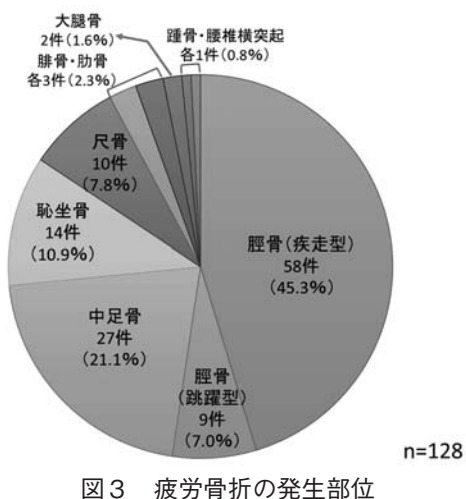


図3 疲労骨折の発生部位

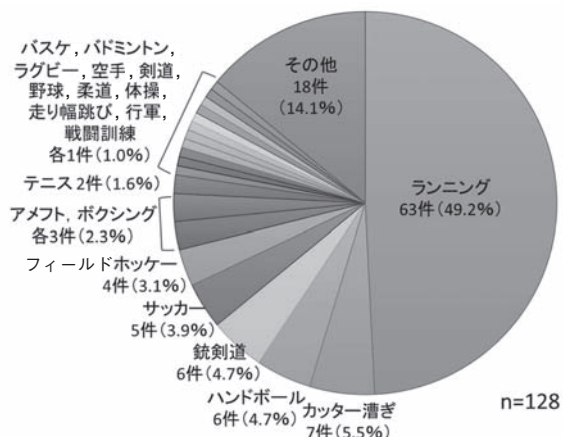


図4 疲労骨折の発生原因

意な差は認めなかった。この7名に発生した疲労骨折の部位は9件で、その部位は脛骨6件、恥骨3件であった。

考 察

疲労骨折の報告の嚆矢はプロシア軍兵士の行軍後に生じた足部の疼痛と腫脹に関するものであり¹⁾、歴史的に軍隊での発症が多いことから、各国の軍隊を対象とした多くの調査が行なわれ、その結果が報告されている。しかし、これまでの自衛隊における報告は、短期教育中の隊員を対象とした調査²⁾や母集団が不確定の外來患者の調査³⁾、あるいは症例報告⁴⁾にとどまっている。

自衛隊以外に目を向けると、国内における疲労骨折の疫学調査は、外來患者を対象とした調査がほとんどである⁵⁻⁷⁾。これらの報告は特定の母集団があるわけではなく、各病院やクリニックを訪れる患者の年齢、性別、スポーツ等の活動の状況、生活環境など背景因子が異なるため、発生率を算出したり、結果を単純に比較したりすることはできない。

したがって、特定の大規模な母集団を長期に追跡した調査は国内には存在しない。これまでわれわれは、自衛隊の中でも全寮制で衣食住、教育・訓練環境はほぼ均一で、学内に整形外科医が常勤で勤務し、診療と健康管理を行なっている診療所を有する、大学相当の教育機関の

集団を対象として運動器外傷・障害の発生状況について調査を行ってきた⁸⁻¹¹⁾、この集団を用いて、疲労骨折の発生頻度の調査を実施した。

国内の疲労骨折の疫学調査では、深井ら⁵⁾は、約36年間のスポーツ整形外科外来の受診患者106,458名のうち2,886名(2.7%)と報告している。また能見ら⁶⁾は、20年間のスポーツ外来の受診患者5,117名のうち437名(8.5%)であったと報告している。Iwamotoら⁷⁾は約10年間のスポーツクリニックの受診患者10,276名のうち196名(1.91%)であったと報告している。これらの調査での発生率は、全外来患者に占める割合として算出されており、自験例(1.3%)と比較すると高値であった。外来を受診する患者の背景が異なることや、これらの調査では若年層での腰椎疲労骨折(腰椎分離症)を多く含んでいるのに対し、われわれは腰椎分離症を除外しているため、他の研究に比して発生率が低くなったものと考えられる。

Cosmanら¹²⁾は、本調査の対象集団と同等の組織にあたる米軍士官学校での前向き調査を行ない、891名を4年間追跡したところ、69名(7.7%)が98件の疲労骨折を発症したと報告している。本調査で対象とした集団における発生率は、年間1,000人あたり13.6件である。Cosmanら¹²⁾の報告の発生率を本調査と比較できるように人年法で推定すると、年間1,000人あたり27.5件であり、本調査の約2倍の発生率である。

自験例での発生率(年間1,000人あたり)は、男性は11.5件、女性は37.9件であり、女性が約3.3倍である。国内の外来受診患者をベースとした報告では、男性が多いか、性差がないと報告しているが、これらの報告は疲労骨折の患者の平均年齢が低いことや、患者の運動種目や頻度などの背景が不均一であるため、疲労骨折の発症における性差の有無につき論じることはできない。Cosmanら¹²⁾の調査では男性の5.7%、女性の19.1%が発症したと報告している。またWentzら¹³⁾が1965年から2010年までの論文のsystematic reviewを報告しており、軍隊を対象とした調査における発生率は、男性3%、女性9.2%と女性で高く、アスリートを対象とした調査では、有意差を認めた論文は少ないものの、男性6.5%、女性9.7%であり女性に多かったとの報告もあり、自験例の結果と矛盾しない。

近年、女性アスリート特有の障害として、「無月経」、「骨粗鬆症」、「利用できるエネルギー不足」があげられ、これらは「女性アスリートの三主徴(female athlete triad)」と呼ばれている¹⁴⁾。この三主徴を有するアスリートでは、疲労骨折のリスクが高まることが報告されている^{15,16)}。今回の調査では、女性特有の要因について

の検討は行なえておらず、今後の課題と考えられる。

われわれの調査では、入校後3ヵ月、2年生の4月、3年生の3月に発生率が高い傾向を認めている。また学年が上がるにつれて発生率は低下している。米軍士官学校でのCosmanら¹²⁾の調査でも、学年が上がるにつれて発生率は低下し、疲労骨折の50%以上が最初の3ヵ月に集中している。Goldbergら¹⁷⁾も、大学間のスポーツ競技会に参加する大学生3年間の調査において、疲労骨折の67%が1年生に発生しており、学年が上がるにつれて発生率は低下している。1年生とくに入学後3ヵ月に発生率が高い原因は、大学に進学(自衛隊に入隊)し、高校生までに比べて必要とされる運動の量や質が急激に増大したのではないかと考えられる。学年が上がるにつれて、徐々に体力が適応していくのではないとも考えられる。そのような状況でも、高強度の訓練を行なっている2年生の4月、3年生の3月に疲労骨折が発生しており、訓練の強度については考慮すべきと考えられる。

本調査では、最初の3ヵ月間に発症した例では、その約30%が課程を修了していないことが判明している。Reisら¹⁸⁾は、米海兵隊の12週間の基礎トレーニングにおける除隊になった原因に関する調査で、疲労骨折を発症した隊員は、発症しなかった隊員に比して除隊のリスクが4倍高くなったと報告している。自験例では、全例で臨床所見の改善が得られていることから、疲労骨折そのものがすべての原因ではないと考えられるが、入学後早期に治療のために訓練を休止せざるを得ず、同期との能力差が拡大したことによる心理的影響などが間接的に影響を与えたのではないかと推察している。太田ら¹⁹⁾も、疲労骨折の発生背景には、性格や社会心理学的要因の影響が大きいことを考慮する必要があると述べている。

本調査の限界として、疲労骨折の診断は臨床所見とX線写真に基づいているが、MRIや骨シンチグラフィを全例に対して行なっているわけではない。また初診時に疲労骨折を疑い経過受診を指示しているにも関わらず、その後受診しなかった症例などは除外している。櫻庭²⁰⁾は初回単純X線像で陽性所見を呈した症例は71%と報告している。そのため、本来「疲労骨折」と診断されるべき症例を捕捉できていない可能性がある。櫻庭²⁰⁾は、発症後4週以内に診断され、治療された症例はランニングがほぼ行なえるまで5~13週(平均9週)なのに対し、発症後4週以降に診断された症例では7~20週(平均12週)を要したと報告しており、早期診断は早期治療、早期スポーツ復帰につながり重要であると考えられる。初診時に、再診の必要性を十分に説明し、早期かつ適切に診断するとともに、自覚症状がある場合には早期に受診するように勧めるように学生への啓

発を検討したい。また今回の結果から、1年生、とくに女子学生を中心に、入学後早期に発症する疲労骨折を予防することが中途退学を防ぐ点で重要と考え、今後さらに解析を進め、予防法の検討に活用したい。

結 語

自衛隊教育機関の学生における疲労骨折の発生状況について検討した。発生率は年間1,000人あたり13.6件であった。男性は11.5件、女性は37.9件であり、女性は男性の3.3倍であった。とくに新入生の女性の発生率が高かった。入校後3ヵ月以内での発症が約20%を占め、その後の進路に影響を与えている可能性が示唆された。今後、さらに詳細な解析を進め、学生への啓発や予防法の確立に活用したいと考えている。

文 献

- 1) Breithaupt M et al : The pathology of the human foot. *Medizin Zeitung*, 24 : 169-175, 1855.
- 2) 澤本裕明 : 女性自衛官新入隊員の整形外科的障害の危険因子に対する考察 - 恥骨疲労骨折を中心として - . *防衛衛生*, 52 : 143-148, 2005.
- 3) 今井智仁ほか : 自衛隊札幌病院における疲労骨折の発生状況. *整スポ会誌*, 28 : 49, 2008.
- 4) 根本理ほか : 長距離ランニングを愛好する自衛官に前駆症状なく発生した疲労骨折の2例. *臨スポーツ医*, 26 : 236-239, 2009.
- 5) 深井厚ほか : 疲労骨折の疫学. *整・災外*, 59 : 1381-1386, 2016.
- 6) 能見修也ほか : スポーツにおける疲労骨折の実態. *日臨スポーツ医会誌*, 19 : 43-49, 2011.
- 7) Iwamoto J et al : Stress fractures in athletes : review of 196 cases. *J Orthop Sci*, 8 : 273-278, 2003.
- 8) 佐々尾宙ほか : 青年期における腰椎外傷・障害の疫学的研究. *臨スポーツ医*, 29 : 767-774, 2012.
- 9) 佐々尾宙ほか : 運動器外傷・障害の疫学的研究 : 青年期における腰椎の外傷・障害の検討. *防医大誌*, 37 : 203-209, 2012.
- 10) 松橋優介ほか : 青年期自衛隊員における骨折の疫学的検討. *骨折*, 36 : 426-429, 2014.
- 11) Amako M et al : Incidence and characteristics of traumatic shoulder instability in Japanese Military Cadets. *Mil Med*, 181 : 577-581, 2016.
- 12) Cosman F et al : Determinants of stress fracture risk in United States Military Academy cadets. *Bone*, 55 : 359-366, 2013.
- 13) Wentz L et al : Females have a greater incidence of stress fractures than male in both military and athletic populations : a systematic review. *Mil Med*, 176 : 420-430, 2011.
- 14) Nattiv A et al : American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc*, 39 : 1867-1882, 2007.
- 15) Mallinson RJ et al : Current perspectives on the etiology and manifestation of the "silent" component of the Female Athlete Triad. *Int J Womens Health*, 3 : 451-467, 2014.
- 16) 能瀬さやか ほか : 女性トップアスリートにおける無月経と疲労骨折の検討. *日臨スポーツ医会誌*, 22 : 67-74, 2014.
- 17) Goldberg B et al : Stress fractures : a risk of increased training in freshmen. *Physician Sports Med*, 22 : 69-78, 1994.
- 18) Reis JP et al : Factors associated with discharge during Marine Corps basic training. *Mil Med*, 172 : 936-941, 2007.
- 19) 太田美穂ほか : スポーツに伴う疲労骨折の実態と発生要因. *日臨スポーツ医会誌*, 7 : 26-31, 1999.
- 20) 櫻庭景植 : スポーツによる疲労骨折の診断. *臨スポーツ医*, 33 : 326-331, 2016.

成長期男子サッカー選手において腰椎椎弓根高輝度変化は 腰椎骨密度が低い選手に発生するわけではない

High Signal Intensity at the Lumbar Pedicle Regions on MRI Does not always Occur in Adolescent Male Soccer Players Whose Lumbar BMD Is Low

武井 聖良^{1,2)} Seira Takei
鳥居 俊³⁾ Suguru Torii

武富 修治¹⁾ Shuji Taketomi

● Key words

腰椎疲労骨折, Stress reaction, 骨密度

●要旨

目的：腰椎分離症に進展しうる腰椎 MRI の椎弓根高輝度変化と腰椎骨密度の関係を明らかにすること。方法：地域クラブチームに所属する中学生サッカー選手の腰椎 MRI における腰椎椎弓根部の高輝度変化と腰椎骨密度との関係を検討した。入部時に DXA による腰椎骨密度測定(L1 から L4)と腰椎 MRI を撮影した中学校 1 年生の男子 35 名を対象とした。結果：35 名中 20 名に腰椎 MRI の STIR 像で腰椎椎弓根部の高輝度変化がみられ、腰椎骨密度は高輝度変化がみられた群で有意に高かった($p=0.015$)。結論：腰椎疲労骨折に進展しうる腰椎高輝度変化は必ずしも腰椎骨密度の低い選手に発生しているわけではない。

はじめに

腰椎分離症はスポーツ選手に発生が多いことがわかっており、Sakai¹⁾らは、女性よりも男性に多く、日本人一般での有病率が 5.9% であるのに対し、ラグビー・柔道選手は 20%、プロ野球・プロサッカー選手では 30% であり一般の発生率の 5 倍以上であると報告している。腰椎分離症は magnetic resonance imaging(MRI)と computed tomography(CT)の所見により 5 段階の病期^{2,3)}に分けられると考えられており、発育期の腰椎疲労骨折が進行したものが腰椎分離症に至ると考えられている^{4,5)}。腰椎疲労骨折は MRI での椎弓根高輝度変化

(骨髄浮腫)をもって診断でき、14 歳頃をピークに発症し⁶⁾、原因は腰椎の伸展・回旋による反復負荷といわれている⁷⁾。MRI の椎弓根高輝度変化は、疲労骨折にまで至っていない stress reaction⁸⁾である Grade 1 から完全な分離に至っている Grade 3 までの段階で見られる所見であり、疲労骨折の前段階である stress reaction も検出できると考えられている^{2,9)}。西良らは、腰椎分離症の超初期・初期の患者の 100% に MRI で腰椎椎弓根高輝度変化がみられたが、同所見は進行期の患者では 50%、終末期の患者では 0% であり、椎弓根高輝度変化は腰椎分離症の早期発見に重要な所見であると述べている³⁾。

一方で、疲労骨折全般の発症要因として、骨密度、ア

武井聖良
〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学大学院医学系研究科
感覚運動機能医学講座整形外科
TEL 03-3815-5411

- 1) 東京大学大学院医学系研究科感覚運動機能医学講座整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Graduate School of Medicine,
the University of Tokyo
- 2) 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科
Graduate school of Sport Sciences, Waseda University
- 3) 早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, Waseda University

ライメント、体格や身体組成、筋力、柔軟性、骨代謝、内分泌状態などが挙げられる^{10~12)}。女子選手において低骨密度がさまざまな年代で疲労骨折の発生要因として指摘されているが^{13,14)}、男性選手や米軍人を対象とした研究においても低骨密度が疲労骨折の危険因子であると報告されている^{12,15~17)}。しかし、CTで診断された腰椎分離症と腰椎骨密度との関係を検証した報告はあるものの^{18,19)}、MRIの椎弓根高輝度変化によって診断される成長期の腰椎疲労骨折とstress reactionと腰椎骨密度の関係に関する先行研究はない。

本研究では、これまで報告がない成長期の腰椎疲労骨折およびその前駆段階であるstress reactionの発生と腰椎骨密度の関連を調べることを目的に、中学生男子サッカー選手において腰椎MRIにおける腰椎椎弓根部の高輝度変化と腰椎骨密度との関係を調査した。

対象と方法

地域クラブチームに所属する男子中学生サッカー選手のうち、2013年4月に入部した中学1年生(12,13歳)35名を対象とした。このクラブチームの練習頻度は週5回で、1回あたりの練習時間は平日2,3時間、休日5時間だった。2013年5月の入部1ヵ月後の時点で行なったメディカルチェックにおいて1年生35名全員を対象に、身長・体重の測定、腰痛誘発テストと腰椎骨密度の測定、腰椎MRIの撮像を同日に行なった。腰痛誘発テストは1名の整形外科医が行ない、腰椎骨密度はDual energy X-ray absorptiometry (DXA)法装置(Delphi-A QDR; Hologic社製)を用い、腰椎(L1-L4)のスキャンを行ない測定した。腰椎MRI撮像装置はSIGNA 1.5T (GEヘルスケア)であり、short-TI inversion recovery (STIR)像水平断(TE:47.7ms; TR:3,000ms; スライス厚:4mm)で、椎弓根部の高輝度変化を整形外科医1名が読影した。また、各対象者の発育の成熟度の差を考慮するために、対象者の入部時(中学1年春)から卒部時(中学3年冬)の半年毎の身長計測値を用いて、パーソナルコンピュータープログラムAUXAL3.1 (SSI社)によりpeak height velocity (PHV)年齢を推定した。腰椎骨密度とMRIを測定した日の個々の暦年齢から

PHVを引いた経過時間を発育年齢とした。

統計処理は、腰椎MRIにおける椎弓根高輝度変化の有無での各項目の平均値に対して、対応のないt検定を用いた。いずれも危険率5%未満をもって有意とした。

本研究は筆者および共著者の所属機関の倫理委員会において審査を受け承認を得た上で、被検者である中学生とその保護者に説明し、文書にて同意を得て実施した。

結 果

本研究の対象35名の体格は、身長 153.7 ± 8.3 (cm)、体重 40.6 ± 7.1 (kg)であった(表1)。

35名中20名に腰椎MRI(STIR像水平断)にて椎弓根部の高輝度変化がみられ、全例がL5に発生し、片側例が13名、両側例7名であった(図1)。腰椎椎弓根の高輝度変化のあった群となかった群とでは、身長・体重・body mass index (BMI)に有意差はなかった(表2)。腰椎椎弓根高輝度変化あり群20名のうち、8名(40%)は腰痛誘発テストが陰性で、12名(60%)が腰痛誘発テスト陽性であった。12名のうち4名はサッカー中の腰痛を訴えていた。

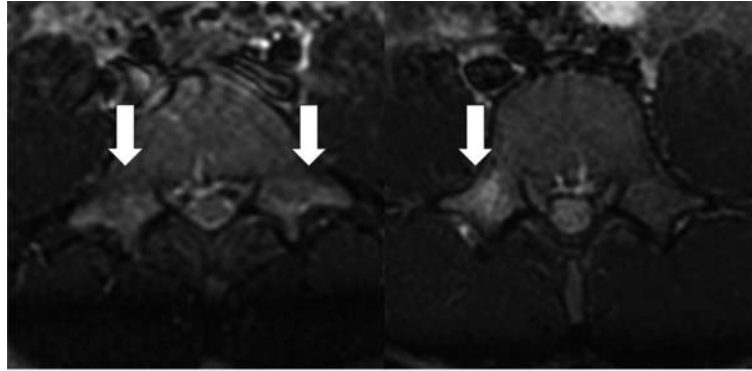
35名の腰椎骨密度の平均値および標準偏差は、 0.702 ± 0.091 (g/cm²)であった(表1)。椎弓根高輝度変化あり群と高輝度変化なし群の腰椎骨密度の分布を比較した(図2)。椎弓根高輝度変化あり群20名の平均値は 0.735 (g/cm²)、高輝度変化なし群15名の平均値は 0.660 (g/cm²)であり、高輝度変化なし群よりも有意に骨密度が高い($p=0.015$)という結果となった(図3)。椎弓根高輝度変化あり群のPHV年齢は 13.12 ± 0.86 歳、発育年齢(測定日の暦年齢からPHV年齢を引いた年数)は -0.48 ± 0.92 歳で、椎弓根高輝度変化なし群のPHV年齢は 13.22 ± 0.62 歳、発育年齢は -0.54 ± 0.78 歳であり、椎弓根高輝度変化あり群となし群でPHV年齢と発育年齢の有意差はなかった(表2)。

考 察

腰椎分離症はMRIとCTの所見により5段階の病期に分けられると考えられており^{2,9)}、MRIの腰椎椎弓根

表1 対象の身長・体重・腰椎骨密度

	本研究の対象	参考標準値
身長 (cm)	153.7 ± 8.3	152.7 ± 7.9 * ¹¹⁾
体重 (kg)	40.6 ± 7.1	44.0 ± 9.7 * ¹¹⁾
腰椎骨密度 (g/cm ²)	0.702 ± 0.091	0.778 ± 0.089 * ¹²⁾ 0.653 (50percentile)* ¹³⁾



⇨ : 椎弓根高輝度変化所見 ※MRI: Magnetic resonance imaging

図1 腰椎MRI[※]の椎弓根高輝度変化

表2 腰椎椎弓根高輝度変化あり群となし群の身長・体重・BMI[※]・PHV[¶]年齢・暦年齢・発育年齢

	椎弓根高輝度変化		p value
	有 (n=20)	無 (n=15)	
身長(cm)	155.5±7.3	152.8±7.5	0.309
体重(kg)	42.7±5.8	38.5±8.1	0.08
BMI [*] (kg/m ²)	17.8±2.5	16.6±2.9	0.206
PHV [¶] 年齢(歳)	13.12±0.86	13.22±0.62	0.72
暦年齢(歳)	12.65±0.27	12.68±0.25	0.77
発育年齢(歳)	-0.48±0.92	-0.54±0.78	0.82

※ BMI : Body mass index ¶ PHV : Peak height velocity

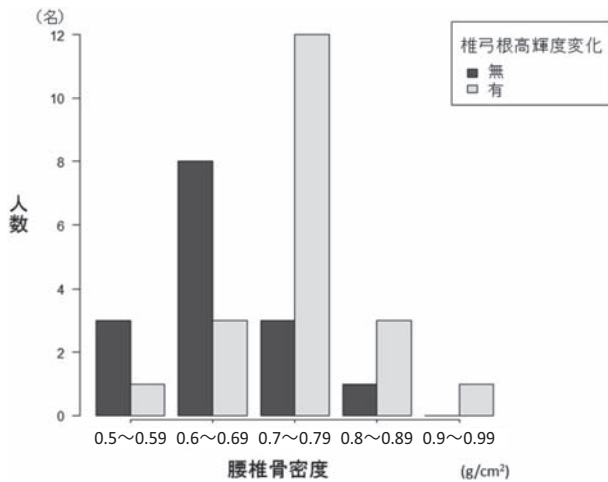
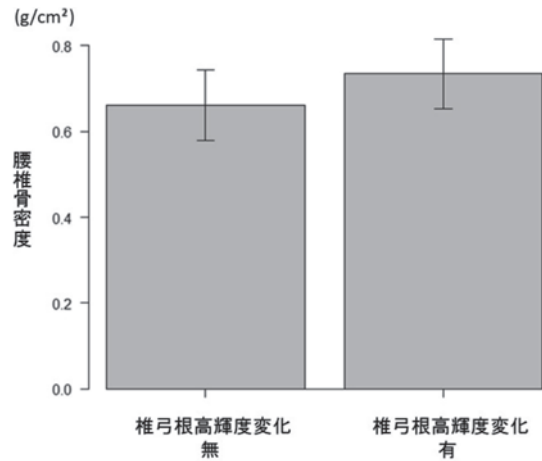


図2 各群における腰椎骨密度の分布



腰椎椎弓根高輝度変化	腰椎骨密度(g/cm ²)
有(n=20)	0.735 ± 0.082
無(n=15)	0.660 ± 0.081

p=0.015 (t test)

図3 腰椎椎弓根高輝度変化あり群となし群の腰椎骨密度の比較

高輝度変化(骨髄浮腫)は、疲労骨折にまで至っていない stress reaction である Grade 1 から完全な分離に至っている Grade 3 までの段階で見られる所見である(表3)。本研究では、MRI の STIR 像しか撮像していないため正確な進行度分類が困難であるが、腰椎 MRI で椎

弓根高輝度変化がみられた 20 名のうち 8 名(40%)は無症状であったことから、椎弓根高輝度変化あり群の中には疲労骨折の前段階である stress reaction と症状が消失

表3 CT[※]とMRI[¶]との所見による腰椎分離症の5段階の病期

Description		CT [※]	MRI [¶]
Grade 0	Normal	Intact cortex	Marrow edema(-)
Grade 1	Stress reaction	Intact cortex	Marrow edema(+)
Grade 2	Incomplete fracture	Discontinuity of Cortex (partial)	Marrow edema(+) Discontinuity of Cortex (partial)
Grade 3	Acute complete fracture	Discontinuity of Cortex (complete)	Marrow edema(+) Discontinuity of Cortex (complete)
Grade 4	Chronic complete fracture	Discontinuity of Cortex (complete)	Marrow edema(-)

※ CT : Computer tomography
 ¶ MRI : Magnetic resonance imaging

(Hollenberg GM et al, Spine 2002)
 (Campbell RS et al, Skeletal Radiol 2005)

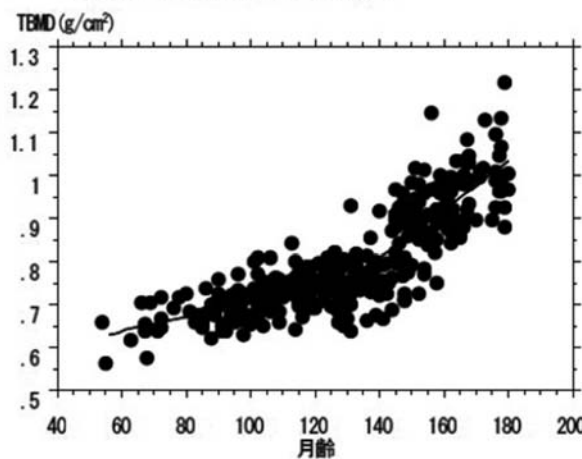
した修復過程の者も含まれていると考えられる。

本研究の対象 35 名の体格は、文部科学省発行の学校保健統計²⁰⁾にある同年齢のデータと比較すると、平均身長は約 1 cm 高く、平均体重は約 3 kg 軽い傾向があった。また、35 名の腰椎骨密度の平均値 0.702 ± 0.091 (g/cm^2) は、同年齢のタイ人小児を対象とした平均値 0.778 ± 0.089 (g/cm^2)²¹⁾と比較すると低く、アメリカの白人小児を対象とした報告にある 50percentile : 0.653 (g/cm^2)²²⁾と比較すると高い傾向があった(表 1)。

疲労骨折の危険因子として、低骨密度であることが知られている^{10~17)}が、本研究では、腰椎椎弓根高輝度変化あり群はなし群よりも、むしろ腰椎骨密度が有意に高いという結果となった。腰椎分離症と骨密度に関する先行研究がある 18 歳から 50 歳の CT によって診断された腰椎分離症患者の quantitative computed tomography (QCT) 法で測定した骨密度が、コントロール群より有意に低かったという報告¹⁸⁾がある一方、11 歳から 19 歳の CT によって診断された腰椎分離症患者の DXA による骨密度は、標準値と差がなかったという報告¹⁹⁾もある。これらの報告はそれぞれ対象の年齢が異なっているため、いまだ統一した見解は得られていない。本研究では、同じスポーツ活動に参加している成長期の 12,13 歳の男子において、腰椎疲労骨折に至る前駆段階である stress reaction も含めて腰椎骨密度を比較した。本研究の結果から、成長期における MRI 上でみられる腰椎椎弓根高輝度変化は、腰椎骨密度が低い選手に発生するわけではないことがわかった。

全身骨密度は成長に伴って増加することが日本人男児を対象とした統計で明らかになっている(図 4)²³⁾。タイ人小児を対象とした報告²¹⁾、アメリカの白人小児を対象とした報告²²⁾では、腰椎骨密度も成長とともに増加している。本研究で、椎弓根高輝度変化あり群となし群で PHV 年齢、発育年齢に差はなかったことから、椎弓根

月齢と全身骨密度との関係



文献²³⁾より引用

図 4 成長期男子における月齢と全身骨密度の関係

高輝度変化あり群がなし群よりも発育の成熟度が高いゆえに骨密度が高かったわけではないといえる。有意に骨密度が高かった要因として、椎弓根高輝度変化あり群はなし群よりも入部前(小学生時代)の運動負荷が多かった可能性がある。運動負荷と高骨密度の関係については複数の先行研究があり、ブラジル人小児を対象とした研究ではスポーツ活動の参加は高骨密度と有意な相関があったと報告している²⁴⁾。また、競技スポーツに参加している思春期の児童は非運動群よりも股関節・腰椎の骨密度が有意に高かったこと²⁵⁾、思春期のサッカー選手とテニス選手は水泳選手とコントロール群と比較し有意に大腿部近位の骨密度が高かった²⁶⁾など、成長期の運動負荷と高骨密度の関係が報告されている。

また、本研究では腰椎椎弓根高輝度変化があった 20 名は、全員 L5 に発生していた。腰椎骨密度の測定にお

いて、L5は欠損やアーチファクトが多いことから、L1からL4またはL2からL4における骨密度の平均値を算出するのが標準の測定法となっており^{20,21,27)}、本研究でもL1からL4における腰椎骨密度を算出した。したがって、L5の疲労骨折部の骨硬化が測定した腰椎骨密度に影響している可能性は低いと考える。

本研究の対象者は、小学生時代はそれぞれ異なる環境でプレーしており小学生時代の運動量は異なっていると考えられる。中学1年生の入部1ヵ月時点での測定を解析したため、小学生時代の運動負荷が多かった選手ほど腰椎骨密度が高く、強い運動負荷の結果腰椎疲労骨折およびstress reactionが生じていた可能性がある。

本研究の限界点は、腰椎MRIと腰椎骨密度を同時に測定しているため、椎弓根高輝度変化が生じる前の腰椎骨密度との因果関係については説明することができないという点である。そして、椎弓根高輝度変化の所見があったのはすべてL5であったが、L1からL4における腰椎骨密度を測定しているため、高輝度変化のあったL5の骨密度は骨密度の数値に反映されていないことも弱点である。しかし、L5の骨密度がL1からL4の骨密度よりも極端に低いという可能性はこれまで報告されておらず、その可能性は低いと考える。

本研究では、MRIでの高輝度変化が両側に生じている選手も片側に生じている選手も区別せず統計処理を行った。

また、腰椎の椎体の骨密度が椎弓根の骨密度と相関しているか否かについて検討した先行研究はなく、今回の研究では、腰椎疲労骨折を発症した選手の椎弓根が低骨密度でないということは明言できない。しかし、成長期の男子アスリートにおける腰椎骨密度とMRIで早期診断した腰椎疲労骨折との関係性を検討した報告はこれまでになく、腰椎の低骨密度が腰椎疲労骨折のリスク因子ではない可能性が示唆された。

結 語

12-13歳の男子中学生サッカー選手において、腰椎MRIにおける椎弓根の高輝度変化と腰椎骨密度との関係を検討した。35名中20名に腰椎椎弓根の高輝度変化があった。椎弓根の高輝度変化を有する選手は有意に骨密度が高かった。成長期における腰椎椎弓根高輝度変化は腰椎骨密度が低い選手に発生するわけではない。

文 献

1) Sakai T et al : Incidence and etiology of lumbar

spondylolysis : review of the literature. J Orthop Sci, 15 : 281-288, 2010.

- 2) Campbell RS et al : Juvenile spondylolysis : a comparative analysis of CT, SPECT and MRI. Skeletal Radiol, 34 : 63-73, 2005.
- 3) Sairyō K et al : MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents. Spine, 31 : 206-211, 2006.
- 4) Crawford CH 3rd et al : Current evidence regarding the etiology, prevalence, natural history, and prognosis of pediatric lumbar spondylolysis : a report from the scoliosis research society evidence-based medicine committee. Spine Deform, 3 : 12-29, 2015.
- 5) Cavalier R et al : Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents : I. Diagnosis, natural history, and nonsurgical management. J Am Acad Orthop Surg, 14 : 417-424, 2006.
- 6) 大場俊二 : 腰椎分離症発症防止への取り組み—早期受診, 早期診断のために—。日臨スポーツ医学会誌, 16 : 339-348, 2008.
- 7) Sairyō K et al : Spondylolysis fracture angle in children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector -A biomechanical rationale. Internet J Spine Surg, 1(2) : 2005.
- 8) Navas A et al : Bone marrow changes in stress injuries. semin musculoskelet radiol, 15 : 183-197, 2011.
- 9) Hollenberg GM et al : Stress reactions of the lumbar pars interarticularis : the development of a new MRI classification system. Spine, 27 : 181-186, 2002.
- 10) Bennell K et al : Risk factor for stress fracture. Sports Med, 28 : 91-122, 1999.
- 11) Marci A et al : Bone health in athletes : the role of exercise, nutrition, and hormones. Sports Health, MarApr, 9 : 108-117, 2017.
- 12) Stuart J et al : Stress fractures : pathophysiology, epidemiology, and risk factors. Curr Osteoporos Rep Sep, 4 : 103-109, 2006.
- 13) Bennell K et al : Risk factors for stress fractures in track and field athletes. A twelve-month prospective study. Am J Sports Med, 24 : 810-818, 1996.
- 14) Myburgh K et al : Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. Ann Intern Med, 113 : 754-759, 1990.
- 15) Beck T et al : Dual-energy X-ray absorptiometry

- derived structural geometry for stress fracture prediction in male U.S. Marine Corps recruits. *J Bone Miner Res*, 11 : 645-653, 1996.
- 16) Cosman F et al : Determinants of stress fracture risk in United States Military Academy cadets. *Bone*, 55 : 359-366, 2013.
- 17) Crossley K et al : Ground reaction forces, bone characteristics, and tibial stress fracture in male runners. *Med Sci Sports Exerc*, 31 : 1088-1093, 1999.
- 18) Gezer NS et al : Vertebral body bone mineral density in patients with lumbar spondylolysis : a quantitative CT study. *Diagn Interv Radiol*, 23 : 385-389, 2017.
- 19) McClellan JW et al : Should 25-hydroxyvitamin D and bone density using DXA be tested in adolescents with lumbar stress fractures of the pars interarticularis? *J Spinal Disord Tech*, 25 : 426-428, 2012.
- 20) 文部科学省 : 学校保健統計調査 (平成 28 年)
- 21) Nakavachara P et al : A normal reference of bone mineral density (BMD) measured by dual energy X-ray absorptiometry in healthy thai children and adolescents aged 5-18 years : a new reference for Southeast Asian Populations. *PLoS One*, 9 : e97218, 2014.
- 22) Kalkwarf HJ et al : The bone mineral density in childhood study : bone mineral content and density according to age, sex, and race. *J Clin Endocrinol Metab*, 96 : 3160-3169, 2007.
- 23) 鳥居俊 : 発育期と運動 (整形外科系). In : 公益財団法人日本体育協会指導者育成専門委員会スポーツドクター部会, ed. *スポーツ医学研修ハンドブック基礎科目*. 第 2 版, 文光堂, 東京 : 76-85, 2011.
- 24) Diniz TA et al : Relationship between total and segmental bone mineral density and different domains of physical activity among children and adolescents : cross-sectional study. *Sao Paulo Med J*, 135 : 444-449, 2017.
- 25) Nasri R et al : Combat sports practice favors bone mineral density among adolescent male athletes. *J Clin Densitom*, 18 : 54-59, 2015.
- 26) Silva CC et al : The impact of different types of physical activity on total and regional bone mineral density in young Brazilian athletes. *J Sports Sci*, 29 : 227-234, 2011.
- 27) 宗圓ほか : 原発性骨粗鬆症の診断基準. *Osteoporosis Japan*, 21 : 9-21, 2013.

成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の 治療前身体機能の特徴

Characteristics of Pre-treatment Physical Function of Adolescent Athletes with Lumbar Spondylolysis

大嶺 俊充¹⁾ Toshimitsu Ohmine 瀧上 順誠²⁾ Junsei Takigami
内田 愛美¹⁾ Manami Uchida 島田 永和²⁾ Nagakazu Shimada

● Key words

腰椎分離症, 腰椎骨盤帯安定性, 運動制御

●要旨

本研究の目的は, 成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の身体機能の特徴を明らかにし, 効果的な運動療法確立の一助とすることである。方法は, 成長期スポーツ選手の腰椎分離症症例の治療前身体機能を, 下肢柔軟性, 腰椎骨盤帯安定性, 運動制御に着目した当院独自の評価方法を用いて計測し, 階層的クラスター解析によって, 身体機能の特徴の違いで症例を分類した。結果は, 腰椎骨盤帯安定性のみ不良な症例が24例, すべての機能が不良な症例が9例, 運動制御のみ不良な症例が22例で, 3つの主なパターンに分類された。腰椎分離症症例の治療では, 下肢柔軟性だけでなく, 腰椎骨盤帯安定性, 運動制御にも着目する必要性が示唆された。

はじめに

腰椎分離症は, 成長期における過度なスポーツ活動などにより, 椎弓突起間部に負荷がかかることによって起こるとされる疲労骨折である。無症候性の腰椎分離症の青少年スポーツ選手が長期的にみても疼痛増加や腰椎すべり症が出現する事実はないとの報告¹⁾や, 一方で, 長期的にみると腰椎分離症が腰椎分離すべり症を引き起こす可能性についての報告¹⁾もあり, その詳細な natural course については明らかになっていない。しかし, 成長期スポーツ選手における腰椎分離症の有病率において, Iwamoto ら²⁾は, 高校入学前のラグビー選手 327 名

に対する X 線画像による評価で, 51 名(15.6%)に腰椎分離症が発見され, そのうち 40 名(72.5%)に腰痛を認めたと報告した。このことから腰椎分離症は, 成長期スポーツ選手の多くに発生し, さらに腰痛からスポーツパフォーマンスの低下に関与する可能性がある。

近年, MRI や CT による早期画像診断法が確立され³⁾, 病期にもよるが, 体幹硬性装具を装着し長期間のスポーツ活動の制限を行なう保存療法によって, 骨癒合率は向上した⁴⁾。しかし, 18 歳以下の初期分離症に対して, 骨癒合の確認はしていないものの, 診断後平均 4.7 ヶ月の運動制限後にスポーツ復帰させた症例において, スポーツ復帰後の再腰痛発生率は 45.5%, 再骨折率は 12% であったと報告されている。また, それに伴

大嶺俊充
〒 583-0875 羽曳野市壱山 100-1
運動器ケアしまだ病院リハビリテーション課
TEL 072-953-1001

1) 運動器ケアしまだ病院リハビリテーション課
Department of Rehabilitation, Shimada Hospital
2) 運動器ケアしまだ病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Shimada Hospital

いスポーツレベルの低下やスポーツ活動の引退を余儀なくされる選手も18%存在すると報告されている⁵⁾。これは、発生後の安静期間中およびスポーツ復帰後の運動療法が効果を示せていない可能性があり、先行研究においても腰椎分離症に対する運動療法の効果は不明確⁶⁾であるとされている。その理由としては、腰椎分離症の発症原因とされているスポーツ動作中の椎弓突起間部に対する、過剰な伸展回旋ストレス^{7,8)}を引き起こす身体活動様式や身体機能の特徴が不明確であることが考えられる。

一方、スポーツにおける腰痛とスポーツ選手の身体機能については、股関節周囲筋の柔軟性⁹⁾、腰椎骨盤帯安定性¹⁰⁾、スポーツ動作中に腰椎の過度な動きを出さず動作が実施できるか¹¹⁾(なお本論文ではこの機能を運動制御と定義する)、などの要素との関連性が示唆されている。成長期腰椎分離症症例の身体機能についても佐藤ら¹²⁾は、股関節を中心とした柔軟性の評価を実施し、分離症症例において低下していると報告しているが、腰椎骨盤帯安定性や運動制御の評価は行なわれていない。し

たがって、腰椎分離症症例の身体機能を明確にするためには、股関節を中心とした柔軟性評価だけではなく、腰椎骨盤帯安定性や運動制御を評価し、総合的に捉える必要性があると考えられる。

そこで本研究の目的は、成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例に対して、身体機能(下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御)を評価し、治療前の身体機能の特徴を明らかにすることで、腰椎分離症に対する運動療法を検討するうえでの一助とすることである。

症例と方法

2016年9月～2017年1月までの間に腰痛を主訴として当院を受診し、腰椎レントゲン、腰椎CT、腰椎MRI検査により、腰椎分離症と診断された症例55例(表1)を対象とした。包含基準は、18歳未満で週4日以上スポーツ活動に従事しているものとした。除外基準は、治療前に理学療法評価を行なえなかったもの、腰椎疾患の手術既往のあるもの、下肢神経症状を有するものとした。

計測項目は、先行論文を一部参考に作成した、当院独自の腰椎分離症評価項目を計測した。まず下肢柔軟性は、股関節を中心とした可動域の計測項目で、全15項目(左右別は7項目、各項目得点0～4点、満点54点)(表2)で構成されている。次に腰椎骨盤帯安定性は、さまざまな肢位で、上肢または下肢をさまざまな方向に動かす課題を実施した際に、腰椎骨盤帯の動き(とくに回旋)がなく実施できるかどうかを計測する項目で、全6項目^{13,14)}(左右別は6項目、各項目得点0～2点、満点24点)(表3)で構成されている。最後に運動制御は、競技特性動作に模した動作を腰椎の過剰な伸展回旋なく実施できるかどうかを計測する項目で、全9項目(左右別は3項目、各項目0～4点、満点27点)(表4)で構成されている。これらの計測項目を、理学療法開始前に計測

表1 対象者の情報

		全患者(n=55)
Demographic data		
年齢(歳)		14.8±1.8
男性(%) / 女性(%)		44(80%) / 11(20%)
身長(cm)		162.8±10.0
体重(kg)		54.2±12.1
競技歴(年)		5.5
競技種目		
野球		16
サッカー		12
バスケットボール		8
陸上		6
バレーボール		3
その他		10

表2 柔軟性評価項目

	1点	2点	3点	4点
Finger floor distance (FFD)	指先が膝より上	指先が膝～床の間	床に指がつく	床に手の平がつく
Straight leg raise (SLR)	<70°	70～90°	90°≤	
Hip heel distance (HHD)*1	5cm 以上	5～0cm	0cm	
Thomas test 変法*2	<股関節伸展 0°	股関節伸展 0°	股関節伸展 0°<	
仰臥位股関節外旋	<0°	0～20°	20～45°	45°≤
仰臥位股関節内旋	<0°	0～20°	20～45°	45°≤
腹臥位股関節内旋*3	<0°	0～20°	20～45°	45°≤
荷重下足関節背屈(膝屈曲位)*4	<0°	0～20°	20～45°	45°≤

*1: 腹臥位で他動で片側膝関節を最大屈曲させた際の、殿部と踵の距離を計測

*2: ベッド上仰臥位で片脚膝、股関節を屈曲させ、反対側をベッドから出し股関節の伸展可動域を計測

*3: 腹臥位で膝関節を90°屈曲位とし、下腿の傾斜角度を股関節内旋角度として計測

*4: 床上で片脚膝関節、股関節最大屈曲位で足関節を背屈させた角度を計測

表3 腰椎骨盤帯安定性評価項目

	1点	2点
Prone single hip extension *1	骨盤の回旋あり	なし
Prone single hip internal rotation *2	骨盤の回旋あり	なし
Active straight leg raise (ASLR) *3	骨盤の回旋あり	なし
Single hip up *4	骨盤の回旋あり	なし
四つ這い片手挙げ*5	胸郭の回旋あり	なし
四つ這い片足挙げ*6	骨盤の回旋あり	なし

*1: 腹臥位で床から片側下肢を10cm 挙上した際の骨盤の回旋を確認
 *2: 腹臥位で片側膝関節を90° 屈曲位とし、最大内旋位まで下腿を傾斜させた際の骨盤の回旋を確認
 *3: 仰臥位で床から片脚下肢を20cm 挙上した際の骨盤の回旋を確認
 *4: 開始肢位を支持側膝関節90° 屈曲位、反対側下肢はhip upした際に、支持側大腿と同等の高さまで挙上し、骨盤の回旋を確認
 *5,6: 四つ這いから、片脚上肢・下肢を床と水平位まで挙上した際の、胸郭または骨盤の回旋を確認

表4 運動制御評価項目

	1点	2点	3点	4点
スクワットテスト(平面) *1	後頭部/胸椎/仙骨が棒に接触できない	できる		
スクワットテスト(段差) *2	後頭部/胸椎/仙骨が棒に接触できない	できる		
壁立位上肢挙上テスト*3 (両側/片側)	壁立位が保持不可	壁に接地するまで上肢挙上不可	壁に接地するまで上肢挙上可能	
立位 hip extension test *4	股関節伸展不能	骨盤を押さえると股関節伸展可能	股関節伸展可能	
Lange rotation test *5	姿勢保持不可能	実施可能も良肢位*6保持不可	良肢位*6で実施できるが、体幹の回旋が45°未滿	体幹の回旋が45°以上可能

*1: 体幹、下腿の傾斜が平行になるようにスクワット姿勢を保持
 その際100cmの棒を被験者の背面にあて後頭部、胸椎中部(Th4~6)、仙骨がすべて接触するかを確認
 *2: スクワットを前足部のみ段差にのせ、後足部は浮かした状態で実施、確認方法は*1と同様
 *3: 踵を壁から5cm離して背面すべてを壁に接触させた立位を保持、その後、両上肢・片側上肢を挙上する際に、腰椎の過剰な前弯(検査者の手の平が壁と被験者の腰の間に抵抗なく通る場合は過剰と判断)がないかを確認
 *4: 体全面すべてを壁に接触させた立位を保持、その後、片脚股関節伸展が骨盤の回旋なく可能かを確認
 *5: 100cmの棒を頭の後ろで床と水平になるように両上肢で保持する。良肢位のLange positionを保持し、前足側に体幹を回旋した際に、良肢位、棒の水平が保持可能かを確認
 *6: 前足が膝関節90°屈曲位、前額面において前膝がneutral positionとなるLange position

した。その後、各対象者の下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御の合計点を算出した。なお腰痛のため評価が実施できなかった項目は0点とした。

統計処理は、対象者を身体機能(下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御)が類似したものの同士を1つのクラスターに分類していく、階層的クラスター解析を行なった。なおクラスター間の距離は、平方ユークリッド距離を用い、分類方法はWard法を用いた。クラスター数の決定には、逆クラスター検定¹⁶⁾を用い、類似症例をクラスターに分類していくなかで、平方和が急激に増加する箇所(クラスターを無理に作った箇所と考えられる)を決定し、その手前のクラスター数とした。その後、分類されたクラスター間で身体機能(下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御)の差を検討するために、Kruskal-Wallis検定を実施、事後検定として群間比較のためにBonferroni法を使用して行なった。なおKruskal-Wallis検定、Bonferroni法による群間比較共に、有

