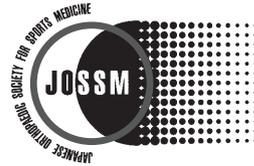


Japanese Journal of
**ORTHOPAEDIC
SPORTS
MEDICINE**



一般社団法人日本整形外科スポーツ医学会

目 次

<第39回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「筋損傷の予防, 治療, 復帰」>

1. 序 文

国立スポーツ科学センターメディカルセンター 奥脇 透ほか …… 1

<第39回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「筋損傷の予防, 治療, 復帰」>

2. ヒト骨格筋における超音波エラストグラフィの基礎理論と臨床応用

Basic Theory and Clinical Application of Ultrasound Elastography for Human Skeletal Muscle

School of Exercise and Health Sciences, Centre for Exercise and

Sports Science Research, Edith Cowan University, Australia 稲見 崇孝ほか …… 2

<第39回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「筋損傷の予防, 治療, 復帰」>

3. 分岐鎖アミノ酸が運動による筋損傷や筋損傷からの回復に貢献する可能性

Branched-Chain Amino Acid May Accelerate the Recovery from the Exercise-Induced Muscle Damage

至学館大学健康科学部栄養科学科 村上 太郎 …… 11

<第39回日本整形外科スポーツ医学会学術集会「筋損傷の予防, 治療, 復帰」>

4. 骨格筋損傷に対する高気圧酸素治療 ～効果とその分子メカニズム～

Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Treatment on Skeletal Muscle Injury

東京医科歯科大学医学部附属病院高気圧治療部 堀江 正樹ほか …… 18

5. 膝前十字靭帯損傷の受傷機転における外力の影響—競技種目別の傾向—

Injury Mechanisms of the Anterior Cruciate Ligament Injury About Characteristic of Sports Event

公益財団法人スポーツ医・科学研究所 北岡さなえほか …… 23

6. 若年者(中学生・高校生)の腰椎椎間板ヘルニアに対する内視鏡下椎間板摘出術の短・中期成績

Clinical Outcomes of Microendoscopic Discectomy for Lumbar Disc Herniation in Pediatric Patients

久留米大学医学部整形外科 佐藤 公昭ほか …… 28

7. エンドフェモラルエイマーを使用し後外側束を温存した前十字靭帯補強術における前内側束の大腿骨孔位置の検討
The Investigation of Femoral Tunnel Position for Anteromedial Bundle in Anterior Cruciate Ligament Augmentation Preserving Posterolateral Bundle Used Endo Femoral Aimer
朝日大学歯学部附属村上記念病院整形外科 山賀 篤ほか …… 32
8. 高校女子ハンドボール・バスケットボール選手における膝前十字靭帯損傷の発生と性格・心理学的特性の関連性
Relationship Between Occurrence of Anterior Cruciate Ligament Injury and Psychological Character of High School Female Handball Players and Basketball Players
金沢大学大学院整形外科 小坂 正裕ほか …… 35
9. 野球選手における投球時肘痛と投球パフォーマンスとの関係
The Relationships Between Throwing-Related Elbow Pain and Throwing Performance in Baseball Players
山形大学整形外科 丸山 真博ほか …… 39
10. アキレス腱縫合術後の早期運動療法による足関節底背屈筋力と臨床成績の解析
Analysis of Muscular Strength and Clinical Outcome Concerning with Early Exercise After Achilles Tendon Repair
札幌医科大学医学部整形外科 神谷 智昭ほか …… 45
11. 運動選手のTFCC損傷に対する診断と治療
The Assessment and Treatment for TFCC Injury in Athletes
昭和大学附属豊洲病院整形外科 富田 一誠ほか …… 50
12. 育成年代サッカー選手の鼠径部周囲の疼痛発症状況と発症後行動に関するアンケート調査
Survey on the Youth Soccer Player, Groin Pain Onset Situation and the Action of After Onset
筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻 村上 憲治ほか …… 57
13. 高校バレーボールでのスポーツ傷害の発生要因に関する検討—競技種目別の傾向—
A Questionnaire Survey of the Sports Injuries in the High School Volleyball Athletes
医療法人社団村上整形外科クリニック 塚本 晃基ほか …… 65

14. 高校バスケットボール指導者における膝前十字靭帯損傷に関するアンケート調査
Questionnaire Investigation About Anterior Cruciate Ligament Injury of the Knee
in Coaches of High School Basketball Team
いまむら整形外科医院 能 由美ほか …… 70
15. MRI-BASED Diagnosis and Follow-Up Program for Adolescent Athletes
Suffering from Fresh Lumbar Spondylolysis
新鮮腰椎分離症の成長期アスリートに対する MRI による診断・治療プログラム
札幌スポーツクリニック 佐藤 貴博ほか …… 75
16. ラグビー選手における頸椎退行変性の予防
—頸部体幹コアトレーニング導入の効果—
Prevention of the Cervical Degenerative Changes in Rugby Football Players :
The Effect of Core Muscle Strength Exercise
宮崎大学医学部整形外科 田島 卓也ほか …… 80
17. 術中 length pattern 計測に基づいた前十字靭帯再建術の術後プログラムについて
Examination of the Rehabilitation Program for Anterior Cruciate Ligament
Reconstruction Based on the Optimal Length Changes of Hamstring Tendon Grafts
貴島整形外科 西原 淳ほか …… 85
18. バレーボール選手の下肢疲労性障害
—メディカルチェックにおける下肢圧痛点調査—
Chronic Leg Pain in Volleyball Players ; an Importance of Tenderness Points in
the Leg at Medical Check
筑波大学整形外科 西野 衆文ほか …… 90
19. 膝前十字靭帯再建術症例の顆間の形状について
The Examination of the Intercondylar Notch Shape of Patients of Anterior
Cruciate Ligament Reconstruction
日本鋼管病院整形外科 山本 茂樹ほか …… 94
20. 中高生における ACL2 重束再建術後のスポーツ復帰
Return to Sport Outcomes After ACL Double Bundle Reconstruction for High
School Students
島田病院整形外科 富原 朋弘ほか …… 99

21. 脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下 pull-out 法の検討
Evaluation of Arthroscopic Pull-Out Fixation of Tibial Intercondylar Eminence Fractures
東海大学医学部外科学系整形外科学 高垣 智紀ほか …… 105
22. 上腕骨小頭部離断性骨軟骨炎が判明した野球選手の投球フォームの特徴
The Character of the Pitching Form of Youth Baseball Players with Asymptomatic Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum
名古屋市立大学整形外科 後藤 英之ほか …… 109
23. JOSSM-USA traveling fellow 2013 帰朝報告
山形大学 原田 幹生ほか …… 116

序 文

鳥居 俊¹⁾ Suguru Torii

奥脇 透²⁾ Tohru Okuwaki

本シンポジウムは、スポーツ現場で多くみられる筋損傷について、その診断、治療、復帰および予防など、多方面からスポットをあて、それぞれにおける最近の研究を紹介していただいた(以下敬称略)。

まず稲見らは「Ultrasound Elastographyを用いた筋硬度の定量的評価と筋損傷領域への応用について」として、超音波組織弾性イメージング技術(UE; Ultrasound Elastography)を用いて、腓腹筋の筋硬度(muscle stiffness)を足関節の肢位により計測した研究について紹介した。また100mハードル選手に生じた陳旧性の大腿直筋肉離れについてもUEによる筋硬度を計測し、筋電図所見との関連についても触れた。UEによる筋硬度は、絶対値化は十分ではないが、超音波カプラを用いたstrain ratioについても紹介した。筋硬度と運動あるいは筋損傷による変化の評価についてさらなる研究が望まれる。

次に村上は「ロイシンが運動による筋損傷の予防や筋損傷からの回復に作用する可能性」として、最近の文献レビューを行なった。ロイシンがmTORC1を活性化し、筋蛋白の合成を増大させ、分解を抑制することを紹介し、ロイシンが運動による筋損傷の予防や回復に及ぼす可能性について触れた。そのほか、運動前のBCAA内服はその後の蛋白分解を抑制すること、運動中はロイシンを取り込む感受性が高まることなども報告されているとして、筋損傷に対するサプリメントの研究の有用性を示唆した。

また村上らは「筋損傷からの早期回復に対する力学刺激効果」として、ラットの前脛骨筋の運動誘発性筋損傷モデルを用いた研究を紹介した。運動誘発性筋損傷の初期に軽い伸展刺激(ストレッチというより他動運動:1日後)や超音波刺激(2時間後)は、炎症初期の筋衛星細胞の分化活性を促進させたと考えているが、それがどう

いう機序によるものかは不明であり、今後の研究による成果が期待されている。

堀江は「骨格筋損傷に対する高気圧酸素治療~効果とそのメカニズム~」として、近年、臨床応用されてきている高気圧酸素治療(HBO)の基礎的研究を紹介した。ラットの前脛骨筋を用いて薬剤性筋損傷モデルを作製し、HBO曝露により、筋衛星細胞を分化へ導く因子(MyoDなど)の発現量が増加することを報告した。これはHBOが骨格筋再生を促進させることを示唆していると考えているが、因子発現の分布など、まだ不明な点も多く、先行しつつある臨床研究に比べて基礎的研究が少ない点を憂慮しており、今後も研究を促進していくことを提唱した。

最後に寺田らが「多血小板血漿(PRP)による筋損傷に対する治療」について紹介した。最近国内でも臨床応用されてきているPRPであるが、PRP中の成長因子TGF β 1は筋の線維化に関与していることが指摘されており、筋損傷に対しては不利に働く可能性があることを示唆した。これに対して降圧剤でもあるロサルタン(アンギオテンシン2受容体拮抗薬)がTGF β 1をブロックする作用があり、筋損傷の回復を促すことが報告されている。これとPRPを併用する効果をみるため、マウスの打撲傷モデルを用いて行なった研究を紹介した。しかしPRPの適切な注入量やその場への残留効果を高める工夫などの問題点があり、これからの研究課題であることを述べた。

以上のように、筋損傷について、その診断、治療、復帰および予防など、現在行なわれている多方面からのアプローチを紹介していただいたが、まだまだたくさんの課題が山積されており、今後さらなる研究が期待される分野であることがわかった。

奥脇 透
〒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
TEL 03-5963-0200

1) 早稲田大学スポーツ科学学術院スポーツ科学科
Faculty of Sport Sciences, Waseda University
2) 国立スポーツ科学センターメディカルセンター
Medical Center, Japan Institute of Sports Sciences

ヒト骨格筋における超音波エラストグラフィの 基礎理論と臨床応用

Basic Theory and Clinical Application of Ultrasound Elastography for Human Skeletal Muscle

稲見 崇孝¹⁾ Takayuki Inami 清水 卓也²⁾ Takuya Shimizu
三木 貴弘³⁾ Takahiro Miki

● Key words

Real-time tissue elastography : Human skeletal muscle : Muscle hardness

● 要旨

筋機能や筋硬度を評価するツールとして超音波エラストグラフィ (UE) が用いられている。今回、strain タイプの UE の基礎理論について再考し、外部レファレンスを用いて解析を行なった場合のアプリケーション操作に関する注意点や骨格筋に焦点をあてた先行研究、limitation、今後の展望について言及する。

はじめに

超音波エラストグラフィ (ultrasound elastography : 以下 UE) は、1990 年代初頭に開発された組織における機械的性質の定性的および定量的測定を可能にした超音波ベースの非侵襲的な方法である¹⁻³⁾。以降、筋骨格系の研究に採用されはじめ^{1,3)}、昨今では UE の基礎理論と先進技術の臨床応用に向けた研究活動が多く行なわれるようになってきた。その技術は、組織のひずみや弾性

率^{4,5)}の分布がリアルタイムで可視化されるもので、従来の B モードやドップラなどが提供する情報とは独立した、組織の『硬さ』に関する情報を提供することができる。これは MRI や CT などから得られる生体の正常および病変組織の位置情報や形状変化とは異なる情報である。Drakonaki ら⁶⁾はその原理を、組織に加えられたストレスが組織の中で変化をもたらし、それらの変化は組織の弾性特性に依存するという一般原理に基づくとしている。弾性特性に関する長年の研究成果として、組織変位から画像を構築する方法に応じていくつかの UE 手

稲見崇孝
270 Joondalup Drive, Joondalup, 6027 Western
Australia, Australia
School of Exercise and Health Sciences, Centre
for Exercise and Sports Science Research, Edith
Cowan University, Australia
TEL 0415-946-329
E-mail inami0919@gmail.com

1) School of Exercise and Health Sciences, Centre for Exercise and Sports Science
Research, Edith Cowan University, Australia
2) 中京大学保健センター
Health Center of Chukyo University
3) School of Physiotherapy and Exercise Science, Curtin University, Australia

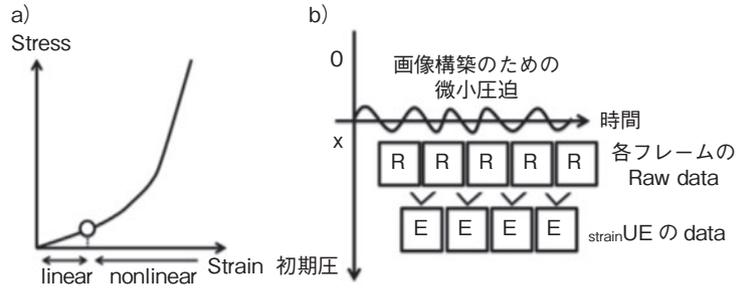


図1 a) stress-strain 関係 .
b) strainUE における画像構築簡易シエーマ .

法が開発され、ひとえに UE といっても strain (compression), shear wave, transient, acoustic radiation force impulse などのタイプがある^{2,3,7)}。どの手法が優れ、どの手法が劣るというわけではないが、各手法に長所・短所があり、その特性から画像構築のための原理が大きく異なるため、それぞれの方法および画像取得のために使用される特性を十分に理解する必要がある。本稿では UE として一般的⁶⁾に使用される strain (compression) タイプ (以下 strainUE) の話題を中心とする。strainUE は生体に生じるひずみを超音波で可視化したもので、正常組織のみならず種々の病変組織を検出し、臨床的には補助診断として活用されている⁸⁻¹⁴⁾。しかしながら、運動器領域への応用にあたってその原理や技術特性が詳細に理解され浸透しているとはいえない。本稿では、strainUE が運動器の領域、とくに筋へ正しく応用されるための基礎理論を再考し、アプリケーション操作に関する注意点や先行研究に関する若干の知見、limitation、今後の展望について述べる。

基礎理論

strainUE の主要な原理は、押圧が軸方向に対する組織変位 (ひずみ) を引き起こし、それを算出することにある⁴⁾。物理的な硬さを計算するための弾性係数 (以下ヤング率 (E)) とひずみの関係を示す法則としてフックの法則 (式 1) がある。

$$[\sigma = E \cdot (\Delta L / L) = E \cdot \varepsilon] \dots \dots \dots \text{式 1}$$

σ : 応力, E : ヤング率, ΔL : 変位, L : 変位以前の量, $\Delta L / L = \varepsilon$: ひずみ

単位面積あたりに作用する力は応力として知られ¹⁾、組織にかかる応力が一定・均一であると仮定した場合の

ヤング率は、単位ひずみあたりにどれだけの応力が必要かという値を決める定数といえる (式 2 : 図 1a)。

$$[E = \text{stress} (\sigma) / \text{strain} (\varepsilon)] \dots \dots \dots \text{式 2}$$

E : ヤング率, σ : 応力, ε : ひずみ

したがって、ヤング率 (E) が大きいということはひずみが小さく対象組織の筋が硬いことを意味する。反対に、ヤング率 (E) が小さいということはひずみが大きくなり筋が軟らかいということになる。strainUE に関する用語を確認する。

- ・初期圧…生体に対しはじめにプローブから加えた押圧の程度
- ・ROI…region of interest の略で関心のある領域を示す任意の範囲
- ・表示 ROI…エラストグラフィの色が表示される領域の範囲
- ・strain ratio…2つの関心領域から求めたひずみの比
- ・計測 ROI…strain ratio を計算するための ROI

strainUE では、皮膚上にあてられたプローブにて周期的な微小圧迫を加え、超音波信号から関心領域内に生じたフレーム間のひずみが高速演算される (図 1b)。このひずみが、変位演算→空間微分→画像処理→モニタ表示、という一連の行程から処理されたものが図 2 (腓腹筋の場合 : Real-time Tissue Elastography (RTE) ; HITACHI Aloka Medical : 以下同様の機種を使用) である。strainUE の画像は通常の B モード画像の上に半透明化したカラーひずみ画像として表示されるため、撮像領域内の硬さの分布を詳細な位置情報とともに視認することができる。用いた RTE 機種では、表示 ROI 内の平均値を緑として、それよりも軟らかい組織を赤、硬い組織を青とし

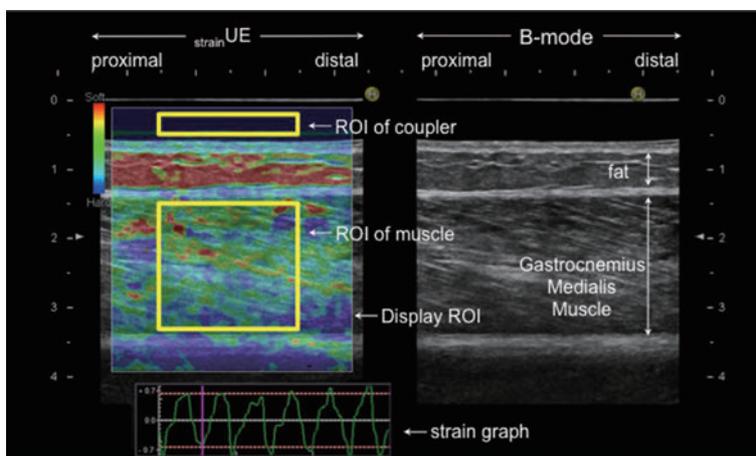


図2 腓腹筋内側頭における strainUE 画像と B モード画像

て表示されている(他社機種では異なる場合がある)。しかしながら、表示 ROI 内の配色や色味だけで硬さを論ずる際には注意が必要である。たとえば、ある画像における対象領域の赤色が何かしらの事象によって青色に変化しても、表示 ROI 内におけるひずみの平均値そのものも変化している可能性があるため、その配色や色味からだけでは“硬くなった”と判断できない場合がある。つまり、表示 ROI 内のひずみの平均値に変動がない場合に限り配色や色味から“硬さ”を論じることができるわけである。しかし、骨格筋を対象とした場合、異なる部位や異なる時期、異なる被験者との比較にニーズがあり、また研究基盤であれば介入実験による変化の経過を観察するケースなども考えられるため、対象とする筋のひずみは変化することが多い。ゆえに、配色や色味だけを評価指標とせず、2つの計測 ROI から算出した関心領域の比(strain ratio)を解析指標とすることが望ましい。そこで strain ratio で用いる2つの計測 ROI をどこに設定するかが問題となる。運動器以外の領域、たとえば乳腺領域では腫瘍判別のために脂肪組織と関心領域の比較を行なう FLR (fat-lesion ratio = 脂肪のひずみ/病変のひずみ) が提唱されている。しかし筋への応用を考えた場合、対象筋によっては脂肪組織が薄い場合十分な計測 ROI を得ることが難しい。アキレス腱の変性評価で脂肪組織との比が試みられた時期もあったが、部位や性差を考えると課題の残るものであった¹⁵⁾。またほかの組織を考えた場合においても、生体のヤング率にはばらつきがあり線維化組織や軟骨は100~1,000kPa、骨は10⁸kPa以上とされているため^{16, 17)}、安定した基準物質とはいえない。したがって、筋硬度の定量的な評価として、筆者らをはじめとしたいくつかの先行研究では、生体内ではなく生体外にレファレンスを設け筋との比を解析指標に

している。外部レファレンスを用いることで、異なる部位や異なる時期、異なる被験者における画像の定量的な比較を可能にしている。外部レファレンスとして、ゲルタイプ^{18, 19)}や7kPaあるいは30kPa²⁰⁾のレファレンスを用いた報告もあるが、筆者らは近年開発された音響カプラーを使用している。音響カプラーはエラストマー樹脂からできており、弾性係数は22.6kPaである。特徴には、常に一定した硬度(弾性)を持ち合わせていること、超音波画像を撮像する際の画像劣化が最小となるよう設計されていることなどがあげられる。また、従来使用されるプローブの外部にアタッチメントを介して取り付けるため、従来の B モード計測などと同様にフリーハンドでの操作が可能である。なお、strain ratio の演算は表示 ROI の配色や色味に依存しないため、既知のレファレンスとして十分な計測 ROI を範囲指定した解析が可能である。

図3aに硬度が一定のファントム内に硬い内包物を入れた場合の画像を示す。左図のように表示 ROI の範囲を大きく設定した際と、右図のように小さく設定した場合において表示 ROI 内の配色は変化する(現在 Siemens 社の機種で表示 ROI の大きさを変えても配色が変化しない機種がある)。左図(表示 ROI の範囲を大きく設定した場合)では表示 ROI 内のひずみの平均値は高く、右図(表示 ROI の範囲を小さく設定した場合)では低くなることを示しており、仮に外部レファレンスと内包物の strain ratio を算出しても値には変化がない。Strain ratio はひずみの比であり、計測対象である筋のひずみを ϵ_A 、外部レファレンスのひずみを ϵ_B とすると下記の計算式が成り立つ。

$$[\text{strain ratio} = \epsilon_B / \epsilon_A] \dots \dots \dots \text{式3}$$

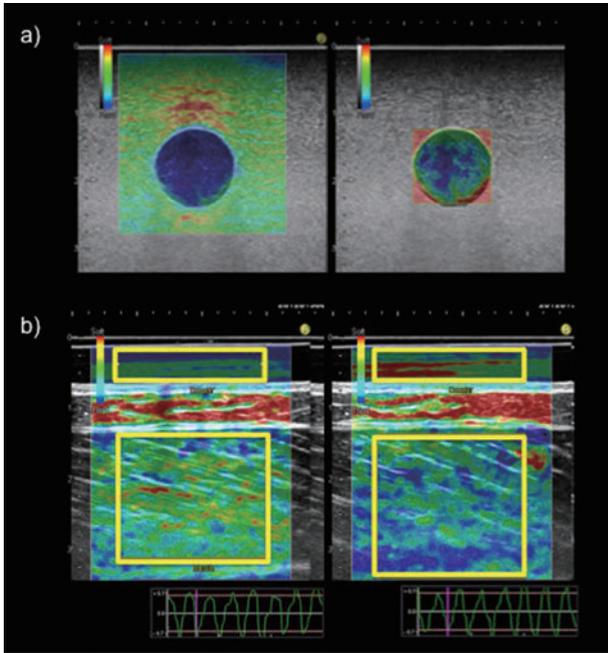


図3 a) ファントム内に硬い内包物を入れた際の strainUE 画像.
b) 安静時と筋収縮中の strainUE 画像 (事例).

図1で示したように同一の画像上における応力 (σ) の条件が一定で $\sigma_A = \sigma_B$ ならば式3は,

$$[\text{strain ratio} = E_A/E_B] \dots \dots \dots \text{式4}$$

となり、ひずみ比はヤング率の比を示すこととなる。すなわち、strain ratioの表記法として外部レファレンスを分子とする場合は生体がどれだけ“硬い”のかを示すこととなり、分母とするならば式4が逆転し、どれだけ“ひずみ”があったかのを示す以下の式5が成り立つ。

$$[\text{strain ratio} = E_B/E_A] \dots \dots \dots \text{式5}$$

以上より、式4から求めた場合は値が硬ければ硬いほど値が高くなり、式5から求めた場合は反対に小さくなる。先にも述べた通り、strainUEを用いて硬さに関する評価を行なう際、構築された画像の配色や色味からだけでは定量性が乏しいため、定量性を求める場合には音響カプラーなどの外部レファレンスを用いた strain ratio の算出が必要不可欠となる。そこで strain ratio を用いて誤った解釈を起しやすいつの事例を提示する。図3bは腓腹筋の安静時(左図)と最大収縮に対して50%筋を収縮させた時(右図)の様子を示しており、カプラーを外部レファレンスとして用い解析したものである。

一見すると、安静時におけるカプラーの配色と収縮時におけるカプラーの配色が異なるために strain ratio の正当性に疑問を抱くことがあるかもしれないが、先にも述べたように strain ratio の値は表示 ROI の配色に依存しない。したがって、この画像における配色からは安静時と収縮時におけるひずみの平均値が低下し、低下した画像内においての硬さの分布が画像上で理解できるということになる。

アプリケーション操作に関する注意点

strainUE はプローブにおいて微小な圧迫を必要とする。この押圧をコントロールすることにより再現性や妥当性が向上し、安定した画像、安定した strain ratio を取得することができる。近年の機種では、押圧の程度をリアルタイムに確認することのできる strain graph が搭載されており、graph を確認しながら測定・解析を行なうことも可能となった²²⁾。一方、筋固有の特徴として関節角度や肢位の違いなどが解析に重要な要素となる。しかしながら、現時点においてこの点に関する evidence はなく検討課題といえる(後述)。筋を対象とする場合、筋硬度は筋長の変化と相関関係にある²³⁾ことから、これに配慮したプロトコルが求められることはまちがいない。

運動器領域、とくに筋における超音波技術のニーズは動的評価(収縮や伸長時など)である。そのため、先に述べた strain ratio と配色の問題を前提においた、より客観的かつ安定した評価が望まれる。そこで筆者らが行なっている評価法の一例を紹介する。若干の手間を要するが基礎実験および臨床応用に必要な安定した画像の構築は重要な課題であるため、提案に値すると考える。

第一に、加える初期圧(図1b)ならびに微小圧迫のレベルを一定に保つ技術が必要であり、近年の機種であれば strain graph (+0.7~-0.7レベル) を操作の目安とする。この技術に研鑽は必要であるが誰でも操作可能となりうるものである。健常者を対象とした場合、安静時の筋に対するプローブの初期圧が正常に保たれているかの判断材料の1つに比較的軟らかい組織である脂肪層の配色があり、腓腹筋や多裂筋など脂肪層が明確に描出される筋では赤色であることに注視されたい(図2)。被験者にもよるが、アスリートをはじめとした鍛錬者で脂肪層が薄いと判断材料とできない場合(上腕二頭筋など)もあるため、その際は strain graph のレベルを注視する。また、内腹斜筋、外腹斜筋、腹横筋のような層構造かつ深度の深い筋群では深層部に超音波が到達しにくい(もしくは到達していない)可能性がある(図4)。到達深度に関するカットオフ値は不明であるが、現時点における

深度が少なくとも4~5cm程度であれば画像が安定しているように考えられる。そして第二に筋収縮や伸長に伴う動的な評価については、図5のように一度表示ROIを画面上部に配置し、表示ROI内には外部レファレンスと皮下脂肪だけが入るよう設定した状態で微小圧迫を加える。任意点でフリーズ後、表示ROIの再設定を行ない表示ROIのエリアを拡大する。先にも述べたように、strain ratioの値は表示ROIに依存しないため、表示ROIを拡大してもstrain ratioの値は変わらない(図6)。リジェクションといわれる黒く抜け落ちる部分の有無にも注意されたい。なお、解析時においては微小圧迫による組織変形が最小になると考えられる strain graph 上の

“谷”にあたる部分を選択されることが望ましい。

骨格筋に関する先行研究

筋硬度 (muscle hardness) とは、筋の横軸方向の剛性を示すものであり²⁴⁾、縦軸方向に沿った筋腱部の剛性とは区別される機械的な特性である²⁵⁾。従来、筋の硬度評価には機器を体表から押し込む筋硬度計により測定が行なわれ、筋硬度と筋出力発揮による筋活動レベルの間には有意な相関関係が認められている²⁶⁾。しかし、筋硬度計は筋と皮下脂肪、双方の硬さを複合的に反映する評価法であることや、深部や狭小領域を評価しにくいことなどが問題視されている²⁶⁾。さらに筋硬度計の再現性に関して Arokoski ら²⁷⁾は、検者の習熟度による誤差や検者間の誤差は避けられないと報告している。Wang ら²⁸⁾は、筋硬度計単独の解析に表面筋電図の振幅や超音波による筋束曲率変化の解析を加えることで、筋硬度と筋出力の関係がより正確に示されることを報告しているが、一度に複数の機器を操作する必要があることや皮膚への電極貼付により測定範囲がさらに限定される欠点がある。strainUE と筋硬度計の再現性を比較した研究^{18, 19, 29)}によると、strainUE の値は筋硬度計より再現性が高いと報告されている。また多くの研究において高い信頼性と妥当性が報告されており、骨格筋における筋硬度評価においては良好な成績があるといえる^{18~20, 29~33)}。

strainUE を評価ツールとして用い、なおかつ筋機能に焦点をあてた研究は多くはない。また、外部レファレンスを用いた研究となるとさらに限定されるが、いくつかの知見を紹介する。筋の収縮に着目した報告として稲見ら³⁰⁾は、足関節底屈筋力を5つのレベル別に測定し、筋出力と筋硬度の上昇に有意な相関関係があることを報告

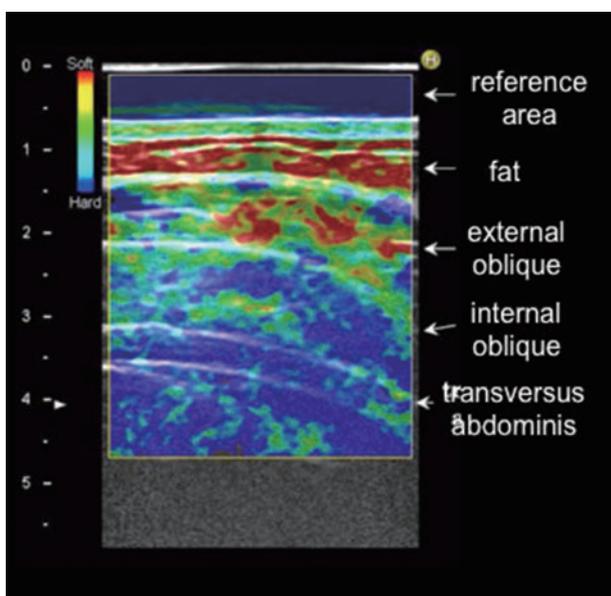


図4 内・外腹斜筋、腹横筋の strainUE 画像

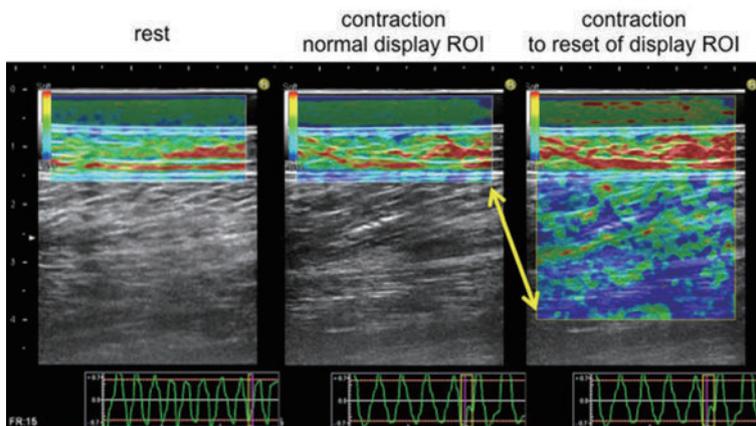


図5 アプリケーションテクニックの一例

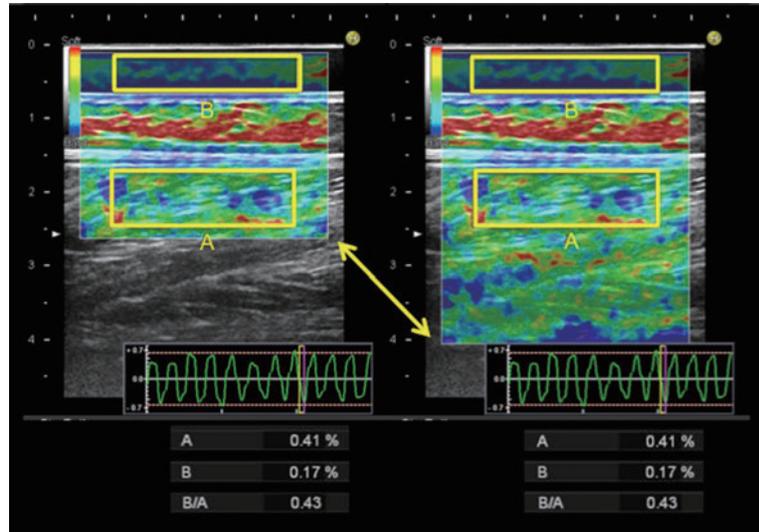


図6 表示 ROI に依存しない strain ratio の値 (muscle/coupler とし
て計算)

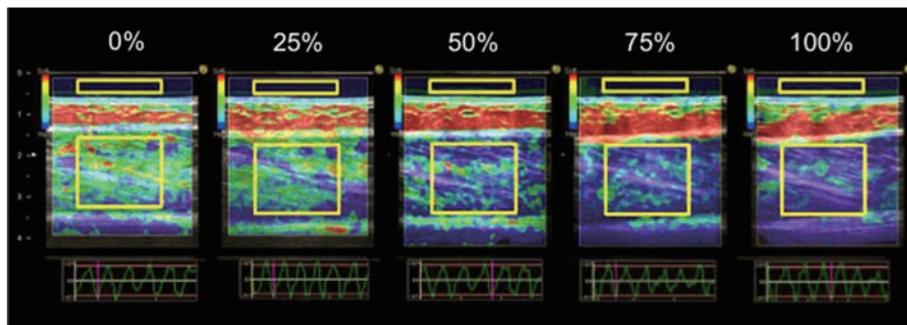


図7 筋出力発揮中の strainUE 画像の変化

した(図7). Yanagisawaら¹⁸⁾は, 肘屈筋群における伸張性収縮運動直後の有意な筋硬度の上昇を報告している. また Niitsuら¹⁹⁾も肘屈筋群の筋硬度が伸張性収縮後に有意に上昇し, 24時間後まで有意であったことを報告している. 廣野ら³¹⁾は, 伸張性運動後の腓腹筋硬度は15分後, 30分後, 24時間後まで有意に上昇することを報告した. これらより, strainUEの解析に外部レファレンスを用いた筋硬度評価と筋機能(収縮)の関連が示唆できる. ほかに, 筋のサイズとの関係を検討した報告²⁰⁾や, 筋構造(筋厚, 羽状角, 筋線維)との関係を調査した報告³²⁾などがある.

一方, 疾患に焦点をあてた研究として眼筋(ocular)³⁴⁾や咬筋(masseter)³⁵⁾, 炎症性筋疾患(inflammatory myopathies)³⁶⁾などを対象とした報告がある. Drakonakiら³⁷⁾が報告した筋ジストロフィー患者に対する調査では, 従来の超音波画像やMRI(超音波Bモードでの高エ

コー領域とMRIでの高輝度領域)と同様の高い硬度領域が検出されている. 筋のスポーツ傷害に焦点をあてた研究においては, 辻村ら^{38, 39)}が腓腹筋の肉ばなれ診断にstrainUEを用い, その経過の様子を経時的に観察している. また稲見ら⁴⁰⁾は, 陳旧性大腿直筋肉ばなれ症例の筋損傷部位にMRI所見と同様の特異的な癒痕化像があることをstrainUEで検出している. また同報告では, 筋力や筋電図, 超音波連続画像などを用いて筋機能とstrainUEとの関連性を確認している(図8).

以上より, strainUEは筋機能との関連性が高く, 筋の正常領域と異常領域の違いを捉えていることが理解できる. 臨床応用のデータは少ないが, MRIでみられる癒痕化像をstrainUEでも描出できるなど診療ツールとしての十分な可能性を秘めている.

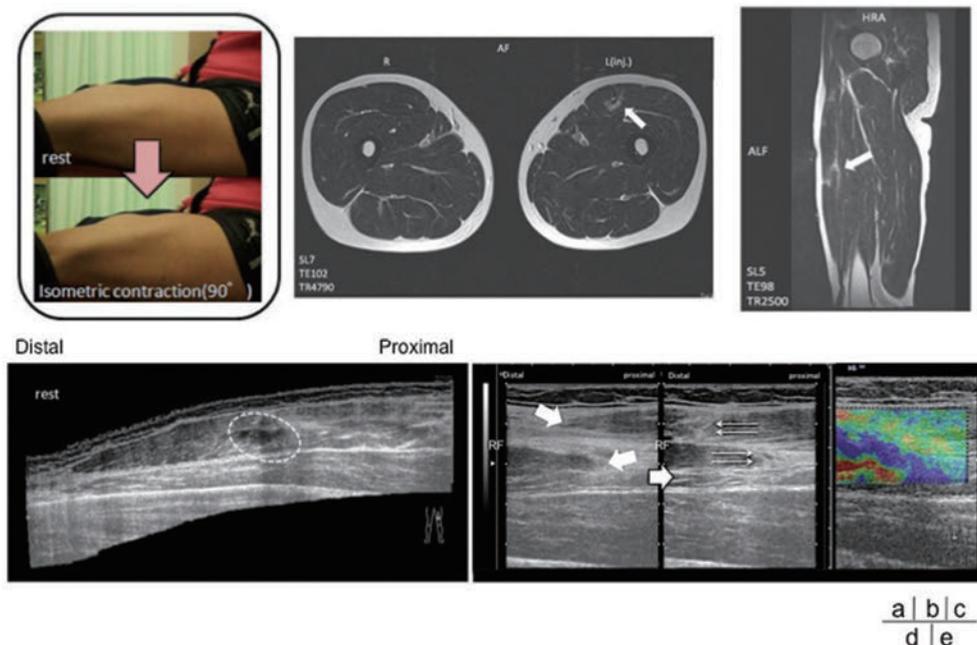


図8 陳旧性大腿直筋肉ばなれ症例の各種画像
 a) 上段は安静坐位(矢状面)像, 下段は膝関節90°屈曲位での最大等尺性膝伸展運動時を示す。
 b, c) MRI-水平断像(b)および矢状断像(c)ともにT2強調画像であり矢印部分に高信号域が確認できる。
 d) 超音波連続像において点線で囲む範囲に低エコー帯が確認できる。
 e) 筋収縮および strainUE 像。左図は安静時の画像を示し, 浅層部と深層部それぞれの終止部の鈍化が確認できる。中央図は収縮中の画像を示し, 健側と異なり浅層部と深層部が癒痕化部位を境に重なり合って収縮する反応を確認した。右図の strainUE 画像では左端から大腿直筋深部中央へ斜めに走行する癒痕部位の硬化が確認できる。

Limitation

外部レファレンスを解析に用いた strainUE では高い信頼性, 妥当性, 再現性が報告され^{18~20, 29~33)}, 文献的には技術的な側面での一定した見解が得られている。しかしながら筋の硬度変化が何の要因による変化を強く反映しているのかについては明らかになっていない。たとえば筋の収縮だけに着目しても, 筋組織をとりまく結合組織の機械的な圧迫による変化や運動誘発性の浮腫による筋内圧の上昇が関与するという報告があり²⁶⁾, strainUE が何と関連しているのかについては検討を加える必要がある。一方, 表示 ROI および計測 ROI の範囲に関する報告(外部レファレンス含む), strainUE 到達深度に関する報告, 安静基準値に関する報告, 肢位変更による変化に関する報告, 関節角度との関係性に関する報告などは存在しない。計測 ROI に関しては, 外部レファレンス

を用いて解析された先行研究^{18~20, 29~33)} から計測 ROI の平均値を算出すると, 上腕二頭筋を対象とする際の計測 ROI(短軸操作)は筋で 15mm×25mm, 437mm²(縦 mm×横 mm, 面積 mm²: 以下同様), 外部レファレンスは 5mm×17.5mm, 87.5mm²(上腕二頭筋の計測 ROI がサークル ROI であったため¹⁹⁾面積のみ平均値として算出), 同様に腓腹筋(内側頭:長軸操作)で 15mm×26mm, 390mm², 外部レファレンスは 5mm×25mm, 125mm²であった。あくまで現時点の参考資料であり今後の研究が期待される点であるが, 筋を対象とした場合, 少なくともこの程度の計測 ROI は確保する必要があり, 現時点での推奨範囲と考えられる。また, strain ratio で扱う値は厳密な意味での絶対値ではなく, 外部レファレンスに対する相対値を定量化したものであることを念頭に置いたうえで解析を実施しなければならない。他方, より安定した画像構築のためには時として上述のようなアプリケーション操作が必要となる。この点は限

られた時間の中で診療に携わる医師や技師にとって問題である。また、超音波操作に本来必要とされるプローブ操作の技術(異方性や骨描出など)や解剖学的な知識に加え、strainUEでは微小圧迫の要素が加わるため、1人ですべてのプロセスを実施するためにはスキルの研鑽が望まれる。

今後の展望

strainUEの技術は日々 update され、興味深い知見が多数報告されている。Sikdarら⁴¹⁾は strainUEに振動およびドップラ信号を併用した研究においてリハビリテーションに必要な筋膜のトリガーポイント描写について述べている。また、Botar-Jidら³⁶⁾によって炎症性筋炎評価としての strainUE所見がクレアチンキナーゼ(CK)や乳酸脱水素酵素(LDH)などの血清マーカーと関連性を示したことも報告されている。現在、strainUEで筋機能を評価した多くの研究では腓腹筋や上腕二頭筋などが対象とされているが、異なる筋形状や従来の機器で評価しづらかった部位の硬度変化が性差や加齢変化と合わせて今後解析されることであろう。また、大型機器と比較したコストパフォーマンスの側面のみならず、筋の収縮や伸長といった動的評価が可能であること、非侵襲的で繰り返し使用可能であることなどの利点が十分に発揮されたい。一般的MRIやCTで判別不能な『硬さ』に関する情報が運動器関連領域から提供され続けられることを期待したい。strainUEの画像は、即座に構築され、そのリアルタイム性から患者や被験者に与えるインパクトは大きいことが予想される。配色・色味からだけではない客観的な情報が、強いてはスポーツ競技におけるパフォーマンス管理や、筋のコンディション状況を把握するためのツールとして使われることが望まれる。

まとめ

運動器、とくに筋と strainUEに関する知見を中心に述べた。strainUEの使用に関しては、基礎理論を考慮したうえでの習熟したプローブ操作が求められ、得られた画像とデータの解釈にあたっては注意を要する場合もある。しかしながら、ヒト骨格筋の硬度の分布がリアルタイムに表示され、外部レファレンスを用いて定量化されたデータの需要は大きいと考える。

文 献

1) Hall TJ : AAPM/RSNA physics tutorial for resi-

dents : topics in US : beyond the basics : elasticity imaging with US. *Radiographics*, 23 : 1657-1671, 2003.

- 2) Garra BS : Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q*, 23 : 255-268, 2007.
- 3) Garra BS : Elastography : current status, future prospects, and making it work for you. *Ultrasound Q*, 27 : 177-186, 2011.
- 4) Ophir J et al : Elastography : a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging*, 13 : 111-134, 1991.
- 5) Lerner RM et al : "Sonoelasticity" images derived from ultrasound signals in mechanically vibrated tissues. *Ultrasound Med Biol*, 16 : 231-239, 1990.
- 6) Drakonaki EE et al : Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *Br J Radiol*, 85 : 1435-1445, 2012.
- 7) Li Y et al : Elastography : modality-specific approaches, clinical applications, and research horizons. *Skeletal Radiol*, 40 : 389-397, 2011.
- 8) Itoh A et al : Breast disease : clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology*, 239 : 341-350, 2006.
- 9) Pallwein L et al : Real-time elastography for detecting prostate cancer : preliminary experience. *BJU Int*, 100 : 42-46, 2007.
- 10) Dighe M et al : Differential diagnosis of thyroid nodules with US elastography using carotid artery pulsation. *Radiology*, 248 : 662-669, 2008.
- 11) Thomas A et al : Real-time sonoelastography of the cervix : tissue elasticity of the normal and abnormal cervix. *Acad Radiol*, 14 : 193-200, 2007.
- 12) Saftoiu A et al : Analysis of endoscopic ultrasound elastography used for characterisation and differentiation of benign and malignant lymph nodes. *Ultraschall Med*, 27 : 535-542, 2006.
- 13) Janssen J et al : EUS elastography of the pancreas : feasibility and pattern description of the normal pancreas, chronic pancreatitis, and focal pancreatic lesions. *Gastrointest Endosc*, 65 : 971-978, 2007.
- 14) Friedrich-Rust M et al : Real-time elastography for noninvasive assessment of liver fibrosis in chronic viral hepatitis. *AJR Am J Roentgenol*, 188 : 758-764, 2007.

- 15) Drakonaki EE et al : Real-time ultrasound elastography of the normal achilles tendon ; reproducibility and pattern description. *Clin Radiol*, 64 : 1196-1202, 2009.
- 16) Fung Y. *Biomechanics : mechanical properties of living tissue*. 2nd ed. Springer, Berlin, 1993.
- 17) Sarvazyan A et al : Elasticity imaging as a new modality of medical imaging for cancer detection. In *Proceedings international workshop on interaction of ultrasound with biological media*. Valenciennes, France, 69-81, 1994.
- 18) Yanagisawa O et al : Evaluation of human muscle hardness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography : a feasibility study. *Clin Radiol*, 66 : 815-819, 2011.
- 19) Niitsu M et al : Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography : a feasibility study. *Acta Radiol*, 52 : 99-105, 2011.
- 20) Akagi R et al : Relationships between muscle size and hardness of the medial gastrocnemius at different ankle joint angles in young men. *Acta Radiol*, 53 : 307-311, 2012.
- 21) 藤原洋子ほか : エラストグラフィ用音響カプラーの開発. *Medix*, 55 : 40-44, 2011.
- 22) Kasai K : The latest technique of real-time tissue elastography. *Innervision*, 26 : 52-53, 2011.
- 23) 木下裕光ほか : 筋弾性計を用いた膝伸展機構障害の予防指標の開発の試み(第1報). *日臨スポーツ医学会誌*, 12 : 278-282, 2004.
- 24) Murayama M et al : Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*, 82 : 361-367, 2000.
- 25) Gennisson JL et al : Human muscle hardness assessment during incremental isometric contraction using transient elastography. *J Biomech*, 38 : 1543-1550, 2005.
- 26) Murayama M et al : Muscle tension dynamics of isolated frog muscle with application of perpendicular distortion. *Eur J Appl Physiol*, 93 : 489-495, 2005.
- 27) Arokoski JP et al : Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter. *Physiol Meas*, 26 : 215-228, 2005.
- 28) Wang HK et al : Noninvasive analysis of fascicle curvature and mechanical hardness in calf muscle during contraction and relaxation. *Man Ther*, 14 : 264-269, 2008.
- 29) 松林武生ほか : ヒト骨格筋硬度の客観的評価法の確立. *デサントスポーツ科学*, 32 : 154-161, 2011.
- 30) 稲見崇孝ほか : Ultrasound Elastographyによる筋出力発揮における筋硬度変化の半定量的評価. *日整外超音波研究会誌*, 24 : 32-37, 2013.
- 31) 廣野準一ほか : 一過性運動が腓腹筋およびアキレス腱の硬度に及ぼす影響 超音波 Real-time Tissue Elastographyを用いた検討. *体力科学*, 62 : 199-205, 2013.
- 32) Chino K et al : Measurement of muscle architecture concurrently with muscle hardness using ultrasound strain elastography. *Acta Radiol*, Epub ahead of print, Oct, 2013.
- 33) Chino K et al : Reliability and validity of quantifying absolute muscle hardness using ultrasound elastography. *PLoS ONE*, 7 : e45764, 2012.
- 34) Detorakis ET et al : Real-time ultrasound elastographic imaging of ocular and periocular tissues : a feasibility study. *Ophthalmic Surg Lasers*, 41 : 135-141, 2010.
- 35) Arijji Y et al : Use of sonographic elastography of the masseter muscles for optimizing massage pressure : a preliminary study. *J Oral Rehabil*, 36 : 627-635, 2009.
- 36) Botar-Jid C et al : The contribution of ultrasonography and sonoelastography in assessment of myositis. *Med Ultrason*, 12 : 120-126, 2010.
- 37) Drakonaki EE et al : Magnetic resonance imaging, ultrasound and real-time ultrasound elastography of the thigh muscles in congenital muscle dystrophy. *Skeletal Radiol*, 39 : 391-396, 2010.
- 38) 辻村 享ほか : 超音波エラストグラフィーによる内側腓腹筋肉離れの診断—歪み比を用いて—。 *超音波医*, 35 : S552, 2008.
- 39) 辻村 享ほか : Real-time Tissue Elastographyおよび音響カプラーを用いた足関節捻挫の超音波診断について. *日整外超音波研究会誌*, 24 : 53, 2012.
- 40) 稲見崇孝ほか : 筋の形態学および機能的考察を行った陳旧性大腿直筋肉ばなれの一症例. *日臨スポーツ医学会誌*, 20 : 364-369, 2012.
- 41) Sikdar S et al : Novel applications of ultrasound technology to visualize and characterize myofascial trigger points and surrounding soft tissue. *Arch Phys Med Rehabil*, 90 : 1829-1838, 2009.

分岐鎖アミノ酸が運動による筋損傷や筋損傷からの回復に貢献する可能性

Branched-Chain Amino Acid May Accelerate the Recovery from the Exercise-Induced Muscle Damage

村上 太郎 Taro Murakami

● Key words

分岐鎖アミノ酸, たんぱく質合成, 摂取のタイミング

● 要旨

分岐鎖アミノ酸(イソロイシン, ロイシン, バリン)は体たんぱく質を構成するアミノ酸であるが, 運動時に筋肉の燃料としてよく酸化されることや, mammalian target of rapamycin (mTOR) 複合体1 (mTORC1) を活性化することによってたんぱく質合成そのものを増大させる特徴も有する. 運動によって筋肉が損傷する原因は多岐にわたるが, 分岐鎖アミノ酸を運動の場面で摂取することは, 運動時に筋肉のエネルギー状態を高めておく, 筋肉たんぱく質の過度の分解を抑制する, さらに, 運動後に筋肉たんぱく質の合成を増大させて痛んだ筋肉をすみやかに元の状態, あるいはそれ以上に回復させる等の観点から, 筋損傷の予防や筋損傷からの回復を早めるうえで有効である可能性が考えられる.

はじめに

運動による筋肉の損傷とエネルギー源の供給状態との間に関係があるか否かについては不明な点が多いが, 少なくとも筋肉を正常に機能させるためには収縮に必要なエネルギー源を供給し続ける必要がある.

運動時の筋肉におけるエネルギー源は主にブドウ糖と脂肪酸であるが, とりわけブドウ糖は酸素の供給が限定された状態でもエネルギー源となりうること, また, ブドウ糖は脂肪酸をエネルギー源とするときのクエン酸

回路へのアナプレロイック基質を供給する点においても一義的なエネルギー源である. したがって, 運動前にはカーボローディングによって筋肉内にグリコーゲンを充填しておくこと, 運動中にはグリコーゲンの枯渇を遅延させること, また, 運動後にはすみやかに枯渇したグリコーゲンを再補充することが, エネルギー供給の観点から筋肉の機能を低下させないうえで重要である.