意水準を5%未滿とした。また統計ソフトは、SPSS ver. 24.0を使用した。

結 果

身体機能特徴をクラスター解析し、テンドログラムが作成される(図1)。逆クラスター検定により、3クラスター分類点から2クラスター分類点の間で、最も平方和が増加することが確認された¹⁵⁾(図1上矢印)。したがってテンドログラム内の3クラスター分類点(図1実線)で、3群に分類することが適切であると判断した。その結果、対象者は3群(A群24例、B群9例、C群22例)で構成されるように分類された(図1)。各群と全対象者の下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御の中央値と四分位範囲を表5に示す。次に各群間の身体機能の差について検討すると、下肢柔軟性は、3群間すべてに有意差が認められ、C>A>Bの順に良好な数値を示してい

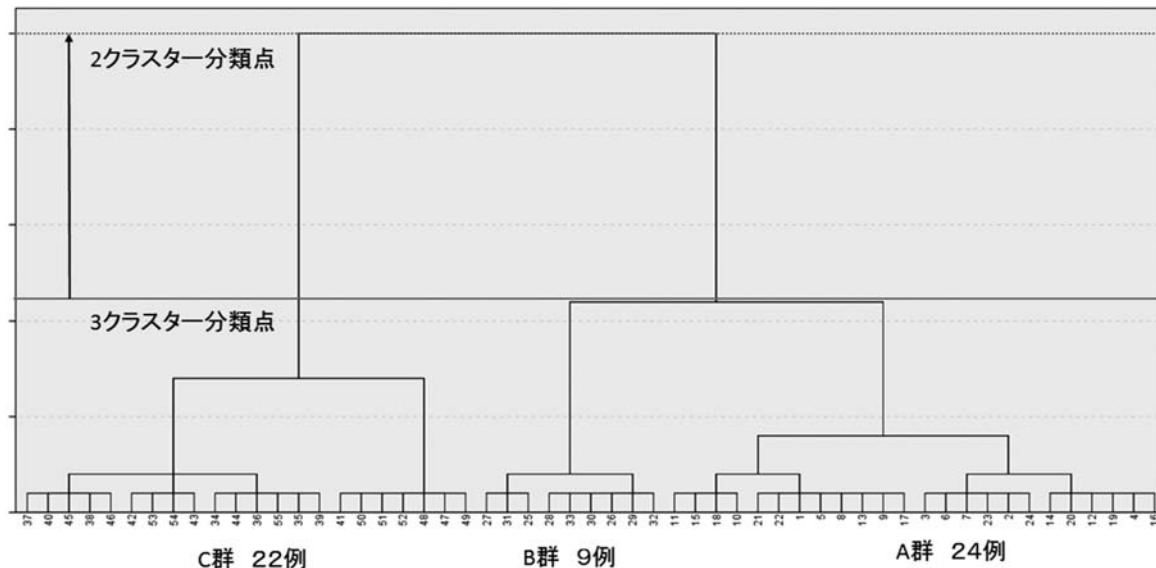


図1 対象を身体機能の特徴でクラスター分類する際のテンドログラム
 縦軸：平方和 横軸：対象No.
 上矢印：3クラスター分類点から2クラスター分類点までの平方和増加量

表5 柔軟性，腰椎骨盤帯安定性，運動制御の中央値と四分位範囲

身体機能	全体	A	B	C	Bonferroni 法 ($p < 0.05$ のみ記載)
柔軟性	40.0(37.0~45.0)	39.0(37.0~40.8)	34.0(32.5~35.5)	46.0(44.5~48.0)	C>B>A
腰椎骨盤帯安定性	15.0(13.0~16.0)	14.0(12.3~15.0)	14.0(12.5~15.5)	16.0(14.0~17.3)	C>A
運動制御	19.0(17.0~22.0)	21.0(20.0~23.0)	15.0(13.5~17.0)	18.0(15.8~20.3)	A>B, A>C

表6 各群の身体機能特徴のまとめ

	A	B	C
柔軟性	標準	不良	良好
腰椎骨盤帯安定性	不良	不良	良好
運動制御	良好	不良	不良

た。腰椎骨盤帯安定性は、A群とC群に有意差が認められ、C群がA群に比較し良好な数値を示していた。運動制御については、A群とB群、A群とC群間に有意差が認められ、A群が他の群より良好な数値を示していた(表5)。A群は、運動制御は良好、下肢柔軟性は標準的であるが、腰椎骨盤帯安定性が不良であった。B群は、すべての身体機能が不良であった。C群は、下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性良好だが、運動制御が不良であり、A群とC群が全体の84%を占めていた(表6)。

考 察

成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の治療前身体機能の特徴は、表6に示すとおりA群のように腰椎骨盤帯安定性不良群、B群のように下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御すべて不良群、C群のように運動制御不良群と3つのパターンに分類されることがわかった。

本研究から、腰椎分離症症例にもさまざまな身体機能の特徴をもった症例が存在することがわかった。また、A群とC群の身体的特徴をもった症例が多かったことから、腰椎分離症の発生または悪化要因を検討するうえで、先行研究で報告されていた下肢柔軟性の低下^{12,16)}だけでなく、腰椎骨盤帯安定性、運動制御の低下にも着目する必要性があると考えられる。

腰椎分離症に対する運動療法の目的は、腰椎の過剰な

伸展回旋動作の反復、つまりスポーツ動作中に分離部へのメカニカルストレスを減らす身体特性の獲得にあるといわれている¹⁶⁾。本研究で検討した身体機能(下肢柔軟性、腰椎骨盤帯安定性、運動制御)について、下肢柔軟性が低下すると、股関節周囲筋の柔軟性低下が骨盤の動きを制限し、腰椎骨盤リズムの破綻により、腰椎に過剰な動きが起こることでメカニカルストレスの増大が生じると推察される¹⁷⁾。次に腰椎骨盤帯安定性の低下は、腰椎の分節的安定性に寄与するといわれる¹⁸⁾深部体幹筋(多裂筋や腹横筋)の機能低下が予測される¹⁹⁾。ゆえに腰椎骨盤帯安定性の低下は、スポーツ動作中の腰椎の分節的不安定性を示している可能性があり、腰椎の過剰な動きに関連している可能性がある。最後に運動制御が低下すると、スポーツ動作中の腰椎の過剰な伸展回旋動作のコントロールができないことが予測される。バレリーナを対象とした先行研究で、腰椎のみの過剰伸展動作が腰部損傷に関係している²⁰⁾とされ、また分離症の再発予防には過剰な腰椎伸展回旋動作の改善が重要である¹²⁾と考えられていることから、運動制御の低下が腰椎へのストレス増大につながる可能性が考えられる。

本研究結果から、A群には腹横筋や多裂筋等のトレーニングを中心とした体幹筋トレーニングが重要となると考える。C群には、競技特異動作を加味した運動制御トレーニングが重要になると考える。B群は、すべての身体機能が低下しているため、下肢柔軟性の改善を図ったうえで、体幹筋トレーニング、運動制御トレーニングが重要になると考える。このように、腰椎分離症症例にもさまざまな身体機能の特徴をもった症例が存在するため、それぞれの特徴を把握したうえで適切な運動療法を選択する必要性が示唆された。

最後に本研究で考案した評価方法は、下肢柔軟性だけでなく、腰椎骨盤帯安定性、運動制御を総合的に評価でき、診療場面だけでなくスポーツ現場でも使用可能な簡便で汎用性に優れた方法である。一方、再現性や妥当性、計測項目ごとの関連性に関しては、今後検討していく必要がある。

本研究の限界は、健常者と分離症症例との比較検討をしていないこと、競技別の分析が行なわれていないことがあげられる。

結 語

成長期スポーツ選手における腰椎分離症症例の治療前身体機能の特徴は、3つの特徴に分類できることが示唆された。それぞれの特徴を把握したうえで適切な運動療法を選択する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 矢吹省司：スポーツや運動と腰痛。In：菊池臣一，ed. 腰痛。第2版，医学書院，東京：172-176，2014。
- 2) Iwamoto J et al：Relationship between radiographic abnormalities of lumbar spine and incidence of low back pain in high school rugby players：a prospective study. *Scand J Med Sci Sports*, 15：163-168, 2004。
- 3) Sairyo K et al：Conservative treatment for pediatric lumbar spondylolysis to achieve bone healing using a hard brace：what type and how long?：Clinical article. *J Neurosurg spine*, 16：610-614, 2012。
- 4) Sairyo K et al：MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents：a clinical and biomechanical study. *Spine*, 31：206-211, 2006。
- 5) Selhorst M et al：Long-term clinical outcomes and factors that predict poor prognosis in athletes after a diagnosis of acute spondylolysis：a retrospective review with telephone follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther*, 46：1029-1036, 2016。
- 6) Garet M et al：Nonoperative treatment in lumbar spondylolysis and spondylolisthesis：a systematic review. *Sports Health*, 5：225-232, 2013。
- 7) 越川亮ほか：ヒト腰椎変形量の推移よりみた脊椎分離の成因に関する力学的研究。 *体力科学*, 28：56-72, 1979。
- 8) Sakamaki T et al：Normal and spondylolytic pediatric spine movements with reference to instantaneous axis of rotation. *Spine*, 27：141-145, 2002。
- 9) Fortin JD et al：Competitive figure skating injuries. *Pain Physician*, 6：313-318, 2003。
- 10) 菅原一博ほか：体幹のリハビリテーション。 *MED REHABIL*, 10：48-53, 2011。
- 11) Burnett A et al：Lower lumbar spine axial rotation is reduced in end-range sagittal postures when compared to a neutral spine posture. *Man Ther*, 13：300-306, 2008。
- 12) 佐藤正裕ほか：発育期腰椎分離症。競技復帰に向けたエクササイズ。 *臨スポーツ医*, 33：1000-1008, 2016。
- 13) Sahrman A：上下四半分の運動機能障害検査。

- In：竹井仁，ed. 運動機能障害症候群のマネジメント. 医歯薬出版，東京：261-364, 2005.
- 14) Daine L：腰椎骨盤股関節複合体の評価，そのテクニックと手法. In：石井美和子，ed. 骨盤帯. 第4版，医歯薬出版，東京：169-248, 2013
- 15) Lathrop G et al：The reliability of inverse scree tests for cluster analysis. *Educ Psychol Meas*, 47：953-959, 1987.
- 16) 金岡恒治：器質的腰部障害への進行とその特徴は？腰痛の病態別運動療法. 文光堂，東京：30-37, 2016.
- 17) 吉田徹ほか：脊椎分離症に対する対処法の基本原則. *整形・災害外科*，48：625-636, 2005.
- 18) Panjabi M et al：脊椎ローカル安定化システムの筋機能のレビュー. In：齋藤昭彦，ed. 脊椎の分節的安定性のための運動療法. エンタプライズ，東京：17-34, 2002.
- 19) Liebensohn C et al：The active straight leg raise test and lumbar spine stability. *PM R*, 1：530-535, 2009.
- 20) Clippinger K：脊柱. In：森下はるみ，ed. ダンスの解剖・運動学大辞典. 西村書店，東京：61-132, 2013.

ジュニアテニス選手の体幹安定性評価法についての検討

Assessment of Trunk Stability among Junior Tennis Players

原田 幹生¹⁾ Mikio Harada 高原 政利¹⁾ Masatoshi Takahara
丸山 真博²⁾ Masahiro Maruyama 宇野 智洋²⁾ Tomohiro Uno
高木 理彰²⁾ Michiaki Takagi

● Key words

テニス, 体幹, 評価

Tennis : Trunk : Assessment

●要旨

目的：本研究では、hand knee と back bridge の体幹安定性評価における基準について検討した。

方法：高校テニス選手 35 名に対し、テニス困難度を調べ、体幹安定性評価を行なった。

結果：テニス困難度 (0 点：困難なし-100 点：不可) は平均 7 点 (0~44) であった。平均時間 (利き手・非利き手) は、hand knee で 110・109 秒、back bridge で 96・102 秒であった。hand knee とテニス困難度に弱い相関関係を認めた (利き手； -0.30 , $p=0.07$, 非利き手； -0.29 , $p=0.09$)。hand knee で 120 秒以上の選手 ($n=16$) は、未満の選手 ($n=19$) に比べ、テニス困難度が低い傾向であった (120 秒以上：3 点、未満：11 点) ($p=0.14$)。back bridge はテニス困難度と相関関係はなかった。

結論：hand knee を 120 秒維持できるかどうか体が体幹安定性の基準になりうる。

はじめに

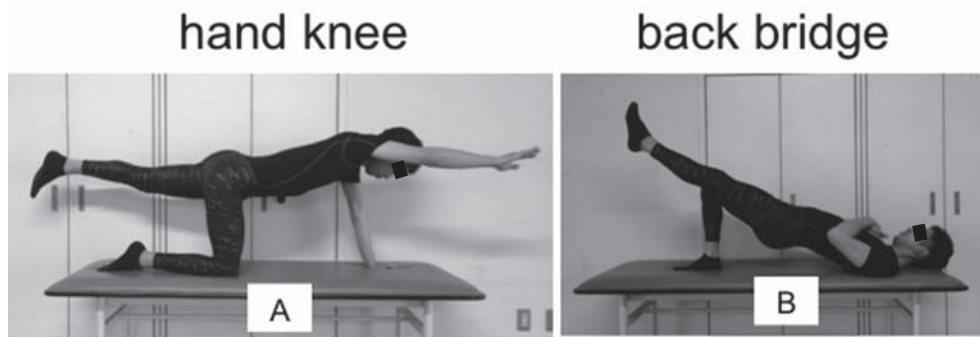
腰部安定化運動 (lumbar stabilization exercise : LSE) は、腰椎骨盤をニュートラルな位置に保持するアイソメトリックなトレーニングである。代表的な LSE として、elbow toe, hand knee, side bridge, および back bridge などがある。筆者らは、hand knee や back bridge などを体幹安定性評価法の 1 つとして使用してきた (図 1)。その結果、back bridge の肢位がとれない選手はテニス困難度が高く、これら選手では腰痛が多かったことを報告した¹⁾。しかし、これら手技の体幹安定性評価としての基準、つまり、これら手技を何秒以上できたら体幹安定性があると言えるかどうかについては調べられていない。

スポーツ選手にとって、個々のパフォーマンスを十分に発揮できたかどうか重要である。したがって、選手自身によって、パフォーマンスの主観的評価を行なうことが望ましい。近年、パフォーマンスの主観的評価として、disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) が用いられ、その信頼性と有用性が報告されている²⁻⁴⁾。また、筆者らは、2012 年から、独自に作成したパフォーマンス評価表を用いて、主観的評価を行なってきた¹⁾。

本研究の目的は、ジュニアテニス選手において、hand knee や back bridge などの体幹安定性とパフォーマンスの主観的評価との関係を検討し、体幹安定性評価における基準について検討することである。

原田幹生
〒 981-3121 仙台市泉区上谷刈字丸山 6-1
泉整形外科病院整形外科医局
TEL 022-373-7377/FAX 022-374-2481

1) 泉整形外科病院手肘スポーツ
Center for Hand, Elbow, and Sports Medicine, Izumi Orthopaedic Hospital
2) 山形大学医学部整形外科学講座
Department of Orthopaedic Surgery, Yamagata University Faculty of Medicine



体幹と手足が床と平行の姿勢 体と片足が一直線の姿勢

図1 体幹安定性評価

対象と方法

2012年から2017年の4年間の間に、年1回冬に行なわれるテニス検診に参加した単一高校の男性ジュニアテニス選手108名のうち、シーズン中あるいは検診時に体の痛みを有した選手53名と体幹安定性評価をできなかった33名を除外した(重複あり)、35名を対象とした。全例男性で、年齢は平均16.0歳(15~17)であり、テニス経験年数は平均5年(1~11)であった。

アンケート調査でパフォーマンスの主観的評価を調査した。DASHスポーツ(テニス困難度)とパフォーマンススコアを用いて主観的評価を行なった。DASHスポーツでは、DASHスポーツのスポーツをテニスに変更してテニス困難度を評価した。いつものテニスができたか、痛みのためにテニスがどの程度制限されたか、自分の思うようなテニスができたか、いつもと同じ時間テニスできたかの4項目について調べ、まったく困難なしから、できなかったまでの5段階で評価を行なった。さらに、4項目の合計を100点満点に換算して、まったく困難なしの0点から、最悪の100点まで点数化した⁴⁾。また、野球選手に対して筆者らが独自に作成した投球パフォーマンス自己評価法を参考にして⁵⁾、テニス選手に対するパフォーマンススコアを作成した¹⁾。全力でできたか、調子はどうか、下半身を十分に使えたか、腕が振れたか、コントロールはよかったか、および、体のバランス/スムーズに使えたか、について最高100%から最低0%として11段階で評価し、さらに、これら6項目の平均値を総合評価(0~100%)とした。

体幹安定性評価では、hand kneeとback bridgeを行なった^{6,7)}。Hand kneeでは、腹臥位で、どちらかの上肢を上げ、その反対の手を床につけた。上げた上肢と反

対の下肢を上げ、その状態で体幹・上下肢が地面と平行になるような姿勢をとり、そこから180秒維持させた(図1A)。利き手側の上肢を上げた場合を利き手側とした。back bridgeでは、仰臥位で、どちらかの下肢と殿部を上げ、体幹下肢が一直線状になるような姿勢をとり、そこから180秒維持させた(図1B)。利き手側の下肢を上げた場合を利き手側とした。これら体幹安定性評価の前に、それらの手技を1,2度練習してから、体幹安定性評価を行なった。測定開始から、上記の姿勢が崩れるまでの時間を測定した。

検討項目として、体幹安定性評価とパフォーマンスとの関係を分析した。統計学的分析では、Spearman順位相関を用い、相関係数 $|R| > 0.4$ かつ p 値 < 0.05 の場合を相関ありとした。2群間の比較では、Fisher直接確率検定とMann-Whitney U検定を用い、 $p < 0.05$ 以下を有意差ありとした。

結 果

パフォーマンスの主観的評価についてみると、テニス困難度の平均は7.0点(0~44)であった。パフォーマンススコアの6項目総合の平均は65%(22~100)であった(表1)。体幹安定性評価で、hand kneeの平均時間は、利き手側110秒(20~180)、非利き手側109秒(25~180)であり、両側で30秒未満:3名(9%)、30~60秒未満:4名(11%)、60~120秒未満:12名(34%)、および120秒以上:16名(46%)であった(図2)。Back bridgeの平均時間は、利き手側96秒(25~180)、非利き手側102秒(0~180)であり、両側で30秒未満:4名(11%)、30~60秒未満:4名(11%)、60~120秒未満:14名(40%)、および120秒以上:13名(38%)であった(図2)。

表1 パフォーマンス評価

テニス困難度	点	7.0	パフォーマンススコア	%	65
通常のテニス	点	1.8	力	%	80
テニス制限	点	1.8	調子	%	66
思うようなテニス	点	1.8	下半身	%	57
テニスの継続時間	点	1.6	腕の使用	%	72
			コントロール	%	58
			バランス	%	56

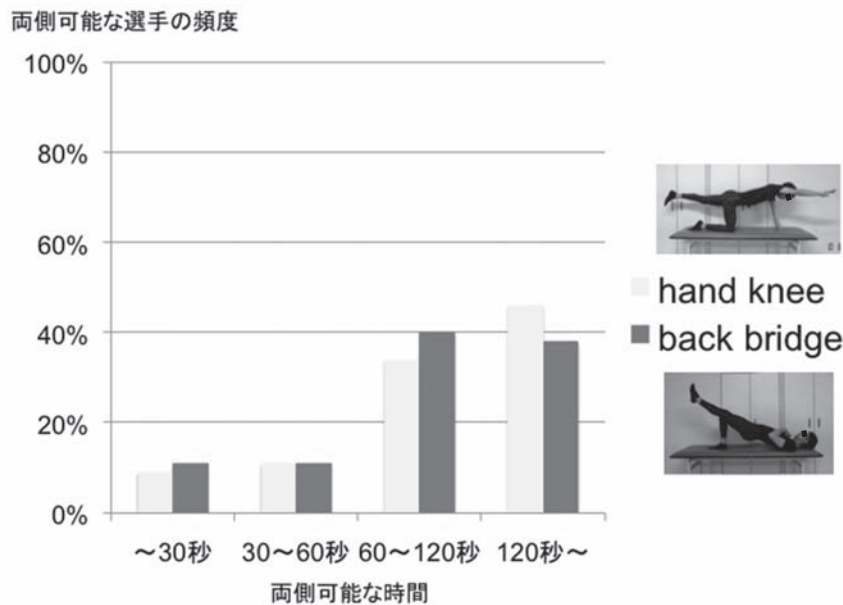


図2 体幹安定性評価における両側可能な選手の頻度

体幹安定性評価とパフォーマンスの主観的評価との関係についてみると、hand knee は、パフォーマンススコアと関連はなかったが、hand knee の可能時間とテニス困難度における相関係数は、利き手側で-0.30 ($p=0.07$)、非利き手側で-0.29 ($p=0.09$)であり、両側ともに、弱い相関関係が認められた(表2)。さらに、テニス困難度は、hand knee の姿勢を両側で120秒可能な選手 ($n=16$)で平均3.5点、不可の選手 ($n=19$)で平均10.5点であり、hand knee の姿勢を120秒可能な選手は、不可の選手に比べ、テニス困難度が低い傾向がみられた ($p=0.14$) (表3)。

Back bridge の可能時間はテニス困難度やパフォーマンススコアと相関関係はなかったが(表2)、back bridge で30秒未満の選手 ($n=4$)のパフォーマンススコアは平均45%、30秒可能な選手 ($n=31$)の同スコアは平均67%であり、back bridge で30秒未満の選手のパフォーマンススコアは、30秒可能な選手に比べ、有意に低かった ($p=0.01$) (表3)。

考 察

Hand knee や back bridge などの腰部安定化運動は、脊椎に直接付着する筋肉であるローカル筋群のよい訓練法と報告されている⁸⁾。腰部安定化運動の効果として、①腰痛改善や予防、②パフォーマンス向上がある。パフォーマンス向上には、垂直跳びの初速の増加⁹⁾、5,000 m のランニングの改善¹⁰⁾、サッカー選手の rebound jump の改善^{11,12)}、水泳選手のスタート時間の改善¹³⁾などが報告されている。本研究では、hand knee がテニス困難度と弱い相関関係がみられ、体幹安定性とパフォーマンスの主観的評価の関連性が示唆された。

本研究では、hand knee は、利き手側が平均110秒、非利き手側が平均109秒で、ともに同程度あり、左右差はなかった。また、hand knee は、両側において、テニス困難度と弱い相関関係が認められ、hand knee の可能時間が長くなればなるほど、テニス困難度は低くなって

表2 体幹安定性評価とパフォーマンスの相関関係

		hand knee		back bridge	
		利き手側	非利き手側	利き手側	非利き手側
テニス困難度	相関係数 (<i>p</i> 値)	(-) 0.30 (0.07)	(-) 0.29 (0.09)	(-) 0.04 (0.41)	0.01 (0.98)
パフォーマンススコア	相関係数 (<i>p</i> 値)	0.07 (0.66)	0.01 (0.95)	(-) 0.09 (0.57)	0.23 (0.17)

表3 体幹安定性評価とパフォーマンスとの関係

	人数	平均	hand knee						back bridge					
			30 秒		120 秒		<i>p</i> 値	30 秒		120 秒		<i>p</i> 値		
			以上	未満	以上	未満		以上	未満	以上	未満			
テニス困難度	<i>n</i> =35	7.0	<i>n</i> =32	<i>n</i> =3	<i>p</i> 値	<i>n</i> =16	<i>n</i> =19	<i>p</i> 値	<i>n</i> =31	<i>n</i> =4	<i>p</i> 値	<i>n</i> =13	<i>n</i> =22	<i>p</i> 値
パフォーマンススコア	<i>n</i> =35	65	65	58	0.53	64	65	0.94	67	45	0.01	64	65	0.66

いた。さらに、hand knee で 120 秒可能な選手は、未満の選手に比べ、テニス困難度が低い傾向がみられた。これら選手では、ローカル筋群による体幹の支持性が高いために、ストロークやサーブなどの動作において、体幹を中心とした運動連鎖を効果的に用いることができ、高い自覚的なパフォーマンスにつながった可能性が考えられた。hand knee において、姿勢を 120 秒維持できるかどうか、体幹安定性の判断基準になりうる可能性が示唆された。

Back bridge は、利き手側が平均 96 秒、非利き手側が平均 102 秒で、ともに同程度あり、左右差はなかった。また、back bridge の可能時間はテニス困難度やパフォーマンススコアと相関関係はなかったが、back bridge で 30 秒未満の選手のパフォーマンススコアは、30 秒可能な選手に比べ、有意に低かった。back bridge で 30 秒未満の選手のパフォーマンススコアの各項目についてみると、平均で、全力でできたか：78%，調子はどうか：45%，下半身を十分に使えたか：平均 35%，腕が振れたか：平均 53%，コントロールはよかったか：38%，および体のバランス/スムーズに使えたか：27%と、50% 未満の項目は、調子、下半身の使用、コントロール、およびバランス/スムーズであり、バランス/スムーズの項目が最も低かった。これら選手では、テニスの動作時において、ローカル筋群による体幹の支持性が低いために、上記のようなパフォーマンスの自覚的な低下につながった可能性が考えられた。

過去に報告されたパフォーマンスの主観的評価として、KJOC (Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic overhead athlete shoulder and elbow) スコア¹⁴⁾、DASH、および、筆者らが独自に作成したパフォーマンススコアがあるが、本研究で使用するうえで、それぞれ限界があった。

KJOC スコアは、上肢症状とパフォーマンスを自己評価するものであるが、10 項目中 4 項目 (40%) が上肢症状に関してのものであったため、本研究では用いなかった。DASH も、4 項目中 1 項目 (25%) が痛みも加味されたパフォーマンス評価であるが、世界で広く用いられ、信頼性と有用性が確認されていることから、本研究ではこれを用いた。また、筆者らが独自に作成したパフォーマンススコアは、限局的にしか使用されず、広く普及しているとはいえないが、症状と関係のない純粋にパフォーマンスのみを評価したものであるため、これを用いた。

筆者らの過去の研究では、腰痛のために back bridge の姿勢をとれなくなっている選手がいたため¹⁾、本研究では、体の痛みのないジュニアテニス選手を対象にして調べた。一方、体の痛みのないジュニアテニス選手を対象にしていたにも関わらず、DASH の『痛みのためにテニスなどの程度制限されたか』において、全例がまったく困難なしにはならなかった。実際痛みがあるにも関わらず、アンケートには痛みなしと答えた選手がいた可能性、または、痛みがないにも関わらず、正確にこの質問に回答していなかった可能性があり、本研究の限界と考えられた。

ま と め

高校テニス選手において、hand knee と back bridge の体幹安定性評価における基準について検討した。hand knee は、テニス困難度と弱い相関関係を認め、120 秒以上の選手は、未満の選手に比べ、テニス困難度が低い傾向であった。hand knee において、姿勢を 120 秒維持できるかどうか、体幹安定性の判断基準になり

うる可能性が示唆された。back bridge はテニス困難度と相関関係はなかった。

文 献

- 1) 原田幹生ほか：ジュニアテニス選手のパフォーマンスに関する因子についての検討 -体の痛みや身体所見の関係-。日臨スポーツ医会誌, 25 : 24-29, 2017.
- 2) Imaeda T et al : Validation of the Japanese society for surgery of the hand version of the disability of the arm, shoulder, and hand (DASH-JSSH) questionnaire. J Orthop Sci, 10 : 353-359, 2005.
- 3) Hsu JE et al : The disabilities of the arm, shoulder, and hand questionnaire in intercollegiate athletes : validity limited by ceiling effect. J Shoulder Elbow Surg, 19 : 349-354, 2010.
- 4) Alberta FG et al : The development and validation of a functional assessment tool for the upper extremity in the overhead athlete. Am J Sports Med, 38 : 903-911, 2010.
- 5) 丸山真博ほか：高校野球選手に対する主観的評価表を用いた調査。日臨スポーツ医会誌, 20 : 504-509, 2012.
- 6) 大久保雄ほか：腰椎 Stabilization Exercise 時の四肢挙上による体幹筋活動変化。日臨スポーツ医会誌, 19 : 94-101, 2011.
- 7) 金岡恒治：腰痛の運動療法 腰痛椎間板変性と Stabilization Exercise. 日臨スポーツ医会誌, 17 : 452-458, 2009.
- 8) 笠原政志ほか：スポーツ損傷予防と競技復帰のためのコンディショニング技術ガイド コンディショニングの評価とその活用 具体的な評価手法とその応用。体幹筋力 器具を用いない筋力評価法。臨スポーツ医 (臨時増刊号), 28 : 82-91, 2011.
- 9) Butcher SJ et al : The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. J Orthop Sports Phys Ther, 37 : 223-231, 2007.
- 10) Sato K et al : Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? J Strength Cond Res, 23 : 133-140, 2009.
- 11) Imai A et al : Immediate effects of different trunk exercise programs on jump performance. Int J Sports Med, 37 : 197-201, 2016.
- 12) Imai A et al : Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. Int J Sports Phys Ther, 9 : 47-57, 2014.
- 13) Iizuka S et al : Immediate effects of deep trunk muscle training on swimming start performance. Int J Sports Phys Ther, 11 : 1048-1053, 2016.
- 14) 丸山真博ほか：高校野球選手に対する主観的評価表を用いた調査。日臨スポーツ医会誌, 20 : 504-509, 2012.

静脈うっ滞を呈した水泳選手の胸郭出口症候群の一例

Venous Stasis Thoracic Outlet Syndrome in a Competitive Swimmer (Case Study)

馬見塚 尚孝¹⁾ Naotaka Mamizuka 金岡 恒治²⁾ Koji Kaneoka

● Key words

胸郭出口症候群, 水泳, 静脈うっ滞

● 要旨

上肢の静脈うっ滞を呈した胸郭出口症候群例のバタフライ選手に、内視鏡下第一肋骨切除術および前鋸筋部分切除術を施行し、症状の改善と早期復帰が可能であった一例を報告する。症例は17歳の水泳選手である。泳いでいるうちに左上肢のしびれ、腫脹、発赤が出現するため初診した。肋鎖間隙部に病変を有す胸郭出口症候群と診断した。手術は内視鏡下に行ない、肥大した前鋸筋部分切除術と第一肋骨の部分切除を施行した。術後4週目に大会に参加可能となった。前鋸筋の肥大および肋鎖間隙部の狭窄という解剖学的状態と、繰り返す挙上運動によって発症したと考えられた。負荷位 MRI と内視鏡手術は病態の把握に有用であった。手術は術後早期の競技会復帰を可能とした。

はじめに

水泳練習中に一過性反復性に片側上肢の脱力、静脈うっ滞を呈して胸郭出口症候群と診断し、内視鏡下に前鋸筋の部分切除、前・中斜角筋の切離、第一肋骨部分切除術によって早期競技レベルに復帰した一例を報告する。

症 例

17歳男性。高校水泳部で専門はバタフライの選手。水泳練習中に一過性反復性に片側上肢の脱力、静脈うっ滞(図1)に気づいたが放置していた。3ヵ月経過後、症状増悪を認め当院受診した。Roos test 施行中25秒で明らかな患側上肢の蒼白を認め、しびれ感も自覚した。Morley test に準じて鎖骨上窩の前斜角筋のやや前方を圧迫すると、患肢の静脈うっ滞が再現された(図2)。Wright test は陰性であった。頸椎単純X線では頸肋を

認めなかった。肩外転外旋位での負荷位非造影MRIで撮像した最大値投影法^{1,2)}では(図3)、肋鎖間隙での鎖骨下静脈の途絶と鎖骨下動脈の狭窄を認めたが、小胸筋近傍など他部位での動静脈狭窄所見は認めなかった。STIR矢状断画像では(図4a,b)、鎖骨下動静脈は肋鎖間隙部で鎖骨下筋、鎖骨、第一肋骨および前斜角筋の間で鎖骨下静脈は圧迫によって狭窄を認め、前斜角筋、中斜角筋、第一肋骨および鎖骨によって鎖骨下動脈および腕神経叢が圧迫によって狭窄を認めた。肋鎖間隙のやや外側では(図4c,d)、前鋸筋と鎖骨下筋および鎖骨の間で腕神経叢の圧迫を認めたが、鎖骨下動静脈の狭窄は明らかではなかった。このため術前診断では、肋鎖間隙やや外側の腕神経叢圧迫所見は主要病変だとは診断していなかった。三次元CT angiographyでは(図5)、肋鎖間隙部で鎖骨下動脈の狭窄を認めた。各種血液検査にも異常を認めなかった。これらの所見から、肋鎖間隙部での鎖骨下動静脈狭窄および腕神経叢の圧迫による狭窄を主障害部位とし、バタフライのトレーニングを繰り返すこと

馬見塚尚孝
〒874-0840 別府市鶴見4548
西別府病院スポーツ医学センター野球医学科
TEL 0977-34-1221

1) 西別府病院スポーツ医学センター野球医学科
Department of Baseball Medicine, Institute of Sports Medicine, Nishibeppu National Hospital
2) 早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, University of Waseda



図1 水泳練習直後の左上肢の静脈うっ滞所見
静脈の怒張，皮膚の紅斑，前腕の腫大を認める。



図2 鎖骨上窩の圧迫で患肢の静脈うっ滞を再現可能であった。

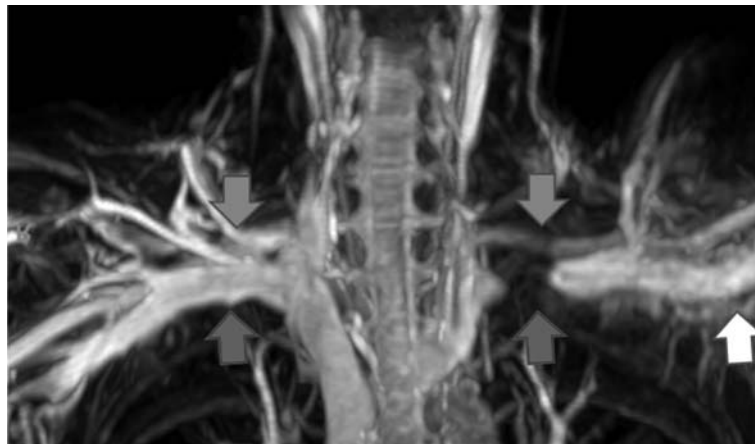


図3 負荷位 MRI での最大値投影法画像
左肋鎖間隙部で鎖骨下静脈の著明な狭窄，鎖骨下動脈の軽度の狭窄を認める。それ以外には狭窄を認めない。

で症状が誘発された胸郭出口症候群と診断した。鎖骨下静脈内の明らかな血栓を認めなかったが、肺塞栓のリスクが否定できなかったことや、2ヵ月後の高校総体出場を希望したため、可及的早期に内視鏡下第一肋骨部分切除術を計画した。

手術体位は右側臥位で、SPIDER II Limb Positioner™(Smith & Nephew, MA, USA)を用いて上肢を牽引し、術者は患者の腹側に立って手術を行なった。皮切は第三～四肋骨高位に約5 cm程度とした。腋窩を鈍的に剝離し、内視鏡を挿入した。術中所見では(図6)、肋鎖間隙の外側部に肥大した前鋸筋と考えられる筋が存在

し、鎖骨下動静脈および腕神経叢を圧迫していた(図6a,b,c)。また、この筋の上方に鎖骨下静脈の側副血行路と考えられるうっ滞した静脈を認めた(図6a,b,c)。鎖骨および肋鎖間隙部へのアプローチのためこの筋を部分的に切除したところ、静脈のうっ滞は消失した(図6d)。さらに動静脈神経を損傷しないように前および中斜角筋、第一肋骨を露出し、筋の骨付着部を切離した。第一肋骨の骨膜を鈍的および電気メスで剝離、露出し、肋骨肋軟骨移行部近傍から、中斜角筋の付着部まで切除した。肋骨切除終了後、リークテストおよび胸部単純X線撮影を行なったが、胸膜損傷を疑う所見は認めな

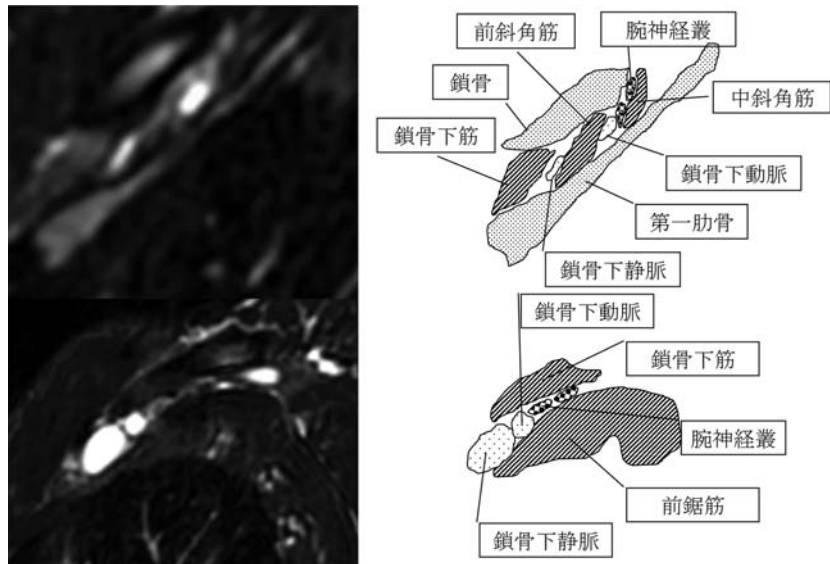


図4 STIR矢状断像肋鎖間隙部(a), aの解説図(b), STIR矢状断像肋鎖間隙外側部(c), cの解説図(d)

STIR矢状断像では、肋鎖間隙の最狭窄部で鎖骨下静脈が鎖骨下筋と第一肋骨、前斜角筋によって圧迫されている。また、鎖骨下動脈が前斜角筋、中斜角筋、第一肋骨、鎖骨によって圧迫されている。肋鎖間隙外側には肥大した前鋸筋が認められ鎖骨下筋および鎖骨との間で腕神経叢の圧迫を認めるが、鎖骨下動静脈の圧迫所見は認めない。



図5 CT angiography
肋鎖間隙を示す矢印の部位で、左鎖骨下動脈が狭窄している。

かった。術後の三次元CT画像では、第一肋骨はおよそ4cm切除されていた(図7)。

術後リハビリテーションは、手術翌日より肩関節の可動域訓練や患部外ストレッチを開始した。術後2週目よりビート板を用いた水泳トレーニングから再開し、症状が再発しないことを確認しながら徐々に通常練習に戻した(表1)。術後4週目に行なわれた高校総体県予選での

200m バタフライはベストタイムより約4秒遅く県代表を逃したが、自由形で参加したりレーでは優勝してインターハイに出場した(表2)。Shoulder 36 V.1.3による質問紙評価では、術前疼痛3.8点、可動域4点、筋力3.5点、健康感3.8点、日常生活動作4点、スポーツ能力2点から、術後2ヵ月ですべて4点まで回復した。またDASH sportsスコアは、術前62.5点から術後3ヵ月で

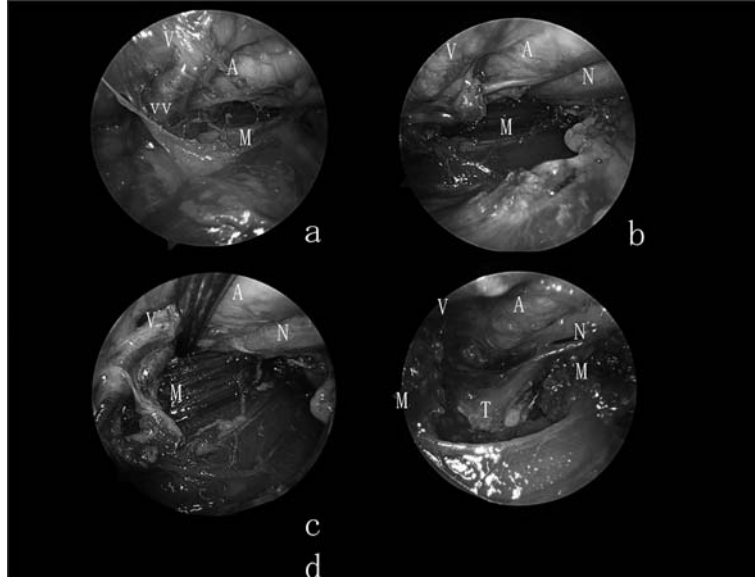


図6 術中内視鏡画像
鎖骨下動脈の前方に怒張した静脈を認める(a). 前鋸筋によって鎖骨下動静脈および腕神経叢が圧迫されており(b, c), 前鋸筋部分切除によって伴走静脈の怒張は消失した(d). (M:前鋸筋, A:鎖骨下動脈, N:腕神経叢, V鎖骨下静脈, vv怒張した伴走静脈)



図7 術後3DCT
左第一肋骨の切除範囲を示す。

0点まで改善した。

考 察

水泳トレーニング中に一過性反復性に上肢の静脈うっ滞を呈し、前鋸筋の肥大および肋鎖間隙部の狭窄という解剖学的状態と、繰り返す挙上運動によって発症したと考えられた胸郭出口症候群例に対し、経腋窩的に内視鏡下第一肋骨切除術および前鋸筋の部分切除を行なうことで、術後早期の競技会で好成績を収めた一例を報告した。

胸郭出口症候群は、90%以上の症例で神経障害によ

表1 術後リハビリテーションおよびアスレティックリハビリテーションスケジュール

●術直後～1週間	安静
●術後10日目～	プールでビート板を用いたキックトレーニング開始
●術後11日目～	通常練習を開始(ほぼ問題なし)
●術後4週目	県大会出場し200mバタフライ優勝

表2 記録

●200mバタフライ	
➤術後6週	ベスト記録から+3秒47の遅れ
➤術後10週	ベスト記録から+1秒32の遅れ
●リレー自由形100m	
➤術後12週	ベスト記録より-0秒89の短縮

る症状が出現するとされ、上肢のうっ血など血管性による例は神経障害性と併せても10%以下と頻度が低いと報告されている³⁾。また、静脈うっ滞の原因として静脈内血栓が指摘された原発性鎖骨下静脈血栓症(Paget-Schroetter症候群)が報告されている⁴⁾。Paget-Schroetter症候群は比較的若年者に発症する特発性の鎖骨下静脈血栓症で、肋鎖間隙部で鎖骨下静脈が繰り返し圧迫されることによって血管内膜損傷をきたして血栓閉塞に至ると考えられている。本例は静脈性と考えられる静脈うっ滞所見を呈しているが症状は一過性間欠的であり、非造影MRIおよび造影CTでも明らかな

血栓を認めないなど Paget-Schroetter 症候群ではないと診断した。しかしながら、症状、診察所見など類似しており、手術によって症状が顕著に改善したことから、肋鎖間隙部での鎖骨下静脈の圧迫が発症に関係したと推察した。DeWeese ら⁵⁾は抗凝固療法による保存的治療を行なった Paget-Schroetter 症候群では、12%に肺塞栓が発生したことや68%の症例で上肢の腫脹や疼痛、血栓性静脈炎等の症状が残存したことを報告した。Urschel ら⁶⁾は発症から1ヵ月以内に診断治療を開始した群では良好な成績であったと報告した。以上の報告を参考にして、本症例でも可及的早期に手術を行なった。また、本症例は Roos test では上肢が蒼白となるなど動脈圧迫の所見を示し、さらにしびれ感の出現など神経障害の所見も呈した。MRI では肋鎖間隙部で動脈神経すべてに圧迫所見を認めるなど、混合性の所見を呈した。

胸郭出口症候群の画像検査としては、造影 CT⁷⁾、超音波エコー^{8,9)}、非造影^{1,2)}および造影 MRI、静脈造影検査¹¹⁾の有用性が報告されている。とくに静脈性胸郭出口症候群ではこれまで静脈造影が用いられてきたが、近年超音波エコー⁹⁾や造影 CT⁷⁾の有用性が指摘されている。本症例では非造影の負荷位 MRI を撮像し^{1,2)}、肋鎖間隙部の鎖骨下動脈および腕神経叢の圧迫および狭窄所見が主要病変だと診断していた。一方、後述する術中所見から、前鋸筋が鎖骨および鎖骨下筋との間で腕神経叢を圧迫していたと推察した。術中所見では負荷位 MRI と違って、前鋸筋は鎖骨下動脈の圧迫にも関与していた。これらの相違は、負荷位 MRI の撮像肢位は肩関節外転 90° 外旋 90° であるが、術中体位は側臥位であること、肩関節の外転角度が 90° 以上であることなど、肢位に違いがあることが関係していると推察した。このように負荷位 MRI の撮像肢位が術中肢位や症状誘発の肢位と同じではないために適切に病変部の描出ができないことが問題点として挙げられるが、前鋸筋の肥大や腕神経叢圧迫を描出していたことや、心臓から小胸筋部までの病変部を診断できるなど、胸郭出口症候群の補助診断検査として有用性が高い。

手術は古島ら¹²⁾により改良された内視鏡下経腋窩進入第一肋骨切除術および神経血管周囲剝離術に準じて行なった。本法は、鏡視によって神経や血管を細かく観察できるため安全で正確な操作が可能となり、また術野をのぞき込むことなく処置が可能であることなどから術者・助者のストレスが軽減されることが挙げられる。とくに本例では、怒張した静脈を内視鏡下に確認しながら手術を行なえたため、静脈を損傷することなく手術を終えることができるなど有用であった。また、肥大した前鋸筋が動脈神経を圧迫していたことを確認できるな

ど、術中診断においても有用性が高い。

胸郭出口症候群の発症に関与する因子としては、肋鎖間隙部におけるさまざまな解剖学的破格、トレーニングによる筋肥大、癭痕などが報告されている¹²⁾。本例の負荷位 MRI および術中所見では、肋鎖間隙部に加え、そのやや外側部の肥大した前鋸筋が伴奏静脈の怒張は前鋸筋の部分切除によって消失したことから、一般的な肋鎖間隙部の狭窄に加え前鋸筋の肥大が増悪因子として考えられた(図5)。また、バタフライトレーニングは、肩甲帯の大きな可動域を必要とする泳法であり、さらに繰り返す長期間高負荷のバタフライトレーニングによる肋鎖間隙周囲の筋肥大や動脈神経との摩擦が、胸郭出口症候群のリスク要因の1つと考えられる。

術後のリハビリテーションについては、選手が可能な限りより実際の競技に近いレベルをめざして行なうというトレーニング計画を立て実行した。その結果、術後11日目にはほぼ通常練習が可能となり、術後4週目であった地方大会では、専門種目の200mバタフライで優勝し、術後8週目の質問紙では、shoulder 36 V. 1.3 と DASH スポーツスコアとも最高点まで改善した。先行研究では鎖骨上法で手術を行ない、平均4.4ヵ月スポーツへの完全復帰にかかることが報告されており¹³⁾、内視鏡下経腋窩的第一肋骨切除術はコンペティションレベルのスポーツへ早期復帰できる可能性が示唆された。

結 語

水泳トレーニング中に一過性反復性に上肢の静脈うっ滞を呈し、前鋸筋の肥大および肋鎖間隙部の狭窄という解剖学的状態と、繰り返す挙上運動によって発症したと考えられた胸郭出口症候群例に対し、経腋窩的に内視鏡下第一肋骨切除術および前鋸筋の部分切除を行なうことで、術後早期の競技会で好成績を収めた一例を報告した。術前の負荷位 MRI および内視鏡を用いた手術は病態を明らかにするために有用であった。

文 献

- 1) 大西信三ほか：胸郭出口症候群の MRI による血管診断 case series. 肩関節, 40 : 1009-1011, 2017.
- 2) 馬見塚尚孝ほか：胸郭出口症候群の MRI 最大値投射法. 整スポ会誌, 37 : 80-83, 2017.
- 3) Fugate MW et al : Current management of thoracic outlet syndrome. Curr Treat Options Cardiovasc Med, 11 : 176-183, 2009.
- 4) 兼城達也ほか：原発性鎖骨下静脈血栓症 (Paget-

- Schroetter 症候群) の 1 例. 脈管学, 54 : 129-133, 2014.
- 5) DeWeese JA et al : Subclavian venous thrombectomy. *Circulation*, 41 (5 Suppl) : 158-164, 1970.
 - 6) Urschel HC et al : Paget-Schroetter syndrome : what is the best management? *Ann Thorac Surg*, 69 : 1663-1668 ; discussion 1668-1669, 2000.
 - 7) 古賀龍二ほか : 手術的治療を行った野球選手のいわゆる胸郭出口症候群の臨床的特徴と治療成績. *肩関節*, 38 : 981-985, 2014.
 - 8) 井上彰ほか : 鎖骨下動脈における血流速度測定の信頼性と第一肋骨切除術前後の血流速度変化の検討. *整スポ会誌*, 37 : 53-58, 2017.
 - 9) 田端強志ほか : 超音波検査が有用であった血管性胸郭出口症候群の 2 症例. *超音波医*, 43 : 759-763, 2016.
 - 10) Ersoy H et al : Vascular thoracic outlet syndrome : protocol design and diagnostic value of contrast-enhanced 3D MR angiography and equilibrium phase imaging on 1.5-and 3-T MRI scanners. *AJR Am J Roentgenol*, 198 : 1180-1187, 2012.
 - 11) Suzuki Yoshiyuki et al : A case of venous thoracic outlet syndrome recognized by arm swelling. *Radiat Med*, 20 : 135-136, 2002.
 - 12) 古島弘三ほか : 野球選手の胸郭出口症候群に対する手術方法と成績—鏡視下手術の有用性に着目して—. *肩関節*, 39 : 777-782, 2015.
 - 13) Chandra V et al : Thoracic outlet syndrome in high-performance athletes. *J Vasc Surg*, 60 : 1012-1017, 2014.

野球選手の胸郭出口症候群における Roos テストと超音波所見の関連

Relationship Between Roos Maneuver and Findings of Ultrasonography in Baseball Players with Thoracic Outlet Syndrome

村山 俊樹¹⁾ Toshiki Murayama 古島 弘三²⁾ Kozo Furushima
船越 忠直²⁾ Tadanao Funakoshi 宮本 梓¹⁾ Azusa Miyamoto
草野 寛²⁾ Hiroshi Kusano 伊藤 恵康²⁾ Yoshiyasu Itoh

● Key words

胸郭出口症候群, 斜角筋三角, 超音波エコー

●要旨

目的：胸郭出口症候群(TOS)に対する Roos テストとエコーによる斜角筋三角底辺距離(ISD)と鎖骨下動脈血流速度(PHV)および臨床評価の関連を検討すること。

方法：TOS 単独の診断を受けた野球選手 91 名を対象とした。Roos テストは手指の屈伸継続可能時間が 15 秒以下(Roos 15 群), 16~30 秒(Roos 30 群), 31~60 秒(Roos 60 群)とした。エコーでは ISD と PHV を測定した。統計処理は基本情報, DASH, DASH-SM, ISD, PHV の比較を行なった。

結果：Roos 15 群, Roos 30 群, Roos 60 群はそれぞれ 21 名, 27 名, 43 名であった。Roos 15 群は Roos 30 群および Roos 60 群よりも有意に ISD の値が小さかった。DASH は Roos 15 群が Roos 60 群よりも有意に高値であった。

考察：Roos 15 は重症な TOS の診断・治療に重要な理学所見の 1 つと考えられた。

はじめに

野球選手における胸郭出口症候群(thoracic outlet syndrome; TOS)は、比較的まれな疾患である。しかし、近年は良好な手術成績^{1,2)}や有効な術前検査法^{3,4)}が報告されており、TOS に対する認知度は増加している。

TOS に対する治療の第一選択は保存療法であるが、非アスリートに対する有効率は約 60%⁵⁾、アスリートに対する有効率は 33%⁶⁾と報告されており、保存療法に難渋する例も少なくない。難渋する症例に対して、古島

ら¹⁾は内視鏡を併用した第一肋骨切除術を行ない、野球選手における競技復帰率は 88.7%と良好な成績を報告している。アスリートは限られた現役期間内に早期復帰が求められるため、治療早期に適切な治療方針を提示することは重要である。そのためには、正確、詳細な術前評価が必要不可欠である。

手術適応の決定に理学所見は重要であり、Roos テストをその継続可能時間に応じて分類して、手術適応の一助となると報告されている⁷⁾。また、近年では超音波検査機器(以下;エコー)を用いた診断技術が向上しており、神経血管束の圧迫の程度を定量的に評価することが

村山俊樹
〒374-0011 館林市羽附町 1741
慶友整形外科病院リハビリテーション科
TEL 0276-72-6000/FAX 0276-75-4888

1) 慶友整形外科病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Keiyu Orthopaedic Hospital
2) 慶友整形外科病院スポーツ医学センター
Sports Medical Center, Keiyu Orthopaedic Hospital

可能となった。具体的には、斜角筋三角底辺距離(inter-scalene distance ; ISD)や鎖骨下動脈の収縮期最大血流速度(peak systolic velocity ; PSV)の測定法が確立されており、その有用性が報告されている^{3,4)}。

Roos テストの継続可能時間が短いものほど症状が重度であり、手術へ移行する可能性が高まるため⁷⁾、神経血管束に対する圧迫は強いと推察される。よって Roos テストの継続可能時間と神経血管束の圧迫程度は関連がある可能性がある。しかし、Roos テストとこれらのエコー所見との関連性は明らかではない。本研究の目的は、Roos テストとエコーによる ISD と PSV および臨床評価の関連性を検討することである。

対象と方法

2016年5月から2017年12月までの20ヵ月間に、当院にてTOS単独(尺側側副韌帯損傷、上腕骨小頭離断性骨軟骨炎、肘頭疲労骨折、腱板損傷、SLAP損傷などを合併したものは除外)の診断を受けた野球選手108名を対象とした。TOSの診断は、自覚症状として日常生活や競技において上肢のしびれや疼痛、だるさを認め、理学所見において①鎖骨上窩あるいは斜角筋三角部の圧痛、②WrightテストもしくはRoosテストが陽性の例、③エコーや3D造影CT所見にて血管の圧迫を示唆する例で、①～③のいずれかを満たした例とした。初診時に年齢、身長、体重といった基本情報、理学所見としてTOS誘発テスト(Roosテスト)を調査した。また、主観的評価としてDASHスコア、DASH-sports module(以下；DASH-SM)スコアの調査を行なった。このうち、測定データの欠損を認めた17名を除外した91名(平均年齢16.6±6.6歳)を最終的な解析対象とした。Roosテストはわれわれの先行研究に準じて⁷⁾、原法⁸⁾から改良し、手指の屈伸が15回以下(もしくは15秒以下)の場合をRoos 15陽性と定義し、16～30回(もしくは16～30秒)の場合をRoos 30陽性と定義し分類した。また、31～60回(もしくは31～60秒)のものはRoos 60とした。

エコー検査は、SONIMAGE HS1 SNIbLE[®](Konica-minolta社製)を使用した。測定項目はISDおよび鎖骨下動脈のPSVとした。測定方法は井上ら^{3,4)}の方法に準じて行なった。ISDはランドマークを第一肋骨と鎖骨下動脈に設定し、第一肋骨に対しては長軸に、第一肋骨上を横走する鎖骨下動脈は短軸に描出した³⁾。その後、鎖骨下動脈と隣接する腕神経叢を指標に前斜角筋と中斜角筋を同定し、両筋の第一肋骨停止部を描出して、その間隔を肋骨内側線で計測した³⁾。PSVは上肢下垂位(以下；下垂位)、90°外転外旋位(以下；ABER位)、最大挙上位(以下；挙上位)の3肢位とし、測定部位は腋窩動脈の2nd partを長軸で観察し、小胸筋と第二肋骨をランドマークとする位置とした⁴⁾。

解析対象はRoos 15、Roos 30、Roos 60の3群とし、統計処理は、各群における基本情報、DASHスコア、DASH-SMスコア、ISDについてMann-WhitneyのU検定を行なった。また、PSVについて群間の比較にはMann-WhitneyのU検定を行ない、群内の比較にはWilcoxonの符号付順位和検定を行なった。統計ソフトはR2.8.1を使用した。有意水準はBonferroni補正を行なったため、 $p < 0.017$ とした。

結 果

3群の内訳は、Roos 15群21名(21.3%)、Roos 30群27名(29.7%)、Roos 60群は43名(47.3%)であった。Roos 15群、Roos 30群、Roos 60群の基本情報の検定結果では、年齢および体格(身長、体重)に有意差はなかった(表1)。

DASHスコアはRoos 15群：31.3±23.6点、Roos 30群：21.8±16.0点、Roos 60群：10.4±11.8点であり、Roos 15群はRoos 60群より有意に点数が高かったが($p=0.005$)、Roos 15群とRoos 30群、Roos 30群とRoos 60群の間に有意差はなかった(図1)。DASH-SMスコアはRoos 15群：68.1±26.9点、Roos 30群：63.6±31.1点、Roos 60群：52.8±27.1点であり、有意差

表1 各群の基本情報の比較

	Roos 15群 n=21	Roos 30群 n=27	Roos 60群 n=43	p値		
				Roos 15群 vs Roos 30群	Roos 30群 vs Roos 60群	Roos 15群 vs Roos 60群
年齢(歳)	16.9±5.4	16.2±2.1	16.8±3.2	0.550	0.408	0.400
身長(cm)	167.2±10.2	171.9±7.2	168.8±10.5	0.091	0.320	0.537
体重(kg)	64.3±15.2	66.1±11.4	64.9±13.9	0.330	0.725	0.537

平均±標準偏差

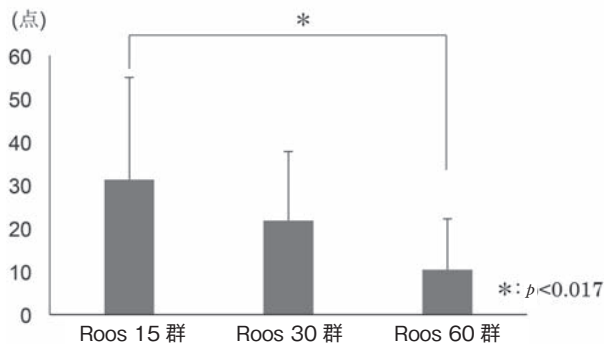


図1 Roos テストの継続可能時間におけるのDASH スコアの比較
Roos 15 群は Roos 60 群と比較して DASH スコアが有意に高値であった。

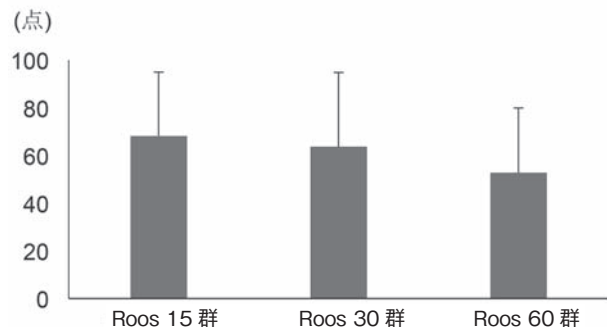


図2 Roos テストの継続可能時間における DASH-SM スコアの比較
群間に有意差はなかった。

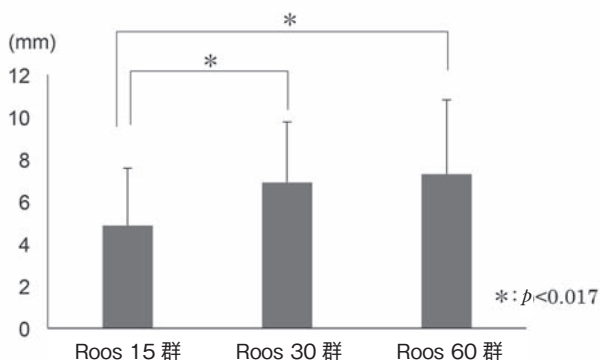


図3 Roos テストの継続可能時間における斜角筋三角底辺距離(ISD)の比較
Roos 15 群は Roos 30 群および Roos 60 群よりも ISD が有意に小さかった。
Roos 30 群と Roos 60 群の間には有意差はなかった。

はなかった(図2)。

エコー所見の結果では、ISD は Roos 15 群：4.9±2.7 mm, Roos 30 群：6.9±2.9 mm, Roos 60 群：7.3±3.5 mm であり、Roos 15 群は Roos 30 群($p=0.011$)、Roos 60 群($p=0.014$)よりも有意に ISD が小さかったが、Roos 30 群と Roos 60 群の間に有意差はなかった(図3)。PSV については、群間、群内の比較で有意差はなかった(図4)。

考 察

本研究結果から Roos 15 群は他の群と比較して ISD が有意に小さく、DASH スコアは、Roos 15 群が Roos

60 群よりも有意に高値であった。一方で、PSV は群間で有意差はなかった。このことから、Roos テストで早期に疼痛やしびれ、だるさが出る場合は、斜角筋三角部の高度狭窄を有し、日常生活において自覚症状がより重度であることが示され、Roos 15 は TOS の診断と治療方針を決定するうえで重要な理学所見となりうることが示唆された。

一般的に、TOS では斜角筋三角部と肋鎖間隙、小胸筋下で神経血管束の圧迫を受けるとされてきた⁹⁾。しかし、屍体研究や CT を用いた研究では、小胸筋下での圧迫はほとんど認めず、大部分は斜角筋三角部もしくは肋鎖間隙での圧迫が生じると報告されている^{10,11)}。われわれの調査では、理学所見、画像所見でも小胸筋下での明らかな圧迫所見はみられなかった。Roos テストの検査肢位である ABER 位は、斜角筋三角部と肋鎖間隙の病態を反映する検査であり¹²⁾、TOS の理学所見の肢位として有用と考えられる。さらに、Roos テストは ABER 位の保持により斜角筋三角や肋鎖間隙で持続的に神経血管束の圧迫や牽引に加えて、手指の屈伸によるパンピングアウトが上肢の血流の阻血状態を促進するため、Roos テスト継続可能時間が短いほど症状が重度であり、Roos 15 陽性例は保存療法に抵抗するとされる⁷⁾。しかし、Roos テストのみでは斜角筋三角部や肋鎖間隙におけるそれぞれの神経血管束の圧迫の程度を定量的に評価することは不可能である。

近年、エコーによる TOS 評価の有用性が報告されている^{3,4)}。井上ら³⁾はエコーを用いて ISD を測定することで斜角筋三角部の狭窄の程度を定量的に評価した。その結果、手術に至った TOS 患者の ISD は平均 5.0 mm であったと報告している³⁾。屍体研究では ISD は平均 10.7 mm と報告されており¹³⁾、斜角筋三角部の狭窄が

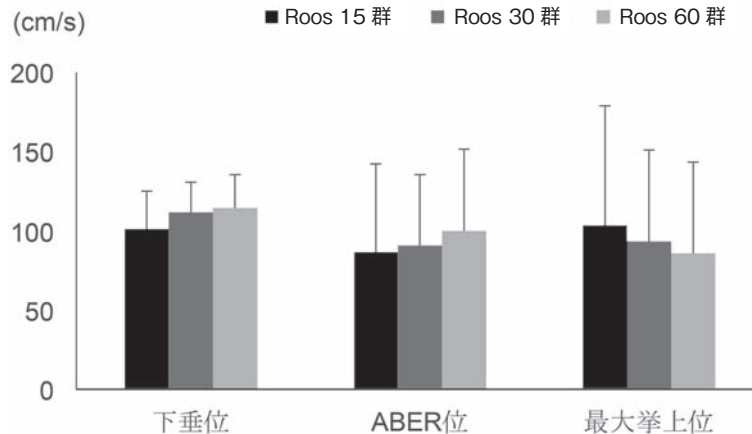


図4 Roos テストの継続可能時間における収縮期最大血流速度 (PSV)の比較
群間, 群内の比較で有意差はなかった。

TOS 症状と関連していることは明らかである。本研究結果より, Roos 15 群の ISD が有意に狭小であったことから, 斜角筋三角部の狭窄の程度が強いほど, Roos テストの継続時間が減少することが明らかとなった。斜角筋の破格や異常線維束などの先天的要因に加えて, オーバーヘッドスポーツによる斜角筋の肥大などの後天的要因¹⁴⁾により, ISD が狭小化した状態ではより重度な TOS を発症する可能性が高まると考えられた。

さらにエコーを用いて鎖骨下動脈の PSV を測定することで, 肋鎖間隙での圧迫の程度も評価が可能である⁴⁾。井上⁴⁾は手術に至った TOS 患者の PSV は挙上に伴い低下していたが, 手術後にそれが改善することを報告している。本研究結果では, Roos テストの継続時間と PSV に有意差はなかったため, Roos テストの肢位 (ABER 位) では, 血流速度を変化させるほどの圧迫は生じていないものと考えられる。通常, ABER 位では鎖骨が後方へ偏位するため, 肋鎖間隙は狭小化する¹⁵⁾。Demondion ら¹⁶⁾は, TOS 患者の動脈狭窄率を健常者と比較した結果, 下垂位に比べ外転 130° が最も狭窄率が大きく, 診断効果が高かったと報告している。このため, ABER 位での肋鎖間隙における神経血管束への圧迫は, Wright テスト原法の肢位よりも軽度になる¹⁷⁾。これらの報告からも, ABER 位で実施する Roos テストでは, 肋鎖間隙の十分な狭窄を誘発できないため, PSV の低下に有意差が出なかったと推察される。

TOS の治療において, 胸郭出口部の物理的な除圧が必要である。手術治療では, 外科的に除圧することができるため^{1,2)}, 治療成績が良好であると考えられる。一方, 理学療法を中心とした保存療法では, 物理的圧迫を

残したまま頸部や肩甲胸郭関節, 肩関節を中心とした機能改善によって, 神経血管束に対してどの程度の圧迫軽減効果が得られているかは不明である。即時的な効果として, 斜角筋に対するボトックス注射や小胸筋に対するブロックを行なうことで, 鎖骨下動脈の血流速度と臨床症状が改善することが報告されている^{18,19)}。理学療法による機能改善によっても, これらの報告同様に胸郭出口部の物理的な除圧や臨床症状の改善が得られているか, 今後は縦断的な調査が必要である。

本研究の限界として, 初診時の所見のみを用いた横断研究であることがあげられる。今後は, 縦断的に理学所見とエコー所見の評価を行ない, これらの関連を調査することが必要と考えている。

結 語

- ・ TOS と診断された野球選手 91 名を対象に Roos テストの継続可能時間とエコー所見および臨床評価の関連について調査した。
- ・ Roos 15 群は他の 2 群よりも有意に ISD は小さかったが, PSV には有意差は認められなかった。
- ・ Roos15 は治療早期に適切な治療方針を提示することができる有用な検査法である。

利益相反

本研究において, 開示すべき COI 関係にある企業等はない。

文 献

- 1) 古島弘三ほか：野球選手の胸郭出口症候群に対する手術方法と成績—鏡視下手術の有用性に着目して—。肩関節, 39 : 777-782, 2015.
- 2) 大歳憲一ほか：野球選手の胸郭出口症候群の特徴と術後成績の検討。整スポ会誌, 31 : 142-148, 2011.
- 3) 井上彰ほか：胸郭出口症候群診断のための斜角筋三角底辺間距離計の信頼性と再現性—術前超音波所見と術中内視鏡所見との比較—。整スポ会誌, 38 : 51-56, 2018.
- 4) 井上彰ほか：鎖骨下動脈における血流速度測定の信頼性と第一肋骨切除術前後の血流速度変化の検討。整スポ会誌, 37 : 53-58, 2017.
- 5) Novak CB et al : Outcome following conservative management of thoracic outlet syndrome. J Hand Surg, 20 : 542-548, 1995.
- 6) Chandra V et al : Thoracic outlet syndrome in high-performance athletes. J Vasc Surg, 60 : 1012-1018, 2014.
- 7) 村山俊樹ほか：胸郭出口症候群を発症した野球選手における手術症例の臨床像—保存的治療群との比較—。整スポ会誌, 38 : 137-141, 2018.
- 8) Roos DB : New concepts in the etiology, diagnosis and surgical treatment of thoracic outlet syndrome. Vasc Surg, 13 : 313-321, 1979.
- 9) Poitevin LA : Thoraco-cervico-brachial confined spaces an anatomic study. Ann Chir Main, 7 : 5-13, 1988.
- 10) Demondion X et al : Thoracic outlet : assessment with MR imaging in asymptomatic and symptomatic populations. Radiology, 227 : 461-468, 2003.
- 11) Gillet R et al : Dynamic CT angiography for the diagnosis of patients with thoracic outlet syndrome : Correlation with patient symptoms. J Cardiovasc Comput Tomogr, 12 : 158-165, 2018.
- 12) 今釜哲男ほか：胸郭出口症候群の脈管テストの機序について—臨床所見及び局所解剖所見から—。整外と災外, 27 : 559-563, 1978.
- 13) Dahlstrom KA et al : Descriptive anatomy of the interscalene triangle and the costoclavicular space and their relationship to thoracic outlet syndrome : a study of 60 cadavers. J Manipulative Physiol Ther, 35 : 396-401, 2012.
- 14) Twajj H et al : Thoracic outlet syndromes in sport : a practical review in the face of limited evidence—unusual pain presentation in an athlete—. Br J Sports Med, 47 : 1080-1084, 2013.
- 15) 戸松泰介ほか：鎖骨の運動機能とその障害。整形外科, 21 : 787-794, 1970.
- 16) Demondion X et al : Ultrasonographic assessment of arterial cross-sectional area in the thoracic outlet on postural maneuvers measured with power doppler ultrasonography in both asymptomatic and symptomatic populations. J Ultrasound Med, 25 : 217-224, 2006.
- 17) Tanaka Y et al : Measurement of subclavicular pressure on the subclavian artery and brachial plexus in the costoclavicular space during provocative positioning for thoracic outlet syndrome. J Orthop Sci, 15 : 118-124, 2010.
- 18) Danielson K et al : Botulinum toxin type A improves blood flow in vascular thoracic outlet syndrome. Am J Phys Med Rehabil, 87 : 956-959, 2008.
- 19) Odderson IR et al : Use of sonography in thoracic outlet syndrome due to a dystonic pectoralis minor. J Ultrasound Med, 28 : 1235-1238, 2009.

カーリング選手 4 名に対して実施したメディカルチェックの経験

Experience with Medical Checkup for Four Curling Players

高橋 知之¹⁾ Tomoyuki Takahashi 田村 将希^{1,2)} Masaki Tamura
 神原 雅典^{1~3)} Masanori Kambara 鈴木 昌^{2,4)} Masashi Suzuki
 大澤 一誉^{2,4)} Kazunori Osawa 西中 直也²⁾ Naoya Nishinaka

● Key words

カーリング, スイープ動作, 上肢機能

●要旨

カーリング男子選手4名のメディカルチェックを行ない上肢の愁訴と上肢機能やスイープ動作との関係を検討した。理学的検査では関節可動域や筋力に加え、肩甲胸郭関節安定性を評価する外転抵抗テストを行なった。また肩関節45°拳上位での単純X線像からcuff indexとscapula indexを算出した。2名に上肢の愁訴を認め、これらはスイープ動作の多いポジションの選手だった。全例に肩甲胸郭関節安定性と単純X線像における算出値の異常を認め、上腕骨頭の上方向化や肩挙上動作時の肩甲骨上方回旋不足が示された。上肢の愁訴発生には、スイープ動作におけるこれらの安定性低下や肩関節の位置・運動異常が関連していたと考えられた。

はじめに

カーリング競技に特徴的な動作には氷上を滑りながらストーンをハウスに向かって投げるデリバリー動作と氷をブラシで掃くスイープ動作の2つがある(図1)。

カーリング選手のスポーツ障害の調査では、Reeserらは54%が膝関節に、33%が腰背部に障害を有していたと報告している¹⁾。また、三浦らはカーリング選手に対して行なったコンディショニング部位として約半数が下肢、次いで頸背腰部が多かったと報告している²⁾。

カーリング選手の膝関節障害は、デリバリー動作時の前脚にあたるスライディングフット(図1)に多いと報告

されている^{1,3)}。デリバリー動作ではスライディングフットに体重のほとんどを乗せ⁴⁾、重心を低く保つ必要がある。スライディングフットの膝関節には荷重ストレスに加え、深屈曲および内反・下腿の外旋という生理的な運動と反する負荷が加わることが障害の原因になっていると考えられている³⁾。

宿岩らが行なったカーリング選手に対するメディカルチェックの報告では、慢性的な腰部障害を抱える6選手中5選手でデリバリー動作時の後脚にあたるハックフット側の股関節柔軟性低下が認められている。股関節伸展運動の代償として骨盤前傾および腰椎の過伸展を強制されることが障害の原因になっていると考えられている³⁾。

高橋知之
〒227-8518 横浜市青葉区藤が丘2-1-1
昭和大学藤が丘リハビリテーション病院
リハビリテーションセンター
TEL 045-974-2221

- 1) 昭和大学藤が丘リハビリテーション病院リハビリテーションセンター
Rehabilitation Center, Showa University Fujigaoka Rehabilitation Hospital
- 2) 昭和大学スポーツ運動科学研究所
Showa University Research Institute for Sports and Exercise Sciences
- 3) 昭和大学保健医療学部理学療法学科
Department of Physical Therapy, Showa University School of Nursing & Rehabilitation Sciences
- 4) 昭和大学藤が丘病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Showa University Fujigaoka Hospital

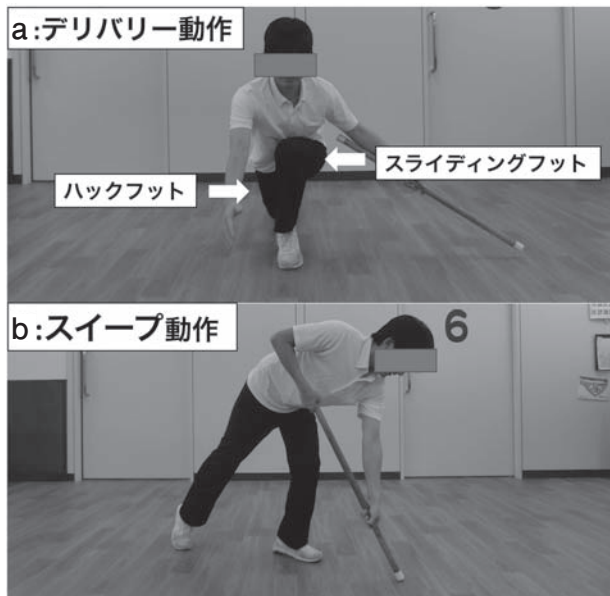


図1 デリバリー動作とスweep動作

- a: デリバリー動作. ストーンをハウスに向かって投げる動作. 前脚をスライディングフット, 後脚をハックフットと呼ぶ. デリバリー動作時にはスライディングフットに体重のほとんどを乗せ重心を低く保つ.
- b: スweep動作. 氷をブラシで掃く動作. 体幹を前傾させブラシのヘッドに体重を預けながらブラシを動かす動作である.

スweep動作は体幹を前傾させブラシのヘッドに体重を預けながらブラシを動かす動作である(図1). 強い力を入れるため, なかには後脚がつま先で立つほどブラシのヘッドに体重を乗せる選手もいるといわれている⁴⁾.

このようにデリバリー動作と膝関節障害および腰部障害との関連についての報告は散見される一方, カーリング選手の上肢機能やスweep動作に着目した報告は見当たらない.

筆者らが実施したカーリング選手に対するメディカルチェックの結果から, 上肢の愁訴と, 上肢機能やスweep動作の関係を考察したので報告する.

対象と方法

1. 対象

対象は2016年12月~2017年1月の間に当研究所へメディカルチェック目的で来院した日本代表レベルの男性カーリング選手4名(選手A~D)8肩とした. 平均年齢は30歳(28~32歳), 平均身長は174.8cm(166.1~180.3cm), 平均体重は74.6kg(70.1~78.3kg), 平均

競技歴は19.5年(17~23年), 利き手は全例が右手であった.

本研究は, 昭和大学藤が丘病院臨床試験審査委員会の承認を得て実施している(承認番号F2017C31).

2. 方法

整形外科およびリハビリ部門のメディカルチェックでは整形外科医師による診察・各種画像検査・理学療法士による身体機能評価を実施した.

理学療法士が測定した項目は, 上肢に関する愁訴の問診, 外転抵抗テスト^{5,6)}, 上下指椎間距離(finger vertebral distance; FVD), 外転位での肩甲骨脊椎間距離(scapula spine distance; SSD)⁷⁾(図2), 可動域(肘関節屈曲・伸展, 前腕回内・回外, 体幹回旋, 足関節回旋), 自動および上肢支持での伏臥上体反らし(床面から下顎下端までの距離), 指床間距離(finger floor distance; FFD), 下肢伸展挙上(straight leg raise; SLR), 踵臀間距離(heel buttocks distance; HBD), 握力, trunk stability push-up テスト(TSPU)⁸⁾, 徒手筋力検査(大殿筋・中殿筋), 各選手の愁訴に応じた追加評価であった.

また「Scapula-45 撮影法」の単純 X 線像より無負荷の45° 挙上位像を用いて筒井らの方法⁹⁾に準じて cuff index (CI) と scapula index (SI) を算出した(図3).

CIは上腕骨頭と関節窩の位置関係を表し, CIの正常範囲は -1.11 ± 2.1 である. CIが正常範囲よりも高値である場合は関節窩に対する上腕骨頭の上方向化を表し, 低値である場合は関節窩に対する上腕骨頭の下方向化を表す.

SIは肩甲骨上方回旋の程度を表し, SIの正常範囲は 12.30 ± 4.1 である. 正常範囲よりも高値では過剰な上方回旋が起こっていることを表し, 低値では上方回旋不足を表す.

結 果

各選手のポジション, 症状と測定結果を表1に記す.

問診では選手Aは試合後の頸部~右肩の張りおよび疼痛を訴え, 選手Bはスweep動作時の左肩前方に疼痛を訴えていた. 選手C, 選手Dの2名は上肢に関する愁訴は訴えていなかった.

外転抵抗テストでは選手A, 選手B, 選手Cの3名が両側で肩甲胸郭関節に不安定性を認め, 選手Dの1名が左側に肩甲胸郭関節の不安定性を認めた. 選手Bの左側では抵抗を加えた際に肩甲上腕関節を伸展させるような代償動作が強く認められた.

FVD上は6~17cm, FVD下は9~21.5cm, SSDは

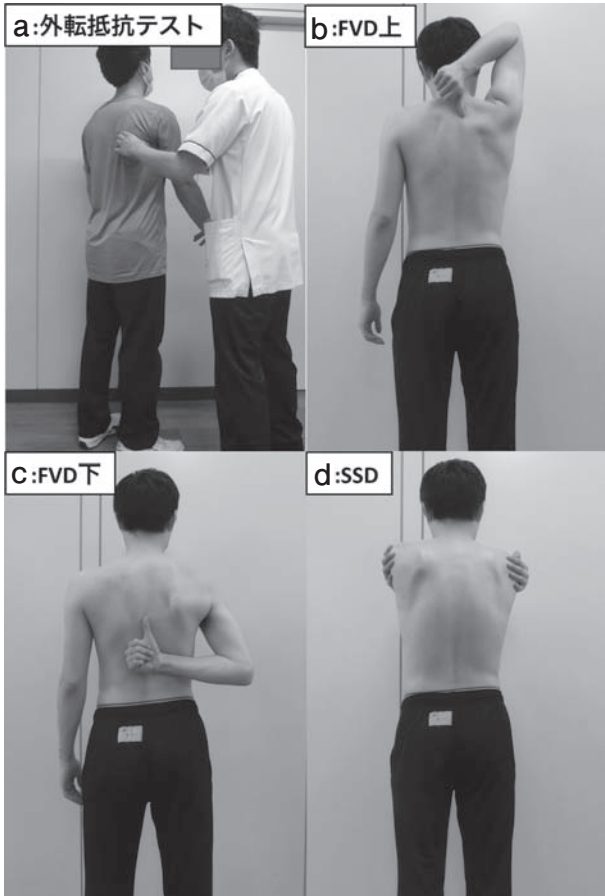


図2 外転抵抗テスト・FVD 上・FVD 下・SSD

- a: 外転抵抗テスト^{5,6)}. 肩甲骨面上 45° 外転位において外転抵抗をかけて、winging や肩甲骨下方回旋などが生じた際に徒手的な肩甲骨上方回旋の介助を行なった。介助により外転筋力の筋出力向上を認めた場合、肩甲胸郭関節不安定性ありと評価した。
- b: FVD 上. 母指先端から第 7 頸椎棘突起までの距離。
- c: FVD 下. 母指先端から第 7 頸椎棘突起までの距離。
- d: SSD. 肩甲棘基部から同レベルの棘突起までの距離。

FVD: finger vertebral distance, 上下指椎間距離。
 SSD: scapula spine distance, 外転位での肩甲骨脊椎間距離。

10~13 cm であり、肩関節および肩甲骨に著明な可動域制限が生じている選手はいなかった⁷⁾。

握力は 38~68 kg であり著明な筋力低下が生じている選手はいなかった。

CI は 1.22~5.53, SI は -7.43~7.93 であり、全例で CI は正常範囲よりも高値で SI は正常範囲よりも低値

だった(図 4)。

上肢機能に関する追加評価として選手 A に対して肩甲骨周囲筋の徒手筋力検査を実施した。選手 A は前鋸筋・僧帽筋下部・中部の MMT が左右とも 4 であったが、三筋とも左右で比べると明らかに右側の筋出力が弱かった。

考 察

今回の結果から、全例(4名8肩)の CI が正常範囲よりも高値で、SI が正常範囲よりも低値だった(図 4)。CI が正常範囲より高値に逸脱している場合は肩甲骨上腕関節の求心性低下(上腕骨頭の上方向化)を表し、腱板機能の低下を示唆する。また SI が正常範囲より低値に逸脱している場合は肩甲胸郭関節の上方向回旋不足を表し肩甲胸郭関節機能低下を示唆する⁹⁾。鈴木らは肩甲胸郭関節機能が腱板機能の効率に深く関与していると報告している¹⁰⁾。今回メディカルチェックの対象となった4名も肩甲胸郭関節機能低下により相対的に上腕骨頭の上方向化が起こり、腱板機能へ負の影響を生じる可能性があると考えた。

また、4名中2名の選手に上肢の愁訴があった。これらの選手のポジションはリードとセカンドで、他のポジションよりもスweep動作を多く行なう必要のある⁴⁾ポジションだった(表 1)。

選手 A はブラシの柄に近い側を把持する上肢(以下柄側、図 1 では右手側)の頸部~肩に張りおよび疼痛を試合後に訴えていた。スweep動作では、「強さ」に加え「速さ」も要求される⁴⁾。このため、柄側の上肢では体幹~肩甲胸郭関節を固定した状態で肩甲骨上腕関節の運動を行なう必要がある。選手 A は、前鋸筋、僧帽筋中・下部の筋力が MMT4 と筋力低下を認めていた。このため前鋸筋と僧帽筋のフォースカップリングに破綻が生じていたと考えられる。以上より選手 A の柄側の頸から肩の張りおよび疼痛の原因は、前鋸筋による肩甲胸郭関節の固定性不良によって僧帽筋上部に依存したスweep動作になっていたことであると考察した。

選手 B はブラシのヘッドに近い側を把持する上肢(以下ヘッド側、図 1 では左側)の肩前方に疼痛を訴えていた。スweep動作ではブラシのヘッドに体重を乗せるため⁴⁾、多くの体重をヘッド側に預けている。そのため、ヘッド側では肩甲胸郭関節の固定性が重要と考えられるが、選手 B は外転抵抗テストにおいて肩甲胸郭関節の不安定性を認め、外転抵抗時に肩甲骨上腕関節を伸展するような代償動作が観察された。以上より選手 B の肩前方痛の原因は、スweep動作時に肩甲胸郭関節固定性不

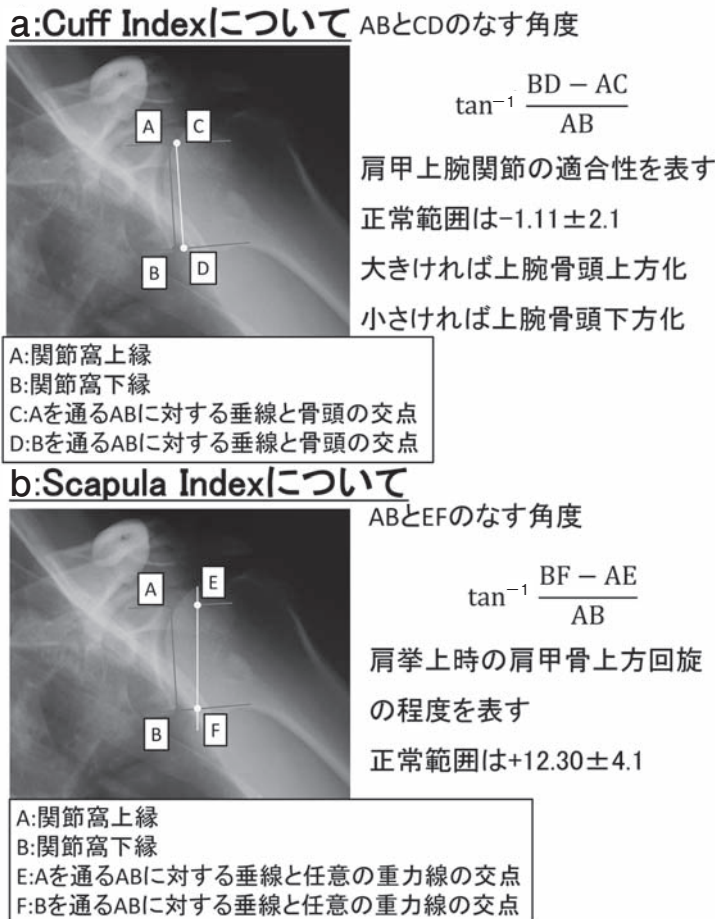


図3 「Scapula-45 撮影法」の単純X線像によるCIとSI⁹⁾ 無負荷の45°挙上位像で以下の指標を算出した。

- a : CI(cuff index) : 正常範囲からの逸脱値は肩甲上腕関節の求心位低下を表し 腱板機能低下を示唆.
- b : SI(scapula index) : 正常範囲よりも低値に逸脱している場合は肩甲胸郭関節の上方回旋不足を表し, 肩甲胸郭関節機能低下を示唆.

良に伴い上腕骨頭が前上方に変位した状態で全体重を支持していたことによる肩甲上腕関節へのストレス増大と考察した。

本研究の限界として2点あげられる。1点目は対象の人数が少なく、今回の結果がカーリング選手一般に当てはまるかどうか分からないという点である。2点目はコントロール群の設定がないため他の競技者との比較が行なえていないという点である。しかし、今回の調査から、カーリング選手にも上肢の障害を有する選手が存在し、障害へ至る身体機能障害も内在することが確認された。とくに、腱板機能と肩甲骨機能に関しては疼痛の有無によらず全例で低下していた。今後、症例数を増やしさらなる調査が必要であると考えている。

結 語

- ・カーリング男子選手4名のメディカルチェックを行ない、上肢の愁訴と上肢機能やスweep動作との関係を検討した。
- ・2名に上肢の愁訴を認め、これらはスweep動作の多いポジションの選手だった。
- ・全例に肩甲胸郭関節安定性と単純X線像における算出値の異常を認めた。
- ・上肢の愁訴発生には、スweep動作における肩甲胸郭関節の安定性低下や肩関節の位置・運動異常が関連していたと考察した。

表1 選手のポジション、症状と測定結果

ポジション	選手A		選手B		選手C		選手D	
	右	左	右	左	右	左	右	左
ポジション	リード		セカンド		サード		スキップ	
上肢に関する愁訴	頸部～右肩の張り/疼痛		左肩前方痛		なし		なし	
外転抵抗テストによる肩甲胸郭関節不安定性	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	なし
FVD上 (cm)	14.5	15	10	6	10.5	11	14.5	17
FVD下 (cm)	11	9.5	19	21.5	12	20	11.5	9
SSD (cm)	12.5	10.5	10.5	11.5	13	10	11	11
可動域 (°)	肘屈曲		肘屈曲		肘屈曲		肘屈曲	
	140	135	145	140	145	145	140	140
	肘伸展		肘伸展		肘伸展		肘伸展	
	0	0	10	10	10	15	0	0
	肘回内		肘回内		肘回内		肘回内	
	80	80	55	60	90	90	75	80
	肘回外		肘回外		肘回外		肘回外	
	85	90	100	105	90	90	100	100
	体幹回旋		体幹回旋		体幹回旋		体幹回旋	
	50	60	45	55	45	60	40	50
	足背屈		足背屈		足背屈		足背屈	
	30	30	25	25	25	25	30	30
伏臥上体反らし (cm) 自動	31		28		25		22	
上肢支持	53		42		50		30	
FFD (cm)	16		3		17.5		7.5	
SLR (°)	90	90	65	70	65	55	65	70
HBD (cm)	4.5	7	19.5	21	21	16	14	22
握力 (kg)	45	45.5	63	55	68	59	45	38
TSPU (点)	3		2		2		2	
徒手筋力検査	大殿筋		大殿筋		大殿筋		大殿筋	
	5	4	4	4	5	4	4	4
	中殿筋		中殿筋		中殿筋		中殿筋	
	4	2	4	5	3	3	3	3
CI	5.33	5.53	5.19	1.22	1.68	1.54	1.55	5.21
SI	-6.71	7.93	0.00	1.44	3.98	-7.43	-0.73	5.21

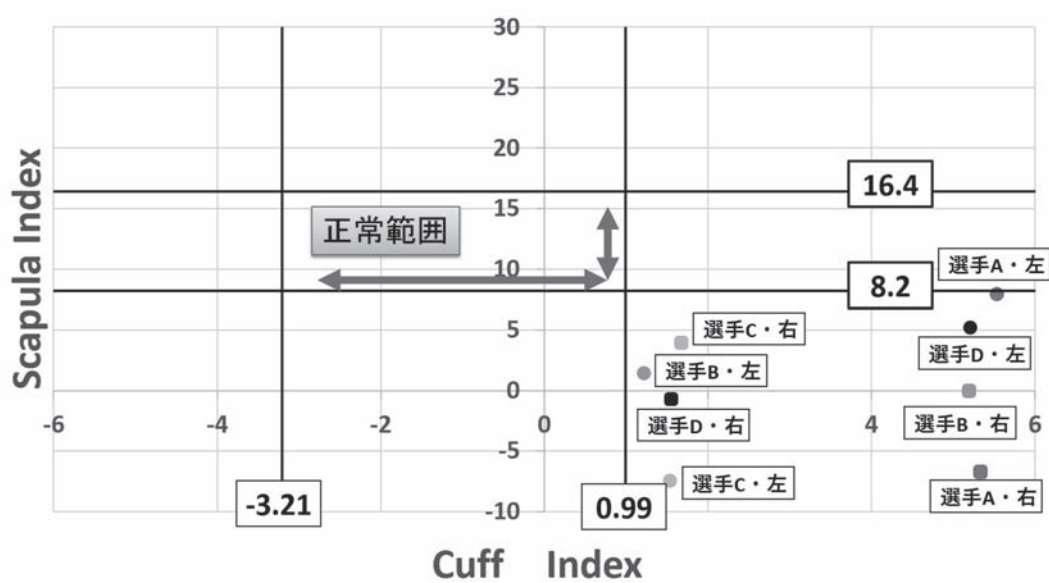


図4 各対象者のCIおよびSIの計測値
 縦軸をSI, 横軸をCIとし, 4名8肩それぞれの計測値をプロットした. 右側の計測値は四角の点で, 左側の計測値は丸の点でプロットした. 選手Aは赤, 選手Bは青, 選手Cは緑, 選手Dは黒の点でプロットした. 全例のSIは正常範囲より大きく, CIは正常範囲よりも小さかった.

文 献

- 1) Reeser JC et al : Self reported injury patterns among competitive curlers in the United States. Br J Sports Med, 38 : e29, 2004.
- 2) 三浦雅史ほか：カーリング選手のコンディショニングに関する検討. 理療長野, 25 : 35-38, 2008.
- 3) 宿岩巧雄ほか：カーリング選手に対するメディカルチェックを経験して. 理療長野, 44 : 63-64, 2016.
- 4) 小川豊和：公益社団法人日本カーリング協会オフィシャルブック 新みんなのカーリング. 学研, 東京 : 50-59, 2014.
- 5) 山口光圀：投球障害肩に対する実際の評価. In : 筒井廣明ほか, ed. 投球障害肩こう診てこう治せここが我々の切り口！ 改訂第2版, メジカルビュー社, 東京 : 180-186, 2016.
- 6) 千葉慎一：運動のつながりから導く肩の理学療法. 文光堂, 東京 : 30-33, 2017.
- 7) 笠原政志ほか：距離法を用いた指椎間距離測定信頼性と客観性. 臨スポーツ医, 19 : 534-539, 2011.
- 8) Cook G : ムーブメント ファンクショナルムーブメントシステム 動作のスクリーニング アセスメント修正ストラテジー. ナップ, 東京 : 86-87, 2014.
- 9) 筒井廣明ほか：腱板機能の客観的レ線撮影法—『Scapula45 撮影法』について—. 肩関節, 16 : 109-113, 1992.
- 10) 鈴木一秀ほか：肩甲帯機能が腱板機能に及ぼす影響の筋電図学的検討. 肩関節, 23 : 373-376, 1999.