一方で, 筋肉のたんぱく質代謝は運動時に異化に傾き, 運動後に適切な栄養素が供給されると同化に揺り戻されることが知られている¹⁻⁵⁾. 食事たんぱく質や体たんぱく質に豊富に含まれるロイシンは, 体たんぱく質の

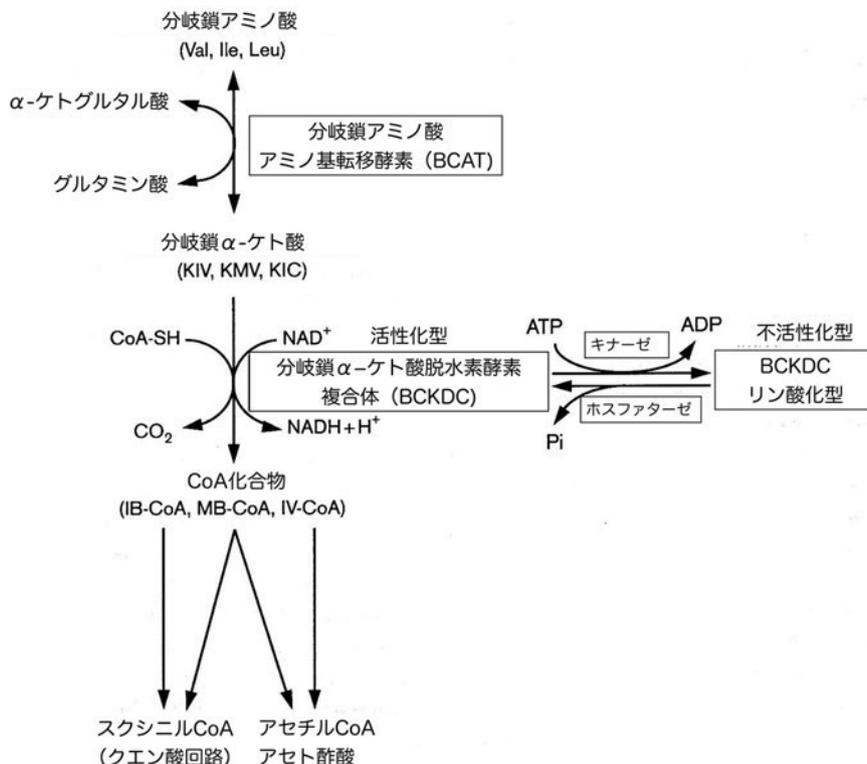


図1 分岐鎖アミノ酸の異化代謝経路⁹⁾

バリン、ロイシン、およびイソロイシンの3つの分岐鎖アミノ酸の異化経路の特徴は、はじめの2段階が3つの分岐鎖アミノ酸に共通の点にある。両段階を調節する分岐鎖アミノ酸アミノ基転移酵素と分岐鎖 α -ケト酸脱水素酵素複合体は、肝臓に比べて筋肉に豊富に存在するため、分岐鎖アミノ酸は他のアミノ酸とは異なり筋肉で異化される。

構成要素であるばかりでなく、mammalian target of rapamycin (mTOR) complex 1 (mTORC1) を活性化することにより、筋肉たんぱく質の合成を増大させ、反対に分解を抑制することが知られている⁶⁻⁸⁾。また、ロイシンは運動中の筋肉でATP合成のためのエネルギー源としてよく酸化されることも知られている⁹⁾。これらのことは、運動中や運動後の筋肉ではロイシンの需要が高まることを示しており、ロイシンを摂取することにより、運動中のグリコーゲンの分解を遅延させたり、運動後のたんぱく質合成を大きく誘導できる可能性を示唆している。さらに、ロイシンは遅発性の筋肉痛を減弱する作用¹⁰⁻¹³⁾や中枢性の疲労を抑制する作用¹⁴⁾を有することも報告されている。

ここでは、サプリメントとして摂取する分岐鎖アミノ酸が運動による筋損傷の予防や筋損傷からの回復に及ぼす可能性について概説したい。

分岐鎖アミノ酸の特徴

1. 分岐鎖アミノ酸は運動時の燃料となる

多くのアミノ酸が肝臓で異化されるのに対して、分岐鎖アミノ酸は筋肉で異化される⁹⁾。分岐鎖アミノ酸の異化の特徴として、はじめの2反応は3つのアミノ酸に共通の酵素によって触媒されることがあげられる(図1)。最初の段階を調節するのが分岐鎖アミノ酸アミノ基転移酵素、2つめの反応を調節するのが分岐鎖 α -ケト酸脱水素酵素複合体である。一般的に、アミノ酸の異化は細胞毒性の強いアンモニアの発生を伴うため、アンモニアを無毒の尿素に変換する尿素回路をもつ肝臓で起こる。ところが、筋肉は分岐鎖アミノ酸アミノ基転移酵素や分岐鎖 α -ケト酸脱水素酵素複合体を肝臓と等程度の濃度で有すること¹⁵⁾、また、筋肉の全身に占める割合(体重の約40%)は肝臓(体重の約2%)よりも圧倒的に大きいため、分岐鎖アミノ酸は筋肉でよく異化される。運動時

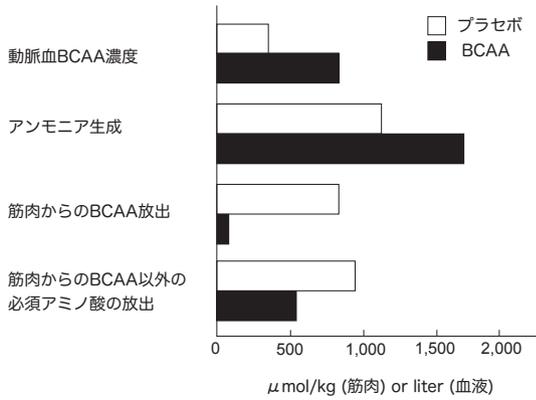


図2 運動前の分岐鎖アミノ酸の摂取は運動による筋肉たんぱく質の分解を抑制する¹⁷⁾ 成人男性を対象に、運動前45および20分の2時点で分岐鎖アミノ酸を摂取させて最大筋力の70~75%の脚伸展運動を負荷したところ、運動中の筋肉からの分岐鎖アミノ酸の流出が抑えられるだけでなく、分岐鎖アミノ酸以外の必須アミノ酸の流出も著しく抑制されることが示された。

に筋肉ではエネルギー需要が高まるが、この時、分岐鎖アミノ酸はATP合成のエネルギー源として酸化される。このことは、運動前や運動中に分岐鎖アミノ酸を補給することによって、筋肉たんぱく質由来の分岐鎖アミノ酸の分解を抑制できる可能性が考えられる。また、ロイシンに強いたんぱく質同化作用があることから、運動中に分岐鎖アミノ酸の分解を抑制しておくことは、運動後の筋肉たんぱく質の合成を大きく誘導するために有効であると思われる。

2. 分岐鎖アミノ酸はたんぱく質合成の増大作用をもつ
分岐鎖アミノ酸のなかでもロイシンにはたんぱく質合成を増大させる働きがある^{6~8)}。細胞内のロイシンは、ホルモンや成長因子および栄養素の情報をたんぱく質合成に統合する細胞内情報伝達因子である mammalian target of rapamycin (mTOR) complex 1 (mTORC1) を活性化することによって、たんぱく質合成の翻訳開始段階を増大させる^{6~8)}。

運動中は筋肉たんぱく質の合成と分解の平衡は負に傾きたんぱく質の分解が進むが、運動後には反対にたんぱく質の合成が高まる^{1~5)}。ロイシンは、たんぱく質合成の材料であることに加えてたんぱく質合成そのものを活性化することから、運動中や運動後にロイシンを摂取することは、運動によって異化に傾いた筋肉たんぱく質の代謝回転を同化に転じさせるために有効である。すな

わち、運動中や運動後に分岐鎖アミノ酸を含む食品を摂取することは、疲労からの回復を早める可能性がある。

分岐鎖アミノ酸の摂取が遅発性筋肉痛を抑制する可能性

遅発性筋肉痛が生ずる機序については不明な点が多いが、筋・結合組織の損傷や炎症が関与している可能性が指摘されている¹⁶⁾。分岐鎖アミノ酸は、運動時の燃料となること、たんぱく質合成の材料となること、さらにたんぱく質合成そのものを増大させることを考えると、運動時の過度のたんぱく質分解を抑制したり、運動後の痛んだ筋肉を早期に回復に誘導したりすることを通して遅発性の筋肉痛を抑制できる可能性が考えられる。

Macleanら¹⁷⁾は、成人男性を対象に、運動前45および20分の2時点で分岐鎖アミノ酸(合計77mg/kg体重、Ile:Leu:Val=1:1.7:1.2)を摂取させて最大筋力の70~75%の脚伸展運動を負荷したところ、分岐鎖アミノ酸を摂取させると運動中の筋肉からの分岐鎖アミノ酸の流出が抑えられるだけでなく、分岐鎖アミノ酸以外の必須アミノ酸の流出も著しく抑制されることが示した(図2)。このことは、運動前に分岐鎖アミノ酸を摂取して静脈および筋肉中の分岐鎖アミノ酸濃度を高めておくと、運動による筋肉のたんぱく質分解を抑制できる可能性を示唆している。

Nosakaら¹⁰⁾は、男子大学生を対象に、運動前から運動後4日間にわたって市販のアミノ酸顆粒を摂取させて持続的なカール運動を負荷したところ、運動後4日間にかけて認められる遅発性筋肉痛が抑制されることを示した(図3)。また、同時期に測定した血漿のクレアチンキナーゼの活性とミオグロビンの濃度は、アミノ酸顆粒の摂取によってプラセボに比べて有意に低値を示した。

Shimomuraら¹¹⁾は、男女大学生を対象に、運動前に分岐鎖アミノ酸(女性92mg/kg体重、男性77mg/kg体重、Ile:Leu:Val=1:2.3:1.2)を摂取させてスクワット運動を負荷したところ、女子学生においてのみ、運動2日後から5日後にかけて認められる遅発性の筋肉痛が抑制されることを示した(図4)。また、彼らは、血清ミオグロビン濃度はスクワット運動前のプラセボ摂取で上昇したのに対して分岐鎖アミノ酸摂取では変化しないことも報告している¹²⁾。女子学生のみに分岐鎖アミノ酸が筋肉痛を抑制する効果が認められた理由は不明であるが、男子学生に比べて筋量が少ないことや、日ごろから激しい運動をしていないことなどが関係しているのかもしれない。

Matsumotoら¹³⁾は、男女大学陸上部長距離選手を対象に、合宿期の日常的な分岐鎖アミノ酸の摂取が運動に

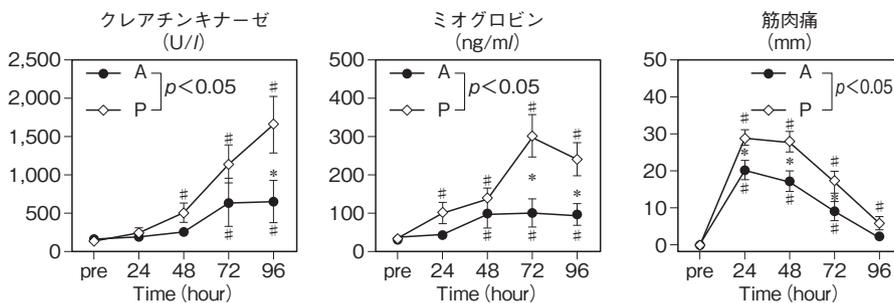


図3 運動前と回復期のアミノ酸摂取は遅発性筋肉痛を抑制する¹⁰⁾
 男子大学生を対象に、運動前から運動後4日間にわたって市販のアミノ酸顆粒を摂取させて持続的なカール運動を負荷したところ、運動後4日間にかけて認められる遅発性筋肉痛が抑制されることが示された。A：アミノ酸投与，P：プラセボ投与。# $p < 0.05$ vs pre. * $p < 0.05$ vs P.

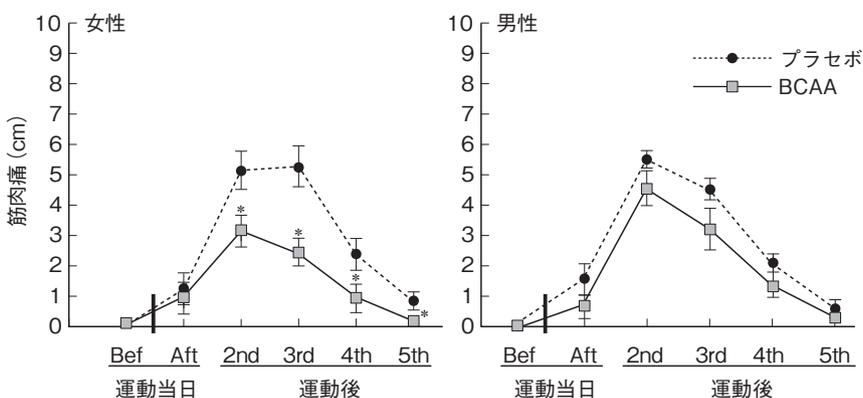


図4 運動前の分岐鎖アミノ酸摂取は遅発性筋肉痛を抑制する¹¹⁾
 男女大学生を対象に、運動前に分岐鎖アミノ酸を摂取させてスクワット運動を負荷したところ、女子学生においてのみ、運動2日後から5日後にかけて認められる遅発性の筋肉痛が抑制されることが示された。
 * $p < 0.05$ vs プラセボ.

よる筋肉痛や疲労を抑制することを報告している。彼らは、被験者が3日間の走り込み合宿を実施中に、市販の分岐鎖アミノ酸飲料(4g/500ml, Ile : Leu : Val=1 : 2 : 1)を朝食から昼食の間に1,000ml, 昼食から夕食までの間に1,000ml, そして夕食から就寝までの間に500ml摂取させ、合宿の前後において筋肉痛、疲労、血漿のクレアチンキナーゼ活性、乳酸脱水素酵素活性、ミオグロビン濃度、およびエラストラーゼ活性を測定した。その結果、すべての項目において分岐鎖アミノ酸の摂取によってプラセボに比べて有意に低値を示した(図5)。

以上の結果は、詳しい機序は不明ながらも分岐鎖アミノ酸の摂取が運動による筋肉たんぱく質の損傷を抑制したか、あるいは筋肉の損傷からの回復を高めた可能性を示唆している。

分岐鎖アミノ酸を摂取するタイミング

運動によって分解に傾いた筋肉たんぱく質の代謝回転を合成に転ずるためには、運動後できるだけ早いタイミングで分岐鎖アミノ酸を含むアミノ酸やたんぱく質を摂取することが望ましい。

Levenhagenら¹⁸⁾は、30~32歳の成人男女を対象に、最大酸素摂取量の60%の負荷で1時間自転車エルゴメータを漕がせ、運動直後もしくは運動3時間後にサプリメント(たんぱく質:10g, 糖質:8g, 脂質:3g)を摂取させて筋肉たんぱく質の合成と分解のバランスを測定した。その結果、運動直後にサプリメントを摂取すると筋肉たんぱく質の合成が増大するが、運動3時間後に摂取してもたんぱく質の合成は増大せず、合成と分解のバラ

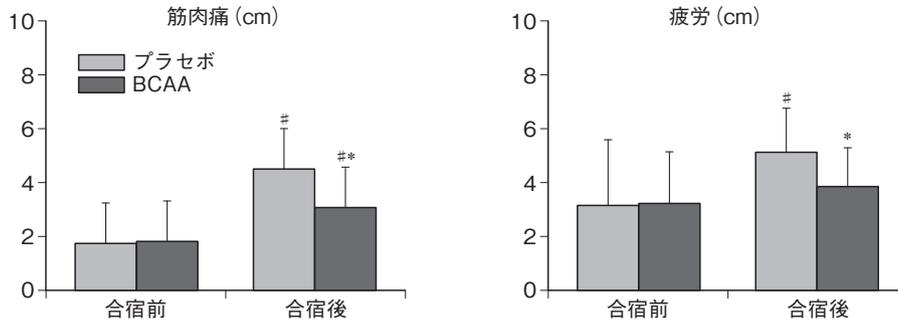


図5 分岐鎖アミノ酸の日常的な摂取は運動による筋肉痛や疲労を抑制する¹³⁾
 男女大学陸上部長距離選手を対象に、3日間の走り込み合宿を実施中に市販の分岐鎖アミノ酸飲料を飲ませたところ、筋肉痛や疲労が低減されることが示された。# $p < 0.05$ vs 合宿前。* $p < 0.05$ vs プラセボ。

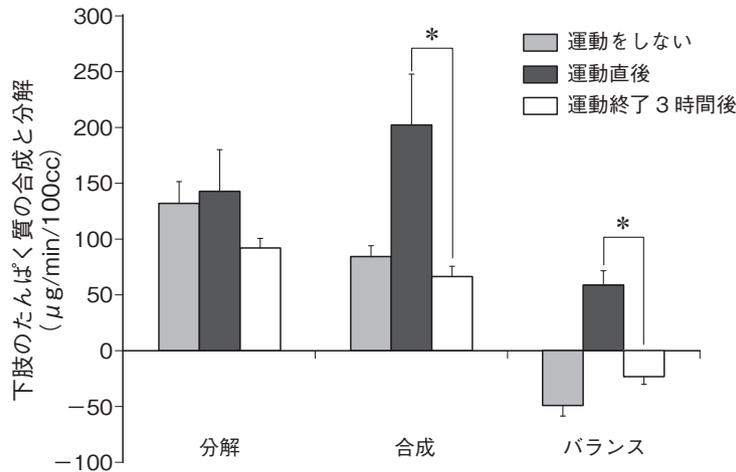


図6 運動直後にたんぱく質と糖質を摂ると筋肉たんぱく質の合成が増大する¹⁸⁾
 成人男女を対象に、最大酸素摂取量の60%の負荷で1時間自転車エルゴメータを漕がせ、運動直後もしくは運動3時間後にサプリメントを摂取させたところ、運動直後にサプリメントを摂取すると筋肉たんぱく質の合成が増大するが、運動3時間後に摂取してもたんぱく質の合成は増大せず、合成と分解のバランスは分解に傾いたままであることが示された。* $p < 0.05$ 。

ンスは分解に傾いたままであることが明らかになった(図6)。

また、Esmarckら¹⁹⁾は、73~74歳の高齢者を対象に、週3回のレジスタンス運動を負荷し、運動直後もしくは運動2時間後にサプリメント(たんぱく質:10g, 糖質:7g, 脂質:3g)を摂取させ、12週間にわたる筋力の変化を測定した。その結果、いずれのたんぱく質を摂取するタイミングにおいてもトレーニングによって筋力は増大したが、運動直後にサプリメントを摂取するとその増

大がより大きく認められることが明らかになった(図7)。また、トレーニング12週間後の大腿四頭筋とその筋線維の横断面積は、運動直後にサプリメントを摂取することによって増大していた。

運動直後にたんぱく質サプリメントを摂取することで筋肉たんぱく質の合成を大きく誘導できることが明らかになったが、Tiptonら²⁰⁾は、運動前のアミノ酸の摂取が運動後のたんぱく質合成をより大きく誘導できるか否かについて検討した。彼らは、平均30歳の成人男女

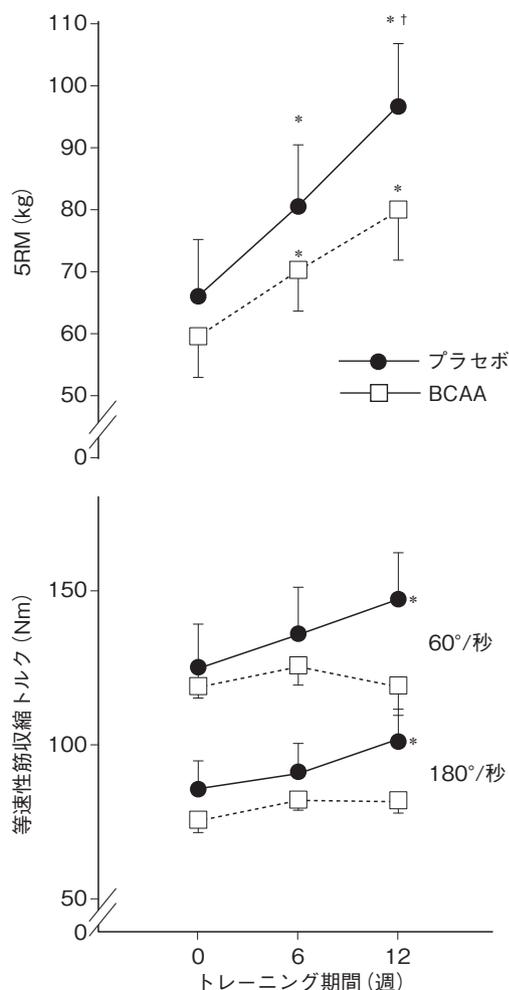


図7 運動直後にたんぱく質を摂ると筋力が増大する¹⁹⁾
 高齢者を対象に、週3回のレジスタンス運動を負荷し、運動直後もしくは運動2時間後にサプリメントを摂取させたところ、いずれのタイミングにおいてもトレーニングによって筋力は増大したが、運動直後にサプリメントを摂取するとその増大がより大きく認められることが示された。* $p < 0.05$ vs 0(週)。† $p < 0.05$ vs 6(週)。

を対象に、最大筋力の80%の筋力で50分間のレジスタンス運動を負荷し、運動30分前もしくは運動直後にアミノ酸サプリメント(必須アミノ酸:6g, 糖質:35g)を摂取させ運動後の筋肉たんぱく質の正味の合成を測定した。その結果、いずれのタイミングでサプリメントを摂取しても運動後の筋肉たんぱく質の合成は増大したが、その程度は運動直前に摂取するほうが直後に摂取するよりもより大きくなることが明らかになった。一方で、

その後実施された Fujita ら⁵⁾の実験では、必須アミノ酸と蔗糖のサプリメントを運動前に摂取しても運動後に摂取しても、運動後の筋肉たんぱく質の合成の大きさには差が認められないことが明らかにされ、現在のところ、運動前のアミノ酸の摂取が運動後の摂取よりも筋肉たんぱく質の合成を大きく誘導するか否かについてはよくわかっていない。

これまでの研究で、運動は筋肉たんぱく質の合成を運動後48時間にわたって増大させるため、その間にたんぱく質合成のための栄養素を摂取すれば筋肉たんぱく質の合成が増大することが示唆されているが²¹⁾、上記の結果は、たんぱく質やアミノ酸は運動後できるだけ早いタイミングで摂取したほうが筋肉たんぱく質をより大きく誘導できる可能性を示唆している。

おわりに

上述の実験^{5, 18~20)}で用いられたサプリメントにはいずれも糖質が含まれている。筋肉のたんぱく質合成を増大させるために、アミノ酸やたんぱく質に糖質を付加したほうが有効であるか否かについては議論があるが^{22, 23)}、たんぱく質と糖質を同時に摂取すると、たんぱく質由来する分岐鎖アミノ酸のたんぱく質同化作用に加えてインスリンのたんぱく質同化作用も相まってたんぱく質合成がより増大することが考えられる⁸⁾。すなわち、運動時の環境にもよるが、運動直後に食事を摂取することが、筋肉たんぱく質を効率的に増大させるために有効である。運動後にたんぱく質の合成を最大に誘導するには20gのたんぱく質が必要であり、それ以上摂取してもたんぱく質の合成は高まらないことが明らかにされている²⁴⁾。一般的な食事には20~30gのたんぱく質が含まれており、運動後に食事が摂れる状況であれば、特別なサプリメントは不要である。さらに、グリコーゲンの合成も運動直後に高まることが知られており²⁵⁾、枯渇したグリコーゲンを再補充するためにも、運動直後の食事(たんぱく質やアミノ酸と糖質の同時摂取)は有効である。

以上のように、運動直後の食事(サプリメント)は、運動によって異化に傾いた全身の代謝を同化に転じさせるうえで重要であり、このことはとりもなおさず運動直後の食事が筋損傷を含めた疲労からの回復に大切であることを示している。

文 献

1) Dohm GL et al : Effect of exercise on synthesis and degradation of muscle protein. Biochem J,

- 188 : 255-262, 1980.
- 2) Rose AJ et al : Exercise rapidly increases eukaryotic elongation factor 2 phosphorylation in skeletal muscle of men. *J Physiol*, 569 : 223-228, 2005.
 - 3) Dreyer HC et al : Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *J Physiol*, 576 : 613-624, 2006.
 - 4) Williamson DL et al : Exercise induced alterations in extracellular signal-regulated kinase 1/2 and mammalian target of rapamycin (mTOR) signaling to regulatory mechanisms of mRNA translation in mouse muscle. *J Physiol*, 573 : 497-510, 2006.
 - 5) Fujita S et al : Essential amino acid and carbohydrate ingestion before resistance exercise does not enhance postexercise muscle protein synthesis. *J Appl Physiol*, 106 : 1730-1739, 2009.
 - 6) Anthony JC et al : Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *J Nutr*, 130 : 2413-2419, 2000.
 - 7) Yoshizawa F et al : Time course of leucine-induced 4E-BP1 and S6K1 phosphorylation in the liver and skeletal muscle of rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, 47 : 311-315, 2001.
 - 8) Kimball SR et al : Control of translation initiation through integration of signals generated by hormones, nutrients, and exercise. *J Biol Chem*, 285 : 29027-29032, 2010.
 - 9) Shimomura Y et al : Exercise promotes BCAA catabolism : effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr*, 134 : S1584-S1587, 2004.
 - 10) Nosaka K et al : Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16 : 620-635, 2006.
 - 11) Shimomura Y et al : Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr*, 136 : S529-S532, 2006.
 - 12) Shimomura Y et al : Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 20 : 236-244, 2010.
 - 13) Matsumoto K et al : Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program. *J Sports Med Phys Fitness*, 49 : 424-431, 2009.
 - 14) Newsholme EA et al : Branched-chain amino acids and central fatigue. *J Nutr*, 136 : S274-S276, 2006.
 - 15) Suryawan A et al : A molecular model of human branched-chain amino acid metabolism. *Am J Clin Nutr*, 68 : 72-81, 1998.
 - 16) Clarkson PM et al : Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*, 24 : 512-520, 1992.
 - 17) Maclean DA et al : Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *Am J Physiol*, 267 : E1010-E1022, 1994.
 - 18) Levenhagen DK et al : Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol*, 280 : E982-E993, 2001.
 - 19) Esmark B et al : Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*, 535 : 301-311, 2001.
 - 20) Tipton KD et al : Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol*, 281 : E197-E206, 2001.
 - 21) Phillips SM et al : Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*, 273 : E99-E107, 1997.
 - 22) Staples AW et al : Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med Sci Sports Exerc*, 43 : 1154-1161, 2011.
 - 23) Glynn EL et al : Addition of carbohydrate or alanine to an essential amino acid mixture does not enhance human skeletal muscle protein anabolism. *J Nutr*, 143 : 307-314, 2013.
 - 24) Moore DR et al : Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*, 89 : 161-168, 2009.
 - 25) Ivy JL et al : Muscle glycogen synthesis after exercise : effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol*, 64 : 1480-1485, 1988.

骨格筋損傷に対する高気圧酸素治療 ～効果とその分子メカニズム～

Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Treatment on Skeletal Muscle Injury

堀江 正樹^{1,2)} Masaki Horie
下田 学¹⁾ Manabu Shimoda

榎本 光裕¹⁾ Mitsuhiro Enomoto
柳下 和慶^{1,3)} Kazuyoshi Yagishita

● Key words

高気圧酸素治療, 骨格筋損傷, 骨格筋再生

Hyperbaric oxygen treatment : Skeletal muscle injury : Skeletal muscle regeneration

● 要旨

高気圧酸素治療 (HBO) が, 骨格筋損傷へもたらす効果および作用機序はいまだ不明瞭である。われわれは, ラット薬剤性骨格筋損傷モデルを用いて, HBO が筋損傷回復過程へ与える影響について解析した。筋損傷誘導後, HBO 群には 2.5 気圧下, 2 時間の 100% 酸素曝露を週 5 回, 2 週間行なった。その結果, HBO 群での再生筋線維横断面積と筋張力の回復促進を認めた。また, MyoD, myogenin, IGF-1 の mRNA および, MyoD タンパク質発現量が HBO 群で対照群に比べ有意に増加していた。これらの結果から, HBO は骨格筋再生過程に影響を与え, 損傷からの回復を促進させることが強く示唆された。

はじめに

高気圧酸素治療 (HBO) は, 2 絶対気圧 (atmosphere absolute; ATA) 以上の高気圧環境下で 100% 酸素を投与し, 血中溶解型酸素を増加させ, 極めて高い動脈血酸素分圧によって効果を得る治療方法である¹⁾。1980 年代より, 腱, 靭帯, 骨格筋損傷等を伴うスポーツ外傷の回

復促進治療として応用され²⁾, 回復期間が短縮される等, その有効性が報告されている^{2,3)}。しかしながら, その作用機序の解明を目的とした基礎研究の報告は少なく, 科学的エビデンスは少ないといわざるをえない。骨格筋損傷に対しても同様であり, その効果および HBO が骨格筋再生過程に与える影響については不明瞭である。本論文では, HBO が骨格筋損傷に与える影響について検討した過去の研究報告とともに, われわれの研究

堀江正樹
〒 305-8575 つくば市天王台 1-1-1
筑波大学医学系学系棟 872-2
TEL/FAX 029-853-3291
E-mail m.horie@md.tsukuba.ac.jp

- 1) 東京医科歯科大学医学部附属病院高気圧治療部
Hyperbaric Medical Center, University Hospital of Medicine, Tokyo Medical and Dental University
- 2) 日本学術振興会特別研究員 PD (筑波大学)
Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science (University of Tsukuba)
- 3) 東京医科歯科大学スポーツ医歯学センター
Center for Sports Medicine and Sports Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

成果を紹介する。

損傷からの骨格筋の回復・再生機序

骨格筋は、筋膜に包まれた筋線維と結合組織で構成されている⁴⁾。筋線維は、多くの筋芽細胞が融合した結果、多核を有する筋細胞で形成されるが、分裂して新たな筋線維を生み出すことはできない。その役割を担うのは、組織性の幹細胞である筋衛星細胞である。筋衛星細胞は、骨格筋線維の筋形質膜と基底膜の間に、通常は静止状態で存在している⁵⁾。筋衛星細胞は骨格筋の発生に寄与するとともに、筋線維の損傷時には、それ自体が活性化し、増殖、分化、融合といった経過をたどり、筋再生に重要な働きを果たす^{4,5)}。

筋衛星細胞の活性化、増殖、融合、成熟といった過程の制御には、筋分化制御因子 (muscle regulatory factors ; MRFs) と呼ばれる、helix-loop-helix 構造をもった転写因子群 (MyoD ファミリー転写因子群) が決定的な役割を果たしている。MRFs である myogenic differentiation protein 1 (MyoD) と myogenic factor 5 (Myf5) は、主として筋芽細胞への分化決定と維持に働き、myogenin と myogenic regulatory factor 4 (Mrf4) は主に筋芽細胞から筋管細胞への最終分化に関与する^{4,5)}。このように筋再生過程において、段階的に各 MRFs が関与している⁴⁾。そのため、MRFs は筋損傷の受損傷程度や筋再生段階の指標としても有用である。また、paired box protein 7 (Pax7) は、胚期や周産期の骨格筋形成に必須の分子であり、骨格筋組織内では筋衛星細胞特異的に発現しているため、筋衛星細胞のマーカーとして頻用されている⁶⁾。さらに、筋損傷からの修復には、神経系・筋系・免疫系・核動態など多くの生体機能が関連するが、最近ではシグナル伝達系とその相互関係が検討され、筋衛星細胞の活性化・増殖・分化・成熟は basic-fibroblast growth factor (b-FGF), transforming growth factor- β (TGF- β), insulin-like growth factor-1 (IGF-1), hepatocyte growth factor (HGF) などの成長因子によっても制御されていることが知られる^{4,5)}。

骨格筋損傷に対する HBO の効果

HBO は骨格筋損傷に対しても、その有効性は 1980 年頃頃から報告され、HBO の強い浮腫軽減効果から、コンパートメント症候群等に適応されている⁷⁾。また、浮腫の軽減効果だけでなく、骨格筋損傷からの回復促進効果も示唆されており、実験動物モデルを使用した基礎的な研究もいくつか行なわれている。Best らは、ウサ

ギ前脛骨筋の伸張性過収縮筋損傷モデルを用いた検討より、1 週間の HBO (2.5 ATA, 60 分) を行なった群では、無治療群に比べ骨格筋の回復が早いことを筋組織学的に明らかとした⁸⁾。Gregorevic らは、塩酸ズピパカインを用いたラット薬剤性筋損傷モデルに対して、HBO の治療効果を検討し、2.5 ATA または 3.0 ATA にて治療した HBO (2.5 ATA, 80 分または 3.0 ATA, 60 分) 群での、再生筋線維面積の有意な増大と、損傷筋筋張力の回復促進を報告している⁹⁾。また彼らは、HBO はとくに遅筋線維の収縮力の回復を促進させることを報告している¹⁰⁾。そして、骨格筋機能の回復促進を引き起こす要因として、酸素濃度の増大による、筋内での脂質代謝やタンパク質合成経路の亢進、また、遅筋線維と速筋線維で効果が異なることについては、遅筋線維と速筋線維がもつ活性酸素種への耐性の違いについて考察している^{9,10)}。Asano らはマウス虚血性筋損傷モデルを用いた検討より、HBO (3.0 ATA, 60 分) 群での骨格筋機能の回復促進と、損傷組織中の HGF, b-FGF, Myf5 mRNA の発現増加を示した¹¹⁾。これらの報告により、HBO が骨格筋再生過程を促進させる可能性は十分に示されていたが、そのメカニズムとして、再生過程にどのような変化が起きているのかについては報告がなかった。

HBO が骨格筋再生過程に与える影響についての筆者らの研究

われわれは、ラット骨格筋損傷モデルを用いて、HBO の筋損傷回復促進効果を確認するとともに、その作用機序の一端を明らかにするため、骨格筋再生過程へ HBO が与える影響について解析した。

筋損傷モデルには、骨格筋破壊性ペプチドであるカルジオトキシン (CTX) を用いた薬剤性筋損傷モデル¹²⁾を使用した。10 μ M の CTX をラットの前脛骨筋 (TA) に注入し、損傷を誘導した後、無治療 (NT) 群、HBO 群、常圧酸素曝露 (NBO) 群、高圧空気曝露 (HBA) 群の 4 群を作製した。各治療には小動物用 HBO チャンバー (図 1) を用いて、損傷翌日から、HBO, HBA 群には 2.5 ATA にて、NBO 群には大気圧下 (1 ATA) にて 2 時間の 100 % 酸素曝露または空気曝露を週 5 回、2 週間行なった。

筋組織学的解析の結果、損傷後 5、15 日目における HBO 群の再生筋線維面積 (CSA) が、他群に比べ有意に増大していることを認めた (図 2A)。同様に、損傷 8 日後の HBO 群での損傷筋の筋張力は、NT 群より有意に高値であった (図 2B)。損傷骨格筋内での MRFs と成長因子の mRNA 発現解析では、筋衛星細胞を分化に導く MyoD, myogenin, IGF-1 の mRNA 発現が HBO 群で増加していた (図 3A)。さらに、Pax7 と MyoD の免疫

組織染色を行なったところ、興味深いことに、Pax7・MyoD二重陽性核 (Pax7⁺/MyoD⁺) が損傷後3日目に、MyoD単陽性核 (Pax7⁻/MyoD⁺) 数が損傷後5日目に HBO 群で、NT 群に比べ有意に高値であった (図3B)。しかしながら、損傷後8日目では、HBO 群のこれら陽性核数は NT 群より低値を示していた (図3B)。以上の結果は、HBO による高気圧高酸素曝露が、骨格筋損傷からの回復を促進させることを示すとともに、その作用機序の1つとして、HBO が筋衛星細胞の活性化時期を早めている可能性が示唆されるものであった。



図1 小動物用 HBO チャンバー

おわりに

われわれの研究から、HBO による高気圧高酸素曝露は筋衛星細胞の増殖・分化に影響を与え、再生過程の促進、期間の短縮をもたらすことが明らかとなった。しかしながら、なぜ酸素濃度の増加が筋衛星細胞の活性化をもたらすのか、その直接的な作用機序については現在のところ不明である。低酸素環境下では、筋衛星細胞の分化が抑制されることが報告されていることから¹³⁾、HBO による損傷組織の低酸素環境の改善が、再生促進に対し大きな影響を与えていることが考えられる。その他の要因としては、筋衛星細胞活性化のセカンドメッセンジャーとされている、活性酸素種 (ROS) や一酸化窒素 (NO) の関与¹⁴⁾、HBO 下でのマクロファージの貪食能の変化¹⁵⁾ について、今後の研究課題として注目している。さらに本分野の基礎研究が、スポーツ分野における HBO の使用に対してさらなる発展をもたらすことを期待し、骨格筋損傷に対する HBO の科学的エビデンスをもった治療方法の確立をめざしている。

文 献

- 1) Grim PS et al : Hyperbaric oxygen therapy. JAMA, 263 : 2216-2220, 1990.
- 2) James PB et al : Hyperbaric oxygen therapy in sports injuries : a preliminary study. Physiotherapy, 79 : 571-572, 1993.

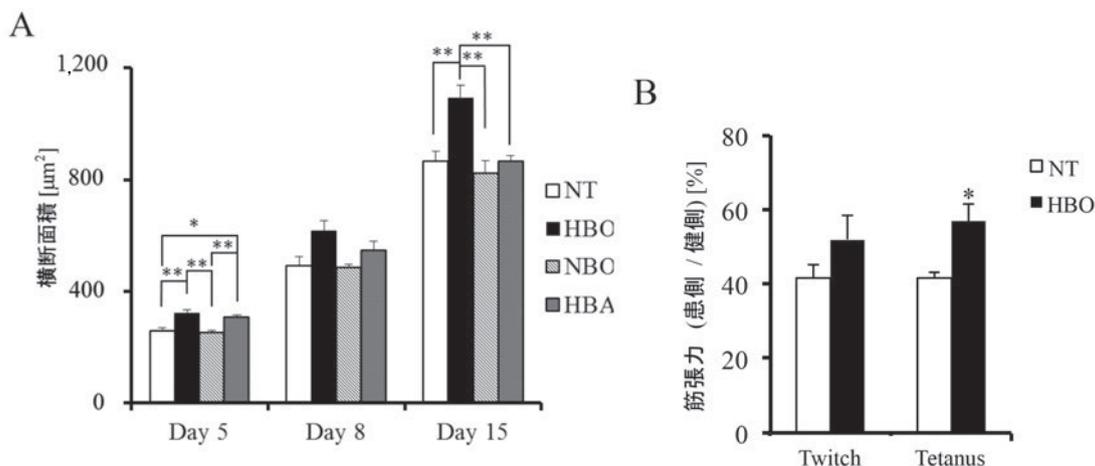


図2 HBOの筋損傷回復促進効果¹⁶⁾

A : 各群での再生筋線維横断面積の変化. * $p < 0.05$ 対 NT. B : 損傷8日目の損傷筋の筋張力. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

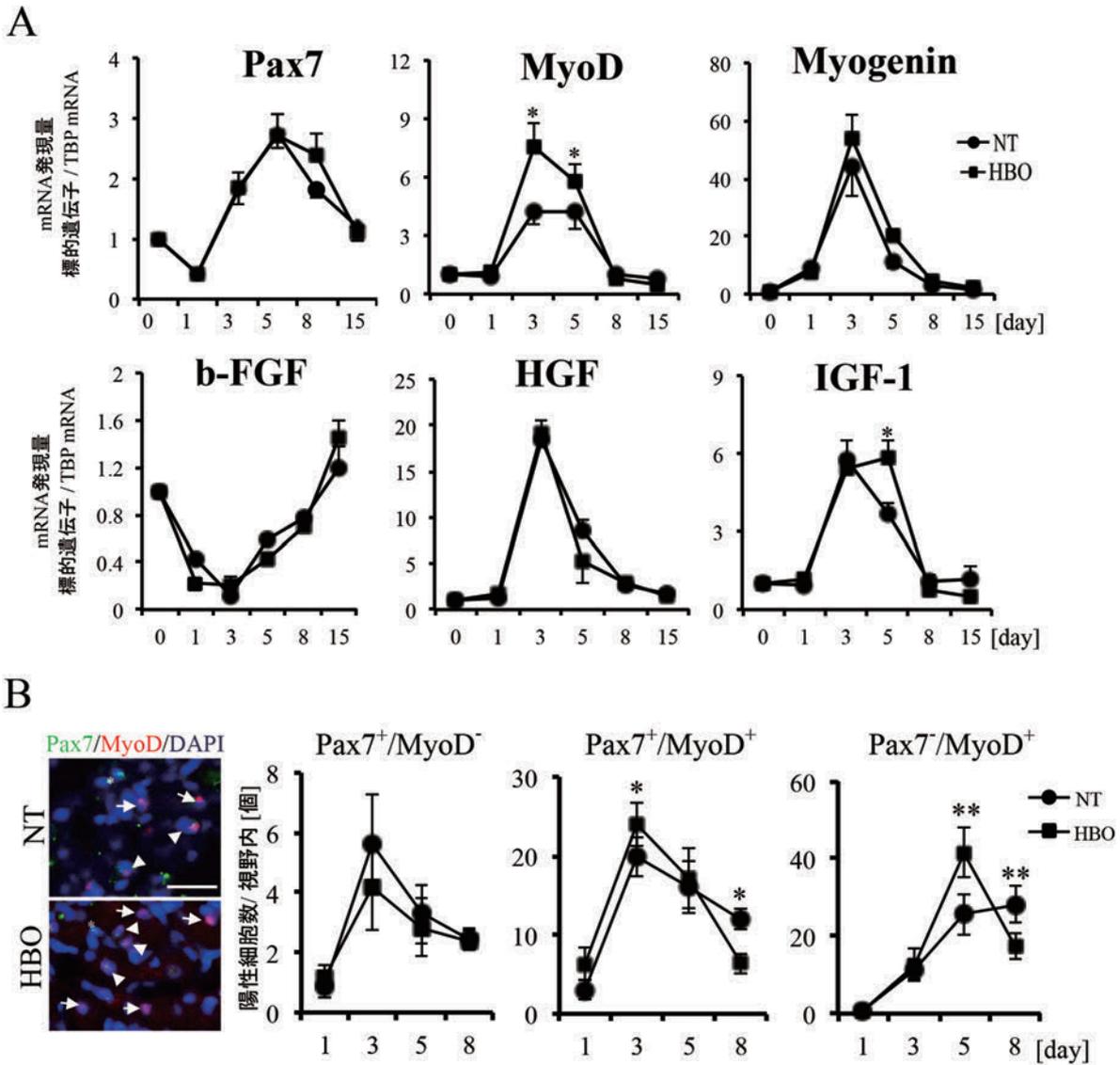


図3 HBOが筋衛星細胞の増殖・分化へ与える影響¹⁶⁾

A : 損傷骨格筋内の筋分化制御因子と成長因子 mRNA の発現変化。 * $p < 0.05$ 対 NT。

B : 損傷骨格筋組織の Pax7, MyoD の免疫染色像とその発現数の変化。 Pax7 (緑), MyoD (赤), DAPI (青)。アスタリスクは Pax7 と DAPI の二重陽性核 (Pax7⁺/DAPI⁺) を示す。矢頭は Pax7, MyoD, DAPI の三重陽性細胞 (Pax7⁺/MyoD⁺/DAPI⁺) を示す。矢印は MyoD と DAPI の二重陽性細胞 (MyoD⁺/DAPI⁺) を示す。 Scale bar = 20 μ m, * $p < 0.01$, ** $p < 0.001$ 対 NT。

- 3) Kanhai A et al : Hyperbaric oxygen therapy for lower-extremity soft-tissue sports injuries. J Am Podiatr Med Assoc, 93 : 298-306, 2003.
- 4) Chargé SB et al : Cellular and Molecular regulation of muscle regeneration. Physiol Rev, 84 : 209-238, 2004.
- 5) Hawke TJ et al : Myogenic satellite cells : physiolo-

gy to molecular biology. J Appl Physiol, 91 : 534-551, 2001.

- 6) Olguín HC et al : Marking the tempo for myogenesis : Pax7 and the regulation of muscle stem cell fate decisions. J Cell Mol Med, 16 : 1013-1025, 2012.
- 7) Strauss MB : The effect of hyperbaric oxygen in

- crush injuries and skeletal muscle-compartment syndromes. *Undersea Hyperb Med*, 39 : 847-855, 2012.
- 8) Best TM et al : Hyperbaric oxygen in the treatment of acute muscle stretch injuries. Results in an animal model. *Am J Sports Med*, 26 : 367-372, 1998.
 - 9) Gregorevic P et al : Hyperbaric oxygen improves contractile function of regenerating rat skeletal muscle after myotoxic injury. *J Appl Physiol*, 89 : 1477-1482, 2000.
 - 10) Gregorevic P et al : Hyperbaric oxygen increases the contractile function of regenerating rat slow muscle. *Med Sci Sports Exerc*, 34 : 630-636, 2002.
 - 11) Asano T et al : Hyperbaric oxygen induces basic fibroblast growth factor and hepatocyte growth factor expression, and enhances blood perfusion and muscle regeneration in mouse Ischemic Hind Limbs. *Circ J*, 71 : 405-411, 2007.
 - 12) d'Albis A et al : Regeneration after cardiotoxin injury of innervated and denervated slow and fast muscles of mammals. Myosin isoform analysis. *Eur J Biochem*, 174 : 103-110, 1988.
 - 13) Di Carlo A et al : Hypoxia inhibits myogenic differentiation through accelerated MyoD degradation. *J Biol Chem*, 279 : 16332-16338, 2004.
 - 14) Filippin LI et al : Nitric oxide regulates the repair of injured skeletal muscle. *Nitric Oxide*, 24 : 43-49, 2011.
 - 15) Liu ZJ et al : Hyperoxia, endothelial progenitor cell mobilization, and diabetic wound healing. *Antioxid Redox Signal*, 10 : 1869-1882, 2008.
 - 16) Horie M et al : Enhancement of satellite cell differentiation and functional recovery in injured skeletal muscle by hyperbaric oxygen treatment. *J Appl Physiol*, 116 : 149-155, 2014.

膝前十字靭帯損傷の受傷機転における外力の影響

—競技種目別の傾向—

Injury Mechanisms of the Anterior Cruciate Ligament Injury About Characteristic of Sports Event

北岡さなえ ¹⁾	Sanae Kitaoka	小林 寛和 ²⁾	Hirokazu Kobayashi
金村 朋直 ¹⁾	Tomonao Kanamura	岡戸 敦男 ¹⁾	Tsuruo Okado
横江 清司 ¹⁾	Kiyoshi Yokoe		

● Key words

Anterior cruciate ligament injury : Injury mechanisms : Sports event

●要旨

外傷予防策に活用すべき知見を得ることを目的として、受傷時に加わった外力に着目した受傷機転の分類を試みた。当所を受診し、膝前十字靭帯損傷と診断された1,383名を対象に、競技種目別に受傷時に加わった外力から受傷機転を noncontact injury, direct contact injury, indirect contact injury の3つに分類した。その結果、競技により受傷時に加わった外力の傾向が異なっており、サッカー、バスケットボール、ハンドボールでは noncontact injury での受傷が半数以上を占め、contact injury に関しては、indirect contact injury が direct contact injury よりも多かった。一方、ラグビー、柔道、アメリカンフットボールでは noncontact injury は半数以下であり、direct contact injury が indirect contact injury よりも多かった。

はじめに

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は、スポーツ活動時に発生する膝関節の急性外傷として知られている。ACL 損傷の受傷により、再建術施行の有無に関わらず、スポーツ活動への復帰までには多大な時間と費用を要する。また、将来的な変形性膝関節症等への移行も危惧される。そのため、1980年代後半から予防の重要性が提唱されはじめ、2000年に入ってから外傷予防に関する国際学会が開かれるなど、有用な情報の発信される機会が増えてきている^{1,2)}。さらに競技種目別に外傷予防策が考

えられ、その成果についても報告がなされている^{3,4)}。

有効な外傷予防策を実践するためには、受傷機転を明確にし、それと関係する要因をあわせて整理することが必要となる。ACL 損傷の受傷機転については、受傷時に加わった外力に関する報告が多くなされており、他者からの外力がなく受傷した noncontact injury (非接触型損傷) が多いという見解で一致している⁵⁻¹²⁾。競技種目によっては、他者との接触によって受傷した、contact injury (接触型損傷) が多いものもある¹³⁾。

しかし、contact injury は、外力の加わり方によって分類が異なっている場合が多く、その区分は報告によってさまざまである。たとえば、膝関節以外の身体のい

北岡さなえ
〒470-2212 知多郡阿久比町卯坂浅間裏49-9
公益財団法人スポーツ医・科学研究所
TEL 0569-48-7383

1) 公益財団法人スポーツ医・科学研究所
Institute of Sports Medicine and Science
2) 日本福祉大学健康科学部
Faculty of Health Science, Nihon Fukushi University

れかの部位に外力が加わった際に受傷したものが、contact injuryに分類されている報告もあれば、noncontact injuryに分類されている報告もある。また、膝関節への直接的な外力が加わった場合をcollision injuryと区別して表現しているもの¹³⁾もある。

今回、外力の加わり方に着目して競技種目ごとに受傷機転の分類を行ない、外傷予防策に活かす知見を得ることを目的とした。

対 象

対象は、1988年6月から2008年6月の20年間に当所を受診し、MRIもしくは関節鏡視にてACL損傷の確定診断がなされ、理学療法を施行した1,383名とした。対象のプロフィールは、男性665名(身長172.9±6.7cm, 体重72.0±13.6kg, 年齢22.0±6.3歳)、女性718名(身長161.9±7.3cm, 体重57.1±8.0kg, 年齢19.7±6.8歳)であった。両側損傷例および再損傷の対象は除外した。また、受傷時に外部からの外力の影響が不明であるもの、スポーツ活動時に特殊な状況に陥ったことによる事後的な受傷であるものは対象から除いた。対象の約70%は受傷後1ヵ月以内に当所を受診していた。膝内側側副靭帯損傷などの合併損傷を有する対象は201名(14.5%)であった。

方 法

対象の理学療法の診療記録より、受傷時の状況について以下の項目を調査した。診療記録は、熟練した理学療法士が直接対象者に対してインタビューを行ない、対象者が受傷時の状況について、健側を用いて再現した結果を記録・保存した。

1. 受傷時の競技種目

男女別に受傷の多い競技種目について調査した。

2. 競技種目別の受傷時に加わった外力の分類

男女それぞれで受傷の多かった10競技種目について、受傷時に身体に加わった外力を以下の3つに分類した。

1) noncontact injury (非接触型損傷)

受傷時(直前を含む)に、ほかとの接触がなく、受傷に至ったもの。

2) direct contact injury (直達外力損傷)

ほかからの接触の影響により、外傷が発生したもののうち、膝関節周囲に物理的に避けることのできない外

力が加わり、下肢に運動強制がなされたことにより、受傷に至ったもの。

3) indirect contact injury (介達外力損傷)

膝関節に影響を与える外力が、膝関節周囲以外の体幹や上肢などの部分に加わったもの。対象が、その外力で身体運動・下肢運動に影響を受けたと主観的に判断したものが含まれる。

3. 統計学的解析

男女上位10競技種目を対象とし、受傷時に加わった外力の比率が競技種目により差があるかを比較した。統計学的解析には、 χ^2 検定を用いた。有意水準は5%とした。

結 果

1. 受傷時の競技種目

男性において、最も多かった競技種目はサッカーであり、143名(25.7%)であった。バスケットボール(101名, 18.1%)、ラグビー(53名, 9.5%)、ハンドボール(44名, 7.9%)と続いた(図1)。

女性において、受傷の多かった競技種目は、バスケットボール(307名, 42.8%)、ハンドボール(78名, 14.6%)、バレーボール(36名, 5.0%)の順であった(図2)。

2. 競技種目別の受傷時に加わった外力の分類

1) 男性(図3)

受傷時に加わった外力の影響について、競技種目間で占める比率に差がみられた($p<0.05$)。サッカー、バスケットボール、ハンドボールでは半数以上がnoncontact injuryであった。一方、ラグビー、アメリカンフットボール、柔道、相撲ではcontact injuryが多く、とくにdirect contact injuryが多い傾向がみられた。

2) 女性(図4)

受傷時に加わった外力の影響について、競技種目間で占める比率に差がみられた($p<0.05$)。柔道以外の競技種目ではnoncontact injuryが多く、半数以上を占めた。柔道では、direct contact injuryの比率が高かった。

考 察

今回、受傷時に加わった外力に関する受傷機転の特徴について、1,000名以上のACL損傷受傷者のインタビュー結果より調査を行なった。当所を受診者においては、男性ではサッカー、バスケットボール、ラグビーの順に受傷が多く、女性ではバスケットボール、ハンドボ

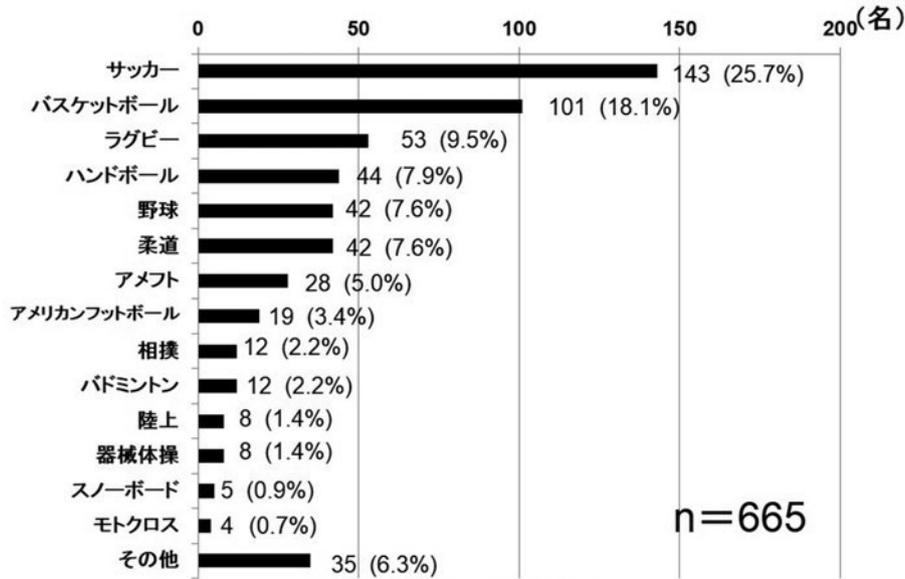


図1 受傷時の競技 (男性)

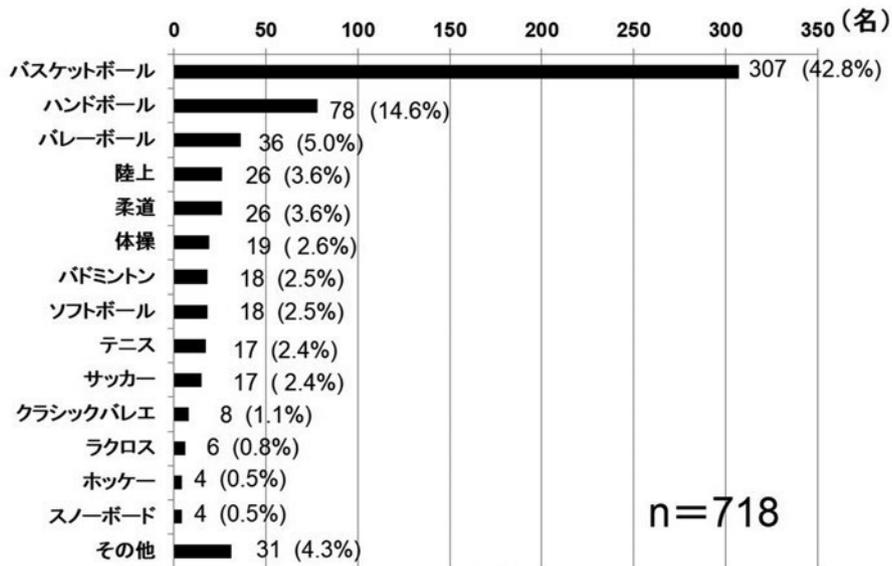


図2 受傷時の競技 (女性)

ール、バレーボールの順に受傷が多かった。

受傷時の外力の特徴に関しては、バスケットボールやハンドボール、サッカーなどでは過半数がnoncontact injuryであった。バスケットボール、ハンドボール、サッカーでは、ストップ動作や方向転換動作が頻繁に用いられる競技である。これらのスポーツ動作の特徴は、noncontact injuryに大きく関係する。そのため、スポーツ動作の特徴とそれに関係する機能的要因を改善していくことが予防策には必須であると考え、受傷に関係す

る代表的な動作の特徴を解明するとともに、共通する機能的要因や個人の有する特徴的な要因について、対策を立てなければならない。

contact injuryに関しては、膝関節への外力の加わり方について分類し、調査した。バスケットボール、ハンドボール、サッカーなどでは、indirect contact injuryでの受傷が多かった。これは、上肢や体幹に加わった外力が、下肢へと波及し、knee-in & toe-out¹⁴⁾やdynamic valgus¹⁵⁾などのACL損傷の受傷に関係する動的アラ

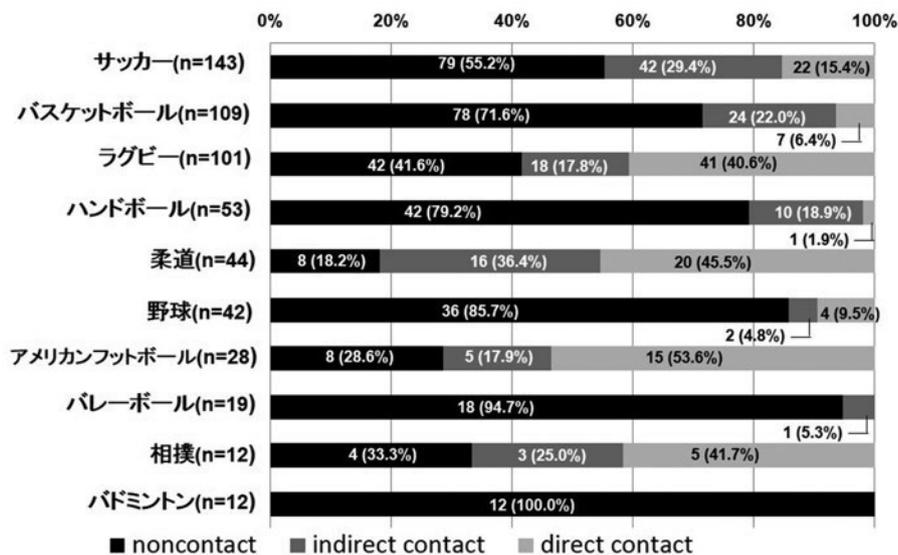


図3 競技別の受傷時に加わった外力の分類 (男性)

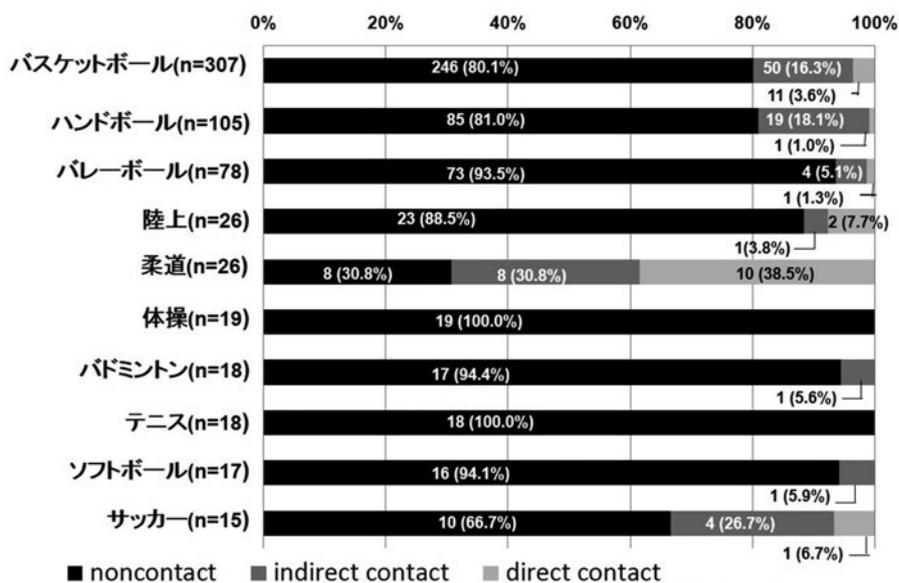


図4 競技別の受傷時に加わった外力の分類 (女性)

イメントにつながる事が考えられる。先行研究¹⁶⁾において、女子バスケットボール選手における ACL 損傷の受傷機転について検討した結果、ジャンプ着地時の受傷では contact injury の割合が高いことが明らかとなった。シュートやリバウンドなどのジャンプ着地時には、相手との接触により体幹や上肢に外力が加わることが多いと推測される。このような場合の対策として、受傷に関係しやすい動的アライメントを呈さないために、体幹の固定性の獲得が重要となる。また、加わった外力を上

肢や体幹、股関節の運動により吸収し、膝関節へ外力の影響が波及しないようにすることも対策として考えられる。バスケットボールやサッカー、ハンドボールなどでは、この外力に抗する機能と、外力を膝関節以外の運動により吸収する機能を適切に使い分け、膝関節に外力の影響が波及しないようにすることが、予防策として重要となると考える。

ラグビー、アメリカンフットボール、柔道では、contact injury の割合が高く、とくに direct contact injury

の割合が高くなっていた。これらの競技では、膝関節周囲への直達外力への対策を講じる必要があると考える。われわれは、ラグビーにおいてコンタクトを受ける危険性の高い局面で膝関節の急性外傷を防ぐためには、膝屈曲位を保持した、いわゆる低い姿勢で、股関節外転、外旋位にして外力に耐えるのか、あるいは、細かなステップで外力を逃がすのかを判断し、すみやかに実践することを提唱している¹⁷⁾。また、knee-inを強制する外力に抗するために必要な筋力として、膝関節周囲筋群や股関節外転、外旋の筋力の重要性について報告している¹⁸⁾。ラグビーやアメリカンフットボール、柔道などの膝関節周囲に外力が加わる可能性の高い競技においては、これらの外力に抗するための機能的要因の改善と、外力に対応するためのスキルの獲得が必要であると考えらる。

結 語

今回、ACL損傷の受傷機転に関して、受傷時の外力に関する調査を行なった。その結果、競技種目により、受傷時に加わる外力は異なることが明らかとなった。サッカー、バスケットボール、ハンドボールではnoncontact injuryでの受傷が多く、direct contact injuryよりもindirect contact injuryの件数が多かった。

一方、ラグビー、柔道、アメリカンフットボールではnoncontact injuryは半数以下であり、indirect contact injuryよりも、direct contact injuryが多くみられた。

文 献

- 1) Griffin LY et al : Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries : a review of the Hunt Valley II meeting January 2005. *Am J Sports Med*, 34 : 1512-1532, 2006.
- 2) Renstrom P et al : Non-contact ACL injuries in female athletes : an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*, 42 : 394-412, 2008.
- 3) 津田清美ほか：膝前十字靭帯損傷 予防ビデオとそのポイント. *臨スポーツ医*, 25 : 120-126, 2008.
- 4) 清水 結ほか：女子バスケットボール選手に対するリハビリテーション. *臨スポーツ医*, 26 : 793-801, 2009.
- 5) 成田哲也ほか：バスケットボール競技特性と ACL 損傷—日本リーグにおける障害調査—. *臨スポーツ医*, 19 : 75-79, 2002.
- 6) Kobayashi H et al : Mechanism of the anterior cruciate ligament injury in sports activities : a twenty-year clinical research of 1700 athletes. *J Sports Sci Med*, 9 : 669-675, 2010.
- 7) Gray J et al : A survey of the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *Int J sports Med*, 6 : 314-316, 1985.
- 8) Krosshaug T et al : Mechanism of anterior cruciate ligament injury in basketball : video analysis of 39 cases. *Am J sports Med*, 35 : 359-367, 2006.
- 9) Agel J et al : Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer : a 13 year review. *Am J sports Med*, 33 : 524-530, 2005.
- 10) Olsen OE et al : Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injury in team handball : a systematic video analysis. *Am J sports Med*, 32 : 1002-1012, 2004.
- 11) Boden BP et al : Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23 : 573-578, 2000.
- 12) 小林寛和：膝関節における外傷発生の運動学的分析—女子バスケットボールにおける膝前十字靭帯損傷の発生機転を中心に—. *理学療法学*, 21 : 537-540, 1994.
- 13) Bradley JP et al : Anterior cruciate ligament injury in the national football league : current treatment trends among team physicians. *Arthroscopy*, 18 : 502-509, 2002.
- 14) 川野哲英ほか：スポーツ動作からみた保存療法の考え方—機能的補助具療法を中心に—. *整・災外*, 41 : 1195-1204, 1998.
- 15) Hewett TE et al : Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes : a prospective study. *Am J Sports Med*, 33 : 492-501, 2005.
- 16) Kobayashi H et al : The inciting event of the anterior cruciate ligament injuries in female basketball players. *整スポ会誌*, 31 : 119-125, 2011.
- 17) 小林寛和：ラグビー選手の外傷とその理学療法. *理療ジャーナル*, 30 : 159-168, 1996.
- 18) 金村朋直ほか：外力に対する knee-in 制動と下肢筋力の関係. *スポーツ医・科学*, 2 : 9-12, 2012.