高校バレーボールにおける 足関節捻挫発生の実態とその予防

Actual Situation and Its Prevention of Ankle Sprain Occurred in High School Volleyball

高木 律幸 Noriyuki Takagi 兼子 秀人 Hideto Kaneko
村上 元庸 Gen-you Murakami

● Key words

バレーボール, 足関節捻挫, アンケート調査

●要旨

バレーボールにおけるスポーツ損傷は、全体の損傷の半数以上が足関節捻挫である。県下高校バレーボール部の選手を対象に足関節捻挫の発生要因を検討するため、アンケート調査を実施した。足関節捻挫はアタッカーの原因によるものが多かった。足関節捻挫を起こしたポジションはレフトアタッカーが一番多く、他のポジションと着地方法を比較するとレフトアタッカーの片脚着地が有意に多い結果となった。足関節捻挫を減少させるためにはレフトアタッカーには両脚着地を意識させ、練習させていくことが重要である。また、全アタッカーにはパッシングしないように意識させるだけでなく、技術的な観点からもパッシング対策をしていくことが必要である。

はじめに

バレーボールにおけるスポーツ損傷においては、ネット際での足関節捻挫が最も多く、ポジション別にみると、ミドルブロッカーやレフトアタッカーに多く、アタッカーがセンターラインを越えて着地するために、ブロッカーがその上に乗って受傷することが多い¹⁻⁷⁾と報告されている。

このネット際で起こる足関節捻挫について、以前われわれは、ブロッカーの足関節捻挫はアタッカーのパッシングによって、ブロッカーが足の上に乗って受傷するものが多く、さらにアタッカーの捻挫も自身のパッシング

によって、相手チームの足の上に乗って受傷したり、着地ミスによるものが多いため、バレーボールにおける足関節捻挫はアタッカーが原因によるものが多いと報告した⁸⁾。バレーボールによるスポーツ損傷予防には、足関節捻挫を減らすことが課題の1つになると考えられるため、今回はその原因に多く関与するアタッカーに着目し、着地時の意識や着地方法について調査し、予防方法を検討したので報告する。

対象・方法

県内の全高校男女バレーボール部 80 チームの選手 (1・2年生) に対し、顧問を通してアンケートを配布し

てもらい、回答後に回収してもらい、郵送にて返送を依頼した。

アンケートの内容は、1年間における損傷の有無、足関節捻挫の有無とその発生状況・原因、アタックやブロックの着地方法(片脚着地か両脚着地か)とその意識、練習時と試合時のアタッカーのセンターラインへの意識、足関節捻挫に対する予防意識とその取り組みとし、調査した。なお、このアンケートでは、2015年3月からの1年間で練習または試合を1日以上休まなければならなかった損傷(ケガ、故障)について回答してもらった。

集計結果から、アタッカーのセンターラインへの意識とレフトアタッカーと他のポジションのアタッカーの着地方法を比較した。統計学的解析には χ^2 検定を使用し、有意水準は5%未満とした。

結 果

アンケートの返却数は48チームで、そのうち有効な回答が得られた選手457名(男子174名、女子283名)を集計した。

この1年間に練習や試合を休むようなスポーツ損傷の発生者数は196名(42.9%)であった。そのうち、足関節捻挫を起こした選手は109名(55.6%)で、総捻挫数は144回であった。足関節捻挫を起こした動作では、ブロック時に58名(40.3%)、アタック時に50名(34.7%)、レシーブ時に32名(22.2%)、その他の時に4名(2.8%)であり、ネット際での受傷が108名(75.0%)を占めていた。

また、足関節捻挫を起こした場面では、練習中に93名(64.6%)、試合中に51名(35.4%)と練習中に多かった。

ブロッカーにおける足関節捻挫は、練習中に29名(50.0%)、試合中に29名(50.0%)であったのに対し、アタッカーでは練習中に36名(72.0%)、試合中に14名(28.0%)とアタッカーは練習中に多い結果となった(図1)($p < 0.05$)。

1. ブロック時におけるポジション別による足関節捻挫の受傷機転・原因

ブロック時に足関節捻挫を受傷したポジションでは、センターが27名(46.6%)、ライトが20名(34.5%)、レフト11名(19.0%)とセンターポジションでの受傷が多かった。センターポジションにおける足関節捻挫の原因をみると、相手チームのアタッカーのパッシングによって相手の足の上に乗って受傷した者が14名(51.9%)、着地ミスが12名(44.4%)、自らのパッシングした

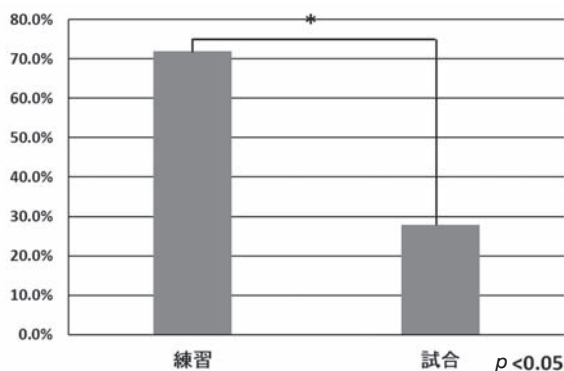


図1 アタッカーにおける足関節捻挫発生状況

ことで相手チームの足の上に乗って受傷した者が1名(3.7%)であった。ライトポジションにおける足関節捻挫の原因では、相手チームのアタッカーのパッシングによって相手の足の上に乗って受傷した者が12名(60.0%)、着地ミスが4名(20.0%)、自らのパッシングで相手チームの足の上に乗って受傷した者が4名(20.0%)であった。レフトポジションにおける足関節捻挫の原因では、相手チームのアタッカーのパッシングによって相手の足の上に乗って受傷した者が7名(63.6%)、着地ミスが2名(18.2%)、その他が2名(18.2%)であった。したがって、各ポジションにおいて50%以上の選手が、相手アタッカーのパッシングが原因で受傷していた。

2. アタック時におけるポジション別による足関節捻挫の受傷機転・原因

アタック時に足関節捻挫を受傷したポジションでは、レフトが26名(52.0%)、ライトが13名(26.0%)、センターが11名(22.0%)とレフトポジションでの受傷が多かった。レフトポジションにおける足関節捻挫の原因をみると、自らのパッシングで相手チームの足の上に乗って受傷した者が11名(42.3%)、着地ミスが10名(38.5%)、相手チームのブロッカーのパッシングによってその足の上に乗って受傷した者が2名(7.7%)、その他が3名(11.5%)であった。ライトポジションにおける足関節捻挫の原因では、自らのパッシングで相手チームの足の上に乗って受傷した者が6名(46.2%)、着地ミスが4名(30.8%)、相手チームのブロッカーのパッシングによってその足の上に乗って受傷した者が3名(23.1%)であった。センターポジションにおける足関節捻挫の原因では、自らのパッシングで相手チームの足の上に乗って受傷した者が5名(45.5%)、着地ミスが3名(27.3%)、相手チームのアタッカーのパッシングによってその足の上に乗って受傷した者が1名(9.1%)

%), その他が2名(18.2%)であった。したがって、70%以上の選手は自らのパッシングや着地ミスによって受傷していたこととなる。

3. 着地方法

ブロッカー全選手におけるブロック後の普段の着地方法を見ても、片脚着地が30名(7.9%), 両脚着地が348名(92.1%)であった。足関節捻挫を受傷した際の着地方法は、片脚着地が26名(44.8%), 両脚着地が32名(55.2%)であった。

また、アタッカー全選手におけるアタック後の普段の着地方法を見ても、片脚着地が153名(47.5%), 両脚着地が169名(52.5%)であった。この両群における足関節捻挫の割合をみると、片脚着地では50名(32.7%)が足関節捻挫していたのに対し、両脚着地では35名(20.7%)であり、片脚着地していた者に有意に足関節捻挫の受傷が多かった($p < 0.05$) (図2)。足関節捻挫を受傷した際の着地方法は、片脚着地時が33名(64.7%), 両脚着地時が18名(35.3%)であった。

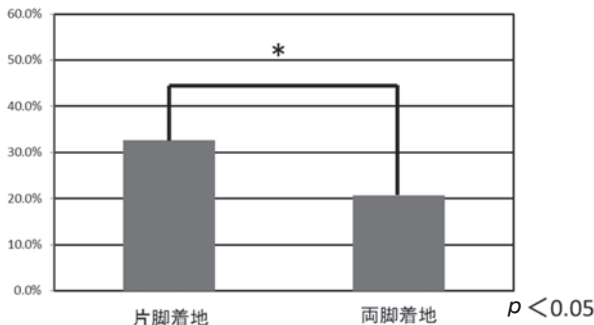


図2 アタック後の普段の着地方法別にみた足関節捻挫の受傷割合

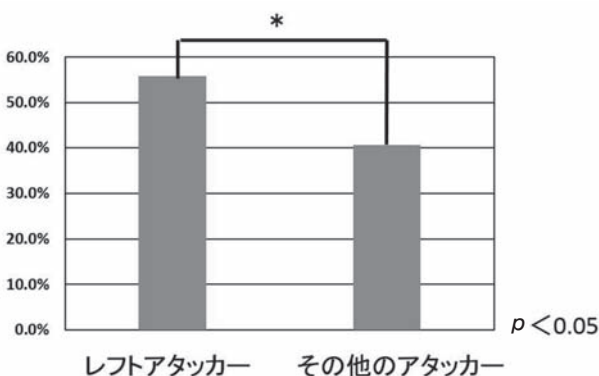


図3 レフトアタッカーと他のポジションにおける片脚着地の割合

とくに、レフトポジションの全アタッカーでは、アタック後に普段から片脚着地をしている選手は82名(55.8%), 両脚着地をしている選手は65名(44.2%)であったのに対し、他のポジションの全選手では普段から片脚着地している選手は71名(40.6%), 両脚着地している選手は104名(59.4%)と、レフトアタッカーに片脚着地をしている割合が有意に多い結果となった(図3) ($p < 0.05$)。

4. アタッカーのセンターラインへの意識について

アタッカー全選手において、練習時にアタック時にセンターラインを越えないように意識している選手は188名(58.4%), 意識していない選手は134名(41.6%), 試合時に意識している選手は252名(78.3%), 意識していない選手は70名(21.7%)と練習時と試合時の意識の比較では、練習時にセンターラインを越えないように意識している選手が有意に少ない結果となった(図4) ($p < 0.05$)。

また、練習時にセンターラインを越えないように意識している選手のうち、足関節捻挫を受傷した選手は55名(29.3%)で、足関節捻挫を受傷していない選手は133名(70.7%), センターラインを越えないように意識していない選手のうち、足関節捻挫を受傷した選手は30名(22.4%)で、足関節捻挫を受傷していない選手は104名(77.6%)であった(図5)。試合時にセンターラインを越えないように意識している選手のうち、足関節捻挫を受傷した選手は70名(27.8%)で、足関節捻挫を受傷していない選手は182名(72.2%), センターラインを越えないように意識していない選手のうち、足関節捻挫を受傷した選手は15名(21.4%)で、足関節捻挫を受傷していない選手は55名(78.6%)であった(図6)。

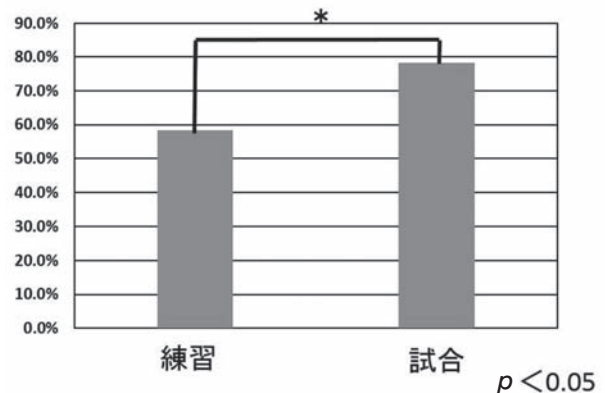


図4 アタッカーがセンターラインを踏まないように意識している割合

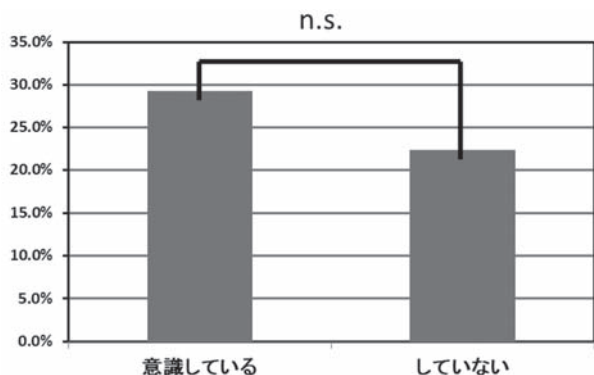


図5 練習時にセンターラインを越えないように意識しているかどうかによる足関節捻挫受傷の割合

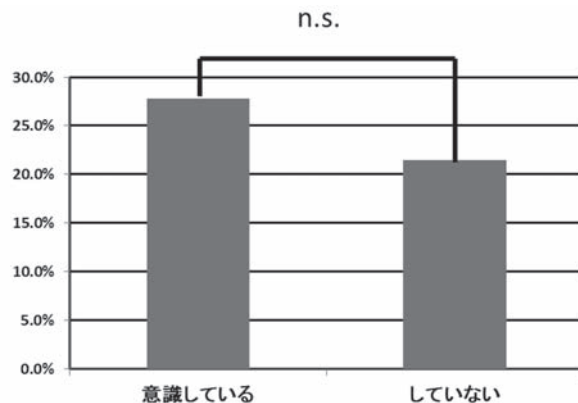


図6 試合時にセンターラインを越えないように意識しているかどうかによる足関節捻挫の割合

考 察

今回の調査から、バレーボールにおけるスポーツ損傷では足関節捻挫が最も多く、半数以上の選手が1年間に足関節捻挫を起こしていたことから、足関節捻挫の受傷を減らすことが重要である。

この足関節捻挫の原因について、着地動作時にブロッカーが相手の足を踏んで発生することが多い^{1,3,4)}と報告されている。以前にわれわれ⁸⁾は、ブロッカーの足関節捻挫はアタッカーのパッシングによって受傷することが多く、アタッカーの足関節捻挫もアタッカー自身の問題によるものが多いことを報告したが、今回年度を変えた調査においても同様の結果が得られた。つまり、このアタッカーのジャンプや着地に対する教育がバレーボール全体における足関節捻挫の減少につながるのではないかと考えられる。

アタッカーの着地方法について、今回の結果からアタッカー全選手の約半数が普段から片脚着地をしており、足関節捻挫の受傷との関連があったことから、普段から両脚着地を意識させて実行させることが予防につながるのではないかと考える。

また、ポジション別では、レフトアタッカーと他のポジションのアタッカーとを比較するとレフトアタッカーにおいて普段から片脚着地している選手が有意に多い結果となった。レフトアタッカーはアタック数も多いポジションに加え、セッターとの距離も離れていることから、乱れたトスを無理な体勢で打つことが多くなり片脚着地を強いられることが多くなるのではないかと考えられる。そのため、とくにレフトアタッカーには両脚着地になるように意識を高めさせることが重要であると考えられる。

アタッカーのパッシングに対する意識について、アタッカー全選手に対し、アタック着地時にセンターラインを越えないように意識しているかを調査したところ、試合時に比べ、練習時のほうがセンターラインへの意識が有意に低いことがわかった。さらに、足関節捻挫の受傷場面では試合時より練習時のほうが多い結果となっていた。したがって、センターラインへの意識が低い練習時に足関節捻挫が多いことから、意識の低さと足関節捻挫受傷との関連性が考えられる。過去の報告においてもアタッカーの足関節捻挫の発生に関して、佐藤ら⁷⁾は、アタックジャンプが前方へ流れる選手は受傷リスクが高いと報告しており、また、Ekstrandら⁹⁾は、スポーツ損傷の認識を高める教育的指導で傷害発生率が下がったと報告していることから、足関節捻挫に対する動作の修正や意識の向上は傷害予防につながると考えられる。しかしながら今回の結果では、パッシングに対する意識が高ければ足関節捻挫受傷が少ないという結果は得られなかった。これには以下のような理由が考えられる。まず、バレーボールの試合では、センターラインを越えて着地するとパッシング違反を取られ、相手の得点となるため、選手は試合時にはセンターラインを越えないように強く意識していることがうかがえる。つまり、選手のセンターラインへの意識は足関節捻挫を予防するための意識ではなく、パッシング違反を取られないように意識している可能性が考えられる。しかし、試合の流れや戦術的な問題から、センターラインへの意識は高くても、結果的にパッシングをしてしまっただけで受傷している可能性が考えられる。そのため、パッシングが足関節捻挫につながることを意識させると同時に、練習内容やジャンプの方法、アタックフォームの修正などの技術的な観点からもパッシング対策を行なっていく必要があると考え

る。

もう一点としては、足関節捻挫を受傷したものは再受傷に対する危険意識からパッシングに対する意識が高まった結果かもしれない。これに関しては、受傷前後での意識の変化までは聴取できていないことから本研究の限界であり、今後は聴取内容の検討が必要であると考えている。

このようにバレーボールにおける足関節捻挫はアタッカーのパッシングによって足関節捻挫を引き起こすことが多く、アタッカーにはセンターラインを越えないように意識させることが足関節捻挫の予防にもつながり、重要であると考えられる。

ま と め

- ・アタッカーの足関節捻挫は練習時に多く、着地時にセンターラインを越えないように意識している選手は少なかった。
- ・レフトアタッカーの足関節捻挫が多く、片脚着地している選手が多かった。
- ・足関節捻挫の予防として、とくにレフトアタッカーには両脚着地するよう指導や練習をさせることが重要で、全選手には練習時にパッシングしないように意識させるだけでなく、技術的な観点からもパッシング対策をしていくことが必要である。

文 献

- 1) Bare T et al : Injury risk is low among world-class volleyball players : 4-year data from the FIVB injury Surveillance System. Br J Sports Med, 49 : 1132-1137, 2015.
- 2) Agel J et al : Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries : national collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1989 through 2003-2004. J Athl Train, 42 : 295-302, 2007.
- 3) Reeser JC et al : Strategies for the prevention of volleyball related injuries. Br J Sports Med, 28 : 594-599, 2006.
- 4) Stasinopoulos D : Comparison of three preventive methods in order to reduce the incidence of ankle inversion sprains among female volleyball players. Br J Sports Med, 38 : 182-185, 2004.
- 5) Bahr R et al : A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program : a prospective cohort study. Scand J Med Sci Sports, 7 : 172-177, 1997.
- 6) Eerkes K : Volleyball injuries. The American College of Sports Medicine, 1105 : 251-256, 2012.
- 7) 佐藤謙次ほか：バレーボールによる外傷・障害予防への理学療法への取り組み. 理学療法, 26 : 292, 2009.
- 8) 高木律幸ほか：県下全高校バレーボールのスポーツ傷害に関する実態と意識のアンケート調査. 整スポ会誌, 34 : 76-79, 2014.
- 9) Ekstrand J et al : Prevention of soccer injuries : Supervision by doctor or physiotherapist. Am J Sports Med, 11 : 116-120, 1983.

バッティング動作は野球選手の肩肘関節に影響を与えるか

Dose the Batting Affect the Shoulder and Elbow Joint of the Baseball Player?

牧野 康一¹⁾ Koichi Makino 三幡 輝久²⁾ Teruhisa Mihata
 長谷川彰彦²⁾ Akihiko Hasegawa 伊丹 康夫²⁾ Yasuo Itami
 竹田 敦¹⁾ Atsushi Takeda 上井 綾菜¹⁾ Ayana Kamii

● Key words

肩関節, バッティング, 肘関節

Shoulder joint : Batting : Elbow joint

●要旨

バッティング動作が野球選手の肩肘関節に及ぼす影響を検討した。野球検診を実施した高校・大学野球選手 186 名を対象とした。調査項目は上腕骨後捻角度, 肩可動域, 肩筋力, 肘可動域, 肘関節の離断性骨軟骨炎の有無とした。投球側と打撃側が同側の選手(同側群)と反対側の選手(反対側群)の計測値の左右差(投球側-非投球側)を比較検討した。上腕骨後捻角度, 肩可動域, 肩筋力の左右差において同側群と反対側群との間に有意差を認めなかった。肘可動域は屈曲・伸展ともに同側群では反対側群と比べて投球側の可動域が有意に減少していた。野球選手における繰り返しのバッティング動作は肘可動域の左右差に影響を及ぼすことが示唆された。

はじめに

野球選手は上腕骨の後捻角度, 肩関節の可動域・筋力, 肘関節の可動域に左右差を認めることが多く, 繰り返しの投球動作によるストレスが肩関節, 肘関節に影響を与えていると考えられている¹⁻³⁾。野球においてバッティング動作は投球動作と同様に練習や試合で繰り返行なわれる。しかしこれまで, バッティング動作が上腕骨の後捻角度, 肩関節の可動域・筋力, 肘関節の可動域の左右差に影響を及ぼすかどうかについては明らかにされていない。今回われわれは繰り返しのバッティング動作が野球選手の上腕骨の後捻角度, 肩関節の可動域・筋力, 肘関節の可動域の左右差に影響を及ぼすかどうかを検討した。

対象と方法

2013 年から 2016 年に野球検診を実施した高校・大学野球選手 322 名のうち, バッティングの機会が少ない投手 113 名とスイッチヒッター 2 名, 肩・肘に手術歴のある選手 12 名およびデータの欠損があった 9 名を除いた野手 186 名(高校生: 122 名, 大学生: 64 名)を対象とした。全例男性で年齢は平均 17.4 歳(15~21 歳), 野球歴は平均 9.4 年(4~15 年)であった。186 名のうち 117 名が右投右打, 60 名が右投左打, 9 名が左投左打であった。全対象選手の上腕骨後捻角度, 上腕骨後捻角度の影響を除外した肩関節外旋・内旋可動域, 肩関節外旋・内旋・外転筋力, 肘関節屈曲・伸展可動域を計測した。また, 超音波診断装置を用いて肘関節の離断性骨軟骨炎

三幡輝久
〒569-8686 高槻市大学町 2-7
大阪医科大学整形外科
TEL 072-683-1221 ext 6257

1) 第一東和会病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, First Towakai Hospital
2) 大阪医科大学整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Osaka Medical College

(OCD)の有無を調査した。

1. 上腕骨後捻角度

繰り返しのバッティング動作による上腕骨後捻角度への影響を評価するため、Mihataら、河上の方法に従っ

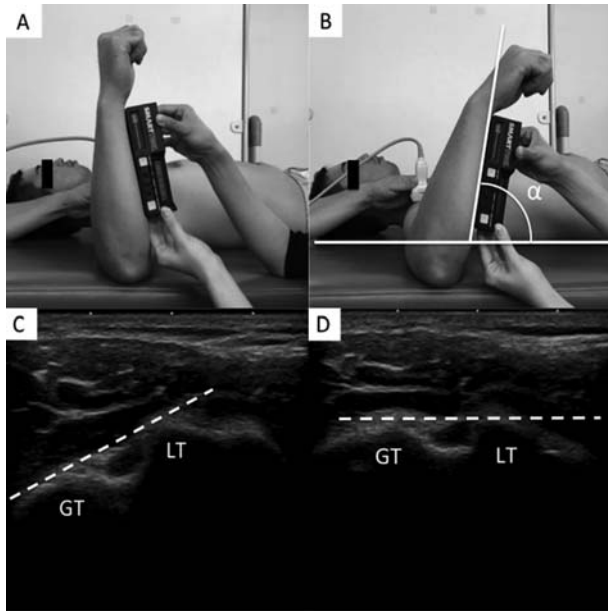


図1 上腕骨後捻角度
被検者を仰臥位とし、肩 90° 外転位、肘 90° 屈曲位とした(A)。上腕骨結節間溝にプローブを床面と水平に当て(C)、大結節(GT)と小結節(LT)を結ぶラインが床面に対して平行となる肢位を検者が保持した状態で(B, D)、前腕の長軸と床面とのなす角度を上腕骨後捻角度(α)と定義し電子角度計を用いて計測した。

て上腕骨後捻角度を計測した^{1,4)}。被検者を仰臥位とし、肩 90° 外転位、肘 90° 屈曲位とした。上腕骨結節間溝に超音波診断装置のプローブを床面と水平になるように当て、上腕骨結節間溝(大結節と小結節を結ぶライン)が床面に対して平行となる肢位を保持し、前腕の長軸と床面とのなす角度を本研究における上腕骨後捻角度と定義し電子角度計(M-D Building Products, Zurich, Switzerland)を用いて小数点第1位まで計測した(図1)。

2. 肩関節外旋・内旋可動域

次に、肩関節の軟部組織への影響を評価するため、上腕骨後捻角度の左右差の影響を除外した 90° 外転位での肩関節外旋・内旋可動域を計測した(図2)。超音波診断装置を用いて、上腕骨結節間溝で大結節と小結節を結ぶラインが床面に対して平行となる肢位を内外旋 0° と定義し、この肢位からの最大外旋および最大内旋可動域を電子角度計を用いて計測した。最大外旋および最大内旋の可動域は2名の検者による視診のもと、肩甲骨の動きが伴わない範囲において、それぞれ上腕骨の回旋が止まる位置までの角度とした。

3. 肩関節筋力

肩関節外旋、内旋、外転の等尺性筋力を座位で測定した。測定肢位は、足底を床面に接地させ背中が椅子の背もたれに触れない姿勢とした。外旋・内旋筋力は下垂位で肩関節内外旋中間位にて、外転筋力は肩関節 45° 外転位にて測定した(図3)。測定には MicroFET2™(Hoggan Health Industries Inc, West Jordan, UT, USA)を使用し、外旋、内旋、外転のいずれも3回ずつ測定を行ない、その平均値を記録した。



図2 上腕骨後捻角度の影響を除外した肩外旋・内旋可動域
上腕骨結節間溝の大結節(GT)と小結節(LT)を結ぶラインが、床面に対して平行になる位置を後捻を除外した内外旋 0° (B)とし、その肢位からの外旋可動域(A)および内旋可動域(C)を計測した。

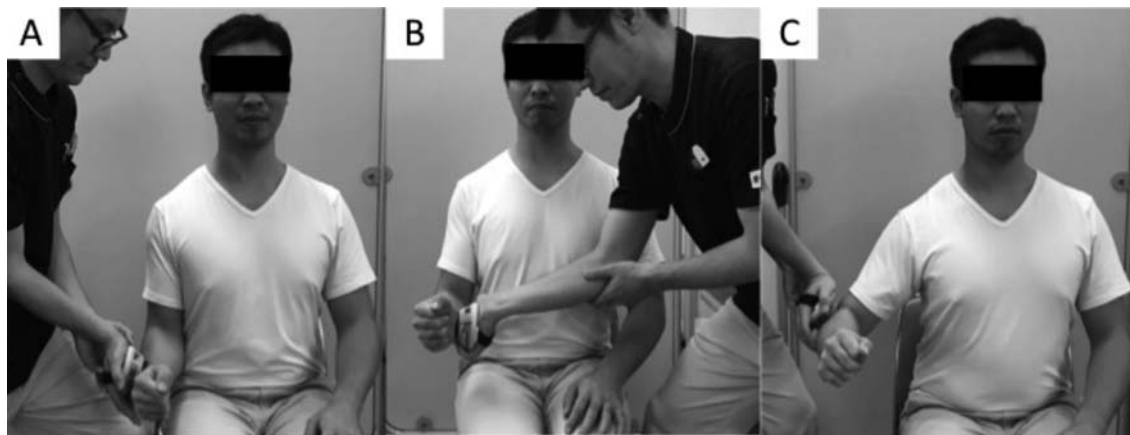


図3 肩関節筋力
 足底を床面に接地した座位にて MicroFET2™を用いて外旋(A)・内旋(B)・外転(C)の等尺性筋力を測定した。

表1 対象の年齢, 野球歴, 身長, 体重

	投手・バッティング同側選手 (n=126)	投手・バッティング反対側選手 (n=60)	p 値
年齢 (歳)	17.0±1.9	18.0±2.0	0.0008*
野球歴 (年)	9.0±2.5	10.2±2.5	0.0025*
身長 (cm)	170.7±5.6	170.0±4.4	0.35
体重 (kg)	68.1±8.3	67.4±7.8	0.78

4. 肘関節可動域

日本整形外科学会が規定する計測方法に準じて肘関節屈曲および伸展可動域を測定した。

5. 肘関節超音波検査

超音波診断装置を用いて肘関節の離断整骨軟骨炎(以下 OCD)の有無を調査した。OCDの診断は肘屈曲位および肘伸展位で軟骨下骨の平坦化, 不整, 欠損, 遊離の有無を調査し, これらの異常所見のあるものを OCD ありとした⁵⁾。

6. 統計学的検討

投球側と打撃側が同側(右投右打・左投左打)の選手(以下, 同側群)と, 投球側と打撃側が反対側(右投左打)の選手(以下, 反対側群)の2群に分け, それぞれの上腕骨後捻角度, 後捻の影響を除外した肩関節外旋・内旋可動域, 肩関節外旋・内旋・外転筋力, 肘関節屈曲・伸展可動域の計測値の左右差(投球側-非投球側)を Wilcoxon の順位和検定を用いて比較検討した。さらに, 肩関節外旋・内旋可動域については投球側と非投球側の計測値を対応のある t 検定を用いて比較検討した。OCD の有病率は Fisher の正確検定を用いて比較検討した。

有意水準は 0.05 とし, 危険率 0.05 未満を有意差ありとした。

結 果

同側群は 126 名, 反対側群は 60 名であった。同側群は, 反対側群に比べて有意に年齢が低く, 野球歴が短かったが, 身長, 体重に差はなかった(表 1)。

各計測項目の平均値を図 4 に示す(図 4)。

上腕骨後捻角度の左右差(投球側-非投球側)は同側群では 9.8±8.2°, 反対側群では 9.6±9.1°であり, 同側群と反対側群との間に統計学的有意差を認めなかった。

肩関節可動域の左右差(投球側-非投球側)は同側群では外旋-2.2±9.6°, 内旋-4.0±10.0°, 反対側群では外旋-0.9±9.5°, 内旋-2.7±9.2°であり, 外旋, 内旋ともに有意差を認めなかった。投球側と非投球側の肩関節可動域を比較すると, 外旋可動域は同側群では投球側で統計学的有意に減少していたが(p=0.01), 反対側群は統計学的有意差を認めなかった。内旋可動域は同側群, 反対側群ともに投球側で統計学的有意に減少していた(p<0.0001, p=0.03)。

肩関節筋力の左右差(投球側-非投球側)は同側群では

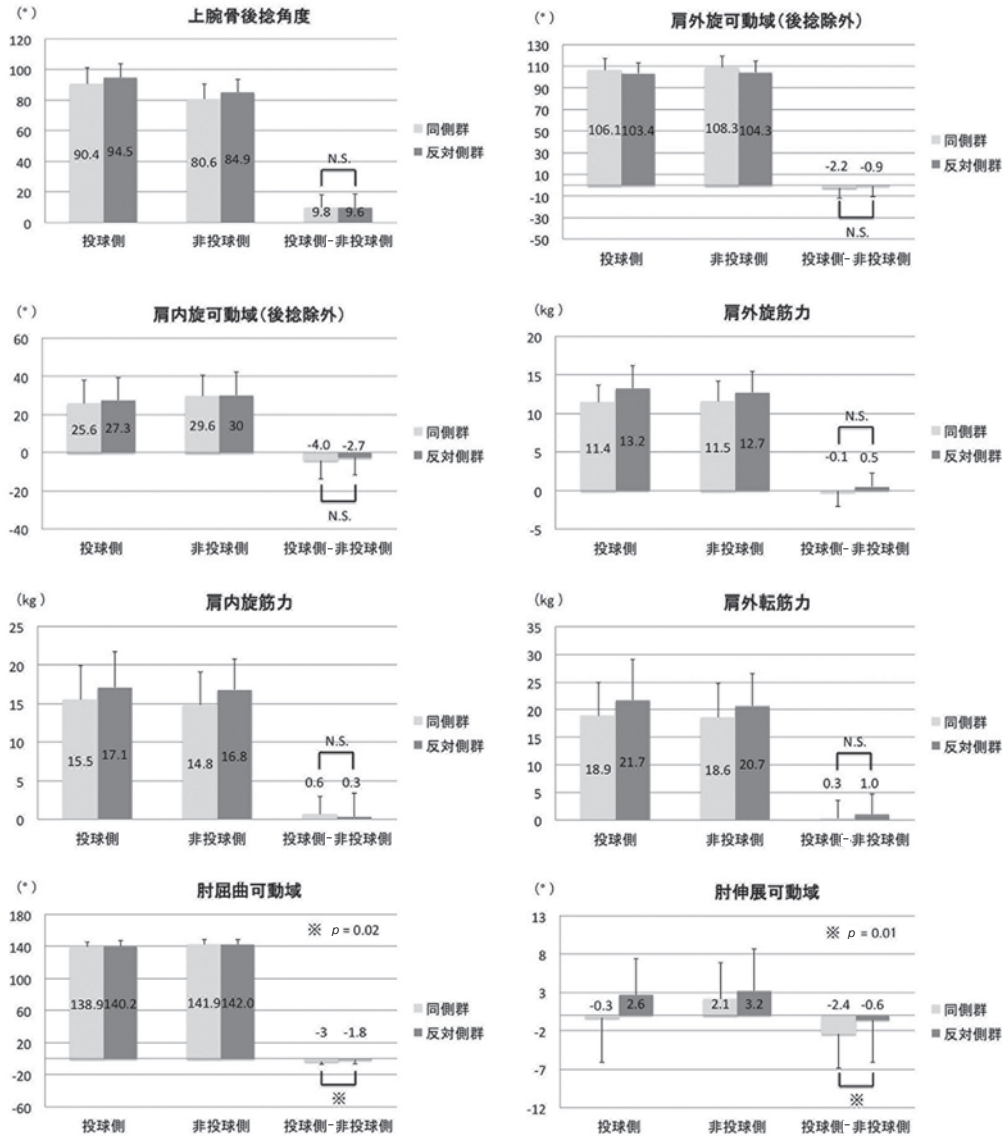


図4 各計測項目の平均値と左右差
 投球側と打撃側が同側の選手と反対側の選手との間で、肘関節の屈曲・伸展の左右差(投球側-非投球側)に統計学的有意差を認めた。* $p < 0.05$

外旋 -0.1 ± 2.0 kg, 内旋 0.6 ± 2.3 kg, 外転 0.3 ± 3.3 kgであったのに対し、反対側群では外旋 0.5 ± 1.8 kg, 内旋 0.3 ± 3.1 kg, 外転 1.0 ± 3.7 kgであり、いずれも統計学的有意差を認めなかった。

肘関節可動域の左右差(投球側-非投球側)は同側群では屈曲 $-3.0 \pm 4.0^\circ$, 伸展 $-2.4 \pm 4.5^\circ$ であったのに対し、反対側群では屈曲 $-1.8 \pm 4.8^\circ$, 伸展 $-0.6 \pm 5.5^\circ$ であり、屈曲・伸展ともに同側群のほうが反対側群よりも統計学的有意に小さかった($p=0.02$, $p=0.01$)。

OCDの有病率は同側群が5.6%(126名中7名)、反対

側群が3.3%(60名中2名)であり両群間に統計学的有意差を認めなかった($p=0.72$)。

考 察

本研究の結果、上腕骨後捻角度の左右差(投球側-非投球側)は同側群で 9.8° , 反対側群で 9.6° であり、両群間に統計学的有意差を認めていない。このことから、野球選手にみられる投球側上腕骨後捻角度の増加は主に繰り返しの投球動作による影響であることが示唆され

る。

これまでに野球選手の肩可動域は投球側において外旋可動域の増加と内旋可動域の低下が生じることが報告されている^{1,6)}。Mihataらは肩肘に症状のない高校野球選手とサッカー選手を対象に上腕骨後捻の影響を除外した肩可動域を調査し、野球選手では投球側外旋可動域に有意差を認めなかったが、投球側内旋可動域は平均 4.4° 減少していたと報告している¹⁾。Mihataらは野球選手によくみられる投球側外旋可動域の増大は上腕骨後捻の左右差の影響によるものであり、投球側内旋可動域の減少はわずかな後方タイトネスによるものであると述べている。本研究において上腕骨後捻の影響を除外した肩関節可動域を計測した結果、Mihataらの報告と同様に投球側外旋可動域の増加は認めないが、投球側内旋可動域の減少は同側群、反対側群ともに認められる。このことから、野球選手にみられる投球側内旋可動域の減少は主に繰り返しの投球動作による軟部組織への影響であることが示唆される。

また、本研究では肘関節の屈曲・伸展可動域の左右差において同側群と反対側群との間に統計学的有意差を認めている。同側群は反対側群よりも肘関節可動域の左右差(投球側-非投球側)の値が屈曲で 2.2° 、伸展で 1.8° 小さく、合計で 4.0° 小さい。

Escamilla⁷⁾らはバッティングの3次元動作解析において、平均年齢14.7歳の若年打者では前側の足が地面から離れた時点からボールがバットに当たるまでの間、肘の伸展角度は前側の肘で 63° 、後側の肘で 76° 変化しており、その際の最大伸展角速度は前側の肘で $598^{\circ}/\text{秒}$ であるのに対して後側の肘では $849^{\circ}/\text{秒}$ であったと述べている。また、Inkster⁸⁾らは優れた打者はバットスイングの際、前側の肘関節にかかる最大角速度が $991^{\circ}/\text{秒}$ であるのに対して後側の肘関節にかかる最大角速度は $1,907^{\circ}/\text{秒}$ であったと述べている。これらのことよりバッティング動作において肘の角度変化の量、角速度ともに前側の肘よりも後側の肘の方が大きいことが推察される。投球動作では肘関節の最大伸展角速度が $2,500^{\circ}/\text{秒}$ ⁹⁾、内反トルクが 97.4 Nm ¹⁰⁾と投球側の肘関節に大きなストレスがかかることが報告されているが、投球側と打撃側が同側の選手はバッティングの際に投球側の肘が後側になるため、投球による肘関節へのストレスに加えてバッティングによるストレスが投球側の肘関節にかかっていると考えられる。以上のことから繰り返しのバッティング動作は肘関節の可動域に影響を与えていることが示唆される。

野球における肘関節の可動域について、Escamillaはバッティング動作における肘の角度は前足を上げた時で

$124\sim 140^{\circ}$ 屈曲位であり、ボールインパクトの瞬間は $55\sim 64^{\circ}$ 屈曲位であると述べている。また、投球動作に必要な肘関節の可動域は約 80° であり、投球動作中において肘関節はボールリリースの際に最も伸展されるが、この際の肘伸展角度は $17\pm 8^{\circ}$ であり、完全には伸展しない^{11,12)}。本研究における打撃側の肘屈曲可動域は同側群で 138.9° 、反対側群で 140.2° であり、肘伸展可動域は同側群で -0.3° 、反対側群で 2.6° である。またOCDの発生率においても同側群と反対側群との間に統計学的有意差を認めていない。以上のことから、本研究で認められた肘関節可動域制限は野球における投球動作やバッティング動作に影響を与える可能性は低く、障害に直接つながるものではないと思われる。しかし本研究は横断的研究であるため、この肘可動域制限が将来的な肘関節障害と関与する可能性は否定できない。また、同側群の選手は反対側群の選手に比べ平均年齢が低く野球歴が短いにも関わらず、肘関節の可動域制限が増加している。同側群の選手が野球競技を継続することでさらに肘関節の可動域制限が増加する可能性もあり、今後は本研究で認められた肘関節の可動域制限が将来的な肩肘障害に影響を及ぼすかどうかを調査する必要があると思われる。また、本研究では競技開始後に投球側もしくは打撃側を変更した履歴の有無について調査することができていない。投球側もしくは打撃側の変更履歴が肩肘に影響を及ぼすかどうかを調査することも今後の課題である。検診を継続して対象選手を縦断的に調査することにより、さらなる検討を行いたいと考える。

結 語

野球選手における繰り返しのバッティング動作は上腕骨後捻角度や肩関節の可動域・筋力の左右差に影響を及ぼす可能性は低いが、肘関節可動域の左右差に影響を及ぼすことが示唆された。

文 献

- 1) Mihata T et al : Isolated glenohumeral range of motion, excluding side-to-side difference in humeral retroversion, in asymptomatic high-school baseball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24 : 1911-1917, 2016.
- 2) Crockett HC et al : Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sport Med*, 30 : 20-26, 2002.
- 3) Nakase C et al : Relationship between humeral

- retroversion and length of career before the age of 16. *Am J Sport Med*, 44 : 2220-2224, 2016.
- 4) 河上剛 : 上腕骨後捻角度の影響を除いた肩回旋可動域の計測方法 : 成長期投球障害肩の1評価法. *中部整災誌*, 55 : 1-6, 2012.
 - 5) Takahara M et al : Sonographic assessment of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Am J Roentgenol*, 174 : 411-415, 2000.
 - 6) Bigliani LU et al : Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sport Med*, 25 : 606-613, 1997.
 - 7) Escamilla RF et al : A Comparison of age level on baseball hitting kinematics. *J Appl Biomech*, 25 : 210-218, 2009.
 - 8) Inkster B et al : Difference in the kinematics of the baseball swing between hitters of varying skill. *med Sci Sports Exerc*, 43 : 1050-1054, 2011.
 - 9) Werner SL et al : Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in professional baseball pitchers. *Am J Sport Med*, 29 : 354-358, 2001.
 - 10) Urbin MA et al : Association between timing in the baseball pitch and shoulder kinematics, elbow kinematics, and ball Speed. *Am J Sport Med*, 41 : 336-342, 2013.
 - 11) Nissen CW et al : Adolescent baseball pitching technique : a detailed three-dimensional biomechanical analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 39 : 1347-1357, 2007.
 - 12) Werner SL et al : Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in professional baseball pitchers. *Am J Sport Med*, 29 : 354-358, 2001.

野球選手の発育に伴う上肢分節の重量分布の変化 —肩・肘障害リスクへの考察

Growth Change in Mass Distribution of Upper-extremity and Injury Risk of Shoulder and Elbow in Baseball Players

鳥居 俊 Suguru Torii

● Key words

野球選手, 上肢, 発育

● 要旨

小中学生の投球障害では動作不良が発生要因として指摘される。動作不良は単に技術習得の問題か、発育途上の身体特性によるか不明である。DXA 法装置による全身測定値を用いて小学生から大学生までの野球選手 130 名の上肢の各分節重量を算出し、肩甲帯部の除脂肪量との比から肩・肘への負荷が最大となる時期を検討した。肩甲帯部除脂肪量に対する前腕+手部重量および上腕重量の比は 140~150ヵ月頃最大値を示した。小中学生の動作不良の原因として、末梢の発育が先行する発育期の身体特性が関連する可能性が示唆された。

緒 言

小中学生の野球選手では上腕骨小頭の離断性骨軟骨炎のような後遺障害を残すスポーツ障害の発生が憂慮され、高校生球児を調査した松浦らの報告¹⁾では、肘障害の半数、肩障害の 28% が小中学生期に発生していたことが記されている。その発生要因として動作不良が指摘されている。Fleisig ら²⁾は中学生以下の選手では肘の屈曲角度が小さいことを指摘し、田中ら³⁾も同様の指摘をしている。また、Davis ら⁴⁾はフォーム不良があると肘関節での外反負荷が大きくなることを指摘している。

発育過程において、四肢の各分節の発育は末梢で先行することが知られている⁵⁾。したがって、発育途上ではより発育が進行した末梢分節の重量を発育が遅れる中枢

分節で支持することになる。このような発育途上の身体特性が動作やフォームの不良につながっている可能性がある。そこで、本研究では小学生から発育が完了した大学生までの野球選手 130 名を対象に、四肢分節の重量分布を明らかにし、肩・肘へのリスクとの関連を検討した。

対象と方法

小学生から大学生までの野球部員 130 名を対象とした。内訳は小学生が 18 名、中学生が 71 名、高校生が 26 名、大学生が 15 名である。生年月日より測定時の年齢を月齢に換算し、詳細な発育との関連を検討した。

DXA 装置(Hologic 社製 Delphi-A QDR)の whole body mode を用いて全身スキャンを行ない、図 1 のよ

鳥居 俊
〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15
ノーブル山本ビル 3F
早稲田大学スポーツ科学学術院
TEL 04-2947-6746

早稲田大学スポーツ科学学術院
Faculty of Sport Sciences, Waseda University

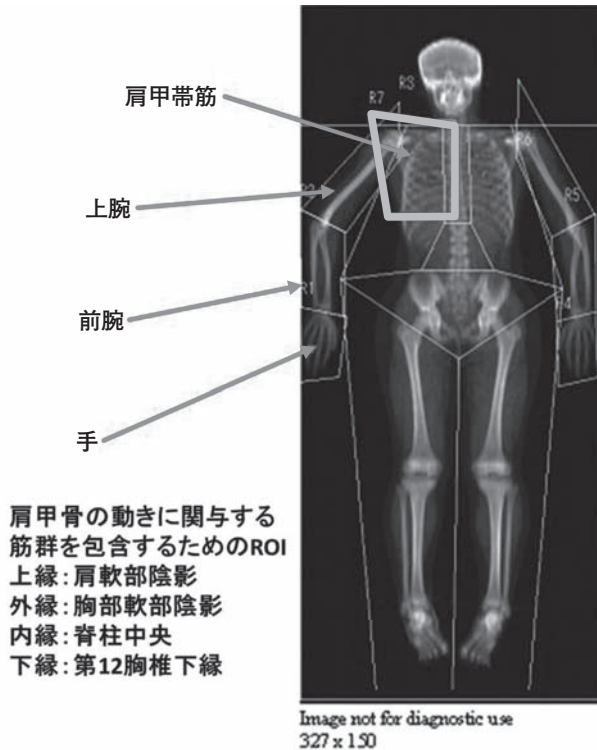


図1 上肢の各分節と肩甲帯筋の分画

うに上肢の各分節を sub-lesion 機能により分画し重量を求めた。測定は仰臥位で肩関節を 45° 外転位とした。また、上肢を支持する肩甲帯部の筋量を概算するための関心領域も設定し、除脂肪量を肩甲帯筋量とした。測定に先立って装置の規定通りに較正を行ない、精度管理を行なった。

なお、本研究の目的と内容について対象(未成年者には保護者にも)に説明し同意を得て実施した。また、筆者の所属機関の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した。

体格や DXA により得られた各変数と月齢との関係を回帰分析により検討した。危険率 5% 未満をもって有意とした。

結 果

投球側の上肢各分節の重量と月齢との関係を図 2 に示す。手部、前腕、上腕の各分節とも 140 ヶ月頃より増加が著しくなり、180 ヶ月を過ぎると増加が少なくなっていた。

次に、肘や肩への負荷を考慮し、手部と前腕を加えた重量および上肢全体の重量と肩甲帯筋量との比を検討した。図 3 のように回帰分析により 3 次曲線回帰で有意な

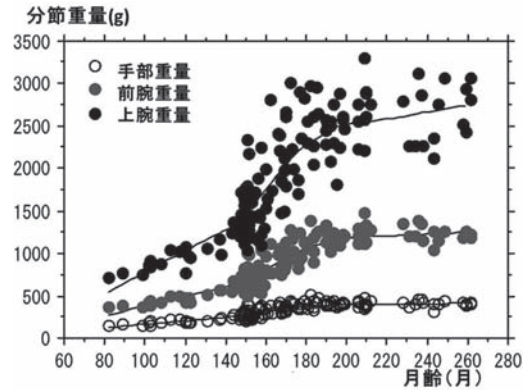


図2 上肢の分節重量と月齢との関係

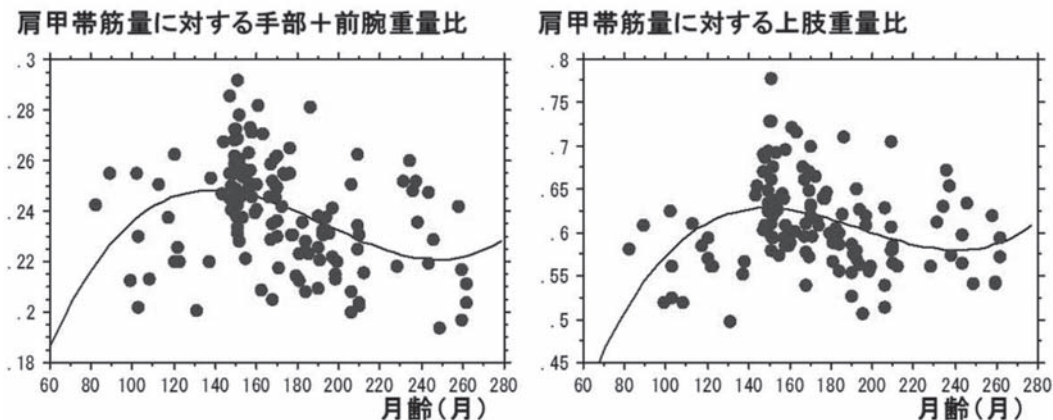
回帰となり、140~150 ヶ月に極大値をとっていた。

考 察

本研究は上肢の各分節の重量分布を DXA 装置により数値化し、肩や肘への負荷が高くなる時期を検出したものである。投球動作の先行研究では年少の選手には不良動作が多いことが指摘され、これらは単なる技術習得の問題だけでなく、発育途上の身体特性による可能性があると考え本研究を行なった。

DXA 装置は身体組成を評価する高精度の機器であり、骨量や脂肪量の変動係数はおおの 1.0%, 1.5% とされている⁶⁾。DXA 法では 2 次元画像に投影するため、腹側・背側の重量や除脂肪量を区別して算出することができない。しかし、四肢を分節として捉え、全体の重量を算出することは可能である。下肢の身体組成に関しては級内相関係数が 0.97~0.99 とされている⁷⁾。

図 2 に示したように、各分節の重量は 140 ヶ月頃より増加が著しくなり、発育のスパート時期に相当すると考えられた。本研究では分節長に関する検討を行っていないが、実際には重量の増加に加えて分節重心の位置は中枢から遠ざかることになる。慣性モーメントは重心位置の距離の増加分を乗ずることになるため、分節発育の影響はさらに大きくなる。中枢側に存在する肩甲帯部は末梢よりも発育が遅れると考えられるが、DXA 法の除脂肪量には骨と脂肪以外の重量が包含されるため、胸腔内臓器の重量も算入されている。また、本研究で用いた肩甲帯部の分画には上腕の筋の近位部も含まれている。このような限界はあるが、肩甲帯部除脂肪量に対する上肢分節の比は 140~150 ヶ月頃に極大値となる変化を示した。なお、上肢分節の比の値にはばらつきが大きかった(全対象での CV 値は 8~9%) が、発育途上の個体差と考えている。したがって、この時期には上肢の重量を



($r=0.416, p<0.0001$) ($r=0.378, p=0.0002$)

図3 手部+前腕, および上肢全体の肩甲帯筋量に対する比

支持する肩甲帯部の筋量が相対的に最も不足となり, 望ましい動作が実現できなかつたり, 肩や肘への負荷が高まったりしていると考ええる. スポーツ障害予防の観点から, このような時期以降に本格的な投球動作のトレーニングを行なうべきであり, また肩甲帯部の筋量が十分に発達していることを確認する必要がある.