若年者(中学生・高校生)の腰椎椎間板ヘルニアに対する 内視鏡下椎間板摘出術の短・中期成績

Clinical Outcomes of Microendoscopic Discectomy for Lumbar Disc Herniation in Pediatric Patients

佐藤 公昭¹⁾ Kimiaki Sato 副島 崇¹⁾ Takashi Soejima
村上 秀孝²⁾ Hidetaka Murakami 志波 直人¹⁾ Naoto Shiba

● Key words

腰椎椎間板ヘルニア, 内視鏡下椎間板摘出術, 若年者

● 要旨

若年者(中学生・高校生)の腰椎椎間板ヘルニア8例に対して施行した内視鏡下椎間板摘出術の治療成績を検討した。年齢は16.4(13~18)歳で, 性別は男性4例・女性4例であり, 中学生1人, 高校生7人であった。経過観察期間は12.0(2~32)ヵ月であった。腰痛, 下肢痛, しびれの visual analog scale, および腰痛特異的 QOL 尺度である Roland-Morris Disability Questionnaire は術前と比較して最終調査時にはいずれも有意に改善していた。術中・術後インシデントは認められず, 手術後0.7(0.3~1.0)ヵ月で全例復学していた。

はじめに

内視鏡下椎間板摘出術(microendoscopic discectomy; MED)は皮膚切開が小さく軟部組織に対して低侵襲であることから, 社会生活やスポーツへのすみやかな復帰が可能とされている。しかし, 若年者の手術症例は比較的多いため, MEDの有効性に関する報告は少ない。今回, 若年者(中学生・高校生)の腰椎椎間板ヘルニアに対するMEDの手術成績について検討したので報告する。

対象および方法

2002年11月から2012年3月までに, 同一術者が施行した脊椎内視鏡下手術は154例であった。初回手術とし

てMEDを施行した腰椎椎間板ヘルニアは154例中129例であり, 単椎間が123例(外側ヘルニア6例を含む), 2椎間が6例であった。この中で, 若年者(中学生・高校生)の脊柱管内ヘルニアに対して片側単椎間のMEDを施行した8例を対象とした。症例の概要を表1に示す。8例中5例はスポーツあるいはクラブ活動をしており, その内訳は, 野球, バスケットボール, 柔道, ダンス, チアガールが各1例であった。

手術は全身麻酔下に施行し, 体位はフレームを用いた腹臥位とした。手術器材はMETRx™ system(Medtronic Sofamor Danek, Memphis, Tennessee)を使用した。X線透視下に手術高位を確認し, 上位椎弓下縁に23Gカテラン針を刺入, また当該椎弓間の上位棘突起に18G針を刺入して, マーキングを行なった。次いで, 正中から1~1.5cm患側, 当該椎弓間上に小切開を加えて筋膜切開

佐藤公昭
〒830-0011 久留米市旭町67
久留米大学医学部整形外科
TEL 0942-35-3311

1) 久留米大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kurume University School of Medicine
2) 村上外科病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Murakami Surgical Hospital

表1 対象症例の概要

症例数(男・女)	8(4・4)例
年齢	16.4±1.6(13~18)
高位	L4~5:7例, L5~S1:1例
罹病期間	7.5±7.4(2~24)ヵ月
身長	162.4±8.5(150~175)cm
体重	58.8±13.3(46~82)kg
BMI(body mass index)	22.2±4.1(17.7~29.1)kg/m ²
職業	中学生1名, 高校生7名
経過観察期間	12.0±9.6(2~32)ヵ月

後、傍脊柱筋に順次径の太いダイレーターを挿入し、内径18mmの円筒レトラクターと内視鏡を設置した。以後、椎間板ヘルニアを摘出するまで、すべての操作は円筒レトラクター内で行なった。最後に創洗浄を行ない、吸引ドレーンを留置して閉創した。後療法は手術翌日から歩行を許可し、3ヵ月間のコルセット装着を指導した。

検討項目は手術時間、出血量、腰痛・下肢痛・しびれのvisual analog scale(VAS;10cmスケール)と腰痛に特異的なquality of life(QOL)の尺度であるRoland-Morris Disability Questionnaire(RDQ)¹⁾、術中・術後合併症、手術から復学までの期間とした。

統計解析に関して、術前と最終調査時のデータの比較にはWilcoxon signed-rank testを用い、 $p<0.05$ を有意差ありとした。各データはmean±standard deviation(SD)で表示した。

結 果

全例内視鏡下に椎間板ヘルニアを摘出することができ、手術時間は90.6±22.7分、出血量は33.1±63.7gであった。VAS値は腰痛、下肢痛、しびれの3項目とも有意に改善し、RDQ値も有意に改善していた(図1)。また、術中・術後インシデントや再発ヘルニアは認められず、手術後にすべての症例は復学することができた。手術から復学までの期間は0.72±0.25(0.3~1.0)ヵ月であった。

考 察

1997年にFoleyら²⁾によって報告されたMEDは、本邦でも1998年から施行できるようになった手術法である。その後急速に普及し、現在では標準術式の1つとして認識されるようになってきている。日本整形外科学会が行なった手術施行状況調査では、2011年の1年間に全国

287施設で11,154件の椎管内視鏡下手術が行なわれており、外側ヘルニアを除く腰椎椎間板ヘルニアに対して5,481件のMEDが施行されていた³⁾。最近行なわれるようになってきた経皮的内視鏡下椎間板摘出術は1,240件と増加しているものの、現時点ではMEDのほうが広く普及している術式といえる。

腰椎椎間板ヘルニアに対する手術法として、MED以外にも従来から行なわれてきた通常の椎間板摘出術(Love法)や顕微鏡下椎間板摘出術、経皮的髄核摘出術、レーザー椎間板蒸散法(健康保険適用外)、椎間板内酵素注入療法(本邦未承認)などがある。術式間の治療成績に関しては、通常の椎間板摘出術と顕微鏡下椎間板摘出術は同等であり、通常の椎間板摘出術と内視鏡下椎間板摘出術の間で臨床上的結果に有意差はないとされている。また、通常の椎間板摘出術のほうが、経皮的髄核摘出術やレーザー椎間板蒸散法、椎間板内酵素注入療法より治療成績は良好とされている⁴⁾。若年者に関しては、髄核の変性は軽度なことが多いので、手術操作はヘルニア腫瘍の摘出にとどめ、母髄核にはあまり侵襲を加えないほうがよいとされている。したがって、経皮的髄核摘出術やレーザー椎間板蒸散法、椎間板内酵素注入療法の適応は限定的と考えられている⁵⁾。

若年者の腰椎椎間板ヘルニアに対しては、成人例と同様に保存的治療が原則であるが、十分な効果が得られない場合には手術的治療を検討する必要がある。しかし、一般的に10歳代の症例に手術を行なう頻度は1.2%⁶⁾から9.8%⁷⁾とされており、体育の授業やクラブ活動などに参加する、活動性の高い若年者におけるMEDの治療成績に関するまとまった報告は少ない⁸⁾。過去の報告をみると、若年者の腰椎椎間板ヘルニアに対する従来法の手術成績は良好とされている^{9,10)}。また、術中出血量や社会復帰、血液検査の結果など、さまざまな観点から内視鏡下手術の低侵襲性が報告されている^{11,12)}。したがって、有効性や低侵襲性、普及率などを考えあわせると、若年者の腰椎椎間板ヘルニアに対して施行する手術法として、MEDは有力な選択肢の1つといえる。

最近海外から報告された無作為化比較試験の結果をみると、MEDは従来から行なわれている顕微鏡下手術や直視下手術と比較して、インシデントの発生が多いことが指摘されている¹³⁾。しかし、本邦では技術認定制度の設立や、講習会の開催など、椎管内視鏡下手術が普及・発展するための環境が十分整備されている¹⁴⁾。また、椎管内視鏡下手術施行にあたっての指針も示されており¹⁵⁾、本邦におけるインシデント発生率は従来法と比較して決して高くはないと報告されている¹⁶⁾。今回の結果をみても、若年者の腰椎椎間板ヘルニアに対して施行し

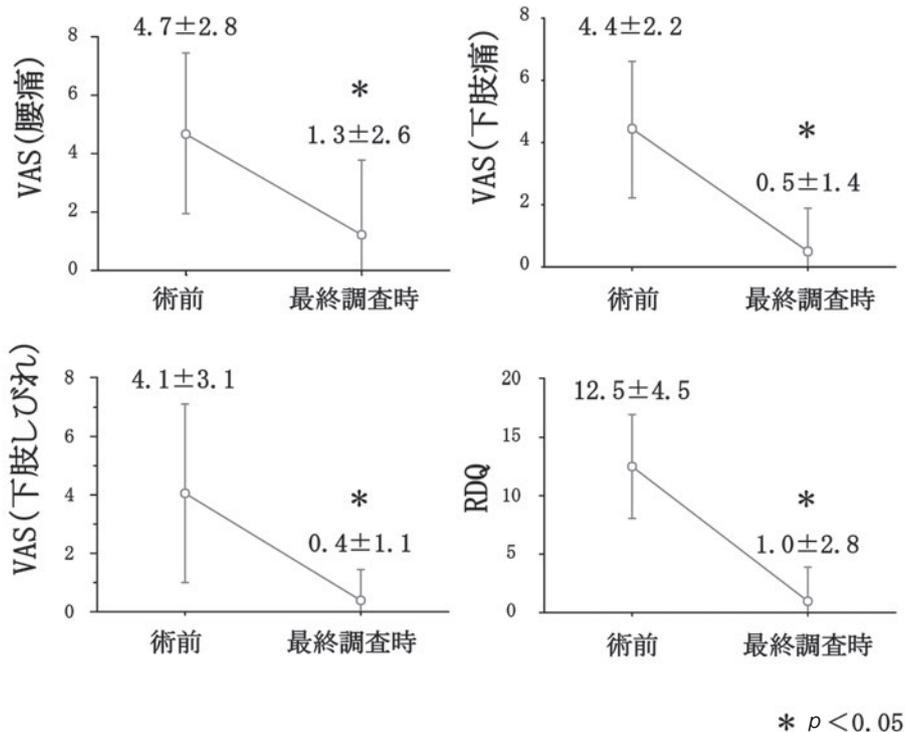


図1 VAS値とRDQ値の推移

たMEDの短・中期成績は良好であり、すみやかな復学が可能であった。

結 語

若年者(中学生・高校生)の腰椎椎間板ヘルニアに対して施行したMEDの術後短・中期成績は良好であり、RDQを指標としたQOLも十分改善し、すみやかな復学が可能であった。

文 献

- 1) 福原俊一：Roland-Morris Disability Questionnaire (RDQ) 日本語版マニュアル—腰痛特異的 QOL 尺度. 医療文化社, 東京：2004.
- 2) Foley KT et al：Microendoscopic discectomy. Tech Neurosurg, 3：301-307, 1997.
- 3) 長谷川徹ほか：脊椎内視鏡下手術の現状—2011年1月～12月手術施行状況調査・インシデント報告集計結果—. 日整会誌, 86：724-729, 2012.
- 4) 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会, 腰椎椎間板ヘルニア診療ガイドライン策定委員会(編)：腰椎椎間板ヘルニア診療ガイドライン. 第2版, 南

- 江堂, 東京：2001.
- 5) 持田譲治：若年者の腰椎椎間板ヘルニア. 今日の整形外科治療指針. 第6版, 医学書院, 東京：659-660, 2010.
- 6) Spangfort EV：The lumbar disc herniation：a computer-aided analysis of 2,504 operations. Acta Orthop Scand Suppl, 142：1-95, 1972.
- 7) 桐田良人：腰痛症・診断(高位診断を中心とした臨床診断について). 明日への整形外科展望'75. 金原出版, 東京：132-145, 1975.
- 8) 渡辺 慶ほか：若年者の腰椎椎間板ヘルニアに対する内視鏡下椎間板摘出術の術後成績. J Spine Res, 2：1346-1349, 2012.
- 9) Ishihara H et al：Lumbar intervertebral disc herniation in children less than 16 years of age. Long-term follow-up study of surgically managed cases. Spine, 22：2044-2049, 1997.
- 10) Papagelopoulos PJ et al：Long-term outcome of lumbar discectomy in children and adolescents sixteen years of age or younger. J Bone Joint Surg, 80：689-698, 1998.
- 11) Huang TJ et al：Less systemic cytokine response in patients following microendoscopic versus open

- lumbar discectomy. J Orthop Res, 23 : 406-411, 2005.
- 12) Wu X et al : Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation : surgical technique and outcome in 873 consecutive cases. Spine, 31 : 2689-2694, 2006.
 - 13) Teli M et al : Higher risk of dural tears and recurrent herniation with lumbar micro-endoscopic discectomy. Eur Spine J, 19 : 443-450, 2010.
 - 14) 出沢 明 : 脊椎内視鏡下手術の技術認定制度について. 日内視鏡外会誌, 11 : 141-146, 2006.
 - 15) 社団法人日本整形外科 学会脊椎内視鏡下手術・技術認定制度委員会 : 「脊椎内視鏡下手術施行にあたっての指針」について. 2005.
 - 16) 松本守雄ほか : 脊椎内視鏡下手術の現状—2007年1月～12月手術施行状況調査・インシデント報告 集計結果—. 日整会誌, 83 : 56-61, 2009.

エンドフェモラルエイマーを使用し後外側束を温存した 前十字靭帯補強術における前内側束の大腿骨孔位置の検討

The Investigation of Femoral Tunnel Position for Anteromedial Bundle in Anterior Cruciate Ligament Augmentation Preserving Posterolateral Bundle Used Endo Femoral Aimer

山賀 篤 ¹⁾	Atsushi Yamaga	塚原 隆司 ¹⁾	Takashi Tsukahara
河合 亮輔 ¹⁾	Ryosuke Kawai	山賀 寛 ²⁾	Hiroshi Yamaga
酒井 忠博 ³⁾	Tadahiro Sakai	平岩 秀樹 ³⁾	Hideki Hiraiwa

● Key words

Anterior cruciate ligament : Augmentation : Anteromedial bundle

● 要旨

エイマーを用いて AM 補強術を行なった 11 例 (A 群) と、同時期に ACL 解剖学的二重束再建術を行なった 98 例 (B 群) を対象とした。CT 上の Quadrant 法での AM 骨孔位置は、Deep-sharrow 方向を示す t 値の平均は A 群 $33.0 \pm 8.65\%$ 、B 群 $25.9 \pm 5.32\%$ と A 群で有意に骨孔が浅い位置に作製されていた。また high-low 方向を示す h 値の平均は A 群 $22.3 \pm 6.68\%$ 、B 群 $27.4 \pm 8.30\%$ と B 群で骨孔が低い位置に作製される傾向があった。

AM 補強術で至適位置に骨孔を作製するためには大腿骨外顆後方の軟骨縁を確認できるまでレムナントを郭清しガイドに頼らず骨孔位置を決定する必要がある。

はじめに

前十字靭帯 (ACL) 再建術における再建靭帯の大腿骨孔の作製位置は、術後成績に影響する重要な因子の一つである。近年では ACL の部分断裂に対して、断裂した部位のみを再建する補強術¹⁻³⁾が行なわれる場合があるが、この術式における骨孔位置を検討した報告は少ない。

本研究の目的は、前内側束 (AM 束) のみを再建する AM 補強術における、大腿骨側 AM 骨孔の作製位置について検討することである。

対象と方法

平成 22 年 8 月から平成 24 年 3 月までに当院にて行なった ACL 再建術 132 例のうち、ユニバーサルエンドフェモラルエイマー (smith & nephew, Boston, MA, USA, 以下エイマー) を用いて ACL を再建し、かつ術後 CT で大腿骨孔が確認可能であった 109 例を対象とした。うち AM 補強術を行なった 11 例 (A 群: 男性 3 例, 女性 8 例, 15~37 歳, 平均 22.0 歳) と ACL 解剖学的二重束再建術を行なった 98 例 (B 群: 男性 46 例, 女性 52 例, 13~53

山賀 篤
〒500-8523 岐阜市橋本町3丁目23番地
朝日大学歯学部附属村上記念病院整形外科
TEL 058-253-8001
E-mail atyama@murakami.asahi-u.ac.jp

- 1) 朝日大学歯学部附属村上記念病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Murakami Memorial Hospital, Asahi University
- 2) やまが整形外科
Yamaga Orthopaedic Clinic
- 3) 名古屋大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagoya University

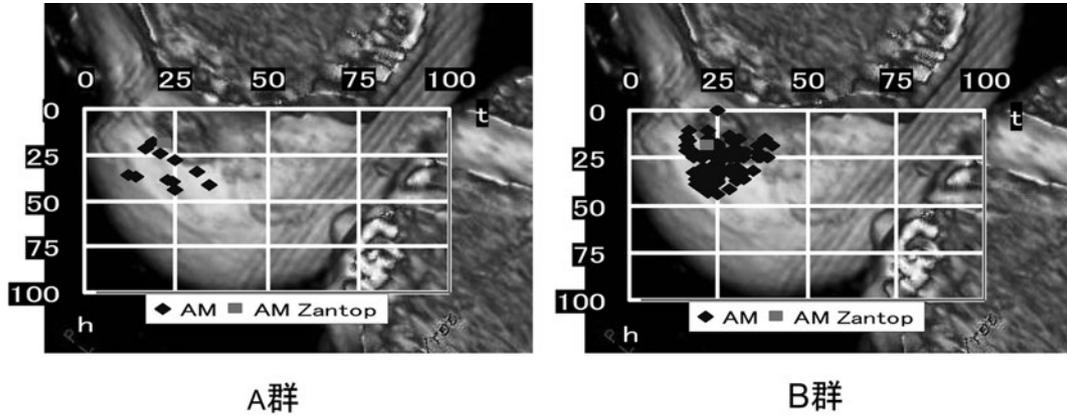


図1 Quadrant法でのA群, B群の骨孔位置
AM ZantopはZantopの論文⁴⁾でのAM骨孔位置を示す.

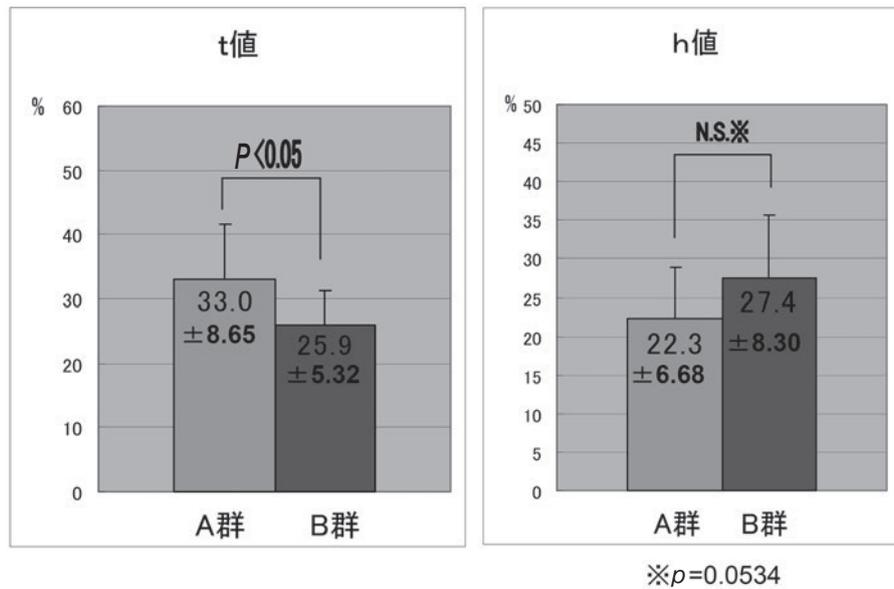


図2 Quadrant法での両群のt値, h値の平均

歳, 平均23.1歳)の結果を比較検討し, 他の文献^{4~6)}が示した解剖学的な位置とも比較した.

AM補強術の適応は中前⁷⁾のレムナント分類 type4とした.

骨孔の作製は, 両群とも経ポータル法にて行ない, エイマーの先端を大腿骨外顆後方に掛けてガイドピンを刺入し作製した. AM補強術では, 残存するPL東周囲を, 後方は大腿骨外顆後方の軟骨縁を確認できるまで可及的に郭清を行なった. AM東の移植腱には両群とも四重折り半腱様筋腱と人工靭帯のハイブリッド腱を使用した.

術後1週間で撮影した3D-CTを用いて, Quadrant

法⁸⁾でのAM骨孔のt値(Blumensaat's線に沿った大腿骨外顆後壁からの距離の比率で関節鏡視ではdeep-shallowの方向を表す)とh値(Blumensaat's線から大腿骨外顆下壁への垂線の最大値を基準とした上方からの距離の比率で関節鏡視ではhigh-lowの方向を表す)について計測し評価した. 統計学的検討にはstudent-t検定を使用し, 危険率5%未満を有意差ありとした.

結 果

t値はA群の平均33.0±8.65%, B群の平均25.9±5.32%であった. h値の平均はA群の平均22.3±6.68%, B

群の平均27.4±8.30%であった(図1).

t値はA群で有意($p < 0.05$)に大きく、B群より浅い位置に骨孔が作製されていた。またA群ではt値の標準偏差が大きく(S.D.=8.65)、骨孔作製位置にdeep-shallowの方向へのばらつきがみられた。過去の文献⁴⁻⁶⁾の報告ではt値は18~26%とされており、B群では、ほぼ同等の値であったが、A群では浅い位置に作製される傾向があった。

h値は、A群のほうがやや小さく、B群より高い位置に骨孔が作製される傾向があったが有意差はなかった($p = 0.0534$)。しかし過去の文献⁴⁻⁶⁾の報告ではh値は22~25%とされており、A群では、ほぼ同等の値であり、むしろB群で低い位置に作製される傾向があった(図2)。

考 察

ACL補強術の利点について中前ら⁷⁾は、レムナントに残存する血管から移植腱へ早期に血管新生が生じること、レムナントに存在するメカノレセプターが温存され膝の固有感覚にとって有利に作用すること、レムナントの膝関節制動機能を温存できることであると報告している。

本研究の結果では、AM補強術にエイマーを用いて作製した大腿骨側AM骨孔の位置はt値で有意に浅い位置に作製されており、さらにばらつきが大きくなる。h値では二重束再建で低く作製される傾向があり、むしろAM補強術で文献の値と同等な結果である。その理由としては、AM補強術時には、残存するPL束に視野を妨げられ、後方軟骨縁の露出が困難で、郭清が不十分になりやすく、エイマーが本来の位置に設置されていることの確認が困難であるため、前方に設置されることがある。この時骨孔が浅い位置となりやすく、deep-shallow方向へのばらつきの1つの原因と考える。

また当院の方法では二重束再建時に、エイマーを確実に後方軟骨縁に掛けるため、低めにAM骨孔が作製される傾向がある。しかしAM補強術時には、残存するPL束を術中に損傷しないようPL束との間隔を開けてAM骨孔を作製するために普段より高めの位置にエイマーを設置する必要がある。しかし高めの位置では大腿骨の形態から後方軟骨縁にエイマーを確実に掛けることが困難であるため、前方にエイマーが滑り、この時もエイマーが前方に設置される。このことが二重束再建で骨孔が低く作製されやすいもう1つの原因と考える。これはエイマーを使用した骨孔作製の限界である。

AM補強術では至適位置にAM骨孔を作製するため、AM束付着部後方の大腿骨外顆後方の軟骨縁を確認

できるまでAM骨孔周囲のレムナントを郭清し、後方軟骨縁からの距離を確実に把握しガイドに頼らず骨孔作製を行なう必要がある。それでも後方軟骨縁の確認が鏡視では困難な症例では、術中にイメージインテンシファイヤー等での確認が必要である。

結 語

エイマーを用いてのPL束を温存しAM束のみを再建するAM補強術では二重束再建術と比べて、AM大腿骨孔の作製位置の決定が困難であり、AM骨孔が鏡視上の浅い位置に作製される傾向があった。

文 献

- 1) Adachi N et al : Anterior cruciate ligament augmentation under arthroscopy ; a minimum 2-year follow-up in 40 patients. Arch Orthop Trauma Surg, 120 : 128-133, 2000.
- 2) Siebold R et al : Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial or posterolateral bundle tears of the anterior cruciate ligament. Arthroscopy, 24 : 1289-1298, 2008.
- 3) Sonnery-Cottet B et al : Selective anteromedial bundle reconstruction in partial ACL tears : a series of 36 patients with mean 24 months follow up. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 18 : 47-51, 2010.
- 4) Zantop T et al : Tunnel positioning of anteromedial bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction : anatomic and radiographic findings. Am J Sports Med, 36 : 65-72, 2008.
- 5) Colombet P et al : Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction : a cadaveric dissection and radiographic study. Arthroscopy, 22 : 984-992, 2006.
- 6) Edwards A et al : The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament : part 2 : femoral attachment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 16 : 29-36, 2008.
- 7) 中前敦雄ほか : 前十字靭帯損傷に対する補強術. 整形外科, 62 : 881-885, 2011.
- 8) Bernard M et al : Femoral insertion of the ACL : radiographic quadrant method. Am J Knee surg, 10 : 14-21, 1997.

高校女子ハンドボール・バスケットボール選手における 膝前十字靭帯損傷の発生と性格・心理学的特性の関連性

Relationship Between Occurrence of Anterior Cruciate Ligament Injury and
Psychological Character of High School Female Handball Players and Basketball Players

小坂 正裕 ¹⁾	Masahiro Kosaka	中瀬 順介 ¹⁾	Junsuke Nakase
虎谷 達洋 ¹⁾	Tatsuhiko Toratani	島 洋祐 ²⁾	Yosuke Shima
北岡 克彦 ³⁾	Katsuhiko Kitaoka	土屋 弘行 ¹⁾	Hiroyuki Tsuchiya

● Key words

Anterior cruciate ligament : Personality : Psychological trait

●要旨

前十字靭帯 (ACL) 損傷の発生と性格・心理学的特性の関連性を調査することを目的とし、前向きコホート研究を実施した。高校女子ハンドボール・バスケットボール選手101人に対し、入学時に矢田部・ギルフォード検査 (Y-Gテスト) と心理学的競技能力診断検査 (DIPCA.3) を行ない、卒業までの3年間における ACL 損傷発生を調査した。6人 (5.9%) に ACL 損傷が発生した。Y-Gテストによる性格分布では、ACL 損傷の有無による明らかな違いは認められなかった。DIPCA.3では、心理学的競技能力が高く、主導性や自己実現意欲の大きい選手で、ACL 損傷のリスクが大きくなる可能性が示唆された。

はじめに

膝前十字靭帯 (以下 ACL) 損傷に対する予防への注目が高まるなか、近年、さまざまな危険因子に関する調査が行なわれているが、性格特性や心理学的因子に関する調査はほとんどみられない。しかし、スポーツ競技においては、体力、技術と並んで、心理的要因がパフォーマンスに大きな影響を与える¹⁾のと同様に、スポーツ外傷の発生においても、身体的特徴だけではなく、心理的特徴がその重要な危険因子となりうる²⁾と考えられている²⁾。本研究の目的は、ACL 損傷の発生頻度が高い高校

女子ハンドボール・バスケットボール選手において、ACL 損傷発生と性格・心理学的特性との関連性を調査することである。

症例と方法

われわれは、平成21年4月より北陸地方3県 (石川、富山、福井) の高校ハンドボール部・バスケットボール部 (各県でベスト4以上のレベル) の女子部員を対象に ACL 損傷における危険因子の前向き調査を行なっており、本研究はその調査の一環として行なった。本研究では、平成21年4月に入部した女子部員101人 (ハンドボ

小坂正裕
〒920-8641 金沢市宝町13-1
金沢大学附属病院整形外科
TEL 076-265-2374

- 1) 金沢大学大学院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Kanazawa University
- 2) KKR北陸病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, KKR Hokuriku Hospital
- 3) 光仁会木島病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Kijima Hospital

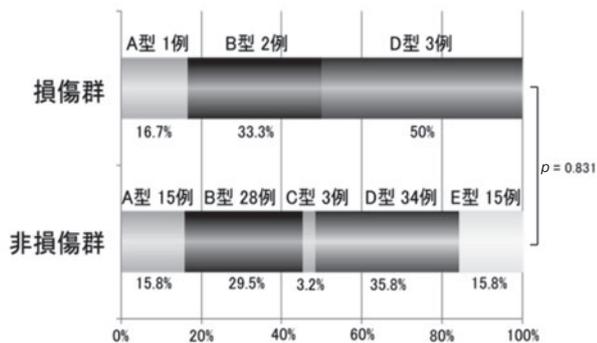


図1 Y-Gテストにおける性格分布 (A型：平凡型, B型：非行型, C型：鎮静型, D型：適応者型, E型：ノイローゼ型)

ール36人, バスケットボール65人, 全選手15歳)を対象として, 前向きコホート研究を実施した. 入学時に, 矢田部・ギルフォード検査(以下Y-Gテスト)³⁾と心理学的競技能力診断検査(Diagnostic Inventory of Psychological-Competitive Ability for Athletes; 以下DIPCA.3)^{4,5)}を全選手に実施し, 卒業までの3年間のACL損傷の発生を記録した. Y-Gテストは, 一般的な個人の性格特性を調べるための質問紙法形式による性格検査で, 120項目の質問に対する回答により性格傾向を5つの型に分類する検査である. DIPCA.3は, スポーツ競技における心理状態を評価するために開発された52の質問項目から構成される自己評価記入型質問表で, 質問の内容によって12の項目(忍耐力, 闘争心, 自己実現意欲, 勝利意欲, リラックス能力, 集中力, 自己コントロール能力, 自信, 決断力, 予測力, 判断力, 協調性)に分け, 各項目20点満点, 合計240点満点で評価する検査である. 卒業後, ACL損傷群(I群)と非損傷群(N群)に分類し, 両群の性格・心理学的特性を検討した. 統計学的検討には, Y-Gテストでの型の分布に対する検討には χ^2 検定を, 各得点の検定にはMann-Whitney's U検定を用い, 危険率5%未満を有意とした.

なお, 本研究は, 当院倫理委員会の承認のもと, 事前に被験者およびその保護者に本調査の内容について十分な説明を行ない, 全員からの同意を得たうえで施行された.

結 果

101選手全員が, 卒業まで3年間の追跡が可能であった. その結果, 101人中6人にACL損傷の発生を認めた. 6人すべてが非接触型損傷で, 3人が試合中, 3人が練習中の受傷であった. 受傷時期は, 1人が2年生春, 3人が2年生秋, 1人が2年生冬, 1人が3年生春であった.

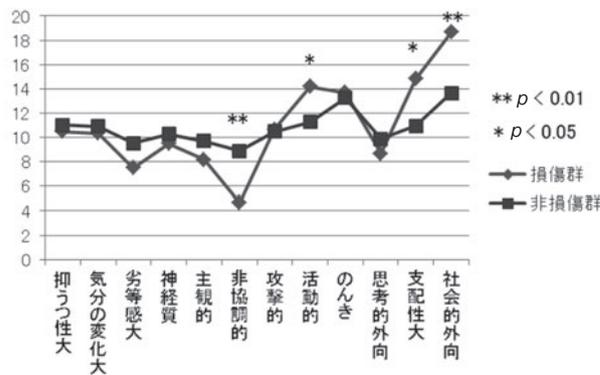


図2 Y-Gテストにおける尺度別得点

受傷時, 6人中5人がレギュラーで, そのうち3人がキャプテンであった.

I群のY-Gテストの結果は, A: Average型1人(16.7%), B: Blacklist型2人(33.3%), D: Director型3人(50%), C: Calm型, E: Eccentric型はともに0人であった. N群では, A型15人(15.8%), B型28人(29.5%), C型3人(3.2%), D型34人(35.8%), E型15人(15.8%)であった. 損傷群にC型, E型の選手は認めなかったが, 両群の分布に大きな差はみられなかった($p=0.831$)(図1). 尺度別得点の検討では, 損傷群で, 「非協調的」の尺度が有意に小さく, 「活動的」「支配性大」「社会的向外」の尺度が有意に大きい値を示した(それぞれ $p=0.004$, $p=0.042$, $p=0.016$, $p=0.002$)(図2). DIPCA.3の総得点は, I群 191.7 ± 15.1 点, N群 160.4 ± 22.2 点と, I群で有意に高値であった($p=0.002$)(図3). また, 項目ごとの検討では, 自己実現意欲などの多くの項目で, 損傷群が有意に高得点を示した反面, 自己コントロールやリラックス等の項目では有意差はみられなかった(図4). 損傷群が有意に高得点を示した項目は, 忍耐力($p=0.007$), 闘争心($p=0.006$), 自己実現意欲($p=0.003$), 集中力($p=0.017$), 自信($p=0.005$), 決断力($p=0.011$), 予測力($p=0.002$), 協調性($p=0.003$)であった.

考 察

ACL損傷に関しては, 正確な診断と適切な治療が必要なことはもちろん, その予防が重要となる. 効果的な予防方法を探るうえでは, 受傷の危険因子を知ることが不可欠であり, これまでにも, 解剖学的因子, 神経筋ホルモン因子, 生体力学的因子, 環境因子等, 多面的な研究が行なわれている⁶⁾が, 心理学的因子に関する報告はまれである. しかし, 心理学的因子はスポーツの場面においてパフォーマンスの発揮や外傷の発生に深く関与し

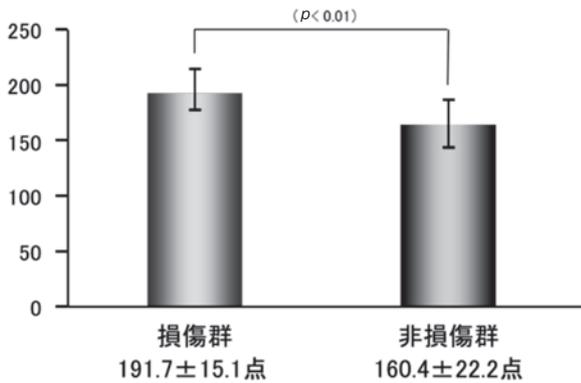


図3 DIPCA.3による心理的競技能力(総得点)

ており、検討すべき因子の1つであると考えた。

今回対象とした全選手、すなわちいずれも強豪チームへ入部した高校生女子選手のY-Gテストにおける性格分布は、情緒が安定し、社会適応性・外向性に優れ、競技レベルの高い選手に多いとされるD型が最多であった。しかし、I群・N群の2群間で性格分布に関して大きな差は認められなかった。Y-Gテストの尺度別得点では、ACL損傷を発生した選手は、協調性があり、支配性・社交性の強い性格という結果となった。これらの尺度が大きい選手は、チームで自ら主導性を発揮し得る性格とされており⁷⁾、今回の結果からはこういった性格の選手でACL損傷のリスクが大きいと考えられた。

心理面での競技能力を示すDIPCA.3は、競技レベルが高い人や精神力や実力発揮度の自己評価が高い人ほど高得点を示すとされている^{1,4)}が、ACL損傷発生者がより高得点を示したという本研究の結果からは、より競技レベルが高い、もしくはより自らの競技力に自信のある選手が、より高いACL損傷のリスクを有すると考えられた。

藤谷らがアメリカンフットボール選手に対して行なった研究⁸⁾や、谷田部らがサッカー選手に行なった研究⁹⁾では、Y-Gテストによる個人の一般的な性格特性において、主観的、劣等感の因子での高得点が外傷の発生と関連する可能性が示された。一方、Steffenらは、自我意識の強さは外傷のリスクと相関せず、高いモチベーションのなかでプレーする選手で外傷のリスクが増大したとの結果を報告し、強い意志がやや過剰な完璧主義へと発展し、その結果、より外傷のリスクが高い状況へと選手を駆りたてる可能性があるとして述べている²⁾。これらの結果には、本研究の結果と一致する部分、反する部分があるが、スポーツ外傷の発生における心理学的因子に関する報告はまだ少なく、その意見にも

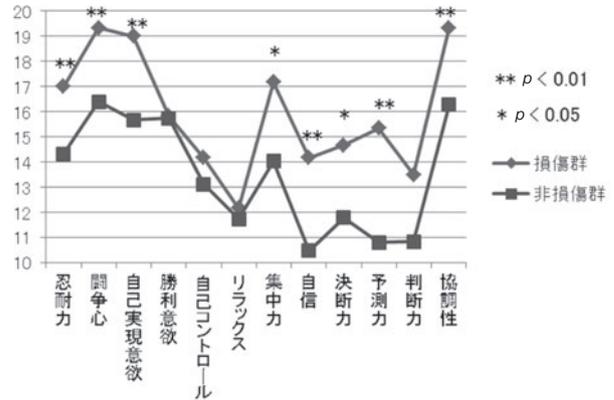


図4 DIPCA.3による心理的競技能力(尺度別得点)

統一されていない部分が多い。本研究ではI群の選手数が少なく、今後、症例数を増やしたうえで、さらなる検討を進めていく必要があると考える。

今回のような前向き調査においては、その結果をACL損傷の予防へとつなげることが肝要である。効果的な予防を行なうためには、予防プログラムの内容が適切であることに加え、コンプライアンスの高さが非常に重要であるとされている¹⁰⁾。今回の結果からは、競技レベルが高く、主導性や自己実現意欲の大きい選手で、ACL損傷のリスクが大きいと考えられたが、これらの選手はその意識の高さから、予防プログラムを行なった場合、熱心な取り組みと高いコンプライアンスが期待できる選手であるともいえる。したがって、心理特性からリスクが高いと考えられたこれらの選手を中心に、十分な啓蒙と適格な指導を行なうことで、ACL損傷の予防効果を上げることができると考えられた。

結 語

ACL損傷の発生と性格・心理学的特性の関連性について、高校女子ハンドボール・バスケットボール選手101人に対し、3年間の前向き調査を行なった。心理学的競技能力が高く、主導性や自己実現意欲の大きい選手で、ACL損傷のリスクが大きくなる可能性が示唆された。

文 献

- 1) 徳永幹雄ほか：スポーツ選手の心理的競技能力にみられる性差・競技レベル差・種目差。健科学, 22 : 109-120, 2000.
- 2) Steffen K et al : Self-reported psychological characteristics as risk factors for injuries in female youth football. Scand J Med Sci Sports, 19 : 442-451, 2009.

- 3) 矢田部順吉：矢田部・ギルフォード検査. 心理検査学. 垣内出版, 東京：1993.
- 4) 徳永幹雄：神経系/精神系検査 DIPCA.3 (心理的競技能力診断検査). 日臨スポーツ医学会誌, 21：273-278, 2004.
- 5) Tokunaga M：Questionnaires and diagnostic methods for athlete's psychological competitive abilities and psychological states before and during competition. J Health Sci, 21：107-117, 1999.
- 6) Griffin LY et al：Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries：a review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. Am J Sports Med, 34：1512-1532, 2006.
- 7) 松野俊夫：心療内科臨床で使われる心理テスト 矢田部ギルフォード性格検査 (YG性格検査). 日心療内誌, 14：138-139, 2010.
- 8) 藤谷博人ほか：アメリカンフットボール選手の性格特性と外傷発生について. 日臨スポーツ医学会誌, 16：37-41, 2008.
- 9) 谷田部かなかほか：U-14エリートプログラム選抜サッカー選手における外傷・障害による心理的变化の検討 性格特性・情動コントロールとの関係. 日臨スポーツ医学会誌, 13：246-255, 2005.
- 10) Alentorn-Geli E et al：Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2：a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 17：859-879, 2009.

野球選手における投球時肘痛と 投球パフォーマンスとの関係

The Relationships Between Throwing-Related Elbow Pain and Throwing Performance in Baseball Players

丸山 真博^{1,2)} Masahiro Maruyama 高原 政利²⁾ Masatoshi Takahara
原田 幹生¹⁾ Mikio Harada

● Key words

野球, 肘痛, 投球パフォーマンス

Baseball : Elbow pain : Throwing performance

●要旨

目的：投球時肘痛と投球パフォーマンスとの関係について調査することである。

方法：小中高生の野球選手1,564名に対し，DASHスポーツを変更した投球困難度，KJOCスコアおよび独自に作成した投球自己評価表（疼痛スコアと投球パフォーマンススコア）を用いて検診を行なった。肘以外に痛みを有する選手を除外した784名を対象として投球時肘痛と投球パフォーマンスとの関係について調査した。

結果：小中高生いずれも投球時肘痛の強さと投球困難度およびKJOCスコアとの間に相関があった。一方，小中学生では投球時肘痛の強さと投球パフォーマンスの低下との間に相関があったが，高校生では相関がなかった。

考察：高校生では，投球時肘痛の増強と投球パフォーマンスの低下が必ずしも連動していないことが示唆された。

はじめに

肘障害を有するスポーツ選手に対する重症度判定として，日整会肘スポーツ評価基準は現在広く使用されているが，他覚的評価であり，スポーツ活動中の痛みに対する具体的な内容やパフォーマンスについては評価していない。近年，患者自身による評価が重要視され，スポーツ選手の肩肘障害に対する主観的評価として，Dis-

ability of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH) スポーツ¹⁾とKarlán Jobe Orthopedic Clinic (KJOC) スコア^{2,3)}が報告されている。DASHスポーツは，いつもの活動，活動の制限，思うような活動，活動の時間の4項目について評価し，いわゆるスポーツ活動の困難度を評価したものである。KJOCスコアはオーバーヘッドスポーツにおける症状とパフォーマンスの両方を評価したものである。

一方，筆者らは独自に投球パフォーマンスの質問表

丸山真博
〒990-9585 山形市飯田西2-2-2
山形大学整形外科
TEL 023-628-5355/FAX 023-628-5357
E-mail pocopocoponta@hotmail.com

1) 山形大学整形外科
Yamagata University Faculty of Medicine, Department of Orthopaedic Surgery
2) 泉整形外科病院手肘スポーツ
Izumi Orthopaedic Hospital, Center for Hand, Elbow, Sports Medicine

を作成し、2007年より野球肘検診で使用してきた⁴⁻⁶⁾。その結果、肘内側側副靭帯損傷では全力投球や遠投に強い支障があり、尺骨神経障害ではコントロールに強い支障があり、肘傷害によって投球パフォーマンスの支障内容に違いがあることが示唆された⁵⁾。スポーツ選手の愁訴を把握するためにも症状とパフォーマンスを分けて評価する必要があると考え、2010年に投球時の痛みとパフォーマンスを個別に評価する主観的評価表を作成し高校野球選手を対象に評価を行なった⁷⁾。本報告の目的は小中高生の野球選手に対し、投球時肘痛と投球パフォーマンスとの関係について検討することである。

対象と方法

秋のシーズン終了後、野球肘検診に参加した野球選手1,564名のうち、投球時肘痛による投球パフォーマンスへの影響を明確にするため、肘以外に痛みを有する選手を除外した小学生100名、中学生98名、高校生586名を対象とした。年齢は小学生が平均11.2(10~12)歳、中学生が平均13.3(12~15)歳、高校生が16.2(15~17)歳であった。検診時にアンケート調査を実施し、疼痛スコアを用いてシーズン中の投球時肘痛を評価した。疼痛スコアでは、キャッチボール時、遠投時、守備時、投球の翌日、打撃時の5項目の痛みを0点痛みなしから10点最大の痛みの11段階で評価し、各項目の総和を総合評価とし、0点の痛みなしから50点の最大の痛みで定量的に評価した(図1)。さらに、投球パフォーマンススコア、KJOCスコア、および投球困難度の3つの主観的評価を用いてシーズン中の状態について評価した。投球パフォーマンススコアでは、全力投球、投球の調子、下半身の連動、腕の振り、指のかかり、コントロール、体のバランス/スムーズ、およびパワー/スピードの8項目について「自身の今までの最高または十分」の100%から「今まで経験したうちで最低またはまったくできなかった」の0%の11段階で評価した。そして、各項目の平均を総合評価とし、100%の最高から0%の最低で定量的に評価した(図1)⁷⁾。KJOCスコアは著者らが日本語に翻訳したものをを用いた(図2)⁷⁾。投球困難度は、DASHスポーツの質問内容の「スポーツ」を「投球」に変更し評価した(図1)⁷⁾。

疼痛スコアの各項目間について比較分析した。分析にはKruskal-Wallis検定を用い、 p 値 <0.05 の場合を有意差ありとした。有意差がみられた場合の群間の検定にはPost hoc test (Scheffe法)を用い、 p 値 <0.05 を有意差ありとした。また、疼痛スコア0点を投球時肘痛なし、疼痛スコア1点以上を投球時肘痛ありとし、投球時肘痛

の有無と各主観的評価との関係について分析した。分析にはMann-Whitney U検定を用い、 p 値 <0.05 を有意差ありとした。さらに、疼痛スコアと各主観的評価との相関関係について分析した。分析には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。

結 果

1. 疼痛スコアの結果

疼痛スコアは、小学生では平均2.8(0~38)点、中学生では平均5.4(0~28)点、高校生では平均3.6(0~48)点であった。疼痛スコアの各項目の比較では、いずれの年代とも遠投時の痛みが最も高く、打撃時の痛みが最も低かった($p<0.05$) (図3, 4, 5)。

2. 各主観的評価の結果

投球時肘痛がない(疼痛スコア0点)選手と投球時肘痛がある(疼痛スコア1点以上)選手に分けて比較した(表1)。すべての年代で投球時肘痛がある選手は肘痛がない選手よりも各主観的評価が劣っていた。

3. 疼痛スコアと各主観的評価との相関関係

疼痛スコアと各主観的評価との相関関係の結果を表2に示す。小学生および中学生では、疼痛スコアは各主観的評価とも相関があった。一方、高校生では、疼痛スコアはKJOCスコア($r=-0.482$)および投球困難度($r=0.665$)と相関があったが、投球パフォーマンススコアとは相関がなかった($r=-0.288$)。

考 察

今回の調査では、投球パフォーマンススコアのほかに、DASHスポーツを投球に変更した投球困難度とKJOCスコアを使用した。KJOCスコアは青壮年のオーバーヘッドスポーツ選手の症状とパフォーマンスを評価^{2,3)}するものであるが、今回は小中学生の野球選手にも用いた。

最も肘痛が強かったパフォーマンスは、いずれの年代においても遠投であった。原田ら⁸⁾は、遠投が多いチームには肘傷害が多いと述べ、丸山ら⁵⁾は、肘内側側副靭帯損傷では遠投に強い支障があると報告した。これらの事実は、遠投は肘への負担が大きく、痛みや障害を生じやすいことを示唆している。肘痛がある選手では、遠投を避け、肘傷害予防では、遠投を控えるべきと考えられる。一方で、肘痛が最も弱かったのは打撃であり、肘

A-C: 体の痛みの程度について、最もよく表している数字を0から10の中から選んで、○で囲んで下さい。
 ゼロ(0)は何の痛みもなかったという意味で、10は今まで経験したうちで最悪の痛み、または痛みのためにその動作が全くできなかったという意味です。また、投球により痛くなった部位を〈 〉内にお書き下さい。

A. キャッチボールで痛みがありましたか？
 (痛みなし) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (これまでで最悪の痛み) 痛む部位〈 〉

B. 遠投で痛みがありましたか？
 (痛みなし) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (これまでで最悪の痛み) 痛む部位〈 〉

C. 守備(ピッチング、カットプレー、バックホーム、盗塁阻止など)で痛みがありましたか？
 (痛みなし) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (これまでで最悪の痛み) 痛む部位〈 〉

D. 投球の翌日に痛みがありましたか？
 (痛みなし) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (これまでで最悪の痛み) 痛む部位〈 〉

E. バッティングで痛みがありましたか？
 (痛みなし) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (これまでで最悪の痛み) 痛む部位〈 〉

F-I: あなたの状態を最も示している番号を○で囲んでください。投球になにか困難がありましたか？

F. いつもの投球ができましたか？
 1: 全く困難なし 2: やや困難 3: 中等度困難 4: かなり困難 5: できなかった

G. 痛みのために投球がどの程度制限されましたか？
 1: 全く困難なし 2: やや困難 3: 中等度困難 4: かなり困難 5: できなかった

H. 自分の思うように投球ができましたか？
 1: 全く困難なし 2: やや困難 3: 中等度困難 4: かなり困難 5: できなかった

I. いつもと同じ時間、投球ができましたか？
 1: 全く困難なし 2: やや困難 3: 中等度困難 4: かなり困難 5: できなかった

J-Q: 投球の調子についてお聞きします。最もよく表している数字(パーセント)を選んで、○で囲んで評価してください。100%は何の問題もなく十分に最高にできたという意味です。他人との比較ではなく、あなた自身の今までの最高を100%として下さい。0%は今まで経験したうちで最低、または全くできなかったという意味です。

J. どの程度の力で投球ができましたか？
 (全力) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

K. 投球の調子はどうでしたか？
 (最高) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (最低)

L. 投球時に下半身を十分に使えましたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

M. 投球時に十分に腕を振れましたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

N. ボールリリース時の指のかかり(指で押し込めるような感触)は十分でしたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

O. 狙ったところに(コントロールよく)投球ができましたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

P. バランス良く、スムーズに投球ができましたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

Q. スピードやパワーは十分に発揮できましたか？
 (十分) 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0% (全くできなかった)

図1 投球の自己評価⁷⁾

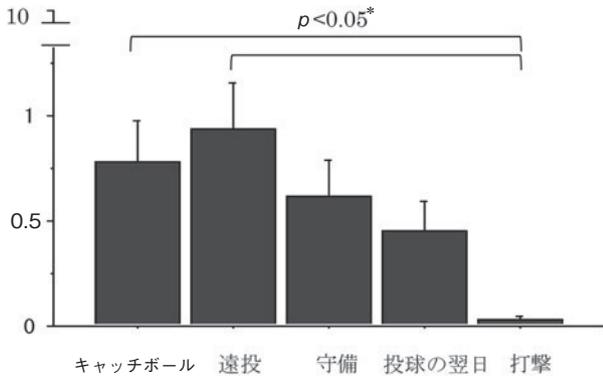


図3 小学生における疼痛スコアの各項目の比較
 キャッチボール時および遠投時の痛みは、打撃時の痛みよりも有意に高い ($p < 0.05$).
 *Post hoc test (Tukey-Kramer 法)

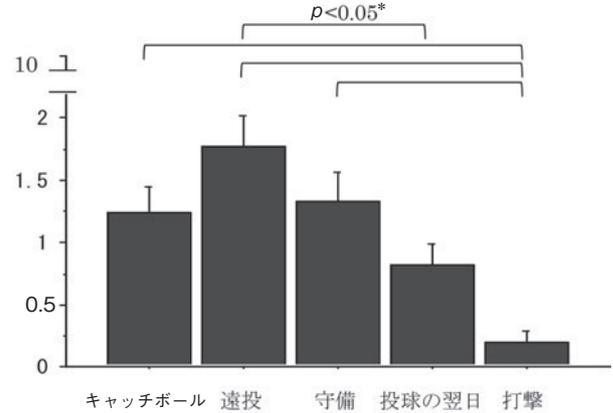


図4 中学生における疼痛スコアの各項目の比較
 キャッチボール時、遠投時、および守備時の痛みは、打撃時の痛みよりも有意に高く、また遠投時の痛みは投球の翌日の痛みよりも有意に高い ($p < 0.05$).
 *Post hoc test (Tukey-Kramer 法)

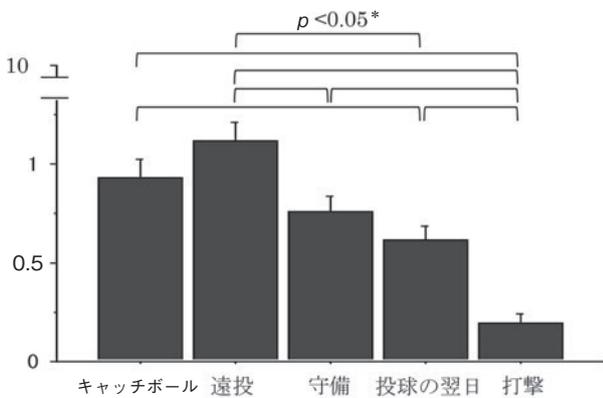


図5 高校生における疼痛スコアの各項目の比較
 キャッチボール時、遠投時、守備時および投球の翌日の痛みは、打撃時の痛みよりも有意に高い ($p < 0.05$). また、キャッチボール時、遠投時の痛みは投球の翌日の痛みよりも有意に高く、遠投時の痛みは守備時の痛みよりも有意に高い ($p < 0.05$).
 *Post hoc test (Tukey-Kramer 法)

傷害からの復帰の際には打撃開始を最初に考慮するべきと考えられた。

本研究では対象から肘以外に痛みを有する選手を除外しているため、投球時肘痛がない選手は体にまったく痛みがない健常選手である。健常選手の主観的評価結果(表1)はコントロール値として、治療目標に用いることができる。

疼痛スコアと各主観的評価との相関関係において、いずれの年代においても疼痛スコアが高くなるとともに投球困難度が低下し、KJOCスコアが低下していた。一方、投球パフォーマンススコアにおいては、小中学生で

は疼痛スコアが高くなるにつれ投球パフォーマンススコアは低下していたが、高校生では相関がなかった。このことは、小中学生では、投球時肘痛が強くなるとともに投球パフォーマンスが低下するが、高校生では、投球時肘痛がなくとも投球パフォーマンスが低い場合や、強い痛みがあっても投球パフォーマンスが低下していない場合があり、投球時肘痛の増強と投球パフォーマンスの低下が必ずしも連動しないことを示唆している。したがって、高校生においては、選手のスポーツ選手の愁訴を把握するためにも投球時肘痛と投球パフォーマンスを分けて評価する必要があると考えられた。

本報告の限界として、調査時期もシーズン終了後にシーズン中の状態について後ろ向きに調査していることや、シーズン中のどの時点での評価なのか具体的な時期について明言せず調査していることがあげられる。

スポーツは心、技、体の3つの要素からなるといわれている。スポーツ選手に対する評価では、心である満足度、技であるパフォーマンス、体である痛みや機能、これらすべてを評価する必要があるのではないと思われる。

結 語

1. 各年代の野球選手(小学生100名、中学生98名、高校生586名)に対し、投球困難度、KJOCスコアおよび独自に作成した投球自己評価表(疼痛スコアおよび投球パフォーマンススコア)を用いて投球時肘痛

表1 各主観的評価の結果

年代	小学生			中学生			高校生		
	なし n=71	あり n=29	p値*	なし n=49	あり n=49	p値*	なし n=396	あり n=190	p値*
投球時肘痛									
投球パフォーマンス スコア	84.3% (43.8~100%)	71.5% (0~91.3%)	<0.01	85.8% (79.4~100%)	75.0% (28.8~100%)	<0.01	80.4% (16.3~100%)	71.3% (16.3~100%)	<0.01
KJOCスコア	97.1点 (62.2~100点)	91.0点 (0~100点)	<0.01	96.8点 (54.5~100点)	86.9点 (54.5~100点)	<0.01	92.9点 (23~100点)	83.0点 (23~100点)	<0.01
投球困難度	1.5点 (0~25点)	19.9点 (0~100点)	<0.01	1.0点 (0~12.5点)	14.0点 (0~75.0点)	<0.01	4.0点 (0~87.5点)	17.8点 (0~100点)	<0.01

平均値(範囲) *Mann-Whitney U検定

表2 各年代における疼痛スコアと各主観的評価の相関関係の結果 Spearman 順位相関

	疼痛スコア		
	小学生 n=100	中学生 n=98	高校生 n=586
投球パフォーマンススコア	-0.506	-0.521	-0.288
KJOCスコア	-0.577	-0.657	-0.482
投球困難度	0.796	0.736	0.665

Spearman 順位相関

と投球パフォーマンスとの関係について調査した。

- 投球時肘痛について評価した疼痛スコアでは、キャッチボール時、遠投時、守備時、投球の翌日、および打撃時の5項目のうち、小中高生とも遠投時の痛みが高く、打撃時の痛みが低かった。
- 投球時肘痛と投球パフォーマンスとの関係では、小中高生とも投球時肘痛が強くなるにつれ投球が困難になり、KJOCスコアが低下していた。一方、小中学生では投球時肘痛が強くなるにつれ投球パフォーマンスが低下していたが、高校生では、投球時肘痛の増強と投球パフォーマンスの低下が必ずしも連動していなかった。

文 献

- 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.
- 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.
- Domb BG et al : Clinical follow-up of professional baseball players undergoing ulnar collateral ligament reconstruction using the new Kerlan-Jobe orthopaedic clinic overhead athlete shoulder and elbow score (KJOC Score). Am J Sports Med, 38 : 1558-1563, 2010.
- 丸山真博ほか : 投球時肘痛と投球の支障度との関係. 日臨スポーツ医会誌, 18 : 470-473, 2010.
- 丸山真博ほか : 野球肘と投球障害の主観的評価との関係. 日肘関節会誌, 17 : 94-96, 2010.
- 丸山真博ほか : 投球パフォーマンスの主観的評価の試み—中学・高校生の野球選手における肘障害に関する検討—. 整スポ会誌, 31 : 69-73, 2011.
- 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.
- 原田幹生ほか : 少年野球選手の野球肘の発症に関する危険因子の検討. 日肘関節会誌, 14 : 172-175, 2007.

アキレス腱縫合術後の早期運動療法による 足関節底背屈筋力と臨床成績の解析

Analysis of Muscular Strength and Clinical Outcome Concerning with Early Exercise After Achilles Tendon Repair

神谷 智昭^{1,2)} Tomoaki Kamiya 渡邊 耕太¹⁾ Kota Watanabe
山下 敏彦¹⁾ Toshihiko Yamashita

● Key words

アキレス腱断裂, 筋力, 臨床評価

●要旨

FiberLoop (Arthrex Inc.) を用いたアキレス腱縫合術後の足関節底背屈筋力と臨床成績を検討した。対象はアキレス腱縫合術を行なった13例(13足)で、平均年齢は48歳であった。術後8週と12週に下腿周囲径の健患側差およびCybexによる足関節底背屈筋力を測定し、JSSF scaleを用いて臨床評価を行なった。術後8週と12週で各平均値を比較した結果、下腿周囲径健患側差が -1.49 cmと -0.97 cm, 足関節底屈筋力健患側比が42.8%と81.2%, JSSF scaleが85.3と91.3で、いずれも有意に改善していた。また術後12週における下腿周囲径の健患側差、足関節底屈筋力の健患側比と臨床成績に相関を認めた。本研究結果より、術後早期復帰には足関節底屈筋力の回復に重点を置いた運動プログラムと経時的筋力評価が重要であると考えられた。

はじめに

スポーツ選手のアキレス腱断裂に対する治療目標は、患肢の機能や筋力を回復し可及的早期にスポーツ復帰することである。アキレス腱断裂術後の早期運動療法は、腱の治癒および癒着予防に有用であり良好な臨床成績が報告されている¹⁻⁴⁾。また早期運動療法を可能にするためには、強固な縫合による高い初期強度が必要である。FiberLoop (Arthrex Inc.) は、高強度の縫合糸である#2FiberWireの両端が縫合針に結合されたループ状の縫合糸である。筆者らは、アキレス腱断裂に対してFiberLoop

を使用したDouble Tsuge法による腱縫合を行なっている。

アキレス腱断裂後のスポーツ復帰には、筋力の回復が重要な要素となる。本研究の目的はアキレス腱断裂術後患者における、足関節底背屈筋力および臨床成績の推移を解析することである。また、アキレス腱断裂術後の筋力と臨床成績の関係についての報告はほとんどないため、両者の相関関係も検討した。

方 法

対象は2011年1~12月にアキレス腱断裂を受傷し、

神谷智昭
〒073-0022 滝川市大町2-2-34
滝川市立病院
TEL 0125-22-4311

- 1) 札幌医科大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Sapporo Medical University School of Medicine
- 2) 滝川市立病院整形外科
Orthopaedic Surgery, Takikawa Municipal Hospital

表1 術後8週と、12週の筋力と臨床成績

	術後8週	術後12週	p value
下腿周囲径の健患側差 (cm)	-1.49 ± 1.0	-0.97 ± 0.9	<0.05
足関節底屈筋力の健患側比 (%)	42.8 ± 20.8	81.2 ± 14.4	<0.01
足関節背屈筋力の健患側比 (%)	92.4 ± 20.4	96.8 ± 13.4	0.31
JSSF scale	85.3 ± 6.9	91.3 ± 5.7	<0.01
足関節可動域 自動底屈 (°)	48.7 ± 7.4	50.3 ± 13.3	0.40
足関節可動域 自動背屈 (°)	11.3 ± 3.8	12.3 ± 6.3	0.28

縫合術を行なった13例(13足)とした。平均年齢は48歳(32~65歳)で男性12例、女性1例であった。受傷機転はスポーツ9例、作業中に転倒3例、交通事故1例であった。手術は腰椎麻酔下に患者を腹臥位とし、断裂部を中心とした内側弓状皮切で展開した。断裂部を確認した後、#2FiberLoopによりDouble Tsuge法で主縫合を行なった。腱の長さは健側の腹臥位自然底屈角度を基準とし、それと同程度となるように調節して締結した。その後2-0Vicril(Ethicon Inc.)で断裂部の全周にわたる結節縫合を行ない、最終的にCross Stitch法²⁾を追加して補強した。術後は腹臥位自然底屈位で膝下ギプス固定とし、術後2週から自動・他動可動域訓練および背屈制限つき装具で全荷重歩行を許可した。装具は術後6~8週で除去し、ジョギングは術後12週から許可した。

術後8週と12週に筋力、臨床成績および足関節の可動域を評価した。筋力に関する調査項目として、下腿周囲径の健患側差、足関節底背屈筋力の健患側比を測定した。足関節底背屈筋力はCybex(770-NORM)を用いて、被験者を腹臥位として、股関節および膝関節伸展0°の肢位で行なった⁵⁾。角速度60°/secの等速度性運動で、3回計測したうちの最大トルクを測定値とした。臨床成績は日本足の外科学会足関節・後足部判定基準(以下JSSF scale)により評価した。可動域は腹臥位で、膝関節屈曲90°での自動底背屈可動域を計測した。

下腿周囲径の健患側差、足関節底背屈筋力の健患側比、JSSF scaleおよび足関節可動域について術後8週と12週との間でpaired t-test(p<0.05)を用いて統計学的に解析した。また筋力と臨床成績との関係については、ピアソンの相関係数を用いて解析した(p<0.05)。

スポーツで受傷した9例に対しては術後6ヵ月のJSSF scale、および術後のスポーツ復帰状況についても調査した。

合併症を認めず、全例でプロトコール通り後療法がすすんだ。

下腿周囲径の平均健患側差は術後8週で-1.49±1.0cm、術後12週で-0.97±0.9cmであり、両者に統計学的有意差を認めた。足関節底屈筋力の平均健患側比は術後8週で42.8±20.8%だったのに対し、術後12週では81.2±14.4%と有意に筋力回復を認めた。足関節背屈筋力は術後8週、12週ともにほぼ健患側差を認めず、平均健患側比は100%に近い値だった。JSSF scaleの平均値は術後8週で85.3±6.9、術後12週で91.3±5.7であり両者に有意差を認めた。足関節の自動底屈可動域は術後8週48.7±7.4°、術後12週50.3±13.3°であった。また足関節自動背屈可動域は術後8週11.3±3.8°、術後12週12.3±6.3°であり有意差を認めなかった(表1)。

下腿周囲径の健患側差とJSSF scaleに関する相関係数は、術後8週で0.34、術後12週で0.56だった。一方、術後12週では下腿周囲径の健患側差とJSSF scaleの間に統計学的に有意な相関を認めた(図1)。足関節底屈筋力の健患側比とJSSF scaleの間での相関係数は、術後8週で0.35だったのに対し、術後12週では0.63で有意に相関を認めた(図2)。また、術後12週でJSSF scaleが90を超えた症例は、1例を除いて足関節底屈筋力健患側比が85%以上だった。足関節背屈筋力の健患側比とJSSF scaleの関係については、相関係数が術後8週で0.23、術後12週で0.33でありいずれも統計学的有意差を認めなかった(図3)。足関節底屈筋力と下腿周囲径の健患側差に関しては、術後8週と12週ともに相関を認めなかった(図4)。

スポーツで受傷した9例の術後6ヵ月でのJSSF scaleは、平均99.4±1.3と良好な結果であった。また術後5~8ヵ月で9例とも再断裂なく、受傷前の競技レベルに復帰していた。

結 果

平均手術時間は48±12分であった。術後は感染等の

考 察

アキレス腱断裂後にスポーツ復帰をめざす場合には、

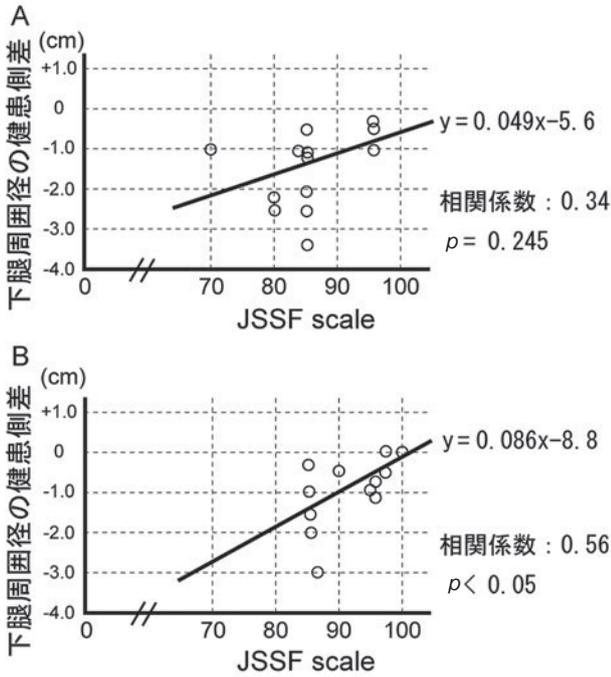


図1 下腿周囲径の健患側差とJSSF scaleの関係
A：術後8週，B：術後12週。

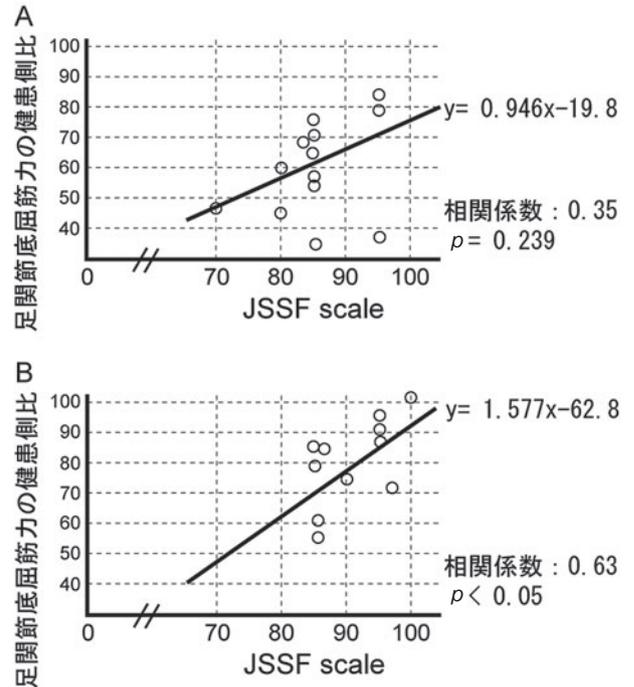


図2 足関節底屈筋力の健患側比とJSSF scaleの関係
A：術後8週，B：術後12週。

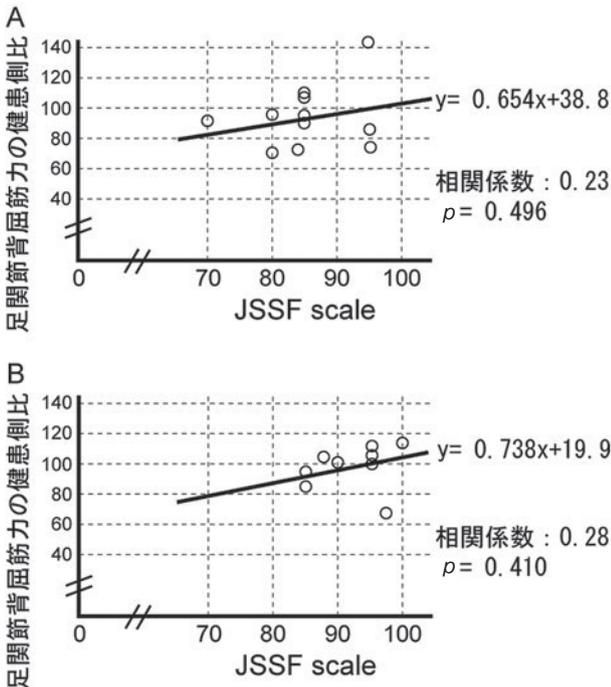


図3 足関節背屈筋力の健患側比とJSSF scaleの関係
A：術後8週，B：術後12週。

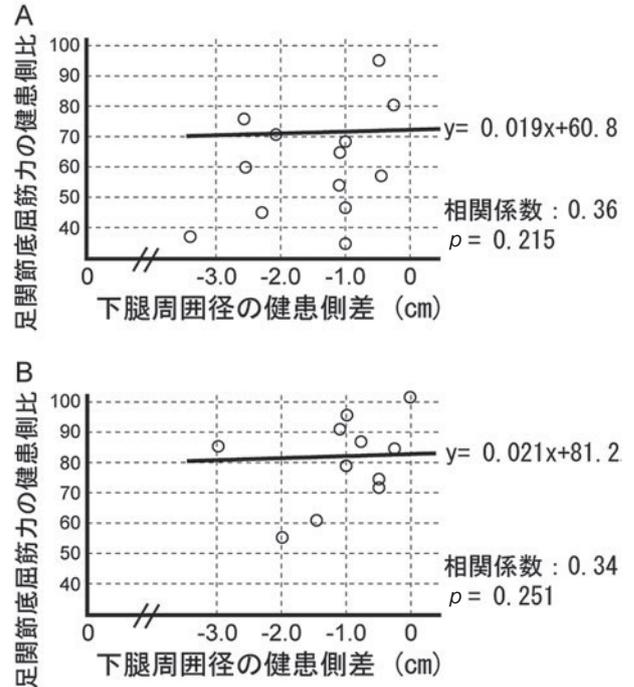


図4 足関節底屈筋力の健患側比と下腿周囲径の健患側差の関係
A：術後8週，B：術後12週。

可能な限り早期かつ確実な復帰が望まれる。腱縫合術後の早期運動療法は、修復促進や癒着防止に有用であると報告されている¹⁾。一方で、術後早期に運動療法を行な

うためには、強固な腱縫合が必要である。アキレス腱に発生する張力は他動可動域訓練で215~400N⁶⁾、背屈制限付装具を用いた歩行で190N⁷⁾であったと報告されて

いる。#2FiberWireを4重束にした場合の破断強度は751.6N⁸⁾であり、本術式で早期運動療法が十分可能な強度が得られていると考えられた。

Mandelbaumら⁹⁾は2号非吸収糸を用いたKrackow sutureでアキレス腱縫合術を行なった結果、術後12週で足関節底屈筋力は健側の66%であったと述べている。近年では縫合方法の工夫と、より早期のリハビリテーションを行なった結果が報告されている^{10, 11)}。経皮縫合後2週から荷重を開始した中村ら¹⁰⁾の報告では、術後12週の足関節底屈筋力健患側比は平均74.6%だった。また、half-mini-Bunnell法を行ない術後5日でギプス歩行を許可した鈴木ら¹¹⁾は、足関節底屈筋力健患側比が術後12週で平均89.9%まで回復したと報告している。本研究結果では、術後12週の足関節底屈筋力健患側比は81.2%であり、これらの報告と同程度の筋力回復が得られていた。また、術後8週の足関節底屈筋力健患側比(平均42.8%)と比べて、12週では有意に筋力が改善したことから適切なりハビリテーションが行なわれていたと考えられた。一方で可動域に関しては本研究では術後8週と12週で有意差を認めなかった。しかしながら術後8週で自動底屈約48°、自動背屈約11°であり、8週までに良好な可動域を獲得できていたと考えられた。

本研究結果では術後12週の足関節底屈筋力健患側比とJSSF scaleに相関を認めた。このことから足関節底屈筋力の回復は、疼痛・日常生活機能の改善を導き、日常生活機能の改善がさらなる底屈筋力増加につながるという正のサイクルが起こっていると推測できた。可能な限り早期から足関節底屈筋力回復に向けた運動プログラムを行なうことが、臨床成績改善と早期のスポーツ復帰に重要であると考えられた。一方で、足関節背屈筋力に関しては、臨床成績と相関がなかった。変形性足関節症に対する過去の報告では、底屈・背屈ともに低下していた筋力が、術後の臨床成績改善に比例して筋力回復も認められていた¹²⁾。研究結果では術後8週、12週ともに足関節背屈筋力は、ほぼ健患側差を認めなかった。早期運動療法により背屈筋力の低下を予防できたことも、良好な臨床成績を得る一因となった可能性が示唆された。

アキレス腱断裂治療後の筋力評価では、機器を用いて等速性底屈筋力を測定する方法が一般的であるが^{9~11)}、つま先立ち可能な有無や回数を利用した評価方法も提唱されている^{13, 14)}。今回、筆者らの用いたCybexによる評価では、術後12週で足関節底屈筋力の健患側比85%以上の症例で臨床成績が良好だった。そのためアキレス腱断裂術後は、12週で健患側比85%以上を目標値とすることが適切であると思われた。また本研究結果では足関節底屈筋力と下腿周囲径に相関を認めなかった。アキレ

ス腱縫合術後の筋力評価には、つま先立ちの回数や機器を用いた筋力測定のほうが、下腿周囲径の計測よりも有用だと考えられた。

本研究の臨床評価は、本邦の足部疾患に一般的に行なわれているJSSF scaleを使用した。近年はアキレス腱断裂治療の主観的評価に、Nilssonら¹⁵⁾が提唱したARTS (Achilles Tendon Total Rupture Score)が使用されることが多い。より詳細な術後成績評価を行なうためには、ARTSと客観的評価である筋力を測定し、可能な限り早期のスポーツ復帰に向けた指標を作成する必要もあると考えられた。

本研究では過去の報告^{11, 13)}に従って、術後2週から可動域訓練および装具歩行を開始した。本術式は皮切がやや大きくなる傾向にあるものの、腱縫合部の高い初期強度を獲得でき、術後のリハビリテーション期間中もトラブルなく順調に筋力回復を得ることが可能であった。そのため、今後はより早期の可動域および筋力訓練の導入を考慮している。一方で、通常歩行の際はアキレス腱に体重の約2.1倍の張力が発生する¹⁶⁾。そのため、装具を用いない歩行に関しては慎重になるべきであると考えられる。筆者らは術後12週でジョギング可能となることをめざしており、この時期までにそのような活動性に見合うだけの筋力獲得が必要である。近年の研究^{17, 18)}では、術後6ヵ月以降の主観的評価には手術治療と保存治療で差がないとされている。本研究では術後12週までしか評価していないことが欠点であるが、スポーツで受傷した9例は術後約6ヵ月で受傷前の競技レベルに復帰できていた。今後は本術式の長期成績に関しても、ほかの術式や保存治療と比較検討する必要があると考えられた。

ま と め

1. FiberLoopを用いてアキレス腱縫合術を行なった13例について、術後の筋力と臨床成績を評価した。
2. 術後早期から運動療法を行なうことにより、足関節底屈筋力と臨床成績が良好に改善した。
3. 術後12週で下腿周囲径健患側差・足関節底屈筋力と臨床成績の間に、正の相関を認めた。

文 献

- 1) Aoki M et al : Biomechanical and histologic characteristics of canine flexor tendon repair using early postoperative mobilization. J Hand Surg Am, 22 : 107-114, 1997.

- 2) Aoki M et al : Early active motion and weight-bearing after cross-stitch achilles tendon repair. *Am J Sports Med*, 26 : 794-800, 1998.
- 3) Carter TR et al : Functional postoperative treatment of achilles tendon repair. *Am J Sports Med*, 20 : 459-462, 1992.
- 4) Mortensen HM et al : Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the achilles tendon. A prospective randomized clinical and radiographic study. *J Bone Joint Surg*, 81 : 983-990, 1999.
- 5) Miyazaki T et al : A novel method to measure isokinetic maximal muscle strength in ankle dorsiflexion and plantar flexion. *Professionalism in physiotherapy*, 1 : 7-15, 2007.
- 6) Orishimo KF et al : Effect of Knee flexion angle on achilles tendon force and ankle joint plantarflexion moment during passive dorsiflexion. *J Foot Ankle Surg*, 47 : 34-39, 2008.
- 7) Akizuki KH et al : The relative stress on the Achilles tendon during ambulation in an ankle immobilizer : implications for rehabilitation after Achilles tendon repair. *Br J Sports Med*, 35 : 329-334, 2001.
- 8) Barber FA et al : Sutures and suture anchors : update 2003. *Arthroscopy*, 19 : 985-990, 2003.
- 9) Mandelbaum BR et al : Achilles tendon ruptures : a new method of repair, early range of motion, and functional rehabilitation. *Am J Sports Med*, 23 : 392-395, 1995.
- 10) 中村 豊ほか : アキロン縫合システムを用いた小横皮切によるアキレス腱縫合術. *日足外会誌*, 24 : 151-153, 2003.
- 11) 鈴木朱美ほか : Half-mini-Bunnell法(内山法)によるアキレス腱縫合術後の筋力評価. *整スポ会誌*, 30 : 124-127, 2010.
- 12) Valderrabano V et al : Total ankle replacement in ankle osteoarthritis : an analysis of muscle rehabilitation. *Foot Ankle Int*, 28 : 281-291, 2007.
- 13) Uchiyama E et al : A modified operation for achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med*, 35 : 1739-1743, 2007.
- 14) Silbernagel KG et al : A new measurement of heel-rise endurance with the ability to detect functional deficits in patients with achilles tendon rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18 : 256-264, 2010.
- 15) Nilsson-Halander K et al : The achilles tendon total rupture score (ATRS) : development and validation. *Am J Sports Med*, 35 : 421-426, 2007.
- 16) Froberg A et al : Force in the achilles tendon during walking with ankle foot orthosis. *Am J Sports Med*, 37 : 1200-1207, 2009.
- 17) Willits K et al : Operative versus nonoperative treatment of acute achilles tendon ruptures. *J Bone Joint Surg Am*, 92 : 2765-2775, 2010.
- 18) Bergkvist D et al : Acute achilles tendon rupture : a questionnaire follow-up of 487 patients. *J Bone Joint Surg Am*, 94 : 1229-1233, 2012.

運動選手の TFCC 損傷に対する診断と治療

The Assessment and Treatment for TFCC Injury in Athletes

富田 一誠 ¹⁾	Kazunari Tomita	和田 一佐 ²⁾	Kazusa Wada
貴島 健 ²⁾	Takeshi Kijima	渡邊 幹彦 ³⁾	Mikihiko Watanabe
雨宮 雷太 ²⁾	Raita Amemiya	稲垣 克記 ²⁾	Katsunori Inagaki

● Key words

TFCC 損傷, 尺骨小窩剥脱損傷, 運動選手

● 要旨

TFCC 損傷の診断法を述べ, 手術治療が必要となる尺骨小窩剥脱損傷に対して関節鏡視下経尺骨 TFCC 修復術を行なった運動選手 14 例 (平均年齢 24 歳, 平均観察期間 12 ヶ月) について, 治療成績を検討した. 術前平均 VAS 74.2 (50~90) が平均最終 VAS 10.6 (0~60), 平均最終 DASH score 7.4 (0~40.8), 平均最終手関節機能評価 93.5 (80~100) と改善し, 10 例が元の競技レベルに復帰した. 小経験ではあるが, 最小侵襲である関節鏡視下経尺骨 TFCC 修復術の治療効果を報告した. また陳旧例に対する修復術の適応, 尺骨プラスバリエーションの症例に尺骨短縮術を併用しない選択肢も示唆された.

はじめに

コンタクトスポーツや道具を使うスポーツでは, 怪我や障害で手関節に痛みを生じることが多い. そのなかで手関節尺側部痛は上肢の腰痛ともいわれ, とくにその診断には難渋する. TFCC 損傷は最近注目されている病態であるが, 診断が正確に行なわれなければ, 保存療法, 手術療法もよい結果を得ることができない. 筆者は, とくに TFCC 損傷のなかでも Palmar 分類 1B¹⁾ の尺骨小窩剥脱損傷が, 運動選手に対して臨床的に手術治療意義のある病態と考え, 診断治療にあたっている. 今回われわれは, 当科における TFCC 損傷の診断方法と運動選手に対する治療方法を述べ, 手術治療成績を検討したので報告する.

TFCC 損傷の診断

1. 問診

1 回の外傷であればその受傷機転を詳細に聴取し, 活動中の障害であればその種目特有の手関節の使い方を聴取し, 新鮮例か陳旧例かを判断する. どの動きで痛みが再現されるかを聞き, 受傷メカニズムを想像する.

2. 理学的所見

関節可動域を計測しながら, 詳細に誘発肢位を確認し, 尺骨頭の位置, ECU (extensor carpi ulnaris; ECU) 腱の脱臼の有無などを観察する. とくに回外位, 背屈位で痛みが増悪することが多い.

橈側より圧痛点を探し出す. 背側は, 1st compart-

富田一誠
昭和大学附属豊洲病院整形外科
〒135-8577 東京都江東区豊洲4-1-18
TEL 03-3534-1151

1) 昭和大学附属豊洲病院整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Showa University Toyosu Hospital
2) 昭和大学医学部整形外科学講座
Department of Orthopedic Surgery, Showa University, School of Medicine
3) 大脇病院整形外科
Department of Orthopedic Surgery, Ohwaki Hospital

ment, 橈骨茎状突起, snuffbox, Lister 結節, 舟状骨背側, SL (scapholunate ; SL) 靱帯, 月状骨背側, LT (lunotriquetrum ; LT) 靱帯, 三角骨背側, DRUJ (distal radioulnar joint ; DRUJ) 背側, 尺骨茎状突起, ECU 腱鞘を, 掌側は, 舟状骨結節, FCR (flexor carpi radialis ; FCR), 手根管, 有鉤骨鉤部, Guyon 管, 豆状骨, 豆状三角骨関節, FCU (flexor carpi ulnaris ; FCU), 尺骨小窩を注意深く押す。

Fovea sign は圧痛の有無ではない。陽性は, 左右差があり, その痛みがいつも自分が困っている痛みと性質・部位が同様であることである²⁾。痛みを訴えたらすぐに誘発肢位へもっていき再現性を確認する。この手技は, 尺骨小窩剥脱損傷と掌尺側靱帯損傷の病態を反映している。

十分リラックスさせてから DRUJ の動揺性を中間位・回内位・回外位で両側比較し, その際の click, hard end-point の有無を確認する。握力を計測しその際の痛みの有無を確認する。とくに ECU 腱鞘炎の鑑別が重要で, とくに合併しているので注意が必要である。

3. 評価

DRUJ の動揺性は TFCC の構造上の破綻を意味する。よって, Fovea sign 陽性かつ DRUJ の動揺性は, TFCC の尺骨小窩剥脱損傷を強く疑う。この損傷形態は, 解剖学的破綻による関節不安定性とそれに伴う炎症が発生しているために, とくに競技のために手関節を使う運動選手に対しては解剖学的に修復する外科的な治療が必要である。

4. 画像所見

単純 X 線は, DRUJ の関節症変化, 月状骨の変化, 尺骨バリエーション, 側面像で尺骨頭の位置を確認する。MRI 検査は, TFCC 損傷の有無と損傷形態, ECU 腱鞘, 月状骨, SL 靱帯, LT 靱帯, DRUJ の関節症変化などを確認する。手術を計画する場合には, 手関節造影を DRUJ から行ない, 尺骨小窩, 背側掌側橈尺靱帯, ECU 腱鞘, RCJ (radio carpal joint ; RCJ) などへの漏れを, RCJ 造影では, 尺側靱帯, LT 靱帯, SL 靱帯への漏れなどを確認する。

TFCC 損傷の治療法

1. 保存療法

新鮮例には, ギプスカスプリントによる固定を約3週間行なう。痛みが強ければ尺骨小窩付着部にステロイド注射を行なうこともある。保存療法で痛みが軽減しない

か再発する場合に手術療法へ移行する。陳旧例には, スポーツ活動中にスプリントかサポーターによる固定を行なう。痛みが強ければステロイド注射を行なうときもあるが, 痛みによりスポーツ活動が困難であれば, 保存療法の期間に関係なく手術療法へ移行する。

2. 手術療法

関節鏡視下経尺骨 TFCC 修復術は, まず DRUJ 鏡視で尺骨小窩付着部に剥脱損傷を確認後, 特製デバイスを使用して尺骨に骨孔を作製し, TFCC の靱帯成分を outside-in 法で尺骨小窩に縫着する。術前 MRI 検査で月状骨の輝度変化を認めたり, 関節鏡視所見で月状骨の軟骨変性を認めれば, 尺骨プラスバリエーションが問題であると考え, 尺骨短縮術を行なう。合併する TFCC 周囲靱帯損傷に対しては, outside-in 法で関節鏡視下に関節包に縫合し, disc proper の損傷は, 必要であれば部分切除術を行なった。手根骨靱帯損傷に対しては, Geissler 分類 I 度は放置, II 度は一時的な骨間固定を行なった。

3. 後療法

術後2週間の長上肢ギプス包帯後, 4週間の回旋制限のスプリント固定を行ない, 可動域訓練を開始する。術後2ヵ月で軽い負荷運動を開始し, 術後3ヵ月から制限なく訓練を行なう。種目によるが術後5~6ヵ月後にスポーツ復帰することを目標としている。

対 象

当科および関連施設を受診し TFCC 尺骨小窩剥脱損傷と診断され手術を施行した運動選手14名を対象とした。男性7名, 女性7名, 平均年齢24歳(14~57歳), 右10例, 左4例, 利き手側10例, 非利き手側4例であった。スポーツ種目は, テニス4名, ホッケー2名, バレーボール2名, アイスホッケー, 野球, 空手, サッカー, バトミントン, 剣道各1名で, レクリエーションから大学体育会レベルまでであった。全例 Fovea sign 陽性で, DRUJ の動揺性を認め, 保存療法が無効なために関節鏡視下に手術を行なった。

結 果

受傷から手術までの期間は平均14ヵ月(2~40ヵ月)で, 新鮮例(6ヵ月以内)が4例, 陳旧例(6ヵ月以上)が10例であった。尺骨バリエーション+2mmが5例, 0mmが8例, -2mmが1例であったが, 術前 MRI 検査で尺骨

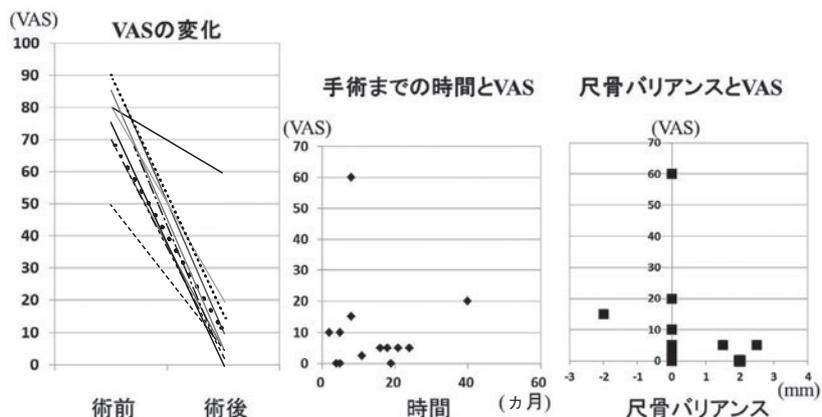


図1 術前術後のVAS変化, VASと手術までの時間と尺骨バリエーションの関係

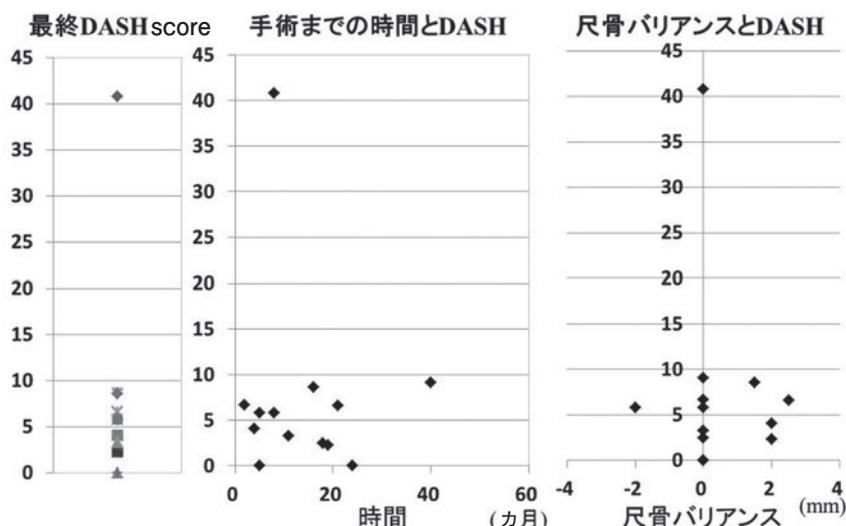


図2 最終 DASH score と手術までの時間と尺骨バリエーションとの関係

突き上げ所見は認めなかった。受傷回数は、1回が6例、複数回受傷が8例で、受傷肢位は回外背屈が3例、回外尺屈が2例、回内背屈が2例、回内尺屈、回内橈屈、回内掌屈が各1例で、不明が4例であった。関節鏡視所見は、全例尺骨小窩剥脱損傷を認め、合併外傷は、disc proper 橈側断裂が7例、掌尺側靭帯損傷が5例、背側橈尺靭帯損傷が2例、Geissler分類Ⅰ度のSL靭帯損傷が1例、Ⅱ度のLT靭帯損傷が1例であった。関節鏡視下治療は、増生した滑膜切除を行ない、経尺骨 TFCC 修復術を全例に行なった。掌尺側靭帯縫合術を3例に、背側橈尺靭帯縫合術を2例に行なった。LT間のキルシュナーワイヤー固定を1例に行なった。手関節痛は、Visual analog score (VAS)では、術前平均74.2mm (50~90)が、最終観察時平均10.6mm (0~60)であり、1例 (60mm)

を除き、平均6.5mmと痛みは著明に改善した。徒手的な動揺性は改善し、全例 hard endpoint を獲得した。最終観察時の上肢障害評価表 (Disabilities of the arm, shoulder and hand ; DASH score) は平均7.4 (0~40.8)であったが、1例 (40.8)を除けば平均4.6の患者評価が得られていた。症例が少なく、経過観察期間が短い、手術までの期間に対する術後VASとDASH score、尺骨バリエーションに対するVASとDASH scoreには明らかな相関関係は認めなかった (図1, 2)。最終観察時の手関節機能評価は、平均93.5点 (80~100)であった。痛みなくスポーツ復帰できたのが10例、条件付き復帰が1例、別な理由でスポーツをしないのが2例、1例は痛みのため復帰できなかった。



図3 症例1術前
a. 単純X線, b. 単純CT, c. MRI STIR
d. MRI T2.

症例提示

1. 症例1

20歳男性. 右利き. 医学部2年アイスホッケー部.
主訴: 左手関節痛.

現病歴: アイスホッケー中, 後方に転倒し, 手を回外背屈位でついで受傷した. 痛みが持続するため受傷後14ヵ月で当科を初診した.

現症: VAS 85mm. Fovea sign (+), 関節可動域制限なし. Ballottement testは回外位, 中間位, 回内位で左右差があり, DRUJの動揺性を認めた. 握力は45/33kg (痛み+).

画像所見: 単純X線は尺骨バリエーション+2mm, MRI画像は尺骨小窩付着部で剝脱していた(図3).

経過: 装具療法と注射にて日常生活上の痛みは軽減するが, アイスホッケー中の痛みが改善せず, 受傷後19ヵ月で手術を施行した. 尺骨プラスバリエーションではあったが, 術前MRI画像にて月状骨の変化を認めず, 関節鏡視所見でも軟骨変性を認めなかったため, 尺骨短縮術は施行しなかった. DRUJ鏡視にて尺骨小窩剝脱を認めたため, 経尺骨的にTFCCをpulloutした. 術後3年を経過し, VAS 0mmと痛みはまったくなく, 関節可

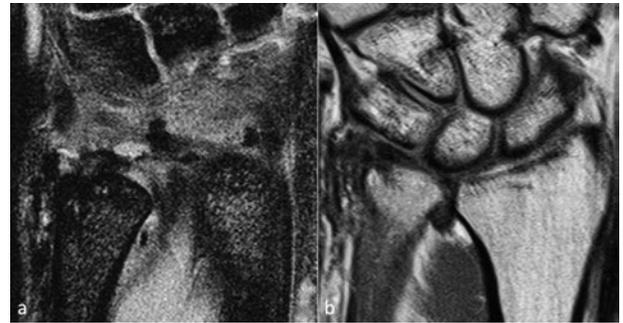


図4 症例1術後
a. MRI STIR, b. MRI T2.

動域制限なく, 握力は51/46kgで, DRUJの動揺性は消失し, MRI検査で連続性が確認でき(図4), DASH scoreは0(スポーツ項目0), 手関節機能評価は100, アイスホッケーに完全復帰し, 現在研修医勤務中である.

2. 症例2

20歳女性. 右利き. 大学体育会硬式テニス部.

主訴: 右手関節痛.

現病歴: 約2年前に体勢が崩れたままボールを打って痛み出現. 約1ヵ月前にコースを狙って打った際に手関節を捻って痛みが増悪し, 当科紹介初診となる.

現症: VAS 90mm, 圧痛点はLT靭帯(+), DRUJ背側(+), ECU腱鞘(+), Fovea sign(+), 合掌テスト(+), 手関節屈曲が80°, 伸展が45°(痛み+), 回内が80°, 回外80°(痛み+), Watson test(-), Ballottement testは回外位, 中間位, 回内位すべてに左右差があり, DRUJの動揺性を認めた. 握力は20/26kg.

画像所見: 単純X線は明らかな異常なし. MRI検査は, 尺骨小窩付着部で靭帯成分が剝脱し, 掌側尺側部の靭帯の断裂を認めた. 関節造影では, SL靭帯, LT靭帯損傷はなく, TFCC disc properの損傷はみられなかった(図5).

経過: シーズン中のため, 装具療法と注射にて保存療法を行なったが, 痛みは改善しなかった. カルボカインブロックテストでは, 手関節内やECU腱鞘内よりもTFCCの尺骨小窩付着部が最も効果があった. 痛みのために十分なテニスができず手術を希望した. 経過が長く再建術の可能性も説明するが, 関節鏡にて修復可能と判断し, 付着部を新鮮化し経尺骨的にTFCCをpullout縫着した. 掌尺側の靭帯が縦に裂けていたためにoutside-in法で縫合した(図6). 術後はトレーナー中心に, 関節可動域訓練と前腕筋群のストレッチなどのリハビリ加療を行ない, 術後6ヵ月でテニスを開始し, 術後1年で100%のパフォーマンスでテニスができ, 術後2年で,

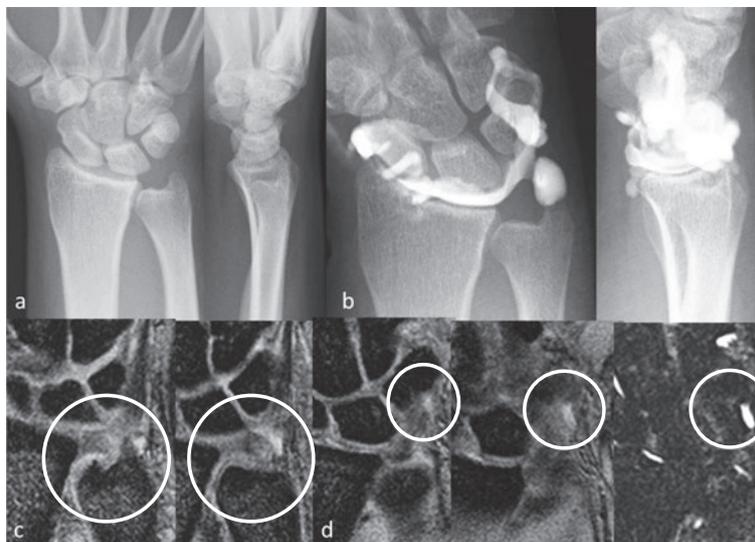


図5 症例2術前
a. 単純X線, b. 手関節造影, c. MRI STIR (TFCC部分),
d MRI STIR (掌尺側靱帯部分).

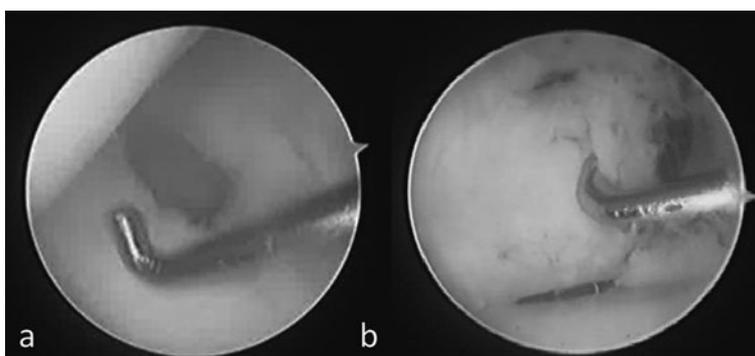


図6 症例2関節鏡視所見
a. 掌尺側靱帯断裂, b. 縫合後.

ボレーの際に少し気になる程度の痛み (VAS 15mm) があつたが、関節可動域制限なし、握力30/25kg、DASH score 5.8 (スポーツ項目0)、手関節機能評価が95で、テニスに完全復帰し現役を引退した。

考 察

TFCCは、手と前腕部、橈骨と尺骨の安定化をはかり、遠位からの衝撃を和らげる働きを有し、安定した手関節の屈伸・側屈運動、とくに前腕回旋運動に寄与する³⁾。その損傷は、手関節尺側部に痛みをきたし手関節の不安定性を呈する。尺側部痛を有する病態は多く、ときに痛みの原因を追及することが難しい。現状でTFCC損傷の診断には、Fovea sign、Ulnocarpal stress testなどが

有用であるが、解析度が増したMRI検査を行なってもなお、診断に苦慮することがある。不安定性に対する評価法は、現時点で、Ballotement testなど主観的、相対的、定性的な方法しかない。われわれが手術を行なった全例がTFCCの尺骨小窩剝脱損傷を認めたことより、当科で行なっているFovea signを中心とした詳細な理学所見とMRI検査、関節造影検査による診断方法は、手術治療を必要とする尺骨小窩剝脱損傷を診断できる有用な方法であると考えた。

われわれの治療原則は、痛みがなく動揺性がある場合は、活動中のみスプリント固定を行ない、痛みがあり動揺性がない場合は、TFCC周辺靱帯やdisc properの損傷が考えられ、局所安静のための固定と消炎鎮痛処置をし、痛みが改善しないときは、ステロイド注射を考慮

する。しかし、痛みがあり動揺性がある場合は、TFCC損傷のなかでも尺骨小窩剝脱損傷であり、解剖学的破綻のために活動中の痛みが残存したり、再発したりして手術療法を必要とする場合が多い。尺骨小窩剝脱損傷と掌尺側靭帯損傷、LT靭帯損傷を複合的に左手に合併した1例は剣道に復帰できず、最終VAS 60mm, DASH score 40.8, 手関節機能評価80点であった。しかし、当科の手術治療にて、術後痛みが消失したのは28.6% (4/14例)であった。最終的なVAS, DASH score, 手関節機能評価, スポーツ復帰状況を考慮しても、諸家の報告と同等の良好な成績を得ることができた。

当科で行なっている経尺骨のTFCC修復術は、DRUJ鏡視にて、尺骨小窩付着部を十分に新鮮化し、特製ガイドを使用して同部に骨孔を作製し、TFCCの靭帯成分を骨へ再縫着する方法である。Trumble⁴⁾は手術時期が遅くなると最終観察時の握力と可動域が不良であると考察し、Nakamura⁵⁾は7ヵ月以上経過した群は、成績が不良であると述べている。今回のわれわれの小経験では、手術までの時間とVAS, DASH scoreに相関関係は認められなかった。現時点では、陳旧例に対しても治療効果が期待できると考え、縫着部の固定力に注意して、陳旧例に対しても修復術を第1選択としていきたい。

尺骨プラスバリエーションの症例には、尺骨短縮術が行なわれている^{6,7)}が、当科の小経験では、2mm以上のプラスバリエーションで月状骨に変化がない症例に治療効果が得られ、現時点で再断裂はない。Papapetropoulos⁸⁾らは、尺骨突き上げのない尺骨プラス1~2mmバリエーションの治療は、関節鏡視下手術でも尺骨短縮術でも成功すると述べている。諸家より尺骨短縮術併用の必要性が報告⁷⁾されているが当科としては、バリエーションの数値だけでなく、月状骨軟骨損傷程度を精査したうえで、短縮術の適応を慎重に考えていきたい。

TFCC修復術の後療法についての議論は、まだ不十分である。Aoki⁹⁾らは、犬の棘下筋を修復した実験で、骨髓へ縫着した場合、3週で線維組織が連続し始め、6週で線維組織が線維骨と絡み合い、12週で架橋を形成し、16週で線維骨が厚くなり、コラーゲン線維が海綿骨内へ移行していたと報告した。Iwasaki¹⁰⁾らは、経尺骨TFCC修復術の臨床成績から、直径2.8mmドリルで作製した尺骨骨孔は約4週から8週で埋まったと報告している。Jones¹¹⁾らは、腱断端を骨へ縫着した強度は、6週で正常の約20%程度と報告している。以上の基礎データより、縫着部の成熟度を考慮すると、6週間の回旋制限や2ヵ月程度の手関節への負荷制限は必要と考えている。よって、現固定方法のもとでは、早期復帰が望まれる運動選手に対しても、早期運動療法へ変更する根拠

に乏しいのが現状である。

しかし、今後は、早期復帰へ向けて、新しい固定法やフットプリントを幅広く新鮮化し、糸を通す骨孔はなるべく小さくするなど、強固な初期固定方法の工夫が必要である。

結 語

1. 当科におけるTFCC損傷の診断法を述べた。
2. 運動選手の尺骨小窩剝脱損傷に対して、関節鏡視下経尺骨TFCC修復術を行ない、良好な治療成績を得た。
3. 陳旧例に対しても、骨への修復術は臨床的な治療効果が得られた。
4. 短期の小経験であるが、月状骨が正常な尺骨プラスバリエーション症例に対して、尺骨短縮術を併用せずに治療効果が得られ、再断裂もなかった。
5. 運動選手に対する早期スポーツ復帰には、強固な初期固定法の開発が望まれる。

文 献

- 1) Palmer AK : Triangular fibrocartilage complex lesion : a classification. J Hand Surg Am, 14 : 594-606, 1989.
- 2) Tay SC et al : The "ulnar fovea sign" for defining ulnar wrist pain : an analysis of sensitivity and specificity. J Hand Surg Am, 32 : 438-444, 2007.
- 3) Palmer AK et al : The triangular fibrocartilage complex of the wrist-anatomy and function. J Hand Surg Am, 6 : 153-162, 1981.
- 4) Trumble TE et al : Arthroscopic repair of the triangular fibrocartilage complex. Arthroscopy, 12 : 588-597, 1996.
- 5) Nakamura T et al : Repair of foveal detachment of the triangular fibrocartilage complex : open and arthroscopic transosseous techniques. Hand Clin, 27 : 281-290, 2011.
- 6) Minami A et al : Ulnar shortening for triangular fibrocartilage complex tears associated with ulnar positive variance. J Hand Surg Am, 23 : 904-908, 1998.
- 7) Nakamura T et al : Long-term results of the ulnar shortening procedure for triangular fibrocartilage complex tear. 日手会誌, 19 : 219-224, 2002.
- 8) Papapetropoulos PA et al : Management of periph-

- eral triangular fibrocartilage complex tears in the ulnar positive patient : arthroscopic repair versus ulnar shortening osteotomy. J Hand Surg Am, 35 : 1607-1613, 2010.
- 9) Aoki M et al : Fibrous connection to born after immediate repair of the canine infraspinatus : the most effective bony surface for tendon attachment. J Shoulder Elbow Surg, 10 : 123-128, 2001.
- 10) Iwasaki N et al : Arthroscopically assisted reattachment of avulsed triangular fibrocartilage complex to the fovea of the ulnar head. J Hand Surg Am, 34 : 1323-1326, 2009.
- 11) Jones JR et al : Tendon implantation into bone : an experimental study. J Hand Surg Br, 12 : 306-312, 1987.