結 語

DXA 法計測により野球選手の上肢の各分節の重量分布を検討した. 末梢の発育が先行するため, 肩甲帯部除脂肪量に対する前腕より末梢の重量や上肢全体の重量は140~150ヵ月頃が最大値となっていた. この時期には肩や肘への負荷が最も高まると考えられる.

文 献

1) 松浦哲也ほか: 高校生球児の障害の実態. 臨スポーツ医, 12: 140-143, 1995.
 2) Fleisig GS et al: Kinematic and kinetic comparison

of baseball pitching among various levels of development. J Biomech, 32: 1371-1375, 1999.
 3) 田中正栄ほか: 成長期少年野球選手の投球動作解析—成長に伴う変化についての検討—. スポーツ傷害, 11: 39-42, 2006.
 4) Davis JT et al: The effect of pitching biomechanics on the upper extremity in youth and adolescent baseball pitchers. Am J Sports Med, 37: 1484-1489, 2009.
 5) Cameron N et al: A longitudinal analysis of the growth of limb segments in adolescence. Ann Hum Biol, 9: 211-220, 1982.
 6) Pietrobelli A et al: Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. Am J Physiol, 274: E808-816, 1998.
 7) Gjorup CA et al: Repeatability of volume and regional body composition measurements of the lower limb using dual-energy X-ray absorptiometry. J Clin Densitom, 20: 82-96, 2016.

学校における運動器検診から 発育期腰椎分離症の診断に至った一例

A Case of Acute Adolescent Lumbar Spondylolysis Diagnosed Occasionally
by Musculoskeletal Examination in Physical Check-ups at School

高田 彰人¹⁾ Akito Takata 杉浦 史郎^{1,2)} Shiro Sugiura
青木 保親³⁾ Yasuchika Aoki 西川 悟¹⁾ Satoru Nishikawa

● Key words

発育期腰椎分離症, 運動器検診, 剣道選手

● 要旨

平成 28 年度から文部科学省の省令改正により, 運動器検診が義務化され, 全国の小中学校で実施されている。発育期腰椎分離症はスポーツ腰部障害として代表的な疾患といわれるが, 運動器検診を通じて病院に受診するケースはいまだ多くない。今回, 運動器検診を経て発育期腰椎分離症の診断に至り, 良好な骨癒合を得た症例を経験した。しかし, 本症例は運動器検診から治療開始までに約 2 ヶ月を要しており, 検診から病院受診への連携が今後の課題といえる。本症例では骨癒合傾向を確認したことに加えて, リハビリテーションによって柔軟性や筋力の改善を示した。さらに, 発育期腰椎分離症の発生原因と考えられる素振り動作にも介入したので報告する。

はじめに

子どもの運動器の外傷・障害は少子化にも関わらず, 年々増加傾向にある。その背景としては児童の運動不足と運動過多の 2 極化の進行が深く関わるといわれる¹⁾。平成 28 年度から文部科学省の省令改正により, 学校での運動器検診が義務化され, 全国の学校で実施されている。7 年間にわたって小中学生 41,376 名に行なわれた運動器検診のデータでは腰背部痛が 65.4% と最も多かったと報告されている²⁾。この腰背部痛を有するス

スポーツ障害のなかでは発育期腰椎分離症が代表的な疾患であるといわれる^{3,4)}。Kobayashi ら⁵⁾は下肢症状がない 18 歳以下の若年性スポーツ腰部障害患者 200 名に対して MRI を撮影したところ, 約半数の選手に発育期腰椎分離症を認めたと報告している。発育期腰椎分離症の存在を認識することがスポーツ腰部障害を評価, 治療するうえで非常に重要であると述べている。今回, 運動器検診を経て発育期腰椎分離症の診断に至り, 骨癒合と身体機能の改善を得られた症例を経験したため, 以下に報告する。

高田彰人
〒 285-0817 佐倉市大崎台 1-14-2
医療法人社団西川整形外科
TEL 043-485-3600

- 1) 西川整形外科
Nishikawa Orthopaedic Clinic
- 2) 千葉大学大学院医学研究院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medicine, Chiba University
- 3) 東千葉メディカルセンター
Department of Orthopaedic Surgery, Eastern Chiba Medical Center

症 例

14 歳男性(中学 2 年生).

主訴：竹刀を振りかぶった際の右側腰痛.

既往歴：なし.

なお、本症例は 4 ヶ月後の新人戦に復帰して 1 勝したい、体当たりで負けないような体幹をつくりたいという希望があった.

経 過

平成 29 年 4 月の運動器検診にて後屈時痛があり、病

院受診を勧められた. しかし、その後も病院には受診せずに剣道を続けていたところ、検診から 1 ヶ月後に竹刀を振りかぶった際に腰痛が悪化した. このとき、近隣の A 整骨院に受診するも症状が改善しなかった. その後、B 診療所に受診したがそこでも診断には至らず、症状も改善しなかったため、C 整形外科に紹介となった. 検診から 2 ヶ月後に C 整形外科受診となり、MRI 検査にて腰椎関節突起間部に骨髄浮腫像が認められ(図 1A)、CT 検査にて同部位の骨硬化傾向を認めたため(図 1B)、亜急性期の発育期腰椎分離症と診断された. 同月からリハビリテーション目的で当院に紹介、そして運動療法開始となった.

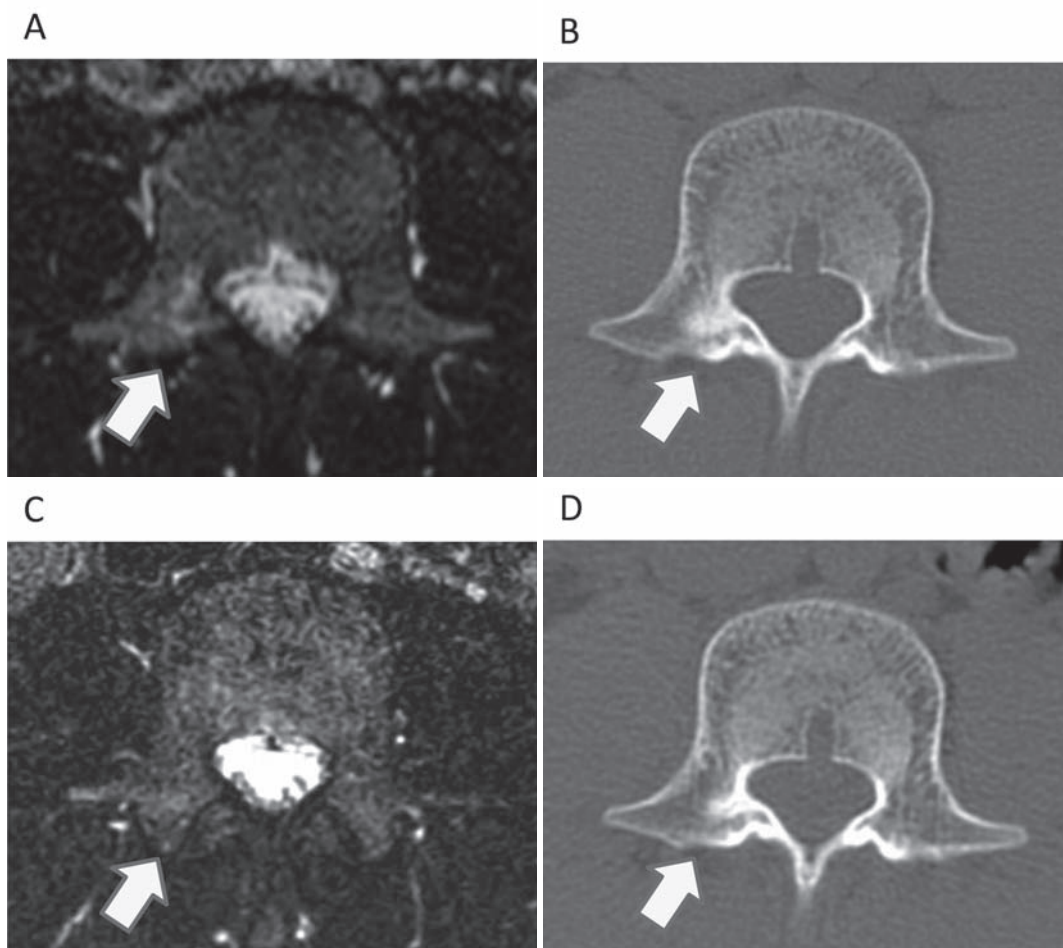


図 1 A：初診時の MRI 横断像では第 4 腰椎の右関節突起間部に淡い高輝度領域を認め(矢印)、骨髄浮腫の存在が示唆された.

B：同時期の CT 横断像では明らかな骨折線は認めず MRI における高輝度領域に一致して骨硬化像を認めた(矢印). 発症から初診までの経過(2 ヶ月)、MRI 高輝度変化の淡さ、CT における骨硬化の存在より、初期腰椎分離症の治癒過程(亜急性期)であることが示唆された.

C：2 ヶ月後の MRI 横断像では右関節突起間部の高輝度領域は消失していた(矢印).

D：同時期の CT 横断像では、同部位に明らかな骨折線を認めず(矢印)、骨癒合の状態であると評価した.

(杉浦史郎：腰椎分離症. 脊柱理学療法マネジメント(成田崇矢編), p.266-280, メジカルビュー社, 2019)

臨床所見

Kemp test：腰痛陽性.

Numerical rating scale (右側腰痛)：後屈 8, 右側屈 7, 左側屈 3, 前屈 0.

疼痛範囲：ヤコビー線付近のやや尾側部に右側の狭い範囲に限局した腰痛を示した.

Finger floor distance (以下, FFD)：10 cm.

Straight leg raising test (右/左)：75/75°.

臀踵間距離 (右/左)：14/13 cm.

Weight bearing index (以下, WBI)：55/56%. なお WBI は初診時より 1ヵ月後, 腰痛消失が認められた時

点で筋力評価を施行した. 測定機器はアイソフォース GT-360 (OG 技研社製, 岡山県岡山市) を使用した.

姿勢評価

矢状面では頭部前方偏位, 胸椎後弯位, 腰椎前弯位となっており, 腰椎伸展ストレスを増大させている可能性がある.

前額面では左骨盤挙上, 骨盤左回旋, 胸郭右回旋となっており, 腰椎回旋ストレスを増大させている可能性がある.

表1 当院の発育期腰椎分離症プロトコール

	0週	1週	3週	4週	8~12週
検査	MRI CT FFD測定			FFD測定 WBI測定 (月1回)	MRI CT 再検査
装具	スポーツ用コルセット 装着 硬性コルセット採用	硬性コルセット装着 (就寝・入浴以外)			スポーツ用コルセット 装着
リハビリ	物理療法 (ホットパック, 干渉波) 運動療法 (ドローイン, 骨盤後傾運動) ストレッチ (腰椎に負担のかからないもの) リラクゼーション		積極的運動療法開始 (有酸素運動, 筋力トレーニング, バランストレーニング) スタビライゼーション		競技動作の改善 (運動強度を向上) コーディネーション
スポーツ	完全休止 (4週経過までは自転車も休止)				部分復帰開始

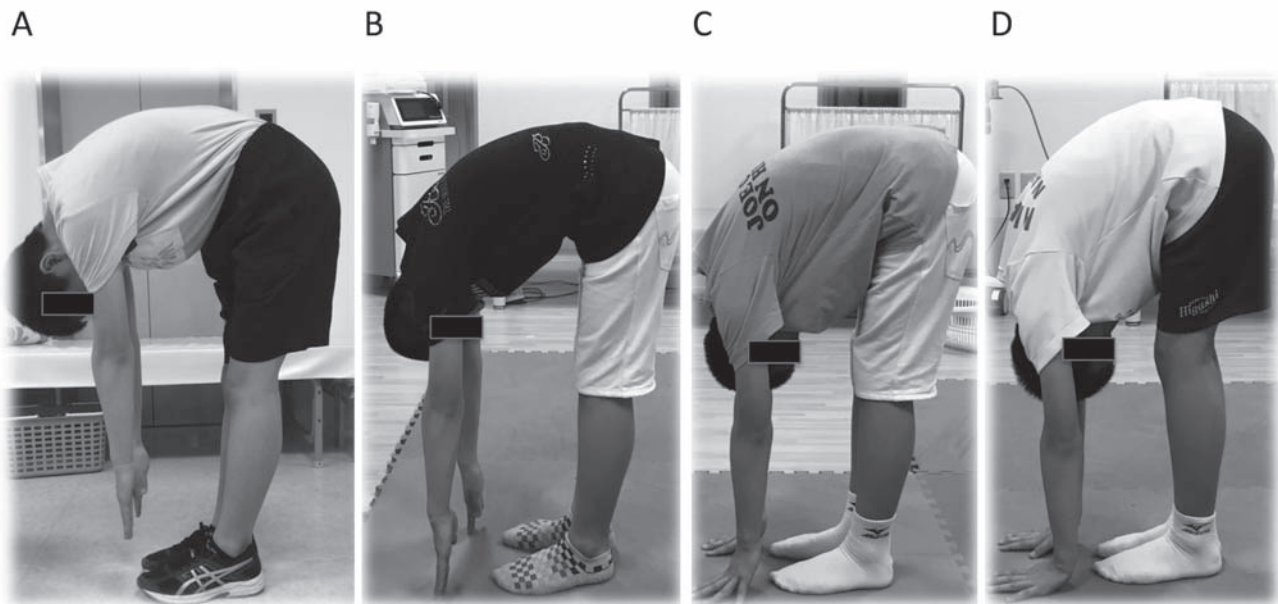


図2 リハビリテーション介入前後での FFD の効果判定

A：初診時 (10 cm), B：1ヵ月後 (-1 cm), C：2ヵ月後 (-8 cm), D：3ヵ月後 (-17 cm).

(杉浦史郎：腰椎分離症. 脊柱理学療法マネジメント (成田崇矢編), p.266-280, メジカルビュー社, 2019)

動作評価

素振り動作では、右足接地における上肢挙上時の胸椎後弯によって、腰椎伸展ストレスが増大している可能性がある。結果として重心の後方化も生じており、体当たり動作においても課題がみられた。

治療経過

初診から2ヵ月間は硬性装具を装着してリハビリテーションを遂行した。当院の発育期腰椎分離症プロトコルに沿って、下肢のストレッチ(大腿四頭筋、ハムストリングス、腸腰筋、下腿三頭筋)など腰椎への過度な負担のかからない範囲での運動療法を実施した(表1)。初診から3週間で日常生活での腰痛は消失した。初診から2ヵ月後の画像診断再検査では骨癒合傾向を認め、競技部分復帰可能となり、リハビリテーションの強度を向上させた。この時期からは疼痛誘発動作でもあった剣道の素振り動作の改善に対しても積極的に介入した。

転 帰

FFD: 10 cm ⇒ -17 cm に改善した(図2)。

WBI: 55/56% ⇒ 78/77% に改善した。

姿勢評価: 胸椎後弯を代償している相対的な腰椎伸展の減弱が認められた(図3)。

動作評価: 素振り動作における動作分析からも右足を接地した際の腰椎伸展ストレスの減少や後方重心が改善した(図4)。

画像検査: MRI 検査にて骨髄浮腫像が消失し(図1C)、CT 検査にて同部位に明らかな骨折線を認めなかったため(図1D)、骨癒合の状態であると評価した。

スポーツ復帰後は新人戦団体戦(市大会)に出場し、3位に入賞した。復帰後3ヵ月後も腰痛は出現しなかったため、通院終了となる。

考 察

現在の運動器検診は運動器についての保健調査票に基づいて実施されている。運動器検診の脊柱項目は側弯症の検査に加えて前屈時痛・後屈時痛のチェックが含まれている。前屈か後屈のいずれかに痛みがあり、2週間以上の運動時痛、日常生活や運動に支障がある場合には整形外科医への受診が勧められる。運動器検診の項目に含まれているなかでは体幹の後屈時痛が発育期腰椎分離症

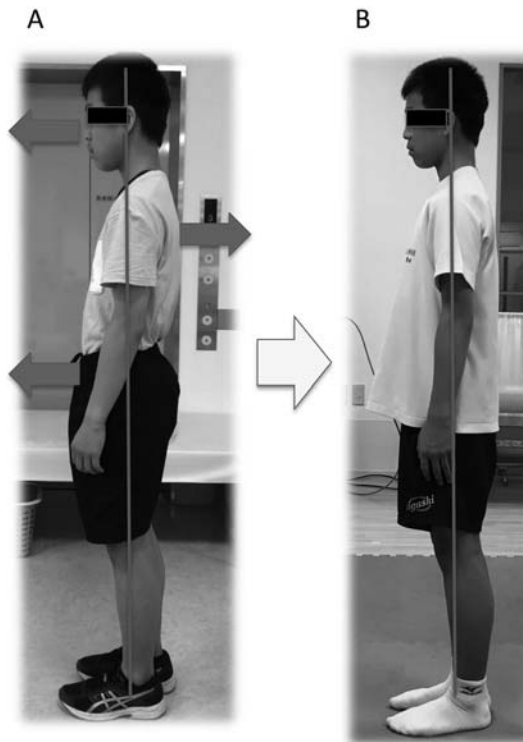


図3 リハビリテーション介入前後での姿勢評価の効果判定

介入前(A): 初診時には頭部前方偏位, 胸椎後弯位, 腰椎前弯位が認められる。

介入後(B): 3ヵ月後には頭部前方偏位, 胸椎後弯位, 腰椎前弯位の改善が認められる。

(杉浦史郎: 腰椎分離症。脊柱理学療法マネジメント(成田崇矢編), p.266-280, メジカルビュー社, 2019)

の特徴的所見であるといわれる⁶⁾。しかし、後屈時痛は発育期腰椎分離症以外の若年性腰痛でも出現する可能性が高い。運動器検診では発育期腰椎分離症以外の疾患も幅広く対応しなければいけないため、安易に評価項目を増やすことは現実的ではない。限られた項目のなかで、多くの疾患を調査できる有用な評価が求められると考える。

治療介入に関して、発育期腰椎分離症は腰椎関節突起間部の疲労骨折であるため、メカニカルストレスの原因となる動作改善が求められる。Sairyoら⁷⁾は有限要素解析により、発育期腰椎分離症の発生に関連する運動方向は腰椎の伸展・回旋であることを示している。剣道の場合、竹刀を振る動作が練習の大半を占め、特定の動作を繰り返す競技である。そのため、素振り動作での腰椎伸展ストレスが蓄積して疲労骨折を惹起した可能性が高いと考える。酒井⁸⁾は発育期腰椎分離症の再発率を検討し、ストレッチなどのコンディショニング指導を行わずに復帰した場合は約30%の高い再発がみられたと報

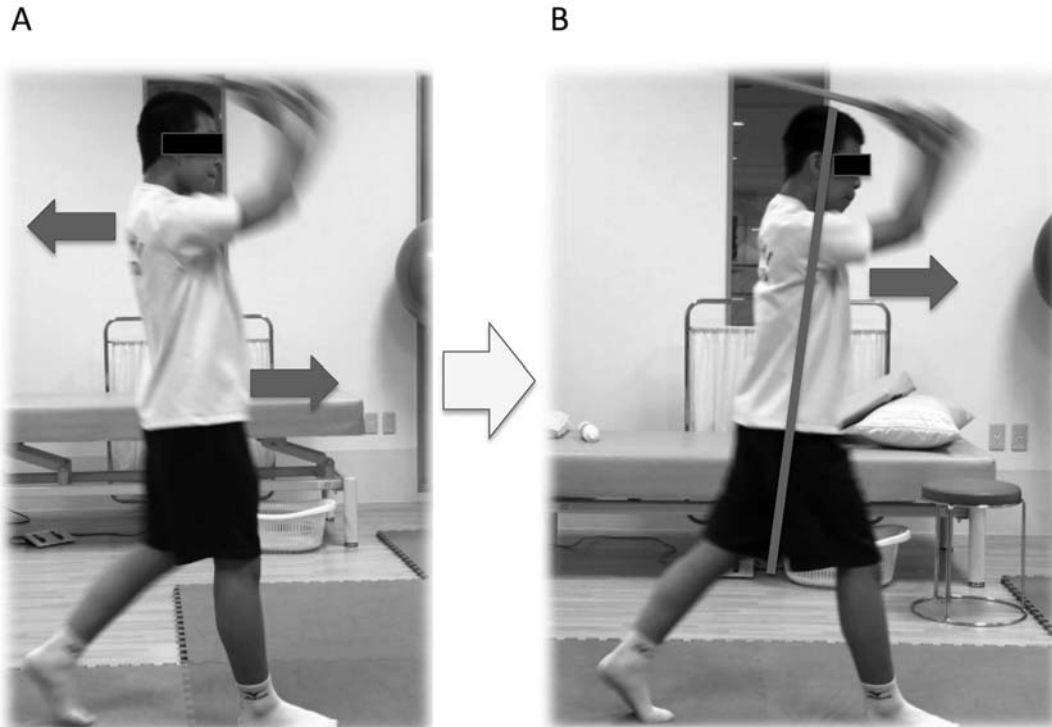


図4 リハビリテーション介入前後での素振り動作の効果判定
 介入前(A)：胸椎後弯からくる腰椎前弯の増大がみられる。重心の後方化がみられ、体当たり動作にも弱いことが予想される。
 介入後(B)：胸椎後弯に改善が認められ、腰椎伸展ストレスの減弱がみられる。重心の後方化が改善し、体当たり動作にも強いことが予想される。

告している。そのため、発育期腰椎分離症に対しては運動器検診による早期発見に加えて、専門的リハビリテーションの早期介入が重要であると考えられる。本症例では治療早期から胸椎や股関節を中心とした柔軟性の改善、体幹の安定性向上を目的とした筋力トレーニングなどを実施した。復帰前には素振り動作の改善にも介入し、これらは発育期腰椎分離症の再発を防止するために重要な要素であると考えられる。

今後の課題として、運動器検診では検診から病院受診までの流れが患者自身に委ねられていることが挙げられる。本症例の場合も、運動器検診から確定診断までには約2ヵ月を要している。また、運動器検診は年に1度の頻度で実施しており、その時期に発育期腰椎分離症が発症しているとは限らない。しかし、医師が高頻度に運動器検診を行なうことは現実的ではない。そのため、理学療法士などのコメディカルが協力した運動器検診のサポート体制や、質問紙票などで簡易的に発育期腰椎分離症をスクリーニングできるような制度が必要であると考えられる。とくに発育期腰椎分離症の診断はMRI検査が有用であると報告されており⁹⁾、画像診断が可能な医療機

関への受診が必要となる。Sairyō¹⁰⁾は、発育期腰椎分離症の保存療法として運動の完全中止と硬性装具療法を行ない、初期94%、進行期64%の患者に骨癒合がみられたと報告している。発育期腰椎分離症は治療が遅延し、偽関節化すると骨癒合困難となるため、より早期の対応が求められる疾患である。

武藤¹¹⁾は運動器検診では学校関係者・学校医・整形外科医・教育委員会が連携を図る必要があると述べている。そして整形外科医の受診を勧められた場合には高率に受診し、教育委員会で診察結果の報告を回収することが重要であると報告している。さらに内尾¹²⁾は運動器検診のみならず、運動器に関わる学校保健全般に対して、国レベルで子どもの運動器障害に対する予防活動を充実させることが望まれると述べている。

今後は本症例のような事例をより早期に病院受診に促せるように、行政や教育機関と連携していくことが理想である。発育期腰椎分離症では、診断時に進行期や偽関節である症例も少なくないため、今後は運動器検診にて多くの発育期腰椎分離症を早期発見・早期治療に導けるような体制が望ましい。

文 献

- 1) 高橋敏明：学校健診における運動器検診のあり方。臨スポーツ医, 34 : 1026-1031, 2017.
- 2) 山口奈美ほか：新たに開始された学校における運動器検診—宮崎県での取り組みと今後の課題—。整スポ会誌, 37 : 501, 2017.
- 3) Micheli LJ et al : Back pain in young athletes. Significant differences from adults in causes and patterns. Arch Pediatr Adolesc Med, 149 : 15-18, 1995.
- 4) Hollenberg GM et al : Stress reactions of the lumbar pars interarticularis : the development of a new MRI classification system. Spine, 27 : 181-186, 2002.
- 5) Kobayashi A et al : Diagnosis of radiographically occult lumbar spondylolysis in young athletes by magnetic resonance imaging. Am J Sports Med, 41 : 169-176, 2013.
- 6) Jackson DW et al : Stress reactions involving the pars interarticularis in young athletes. Am J Sports Med, 9 : 304-312, 1981.
- 7) Sairyo K et al : Spondylolysis fracture angle in children and adolescents on CT indicates the fracture producing force vector—A biomechanical rationale. Internet J Spine Surg, 1 : 2005.
- 8) 酒井紀典：発育期腰椎分離症の保存治療 update 「骨はつくのか？ つかないのか？」. Orthopaedics, 29 : 75-80, 2016.
- 9) Sairyo K et al : MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents. A clinical and biomechanical study. Spine, 31 : 206-211, 2006.
- 10) Sairyo K et al : Conservative treatment for pediatric lumbar spondylolysis to achieve bone healing using a hard brace : what type and how long? : Clinical article. J Neurosurg Spine, 16 : 610-614, 2012.
- 11) 武藤芳照：学校健診の動向。日整会誌, 91 : 370-374, 2017.
- 12) 内尾祐司：学校における運動器疾患・障害の現状と課題。日整会誌, 91 : 243-252, 2017.

脛骨疲労骨折に対して Extra Articular Technique を用いて脛骨髄内釘固定を施行した 1 例

Case Report : a Tibial Stress Fracture Following
by Tibial Nailing Using Extra Articular Technique

岩間 彦樹¹⁾ Genki Iwama 森本 祐介²⁾ Yusuke Morimoto
 洞口 敬³⁾ Takashi Horaguchi 徳橋 泰明²⁾ Yasuaki Tokuhashi

● Key words

脛骨疲労骨折, 脛骨髄内釘固定, Extra articular technique

●要旨

17歳男性。高跳びの踏み切りで受傷し、前医で脛骨近位部骨折と診断された。以前より同部位の痛みがあったことと画像所見から脛骨近位部疲労骨折の完全骨折と判断し保存療法を行なった。受傷後6ヵ月で復帰したがジャンプ動作で再骨折し、手術療法を選択した。比較的手術手技が容易で低侵襲である extra articular technique を利用した脛骨髄内釘固定を施行した。術後6ヵ月で競技に完全復帰した。術後1年、とくに問題なく競技を継続している。本法は膝軽度屈曲で手術可能であるため整復保持が容易であり関節内操作の必要がなく低侵襲である。そのためスポーツ選手の脛骨髄内釘固定として有用であり、保存療法では長い治療期間を要する脛骨疲労骨折に、積極的に本法による手術療法が行なわれることで治療期間の短縮が期待される。

はじめに

脛骨疲労骨折は、疲労骨折のなかで最も頻度の高い骨折であり陸上競技との関連も強く、全疲労骨折の約50%が脛骨疲労骨折である¹⁾。従来、脛骨疲労骨折の治療は保存療法が選択されるがしばしば治療に難渋する¹⁾。とくに跳躍型脛骨疲労骨折では保存療法での治癒率は50%以下である²⁾。そのため、最近では手術療法が選択されることも多くなってきている³⁾。今回われわれは脛骨近位部疲労骨折に対して保存療法を行なったが、再骨折した症例に対して、より低侵襲な術式である extra ar-

ticular technique を用いた髄内釘固定を施行し良好な結果を得たので報告する。

症 例

症例は17歳男性で13歳から高跳びを行なっている。以前より陸上の練習で脛骨粗面に痛みがあり、近医にてジャンパー膝の診断で治療を受けていた。高跳びの試合中、深く踏み込んでジャンプをした際に礫音とともに右膝痛が出現した。同日近医を受診し、脛骨近位部骨折と診断され、当科を紹介受診した。初診時身体所見では、脛骨近位部に腫脹、圧痛を認め、膝関節可動域は疼痛の

岩間彦樹
〒333-0833 川口市西新井宿180
川口市立医療センター整形外科
TEL 048-287-2525

- 1) 川口市立医療センター整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kawaguchi Municipal Hospital
- 2) 日本大学医学部附属板橋病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University Itabashi Hospital
- 3) 日本大学病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nihon University Hospital

ため不明であった。初診時単純 X 線像で脛骨近位前方から後方にかけて骨折線を認めた(図 1)。CT 像でも同様の所見を認め、前方骨皮質の肥厚および骨硬化を認めた(図 2)。以前より脛骨粗面部の痛みが続いていたことと、軽微な外傷で骨折をきたしたことから脛骨近位疲労骨折と診断した。ギプスシーネ固定および免荷を 5 週間施行し、その後疼痛に応じて部分荷重を開始した。骨折部の後方は骨癒合を認めたものの、脛骨前方には骨折線が残存していた(図 3)。疼痛、圧痛および違和感がなくなったことを確認し受傷後 6 ヶ月で練習復帰を許可した。しかし、受傷後 7 ヶ月、高跳びのジャンプをしようとした際に右膝に磔音と疼痛が出現し、同部位の再骨折

を認めた(図 4)。今回は手術の方針とし、アスリートであることを考えより低侵襲な術式である extra articular technique を利用した脛骨髄内釘固定を施行した(図 5)。術後翌日より痛みに応じて全荷重を許可、術後 2 ヶ月でランニングを許可し、術後 6 ヶ月で競技復帰した。術後 1 年の時点で骨癒合良好でとくに疼痛、違和感なく競技を継続している。

考 察

現在、脛骨骨幹部骨折の手術は髄内釘を施行することが標準とされており⁴⁾、infrapatellar approach と supra-



図 1 初診時レントゲン像
脛骨近位前方から後方にかけて骨折線を認める。

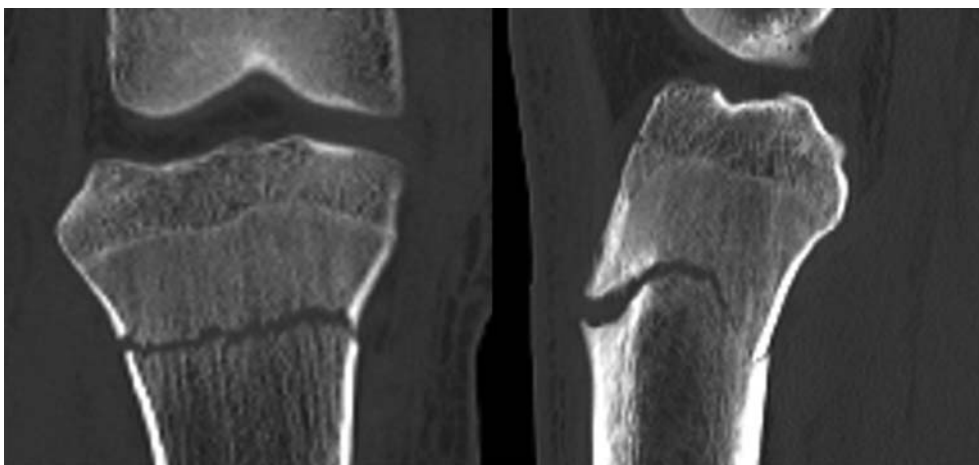


図 2 初診時 CT
脛骨近位部の骨折と前方骨皮質の肥厚および骨硬化を認めた。



図3 受傷後6ヵ月のレントゲン像
骨折部の後方は骨癒合を認めたものの、脛骨前方は骨癒合が十分ではない。

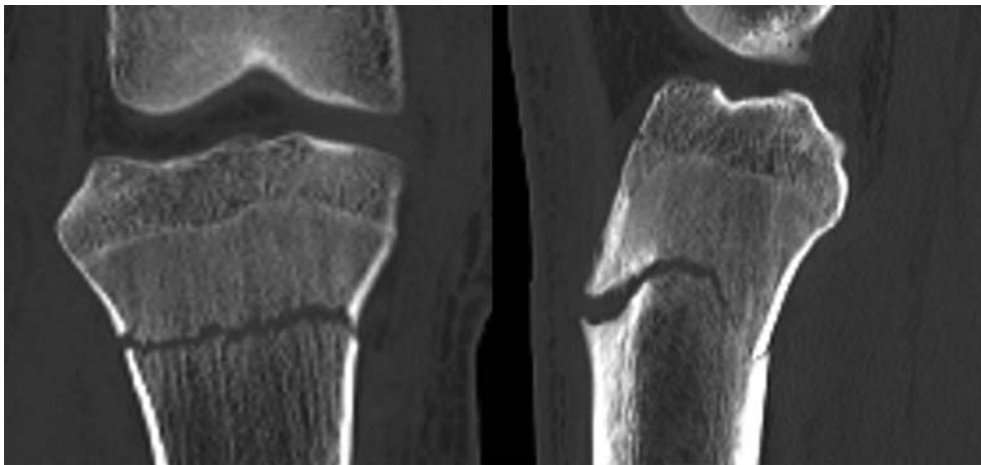


図4 再骨折時のレントゲン像

patellar approach が主流となっている。従来、膝蓋腱を縦割し刺入が容易である infrapatellar approach が多く行われてきた。しかし、この方法は膝関節を深屈曲して髓内釘を挿入しなければならないので近位部骨折の場合は骨折部の整復位保持が困難であること、透視による確認がしにくいという欠点がある^{5,6)}。また、術後に膝前面部痛を生じやすいとの報告⁷⁾や、近位部骨折時の骨片の転位による変形治癒などの問題点が指摘されている^{5,6)}。そのため膝関節軽度屈曲位での手術が可能である suprapatellar approach での脛骨髓内釘挿入が増えてきている。しかし、大腿四頭筋腱を縦割し、膝蓋大腿関節内での操作が多く行なわれるため、リーミングで発生するデブリスの関節内への残存や、関節内の感染が危惧される^{8,9)}。また、関節包の拘縮などにより膝蓋大腿関節への sleeve 挿入が困難な症例がしばしば存在し、

膝蓋大腿関節の軟骨損傷を起こす可能性が高いことが指摘されている¹⁰⁾。これらの合併症はスポーツ選手にとって選手生命に関わる問題であり、手術療法選択の妨げとなっている。

Extra articular technique を用いた脛骨髓内釘固定が2010年に Kubiak らによって報告された¹¹⁾。本法は、仰臥位、タニケットを使用し、膝関節軽度屈曲位で行なう。内側傍膝蓋切開を膝蓋靭帯遠位部まで延長し侵入する。関節包を切開しないよう注意して膝蓋靭帯と膝蓋下脂肪体を剝離して髓内釘刺入部を展開する(図6)。このアプローチは膝関節軽度屈曲位での手術が可能であり、術中透視での確認や近位部骨折では整復の保持が容易である。また、関節内への侵襲を加えることなく手術を行なえるため suprapatellar approach のような関節内のリーミング時のデブリス残存や感染、軟骨損傷の心配が



図5 術後レントゲン像
Extra articular technique を利用した脛骨髄内釘固定を施行した。

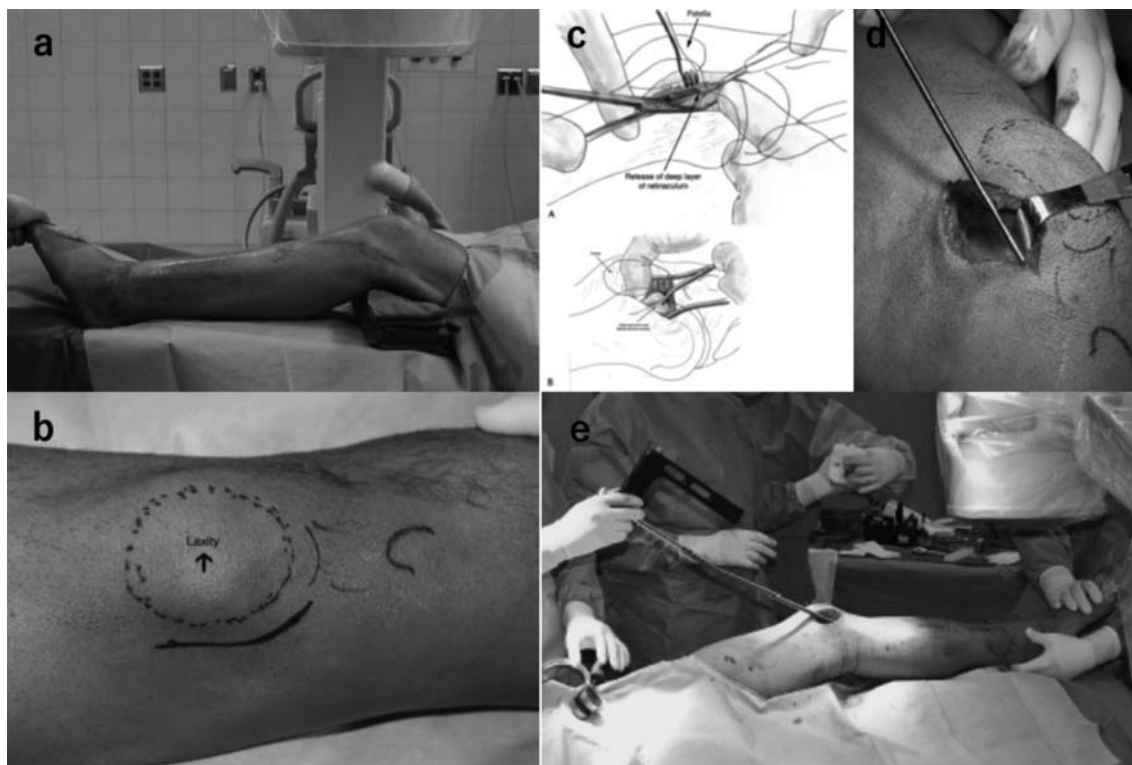


図6 Extra articular technique による脛骨髄内釘固定(文献 12 より引用；われわれの症例と反対側の左脛骨)
a：軽度膝屈曲位で手術を行なう。b：内側傍膝蓋切開。c：展開。支帯を切離し膝蓋腱を持ち上げ関節外の髄内釘刺入部を展開。d：ガイドワイヤー挿入。e：髄内釘挿入。

ない^{12,13)}。鈴木らは本法の合併症として、関節包の離開があり、22%に関節包の離開を認めたと報告している¹⁴⁾。この報告によれば、手術熟達度のラーニングカーブにより、関節包が離開する症例は減少すること、関節包が離開したとしても離開長は1 cm程度が多く、縫縮による修復が可能であることが述べられている¹⁴⁾。

Extra articular technique を用いた脛骨髄内釘固定は近年本邦でも報告が散見されるようになったが脛骨疲労骨折に対する報告はない。脛骨疲労骨折は頻度が高く保存療法で骨癒合が得られた後でもスポーツ活動の再開により再骨折を繰り返すことがあり治療期間が長期化することが多い。脛骨疲労骨折に対する髄内釘固定は低侵襲で再骨折も少なく早期のスポーツ復帰が可能である¹⁵⁾。従来手術療法はさまざまな問題点があり難治例の治療として手術が選択されることが多かった。本法は従来手術法の合併症や問題点が少なく、スポーツ選手に対する手術法として有用であると考えた。今後は脛骨疲労骨折に対し積極的に本法による手術療法を選択することで治療に長期間を要することなくスポーツ復帰が確実に行なえると期待される。

文 献

- 1) 大西純二：脛骨疲労骨折の診断と治療。関節外科，30：763-770, 2011.
- 2) 内山英司：脛骨跳躍型疲労骨折。臨スポーツ医，18：291-295, 2001.
- 3) 鈴木一瑛ほか：スポーツ選手の跳躍型脛骨疲労骨折に対し、髄内釘治療を行った3例。新潟整形外科学会誌，29：11-14, 2013.
- 4) 伊勢福修司：下腿骨幹部骨折。Orthopaedics，26：139-149, 2013.
- 5) 最上敦彦：下肢骨折治療基本手技。脛骨遠位部骨折。Orthopaedics，26：151-163, 2013.
- 6) Freedman EL et al：Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. Clin Orthop，315：25-33, 1995.
- 7) Song SY et al：Anterior knee pain after tibial intramedullary nailing using a medial paratendinous approach. J Orthop Trauma，26：172-177, 2012.
- 8) Sanders RW et al：Semiextended intramedullary nailing of the tibia using a suprapatellar approach. Radiographic results and clinical outcomes at a minimum of 12 months follow up. J Orthop Trauma，28：245-255, 2014.
- 9) Tornetta P 3rd：Semiextended position of intramedullary nailing of the proximal tibia. Clin Orthop Relat Res，328：185-189, 1996.
- 10) 安田知弘ほか：Trigen Meta-Nail を用いた semi extended position による脛骨骨幹部骨折の治療経験。骨折，34：436-440, 2012.
- 11) Kubiak EN et al：Extra articular technique for semi-extended tibial nailing. J Orthop Trauma，24：704-708, 2010.
- 12) Erik NK et al：Extra-articular technique for semiextended tibial nailing. J Orthop Trauma，24：704-708, 2010.
- 13) 安田知弘ほか：脛骨骨折に対する髄内釘を用いた semiextended position による治療— Extra-articular technique を用いて—。骨折，35：951-955, 2013.
- 14) 鈴木雅生ほか：膝関節軽度屈曲位で関節外アプローチを用いた脛骨骨幹部骨折に対する髄内釘固定術の治療経験。骨折，38：740-743, 2016.
- 15) 池田浩：トップアスリーの跳躍型脛骨疲労骨折に対する治療。Sports Med，126：20-21, 2010.

3週間のNordic Hamstring Exerciseは膝屈曲等尺性筋力と大腿二頭筋長頭筋線維束長に効果を及ぼすか？

Does 3-Weeks Nordic Hamstring Exercise Affect on Knee Flexor Isometric Muscular Strength and Fascicle Length of Biceps Femoris Long Head?