育成年代サッカー選手の鼠径部周囲の疼痛発症状況と 発症後行動に関するアンケート調査

Survey on the Youth Soccer Player,
Groin Pain Onset Situation and the Action of After Onset

村上 憲治¹⁾ Kenji Murakami 宮川 俊平²⁾ Shumpei Miyakawa

● Key words

育成年代サッカー, 鼠径部周囲の疼痛, アンケート調査

●要旨

目的：育成年代サッカー選手の鼠径部痛の発症状況を把握し鼠径部痛発症後の行動を調査した。

対象および方法：中学生，高校生，大学生のサッカー部所属男子学生（12歳以上20歳以下：育成年代）を対象とし，鼠径部周囲の疼痛に関する調査用紙を配布，回答より鼠径部周囲の疼痛発症状況を把握した。

結果：回答が得られた選手の56.4%が調査時過去1年以内に鼠径部周囲の疼痛の発症があり若年層にいくに従い高い値となった。また，発症後競技活動を継続する選手が多く，医療機関の受診率も低かった。

結語：育成年代サッカー選手の多くは，潜在的に鼠径部痛を有していることが確認された。また，疼痛を有しても競技活動を継続する傾向が強いため，予防の徹底と発症後早期対応の必要性があると考える。

はじめに

鼠径部周囲の疼痛 (Groin Pain；以下 GP) は，キック動作を多用するサッカー選手等に多く発症し，治療が長期化することから競技活動において問題となることが多いといわれている^{1,2)}。本邦でも GP を発症したスポーツ選手の約70%がサッカー競技を行っていたと仁賀らが報告している³⁾。

また，サッカー選手の GP の年間発症率は10%ともいわれている⁴⁾。

主な疼痛部位は内転筋起始部，鼠径部，腹直筋起始

部，恥骨結合などであるが^{3,5)}，病態は複雑で背景にはいくつかの器質的疾患を有するものと器質的疾患を有さないものがある。そのために治療は器質的疾患を有する場合，過去には手術が適応されることもあったが，一般的に長期間の安静を必要とされることが多い⁶⁾。そこで，とくに器質的疾患がない病態を仁賀らは「股関節周辺に明らかな器質的疾患がなく，体幹～下肢の可動性・安定性・協調性の問題を生じた結果，骨盤周辺の機能不全に陥り，運動時に鼠径部周辺にさまざまな痛みを起す症候群」として鼠径部痛症候群 (Groin Pain Syndrome；GPS) と定義して³⁾ 積極的な予防法の普及や新たな治療方法の確立を行ってきた。

村上憲治
〒305-8574 つくば市天王台1-1-1 総合研究棟 D
筑波大学大学院人間総合科学研究科
スポーツ医学研究室
TEL 029-853-5600 (内線 8362) / FAX 029-853-5600
E-mail kens-m@lime.ocn.ne.jp

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻
Doctoral Program in Sports Medicine, Graduate School of Comprehensive
Human Sciences, University of Tsukuba
2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba



図1 (公財)日本サッカー協会育成年代全体像(日本サッカー協会 HP より引用)

このようにGPは発症後の治療による早期復帰も重要であると考えられてきたが、最近では治療が長期化することから予防的に発症を最小限に抑えることもさらに重要であると考えられてきている。

目 的

一般的に中学生・高校生・大学生の年代は成長期がその大半を占めるため、スポーツ活動による過負荷がさまざまな障害を発症し問題となることが多い。そのため、多くの競技でこの年代の傷害調査が行なわれている。

サッカー競技では、公益財団法人日本サッカー協会(以下JFA)において中学生・高校生・大学生の年代を「育成年代(10歳以上20歳以下)」と規定して強化・育成の重点年代と位置づけている(図1)。しかし、この「育成年代」において、競技活動に影響を与えるGPに関する詳細な調査は行なわれていない。そこで本研究では「育成年代」サッカー選手を対象にGPの発症状況と発症後の行動を調査することを目的とした。

対象および方法

アンケート調査は、T県内の中学校・高校・大学、さらにT県近隣の大学のサッカー部所属男子学生を対象とした。対象校の競技レベルは、中学・高校・大学とも所属県大会・リーグ参加レベルの活動が主であり地域ブロックおよび全国大会・リーグへの活動レベルではなかった。また選手個人でも全国および地域、県選抜レベルの選手はいなかった。

アンケート調査実施にあたり、事前に対象校の学校責任者(校長もしくは教頭等)および部活動責任者(監

督・顧問)に対し研究概要と倫理的配慮に関する説明を口頭および書面にて行なった。その後、学校責任者および部活動責任者より研究活動の同意を得られた学校・部に対しアンケート調査を実施した。

アンケート調査実施時期は2008年9月～11月にかけてである。

実施に際し対象校を筆者自ら訪問し、対象者に対し本研究の概要と倫理的配慮に関する説明を口頭および書面にて説明を行なった。また、対象者が未成年者の場合、保護者に対し口頭説明内容が記載された研究概要説明書および研究に対する同意書を調査用紙とともに配布した。

調査用紙回収は、筆者自ら対象校を訪問して調査用紙および研究同意書面を回収した。

調査内容は、これまで行なわれてきた多くの傷害調査を参考に本障害の特徴を明確に把握できる内容を検討し調査用紙を作成した(図2, 3)。

なお、疼痛を誘発するキック動作の期分けはキック動作解析で規定される蹴り脚の動作を中心とし“脚を後ろに引いた時(TB)”, “ボールを蹴る瞬間(BI)”, “ボールを蹴った後(FT)”とし⁷⁾、さらに軸脚での発症も考慮し蹴り脚期分けに同期した軸脚側の動作として“踏み込んだ時(FC)”の7選択とし複数回答を認めた(図2: 質問紙IVc)。

また、疼痛部位は、仁賀らの報告から発症頻度が高い、左右鼠径部・左右内転筋近位付着部(左右内転筋部)・左右腹直筋遠位付着部(左右下腹部)・恥骨結合部の7選択に限定し³⁾複数回答を認めた(図3: 質問紙IVd)。

蹴り方の選択は一般的なサッカーで多用される蹴り方の「instep kick」, 「inside kick」, 「infront kick」の3種類とその他として自由記載を含め4選択とし複数回答を

鼠径部周囲の痛みに関するアンケート

I. 個人項目

- a 記入年月日: 2008 年 月 日
- b 氏名: _____
- c 生年月日: _____年(西暦) 月 日 (年齢) 歳
- d 学年: _____年生
- e 身長: _____cm
- f 体重: _____kg
- g 競技層: _____年
- h 利き脚: 1. 右 2. 左
- i ポジション(現在): DF, MF はセンターかサイドも選択
 : 1. GK 2. DF (C, L, R) 3. MF (C, L, R) 4. FW
 * : (C=センター, L=左サイド, R=右サイド)

鼠径部周囲の痛みについてお聞きします。

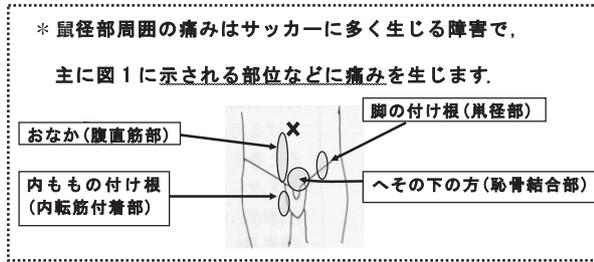


図1

II. 図1に示すような部位周辺部に痛みを生じたことがありますか? (現在, 以前も含む)

- 1. はい
- 2. いいえ

P1 「はい」を選択した方は次の質問以降を答えてください。

III. それは以前ですか? 現在ですか?

- 1. 以前, 痛かったことがあります。(現在, 痛みはありません)
- 2. 以前, 痛かったことがあり, 現在も痛みがあります。
- 3. 現在, 痛みがあります。(初めて痛くなりました)

IV. 痛みが生じたときについてお聞きします。

- a. それはいつごろですか?(最近のもの)
 _____年生時 (具体的に _____年前, _____カ月前, _____日前)
- b. そのときのポジションはどこでしたか?
 1. GK 2. DF (C, L, R) 3. MF (C, L, R) 4. FW
- c. 痛みが生じたのはどの動作のときでしたか?

蹴り足側の場合

軸足側の場合

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 蹴り脚を引いたとき | 4. 踏み込んだとき |
| 2. ボールを蹴る瞬間 | 5. 蹴り足を引いたとき |
| 3. ボールを蹴った後 | 6. ボールを蹴る瞬間 |
| | 7. ボールを蹴った後 |

P2

図2 Groin Painに関するアンケート調査用紙(1)

認めた(図3: 質問紙IVe)。

対象者の分類は, JFAによる育成年代のカテゴリ分類である, 14歳以下グループ(U14), 16歳以下グループ(U16), 18歳以下グループ(U18), 20歳以下グループ(U20)とした(図1)。

統計処理には, SPSS17.0を使用し有意水準5%未満として検証した。

結 果

アンケート調査用紙を配布した497名のうち本人および保護者の同意を得られた407名から回答を得た(回収率: 81.5%)。そのうち本研究の対象となるU20以下が349名であった。内訳はU14: 110名, U16: 84名, U18: 70名, U20: 85名である。

今回の調査実施時より過去1年以内にGPを有していた選手の割合は56.4%であった(図4A)。各カテゴリの年間発症割合はU14: 72.5%, U16: 55.6%, U18: 60.5%, U20: 36.2%に発症が確認された(図4B)。

発症脚では, 蹴り脚発症が57.7%, 軸脚発症が13.1%, 蹴り脚と軸脚の発症が28.6%となり, 蹴り脚に関連した発症が86.3%と多かった(図5A)。また, 蹴り脚BIでの発症に有意な偏りが認められた(図5B)。

誘発する蹴り方では, 「instep kick」が39.4%, 「inside kick」が29.2%, 「infront kick」が30.3%となり蹴り方に有意な偏りは認められなかった(図6A)。

発症部位では, 鼠径部の発症が66.4%と多く, 次に内転筋近位附着部29.2%となり, 恥骨結合部2.7%, 腹直遠位附着部1.8%と少なかった(図6B)。さらに発症部位と蹴り方との関連性を検証した結果, 有意な関連は確認できなかった(図6C)。

また, カテゴリ別に発症部位の関連性を確認すると, U16で鼠径部の発症が多く見うけられたが統計学的に有意な関連は確認できなかった。しかしU18の内転筋部, またU20の恥骨結合部に有意な関連が確認できた(図7A, B)。

痛みの程度では, キック動作における観点からの調査ではあるが「軽く蹴る程度」で疼痛を有する選手が

d. そのとき痛みの生じた場所は？

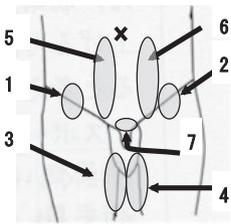


図 2

1. 右脚の付け根 (右鼠径部)
2. 左脚の付け根 (左鼠径部)
3. 右内転筋附着部
4. 左内転筋附着部
5. 右側のおなか (右腹直筋部)
6. 左側のおなか (左腹直筋部)
7. ヘソの下のほう (恥骨結合部)

e. どのような蹴り方をしたときに痛みましたか？

1. インステップキック
2. インサイドキック
3. インフロントキック
4. その他 ()

f. どのくらいの程度で蹴ったときに痛みが生じましたか？

1. 軽く蹴る程度
2. 力強く蹴る程度
3. その他 ()

g. 痛みがあった時点でのプレーの状況はどうでしたか？

1. 痛みはありましたが、練習量などは同じにできました。
2. 痛みはありましたが、練習量などを抑えてプレーできました。
3. 痛みがあったので、一定期間(1週間以上)プレーはできませんでした。
4. 痛みがあったので、一定期間(1週間以内)プレーはできませんでした。

h. 初めて痛みを感じてから現在までの状況はどうですか？

1. 何度か痛むことがありました。
(たびたび, 時々, まれに)
2. 痛むことはありませんでした。

i. 治るのにどのくらいの期間がかかりましたか？

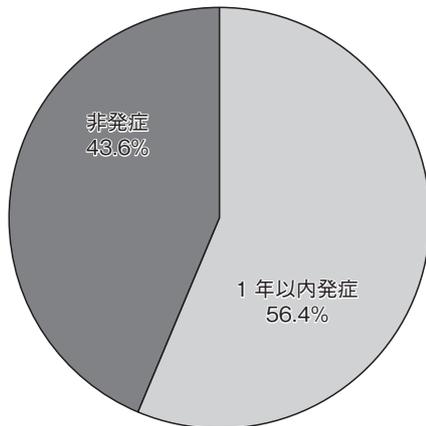
また、そのときにどのような治療をしましたか？

具体的に

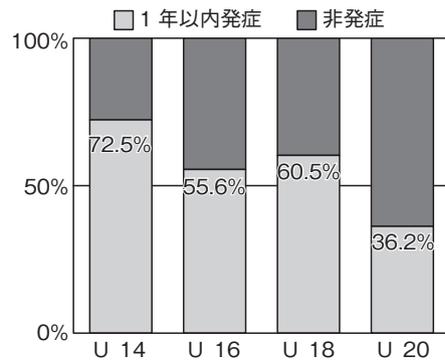
P3

P4

図3 Groin Painに関するアンケート調査用紙(2)



A. 全体年間発症率 (n=394)



B. カテゴリー別年間発症率

図4 Groin Pain年間発症率(調査時点基準)

33.5%、「強く蹴る程度」で疼痛を有する選手が63.6%、その他としてキック動作以外で疼痛を有した選手が2.9%であった(表1).

さらに、発症後の競技活動状況は、53.6%がプレーの

制限をしないで通常の「活動を継続」し、20.7%が何らかのプレーの「制限をしたが活動を継続」していた。プレーの継続という観点から全体の約75%の選手が競技活動を休まないで競技活動を継続していた。さらにカテ

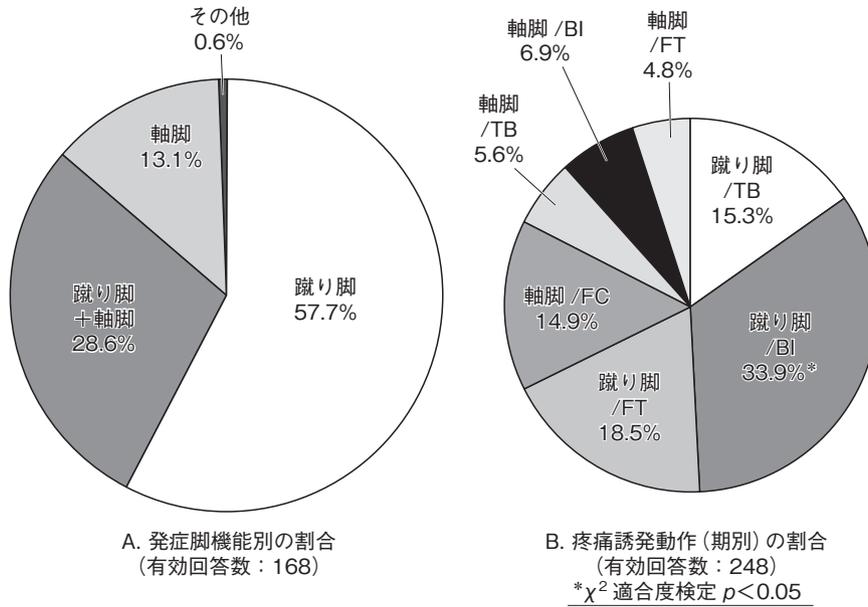
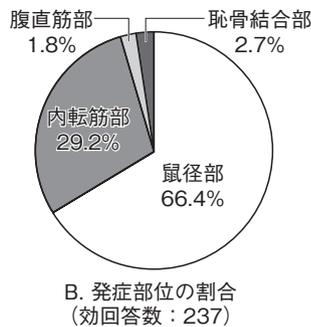
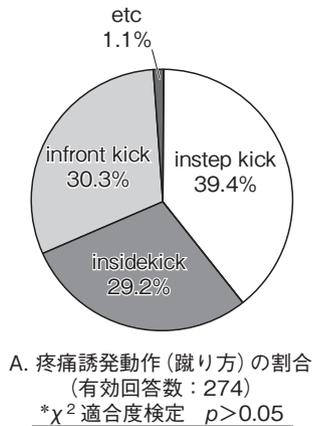


図5 発症脚機能別の割合と疼痛誘発動作(期別)



	Instep kick	Inside kick	Infront kick	etc	合計
鼠径部	<u>27</u>	34	40	1	147
内転筋 附着部	21	<u>29</u>	25	0	75
腹直筋 附着部	2	1	1	0	5
腹直筋 附着部	5	2	3	0	10
合計	100	66	70	1	237

C. 蹴り方と発症部位の関係：(有効回答数：237)
* χ^2 独立性の検定 $p > 0.05$

図6 疼痛誘発動作(蹴り方)と発症部位の割合と両要因の関係

ゴリー別では、カテゴリーの年齢が低くなるに従い「活動を継続」する選手の割合が多い傾向であった(図8A)。

発症後の治療に向けての行動状況では、39.9%が「医療機関を受診」したが、「セルフケア」28.7%、および「何

もしなかった」が31.4%であった。さらにカテゴリー別では「医療機関を受診」の割合にほとんど差はないが、年齢の低いカテゴリーほど「何もしなかった」割合が高い傾向であり年齢が上がるに従い「セルフケア」を行なっ

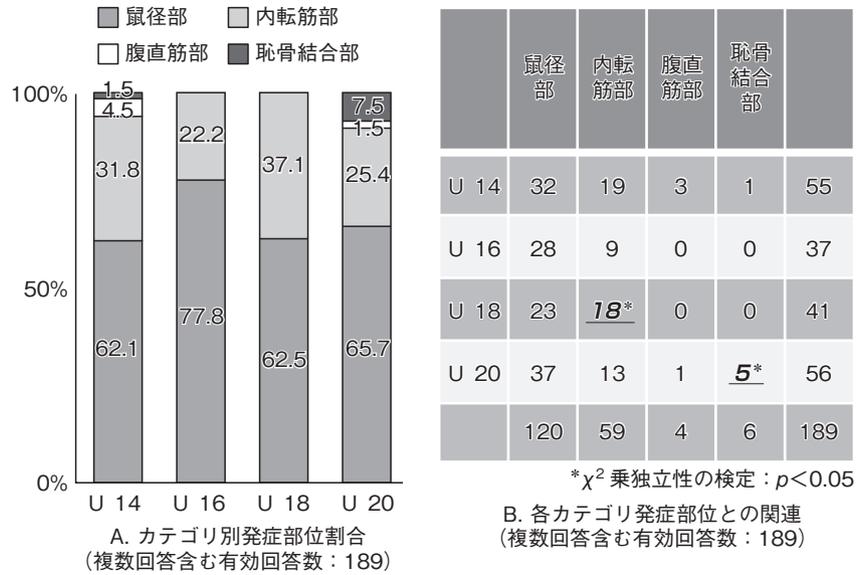


図7 カテゴリ別 Groin Pain 発症者の疼痛部位

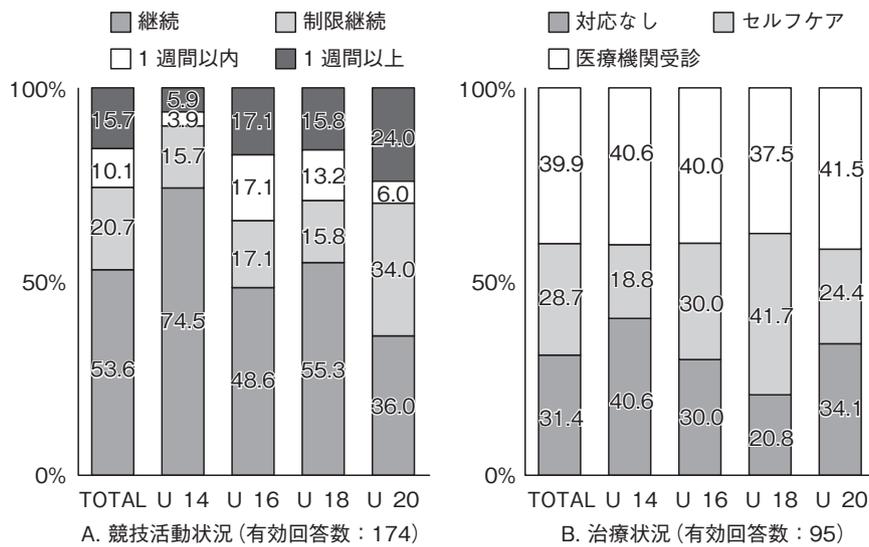


図8 Groin Pain 発症者の発症後の行動

ている割合が高くなっていった (図8B)。

さらに66.4%の選手が、GPの再発症を経験している (図9A)。

考 察

先行研究ではGPの年間発症率は10%と報告されているが⁴⁾今回得られた年間発症率は56.4%であった (図4A)。発症率では過去の報告とは大きな差を有しているが、過去の発症率の報告は医療機関受診などにより確認

されたものと推測される。しかし今回の結果は医療機関での調査ではなく競技活動現場での結果である。そのため、育年代サッカー選手では潜在的にGPを訴えている選手が意外と多いと推測される。

また、カテゴリ別での発症率は年齢層が低くなるに従って発症率が高くなっていった (図4B)。このことは、成長期にあたるこの年代でのスポーツ障害は骨端線や筋腱付着部の障害が多いとされている^{8,9)}。GPの病態も同様に骨端線・骨端核や筋腱付着部の障害も含まれるため、これらの組織へ技術的に未熟な要素も含まれた力学

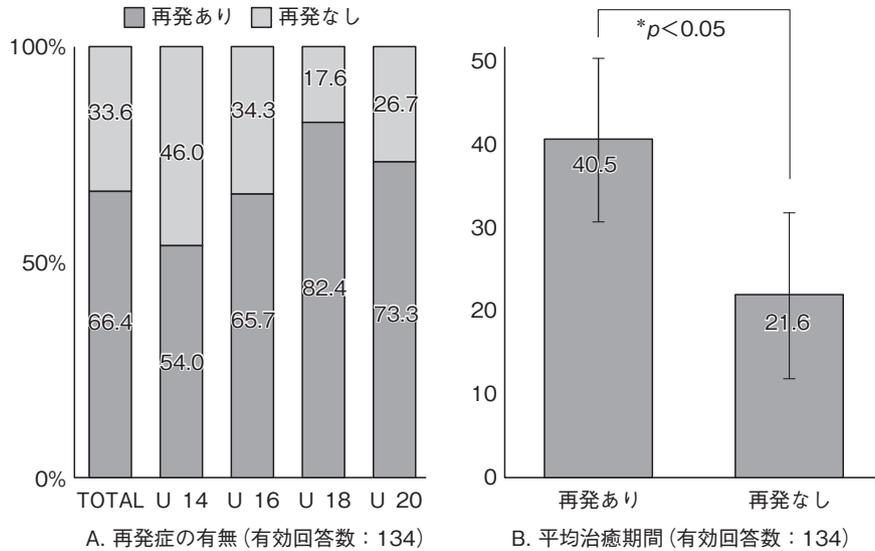


図9 再発の有無と再発有無による治癒期間

的なストレス加わることが誘因になっている可能性もある。とくに大腿骨頭の骨端線，下前腸骨棘の骨端核がこの年代の障害においては重要でありGPの発症に関連する可能性もある。大腿骨頭の骨端線が問題となる大腿骨頭すべり症は一般的に16歳前後で収束するといわれ，下前腸骨棘の骨端核が16歳以降より形成されることから¹⁰⁾，16歳前後での鼠径部での発症に関与している可能性がある。しかし，骨端線閉鎖や骨端核形成に関しては個人差があるため画像所見での確認は必要となる。しかし，今回はフィールドでの調査のため画像所見を得ることができなかったため推測の域を脱することはできていない。しかしいずれにせよ成長期のサッカー選手に生じる重要なスポーツ障害の1つとしてとくに若年層に対応することも必要であると考えられる。

発症部位では内転筋に関する痛みの割合が高いといわれているが⁵⁾今回の調査では鼠径部の痛みの割合が高い結果となった(図6B)。このことは前述した大腿骨頭部の骨端線や下前腸骨棘の骨端核に関連する可能性も推測されるがGPの病態は複雑であるため鼠径部周囲の軟部組織との関連性も含め検討していく必要がある。

また，蹴り方ではGPは「inside kick」による発症が多いといわれているが¹¹⁾今回の調査では蹴り方に有意な差が確認できなかった(図6A)。さらに，蹴り方と発症部位の関連性を検討したが，統計学的に有意な関連性は認められなかったが図6Cで示すように(下線と斜字)「instep kick」と鼠径部，「inside kick」と内転筋付着部というようにキックの種類ごとに発症部位の傾向を把握することができるため治療および指導のヒントになる可能

性があると考えられる。

また，発症後の行動では疼痛を有している割合が高いにも関わらず，「医療機関受診」を選択せず，「セルフケア」もしくは「何も対応しない」で競技活動を継続していた選手が多いことが明らかになった(図8A, B)。競技活動を継続した理由として，時間的制限(カテゴリー所属期間)に対し，レギュラー競争などの問題から競技活動継続を選択し治療に専念できなかった可能性もあると推測できる。さらに，捻挫や骨折等のように初期症状が急速に出現する外傷とは違い，GPは緩徐的に発症するため，個人判断による症状確認にて競技活動継続を選択した可能性も推測される。その行動が「医療機関受診」率の低さにもつながっていると考えられる。

表1に示すように痛みの程度と活動の関係では「強く蹴る程度」で疼痛を有する場合は活動の継続も可能かと思われるが，「軽く蹴った程度」で疼痛を有する選手(囲み枠内)の約70%が「我慢して」活動を継続している可能性がある。また，特に年齢が低いカテゴリーでは発症率が高いにも関わらず，発症後に「対応」する傾向が低く，競技を継続する傾向が高いことがわかった(図8A, B)。

さらに，GPは一度発症した選手の半数以上が再発症する傾向があり(図9A)，再発群が非再発群より有意に治癒期間が長い結果となった(図9B)。このことは初回発症後の治癒期間が長いほど再発症する可能性が高くなることを示唆される結果となった。

以上のことより，育成年代では潜在的にGPの症状を有している選手が多いことが推測されるため，発症を予防することが最重要課題ではあるが，発症後いかに的確

表1 カテゴリ別疼痛誘発動作の程度と発症後の行動との関係(有効回答数:173)

		軽く蹴る	強く蹴る	その他	
活動 継続	U 14	39.7%	4	34*	0
	U 16		8	8	1
	U 18		6	15	0
	U 20		5	13	0
制限 継続	U 14	29.3%	5*	2	1
	U 16		2	4	0
	U 18		2	4	0
	U 20		8	9	0
1週間 以内 休み	U 14		0	2	0
	U 16		3	2	1
	U 18		2	3	0
	U 20		2	1	0
1週間 以上 休み	U 14		0	2	1
	U 16		3	3	0
	U 18		3	3	0
	U 20		5	5	1
		58 (33.5%)	110 (63.6%)	5 (2.9%)	173

* χ^2 独立性の検定 $p < 0.05$

に早期治癒をめざすかも重要であると考え、そのため、競技現場レベルで本障害に対する認識を向上させ、「セルフケア」で対応できるもの「医療機関受診」の必要性のあるものを選択各自が的確に判断できるように啓蒙していくことが重要と考える。

文 献

- 1) Cetin C et al : Chronic groin pain in an amateur soccer player. Br J Sports Med, 38 : 223-224, 2004.
- 2) Vincent M et al : Groin injuries in athletes. Am Fam Physician, 64 : 1405-1414, 2001.
- 3) 仁賀定雄ほか : 鼠径部痛症候群の診断と治療 総論(病態・歴史). 臨スポーツ医, 23 : 733-741, 2006.
- 4) Hölmich P et al : Clinical examination of athletes with groin pain : an intraobserver and interobserver reliability study. Br J Sports Med, 38 : 446-451, 2004.
- 5) Hölmich P : Long-standing groin pain in sports-people falls into three primary patterns, a "clinical entity" approach : a prospective study of 207 patients. Br J Sports Med, 41 : 247-252, 2007.
- 6) Lynch SA et al : Groin injuries in sport : treatment strategies. Sports Med, 28 : 137-144, 1999.
- 7) 浅井 武ほか : サッカーファンタジスタの科学. 光文社, 東京 : 67-71, 2002.
- 8) 古賀良生ほか : 成長期スポーツ選手の膝痛. 臨スポーツ医, 15 : 7-11, 1989.
- 9) 中澤理恵ほか : 中学生サッカー選手における筋腱付着部障害発生に関する要因. 理学療法学, 31 : 391-396, 2004.
- 10) 宮川俊平ほか : 発達に伴う画像所見の特徴とピットフォール. 臨スポーツ医, 30 : 1-5, 2013.
- 11) 川本竜史 : 競技特性とスポーツ障害の予防-サッカーと恥骨結合炎. 臨スポーツ医, 24 : 1255-1261, 2007.

高校バレーボールでのスポーツ傷害の発生要因に関する検討 —競技種目別の傾向—

A Questionnaire Survey of the Sports Injuries in the High School Volleyball Athletes

塚本 晃基 Akinori Tsukamoto 兼子 秀人 Hideto Kaneko
村上 元庸 Genyou Murakami

● Key words

バレーボール, スポーツ傷害, アンケート

●要旨

高校バレーボールでのスポーツ傷害の実態を把握するために、県内の全高校男女バレーボール部76チームの指導者・選手へのアンケート調査を行なった。この1年間で傷害が発生した選手は155名(43.7%)であった。傷害は、ブロックやアタックなどのジャンプ動作での受傷が多く、足関節捻挫の受傷が最も多かった。傷害発生は、平日の練習時間が3時間以上のチームや、1時間あたりの休憩回数が少ないチームとの間に関連があった。

はじめに

スポーツ傷害の発生には、それぞれの競技ごとに特異性があり、その特異性を把握することは予防にとって重要である。

今回われわれは、高校バレーボールでのスポーツ傷害発生の変因について検討し、傷害予防の啓蒙活動に役立てることを目的として、指導者・選手に対しアンケートにて実態を把握する調査を行なったので報告する。

対象と方法

対象は県内の全高校男女バレーボール部76チームの指導者と選手(1・2年生)である。

方法は、選手・指導者へのアンケートを各校へ配布し、回答後に回収した。なお、このアンケートでは、2011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傷害(ケガ、故障、使い痛み)について回答してもらった。選手へのアンケートの項目は①スポーツ傷害発生の有無、②受傷した部位、③受傷した傷害名、④受傷動作、⑤受傷は練習中・試合中、⑥初発・再発、⑦傷害を振りかえり予防できたと感じるかである。項目②と③は、複数回答可とし、複数の場合はそれぞれについて項目⑤～⑦までを回答してもらった。指導者へのアンケート項目は①指導歴、②指導者のバレーボール競技歴、③練習回数/週、④練習時間(平日・休日)、⑤休憩回数/時間、⑥休憩時間/回である。また、各チームの傷害発生率と練習状況との関連についてt検定を用いて検討した。

結 果

アンケートの回収は、男女76チーム中53チームで回収率は69.7%であった。そのうち有効な回答が得られた指導者37名、選手355名(男子130名、女子225名)を

塚本晃基
〒528-0041 甲賀市水口町虫生野西浦1095-4
医療法人社団村上整形外科クリニック
TEL 0748-63-7751/FAX 0748-63-7753

医療法人社団村上整形外科クリニック
Murakami Orthopaedic Clinic

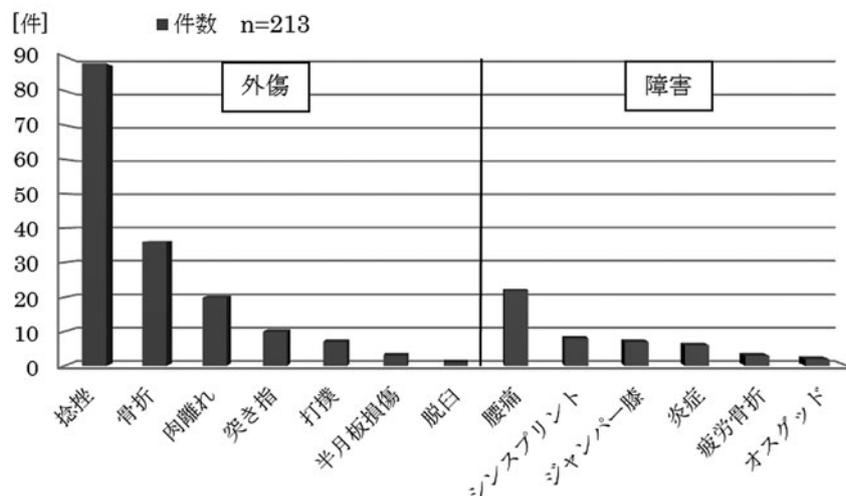


図1 傷害別発生件数
外傷では捻挫，障害では腰痛が多かった。

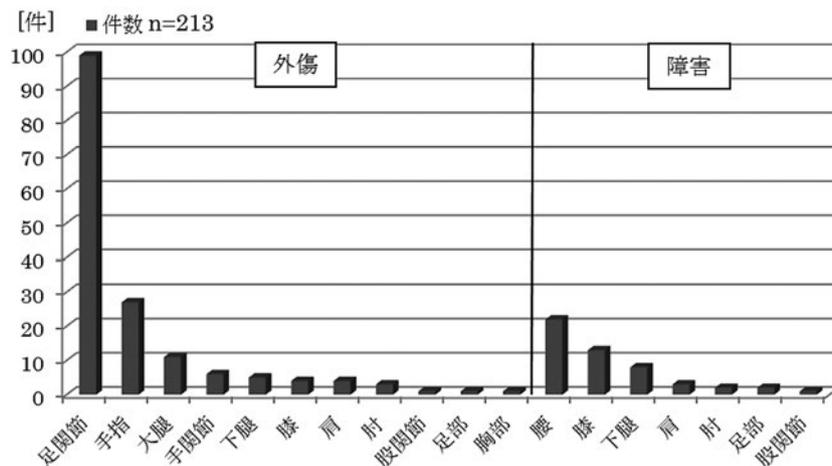


図2 受傷部位別発生件数
外傷では足関節，障害では腰が最も多かった。

集計した。

この1年間でスポーツ傷害が発生した選手は155名(43.7%)であり，傷害の発生件数は213件であった。これらの傷害を外傷と障害に分けると，外傷は162件(77.5%)，障害は51件(22.5%)と，外傷のほうが多かった。外傷の内訳で最も多かったのは捻挫88件(53.3%)，次いで骨折36件(21.8%)，肉離れ20件(12.1%)の順であり，障害の内訳で最も多かったのは腰痛22件(45.8%)，次いでシンスプリント8件(16.7%)，ジャンパー膝7件(14.6%)の順であった(図1)。受傷部位で最も多かったのは足関節99件(60.0%)，次いで手指27件(16.4%)，大腿11件(6.7%)の順で，障害では腰22件(43.8%)，

次いで膝13件(25.0%)，下腿8件(16.7%)の順であった(図2)。傷害の受傷動作で最も多かったのはブロック55件(24.9%)，次いでアタック32件(15.0%)，レシーブ25件(11.7%)の順であった(図3)。また傷害の発生は，練習中が146件(68.5%)，試合中が60件(28.2%)，未回答7件(3.3%)であった(図4)。これらの傷害が初発であったものは162件(76.1%)，再発であったものは48件(22.5%)，未回答3件(1.4%)であった。その傷害を振りかえり予防できたと感じたものは117件(54.9%)，予防できないと感じるものは94件(44.1%)，未回答2件(0.9%)であった(図5)。

指導者へのアンケートでは，指導歴は0～30年(平均

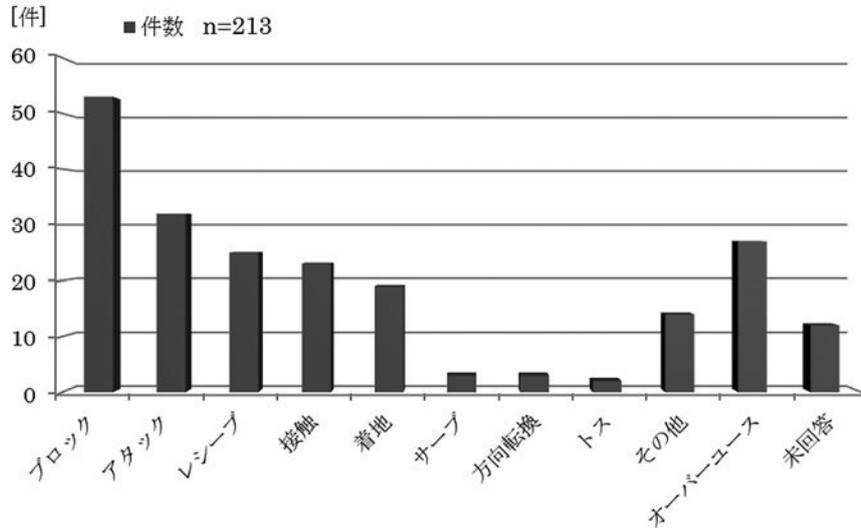


図3 受傷動作
ブロックやアタックなどのジャンプ動作での受傷が多かった。

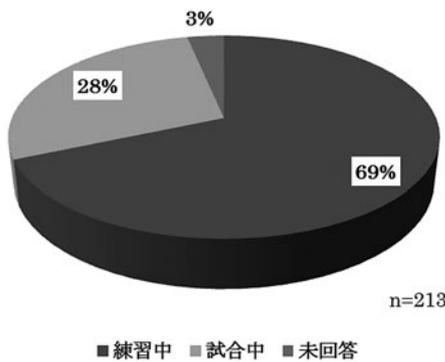


図4 傷害発生時の状況について
練習中が試合中よりも多かった。

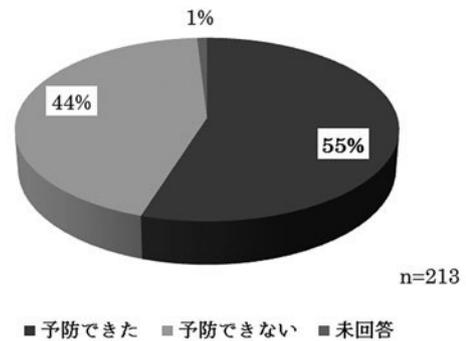


図5 傷害予防について
傷害を予防できたと感じる選手が多かった。

11.8年)であり、指導者のバレーボール競技歴は0~31年(平均11.6年)であった。これらの経歴は、そのチームの傷害発生率との関連はみられなかった。チームの練習状況の項目は、練習回数は4~7回/週(平均5.8回/週)、練習時間は平日1.5~4時間(平均2.5時間)、休日3~6時間(平均4.0時間)であった。練習中の1時間あたりの休憩の回数は0~4回/時間(平均1.4回/時間)、1回あたりの休憩時間は0~30分/回(平均6.8分/回)であった。

チームの傷害発生率と練習状況の関連は、平日の練習時間と1時間あたりの休憩回数で有意差が認められた。平日の練習時間では、3時間未満のチーム群よりも3時間以上のチーム群で傷害発生率が有意に高かった(p

<0.05) (図6)。1時間あたりの休憩回数は、2回以上のチーム群よりも2回未満のチーム群で傷害発生率が有意に高かった($p < 0.05$) (図7)。休日の練習時間と1回あたりの休憩時間は、傷害発生率との関連はみられなかった。

考 察

傷害の実態調査では、受傷動作はブロックやアタックなどのジャンプ動作での受傷が多く、傷害は足関節捻挫が最も多かった。奥脇^{1,2)}は、全国的な中高生の部活動におけるスポーツ外傷調査で、バレーボール競技では、足関節捻挫が最も多いと報告しており、本研究と同様の結果であった。石川ら³⁾は、バレーボールは非常に

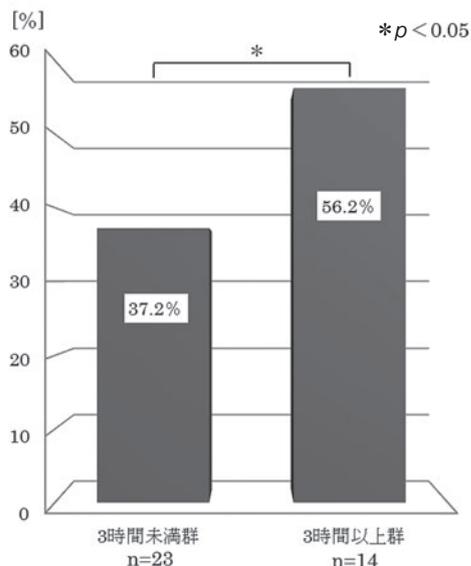


図6 傷害発生率と平日の練習時間の関係
平日の練習時間が3時間以上のチーム群で傷害発生率が有意に高かった。

足関節捻挫の発生が多い競技であり、とくにネット上のプレーやスパイク着地時の発生が多いと報告している。また、森北⁴⁾のバレーボール選手に対する調査では、足関節捻挫の既往は78%に認めたと報告している。そのため、ブロックやアタックなどのジャンプ動作での足関節捻挫の発生頻度が高いということを再認識し、予防方法などを啓蒙していく必要があると考える。

傷害の発生は、練習中が146件(68.5%)と多く、その傷害を振りかえると予防できたと感じている選手が半数以上もいることがわかった。そのため、選手・指導者が傷害の傾向や予防方法についての知識をもつことで予防できた傷害も多かったと考える。

練習状況とチームの傷害発生率との関連をみると、平日の練習時間が3時間未満のチーム群よりも3時間以上のチーム群で傷害発生率が有意に高かった($p < 0.05$)。しかし、休日の練習時間と傷害発生率には関連がみられなかった。平日は放課後からの練習のため、休日よりも身体的・精神的な疲労があることが考えられ、これが平日の練習時間と傷害発生率に関連した要因の1つであると考えられる。そのため、平日ではとくに選手のコンディションを考慮し練習時間の調整をすることで、傷害発生予防につながると考える。

また、練習中の1時間あたりの休憩回数が2回以上のチーム群よりも2回未満のチーム群で傷害発生率が有意に高かった($p < 0.05$)。1回あたりの休憩時間は傷害の発生との関連はみられなかった。Mackworth⁵⁾は一般

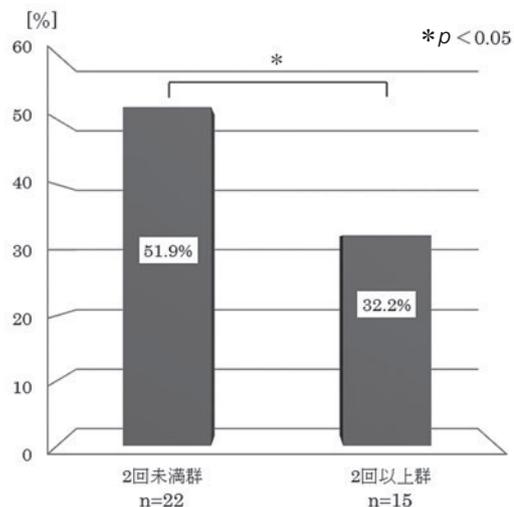


図7 傷害発生率と1時間あたりの休憩回数の関係

1時間あたりの休憩回数が2回未満のチーム群で傷害発生率が有意に高かった。

的・日常的な場面において、単純な作業に注意を持続できる時間は、作業条件や個人差によって違いがあるものの、30分前後が限界であると報告している。スポーツにおいては、注意力の低下は傷害発生につながる事が考えられる。そこで、休憩を1時間あたり2回以上導入することで注意力の低下を防ぐことができ、傷害発生の予防につながると考える。

本研究はアンケート調査のため、各チームの年間の練習または試合時間あたりの傷害発生件数までは調査できていない。今後、チームと連携をとって、より詳細に傷害発生について分析を行なっていくことが課題である。また、今回の調査で得た傷害の傾向をより詳細に分析していくために、アンケート内容を再検討し、今後も継続して調査を行なっていきたい。

結 語

1. 県下全高校男女バレーボール部76チームのスポーツ傷害の実態を把握するためにアンケート調査を行った。回収率は約70%で、有効な回答は指導者37名、選手355名から得られた。
2. ジャンプ動作での足関節捻挫の発生が最も多かった。
3. 傷害発生は練習中が多かった。
4. 傷害を振りかえると予防できたと感じている選手が半数以上もいた。
5. 傷害発生率と1時間あたりの休憩回数に有意差を認めた。

文 献

- 1) 奥脇 透：日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築. 日体育協会スポーツ科研報集, 1：3-26, 2010.
- 2) 奥脇 透：日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築 第2報. 日体育協会スポーツ科研報集：4-12, 2011.
- 3) 石川大瑛ほか：高校女子バレーボール部員の足関節捻挫とリハビリテーション実施状況の実態. 理学療法学, 36：S2-S380, 2009.
- 4) 森北育宏：バレーボールにおけるスポーツ障害. 中部整災誌, 45：1021-1022, 2002.
- 5) Mackworth N H：Researches on the measurement of human performance. Med. Res Council, Special Report, 268：1950.

高校バスケットボール指導者における 膝前十字靭帯損傷に関するアンケート調査

Questionnaire Investigation About Anterior Cruciate Ligament Injury of the Knee in Coaches of High School Basketball Team

能 由美^{1,2)} Yumi No
吉田 大佑¹⁾ Daisuke Yoshida
秋山 寛治⁴⁾ Kanji Akiyama
今村宏太郎¹⁾ Kotaro Imamura
宮本 俊之^{2,3)} Takashi Miyamoto

● Key words

膝前十字靭帯損傷, 疫学調査, 高校バスケットボール選手

Anterior cruciate ligament injury : Epidemiology : High school basketball players

● 要旨

高校バスケットボール男女チームの膝前十字靭帯損傷(以下, ACL損傷)の発生数と指導者のACL損傷に対する意識の調査を行なった。アンケート調査後に結果報告と資料配布, 動画配信などを行なった。対象は長崎県バスケットボール協会に所属する高校100チームとその指導者100名である。①2010年度, ②2011年度の各年度にアンケート用紙を郵送法にて配布し回収した。結果は有効回答率①88%, ②66%, ACL損傷発生数は①1,516名中19名, ②1,324名中17名であった。ACL損傷の知識のあった指導者は①81.8%, ②84.8%, ACL予防活動の知識あったものは①45.5%, ②59.1%, ACL予防トレーニングの実施しているものは①34.1%, ②27.3%であった。当協会における啓発活動は十分ではなかった。

はじめに

膝前十字靭帯損傷(以下, ACL損傷)は女子バスケットボール選手に多いとされ^{1,2)}, 世界的に予防活動の取り組みが行なわれている³⁻⁷⁾。

奥脇ら⁸⁾は, 独立行政法人日本スポーツ振興センター学校安全部データより平成23年度の中高生の部活動に

おけるスポーツ外傷発生調査を行ない, そのなかで膝前十字靭帯損傷は1年間に2,577件発生し, そのうちバスケットボール競技では1,224件と全競技のなかでも最も多かったと報告した。われわれが所属する長崎県バスケットボール協会でも2007年度に高校52校の女子選手920名を対象とした既往歴アンケート調査を実施し(41校507名, 回答率79%), これまでにACL損傷と診断を受けたことがある既往者は28名と報告した⁹⁾。また, 米

能 由美
〒852-8053 長崎市葉山1-28-1
いまむら整形外科医院
TEL 095-856-2880

- 1) いまむら整形外科医院
Imamura Orthopaedic Clinic
- 2) 長崎県バスケットボール協会医科学委員会
Nagasaki Pref. Basketball Association Medical Committee
- 3) 長崎大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagasaki University
- 4) 貞松病院
Sadamatsu Hospital

倉らは当協会所属のトレーナーによる3年間の予防トレーニング介入によって対象とした女子4チームのACL損傷発生数の減少を示した¹⁰⁾。しかし、これまでのわれわれの調査は女子選手に限ったものであり、また一部の予防活動に積極的なチームに限ったものであった。さらに、これまでのところ長崎県下の指導者にどの程度ACL損傷の知識や予防トレーニングに対する認識が浸透しているのか把握できていない。

本論文の目的は、アンケート調査によって「長崎県高校男女バスケットボールチームにおける1年間のACL損傷の発生数」、「指導者のACL損傷やACL予防トレーニングに関する知識」の現状を明らかにすること。さらに当協会によるアンケート調査や資料配布などの啓発活動によって知識が浸透しているかを調査することである。

対象と方法

1. 対象

長崎県バスケットボール協会に所属する高校100チーム(男子51チーム、女子49チーム)と、その指導者100名である。

2. 調査期間

調査期間は①第1回2010年度(2010年4月～2011年3月)と、②第2回2011年度(2011年4月～2012年3月)の2期である。

3. アンケート調査方法

長崎県バスケットボール協会理事会と貞松病院倫理委員会の承認を受けた後、個人やチームを特定できないよう配慮し、アンケート用紙を郵送法にて配布し回収した。

4. アンケート調査項目

1) チーム概要

部員数、練習時間、週あたりの練習日数、年始年末や試験等によるチームの練習休止期間、年間試合数について調査した。

2) ACL損傷について

1年間にACL損傷・断裂と診断を受けた選手数を調査した。

3) 指導者について

指導歴、ACL損傷というケガを知っているか、ACL予防活動について聞いたことがあるか、ACL予防トレーニングを実施したことがあるか、などを調査した。

5. 介入方法

2010年度のアンケート調査後に全チーム指導者に対し、アンケート結果とACL損傷についての説明文書、ACL予防トレーニングの資料を郵送にて配布した。その際に選手、保護者へ同じ資料の配布もお願いした。また、当協会ホームページにてACL損傷についての説明の資料とACL損傷予防のためのトレーニング動画を配信した。

6. データ処理、統計処理について

1) ACL発生率について

各年度における回答率、チーム数や選手数や練習時間数の異なることから、これらを標準化し比較するために、ACL発生率は各チームの練習時間と日数、選手数から1000player-hours(1,000活動時間あたりの発生率；以下/1000PH)を算出した。

2) 統計処理について

ACL損傷の発生したチームと発生していないチームの2群で、練習時間や週あたりの練習日数、年間試合数を比較検討した。ただし、年度間で回収率や発生数が異なることから年度内での比較とした。統計学的分析はMann-WhitneyのU検定を用い、有意水準を5%未満とした。

結 果

アンケートの回収率は①2010年度92%、②2011年度74%であった。有効回答率は①88%(88チーム、男子44チーム、女子44チーム)、②66%(66チーム、男子31チーム、女子35チーム)であった。

1. チーム概要について

対象チームの所属人数は①1,516名(男子819名、女子697名)、②1,324名(男子693名、女子631名)であった。練習時間は平日は1回あたり平均① 2.2 ± 0.5 時間、② 2.3 ± 0.5 時間、休日は1回あたり平均① 3.5 ± 0.9 時間、② 3.6 ± 0.7 時間、1週間の平均練習回数は① 6.2 ± 0.9 日/週、② 6.4 ± 0.6 日/週、年間の平均練習休止日数は① 61.1 ± 34.6 日、② 57.1 ± 24.5 日、平均年間試合数は① 32.8 ± 25.0 試合、② 36.2 ± 29.4 試合であった(表1)。

2. ACL損傷の発生数、発生率について

ACL損傷・断裂と診断された選手は①1.25%(19名/1,516名)、内訳は男子0.37%(3名/819名)、女子2.30%(16名/697名)、②1.28%(17名/1,324名)内訳は男子1.01%(7名/693名)、女子1.58%(10名/631名)であった。

表1 チーム概要

	年度	全体	男	女
平日練習時間(時間)	2010	2.2±0.5	2.2±0.4	2.3±0.5
	2011	2.3±0.5	2.3±0.5	2.2±0.5
休日練習時間(時間)	2010	3.5±0.9	3.5±0.8	3.6±0.9
	2011	3.6±0.7	3.6±0.7	3.5±0.7
1週間の練習日数(日)	2010	6.2±0.9	6.2±0.6	6.1±1.2
	2011	6.4±0.6	6.4±0.6	6.4±0.6
年間休止日数(日)	2010	61.1±34.6	59.9±26.4	62.4±41.6
	2011	57.1±24.5	59.0±23.1	55.3±25.8
年間試合数(回)	2010	32.8±25.0	32.3±26.3	33.2±23.8
	2011	36.2±29.4	33.7±29.3	38.5±29.8

表2 発生数と発生率(1,000時間あたりの発生率/1000 Player-hours)

	年度	全体	男	女
ACL損傷数(名)	2010	19 (1.25%)	3 (0.37%)	16 (2.30%)
	2011	17 (1.28%)	7 (1.01%)	10 (1.58%)
発生率(1000 player-hours)	2010	0.0165	0.0050	0.0289
	2011	0.0165	0.0129	0.0245

表3 ACL損傷者の有無によるチーム概要の比較

	2010			2011		
	ACLあり	ACLなし	p値	ACLあり	ACLなし	p値
チーム数(n)	13チーム	75チーム		15チーム	51チーム	
所属人数(名)	23.92±12.43	16.07±10.24	0.0083	21.91±8.09	19.51±8.86	0.6029
平日練習時間(h)	2.57±0.64	2.18±0.39	0.0489	2.37±0.48	2.24±0.45	0.4352
休日練習時間(h)	4.08±0.95	3.45±0.80	0.0283	3.36±0.61	3.55±0.67	0.6517
練習回数/週(回)	6.00±1.87	6.19±0.65	0.3683	6.60±0.63	6.32±0.55	0.1032
年間試合数(試合)	53.69±34.10	29.13±21.98	0.0020	48.33±33.26	32.59±27.55	0.0396

(平均値±標準偏差)

1,000活動時間あたりのACL発生率(/1000PH)は全体①0.0165, ②0.0165であり, 男女別では①男子0.0050, ②0.0129, 女子①0.0289, ②0.0245であった(表2). 各チームによって活動時間が異なるため, 通常, 疫学調査においては活動時間あたりの発生数によって比較検討される. 今回活動時間あたりの発生率は全体では両年度で変化がなかったが, 男子は発生人数も活動時間あたりの発生率も増加し, 女子は減少した.

ACL損傷が発生したチーム数と人数は①13チーム19名, ②15チーム17名であった. ACL損傷の発生したチームと発生していないチームを比較すると, 1年間の試合数は①ACL損傷のあったチーム平均53.69試合, ACL損傷のなかったチーム平均29.13試合($p=0.002$), ②ACL損傷あったチーム平均48.33試合, ACL損傷な

かったチーム32.59試合($p=0.040$)(表3)と年間試合数に関してのみ, 2010年と2011年の2期ともに有意に差が認められた.

3. 指導者について

指導経験年数は①平均5.5±7.7年(1~36年), ②6.2±9.2年(1~37年). ACL損傷の知識があるものは①81.8%②84.8%, ACL損傷予防活動について知っているものは①45.5%②59.1%, ACL損傷予防トレーニングを実施したことがあるものは①34.1%②27.3%であった(表4).

表4 指導者の意識；ACL 損傷，ACL 予防活動に対する内容

	年度	全体	男	女
指導経験年数	2010	5.5 ± 7.7	5.4 ± 7.9	5.6 ± 7.5
(平均 ± 標準偏差)	2011	6.2 ± 9.2	5.5 ± 9.3	6.7 ± 6.2
ACL 損傷の知識あり	2010	72 (81.8%)	36 (81.8%)	36 (81.8%)
(名)	2011	56 (84.8%)	28 (90.3%)	28 (80.0%)
ACL 予防活動の知識あり	2010	40 (45.5%)	20 (45.5%)	20 (45.5%)
(名)	2011	39 (59.1%)	18 (58.1%)	21 (60.0%)
ACL 予防活動実施あり	2010	30 (34.1%)	11 (25.0%)	19 (43.2%)
(名)	2011	18 (27.3%)	8 (25.8%)	10 (28.6%)

考 察

ACL 損傷の発生数と発生率に関して、Messina ら¹¹⁾ はテキサス高校男女1,863名(男973名, 女890名)の発生数は15名(男子4名, 女子11名)で発生率0.8%であったと報告しているが、今回のわれわれの結果は1.25~1.28%であり、やや高値を示した。浦辺ら¹²⁾ は高校女子171名を調査し、1,000時間あたりの活動数(1000player-hours)での発生率では0.038~0.082と報告している。清水ら¹³⁾ はバスケットボール女子日本リーグ機構(WJBL)にて選手137~174名を対象とした調査では0.031~0.081であったと報告した。今回のわれわれの調査では女子は0.0245~0.0289であり、これらの報告と比較し低値であった。

ACL 損傷が発生したチームでは発生していないチームに比べて年間試合数が多かった。勝ち上がることによる試合数の増加、遠征や練習試合による試合数の増加によって、バスケットボールプレー時間が増加する。このことがACL 損傷のリスクの1つとなることが明らかとなった。

目黒ら¹⁴⁾ は愛知県大会において女子23チームの指導者についてACL 損傷に対する意識調査を行ない、ACL 損傷の知識のあるものは87%、ACL 損傷予防トレーニングを実施しているものは66%と報告している。また、阿部ら¹⁵⁾ は全国中学ハンドボール大会で、102名の指導者を対象に調査を行ない、ACL 損傷を知っているものは89.2%、ACL 予防についての知っているものは13.7%と報告している。今回のわれわれの調査ではACL 損傷の知識のある者は約80%、ACL 損傷予防トレーニングを知っているものは約50%、トレーニングを実施したことがあるものは約30%であり、過去の報告と比較して低い値ではなかったが、予防に関しては指導者へ十分に浸透していないことが明らかとなった。

2010年度のアンケート終了後にアンケート調査結果とACL 損傷、ACL 損傷予防のためのトレーニング動作などを説明する文書を全チームに郵送し、さらに長崎県バスケットボール協会ホームページにも動画を掲載し啓発活動に努めたが、翌年の2011年度調査においても大きな成果は得られていなかった。とくに、指導者においてはACL 損傷の認識があっても予防活動を実施していない現状が明らかとなった。したがって、選手に影響を及ぼす指導者に対してACL 損傷のリスクとなる動作の改善のためのトレーニングが必要であることを文書やデータ配信のみでなく、実際のコート上にて積極的に啓発することが重要であると考えられる。さらに予防トレーニングを実施することでジャンプ力、筋力、スピードなど競技力に直接結びつくパフォーマンスの向上が得られることを示す報告もあり^{16~19)}、今後は競技力の向上とACL 損傷予防が両立することを指導者に示し、これからもACL 損傷予防活動の普及に努めていきたいと考えている。

本論文の限界として、介入後のアンケート調査の回収率が低くなっていることがあげられる。とくにACL 損傷のないチームからの回収率が減少していることが示唆される。このことから、バスケットボールを専門としない顧問に対しても、外傷や予防活動の重要性について呼びかけを行ない、活動への協力を促すことが必要である。

結 語

ACLの発生は2010年19名(1.25%)、男子3名(0.37%)、女子16名(2.30%)、2011年17名(1.28%)、男子7名(1.01%)、女子10名(1.58%)であり女子の発生率が高かった。ACL 損傷発生チームは発生していないチームと比較して年間の試合数が多かった。

ACL 損傷については約80%の指導者が知識をもってい

たが、予防については約50%、予防トレーニングの実施経験があるものは約30%と低値を示した。アンケート調査やその後のフィードバック、資料提供による啓発活動の方法はACL損傷予防について指導者に周知するために十分ではなかった。

今後はACL損傷予防トレーニングによる動作改善、パフォーマンス向上などの具体的な効果を明確に示し、実際にスポーツ現場にて予防トレーニング指導など積極的な普及に取り組んでいく。

文 献

- 1) Agel J et al : Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer : a 13-year review. *Am J Sports Med*, 33 : 524-530, 2005.
- 2) Myklebust G et al : Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players : a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sports Med*, 13 : 71-78, 2003.
- 3) Hewett TE et al : Plyometric training in female athletes. decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med*, 24 : 765-773, 1996.
- 4) Myer GD et al : The effect of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. *J Electromyogr Kinesiol*, 15 : 181-189, 2005.
- 5) Noyes FR et al : The drop-jump screening test : difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med*, 33 : 197-207, 2005.
- 6) Chappell JD et al : Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *Am J Sports Med*, 36 : 1081-1086, 2008.
- 7) Noyes FR et al : Anterior cruciate ligament injury prevention training in female athletes : a systematic review of injury reduction and results of athletic performance tests. *Sports Health*, 4 : 36-46, 2012.
- 8) 奥脇 透 : 日本におけるスポーツ外傷サーベイランスシステムの構築—第2報—全国的なスポーツ外傷統計. *日体育協会スポーツ科研報集*, 2 : 4-12, 2012.
- 9) 中山玲子ほか : 高校女子バスケットボール選手に対するアンケート調査の検討. *九州・山口スポーツ医・科学研究会誌*, 20 : 63-67, 2008.
- 10) 米倉暁彦ほか : 女子バスケットボール選手に対する膝前十字靭帯損傷予防プログラム. *整スポ会誌*, 28 : 80, 2008.
- 11) Messina DF et al : The incidence of injury in texas high school basketball : a prospective study among male and female athletes. *Am J Sports Med*, 27 : 294-299, 1999.
- 12) 浦辺幸夫ほか : 前十字靭帯損傷予防プログラムの実施効果. *日臨スポーツ医学会誌*, 15 : 270-276, 2007.
- 13) 清水 結ほか : 女子バスケットボール日本リーグ(WJBL)におけるスポーツ損傷の疫学調査と外傷予防効果の検討. *日臨スポーツ医学会誌*, 17 : 156, 2009.
- 14) 目黒貴郎ほか : 愛知県下のバスケットボール競技の指導者を対象とした前十字靭帯損傷についての意識調査. *東海スポーツ傷害研会誌*, 26 : 30-31, 2008.
- 15) 阿部健作ほか : 中学生ハンドボール選手および指導者の膝前十字靭帯損傷に関する意識調査. *整スポ会誌*, 30 : 211, 2010.
- 16) Hewett TE et al : The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*, 27 : 699-706, 1999.
- 17) Holm I et al : Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limbfunction in female team handball players. *Clin J Sport Med*, 14 : 88-94, 2004.
- 18) 蒲田和芳ほか : 膝動的の外反アライメント矯正を目的とした下肢エクササイズプログラム. *バイオメカニクス研*, 13 : 202-211, 2009.
- 19) Barber-Westin SD et al : A six-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *J Strength Cond Res*, 24 : 2372-2382, 2010.