佐々木雄大¹⁾ Yudai Sasaki

藤井 昌²⁾ Masashi Fujii

● Key words

Nordic hamstring exercise, 筋線維束長, 筋力

● 要旨

目的：Nordic hamstring exercise (以下, NHE) 実施による, 筋力と筋の形態学的変化への短期的効果があるのかを検証する。

方法：健常男性 21 名に 3 週間の NHE と 4 週間のデイトレーニングを行ない, 等尺性膝屈曲筋力と超音波エコー画像による大腿二頭筋長頭 (以下, BF_{lh}) 筋線維束長測定を行なった。

結果：筋力はハムストリング伸長位の筋力が, NHE 後に, NHE 実施前に比べ有意に増加したが, その程度はわずかであった。一方, BF_{lh} 線維束長は有意な変化が確認されなかった。

結論：NHE は伸長位の膝屈曲筋力に寄与したが, その改善は臨床上不十分であった。

はじめに

ハムストリング損傷は, サッカーなどのフィールドスポーツで起こる外傷のなかでも頻度がとくに多い¹⁾。また再発率も同様に高く, 12~63% のアスリートが再損傷を起こす²⁾。

したがってハムストリング損傷と再損傷の予防が重要視されており, 代表的な予防トレーニングが nordic hamstring exercise (以下, NHE) である。NHE は特別な器具等を必要とせず, 先行研究においてその予防効果が報告されている^{3,4)}。NHE のハムストリング損傷予防に対する効果機序として, 筋力と大腿二頭筋長頭 (以下, BF_{lh}) の筋形態の変化が考えられている。Bourne

らは NHE 実施後に膝屈曲筋力と股関節伸展筋力が改善したと報告している⁵⁾。また他の研究では NHE 実施後に BF_{lh} の筋線維束長が増加したと報告している⁶⁾。

しかしながら NHE は, その介入期間が長期にわたると対象者の継続率が低くなることが報告されている⁷⁾。したがって短期間で効果を発揮することが望ましい。一方で Alonso らは 8 週間の NHE の効果は 1 ヶ月のデイトレーニングにより消失したと報告しており⁶⁾、短期間のトレーニング効果だけではなく, デイトレーニング後の持ち越し効果についても検討されるべきである。

よって本研究の目的は, 3 週間の NHE が膝屈曲筋力と BF_{lh} 筋線維束長に与える影響を検討することとした。また, NHE 実施後, 1 ヶ月間のデイトレーニングの影響も合わせて検討した。

佐々木雄大
〒950-0914 新潟市中央区紫竹山2丁目4-30
こん整形外科クリニック
TEL 025-241-0123

1) 市立秋田総合病院リハビリテーション科
Akita City Hospital, Department of Rehabilitation
2) 秋田大学大学院医学系研究科整形外科講座
Akita University Graduate School of Medicine, Department of Orthopedic Surgery

対象および方法

対象は24ヵ月以内に下肢の外傷歴がない健常成人男性21名とした(年齢=24±4歳, 身長=173.4±5.7cm, 体重=64.5±5.8kg)。すべての対象者は, 紙面にて研究の趣旨と目的を説明し, インフォームドコンセントを取った後に研究を行なった。なお本研究はヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づき, かつ市立秋田総合病院倫理委員会の承認(承認番号:H29-9)を得たのちに実施された。

本研究プロトコルは7週間にて構成されている。実施に先立ち, すべての対象者は膝屈曲筋力とBF1h筋線維束長の計測を行なった。その後, 3週間のNHEによる遠心性収縮トレーニングを実施してもらった。またこの期間, 対象者には, NHE以外の運動は行なわないように説明を行なった。トレーニング開始から1週間後とトレーニング終了時には, 第2回目と第3回目の筋力および筋線維束長の計測をそれぞれ行なった。その後4週間はすべてのトレーニングや運動を禁止するディトレーニング期間とし, 再度筋力と筋線維束長の計測を行なった。

本研究では機材の制限から等尺性筋力計測器にて計測を行なう必要があったため, ハムストリングの短縮位, 中間位, 伸長位における筋力の変化を計測することを目的に, 伏臥位膝90°屈曲位(以下, prone 90), 伏臥位膝45°屈曲位(以下, prone 45), そして背臥位膝45°股関節90°屈曲位(以下, supine 45/90)の3つの肢位にて行なった(図1)。それぞれの肢位において膝および股関節角度の違いが測定者間で起こらないよう, 各関節は計測ごとに東大式ゴニオメーターで計測し, 関節角度を規定した。計測には徒手筋力計(μ Tas F1, アニマ社製, 日本)を使用し, 計測器を対象者の足関節内果および外果の高さにて下腿に対して垂直に計器を当て計測を行なった。また計測中, 肢位のずれが起こらないように, 骨盤と反対側の大腿部をベルトで固定した。各肢位の計測は1回ずつ行なうこととし, それぞれの肢位の計測順序は対象者ごとにランダムに設定した。また, 1回の施行を5秒間かけて最大収縮に到達するように説明を行なった。

BF1h筋線維束長の計測には2D, Bモードの超音波エコー計測器(Noblus, 日立アロカ, 日本)と10MHzのリニア型プローブ(EUP-L65, 日立アロカ, 日本)を使用した。対象者を伏臥位とし, 股関節を内外旋中間位, 膝が伸展位に保たれていることを確認し, 坐骨結節と膝

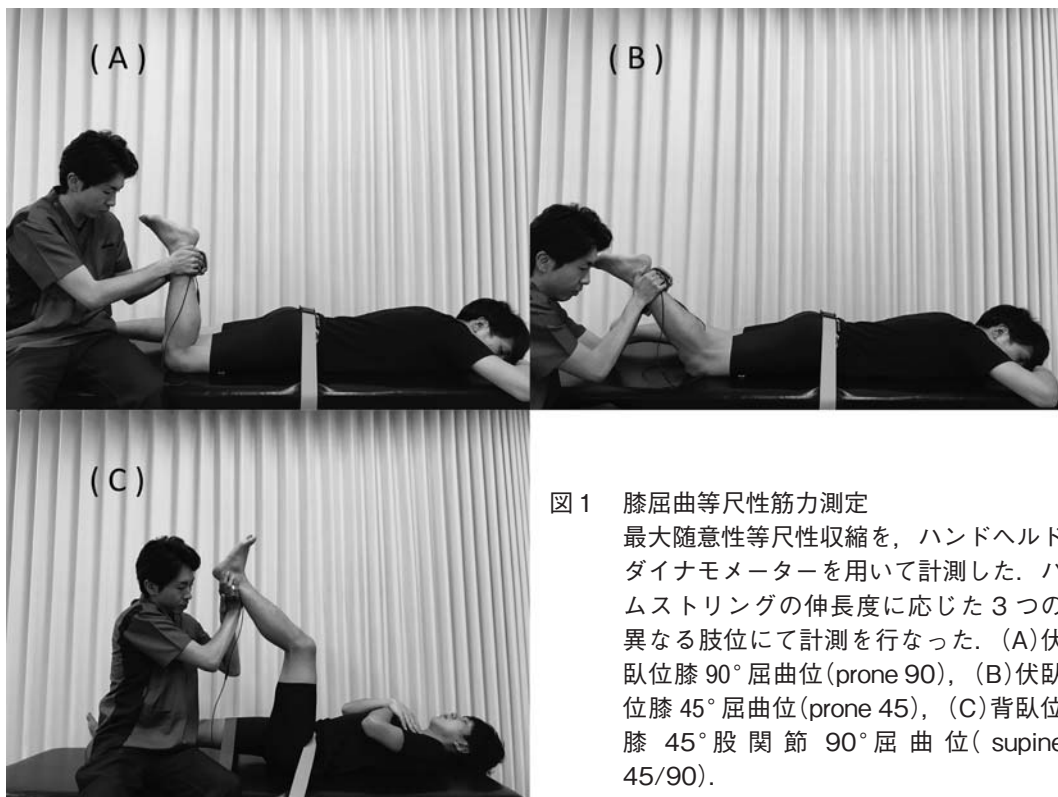


図1 膝屈曲等尺性筋力測定
最大随意性等尺性収縮を, ハンドヘルドダイナモメーターを用いて計測した。ハムストリングの伸長度に応じた3つの異なる肢位にて計測を行なった。(A)伏臥位膝90°屈曲位(prone 90), (B)伏臥位膝45°屈曲位(prone 45), (C)背臥位膝45°股関節90°屈曲位(supine 45/90)。

窩中央を結ぶ線の中点を指標に BFlh の描出を行なった。描出部位を確認した後、その後の計測で同様の部位を計測できるよう、坐骨結節および膝窩中央のそれぞれのランドマークからの距離を記録した。また計測は5分間の伏臥位での休息の後に行なった。超音波エコー画像の計測では、超音波エコー用のゲルを十分に使用し、プローブを BFlh の走行に平行に、かつ筋線維がはっきりと描出される位置に調整した。また計測中、プローブの圧迫は最小限とし、筋厚の変化が起こらないように注意した。すべての筋力の計測と超音波画像の計測は同一の計測者が行なうこととし、各対象者の情報がわからないようマスク化を行なった。

超音波エコー画像の解析は、装置に内蔵された計測ソフトウェアツールを使用して行なった。まず各画像より図2に示すように腱膜の角度、羽状角、筋厚を計測する。腱膜の角度は表層と深層のそれぞれの腱膜によって作られる角度とした。羽状角は深層の腱膜と筋線維をそれぞれ1辺とする角度とした。その後、以下の式にそれぞれの数値を代入し、筋線維長を算出した⁸⁻¹⁰。

$$FL = \sin(AA + 90^\circ) \times MT / \sin(180^\circ - (AA + 180^\circ - PA))$$

FL: fascicle length 筋線維長, AA: aponeurosis angle 腱膜の角度, MT: muscle thickness 筋厚, PA: pennation angle 羽状角。

NHE は図3に示すようにパートナーが必要になる。対象者は床面に膝を着き、体幹を起こした姿勢を開始肢位とする。パートナーは対象者の足関節部分で下腿の動

きが起こらないようにしっかりと固定する。運動は、メトロノームにて運動速度を規定し、5秒間かけて体幹を前方に傾斜してもらった。

負荷量は表1に示すように徐々に増やしながら実施した。

異なる3肢位の屈曲等尺性筋力と BFlh 筋線維長について、いずれの計測時期においても、利き脚と非利き脚で有意な違いが確認されなかったため(膝屈曲等尺性筋力 prone 90: $p=0.64$ (before NHE), $p=0.67$ (1w), $p=0.35$ (3w), $p=0.25$, prone 45: $p=0.58$ (before NHE), $p=0.65$ (1w), $p=0.52$ (3w), $p=0.76$ (7w), supine 90/45: $p=0.14$ (before NHE), $p=0.14$ (1w), $p=0.22$ (3w), $p=0.18$ (7w), BFlh 筋線維束長 $p=0.67$)、左右の平均値を各対象者の計測値として扱った。すべての統計学的解析には R version 3.2.0 (The R foundation for statistical computing) を使用した。膝屈曲等尺性筋力と BFlh のそれぞれについて反復測定分散分析を行ない、事後検定には Student の t 検定を Holm 法にて行なった。いずれも有意水準 5% をもって統計学的有意とした。

結 果

膝屈曲等尺性筋力は、prone 90 と prone 45 において、トレーニング期間を通して有意な変化は確認されなかった (prone 90: $p=0.088$, prone 45: $p=0.447$)。一方で

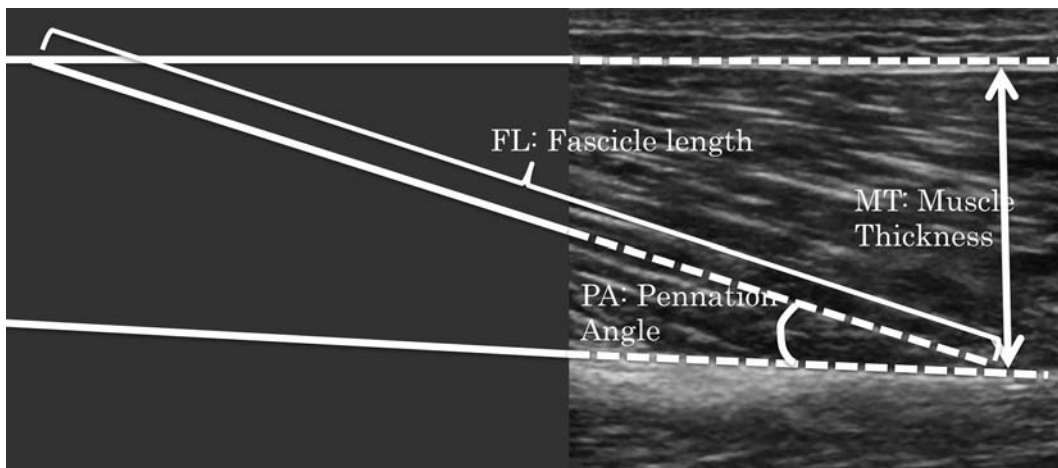


図2 超音波エコー画像による BFlh 筋線維束長測定
描出された画像より、筋厚、腱膜の角度、そして羽状角の各パラメーターを計測し、下記の式より筋線維束長を算出した。

$$FL = \sin(AA + 90^\circ) \times MT / \sin(180^\circ - (AA + 180^\circ - PA))$$

FL: fascicle length 筋線維長, AA: aponeurosis angle 腱膜の角度, MT: muscle thickness 筋厚, PA: pennation angle 羽状角。

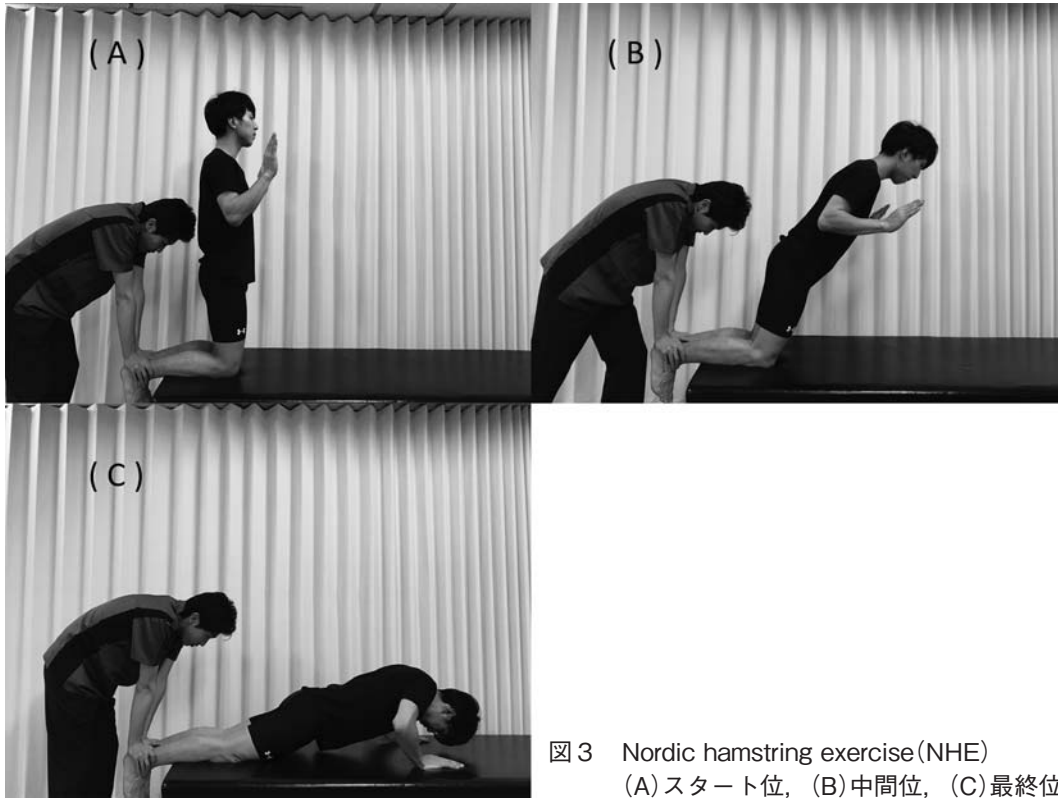


図3 Nordic hamstring exercise(NHE)
(A)スタート位, (B)中間位, (C)最終位

表1 トレーニングプログラムの日程

週	頻度	セット数	反復回数
1	2	2	6
2	2	3	6
3	2	4	8
4~8	—	—	—

3週間のNHEと4週間のデイトレーニングにより構成される。トレーニングは週に2回行なうこととし、トレーニング間の日数を一定にするため、月曜日と金曜日に行なうように指定し指導した。

supine 45/90では有意な筋力の増加が確認され($p < 0.05$)、NHE実施前に比べNHE実施3週後に有意な筋力の増加があることが分かった(mean difference=8.24 Nm, 95% CI=3.39 to 13.10 Nm, $d=0.76$, $p < 0.05$, 図4)。

またBFlh筋線維束長には、トレーニング期間を通して、有意な変化は確認されなかった($p=0.380$, 図5)。

考 察

膝屈曲筋力はハムストリング損傷と関連があるとされる。Timminsらの研究では膝屈曲遠心性収縮筋力のピーク値が337 Nよりも低い場合には、4倍程度ハムストリング損傷リスクが増加すると報告している¹¹⁾。

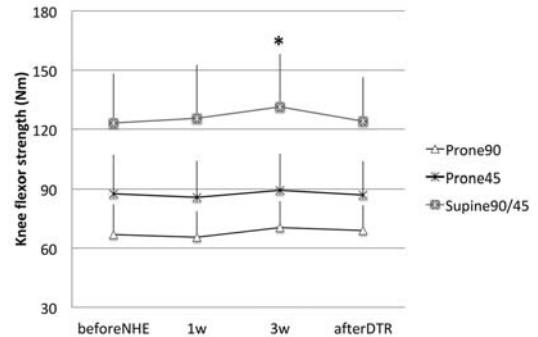


図4 膝屈曲等尺性最大筋力

各計測時点における膝屈曲等尺性最大筋力を示す。NHE実施前：before NHE, NHE実施1週間後：1w, NHE実施3週間後：3w, 4週間のデイトレーニング期間後：after DTR, *： $p < 0.05$

Mjolsnesらは10週間のNHE実施により膝屈曲遠心性等運動性筋力の11%の増加が得られたと報告している¹²⁾。またその他の研究では、10週間のNHE実施により遠心性収縮筋力のピーク値が74%増加したと報告されている⁵⁾。われわれの研究では、3週のNHEにより、伸長位でのみ筋力の増加が得られた。ただしその程度は6%程度の増加にとどまっております、臨床的な有用性が少

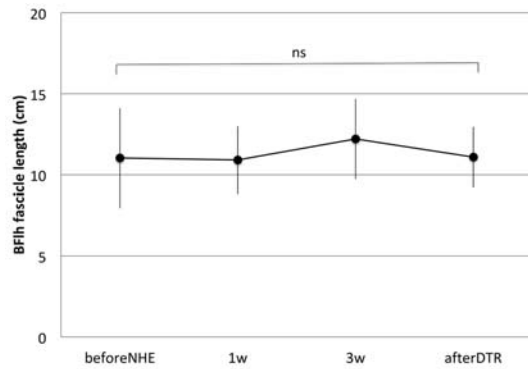


図5 BFH 筋線維束長
各計測時点における BFH の筋線維束長を示す。
NHE 実施前：before NHE, NHE 実施 1 週間後：
1w, NHE 実施 3 週間後：3 w, 4 週間のデイト
レーニング期間後：after DTR, ns：not signifi-
cant

ないものと考えられる。Clark らは、4 週間の NHE 実施により膝屈曲筋力のピーク値が、6.5° 伸長位方向へ変異したと報告している¹³⁾。よって短期間の NHE では、最大筋力が得られる位置が伸長位方向へ変異する可能性が考えられ、その結果として伸長位でのみ筋力の増加が得られたものと考えられる。また先行研究により 8 週間の NHE によって得られた BFH 筋線維束長の増加が、4 週間のデイトレーニングにより消失したと報告されている⁶⁾。本研究における効果は筋力のみであり、一概に比較することはできないが、NHE により得られた筋力は 1 ヶ月後まで維持できないものと推察される。この理由としてトレーニング初期の筋力増加は、筋の形態学的な変化を伴わずに起こるため¹⁴⁾、デイトレーニングによる筋力低下の影響も受けやすいものと考えられる。

また本研究で BFH 筋線維束長に変化がなかった理由として、トレーニング期間が短かったことが考えられる。NHE の筋線維束長増加に対する効果を検討した先行研究は、6~10 週間のトレーニング期間を設定している。そのうち 8 週または 10 週間の NHE 実施では筋線維束長の増加が得られているもの^{6,15)}、6 週間の NHE 実施では筋線維束長の増加が得られていない¹⁶⁾。したがって、本研究で用いた 3 週間のトレーニングプロトコルは BFH 筋線維束長に確認される筋形態の変化を引き起こすには不十分な期間であると考えられる。

今後は、先行研究で 10 週程度の NHE が効果をあげているのを参考に、10 週間の NHE を行なう群、3 週間のトレーニング後に 7 週間のデイトレーニング期間を設ける群、そして 10 週間トレーニングを行わない群を設定し、トレーニング期間の長さによる影響と非トレ

ニングとの違いをさらに調査する必要性がある。

結 語

3 週間の NHE の実施は、ハムストリング伸長位において筋力の増加を得られるが、その程度はわずかであり、4 週間のデイトレーニング後はその効果を維持することができなかった。また BFH 筋線維束長はすべての期間を通して有意な変化がなく、NHE の効果は確認されなかった。

文 献

- 1) Brooks JH et al : Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med*, 34 : 1297-1306, 2006.
- 2) Brukner P et al : Recurrent hamstring muscle injury : applying the limited evidence in the professional football setting with a seven-point programme. *Br J Sports Med*, 48 : 928-938, 2014.
- 3) Van der Horst N et al : The preventive effects of the Nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players : a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 43 : 1316-1323, 2015.
- 4) Petersen J et al : Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer : a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 39 : 2296-2303, 2011.
- 5) Bourne MN et al : Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology : implications for injury prevention. *Br J Sports Med*, 51 : 469-477, 2017.
- 6) Alonso-Fernandez D et al : Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 28 : 88-94, 2018.
- 7) Engebretsen AH et al : Prevention of injuries among male soccer players : a prospective randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *Am J Sports Med*, 36 : 1052-1060, 2008.
- 8) Blazevich AJ et al : Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. *J Anat*, 209 : 289-310, 2006.
- 9) Kellis E et al : Validity of architectural properties of

- the hamstring muscles : correlation of ultrasound findings with cadaveric dissection. *J Biomech*, 42 : 2549-2554, 2009.
- 10) Timmins RG et al : Biceps femoris long head architecture : a reliability and retrospective injury study. *Med Sci Sports Exerc*, 47 : 905-913, 2015.
 - 11) Timmins RG et al : Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer) : a prospective cohort study. *Br J Sports Med*, 50 : 1524-1535, 2016.
 - 12) Mjolsnes R et al : A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 14 : 311-317, 2004.
 - 13) Clark R et al : The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters : a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 6 : 67-73, 2005.
 - 14) Akima H et al : Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Med Sci Sports Exerc*, 31 : 588-594, 1999.
 - 15) Politer TG et al : Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *Eur J Appl Physiol*, 105 : 939-944, 2009.
 - 16) SeymoreKD et al : The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *Eur J Appl Physiol*, 117 : 943-953, 2017.

シーズン中に肘関節の愁訴を繰り返す 投手の投球動作における肘関節運動の特徴

Characteristics of Elbow Joint Motion During Pitching of Pitcher Repeatedly Complaining of Elbow Joint During a Season

宮下 浩二¹⁾ Koji Miyashita 小山 太郎^{2,3)} Taro Koyama
太田憲一郎²⁾ Kenichiro Ota 谷 祐輔⁴⁾ Yusuke Tani

● Key words

College baseball player : Elbow : Throwing motion

●要旨

本研究は、シーズン中に肘関節の不定愁訴を繰り返す投手の投球動作の特徴を分析した。対象は大学野球部投手 23 名とし、投球に伴う不定愁訴をシーズン中、頻回に繰り返した投手 11 名を愁訴群とし、肘関節にまったく訴えのなかった投手 12 名を健常群とした。対象の投球動作を三次元解析した。ステップ脚の足底接地からリリースまでを 100% に規格化し、肩外旋角度と肘関節屈曲角度を算出した。肩外旋角度は、各位相において両群間に有意差はなかった。肘屈曲角度は、肩最大外旋位 (MER) 前後となる位相の 55% から 89% において愁訴群が有意に小さな値を示した。また、各対象の MER の肘関節屈曲角度は愁訴群 $68 \pm 17^\circ$ 、健常群 $93 \pm 24^\circ$ で、愁訴群が有意に小さかった。両群間の肘関節運動の差異が不定愁訴の要因の 1 つになっている可能性が考えられる。

はじめに

大学野球の現場では、痛みなく投球可能であるものの投球後にいわゆる肘関節の「張り」、「違和感」、「曲げにくさ、伸ばしにくさ」などの愁訴を訴える選手が非常に多い。これらの愁訴は悪化すると痛みなどを主症状とした投球障害肘に至ることも少なくない。

このような訴えをする選手は投球障害予防を目的としたコンディショニングを日常的に行ない、筋力低下や可

動域制限を未然に防止しているため、明らかな機能低下がない場合も多い¹⁾。また、大学野球投手のレベルではいわゆる「肘下がり」や「体の開き」など投球障害に直結するような投球動作の著しい問題を呈することは少ない。これらのことから、上記のような愁訴を生じる要因として、投球動作において非常にわずかな問題があると推察される。

そこで今回、シーズン中に肘関節の不定愁訴を繰り返す投手の投球動作を分析し、その特徴を明らかにすることを目的とした。

宮下浩二
〒487-8501 春日井市松本町1200
中部大学生命健康科学部理学療法学科
TEL 0568-51-9162/FAX 0568-51-9162
E-mail kmiyashita@isc.chubu.ac.jp

- 1) 中部大学生命健康科学部理学療法学科
Department of Physical Therapy, College of Life and Health Sciences, Chubu University
- 2) まつした整形外科
Matsushita Orthopedics
- 3) 至学館大学女子野球部
Women Baseball Club of Shigakkan University
- 4) アドバンスリハ株式会社
Adovancereha Co., Ltd.

対象と方法

1. 対象

対象は、われわれが日常的に健康管理をしている大学野球部の投手 23 名とした。健康管理記録をもとに、この 23 名を以下の 2 群に分類した。

肘関節に痛み(圧痛, 運動時痛)はないが、いわゆる「張り」「違和感」「詰まり感」「ひっかかり感」や肘関節の「曲げにくさ」「伸ばしにくさ」などの訴えをシーズン中、頻回(1ヵ月に 1 回以上で複数月に訴え)に繰り返した投手 11 名(年齢 21.1 ± 0.9 歳, 身長 178.7 ± 7.0 cm, 体重 76.1 ± 5.0 kg)を愁訴群とした。一方、肘関節にまったく訴えのなかった投手 12 名(年齢 21.0 ± 1.0 歳, 身長 178.5 ± 6.2 cm, 体重 73.6 ± 6.0 kg)を健常群とした。なお、シーズンを通して 1 回のみ訴えた選手はいなかった。

いずれも本研究の投球動作撮影時に肩・肘関節に痛みがないことを条件とした。

2. 方法

投球動作の撮影は、医療サポートにより各選手の身体状況を年間通じて記録したシーズンで、全リーグ戦終了時に行なった。撮影は室内練習場で行なった。対象の周囲に電氣的に同期した 4 台のハイスピードカメラ(フォーアシスト社製 IEEE1394b 高速カメラ: FKN-HC200C)を設置した。コマスピードは 1/200 秒とした。対象から 15 m 離れた位置に防球ネットを設置した。

対象の服装は、反射マーカークが隠れないように裁断し

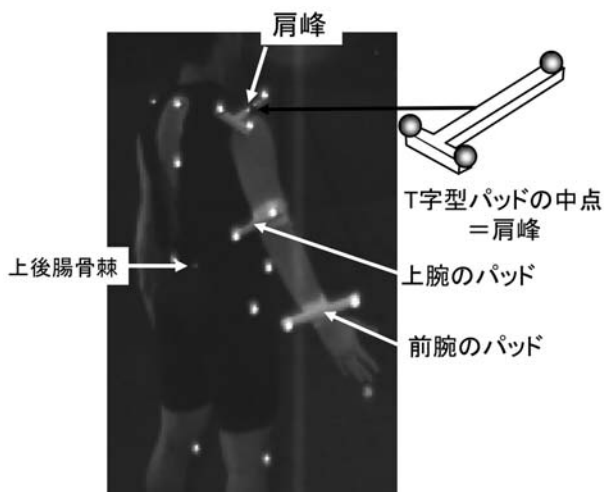


図 1 反射マーカークとパッドの貼付位置
写真の肢位を基本肢位とした。

たノースリーブシャツを着用させ、下半身はスパッツとスパイクとした。反射マーカークの貼付位置は図 1 のようにした。直径 1 cm の反射マーカークを投球側の上後腸骨棘に貼付した。また同時に先行研究²⁾と同様に、T 字状に採型したウレタン素材のテーピング用パッドを肩峰に貼付した。このパッドの各端にも反射マーカークを貼付してあり、3 点の midpoint が肩峰に位置するように貼付した。さらに投球側の上腕遠位端背側面、前腕遠位端背側面にも両端に反射マーカークを添付したテーピング用パッドを貼付した。上腕と前腕のパッドは、各長軸と直交するように位置させた。

対象の投球動作を撮影し、その画像をパーソナルコンピュータ(PC)に動画ファイルとして保存し、分析した。PC 画像に対して、1/200 秒毎に各反射マーカークをプロットした。DKH 社製 3 次元ビデオ動作解析システム Frame-DIAS IV を用いて direct linear transformation method (DLT 法)³⁾により各反射マーカークの三次元座標値を得た。

分析区間はステップ脚の足底接地からリリースまで(後期コッキング期から加速期)とし、100%に規格化した。

3. 関節角度分析

各角度の分析方法を図 2 に示す。肩外旋角度は体幹に対する前腕のなす角度とし、肩全体の外旋角度とした。算出方法は、先行研究⁴⁾に従い、投球側の肩峰・上腕・前腕の各パッドの midpoint からなる平面と、肩峰・上腕のパッドの midpoint および上後腸骨棘の 3 点からなる平面の各法線ベクトルを算出した。この 2 つの法線ベクトルの内積より、それぞれの平面がなす角度を算出した。

肘屈曲角度は、肩峰、上腕、前腕の各パッドの midpoint から、上腕と前腕のなす角度を算出した。

各角度ともに図 1 の肢位を基本肢位として、各角度を補正した。角度表記は日本整形外科学会、日本リハビリテーション医学会の関節角度表示法に従った。

4. 統計的分析

分析区間における肩外旋角度と肘関節屈曲角度について、両群間で繰り返しのある二元配置分散分析および多重比較検定を行なった。また各対象の肩最大外旋位(MER)における肘関節屈曲角度について対応のない t 検定で比較した。有意水準は 5% とした。

結 果

肩外旋角度は、各位相において両群間に有意差はな

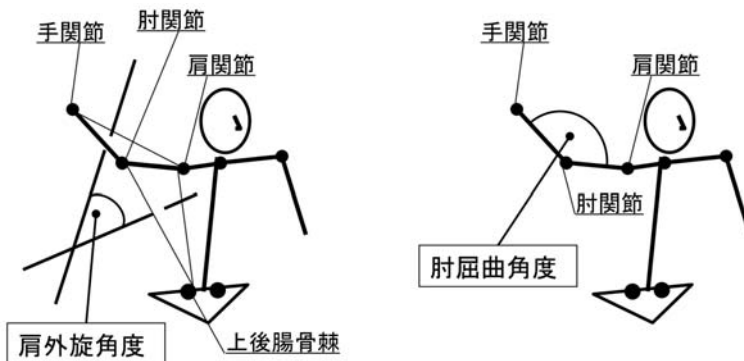


図2 肩外旋角度と肘屈曲角度の算出方法

肩外旋角度は、投球側の手関節(前腕に貼付したパッドの両マーカーの midpoint)、肘関節(上腕に貼付したパッドの両マーカーの midpoint)、肩関節(肩峰に貼付したパッドの 3 マーカーの midpoint)の 3 点からなる平面の法線ベクトルと、肘関節、肩関節、投球側上後腸骨棘の 3 点からなる平面の法線ベクトルを算出した。次にこの 2 つの法線ベクトルの内積を求め、その余弦から 2 つの平面のなす角度を算出した。肘屈曲角度は、肩峰、上腕、前腕の各パッドの midpoint から、上腕と前腕のなす角度を算出した。角度表記は日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の方法に準じて行ない、肩外旋運動は外旋方向への運動をプラス、内旋方向への運動をマイナスとし、肘屈曲運動は、屈曲方向をプラスとした。

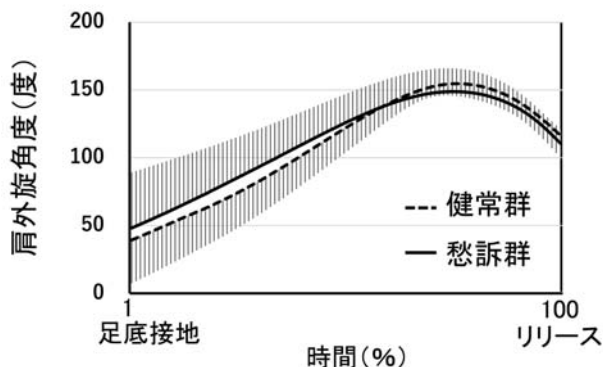


図3 肩外旋角度の変化

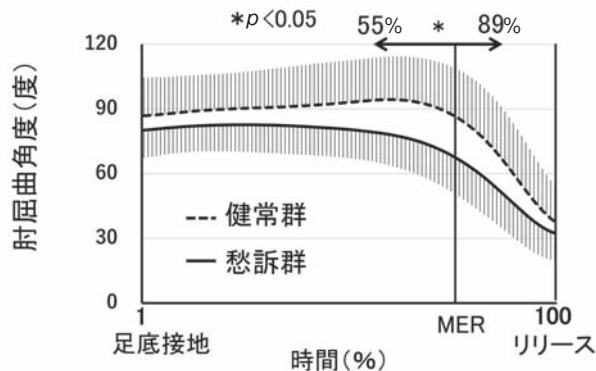


図4 肘屈曲角度の変化

かった(図3)。

肘関節屈曲角度の結果を図4に示す。愁訴群は足底接地時に $80 \pm 13^\circ$ であり、その後屈曲し、位相の 25% で最大値 $83 \pm 13^\circ$ を呈した。そこから伸展運動に切り替わり、リリース時に $32 \pm 13^\circ$ となった。健常群は足底接地時 $87 \pm 18^\circ$ であり、その後屈曲し、位相の 60% で最大値 $94 \pm 20^\circ$ を呈した。そこから伸展運動に切り替わり、リリース時には $38 \pm 18^\circ$ となった。両群間の比較では MER 前後となる位相の 55% から 89% において愁訴群が健常群よりも有意 ($p < 0.05$) に小さな値を示した。なお、各群の MER の発生時期は、愁訴群が $75 \pm 5\%$ 、健常群が $74 \pm 5\%$ であった。

また、各対象の MER の肘関節屈曲角度は愁訴群 68

$\pm 17^\circ$ 、健常群 $93 \pm 24^\circ$ で、愁訴群が有意に小さかった。

考 察

投球障害肘の発生の主要因として投球動作の問題があげられる。その代表例が「肘下がり」や「体の開き」などである⁵⁾。ただし、これらの問題は定性的な表現である。そのため成長期選手の場合は明確な動作の問題としてみられることが多いのに対して、大学生レベルでは、明らかな関節運動の差として確認できないことを野球の現場では実感することが多い⁶⁾。しかし、今回の対象のようにシーズンを通して肘関節に愁訴を繰り返す投手は少なくない。このような選手にも投球動作のなかに問題

が潜在すると考える。今回の結果では、肩関節外旋運動には愁訴群と健常群の差がみられなかったが、肘関節屈曲角度の変化に差がみられたことから、このことが投球動作において肘関節に何らかのストレスを加えている可能性があると考えられる。

Sabick⁷⁾は、肘外反トルクはMERの大きさと相関することを示している。しかし今回の結果において、MERの大きさは両群間で差はなかった。このことからMER前後における肘関節屈曲角度の差が両群間の差異の1つであり、肘関節に加わるストレスを増大させる重要な要因としての可能性があると考えられる。愁訴群は後期コッキング期の早い位相ですでに伸展運動に切り替わっており、外反ストレスが高まるMERの前後においても健常群より有意に屈曲角度が小さくなっている。後期コッキング期から加速期において、肘関節屈曲角度が小さくなるほど肩を中心としたレバーアームは長くなり、投球動作のlagging back現象⁸⁾によって肩関節水平屈曲運動から誘発される肘関節の外反トルクが大きくなることが推察される。Werner⁹⁾は肘関節に加わる外反ストレスのピークは、後期コッキング期の後半から加速期の初期にかけて発生するとしている。今回示された両群間の肘屈曲角度の差はまさにこの位相で発生している。さらにWerner⁹⁾は、投球中のこの時点で肘屈曲角度がより大きいものは、肘関節に加わる外反力の最大値もより小さかったとしており、本研究の結果を裏付けていると考える。

一方、Fleisigら¹⁰⁾は後期コッキング期から加速期にかけて肘関節屈曲角度が大きいほど障害との関係があることを提言しようとしたが、その研究の結果ではそれを証明できていない。このことについて、Whiteley¹¹⁾は、Fleisigらの提案は米国のピッチングコーチの間で一般的に考えられている「ストライドフット(右投げの左脚)の足部接地時には肘は90°以上屈曲してはいけぬ」という格言に基づいているようであるとしている。加えて、最も高い外反ストレスは、後期コッキングおよび加速期の早期で生じており、この位相での肘関節屈曲角度の評価がより適切であろうと述べており、今回の研究もこの点を支持する。

投球動作の問題のみならず、肘関節の機能低下の問題も愁訴の出現に関連すると考える。定量的な研究には至っていないが、われわれも野球の現場で、肘関節に痛みを訴える選手は肘屈曲機能が低下していることを提示している¹²⁾。徒手筋力検査法にしたがって屈曲90°で肘屈曲筋力を検査した際に問題がなくても、肘関節伸展位からの屈曲筋力が著しく低下していることがある。このような選手は投球動作において「肘がたたみにくい」「手

が遠回りする」などの表現をするが、今回の結果が示唆している可能性もあると考える。

本研究の限界として、今回の研究は愁訴を頻繁に訴える選手の特徴であり、因果関係を必ずしも断定できていない。Anzら¹³⁾の先行研究をみても撮影の時期と障害発生の時期に時間的な差があり、両者に因果関係があるかは判断できない。本研究もretrospectiveな研究であり、この点は限界でもある。ただし、スポーツ現場で実際に行なえる分析として、投球障害の兆候の発生と投球動作の分析時期に極力関係性を持たせる実際的な方法を選択している。今後は、今回分析した投球動作をもとに、これ以降生じた種々の訴えをもとにグループ分けをして、障害発生の動作上の問題を分析していきたい。

結 語

- ・肘関節に愁訴を繰り返し訴えた投手11名(愁訴群)と健常群12名で投球時の関節運動の比較をした。
- ・両群で肩外旋角度に有意な差はなかったが、後期コッキング期から加速期初期にかけての肘関節屈曲角度については愁訴群が有意に小さかった。
- ・この肘関節屈曲角度の差異が投球時に肘に加わるストレスを増大させている可能性が考えられた。

文 献

- 1) 宮下浩二ほか：野球の現場における経時的な関節機能評価からみた大学野球投手の肩関節筋力と投球障害肩の発生の関係。体力科学, 64: 453-460, 2015.
- 2) 宮下浩二ほか：投球動作の後期コッキングから加速期における肩甲骨の三次元運動解析。日臨スポーツ医学会誌, 25: 374-381, 2017.
- 3) Abdel-Aziz YI et al: Direct linear transformation from comparator coordinates in close-range photogrammetry. In: Proceedings American society of photogrammetry symposium on close-range photogrammetry. Falls Church (VA). American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry: 1-19, 1971.
- 4) 宮下浩二ほか：投球動作の肩最大外旋位における肩甲骨上腕関節と肩甲胸郭関節および胸椎の角度。日臨スポーツ医学会誌, 16: 386-393, 2008.
- 5) Davis JT et al: The effect of pitching biomechanics on the upper extremity in youth and adolescent baseball pitchers. Am J Sports Med, 37: 1484-1491, 2009.

- 6) 宮下浩二：野球による肩障害 スポーツ現場での症状・兆候に対するアプローチ. 臨スポーツ医, 31 (臨増) : 104-108, 2014.
- 7) Sabick MB et al : Valgus torque in youth baseball pitchers : A biomechanical study. J Shoulder Elbow Surg, 13 : 349-355, 2004.
- 8) Kreighbaum E et al : Biomechanics A qualitative approach for studying human movement. 4th ed, Allyn & Bacon : 335-354, 1996.
- 9) Werner SL et al : Relationship between throwing mechanics and elbow valgus in professional baseball pitchers. J Shoulder Elbow Surg, 11 : 151-155, 2002.
- 10) Fleisig G et al : Biomechanics of the elbow in the throwing athlete. Oper Tech Sports Med, 4 : 62-68, 1996.
- 11) Whiteley R : Baseball throwing mechanics as they relate to pathology and performance - a review. J Sports Sci Med, 6 : 1-20, 2007.
- 12) 宮下浩二：スポーツ競技種目特性に基づいた理学療法（評価から理学療法まで）野球. 理学療法, 34 : 465-474, 2017.
- 13) Anz AW et al : Correlation of torque and elbow injury in professional baseball pitchers. Am J Sports Med, 38 : 1368-1374, 2010.

姿勢重心計測機器を用いた健康づくり支援の検討

Consideration for Health Promotion Support Using Postural Center of Gravity Measurement Equipment

塩満 智子¹⁾ Tomoko Shiomitsu 鶴田 来美²⁾ Kurumi Tsuruta
 帖佐 悦男³⁾ Etsuo Chosa

● Key words

姿勢, 転倒リスク, 転倒予防

● 要旨

本研究では, 転倒リスクが低い者の特徴を明らかにし, 姿勢重心計測機器を用いた健康づくり支援の方法を検討することを目的とした。

対象は 21 歳から 84 歳の 156 名とし, 機器を用いて測定した安定時間, 前後・左右バランス, 片足立ち時間, 転倒リスクのデータを分析した。

転倒リスクについて, 該当あり 98 名, 該当なしが 58 名であった。転倒リスクなし群の安定時間, 前後バランス, 片足立ち時間は 20 歳代, 左右バランスは 30 歳代に評価の低い者が多くみられた。

20・30 歳代の若者は, 転倒リスクに対する自覚に欠ける。保健指導において, 姿勢やバランス能力の評価は重要であり, 姿勢重心計測機器の活用は転倒予防対策に有用と考える。

緒 言

日本では高齢化に伴い, 要介護認定者の数は増加している¹⁾。介護が必要となった主な原因のなかで「転倒・骨折」「関節疾患」といった運動器疾患は全体の約 25% を占めている²⁾。また, 加齢が関係する運動器疾患も急増しており³⁾, 転倒予防やロコモ予防の重要性が一層高まっている。

著者らは若い時期からの転倒予防やロコモティブシンドローム予防のための健康づくり支援ツールとして, 姿勢重心計測機器の開発に取り組んできた⁴⁾。現在, 集団

を対象とした健康づくり教室や保健指導の場面での実用化を目指している。

姿勢重心計測機器は生活習慣や自覚症状等による田中ら⁵⁾の転倒リスクチェック(以下, 自己チェック), 立位姿勢時の前後・左右バランス, 片足立ち時間測定によるバランス能力のチェックができる。これまでの研究で, 転倒リスクは 30 歳代から徐々に高くなること, ロコモ該当者は 20 歳代からみられることを報告してきた^{6,7)}。転倒リスクが低くてもロコモ該当者は 20 歳代からみられることから, 将来の転倒予防のため, 自己チェックに合わせて, 潜在的なリスクを姿勢や体力等から客観的に評価することも必要と考える。

塩満智子
〒 261-0021 千葉県美浜区ひび野 1-1
東都医療大学
TEL 043-273-1111

1) 東都医療大学
Tohto College of Health Sciences
2) 宮崎大学医学部看護学科
School of Nursing, Faculty of Medicine, University of Miyazaki
3) 宮崎大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Miyazaki

本研究では、転倒リスクが低い者の特徴を明らかにし、姿勢重心計測機器を用いた健康づくり支援の方法を検討することを目的とした。

方 法

1. 対象

対象は宮崎県内のロコモ検診の受診者および千葉県で実施した測定会の参加者とした。ロコモ検診の受診者および測定会の参加者は、それぞれ市町村および運動施設の職員を通して、測定日程や内容等の案内を行ない、20歳以上の労働者や地域住民を対象として募集した。調査期間は2016年7月から2017年2月であった。

2. 調査内容

姿勢重心計測機器は家庭用体重計にパソコンを接続し、①安定時間、②前後バランス、③左右バランス、④片足立ち時間が測定できる機能を付加し、パソコンの画面にて⑤日常生活における転倒リスク(20項目)の自己チェックができ、この5項目により総合的な転倒リスクを評価できるように、宮崎大学と三和ニューテック株式会社が共同開発した機器である。

本研究では、立位姿勢のバランスを評価する指標として、①前後バランス、②左右バランス、③安定時間、の3つの指標を用いた。前後バランスおよび左右バランスは立位姿勢時に足底部にかかる荷重を前後、左右、それぞれ100%とした場合の前後の比率、左右の比率(%)で示した。安定時間は、前後・左右バランスの比率が測定開始から約1秒間変化がない場合に、静止と判断し、静止までに要した時間を算出している。すなわち、安定時間とは、立位姿勢で身体の揺れが収まり静止立位となるまでを意味する。また、片足立ち時間は、機器の上で片足をあげてバランスを崩さず立っていられる時間であり、あげていた足が接地するか、両足が機器から離れてしまうまでの時間(秒)を測定した。

3. 分析方法

転倒リスクの有無と年齢、性別、安定時間、前後バランス、左右バランス、片足立ち時間との関連をみるために、 χ^2 検定、t検定を行なった。転倒リスクの有無について本研究では、自己チェックの項目に1つでも該当があれば、転倒リスクありとした。また、転倒リスクなし群について、年齢と安定時間、前後バランス、左右バランス、片足立ち時間との相関をみた。分析にはIBM SPSS Statistics 22.0を使用し、有意水準は5%とした。

4. 倫理的配慮

本研究の目的と方法、研究協力の自由意志と拒否権、研究に協力することによる利益と不利益、研究成果の公表、同意書への署名をもって調査協力に同意が得られたものとする旨を文書にて説明し、同意書への署名が得られた者を対象とした。

本研究は宮崎大学医学部医の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号：第2014-025号)。

結 果

1. 対象者の基本的特性

対象は21歳から84歳の156名(男性31名、女性125名)、平均年齢52.0±16.7歳であった。転倒リスクについて、20項目中1つ以上該当する項目があった者は98名(62.8%)、該当なしは58名(37.2%)であった。

2. 姿勢重心計測機器による測定結果(表1)

姿勢重心計測機器による測定結果を表1に示した。各測定項目の平均値は、安定時間12.4±7.3秒、前後バランス23.6±15.4%、左右バランス5.7±4.5%、片足立ち時間50.2±46.9秒、転倒リスクのチェック数1.7±2.1個であった。

3. 転倒リスク(図1)

20項目の転倒リスクのチェック状況を図1に示した。転倒リスクのなかで該当者が多かった項目は「視力が落

表1 姿勢重心計測機器による測定結果(n=156)

項目	平均	最小	最大
安定時間(秒)	12.4±7.3	0	58.5
前後バランス(%)	23.6±15.4	0	69.0
左右バランス(%)	5.7±4.5	0	26.6
片足立ち時間(秒)	50.2±46.9	0	123.8
転倒リスク(個)	1.7±2.1	0	11

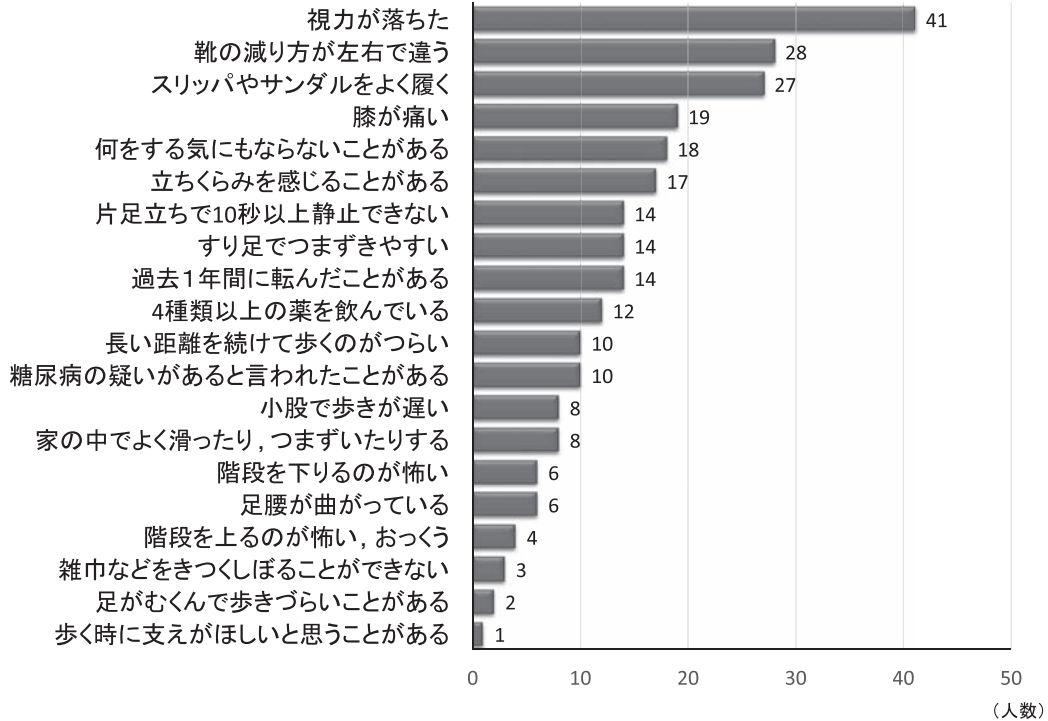


図1 転倒リスク(複数回答, n=156)