MRI-BASED Diagnosis and Follow-Up Program for Adolescent Athletes Suffering from Fresh Lumbar Spondylolysis

新鮮腰椎分離症の成長期アスリートに対する MRI による診断・治療プログラム

Takahiro Sato¹⁾ 佐藤 貴博 Toshiaki Yamamura¹⁾ 山村 俊昭
Toshihiko Yamashita²⁾ 山下 敏彦

● Key words

Fresh lumbar spondylolysis : An earlier return to sports : Follow-up CT scans
新鮮腰椎分離症, 早期スポーツ復帰, 追跡 CT 検査

● Abstract

Diagnostic criteria for fresh lumbar spondylolysis include lack of evidence of spondylolysis on plain radiographs and high signal intensity at the pars interarticularis on STIR-MRI. We treated 29 adolescent athletes meeting these criteria. There were 22 boys and 7 girls with an average age of 14.5 years (11-17). The affected vertebral level was L3 in 4 patients, L4 in 14 and L5 in 13. Treatment consisted of discontinuation of sporting activities, a soft lumbar brace, and physical therapy. At the time the size of the high-intensity area was decreased by 80% or more on follow-up STIR-MRI, a computed tomography (CT) scan was obtained to evaluate bony healing. The duration from diagnosis until follow-up CT scans was 60 days on average (28-95). At this time, 20 spondylolysis patients (69%) showed bony union. Our results raise the possibility of an earlier return to sports except in cases with more complicated spondylolysis lesions.

Introduction

Early and appropriate treatment for spondylolysis should lead to a higher bony union rate. Treatment consists of discontinuation of sporting activities, a soft lumbar brace, and physical therapy. A late treatment start exacerbates the disorder and delays bony union. However, giving up sports is very difficult for adolescent athletes. Some discontinue follow-up at hospitals

and refuse treatment. Early diagnosis is thus essential to avoiding the necessity of long-term cessation of activities. At present, magnetic resonance imaging (MRI) with T2-weighted or Short TI Inversion Recovery (STIR) images can facilitate early diagnosis¹⁾.

While it is possible to make an early diagnose of spondylolysis using MRI, it is difficult to determine the optimal time for resuming sports. MRI was performed in our patients after tenderness of spinous processes of the affected vertebra had resolved. If more than 80%

佐藤貴博
〒060-0001 札幌市中央区北1条西2-1
時計台ビル1F
札幌スポーツクリニック
TEL 011-281-8755

1) Sapporo Sports Clinic
札幌スポーツクリニック
2) Department of Orthopedic Surgery, Sapporo Medical University School of
Medicine
札幌医科大学整形外科教室

* 本論文は2012年国際腰椎学会にて発表した内容である。

of a high-intensity area had disappeared on STIR-MRI, we deemed resumption of sports to be reasonable. Computed tomography (CT) was used to assess whether bony union defects were exacerbated by re-summing sports. In our patients, the bony union rate after 2 months of treatment was 69% .

Materials and Methods

Patients with acute low back pain who first consulted our clinic between April 2010 and June 2011 were studied. We diagnosed fresh spondylolysis in those with no evidence of spondylolysis on radiographs but a high-intensity area in the pars interarticularis on STIR-MRI. There were 22 boys and 7 girls. In total, 37 laminae were assessed. The age range of the patients at first presentation was 11 to 17 years (mean, 14.5) . Defects were at L3 in 4 patients, L4 in 14 and L5 in 13 (2 patients had defects involving 2 levels) . Patients with clear spondylolysis on radiographs and/or who refused rest, instead resuming sporting activities, were excluded. The study subjects discontinued all sports and wore a Damen corset. They performed stretching and isometric exercises of the core and extremity muscles. As pain diminished, incremental athletic rehabilitation was performed. When spinous process tenderness at follow-up disappeared, the patients again underwent MRI. If there was less than an 80 % reduction in the high-intensity area on STIR-MRI as compared with the first image, rest was continued. When a reduction exceeding 80% was observed, CT scans were obtained to confirm bony union of the defect. If the bony defects showed union, the patients were allowed to resume limited running. Another MRI was obtained at the time that spinous process tenderness disappeared, and a CT scan was obtained to evaluate bone healing when more than 80% of the high-intensity area disappeared on STIR-MRI. Our patients were divided into two groups, union and non-union, based on the CT scan findings, and their clinical data were compared. The five clinical parameters studied were patient age, prior spondylolysis, complete disappearance of the high-intensity area on STIR-MRI, bilateral defects, and the period from diagnosis until CT scans were obtained. The t-test and the chi-squared test were used for statistical analyses and *p* values <0.05 were considered to indicate a statistically

significant difference.

MRI parameters were : 0.3T HITACHI AIRIS Elite using a QD spine coil COR STIR images with a slice thickness of 3.5mm (TI 110/TE 17/TR 4000 with DE interslice gap 0.5mm) and FOV of 350mm. The matrix size was 288 in the frequency encoding direction, and varied from 180-190 in the phase encoding direction.

CT : ECLOS 16 MDCT (HITACHI Medical Systems) , 2.5mm slice thickness (table index : 2.5mm, 120kV, 250mA and a 0.8sec scan time) .

Results

CT scans (at the time of resuming sporting activities) were obtained an average of 60 days (range, 28-95) from the first MRI. Of the 29 patients, 20 (69 %) showed bony union. According to the classification of Fujii et al²⁾, of the 9 non-union group patients, 8 had early-stage and 2 had progressive-stage spondylolysis (one patient had two stages affecting different vertebra) . There were no significant differences in patient age, prior spondylolysis, or complete disappearance of the high-intensity area on STIR-MRI between the union and non-union groups. The number of patients with bilateral spondylolysis was 3 (15%) in the union group and 5 (70 %) in the non-union group, with the latter having a significantly higher rate. The average time from diagnosis until CT scans was 56.5 days in the union group and 67.4 days in the non-union group, significantly longer in the latter (Table 1) .

Typical cases are shown in Figures 1 and 2. The 14-year-old male played soccer. Figure 1 demonstrates right unilateral spondylolysis at L5. At the initial presentation, the oblique plain radiograph was normal while STIR-MRI revealed a high-intensity area at the

Table 1 Comparison between union and non-union groups

	Union group 20	Non-union group 9
Years old	14.7 (11~17)	14.0 (13~16)
Bilateral	3 (15%)	5 (70%) *
with old spondylolysis	2 (10%)	3 (33%)
High intensity area disappear Patients	11 (55%)	4 (44%)
Period to CT scan (day)	56.5 (28~95)	67.4 (56~81) *

* *p*<0.05

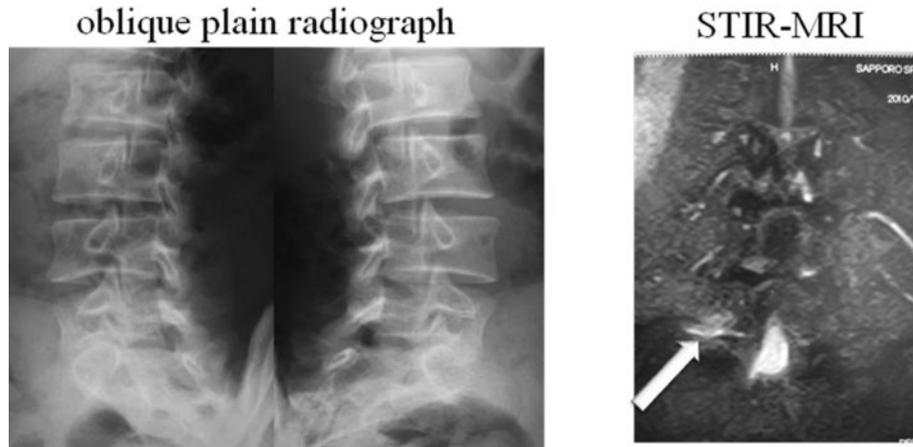


Fig.1 STIR-MRI and oblique plain radiographs at the first consultation
Plain radiographic findings are normal.
A high-intensity area is present at the right L5 on MRI.

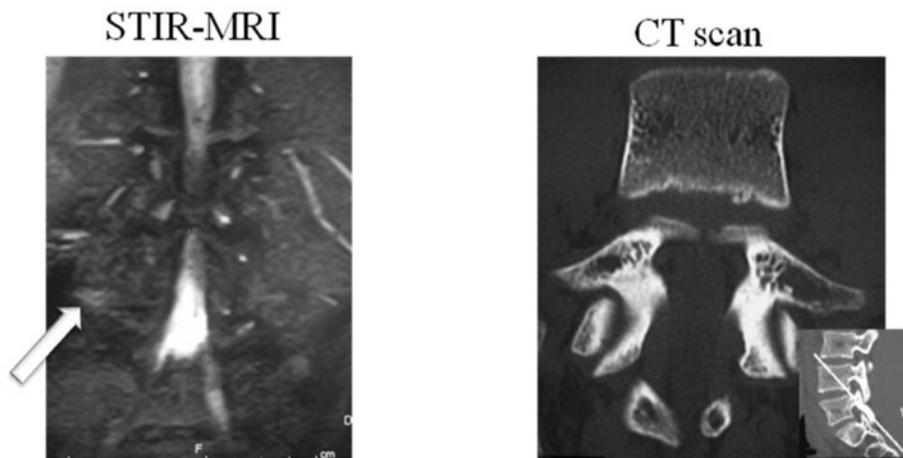


Fig. 2 STIR-MRI and CT scan obtained 2 months after the first consultation
The high-intensity area showed a decrease of 80.1% on STIR-MRI.
The site of L5 spondylolysis showed bony union on CT.

right unilateral pars interarticularis of L5 (Figure 1). He had no tenderness of L5 after 2 months of treatment and the high-intensity area was decreased by 80.1% on STIR-MRI. CT scans were thus obtained and confirmed bony union. The patient was thus allowed to resume sports.

Discussion

Lumbar spondylolysis is a stress fracture of the pars interarticularis which occurs in growing children and adolescents, as first reported by Wiltse in 1962³⁾. The

assumption of stress fracture is supported by the observation that these fractures do not occur in newborns or non-walking adults with cerebral palsy^{4,5)}. Furthermore, appropriate early treatment achieves bony union²⁾.

Rowe et al reported the incidences of spondylolysis in white males, white females, African-American males, and African-American females to be 6.4%, 2.3%, 2.8% and 1.1%, respectively, based on a study of 4,200 adult skeletons⁶⁾. In Asian populations, Sakai et al studied 2,000 Japanese individuals over age 20 years and reported that 5.9% (117 individuals) had spondylolysis.

The rate for men of 7.9% (78) was double that for women, at 3.9% (39). L5 was the affected vertebra in 90% of cases, and approximately 80% had bilateral spondylolysis⁷⁾. Among our patients, L5 was the affected vertebra in 42%, and 27% had bilateral spondylolysis. Compared with the report by Sakai et al⁸⁾, fewer of our cases had L5 spondylolysis and there were more unilateral than bilateral cases. This reflects bony union being more difficult to achieve at L5 than at other lumbar vertebral levels and that unilateral injuries often progress to bilateral injuries.

Grenier et al and Johnson et al were the first, in 1989, to describe early diagnosis of spondylolysis by MRI^{9, 10)}. In Japan, in an effort to diagnose spondylolysis in the early stage, Yamane et al¹¹⁾, in 1992, were the first to report a low-signal change in the “pars interarticularis” on T1-MRI. At that time, the rate of diagnosis based on T1-MRI was still low. In 2002, Sairyo et al reported high-signal change in the “pedicle” on T2-MRI to be a potential indicator allowing early diagnosis¹⁾. Since these initial studies, the rate of early diagnosis has increased markedly, especially with the gradual spread of T2 and STIR-MRI.

The treatment period, starting from early diagnosis of spondylolysis by MRI, has been substantially reduced in recent years. Though some studies have evaluated bony healing using only MRI, CT is necessary to confirm non-union of bone defects because this cannot be detected on MRI. Combinations of MRI and CT must be tailored to the needs of individual patients^{12~14)}. Because Single Photon Emission CT (SPECT) exposes the patient to radioactivity it is not recommended for the young. Furthermore, the limited availability and high cost of SPECT make its use impractical in many clinical settings.

Our subjects had acute spondylolysis not detectable on plain radiographs. The period during which a high-intensity area can be seen on MRI in spondylolysis patients is rather brief, but the injury is easier to diagnose during this period. However, a few patients have small high-intensity areas on MRI not consistent with a diagnosis of spondylolysis. If pain is not decreased by rehabilitation therapy for one month, CT scans should be employed to assess the possibility of progressive spondylolysis. The union and non-union groups were compared in terms of the time required to achieve

bony union. Because the non-union group had more time to achieve bony union and significantly more often had bilateral spondylolysis, we recognized that cases with bilateral injuries needed a longer time for completion of bony union (Table 1). These results are consistent with those of many earlier reports²⁾. We also compared the two groups in terms of the period of time until bony union was confirmed by MRI. However, two of our cases had progressive-stage spondylolysis based on CT, despite the high-intensity area on MRI having been reduced by more than 80%. Clinicians need to be aware that there are cases with findings that are discrepant between MRI and CT.

Early-stage spondylolysis is responsive to conservative treatment and bony union is relatively easily achieved. According to the literature, patients with early-stage spondylolysis resume sporting activities 3 months after the diagnosis on average^{15, 16)}. We achieved a bony union rate of 69% with 60-day treatment of fresh spondylolysis including early and progressive stage. Our results are thus better than those of studies examining early resumption of sports. Sairyo et al reported 90-day treatment of fresh spondylolysis to result in bony union rates of 79% for patients using a soft corset. Our rate of 73% is inferior to their results (Table 2)^{17, 18)}.

It can't assume the bone union less than 2 months, if CT is done at first consult. Because of decreasing radioactivity for patients, we don't have CT less than 2 months and at first consult. We reported that 69% (20/29) patients resumed sports when they decreased more than 80% of the high-intensity area disappeared on STIR-MRI¹⁸⁾. We recommend this protocol for an earlier return to sports.

There are reports describing spondylolysis as a heredity disorder^{1, 4)}. This hypothesis is supported by the existence of spondylolysis patients not engaged in

Table 2 Comparisons of fresh spondylolysis union rates among two studies

	Sato et al, 2012	Sairyo Spine, 2006
Pars defects	37	19
Brace	Soft	Soft
Period to CT (day)	60	90
Bone union rate (%)	73.0 (27/37)	78.9 (15/19)

sports, and also by L1 patients with and L2 spondylolysis who are pain free. Future study on the hereditary components and features of spondylolysis are needed.

Conclusion

We have described our MRI-based diagnosis and follow-up for adolescent athletes suffering from fresh spondylolysis. We hope that further study of such patients will allow us to establish a protocol for the earliest possible safe resumption of sporting activities.

References

- 1) 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.
- 2) Fujii K et al : Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Br*, 86 : 225-231, 2004.
- 3) Wiltse LL : The etiology of spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 44 : 539-560, 1962.
- 4) Fredrickson BE et al : The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 66 : 699-707, 1984.
- 5) Rosenberg NJ et al : The incidence of spondylolysis and spondylolisthesis in non-ambulatory patients. *Spine*, 6 : 1342-1355, 1981.
- 6) Rowe GG et al : The etiology of separate neural arch. *J Bone Joint Surg Am*, 35 : 102-110, 1953.
- 7) Sakai T et al : Incidence of lumbar spondylolysis in general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects. *Spine*, 34 : 2346-2350, 2009.
- 8) Sakai T et al : Incidence and etiology of lumbar spondylolysis : review of the literature. *J Orthop Sci*, 15 : 281-288, 2010.
- 9) Grenier N et al : Isthmic spondylolysis of the lumbar spine : MR imaging at 1.5 T. *Radiology*, 170 : 489-493, 1989.
- 10) Johnson DW et al : MR imaging of the pars interarticularis. *AJR Am J Roentgenol*, 152 : 327-332, 1989.
- 11) Yamane T et al : Early diagnosis of lumbar spondylolysis by MRI. *J Bone Joint Surg Br*, 75 : 764-768, 1993.
- 12) Dunn AJ et al : Radiological findings and healing patterns of incomplete stress fractures of the pars interarticularis. *Skeletal Radiol*, 37 : 443-450, 2008.
- 13) Ganiyusufoglu AK et al : Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging versus computed tomography in stress fractures of the lumbar spine. *Clin Radiol*, 65 : 902-907, 2010.
- 14) Yoshida T : Diagnosis and conservative therapy of lumbar spondylolysis in the growing period. *The Journal of Japanese Society of Lumbar Spine Disorders*, 9 : 15-22, 2003.
- 15) Kurd MF et al : Nonoperative treatment of symptomatic spondylolysis. *J Spinal Disord Tech*, 20 : 560-564, 2007.
- 16) Sys J et al : Nonoperative treatment of active spondylolysis in elite athletes with normal X-ray findings : literature review and results of conservative treatment. *Eur Spine J*, 10 : 498-504, 2001.
- 17) 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.
- 18) Sato T et al : Early diagnosis and treatment of lumbar spondylolysis by MRI-STIR. *J Jpn Orthop Assoc*, 85 : 575, 2012.

ラグビー選手における頸椎退行変性の予防 —頸部体幹コアトレーニング導入の効果—

Prevention of the Cervical Degenerative Changes in Rugby Football Players : The Effect of Core Muscle Strength Exercise

田島 卓也	Takuya Tajima	帖佐 悦男	Etsuo Chosa
河原 勝博	Katsuhiko Kawahara	山口 奈美	Nami Yamaguchi
中村 嘉宏	Yoshihiro Nakamura		

● Key words

ラグビーフットボール, コアトレーニング, 頸椎退行変性

● 要旨

目的：ラグビー選手では頸椎退行変性が高率にみられることが知られている。今回は頸部体幹コアトレーニング導入後にラグビー部に入部した19選手の頸椎 X線検査および頸部周囲筋力の評価を行ない、過去に報告した導入前のデータと比較しトレーニング効果を検証すること。

方法：頸椎 X線側面像においてアライメント計測、椎間腔高、椎体の骨棘形成を評価した。また頸椎屈曲・伸展筋力測定を施行した。

結果：コアトレーニング導入後はアライメント異常および椎間腔狭小化の発生は減少した。骨棘形成の発生率は同様であった。頸部屈曲・伸展筋力とも増加した。

結論：コアトレーニングは頸椎退行変性の予防に一定の効果がある可能性が示唆された。

はじめに

ラグビーは格闘技性要素の強いコンタクトスポーツであり、スクラム、タックル、ラック、モールなどラグビー特有の動作により時に重篤な頭頸部外傷が発生する¹⁾。過去の報告でニュージーランド、イングランド、アイルランドなどのラグビー強豪国と比較しても日本は重症事故の発生件数が多く、早急な対策を要する²⁾。日本ラグビーフットボール協会では安全対策の一環として平成20年より安全対策推進講習会の受講をすべてのチーム登録の際に義務化し、重症事故の発生予防および安

全対策の向上に努めている。その中で平成22年度より頸部および体幹をはじめとするコアトレーニングを推奨している³⁾。また、ラグビー選手の頸椎 X線像においてはアライメント異常、椎間腔狭小化、骨棘形成などの頸椎退行変性の発生がみられることが多く報告されており^{1,4,5)}、さらにコンタクトスポーツ未経験者の医学部生においてはラグビー競技開始後1年の時点でアライメント異常、椎間腔狭小化、骨棘形成が発生・進行することも報告されている⁶⁾。しかしながら、過去にコアトレーニングと頸椎 X線所見の関連を検討した報告はない。今回は頸部体幹コアトレーニング導入後にラグビー部に入部し競技を開始した選手の頸椎退行変性の有無と頸部

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

宮崎大学医学部整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, University of Miyazaki

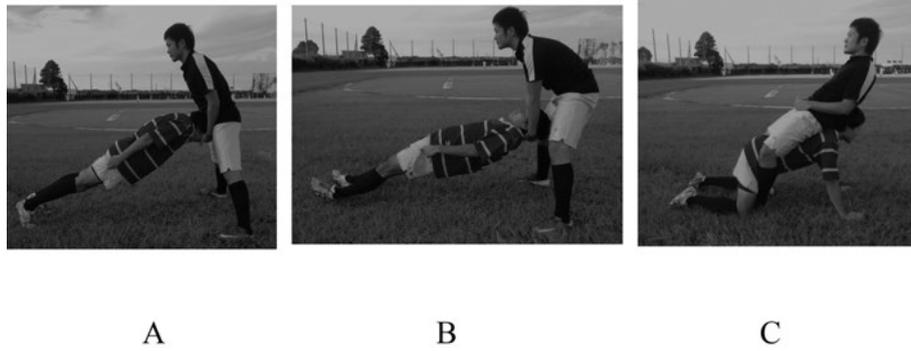


図1 頸部体幹コアトレーニング
 A：ネックトランクフレクション，B：ネックトランクエクステンション，
 C：ネックエクステンション。

表1 本研究の対象とコントロール

	平成22年以降に入学し1年以上経過したラグビー部員	対照 (コントロール群)
症例数	19	22
平均年齢(歳)	22.1 (19~29)	23.0 (18~27)
平均身長(cm)	171.4 (160~180)	171.7 (160~193)
平均体重(kg)	71.0 (60~80)	72.9 (60~89)
コンタクトスポーツ歴	5名	5名
(内訳)	柔道3名, ラグビー1名, アメフト1名	ラグビー5名
頸部外傷歴	なし	なし
練習時間	2時間/日, 5日/週	2時間/日, 4日/週
頸部体幹コアトレーニング	(+)	(-)

周囲筋力を調査し、コアトレーニング導入以前に報告したデータと比較することで、コアトレーニングが頸椎に与える影響と効果について検討した。

対象・症例

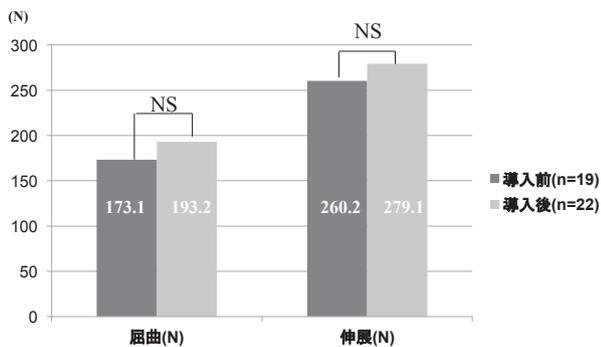
対象は平成22年4月以降の大学医学部入学後にラグビー競技を開始し1年以上経過したラグビー部員19名である。平均年齢は22.1歳(19~29歳)、平均身長は171.4cm(160~180cm)、平均体重は71.0kg(60~80kg)であった。コンタクトスポーツ歴は柔道が3名、ラグビー、アメリカンフットボールが各1名の計5名であった。交通事故等の頸部障害の既往はなく、明らかな頸部の神経学的所見を有する症例はなかった。練習時間は1日2時間、週に5日であった。また、今回はコントロール群

として筆者らが1999年および2002年に報告したコアトレーニング導入以前の医学部ラグビー選手の頸椎変化および頸部周囲筋力に関する研究報告の対象者のデータを採用した^{5,7)}。コントロール群の平均年齢は23.0歳(18~27歳)、平均身長は171.7cm(160~193cm)、平均体重は72.9kg(60~89kg)であった。コンタクトスポーツ歴はラグビーが5名であった。コントロール群も頸部外傷の既往はなく、練習時間は1日2時間、週に4日であった(表1)。

頸部体幹コアトレーニングは練習後に2人1組で徒手的に行ない、約10分かけて毎回施行した(図1ABC)。1つのメニューにつき1セット30秒かけて3セット、3メニューを施行した。なお、コアトレーニング導入以前も導入後も継続して2人組での徒手的な軽度から中程度の負荷による全可動域の等張性運動を1セットにつき10~15回を、合計3セット行なっている^{5,7)}。頸部以外の一般的な体幹コアトレーニングメニューも施行している。

方法

これらの選手に対し入学後1年以上経過した時点で頸椎X線撮影および頸部周囲筋力検査を施行した。なお、頸部体幹コアトレーニングの効果として頸部周囲筋のほか肩甲帯や下肢体幹筋力、腹筋群および背筋群の強化も大きく関与していると思われるが、2002年の報告において頸部周囲筋力について検討しているため、コアトレーニング導入前後の比較として今回は頸部屈曲・伸展筋力のみを測定した。各計測法および評価法は1999年、2002年に報告した方法と同一とした^{5,7)}。頸椎X線は頸椎中間位側面像で、アライメント計測法としてBorden & Rechtman法を用いて歯状突起後縁とC7頸椎後下縁



屈曲/伸展筋力比 導入前: 0.67 ⇒ 導入後:0.69

図2 コアトレーニング導入前後の頸部伸・屈筋力および屈曲/伸展筋力比

との間を結ぶ線直線と椎体後縁との間の最大距離を計測し前弯, 直線, 後弯に分類した⁸⁾. 椎間腔高は近藤の報告に準じて, 椎間腔の前部・中間部・後部の高さの和の1/3とし隣接椎間高に比べて1mm以上小さい場合を椎間腔狭小化があると判定した⁹⁾. 椎体骨棘形成はNathanの分類に準じて椎体上下縁の骨棘の有無を評価した¹⁰⁾. 頸部周囲筋力はHoggan Health Industries社製の簡易型筋力測定器具マイクロFETを用いて頸部伸展筋力と屈曲筋力を測定した. 測定姿勢は被験者をベッド上に横臥させ, 頸部のみをベッドの端より出して, 頸部運動を自由にさせたうえで助手が肩部をベッドに徒手的に固定し験者が後頭部もしくは額部に対し垂直方向よりトランスデューサーを当てて計測した⁷⁾. 測定は同一験者が施行した. なお, 今回は対象数が少ないこと, および経過中にポジションチェンジが頻回にあったことよりFW, BK別での評価はしなかった. 統計処理はMann-Whitney U testを用いて危険率5%以下を有意差ありとした.

結 果

頸部屈曲筋力はコアトレーニング導入前の平均173.1 ± 25.3Nが導入後の平均193.2 ± 35.5Nに増加した. 頸部伸展筋力は導入前平均260.2 ± 15.4Nから導入後は平均279.1 ± 21.4Nに増加した(図2). 導入前と導入後の筋力測定値に有意差はなかった. 屈曲/伸展筋力比は導入前0.67から導入後は0.69に変化した.

頸椎アライメントはコントロール群では正常8名(36.4%), 前弯消失8名(36.4%), 後弯変形6名(27.3%)で, コアトレーニング導入後は正常8名(42.1%), 前弯消失8名(42.1%), 後弯変形3名(15.8%)であった. コ

表2 頸椎アライメントの結果

コアトレーニング導入後に後弯変形発生は減少傾向.

アライメント	コアトレーニング導入後 (n=19)	コアトレーニング導入前 (n=22)	有意差
正常	8 (42.1%)	8 (36.4%)	NS
前弯消失	8 (42.1%)	8 (36.4%)	NS
後弯変形	3 (15.8%)	6 (27.3%)	NS
コンタクトスポーツ未経験者: 後弯	1/14 (7.1%)	3/17 (17.6%)	NS
S状変形	0	0	NS

NS: No significant

表3 椎間腔狭小化(複数高位あり)の結果

コアトレーニング導入後は未経験者において有意に発生低下.

椎間腔狭小化	コアトレーニング導入後 (n=19)	コアトレーニング導入前 (n=22)	有意差
C3/4	2	0	
C4/5	2	3	
C5/6	0	3	
C6/7	0	1	
発生人数	2/19 (10.5%)	5/22 (22.7%)	NS
コンタクトスポーツ未経験者	0/14 (0%)*	3/17 (17.6%)	p<0.05

ンタクトスポーツ未経験者に限れば後弯変形はコントロール群は3名(17.6%)で導入後は1名(7.1%)であった. コアトレーニング導入後では後弯変形発生率の減少傾向がみられたが有意差はなかった(表2).

椎間腔狭小化は複数高位に発生がみられる症例もあり, コントロール群ではC4/5からC6/7までの中下位頸椎に, 導入後はC3/4, C4/5の中位頸椎にみられた. 発生人数はコントロール群は5名(22.7%)で, 導入後は2名(10.5%)と有意差はないが減少傾向にあった. コンタクトスポーツ未経験者に限れば, コントロール群の3名(17.6%)が導入後0名(0%)に有意に減少した(表3).

骨棘形成は複数高位にみられるものもあるが, 両群間ともC4~6に発生した. 発生人数はコントロール群は15名(68.2%), 導入後は12名(63.2%)で有意差はみられなかった. コンタクトスポーツ未経験者に限ってもコントロール群は10名(58.8%), 導入後は7名(50.0%)で有意差はなかった. なお, 導入後は椎体前方のGrade1~2の骨棘形成がみられる傾向にあり, 椎体後方, とくに脊柱管内へ突出するGrade3以上の骨棘形成はみられなかった(表4).

表4 骨棘形成(複数高位あり)の結果
コアトレーニング導入後も骨棘発生率は不変.

骨棘形成 椎体後縁	コアトレーニング 導入後 (n=19)	コアトレーニング 導入前 (n=22)	有意差
C4	4	4	
C5	4	9	
C6	4	5	
C7	0	0	
発生人数	12/19 (63.2%)	15/22 (68.2%)	NS
コンタクトス ポーツ未経験者	7/14 (50%)	10/17 (58.8%)	NS

考 察

日本ラグビーフットボール協会によると1989年から2004年までの期間に284件の重症事故が発生している¹¹⁾。ラグビー競技における重度頭頸部外傷の原因としては選手個人の技術力, 体力, 頸部周囲筋力, 疲労度, 試合の状況のほかに気候条件, グラウンド状態, レフリングなどさまざまな要素が混在している⁵⁾。これらの観点から, すべての重度頭頸部外傷を未然に予防することは困難であると考えられる。ラグビー競技における医療体制として, 選手のメディカルチェックや頸部周囲筋力および基本姿勢の習得, 十分な体力獲得の必要性の啓発, 危険なプレーの回避などの予防策¹²⁾とマッチドクターの派遣の徹底, 後方支援病院確保, メディカルキットの充実, 事故発生後の搬送の必要性に関する的確な判断およびすみやかな高度後方支援病院への搬送などの対応が重要となる¹³⁾。

一方, 日本ラグビーフットボール協会は重症事故発生予防として平成20年よりすべてのチームの登録の際に安全対策講習会の受講を義務づけており, その一環として頸部体幹コアトレーニングを推奨している³⁾。日本ラグビーフットボール協会安全対策推進委員会はコアトレーニングの必要性として, ①コンタクトプレー時の頭の下がらない正しい姿勢のベースは体幹筋力であること, ②とくにタックル時の安全を確保するためには正しい姿勢が重要であること, ③立ってプレーするためにも体幹筋力は重要であること, をあげている。さらに体幹筋力が弱いとボディコントロールができずに重症事故の一要因にもなる危険性をあげている³⁾。また, ラグビーでの頸椎頸髄損傷発生時の姿勢として頸部の屈曲および回旋ストレスによるものが多いと報告されている¹⁴⁾。この姿勢を未然に防ぐため, 日本ラグビーフットボール協

会では, 胸を張ってから顎を水平に後方に引いた状態である chin-in ポジションや, 頸部と背部を直線にして僧帽筋で頸部を固定する shrug ポジションを推奨している。これらの姿勢は頸椎の伸展筋群と屈曲筋群を同時に収縮させる状態とされている³⁾。さらに, 市木らは chin-in ポジションおよびコアトレーニングによって胸鎖乳突筋, 斜角筋, 僧帽筋上部, 頭板状筋の筋活動および総合的な頸部伸展筋力および屈曲筋力が有意に増加することを報告している¹⁵⁾。過去にコアトレーニング効果と頸椎レントゲンの関連や推移を検討した報告はないが, 筋力とアライメント変化に関して下條らは屈曲/伸展筋力比が0.7前後が望ましいと報告し¹⁶⁾, 月村らは1を超えると後弯変形が生じる傾向にあり, 0.87~0.89程度の伸展筋力優位のバランスをめざすことが重要であるとしている¹⁷⁾。さらに衛藤らは頸髄損傷は屈曲損傷が多いため, 後弯変形を生じないようにアライメントを矯正することが重要と報告している¹⁸⁾。今回のコアトレーニング導入後の屈曲/伸展筋力比は平均0.69であったこと, コントロール群と比較して頸部屈曲筋力, 伸展筋力, 後弯変形発生率, 椎間腔狭小化発生率において有意差はないものの顕著な改善傾向にあること, さらに未経験者の椎間腔狭小化の発生を有意に減少させたことより, 頸部体幹コアトレーニング導入によりバランスのよい頸部周囲筋力, 体幹筋力が効果的に獲得され, これが頸椎アライメント異常および椎間腔狭小化の発生・進行予防に寄与しているものと推察される。

今回の結果より中位頸椎前面での骨棘形成がみられている。通常, 骨棘形成の要因としては加齢性変化, 頸椎不安定性や椎間腔狭小化による衝突性骨棘が報告されている¹⁹⁾。しかしながら, 今回の結果では頸椎不安定性や椎間腔狭小化は少ない。前述のように日本ラグビーフットボール協会はコアトレーニングの一環として shrug および chin-in ポジションを推奨しており, これにより頸部と体幹を一体に固める機会が増加している。頸長筋は中下位頸椎から上位胸椎椎体前面に付着し, 頸部の安定性に寄与している²⁰⁾が, コアトレーニング, chin-in ポジションおよび shrug ポジションを導入することにより, 頸長筋をはじめとする頸椎のスタビライザーが緊張する機会が増加することによる筋-骨付着部の enthesophyte が骨棘形成の一因にあるものと推察される。本研究の limitation としては対象症例数が少ないこと, 経過年数が短いこと, 対象が医学生ラグラーであること, および CT, MRI 等でトレーニング効果としての骨格筋肥大を確認していないことがあげられる。しかしながらバランスのよい筋力獲得効果や X線所見におけるアライメント異常の発生抑制効果および椎間腔狭小化の

発生・進行予防効果の観点より、コアトレーニング導入が頸椎退行変性の予防に一定の効果があることが示唆され、有益なトレーニングであると思われる。今後も継続して中長期的な経過観察が必要である。

結 語

1. 頸部体幹コアトレーニング導入後にラグビー競技を開始した選手の頸部周囲筋力および頸椎 X線検査を施行した。
2. 頸部伸展筋力および屈曲筋力のバランスのよい獲得がみられた。
3. 頸椎アライメント異常および椎間腔狭小化の発生は減少傾向にあったが、骨棘形成の発生率はトレーニング導入後も不変であった。
4. 頸部体幹コアトレーニングは頸椎退行変性の予防に効果があることが示唆された。

文 献

- 1) 原田征行ほか：ラグビーによる頸椎頸髄損傷. 臨スポーツ医, 4 : 1297-1303, 1987.
- 2) 諫山和男：スポーツにおける頭部外傷. ラグビー. 臨スポーツ医, 25 : 361-367, 2008.
- 3) 日本ラグビーフットボール協会安全対策推進委員会：安全対策推進講習会体幹トレーニング編, 2010.
- 4) 矢吹 武ほか：ラグビー選手の頸椎変化. 別冊整形外, 2 : 166-171, 1982.
- 5) 田島卓也ほか：医学部ラグビー部員の頸椎変化. 整スポ会誌, 19 : 63-68, 1999.
- 6) 田島卓也ほか：医学部ラグビー部員の頸椎変化(第一報) —初心者における1年間での変化—. 整スポ会誌, 20 : 92-97, 2000.
- 7) 田島卓也ほか：医学部ラグビー部員の頸部周囲筋力. 臨スポーツ医, 10 : 490-494, 2002.

- 8) Borden AGB et al : The normal cervical lordosis. Radiography, 74 : 806-809, 1960.
- 9) 近藤総一ほか：ラグビーにおける頸部外傷, 傷害—とくに X線学的所見を中心に—. 整スポ会誌, 10 : 45-53, 1991.
- 10) Nathan H : Osteophytes of the vertebral column. An anatomical study of their development according to age, race, and sex with considerations as to their etiology and significance. J Bone Joint Surg Am, 44-A : 243-268, 1962.
- 11) 丸山浩一：ラグビーにおける安全対策の取り組み. 整スポ会誌, 24 : 18-21, 2005.
- 12) 阿部 均：アメリカンフットボールにおける頸部の外傷・障害3. 頸部のメディカルチェックと医学的な予防対策. 臨スポーツ医, 16 : 1251-1282, 1999.
- 13) 田島卓也ほか：ラグビー競技会における医療体制向上と重症事故発生予防を目的とした安全度評価法の活用. 整スポ会誌, 32 : 145-150, 2012.
- 14) 藤谷博人：重症頭頸部外傷事故の疫学と発生機序. 脊椎脊髄, 17 : 1129-1132, 2004.
- 15) 市木育敏ほか：チンイン姿勢時の頸部筋力と筋活動. 体力科学, 58 : 91-97, 2009.
- 16) 下條仁士ほか：アメリカンフットボールの頸部傷害について. 臨スポーツ医, 12 : 93-103, 1995.
- 17) 月村泰規ほか：アメリカンフットボールおよびラグビー選手における頸椎 X線所見と頸部筋力との関連—経時的变化—. 整スポ会誌, 22 : 178-184, 2002.
- 18) 衛藤正雄ほか：医学部ラグビー部員の頸椎メディカルチェックと安全対策. 整スポ会誌, 25 : 246-251, 2005.
- 19) Shedid D et al : Cervical spondylosis anatomy : pathophysiology and biomechanics. Neurosurgery, 60 : 7-13, 2007.
- 20) 坂井健雄ほか監訳：プロメテウス解剖学アトラス. 第1版, 医学書院, 東京, 2008.

術中 length pattern 計測に基づいた 前十字靭帯再建術の術後プログラムについて

Examination of the Rehabilitation Program for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction
Based on the Optimal Length Changes of Hamstring Tendon Grafts

西原 淳 Jun Nishihara 川畑 英之 Hideyuki Kawabata
山口 正男 Masao Yamaguchi 貴島 稔 Minoru Kijima

● Key words

Anterior cruciate ligament reconstruction : Length pattern : Rehabilitation program

● 要旨

われわれは術中 length pattern 計測し、膝屈筋腱を用いた二重束前十字靭帯再建術を行なっている。Length pattern は膝関節 30° を基準とし、伸展 0° にて 1 mm 以内の伸長を生じる pattern を目標としている。このことから膝関節伸展で再建靭帯に過度な張力が加わり、最も脆弱な移植腱と人工靭帯結合部が緩むことが予想されるため、生物学的固着に要する術後 2 ヶ月間は 30° 以下の伸展を禁止した。膝関節伸展を禁止することにより最も危惧されたことは膝伸展障害の残存であったが、拘縮予防として膝蓋骨滑動性の維持と後方関節包の癒着予防を十分行ない機能障害は生じなかった。術中 length pattern に基づき後療法を留意して行なうことで膝安定性、機能面ともに良好な成績が得られた。

はじめに

前十字靭帯再建術（以下 ACL 再建術と略す）において、基礎的研究による ACL 再建術の length pattern についてはさまざまな報告があるが、膝屈筋腱を用いた二重束 ACL 再建術の length pattern 計測値と後療法や術後成績に関連する報告は、われわれの渉猟した範囲では見当たらない。当院では 2010 年 10 月より、術中再建靭帯の length pattern 計測し二重束 ACL 再建術を行なっている。

今回、length pattern 計測に基づき、術後 2 ヶ月 30° 以下の伸展動作を禁止した術後プログラムを行なったので、後療法と術後成績について報告する。

対象と方法

対象は 2010 年 10 月～2012 年 7 月に抜釘術を行ない、術後 9 ヶ月以上経過した 34 例とした。対象の内訳は手術時年齢 26.3 歳（15～42 歳）、男性 26 例、女性 8 例、術後経過平均 11.5 ヶ月（9～15 ヶ月）である。

術式の概要は糸目つきキルシュナー鋼線による inside-out 法か自作の outside-in ACL ガイドを用いた。大腿骨と脛骨の AMB のポイント間にテフデックス糸を関節内に通して、脛骨側に isometer を装着し length pattern の計測を行なう。PLB も AMB と同様に length pattern の計測を行なう。キルシュナー鋼線が関節内に挿入した状態およびテフデックス糸関節内に通した状態を（図 1）

西原 淳
〒890-0034 鹿児島市田上 3 丁目 12-13
貴島整形外科
TEL 099-250-8100/FAX 099-250-8102

貴島整形外科
Kijima Orthopaedic Surgery Hospital

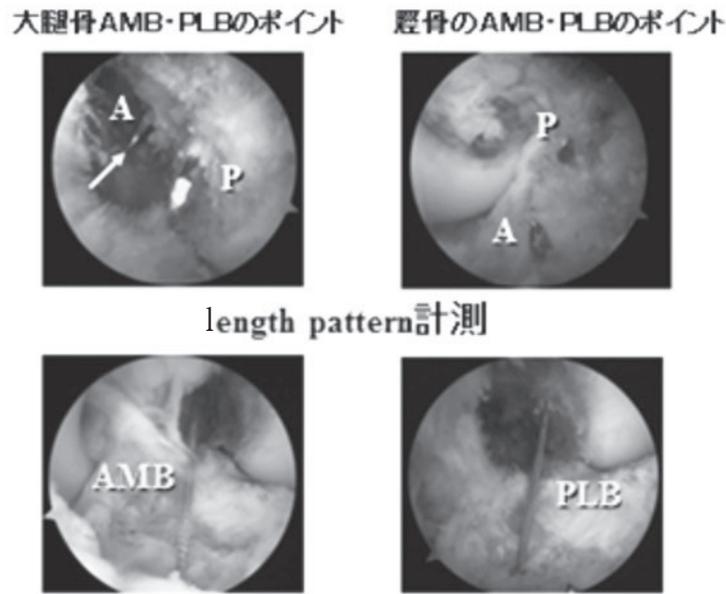


図1 術中 length pattern 計測法
A : AMB 中央, P : PLB 中央のポイントを示す.

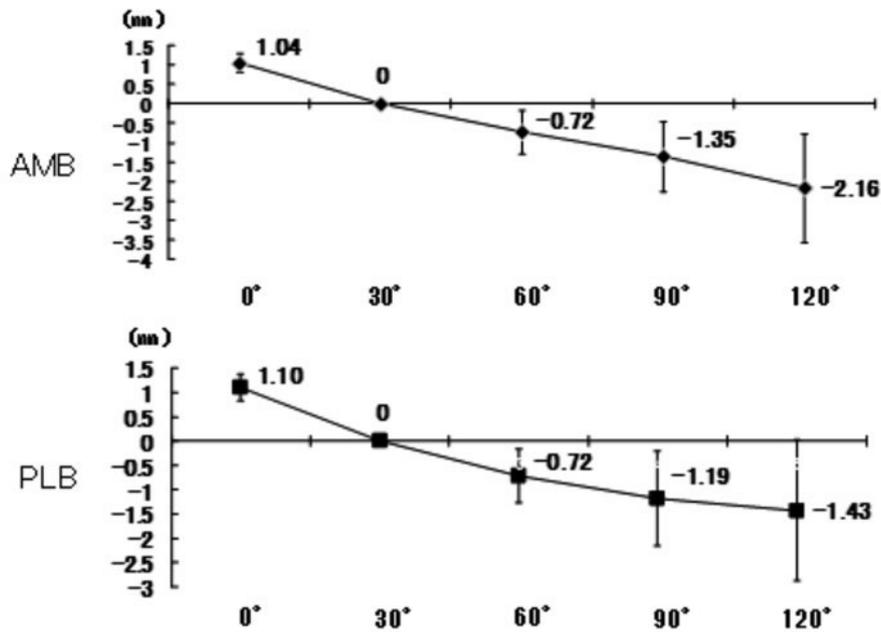


図2 Length pattern 計測の結果
膝屈曲30°を基準とし、伸展0°で1mm緊張、屈曲120°で3mm以内の緩むポイントを目標とした。

に示す。

計測時は膝30°屈曲位を基準とし内外旋中間位を保持し、0°、30°、60°、90°、120°の屈曲角度において、そ

れぞれの数値を計測した。Length pattern 計測値の平均は図2に示す通りであり、伸展0°で1mm緊張、屈曲120°で3mm以内の緩むポイントに骨孔作製し機能的靭

帯再建を行なった。

後療法は、再建靭帯への伸張ストレス予防として、length pattern 計測に基づき術後2ヵ月間は膝関節30°からの伸展動作を禁止した。屈曲に関しては制限なく行なっている。このことから後療法では関節拘縮、筋萎縮が最も危惧され予防に十分努めた(図3)。術後3ヵ月での伸展0°獲得、術後4ヵ月から基礎的スポーツトレーニングを開始、8ヵ月以降で完全復帰を目標としている(図4)。

検討項目は①KT-2000、②徒手検査(Lachman-test, Pivot shift-test)、③膝関節可動域、④大腿筋萎縮、⑤片脚ジャンプ、⑥競技復帰時期について行なった。

結 果

KT-2000による膝前方不安定性の患健側差は平均0.82mm±1.0であった。患健側差3mm未満が33例97%であった(図5)。徒手検査はLachman-test陰性が97%、Pivot shift-test陰性が97%であった。

膝関節伸展可動域は術後2ヵ月で伸展開始した時は平均-14.3°、3ヵ月で平均-3.6°、4ヵ月では平均-0.5°、抜釘時は平均-0.1°(図6)であった。膝関節屈曲可動域は、術後1ヵ月で平均131.4°、抜釘時は平均145.5°と拘縮を認める症例はなかった。大腿部筋萎縮は大腿周径を膝蓋骨上10cmで測定した。術後2ヵ月では最大3.2cmの左右差を認めたが、抜釘時は1.0cmとなり術前と差のない状態まで機能改善した(図7)。片脚ジャンプ比(患/健×100)は89.6%であった。競技復帰時期平均は8~9ヵ月、競技復帰率は94%であった。

考 察

当院でのlength patternは膝関節30°を基準とし、伸展0°にて伸長1mm以内を生じるpatternを目標としている。そのため術後早期から膝関節伸展を行なうと再建靭帯に過度な張力が加わり、最も脆弱な移植腱と人工靭

①再建靭帯への伸張ストレス予防	・術後2ヵ月間30°からの伸展動作を禁止
②拘縮予防(伸展制限)	・ patella mobilization ・ 下腿三頭筋ストレッチ ・ 足関節自動運動 ・ 大腿四頭筋 setting
③筋萎縮予防	・ 神経筋電気刺激(NMES) 中周波治療器を用いた内側広筋への電気刺激 ・ 術後早期からのCKC-ex ・ 股関節周囲筋トレーニング

図3 後療法の留意点

経過日数	Op	2W	4W	2M	3M	4M	6M	8M~
ROM 伸展 屈曲	30°	→		伸展開始 0°				
		120°		140°			正座	
スポーツ						ジョギング ジャンプ	競技練習	完全復帰
筋力強化・トレーニング								
patella mobilization	→							
下腿三頭筋stretch	→							
ヒールスライド	→							
大腿四頭筋setting	→							
股関節周囲筋-ex	→							
スクワット		→						
レッグリーチ、ランジ		→						
レッグカール		→						
両足ジャンプ						→		
片足ジャンプ							→	
側方、回転ジャンプ							→	
Pivot turn							→	
カッティング							→	

図4 術後プログラム

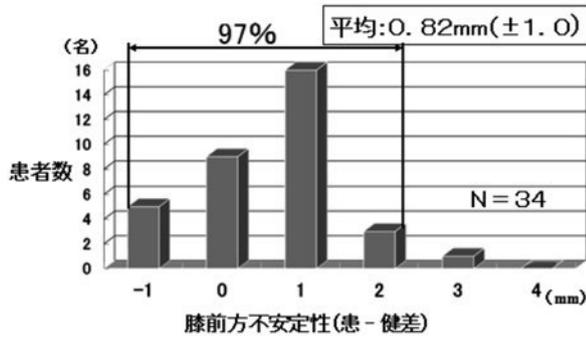


図5 KT2000

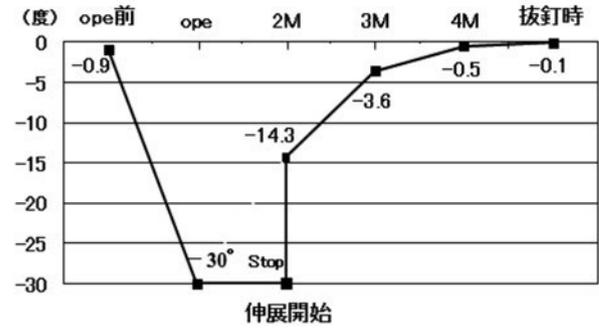


図6 膝関節伸展可動域の推移

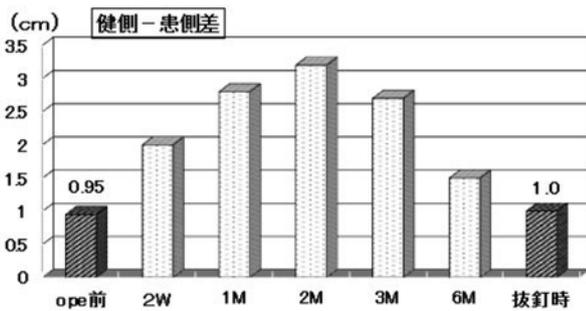


図7 大腿部筋萎縮の推移

帯結合部へ負荷がかかり固定した移植靭帯が伸びると考える。過去の報告より、移植腱と骨孔の生物学的固着には、6~8週が必要とされており¹⁻³⁾、当院ではこれに基づき術後2ヵ月間は30°以下の伸展を制限している。

本法において最も懸念される点は、膝伸展障害の残存である。Paulosら⁴⁾、Potterら⁵⁾は膝固定期間による膝蓋骨周囲の癒着が膝伸展障害の要因の1つと述べており、早期からの可動域訓練に加え、patella mobilizationの重要性について述べている。今回の症例においては、伸展制限を生じた症例は認めなかった。その理由としては、膝伸展制限の大きな原因と考えられる膝蓋下脂肪体と膝蓋支帯の癒着化および後方軟部組織の拘縮を防ぐため、patella mobilizationや大腿四頭筋 setting、後方関節包と下腿三頭筋の拘縮予防を十分行なったためであると考えられる。また、膝蓋下脂肪体の癒着化による膝蓋骨の動きが制限されると、膝伸展筋力回復が遅れ、大腿部筋萎縮が増大し、その後の機能回復にも影響を及ぼすことがいわれており⁴⁾、とくに留意が必要と考える。

今回、術中 length pattern 計測により機能的 ACL 再建術を行ない、これに基づいた術後プログラムを行なうことで術後の膝安定性においても良好な成績が得られた。近年、ACL 再建術後の膝伸展障害を予防するため

に、術後早期から膝伸展を開始しても、術後の安定性に対して影響を及ぼさないとの報告⁶⁻⁹⁾も散見される。しかし、再建靭帯の生着に対して早期に伸展を開始することは、強度的に不利な状態を起こす可能性があり¹⁰⁾、術後の安定性と、膝関節の可動域という両方の目的を安全に達成するため、固定角度や期間についてさらに検討する必要があると考える。

結 語

1. 二重束 ACL 再建術において、術中 length pattern 計測を行ない、その結果に基づいて、術後2ヵ月間の膝伸展制限を行なった。
2. 本法において、伸展制限や筋萎縮などの機能障害が危惧されたが、拘縮予防や筋力強化を積極的に行なうことにより、これらの機能障害はみられなかった。
3. 安定性と可動域の両方の目的を安全に達成するために、固定期間、角度については今後さらに検討が必要と考える。

文 献

- 1) Rodeo SA et al : Tendon-healing in a bone tunnel : a biomechanical and histological study in the dog. J Bone Joint Surg, 75-A : 1795-1803, 1993.
- 2) Anderson K et al : Augmentation of tendon healing in an intraarticular bone tunnel with use of a bone growth factor. Am J Sports Med, 29 : 689-698, 2001.
- 3) 宗田 大ほか : 腱・骨移行部の成熟過程における骨移植と付着部骨温存の影響. 日臨バイオメカ会誌, 18 : 511-514, 1997.
- 4) Paulos LE et al : Infrapatellar contracture syndrome : an unrecognized cause of knee stiffness

- with patella entrapment and patella infera. *Am J Sports Med*, 15 : 331-341, 1987.
- 5) Potter ND et al : Complications and treatment during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Oper Tech Sports Med*, 14 : 50-58, 2006.
 - 6) Beynnon BD et al : Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med*, 33 : 347-359, 2005.
 - 7) Vadala A et al : The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons : a CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15 : 365-371, 2007.
 - 8) Gerber JP et al : Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg*, 89-A : 559-570, 2007.
 - 9) Isberg J et al : Early active extension after anterior cruciate ligament reconstruction does not result in increased laxity of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14 : 1108-1115, 2006.
 - 10) 岩本 淳ほか : Hamstring 腱を用いた ACL 再建術における術後早期の膝関節の Stiffness と前方動揺性の関係. *整スポ会誌*, 24 : 302-305, 2004.