ちた」41名(26.3%)、「靴の減り方が左右で違う」28名(17.9%)、「スリッパやサンダルをよく履く」27名(17.3%)であった。

4. 転倒リスクの有無と姿勢重心計測機器による測定との関連(表2)

転倒リスクの有無と姿勢重心計測機器による各測定項目との関連について、表2に示した。転倒リスクあり群はリスクなし群と比較して年齢が有意に高かった($p < 0.05$)。転倒リスクの有無と性別、安定時間、前後バランス、左右バランス、片足立ち時間については有意な関連はみられなかった。

5. 転倒リスクなし群の年齢と各測定項目の相関(図2)

転倒リスクなし群における年齢と姿勢重心計測機器で測定した各項目との相関について図2に示した。転倒リスクなし群における年齢と安定時間、前後バランス、左右バランス、片足立ち時間との間に有意な相関はみられなかった。しかし、安定時間、前後バランス、片足立ち時間は20歳代、左右バランスは30歳代から、表1で示した今回の集団における測定結果の平均値と比較し、評価の低い者が多くみられた。

考 察

転倒リスクは年齢とともに高くなる。著者らはこれまでの研究⁷⁾で、転倒経験者やつまずき経験者も年齢が高くなるにつれて増加することを報告してきた。今回の対象も、転倒リスクあり群はリスクなし群と比較して年齢が有意に高く、先行研究⁷⁾と同様の結果を示した。

しかし、今回、転倒リスクが低かった者に焦点を当ててみたところ、20歳代であっても安定時間、片足立ち時間等の客観的な指標によるバランス能力の評価が低い者がみられた。片足立ち時間は転倒関連因子である⁸⁻¹⁰⁾ことが報告されている。左右バランスについては、著者らの先行研究で、運動器の痛みがなく、移動能力に問題がなくても左右バランスの差が大きければ将来の転倒リスクが高いことが示唆されている¹¹⁾。安定時間、前後・左右バランスは姿勢重心計測機器独自の測定項目のため、転倒リスクが高まることを示す明確な基準はまだない。しかし、姿勢重心計測機器の測定項目と体力との関連をみた研究では、片足立ち時間によるバランス能力だけでなく、安定時間、前後・左右バランスについては筋持久力、柔軟性との相関があり¹²⁾、姿勢を保つために必要な筋持久力、柔軟性の評価を反映しているものと推察

表2 転倒リスクの有無と姿勢重心計測機器による測定項目との関連

	転倒リスク		t 値	p 値
	該当あり (n=98)	該当なし (n=58)		
安定時間 (秒)	12.9± 7.9	11.5± 6.1	1.157	0.249
前後バランス (%)	22.1±15.3	26.2±15.4	-1.580	0.116
左右バランス (%)	5.6± 4.7	5.8± 4.2	-0.246	0.806
片足立ち時間 (秒)	49.8±47.1	50.9±46.9	-0.143	0.887
年齢 (歳)	55.8±16.1	45.4±15.9	3.916	0.000
性別			$\chi^2=1.055$	0.304
男	17(54.8%)	14(45.2%)		
女	81(64.8%)	44(35.2%)		

注) t 検定, 性別については χ^2 検定

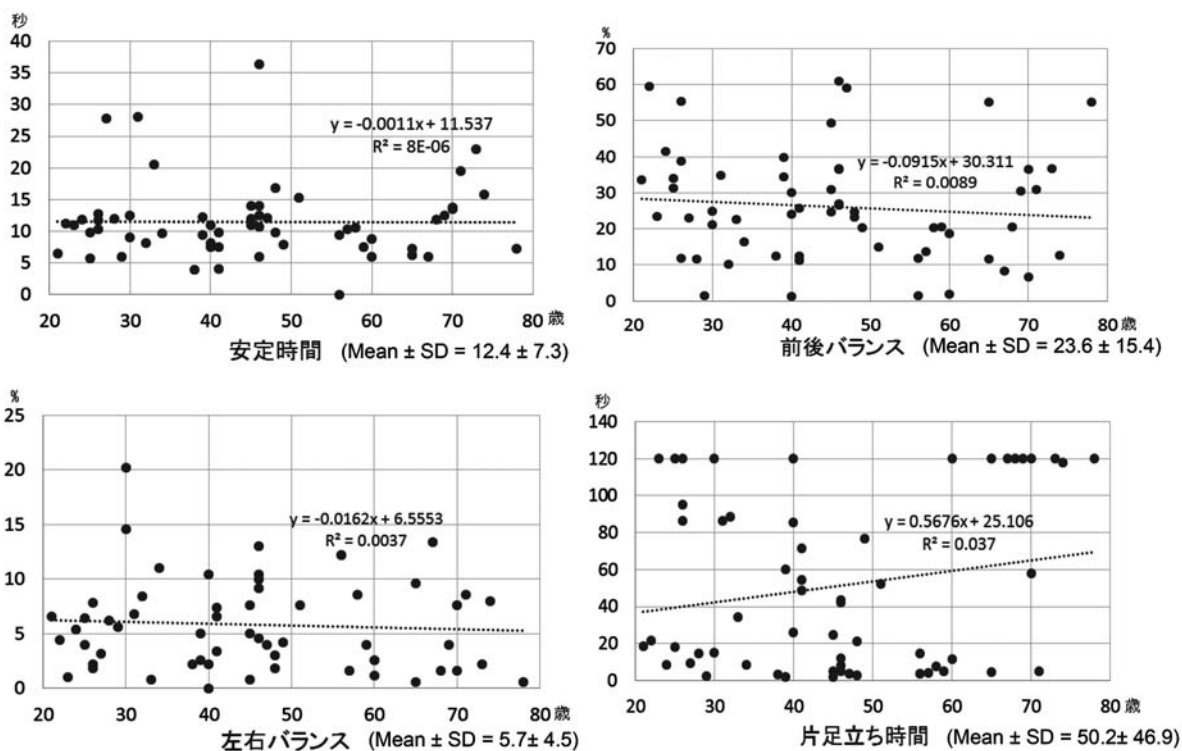


図2 転倒リスクなし群の年齢と各測定項目の相関(n=58)

注)安定時間, 前後・左右バランスは測定値が小さいと, 片足立ち時間は測定値が大きいと評価が高い。

する。より詳細な検討のため今後、データの蓄積を行なう予定である。

姿勢重心計測機器による測定では、自己チェックの項目に、普段の歩き方や靴の減り方など、生活習慣を見直すきっかけとなるような内容が含まれている。そのため、自己チェックにより転倒予防のために必要な運動習慣や習慣化された姿勢の見直しができる。また、静止立位になるまでの安定時間、前後・左右のバランス、片足立ち時間を測定することで、立位姿勢の状態や転倒予防に必要な体力の現状を確認できる。

転倒経験や自覚症状がまだない若い年代であっても、

姿勢重心計測機器を用いた測定は転倒リスクの気づきを促し、生活の見直しや転倒予防に向けた身体づくりの動機付けになると考える。従来の転倒リスクの調査手段は、バランス能力を評価する片足立ち時間測定だけでも、測定者、時間、場所を多く確保する必要があった。姿勢重心計測機器は体重計に乗るだけで、安定時間、前後・左右バランス、そして片足立ち時間を狭い空間で一度に測定でき、従来の測定手段と比べて簡便である。そのため、簡便に潜在的な転倒リスクを測定できる姿勢重心計測機器は、将来の転倒予防や介護予防に向けて、職域や市町村の健診および保健指導の場に活用できると考

える。

今後の課題として、姿勢重心計測機器の測定項目のなかで、安定時間、左右バランス、前後バランスは転倒リスクが高まることを示す明確な基準がまだないため、さまざまな年齢や生活圏の人々のデータを蓄積していく必要がある。

結 語

姿勢重心計測機器の測定では、自己チェックによる生活の見直しと、転倒予防に重要なバランス能力の現状の客観的なデータとしての把握が簡便にできる。転倒リスクの自覚症状が少ない若い時期から健診や保健指導の場で姿勢、バランス能力、生活習慣を把握し、将来に向けた身体づくりを支援する必要がある。姿勢重心計測機器の活用は転倒予防対策に有用であることが示唆された。

本研究は、科学研究費助成事業(若手研究B)「壮年期からの転倒予防のための自己チェックの方法論に関する研究(No.15K20803)」, (基盤研究C)「労働者を対象としたロコモ予防のための体力・運動機能向上プログラムの構築(No.16K12298)」の助成を受け実施した。なお、開示すべきCOI状態はない。

文 献

- 1) 厚生労働省編：平成26年版厚生労働白書。日経印刷，東京：47-49, 2014.
- 2) 厚生労働省：平成28年国民生活基礎調査の概況。

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/dl/06.pdf> (2017/8/15 アクセス).

- 3) 中村耕三：ロコモティブシンドローム（運動器症候群）。日老医誌，49：393-401, 2012.
- 4) 帖佐悦男ほか：ロコモ度の機器による評価は？Loco Cure，2：56-59, 2016.
- 5) 田中喜代次ほか：100歳まで元気で歩く！ 転ばない歩き方。マガジンハウス，東京：4-7, 2012.
- 6) Tsuruta K et al：Quantitative assessment of locomotive syndrome in Japanese office workers. J Phys Fit Sports Med，7：143-149, 2018.
- 7) 塩満智子ほか：事務的職業に従事する壮年期・中年期労働者の運動習慣及び体力と転倒に対する意識。日健医学会誌，25：107-113, 2016.
- 8) 湯村良太ほか：地域在住中高年者における転倒歴とロコモ度テストおよび運動機能測定値との関連。理学療法，23：40-46, 2016.
- 9) 清野諭ほか：地域での転倒予防介入で焦点となる転倒関連要因。体力科学，59：415-426, 2010.
- 10) 井上椋太ほか：地域在住高齢者の転倒要因に関する研究—身体・認知・精神機能の共分散分析による検討—。ヘルスプロモーション理療研，5：139-143, 2015.
- 11) 塩満智子ほか：姿勢重心計測機器で把握した左右バランスと体力およびロコモ度との関連。日健医学会誌，27：118-124, 2018.
- 12) 塩満智子ほか：姿勢重心計測機器による測定項目と体力及びロコモ度との関連。日健医学会誌，25：184-185, 2016.

肥大・扁平化した短腓骨筋腱による腓骨筋腱障害の 1 例

Chronic Ankle Pain Associated with Hypertrophic and Flattened Peroneus Brevis Tendon : a Case Report

正木 博¹⁾ Hiroshi Masaki
杉田 直樹¹⁾ Naoki Sugita
織田 弘美¹⁾ Hiromi Oda

立花 陽明²⁾ Yomei Tachibana
坂口 勝信¹⁾ Katsunobu Sakaguchi

● Key words

腓骨筋腱障害, 短腓骨筋腱, 筋肥大

●要旨

症例：19 歳，男性。4 年前，バスケットボールのプレー中に右足関節を内反強制し受傷。徐々に右足関節外側部痛と引っかかり感を自覚し，当院を初診した。身体所見として，外果後外側に腫脹と圧痛を認め，足関節自動背屈でクリックを触知した。MRI では，短腓骨筋腱は扁平化し，長腓骨筋腱は前方に偏位していた。

手術所見：上腓骨筋支帯の弛緩や損傷はなかった。短腓骨筋腱は幅広く U 字状に扁平化し，長腓骨筋腱を前方から取り囲んでいた。また，短腓骨筋の筋組織を腓骨遠位端まで認め，扁平化した短腓骨筋腱を筋組織とともに部分切除した。

考察：本症例は，low-lying muscle belly (LLMB) が存在したところに内反捻挫が加わり，その後，腱の腱鞘内亜脱臼あるいは滑走異常を生じ，LLMB の mass effect による相乗効果も伴い短腓骨筋腱が反応的に肥大・扁平化したのではないと思われる。短腓骨筋腱を筋組織とともに部分切除することで良好な成績が得られた。

はじめに

足関節外側部痛をきたす疾患の 1 つに腓骨筋腱傷害がある。日常診療で遭遇する病変としては腓骨筋腱脱臼が多いが，そのほかに縦断裂や解剖学的破格などがある。今回われわれは，肥大・扁平化した短腓骨筋腱による腓骨筋腱障害の 1 例を経験したので，若干の文献的考察を加えて報告する。

症 例

症例：19 歳，男性。

主訴：右足関節後外側部痛と引っかかり感。

現病歴：4 年前，バスケットボールのプレー中に右足関節を内反強制し受傷した。その後，徐々に右足関節後外側部痛と引っかかり感を自覚するようになり当院を初診した。

身体所見：右足関節外果後外側に腫脹と圧痛を認め，足関節自動背屈でクリックを触知した。足関節に明らか

正木 博
〒350-0495 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38
埼玉医科大学整形外科・脊椎外科
TEL 049-276-1238/FAX 049-276-1772
E-mail masakih001@hotmail.com

1) 埼玉医科大学整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Saitama Medical University
2) 埼玉医科大学かわごえクリニック スポーツ医学
Division of Sports Medicine, Kawagoe Clinic, Saitama Medical University

な不安定性はなかった。

画像所見：単純 X 線像では明らかな異常を認めなかったが、MRI T2 強調横断像で短腓骨筋腱は扁平化し長腓骨筋腱は前方に偏位していた(図 1)。以上より、短腓骨筋腱縦断断裂を疑い手術を行なった。

手術所見：Tendoscopy では、上腓骨筋支帯に弛緩や損傷はなかった(図 2)。次に、外果の後外側に皮切を加え腱鞘を切開すると、短腓骨筋腱は筋腱移行部から腓骨遠位端にかけ最大で 13.6 mm と幅広く U 字状に肥大・扁平化し、長腓骨筋腱を前方から側方にかけて取り囲んでいた(図 3a)。また、短腓骨筋の筋組織が腓骨遠位端まで存在した(図 3b)。なお、他動的な底・背屈および内・外がえしでは腱同士のスイッチングはみられなかった。肥大・扁平化した短腓骨筋腱を筋組織とともに足関節最大背屈位で後外果溝上縁まで切除した。腱は遠位の

健常部分と同程度となるように部分切除し tubularization は行なわなかった。

術後経過：術後 2 週間のギプス固定および完全免荷とし、ギプス除去後から可動域訓練を開始した。手術から 1 年 5 ヶ月経過した現在、右足関節痛や引っかかり感は消失しバスケットボールを行なっている。

考 察

足関節後外側部痛や引っかかり感の原因には、足関節外側靭帯損傷に加え腓骨筋腱脱臼、短腓骨筋腱縦断断裂など外傷に伴うものや、筋・腱の解剖学的破格などが原因で生じる腓骨筋腱障害がある¹⁾。腓骨筋腱病変の発生頻

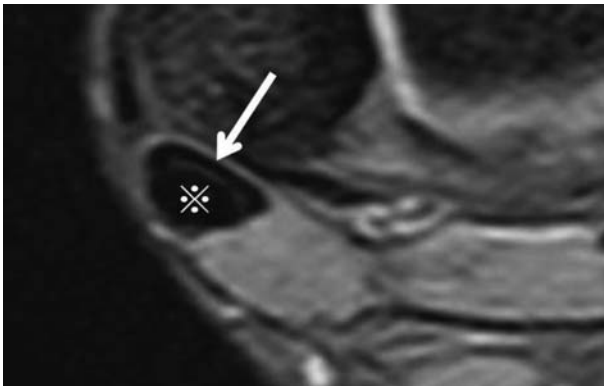


図 1 MRI T2 強調横断断像
短腓骨筋腱(→)は扁平化し、長腓骨筋腱(※)は前方に偏位している。

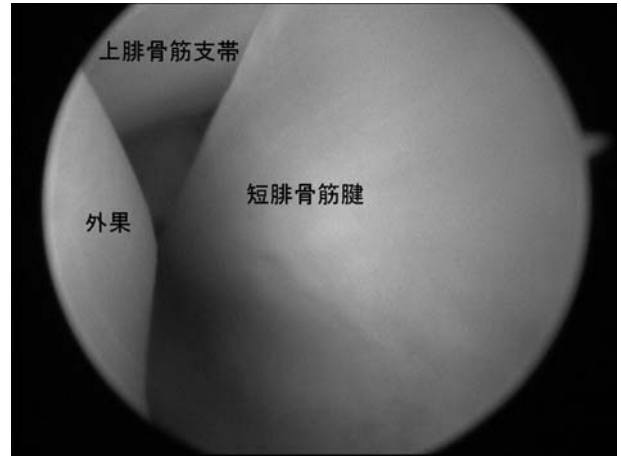


図 2 Tendoscopy
近位ポータルから鏡視している。上腓骨筋支帯に弛緩や損傷はない。

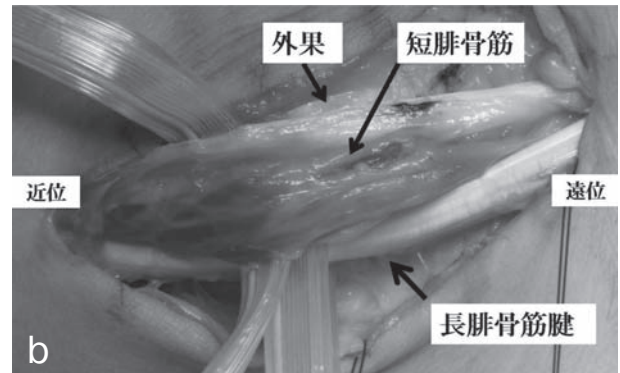
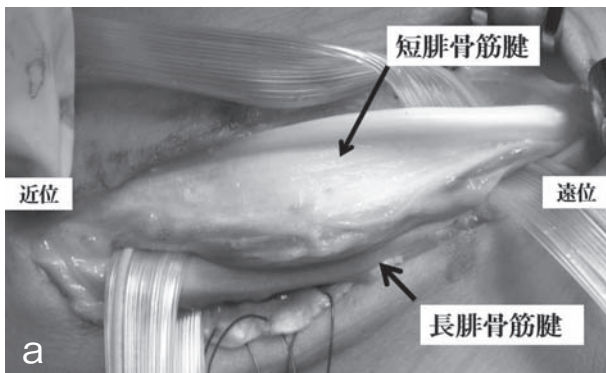


図 3 術中所見
短腓骨筋腱を長腓骨筋腱の前外側に垂脱臼させ観察している。
a：短腓骨筋腱は肥大・扁平化している。
b：短腓骨筋の筋組織は腓骨遠位端までみられる。

度を無症候例に対して行なった MRI の検討では、短腓骨筋腱縦断裂は 3.7~34.3%, 第 4 腓骨筋 0.98~12.9% であった^{2,3)}。また剖検例では、縦断裂は 4~21.4%, 第 4 腓骨筋は 5.3~21.7% であった^{4,5)}。一方、腓骨筋腱傷害の診断で手術が行なわれた症例では短腓骨筋腱縦断裂が最も多く(48.5~84%), 第 4 腓骨筋は 1% 以下^{6,7)}と解剖学的破格や形態異常が臨床のなかで占める頻度は少ないと考えられる。

このような腓骨筋腱病変の診断には MRI 横断像が有用である。正常の短腓骨筋腱は外果の後方で長腓骨筋腱の前内側に低信号として描出され、後外果溝に適合するように楕円ないしやや三日月状を呈している。一方、短腓骨筋腱縦断裂では腱の前方偏位や扁平化、信号変化などがみられ^{1,8)}、腓骨筋腱の中央が菲薄化し長腓骨筋腱を取り囲むような C 字状の変化や腱間に裂け目がみられることもある⁹⁾。また、破格筋の総称である第 4 腓骨筋は、長・短腓骨筋腱以外に独立した腱性部分が短腓骨筋腱の後内側に描出される¹⁰⁾。自験例では、T2 横断像で短腓骨筋腱の扁平化と前方偏位を認め縦断裂を疑ったが、手術所見では縦断裂は認められず短腓骨筋腱は幅広く U 字状に肥大・扁平化していた。

さらに、近年、軟部組織病変に対する超音波エコーの有用性が明らかになるとともに、腓骨筋腱腱鞘内亜脱臼に関する報告が散見されるようになってきた¹¹⁾。本症例では、エコーを用いた動的評価はしておらず腱鞘内亜脱臼については確認できなかった。一方、術中の腱鞘切開後の所見では、長腓骨筋腱の前方から側方にかけて短腓骨筋腱が取り囲み、足関節の他動的な底・背屈および内・外がえしでは腱同士のスイッチングはみられなかった。

腓骨筋腱の肥大化に関する報告は、われわれが渉猟し得た範囲では、長腓骨筋腱に認めるか、短腓骨筋腱縦断裂に合併する所見の 1 つとして記載があるだけである^{6,12)}。Geller ら¹³⁾は、断裂のない症例と比べ縦断裂例では腱が有意に肥厚しており、断裂に対する反応性の炎症性変化であると述べている。しかし、肥大しているのは断裂周囲の局所性的変化なのか、あるいは本症例のように腓骨遠位端まで及んでいるかについては記載がない^{6,12,13)}。一方、屍体足を用いた検討では、短腓骨筋腱幅は平均 $4.42 \pm 0.94 \sim 4.46 \pm 0.80$ mm と報告されている¹⁴⁾のに対し、自験例では筋腱移行部から腓骨遠位端にかけ幅広く最大 13.6 mm であった。

また、短腓骨筋の筋腱移行部が後外果溝まで伸びていることがあり、これらは low-lying muscle belly (LLMB) と呼称され、上腓骨筋支帯の弛緩をきたし腓骨筋腱の脱臼や損傷をきたす原因の 1 つと考えられて

る^{15,16)}。Highlander ら¹⁵⁾は、無症候例に行なった MRI で LLMB を 53.8% 認めたが、観血的治療を要した腓骨筋腱病変例では LLMB は 87.5% と高率にみられたと報告している。また Freccero ら¹⁶⁾は、MRI で短腓骨筋の筋腱移行部から腓骨遠位端までの距離を計測し、縦断裂例は 33.1 mm、非断裂例は 41.2 mm と縦断裂では有意に LLMB が多いと述べている。しかし、LLMB と縦断裂に関連がみられないという報告や⁷⁾、むしろ筋腱移行部がより近位にあり腱長が長いほど縦断裂が多いということが近年報告されるようになり¹⁷⁾、LLMB の臨床的な意義についてはいまだ議論の余地がある。しかし、自験例ではバスケットボールでの外傷後に疼痛とクリックを生じるようになったことから、LLMB が存在したところに内反捻挫が加わり、その後、腱の滑走異常あるいは腱鞘内亜脱臼を生じ、LLMB の mass effect¹³⁾による相乗効果も伴い短腓骨筋腱が反応性に肥大・扁平化した可能性が考えられる。

破格筋や LLMB の治療に関しては、直視下での LLMB や破格筋の切除が一般的である¹⁰⁾が、関節鏡下に切除し良好な成績も報告されている¹⁸⁾。自験例では、短腓骨筋腱の肥大・扁平化に加え筋組織が腓骨遠位端まで存在したために、その相乗効果による mass effect によって疼痛と引っかかり感をきたしたと考えられた。短腓骨筋腱の縦断裂や脱臼は認めず、肥大・扁平化した短腓骨筋腱を筋組織とともに部分切除することで腱鞘内の除圧が得られ症状が改善した。なお、短腓骨筋腱は遠位の健常部分とほぼ同径となるように部分切除したので tubularization は行なわなかった。

文 献

- 1) 杉田直樹ほか：足部・足関節の捻挫で生ずる腱傷害。関節外科, 33 : 38-43, 2014.
- 2) Galli MM et al : An examination of anatomic variants and incidental peroneal tendon pathologic features : a comprehensive MRI review of asymptomatic lateral ankles. J Foot Ankle Surg, 54 : 164-172, 2015.
- 3) Saxena A et al : Magnetic resonance imaging and incidental findings of lateral ankle pathologic features with asymptomatic ankles. J Foot Ankle Surg, 50 : 413-415, 2011.
- 4) Sobel M et al : Congenital variations of the peroneus quartus muscle : an anatomic study. Foot Ankle, 11 : 81-89, 1990.
- 5) Miura K et al : Split lesions of the peroneus brevis

- tendon in the Japanese population : an anatomic and histologic study of 112 cadaveric ankles. *J Ortho Sci*, 9 : 291-295, 2004.
- 6) Park HJ et al : Accuracy of MR findings in characterizing peroneal tendons disorders in comparison with surgery . *Acta Radiol*, 53 : 795-801, 2012.
 - 7) Mirmiran R et al : Prevalence and role of a low-lying peroneus brevis muscle belly in patients with peroneal tendon pathologic features : a potential source of tendon subluxation. *J Foot Ankle Surg*, 54 : 872-875, 2015.
 - 8) 二宮忠明ほか : 短腓骨筋腱縦断裂の1例. *整形外科*, 51 : 1462-1463, 2000.
 - 9) Rosenberg ZS et al. MR features of longitudinal tears of the peroneus brevis tendon. *AJR Am J Roentgenol*, 168 : 141-147, 1997.
 - 10) 渡邊伯夫ほか : 第4腓骨筋を伴った短腓骨筋腱縦断裂の1例. *整形外科*, 64 : 1394-1396, 2013.
 - 11) Thomas JL et al : A preliminary report on intra-sheath peroneal tendon subluxation : a prospective review of 7 patients with ultrasound verification. *J Foot Ankle Surg*, 48 : 323-329, 2009.
 - 12) Lamm BM et al : Magnetic resonance imaging and surgical correlation of peroneus brevis tears. *J Foot Ankle Surg*, 43 : 30-36, 2004.
 - 13) Geller J et al : Relationship of a low-lying muscle belly to tears of the peroneus brevis tendon. *Am J Orthop*, 32 : 541-544, 2003.
 - 14) Imre et al : The peroneus brevis tendon at its insertion site on fifth metatarsal bone. *Foot Ankle Surg*, 41 : 45, 2016.
 - 15) Highlander P et al : Magnetic resonance imaging analysis of peroneal tendon pathology associated with low-lying peroneus brevis muscle belly : a case-control study. *Foot Ankle Spec*, 8 : 347-353, 2015.
 - 16) Freccero DM et al : The relationship between tears of the peroneus brevis tendon and the distal extent of its muscle belly : an MRI study. *Foot Ankle Int*, 27 : 236-239, 2006.
 - 17) Unlu MC et al : Abnormal proximal musculotendinous junction of the peroneus brevis muscle as a cause of peroneus brevis tendon tears : a cadaveric study. *J Foot Ankle Surg*, 49 : 537-540, 2010.
 - 18) Lui TH : Tendoscopic resection of low-lying muscle belly of peroneus brevis or quartus. *Foot Ankle Int*, 33 : 912-914, 2012.

膝前十字靭帯不全を伴う変形性膝関節症に対して 高位脛骨切り術を行なった3例

High Tibial Osteotomy for Secondary Osteoarthritis of the Knee with Anterior Cruciate Ligament Deficiency : a Report of 3 Cases

高原 康弘 Yasuhiro Takahara
加藤 久佳 Hisayoshi Kato

内田陽一郎 Yoichiro Uchida
越智 宣彰 Ochi Nobuaki

● Key words

High tibial osteotomy : Secondary osteoarthritis : Anterior cruciate ligament deficiency

● 要旨

膝前十字靭帯(以下 anterior cruciate ligament : ACL)不全を伴う変形性膝関節症(以下, 膝 OA)に対して, 高位脛骨骨切り術(以下 high tibial osteotomy ; HTO)と ACL 再建術を同時に施行した報告が散見されるが, 一期的手術か二期的手術を行なうかに関しては一定の見解が得られていない。今回われわれは, ACL 損傷の既往がある50歳代の膝 OA に対し, HTO のみを施行した3症例を経験したので報告する。全例女性で, 手術時レントゲン評価はいずれも Kellegren Lawrence (以下 KL)分類 grade 3であった。2例に対して open wedge HTO (以下 OWHTO)を, 1例は膝屈曲拘縮があり, closed wedge HTO (以下 CWHTO)を施行した。手術においては, ACL 不全による不安定性を減少させるため, 脛骨後傾角を術前より減ずるように骨切りを行なった。ACL 不全を伴う膝 OA に対して, OA による症状が主体で活動性が低い場合には, HTO 単独手術も選択肢の1つとなりうると考える。

はじめに

ACL 不全を伴う膝 OA に対して, HTO と ACL 再建を同時に施行した報告が散見される^{1~3)}。しかしその手術適応については, それぞれの症例において, 手術時年齢, OA grade, 活動性, 下肢アライメント, 不安定性, 主訴など異なり, 一定の見解が得られていない。今回われわれは50歳代の ACL 不全を伴う膝 OA の3症例に対し, HTO のみを行ない, 良好な成績を得たので報告する。

症 例

症例 1

50歳, 女性。20歳および35歳時にバレーボール中右膝を捻り受傷し, ACL 損傷を指摘されていた。その後子育てなどあったため, 保存的に経過観察していたが, 膝内側部痛が増強し, また膝くずれもあったため, 当院受診した。初診時右膝の可動域は伸展0°屈曲145°, Lachman test 陽性, 前方引き出しテスト陽性, X線では KL grade 3, %Mechanical axis (%MA)は11%, Femoro tibial angle (FTA)183°, 脛骨近位内側角(me-



図1 症例1：50歳，女性．初診時XP，MRI
左から，両下肢立位正面XP，仰臥位正面，側面XP，MRI

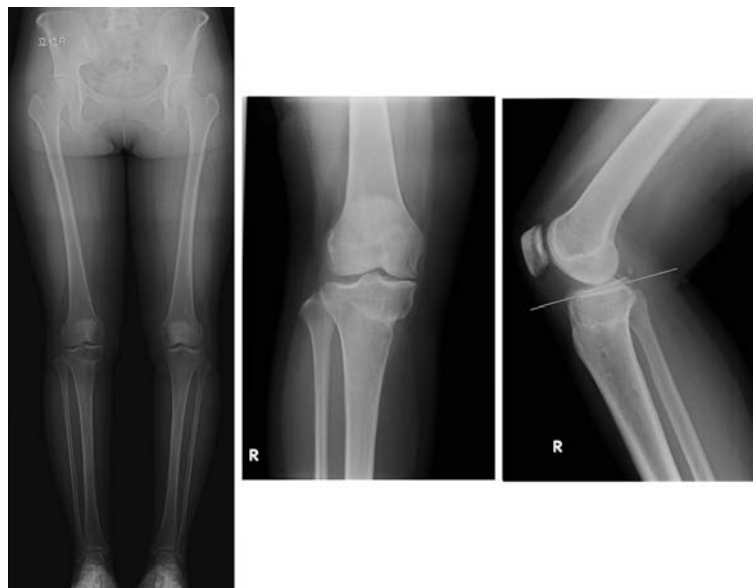


図2 OWHTO術後3年，脛骨後傾角の減少を認める

dialproximal tibial angle : MPTA)83.2°，脛骨後傾角 (tibial posterior slope ; TPS)は9.3°で日本整形外科学会治療成績判定基準(以下JOA score)は85点であった(図1)．術前のMRIでは内側半月板後節部の消失，軟骨の菲薄化を認め，ACLは消失していた．術中鏡視所見ではACLは消失し，内側半月板は中節以降で消失，大腿骨内顆，脛骨内顆とも軟骨は欠損していた．手術は，TOMOFIX Medial High Tibial Plate (DePuy Synthes, Switzerland)を用いた2面骨切りでOWHTOを行なった．年齢が50歳であったため，目標アライメント

は%MAが57%とし，11°の開大によるOWHTOを行なった．手術においては，TPSを減少するため，後方骨皮質の骨切りを確実に行ない，骨切り部の前後比を0.8以下になるようにプレートを固定した．術後3年の現在，%MA57%，立位FTA172.9°，TPS2.5°でJOA scoreは100点である．Lachman test陽性であるが，膝くずれはない(図2)．

症例2

58歳，女性．18歳時体操競技で右膝を捻り受傷，

ACL 損傷を指摘されていた。保存的に経過観察されたが2年前より痛みが増強した。Lachman test 陽性であるが、膝くずれの訴えはなかった。初診時右膝の可動域は伸展-10°、屈曲 125°、X線では KL grade 3, %MA 15%、立位 FTA 181°、MPTA 82.0°、TPS 10.9°で JOA score は 75 点であった(図3)。術前の MRI では、ACL は消失し、内側の軟骨は欠損、軟骨下骨の輝度変化を認めた。術中鏡視所見では、ACL は脛骨側にわずかに残るのみで、顆間の骨棘に圧迫されていた。年齢が 58 歳

で、広範囲の軟骨欠損を認めたため、目標アライメントは %MA が 63% とし、11° の開大による OWHO を行なった。手術においては、TPS を減少するため、後方骨皮質の骨切りを確実にしない、開大部の前後比を 0.8 以下になるようにプレートを固定した。TOMOFIX Medial High Tibial Plate を用いた 2 面骨切りで 11° の開大による OWHO を行なった。術中鏡視所見では、ACL は脛骨側にわずかに残るのみで、顆間の骨棘に圧迫されていた。術後 3 年の現在、%MA 64%、立位 FTA



図3 症例2：58歳，女性．初診時 XP，MRI
左から，両下肢立位正面 XP，仰臥位正面，側面 XP，MRI
側面 XP では脛骨関節面のカップ状変形と後傾角の増大を認める．



図4 OWHO 術後3年，脛骨後傾角の減少を認める

169.5°, MPTA 91.3°, TPS 9.5°でJOA scoreは95点である。Lachman test陽性であるが、膝くずれはない(図4)。

症例3

53歳，女性。高校時代に右膝ACLおよび半月板損傷を受傷したが，半月板の処置のみ受けていた。最近右膝の痛みが増強したため，当院受診となる。初診時右膝の可動域は伸展-20°，屈曲130°，X線ではKL grade 3，

下肢アライメントは%MA 31%，立位FTA 178.2°，MPTA 6.4°，TPS 8.8°でJOA scoreは45点であった(図5)。痛みと屈曲拘縮に歩行困難が主訴で，Lachman test陰性，膝くずれもなかった。術中鏡視所見では，顆間の骨棘形成強く，ACLは消失し，大腿骨内側顆の軟骨は広範に欠損していた。伸展制限および膝蓋大腿関節(以下PF関節)のOAも認めため，CWHTOを施行した。術後の目標アライメントは%MAを63%とし，8°のCWHTOを行なった。手術はTris plate(オリンパ



図5 症例3：53歳，女性。初診時XP，MRI
左から，両下肢立位正面XP，仰臥位正面，側面XP，MRI
側面XPでは脛骨関節面のカップ状変形と後傾角の増大を認める。



図6 Hybrid CWHTO 術後2年，脛骨後傾角の減少を認める

スバイオマテリアル)を用いて, Takeuchi ら⁴⁾の方法で行なった. 手術においては, TPSを減少するため, 前方の閉鎖骨切部を確実に圧着し, 固定した. 術後2年の現在, %MA 63%, 立位FTA 165.9°, MPTA 94.3°, TPS 1.9°でJOA scoreは95点, Lachman test陰性, 膝くずれもない(図6).

考 察

今回われわれは女性で, 主訴は膝内側部痛である50歳代のACL不全を伴う膝OAに対し, HTO単独で行なった3症例を経験した.

ACL不全を伴う膝OAに対して, HTOとACL再建のどちらかを単独で行ない, その後必要に応じて追加手術を行なうか, または一次的に同時手術を行なうかについては, 手術時年齢, OAの程度, 患者の活動性, 下肢アライメント, 不安定性など異なることから一定の見解が得られていない. Shelbourne ら⁵⁾は初期のOAであればまずACL再建を行ない, その後必要に応じてHTOを追加することを推奨した. またO'Neill ら⁶⁾は若年者においては, 同時手術の適応は考えられるが, 高い活動度に復帰できた患者は少なく, あくまで, サルベージ手術であると報告した. 一方, Trojani ら⁷⁾は同時手術で80%の患者がスポーツに復帰できたと報告した. Noyes ら⁸⁾は, 膝くずれを伴うスポーツ復帰を望む若年者においては同時手術を行なうが, すでにOAの病期が進行している場合は, HTO単独手術であっても, その成績や機能は劣らないことから, 痛みのない日常生活動作が目的であればHTO単独で行ないACL再建は避けるべきであると報告した. Crawford ら⁹⁾もACL再建とHTO同時手術を行なう適応は非常にまれであると報告し, その適応は若い患者で, 下肢の内反アライメントに半月板または軟骨の合併損傷がある場合に限ると報告した. またNoyes ら¹⁰⁾はACL不全膝に, 下肢の内反アライメントおよび後外側不安定性を伴う症例においては, 同時手術をすすめている.

今回われわれが経験した症例はいずれも50歳代であり, 日常生活での痛みを主訴としており, スポーツなどの高い活動性を必要としていなかったため, HTO単独で術後短期成績は良好であった. 症例1は術前に膝くずれを訴えていたが, 術後に消失しており, HTO施行時に脛骨後傾角を減ずることにより, 自覚症状の改善にもつながったことが考えられた.

HTOの手術方法については, OWHTOとCWHTOに分かれる. Ranawat ら¹¹⁾はCTを用いた三次元解析のなかでCWHTOのほうが, 術後のTPSが軽減される

ことにより脛骨の前方移動にも有利であると報告した. OWHTOでは, 角度の微調整ができることや, 腓骨の骨切りが不要で, 術後合併症である腓骨神経麻痺に有利であるが, TPSが大きくなりやすいため注意が必要である. OWHTOにおいてTPSを増加させないための注意点として田島ら¹²⁾は, 前後の開大比を0.8以下とし, 後方の骨皮質を確実に骨切りすることを報告している. ACL不全を伴う場合, HTOの手技においてTPSをどの程度減少させるかは明らかでないが, 今回の3症例の平均では4.7°減少していた. OWHTOにおいては, 少なくとも前後の開大比は0.8以下とし, 術前よりTPSを減少させる手技が必要と考える. CWHTOは, 屈曲拘縮やPFのOAがある症例にも対応でき, その適応は広い. 今回の症例1,2においては伸展制限やPFのOAがなかったためOWHTOを施行したが, 症例3は屈曲拘縮およびPFのOAがあり, Hybrid CWHTO⁴⁾で対応した. それぞれの術式の注意点, 適応を踏まえながら症例に応じた方法を選択する必要があると考える.

今回の3症例はいずれもHTO単独で施行したが, 症例によっては, ACL再建と同時手術が必要な場合もある. 現在は同時手術の適応について, 明確な基準がなく術者の判断によるところが多いが, 今後は患者の年齢, OA進行度や活動性など, その適応を明確にすることが今後の課題と考える.

結 語

ACL不全を伴う内側型膝OAに対して, HTO単独で手術を行なった3症例を報告した. 中年以降で, 膝OAが進行している症例では, HTO単独手術を行ない, 術後短期成績は良好であった.

文 献

- 1) 中田研ほか: 陳旧性前十字靭帯不全膝に伴う二次性膝関節症の治療. 中部整災誌, 32: 245-246, 1989.
- 2) 宮本礼人ほか: 膝前十字靭帯再建術と高位脛骨骨切り術を同時に施行した3例. 中国・四国整会誌, 18: 223-227, 2006.
- 3) 齊藤英知ほか: 長方形骨孔膝前十字靭帯再建術とopening wedge型高位脛骨骨切り術を同時に施行した2例. JOSKAS, 38: 616-621, 2013.
- 4) Takeuchi R et al: A novel closed-wedge high tibial osteotomy procedure to treat osteoarthritis of the knee: hybrid technique and rehabilitation measures. Arthrosc Tech, 4: 431-437, 2014.

- 5) Shelbourne KD et al : Isolated anterior cruciate ligament reconstruction in the chronic ACL-deficient knee with degenerative medial arthrosis. *J Knee Surg*, 20 : 216-222, 2007.
- 6) O'Neill DF et al : Valgus osteotomy with anterior cruciate ligament laxity. *Clin Orthop Relat Res*, 278 : 153-159, 1992.
- 7) Trojani C et al : Anterior cruciate ligament reconstruction combined with valgus high tibial osteotomy allows return to sports. *Ortho Traumatol Surg Res*, 100 : 213-216, 2014.
- 8) Noyes FR et al : High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. A two- to seven-year follow-up study. *AM J Sports Med*, 21 : 2-12, 1993.
- 9) Crawford MD et al : Surgical management and treatment of the anterior cruciate ligament-deficient knee with malalignment. *Clin Sports Med*, 36 : 119-133, 2017.
- 10) Noyes FR et al : High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated anterior cruciate ligament-deficient knees. *AM J Sports Med*, 28 : 282-296, 2000.
- 11) Ranawat AS et al : Comparison of lateral closing-wedge versus medial opening-wedge high tibial osteotomy on knee joint alignment and kinematics in the ACL-deficient knee. *Am J Sports Med*, 44 : 3103-3110, 2016.
- 12) 田島貴文ほか : Opening Wedge 高位脛骨骨切り術において脛骨後傾傾斜角の変化が少ない脛骨前方後方開大比は？ *JOSKAS*, 41 : 1884-1888, 2016.

長母趾屈筋腱皮下断裂の治療経験

Rupture of the Flexor Hallucis Longus Tendon Bridged by Long Tendon Callus Gap

横山美由希¹⁾ Miyuki Yokoyama 高木 岳彦^{1,2)} Takehiko Takagi
高垣 智紀³⁾ Tomonori Takagaki 渡辺 雅彦¹⁾ Masahiko Watanabe

● Key words

長母趾屈筋腱, 腱皮下断裂, 腱移植術

● 要旨

症例は19歳男性。アメリカンフットボール練習中にタックルを受け、左母趾に底屈力がかかった際に受傷。左母趾IP関節の屈曲不能のため、当院紹介受診となった。MRI T2強調画像にて足根骨レベルで長母趾屈筋腱(FHLT)周囲に高信号領域を伴う不整な腱の腫大像および脛骨遠位後方に断裂を疑う腱の途絶像を認め、FHLT皮下断裂と診断し、受傷後20日目に手術を施行した。FHLTは15cmにわたる肉眼的変性を認めた状態となっていたため、薄筋腱を用いた腱移植術を施行した。術後2週より自動運動開始し5ヵ月から競技復帰した。腱の変性を呈し、ハイレベルなスポーツ復帰をめざす症例に対しては薄筋腱を用いた腱移植術は有効と考える。

はじめに

長母趾屈筋腱(flexor hallucis longus tendon; FHLT)皮下断裂は比較的まれな疾患である。今回15cmの腱の肉眼的変性を認めた症例に対して、薄筋腱を用いた遊離腱移植術を施行した1例を経験したので報告する。

症 例

19歳, 男性。
主訴: 左母趾屈曲不能。
既往歴: 特記事項なし。

スポーツ歴: 体育学部一部リーグに所属するアメリカンフットボール選手であり、ポジションはラインバックカー。

現病歴: アメリカンフットボールの練習中にタックルを受け、左母趾に強い底屈力がかかった際に受傷。左足内側から左足関節内側後側まで及ぶ疼痛と母趾IP関節の屈曲不能のため、近医受診。FHLT損傷疑いにて、受傷後12日目に当院に紹介受診となった。

初診時身体所見: 初診時、圧痛や腫脹は認めていなかったが、左母趾IP自動関節可動域は屈曲0°(図1)、伸展40°であった。日本足の外科学会母趾判定基準(以下JSSF hallux score)^{1,2)}では77/110であった。

画像所見: 単純X線画像で異常所見は認めらなかつ

高木岳彦
〒259-1193 伊勢原市下糟屋143
東海大学医学部外科学系整形外科学
TEL 0463-93-1121

- 1) 東海大学医学部外科学系整形外科学
Department of Orthopaedic Surgery, Surgical Science, Tokai University School of Medicine
- 2) 国立成育医療研究センター臓器・運動器病態外科部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, National Center for Child Health and Development
- 3) 海老名総合病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Ebina General Hospital

た. MRI T2 強調画像の矢状断像(図 2,3)において足根骨レベルで FHLT 周囲に高信号領域を伴う不整な腫大像および足根骨レベルから脛骨遠位後方にかけて不均一

な高信号領域および脛骨遠位後方に断裂を疑う腱の途絶像を認めた. 左足底部内側の超音波画像(図 4)では正常の腱構造としての fibrillar pattern の消失が認められた.

以上より FHLT 皮下断裂と診断し, 受傷後 20 日目に手術を施行した.

手術所見: 術前の準備として, 直視下で確認した FHLT の損傷や変性の程度に合わせ, 左長掌筋腱あるいは左膝薄筋腱のいずれも選択できるように, 術前に患者に説明, 同意を得たうえで, 手術開始とした. 皮切は interphalangeal crease から plantophalangeal crease の外側におき, 変性のない正常腱まで近位, 遠位とも皮切を延長した. FHLT は中足骨骨頭から内果後方レベルまで腱の色調が変化しており, 完全断裂は認めなかったが, 15 cm にわたる肉眼的変性を認めた状態となり浮腫状に膨化していた(図 5,6). これにより FHLT は中足骨骨頭部から内果後方レベルまで肉眼的変性を認めた状態となったものと推測された. このため健常腱部分での端端縫合は困難と判断し, 薄筋腱によって変性部をまた

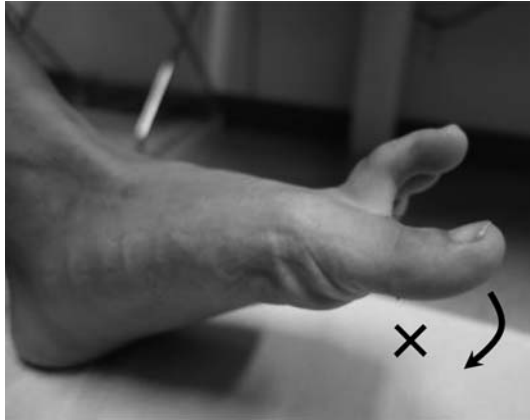


図 1 初診時身体所見
左母趾 IP 自動関節可動域は屈曲が不能.