バレーボール選手の下肢疲労性障害 —メディカルチェックにおける下肢圧痛点調査—

Chronic Leg Pain in Volleyball Players ; an Importance of Tenderness Points in the Leg at Medical Check

西野 衆文^{1,3)} Tomofumi Nishino 林 光俊^{2,3)} Mitsutoshi Hayashi

● Key words

バレーボール, 下肢疲労性障害, 圧痛点

●要旨

バレーボールに多いジャンパー膝や疲労骨折などの下肢疲労性障害は予防が難しく重症化や再発など治療に難渋することが多い。メディカルチェック時に下肢の圧痛点を評価し、潜在的な下肢疲労性障害を調査した。対象は某大学男女バレーボール部およびVチャレンジリーグ男子の選手計61例(延べ97例)。2年にわたり2回の調査を行なった。下肢の自発痛を訴えたのは1例であったが、半数以上に圧痛点があり潜在的な下肢疲労性障害の存在が示唆された。36名中22名に圧痛点の数に変化がみられており変動性のある所見であることもわかった。自発痛がみられた1例では、内果疲労骨折の診断に至っており、経過の変動には注意が必要である。

はじめに

バレーボールの特徴はスパイク、ブロックなどの動きでジャンプ、着地を練習、試合で繰り返すことである。そのため、ジャンパー膝(膝蓋腱炎)や疲労骨折などの下肢疲労性障害の頻度が高い¹⁻³⁾。過去にわれわれが調査した大学男女のトップレベル選手の病院受診疾患からは、87例の40%が下肢の疲労性障害であった。また、全体の11%に疲労骨折がみられ、長期の離脱を余儀なくされている⁴⁾。いずれも競技特性上、予防が難しく重症化や再発など治療に難渋することが多い。

アスリートの下肢疲労性障害の診断アルゴリズムと

してEdwards Jr.らは安静時痛と圧痛を第一にあげており、圧痛の診断的重要性は高い⁵⁾。これらの所見からシンスプリントなどのmedial tibial stress syndrome、疲労骨折、神経絞扼性障害などが鑑別可能となる。圧痛所見を調べることは簡便な方法ではあるものの、潜在的な下肢疲労性障害を示唆する圧痛点調査は過去に報告がない。これらの頻度や、その圧痛点とポジション、利き腕等との関係、早期発見によって予防的介入(プレー休止等を含めて)が可能かどうか知ることが必要であると考えた。そのため、メディカルチェック時に下肢の圧痛点を評価し、潜在的な下肢疲労性障害を調査した。

西野衆文

〒305-8575 つくば市天王台1-1-1

筑波大学整形外科

TEL 029-853-3219/FAX 029-853-3214

E-mail nishino@md.tsukuba.ac.jp

1) 筑波大学整形外科

Department of Orthopaedic Surgery, University of Tsukuba

2) 杏林大学整形外科

Department of Orthopaedic Surgery, University of Kyorin

3) 日本バレーボール協会メディカル委員会

Medical Committee, Japanese Volleyball Association

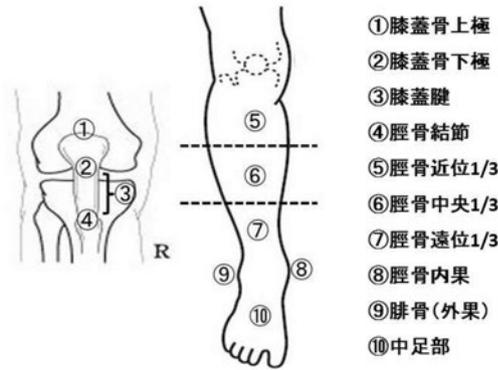


図1 下肢圧痛点の分類

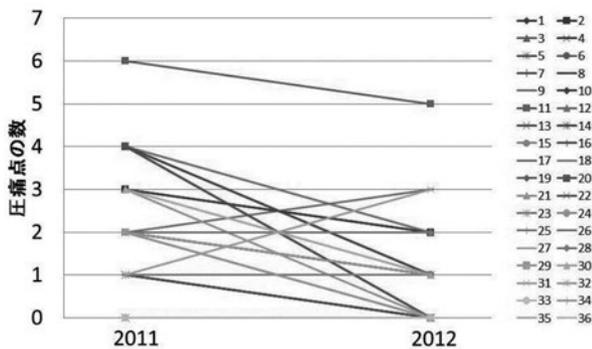


図2 圧痛点の経時的変化

症例と方法

対象は某大学男女バレーボール部(関東1部)およびVチャレンジリーグ男子の選手計61名(延べ97名)とした。平均年齢は23歳(18~36歳)で、内訳は大学男子28名(延べ46名)、大学女子23名(延べ36名)、Vチャレンジリーグ男子10名(延べ15名)であった。2011年11月および2012年11月の2回調査を行なった。

下肢疲労性障害はジャンパー膝、オスグッド病、シンスプリント、慢性コンパートメント症候群、脛骨跳躍型疲労骨折、腓骨疲労骨折、中足骨疲労骨折に類した。アンケートによる調査でバレーボールの経験年数、ポジション、利き腕、既往歴を聴取した。理学所見としては下肢を膝蓋骨上極から中足部までの10ヵ所に分け(図1)、自発痛と圧痛部位を調べた。圧痛調査は被験者が座位で、検者ができるだけ均等な力で近位から順に力を加えて痛みの誘発を行なった。2年連続して調査可能であっ

表1 部位別の圧痛点数

局在	右	左
①膝蓋骨上極	0	2
②膝蓋骨下極	0	0
③膝蓋腱	0	0
④脛骨結節	4	8
⑤脛骨近位1/3	5	7
⑥脛骨中央1/3	16	23
⑦脛骨遠位1/3	24	21
⑧脛骨内果	0	2
⑨腓骨(外果)	0	0
⑩中足部	1	0
計	50	63

た36名は経時的に圧痛部位の消失または出現を調べた。また、この期間中に練習休止を必要とするほどの下肢疲労性障害の発生の有無を調べた。下肢圧痛点の数とポジションの関係をクラスカル・ウォリス検定、利き腕との関係を χ^2 検定で検討した。

結 果

経験年数は平均11.7年(6~23年)、ポジションはウイングスパイカー(レフト、ライト)14名(延べ21名)、ミドルブロッカー(センター)15名(延べ21名)、セッター7名(延べ12名)、リベロ・レシーバー25名(延べ43名)であった。利き腕は右が57名、左が4名であった。既往歴としてはジャンパー膝22名(36%)、オスグッド病22名(36%)、シンスプリント14名(23%)、疲労骨折7名(11%)であった。自発痛があったのは1例で、内果にあった。圧痛がみられたのは延べ97名中50名(52%)であった。圧痛点は延べ113ヵ所で膝蓋骨上極(右0例/左2例:以下同様)、膝蓋骨下極(0/0)、膝蓋腱(0/0)、脛骨結節(4/8)、脛骨近位3分の1(5/7)、中央3分の1(16/23)、遠位3分の1(24/21)、脛骨内果(0/2)、脛骨外果(0/0)、中足部(1/0)であった(表1)。既往歴とメディカルチェック時の圧痛点が一致したのはジャンパー膝22名中0名、オスグッド病22名中7名、シンスプリント14名中13名、疲労骨折7名中0名であった。2年連続して所見がとれた36名中、14名は圧痛点の数が不変であり、このうち12名は圧痛がなかった。20名で圧痛点の数が減少しており、2名で圧痛点の数が増加した(図2)。全体では圧痛点の数は2011年が62ヵ所(1.72ヵ所/名)で2012年が26ヵ所(0.72ヵ所/名)と減少していた。メディカルチェック時に自発痛が内果にみられた1例(大学男子、ミドルブロッカー)で、メディカルチェック後の

X線およびMRIで脛骨内果疲労骨折が明らかになり保存的治療を要した(図3)。下肢圧痛点数の数とポジションとの関係調査では(表2)、一人あたりの圧痛点数がミドルブロッカーは1.71カ所/名と最も多く、次いで、ウイングスパイカー、リベロ・レシーバー、セッターと続いた。これら4つのポジション間での有意差はなかった。また、下肢圧痛点数の数の左右と利き腕との関係調査では、この中に左利きは4名(延べ5名)であり、圧痛点数は利き腕側が52カ所、非利き腕側が61カ所で有意差はなかった。

考 察

今回の調査では下肢の自発痛を訴えたのは1例(1%)であったが、半数以上の52%に圧痛点があった。そのような選手の中には詳しく聴取すると疲労がたまると違和感や鈍痛などの症状もある選手もおり、下肢疲労性障害の潜在性が示唆された。既往歴との関係では、ジャンパー膝や疲労骨折は影響を与えておらず、シンスプリントやオスグッド病が潜在的な圧痛として影響していた。とくにシンスプリントは13/14名(93%)に圧痛があり、自覚症状はないものの疲労性障害としての潜在性を示すものであった。また、連続して調査可能であった36名中22名に圧痛点数に変化がみられており変動性のある所見であることもわかる。そのほとんどで圧痛点数が減少しており、経年的に筋力強化トレーニングなどが行なわれ、運動負荷への耐性が得られたためと考えられた。圧痛点数の増えた2名のうち1名では、2011年は腱板損傷術後のため練習負荷が明らかに少なかった。自発痛がみられた1名では、その後の経過で内果疲労骨折の診断に至っており、経過の変動には十分な注意が必要である。

下肢圧痛点数の数とポジションとの関係をみてみるとミドルブロッカーはブロックやクイックなどジャンプする機会が最も多いポジションであるためと考えられる。また、本調査での特徴として、練習および試合でジャンプをあまり行なわないリベロ・レシーバーが意外と比率が高かった。今回の調査項目には含まれていないが、このような選手は高校時代の練習頻度は1~2時間/日の練習を5~6日/週がほとんどであった。大学では3~4時間/日の練習をほぼ毎日行っており、練習環境が大きく変化している。練習内容もハイレベルになっており、身体への運動負荷増大の影響が考えられた。

下肢圧痛点数の数の左右と利き腕との関係ではバレーボールのスパイクの踏み切り動作では、非利き腕側の足を前におき、ブレーキをかけて踏み切る。また、非利き腕側片脚での着地も多くみられる。そのため、下肢圧痛点数の数の左右差と利き腕との関係では非利き腕側に障害



図3 経過中に発症した、内果疲労骨折
 a: 左足関節単純X線像。
 b: 左足関節単純X線像(拡大)。
 c: 左足関節MRI(T1強調画像)。
 d: 左足関節MRI(STIR画像)。

表2 ポジションごとの圧痛点数とその比率

	圧痛数	延べ人数	比率
ウイングスパイカー	25	21	1.19
ミドルブロッカー	36	21	1.71
セッター	10	12	0.83
リベロ, レシーバー	42	43	0.98
計	113	97	1.16

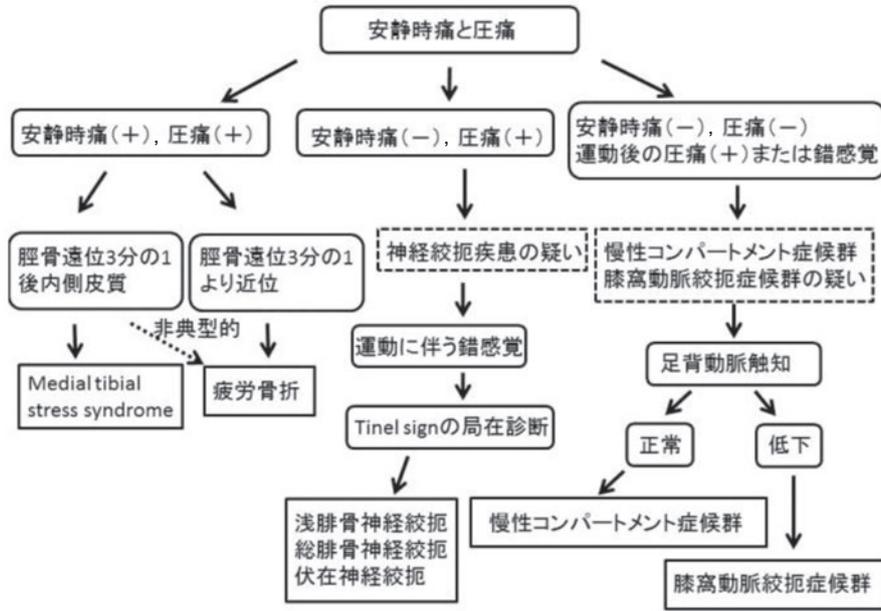


図4 下肢疲労性障害の病歴と圧痛所見からの鑑別 (文献5より一部改編)

が多いと予想されたが、有意差はなかった。これは同じジャンプ動作でもスパイクだけでなく、ブロックなど比較的左右対称な動きでも下肢への負荷がかかるためと考えられた。

最も問題となるのが圧痛と下肢疲労性障害の発症の関連性であるが今回の調査だけでは明らかにはならなかった。図4に示した、下肢疲労性障害の病歴と臨床所見のアルゴリズムからもスクリーニングとしての有用性はあると考える。今後の経年的な変化や症例数を増やして、圧痛点の数や推移が発症のパラメーターとなりうるか検証が必要である。また、より鋭敏なチェックをしていくために潜在性の下肢疲労性障害であることを証明する必要がある。そのためには、メディカルチェックとしてではなく、エコー、MRIなどの画像解析、圧痛点の消褪の詳細やより綿密な問診、下腿、体幹の stiffness やアライメントとの関係などのさらなる調査が必要であると考えている。

結 語

バレーボール選手のメディカルチェックにおける下肢の圧痛点調査により、半数以上に圧痛がみられ、下肢

疲労性障害が潜在的かつ動的であることが明らかになった。圧痛点を調べることで下肢疲労性障害のスクリーニングが経時的に可能となると考えられた。

文 献

- 1) Ferretti A : Volleyball injuries : a color atlas of volleyball traumatology. Federation Internationale de Volleyball, Medical Commission, Lausanne : 1994.
- 2) Ho SSW : Basketball and volleyball. In : Reider B, ed. Sports medicine : the school age athlete. 2nd ed, W. B. Saunders Comp, Philadelphia : 659-689, 1996.
- 3) 林 光俊 : 疲労骨折の診断と治療 種目別特徴 バレーボール. 臨スポーツ医, 20 : 256-262, 2003.
- 4) 西野衆文ほか : バレーボール選手に発症した下肢疲労骨折の特徴～某大学男女チームの受診調査から～. 整スポ会誌, 32 : 99-103, 2012.
- 5) Edwards PH Jr et al : A practical approach for the differential diagnosis of chronic leg pain in the athlete. Am J Sports Med, 33 : 1241-1249, 2005.

膝前十字靭帯再建術症例の顆間の形状について

The Examination of the Intercondylar Notch Shape of Patients of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

山本 茂樹¹⁾ Shigeki Yamamoto 栗山 節郎¹⁾ Setsuro Kuriyama
星田 隆彦¹⁾ Takahiko Hoshida 渡辺 幹彦¹⁾ Mikihiko Watanabe
服部 麻倫¹⁾ Mari Hattori 稲垣 克記²⁾ Katsunori Inagaki

● Key words

前十字靭帯再建術, 顆間の形状

Anterior cruciate ligament reconstruction : Intercondylar notch shape

● 要旨

前十字靭帯損傷の身体的素因として大腿骨顆部顆間窩の形状に注目し顆間窩撮影で検討した。前十字靭帯再建術症例を、損傷形式から単側断裂群と両側断裂群と、前十字靭帯断裂のない非断裂群に分けて比較した。「顆間横窩径比」(大腿骨内外顆を結んだ直線の長さに対して、その直線が顆間窩に含まれる直線部分の長さとの割合)は、男女別、損傷形式別に有意な差はなかった。顆間窩の形状は、男性に下すぼまり型(顆間窩中央(大腿骨内外顆を結んだ直線のうち、顆間窩に含まれる部分、以下顆間窩中央) > 顆間窩下端)、平行壁型(顆間窩中央 = 顆間窩下端)は多く、女性に下広がり型(顆間窩中央 < 顆間窩下端)は少なかった。断裂形式では両側群で下すぼまり型が多かった。「下端比」(顆間窩中央で顆間窩下端の幅を除いたもの)は非断裂群は単側断裂群と両側断裂群より大きかった。「狭窄率」(顆間窩幅(中央部 = 内顆と外顆の最大幅での顆間窩の幅)に対する下端幅の比)は非断裂群に比して、単側断裂群、両側断裂群が大きかった。以上のことから前十字靭帯の断裂の素因としては、筋力を含めさまざまな要因が考えられ、顆間窩の形状も因子の1つではないかと考察された。

はじめに

われわれは、前十字靭帯 (ACL) 断裂に対して、膝屈筋腱とエンドボタンを用いた二重束再建術を施行しており、良好な結果を得ている。しかし同側再断裂あるいは反対側の断裂が存在する。そこでとくに、同側再断裂ではない反対側断裂を検討することにより、前十字靭帯断

裂の身体的素因が明らかになるのではと考えた。今回は大腿骨顆部顆間窩(以下、顆間窩)について、レントゲン検査で検討した。顆間窩については多くの研究が行なわれ、日本整形外科学会 ACL 損傷診療ガイドラインでも「ACL 損傷リスクファクター」として、「顆間窩幅が狭いことが唯一のリスクファクター」としている。また、Ireland の報告では「顆間窩の形状については ACL 損傷の指標にならない」としている¹⁾。しかし、実際に ACL

山本茂樹
〒213-0013 川崎市高津区末長1-8-20
山本整形外科医院
TEL 044-853-5311
E-mail ortho_yamamoto@mve.biglobe.ne.jp

1) 日本鋼管病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nihon Kokan Hospital
2) 昭和大学整形外科
Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Showa University

再建時の関節鏡視の印象では顆間窩全体が狭くて大腿骨側のガイド挿入が困難な症例や、抜釘時に顆間窩末端(遠位)が狭くて再建 ACL と接触している症例もある。このために、顆間窩の形状、とくに末端形状も ACL 断裂に関与していると仮定し末端形状を分類してみた。

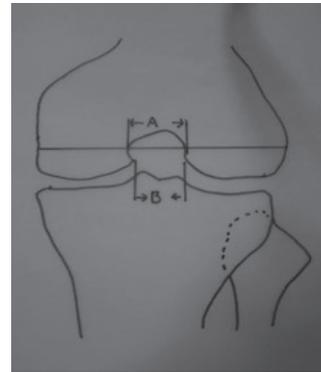
対象および方法

対象は2008年4月より2009年11月まで、当院にて再建術後抜釘した154例157膝であった。平均年齢は、28.0歳(11~70歳)であった。性別は、男性64膝、女性93膝であった。そのうち単側のみ断裂群(以下、単側群)は139膝(男:53膝、女:86膝)、反対側断裂例(以下、両側群)は18膝(男:11膝、女:7膝)であった。

またコントロールのため、2009年4月から2009年12月において前十字靭帯断裂膝でない手術症例の21例21膝を非断裂群(以下、非断裂群)とした。内訳は平均年齢、 29 ± 13 歳(14~49歳)であり、男性16膝女性5膝であった。

撮影方法は、膝関節90°屈曲、Rosenberg肢位にて顆間窩撮影を行なった。計測方法として、(A)「顆間窩横径比」(大腿骨内外顆を結んだ直線の長さに対して、その直線が顆間窩に含まれる直線部分の長さとの割合)を計測した。また顆間窩撮影でのX線像上の(B)「顆間窩の形状」(以下、「形状」)を、下すぼまり型(顆間窩中央>顆間窩下端)、平行壁型(顆間窩中央=顆間窩下端)、下広がり型(顆間窩中央<顆間窩下端)に分け、これを「われわれの顆間の分類」とした(図1)。なお顆間窩中央とは、大腿骨内外顆を結んだ直線のうち、顆間窩に含まれる部分と定義し、また(C)「下端比」として顆間窩中央で顆間窩下端(以下、下端)の幅を除いたものを計測した。基本的には下端比と同じであるが、ここで下すぼまり型だけに着目し、顆間窩中央に対する下端との比(下すぼまりの度合い)を(D)「狭窄率」として計算し、実際の下すぼまりの度合いについて検討した。なお計測は、実際の計測方法ではフィルムをトレースし肉眼にて計測したため、明確に差がわかる顆間窩中央と顆間窩下端の幅の差が1mm以上のものを有意として分類した(図1)。計測は、筆者自身1人で行なった。

この計測値から「顆間窩横径比」および「形状」および「下端比」について、性差、非断裂群、単側群、両側群との差、各形状と顆間窩横径比、狭窄率を検討した。統計学的には χ^2 検定を用いた。



- 下すぼまり型 A>B
- 平行壁型 A=B
- 下広がり型 A<B

(1mm以上の差を有意とした)

A:大腿骨内外顆を結んだ直線の内、顆間窩に含まれる部分
B:顆間窩の下端を直線で結んだ部分

図1 顆間の形状の分類

結 果

1. (A)「顆間窩横径比」について

全断裂例(単側群と両側群を含む)では、男性: 0.29 ± 0.03 、女性: 0.29 ± 0.03 であり、差はなかった($p=0.72$)。断裂形式で分類すると非断裂群: 0.29 ± 0.03 、単側群: 0.29 ± 0.03 、両側群: 0.29 ± 0.03 であり、各群間に差はなかった($p=0.57$)(図2)。

2. (B)「顆間窩の形状」について

非断裂群も含めた全症例で、「男女別の顆間窩の形状」について分類すると、男性は、下すぼまり型(39.1%)、平行壁型(40.6%)、下広がり型(20.3%)、女性は、下すぼまり型(30.1%)、平行壁型(55.9%)、下広がり型(14.0%)であった。統計的には、男性に下すぼまり型、平行壁型は多く、女性に下広がり型は少なかった($p<0.05$)。女性に平行壁型が多かったが有意差はなかった(図3)。

断裂形式で、「損傷群別の顆間窩の形状」を分類すると、非断裂群は下すぼまり型(35%)、平行壁型(45%)、下広がり型(20%)、単側群は下すぼまり型(27.3%)、平行壁型(55.4%)、下広がり型(17.3%)、両側群は下すぼまり型(83.3%)、平行壁型(5.6%)、下広がり型(11.1%)、であった(図4)。両側群に下すぼまり型が多かった($p<0.01$)。

3. 「顆間窩の形状」と「顆間窩横径比」との関係について

全断裂例では、「形状」と「顆間窩横径比」との関係について、有意差はなかったが、下すぼまり型に顆間窩横径比が大きい傾向があった(図5)。

4. (C)「下端比」について

全断裂者の下端比では、男: 0.27 、女: 0.28 であり、

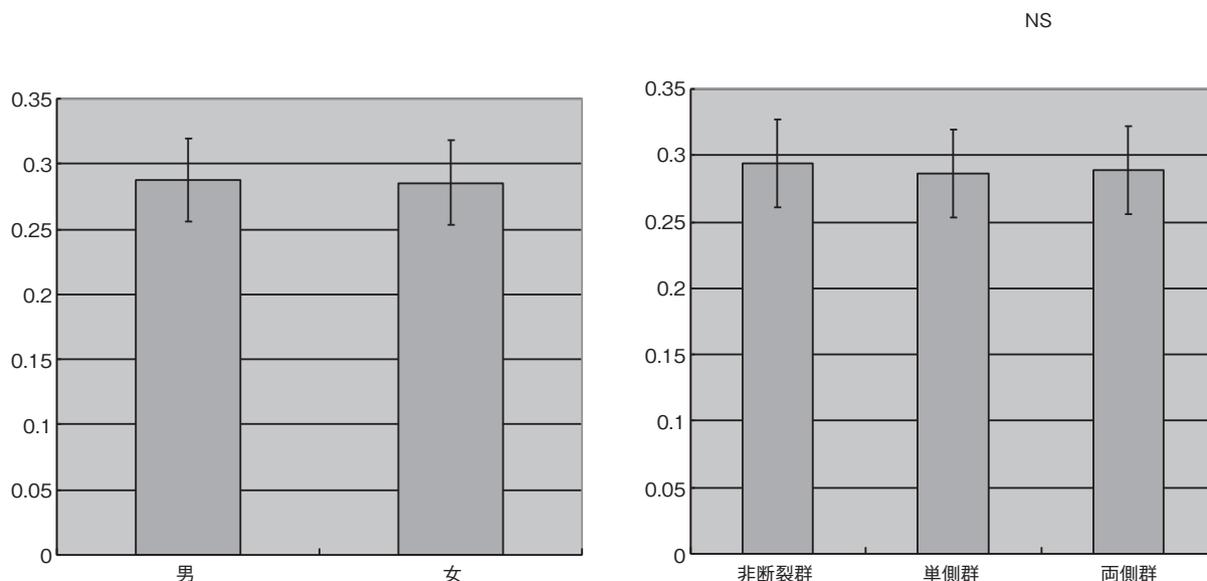


図2 顆間比結果

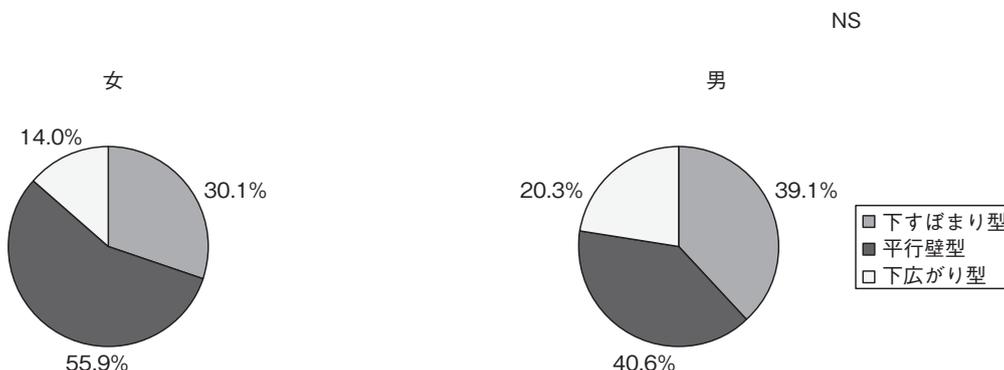


図3 形状男女結果

顆間窩横径比と同様に性別差はなかった ($p=0.88$).

断裂群別の下端比では、非断裂群：0.29, 単側群：0.28, 両側群：0.26, で非断裂群は単側群と両側群より有意に大きかった ($p<0.01$). また単側群と両側群とは有意差はなかったが、単側群が大きい傾向があった ($p=0.1$) (図6).

5. (D)「狭窄率」について

(D)「狭窄率」は、非断裂群、単側群、両側群を分けて検討すると、非断裂群：11.8%, 単側群：17.3%, 両側群：14.7%であり、非断裂群に比して、単側群、両側群が大きかった ($p<0.01$). また単側群と両側群の間には有意差がなかったが、両側群が小さかった (図7).

考 察

前十字靭帯再建後の成績については、近年、手術とリハビリテーションの進歩によって、安定していると考えられるが、諸家の報告では、同側再断裂あるいは反対側断裂の例が存在する。当院においても同側再断裂 (3.9%) あるいは反対側断裂 (8.1%) の断裂を認める²⁻⁴⁾。

われわれは術後のリハビリテーションとして、術後3~4ヵ月目から、等速筋力測定を行なって復帰レベルを決めている。その結果からスポーツ指導として、「等速性筋力測定で、健側に対して60%からジョギングを開始し、70%からランニング、80%から全力走、90%からジャンプやスポーツ種目復帰」などを一般的な指標と

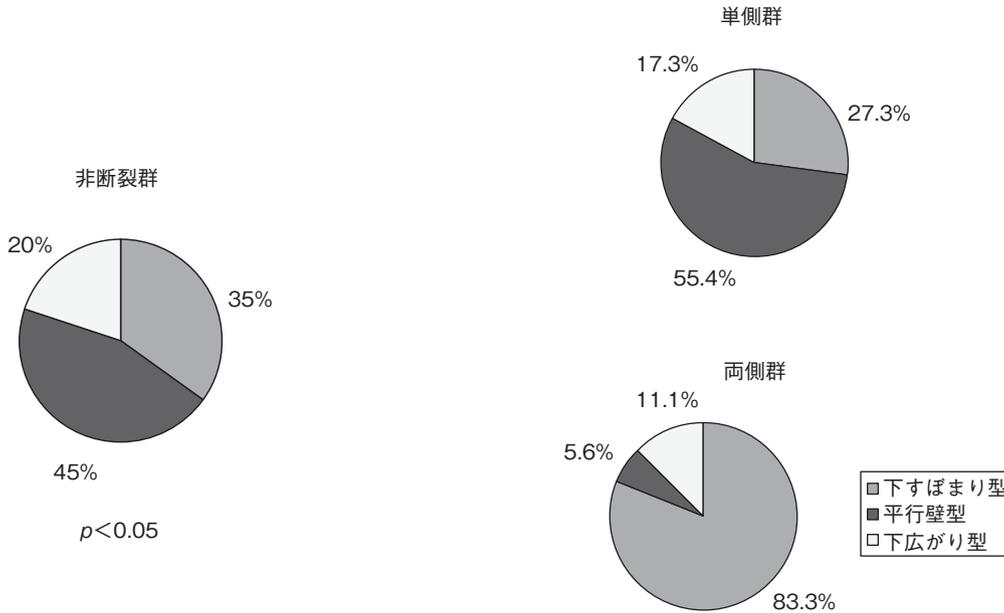


図4 形状各群結果

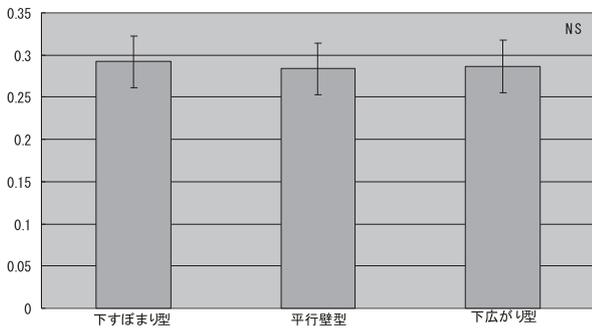


図5 形状と頰間比結果

している。このように慎重にスポーツ復帰を指導しているが、残念ながら再断裂例を経験するので、筋力以外に再断裂の要素がないか考えた。過去における開運動連鎖、閉運動連鎖のわれわれの検討から、年齢、本人のモチベーション等を含め、復帰の早いほうが再断裂を生じやすいと結論した。またさらに反対側断裂は、靱帯強度は正常であることから、「反対側断裂群のほうが若く運動能力も高いが、反対側断裂群は単側のみの断裂群や同側の再断裂群と違い、もともとの屈筋力不足あるいは伸筋力とのバランス不良という断裂しやすい要素がある可能性がある」と結論した^{3,4)}。

以上の術後リハビリ結果だけでなく、反対側断裂例には、筋力以外の要因としてレントゲン像上の特徴がないかと考え今回の検討をした。前述した同側断裂例の検

討において、同側再断裂例と単側断裂例の頰間窩横径比の比較と脛骨後傾角の比較において、症例数が少ないが、頰間窩横径比よりも脛骨後傾角に差がある傾向を認めた²⁾。しかし日本整形外科学会の「ACL 損傷診療ガイドライン」においては、「大腿骨顆部頰間窩幅が狭いことがこれまでに知られている唯一のリスクファクターである」と結論し、Irelandは「頰間窩形状は無関係である」としている¹⁾。また布袋屋らによると、健常膝と単側断裂、健常膝と両側断裂の間に、頰間窩横径比の差があったと述べているが、形状についての言及はない⁵⁾。

しかし実際の手術中には大腿骨顆部頰間窩が狭い症例に遭遇する。そこで頰間窩撮影像をみると、個々に形状に特徴があり、手術時の狭い印象と一致するように思われる。そこで、X線像上の頰間窩の形状を、下すぼまり型、平行壁型、下広がり型に分けて検討した(図1)。さらに、頰間窩の下方の広さが影響すると考え、大腿骨顆部の全幅に対する頰間窩の広さの指標である「頰間窩横径比」でなく、頰間窩の下端と頰間窩中央部との比を「下端比」と定義して計測し検討した。

「頰間窩横径比」については今回の検討では、非断裂群(コントロール群)の数が少なく、今後の検討の余地があると考えられた(図2)。「頰間窩の形状」については、前述したように手術中には狭いというより個々の形状が違うと感ずることがある。ACL再建術全症例において、男女別の検討において、「下すぼまり型が断裂の要因になるのではないか」という考察には直接ならない

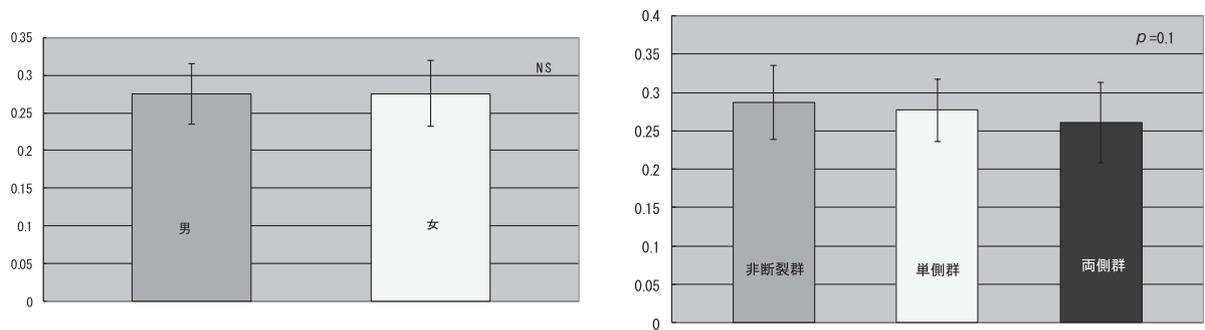


図6 下端比結果

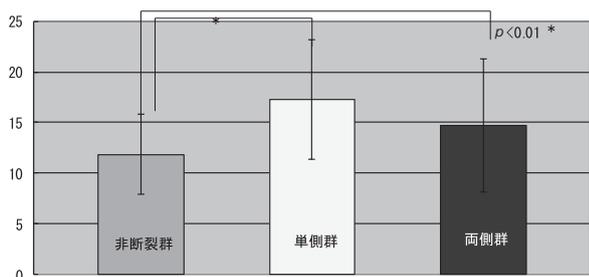


図7 狭窄率結果

が、「女性に前十字靭帯が多い」と、「女性に下広がり型が少ない」ことに絶対的有意差はないが、関係があると思われた(図3)。顆間窩横径比と顆間窩の形状に相関がなかったことから、顆間窩の形状にも、前十字靭帯断裂の素因になりうる可能性があるかもしれないと考えた。しかし Ireland らによると、顆間窩の形状を、A 型(顆間窩下端が顆間窩中央より大きいもの)、非 A 型(顆間窩下端が顆間窩中央より大きくないもの)2 種類に分類して検討し、形状は断裂の指標にならないとしている¹⁾。実際大腿骨側のソケット作製時に困難になる症例である、下端部が中央部より狭くなっている「下すぼまり型」と、ソケット作製が容易な下端部が中央部と等しい「平行壁型」を加えて手術時の実際的な分類を行ない 3 型に分けた。その結果 Ireland らのいう非 A 型を細分する結果になり、差が出たと考えられた(図3, 4)。そこで顆間窩の下端の狭い下すぼまり型に両側群が多いことから、従来の「顆間窩横径比」ではなく、「下端比」として計測した結果、顆間の形に注目すべきであると考えられた。しかし非断裂群の数が少なく、今後の検討の余地があると考えられた(図6)。下端比と基本的に同じ意味合いになるが、過去の検討の結果より両側群に多かったわれわれの分類上の下すぼまり型について注目し、狭窄率を計測した。下端比だけでなく、狭窄率からみても断裂

の解剖学的要因として顆間窩の形状があると考えられた(図7)。しかし今回の計測は、レントゲンによるものであり、さらに写真をトレースした肉眼的なものであり、今後三次元的要素も考慮する必要がある、MRI, CT も検討すべきと考えられた。

結 語

前十字靭帯の断裂の素因としては、筋力を含めさまざまな要因が考えられ、顆間窩の形状も因子の1つではないかと考察された。

文 献

- 1) 山本茂樹ほか：前十字靭帯再建後の再断裂例の筋力回復とスポーツ復帰時期の検討。整スポ会誌, 29 : 141-145, 2009.
- 2) 山本茂樹ほか：膝前十字靭帯再健後の筋力評価による再断裂例の検討—再受傷が術後1年未満と術後1年以上を比較して—。日臨スポーツ医会誌 18 : 305-309, 2010.
- 3) 山本茂樹ほか：前十字靭帯再建術後の反対側受傷例の筋力回復を中心とした検討, 整スポ会誌, 30 : 197-201, 2010.
- 4) Ireland ML et al : A radiographic analysis of the relationship between the size and shape of the intercondylar notch and anterior cruciate ligament injury. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 9 : 200-205, 2001.
- 5) 布袋屋浩ほか：スポーツによる両膝前十字靭帯損傷例の顆間窩横径比に関する検討。膝, 31 : 253-257, 2006.

中高生における ACL2 重束再建術後のスポーツ復帰

Return to Sport Outcomes After ACL Double Bundle Reconstruction for High School Students

富原 朋弘	Tomohiro Tomihara	谷内 政俊	Masatoshi Taniuchi
松浦 健司	Takeshi Matsuura	金田 国一	Kunikazu Kaneda
島田 永和	Nagakazu Shimada		

● Key words

前十字靭帯, 2重束再建, スポーツ復帰

Anterior cruciate ligament : Double bundle reconstruction : Return to sport

● 要旨

中高生における ACL2 重束再建術後のスポーツ復帰を中心に調査を行ない, 男女別, スポーツ種目別の比較検討をした. ACL2 重束再建術後, 受傷前レベルのスポーツ復帰率は 60.8% であった. 術後再断裂率は 9.8%, 反対側 ACL 損傷率は 11.8% であった. 男女別では術後 single hop test (健患比) は女性が有意に低く, 反対側 ACL 損傷は女性に多かった. スポーツ種目別では女子バスケットボール選手の術後再断裂, 反対側 ACL 損傷が多かった. 中高生の術後スポーツ復帰率を高めるためには, 女子バスケットボール選手を中心に対策が必要と考える.

はじめに

膝前十字靭帯 (以下 ACL) の機能・解剖に関して, 近年の詳細な研究報告¹⁻³⁾ から ACL2 重束再建の有用性が示唆され, 当院でも 2003 年より ACL 損傷に対して ACL2 重束再建を中心に行なってきた.

ハムストリング筋腱を用いた ACL 再建術後のスポーツ復帰率については, 70~80%⁴⁻⁶⁾ とされているが, ACL 再建術後スポーツ復帰までには少なくとも術後 6 ヶ月以上を要するため⁷⁾, ACL 損傷や再建術後の再断裂は, 早期復帰をめざすスポーツ選手にとって大きな負担となる.

また ACL 再建側だけでなく, 術後スポーツ復帰により反対側の ACL 損傷が生じることもある. Shelbourne

ら⁸⁾ は骨付き膝蓋腱を用いた ACL 再建術後, 18 歳以上の症例と比較して, 若年齢である 18 歳未満の症例で, 再建側の再断裂と反対側の ACL 損傷が高率にみられたと報告している.

本研究の目的は, 術後高いスポーツレベルを要求される症例^{9, 10)} での ACL2 重束再建の臨床成績を検証するため, 学校の部活動スポーツを中心に復帰をめざす中高生の術後スポーツ復帰などについて調査を行なうことである.

症例と方法

2005 年から 2010 年の間に, 中学あるいは高校生の ACL 単独損傷に対して, 同一術者により ACL2 重束再建を行なった症例は 119 例であった. そのうち, 術後 1

富原朋弘
〒583-0875 羽曳野市榎山100-1
島田病院整形外科
TEL 072-953-1001/FAX 072-953-1552

島田病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Shimada Hospital

表1 スポーツ種目別症例数の内訳

スポーツ種目	男	女	合計(例)
バスケットボール	11	26	37
バレーボール	0	18	18
サッカー	17	0	17
バトミントン	0	4	4
ハンドボール	0	3	3
アメフト	3	0	3
野球	2	0	2
ラグビー	2	0	2
柔道	1	1	2
その他	5	9	14

年以上直接検診可能であった102例を本研究の対象とした。男性41例，女性61例であった。受傷から手術までの期間は，平均5.6±7.8ヵ月(平均値±標準偏差)であった。手術時平均年齢16.1±1.4歳，術後平均観察期間は28.7±12.3ヵ月であった。スポーツ種目は，バスケットボール，バレーボール，サッカーの順に多かった(表1)。

手術方法は半腱様筋腱(+薄筋腱)を用いてACL2重束再建を行ない，大腿骨骨孔はTransportal法あるいはOutside-in法で作製し，大腿骨側Endobutton CL(Smith and Nephew)，脛骨側DSP(Smith and Nephew)で固定した¹¹⁾。

術後は1週間のニーブレス固定，4週間の松葉杖歩行とし，術後3ヵ月でジョギング，術後8~10ヵ月でスポーツ復帰を許可した。

術後KT値健患差(manual max)，受傷前・術後Tegner activity level，術後single hop test健患比，術後IKDC subjective score，術後Lysholm score，術後再断裂率，術後反対側ACL損傷率，術後半月板手術を要した症例，術後スポーツ復帰時期，術後スポーツ復帰率(受傷前レベルに復帰)を調査した。各項目の統計学的検討は危険率5%を有意水準とし，男女別，再断裂・非再断裂例間，スポーツ種目別(バスケットボール，バレーボール，サッカー)の比較検討を行なった。

結 果

KT値は健患差平均1.4±1.2mm，受傷前・術後Tegner activity levelはそれぞれ7.9±1.2，7.0±1.4であった(表2)。single hop test健患比は，96.5±7.6%であった。IKDC subjective scoreは，95.5±6.8，Lysholm scoreは，91.7±9.1であった。再断裂率は10例/102例9.8%(ACL再建術後平均13.3±6.7ヵ月で受傷)，反対

側ACL損傷率は12例/102例11.8%(ACL再建術後平均22.3±10.2ヵ月で受傷)であった。術後半月板手術を要した症例は男2例女3例，計5例(いずれも内側半月板切除術。1例は内側半月板縫合後の症例)であった。受傷前レベルのスポーツ復帰率は62例/102例60.8%であった。

男女別の比較では(表2)，臨床スコアや受傷前・術後のTegner activity levelには差がなかったが，single hop test(健患比)では女性が低く，反対側ACL損傷は女性で有意に多かった。

再断裂例と非再断裂例を比較すると(表3)，single hop test(健患比)はほぼ同等であったが，再断裂例は受傷前Tegner activity levelが有意に高く，術後スポーツ復帰時期が早かった。

スポーツ種目別では(表4)，バスケットボール，バレーボール，サッカーの術後再断裂，反対側ACL損傷には偏りがみられた($p<0.05$ ，Chi square test)。女子バスケットボール選手で再建術後の再断裂と反対側ACL損傷をそれぞれ23.1%，26.9%と高率に認めた。

考 察

中高校生に対してACL2重束再建を行なった症例のスポーツ復帰などについて調査を行なった。術後受傷前レベルのスポーツ復帰率は60.8%であった。男女別では術後single hop test(健患比)は女性が有意に低く，反対側ACL損傷は女性に多かった。再断裂例は非再断裂例と比べて，受傷前Tegner activity levelが有意に高く，術後スポーツ復帰時期が早かった。また，スポーツ種目別では女子バスケットボール選手の再断裂，反対側ACL損傷が多かった。

本研究のACL2重束再建術後のKT値や，IKDC subjective score，Lysholm scoreなどの臨床スコアは，過去の報告とほぼ同等であった^{12,13)}。ACL2重束再建は，1重束再建に比べて移植腱と骨トンネルの接触面積が大きく，本来のACL形態に近いものが再建できるため¹⁴⁾，安定した術後制動性・臨床成績が得られたものとする。

ACL2重束再建術後の再断裂率は9.8%であり，過去の手術時平均年齢が25歳前後の報告^{15~18)}と比べると高率であったが(表5)，Shelbourneら⁸⁾の手術時18歳未満群での再断裂率とほぼ同等であった。本研究の対象となった中高生は教育施設と関連したチームスポーツ活動が中心であり⁶⁾，仕事などの社会的な条件からスポーツ参加が少ない中高年の症例と比べて，激しいスポーツ活動に参加する機会が多いため⁹⁾，この年齢層での術後再断裂率が高かったものと思われる。

反対側ACL損傷は11.8%の症例にみられた(表5)。

表2 全症例および男女別での術後成績

	全症例	男	女	p 値*	統計解析
症例数 (例)	102	41	61		
手術時年齢 (歳)	16.1±1.4	16.8±0.9	15.7±1.4	<0.05	Mann-Whitney's U test
KT 値健患差 (mm)	1.4±1.2	1.4±1.2	1.4±1.3	n.s.	Student's t test
受傷前 Tegner activity level	7.9±1.2	8.0±1.1	7.8±1.3	n.s.	Mann-Whitney's U test
術後 Tegner activity level	7.0±1.4	7.2±1.4	6.8±1.4	n.s.	Mann-Whitney's U test
single hop test (健患比 (%))	96.5±7.6	100.9±6.5	93.8±6.9	<0.05	Student's t test
IKDC subjective score	95.5±6.8	95.6±5.9	95.5±7.4	n.s.	Mann-Whitney's U test
Lysholm score	91.7±9.1	91.2±10.6	92.0±7.9	n.s.	Mann-Whitney's U test
再断裂 (例 (%))	10 (9.8%)	3 (7.3%)	7 (11.5%)	n.s.	Chi square test (Fisher)
術後再断裂受傷時期 (月)	13.3±6.7	11.0±6.2	14.3±7.2		
反対側 ACL 損傷 (例 (%))	12 (11.8%)	1 (2.4%)	11 (18%)	<0.05	Chi square test (Fisher)
術後反対側 ACL 損傷受傷時期 (月)	22.3±10.2	34	21.2±9.9		
術後半月板手術を要した症例 (例 (%))	5 (4.9%)	2 (4.9%)	3 (4.9%)	n.s.	Chi square test (Fisher)
スポーツ復帰率	62/102 (60.8%)	28/41 (68.3%)	34/61 (55.7%)	n.s.	Chi square test

*: 男女間比較での p 値

n.s.: 有意差なし

表3 再断裂例と非再断裂例の比較

	再断裂例	非再断裂例	p 値	統計解析
症例数 (例)	10	92		
受傷前 Tegner activity level	8.8±0.6	7.8±1.2	<0.05	Mann-Whitney's U test
Single hop test (健患比 (%))	98.0±7.8	96.5±7.6	n.s.	Student's t test
術後スポーツ復帰時期 (月)	8.0±1.6	9.6±2.4	<0.05	Student's t test

n.s.: 有意差なし

Shelbourne ら⁸⁾ の手術時18歳未満群の女性でも反対側 ACL 損傷率が11.6%としているが、他の報告^{15~18)} と比べても本研究の女性では18.0%と高率であった。Swärd ら¹⁹⁾ は、反対側の ACL 損傷は ACL 再建術後の高いスポーツレベル復帰との関連性を示唆している。本研究の症例は、受傷前・術後の Tegner activity level が平均7以上であり、術後高いスポーツレベルに参加・復帰していたため、反対側 ACL 損傷率が高かったと思われる。

受傷前レベルへの術後スポーツ復帰については、Ardern ら⁶⁾ はハムストリング筋腱を用いた ACL 再建術後 (術後2年以上経過症例で術後平均観察期間39.6ヵ月) のスポーツ復帰率を年代別に分けて調査を行ない、18歳未満の症例では受傷前スポーツに同じスポーツレベルで復帰している症例は72%であり、他の年代の症例に比べてスポーツ復帰率が高かったと報告している。また、術後12ヵ月の時点でスポーツ復帰率に男女差があり、女性が男性に比べてスポーツ復帰率が有意に低かつ

表4 スポーツ別の術後再断裂および反対側 ACL 損傷

	症例数 (例)	再断裂 (例 (%))	反対側 ACL 損傷 (例 (%))
バスケットボール	37	7 (18.9%)	7 (18.9%)
男	11	1 (9.1%)	0
女	26	6 (23.1%)	7 (26.9%)
バレーボール	18	0	1 (5.6%)
サッカー	17	0	0

たが²⁰⁾、術後2年以上では男女差がなかったとしている⁶⁾。術後12ヵ月以上経過観察 (術後平均観察期間28.7ヵ月) 可能であった中高生を対象とした本研究でのスポーツ復帰率は60.8%であり、男女差はないものの、女性でスポーツ復帰率が低かった。single hop test 健患比で女性が有意に低く、術後12ヵ月の時点ではスポーツ復帰への筋力など十分に回復できていなかった症例があっ

表5 本研究と過去の報告での術後再断裂率および反対側 ACL 損傷率

	移植腱	手術時平均年齢(歳)	症例数	再断裂率(%)	反対側 ACL 損傷率(%)
Shelbourne ⁸⁾	BTB	<18 years old group	528	8.7	8.7
		Male	218	10.6	4.6
		Female	310	4.6	11.6
		18 to 25 years group	350	2.6	4
		>25 years group	537	1.1	2.8
Deehan ¹⁵⁾	BTB	25	90	3.3	11.1
Drogset ¹⁶⁾	BTB	26	94	10.4	16
Keays ¹⁷⁾	BTB	27	29	0	6.9
	STG	27	27	3.7	11.1
Roe ¹⁸⁾	BTB	25	90	4	18
	STG	24	90	10	10
本研究	ST (G)	16.1	102	9.8	11.8
		男	41	7.3	2.4
		女	61	11.5	18.0

BTB: 骨付き膝蓋腱, STG: 半腱様筋腱, 薄筋腱

た可能性がある²¹⁾。また女性で反対側 ACL 損傷と再断裂が多かったことが、ACL2重束再建術後のスポーツ復帰率に影響していたのではないと思われる。

再断裂例と非再断裂例の比較では、再断裂例は受傷前 Tegner activity level が有意に高く、術後スポーツ復帰時期が早かった。Salmonら²²⁾も、スポーツレベルの高い症例で高率に ACL 再断裂がみられたと報告している。また、スポーツレベルの高い症例ほど、1年を通じて同レベルのスポーツ活動を行なうことが多いとされている⁸⁾。したがって本研究の再断裂例では、レベルの高いスポーツ選手がシーズン、オフ・シーズンを問わず復帰したため、非再断裂例に比べてスポーツ復帰時期が早かったと考えられる。

スポーツ種目別では、女子バスケットボール選手において、ACL2重束再建術後の再断裂あるいは反対側の ACL 損傷をきたす割合がそれぞれ23.1%、26.9%と高率に認め、併せて約50%にもなった。Shelbourneら⁸⁾も ACL 再建術後に再建側あるいは反対側 ACL 損傷をきたす症例の約50%がバスケットボール選手であったとしており、バスケットボールはカッティング、ピボット、ジャンプ動作などを含む ACL 損傷のハイリスク・スポーツ⁶⁾であると考えられる。女子バスケットボール選手では、大腿屈筋筋力が大腿四頭筋筋力よりも弱い場合²³⁾や、垂直ジャンプ着地時の非利き足側の膝外反角度は、利き足側に比べて大きく ACL 損傷のリスクが高いとされている²⁴⁾。したがって、大腿屈筋と大腿四頭筋の筋力比やジャンプ着地時の膝外反角度の対称性などを術後ス

ポーツ復帰前に測定することによりハイリスク症例をスクリーニングし、とくに18歳未満の症例で ACL 損傷予防プログラムの有効性が示されていることから²⁵⁾、通常行なわれているスポーツ実施前のウォームアップに代わって PEP (prevent injury and enhance performance) などの ACL 損傷予防プログラム²⁶⁾を行なうように指導することも、再断裂・反対側 ACL 損傷に対する方法の1つと考えられる。

結 語

1. 術後1年以上経過観察可能であった中高生における ACL2重束再建術後のスポーツ復帰を中心に調査を行なった。
2. 術後再断裂率は9.8%、反対側 ACL 損傷率は11.8%であった。
3. 術後 single hop test 健患比では、女性が有意に低かった。
4. 女性で反対側 ACL 損傷が高率にみられた。
5. 再断裂例は非再断裂例と比べて受傷前 Tegner activity level が有意に高く、術後スポーツ復帰時期が早かった。
6. ACL2重束再建術後、受傷前レベルのスポーツ復帰率は60.8%であった。
7. 中高生の術後スポーツ復帰率を高めるためには、女子バスケットボール選手を中心に再断裂・反対側 ACL 損傷への対策が必要になると考えられる。

文 献

- 1) Loh JC et al : Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction : Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy*, 19 : 297-304, 2003.
- 2) Purnell ML et al : Anterior cruciate ligament insertions on the tibia and femur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volume-rendering computed tomography. *Am J Sports Med*, 36 : 2083-2090, 2008.
- 3) Yagi M et al : Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 30 : 660-666, 2002.
- 4) Smith FW et al : Subjective functional assessments and the return to competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*, 38 : 279-284, 2004.
- 5) Colombet P et al : Anterior cruciate ligament reconstruction using four-strand semitendinosus and gracilis tendon grafts and metal interference screw fixation. *Arthroscopy*, 18 : 232-237, 2002.
- 6) Ardern CL et al : Return-to-sport outcomes at 2 to 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Am J Sports Med*, 40 : 41-48, 2012.
- 7) Myklebust G et al : Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med*, 9 : 127-131, 2005.
- 8) Shelbourne KD et al : Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med*, 37 : 246-251, 2009.
- 9) Lyman S et al : Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction : trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am*, 91 : 2321-2328, 2009.
- 10) Ristanis S et al : Excessive tibial rotation during high-demand activities is not restored by anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 21 : 1323-1329, 2005.
- 11) Tomihara T et al : Transparent 3-dimensional CT in evaluation of femoral bone tunnel communication after ACL double-bundle reconstruction : comparison between outside-in and tranportal technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, doi : 10.1007/s00167-013-2594-9, 2013.
- 12) Siebold R et al : Differentiation between intraoperative and postoperative bone tunnel widening and communication in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective study. *Arthroscopy*, 26 : 1066-1073, 2010.
- 13) Tsuda E et al : Tunnel position and relationship to postoperative knee laxity after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with a transtibial technique. *Am J Sports Med*, 38 : 698-706, 2010.
- 14) 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.
- 15) Deehan DJ et al : Endoscopic single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction : results at minimum 2-year follow-up. *Arthroscopy*, 19 : 955-962, 2003.
- 16) Drogset JO et al : Anterior cruciate ligament reconstruction with and without a ligament augmentation device : results at 8-year follow-up. *Am J Sports Med*, 30 : 851-856, 2002.
- 17) Keays SL et al : A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction : patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon graft. *Am J Sports Med*, 35 : 729-739, 2007.
- 18) Roe J et al : A 7-year follow-up of patellar tendon and hamstring tendon grafts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction : differences and similarities. *Am J Sports Med*, 33 : 1337-1345, 2005.
- 19) Swärd P et al : Risk factors for a contralateral anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18 : 277-291, 2010.
- 20) Ardern CL et al : Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery : two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med*, 39 : 538-543, 2011.

- 21) Lautamies R et al : Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction : comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16 : 1009-1016, 2008.
- 22) Salmon L et al : Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 21 : 948-957, 2005.
- 23) Myer GD et al : The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Clin J Sport Med*, 19 : 3-8, 2009.
- 24) Ford KR et al : Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc*, 35 : 1745-1750, 2003.
- 25) Yoo JH et al : A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18 : 824-830, 2010.
- 26) Mandelbaum BR et al : Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes : 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 33 : 1003-1010, 2005.

脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下 pull-out 法の検討

Evaluation of Arthroscopic Pull-Out Fixation of Tibial Intercondylar Eminence Fractures

高垣 智紀¹⁾ Tomonori Takagaki 三谷 玄弥²⁾ Genya Mitani
 浜橋 恒介¹⁾ Kousuke Hamahashi 芹ヶ野健司¹⁾ Kenji Serigano
 中村 豊³⁾ Yutaka Nakamura 持田 譲治¹⁾ Joji Mochida

● Key words

脛骨顆間隆起骨折, 鏡視下 pull-out 法, 超高分子量ポリエチレン糸

Tibial intercondylar eminence fracture : Arthroscopic pull-out fixation : Ultra high molecular weight polyethylene

●要旨

目的：今回われわれは脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下 pull-out 法を固定材料の違いから比較検討した。

対象と方法：脛骨顆間隆起骨折に対し鏡視下 pull-out 法を施行した30例30膝を対象とした。軟鋼線で固定した18例をS群、Hi-Fi スーチャー[®]で固定した12例をP群とした。両群間での手術時間、固定材料の使用本数、Lysholm score, IKDC subjective score, ROM, KT1000 患側側差を比較検討した。

結果：手術時間はP群で有意に短かった。軟鋼線あるいはHi-Fi[®]の使用本数、Lysholm score, IKDC subjective score 点, ROM, KT1000 患側側差に差は認めなかった。

結論：脛骨顆間隆起骨折に対する超高分子量ポリエチレン糸を用いた鏡視下 pull-out 法は、軟鋼線を用いるより手術手技が比較的簡便となり、有用な手術法である。

はじめに

脛骨顆間隆起骨折に対する手術療法として鏡視下 pull-out 法は広く行なわれている。近年破断強度の強い超高分子量ポリエチレン糸(以下 UHMWPE)が骨折の接合材料として使用され、良好な成績が報告されている。今

回われわれは脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下 pull-out 法を固定材料の違いから比較検討した。

対象と方法

対象は2003年4月から2011年3月に、脛骨顆間隆起骨折に対し鏡視下 pull-out 法を施行した30例30膝とし

高垣智紀
〒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 (内2320)/FAX 0463-96-4404
E-mail t-tom8@pc4.so-net.ne.jp

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) 東海大学大磯病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Tokai University Oiso Hospital
3) 東海大学体育学部生涯スポーツ学科
Department of Physical Recreation, School of Physical Education, Tokai University

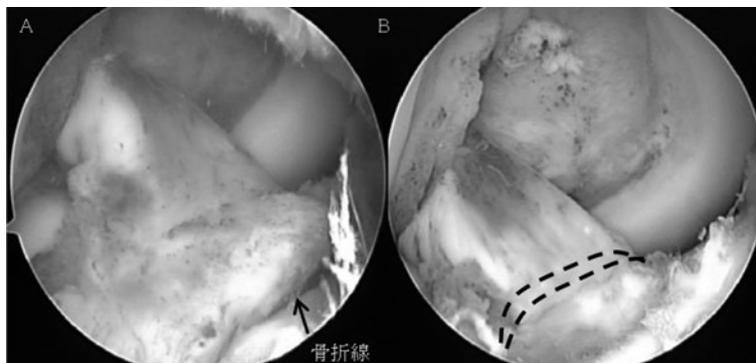


図1 膝関節鏡写真
A) Meyers & Zariczyj分類 type IIの骨折. B) 点線のようにACL実質へUHMWPEを通し, スチャーレトリバーを用い骨孔内へ誘導し, 脛骨前面にて締結固定する.

た. 男性21膝, 女性9膝で, 平均年齢 38.2 ± 19.0 歳, 平均経過観察期間 15.2 ± 9.5 ヵ月であった. 骨折型はMeyers & Zariczyj分類^{1,2)}でtype IIが4例, type IIIが7例, type IVが9例, type Vが10例であった.

手術は膝関節鏡視下に骨折部を新鮮化後, まず前十字靭帯(以下, ACL)再建脛骨用ガイドを用い脛骨粗面内側からACL脛骨附着部内外側にキルシュナー鋼線(以下, K-wire)にて骨孔を作製する. ACL実質を通した軟鋼線, あるいはUHMWPE 1~3本を軟鋼線では穴あきK-wireを用いて, またUHMWPEではスチャーレトリバーを用いて骨孔内へ誘導し脛骨前面にて締結固定した(図1).

軟鋼線で固定した18例18膝をS群, UHMWPEであるHi-Fi スチャー[®](以下, Hi-Fi[®])で固定した12例12膝をP群とした. 両群間に年齢, 性別に差は認めなかった.

評価項目は骨癒合, 手術時間, 固定材料の使用本数, Lysholm score, IKDC subjective score, 膝関節可動域(以下 ROM), KT1000患健側差を比較検討した.

統計解析にはMann-Whitney U testを用い, 有意水準5%未満とした.

結 果

全例で骨癒合が得られ, 癒合に要した期間は平均 8.6 ± 1.4 ヵ月であり, 遷延治癒や変形治癒症例は認めなかった. 手術時間はS群 97.5 ± 23.2 分, P群 72.5 ± 20.7 分とP群で有意に短かった. 軟鋼線あるいはHi-Fi[®]の使用本数はS群 1.4 ± 0.6 本, P群 1.7 ± 0.7 本で両群間に差はなかった. Lysholm scoreはS群 96.2 ± 3.3 点, P群 94.8 ± 2.4 点, IKDC subjective scoreはS群 92.5 ± 6.1 点, P群

92.1 ± 6.1 点と両群間に差はなかった. 術後ROM(伸展/屈曲)S群 $-0.6 \pm 1.6/138.3 \pm 3.0^\circ$, P群 $-0.8 \pm 1.9/138.8 \pm 2.3^\circ$ で両群間に差は認めず, 良好であった. KT1000患健側差はS群で3mm以上差を認めた症例を2例認めたが, P群では認めなかった. 平均ではS群 0.3 ± 1.4 mm, P群 0.2 ± 0.9 mmであり, 両群間に差は認めなかった.

考 察

脛骨顆間隆起骨折は1875年にPoncet³⁾により初めて報告されたACL附着部の裂離骨折であり, 転位が残存すると癒合不全や伸展制限が生じるだけでなく, ACL不全症状を引き起こす^{4,5)}. このため早期の正確な整備と安定した固定が重要である.

手術療法では1982年McLennan⁶⁾により鏡視下手術の有用性が報告され, screw固定法⁷⁾やpull-out法⁸⁾が主に行なわれている. screw固定法は手術手技が比較的容易であるが, 骨片の大きさや粉碎の程度によって適応が制限される. また固定方向がACLの走行と異なるためACLの緊張が低下する可能性がある. 一方pull-out法は骨片の大きさや粉碎の程度に関わらず整備固定が可能であり, ACLの走行と固定方向が一致するため, ACLの緊張低下も起きづらい. しかし手術手技が煩雑で, 関節鏡手技の熟練が必要であり, 固定材料によってはさらに煩雑となる.

過去の脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下手術の成績は多数報告^{9~13)}されているが, 固定材料にかかわらず良好な成績として報告されている. 自験例でも軟鋼線, Hi-Fi[®]ともに, 他の報告と同等の結果であった(表1).

今回使用したHi-Fi[®]は超高分子量ポリエチレン材料を使用した編糸で, ConMed Linvatec社やNew South

表1 脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下手術の成績比較

症例数	年齢	固定器具	ROM		Lysholm	IKDC	KT値	手術時間
			伸展	屈曲				
Senekovic V, 2003	open 14膝	22歳	3.5mm screw	対側差 0	対側差 0	99.6	0.7mm	
	close 14膝			対側差 -0.6°	対側差 -2.2°	98.5	1.3mm	
Ochiai S, 2011	5膝	22.8歳	UHMWPE	対側差 -2°	対側差 -0.8°	90.7	telos 3.6mm	71分
Ru YP, 2011	25膝	25歳	3.5mm screw			95.0	<3mm 80%	75分
	23膝	25歳	2号ポリエステル糸			90.0	<3mm 52%	92分
末吉, 2007	12膝	23.6歳	2号ポリエステル糸	対側差 -7.5°				
佐伯, 2008	35膝	24.2歳	2号ポリエステル糸	-0.3°	147.5°	98.6	Lachman 差 0.59mm	
自験例	18膝	39.2歳	軟鋼線	-0.6°	138.3°	96.2	0.3mm/<3mm 88.9%	97.5分
	12膝	36.8歳	UHMWPE	-0.8°	138.8°	94.8	0.2mm/<3mm 100%	72.5分

Wale大学のデータ¹⁴⁾によると2号Hi-Fi[®]の引張強度は径1mmのステンレス製軟鋼線以上である。近年UHMWPEが膝蓋骨骨折や肘頭骨折などの骨折の骨接合材料として応用され、良好な成績が報告されている^{15, 16)}。われわれは脛骨顆間隆起骨折における鏡視下pull-out法に適用し、従来の軟鋼線を用いた固定と同等の結果を得た。さらに問題であった手術手技は比較的簡便となり、手術時間は有意に短縮されていた。

脛骨顆間隆起骨折に対する超高分子量ポリエチレン糸を用いた鏡視下pull-out法は、どの骨折型にも対応できる有用な手術法であると考えられた。

結 語

脛骨顆間隆起骨折に対するUHMWPEを用いた鏡視下pull-out法は、どの骨折型にも対応できる有用な手術法である。

文 献

- 1) Meyers MH et al : Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. J Bone Joint Surg, 41 : 209-222, 1959.
- 2) Zaricznyj B : Avulsion fracture of the tibial eminence ; treatment by open reduction and pinning. J Bone Joint Surg, 59-A : 1111-1114, 1977.
- 3) Poncet A : Arrachement de l'épine du tibia a l'in-

- sertion du ligament croise anterieur. Bull et mem Soc de chir de Paris, 1 : 883-884, 1875.
- 4) Berg EE : Comminuted tibial eminence anterior cruciate ligament avulsion fractures ; failure of arthroscopic treatment. Arthroscopy, 9 : 446-450, 1993.
- 5) Sullivan DJ et al : Natural history of a type III fracture of the intercondylar eminence of the tibia in an adult ; a case report. Am J Sports Med, 17 : 132-133, 1989.
- 6) McLennan JG : The role of arthroscopic surgery in the treatment of fractures of the intercondylar eminence of the tibia. J Bone Joint Surg Br, 64 : 477-480, 1982.
- 7) Van Loon T et al : A fracture of the intercondylar eminence of the tibia treated by arthroscopic fixation. Arthroscopy, 7 : 385-388, 1991.
- 8) Kogan MG et al : Technique for arthroscopic suture fixation of displaced tibial intercondylar eminence fractures. Arthroscopy, 10 : 301-306, 1997.
- 9) Senekovic V et al : Anterograde arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence with a cannulated screw : five-year result. Arthroscopy, 19 : 54-61, 2003.
- 10) Ochiai S et al : One strategy for arthroscopic suture fixation of tibial intercondylar eminence fractures using the meniscal viper repair system.

- SMARTT, 3 : 17, 2011.
- 11) Ru YP et al : Clinical outcome of arthroscopic fixation of anterior tibial eminence avulsion fractures in skeletally mature patients : a comparison of suture and screw fixation technique. J Trauma Acute Care Surg, 72 : 88-93, 2012.
 - 12) 末吉達也ほか : 脛骨顆間隆起骨折の鏡視下骨接合術. 中部整災誌, 50 : 275-276, 2007.
 - 13) 佐伯和彦ほか : 脛骨顆間隆起骨折に対する鏡視下骨接合術. 整・災外, 51 : 783-790, 2008.
 - 14) Jhamb A et al : String theory : an examination of the properties of "high strength" suture materials. Surgical & Orthopaedic Research Laboratories, University of New South Wales, Prince of Wales Hospital, Sydney, Australia.
 - 15) 長瀬 寅ほか : 膝蓋骨骨折に対する FiberWire[®]を用いた整復固定術の治療経験. 骨折, 31 : 605-609, 2009.
 - 16) 野崎健治ほか : 肘頭骨折に対して新しい締結固定材料を用いた引き寄せ締結法の経験. 中部整災誌, 52 : 1457-1458, 2009.

上腕骨小頭部離断性骨軟骨炎が判明した 野球選手の投球フォームの特徴

The Character of the Pitching form of Youth Baseball Players with
Asymptomatic Osteochondritis Dissecans of the Humeral Capitellum

後藤 英之¹⁾ Hideyuki Goto 土屋 篤志²⁾ Atsushi Tsuchiya
吉田 雅人¹⁾ Masahito Yoshida 西森 康浩¹⁾ Yasuhiro Nishimori
武長 徹也¹⁾ Tetsuya Takenaga 大塚 隆信¹⁾ Takanobu Otsuka

● Key words

投球動作分析, 上腕骨小頭, 離断性骨軟骨炎

Throwing motion analysis : Humeral capitellum : Osteochondritis dissecans

● 要旨

目的: 上腕骨小頭部離断性骨軟骨 (OCD) を発症した少年野球選手の投球フォームを調査した。

方法: 対象はメディカルチェックを実施した少年野球クラブチーム選手44名平均年齢11.5歳(11~12歳)で, OCDが判明した4名(OCD群)と肘の障害のなかった40名(正常群)の投球フォームの評価を行なった。

結果: 投球フォーム点数の合計点は正常群が15点満点中平均 8.2 ± 2.8 点, OCD群が平均 12.1 ± 1.7 点と有意にOCD群のほうが高かったが, 正常群と比較して, OCD群ではlate cocking phaseにおける肘下がり, acceleration phaseにおける非投球側の手の位置の不良が高率に認められた。

はじめに

上腕骨小頭部離断性骨軟骨炎(小頭部OCD)は, 少年期に発生する難治性の骨軟骨傷害であり, 野球や器械体操などの肘外側部に反復負荷あるいは荷重負荷のかかる種目の選手に好発する^{1,2)}。一般に小頭部OCDの治療は透亮期ではスポーツの中止を基本とする保存的治療が選択されるが, 分離期や遊離期のような進行例では病巣搔爬, ドリリング, 骨釘移植術, 上腕骨骨切り術, 自家骨軟骨移植術など種々の手術治療が必要となり予後不良である^{1,2)}。そこで早期診断による早期治療が必要となる

が, 症状が発現するころにはすでに進行している症例もあり, 近年, 超音波検査を用いたメディカルチェックによる早期診断が実施されている³⁾。肘障害の原因としては投球量, ポジション, 年齢, 肘関節アライメントなど種々の要因が報告されているが投球フォームもその原因の1つとして考えられている⁴⁾。しかし, 肘の障害が進行し疼痛を伴った状態ではそのフォーム自体が疼痛の影響を受けている可能性があり適切な評価ができない。本研究の目的は小頭部OCD発症初期の状態における投球フォームを調査し, 小頭部OCD発症と投球フォームの関係を明らかにすることである。

後藤英之
〒467-8601 名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄1
名古屋市立大学整形外科
TEL 052-853-8236/FAX 052-842-0266

1) 名古屋市立大学整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Nagoya City University Medical School
2) 名鉄病院整形外科
Department of Orthopaedic Surgery, Meitetsu Hospital

表1 小頭部 OCD 症例の背景と画像所見

症例	年齢	ポジション	単純X線 病期	病変 部位	小頭部 骨端線	単純X線 内側所見	超音波 所見	大きさ 正面 (mm)	大きさ 側面 (mm)
1	12.0	投手	透亮期	外側型	開存	裂離	Type II	6.7	6.3
2	11.5	内野手	透亮期	外側型	開存	裂離	Type IV	8.5	11.2
3	11.3	捕手	透亮期	外側型	開存	分節化	Type II	2.4	7.2
4	11.4	投手	透亮期	外側型	開存	肥大	Type II	2.4	7.2

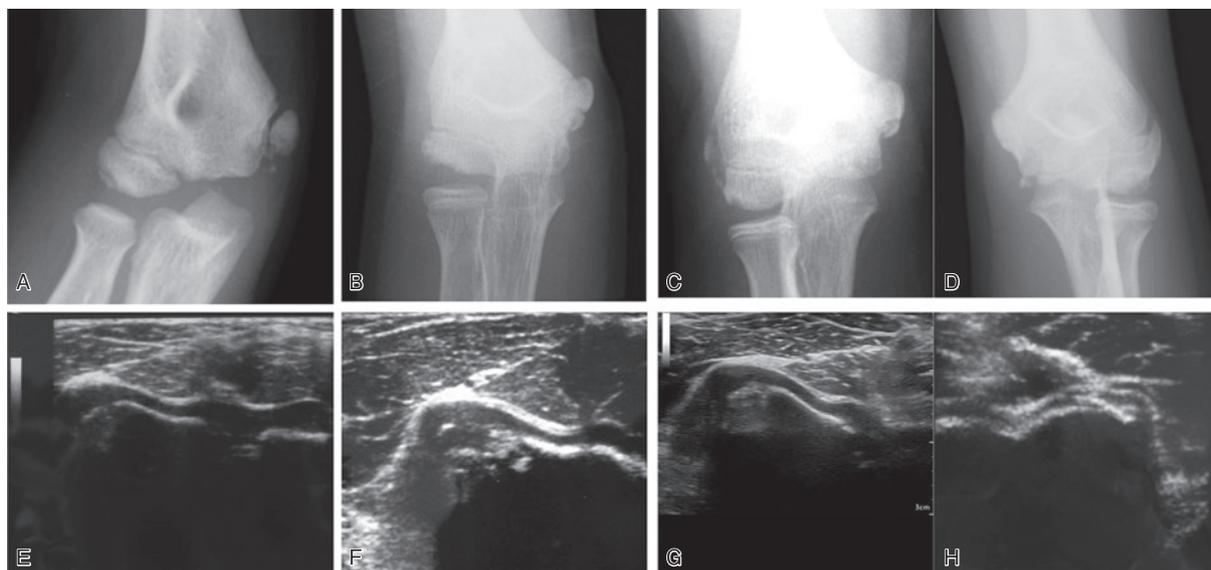


図1 小頭部 OCD 症例の画像所見

A, B, C, Dは肘関節単純X線像をE, F, G, Hは超音波断層像(小頭部短軸像)を示す。A, E: 症例1, B, F: 症例2, C, G: 症例3, D, H: 症例4

症例はすべて透亮期の外側型であった。小頭部の骨端線も全例開存していた、また内側上顆の裂離や骨端核の分節化などの変化を認めた。超音波所見では3例は軟骨下骨の不連続な Type II であったが症例2はすでに軟骨下骨の著しい不整と分離を示す Type IV で病変の大きさもほかと比べ大きかった。

対象と方法

対象症例は2009年から2010年にメディカルチェックを行なった、2チームの少年野球選手5,6年生44名、平均年齢11.5歳(11~12歳)で投球時に肘関節痛を認めなかった選手である。X線検査および超音波検査を含むメディカルチェックでOCDを認めなかった正常群40名と初期の小頭部OCDが判明したOCD群4名の投球フォームチェックの結果を比較検討した。

ポジションはそれぞれ投手2名、内野手1名、捕手1名ですべて透亮期の外側型であった。小頭部の骨端線も全開存していた。また全例内側部にも内側上顆の裂離や骨端核の分節化あるいは内側上顆の肥大などの変化を認

めた。超音波所見⁵⁻⁷⁾では3例は軟骨下骨の不連続な Type II であったが1例はすでに軟骨下骨の著しい不整と分離を示す Type IV で病変の大きさもほかと比べ大きかった(表1, 図1)。投球フォームの撮影に際しては十分にウォーミングアップスローをした後に、ネットスローを全力で3球行ない記録した。投球フォームを統一するため投手、野手に関わらずwind-upスローを行なうよう指示した。使用したビデオ装置はフルハイビジョンビデオカメラ(EverioGZ-HD620, JVC)で選手の側方から撮影しフレームレートは毎秒60フレーム(60i)で記録した。3回の投球のうちバランス、動きが最も良好に行なわれ、かつ画像が鮮明に評価できた投球を評価した。得られた投球フォームの画像からwind-up phase (WU): 非投球側の膝が最も高くなった時点, early

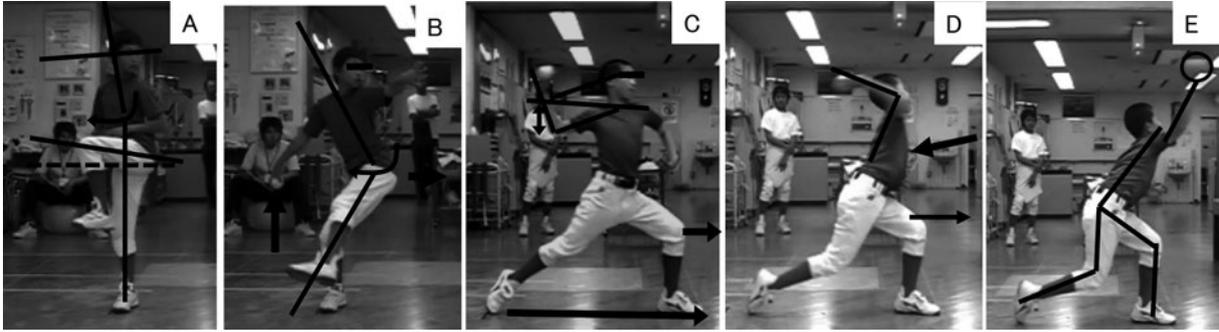


図2 各投球相におけるチェックポイント

A : wind-up phase ; 1. 体幹の傾斜, 2. 下肢拳上の高さ, 3. 体幹の回旋, B : early cocking phase ; 1. 体幹の傾斜(股関節内旋) 2. 殿部の先行 3. 投球側肩の内旋と前腕回内, C : late cocking phase ; 1. 投球側の肘屈曲, 2. 肘下がり, 3. 軸足膝の方向, D : acceleration phase ; 1. 軸脚股関節への荷重, 2. 投球側肩関節外旋, 3. 非投球側肘たたみ込み, E : ball release ; 1. 体幹前傾・前方回旋, 2. 両膝屈曲, 3. ボールリリースの位置. これらチェック項目を合計して15点満点での評価を行なった.

cocking phase (EC) : グラブからボールが離れ, 投球側の手が最下点に達した時点, late cocking phase (LC) : フットプラントが起こり, ステップ脚の足の足底全体が着地し, 投球側の手が最大拳上した時点, acceleration phase (AC) : 投球側の肩関節が最大外旋位となった時, ball release (BR) : ボールリリース時点またはその直後の5つの静止画像を作製し, 各ポイントで3つのチェック項目を設け, 合計15点満点のフォーム点とした⁸⁾. WUでは体幹が後傾していないか(逆に前傾していないか), ステップ脚の足の上げた位置は適当か(ステップ脚の大腿部の軸が水平以上か), 体幹の後方回旋が認められるか(肩が水平で後方にひねられているか)チェックした. 次にECでは軸足膝の屈曲が適度で体幹の軸脚側への適度な傾斜・軸脚股関節の内旋ができているか, 殿部から向かっているか, 肩関節の内旋と前腕の回内ができていないか, チェックした. LCでは投球側の肘の屈曲が90°以上であるか, 肘下がりはないか(両肩を結んだラインより下になっていないか), 軸足の膝の方向が前方を向いているか, についてチェックした. ACではステップ脚股関節に重心が十分にのっているか, 投球側の肩が十分外旋しているか(体幹軸に対する外旋角度が270°以上), 非投球側の手がたたみ込まれているか(胸の位置にあるか), またBRでは, 体幹が適切に前傾・前方回旋しているか, 両膝が屈曲しているか, ボールを体幹軸の延長線よりも前でリリースできているか, についてチェックを行なった(図2). これらチェック項目を合計して15点満点での評価を行なった. 評価にあたっては3名のスポーツ肩肘関節を専門とする医師3名によって評価し, 2人以上の一致がみられた評価を選択し, 各項目について0点または1点として加算し, 姿勢の問題

表2 正常群とOCD群の投球フォーム点数

	正常群 (n=40)	OCD群 (n=4)
wind-up (点±SD)	1.8±0.8	3.0±0*
early cocking (点±SD)	1.7±1.0	2.3±0.3
late cocking (点±SD)	1.4±0.9	2.3±0.5
acceleration (点±SD)	1.5±0.9	2.0±0.8
ball release (点±SD)	1.8±1.0	2.6±0.5
合計 (点±SD)	8.2±2.8	12.1±1.7*

**p*<0.05

や判定不能の場合は0.5点とした. 統計学的分析には正常群とOCD群について投球フォームの各ポイント, 各項目の平均値の差 Mann-WhitneyのU検定を使用し, 危険率は5%未満とした.

結 果

投球フォーム点数の合計点は正常群が15点満点中平均8.2±2.8点, OCD群が平均12.1±1.7点と有意にOCD群のほうが高い点数であった. 各投球相の平均合計点数を比較すると正常群ではWU:1.8点, EC:1.7点, LC:1.4点, AC:1.5点, BR:1.8点で, OCD群ではWU:3点, EC:2.3点, LC:2.3点, AC:2点, BR:2.6点であり, 正常群と比較して, OCD群のほうがWUにおいて有意に高い点数を示した(表2).

各項目でみると, LCで投球側の肘の屈曲が90°以上であるかの項目において, OCD群のほうが有意に高かった. その他の項目においての有意差は認められなかったが, OCD群ではLCでの肘下がり, ACでの非投球側の手の位置については正常群と同じかあるいは低い傾向

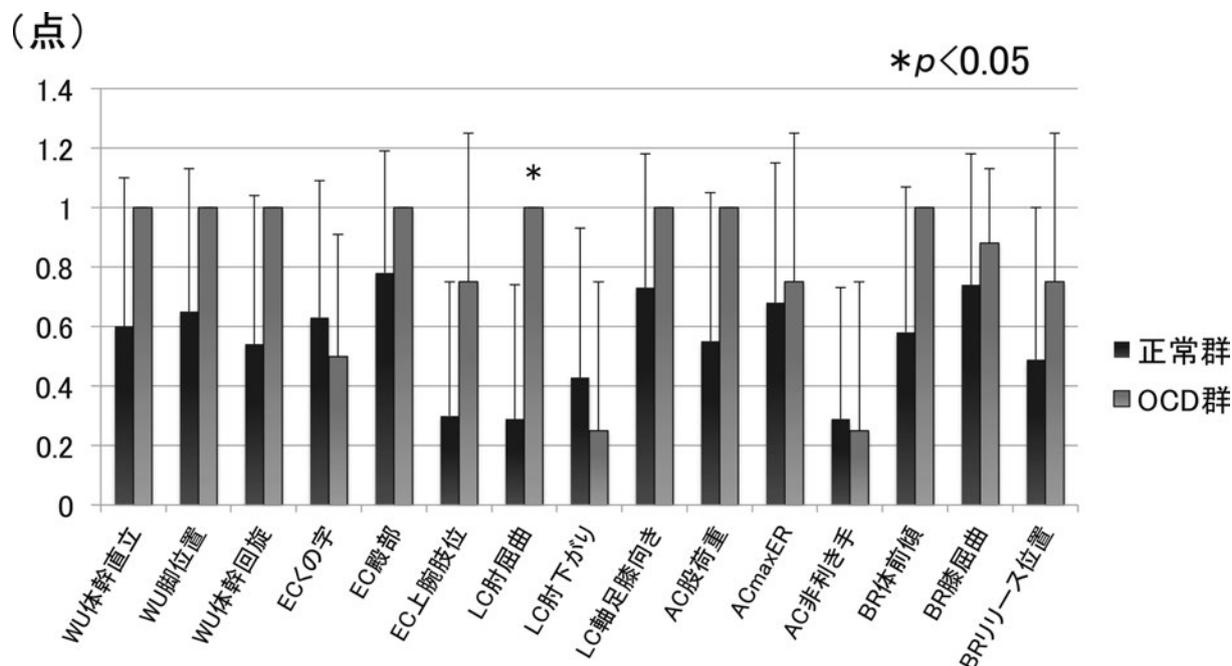


図3 投球フォーム各項目の点数

投球フォームの各項目の点数の分布を示す。OCD群ではLCの肘屈曲が有意に高く、WUではすべて満点での評価となっており、またECでの殿部の先行、LCでの軸脚膝の向き、ACでの股関節への重心移動、BRでの前傾、ボールリリース位置など体幹運動に関する評価が高得点であったが、上肢の位置に関する評価では正常群と同様に低い点数であった。WU：wind-up phase, EC：early cocking phase, LC：late cocking phase, AC：acceleration phase, BR：ball release, * $p < 0.05$

にあり、この2項目については、それぞれ4例中3例75%が不良であると評価されていた。一方、OCD群ではWUでは4例とも満点の評価となっていた。またECでの殿部の先行、LCでの肘の屈曲角度、軸足の膝の向き、ACでの股関節への重心移動、BRでの体幹の移動など投球動作の初期における体幹の位置や、続いて起こる下半身および体幹の運動や体重移動に関する評価が高い傾向にあり、OCD群においてフォーム評価の良い項目、悪い項目が共通する傾向が認められた(図3)。

以下にOCD群の投球フォームを示す。すなわち、症例1ではECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不良、LCにおける肘下がり、ACにおける肩の回旋不良、非投球側手の位置、BRでの手の位置が不良であり、15点満点中10点であった(図4)。症例2ではECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不良(0.5点)、LCにおける肘下がり、ACにおける非投球側手の位置が不良であり、15点満点中12.5点であった。(図5)。症例3ではECにおける投球側の前腕の回内不良、LCにおける肘下がり、ACにおける非投球側手の位置、BRの手の位置が不良であり、15点満点中13点であった(図6)。また症例4では、ECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不

良(0.5点)、およびBRでの両膝の屈曲の不良開きの不良(0.5点)により、15点満点中14点で肘下がりや肘の屈曲不良は認められなかった(図7)。

考 察

投球による野球肘障害の原因として投球時のコッキング期における肘関節への外反ストレスが影響している⁹⁾。さらにこの際に肘下がりや肘屈曲不良、肩内旋主体の投球などがストレスの増大をもたらすとされている¹⁰⁾。そこで、Davisら¹¹⁾は肘へのストレスを減らす投球フォームとして、殿部の先行や投球側のポジション、肘の高さ、体、肩の回旋、前方への体重移動が重要であると指摘している。われわれもこれらを参考に投球フォームチェックを行なっている⁸⁾。本研究ではOCD群において投球相全体でのフォーム評価は正常群よりもよい結果となっていた。とくにWUでの体幹の捻りや下肢の位置や殿部の先行、フットプラント時の軸足膝の向きやACでの股関節への重心移動、BRでの体幹の前傾といった、投球動作における下半身、および体幹の基本的な動作については優れていると評価されていた。しか

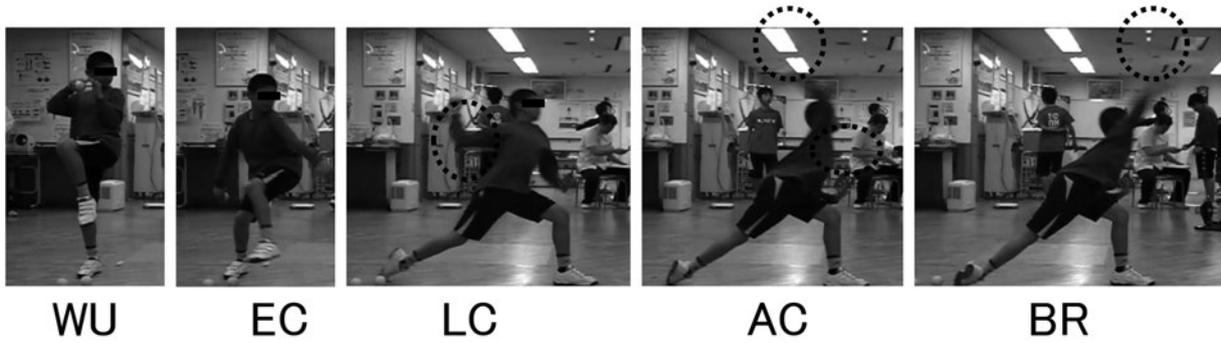


図4 小頭部 OCD 症例の投球フォーム 症例 1

ECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不良, LCにおける肘下がり(点線丸), ACにおける肩の回旋不良, 非投球側手の位置(点線丸), BRでの手の位置(点線丸)が不良であり, 15点満点中10点である.

WU: wind-up phase, EC: early cocking phase, LC: late cocking phase, AC: acceleration phase, BR: ball release

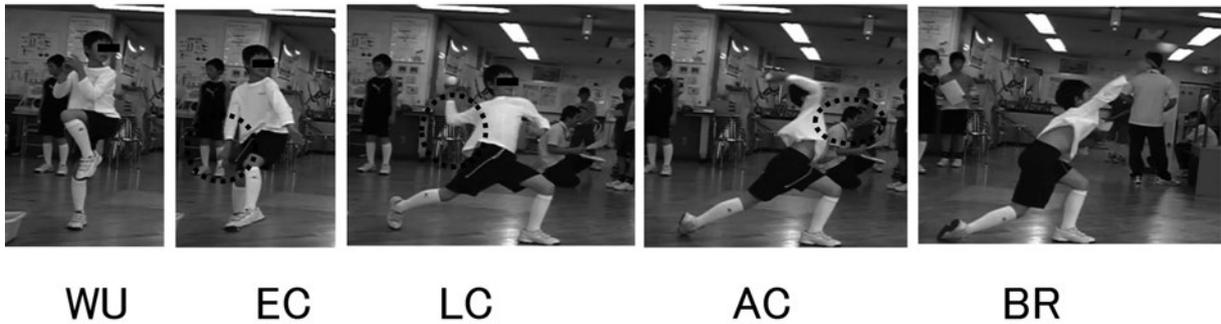


図5 小頭部 OCD 症例の投球フォーム 症例 2

ECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不良(0.5点), LCにおける肘下がり(点線丸), ACにおける非投球側手の位置(点線丸)が不良であり, 15点満点中12.5点である.

WU: wind-up phase, EC: early cocking phase, LC: late cocking phase, AC: acceleration phase, BR: ball release

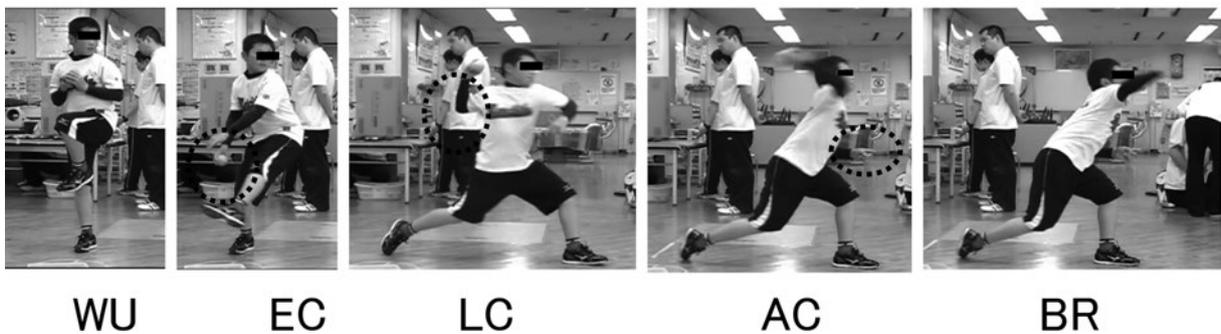


図6 小頭部 OCD 症例の投球フォーム 症例 3

ECにおける投球側の前腕の回内不良(点線丸), LCにおける肘下がり(点線丸), ACにおける非投球側手の位置(点線丸), BRの手の位置(点線丸)が不良であり, 15点満点中13点である.

WU: wind-up phase, EC: early cocking phase, LC: late cocking phase, AC: acceleration phase, BR: ball release

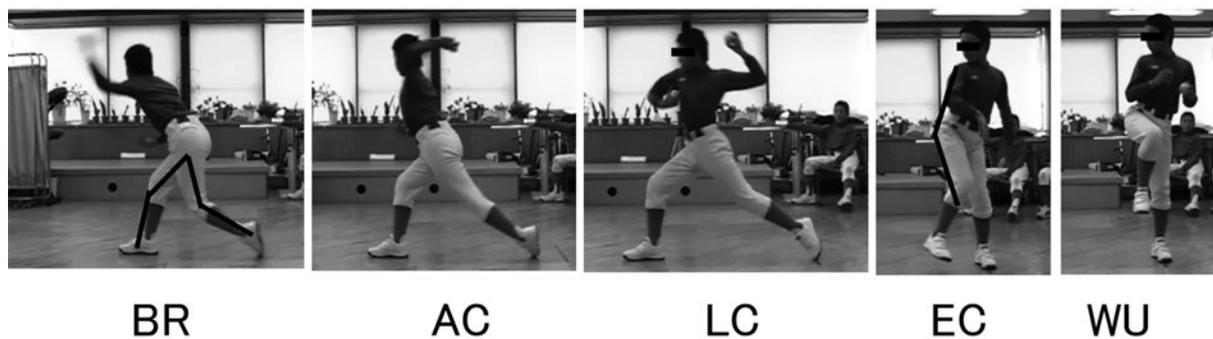


図7 小頭部 OCD 症例の投球フォーム 症例4

ECにおける体幹の傾斜と股関節の内旋の不良(実線:0.5点), およびBRでの両膝の屈曲の不良開きの不良(実線:0.5点)により, 15点満点中14点である。

WU: wind-up phase, EC: early cocking phase, LC: late cocking phase, AC: acceleration phase, BR: ball release

し, 一方でLCにおける肘下がり, ACにおける非投球側の手の位置など上肢の運動, 位置に関する評価は正常群と同等かむしろ低い傾向があった。すなわちOCD群においては, 投球相の前半までは適切な体幹, 下肢の運動により円滑な運動連鎖が行なわれており, 正常群と比較してより大きな運動エネルギーを発生させることができていたと考えられる。しかし, 肘下がりに代表される上肢の肢位の異常のため, 肘関節に対して正常群よりさらに強いストレス増加をもたらしたOCD発症に関与していた可能性が示唆された。一方で症例4では, 明らかな肘下がりがなく, 15点満点中14点と高得点の評価であったが, OCDを発症している。OCD群では投球全体のフォーム評価がよいことから, 投手や捕手, 内野手などに抜擢されることが多くなり, 結果として投球数増加をもたらすことになる。投手をしていた症例4ではこのような要因がOCD発症に関与したものと予想された。このことは, 選手の投球フォームがよいということが, 投球数増加につながり, 結果的にOCD発症のリスクと成りうる可能性を示しており, メディカルチェックにおける要点の1つとして注意する必要がある。

本研究の問題点としては, 調査数やポジションによる違い, 静止画像による評価の問題などがあげられる。われわれはこの評価項目を作成するにあたって, 静止画像で評価可能でかつ簡便でわかりやすく, それぞれの評価項目が他の項目の影響を受けにくい独立したものを選択し, 複数の評価者によって検討を行なうことで, より再現性高い評価を実施できるよう工夫した。また, 投球フォームが側面からのみの評価であり体の開きやステップの方向などの評価ができていないことなどもあげられ, 側面からの静止画像の評価に限界があることも事実

である。今回, 判定が難しい場合には判定不能として0.5点を加点することによって, 評価の偏りが最小限となるようにするとともに, 評価項目もより客観性をもたせるよう工夫したが, 依然として検者間の誤差があることは否めない。さらに, 投球動作における上肢にかかる負荷を想定する場合, 球速や上肢の運動速度といった因子の影響も考慮されなければならない。今後これらの問題を考慮したうえでさらなる調査を進めていきたいと考えている。

結 語

1. 少年野球選手44名のうちOCDが判明した4名の選手の投球フォームの特徴を他の40名と比較検討した。
2. 投球フォームチェックの点数はOCD群では15点満点中平均12.1点, 正常群では8.2点であった。
3. OCD群ではLCにおける肘下がり, ACにおける非投球側の手の位置の不良が高率に認められた。

謝辞: 本研究を実施するにあたり選手のメディカルチェックに多大な協力を頂いた富田整形外科, 富田眞壽生先生およびスタッフの方々に深謝致します。

文 献

- 1) 岩瀬毅信: 上腕骨小頭骨軟骨障害. In: 柏木大治, ed. 整形外科MOOK54: 肘関節の外傷と疾患. 金原出版, 東京: 26-44, 1988.
- 2) van den Ende KIM et al: Osteochondritis dissecans of the capitulum: a review of the literature

- and a distal ulnar portal. *Arthroscopy*, 27 : 122-128, 2011.
- 3) 松浦哲也ほか：予防の観点からみた少年野球検診の意義. *整・災外*, 53 : 1615-1622, 2010.
 - 4) Harada M et al : Risk factors for elbow injuries among young baseball players. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 : 502-507, 2010.
 - 5) Takahara M et al : Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Bone Joint Surg*, 85-A : 58-69, 2003.
 - 6) Harada M et al : Using sonography for the early detection of elbow injuries among young baseball players. *AJR Am J Roentgenol*, 187 : 1436-1441, 2006.
 - 7) 後藤英之ほか：肘離断性骨軟骨炎に対する低出力カパルス超音波治療. *日整外超音波研究会誌*, 20 : 37-43, 2008.
 - 8) 後藤英之ほか：少年野球選手の投球フォームと肘関節単純 X 線所見の関係. *東海スポーツ傷害研究会誌* 29 : 56-58, 2011.
 - 9) Fleisig GS et al : Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med*, 23 : 233-239, 1995.
 - 10) 三原研一：バイオメカニクスと投球フォーム, *関節外科*, 27 : 998-1008, 2008.
 - 11) 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.

JOSSM-USA traveling fellow 2013 帰朝報告

山形大学 原田 幹生
 昭和大学藤が丘病院 西中 直也
 東海大学 三谷 玄弥

今、帰朝報告を、米国から日本へ帰国している飛行機の上で書かせて頂いております。この2週間とても貴重な体験をさせて頂きました。どの病院におけるどの瞬間もわれわれ3人にとってかけがえのないものとなりました。ある米国の fellow よりどの病院が最もおもしろかったですかと質問を受けましたが、“Every hospital is wonderful”と答えさせて頂きました。どの病院におきましても、まったくわれわれの暇な時間がないほどに、よい意味でのタイトなスケジュールを組んで頂きました。本当に嬉しく思いました。諸先生方の長年の friendship によるものと思われまます。このような病院をアレンジして頂いた高岸憲二先生、別府諸兄先生をはじめ、日本整形外科スポーツ医学会の諸先生方に心から感謝申し上げます。この度は、誠にありがとうございました。

われわれは、7/10~25の間に、シカゴ、ニューヨーク、ナッシュビル、およびサンフランシスコの4都市を回りました。7/11~14は AOSSM (シカゴ) に参加し、7/15~17はニューヨークにおいて Hospital for Special Surgery (HSS) と Columbia University Medical Center (群馬大学 高岸憲二先生ご推薦) の病院見学、7/18~19はナッシュビルにおいて Tennessee Orthopaedic Alliance (聖マリアンナ医科大学 別府諸兄先生ご推薦) の病院見学、7/22~24はサンフランシスコにおいて Stanford University Sports Medicine Center (聖マリアンナ医科大学 別府諸兄先生ご推薦) の病院見学を行ないました。

7/11~14 (シカゴ)

AOSSM (米国整形外科スポーツ学会) は Sheraton Hotel and Towers にて行なわれました (図1)。基本的には、朝6:45~8:30 に Instructional course が行なわれ、8:30~13:00 ほどまで general session として口演発表 (いずれもシンポジウムの形) が行なわれました。午後は、日によってあるときとないときがありましたが、初日には、live surgery (肩肘) がありました。live surgery では、cadaver を用いて、関節鏡視下肩甲上神経剝離術や肘 MCL 再建術などの手技の説明があり、とても

勉強になりました。ポスターは、e-poster の形で、内容は、hip 13 演題、knee 29、shoulder 21、elbow 2 でした。AOSSM で採用されている口演・ポスター数はかなり限られており、非常に狭き門となっております。われわれも演題を出しておりましたが、いずれも reject されています。口演はもちろんのこと、ポスターに採用されることも大変名誉なことと思われました。そのなかで、日本人として唯一、古島先生 (慶友病院) による『肘 MCL 損傷に対する手術成績』が採用され、しかも口演発表でした。筆者自身が興味をそそられた演題としましては、『プロ野球選手の8年間の前向き研究にて調べた肩肘障害の危険因子』、『女子プロテニス選手に対する関節鏡視下肩手術成績』、および『18歳以下の MCL 損傷に対する再建術 (Docking 法)』などがありました。日本人参加者



図1 シカゴでの AOSSM に参加

は、非常に少なく、われわれ3名以外では、古島先生(慶友病院)、馬見塚先生(筑波大学)、島村先生(岡山大学)、進藤先生(進藤病院)、住吉先生(米国在住の順天堂大学出身の先生)のみと思われました(他に参加されておられた先生がおられたらすみません)。古島先生の発表の前日には、発表を応援すべく、全員が集まり、馬見塚先生のおすすめのブラジル料理をおいしく頂きました。7/12の夜はジャズを聞き、7/13の夜には、メジャーリーグ観戦! カブスとカーディナルスファンで超満員で、雰囲気も最高でした!

7/15~17 (ニューヨーク)

初日は、Hospital for Special Surgery (HSS) を見学し、残り2日はColumbia University Medical Centerを見学しました。HSSでは、Dr. Marx Robertの膝手術、Dr. Dinesの肩肘の手術を見学しました。筆者と西中先生は肩肘専門、三谷先生は膝専門ですので、それぞれの分野に分かれて見学いたしました。肩肘手術内容は、肩Bankart損傷、肩腱板断裂、肘MCL再建術などでした。肘MCL再建術は手技的には日本と大きな変化がありませんでしたが、患者さんは17歳の高校野球選手で、①MRI的には非常に小さな断裂、②ストレスXPを撮影しておらず、③尺骨神経障害があり、という理由から、もし私なら尺骨神経障害の手術だけにすることも思いました。肘MCL再建術の適応に日本と米国に違いがあるのではと思いました。Dr. Marxはとてもきさくな先生で、われわれと会うたびに、「頑張っ!」と日本語で声をかけて頂きました。外に出るときの服装はTシャツ短パンでなんとなく親近感を覚えました。その夜は、そのDr. Marxと軽く1杯頂いた後に、Columbia University Medical Centerのresident 4名と夕食を頂きました。はじめは、みんな緊張しておりましたが、お酒が入るとともにうちとけていき、大変楽しい夕食になりました。ニューヨーク2日目はColumbia University Medical Centerにて、午前午後ともにカンファレンスがありました。ちなみに、ホテルから病院に向かう際には、朝7時にリムジンで迎えがあり、少し恐縮してしまうと同時に、とても嬉しく思いました。Dr. Bigliani, Dr. Levine, Dr. Christopherの3名の先生方よりさまざまなアレンジをして頂きました。まずは、午前のBiomechanics meetingに参加。20名弱の若いドクターの参加があり、Dr. LevineとDr. Christopherが指導していました。若い先生がプロジェクター、power pointを用いて、1週間行なった研究の結果などを発表していました。内容としましては、『肩脱臼の3DCT (glenoid track)』、『高校生の野球選手の上下

肢痛のアンケート調査』、『PRPの腱板断裂への作用(免疫染色)』などでした。13:00からはIndication conference(翌日の術前検討)あり、16:00からはAcademic conferenceとして、Dr. Levineの司会のもと、西中先生(肩)、筆者(肘)、三谷先生(膝)の順序で発表させて頂きました(図2)。20名ほどの参加があり、それぞれに結構な質問がありました。流暢な英語でプレゼンされた西中先生はさすがの発表で、笑いを誘った三谷先生のプレゼンも最高でした! 筆者としては、とりえずなんとか終わって、ホッとした感じです。その夜の夕食は、とても豪華なレストランで頂きました。Dr. Bigliani, Dr. Levine, Dr. Christopherの3名の先生方とレジデント5名が来てくださいました。とても美味しいロブスターやオイスターを頂きました。ちなみに、ザリガニなどもあり、子どもの頃はよく沼でザリガニとりをしてたなーと思いながら、生まれて初めてザリガニを頂きました。最終日は、Dr. LevineやDr. Christopher執刀の手術見学を行ないました。いずれも前日のIndication conferenceでプレゼンのあった症例で、エーラスダンロス症候群の

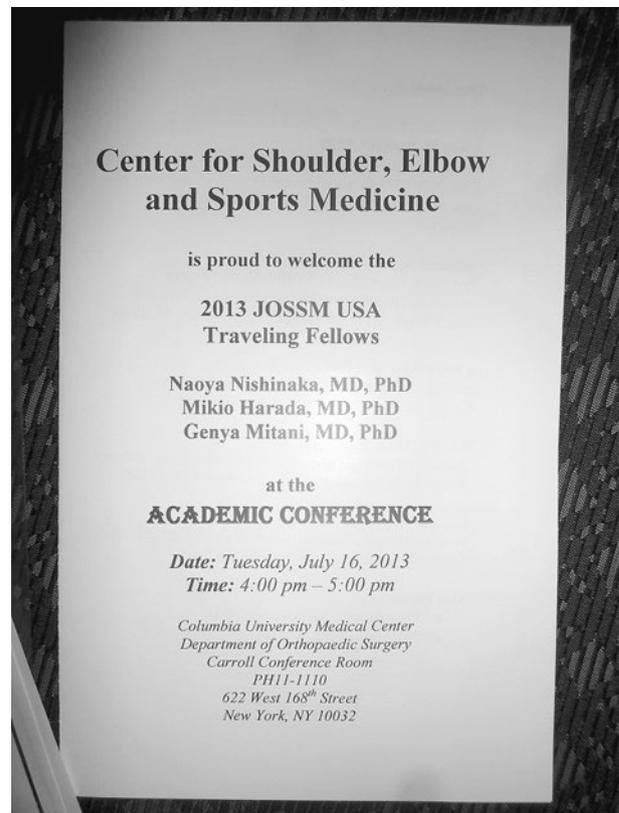


図2 Columbia University Medical Centerでは、Academic conferenceにて、西中先生(肩)、筆者(肘)、三谷先生(膝)の順序で発表させて頂きました

肩不安定性術後3年ほどでアンカーが脱転し mild infection した？ 14歳の症例，肩骨軟骨種，RCT (small)，RCT (large) などでした。午後は，西中先生の友人 Dr. Nikci (3年前に昭和大学藤が丘病院で9ヵ月研修した) と昼食をとり，エンパイアステートビル，グランドゼロを見に行き，ニューアーク空港まで送って頂きました。

7/18~19 (テネシー州ナッシュビル)

Tennessee Orthopaedic Allianceでも，Dr. Allen F. Andersonより大変心のかもったおもてなしを受け，われわれ一同感動いたしました。この度訪問した病院の中で一番早くメールを頂き，ホテルへの送り迎え，手術の設定，人の手配，ランチ・夕食会の場所の設定などはもちろんのこと，われわれの身体を気遣い，休憩時間や観光の時間などもセッティングして頂きました。感謝してもきれないとはまさしくこのことです。ちなみに，ここから3泊は3人で1部屋に宿泊しています。西中先生サッカー部，三谷先生テニス・サーファー部？，筆者テニス・サッカー部出身なのですが，まさしく，男同士の体育系合宿といった感じでした。裸の付き合い？で，3人共有もまったく問題はなく，ここで一気に3人の距離が縮まりました。初日は，7:15にDr. Allen F. Andersonが直接迎えに来て下さいました。7:30よりNashville

Sports MedicineのDr. Thomasの股関節関節鏡手術の見学をさせて頂きました(図3)。2件のFAIです。筆者自身は初めての股関節関節鏡でした。1例は，19歳男性で，プロのロデオ(馬乗り)。右FAI。関節鏡にて関節唇縫合と骨棘切除を行なっておりました(図4)。午後は，Vanderbilt Universityにてランチをとりながらカンファレンスを行ないました。ここでも筆者，三谷先生，西中先生の順序で発表をさせて頂きました。その他，さまざまな発表があり，Dr. Allen F. Andersonより『小児



図3 ナッシュビルでは，Dr. Allen F. Andersonより大変心のかもったおもてなしを受けました



図4 股関節関節鏡の症例

のACL損傷の治療』、プロアイスホッケーのチームドクターであるDr. Kuhn Johnからは『動物と投球肩』、マイナーリーグのチームドクターであるDr. Charlsより『腱板断裂の保存と手術のレビュー』などのお話を頂きました。夜は、屋外で夜景が見えとても開放感のある高級日本料理店で、上記の先生方と食事を頂きました。2日目(最終日)はDr. Kuhn Johnの肩手術の見学を行いました。3件あり、肩甲骨骨折変形治療後の石灰?、上腕骨大結節骨折。反復性肩脱臼でした。後2者は、手技的なところは日本と大きな違いはありませんでした。午後は観光で、Dr. Allen F. AndersonとDr. ジョナサンとランチをレストランで頂いた後、Dr. ジョナサンより、公園(パラテノン神殿あり)、大学フットボールスタジアム、プロフットボールスタジアム、プロアイスホッケーアリーナ、“Country music hall of fame”(Country music博物館)に連れて行ってもらいました。夜は、Dr. Allen F. Anderson夫妻とDr. ジョナサンとナッシュビルの郷土料理を頂きました(図5)。おすすめのribは横30cm, 縦10cmほどもあるとても大きなものでした! 三谷先生ほぼ完食。Country musicを生で聞けるBarを2軒はしごし、最後に橋の上からみんなでナッシュビルの町の夜景をみました。最後の最後まで最高のおもてなしを受けました!! 感動!!

7/22~24 (サンフランシスコ)

7/20, 21と移動休日のあと、7/22よりStanford University Sports Medicine Centerにて、Dr. Marc Safranより外来・手術見学などをアレンジして頂きました。Dr. Safranは、世界女子プロテニスWTAのチーフドクターを長年やっている方で、たくさんのスポーツ選手が同施設で手術を受けております。ちなみに、Dr. Safranは、facebookのマークザッカーバーグの近所に住んでいるそうです。Dr. Safranもこれまでの病院のDr. とまったく同じで、われわれに対して非常に丁寧に接して頂きました。とくに、Stanford Medicine訪問前にいくつかの問題(手術見学のためのID発行のためのわれわれのimmunizationの問題、訪問先の問題など)が存在していたのですが、いずれもDr. Safranに善処して頂き、無事、手術見学等が可能になりました。また、Dr. Safranは、若いDr. 麻酔科Dr. 機械出し看護師、外周看護師、患者さん、その家族などなどさまざまな人に対して、フレンドリーに話しているのが印象的で、私どもとも一人ひとりにゆっくり丁寧に話してくださいました。彼の人柄のよさです。Stanford Medicineは、ホテルのようなオシャレで、新しい病院でした。

初日は、Dr. Safranの外来を見学いたしました。外来は、医局のような場所に患者さんが来るようなスタイル



図5 ナッシュビルでの楽しいひととき

で、看護師さんはなしで、秘書さんが患者さんの流れを調整しており、日本とは大きく異なっておりました。新患の患者さんの診察の流れについて簡単に説明させていただきます。初診の患者さんはレジデントがあらかじめアナムネと診察をすませておきます。そして、患者さんのいない部屋に、Dr. Safran, 2名のレジデント、学生が一部屋に集まり、患者さんについて検討します。1名のレジデントが、先ほどのアナムネ診察をもとに、主訴、現病歴、画像検査などについて説明します。そして、Dr. Safranが、「君ならどう治療する?」といくつか話をし、患者さんの待つ部屋へ移動します。その部屋では、患者さんと家族が待っていて、われわれを紹介してもらい、Dr. Safranによる診察が始まりました。初診の患者さんは30分、再診の患者さんは15分くらいです。会話はとても弾み、症状がよくなっている患者さんはもちろんのこと、あまり具合のよくない人とも、笑顔でフレンドリーな会話をしているのがとても印象的でした。初診紹介で来られた17歳黒人女性(バスケットボール選手)の非利き手の反復性肩脱臼に対しては、日本でわれわれがしているような説明をして、手術か経過をみるか決めていました。その他、SLAP修復後3ヵ月後の中年ハイレベルテニス選手、肩 Bankart術後の20歳代レスリング選手、ITB synの10歳代ダンサーなどの患者さんの診察を見学いたしました。午後は、Dr. Safranの計らいにより、Stanford Universityのキャンパス内で行なわれていた、WTA女子プロテニス選手のトーナメントである『Bank of the West Classic』という大会を見学いたしました(図6)。Dr. Safranがチケットをとっていただきました。私はテニス馬鹿ですので、最高の瞬間です!!

2日目は、5:50ホテルを出発し、6:15~7:15カンファレンスに出席しました。1名の若いDr. がTOS, scapula wingについて講義していましたが、とてもよくレビューされていることに驚きました、筆者としてもとても勉強になりました。それからの丸1日と最終日は手術見学をいたしました。フォーティナーナイナーズのチームドクターであるDr. McAdams執刀の膝 posterolateral corner再建と、Dr. Safranによる3つの股関節スコープを見学いたしました。夕食は、Dr. Safran, Dr. クリス, Dr. Simon(ニュージーランドから勉強に来ていた)、アジア系女性Dr. らとともにメキシカン料理を頂きました。そのなかで、Dr. Safranより下記のようなコメントを頂きました:『米国では、プロ野球選手として



図6 Dr. Safran(左から2番目)の計らいにより、Stanford Universityのキャンパス内で行なわれていた、WTA女子プロテニス選手のトーナメントを見学いたしました

活躍するために、18歳までは、投手だけでなく、野手などもやらせ、投球数を少なくするようにしているのに対し、日本ではプロ野球選手になるために18歳以下までにたくさんの投球をしている。』とても考えさせられる言葉でした。

最後になりましたが、西中先生、三谷先生に感謝申し上げます。お二人とでなければこのような充実した、楽しい旅行にならなかったと思います。先に述べさせて頂きました、immunizationの問題、訪問先の問題などにおきまして、お二人の先生には、たくさんの先生とコンタクトをとって頂き、問題を解決して頂きました。見知らぬ3人が2週間苦楽をともにさせて頂きましたが、ぎくしゃくした関係になるどころか、日に日に距離が縮まっていき、ニューヨークあたりから、リーダー西中、ムードメーカー三谷、いじられ原田って感じが確立しました(笑)。西中先生には中盤よりミッキーと呼ばれるようになりました(笑)。このような素晴らしい貴重な経験をさせて頂き誠にありがとうございました。日本整形外科学会スポーツ医学会の諸先生方に心から感謝申し上げます。今後は、これら経験を活かして、よい人間関係をつくり日米の懸け橋になれますように、日々努力していきたいと思っております。

(原田幹生 記)