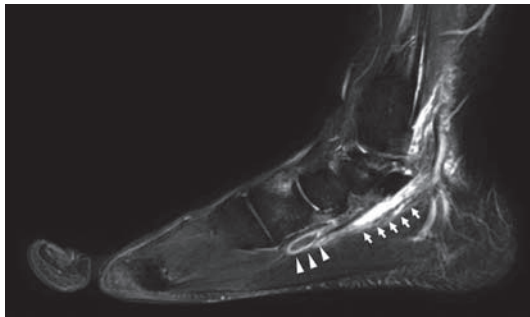


図 2 T2 強調画像矢状断像
FHLT 周囲に高信号領域を伴う不整な腫大像(矢印)および不均一な高信号領域(矢頭)を認める.

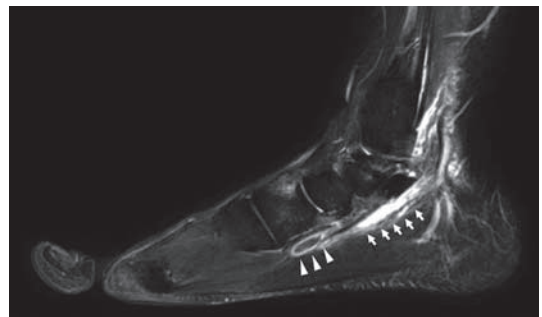


図 3 T2 強調画像矢状断像
足根骨レベルから脛骨遠位後方にかけて不均一な高信号領域(矢印)を認める.



図 4 超音波画像では正常の腱構造としての fibrillar pattern の消失が認められた(矢印)



図 5 術中所見
FHLT は中足骨骨頭から内果後方レベルまで腱の色調が変化していた(矢印)が, 完全断裂は認めなかった.

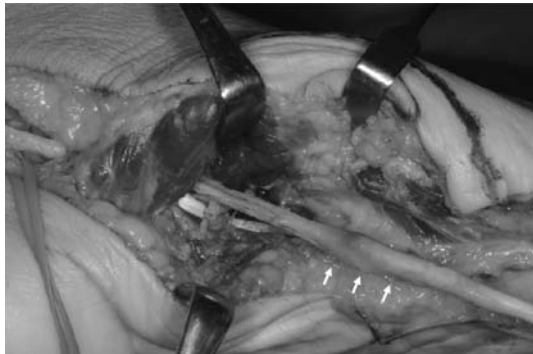


図6 術中所見
15 cm にわたる肉眼的変性を認めた状態となり浮腫状に膨化していた(矢印).

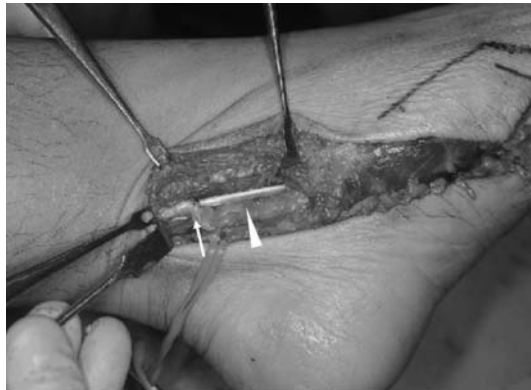


図7 術中所見
中枢側において薄筋腱を interlacing suture 法にて腱縫合した(矢印: 近位縫合部, 矢頭: 移植腱).

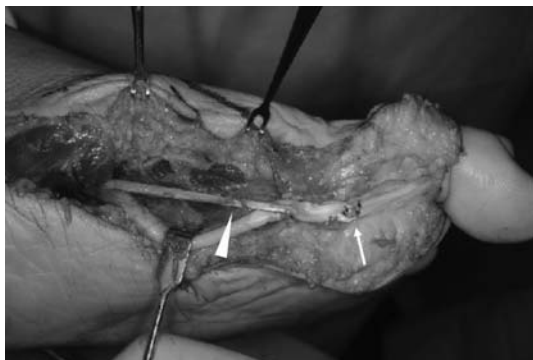


図8 術中所見
末梢側も薄筋腱を interlacing suture 法にて腱縫合した(矢印: 遠位縫合部, 矢頭: 移植腱).



図9 術中所見
薄筋腱を使用した腱縫合を施行した(矢印).



図10 術後1年5ヵ月
自動関節可動域は母趾 IP 関節左伸展-15°, 屈曲 35° と改善を認めた.

いで架橋することで再建を行った。中枢側(図7), 末梢側(図8)ともに、浮腫状に膨化していない健全部分と薄筋腱を浮腫状組織に沿って端側縫合(interlacing suture)にて腱縫合した。腱縫合時の緊張については足関節, 母

趾 MP 関節伸展 0°にて母趾 IP 関節 40° 屈曲位となるよう決定した(図9)。

術後経過: 後療法は2週間, 足関節伸展 0°, 母趾 MP・IP 関節伸展 0°にて外固定したのち, 2週から自動・他動運動開始し6週より全荷重, 5ヵ月から競技復帰を許可した。術後1年5ヵ月, 自動関節可動域は母趾 IP 関節 左伸展-15°, 屈曲 35°(図10)となり, JSSF hallux scale 100/100 に改善し競技に支障なく復帰している。

考 察

FHLT の皮下断裂は非常にまれな疾患である。同腱の皮下断裂の原因としては, リウマチなどによる炎症を契機に発症するものから, 過度の反復動作, あるいは強力な直達・介達外力によるものなどが考えられる。

外傷によるものとしては, バレエによる母趾伸展位で

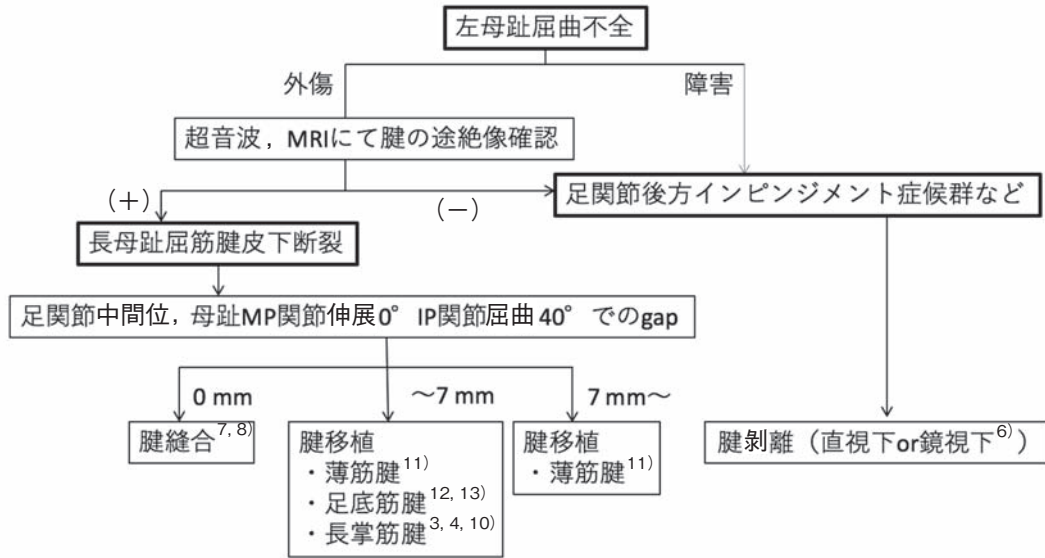


図 11 左母趾屈曲不全による参考フローチャート

の繰り返しストレスや³⁾サッカー、アメリカンフットボールではスパイク、クリーツでの第一中足骨頭レベルでの物理的ストレスによると報告されている^{4,5)}。また足関節後方インピンジメント症候群によるFHLT障害による母趾の屈曲制限により鏡視下で剥離して良好な成績を得た報告も近年みられる⁶⁾。今回の受傷は、FHLTの強い筋収縮時に母趾伸展強制が加わり、MRI上、FHLT周囲に高信号領域を伴う不整な腫大像および足根骨レベルから脛骨遠位後方にかけて不均一な高信号領域や脛骨遠位後方に断裂を疑う腱の途絶像を認めたことからFHLTの皮下断裂が生じたものと考えた。

治療方針としては保存的加療に加え、腱縫合^{7,8)}、腱固定⁹⁾、腱移植^{3,4,10~13)}などが報告されているが、本症例の場合、術中にFHLTに15cmの肉眼的変性を認めたことや、筋力が要求される競技への復帰を考慮し、腱移植を選択した。

とくに腱縫合による修復術か腱移植による再建術か、適応については本症例においても足関節中間位、母趾MP関節伸展0°にて母趾IP関節40°屈曲位となるよう腱の緊張を決定しているが、その肢位で無理なく縫合できれば移植の必要はなく腱縫合で対応可能と考えている。

過去には中足骨頭部での断裂に対しては中足骨基部まで短縮し、長掌筋腱^{3,4,10)}もしくは薄筋腱¹¹⁾で再建した報告、距骨後突起もしくは三角骨での断裂に対しては足関節後方部まで短縮し足底筋腱^{12,13)}で再建した報告がみられるが、本症例のように15cmに及ぶ肉眼的変性を認めた報告はなく、移植腱の選択を考えた場合、長掌筋

腱や足底筋腱では細く、二重束にする必要がある¹³⁾が二重束にすると短くなるため、本症例では薄筋腱を使用し、その結果、良好な結果を得た。

長掌筋腱や足底筋腱ではせいぜい10~15cm程度の採取となりこれを二重束にすると5~7cm程度となる。その程度のgapであれば適応はあるが、今回の症例のようなgapでは薄筋腱を選択すべきと考える(図11)。しかしながら、術前の画像診断では損傷部および変性している部分に関して、ある程度評価可能であるものの術中に直視下で確認した損傷レベルや腱の肉眼的変性を認めた状態の長さおよび程度を正確に評価することは難しい。そのため、採取する腱については術中に選択できるよう準備をしたうえで手術に臨む必要があると考える。

文 献

- 1) Niki H et al : Development and reliability of a standard rating system for outcome measurement of foot and ankle disorders I : development of standard rating system. J Orthop Sci, 10 : 457-465, 2005.
- 2) Niki H et al : Development and reliability of a standard rating system for outcomemeasurement of foot and ankle disorders II : interclinician and intraclinician reliability and validity of the newly established standard rating scales and Japanese Orthopaedic Association rating scale. J Orthop Sci, 10 : 466-474, 2005.

- 3) Garth WP : Flexor hallucis tendinitis in a ballet dancer. A case report. J Bone Joint Surg Am, 63 : 1489, 1981.
- 4) 橋爪洋ほか : 長母趾屈筋腱皮下断裂の1症例. 臨整外, 28 : 617-619, 1993.
- 5) Noda D et al : Subcutaneous rupture of the flexor hallucis longus tendon : a case report. J Foot Ankle Surg, 51 : 234-236, 2012.
- 6) Funasaki H et al : Arthroscopic release of flexor hallucis longus tendon sheath in female ballet dancers : dynamic pathology, surgical technique, and return to dancing performance. Arthrosc Tech, 30 : e769-774, 2015.
- 7) Rasmussen RB et al : Rupture of the flexor hallucis longus tendon : case report. Foot Ankle, 10 : 288-289, 1990.
- 8) Hosokawa T et al : Subcutaneous rupture of the flexor hallucis longus tendon at the musculotendinous junction in a soccer player. J Orthop Sci, 2018 (in press)
- 9) Wei SY et al : Complete atraumatic rupture of the flexor hallucis longus tendon : a case report and review of the literature. Foot Ankle Int, 19 : 472-474, 1998.
- 10) 井上林ほか : 長母趾屈筋腱皮下断裂の1例. 臨整外, 30 : 1331-1334, 1995.
- 11) 小泉英樹ほか : 長母趾屈筋腱皮下断裂の治療経験. 日足外会誌, 35 : 300-303, 2014.
- 12) Inokuchi S et al : Closed complete rupture of the flexor hallucis longus tendon at the groove of the talus. Foot Ankle Int, 18 : 47-49, 1997.
- 13) 桧田毅ほか : 長母趾屈筋腱皮下断裂の1例. 臨整外, 40 : 209-212, 2005.

2018 JOSSM-USA Travelling Fellowship 報告記

名古屋市立大学大学院医学研究科整形外科, 慶友整形外科病院スポーツ医学センター 武長 徹也

この度、九州大学の濱井敏先生と宮崎大学の山口奈美先生と3人で2018年7月1日から20日にかけてAOSSM参加と4施設の訪問をさせて頂きました。お2人の報告記と内容が重複する部分が多いかと思いますが、なるべく違うエピソードを交えてTravelling Fellowshipで経験したことをご報告させて頂きたいと思っております。

7月1~4日 UCSF (University of California San Francisco) (サンフランシスコ)

アメリカではよく知られていることのようにでしたが、サンフランシスコの夏はcoldest summerと呼ばれるほど寒く、薄手のダウンジャケットを着ている人もいたほどでした。夏のトラベリングフェローということで長袖をほとんど持ってこなかったためジャケットを手放せず、予習してこなかったことを後悔しました。

ホストのBenjamin Ma先生はとてもhospitalityにあふれた先生で、アメリカに到着した日からディナーに招待してくださいました。また滞在中は毎日Ma先生や他の先生方がホテルまで送迎してくださいました。ピッツバーグでレジデントやフェローシップを修了されている先生が多く、私もピッツバーグに留学していたことで会話が弾みました。Ma先生は肩膝の手術をされ、また他の先生の手術も自由に見学させてくださいました。

2日の夕方にはAcademic sessionを開いてくださり、私たち3名とUCSFのfaculty3名が交互にプレゼンし、discussionでは活発に意見交換をしました。私は2017年にJournal of Shoulder and Elbow Surgeryに掲載された右投げと左投げの野球選手の上腕骨後捻角の違いについてプレゼンしました。UCSFのなかにも野球と肩肘が好きな先生がいて、私の論文を読んでくれていて、投球障害に関する共同研究をしようといってくれたことがとても嬉しかったです。英語で論文を書くことの価値を実感した瞬間でもありました。

3日の夜には東京大学からUCSFに留学中の森岡先生のご厚意によりUSCFおよびStanford大学に留学中の先生方と食事をさせて頂きました。4日は独立記念日で臨床の見学はありませんでしたが、Ma先生のご家族と一緒にGolden Gate Bridge Parkでトレッキングをさせ



写真1 Academic sessionの後の食事会
左の前から3番目がホストのMa先生。

て頂くなど、おもてなしを頂きました。

7月5~8日 AOSSM (American Orthopaedic Society for Sports Medicine : 米国整形外科スポーツ医学会) 2018 Annual Meeting (サンディエゴ)

私はピッツバーグ留学中に行なった研究を口演発表しました。演題名は「Direction of capsular strain implies surgical repair following recurrent anterior shoulder dislocation」でした。AOSSMでの口演発表は憧れでもあったため非常に緊張しましたが、二度とない機会と思い必死に練習し原稿を読まずに発表しました。幸運にも共同演者であるピッツバーグ大学整形外科のAlbert Lin先生が私の発表の直後の発表であったため、質疑応答では私の拙い英語での回答を補足してくださいました。反響があり、セッション終了後も何名かの先生が私たちの所に質問に来てくれました。私は肩肘を中心に聴講しましたが、演題は投球障害肩・肘、反復性肩関節脱臼、腱板断裂、肩鎖関節脱臼など一通りカバーされており、各セッションが厳選された口演とショートレクチャー、数例の症例検討から構成されており非常に勉強になりました。肘内側側副靭帯損傷に対するinternal braceの術後1年成績、The truth about weighted ball programs、反復性肩関節脱臼の関節窩骨欠損に対するdistal tibia allograftを用いた関節窩再建などといった発表が印象に

残りました。アメリカのスポーツ整形外科医の言葉を借りると「AOSSM は family friendly な学会」だそうで、採択率が低い代わりにセッションは早く終了し、家族と過ごす時間が確保できるように配慮されているようです。トラベリングフェローとして各 social event にも参加しましたが、多くの先生方が家族連れで参加されていたのが印象的でした。



写真2 口演発表する筆者



写真3 発表後に共同演者の Albert Lin 先生(右)と記念撮影



写真5 Fu 先生(右)の前で留学中の肩の研究をプレゼンする筆者

7月9～11日 UPMC (University of Pittsburgh Medical Center) (ピッツバーグ)

私は2016年4月から2017年9月までピッツバーグに留学していたため、約10ヵ月振りにトラベリングフェローとして凱旋することになりました。留学中は Freddie Fu 先生以外の手術を見学する機会はありませんでしたが、Fu 先生のご厚意により、UPMC の肩関節外科医である Mark Rodosky 先生と Albert Lin 先生の手術を見学させて頂きました。もちろん Fu 先生の手術も見学させて頂きました。11日の朝には私たち3名にプレ



写真4 7日の夜には Family Night on the USS Midway と題して、巨大な戦艦が貸し切りとなりイベントが開かれました。戦艦の中とデッキには多数の戦闘機が展示されており、デッキで食事を楽しむとともに、子どもたちは戦闘機のシミュレーターで遊ぶことができました。デッキから眺める sunset はまた格別でした。左から濱井先生、山口先生、筆者。



写真6 最大級のおもてなしを頂き、留学時代の同僚とも再会し楽しい時間を過ごしました

ゼンの機会を与えてくださり、私は AOSSM で口演発表したピッツバーグでの肩の研究をプレゼンしました。留学中は膝だけでなく肩の研究もさせて頂いたのですが、留学中に Fu 先生の前で肩のプレゼンをすることはありませんでしたので、Fu 先生に自分がしていたことをみて頂ける二度とない機会でした。プレゼンの後に“good job!”と言葉を掛けて頂き、とても嬉しい気持ちになりました。また当時ピッツバーグで一緒に働いていた4人の日本人の先生方が全員まだ留学されており、互いの近況を語り合い楽しく過ごしました。

ピッツバーグ滞在中は神戸大学から留学中の長井先生を中心に、空港送迎、施設・ラボ見学、観光などすべて日本人の先生がアテンドして下さり、ホテルも提供して頂くなど、最大級のおもてなしを頂きました。ホストの Freddie Fu 先生とお世話になった先生方に心より感謝申し上げます。



写真7 Pawtucket Red Sox (通称 PawSox) の本拠地である McCoy Stadium でホストの Busconi 先生 (左) と記念撮影



写真8 PawSox の試合をベンチから観戦させて頂きました

7月12～14日 Umass (University of Massachusetts) Memorial Medical Center (ボストン)

ホストの Brian Busconi 先生は若い頃アイスホッケーをされていましたが、怪我を機に引退されスポーツ整形外科医になられたそうです。病院では肩膝股関節の関節鏡手術を中心に年間約800件の手術を行なう一方、ボストン・レッドソックスをはじめ複数の競技団体・チームをサポートされており、ご自身の睡眠時間を削って平日はほぼ毎晩それぞれの現場へ足を運ばれていました。29歳からもう26年間もこのような生活を続けていらっしゃるようで、理由を尋ねると「大変で誰もやりたがらないから」とのことでした。スポーツ整形外科医といっても病院での手術がメインの先生と現場でのサポート活動がメインの先生の大きく2つに分かれるかと思いますが、Busconi 先生はかなりの仕事量で両立をされてきました。私はこれまでこのような先生に出会ったことはなく、スポーツ整形外科医の生き様として大変感銘を受けました。このような先生に出会うことができよかったです。

レッドソックスに関してはメジャーだけでなくマイナーからアカデミーまですべてのカテゴリーをサポートされているようで、各トレーナーから送られてくる画像やレポートを毎日チェックし指示をされていました。私たちの訪問日はボストン・レッドソックス傘下の3Aチームの現場へ行く日とのことで、ベンチ内から観戦するというまたとない機会を与えてくださいました。

翌日には Busconi 先生のフェローと合同ではありましたが、cadaver workshop を開いてくださり、私は肩で、濱井先生と山口先生は膝で Busconi 先生の手技を学ばせて頂きました。Workshop が午前で終了したため、午後はフリーになりました。私の大学時代の同級生である東京大学の張先生が MGH に留学中でしたので、お願いして MGH 内を見学させて頂きました。また夜には横浜市立大学から Harvard 大学に留学中の根津先生のご厚意により、ボストンに留学中の先生方と食事をさせて頂きました。

7月16～18日 HSS (Hospital for Special Surgery) (ニューヨーク)

ホストの John G. Kennedy 先生は足の外科で大変ご有名な先生で、外来と手術両方を見学させて頂きました。

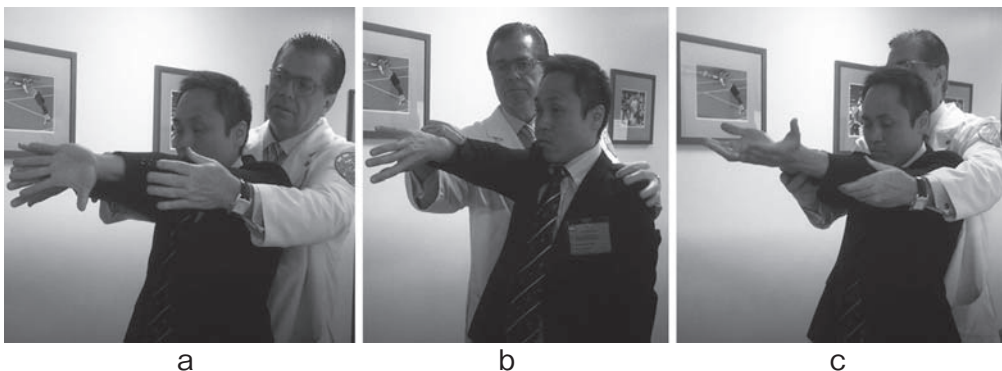


図1 最新版 O'Brien test

肩関節90°前方屈曲位，肘関節伸展位にて，母指が下を向くように肩関節を内旋，前腕を回内し，顔の前で左右の手背を合わせるように両肩を水平屈曲する (thumb down).

a の位置から一方の腕を下垂させ，験者は被験者の他方の手関節付近から下方に力を加え，抵抗させる．疼痛の有無を確認する．再度 a に戻り反対側の評価も行なう．

a と同様の肢位をとらせるが，次は手掌が上を向くように肩関節を外旋，前腕を回外させ，同様の手順で評価を行なう (palm up).

Thumb down で疼痛が誘発され，palm up で疼痛が軽減または消失する場合を陽性とする．



写真9 中央が Kennedy 先生，右端が下園先生

安易に手術を勧めるのではなく，患者様のニーズを考慮したうえで，まずは十分な保存療法を行なうという日本人に近い外来スタイルでした．手術は主に距骨の骨軟骨病変に対する自家骨軟骨柱移植術を見学させて頂きました．病変部の治癒を促進するために保存療法では PRP や BMAC の注射を，手術では BMAC や自家骨，骨や軟骨の allograft など駆使していらっしゃいました．私も上腕骨小頭離断性骨軟骨炎の患者様を治療する機会が多く，治療における示唆をたくさん頂きました．

もう1人のホストは O'Brien テストで有名な Stephen O'Brien 先生でした．残念なことに O'Brien 先生の肩の手術は滞在中なかったものの，最新版の O'Brien test を私自身を被験者として教えて頂くという二度とない貴重な経験をさせて頂きましたので報告させて頂きたいと思

います (図1)．

またホストの先生方と sports medicine のチーフでいらっしゃる Scott Rodeo 先生のご厚意により，sports medicine に所属するすべての先生の手術を自由に見学させて頂くことができました．HSS はご高名な先生が多数いらっしゃるため，滞在中は昼食の時間も惜しんでたくさんの手術を見学させて頂きました．私は肩肘スポーツ分野の権威である David Dines 先生，David Altchek 先生，Joshua Dines 先生の手術を見学させて頂きました．

HSS 滞在中は京都大学から留学中の下園先生が常にアテンドしてくださり，他の日本人先生方にもラボツアーや食事会で大変お世話になりました．お世話になった先生方に心より感謝申し上げます．

総 括

JOSSM のトラベリングフェローということでの施設においても手厚いおもてなしを頂きました．スポーツ医学会のフェローなので3名の専門分野がそれぞれ異なりましたが，それゆえにどの分野の discussion になっても誰かが中心となりしっかりと意見交換できました．また手術見学においてはホストの先生以外の手術も自由に見学できるよう配慮して下さる場合が多かったので，各自が学びたい手術を中心に見学させて頂くことができました．非常に実りある，充実した3週間を過ごすこと

ができました。今回ご一緒させて頂いた濱井敏先生と山口奈美先生に心より感謝申し上げます。

JOSSM-USA Travelling Fellowship は自分たちで交通や宿泊の手配が必要なため事前準備がやや大変ではありますが、それを補って余りある素晴らしいフェローシップだと思います。今後も継続され、1人でも多くの、私のような若手医師にチャンスが与えられることを希望します。またこのフェローシップに参加させて頂いた者として、日本のスポーツ医学の発展に少しでも貢献できるよう、微力ながら精進していきたいと思っています。

謝 辞

各施設のホストの先生方にはお忙しいなか、心のこもったおもてなしの数々を頂きました。心より感謝申し上げます。このような素晴らしい機会を与えてくださった JOSSM 理事長の松本秀男先生、アドバイザーの別府諸兄先生、国際委員会委員長の黒田良祐先生をはじめ国際委員会の先生方、肩・肘・野球に関する施設訪問を希望した私に Busconi 先生を紹介して下さった国際委員会担当理事の菅谷啓之先生、事務手続き等で常にサポートして頂いた斉藤しおり様に深謝致します。

私をトラベリングフェローに推薦して下さった名古屋市立大学整形外科の大塚隆信前教授、後藤英之准教授、出発前の書類準備等でお世話になった水谷潤准教授、岡本秀貴医局長、吉田雅人助教に深謝致します。また臨床留学中の身でありながら快く長期出張に送り出してくださった慶友整形外科病院の理事長宇沢充圭先生、名誉院長伊藤恵康先生、病院長堀内行雄先生、指導医古島弘三先生をはじめ慶友整形外科病院の皆様心より御

礼申し上げます。ありがとうございました。

前年度 JOSSM-USA Travelling Fellow の荒木大輔先生(神戸大学)、長尾雅史先生(順天堂大学)、丸山真博先生(山形大学)には事前に本フェローシップに関する情報と助言を頂き、不安なく準備を進めることができました。ありがとうございました。

また各訪問先に留学中の先生方には現地で大変お世話になりましたので以下に記載させていただきます。ありがとうございました。

[San Francisco]

UCSF: 森岡和仁先生(東京大)、黄金勲矢先生(札幌医大)。

Stanford: 丸山真博先生(山形大)、上野雅也先生(佐賀大)、河野祐介先生(九州大)。

[San Diego]

Stanford: 横山信彦先生(九州大)、戸次大史先生(九州大)、熊丸浩仁先生(九州大)。

[Pittsburgh]

Pittsburgh: 長井寛斗先生(神戸大)、中村智祐先生(東京医科歯科大)、木原伸介先生(神戸大)、井石智也先生(兵庫医大)、鈴木智之先生(札幌医大)、千葉大輔先生(弘前大)、田口将史先生(東京女子医大)。

[Boston]

Harvard: 根津悠先生(横浜市立大)。

MGH: 張成虎先生(東京大)、佐藤剛先生(旭川医大)。Brigham & Women's Hospital, Harvard Medical School: 竹林友美先生(東京女子医大)。

[New York]

HSS: 下園由泰先生(京都大)、和田進先生(北海道大)、藤井貴之先生(京都大)、岡野市郎先生(昭和大)、金子開知先生(東邦大学膠原病内科)。

2018 JOSSM-USA Traveling Fellowship 報告記

九州大学整形外科 瀨井 敏

この度、JOSSM-USA Traveling Fellow として選出頂き、2018年7月1日から20日まで、宮崎大学の山口奈美先生、名古屋市立大学の武長徹也先生と、University of California, San Francisco (UCSF) Medical Center (ホスト：C. Benjamin Ma 先生)、University of Pittsburgh Medical Center (UPMC) Sports Medicine (ホスト：Freddie H. Fu 先生)、University of Massachusetts (Umass) Memorial Health Care (ホスト：Brian Busconi 先生)、Hospital for Special Surgery (HSS, ホスト：John G. Kennedy 先生、Stephen J. O'Brien 先生) の4施設を訪問するとともに、San Diego で開催された米国整形外科スポーツ医学会 (American Orthopaedic Society for Sports Medicine : AOSSM) Annual Meeting 2018 に参加させて頂きましたので、ご報告致します。

UCSF Medical Center

今回の Travelling Fellowship 最初のホストは肩膝関節を専門とされている C. Benjamin Ma 先生でした(写真1)。到着初日に Tesla の最新モデルで颯爽とホテルまでピックアップして頂き、Bay Bridge のみえるシーフードレストランでの夕食で歓待して頂きました。

UCSF Sports Medicine は、入院設備のある Main Hospital に加えて、ベイエリアの再開発地区に整形外科の日帰り手術に特化した施設を所有していました。Ma 先生は、7名のファカルティーが所属する UCSF Sports Medicine のチーフであり、われわれは各分野でエキスパートの先生方の手術を自由に見学する機会を頂きました。

Hip & Knee を専門としている私の印象に残った手術としては、Pincer-type FAI に対する股関節鏡視下 acetabuloplasty と広範囲膝軟骨欠損に対する新鮮同種骨軟骨柱移植でした。年間250例の股関節鏡を執刀されている Zhang 先生の手術手技は非常にスムーズで、豊富な手術症例数に裏付けられた経験の深さを感じました。また、日本では手に入らない新鮮同種骨軟骨ですが、ドナーから採取したプラグがレシピエントサイトにフィットするように、とても慎重に作業されており、外反膝症例のために distal femoral osteotomy の併用もきっちりとして行われていたのが印象的でした。



写真1 UCSF Medical Center でお世話になったホストの Ma 先生(右から2番目)と Orthopaedic Institute のオフィスにて

Sports Medicine のスタッフと、お互いの研究成果を披露して意見交換する場を設けて頂いたことも貴重な経験となりました。ちょうどアメリカ独立記念日にあたりましたが、ご家族・愛犬との Lands End Lookout, Golden Gate Bridge Park でのトレッキングにご一緒させて頂き、その後は San Francisco 郊外の湖畔に建てられたご自宅での、親戚・友人の方との花火大会の観覧にも招待して頂くなど、最初の訪問地で緊張していたわれわれを、とても温かく迎えて頂きました。

また、San Francisco 滞在中には、昨年度 Traveling Fellow の丸山真博先生を含む、UCSF(東京大学・森岡和仁先生、札幌医科大学・黄金勲矢先生)と Stanford 大学(九州大学・河野祐介先生、山形大学・丸山真博先生、佐賀大学・上野雅也先生)に留学中の日本人フェローの先生方と情報交換する機会をもつこともできました。

AOSSM Annual Meeting 2018

会員数約3,600名の本学会は、San Diego の Grand Hyatt を会場に4日間開催されました(写真2)。Welcome reception はプールサイドテラスで開催され、JOSSM-USA Traveling Fellow として参加致しました。星野祐一先生(神戸大学)をはじめとする APKASS (Asia-Pacific Knee, Arthroscopy and Sports Medicine Society)からの Traveling Fellow とも遭遇して、華やかな雰囲気なかでビールを楽しみながら、お互いの訪問



写真2 Traveling Fellow メンバーの山口先生(宮崎大学; 右から2番目), 武長先生(名古屋市立大学; 左端)と San Diego で開催された AOSSM Annual Meeting 2018 にて



写真3 UPMC Sports Medicine でお世話になったホストの Fu 先生(左から2番目)と手術室にて

施設や訪問先でのプレゼンなどについて話を交わしました。

学会では、Hip & Knee における手術手技のビデオレクチャーや症例検討のセッションなどを中心に、日々の診療に生かすことができるような演題をとくに多く拝聴させて頂き、有意義な時間を過ごすことができました。Borderline dysplasia に対する股関節鏡の有効性については一定の見解は得られておらず、安易に鏡視下手術を行なうと成績不良の症例があるということで議論されており、選択肢として periacetabular osteotomy をきちんとあげていたのは印象的でした。また、UCSF で拝見した新鮮同種骨軟骨柱移植術や、その後 HSS で拝見した BMAC (bone marrow aspirate concentrate; 骨髓穿刺濃縮細胞) など、日本では導入されていない手術や最新の治療に関する、エビデンスに基づいた適応症例と臨床成績の検討も、非常に興味深いものでした。

学会期間中の空き時間には、San Diego に九州大学から留学中の横山信彦先生 (Sanford Burnham Prebys) と戸次大史先生 (Scrips 研究所), 熊丸浩仁先生 (University of California San Diego) に、ラ・ホヤ・コーヴやソーク研究所、さらにはガスランプ・クォーターなどの名所観光巡りに案内して頂き、楽しい夜を過ごすこともできました。また、学会最終日の前夜には、AOSSM が貸し切った航空母艦 Midway 博物館のフライトデッキで、family night と題した social event が開催されました。多くの先生方のご家族を連れられた和やかな雰囲気のおかげで、星条旗色にライトアップされた艦橋やずらりと展示された戦闘機を横目にメキシコ料理のバイキングを楽しみながらも、学会の華やかさに最後まで驚かされた夜でした。

UPMC Sports Medicine

2番目の訪問施設です。午前はホストの Freddie H. Fu 先生の外来と ACL 再建術の見学(写真3)、午後は College Football パンサーズと NFL スティーラーズ、NHL ペンギンズの巨大な Sports Complex、ならびに研究施設 (Biodynamics Laboratory, Orthopaedics Robotics Laboratory, Orthopaedics Engineering Laboratory, Center for Cellular & Molecular Engineering) のツアー、さらには Mt. Washington や学びの聖堂などの名所観光に加えて、夜には会員制クラブなどでのディナーに招待して頂くなど、非常に充実した日程を過ごすことができました。

Fu 先生は AOSSM に殿堂入りされているなど、世界的にご高名な方ですが、手術見学の際には術中にも関わらず、われわれのほうをたびたび振り返りながら、ご自身が現在行なわれている ACL 再建術のコンセプトについて非常に熱く教えて頂きました。Quadriceps tendon-patellar bone を用いた解剖学的 single-bundle ACL 再建術と PL bundle tear に対する hamstrings を用いた partial ACL 再建術などを拝見することができました。また、Pittsburg 大学整形外科の分厚い 2018 年業績集と Patient information handout & postoperative instructions を頂きましたが、症例ごとに適切なグラフト径・採取部位を計画していることなどが 20 ページにわたって記載されており、膨大な研究成果を基にした詳細な患者説明に感銘を受けました。

私は以前からイメージマッチング法を用いた三次元動態解析の研究に携わっており、Biodynamics Laboratory は是非訪れてみたい施設でした。同研究室に留学中の長井寛斗先生(神戸大学)から、実際に Bi-plane の X 線画像と digital reconstructed radiography をマッチングしているところをご案内頂き、William Anderst 先生にはご多忙のところ、Scott Tashman 先生とともに開発され

た秒速 250 フレームで撮影可能な High-speed Bi-plane radiographic system の前での記念撮影に応じて頂くなどして、素晴らしい施設を拝見することができました。

最終日には、われわれのプレゼンに交えて、Fu 先生から直々に anatomic individualized ACL reconstruction の情熱的レクチャーを受ける機会も得られました。Pittsburg 大学での見学にあたっては、長井寛斗先生(神戸大学)をはじめ、中村智祐先生(東京医科歯科大学)、木原伸介先生(神戸大学)、井石智也先生(兵庫医科大学)、千葉大輔先生(弘前大学)、鈴木智之先生(札幌医科大学)、田口将史先生(東京女子医科大学)に大変お世話になりました、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

Umass Memorial Medical Center

3ヵ所目の訪問施設は、Boston 郊外にある Umass Memorial Medical Center で、初日は手術室見学、2日目は cadaver workshop という日程でした。ホストの Brian Busconi 先生は肩膝股関節の鏡視下手術を専門として、年間肩 300 例、膝 300 例、股 150 例の計 750 例前後を執刀されており、夕方からはプロスポーツチームの帯同に従事するなど、多忙な日々を過ごしておられました。見学した日は2つの手術室を交互に使用して、午前7時から午後2時までに非常に手際よく ACL 再建術など計5例の執刀を終えられて、病院から1時間ほど離れた場所にある Red Sox 3A の野球場に向かいました。PawSox のクラブハウスを案内くださり、ベンチから試合を観戦する機会も頂けたことはとてもよい思い出となりました。初対面のわれわれにも気さくに接して下さる先生で、移動の車中では若い頃にされていたアイスホッケーや life work とするスポーツ整形外科に対する熱い思いなどを語っていただきました。

2日目には、Sports Medicine のフェローとともに、Busconi 先生にセッティングして頂いた cadaver workshop に参加して、山口先生と私は meniscal root tear repair, PCL 再建, OATS など、武長先生は肩関節鏡のトレーニングをすることができました(写真4)。フリーとなる翌日は何の観光プランも準備していなかったのですが、Fenway Park での Boston Red Sox 戦のバックネット裏チケットを急遽準備して下さるなど、最後まで大変お世話になりました。

Boston 滞在中には、武長先生の友人である張成虎先生(東京大学)のご厚意で、近隣にある Massachusetts General Hospital を見学する機会にも恵まれました。また、American Orthopaedic Foot & Ankle Society



写真4 Umass Memorial Medical Center でお世話になったホストの Busconi 先生(右から4番目)、Sports Medicine のフェローらと cadaver training 施設にて

(AOFAS) Annual Meeting 2018 の開催中で、山口智志先生(千葉大学)、寺本篤史先生(札幌医科大学)と、Harvard 大学の根津悠先生(横浜市立大学)、佐藤剛先生(旭川医科大学)、Brigham & Women's Hospital, Harvard Medical School の竹林友美先生(東京女子医科大学)に、われわれ3名を交えて夕食をともにしました。地ビールに舌鼓を打ちながら、海外で基礎研究を行なっている先生方のご活躍に刺激を受けました。

Hospital for Special Surgery

最後の訪問地は Manhattan の East River 沿いに、Weil Cornell 医科大学の整形外科部門が独立して設立された HSS でした。初日は朝7時からわれわれのプレゼンで始まり、多くのフェローとともに Sports Medicine チーフである Scott A. Rodeo 先生も出席され、貴重なご意見や質問を頂きました。HSS では、デジタル掲示板にわれわれ JOSSM-USA Traveling Fellow の訪問が紹介されており、見学中には職員の方々にも声をかけて頂くなど、歓待して頂きました。

Foot & Ankle を専門とされているホスト John G. Kennedy 先生の外来見学は、短時間ではありましたが、大変貴重な経験でした。40室ある手術室で行なわれている数多くの手術のなかから、もう1人のホストである Stephen J. O'Brien 先生(写真5)の膝関節手術や、年間450件の股関節鏡を執刀される Bryan T. Kelly 先生の手術などを見学させて頂きましたが、豊富な経験に裏打ちされた極めてスムーズな手術手技には目を見張るものがありました。

Kennedy 先生のもとに留学中の下園由泰先生(京都大学)には、院内にある cadaver を用いたトレーニング施設の見学や Kennedy 先生が開発に携わったスイス製関



写真5 HSSで膝関節手術を拝見させて頂いたホストのO'Brien先生(中央)と外来にて

節鏡シミュレータの体験、さらには医療システムや給与体系まで、HSSの内情と魅力を余すところなく教えて頂きました。隣接するResearch Buildingの見学では、和田進先生(北海道大学)、藤井貴之先生(京都大学)、岡野市郎先生(昭和大学)など、日本人フェローの先生方にお世話になり、大変充実した3日間を過ごしました。

Irish steakhouseでのディナー(写真6)に招待頂きましたが、レストランの雰囲気は最高で、ステーキの味も格別でした。エジプト、ブラジル、カナダから来たSports Medicineのフェローと語り合う機会がありましたが、New YorkのManhattanで研修を積んだ彼らの考え方は大変興味深いもので、海外に出て自らをアップデートしていく重要性について改めて痛感させられました。

最後に

どの施設でもJOSSMからのTraveling Fellowということで非常に歓待を受け、各分野でエキスパートの先生方の鏡視下手術を数多く見学することができました。外



写真6 HSSでお世話になったホストのKennedy先生(前列右から3番目)、下園先生(京都大学;後列右から2番目)、Sports MedicineのフェローとIrish steakhouseにて

来での診療や基礎研究施設の見学も大変興味深いものがありました。豊富な手術症例数と効率的な手術室の運用、充実した研究施設や巨大なsports complex施設などには驚かされました。英会話に苦戦しながらも、これまで取り組んできたスポーツに関連する動態解析の研究成果を披露し意見交換できたことも貴重な経験となりました。今後、日々の診療や研究に生かせるようにさらに精進していきたいと思います。

末筆ではございますが、素晴らしい機会を与えてくださったJOSSM理事長の松本秀男先生、国際委員会アドバイザーの別府諸兄先生、国際委員会担当理事の菅谷啓之先生、国際委員会委員長の黒田良祐先生をはじめ国際委員会委員の先生方、事務局の斉藤しおり様にも深く感謝申し上げます。また、快く送り出して頂きました九州大学整形外科教授 中島康晴先生、不在期間中にご助力頂きました股関節・膝関節グループの先生方にこの場をお借りしまして深く感謝申し上げます。訪問先では多くの日本人フェローの先生方に大変お世話になりました。皆様に重ねて御礼申し上げます。

2018 JOSSM-USA Traveling Fellowship 報告記

宮崎大学医学部整形外科 山口 奈美

この度、2018年度 JOSSM-USA Traveling Fellow の一員として九州大学の濱井敏先生、名古屋市立大学（慶友整形外科）の武長徹也先生とともにアメリカ国内4施設を訪問、AOSSMに参加する機会に恵まれました。どの施設でも歓待を受け、大変貴重な経験をさせていただきましたので、その体験を報告させていただきます。

UCSF Medical Center (SFO)

Dr. Benjamin Ma が host をしてくださいました。到着日に早速夕食に誘って頂いていましたが、フライトが遅れたため私だけ間に合わないという前途多難な幕開けでした。サンフランシスコは予想以上に寒く（完全にリサーチ不足）、訪問初日に寒がるわれわれを見兼ねて Dr. Ma から UCSF のジャケットをプレゼントして頂きました（写真左上）。

訪問中は day surgery を中心とした肩・膝の鏡視下手術を主に見学し、カンファレンスでは presentation の機会を頂きました。

Staff の1人である Dr. Allen は、テコンドーや女子サッカーのアメリカ代表のチームドクターをされた経験があり、代表活動について意見交換をさせて頂き、とても楽しい時間を過ごすことができました。

また、サンフランシスコに留学されている先生方と名物のカニ料理を囲みながら、研究や現地での生活の様子、苦労話などで大変盛り上がりました。

独立記念日には Dr. Ma のご家族、staff のご家族と一緒にハイキングに連れて行って頂き、夜は Dr. Ma のご自宅に招待されて staff やコミュニティーの方々と一緒に花火や夕食を楽しみました。

AOSSM Annual Meeting (SAN)

Dr. Ma の口演やおのおの興味のある発表を聞き、刺激を受けました。会場では Dr. Allen と再会し、半月 (root tear) のセッションと一緒に聞いたり、他の doctor も含めて意見交換を行ったりと充実した学会参加となりました。



(左上)Golden Gate Bridge Park(SFO)にて。左より Senter 先生、武長先生、濱井先生、筆者、Ma 先生(頂いたジャケットを着て)。

(右上)U Mass Memorial Medical Center にて。左より 濱井先生、Busconi 先生、武長先生、筆者。

(左下)University of Pittsburg Medical Center の先生方と(中央：Fu 先生)。

(右下)Hospital for Special Surgery 手術室にて。左より 濱井先生、筆者、Kennedy 先生、武長先生、下園先生。

University of Pittsburg Medical Center (PIT)

Host の Dr. Freddie H. Fu をはじめ fellow の方々の熱烈な歓迎を受け、大変刺激的な訪問となりました。ACL 再建の見学だけでなく、手術のコンセプト(とくに graft selection や augmentation/single bundle/double bundle の選択)について詳しくレクチャーして頂き、膝を専門にしている身としては、大変勉強になりました。また、NFL スティーラーズ、NHL ペンギンズの施設や研究施設、観光名所のツアー、ディナーなどイベントが目白押しで、あっという間の3日間でした。ピッツバーグ到着から出発まで(毎日朝早くから夜まで)、お付き合い頂いた fellow の先生方に御礼申し上げます。

UMass Memorial Medical Center (BOS)

ホストの Dr. Brian Busconi の手術見学から始まり、チームドクターをされている Red Sox の 3A (PawSox)

の試合に連れて行って頂きました。球場内の施設だけでなく、フィールドやベンチにも入れて頂き、ベンチの中から試合を見学させて頂きました。

訪問2日目は fellow の先生方と一緒に Arthrex 社のラボで cadaver training をさせて頂きました。私は濱井先生と一緒に膝(内側半月 root tear, PCL 再建, 大腿骨 OCD)の training を行ないました。午後はボストン市内に戻り、東京大学から Massachusetts General Hospital (MGH)に留学されている張成虎先生に世界で初めて全身麻酔が行なわれた Ether Dome など MGH 内をご案内頂きました。夜は、ボストン各施設に留学されている先生方とディナーをご一緒し、楽しい時間を過ごしました。

今回の fellowship 期間中、移動のない唯一の off となった3日目は、Dr. Busconi から Red Sox の試合に招待して頂き、歴史ある Fenway Park で試合を観戦しました。Red Sox が逆転サヨナラ満塁ホームランで勝利し、白熱した試合を観戦できるという幸運にも恵まれました。

Hospital for Special Surgery (NYC)

最終訪問地 HSS での fellowship は朝7時からの presentation で始まりました。Host の Dr. John G. Kennedy を始め Dr. Rodeo や fellow, resident の先生方から質問を受け、大変有意義な時間になりました。その後 Dr. Kennedy の外来見学、それぞれ興味のある手術の見学を行ないました。今回の fellowship を通して外来見学を

行なえるのは HSS だけということもあり、外来を優先して見学させて頂きました。外来予約(新患・再診)、手術日の調整や画像検査の予約など事務的な手続きはすべて秘書の方が行ない、doctor が行なうのは診察のみでカルテも録音したものを係の人が電子カルテに入力するシステムになっており、しっかりと分業化されているのが印象的でした。

夜は Dr. Kennedy とその fellow や日本人留学生の先生方とディナーをご一緒させて頂き、楽しい時間を過ごしました。

最終日には Dr. Kennedy と一緒に host をした頂いた Dr. Stephen J O'Brien から直々に O'Brien test を教えて頂きました。

出発までの準備が少々大変でしたが、いざ始まるにあつという間の fellowship でした。大変刺激的で充実した訪問となりましたのも、host をしてくださいました各施設の先生方をはじめ fellow の先生方、また各訪問先に留学されている先生方におもてなし頂いたおかげです。この場をお借りしまして御礼申し上げます。

また最後になりましたが、このような素晴らしい経験をさせて頂きました松本秀男理事長、別府諸兄国際委員会アドバイザー、菅谷啓之国際委員会担当理事、黒田良祐国際委員会委員長(役職は当時)、および国際委員会の先生方、JOSSM の事務局の方々、そして快く送り出してくださいました帖佐悦男教授と医局員の皆さま、ご一緒させて頂いた濱井敏先生、武長徹也先生に深謝申し上げます。